

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**KAÇKAR VE ALADAĞLAR'DA BULUNAN BAZI ALPİN GÖLLERDE  
ZOOPLANKTON FAUNASININ VE *Daphnia* sp. TÜRLERİNİN FİLOGENETİK  
AÇIDAN ARAŞTIRILMASI**

**Pınar GÜRBÜZER**

**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2018**

**Her hakkı saklıdır**

## TEZ ONAYI

Pınar GÜRBÜZER tarafından hazırlanan “Kaçkar ve Aladağlar’da Bulunan Bazı Alpin Göllerde Zooplankton Faunasının ve *Daphnia* sp. Türlerinin Filogenetik Açıdan Araştırılması” adlı tez çalışması 26/11/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ



### Jüri Üyeleri:

**Başkan** : Prof. Dr. Sedat V. YERLİ

Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı



**Üye** : Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ

Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı



**Üye** : Prof. Dr. Seyhan AKISKA

Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı



**Üye** : Doç. Dr. Burçin Aşkım GÜMÜŞ

Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı



**Üye** : Dr. Öğr. Üyesi Saniye Cevher ÖZEREN

Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı



**Yukarıdaki sonucu onaylarım.**

**Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN**

**Enstitü Müdürü**

## ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

26/11/2018



Pınar GÜRBÜZER

## ÖZET

Doktora Tezi

KAÇKAR VE ALADAĞLAR'DA BULUNAN BAZI ALPİN GÖLLERDE ZOOPLANKTON FAUNASININ VE *Daphnia* sp. TÜRLERİNİN FİLOGENETİK AÇIDAN ARAŞTIRILMASI

Pınar GÜRBÜZER

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ

Alpin göllerin bulunduğu bölgeler, antropojenik etkilerden oldukça az etkilenmektedirler ve sistemin kurucu taksonlarından olan zooplanktonik canlıların taksonomik ve ekolojik yönden araştırılması için uygun ortam sağlamaktadırlar. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin alpin konumlu göllerinde zooplankton faunasını ve komünite yapısı araştırmak, *Daphnia* sp.'nin populasyon içi ve populasyonlar arası ilişkilerini incelemektir. Türkiye'nin Kuzey ve Güney bölgelerinde bulunan dağ silsilelerinden; Kuzey Anadolu Dağları'nın Kaçkarlar Bölgesi'nde Verçenik Dağı'nın bir uzantısı olan Tatos Dağı'nın eteklerinde bulunan Sulak ve Moçar Gölleri ile Toros Dağları'nın Anti-Toros uzantısı içerisinde yer alan Aladağlar Milli Parkı içerisindeki Yedigöller Platosu'nda bulunan ve yaz aylarında kurumayan beş adet göl bu çalışma için seçilmişlerdir. Yedigöller Platosu'na 2010 ve 2015 yılı Ağustos Ayları'nda, Kaçkarlar Bölgesi'ne ise 2015 yılında arazi çalışmaları düzenlenmiştir. Çalışma sonucunda, Rotifera'dan 20, Cladocera'dan 5 ve Copepoda'dan 3 tür teşhis edilmiştir. *Daphnia* sp.'nin mitokondriyal COI gen bölgesi ve çekirdek ribozomal DNA'nın ITS1 gen bölgesi seçilmiş, DNA barkodlama yöntemi kullanılarak genetik karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Populasyon içi ve populasyonlar arası farklılıklar araştırılmış, filogenetik analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda, Kaçkarlar Bölgesi'nde zooplankton faunasının Yedigöller Platosu'na göre daha fakir olduğu bulunurken, her iki araştırma bölgesinden elde edilen *Daphnia* sp.'lerin arktik kökenli *Daphnia pulex* grubuna ait oldukları belirlenmiştir. Kuzey ve güney bölgelerdeki *Daphnia* gr. *pulex* populasyonları arasında genetik farklılaşma derecesi 0.799 olarak bulunmuştur. Her iki bölgedeki populasyonlar mitokondriyal DNA açısından *Daphnia pulicaria* bulunmuşken, çekirdek DNA'ya göre *Daphnia pulex* tespit edilmiştir.

Kasım 2018, 108 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Zooplankton, alpin göl, DNA Barkodlama, COI, ITS, *Daphnia* gr. *pulex*

## ABSTRACT

Ph. D. Thesis

### INVESTIGATION OF THE ZOOPLANKTON FAUNA AND PHYLOGENETIC ANALYSIS OF *Daphnia* sp. IN ALPINE LAKES OF KACKARLAR AND ALADAGLAR MOUNTAIN REGIONS

Pınar GÜRBÜZER

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ

Alpine areas are quite resistant to anthropogenic influences and thus provide suitable environments for taxonomical and ecological study of zooplanktonic organisms. The aim of this study is to research zooplankton fauna and community structure in alpine lakes of Turkey and analyze inter- and intra-population relationships of *Daphnia* sp. The following lakes were selected for this study: In northern Turkey lakes Sulak and Moçar, which are located on the slopes of Mount Tatos, a lesser peak near Mount Verçenik, which itself is located in Kaçkarlar region of North Anatolian Mountains Range. In south five glacial lakes located at Yedigöller Plateau of Aladağlar National Park, which is located in Anti-Toros Range. Field studies were conducted to Yedigöller Plateau in 2010 and 2015 and to Kaçkarlar Region in 2015. In these expeditions a total of 20 species from Rotifera, 5 species from Cladocera and 3 species from Copepoda were identified. Mitochondrial COI gene region and ITS1 gene region of nuclear ribosomal DNA of *Daphnia* sp. was selected and genetic characterization was performed using DNA barcoding method. Inter-population and intra-population differences were studied and analyzed phylogenetically. As a result of this work zooplankton fauna of Kaçkarlar Region was found to be poorer compared to zooplankton fauna of Yedigöller Plateau and *Daphnia* sp. collected from both regions were determined to be belonging to *Daphnia pulex* group of arctic origin. Genetic differentiation level between northern and southern *Daphnia* gr. *pulex* populations were found to be 0.799. Populations of both regions were identified as *Daphnia pulicaria* according to mitochondrial DNA and as *Daphnia pulex* according to nuclear DNA.

**November 2018, 108 pages**

**Key Words:** Zooplankton, alpine lake, DNA Barcoding, COI, ITS, *Daphnia* gr. *pulex*

## TEŞEKKÜR

Tüm çalışmam boyunca benden desteğini ve ilgisini esirgemeyen, her zaman yanımda bulunan ve değerli bilgisiyle bana yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ'a (Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı),

Çalışmalarımın eksiksiz ilerleyebilmesi için sabırla bana yol gösteren Tez İzleme Komitesi üyeleri, Prof. Dr. Sedat V. YERLİ (Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı), Prof. Dr. Olcay OBALI (Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı) ve Prof. Dr. Seyhan AKISKA (Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı) hocalarıma sabırları ve ilgileri için,

Tezimin son şeklini almasında yorumları ve katkıları ile değer katan jüri üyelerim Doç. Dr. Burçin Aşkım GÜMÜŞ (Gazi Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı) ve Dr. Öğr. Üyesi Saniye Cevher ÖZEREN'e (Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı),

Arazi çalışmalarım sırasında benimle birlikte olup, çalışmalarına anlam katan değerli meslektaşlarım Dr. Şeyda FİKİRDEŞİCİ ERGEN ve Onur ERGEN'e, Dr. Öğr. Üyesi Eylem Aydemir ÇİL'e,

Laboratuvar çalışmalarım sırasında bilgilerini benden esirgemeyen Doç Dr. Emre KESKİN ve Esra Mine ÜNAL'a,

Tezimi hazırlarken ve yazarken manevi olarak yanımda olan dostlarım ve çalışma arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Destek ve teşviklerini hiçbir zaman esirgemeyen, emeklerini asla ödeyemeceğim sevgili aileme,

Gittikçe zorlaşan süreçte benimle birlikte özverili bir şekilde çalışan, tezim boyunca her türlü destek ve yardımını esirgemeyen, bütün hayatıma anlam katan sevgili eşim Batur GÜRBÜZER'e, tüm kalbimle teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından desteklenen projeden (Proje No: 15B0430004) üretilmiştir.

Pınar GÜRBÜZER  
Ankara, Kasım 2018

## İÇİNDEKİLER

### TEZ ONAY SAYFASI

|                                                                     |      |
|---------------------------------------------------------------------|------|
| ETİK.....                                                           | i    |
| ÖZET.....                                                           | ii   |
| ABSTRACT.....                                                       | iii  |
| TEŞEKKÜR .....                                                      | iv   |
| SİMGELER DİZİNİ .....                                               | vii  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                               | viii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                             | ix   |
| 1. GİRİŞ .....                                                      | 1    |
| 2. KURAM SAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ .....                      | 3    |
| 2.1 Alpin Göl Ekosistemlerinin Genel Özellikleri .....              | 3    |
| 2.2 Araştırmaya Konu Olan Canlılar .....                            | 6    |
| 2.2.1 Zooplanktonik canlılar .....                                  | 6    |
| 2.2.2 <i>Daphnia pulex</i> grubu ekolojisi .....                    | 10   |
| 2.3 Moleküler Yöntem ve DNA Barkodlama.....                         | 14   |
| 2.4 Araştırma Konusu ile İlgili Çalışmalar.....                     | 16   |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....                                          | 20   |
| 3.1 Araştırma Alanlarının Yapısı .....                              | 20   |
| 3.1.1 Aladağlar Milli Parkı, Yedigöller Platosu .....               | 24   |
| 3.1.2 Kaçkar Dağları, Tatos (Çiçekli) ve Verçenik Vadisi .....      | 26   |
| 3.2 Örneklem ve Değerlendirme Yöntemleri .....                      | 29   |
| 3.2.1 Zooplankton örnekleri.....                                    | 29   |
| 3.2.2 Fiziko-kimyasal örnekler ve klorofil <i>a</i> .....           | 30   |
| 3.2.3 Moleküler Analizler .....                                     | 31   |
| 3.2.4 İstatistiksel Analizler .....                                 | 37   |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....                                         | 41   |
| 4.1 Fiziko-Kimyasal Parametreler ve Klorofil <i>a</i> Derişimi..... | 41   |
| 4.2 Zooplanktonik Canlılar .....                                    | 43   |
| 4.2.1 Tür kompozisyonu .....                                        | 43   |
| 4.2.2 Komünite yapısı.....                                          | 49   |

|                                                                                          |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>4.3 <i>Daphnia pulex</i> Grubu'nun Moleküler Analizleri.....</b>                      | <b>54</b>  |
| <b>4.3.1 Nükleotid kompozisyonu .....</b>                                                | <b>56</b>  |
| <b>4.3.2 Nükleotid çifti frekansı .....</b>                                              | <b>59</b>  |
| <b>4.3.3 Kodon kullanımı.....</b>                                                        | <b>59</b>  |
| <b>4.3.4 Nükleotid substitüsyon modelinin belirlenmesi ve substitüsyon matrisi .....</b> | <b>60</b>  |
| <b>4.3.5 Genetik uzaklık .....</b>                                                       | <b>62</b>  |
| <b>4.3.6 Filogenetik ağaçlar .....</b>                                                   | <b>65</b>  |
| <b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....</b>                                                         | <b>70</b>  |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                                                                   | <b>85</b>  |
| <b>EKLER.....</b>                                                                        | <b>97</b>  |
| <b>EK 1 Çalışma Alanlarına Ait Fotoğraflar .....</b>                                     | <b>98</b>  |
| <b>EK 2 Çalışmaya Konu Olan Canlılara Ait Fotoğraflar .....</b>                          | <b>103</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                                                     | <b>104</b> |

## SİMGELER DİZİNİ

|                |                      |
|----------------|----------------------|
| %              | Yüzde                |
| °C             | Santigrat derece     |
| °              | derece               |
| μ              | mikron               |
| μg             | mikrogram            |
| μl             | mikrolitre           |
| μm             | mikrometre           |
| cm             | santimetre           |
| gr.            | grup                 |
| km             | kilometre            |
| L              | Litre                |
| m              | metre                |
| m <sup>3</sup> | metreküp             |
| ml             | mililitre            |
| mm             | milimetre            |
| ng             | nanogram             |
| Nm             | nanometre            |
| nm             | nanometre            |
| pH             | Asit ve baz derecesi |

### Kısaltmalar

|                 |                                                         |
|-----------------|---------------------------------------------------------|
| A               | Adenin                                                  |
| BOLD            | Barcode of Life Database (Yaşamın barkodu veri sistemi) |
| C               | Sitozin                                                 |
| C14             | Karbon 14                                               |
| cf.             | confer                                                  |
| COI             | Sitokrom oksidaz c alt ünite 1                          |
| DNA             | Deoksiribonükleik Asit                                  |
| EDTA            | Etilen diamin tetra asetik asit                         |
| F <sub>ST</sub> | Fiksasyon İndeksi                                       |
| G               | Guanin                                                  |
| GenBank         | Uluslararası nükleotid sekans veri tabanı işbirliği     |
| GF/C            | Selüloz süzme kağıdı                                    |
| GPS             | Küresel konumlandırma cihazı                            |
| ITS             | Internal Transcribed Spacer                             |
| lat/lon         | enlem/boylam                                            |
| MIS             | Marine Isotop Stage (Deniz İzotopu Evresi)              |
| OD              | optik yoğunluk                                          |
| PAR             | fotosentetik aktif radyasyon                            |
| rpm             | dakika devir sayısı                                     |
| rRNA            | ribozomal ribonükleik asit                              |
| SUU             | küçük alt ünite                                         |
| T               | Timin                                                   |
| TBE             | Trisma base etilen diamin tetra asetik asit             |
| UV              | Ultraviyole                                             |
| UVR             | Ultraviyole Radyasyonu                                  |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1 Dünya vejetasyon haritasının üzerinde belirtilen yüksek dağ alanları (Nagy ve Grabherr 2009).....                                                                        | 4  |
| Şekil 2.2 Zooplanktonik canlıların genel olarak yapıları (Moss 2010).....                                                                                                          | 7  |
| Şekil 2.3 Planktonik grupların birbirlerine göre göreceli olarak büyüklükleri (Moss 2010).....                                                                                     | 8  |
| Şekil 2.4 Glasiyalların (buzulların) erimesi ile göl ontojenisi, gölün durumuna göre faunal ve floral komünite yapısı (Sommaruga 2015).....                                        | 10 |
| Şekil 2.5 <i>Daphnia</i> 'da üreme (Dufresne 2011) .....                                                                                                                           | 13 |
| Şekil 3.1 Erken Kretase döneminde Akdeniz Havzası ve Türkiye'nin durumu (Okay 2008).....                                                                                           | 20 |
| Şekil 3.2 Alp-Himalaya zincirinde Türkiye'nin yapısı (Okay 2008).....                                                                                                              | 21 |
| Şekil 3.3 Çalışma alanlarının konumları .....                                                                                                                                      | 22 |
| Şekil 3.4 Çalışmaya konu olan göllerin konumları .....                                                                                                                             | 23 |
| Şekil 3.5 Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması .....                                                                                                                                | 25 |
| Şekil 3.6 Aladağlar Bölgesi, Yedigöller Platosu Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması .....                                                                                          | 25 |
| Şekil 3.7 Verçenik ve Tatos Vadisi Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması .....                                                                                                       | 27 |
| Şekil 4.1 Zooplankton komünitesi, göller ve çevresel parametreler ile yapılan RDA triplotu .....                                                                                   | 52 |
| Şekil 4.2 Göller arasında ki nMDS plotu .....                                                                                                                                      | 54 |
| Şekil 4.3 COI bölgesi için NJ yöntemi ile K2 kullanılarak çizilen filogenetik ağaç .....                                                                                           | 66 |
| Şekil 4.4 ITS bölgesi için NJ yöntemi ile JC+G kullanılarak çizilen filogenetik ağaç .....                                                                                         | 67 |
| Şekil 4.5 COI bölgesi için farklı çalışmalarla birlikte NJ yöntemi ile Tamura 3-parameter+gama dağılımı+evrimsel sabit (T92+G+I) modeli kullanılarak çizilen filogenetik ağaç..... | 68 |
| Şekil 4.6 ITS bölgesi için NJ yöntemi ile JC+G modeli kullanılarak çizilen filogenetik ağaç.....                                                                                   | 69 |
| Şekil 5.1 Göllere ait Rotifera/Cladocera/Copepoda yüzdelik oranları.....                                                                                                           | 71 |
| Şekil 5.2 CCA triplotu. Kırmızı çizgiler çevresel parametreleri, siyah daireler gölleri, mavi üçgenler ve yazılar ise türleri temsil etmektedir. ....                              | 77 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 3.1 Ağustos Ayı ortalama sıcaklıkları (Çamardı/1. İstasyonu rasat süresi:20 yıl, Çamardı/2. İstasyon rasat süresi: 6 yıl, Yahyalı rasat süresi: 4 yıl).....            | 25 |
| Çizelge 3.2 Ağustos Ayı ortalama minimum sıcaklıkları (Çamardı/1. İstasyonu rasat süresi:20 yıl, Çamardı/2. İstasyon rasat süresi: 6 yıl, Yahyalı rasat süresi: 4 yıl).....    | 26 |
| Çizelge 3.3 Ağustos Ayı ortalama maksimum sıcaklıkları (Çamardı/1. İstasyonu rasat süresi: 20 yıl, Çamardı/2. İstasyon rasat süresi: 6 yıl, Yahyalı rasat süresi: 4 yıl) ..... | 26 |
| Çizelge 3.4 Ağustos Ayı ortalama sıcaklıkları (İkizdere Cimil İstasyonu rasat süresi:3 yıl, Çamlıhemşin Kaleköy İstasyon rasat süresi: 4 yıl ) .....                           | 28 |
| Çizelge 3.5 Ağustos Ayı ortalama minimum sıcaklıkları (İkizdere Cimil İstasyonu rasat süresi:3 yıl, Çamlıhemşin Kaleköy İstasyon rasat süresi: 3 yıl ) .....                   | 28 |
| Çizelge 3.6 Ağustos Ayı ortalama maksimum sıcaklıkları (İkizdere Cimil İstasyonu rasat süresi:3 yıl, Çamlıhemşin Kaleköy İstasyon rasat süresi: 3 yıl ) .....                  | 28 |
| Çizelge 3.7 <i>Daphnia</i> türlerinde mitokondriyal ve çekirdek DNA'ları için kullanılan primerler .....                                                                       | 34 |
| Çizelge 3.8 PCR döngü koşulları ve reaktif miktarları .....                                                                                                                    | 35 |
| Çizelge 3.9 Filogenetik ağaç çizimlerinde kullanılan, GenBank'tan alınan dizilerin erişim numaraları .....                                                                     | 37 |
| Çizelge 4.1 Göllere ait, GPS ve alan bilgileri .....                                                                                                                           | 41 |
| Çizelge 4.2 Araştırma göllerine ait fiziko-kimyasal parametreler .....                                                                                                         | 42 |
| Çizelge 4.3 Araştırma göllerine ait fiziko-kimyasal değerlerin grafiği .....                                                                                                   | 42 |
| Çizelge 4.4 Yedigöller Platosu ve Kaçkarlar Bölgesi zooplankton faunası ve dağılımları .....                                                                                   | 47 |
| Çizelge 4.5 Çalışma boyunca göllerden tespit edilen zooplankton gruplarının litredeki birey yoğunlukları .....                                                                 | 49 |
| Çizelge 4.6 Göllere ait, çeşitlilik, düzenlilik ve zenginlik indeks sonuçları .....                                                                                            | 50 |
| Çizelge 4.7 DCA analizi eksen bilgileri.....                                                                                                                                   | 50 |
| Çizelge 4.8 RDA analizi eksen bilgileri.....                                                                                                                                   | 51 |
| Çizelge 4.9 Çevresel parametrelerin bağlı ve marjinal etkileri.....                                                                                                            | 51 |
| Çizelge 4.10 Göller arasında ki SİMPER analiz sonuçları .....                                                                                                                  | 53 |
| Çizelge 4.11 COI gen bölgesi kullanılarak, DnaSP ile belirlenen haplotipler ve 2 farklı uzaklık kullanılarak oluşturulmuş ABGD grupları (Toplam birey sayısı 31) .....         | 55 |
| Çizelge 4.12 ITS gen bölgesi kullanılarak, DnaSP ile belirlenen haplotipler ve 2 farklı uzaklık kullanılarak oluşturulmuş ABGD grupları (Toplam birey sayısı 39) .....         | 56 |
| Çizelge 4.13 Örnekler için COI bölgesinin nükleotid kompozisyonu ( % ) .....                                                                                                   | 57 |
| Çizelge 4.14 Örnekler için ITS bölgesinin nükleotid kompozisyonu ( % ) .....                                                                                                   | 58 |
| Çizelge 4.15 COI lokusuna ait nükleotid çifti frekansı.....                                                                                                                    | 59 |
| Çizelge 4.16 ITS bölgesi için nükleotid çifti frekansı.....                                                                                                                    | 59 |
| Çizelge 4.17 COI bölgesine ait kodonlar ve frekans-RSCU oranları .....                                                                                                         | 60 |

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.18 COI bölgesi için substitüsyon modelleri.....                                        | 61 |
| Çizelge 4.19 COI bölgesi için oluşturulan substitüsyon matrisi.....                              | 61 |
| Çizelge 4.20 ITS bölgesi için substitüsyon modelleri.....                                        | 62 |
| Çizelge 4.21 ITS için substitüsyon matrisi .....                                                 | 62 |
| Çizelge 4.22 COI bölgesine ait dizilerin K2 genetik uzaklık değerleri (Pairwise Distance).....   | 63 |
| Çizelge 4.23 ITS bölgesine ait dizilerin JC+G genetik uzaklık değerleri (Pairwise Distance)..... | 64 |
| Çizelge 5.1 Çalışma yapılan göllerde tespit edilen diğer gruplar .....                           | 71 |
| Çizelge 5.2 YG2 Gölü 2010 ve 2015 yılı zooplankton faunası .....                                 | 73 |
| Çizelge 5.3 Diğer grupların eklenmesi ile yapılan DCA analizi eksen bilgileri.....               | 76 |
| Çizelge 5.4 Diğer grupların eklenmesi ile yapılan CCA analizi eksen bilgileri .....              | 76 |



## 1. GİRİŞ

Göller, bazı araştırmacılar tarafından ada (lakes-as-islands, Arnott vd. 2006), nöbetçi (lakes-as-sentinels, Adrian vd. 2009) olarak nitelendirilmektedir. Bunun sebebi, göllerin; iklim değişiklikleri, antropojenik etkilere karşı fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak hızlı ve hassas bir şekilde yanıt vermesi ve uzun yıllar boyunca bu etkileri bünyelerinde barındırması olarak düşünülmektedir (Adrian vd. 2009). Glasiyal orijinli yüksek dağ gölleri, dünya üzerinde ücra ve el değmemiş sucul ekosistemlerdir ve son ağaçlanma sınırının üzerinde yer almaktadırlar (Pechlaner 1971), bu yüzden, çevresel değişikliklere karşı en hassas sistemler olarak görülmektedirler (Williamson vd. 2008). Karasal ekosistemin yaklaşık olarak % 3'ünü alpin bölgeler oluşturmaktadır (Heywood 1995). Yüksek dağ gölleri ise göreceli olarak küçük bir alan kaplamalarına rağmen iklim çalışmaları için önem arz eden karbon hareketleri dinamiktir ve hem bölgesel hem de küresel anlamda karbon yükü araştırmaları açısından amaca uygun ekosistemlerdir (Cole vd. 2007, Mladenov vd. 2011).

Alpin göllerin bulunduğu bölgeler, antropojenik etkilerden oldukça az etkilenmektedirler ve sistemin kurucu taksonlarından olan zooplanktonik canlıların taksonomik ve ekolojik yönden araştırılması için uygun ortam sağlamaktadırlar. Glasiyel orijinli göller, bulundukları vadinin eğimi, örtülü buzulun olup olmadığı, güneşlenme miktarı gibi faktörlerden köken almaktadırlar. Dolayısı ile her buzulun (kalıcı buz örtüleri hariç) dönemsel olarak oluşması ve bahar aylarında erimesi ile göller bulanık/turbid bir yapıya sahip olurlar. Kış aylarında, kalın bir buz örtüsü ile kaplı olan göllerin dip kısımlarında dormans hale geçmiş olan zooplankton yumurtaları bulunmaktadır (Cáceres 1997, Gyllström ve Hansson 2004). Erime dönemlerinde göl suyu partikül ve nutrient girişi ile turbid hale gelir. Bu yapıya sahip olan dağ gölleri, besin ağı yapısı ve fonksiyonu çalışmalarına, ilk kolonizasyonun hangi grup tarafından oluşturulduğuna ve koloni gelişmeleri gibi özellikteki araştırmalar için uygun hale gelmektedir (Sommaruga 2015).

Dağ göllerine ulaşım ve çalışma koşullarının zorluğundan ötürü ülkemizde az önem verilmiştir. Bu eksiğin giderilmesi için daha önce herhangi bir literatür bilgisine

rastlanılmayan göller seçilmiştir. Bu amaçla Türkiye'nin Kuzey ve Güney bölgelerinde bulunan dağ silsilelerinden;

Kuzey Anadolu Dağları'nın Kaçkarlar Bölgesi'nde (Kuzeydoğu Anadolu) Verçenik Dağı'nın bir uzantısı olan Tatos Dağı'nın eteklerinde bulunan Sulak ve Moçar gölleri ile Toros Dağları'nın Anti-Toros uzantısı içerisinde yer alan Aladağlar Milli Parkı içerisindeki Yedigöller Platosu'nda bulunan ve yaz aylarında kurumayan beş adet göl seçilmiştir.

Çalışma amacı iki ana başlıkta toplanır ise;

1. Zooplankton faunası açısından;

- Doğal olarak balıksız olan ve daha önce hiçbir zooplankton bilgisi bulunmayan alpin göllerde zooplankton faunasının belirlenmesi,
- Antropojenik etkinin az olduğunun düşünüldüğü Yedigöller Bölgesi'nde 5 yıl ara ile kompozisyon farklılığının olup olmadığının araştırılması,
- Türkiye'nin kuzey ve güney bölgelerinde, farklı iklim koşullarına sahip bölgelerde zooplankton kompozisyonunun çok değişkenli analiz yöntemleri kullanarak, çevresel parametrelerle karşılaştırılmasının yapılması,

2. *Daphnia* sp. türlerinin genetik açıdan araştırılması;

- Türkiye'nin Güney ve Kuzey Dağ Silsileleri'ndeki alpin konumlu göllerde bulunan *Daphnia* sp. türleri için DNA barkod kaydının oluşturulması,
- Populasyon içi ve populasyonlar arası genetik farklılıklarının DNA barkodlama yöntemi kullanılarak ortaya koyulması,
- DNA barkodlarının analiz edilmesi sonrası filogenetik ilişkilerinin, ekolojik özellikleri ile ilişkilendirilmesidir.

## 2. KURAM SAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1 Alpin Göl Ekosistemlerinin Genel Özellikleri

Alpin göller, dağların ağaçlanma çizgileri aracılığı ile sınıflandırılmaktadır (Pechlaner 1971). Bu bölgeler, yüksekliklerinden ziyade sıcaklığa bağlı olarak nitelendirilir (Legros 1992). Terminolojiye bakıldığında genel kanı, alpin bölgeler olarak bilinen yerler için farklı terimler kullanılabildiğidir. Alpin bölge; Orta Avrupa'nın yaklaşık olarak 40 °N ve 50 °N enlemleri arasında yer alan dağlık alanlarının, vejetasyonunun üzerinde yer alan (ağaçlanma sınırı ekoton bölgesini içermeyen) bölgeleri olarak tanımlanır (Ozenda 1994, Ellenberg 1996, Richter 2001). Cryo - oro- mediterranean (soğuk akdeniz orojenezi) olarak tanımlanan bölgeler ise; fitocoğrafik özelliklere bakılarak sınıflandırılan, ağaç benzeri yapı bulunmayan, cüce çalılıkların ve sazlık yapılarının bulunduğu Güney Avrupa bölgeleridir (Rivas-Martinez 1981, Richter 2001). Türkiye'nin konumuna baktığımızda, 36° – 42 ° kuzey enlemleri ile 26 ° – 45 ° doğu boylamları arasında yer almaktadır. Bu durumda çalışma bölgelerine bakıldığında, Kaçkar Dağları, konumu gereği alpin bölge, Aladağlar Milli Parkı ise soğuk akdeniz orojenizi olarak tanımlanabilmektedir. Fakat literatürde, Holoarktik ve tropik bölgeler arasında ayırım yapılmaksızın, dağların ağaçlanma çizgileri üzerinde kalan yerler genel olarak alpin veya yüksek dağ bölgeleri olarak tanımlanmakta ve bu bölgelerde bulunan göller ise alpin göller, buzul gölleri, glasiyal göller veya yüksek dağ gölleri olarak isimlendirilmektedir (Şekil 2.1) (Nagy ve Grabherr 2009).

Şekil 2.1'e bakıldığında, Kuzey Doğu Anadolu Dağları (31 numaralı, kesikli üçgen) ılıman orman kuşağında, Toros Dağları dolaylı olarak Aladağlar Bölgesi (51 numaralı, içi boş daire) ise subtropikal siklerofil orman zonu (Akdeniz tipi)'nda bulunmaktadır. Yine oluşumları ve bulundukları bölgeler açısından benzer özellikteki dağlar ve kuşaklar aynı harita üzerinde görülmektedir.



Şekil 2.1 Dünya vejetasyon haritasının üzerinde belirtilen yüksek dağ alanları (Nagy ve Grabherr 2009)

Alpin göller yapıları gereği ulaşımı ve iklim koşulları zor olan bölgeler olduğu için, havzalara göre daha az insan yerleşimi ve popülasyonu bulunmaktadır. Bu sebeple, bu tür bölgeler de antropojenik etkilerin az olduğu düşünülmektedir fakat atmosferik olaylardan etkilendikleri için özellikle sanayi devriminden sonra (1850 sonrası) uzun mesafeli rüzgar ve bulutlardan global anlamda etkilenmektedirler (Steffen vd. 2015). Bazı kirleticiler (polisiklik aromatik hidrokarbonlar, iz metaller, organohalojenler vb.), mikroorganizmalar, sporlar vb. stratosferik rüzgarlar yardımı ile bu bölgelere taşınmaktadırlar (Catalan vd. 2013). Atmosfer bu bölgelerde daha incedir ve bundan dolayı ultraviyole radyasyonu (UVR) özellikle UVB daha yüksektir, bu özellik ise stratosferik ozonu daha da azaltmaktadır (Blumthaler ve Ambach 1990, Blumthaler vd. 1997). Atmosferik kirlilik ayrıca, havza göllerinin yanı sıra dünyanın ücra köşelerinde bulunan yüksek dağ göllerinin de pH'sını düşürmekte ve bazı türlerin azalmasına ve ortadan kaybolmasına yol açmaktadır (Camarano ve Manca 1997, Šporka vd. 2002, Sacherová vd. 2006).

Ultraviyole ışınlarının, türlerin ve grupların birbirleriyle ve bulundukları çevre ile direk ve indirek yollardan; rekabet, predasyon, mutualizm, parazitizm ve hastalık, etkileşimleriyle etilediği bilinmektedir (Abrams 1987). Asıl önemli olan etkisi ise, UV ışınlarının DNA'nın yapısını bozmasından ötürü, temiz ve berrak olan yüksek dağ bölgelerinde bulunan canlıları etkilemesidir. Blumthaler vd. (1992) UVR ve yüksekliğin arasındaki korelasyonu çalışmışlar ve Alplerde her bin metrede % 19 oranında artış gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Sucul ekosistem canlıları ise (bentik canlılar, primer üreticiler, planktonik canlılar vb.) melanin, karetinoidler, siktonemin ve mikosporin benzeri amino asitler gibi ikincil metabolitler sentezleyerek veya absorblayarak UV zararlarını en aza indirme stratejisini geliştirmişlerdir (Sommaruga 2001). Örneğin, *Daphnia sp.*'nin karapakslarındaki melanizasyon, Kalanoid türlerinin ise karetinoidleri biriktirmeleri, canlıların UVR etkisini en aza indirmek için geliştirdiği yöntemlerdir (Hessen ve Sorensen 1990).

Yüksek dağ gölleri doğaları gereği, havza nehirlerinin arasında bulunan fiziksel bariyerlerden ötürü, balıksızdır. Fakat 15. yy'dan beri özellikle 19. yy ortalarından sonra Avrupa'nın ve Amerika'nın birçok bölgesinde özellikle *Salvelinus alpinus* (Arktik

alabalık) ve *Salmo trutta* (Kahverengi alabalık) rekreasyonel ve beslenme amaçlı stoklanmıştır (Schabetsberger vd. 2009). Balık varlığı, bu göllerde otokton olarak bulunan amfibilerin, büyük makroomurgasızların, planktonik canlıların vs. ciddi şekilde azalmasına ve eliminasyonuna neden olmaktadır (Ventura vd. 2017). Bu durum açık bir şekilde zooplankton kompozisyonunun ve büyüklüklerinin değişimine yol açmaktadır (Goyke ve Herhey 1992, Johnson vd. 1996).

Dağlık bölgelerde, sıcaklık, atmosferik basınç ve kullanılabilir arazi durumu, yüksekliğin artması ile azalmaktadır. Dikey yönde ve kısa mesafelerdeki bu değişim faunistik ve floristik canlı çeşitliliğinin ve zenginliğinin havzalara göre daha az olmasına sebep olmaktadır. Bu sebepten ötürü, iklimsel ve/veya alansal herhangi bir değişim (örneğin, iklim değişikliği, habitat farklılaşması, balık stoklanması vs) bu bölgelerdeki hem karasal hem de sucul ekosistemde bulunan canlıları modifiye etmekte ve popülasyonları ciddi şekilde etkilemektedir (Dullinger vd. 2012).

Anadolu, buzul ve buzullar arası dönemler için bir sığınak rolünde olduğu bilinmektedir (Gür 2017a). Darwin (1859), buzul dönemlerdeki soğumanın arktik canlıların daha güneye inmesine ve buzullar arası dönemde sıcaklığın artması ile de arktik formların kuzeye çekildiğini belirtmiştir (Gür 2017a). Buzullar arası dönemde kuzeye doğru çekilme gerçekleşirken; Anadolu, Kuvaterner sığınaklar olarak tanımlanmış (Gür 2017a) ve soğuk tercihi olan türler bu dönemlerde dikey olarak göç ederek, dağlarda sığınmacı olarak kalmışlardır (Bilgin 2011).

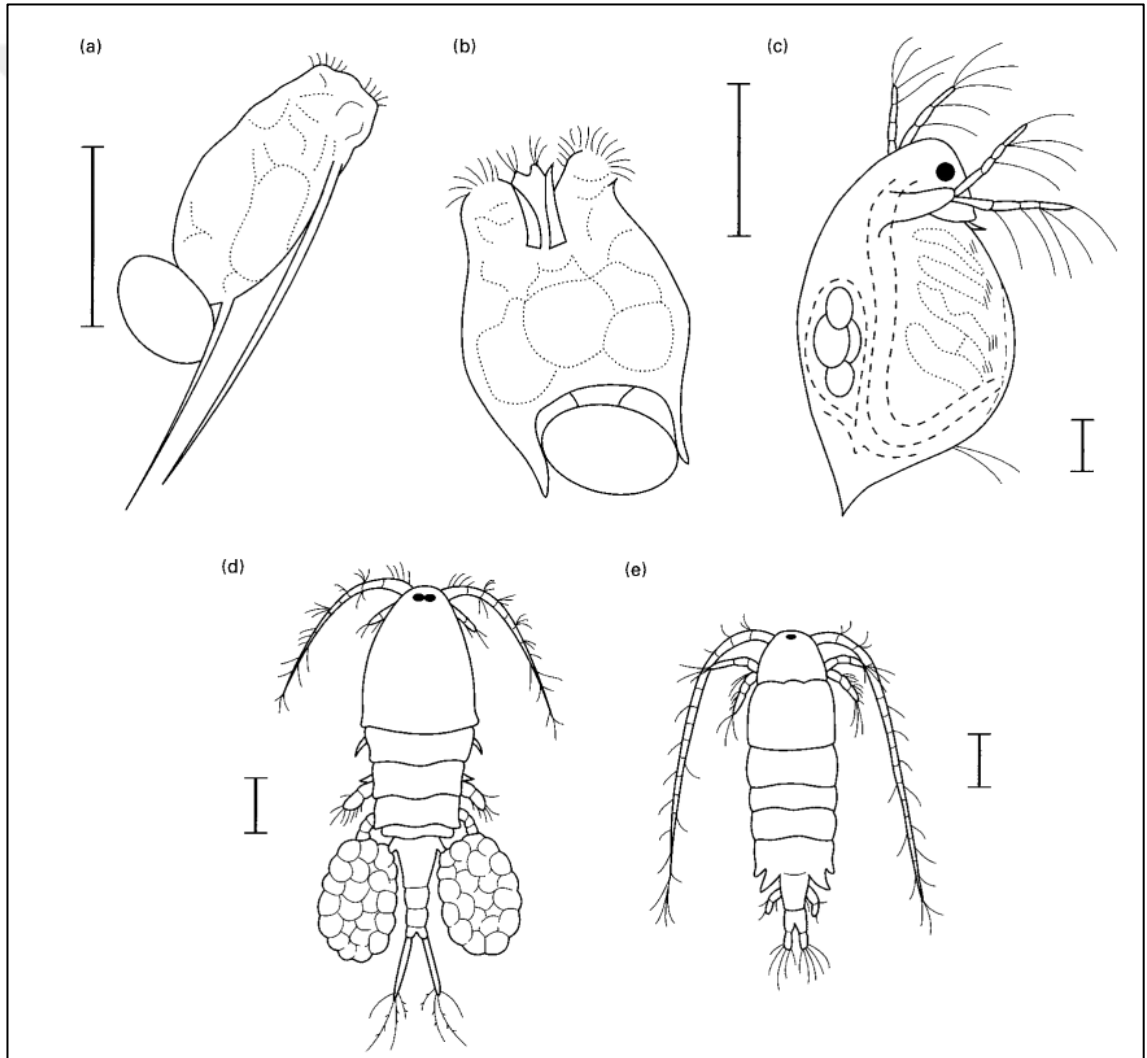
## **2.2 Araştırmaya Konu Olan Canlılar**

### **2.2.1 Zooplanktonik canlılar**

Planktonik canlılar (fito- ve zooplankterler), besin piramidinin en alt tabakasını oluşturduğundan, iki grup arasındaki ilişki hem deniz hem de tatlı su ekosistemlerinde geleneksel olarak en önemli canlılar olarak görülmektedir. Fakat dünya üzerindeki göllerin çoğu sığ ve görece küçük yapıdadır, bu sebeple zooplanktonik canlıların littoral

bölge ile bağı kopamaz ve uyum sağlama yetenekleri de oldukça gelişmiştir (Moss 2010).

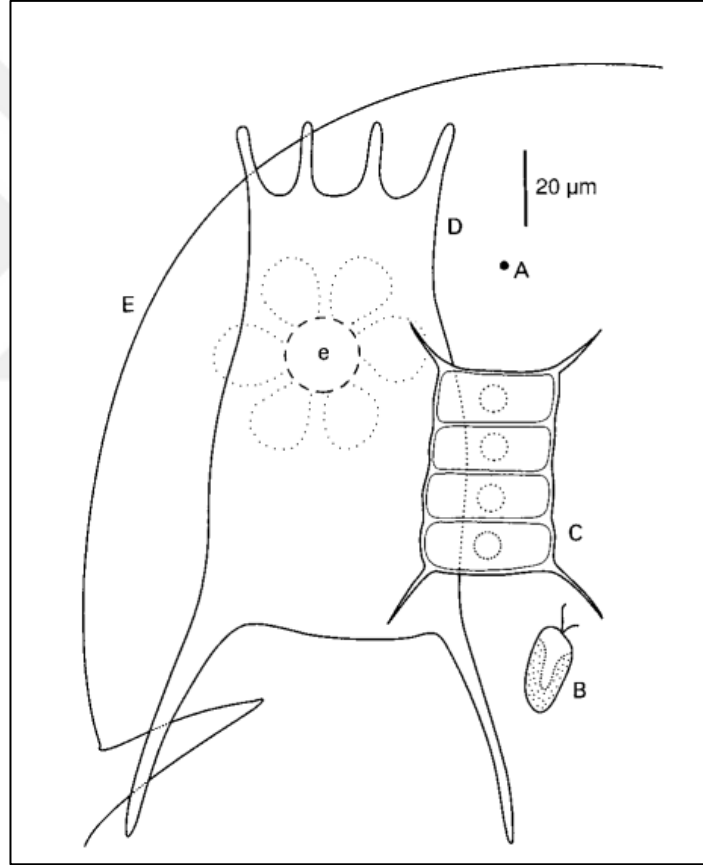
İç sulardaki zooplanktonik canlılar, protozoalardan ve Rotifera filumu ile Crustacea'nın iki alt sınıfı olan Copepoda ve Cladocera'dan oluşmaktadır (Şekil 2.2) (Moss 2010). Rotiferler ve krustasean canlılar ılıman bölgeler için zooplanktonun en büyük gruplarıdır. Holo- ve meroplankton olarak yani devamlı ve geçici zooplankton olarak iki ana gruba ayrılmaktadırlar.



Şekil 2.2 Zooplanktonik canlıların genel olarak yapıları (Moss 2010)

a. *Filinia* sp., b. *Brachionus* sp., c. *Daphnia* sp., d. *Cyclops* sp., e. *Diaptomus* sp.

Zooplankton komunitesi boyutlarına göre incelendiğinde ise tek hücreli protozoan canlılardan (birkaç mikron büyüklüğünde) bir metreyi bulan örneğin jelimsi makrozooplanktona kadar (pikoplankton – megaplankton) değişmektedir. Büyüklük farklılıklarının daha iyi anlaşılması için şöyle bir analogi yapılabilir; örneğin, bir rotifer türü olan *Keratella quadrata* ortalama 125  $\mu\text{m}$  boyundadır. Bu canlı ortamdaki en uzun insan kabul edilirse, virüsler, un tanecikleri gibiyken, protozoalar fıstık boyutunda, *Daphnia* sp.'ler bir at, kopepotlar bir ev ve bazı jelimsi organizmalar da 50 km uzunluğunda olabilir (Şekil 2.3) (Moss 2010). Bütün bu organizmalar ve organik olmayan (örneğin detritus), su içerisinde (kolonunda) pasif hareket etmektedir.



Şekil 2.3 Planktonik grupların birbirlerine göre göreceli olarak büyüklükleri (Moss 2010)

A. bakteri, B. küçük fitoplankton (*Cryptomonas*), C. büyük fitoplankton (*Scenedesmus*), D. küçük bir zooplankton (*Keratella*), E. Büyük bir kladoser (*Daphnia* sp.), e. *Daphnia* sp.'nin göz yapısı.

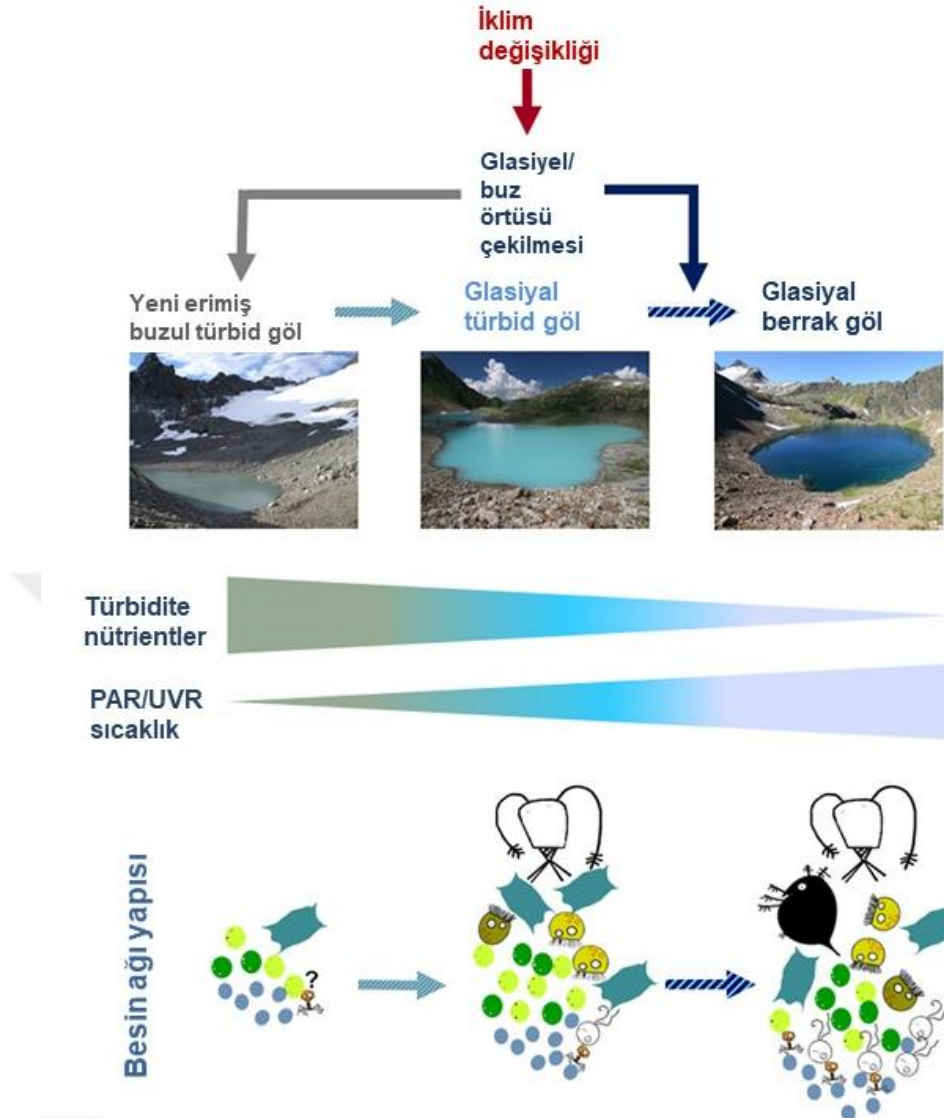
Rotiferlerin ve kladoserlerin büyük bir çoğunluğu filtrasyon yolu ile beslenirken, bazı rotifer (örneğin *Asplanchna* sp.) ve kladoserler (örneğin, *Leptodora* sp.) karnivor olarak

beslenmektedir. Sesil yaşayan rotiferlerde, tuzak ile avlanma da görülmektedir (örneğin, *Collotheca*). Kopepotlar'ın birçoğu parazitik yaşar iken, pelajik yaşayanlar da detrivor, herbivor ve karnivor olanlar da bulunmaktadır.

Rotiferler Monogononta ve Bdelloidea olmak üzere iki alt sınıfa ayrılırlar. Bdelloidler ve Monogonont rotiferler ortam şartları uygun iken yani yeteri kadar besinin olduğu, sıcaklığın uygunluğu vs. gibi durumlarda aseksüel, ortam şartlarının bozulması ile partenogenetik olarak çoğalabilirler. Monogonontlar dayanıklı kış yumurtalarını üretirlerken, bdelloidler ise anhidrobiyotik bireyleri üretebilmektedir (Segers 2008). Bu durum kladoserlerde de görülmektedir ve dayanıklı yumurtalarına ephippium adı verilmektedir. Kopepotlar ise seksüel üreme gösterirler. Rotifer ve kladoserlerde genellikle populasyonlar dişi bireylerden oluşurken, kopepotlar da erginlik dönemlerinde erkek ve dişi birey birlikte bulunmaktadır.

Rotifer ve kladoserlerin, ortam şartlarının kötüleşmesine karşı oluşturmuş olduğu üreme uyumu, şartların iyileşmesi ile populasyonun tekrar hızlıca kurulmasına ve yayılımlarının hızlı ve etkili bir şekilde olmasına neden olmaktadır. Glasiyal bağlantının olduğu göller genel olarak abiyotik koşulların etkisi altında kalmakta ve göl içerisindeki partikül miktarı, türbidite oranı yüksek olmaktadır (Egholm vd. 2012). Türbiditenin artması primer üretimini dolayısıyla da filtreleme ile beslenen canlı topluluklarını etkilemektedir fakat avantaj olarak UV ışınlarının etkisini de azaltmaktadır (Sommaruga 2015). Bu sebepten ötürü glasiyal göllerin türbidite yapısına ve inorganik madde birikimine göre faunal kompozisyonu da değişmektedir (Şekil 2.4).

Yüksek dağ bölgelerinde göller, genel olarak Ekim-Kasım döneminde donmakta, Nisan-Mayıs aylarında ise buzlar tekrar çözünmektedir. Suyun öz kütlesinin 3.8 °C'de en ağır olduğu bilinmektedir, donmanın başlamasıyla sıcaklığı azalan su kütlesi aşağı doğru hareket eder ve bütün göl ortalama 4 °C olduğunda karışma durur, yüzeyden itibaren donma başlar. Sıcaklığın değişmesi rotifer ve kladoserler için, kışlık yumurtaların oluşturulması ve dip çamurunda depolanması anlamına gelmektedir. Böylece bir sonraki erimede, latent yumurtalar ve ephippiumdan yeni bireyler çıkarak, populasyon kurulacaktır.



Şekil 2.4 Glasiyalların (buzulların) erimesi ile göl ontojenisi, gölün durumuna göre faunal ve floral komünite yapısı (Sommaruga 2015)

PAR: fotosentetik aktif radyasyon, UVR: ultraviyole radyasyon. Besin ağı yapısındaki renk kodları: mavi; prokaryotlar, açık yeşil: mikсотrofik fitoplankton, koyu yeşil; fototrofik fitoplankton, sarı; mikсотrofik siliatlar, kahverengi; heterotrofik siliatlar, beyaz; heterotrofik nanoflagellatlar, rotiferler, kopepotlar ve *Daphnia* kendi şekilleri ile tasvir edilmiş

### 2.2.2 *Daphnia pulex* grubu ekolojisi

*Daphnia* cinsi, ekolojik, taksonomik, toksikolojik ve evrim çalışmalarında sıklıkla model olarak kullanılmaktadır fakat taksonomik durumu oldukça karışık ve tartışmalıdır (Adamowicz vd. 2004). 200 yıldan daha fazla süredir bilim insanlarının dikkatini çeken bu grubun, taksonomik sorunlarının temelinde, ilk teşhislerinin detaylı olmayışı,

canlıların gösterdiği fenotipik plastisite ve türler arasındaki hibritleşme<sup>1</sup> yeteneklerinden kaynaklanmaktadır (Brooks 1957, Flössner ve Kraus 1986, Dodson 1989). Tür kavramı ve tür tanımı üzerine olan tartışmalar biyolojinin en temel ve en eski konularından bir tanesidir. Günümüzde kabul edilen tür kavramı ise partenogenetik türlere uygulanamamış olması hala bu konudaki açıkların en temellerindendir (Mayr 1963, Cohan 1994). Tür kompleksleri<sup>2</sup>, evrimsel olarak gençtirler ve çoğunlukla fenotipik olarak farklılaşmamışlardır (Delmotte vd. 2003, Seehausen 2004). Ekolojik koşulların tetiklediği hibridizasyon, yakın dönemde ayrılmış olan türlerde sıklıkla görülmektedir (Seehausen 2004). Hibritler ve ebevyenler genellikle bir arada bulunmaktadır (Benzie 2005, Rusek vd. 2015) ve hibritler atasal türlerine göre, içlerinde bulundukları ortam şartlarına daha uyumludurlar (Templeton 1981).

*Daphnia* grubu, mevsimsel göllerden, göletlere, küçük su birikintilerinden devamlı ve büyük göllere kadar bütün dünyada yayılış göstermektedir. Bulunduğu tatlı su ekosistemlerinin farklı ekolojik özelliklere sahip olmasından dolayı bu grup, çeşitli hayatta kalma stratejileri geliştirmiştir. Fenotipik plastisite göstermelerinden dolayı, birbirine çok yakın, aynı habitatı paylaşan populasyonlar arasında bile fark olabilmektedir (Benzie 2005).

*Daphnia pulex* grubu, karakteristik olarak göletleri tercih etmektedir. Av-avcı ilişkisi, tür dağılımlarında ve bolluklarında en önemli etkenlerden biridir. Yüksek enlemlerde ve rakımlarda bulunan göller yapıları gereği genellikle berrak, sık ve balıksızdır. Balık baskısının olmadığı bu habitatlarda yaşayan *Daphnia* sp., yüksek UV'den korunmak için pigmentleşmiştir (melanin pigmenti) (Hessen ve Sorensen 1990, Hebert ve Emery 1990).

*Daphnia* grubunun, tüm kıtalarda bulunması ve uyum sağlama yetenekleri, üreme stratejilerinden kaynaklanmaktadır. Klonal ve seksüel üreme başarısı, *Daphnia* cinsine

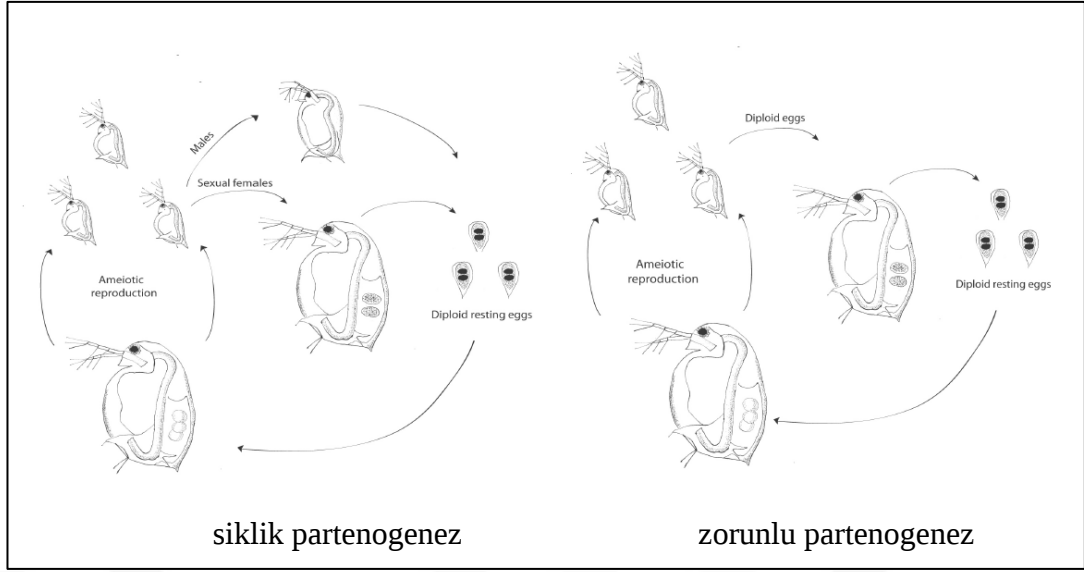
---

<sup>1</sup> Hibritleşme: *Daphnia* populasyonları arasında morfolojik olarak benzeyen tür gruplarının çiftleşmesi ile oluşan bireylerdir (Benzie 2005).

<sup>2</sup> Tür kompleksi: Morfolojik açıdan hemen hemen aynı fakat çok küçük genetik farklılıkların olduğu, birbirleri arasında belirli düzeylerde gen akışı yapabilen gruplar olarak tanımlanmaktadır (Anonymous 2018a).

ait türlerin su kolonunda hızlıca çoğalmasına olanak sağlamaktadır. Yaz dönemlerinde dişiler apomiktik yumurta üretirler ve minyatür yetişkinler yumurtadan çıkarlar, güz döneminde ise dişiler haploid ürerler, çeşitli etkenlerle (populasyon içi rekabetin artması, besine ulaşımın azalması, gündüzlerin kısalması vb.) erkek bireyleri oluşur ve dayanıklı ephippium yumurtalar üretilir. Seksüel üreme ile ephippium adı verilen, güçlü bir kitin yapıya sahip, içinde bir veya iki adet yumurta bulunan, sedimentte veya suda yüzer halde bulunabilen dayanıklı yumurtalar üretilmektedir. Bu yumurtalar, sadece yüzlerce yıl olumsuz koşulların geçmesi için değil aynı zamanda, yeni çevre koşullarına uyumlu bireylerin üretilmesi için de kullanılmaktadır (Weider 1993). Erkek bireylerin belirlenmesi, seks kromozomları ile değil kompleks genotip yapısı ve çevresel etkileşimlerle olmaktadır (Innes ve Dunbrack 1993, Innes ve Singleton 2000). Bazı populasyonlarda ephippium oluşturmak için erkek bireylere ihtiyaç duyulmamakta (zorunlu (obligate) partenogenez) fakat oluşan populasyon daha sonraki döngülerde erkek birey oluşturabilecek yapıya sahip olmaktadır.

Siklik (cyclic) partenogenez ile üreyen *Daphnia* grubunda, çevre şartları ve populasyon büyüklüğü ideal ise aseksüel, çevre şartlarının bozulması, populasyondaki birey sayısının artması vb. gibi durumlarda seksüel üreme birlikte görülürken, zorunlu partenogenez de ise, sadece aseksüel üreme gözlemlenir (Şekil 2.5). *Daphnia pulex* grubunda, seksüel dişilerin oluşmasında fotoperiyottaki değişimler, besin miktarı ve populasyon büyüklüğü etkilidir, dişilerin çok fazla olması erkek bireylerin oluşması için kimyasal bir işaret olarak algılanabilmektedir (Hobaek and Larsson 1990, Larsson 1991).



Şekil 2.5 *Daphnia*'da üreme (Dufresne 2011)

Siklik partenogenezde kalıcı yumurtalar seksüel üreme ile oluşurken, zorunlu partenogenezde aseksüel olarak oluşur

*Daphnia* gruplarında partenogenetik üremenin bir sonucu olarak poliploidi görülmektedir ve ekstrem çevre koşullarında daha fazla tercih edilmektedir (Beaton and Hebert 1988). *Daphnia* gruplarında, melanik olmayan türler diploid iken melanin biriktiren türler ise poliploidiktir. Örneğin, *D. pulex* tetraploid iken *D. middendorffiana* ise tetraploid ve hekzaploidtir (Hebert 1987). Beaton ve Hebert (1988) çalışmalarında, havza göllerinde melanik popülasyonlara rastlamamışlar fakat daha yukarıda bulunan göllerde melanik ve melanik olmayan türler birlikte bulunurken, arktik ve çok daha yüksek rakımlı göllerde ise sadece melanik türlerin olduğunu göstermişlerdir.

Cladocera, Korovchinsky (2006) tarafından yaşayan fosiller olarak nitelendirilmiştir. Fosil kayıtlar incelenmeye başlandığında ise, özellikle kuzey yarım kürede farklı çağlara ait olan kayıtlara rastlanmıştır ve Pliyosen, Miyosen, Eosen, Mesozoyik ve Oligosene ait kalıntılar bulunmuştur (Fryer 1995, Simirnov 1992, Kotov 2007, Kotov ve Taylor 2011). En erken fosil kaydı ise, Jura dönemine ait (en olası dönem Jura-Kratese sınırı "J-K Boundary") Moğolistan'da Khotont Gölü'nde bulunmuştur (Kotov ve Taylor 2011). Poliploidik *Daphnia* gruplarının, Pleistosen buzullaşmalarında sığınmacı olarak kaldığı göllerde, tekrar erimenin başlaması ve havza göllerindeki aynı türlerin tekrar bir

araya gelip, birlikte üremesi ile ortaya çıktığı düşünülmektedir (Dufresne ve Hebert 1994, 1997, Weider ve Hobaek 2003).

### 2.3 Moleküler Yöntem ve DNA Barkodlama

Modern insanların çevreyi tanıma ve sınıflandırma ihtiyaçlarından ortaya çıkan sistematik bilimi, Carlolus Linneaeus (1707-1778)'un binlerce bitkiyi ikili isimlendirme ile sınıflandırmış ve kullanım kolaylığından ötürü kısa sürede yaygınlaşmıştır. Charles Darwin (1809-1882)'in ortaya attığı ve türleşme mekanizmalarından olan doğal seleksiyon ile taksonominin genetik boyutu önem kazanmıştır. Günümüzde ise Ernst Mayr (1809-2005) çalışmaları ile modern evrim sentezine ön ayak olmuş ve moleküler yöntemlerin tür tanımlamalarına ve türleşme mekanizmalarının anlaşılması için çalışmalarda bulunmuştur. Bilim tarihindeki bu gelişmeler, günümüzde tür tanımlamaları, türleşme mekanizmaları, populasyonlar arası ilişkileri, komünite yapıları vb. araştırmalarda moleküler yöntemleri gerekli kılmaktadır.

Moleküler analizlerde kullanılan en temel yöntem olan polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), kısaca hedef DNA moleküllerinin hücre dışında çoğaltılmasıdır. Belirli DNA parçasının çoğaltılması için, nükleotid dizisi hakkında bazı bilgiler gereklidir. DNA'nın çoğaltılabilmesi için denatüre edilen çift zincir DNA, tek zincirli hale getirilir ve iki adet oligonükleotid primer DNA parçasına 5' – 3' yönünde bağlanır. Tag polimeraz adı verilen DNA polimeraz ile uygun sıcaklık aralıklarında hedeflenen bölgenin çoğaltılması sağlanır (Klug vd. 2009).

Günümüzde, temelleri 1990'lı yıllarda atılan DNA barkodlama yöntemi; organizmaların genomlarında küçük DNA bölgelerindeki dizi farklılıklarının, bir canlının tür seviyesinde tanımlanmasını sağlayacak biyolojik barkodlar olarak tanımlanabilir (Keskin ve Atar 2013). DNA barkodlama yöntemi, ökaryotik canlılarda bulunan Mitokondriyel Sitokrom C Oksidaz Alt Ünite 1 (COI) gen bölgesini kullanmaktadır. COI bölgesinin çoğaltılmasında, evrensel primerlerin kullanılması ve farklı taksonomik seviye yaklaşımlarına izin vermesi kullanımını arttırırken (Keskin ve Atar 2013), bu gen bölgesinde gerçekleşen evrim, tür içi varyasyonların coğrafik yapı ile

ilişkilendirilmesine imkan sağlamaktadır (Bucklin vd. 2011). Bu gen bölgesi tür içinde % 3'ten küçük, türler arasında ise % 10 ile % 25 arasında farklılık göstermektedir (Hebert vd. 2003). Barkodlama yöntemine özgü olarak, "Barkodlama açıklığı" olarak adlandırılan bölge, tür içi ve türler arası varyasyonlarda çakışma meydana gelmemesidir ve barkodlaması yapılan bölgenin isabetli ve güvenilir olmasını sağlamaktadır (Meyer ve Paulay 2005, Keskin 2013).

DNA barkodlama yönteminde, kısa DNA dizileri daha önce tanımlanmış ve veri tabanlarında bulunan diğer barkodlar ile karşılaştırılır. Karşılaştırma yapıldığında eşleşen dizi, elde edilen barkod dizisi ile uyumlu olduğunda tür tanımlaması yapılmış olur. Eğer veri tabanlarında eşleşen dizi bulunamazsa, morfolojik olarak tayini yapılan tür, yeni barkod kaydı olarak veri tabanına girişi yapılır.

*Daphnia pulex* gruplarının eşeyli ve siklik - zorunlu partenogenetik olmak üzere eşeysiz üreme gösterdiği bilinmektedir. Partenogenetik olarak çoğalan populasyonlarda, yumurtadan çıkan neonatlar dişi ve genetik açıdan annenin klonudur. Fakat seksüel üremenin görüldüğü koşullarda, mitokondrilerini anneden alan bireyler, çekirdek DNA'larında hem maternal hem de paternal özellik göstermektedirler. Yüksek oranda morfolojik plastisite gösteren *Daphnia* gruplarında filogenetik çalışmalar sadece mitokondriyal COI gen bölgesinde ilerlediğinde, maternal olarak ilişkisi ortaya konulmaktadır ve maternal gelen mitokondrinin, hangi varyeteden geldiği saptanamamaktadır. Bu açığın kapatılması için, nükleer gen tanımlanmasının yapılması da bir ihtiyaç olmuştur. Kriptik türlerin<sup>3</sup> ve komplekslerin olduğu gruplarda çekirdek DNA'sı için, korunmuş bölge olan, Giesler ve Englbrecht (2009) tarafından tür içi ve türler arası dinamik ağısı evrimsel modellerini incelemede kullanmak üzere rRNA'nın küçük alt ünitesi (SSU)'nde olan V4 bölgesi önerilmektedir.

---

<sup>3</sup> Kriptik Türler: Farklı gen frekansına sahip populasyonların karışmasıyla ve aseksüel üreme / doğal seleksiyon ile ortaya çıkan türlerdir.

## 2.4 Araştırma Konusu ile İlgili Çalışmalar

Yabancı kaynaklı çalışmalara bakıldığında, Avrupa'da özellikle Alpler'de bulunan göllerin karakteristiği ve faunal - floral planktonik canlıları, tür çeşitliliği 20. yy başlarında Zschokke 1900, Stingelin 1904, Zschokke 1908, Stingelin 1910, Kreis 1921 ve Pesta 1929 gibi birçok araştırmacı tarafından çalışılmaya başlanmıştır (Winder 2002).

Boavida ve Gliwicz (1996), Portekiz'de bulunan alpin göllerin limnolojik ve biyolojik karakterlerini çalışmışlardır ve çalışmalarını fitoplankton ve zooplankton üzerinden yürütmüşlerdir. Göllerin biyolojik karakterlerini 'basit' olarak nitelendirilirken, limnolojik olarak 'eşsiz' bulmuşlardır.

Alpin göllerdeki mevsimsel değişiklikleri Simona vd. (1999) araştırmış ve herhangi bir mevsimsel süksesyon bulamamışlardır, bunun yanı sıra populasyonların en yoğun olduğu zamanı Ağustos ayı olarak tespit etmişlerdir.

Cabrera vd. 1997, Simona vd. 1999, Sommaruga 2001, Williamson vd. 2010 ve Sommaruga 2010 araştırmalarında, UV ışınlarının dağ göllerinin berraklığından ötürü engelleyici ve canlıların başa çıkması gereken bir sorun olduğunu, buna bağlı olarak canlıların su kolonu içerisinde dağılımlarının dibe yakın kısımlarda yoğunlaştığını belirtmişlerdir. Ayrıca UV ışınlarından korunmak için bünyelerinde çeşitli amino asitleri ve pigmentleri depoladıklarını vurgulamışlardır.

Son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında ise, genellikle iklimsel değişiklikleri anlamak, evrimsel ilişkileri bulmak, kriptik türleri keşfetmek ve genetik uzaklıklar üzerinden ekolojik ve biyocoğrafik yorumlar yapma üzerinedir (Möst vd. 2013, Bellati, 2014, Nevalainen vd. 2015).

2002 yılında Rusya'nın kuzey Yakutia Bölgesi'nde bir mamutun iskelet ve post kalıntılarına rastlanılmış (Kirillova vd. 2015, Kirillova vd. 2016). Bu araştırmaya göre,

mamutun postunda bitki, polen, böcek ve mikrosobik krustaseler (ostracod ve kladoser) gibi çeşitli canlılara ulaşılmış. Araştırmacılar, bulunan mamutun C14 testine göre MIS 3-1 arası dönemde (son glasiyal maksimum - geç kuvaterde) yaşadığını ve kılları arasındaki kalıntılar aracılığı ile de, o döneme ait canlı çeşitliliğini analiz etmişlerdir.

Alpin göller *Daphnia* cinsine ait türler için çoğunlukla önemli alanlar olmakla beraber (Manca vd. 1998, Winder ve Spaak 2001, Petrusek vd. 2007), *Daphnia*'lar da dağ göllerinin besin zinciri açısından oldukça önemlidirler (Winder vd. 2003). Yapılan çalışmalar göstermiştir ki dağlık alanlar endemik kladoser grupları için bir liman oluşturmaktadırlar (Kotov vd. 2010, Van Damme ve Eggermont 2011) ve *Daphnia* populasyonları hem evrimsel açıdan (Mergeay vd. 2008, Dufresne vd. 2011) hem de biyocoğrafik açıdan oldukça önemlidirler (Petrusek vd 2007).

Türkiye'de, yüksek dağ göllerinde bulunan zooplanktonik canlılar ile ilgili çalışmalar oldukça azdır ve bu çalışmalar genellikle sistematik çalışmalar olmaktan öteye gitmemiştir. Çalışmaların birçoğu tür listesi vermeye ve veri tabanı oluşturmaya yöneliktir. Ustaoglu vd. (2005) Toros Dağları'nda 1500 m ile 2600 m arasında değişen yüksekliklerde bulunan göllerde zooplankton faunasını çalışmışlar ve 116 zooplankton tür kaydı vermişlerdir. Bunlardan 69 tanesi rotifer, 33 tanesi kladoser ve 12 tanesi de kopepottur. Ek olarak Anostraca ve Conchostraca kayıtları da mevcuttur.

Ustaoglu vd. (2008) Uludağ'daki buzul göllerinde ve akarsularında faunal çalışmalar yürütmüştür. Uludağ'da bulunan 4 gölün rakımları 2270 m ve 2410 m arasında değişmektedir. Çalışma sonucunda 36 zooplankton, 38 bentik ve 8 omurgalı tür teşhis etmişlerdir. Bu çalışma aynı zamanda yüksek dağ göllerinin yanı sıra akarsularında da yapılmış önemli bir çalışmadır.

Aygen vd. (2009) Antalya'nın Gündoğmuş İlçesine bağlı, 2060 m yükseklikte bulunan Eğrigöl yüksek dağ gölünde, zooplankton faunası üzerine bir çalışma yapmışlardır. Araştırmacıların özellikle dikkatleri çekmek istedikleri nokta, yüksek rakımlarda bulunan göllerin, insan etkisinden daha uzak olduklarından ekolojik araştırmalar için

oldukça uygun olduklarıdır. Eğrigöl’de ise rotiferlerin diğer taksonlara göre daha baskın olduklarını bulmuşlardır.

Yıldız (2011), Kaçkar Dağ Silsileleri Verçenik Dağı’nda bulunan 8 adet gölde zooplanktonik canlıların taksonomisini ve aynı dağın göllerini güney ve kuzey bakılı olarak farklılıklarını çalışmıştır. Bu çalışmada 29 zooplanktonik tür teşhis edilmiş. Sıcaklığı, gölde bulunan canlıların hem tür çeşitliliği hem de biyokütleleri üzerine etkili ve en önemli faktör olarak bulmuştur.

Aygen vd. (2012) yılında, Kaçkar Dağ Silsileleri’nde bulunan, farklı vadi ve yaylalardaki 59 adet gölde, Crustacea gruplarından Branchiopoda, Maxillopoda ve Ostracoda üzerine yaptıkları çalışmada toplamda 33 tür teşhis etmişlerdir. Bu çalışmada ayrıca bazı çevresel parametreler ile UPGMA analizini kullanarak bu gölleri yapısal olarak incelemişler ve göller arasında % 88’den daha fazla benzerlik hesaplamışlardır.

Özdemir (2013), Türkiye’deki bazı *Daphnia* cinsine ait türleri morfolojik ve moleküler sistematik yöntemler kullanarak açıklamaya çalışmıştır. Çalışmasının sonucunda morfolojik olarak 5 tür teşhis edilirken, *Daphnia pulex*’in de iki ayrı monofiletik gruba ayrıldığını tespit etmiştir.

Moleküler yöntem olarak seçilen DNA barkodlaması ile ilgili, Türkiye’de farklı sucul canlı grupları üzerinde yapılmış doktora ve yükek lisans tezleri bulunmaktadır. Keskin (2013) doktora tez çalışması kapsamında, Türkiye’de ekonomik öneme sahip su ürünlerinin DNA barkodlarını çıkarmış, GenBank ve BOLD sistemlerinde oluşturduğu veri seti ile Türkiye’nin deniz balıklarının kütüphanesi oluşturmuştur. Bu çalışma ile barkodlaması yapılan herhangi bir balık, kütüphane araması ve sekans sonucunun karşılaştırılması ile barkod boşluğu kullanarak tür teşhisi yapılabilmektedir.

Bir diğer barkodlama çalışması ise Ünal (2014) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Ege Denizi’ndeki coğrafi olarak birbirine yakın *Caulerpa racemosa* popülasyonlarında DNA barkodlama yöntemi ile tür teşhisinin yapılıp

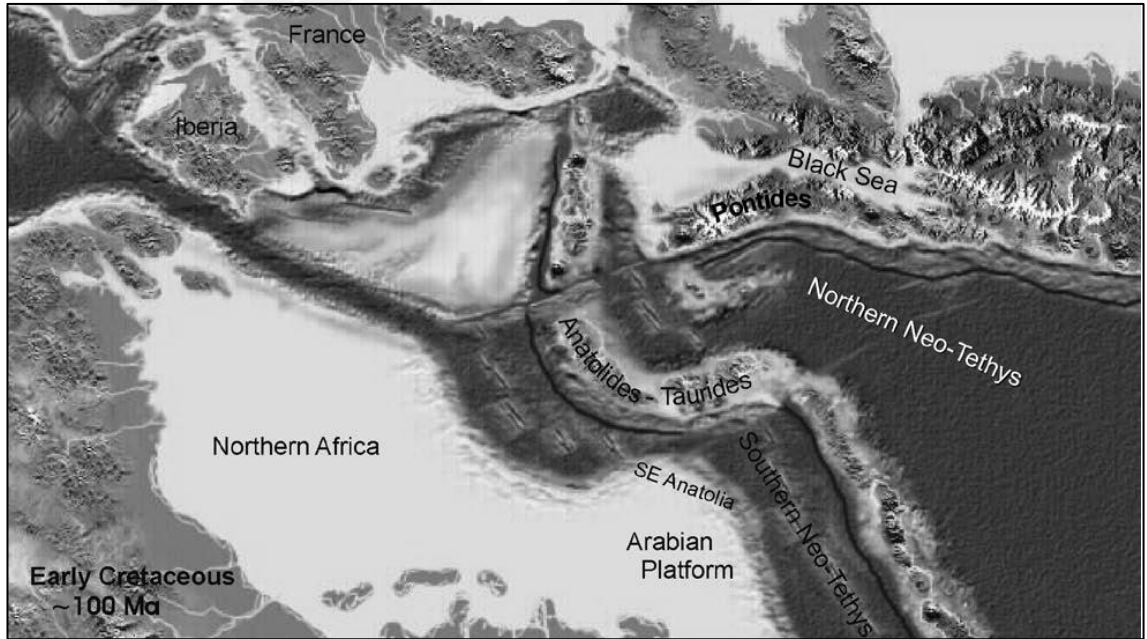
yapılamayacağını araştırmıştır. Barkodlama yönteminin, hızlı türleşme - hibritleşme gösteren gruplarda özellikle birbirine yakın populasyonlar için iyi bir seçenek olmadığını, fakat coğrafi olarak birbirine uzak olan türlerde ise tür içi genetik farklılıkları iyi bir şekilde yansıttığını dile getirmiştir.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

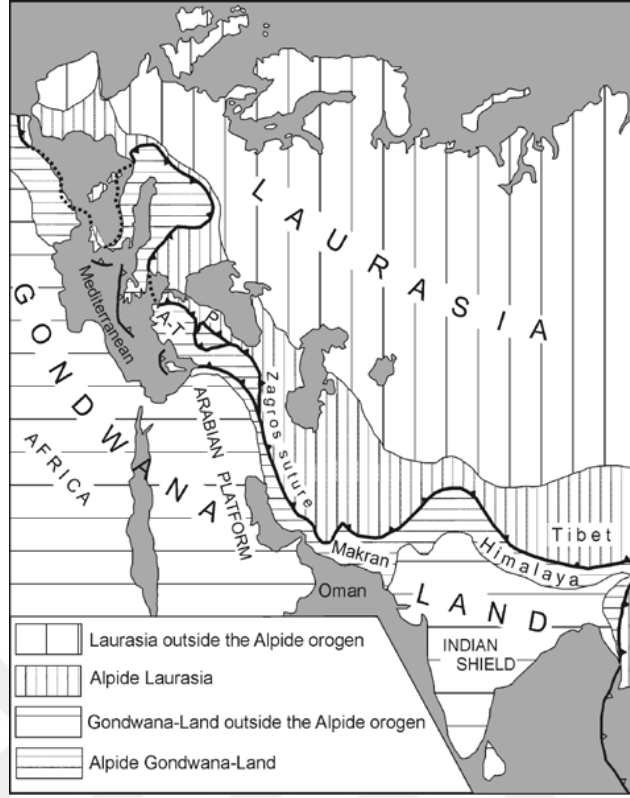
#### 3.1 Araştırma Alanlarının Yapısı

Türkiye yapısı gereği dağlık bir bölgedir ve ortalama yüksekliği yaklaşık olarak 1132 m civarındadır (Yavaşlı vd. 2005). Türkiye'nin kuzey ve güney hatları boyunca uzanan Kuzey Anadolu ve Toros Dağ Silsileleri, geç Karbonifer ve erken Kratese döneminde Kimmerid orojenisi sırasında kuzeyde Laurasia ve güneyde Gondwana'nın yaklaşmasıyla başlayıp, Tersiyer döneminde ilk birleşme ile Oligosen döneminde Alp-Himalaya orojenisi ile oluşmuştur (Şengör 1987, Okay 2008). Daha sonraki dönemlerde ise Pleistosen buzullaşması ile şekillenmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Erken Kretase döneminde Akdeniz Havzası ve Türkiye'nin durumu (Okay 2008)

Günümüzde Türkiye'nin yapısı hala şekillenmektedir ve Pontid (Pontides), Anatolid-Tolid (Anatolides – Taurides) ve Arap Platformu (Arabian Platform) olmak üzere üç ana tektonik yapısı bulunmaktadır (Ketin 1966). Şekil 3.2'de görüleceği gibi, Doğu Karadeniz Bölgesi Laurasia afinitesi gösterirken, Toros Dağları Gondwana afinitesi göstermektedir (Okay 2008).

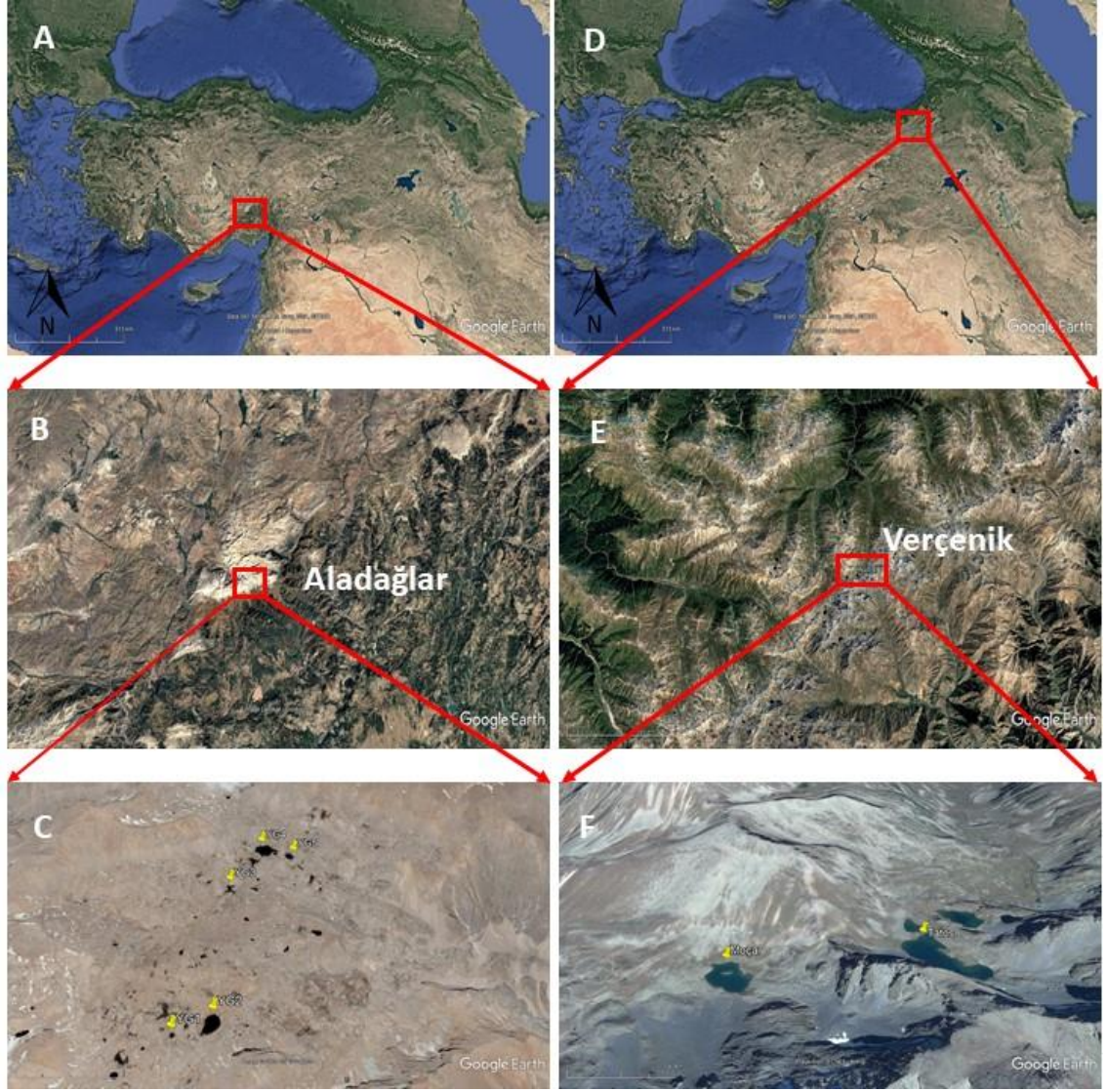


Şekil 3.2 Alp-Himalaya zincirinde Türkiye'nin yapısı (Okay 2008)

A-T; Anadolu-Toroslar, P; Pontid

Alpin bölgeler, atmosferin troposfer tabakasında yer alırlar. Sıcaklık ekvatorlardan kutuplara doğru azalma gösterirken, yükseklikle azalması ise (lapse-rate) her 100 metrede ortalama olarak  $0.65^{\circ}\text{C}$ 'dir. Su buharı ise aynı şekilde yükseklikle azalma göstermektedir. Deniz seviyesinde % 1.3 olan su buharı içeriği Türkiye'de 3000 - 4000 metrelerde yaklaşık olarak % 0.49 ile % 0.37 arasında değişmektedir (Çimen vd. 2007).

Çalışma alanı olarak seçilen bölgeler, Türkiye'nin en yüksek kesimlerinden oluşturmaktadır (Şekil 3.3 - 3.4). Çalışma bölgeleri, biyocoğrafî olarak ilginç olan Anadolu'nun farklı iki bölgesinde bulunmaktadır. Kaçkarlar Bölgesi, Oseyanik bitki örtüsüne sahip iken, Toroslar Bölgesi ise İran-Turan fitocoğrafyasına sahiptir.

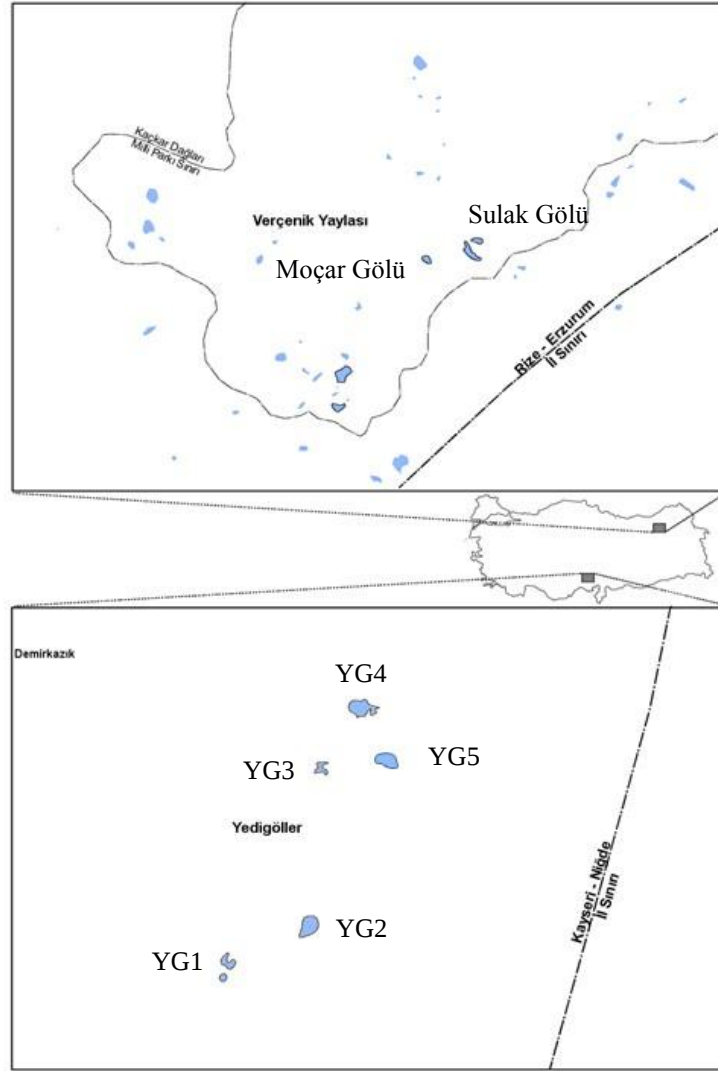


Şekil 3.3 Çalışma alanlarının konumları

A,B ve C Toros Dağları, Aladağlar Bölgesi Yedigöller Platosu'nu ve göllerini göstermektedir, D, E ve F Kaçkar Dağları Verçenik ve Çiçekli Yaylası'nı göstermektedir

Çalışma alanı olarak seçilen, Sulak ve Moçar Gölleri, Karadeniz Bölgesi, Rize İli, Çamlıhemşin İlçesi, Sıraköy Köyü sınırları içerisinde bulunmaktadır. Arazi çalışmaları 25-27 Ağustos 2015 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Göllere ulaşım, Çiçekli Yaylası üzerinden, Fırtına Deresi'nin kaynağına giden dere kenarından patika yolu takiple 3 veya 4 saat yürüyüşle ya da Verçenik Yaylası Başyayla Köyü üzerinden, Çiçekli Yaylası'na giden patika yol üzerinden 2 veya 3 saat yürüyüşle ulaşılmaktadır.

Diğer bir çalışma alanı olan Yedigöller Platosu, Anti-Toros Dağ Silsileleri üzerinde Aladağlar Milli Parkı sınırları içerisinde yer almaktadır. Arazi çalışmaları; 12- 14 Ağustos 2010 ve 5 yıl sonra 16 – 18 Ağustos 2015 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Platoya ulaşım, Niğde İli, Çamardı İlçesi Çukurbağ Köyü Sokullupınar Kamp alanından başlayan patika yol ile Karayalak Vadisi üzerinden ortalama 9 veya 10 saat yürüyüşle sağlanmaktadır.



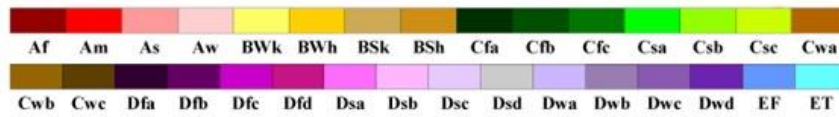
Şekil 3.4 Çalışmaya konu olan göllerin konumları

### 3.1.1 Aladağlar Milli Parkı, Yedigöller Platosu

Çalışmaya konu olan Yedigöller Platosu buzul göllerinin bulunduğu Aladağlar Silsilesi, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri'nin içinde yer alan Orta Toros Dağ Silsileri için yer alır. Kuzeyinde Sultansazlığı ile Kayseri, batısında Niğde, doğusunda da Zamantı Irmağı bulunan Aladağlar, güney - doğu kesimlerinde Adana illerine sınırdır. Paleosen'den günümüze uzanan dönemde Aladağlar, Alp - Himalaya orojenisinin bir parçasıdır ve kuzeydoğu-güneybatı uzanımlıdır (Törk 2008). Buzul yayılımları ise 10,2 – 8,6 bin yıl öncesi arasında gelişmiş ve Geç Kuvaterner buzullarının etkileri gözlemlenmiştir (Zreda vd. 2011).

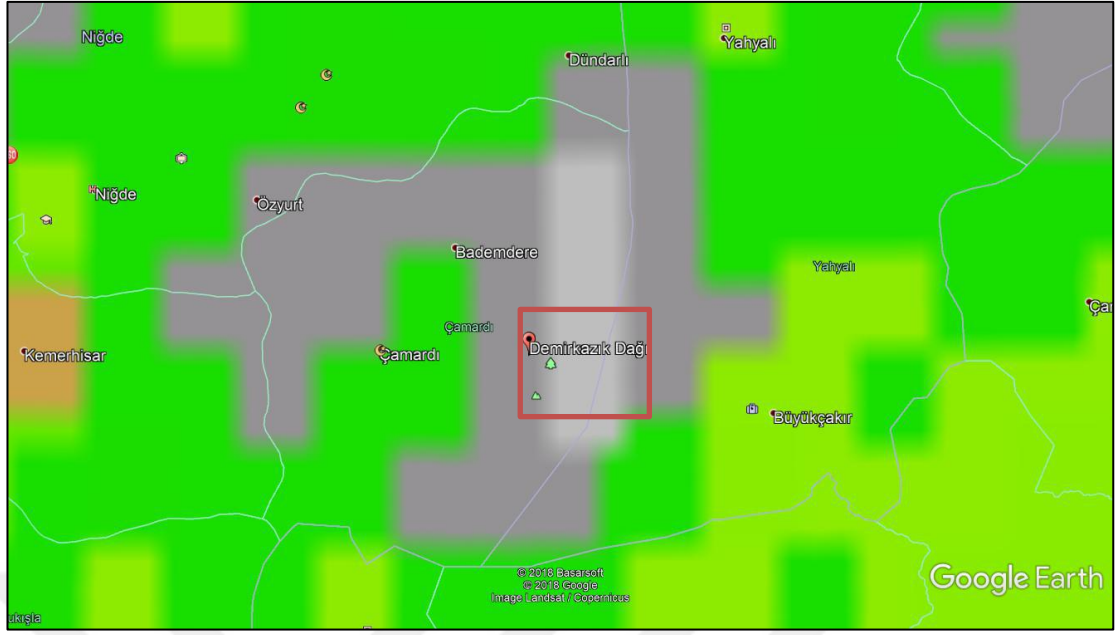
Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasında (Çözünürlük: 0,5 derece lat/lon), Aladağlar, Yedigöller Platosu'nun iklimsel özelliklerine bakıldığında, genel olarak karlı, yazları kurak ve serin (Dsc: Snow, summer dry, cool summer) olduğu görülmektedir (Şekil 3.5 - Şekil 3.6) (Kottek vd. 2006). Aladağlar Bölgesi için, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden 3 farklı rasat istasyonundan alınan Ağustos Ayı ortalama sıcaklık, aylık ortalama minimum ve maksimum sıcaklık grafikleri aşağıda çizelge 3.1- 3.3' te verilmiştir.

#### Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması Renk Skalası



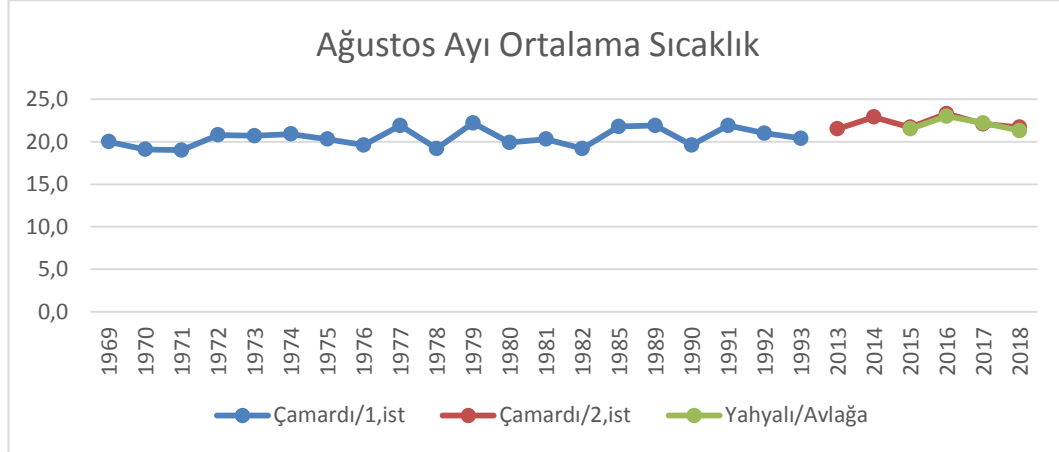
| Ana İklimler    | Yağış            | Sıcaklık          |
|-----------------|------------------|-------------------|
| A: Ekvatorial   | W: Çöl           | h: sıcak kurak    |
| B: Kurak        | S: Step          | k: soğuk kurak    |
| C: Sıcak Ilıman | f: Tamamen Nemli | a: sıcak yaz      |
| D: Kar          | s: kuru yaz      | b: ılık yaz       |
| E: Polar        | w: kuru kış      | c: soğuk yaz      |
|                 | m: muson         | d: aşırı karasal  |
|                 |                  | F: polar donu     |
|                 |                  | T: kutup tundrası |

Şekil 3.5 Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması

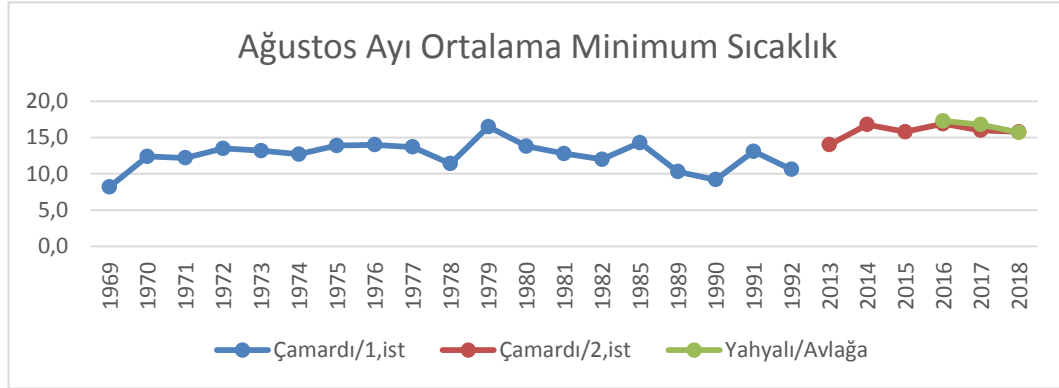


Şekil 3.6 Aladağlar Bölgesi, Yedigöller Platosu Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması

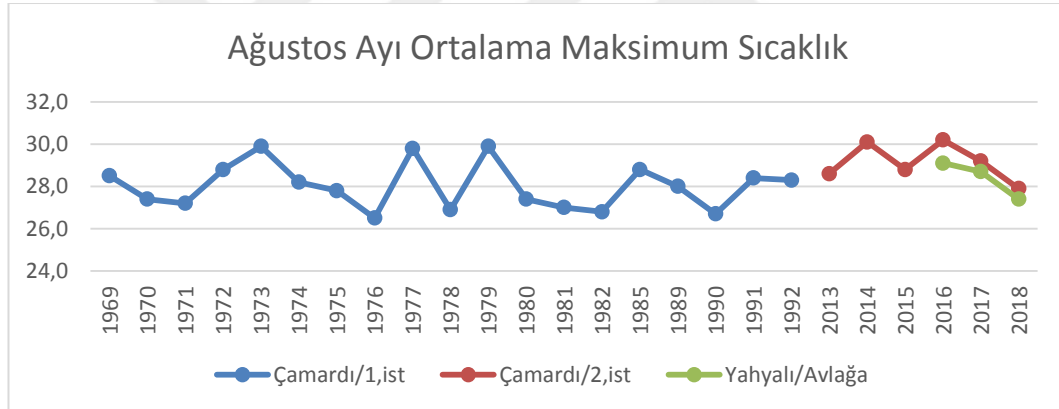
Çizelge 3.1 Ağustos Ayı ortalama sıcaklıkları (Çamardı/1. İstasyonu rasat süresi:20 yıl, Çamardı/2. İstasyon rasat süresi: 6 yıl, Yahyalı rasat süresi: 4 yıl)



Çizelge 3.2 Ağustos Ayı ortalama minimum sıcaklıkları (Çamardı/1. İstasyonu rasat süresi:20 yıl, Çamardı/2. İstasyon rasat süresi: 6 yıl, Yahyalı rasat süresi: 4 yıl)



Çizelge 3.3 Ağustos Ayı ortalama maksimum sıcaklıkları (Çamardı/1. İstasyonu rasat süresi: 20 yıl, Çamardı/2. İstasyon rasat süresi: 6 yıl, Yahyalı rasat süresi: 4 yıl)



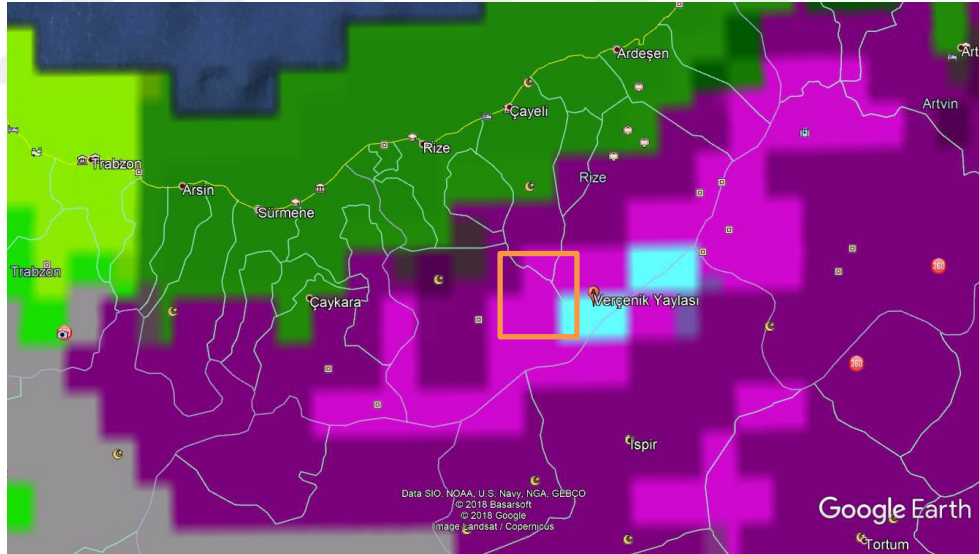
Bu bölgede son ağaçlanma sınırı, Kayseri tarafından 1700 m Niğde tarafından ise 1500 m dolaylarındadır. Aladağlar Milli Parkı'nın çevresinde, son ağaçlanma sınırlarında maki toplulukları, yaprak döken ormanlar ve *Pinus* sp. bulunmaktadır (Halıcı 2008).

### 3.1.2 Kaçkar Dağları, Tatos (Çiçekli) ve Verçenik Vadisi

Doğu Karadeniz Dağları, ülkemizde kuzeyde en yüksek dağ silsilelerini oluşturur. Batı-doğu yönlü uzanımına sahiptir fakat doğuya gidildikçe, güneybatı-kuzeydoğu yönlü uzanışa sahiptir (Çiçek vd. 2006). Verçenik Dağı, Rize sınırları içerisinde Erzurum İli

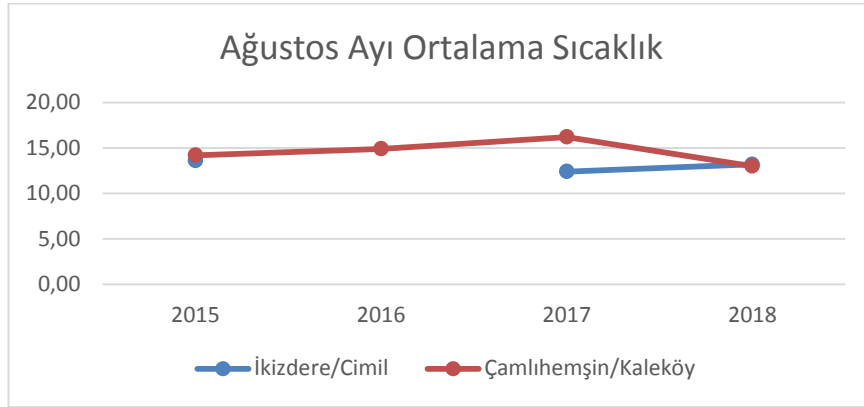
İspir İlçesi ile komşu, Kaçkar Dağı'nın batısında yer alır ve maksimum yüksekliği 3709 metredir. Buzul yayılımlarına bakıldığında Geç Kuvaterner'de maksimum boyutlarına ulaşmış (21.5 – 15.6 bin yıl önce) ve 11.2- 10.0 bin yıl öncesine kadar da etkilerini korumuşlardır (Akçar vd. 2008, Zahno vd. 2009). Tatos ve Verçenik Vadileri Güney – Kuzey yönlü ve sırasıyla 7.5 ve 10 km uzunluğunda, Pleistosen kalıcı kar sınırları ise 2650 m ve 2640 m'dir (Çiçek vd. 2006).

Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasında (Çözünürlük: 0.5 derece lat/lon), Doğu Karadeniz Kaçkar Dağları, Verçenik ve Tatos Vadisi iklimsel özelliklerine bakıldığında, genel olarak polar iklim şartlarına sahip ve sıcaklık açısından polar tundra (ET: Polar, polar tundra) olduğu görülmektedir (Şekil 3.4 ve Şekil 3.7) (Kottek vd. 2006). Kaçkar Bölgesi için, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden 3 farklı rasat istasyonundan alınan Ağustos Ayı ortalama sıcaklık, aylık ortalama minimum ve maksimum sıcaklık grafikleri aşağıda çizelge 3.4 - 3.6'da verilmiştir.

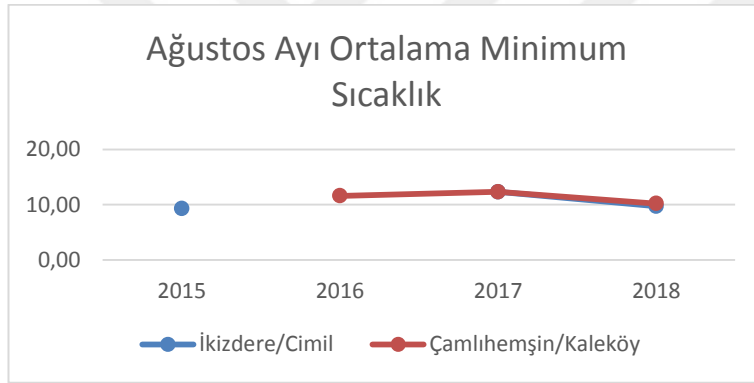


Şekil 3.7 Verçenik ve Tatos Vadisi Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması

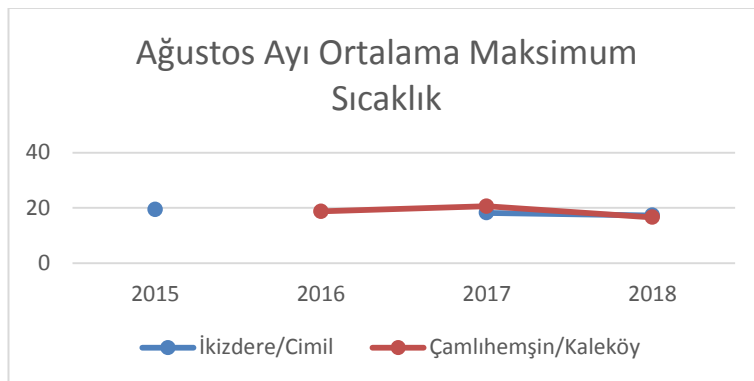
Çizelge 3.4 Ağustos Ayı ortalama sıcaklıkları (İkizdere Cimil İstasyonu rasat süresi:3 yıl, Çamlıhemşin Kaleköy İstasyon rasat süresi: 4 yıl )



Çizelge 3.5 Ağustos Ayı ortalama minimum sıcaklıkları (İkizdere Cimil İstasyonu rasat süresi:3 yıl, Çamlıhemşin Kaleköy İstasyon rasat süresi: 3 yıl )



Çizelge 3.6 Ağustos Ayı ortalama maksimum sıcaklıkları (İkizdere Cimil İstasyonu rasat süresi:3 yıl, Çamlıhemşin Kaleköy İstasyon rasat süresi: 3 yıl )



Kaçkar Bölgesi araştırma bölgesinde son ağaçlanma sınırı 1900-2000 m civarındadır. Çalışma bölgesin çevresi alpin çayırlar ile kaplıdır.

### **3.2 Örneklem ve Değerlendirme Yöntemleri**

Arazi çalışmalarının zamanı her iki bölge için de daha önceki çalışmalardan yola çıkılarak (Yıldız 2011, Aygen vd. 2012) planlanmıştır. Yüksek dağ bölgelerine ulaşım zor olduğundan, yılın belirli dönemlerinde kara yolu ulaşımı sağlanabilmektedir. Ekim ve Mayıs ayları arasında karla kaplı olan yüksek bölgeler, Mayıs- Haziran gibi karlar erimeye başlamakta ve Eylül – Ekim gibi tekrar karla kaplanmaktadır.

#### **3.2.1 Zooplankton örnekleri**

Alpin göller, yapıları gereği küçük ve genellikle sığ yapıda olduğundan ötürü, çalışma yapılan göllerin zooplankton faunasını temsil edecek ve her gölden 2 tekrarlı olacak şekilde, bir örneklem yapılmıştır. Doğal olarak balıksız olduğu bilinen göllerin örneklemelerden ilki, gölü tarayacak şekilde, gölün ortasından kıyılara doğru horizontal ve vertikal yönlü, ikincisi ise, zooplankton birey sayılarının analizi için ulaşılabilen en derin noktasından vertikal yönde yapılmıştır.

Teşhis ve sayımı yapılacak olan zooplankton örneklerinin toplanmasında Hydro-Bios Kiel marka (ağız çapı 20 cm ve gözenek açıklığı 55  $\mu$ ) ve uç kısmında kollektörü bulunan, Hensen tipi plankton kepçesi kullanılmıştır. Toplanan örnekler, 250 ml lik plastik şişelere konulmuş ve konsantrasyonları % 4 olacak şekilde % 37'lik formaldehit eklenerek fiksasyonu yapılmıştır.

Arazi çalışmaları sonrası Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Algoloji Laboratuvarına getirilen örneklerin ilk teşhislerinde Leica marka DMIL model inverted mikroskop kullanılmıştır, yine aynı laboratuvar da Leica DMSL mikroskop ve Leica DFC320 model kamera sistemi kullanılarak fotoğraflar çekilmiş, tür teşhisleri yapılmıştır. İlk teşhislerden sonra Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi

Planktonoloji Laboratuvarına getirilen örnekler Zeiss marka Vert. A1 model inverted mikroskop ve Nikon Eclipse E600 altında ikinci teşhisleri ve sayımları yapılmıştır. Sayım aşamasında Botrell vd. (1976) Sayımlar yapılmadan önce her örnek şişesi homojen olacak şekilde karıştırılmış ve 1 ml'lik örnekler Sedgewick - Rafter sayım lamına alınarak ve 2 tekrarlı olmak üzere sayımlar gerçekleştirilmiştir. Her göl için sayımların ortalamaları alınarak 1 m<sup>3</sup> suda bulunan zooplankton sayısı hesaplanmıştır. Hesaplama da aşağıda ki formül kullanılmıştır;

$$1 \text{ m}^3 \text{debulunan birey sayısı} = \frac{100 \text{ ml} \times 1 \text{ ml'deki birey sayısı}}{2 \pi r^2 h} 10^6$$

$\pi = 3,1428$  , r = plankton kepçesi yarıçapı (cm), h = çekme derinliği (cm)

Zooplankton türlerinin teşhisinde, Ward ve Whipple (1945), Edmonson (1959), Flössner (1972), Kolisko (1974), Harding ve Smith (1974), Koste (1978), Kieffer ve Fryer (1978), Dumont ve Pansaert (1983), Nogrady ve Pourriot (1995), Segers (1995), De Smet (1996), Simirnov (1996) ve Benzie (2005) gibi kaynaklardan yararlanılmıştır

*Daphnia* sp. grubunun moleküler analizleri için her gölden ayrıca 2 tekrarlı olmak üzere vertikal – horizontal çekim yapılmış ve göz açıklığı 55 µ olan elekten geçirilerek % 96'lık saf alkole konulmuştur. Arazi çalışmalarından sonra laboratuvara getirilen örnekler tekrar süzülerek saf alkole alınmıştır. Morfometrik teşhisleri yapılan *Daphnia* sp. grubu canlılar, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü Evrimsel Genetik Laboratuvarı'nda moleküler analizleri yapılmak üzere hazırlanıp, -18 °C' de saklanmıştır.

### 3.2.2 Fiziko-kimyasal örnekler ve klorofil a

Suyun pH, elektriksel iletkenlik (EC), çözünmüş oksijen (DO), su sıcaklığı (T), tuzluluk (S) ve askıda katı madde (TDS) ölçümleri *in situ* olarak ve Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nden temin edilen HANNA marka HI 9890 model multiparametre

cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışması yapılan bölgelerin koordinatları ve yükseklik bilgileri Garmin marka 60GSx model GPS cihazı kullanılarak alınmıştır.

Klorofil *a* konsantrasyon analizi için Youngman (1978) takip edilmiştir. Arazi çalışması sırasında göllerden alınan 1 L su örneği whatman GF/C kağıdından süzölmüş ve amber şişelerde bulunan 14 ml % 90' lık methanole alınmıştır. Bu şekilde karanlık ve serin bir yerde bekletilen örnekler daha sonra laboratuvara getirilmiş ve analize başlanmıştır. Örnekler, 70 °C'lik su banyosunda 10 dakika bekletildikten sonra su banyosundan alınarak karanlık bir yerde 5 dakika daha bekletilmiş ve şişe içerisinde ki selüloz asetat filtre kağıdı cam çubukla ezildikten sonra santrifüj tüplerine konulmuştur. 5000 devir/dakika ile 5 dakika boyunca santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonunda süpernatant alınarak saf methanole karşı 665 nm' de okuması yapılmış ve bulanıklık kontrolü için 750 nm'de bir okuma daha yapılmıştır. 750 nm'de ki absorbansın 0.02'den küçük olması gerektiğinden bulanıklık tespit edilen örnekler tekrar santrifüjlenmiş ve daha sonra 665 nm'de okumaları tekrar yapılmıştır. Örneklerin okumaları bittikten sonra aşağıdaki formül ile klorofil *a* konsantrasyonları hesaplanmıştır;

$$\text{Klorofil } a \text{ konsantrasyonu } (\mu\text{g/L}) = \frac{13.6 \times A \times v}{d \times V}$$

A= 665 nm'de ölçülen absorbans, v = süzütünün hacmi (ml), V = Süzülen numune miktarı (L), d = spektrofotometre küvetinin genişliği (cm), 13.6 = klorofil *a* absorpsiyon sabiti

### 3.2.3 Moleküler Analizler

Arazi çalışmaları sırasında elde edilen ve % 96'lık etil alkolde laboratuvara getirilen *Daphnia* örnekleri, mikroskop altında teşhisleri yapıldıktan sonra saf alkole alınarak moleküler analizler için hazır hale getirilmiş ve -20 °C'de saklanmıştır. *Daphnia* bulunan her bir gölden 20 adet canlı seçilmiş ve tür içi, türler arası ve populasyonlar arası benzerlik ve farklılıkları tespit edebilmek için her birey üzerinden ayrı ayrı analiz ilerlemiştir. *Daphnia* tespit edilen göller; Aladağlar Bölgesi'nden; YG1, YG3 ve YG5

gölleridir, Kaçkarlar Bölgesi'nden ise Moçar Gölü'dür. İşlemler sırasında, her bir bireye bir numara verilmiştir. Örneğin, Yedigöller Bölgesi'nden YG3 numaralı gölden alınan *Daphnia* lara, YG3.1, YG3.2, YG3.3 vb. gibi laboratuvar kodu verilmiştir.

### 3.2.3.1 DNA izolasyonu ve görüntüleme

DNA izolasyonu için Gene Matrix BioTrace DNA Purification Kit kullanılmıştır. İzolasyonda kitin içerisinde çıkan protokol denenmiş ve optimize edilmiştir.

İşlem Basamakları sırasıyla şu şekilde ilerlemiştir;

- Filtre kısmı 40 µl Buffer T ile aktive edilen DNA binding spin columnlar oda sıcaklığında bekletilir.
- *Daphnia* türlerinin boyutları 0,2 – 5 mm arasında değiştiğinden, DNA izolasyonu için canlının tümü kullanılmıştır. Bunun için, canlılar ilk önce tek kullanımlık pensler ile küçük parçalara ayrılmış ve daha sonra 1,5 µl'lik santrifüj tüplerine alınarak, tek kullanımlık havaneli yardımı ile mekanik olarak daha küçük parçalara ayrılması sağlanmıştır.
- Üzerine 350 µl Lyse T Buffer, 2 µl RNase A ve 20 µl Proteinaz K eklenir. Her eklenen kimyasal ve enzimden sonra karışım vortekslenir.
- Örnekler şeffaflaşmaya kadar, 56 °C'de yaklaşık 3 saat sıcak su banyosunda inkübasyona bırakılır. Karışım her 30 dk'da bir alt-üst edilerek karıştırılır.
- Inkübasyonun ardından örnekler 350 µl Sol T Buffer eklenir, alt-üst edilerek karıştırılır.
- Karışım, 70 °C'de kuru indikatör cihazında (Genius Dry Bath Inkübatör) 10 dakika inkübe edilir ve ardından 350 µl % 96'lık etanol eklenir, vortekslenir.
- Karışım 12000 rpm de 1 dakika santrifüjlenir ve süpernatanttan 600 µl alınarak, DNA binding spin kolon bulunan 2 ml tüp içerisine aktarılır. 12000 rpm de 1 dakika santrifüjlenir. Eğer tüm sıvı colondan geçmemişse 14000 rpm de tekrar santrifüjlenir.
- Spin kolon çıkarılır, fazla sıvı dökülür ve geri yerleştirilir. Bu işlem tüm süpernatant bitene kadar tekrarlanır.

- DNA binding spin kolonun üzerine 500 µl Wash TX1 buffer eklenir ve 12000 rpm de 1 dakika santrifüjlenir. Santrifüj bitiminde DNA binding spin kolon çıkarılır, fazla sıvı dökülür ve tekrar yerleştirilir.
- 500 µl Wash TX2 buffer eklenir, 12000 rpm de 2 dakika santrifüjlenir.
- DNA binding spin kolon yeni 2 ml santrifüj tüpüne aktarılır ve üzerine 70 °C’de ısıtılmış 50 µl elution buffer eklenir. 3 dakika oda sıcaklığın bekletilir ve bekleme sonunda 1 dakika 12000 rpm de santrifüjlenerek DNA kolondan tüpe aktarılır.

İzole edilen DNA için, saflık ve miktar analizler için nano spektrofotometre (Titertek-Berthold NanoDrop) kullanılmıştır. DNA konsantrasyonu için çift zincir absorpsiyon değerlerine göre, 260 nm’de 1 OD nin mililitrede 50 ng absorbansı olması gerektiği düşünülerek, 260/280 nm dalga boyunda protein kontaminasyonu, 260/230 nm dalga boyunda ise fenol kontaminasyonu değerlerinden yararlanılmış ve bu değerlerin 1.80 ile 2.00 arasında olmasına dikkat edilmiştir.

Konsantrasyonu belirlenecek örneklerin, ana stoklarının kontamine olmaması ve örneklerin standardizasyonu amacı ile 50 ng/µl olacak şekilde son konsantrasyonları sulandırılmış ve -20 °C’de saklanarak analizler için hazır hale getirilmiştir.

İzolasyonu yapılan ve konsantrasyonu belirlenen DNA örneklerinin varlığını görüntülemek için jel elektroforezi yöntemi kullanılmıştır. İçerisinde 1X Trisma Base EDTA (TBE) bulunan % 1’lik agaroz jel, elektroforez tankına yerleştirilmiş ve ilk kuyuya DNA parçalarının büyüklüğünün tespiti için DNA Ladder diğerlerine ise 3 µl DNA ile 3 µl Loading Dye karıştırılarak yüklenmiştir. Yükleme işlemlerinden sonra, 30 dakika 100 voltta DNA yürütülmüş, daha sonrasında UV görüntüleme sistemine aktarılan agaroz jel görüntüleri incelenerek, bantlaşma olup olmadığı, DNA büyüklükleri vs. tespit edilmiştir.

### 3.2.3.2 Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR)

İzole edilen DNA'lar dan bantlaşma görülen örnekler için, polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) için hazırlıklar yapılmıştır. COI gen bölgesi için ortalama 700 baz çifti, ITS V4 bölgesi için ise ortalama 600 baz çifti uzunluğunda gen bölgesi çoğaltılmıştır. Omurgasız canlılarda evrensel olarak kullanılan LCO1490 ve HCO2918 (Folmer vd. 1994) denemiş fakat iyi sonuç vermediği, bantlaşmanın olmadığı görülmüştür. Bu sebeple, Penton vd. (2004) tarafından bildirilen ve Branchipoda sınıfı için kullanılan COIFDP ve COIRDP primerleri seçilmiştir. ITS V4 gen bölgesi için ise, Crease ve Colbourne (1998) tarafından dizayn edilen SSU-531 ve SSU-1085R primerleri kullanılmıştır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7 *Daphnia* türlerinde mitokondriyal ve çekirdek DNA'ları için kullanılan primerler

| Primer Adı | Primer Dizisi                    | Referans                  |
|------------|----------------------------------|---------------------------|
| SSU-531    | 5'-CCGAGGCCCGTGATTGGAATGAG       | Crease and Colbourne 1998 |
| SSU-1085R  | 5'-CTCTGTCGCCGCGAGTACGAATGCC     | Crease and Colbourne 1998 |
| COIFDP     | 5'-TTCTCAACTAATCAYAARGAYATTGG    | Penton et al. 2004        |
| COIRDP     | 5'-TGGTATAAGATCGGATCTCCCCCTCCTGC | Penton et al. 2004        |

Gradient termal döngü cihazı (Kyratec Super Cycler) kullanılarak PCR optimizasyon çalışmaları 10 µl ile yapılmış ve yapılan çalışmalar sonucunda, PCR döngü koşulları ve kullanılacak olan reaktif miktarları son konsantrasyon 50 µl olacak şekilde hesaplanmıştır (Çizelge 3.8). Her PCR hazırlığı sırasında kontaminasyon kontrolü için negatif kontroller kullanılmıştır.

Çizelge 3.8 PCR döngü koşulları ve reaktif miktarları

| ITS Region V4 |           |          | COI                   |            |                          | Reaksiyon      |        |
|---------------|-----------|----------|-----------------------|------------|--------------------------|----------------|--------|
| Sıcaklık      | Süre      | Döngü    | Sıcaklık              | Süre       | Döngü                    | Mix*           | 2 µl   |
| 94 °C         | 30 saniye | 10 döngü | 94 °C                 | 1 dakika   | 1 döngü                  | Forward primer | 0,1 µl |
| 55 °C         | 30 saniye |          | 94 °C                 | 30 saniye  | 40 döngü                 | Reverse primer | 0,1 µl |
| 68 °C         | 45 saniye |          | 50 °C                 | 30 saniye  |                          | Ultra saf su** | 7,3 µl |
| 94 °C         | 30 saniye | 72 °C    | 1 dakika              | DNA kalıbı |                          | 0,5 µl         |        |
| 60 °C         | 30 saniye | 30 döngü | 72 °C                 | 5 dakika   | *: TAQ DNA 5x Master Mix |                |        |
| 68 °C         | 50 saniye |          | **:Steril, Rnase free |            |                          |                |        |

PCR ile çoğaltılan DNA kalıpları, agaroz jelde (% 2 agaroz jel, 150 volt, 20 dakika) yürütülmüş ve jel elektroforezi ile görüntülenmiştir. Bantlaşmalar ve negatifler UV görüntülemeyen sonra kontrol edilmiş ve uygun çoğalma gösteren DNA, saflaştırma işlemi için 4°C’de saklanmıştır. Her gölden 20 adet birey ile yapılan analizler sonucunda, en iyi bantlaşma gösteren 10’ar örnek için, dizi analizleri gerçekleştirilmek üzere hazırlanmıştır.

DNA dizi analizleri ve öncesinde yapılan saflaştırma işlemi hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiştir. Sanger sekanslama sonucunda elde edilen DNA dizilerine ait kromatogramlar, Chromas Lite 3.6.5 (Anonymous 2018b) kullanılarak, forward ve reverse diziler, kontrol edilmiştir.

Elde edilen DNA dizileri, GenBank (National Center for Biotechnology Information-NCBI) ve BOLD (Barcode of Life Data System) veri tabanlarından referans diziler kullanılarak, BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) analizi yapılmış, ClustalW (Larkin vd 2007) ve MEGA7 (Kumar vd 2016) programları ile hizalanmıştır.

Barkod açıklığı (boşluğu) olarak adlandırılan bölge, otomatik barkod boşluğu keşfi (Automatic Barcode Gap Discovery, ABGD) programı tarafından hesaplanabilmektedir. Bu yöntem ile diziler arasında ikili uzaklık dağılımları tür içinde ve türler arasında ki boşluk analiz edilir ve aday türler (veri setinde ki gruplar) belirlenebilir (Puillandre vd. 2011). ABGD, online olarak (Anonymous 2018c) hesaplanmıştır. Diziler arasındaki nükleotid farklılıklarına ayrıca DnaSP6.12.01 (Rozas vd. 2017) kullanılarak tespit

edilmiş ve haplotipler belirlenmiştir. Populasyon içinde ki allel frekansını anlamaya yarayan  $F_{ST}$  değeri DnaSP ile hesaplanmıştır. Filogenetik analizler yapılırken, çalışmaya dahil olan tüm bireylerle analizler yapılmış fakat dünya da yapılan diğer çalışmalarla çizilen ağaçlar da ise, haplotipler kullanılmıştır.

Hizalanmış olan DNA dizilerinin, nükleotid kompozisyonları ve ortalama olarak hesaplanan A-T/G-C içerik yüzdeleri analiz edilmiştir. Nükleotid çifti frekans analizleri yapılmış ve tabloları oluşturulmuş, kodon frekansları ve göreceli sinonim kodon kullanımı (relative synonymous codon usage - RSCU) oranları tespit edilmiştir. Analizler MEGA7 programı kullanılarak yapılmıştır. DNA barkodlama çalışmalarında Kimura 2-parameter modeli, evrensel nukleotid süstitüsyon modeli olarak kullanıldığından COI dizilerinin analiz edilmesi ile hesaplanmıştır. Filogenetik analizler için, Bayesian Information Criterion (BIC) ve Akaike Information Criterion, corrected (AICc) ve InL (Maksimum Likelihood Value) kriterleri göz önünde bulundurularak, model belirlenmesi yapılmıştır. Tüm analizler için MEGA7 programı kullanılmıştır. Grup içi, gruplar arası ortalama uzaklık analizleri için standart hata hesaplamaları 1000 tekrarlı bootstrap ile hesaplanmıştır. Analizlerde, kullanılan yöntemin sonuca etkisinin değerlendirilebilmesi için DNA barkodlama yönteminde standart olarak kullanılan Neighbor Joining (NJ) yönteminden yararlanılmıştır. Türler ve popülasyonlar arası ilişkilerin anlaşılması için çizilen filogenetik ağaçların güvenilirlik kontrolünde de 1000 tekrarlı bootstrap kullanılmıştır.

Bu çalışma kapsamında analizleri yapılan COI ve ITS bölgeleri için göl içi ve göller arası populasyon ilişkilerinin analizine ek olarak, dünya da yapılan diğer çalışmalar da dahil edilerek filogenetik ağaçlar çizilmiştir. Bu amaçla, farklı ülke ve bölgelerde yapılan çalışmalar için makaleler taranmış, GenBank ve BOLD sistemlerinde aramalar yapılmıştır. Filogenetik ağaçların oluşturulmasında kullanılan DNA dizilerinin erişim numaraları (Accession Numbers); çizelge 3.9'da verilmiştir. COI bölgesi için, *Daphnia galeata* ve *Daphnia longispina* dış grup olarak seçilmiştir.

Çizelge 3.9 Filogenetik ağaç çizimlerinde kullanılan, GenBank'tan alınan dizilerin erişim numaraları

| Tür ismi                  | Gen Bölgesi | Lokasyon                 | GenBank Erişim Numarası | Referans               |
|---------------------------|-------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| <i>D. pulex</i>           | COI         | Türkiye-Rize             | KP668810                | Özdemir vd. 2017       |
| <i>D. pulex</i>           | COI         | Türkiye-Kars             | KP668805                | Özdemir vd. 2017       |
| <i>D. pulex</i>           | COI         | Türkiye-Ardahan          | KP668801                | Özdemir vd. 2017       |
| <i>D. pulex</i>           | COI         | Kanada-Manitoba          | KC502306                | NCBI (yayınlanmamış)   |
| <i>D. pulex</i>           | COI         | Çekya                    | EU152321                | Mergeay vd. 2008       |
| <i>D. pulex</i>           | COI         | Belçika                  | EU152320                | Mergeay vd. 2008       |
| <i>D. pulex</i>           | COI         | Alaska                   | JX532764                | Crease vd. 2012        |
| <i>D. pulex</i>           | COI         | ABD-Panarktik            | JX532724                | Crease vd. 2012        |
| <i>D. pulex</i>           | COI         | Japonya                  | JX532751                | Crease vd. 2012        |
| <i>D. pulex</i>           | COI         | Rusya                    | JX532752                | Crease vd. 2012        |
| <i>D. pulex</i>           | COI         | Kanada-Panarktik         | NC000844                | Crease 1999            |
| <i>D. pulex</i>           | COI         | Çin-Tibet Platosu        | MG544093                | Xu vd. 2018            |
| <i>D. cf. pulicaria</i>   | COI         | Almanya                  | EU152330                | Mergeay vd. 2008       |
| <i>D. cf. pulicaria</i>   | COI         | Çekya                    | EU152322                | Mergeay vd. 2008       |
| <i>D. pulicaria</i>       | COI         | Kanada-Kuzeybatı Bölgesi | KC832025                | Miner vd. 2013         |
| <i>D. pulicaria</i>       | COI         | Arjantin                 | JX532790                | Crease vd. 2012        |
| <i>D. pulicaria</i>       | COI         | Şili                     | JX532785                | Crease vd. 2012        |
| <i>D. pulicaria</i>       | COI         | Çin-Tibet Platosu        | MG544087                | Xu vd. 2018            |
| <i>D. tenebrosa</i>       | COI         | Svalbard                 | EU595562                | Ambrose ve Crease 2010 |
| <i>D. tenebrosa</i>       | COI         | Kanada-Manitoba          | HQ972028                | Jeffery vd. 2011       |
| <i>D. cf. tenebrosa</i>   | COI         | Çin-Tibet Platosu        | MG544011                | Xu vd. 2018            |
| <i>D. middendorffiana</i> | COI         | Kanada-Baffin Adası      | FJ427496                | Adamowicz vd. 2009     |
| <i>D. middendorffiana</i> | COI         | Kanada-Kuzeybatı Bölgesi | KC832026                | Miner vd. 2013         |
| <i>D. galeata</i>         | COI         | İsveç                    | EF375868                | Petrusek vd. 2008      |
| <i>D. longispina</i>      | COI         | İsviçre                  | EF375862                | Petrusek vd. 2008      |
| <i>D. himalaya</i>        | COI         | Çin-Tibet Platosu        | MG544079                | Xu vd. 2018            |
| <i>D. pulex</i>           | ITS         | Çin                      | KJ775027                | Huang vd. 2014         |
| <i>D. pulex</i>           | ITS         | Kanada                   | AF014011                | NCBI (yayınlanmamış)   |

### 3.2.4 İstatiksel Analizler

Zooplankton komünite yapısının tespiti ile göller arasında ve bölgeler arasındaki farklılıkların, benzerliklerin anlaşılması için istatistiksel yöntemlerden yararlanılmıştır. Zooplankton teşhis ve sayım işlemleri bittikten sonra komünite yapılarının karakteristik

özelliklerini belirlemek için Shannon-Wiener ve Simpson çeşitlilik indeksi, Margalef zenginlik ve Pielou's düzenlilik indeksi kullanılmıştır.

Shannon-Weiner Çeşitlilik İndeksi (H'): Rastgele örnekleme yapılmış bir alanda çeşitliliği, farklılığı ölçmek üzere entropy formulasyonundan geliştirilmiş bir indekstir. H'; 0 ile 5 arasında değişmektedir. Eğer tür sayısı  $10^5$  oldursa indeks 5 veya 5'e yakın çıkmaktadır, genel olarak indeks 1.5 ile 3.5 arasında sonuç vermektedir (Margalef 1972). Bu dar aralıktaki yorumlama zorluğunu ortadan kaldırmak için, H' yerine  $e^H$  kullanılması bazı araştırmacılar tarafından uygulanmakta ve önerilmektedir (Magurran 2004).  $e^H$  ise Hill's  $N_1$  çeşitlilik indeksine eşittir.

$$H' = - \sum_{i=1}^n (p_i \log_{10} p_i)$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Burada, n: tür sayısı,  $n_i$ : i'nci türün birey sayısı, N: toplam birey sayısını ifade etmektedir. Burada bir diğer önemli olan nokta ise, logaritmik dönüşümü yaparken, hangi dönüşümün seçileceği de önemlidir. Genel olarak;  $\log_2$ ,  $\log_e$  ve  $\log_{10}$  dönüşümlerinden birisi kullanılır. Bu çalışmada, türlerin sayımları ondalık olduğu için  $\log_{10}$  tabanında işlem yapılmıştır.

Simpson Çeşitlilik İndeksi (SID:Simpson Index of Diversity): Simpson indeksi D olarak hesaplanmaktadır ve sonuç 1 ile 0 arasında değişmektedir (Magurran, 2004). Sonuç, 0'a ne kadar yakınsa çeşitlilik o kadar artmaktadır. Bu yorum zorluğu getirdiğinden çeşitlilik sonucu  $1/D$  ile işlem yapılarak SID elde edilir ve sonucun 1'e yaklaşması çeşitliliğin arttığını göstermektedir. Formüle bakılacak olunursa;

$$D = \sum \left[ \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right]$$

Simpson Çeşitlilik İndeksi  $SID = 1/D$  olarak hesaplanmaktadır. Burada, n: bir istasyonda ki toplam tür sayısını, N: toplam türlerin sayısını ifade etmektedir.

Pielou Düzenlilik İndeksi (J'): Pielou (1975) yılında, Shannon çeşitlilik indeksini kullanarak, türlerin ne kadar düzenli olduğunu hesaplamıştır. Formülü;

$$J' = H' / \ln S$$

Burada; S: örnekleme yapılan alandaki takson sayısını, H' ise Shannon çeşitlilik indeksini ifade etmektedir. Limitleri 0 ile 1 arasında değişir ve değer 1'e yaklaştıkça örnekleme yapılan alandaki taksonların düzenli bir dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır.

Margalef Zenginlik İndeksi ( $S_{Margalef} = d$ ): Genel olarak bir örnekteki teşhis edilen tür sayısını etmektedir (Magurran 2004). Komünite yapısını tahmin etmede kullanabilecek en basit indeks şeklidir.

$$S_{Margalef} = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Burada N: Toplam birey sayısı, S: Toplam teşhis edilen tür sayısını ifade etmektedir. Alt veya üst limiti bulunmamaktadır. Komünite yapıları karşılaştırılırken değer ne kadar büyükse o kadar zengin olduğu bilinmektedir.

Zooplankton komünite yapısının anlaşılması için, çevresel ve biyolojik parametrelerin birlikte kullanıldığı çok yönlü analizler uygulanmıştır. Bu analizlerden ilki, CANOCO 4.5 yazılımı (Ter Braak 1986) kullanılarak uygulanmıştır. Bu amaçla, su kalite parametrelerine normal dağılıma uyması için,  $\log_{10}(x+1)$  dönüşümü (pH hariç), biyolojik veriye ise Hellinger transformasyonu (Legendre ve Gallagher 2001, Legendre 2005) uygulanmıştır. Biyolojik veri için, zooplankton bolluk verisi kullanılmıştır. 2010 yılında yapılan arazi çalışmasında çevresel parametreler ölçülemediği için, analizde sadece 2015 yılı verileri kullanılmıştır.

Çok yönlü analizlere başlamadan önce, direkt veya indirekt analizlerin seçimi için DCA (Detrended Correspondance Analysis) uygulanmıştır. DCA sonucunda, ilk eksenin gradiyent uzunluğu 3'ten küçük olduğu için, verinin linear davrandığı tespit edilmiş ve çok yönlü analiz için RDA (Redundancy Analysis) seçilmiştir (Leps ve Simulaur 2003). Sucul habitatlar arasında ki farkın değerlendirilebilmesi için de Monte Carlo permutasyon testi (n=999) uygulanmıştır.

PRIMER5 (Clarke ve Warwick 2001) paket programı, göller arasında ki zooplankton komunitelerinin benzerlik/benzemezlik oranlarının belirlenebilmesi için kullanılmıştır. Bu amaçla, Bray-Curtis Benzerlik matriksi uygulanmış veride, MDS (non-Metric Multidimensional Scaling – Metrik Olmayan Çok Yönlü Ölçümleme), ANOSIM (Analysis of Similarity – Benzerlik Analizi) ve SIMPER (Similarity Percentages – Benzerlik Yüzdesi) yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca göllerin gruplandırılabilmesi için bir kümeleme yöntemi olan UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean – Ağırlıksız Çift Grup ile Aritmetik Ortalama Yöntemi) uygulanmıştır. PRIMER5 programı ayrıca, Shannon-Weiner ve Simpson çeşitlilik indeksleri, Margalef zenginlik indeksi ve Pielou'nun düzenlilik indeksinin belirlenmesinde de kullanılmıştır.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

##### 4.1 Fiziko-Kimyasal Parametreler ve Klorofil *a* Derişimi

Göllerin bulunduğu konumu gösteren enlem - boylam bilgileri, yükseklik ve göllerin alanları, çizelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1 Göllere ait, GPS ve alan bilgileri

|              | Enlem (N)     | Boylam (E)     | Yükseklik<br>(m) | Alan (ha) | Dip yapısı  |
|--------------|---------------|----------------|------------------|-----------|-------------|
| <b>YG1</b>   | 37° 48' 04,8" | 035° 10' 52,1" | 3034             | 0,1       | Kumul+çakıl |
| <b>YG2</b>   | 37° 48' 08,8" | 035° 11' 05,4" | 3043             | 2,19      | Çakıl       |
| <b>YG3</b>   | 37° 48' 33,5" | 035° 10' 52,1" | 3148             | 0,1       | Çakıl       |
| <b>YG4</b>   | 37° 49' 20,1" | 035° 11' 30,9" | 3056             | 1,5       | Çakıl       |
| <b>YG5</b>   | 37° 49' 17,8" | 035° 11' 25,5" | 3050             | 0,1       | Kumul       |
| <b>Mocar</b> | 40° 44' 17,5" | 040° 56' 08,1" | 2934             | 2,28      | Kumul+çakıl |
| <b>Sulak</b> | 40° 44' 22,6" | 040° 56' 38,6" | 2938             | 4,6       | Çakıl       |

ha: hektar

Yedigöller Platosu’nda ki göller kar suları ve daimi buzul tabakadan beslenmektedir. Göllerden herhangi bir su çıkışı bulunmamaktadır. Göllerin konumları ve karakteristik özellikleri incelendiğinde, Yedigöller Platosu’nda en yüksek konumda bulunan göl YG3 iken, en büyük alana YG2 sahiptir.

Moçar ve Sulak gölleri’ne baktığımızda, Sulak Gölü Moçar’a göre oldukça büyüktür. Sulak Gölü aynı zamanda Fırtına Deresi’nin kaynağını oluşturmaktadır. Tatos Dağı’nın eriyen kar suları ilk önce bu göle ve buradan da Fırtına Deresi’ne karışmaktadır. Moçar Gölü de Tatos Dağı’nın diğer yamacında bulunmaktadır ve çevresi morenlerce kaplıdır. Gölü besleyen Tatos Dağı’nın kar suları bu bölgede toplanır ve gölde herhangi bir su çıkışı bulunmamaktadır.

Göllerin karakteristiklerini belirleyecek olan sıcaklık (T), pH, çözülmüş oksijen (ÇO), elektriksel iletkenlik (EC), askıda katı madde (AKM), tuzluluk (Tuz.) ve klorofil *a* derişimi (Kla) çizelge 4.2 - 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.2 Araştırma göllerine ait fiziko-kimyasal parametreler

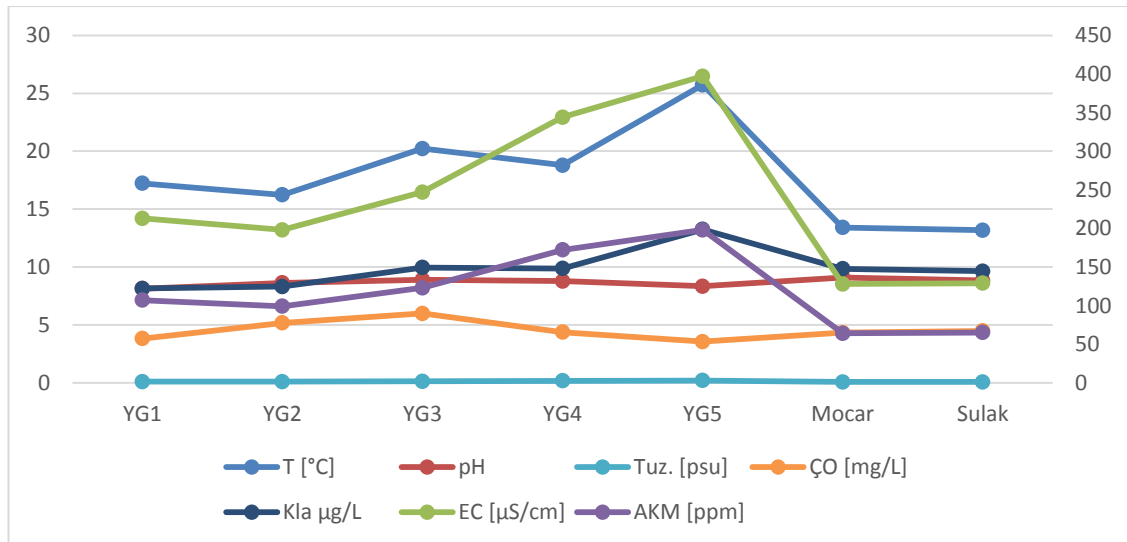
|                   | YG1   | YG2   | YG3   | YG4   | YG5   | Mocar | Sulak |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>T [°C]</b>     | 17,22 | 16,23 | 20,22 | 18,78 | 25,72 | 13,41 | 13,17 |
| <b>pH</b>         | 8,13  | 8,62  | 8,9   | 8,78  | 8,33  | 9,09  | 8,83  |
| <b>EC [µS/cm]</b> | 213   | 198   | 247   | 344   | 397   | 128   | 129   |
| <b>AKM [ppm]</b>  | 107   | 99    | 123   | 172   | 198   | 64    | 65    |
| <b>Tuz. [psu]</b> | 0,10  | 0,09  | 0,12  | 0,17  | 0,19  | 0,06  | 0,06  |
| <b>ÇO [mg/L]</b>  | 3,81  | 5,17  | 5,98  | 4,36  | 3,55  | 4,32  | 4,48  |
| <b>Kla µg/L</b>   | 8,14  | 8,31  | 9,96  | 9,87  | 13,24 | 9,85  | 9,64  |

YG1, YG2, YG3, YG4 ve YG5, Yedigöller Platosu'nda bulunan gölleri temsil etmektedirler. YG kısaltması Yedigöller için kullanılmaktadır.

Yedigöller Bölgesi'nde hem 2010 hem de 2015 yıllarında örnekleme çalışması yapılmıştır. Ancak, 2010 yılında yapılan arazi çalışmaları sırasında, göllerde su kalitesi ölçümleri için götürülen multiparametre cihazında ki arıza giderilemediği için, göllerden su kalite parametreleri alınamamıştır.

Göllerin T, EC ve AKM değerlerine bakıldığında, Yedigöller Platosu'nda ki göllerin parametre ortalamaları Kaçkarlar Bölgesi'ne göre daha yüksek olduğu görülmektedir. pH, ÇO ve Kla özellikleri ise benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.3 Araştırma göllerine ait fiziko-kimyasal değerlerin grafiği



EC ve AKM değerleri, ikincil eksendedir.

## 4.2 Zooplanktonik Canlılar

### 4.2.1 Tür kompozisyonu

Ağustos 2010 ve Ağustos 2015 yıllarında ve Türkiye'nin 2 farklı yüksek dağ bölgesi ve 7 farklı gölde yapılan çalışma boyunca Rotifera filumuna ait 10 familyadan 20 tür, Cladocera alt şubesine ait 3 familyadan 5 tür ve Copepoda alt sınıfına ait 3 familyadan 3 tür teşhis edilmiştir. Teşhis edilen taksonlar çalışmaya konu olan göller için ilk kayıtlardır. Toplamda 28 zooplankton türü teşhis edilmiştir. Ayrıca göllerden alınan örneklerde, Ostracoda, Anostraca, Tardigrada ve Nematoda gruplarına da rastlanmıştır. Çalışmada teşhis edilen taksonların sistematikleri;

**Şube:** Rotifera Cuvier, 1817

**Sınıf:** Eurotatoria De Ridder, 1957

**Altsınıf:** Bdelloida Hudson, 1884

**Takım:** Philodinida Melona & Ricci, 1995

**Aile:** Philodinidae Ehrenberg, 1838

**Cins:** *Philodina* Ehrenberg, 1830

**Tür:** *Philodina megalotrocha* Ehrenberg, 1832

**Altsınıf:** Monogononta Plate, 1889

**Takım:** Flosculariaceae Haring, 1913

**Aile:** Hexarthridae Bartos, 1959

**Cins:** *Hexarthra* Schmarda, 1854

**Tür:** *Hexarthra intermedia* (Wiszniewski, 1929)

**Tür:** *Hexarthra jenkiniae* (Beauchamp, 1932)

**Tür:** *Hexarthra mira* (Hudson, 1871)

**Tür:** *Hexarthra* sp.

**Takım:** Ploima Hudson & Gosse, 1886

**Aile:** Brachioniae Ehrenberg, 1838

**Cins:** *Anuraeopsis* Lauterborn, 1900

**Tür:** *Anuraeopsis fissa* (Gosse, 1851)  
**Cins:** *Keratella* Bory de St. Vincent, 1882  
**Tür:** *Keratella quadrata* (Müller, 1786)  
**Cins:** *Notholca* Gosse, 1886  
**Tür:** *Notholca acuminata* (Ehrenberg, 1832)  
**Tür:** *Notholca squamula* (Müller, 1786)  
**Aile:** Dicranophoridae Haring, 1913  
**Cins:** *Encentrum* Ehrenberg, 1838  
**Tür:** *Encentrum uncinatum* (Milne, 1886)  
**Aile:** Euchlanidae Ehrenberg, 1838  
**Cins:** *Euchlanis* Ehrenberg, 1830  
**Tür:** *Euchlanis dilatata* Ehrenberg, 1830  
**Aile:** Lecanidae Remane, 1933  
**Cins:** *Lecane* Nitzsch, 1827  
**Tür:** *Lecane closteracera* (Schmarda, 1859)  
**Tür:** *Lecane lunaris* (Ehrenberg, 1832)  
**Aile:** Notommatidae Hudson & Gosse, 1886  
**Cins:** *Cephalodella* Bory de St. Vincent, 1826  
**Tür:** *Cephalodella forficula* (Ehrenberg, 1838)  
**Tür:** *Cephalodella gibba* (Ehrenberg, 1830)  
**Cins:** *Notommata* Ehrenberg, 1830  
**Tür:** *Notommata* sp.  
**Aile:** Proalidae Haring & Myers, 1924  
**Cins:** *Proales* Gosse, 1886  
**Tür:** *Proales similis* Beauchamp, 1907  
**Aile:** Trichocercidae Haring, 1913  
**Cins:** *Trichocerca* Lamarck, 1801  
**Tür:** *Trichocerca iernis* (Gosse, 1887)  
**Aile:** Trichotriidae Haring, 1913

**Cins:** *Trichotria* Bory de St. Vincent, 1827

**Tür:** *Trichotria pocillum* (Müller, 1776)

**Tür:** *Trichotria tetractis* (Ehrenberg, 1830)

**Şube:** Arthropoda Latreille, 1829

**AltŞube:** Crustacea Brunnich, 1772

**Sınıf:** Branchiopoda Latreille, 1817

**ÜstTakım:** Cladocera Latreille, 1829

**Takım:** Anomopoda

**Aile:** Chydoridae Leach, 1816

**Cins:** *Alona* Baird, 1843

**Tür:** *Alona costata* G. O. Sars, 1862

**Tür:** *Chydorus sphaericus* (O. F. Müller, 1776)

**Aile:** Daphniidae Straus, 1820

**Cins:** *Ceriodaphnia* Dana, 1853

**Tür:** *Ceriodaphnia quadrangula* (O. F. Müller)

**Cins:** *Daphnia* O. F. Müller, 1785

**Tür:** *Daphnia pulex* Leydig, 1860

**Aile:** Macrothricidae Norman & Brady, 1867

**Cins:** *Macrothrix* Baird, 1848

**Tür:** *Macrothrix hirsuticornis* Norman & Brady, 1867

**Sınıf:** Hexanauplia Oakley, Wolfe, Lindgren & Zaharof, 2013

**Altsınıf:** Copepoda Milne Edwards, 1840

**Takım:** Calanoida Sars G. O., 1903

**Aile:** Daiptomidae Baird, 1850

**Cins:** *Arctodiaptomus* Kiefer, 1932

**Tür:** *Arctodiaptomus osmanus* Kiefer, 1974

**Tür:** *Arctodiaptomus wierzejskii* (Richard, 1888)

**Cins:** *Occidodiaptomus* Borutzky in Borutzky, Stepanova & Kos, 1991

**Tür:** *Occidodiaptomus dischensis* (Brehm, 1938)

Yedigöller Platosu'nda 2010 ve 2015 dönemlerinde yapılan çalışma sonucunda, 2010 yılında Rotifera'dan 18, Cladocera'dan 5, Copepoda'dan ise 2 tür teşhis edilirken, 2015 yılında Rotifera'dan 12, Cladocera'dan 5 Copepoda'dan ise 2 tür teşhis edilmiştir. Kaçkarlar Bölgesi'nde ise zooplankton taksonları açısından Yedigöller'e oranla daha az tür sayısı görülmektedir, Rotifera'dan 6, Cladocera'dan 3 ve Copepoda'dan ise 1 tür teşhis edilmiştir. Tür listesi ve göllere göre dağılımları çizelge 4.4'te gösterilmiştir.



Çizelge 4.4 Yedigöller Platosu ve Kaçkarlar Bölgesi zooplankton faunası ve dağılımları

|                               | 2015 |     |     |     |     | 2010 |     |     |     | 2015  |       |
|-------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-------|-------|
|                               | YG1  | YG2 | YG3 | YG4 | YG5 | YG1  | YG2 | YG3 | YG4 | Moçar | Sulak |
| <b>ROTİFERA</b>               |      |     |     |     |     |      |     |     |     |       |       |
| <i>Anuraeopsis fissa</i>      |      |     |     |     |     |      | .   |     |     |       |       |
| <i>Cephalodella gibba</i>     | .    | .   |     | .   |     | .    | .   |     |     |       |       |
| <i>Cephalodella forficula</i> |      |     |     |     |     |      | .   |     |     |       |       |
| <i>Euchlanis dilatata</i>     |      | +   | .   | .   |     | .    | .   | .   | +   | .     | .     |
| <i>Encentrum uncinatum</i>    |      |     |     |     |     |      | .   |     |     |       |       |
| <i>Hexarthra jenkiniae</i>    | .    |     | +++ | +   | .   | +    |     |     |     |       |       |
| <i>Hexarthra sp.</i>          |      |     | +++ | .   |     |      |     |     | +   |       | ++    |
| <i>Hexartha mira</i>          |      |     |     |     |     |      | .   |     |     |       |       |
| <i>Hexartha intermedia</i>    |      |     |     |     |     |      |     | +++ |     |       |       |
| <i>Keratella quadrata</i>     | .    |     |     | .   |     |      | .   |     |     | .     |       |
| <i>Lecane closteracerca</i>   |      |     |     |     |     |      | +   | +   |     |       |       |
| <i>Lecane lunaris</i>         | .    | +   | +   | .   |     | .    | .   | ++  | .   | .     | .     |
| <i>Monommata sp.</i>          | .    |     |     |     |     |      |     |     |     |       |       |
| <i>Notholca acuminata</i>     |      |     | .   | .   |     |      | .   | .   | +   |       |       |
| <i>Notholca squamula</i>      | .    | .   | .   | +   |     | +    | +   | ++  | ++  |       | .     |
| <i>Philodina megalotrocha</i> |      | .   | ++  | +   |     | +    | +   |     | .   |       |       |
| <i>Proales similis</i>        |      |     |     |     |     |      |     | +   |     |       |       |
| <i>Trichotria pocillum</i>    | .    |     |     |     |     |      |     |     |     |       |       |
| <i>Trichotria tetractis</i>   | .    |     | .   |     |     |      | .   | .   | +   |       | .     |
| <i>Trichocerca iernis</i>     |      |     |     |     |     | +    |     |     |     |       |       |

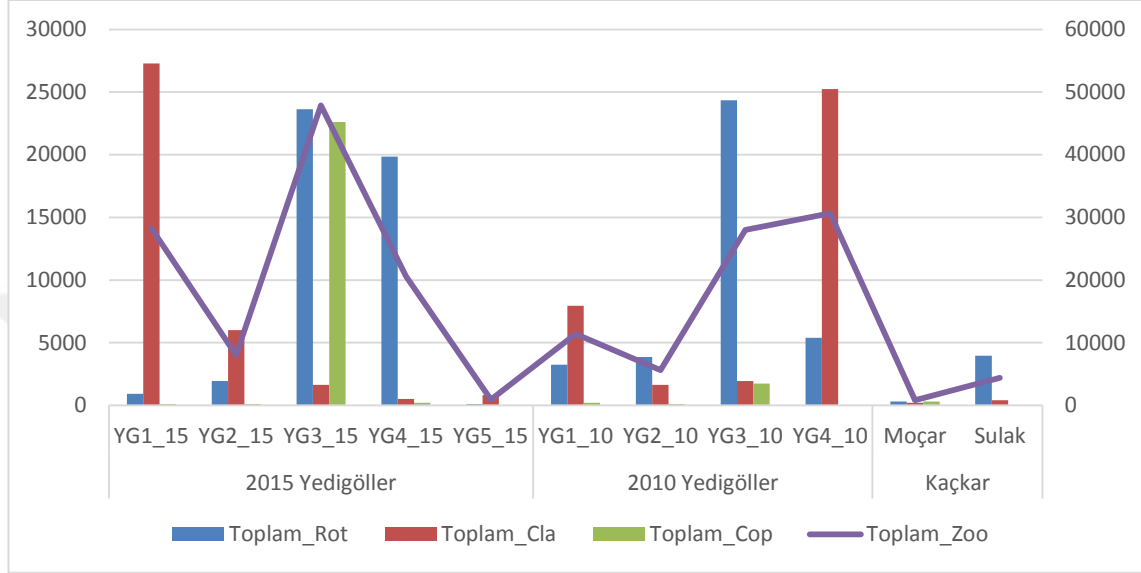
Çizelge 4.4 Yedigöller Platosu ve Kaçkarlar Bölgesi zooplankton faunası ve dağılımları (devam)

|                                   | 2015 |     |     |     |     | 2010 |     |     |     | 2015  |       |
|-----------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-------|-------|
|                                   | YG1  | YG2 | YG3 | YG4 | YG5 | YG1  | YG2 | YG3 | YG4 | Moçar | Sulak |
| <b>CLADOCERA</b>                  |      |     |     |     |     |      |     |     |     |       |       |
| <i>Alona costata</i>              |      | .   |     | .   |     |      | .   |     | +   |       |       |
| <i>Ceriodaphnia quadrangula</i>   |      | +   |     | .   |     |      | +   |     | .   |       | +     |
| <i>Chydorus sphaericus</i>        | +++  | ++  | .   | .   | .   | ++   | ++  | +   | +++ | .     | .     |
| <i>Daphnia pulex grubu</i>        | +    |     | +   | .   | +   | ++   | .   | +   | .   | .     |       |
| <i>Macrothrix hirsuticornis</i>   | +    | .   |     | .   |     | .    | +   | .   | ++  |       |       |
| <b>COPEPODA</b>                   |      |     |     |     |     |      |     |     |     |       |       |
| <i>Arctodiaptomus osmanus</i>     |      | .   |     | .   |     | .    | .   |     |     |       |       |
| <i>Arctodiaptomus wierzejski</i>  | .    |     | +++ | .   |     |      |     | ++  |     |       |       |
| <i>Occidodiaptomus dischensis</i> |      |     |     |     |     |      |     |     |     | ++    |       |

. Nadir bulunanlar, + Seyrek bulunanlar, ++ Çoğunlukla bulunanlar, +++ Sürekli bulunanlar

Çalışma kapsamında incelenen göllerden teşhis edilen türlerin birey yoğunluklarının grafiği çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5 Çalışma boyunca göllerden tespit edilen zooplankton gruplarının litredeki birey yoğunlukları



#### 4.2.2 Komünite yapısı

Çeşitlilik, düzenlilik ve zenginlik indekslerine bakıldığında (Çizelge 4.6), Aladağlar Bölgesi'nin Kaçkarlar Bölgesi'nden daha fazla tür barındırdığı görülmektedir. Çeşitlilik açısından incelediğinde hem Shannon-Weiner hem de Simpson analizlerine göre Aladağlar için 2010 yılı YG2 Gölü, Kaçkarlar için ise Moçar Gölü en çeşitli takson barındıran göl olduğu görülmektedir. Moçar Gölü'nün aynı zamanda, takson dağılımı açısından Sulak Gölü'ne oranla daha düzenlidir. Aladağlar Bölgesi'nde göller takson zenginliği ve düzenliliği açısından incelendiğinde, 2010 yılında YG2 Gölü, diğer göllere oranla daha zengin ve düzenli olduğu anlaşılmaktadır. 2015 yılında YG2 Gölü'nün takson zenginliğinde, çeşitliliğinde ve düzenliliğinde ciddi bir azalma olduğu görülmektedir. 2015 yılında ise YG3 Gölü zooplanktonik canlılar açısından daha çeşitli, YG4 Gölü'nün ise daha zengin olduğu anlaşılmaktadır.

Komunité yapısını çeşitli indeksler aracılığı ile incelediğimize genel olarak Kaçkar Dağları göllerinin Aladağlar göllerine oranla daha fakir olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.6 Göllere ait, çeşitlilik, düzenlilik ve zenginlik indeks sonuçları

|           |      | Göller | S  | N   | d    | J'   | H'   | 1-λ' |
|-----------|------|--------|----|-----|------|------|------|------|
| Aladağlar | 2015 | YG1    | 12 | 278 | 1,95 | 0,17 | 0,42 | 0,14 |
|           |      | YG2    | 10 | 79  | 2,06 | 0,56 | 1,28 | 0,56 |
|           |      | YG3    | 11 | 470 | 1,63 | 0,58 | 1,38 | 0,68 |
|           |      | YG4    | 16 | 202 | 2,83 | 0,22 | 0,61 | 0,21 |
|           |      | YG5    | 3  | 9   | 0,91 | 0,77 | 0,85 | 0,56 |
|           | 2010 | YG1    | 11 | 112 | 2,12 | 0,69 | 1,65 | 0,72 |
|           |      | YG2    | 19 | 55  | 4,49 | 0,85 | 2,51 | 0,91 |
|           |      | YG3    | 12 | 275 | 1,96 | 0,61 | 1,51 | 0,65 |
|           |      | YG4    | 12 | 301 | 1,93 | 0,68 | 1,70 | 0,76 |
| Kaçkarlar |      | Moçar  | 6  | 8   | 2,40 | 0,93 | 1,67 | 0,89 |
|           |      | Sulak  | 7  | 43  | 1,60 | 0,41 | 0,79 | 0,34 |

S: Tür Sayısı, N: 1ml 'de ki birey sayısı, d: Margalef zenginlik indeksi, J': Pielou düzenlilik indeksi, H: Shannon-Weiner çeşitlilik indeksi, 1-λ': Simpson çeşitlilik indeksi

Zooplanktonik canlıların çevresel değişkenlere göre dağılımının anlaşılabilmesi için farklı alt yapılara sahip çok yönlü analiz programları kullanılmış ve bunlardan ilki olan RDA analizinin triplotu Şekil 4.1'de verilmiştir. RDA analizine karar verebilmek için öncelikle DCA analizi yapılmıştır. DCA analizi eksen özeti çizelge 4.7'de verilmektedir. Buna göre ilk eksenin gradiyenti dikkate alınmış ve 3'ten düşük olduğu için RDA analizine karar verilmiştir.

Çizelge 4.7 DCA analizi eksen bilgileri

| <b>Eksenler</b>                          | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>Toplam</b> |
|------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|---------------|
| Özdeğer                                  | 0,531    | 0,223    | 0,024    | 0,003    | 1,781         |
| Gradyent uzunluğu                        | 2,688    | 1,778    | 1,269    | 1,879    |               |
| Tür verilerinin kümülatif yüzde varyansı | 29,8     | 42,3     | 43,7     | 43,8     |               |
| Tüm özdeğerlerin toplam                  |          |          |          |          | 1,781         |

RDA Analizi'nin eksen bilgileri çizelge 4.8'te, Monte Carlo Testinin (999 permutasyon) lambda değerlerinin bilgisi ise çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.8 RDA analizi eksen bilgileri

| Eksenler                                                             | 1     | 2     | 3     | 4     | Toplam |
|----------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Özdeğer:                                                             | 0,379 | 0,249 | 0,157 | 0,116 | 1,000  |
| Tür-Çevre korelasyonu                                                | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |        |
| Tür verilerinin ve tür-çevre ilişkilerinin kümülatif yüzde varyansı: | 37,9  | 62,8  | 78,5  | 90,1  |        |
| Tüm özdeğerlerin toplamı                                             |       |       |       |       | 1,000  |

Lambda çok değişkenli analizlerde  $R^2$ 'nin genelleştirilmesidir ve  $R^2$ 'nin tersi olarak yorumlanır. Lambda değeri 0'a yaklaştıkça yüksek korelasyon olduğunu belirtmektedir.

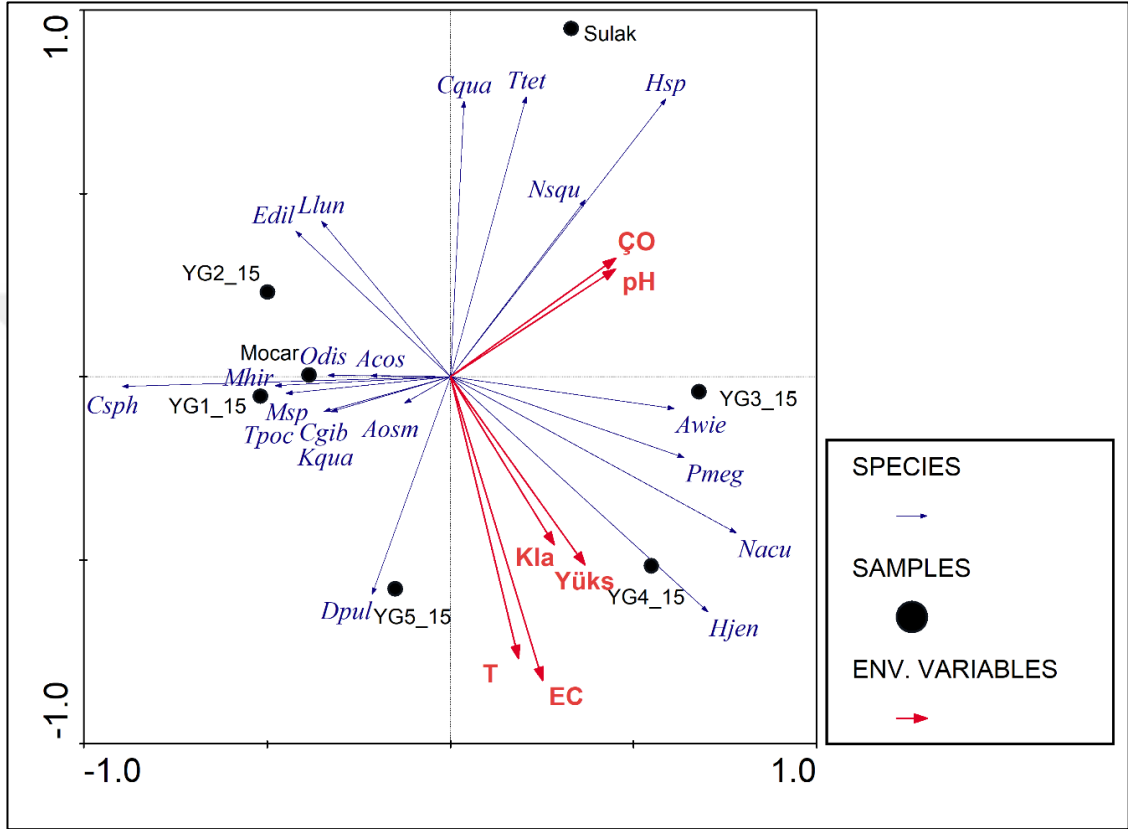
Çizelge 4.9 Çevresel parametrelerin bağlı ve marjinal etkileri

|          | Bağlı Etki | Marjinal Etki |
|----------|------------|---------------|
| Değişken | LambdaA    | Lambda1       |
| EC       | 0,23       | 0,23          |
| pH       | 0,23       | 0,2           |
| Kla      | 0,12       | 0,16          |
| ÇO       | 0,1        | 0,15          |
| T        | 0,16       | 0,2           |
| Yük      | 0,16       | 0,18          |

Çevresel parametreler LambdaA'ya göre sıralanmıştır. LambdaA, her değişkenin kendisinden önce seçilmiş olan değişkene ve değişkenin eklendiğinde ki etkiyi temsil ederken, Lambda1 ise, her bir değişkenin bağımsız olarak etkisini temsil etmektedir.

RDA triplotuna bakıldığında (Şekil 4.1), çevresel parametrelerden, pH ile çözünmüş oksijenin, sıcaklık, yükseklik, klorofil *a* ve elektriksel iletkenliğin ise bir grup oluşturduğu ve kendi içlerinde birbirleri ile pozitif korelasyon gösterirken, diğer grup ile negatif korelasyon gösterdiği anlaşılmaktadır. Taksonlar, çevresel koşullardan dağılımlarını etkileyenler ile pozitif korelasyon gösterdiği görülmektedir. Buna göre, *Arctodiaptomus wierzejski*, *Philodina megalotrocha*, *Notholca acuminata* ve *Hexarthra jenkiniae* sıcaklık, klorofil *a*, elektriksel iletkenlik ve yüksekliğin artması ile artış gösterdiği anlaşılmaktadır. *Daphnia pulex* grubu, alpin bölgeler için kritik özellik olan sıcaklık ile doğru orantılı, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Trichotria tetractis*, *Hexarthra*

sp. ve *Notholca squamula* taksonlarının dağılımında ise çözünmüş oksijen ve pH'nın etken olduğu görülmektedir. YG1, YG2 ve Moçar gölleri'nin aynı bölgede ve benzer özellikler gösterdiği görülürken, diğer göllerin birbirlerinden farklı özellikler gösterdiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.1 Zooplankton komunitesi, göller ve çevresel parametreler ile yapılan RDA triplotu

(Kısaltmalar Cgib, *Cephalodella gibba*; Cfor, *Cephalodella forficula*; Edil, *Euchlanis dilatata*; Eunc, *Encentrum uncinatum*; Hjen, *Hexarthra jenkiniae*; Hsp, *Hexarthra* sp.; Kqua, *Keratella quadrata*; Lclo, *Lecane closteracera*; Llun, *Lecane lunaris*; Msp, *Monommata* sp; Nacu, *Notholca acuminata*; Nsqu, *Notholca squamula*; Pmeg, *Philodina megalotrocha*; Tpoc, *Trichotria pocillum*; Ttet, *Trichotria tetractis*; Acos, *Alona costata*; Cqua, *Ceriodaphnia quadrangula*; Csp, *Chydorus sphaericus*; Dpul, *Daphnia pulex* grubu; Mhir, *Macrothrix hirsuticornis*; Aosm, *Arctodiaptomus osmanus*; Awie, *Arctodiaptomus wierzejski*; Odis, *Occidodiaptomus dischensis*;)

Yedigöller ve Kaçkar gölleri arasındaki benzerlik düzeyi analizlerinden ANOSİM (benzerlik analizi) sonucunda, Global R = 0.568 (p = 0.036) bulunmuştur. Buna göre aralarında farklılık vardır fakat güçlü değildir. SIMPER (benzerlik yüzdesi) sonuçları ise Bray-Curtis benzerlik ilkesi ve log<sub>10</sub>(x+1) dönüşümü ile uygulanmış ve Yedigöller kendi içinde takson çeşitliliği ve bolluğu açısından % 38.73 oranında benzerlik

gösterirken, Kaçkarlar'da benzerlik ise % 31.30 oranındadır. Yedigöller ve Kaçkarlar arasında % 74.32 oranında farklılık bulunmaktadır.

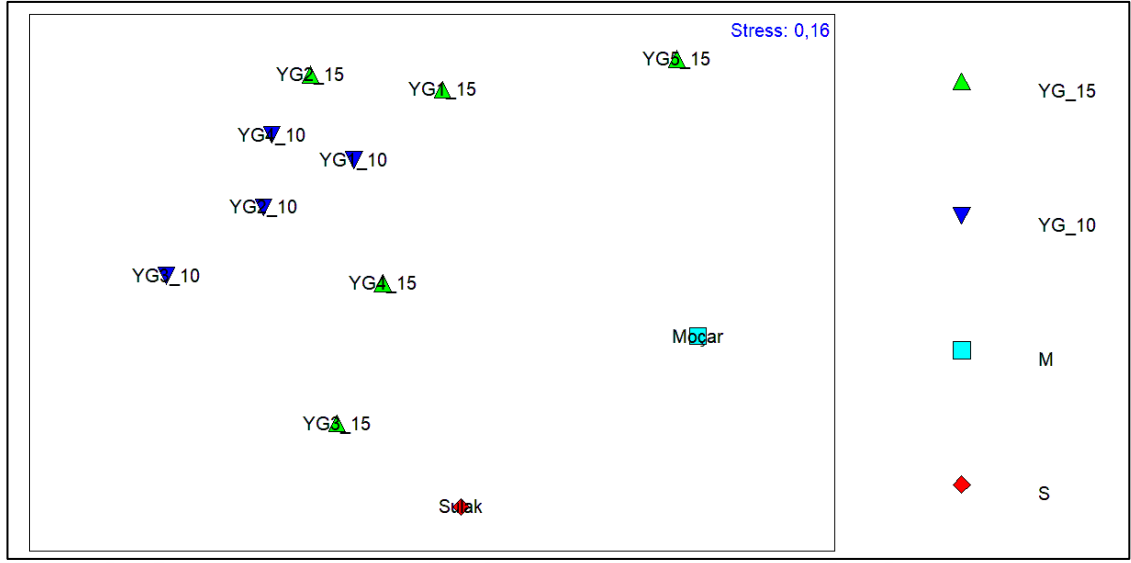
Göllerin her biri ayrı ayrı değerlendirildiğinde, ANOSİM Global R = 0.667 (p=0.004) bulunmuş ve fark gözlemlenmesine karşın güçlü bir farklılığın olmadığı anlaşılmaktadır. SIMPER sonuçları ise çizelge 4.10'da verilmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde, benzerlik oranlarının her iki bölge de bulunan göller için de az olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.10 Göller arasında ki SİMPER analiz sonuçları

|     | YG1   | YG2   | YG3   | YG4   | YG5   | M    | S    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| YG1 | 56,35 |       |       |       |       |      |      |
| YG2 | 52,49 | 58,03 |       |       |       |      |      |
| YG3 | 62,76 | 67,41 | 40,1  |       |       |      |      |
| YG4 | 52,14 | 49,43 | 59,57 | 38,36 |       |      |      |
| YG5 | 65,01 | 86,99 | 78,72 | 80,97 | n.s.  |      |      |
| M   | 75,34 | 76,3  | 82,17 | 76,39 | 67,72 | n.s. |      |
| S   | 78,75 | 65,91 | 69,52 | 66,3  | 88,61 | 68,7 | n.s. |

Benzerlik matrisinde, koyu olanlar göllerin kendi içlerindeki benzerliği gösterirken, diğerleri göller arasında ki farklılık (benzemezlik) oranlarını göstermektedir. n.s.: grup içerisinde 2 den az faktör olduğu için benzerlik hesaplaması yapılamayan gruplar

ANOSİM ve SİMPER analizlerinden sonra, parametrik olmayan çok yönlü konumlandırma (nMDS) plotu şekil 4.2'de verilmiştir. nMDS plotu 2 boyutlu hesaplanıp çizildiği için stres faktörü plotu güvenilmesi için önemlidir. Stres faktörü 0,16 olduğu için, plot “iyi” olarak nitelendirilmiştir (stres faktörü < 0,05 ise mükemmel, sf < 0,1 ise çok iyi, sf < 0,2 ise iyi, sf < 0,3 ise düşük-zayıf plot). nMDS plotu incelendiğinde, ANOSİM ve SİMPER sonuçları ile uyumlu olduğu görülmektedir. 2010 yılındaki Yedigöller örnekleme, 2015 yılındaki örneklemeden ve Kaçkar Bölgesi göllerinden farklılık göstermekte ve takson çeşitliliği açısından grup oluşturmaktadır.



Şekil 4.2 Göller arasında ki nMDS plotu

#### 4.3 *Daphnia pulex* Grubu'nun Moleküler Analizleri

Yapılan arazi çalışmaları sonucunda, Aladağlar Bölgesi'nden 3 gölde, (YG1, YG3 ve YG5), Kaçkarlar Bölgesi'nden 1 Göl'de (Moçar, M) *Daphnia pulex* grubu teşhis edilmiştir. Her gölden 20 adet birey, toplamda 40 adet birey seçilip, moleküler analizlerde kullanılmış, PCR sonuçlarına göre her gölden en iyi bant veren 10'ar örneğin COI ve ITS1 gen bölgeleri için sanger dizilemesi yapılmıştır. Toplamda 40 canlının sanger dizilemesi gerçekleştirilmiştir. *Daphnia* bireylerine verilen kodlar çalışma boyunca tüm analizlerde kullanılmıştır. Örneğin YG1 Gölü için 5. bireyin kodu YG1.5 şeklinde, Moçar Gölü için 20. bireyin kodu M20 şeklindedir.

COI gen bölgesi için, DnaSP ile belirlenen haplotipler ve ABGD ile analiz edilen olası gruplar belirlenmiş ve ABGD (max. uzaklık  $P=0.0017$ ) ile belirlenen olası gruplar, DnaSP ile belirlenen haplotiplerle aynı bireyler olduğu görülmektedir (Çizelge 4.11). ABGD yönteminde ikinci bir uzaklık ( $P=0.0028$ ) daha kullanılarak olası diğer grup da belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Aynı işlemler, ITS bölgesi için de tekrarlanmış ve çizelge 4.12' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11 COI gen bölgesi kullanılarak, DnaSP ile belirlenen haplotipler ve 2 farklı uzaklık kullanılarak oluşturulmuş ABGD grupları (Toplam birey sayısı 31)

| DnaSP        | Bireyler                                                                                                                     | Birey Sayısı | ABGD <sup>1</sup> | ABGD <sup>2</sup> | Bireyler                                                                                                                     | Birey Sayısı |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Hap1</b>  | YG1.5                                                                                                                        | 1            | <b>Grup1</b>      | <b>Grup1</b>      | YG1.5                                                                                                                        | <b>1</b>     |
| <b>Hap2</b>  | YG1.16                                                                                                                       | 1            | <b>Grup2</b>      | <b>Grup2</b>      | YG1.16                                                                                                                       | <b>25</b>    |
| <b>Hap3</b>  | YG1.17;<br>YG1.18;<br>YG1.19;<br>YG1.20;<br>YG5.5;<br>YG5.7;<br>YG5.8;<br>YG5.11;<br>YG5.14;<br>YG5.17;<br>YG5.18;<br>YG5.20 | 12           | <b>Grup3</b>      |                   | YG1.17;<br>YG1.18;<br>YG1.19;<br>YG1.20;<br>YG5.5;<br>YG5.7;<br>YG5.8;<br>YG5.11;<br>YG5.14;<br>YG5.17;<br>YG5.18;<br>YG5.20 |              |
| <b>Hap4</b>  | YG3.2                                                                                                                        | 1            | <b>Grup4</b>      |                   | YG3.2                                                                                                                        |              |
| <b>Hap5</b>  | YG3.3                                                                                                                        | 1            | <b>Grup5</b>      |                   | YG3.3                                                                                                                        |              |
| <b>Hap6</b>  | YG3.7                                                                                                                        | 1            | <b>Grup6</b>      |                   | YG3.7                                                                                                                        |              |
| <b>Hap7</b>  | YG3.10                                                                                                                       | 1            | <b>Grup7</b>      |                   | YG3.10                                                                                                                       |              |
| <b>Hap8</b>  | YG3.11;<br>YG3.13;<br>YG3.17;<br>YG3.19                                                                                      | 4            | <b>Grup8</b>      |                   | YG3.11;<br>YG3.13;<br>YG3.17;<br>YG3.19                                                                                      |              |
| <b>Hap9</b>  | YG3.12                                                                                                                       | 1            | <b>Grup9</b>      |                   | YG3.12                                                                                                                       |              |
| <b>Hap10</b> | YG3.20                                                                                                                       | 1            | <b>Grup10</b>     |                   | YG3.20                                                                                                                       |              |
| <b>Hap11</b> | YG5.1                                                                                                                        | 1            | <b>Grup11</b>     |                   | YG5.1                                                                                                                        |              |
| <b>Hap12</b> | YG5.16                                                                                                                       | 1            | <b>Grup12</b>     |                   | YG5.16                                                                                                                       |              |
| <b>Hap13</b> | M1; M3; M5                                                                                                                   | 3            | <b>Grup13</b>     | <b>Grup3</b>      | M1;<br>M3; M5                                                                                                                | <b>5</b>     |
| <b>Hap14</b> | M4                                                                                                                           | 1            | <b>Grup14</b>     |                   | M4                                                                                                                           |              |
| <b>Hap15</b> | M20                                                                                                                          | 1            | <b>Grup15</b>     |                   | M20                                                                                                                          |              |

ABGD<sup>1</sup>: 15 grup, maximal distance P=0.0017, K80 Kimura MinSlope=1.500000; ABGD<sup>2</sup>: 3 grup, maximal distance P=0.0028, K80 Kimura MinSlope=1.500000; DnsSP 15, haplotip, Hd (haplotip diversity )=0.8387

Çizelge 4.12 ITS gen bölgesi kullanılarak, DnaSP ile belirlenen haplotipler ve 2 farklı uzaklık kullanılarak oluşturulmuş ABGD grupları (Toplam birey sayısı 39)

| DnaSP       | Bireyler                                                                                                                                                                                                | Birey Sayısı | ABGD <sup>1</sup> | ABGD <sup>2</sup> | Bireyler                                                                                                                                                                                                                                | Birey Sayısı |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Hap1</b> | YG1.5; YG1.17;<br>YG1.18; YG1.19;<br>YG1.20; YG5.8;<br>YG5.17; YG5.20;<br>YG3.2; YG3.3;<br>YG3.7; YG3.10;<br>YG3.11; YG3.13;<br>YG3.17; YG3.19;<br>YG3.12; YG3.20;<br>YG5.16; M1;<br>M3; M5; M4;<br>M20 | 32           | <b>Grup1</b>      | <b>Grup1</b>      | YG1.5; YG1.17;<br>YG1.18; YG1.19;<br>YG1.20; YG5.8;<br>YG5.17; YG5.20;<br>YG3.2; YG3.3;<br>YG3.7; YG3.10;<br>YG3.11; YG3.13;<br>YG3.17; YG3.19;<br>YG3.12; YG3.20;<br>YG5.16; YG5.7;<br>YG5.18; YG5.14;<br>YG5.1 M1; M3;<br>M5; M4; M20 | 36           |
| <b>Hap2</b> | YG5.7                                                                                                                                                                                                   | 1            | <b>Grup2</b>      |                   |                                                                                                                                                                                                                                         |              |
| <b>Hap3</b> | YG5.5                                                                                                                                                                                                   | 1            | <b>Grup3</b>      |                   |                                                                                                                                                                                                                                         |              |
| <b>Hap4</b> | YG5.18; YG5.14;<br>YG5.1                                                                                                                                                                                | 3            | <b>Grup4</b>      |                   |                                                                                                                                                                                                                                         |              |
| <b>Hap5</b> | <b>YG5.11</b>                                                                                                                                                                                           | <b>1</b>     | Grup5             | Grup2             | <b>YG5.5</b>                                                                                                                                                                                                                            | <b>1</b>     |
| <b>Hap6</b> | <b>YG1.16</b>                                                                                                                                                                                           | <b>1</b>     | Grup6             | Grup3             | <b>YG5.11; YG1.16</b>                                                                                                                                                                                                                   | <b>2</b>     |

ABGD<sup>1</sup>: 6 grup, maximal distance P=0.0017, K80 Kimura MinSlope=0.800000; ABGD<sup>2</sup>: 3 grup, maximal distance P=0.0028, K80 Kimura MinSlope=0.800000; DnsSP, 6 haplotip, Hd (haplotip diversity)=0.3266

Populasyon içerisindeki fiksasyon oranı (Fst) hesaplanmış ve Yedigöller populasyonu ile Moçar populasyonu arasında 0.79873 olarak bulunmuştur.

*Daphnia* sp. türleri için yapılan BLAST analizlerinde, COI gen bölgesi için, bu türlerin *Daphnia cf. pulicaria* ve *Daphnia tenebrosa* türleri olduğu, ITS1 bölgesi için ise, *Daphnia pulex* olduğu belirlenmiştir.

#### 4.3.1 Nükleotid kompozisyonu

Hatalı okuma nedeni ile veri setini bozan diziler, analizleri gerçekleştirirken veri setinden çıkartılmış ve COI gen bölgesi için 31 birey, ITS1 bölgesi için 39 birey moleküler analizlerde kullanılmıştır. COI ve 18S lokusu (ITS1-V4 gen bölgesi) için

nükleotid kompozisyonları, Guanin (G) + Sitozin (C) ve Adenin (A) + Timin (T) ve ortalama değerleri çizelge 4.13 - 4.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.13 Örneklerle ait COI bölgesinin nükleotid kompozisyonu (%)

|                 | <b>T(U)</b> | <b>C</b>    | <b>A</b>    | <b>G</b>    | <b>A+T</b>  | <b>G+C</b>  |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| YG1.5 COI       | 32,4        | 22,1        | 20,8        | 24,7        | 53,2        | 46,8        |
| YG1.16 COI      | 32,2        | 21,9        | 21,2        | 24,7        | 53,4        | 46,6        |
| YG1.17 COI      | 32,2        | 21,9        | 21,0        | 24,9        | 53,2        | 46,8        |
| YG1.18 COI      | 32,2        | 21,9        | 21,0        | 24,9        | 53,2        | 46,8        |
| YG1.19 COI      | 32,2        | 21,9        | 21,0        | 24,9        | 53,2        | 46,8        |
| YG1.20 COI      | 32,2        | 21,9        | 21,0        | 24,9        | 53,2        | 46,8        |
| YG3.2 COI       | 32,0        | 22,1        | 20,8        | 25,0        | 52,8        | 47,2        |
| YG3.3 COI       | 32,0        | 22,1        | 21,2        | 24,7        | 53,2        | 46,8        |
| YG3.7 COI       | 32,0        | 22,1        | 21,2        | 24,7        | 53,2        | 46,8        |
| YG3.10 COI      | 32,0        | 22,1        | 21,2        | 24,7        | 53,2        | 46,8        |
| YG3.11 COI      | 32,0        | 22,1        | 21,0        | 24,9        | 53,0        | 47,0        |
| YG3.12 COI      | 32,0        | 22,1        | 21,2        | 24,7        | 53,2        | 46,8        |
| YG3.13 COI      | 32,0        | 22,1        | 21,0        | 24,9        | 53,0        | 47,0        |
| YG3.17 COI      | 32,0        | 22,1        | 21,0        | 24,9        | 53,0        | 47,0        |
| YG3.19 COI      | 32,0        | 22,1        | 21,0        | 24,9        | 53,0        | 47,0        |
| YG3.20 COI      | 32,2        | 21,9        | 21,4        | 24,5        | 53,6        | 46,4        |
| YG5.1 COI       | 32,2        | 22,1        | 21,0        | 24,7        | 53,2        | 46,8        |
| YG5.5 COI       | 32,2        | 21,9        | 21,0        | 24,9        | 53,2        | 46,8        |
| YG5.7 COI       | 32,2        | 21,9        | 21,0        | 24,9        | 53,2        | 46,8        |
| YG5.8 COI       | 32,2        | 21,9        | 21,0        | 24,9        | 53,2        | 46,8        |
| YG5.11 COI      | 32,2        | 21,9        | 21,0        | 24,9        | 53,2        | 46,8        |
| YG5.14 COI      | 32,2        | 21,9        | 21,0        | 24,9        | 53,2        | 46,8        |
| YG5.16 COI      | 32,2        | 21,9        | 20,8        | 25,0        | 53,0        | 47,0        |
| YG5.17 COI      | 32,2        | 21,9        | 21,0        | 24,9        | 53,2        | 46,8        |
| YG5.18 COI      | 32,2        | 21,9        | 21,0        | 24,9        | 53,2        | 46,8        |
| YG5.20 COI      | 32,2        | 21,9        | 21,0        | 24,9        | 53,2        | 46,8        |
| M1 COI          | 32,2        | 21,8        | 21,2        | 24,9        | 53,4        | 46,6        |
| M3 COI          | 32,2        | 21,8        | 21,2        | 24,9        | 53,4        | 46,6        |
| M4 COI          | 32,2        | 21,6        | 21,4        | 24,9        | 53,6        | 46,4        |
| M5 COI          | 32,2        | 21,8        | 21,2        | 24,9        | 53,4        | 46,6        |
| M20 COI         | 32,4        | 21,6        | 21,6        | 24,5        | 53,9        | 46,1        |
| <b>Ortalama</b> | <b>32,1</b> | <b>22,0</b> | <b>21,1</b> | <b>24,8</b> | <b>53,2</b> | <b>46,8</b> |

Çizelge 4.14 Örneklere ait ITS bölgesinin nükleotid kompozisyonu (%)

|                 | <b>T(U)</b> | <b>C</b>    | <b>A</b>    | <b>G</b>    | <b>A+T</b>  | <b>G+C</b>  |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| YG5.8 SSU531    | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| YG5.7 SSU531    | 26,5        | 24,1        | 18,9        | 30,5        | 45,4        | 54,6        |
| YG5.5 SSU531    | 26,8        | 23,6        | 21,2        | 28,4        | 48,0        | 52,0        |
| YG5.20 SSU531   | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| YG5.18 SSU531   | 26,8        | 23,8        | 19,0        | 30,4        | 45,8        | 54,2        |
| YG5.17 SSU531   | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| YG5.16 SSU531   | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| YG5.14 SSU531   | 26,8        | 23,8        | 19,0        | 30,4        | 45,8        | 54,2        |
| YG5.11 SSU531   | 25,3        | 24,6        | 20,6        | 29,5        | 45,9        | 54,1        |
| YG5.1 SSU531    | 26,8        | 23,8        | 19,0        | 30,4        | 45,8        | 54,2        |
| YG3.7 SSU531    | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| YG3.3 SSU531    | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| YG3.20 SSU531   | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| YG3.2 SSU531    | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| YG3.19 SSU531   | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| YG3.17 SSU531   | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| YG3.13 SSU531   | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| YG3.12 SSU531   | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| YG3.11 SSU531   | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| YG3.10 SSU531   | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| YG1.6 SSU531    | 27,1        | 23,6        | 19,0        | 30,3        | 46,1        | 53,9        |
| YG1.5 SSU531    | 27,1        | 23,6        | 19,0        | 30,3        | 46,1        | 53,9        |
| YG1.4 SSU531    | 27,1        | 23,6        | 19,0        | 30,3        | 46,1        | 53,9        |
| YG1.3 SSU531    | 27,1        | 23,6        | 19,0        | 30,3        | 46,1        | 53,9        |
| YG1.20 SSU531   | 27,1        | 23,6        | 19,0        | 30,3        | 46,1        | 53,9        |
| YG1.19 SSU531   | 27,1        | 23,6        | 19,0        | 30,3        | 46,1        | 53,9        |
| YG1.18 SSU531   | 27,1        | 23,6        | 19,0        | 30,3        | 46,1        | 53,9        |
| YG1.17 SSU531   | 27,1        | 23,6        | 19,0        | 30,3        | 46,1        | 53,9        |
| YG1.16 SSU531   | 26,1        | 24,0        | 20,4        | 29,5        | 46,5        | 53,5        |
| YG1.1 SSU531    | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| M5 SSU531       | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| M4 SSU531       | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| M3 SSU531       | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| M20 SSU531      | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| M2 SSU531       | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| M19 SSU531      | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| M17 SSU531      | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| M12 SSU531      | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| M11 SSU531      | 27,0        | 23,6        | 19,0        | 30,4        | 46,0        | 54,0        |
| <b>Ortalama</b> | <b>26,9</b> | <b>23,7</b> | <b>19,2</b> | <b>30,3</b> | <b>46,1</b> | <b>53,9</b> |

#### 4.3.2 Nükleotid çifti frekansı

*Daphnia* bireylerinin nükleotid kompozisyonları analiz edildikten sonra COI ve ITS bölgeleri için, nükleotid çifti frekansları hesaplanmıştır (Çizelge 4.15 - 4.16). COI bölgesi protein kodlayan bölgedir fakat ITS bölgesi protein kodlamadığı için kodon verileri verilememektedir.

Çizelge 4.15 COI lokusuna ait nükleotid çifti frekansı

|                 | ii  | si | sv | R    |
|-----------------|-----|----|----|------|
| <b>Ortalama</b> | 542 | 4  | 1  | 3,98 |
| 1.Kodon         | 182 | 0  | 0  | 0,55 |
| 2. Kodon        | 182 | 0  | 0  | 1,32 |
| 3. Kodon        | 179 | 3  | 0  | 12,3 |

ii: eş çiftler, si: transisyonel çiftler, sv: transversiyonel çiftler, R:si/sv

Çizelge 4.16 ITS bölgesi için nükleotid çifti frekansı

|                 | ii     | si   | sv   | R    |
|-----------------|--------|------|------|------|
| <b>Ortalama</b> | 501,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 |

ii: eş çiftler, si: transisyonel çiftler, sv: transversiyonel çiftler, R:si/sv

#### 4.3.3 Kodon kullanımı

18 lokusu ITS bölgesi protein kodlamayan gen bölgesi olduğu için sadece COI gen bölgesi için kodon frekansları ve RSCU (relative synonymous codon usage) oranları analiz edilmiştir. Dizi analizleri sonucunda elde edilen 547 baz çiftlik nükleotid dizilerinin, çizelge 4.17’de frekans ve RSCU oranları verilmektedir.

Çizelge 4.17 COI bölgesine ait kodonlar ve frekans-RSCU oranları

| Kodon  | Frekans | RSCU | Kodon  | Frekans | RSCU |
|--------|---------|------|--------|---------|------|
| UUU(F) | 7       | 1,27 | UCU(S) | 4,9     | 2,66 |
| UUC(F) | 4       | 0,73 | UCC(S) | 0       | 0    |
| UUA(L) | 5,8     | 1,21 | UCA(S) | 3       | 1,65 |
| UUG(L) | 5,2     | 1,07 | UCG(S) | 1,9     | 1,03 |
| CUU(L) | 8       | 1,65 | CCU(P) | 2       | 0,8  |
| CUC(L) | 4       | 0,83 | CCC(P) | 3       | 1,21 |
| CUA(L) | 4       | 0,83 | CCA(P) | 2       | 0,81 |
| CUG(L) | 2       | 0,41 | CCG(P) | 2,9     | 1,17 |
| AUU(I) | 12,2    | 1,52 | ACU(T) | 4       | 1,6  |
| AUC(I) | 3,8     | 0,48 | ACC(T) | 2       | 0,8  |
| AUA(M) | 5,2     | 1,15 | ACA(T) | 4       | 1,59 |
| AUG(M) | 3,8     | 0,85 | ACG(T) | 0       | 0,01 |
| GUU(V) | 2,1     | 0,63 | GCU(A) | 5,1     | 1,13 |
| GUC(V) | 3       | 0,92 | GCC(A) | 4       | 0,89 |
| GUA(V) | 4,9     | 1,49 | GCA(A) | 4,1     | 0,91 |
| GUG(V) | 3,2     | 0,97 | GCG(A) | 4,9     | 1,08 |
| UAU(Y) | 2       | 2    | UGU(C) | 0       | 0    |
| UAC(Y) | 0       | 0    | UGC(C) | 0       | 0    |
| UAA(*) | 0       | 0    | UGA(W) | 0       | 0    |
| UAG(*) | 0       | 0    | UGG(W) | 4       | 2    |
| CAU(H) | 2       | 1,33 | CGU(R) | 2       | 1,57 |
| CAC(H) | 1       | 0,67 | CGC(R) | 0       | 0    |
| CAA(Q) | 1       | 1,03 | CGA(R) | 2,2     | 1,73 |
| CAG(Q) | 1       | 0,97 | CGG(R) | 0,9     | 0,7  |
| AAU(N) | 4       | 1    | AGU(S) | 0       | 0    |
| AAC(N) | 4       | 1    | AGC(S) | 2       | 1,07 |
| AAA(K) | 0,1     | 1,33 | AGA(S) | 2,9     | 1,59 |
| AAG(K) | 0       | 0,67 | AGG(S) | 0       | 0    |
| GAU(D) | 2,7     | 0,91 | GGU(G) | 1       | 0,22 |
| GAC(D) | 3,3     | 1,09 | GGC(G) | 0       | 0    |
| GAA(E) | 1       | 1,02 | GGA(G) | 4,1     | 0,86 |
| GAG(E) | 1       | 0,98 | GGG(G) | 13,9    | 2,92 |

\*: Stop kodonlar

#### 4.3.4 Nükleotid substitüsyon modelinin belirlenmesi ve substitüsyon matrisi

Filogenetik analizlerde kullanabilmek için, substitüsyon modeli belirlemede tüm modeller üzerinden BIC, InL ve AICc değerler hesaplanmış ve en düşük BIC ve AICc değerlerine sahip olan model seçilmiştir. Çizelge 4.18 ve 4.20’de sırasıyla COI ve ITS için analiz değerleri verilmektedir. Bu duruma göre COI için Kimura 2-parameter (K2) ve ITS için ise Jukes-Cantor + Gama dağılımı (JC+G) olarak belirlenmiştir. COI için

K2, ITS için JC+G modelleri kullanılarak çizelge 4.19 ve 4.21’de matris oranları hesaplanmış sonuçların kolay yorumlanması açısından iki basamak yuvarlatılmıştır.

Çizelge 4.18 COI bölgesi için substitüsyon modelleri

| Model     | Parametre | BIC            | AICc           | lnL             |
|-----------|-----------|----------------|----------------|-----------------|
| <b>K2</b> | <b>60</b> | <b>2586,40</b> | <b>2122,53</b> | <b>-1001,05</b> |
| K2+G      | 61        | 2589,96        | 2118,36        | -997,96         |
| K2+I      | 61        | 2592,42        | 2120,82        | -999,19         |
| T92       | 61        | 2593,06        | 2121,46        | -999,51         |
| JC        | 59        | 2596,22        | 2140,07        | -1010,82        |
| T92+G     | 62        | 2596,80        | 2117,48        | -996,51         |
| TN93      | 64        | 2597,01        | 2102,24        | -986,87         |
| T92+I     | 62        | 2599,13        | 2119,81        | -997,67         |
| K2+G+I    | 62        | 2599,70        | 2120,38        | -997,96         |
| JC+G      | 60        | 2600,02        | 2136,14        | -1007,86        |
| HKY       | 63        | 2602,02        | 2114,98        | -994,25         |
| JC+I      | 60        | 2602,29        | 2138,42        | -1008,99        |
| TN93+G    | 65        | 2602,33        | 2099,84        | -984,67         |
| TN93+I    | 65        | 2603,56        | 2101,07        | -985,28         |
| HKY+G     | 64        | 2605,21        | 2110,44        | -990,97         |
| T92+G+I   | 63        | 2606,53        | 2119,49        | -996,51         |
| HKY+I     | 64        | 2607,95        | 2113,18        | -992,34         |
| JC+G+I    | 61        | 2609,76        | 2138,16        | -1007,86        |
| TN93+G+I  | 66        | 2612,05        | 2101,84        | -984,66         |
| HKY+G+I   | 65        | 2614,95        | 2112,46        | -990,98         |
| GTR       | 67        | 2618,31        | 2100,37        | -982,92         |
| GTR+G     | 68        | 2628,25        | 2102,59        | -983,02         |
| GTR+I     | 68        | 2630,38        | 2104,72        | -984,08         |
| GTR+G+I   | 69        | 2637,23        | 2103,85        | -982,64         |

K2: Kimura 2-parameter, T92: Tamura 3-parameter, JC: Jukes-Cantor, TN93: Tamura-Nei, HKY: Hasegawa-Kishino-Yano, GTR: General Time Reversible, +G:Gama dağılımı, +I: Evrimsel Sabit

Çizelge 4.19 COI bölgesi için oluşturulan substitüsyon matrisi

|   | A            | T            | C            | G            |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| A | -            | 3,80         | 3,80         | <b>17,40</b> |
| T | 3,80         | -            | <b>17,40</b> | 3,80         |
| C | 3,80         | <b>17,40</b> | -            | 3,80         |
| G | <b>17,40</b> | 3,80         | 3,80         | -            |

Nükleotid frekansları; her bir baz için % 25’ dir. Koyu renkli olanlar transisyonel substitüsyon farklılıklarını gösterirken, diğerleri ise transversiyonel substitüsyonları göstermektedir

Çizelge 4.20 ITS bölgesi için substitüsyon modelleri

| Model    | Parameter | BIC     | AICc    | lnL     |
|----------|-----------|---------|---------|---------|
| JC+G     | 76        | 2609,40 | 2010,96 | -929,18 |
| JC       | 75        | 2610,39 | 2019,81 | -934,61 |
| JC+I     | 76        | 2614,59 | 2016,15 | -931,77 |
| K2+G     | 77        | 2617,49 | 2011,18 | -928,28 |
| K2       | 76        | 2618,20 | 2019,76 | -933,58 |
| JC+G+I   | 77        | 2619,12 | 2012,81 | -929,10 |
| K2+I     | 77        | 2622,85 | 2016,54 | -930,96 |
| T92+G    | 78        | 2624,28 | 2010,11 | -926,74 |
| T92      | 77        | 2625,21 | 2018,90 | -932,14 |
| K2+G+I   | 78        | 2627,15 | 2012,97 | -928,17 |
| T92+I    | 78        | 2629,62 | 2015,45 | -929,41 |
| T92+G+I  | 79        | 2633,96 | 2011,92 | -926,63 |
| HKY+G    | 80        | 2637,95 | 2008,04 | -923,69 |
| TN93+G   | 81        | 2638,84 | 2001,06 | -919,19 |
| HKY      | 79        | 2639,22 | 2017,18 | -929,26 |
| TN93     | 80        | 2640,27 | 2010,36 | -924,85 |
| HKY+I    | 80        | 2643,36 | 2013,46 | -926,40 |
| TN93+I   | 81        | 2644,73 | 2006,96 | -922,14 |
| HKY+G+I  | 81        | 2647,60 | 2009,82 | -923,57 |
| TN93+G+I | 82        | 2648,39 | 2002,75 | -919,03 |
| GTR+G    | 84        | 2662,75 | 2001,39 | -916,33 |
| GTR      | 83        | 2666,76 | 2013,26 | -923,27 |
| GTR+I    | 84        | 2668,49 | 2007,12 | -919,19 |
| GTR+G+I  | 85        | 2672,39 | 2003,16 | -916,20 |

K2: Kimura 2-parameter, T92: Tamura 3-parameter, JC: Jukes-Cantor, TN93: Tamura-Nei, HKY: Hasegawa-Kishino-Yano, GTR: General Time Reversible, +G:Gama dağılımı, +I: Evrimsel Sabit

Çizelge 4.21 ITS için substitüsyon matrisi

|   | A    | T    | C    | G    |
|---|------|------|------|------|
| A | -    | 8,33 | 8,33 | 8,33 |
| T | 8,33 | -    | 8,33 | 8,33 |
| C | 8,33 | 8,33 | -    | 8,33 |
| G | 8,33 | 8,33 | 8,33 | -    |

Nükleotid frekansları; her bir baz için % 25' dir. Koyu renkli olanlar transisyonel substitüsyon farklılıklarını gösterirken, diğerleri ise transversiyonel substitüsyonları göstermektedir

#### 4.3.5 Genetik uzaklık

Genetik uzaklıkların hesaplanmasında, Pairwise Distance yöntemi kullanılmış, göl içi ve göller arası varyetelerin birbirlerine olan uzaklıkları 1000 tekrarlı bootstrap ile COI bölgesi için K2, ITS için JC+G modelleri kullanılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.22 - 4.23 te verilmiştir.

Çizelge 4.22 COI bölgesine ait dizilerin K2 genetik uzaklık değerleri (Pairwise Distance)

|            | YG1.  | YG1.  | YG1.  | YG1.  | YG1.  | YG1.  | YG3.  | YG3.  | YG3.  | YG3.  | YG3.  | YG3.  | YG3.  | YG3.  | YG3.  | YG3.  | YG5.  | YG5.  | YG5.  | YG5.  | YG5.  | YG5.  | YG5.  | YG5.  | YG5.  | YG5.  | YG5.  | YG5.  | M1    | M3    | M4    | M5    | M20   |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| YG1.5_COI  |       | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,008 | 0,008 | 0,007 | 0,008 | 0,007 | 0,008 | 0,007 | 0,007 | 0,008 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,013 | 0,013 | 0,016 | 0,013 | 0,016 |       |
| YG1.16_COI | 0,019 |       | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,008 | 0,008 | 0,011 | 0,008 | 0,011 |       |
| YG1.17_COI | 0,019 | 0,002 |       | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 0,007 | 0,010 | 0,007 | 0,010 |
| YG1.18_COI | 0,019 | 0,002 | 0,000 |       | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 0,007 | 0,010 | 0,007 | 0,010 |
| YG1.19_COI | 0,019 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |       | 0,000 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 0,007 | 0,010 | 0,007 | 0,010 |
| YG1.20_COI | 0,019 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |       | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 0,007 | 0,010 | 0,007 | 0,010 |
| YG3.2_COI  | 0,024 | 0,006 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 |       | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,009 | 0,009 | 0,012 | 0,009 | 0,012 |
| YG3.3_COI  | 0,024 | 0,006 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 |       | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,009 | 0,009 | 0,012 | 0,009 | 0,012 |
| YG3.7_COI  | 0,021 | 0,006 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 |       | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,009 | 0,009 | 0,012 | 0,009 | 0,012 |
| YG3.10_COI | 0,024 | 0,006 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 |       | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,009 | 0,009 | 0,012 | 0,009 | 0,012 |
| YG3.11_COI | 0,021 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |       | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,008 | 0,008 | 0,011 | 0,008 | 0,011 |
| YG3.12_COI | 0,024 | 0,006 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,002 |       | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,009 | 0,009 | 0,012 | 0,009 | 0,012 |
| YG3.13_COI | 0,021 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,000 | 0,002 |       | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,008 | 0,008 | 0,011 | 0,008 | 0,011 |
| YG3.17_COI | 0,021 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,000 | 0,002 | 0,000 |       | 0,000 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,008 | 0,008 | 0,011 | 0,008 | 0,011 |
| YG3.19_COI | 0,021 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 |       | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,008 | 0,008 | 0,011 | 0,008 | 0,011 |
| YG3.20_COI | 0,024 | 0,006 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,006 | 0,004 | 0,006 | 0,006 | 0,006 |       | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,009 | 0,009 | 0,012 | 0,009 | 0,012 |
| YG5.1_COI  | 0,021 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,004 | 0,006 | 0,004 | 0,004 | 0,006 |       | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,008 | 0,008 | 0,011 | 0,008 | 0,011 |       |
| YG5.5_COI  | 0,019 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,002 |       | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 0,007 | 0,010 | 0,007 | 0,010 |       |
| YG5.7_COI  | 0,019 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,000 |       | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 0,007 | 0,010 | 0,007 | 0,010 |
| YG5.8_COI  | 0,019 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,000 | 0,000 |       | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 0,007 | 0,010 | 0,007 | 0,010 |       |
| YG5.11_COI | 0,019 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |       | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 0,007 | 0,010 | 0,007 | 0,010 |       |
| YG5.14_COI | 0,019 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |       | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 0,007 | 0,010 | 0,007 | 0,010 |       |       |
| YG5.16_COI | 0,021 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,004 | 0,006 | 0,004 | 0,004 | 0,006 | 0,004 | 0,002 | 0,000 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |       | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,008 | 0,008 | 0,011 | 0,008 | 0,011 |       |
| YG5.17_COI | 0,019 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 |       | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 0,007 | 0,010 | 0,007 | 0,010 |       |       |
| YG5.18_COI | 0,019 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 |       | 0,000 | 0,007 | 0,007 | 0,010 | 0,007 | 0,010 |       |       |
| YG5.20_COI | 0,019 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 |       | 0,007 | 0,007 | 0,010 | 0,007 | 0,010 |       |       |
| M1_COI     | 0,043 | 0,022 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,022 | 0,025 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,025 | 0,022 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,022 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,000 |       | 0,000 | 0,004 | 0,000 | 0,004 |
| M3_COI     | 0,043 | 0,022 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,022 | 0,025 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,025 | 0,022 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,022 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,000 |       | 0,004 | 0,000 | 0,004 |       |
| M4_COI     | 0,057 | 0,033 | 0,030 | 0,030 | 0,030 | 0,030 | 0,037 | 0,037 | 0,037 | 0,037 | 0,033 | 0,037 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,037 | 0,033 | 0,030 | 0,030 | 0,030 | 0,030 | 0,030 | 0,030 | 0,033 | 0,030 | 0,030 | 0,030 | 0,008 |       | 0,004 | 0,000 | 0,005 |       |
| M5_COI     | 0,043 | 0,022 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,022 | 0,025 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,025 | 0,022 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,022 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,000 | 0,000 | 0,008 |       | 0,004 |       |
| M20_COI    | 0,053 | 0,031 | 0,028 | 0,028 | 0,028 | 0,028 | 0,034 | 0,034 | 0,034 | 0,034 | 0,031 | 0,034 | 0,031 | 0,031 | 0,031 | 0,034 | 0,030 | 0,028 | 0,028 | 0,028 | 0,028 | 0,028 | 0,031 | 0,028 | 0,028 | 0,028 | 0,028 | 0,006 | 0,006 | 0,012 | 0,006 |       |       |

Bireyler arasındaki uzaklıklar sol-alt üçgende, standart hatalar ise sağ-üst üçgende gösterilmiştir.

Çizelge 4.23 ITS bölgesine ait dizilerin JC+G genetik uzaklık değerleri (Pairwise Distance

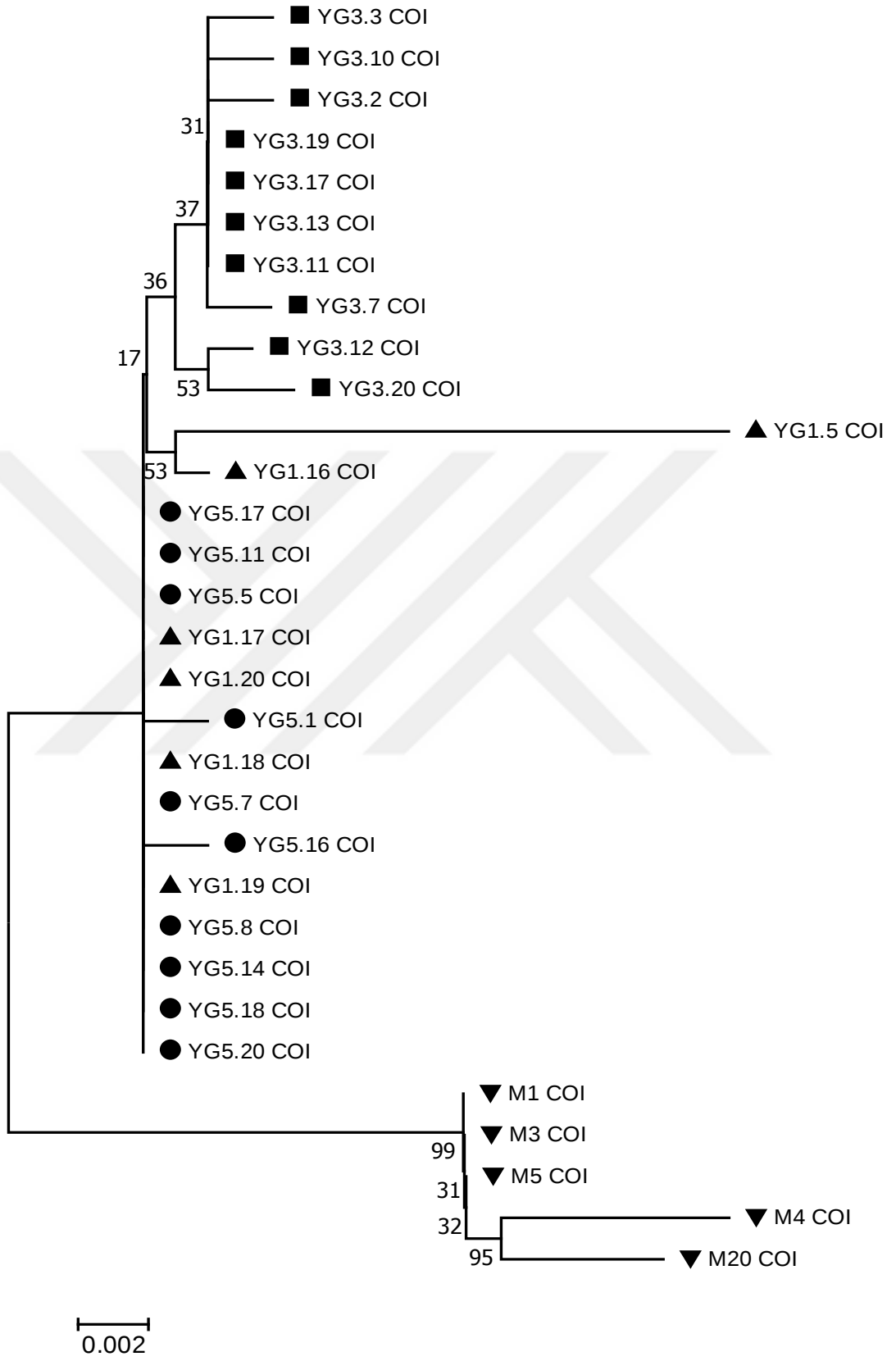
[illegible]

Bireyler arasındaki uzaklıklar sol-alt üçgende, standart hatalar ise sağ-üst üçgende gösterilmiştir.

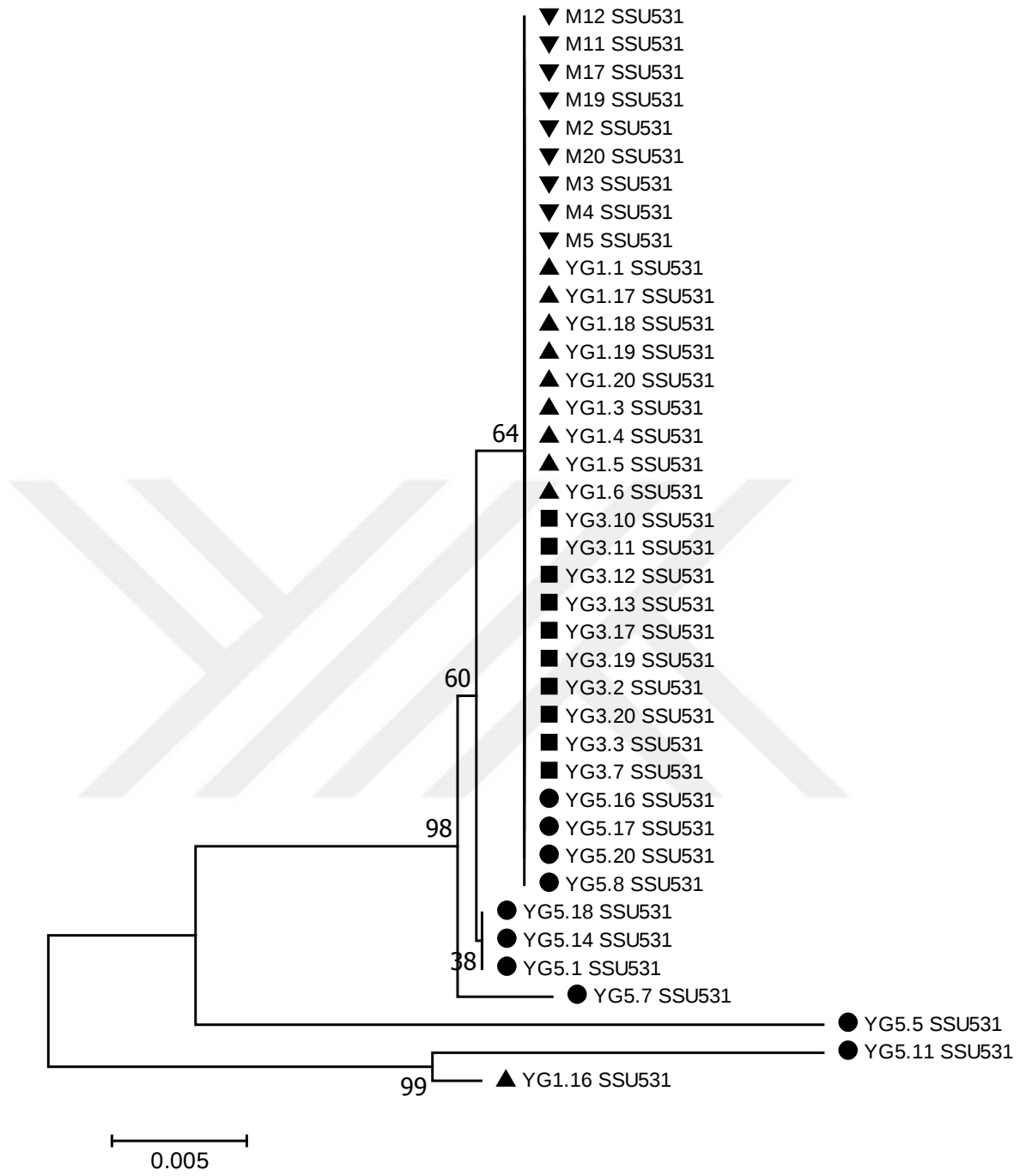
#### 4.3.6 Filogenetik ağaçlar

COI için K2, ITS için JC+G modelleri kullanılarak, Neighbor Joining yöntemi (NJ) ile filogenetik ağaçlar oluşturulmuştur. Çalışmaya konu olan bölgelerde ki populasyonlar için çizilen filogenetik ağaçlar COI ve ITS için sırasıyla şekil 4.3 - 4.4 te verilmiştir. Dünyada ki diğerk çalışmalarla ilişkileri göstermek için, NCBI ve makalelerden alınan dizilerle çizilen ağaçlar ise şekil 4.5 - 4.6 da verilmiştir. COI gen bölgesi için, bu çalışmada ki örneklerin haplotipleri seçilmiş ve filogenetik ağaç Tamura 3-parameter +G +I modeli ve NJ yöntemi ile çizilmiştir.

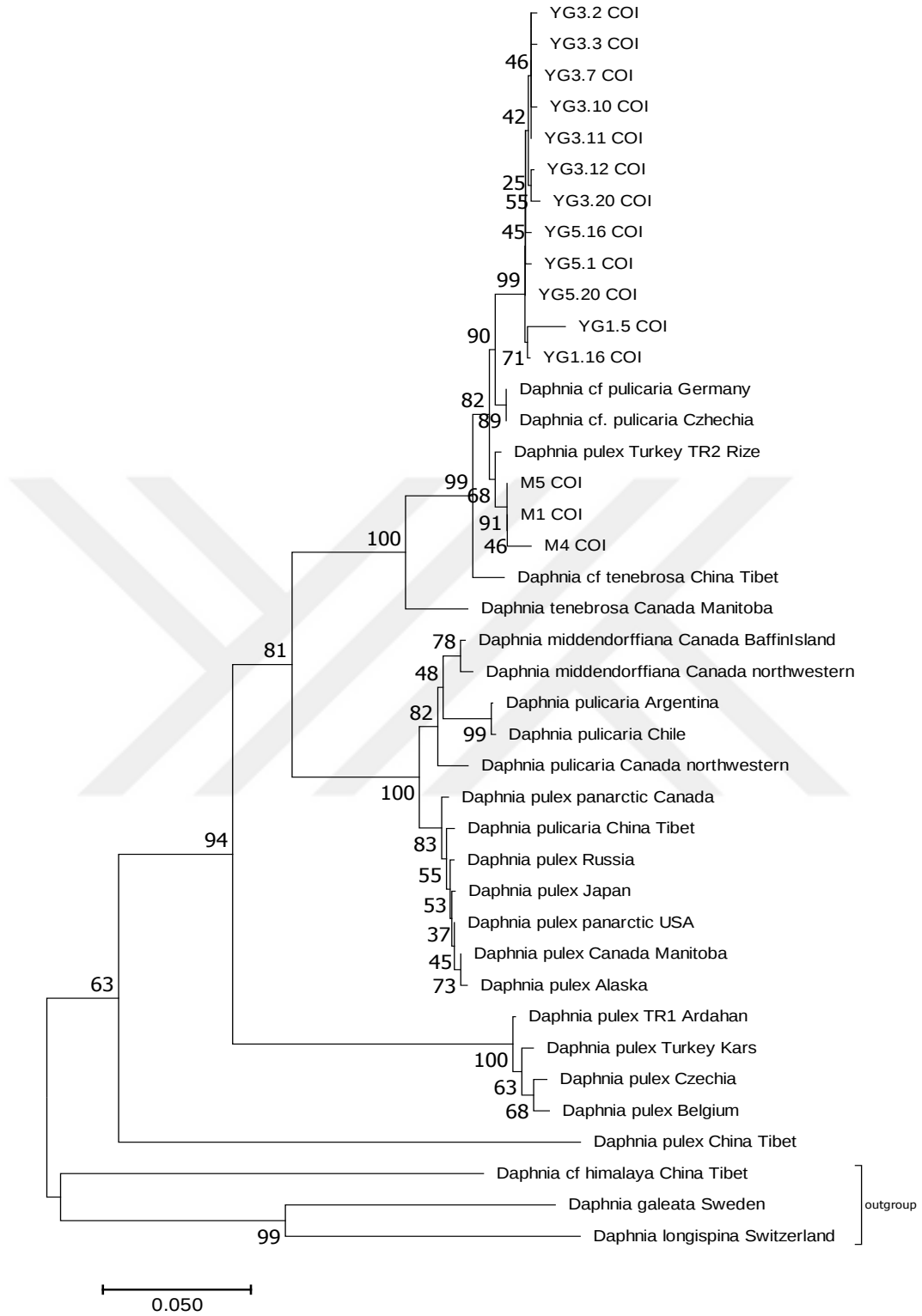




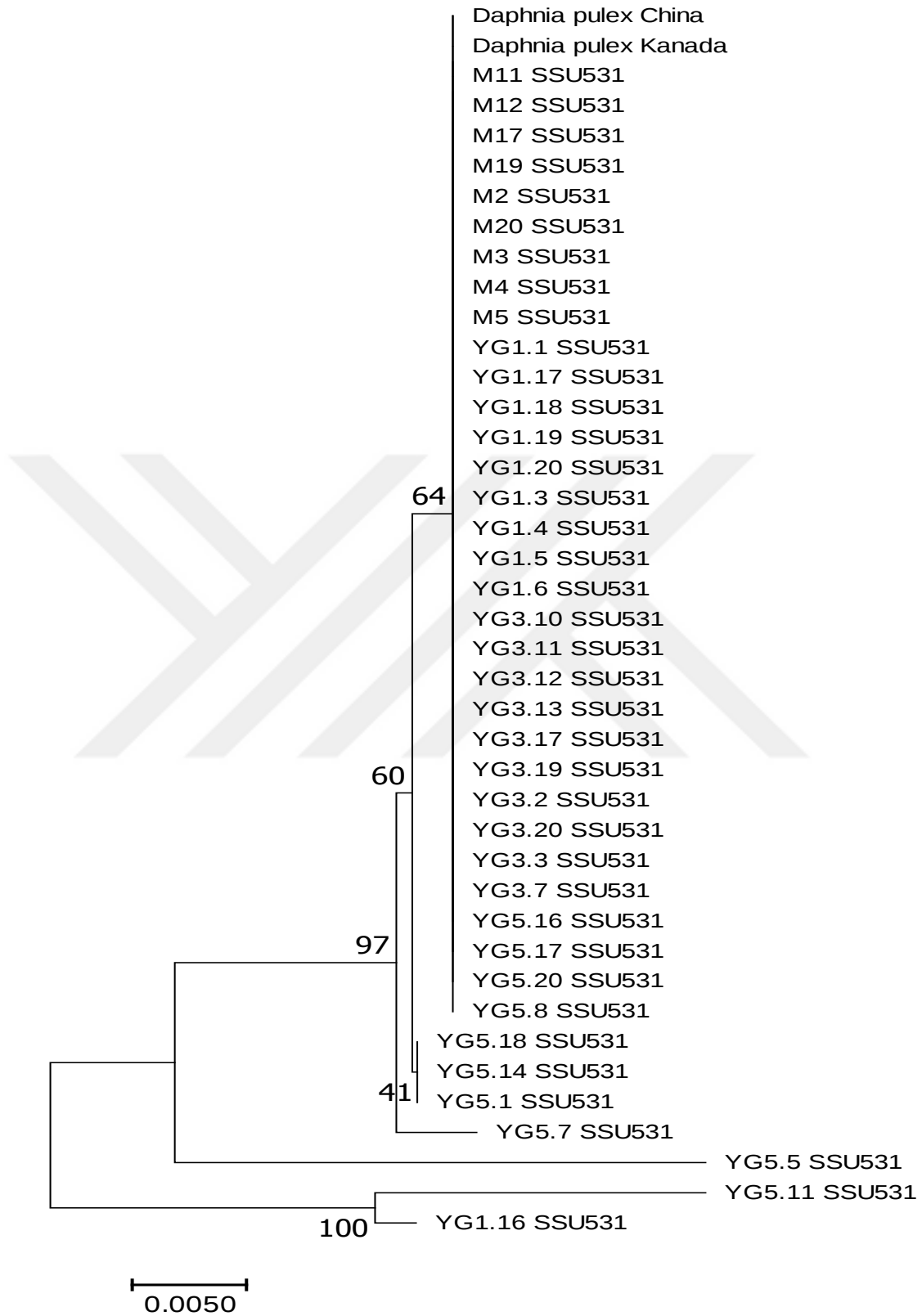
Şekil 4.3 COI bölgesi için NJ yöntemi ile K2 kullanılarak çizilen filogenetik ağaç



Şekil 4.4 ITS bölgesi için NJ yöntemi ile JC+G kullanılarak çizilen filogenetik ağaç



Şekil 4.5 COI bölgesi için farklı çalışmalarla birlikte NJ yöntemi ile Tamura 3-parameter+gama dağılımı+evrimsel sabit (T92+G+I) modeli kullanılarak çizilen filogenetik ağaç



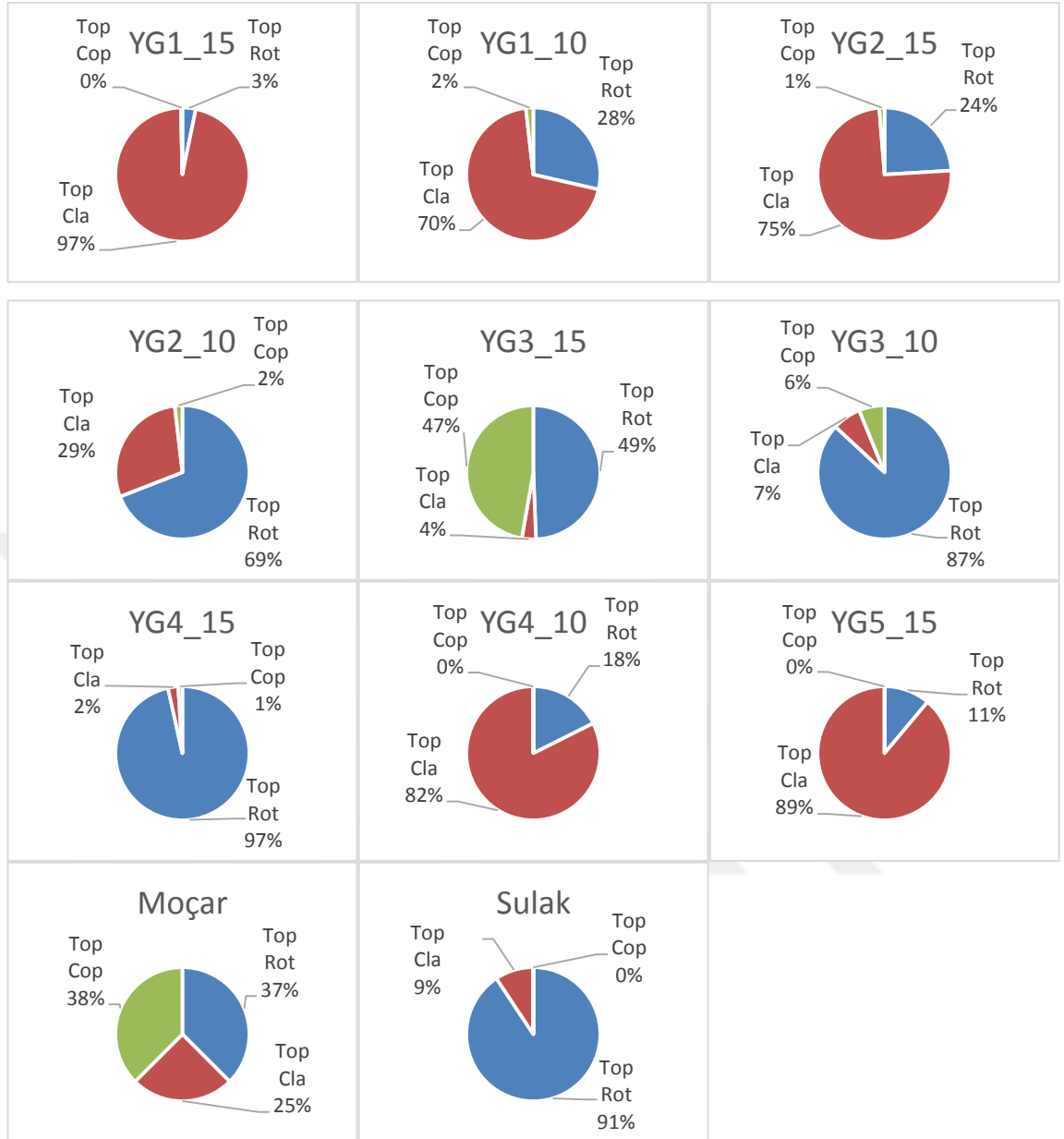
Şekil 4.6 ITS bölgesi için NJ yöntemi ile JC+G modeli kullanılarak çizilen filogenetik ağaç

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma sonucunda, Türkiye'nin iki farklı alpin kuşağında bulunan 7 farklı göl ilk kez zooplanktonik canlı grupları açısından incelenmiştir. Farklı filum ve gruplara ait 28 zooplanktonik birey teşhis edilmiştir ve teşhis edilen bütün türler, bahsi geçen çalışma alanları için ilk kayıtlardır. Bu çalışma da ayrıca *Daphnia* gr. *pulex* taksonuna ait, filogenetik analizler yapılmıştır.

Yüksek dağ gölleri beklendiği gibi havza göllerinden farklı olarak çok daha az zooplankton fauna bolluğuna ve çeşitliliğine sahiptir (Green 1995). Fakat bazı göllerde Rotifera/Cladocera/Copepoda oranı havza gölleri ile benzerlik göstermekte iken bazılarında Cladocera ve Copepoda oranının Rotifera'dan çok daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Biçimsel açıdan birbirine benzeyen göller arasında zooplankton grupları arasındaki oranın benzer olması beklenmektedir. Fakat çalışma yapılan göllerde karşılaşılan Rotifera/Cladocera/Copepoda oran farklılıklarının (Şekil 5.1) gruplar üzerindeki av baskısı, niş farklılıkları (örneğin; göl içinin kayalık yapıya sahip olması, derinliğin az olması) gibi özelliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çizelge 5.1'de araştırması yapılan göllerde rastlanan diğer canlı grupları verilmiştir. Bu canlı gruplarının özellikle Rotifera ve Cladocera grupları üzerinde av baskısı olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Spitze 1991, Repka vd. 1995, Herwig ve Schindler 1996, Sarma ve Nandini 2002, Gilbert 2012).

Havza göllerinde, balıkların zooplanktonik canlılar üzerindeki baskısı, hem tür çeşitliliğine etki ederken hem de daha küçük bireylerden oluşan komünite yapılanması yönündedir (Brooks ve Dodson 1965). Doğal olarak balıksız olan alpin göllerde av baskısı, zooplankton komünitelerini daha büyük vücutlu olmaya zorlamaktadır (Dodson 1972). Yani, eğer gölde balık varsa zooplankton grupları daha küçük boyutlu, eğer balık yok ise daha büyük boyutlu olma eğilimindedirler. Nesiller boyu balıksız gölde klon oluşturan Crustacea türleri havza göllerindeki akrabalarına oranla daha büyük vücutlu olma eğilimlerinin temel sebebi üzerlerinde balık predasyonunun olmaması düşünülebilir.



Şekil 5.1 Göllere ait Rotifera/Cladocera/Copepoda yüzdelik oranları

Çizelge 5.1 Çalışma yapılan göllerde tespit edilen diğer gruplar

|                          | 2015 |     |     |     |     | 2010 |     |     |     |       |       |
|--------------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-------|-------|
|                          | YG1  | YG2 | YG3 | YG4 | YG5 | YG1  | YG2 | YG3 | YG4 | Moçar | Sulak |
| <i>Chaoborus sp.</i>     | +    | +   |     | +   |     | +    | +   | +   | +   |       | +     |
| <i>Chirocephalus sp.</i> |      |     |     |     | +   |      |     | +   | +   |       |       |
| <i>Tardigrada</i>        |      |     |     |     |     | +    | +   | +   | +   |       |       |
| <i>Nematoda</i>          |      |     |     |     |     | +    | +   | +   | +   |       |       |
| <i>Ostracoda</i>         | +    |     | +   |     | +++ | +    |     |     |     |       |       |
| <i>Dytiscidae</i>        |      |     |     |     |     |      |     |     | +   |       |       |

+ Seyrek bulunanlar, ++ Çoğunlukla bulunanlar, +++ Sürekli bulunanlar

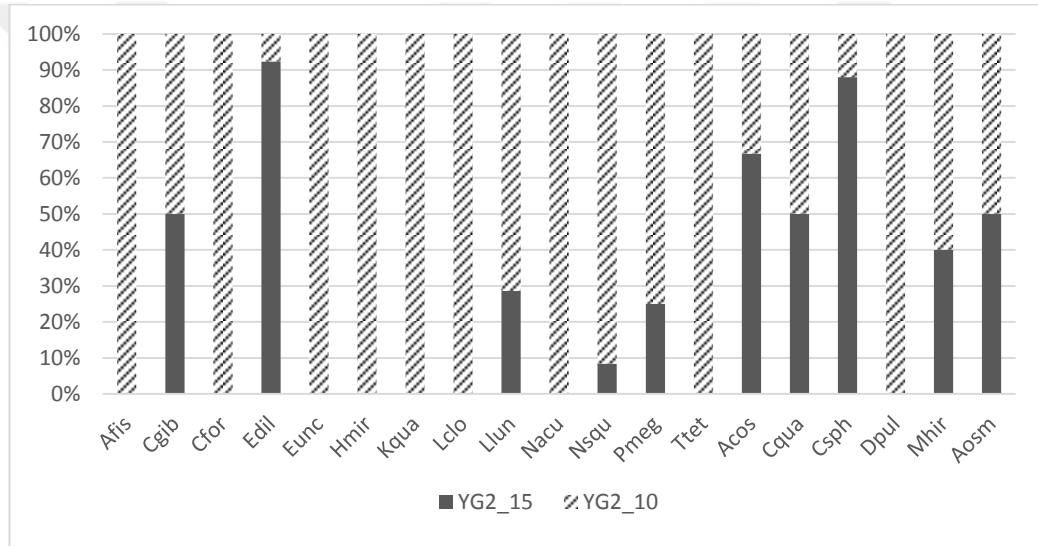
Çalışma yapılan göllerin, birbirlerine çok yakın oldukları göz önüne alındığında, bazılarında *Daphnia* sp.'yerastlanmamıştır. Coğrafi bariyerler ilk olarak akla gelen sebep görünse de, bölgedeki dağılımı sağlayacak vektörler bulunmaktadır. Zooplankton yumurtalarının dayanıklı olduğu bilinmekte ve kuşlar (Figuerola vd. 2003), memeliler örneğin keçi, koyun, mamut, insan gibi (Havel ve Shurin 2004), sucul böcekler (Herwig ve Schindler 1996) ve hava (Pinceel vd. 2016) gibi etmenlerin, dağılımda etkin rol oynadığı çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmektedir. Yaylacılık hareketleri (keçi sürüleri) ve dağcılık faaliyetleri (insanlar) her iki bölgede de yapılmaktadır. Özellikle mevsim geçişlerinde kuvvetli rüzgarların bölgede olduğu bilinmektedir. Bu sebeplerden ötürü zooplankton gruplarının göllerde hemen hemen aynı olması beklenmekte ve birbirleri arasında tür akışları olması tahmin edilmektedir. *Daphnia* sp. türlerinin bazı göllerde bulunmaması, bu gibi etmenler göz önüne alındığında, oldukça ilginçtir. Bu durumda, bölgeyi zaman zaman kullanan insanların, gölleri illegal olarak balıklandırıldığı düşünülmektedir. 2010 yılında Yedigöller Bölgesi YG2 Gölü'nde az da olsa *Daphnia* türlerine rastlanırken, 2015 yılında yapılan çalışmalarda bireylere rastlanmaması sadece ephippiumların bulunması, gölde balık olabileceğini düşünmemize sebep olmuş, yöre halkı ile yapılan bire bir görüşmelerde bu tahminizi doğrulamıştır. Hem Aladağlar Bölgesi Yedigöller Platosu'nda hem de Kaçkar Dağları Çiçekli Yaylası Gölleri'nde illegal balıklandırma yapıldığı tespit edilmiştir.

“Trofik Basamak Hipotezi (Trophic Cascade Hypothesis)” trofik piramitin basamakları arasında aşağıdan yukarıya (bottom-up) ve yukarıdan aşağıya (top-down) kontrol anlamına gelmektedir (Carpenter vd. 1985). Bu hipoteze göre, anahtar tür (keystone) olarak adlandırılan predatörler sucul sisteme eklendiğinde, komünite yapısını güçlü bir şekilde değiştirmektedir. YG2 Gölü 2010 ve 2015 yılı zooplankton faunası incelendiğinde (Çizelge 5.2), 2015 yılında tür sayısındaki azalma dikkati çekmektedir. Ayrıca, renkli bir karapaksa sahip olan ve gölün tek büyük vücutlu kladoseri olan *D. pulex* popülasyonunun tamamen ortadan kalktığı görülmektedir.

MacLennan ve Vinebrooke (2016)'un alpin göllere bırakılan alabalıkların zooplankton komüniteleri üzerine yaptıkları etkileri araştıran çalışmalarında, balık ile birlikte gelen zooplankton türlerinin, gölün doğal komünitelerini çeşitli stres faktörlerine karşı

zayıflatıldığını öne sürmektedirler. Rotiferler, primer üreticilerin üzerinde büyük vücutlu kladoserlere oranla daha az etkili otlayıcılardır (Brooks ve Dodson 1965) ve büyük vücutlu kladoserlerin ortadan kalkması ile ortaya populasyon büyümesi ile bağlantılı olarak stres, niş çatışması, vb. gibi çeşitli ekolojik problemler çıkabilmektedir (Ventura vd. 2017). Rotifera filumundan *Anuraeopsis fissa*, *Cephalodella forficula*, *Encentrum uncinatum* ve *Hexarthra mira* taksonları sadece 2010 yılında YG2 Gölü örneklemeğinde görülmektedir. Belki de bu türler, göle bırakılan balıklar ile birlikte gelmiş ve adapte olamadıkları için de yok olmuş olabilirler.

Çizelge 5.2 YG2 Gölü 2010 ve 2015 yılı zooplankton faunası



Benzer bir durum, Fırtına Deresi'nin kaynağı olan Sulak Gölü için de düşünülebilir. Fakat bu gölde daha önce herhangi bir araştırmaya rastlanılmadığından, durum tespiti yapılamamıştır. Balık varlığı sadece planktonik canlıların üzerinde etkisi yoktur. Henüz ülkemizde ayrıntılı olarak çalışılmamış olan bu bölgelerdeki amfibi ve çeşitli omurgasızlar üzerinde de etkili olduğu bilinmeli ve buna göre tedbirlerin alınması gerekmektedir. Her iki gölde ve bölgede izleme yapılması gerekmekte ve biyolojik – genetik çeşitlilik korunmaya çalışılmalıdır.

Her iki bölgedeki göllerin fiziko-kimyasal parametreleri incelendiğinde, Moçar ve Sulak Gölleri'nin sıcaklık, askıda katı madde, tuzluluk değerlerinin Yedigöller Bölgesi'ndeki

göllerle oranla daha az olduğu görülmektedir (Çizelge 4.2). Kaçkarlar ve Aladağlar'da ki rasat istasyonları ölçümlerine bakıldığında hava sıcaklıkları açısından da Kaçkarların Aladağlar'a göre daha serin bir yaz geçirdiği görülmektedir (Bölüm 3.1.1 ve 3.1.2). Türkiye'de sadece Ağrı Dağı ve Verçenik - Tatos Dağları polar iklim özelliği göstermektedir (Köppen – Geiger İklim Sınıflandırması). Çalışma yapılan zaman zarfında da, Kaçkar Bölgesi'nde sisli, bulutlu ve yağmurlu hava şartları hakim iken, Aladağlar, güneşli ve bulutsuz bir yapıya sahipti. Sıcaklık alpin bölgelerde canlı çeşitliliğini ve zenginliğini şekillendiren en temel faktördür (Fischer vd. 2011). Her iki bölgede ki komünite yapıları, zenginlikleri, çeşitlilikleri incelendiğinde, Kaçkarlar Bölgesi'nin Aladağlar'a göre daha fakir olduğu görülmekte ve aradaki farkın en temelinde sıcaklığın etmen olduğu tahmin edilmektedir.

Kaçkarlar Bölgesi'nde Moçar Gölü, Sulak Gölü'ne oranla hem daha zengin ve çeşitlidir hem de daha düzenli bir takson yapısı göstermektedir. Sulak Gölü'nde nauplius ve kopepoditlere rastlanılmış fakat tür teşhisi yapılabilecek ergin bireylere rastlanılmamıştır. İki göl arasındaki farkın bundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Aladağlar'a oranla bölgenin daha geç ısındığı, dolayısı ile göllerdeki primer tüketicilerin sıcaklıkla doğru orantılı olarak gelişim gösterdiği düşünülürse, Kaçkarlar Bölgesi'nde bu durum normal olarak düşünülmektedir. Örneklem Ağustos Ayı'nda yapılmış, fakat sıcaklığın özellikle yüksek dağ göllerindeki zooplanktonik canlıların gelişimini kritik bir şekilde etkilediği düşünüldüğünde, bu durum Kaçkar Bölgesi için gelişmenin daha geç dönemlerde olduğu izlenimi vermektedir. Arazi çalışmaları sırasında herhangi bir balığa rastlanılmamıştır fakat tür kompozisyonuna baktığımızda, büyük vücutlu ve pigmentli canlılar olan *D. pulex* grubu ve Copepoda alt sınıfına ait canlıların olmaması fakat nauplius ve copepoditlerin varlığı, gölde balık varlığını desteklemektedir.

Göllerin çeşitlilik, düzenlilik ve zenginlik indekslerine bakıldığında (Bölüm 4.2.2 ve çizelge 4.6), Aladağlar'da bulunan 2010 YG2 Gölü en fazla tür sayısına dolayısı ile en fazla çeşitliliğe sahip olduğu görülmektedir. 2010'da YG2'de çeşitlilik yüksek, her taksonun birey sayısı az fakat düzenlidir. 2015 yılındaki indeks sonuçlarına bakıldığında ise çeşitlilik açısından hem Shannon-Weaver hem de Simpson analizlerine göre

Aladağlar için YG3 Gölü, Kaçkarlar için ise Moçar Gölü en çeşitli takson barındıran göldür. Göl sisteminde var olan türlerin düzenliliğine bakıldığında, Aladağlar Bölgesi için bünyesinde çok az taksonu barındıran YG5 gölü iken Kaçkarlar'da Moçar Gölü görülmektedir. Ostracoda'nın sığ göllerde rotifera üzerinde baskı oluşturabileceği bilinmektedir (Gilbert 2012). Bu gölde yine küçük vücutlu Cladocera ve Rotifera üzerinde av baskısı bulunan Anostraca (Mertens vd. 1990) türüne, *Chirocephalus* sp. taksonuna da rastlanmaktadır. Sığ bir göl olan YG5'de yoğun miktarda büyük vücutlu pelajik Ostracoda ve Anostraca bulunması, bu gölde özellikle Rotifera'nın neredeyse hiç bulunmamasının sebebi olarak düşünülebiliriz.

Zooplanktonik canlılar, fiziko-kimyasal parametreler ile yapılan çok yönlü analiz sonuçları Bölüm 4.2.2 ve şekil 4.1'de verilmiştir. RDA triplot'una göre, sıcaklık ve elektriksel iletkenlik, klorofil *a* ve yükseklik, çözünmüş oksijen ve pH birlikte korelasyon oluşturarak zooplanktonik canlıların dağılımında etkili olduğu görülmektedir. Bu parametrelerden, sıcaklığın çözünmüş oksijeni, yüksekliğin ise hem sıcaklığı hem de çözünmüş oksijeni sekonder olarak etkilediği anlaşılmaktadır. *Daphnia* gr. *pulex* sıcaklıkla doğrudan ilişkilidir ve sıcaklığın artması ile bolluğunun arttığı görülmektedir. Moçar Gölü, YG1 ve YG2 barındırdıkları komünite yapılarına benzer özellik gösterirken, YG3 ve YG4 bir diğer grup olarak triplotta konumlanmışlardır. Sulak ve YG5 gölü ise farklı pozisyon ve taksonları ile diğerlerinden ayrılmıştır. YG gölleri her ne kadar aynı platoda yer alsalar da, zooplankton komünitelerinin yapısı ve çevresel parametrelere tepkilerinin farklılıkları RDA analizinde anlaşılmaktadır.

CANOCO programı ile gerçekleştirilen analizlerde gradiyent uzunlukları zooplanktonik canlıların beta çeşitliliği hakkında bilgi vermektedir. Çizelge 4.7'de verilen DCA eksen analizinde 1. eksenin gradiyent uzunluğunun 2,68 olduğu ve RDA analizinde ise 1. eksenin özdeğerinin 0,379 olduğu görülmektedir. Bu değerlere göre, zooplanktonik canlıların birbirleri ile karşılaştırma yapıldığında beta çeşitliliği en fazla 1. eksen üzerinde olduğu anlaşılmakta ve çevresel parametreler ile uyumları yaklaşık olarak % 38 olduğu görülmektedir. 2. eksen ile birlikte bu değer yaklaşık olarak % 63 olmaktadır. RDA yapısı gereği linear ilişkileri açıklamaktadır.

Göllerde tespit edilen diğer canlıların (Çizelge 5.2), zooplankton dağılımını açıklamada etkili olup olmadığını anlamak için çok yönlü analizler diğer grupların eklenmesi ile tekrar yapılmıştır. Sonuçta, bütün gruplar bir araya geldiğinde unimodal ilişki gözlemlenmiş ve beta çeşitliliğinin 3.459 olduğu, canlı dağılımının ise % 53'ünü açıkladığı görülmüştür (Çizelge 5.3 - 5.4). Bu veriler ışığında çizdirilen CCA triplotu şekil 5.2'de verilmiştir.

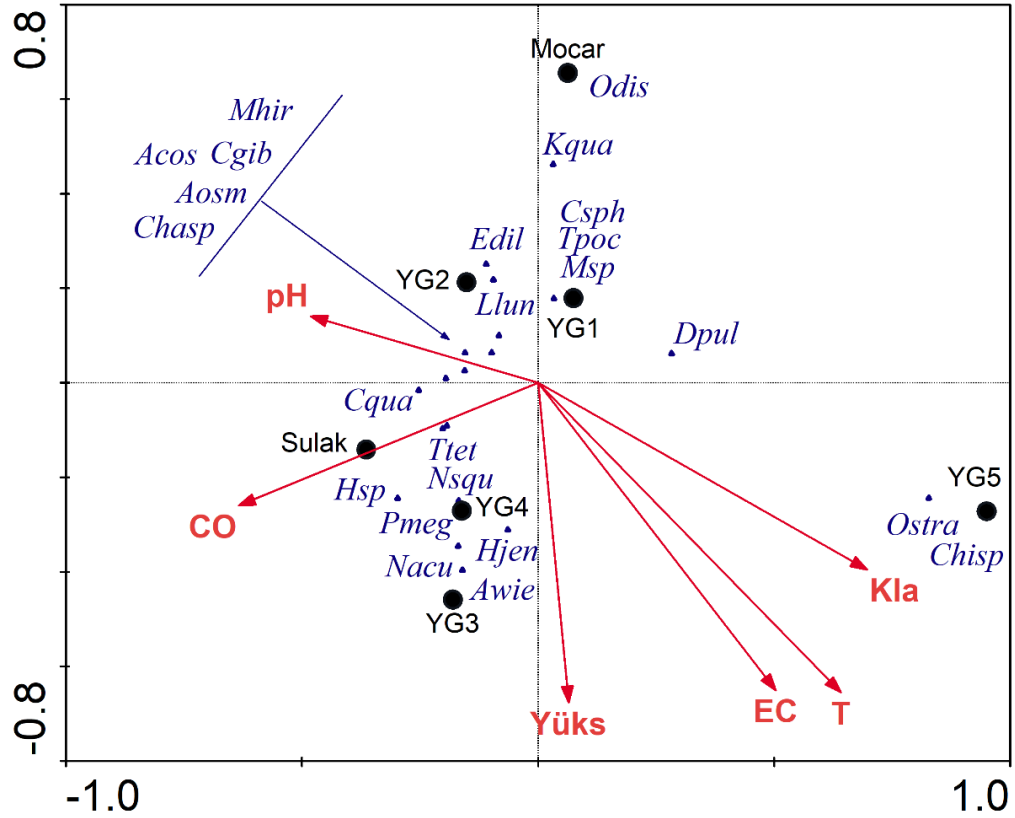
Çizelge 5.3 Diğer grupların eklenmesi ile yapılan DCA analizi eksen bilgileri

| Eksenler                                 | 1     | 2     | 3     | 4     | Toplam |
|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Özdeğer                                  | 0,596 | 0,205 | 0     | 0,002 | 2,098  |
| Gradyent uzunluğu                        | 3,459 | 1,894 | 1,277 | 1,277 |        |
| Tür verilerinin kümülatif yüzde varyansı | 28,4  | 38,2  | 39,1  | 39,2  |        |
| Tüm özdeğerlerin toplam                  |       |       |       |       | 2,098  |

Çizelge 5.4 Diğer grupların eklenmesi ile yapılan CCA analizi eksen bilgileri

| Eksenler                                                             | 1     | 2     | 3     | 4     | Toplam |
|----------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Özdeğer:                                                             | 0,596 | 0,523 | 0,368 | 0,325 | 2,098  |
| Tür-Çevre korelasyonu                                                | 1     | 1     | 1     | 1     |        |
| Tür verilerinin ve tür-çevre ilişkilerinin kümülatif yüzde varyansı: | 28,4  | 53,3  | 70,9  | 86,4  |        |
| Tüm özdeğerlerin toplamı                                             |       |       |       |       | 2,098  |

CCA triplotu incelendiğinde (Şekil 5.2), Ostracoda ve *Chirocephalus* sp.'nin klorofil a, sıcaklık ve elektriksel iletkenlik ile doğrudan ilişkili olduğu ve bulundukları bölgede herhangi bir zooplankton türüne rastlanmaması dikkat çekmektedir. Her iki türün de rotiferler ve küçük vücutlu kladoserler üzerindeki av baskısı triplottaki grupların konumlarından anlaşılmaktadır. Ostracoda ve *Chirocephalus* sp. küçük vücutlu kladoserler üzerinde av baskısı kurarken, büyük vücutlu olan *D. pulex* i habitat paylaşımından ötürü etkilemektedir. *D. pulex* 'in üzerindeki av baskısını *Chaoborus* sp. sağlamaktadır ve bu sebepten ötürü *D. pulex* triplotta pozitif korelasyon sağladığı sıcaklığın yanındaki ekseninde değil diğer üç grubun tersi yönünde konumlandığı görülmektedir.



Şekil 5.2 CCA triplotu. Kırmızı çizgiler çevresel parametreleri, siyah daireler gölleri, mavi üçgenler ve yazılar ise türleri temsil etmektedir

Kısaltmalar için bakınız Şekil 4.1 Dış gruplar ise: Chasp: *Chaoborus* sp., Chisp: *Chirocephalus* sp., Ostra: Ostracoda

Cladocera grubu, Erken Mezozoik dönemden köken almalarından ötürü bazı araştırmacılar tarafından “yaşayan fosiller” olarak nitelendirilmektedir (Korovchinsky 2006). Çeşitli araştırmacılar tarafından *Daphnia pulex*’in geç mezozoik dönemde ortaya çıktığı ileri sürülmektedir (Benzie 1987, Colbourne ve Hebert 1996, Korovchinsky 2006). Kuzey bölgelerde evrimsel açıdan diğer kladoserlere oranla daha genç olan *Daphnia* grubunun 3 myö türleştiği öne sürülmektedir (Dufrense ve Hebert 1997, Haney ve Taylor 2003). Bazı araştırmacılar ise bu tarihin Amerikan soyları için 200 myö’den fazla olduğunu (Colbourne ve Hebert 1996) ileri sürmektedirler. Bu tarihleme ile Cladocera grubu için geç Paleozik – Erken Mezozoik döneme, Pangeaya denk düşmektedir. Cladocera grubu, kabuklu yapısı sayesinde fosilleşebilen bir canlıdır. Bu özelliklerinden ötürü paleontologların ve limnopaleontologların dikkatini çeken bir gruptur. Literatürde çıkan her yeni araştırma ile canlıların köken aldıkları dönemin daha eskiye gitme eğiliminde olduğu anlaşılmaktadır. Türkiye’nin jeolojik yaşına

bakıldığında, Tersiyer dönemde (yaklaşık 1.8 – 65 myö) Gondwana ve Laurasia'nın birleştiği bilinmektedir (Okay 2008). Türkiye, Avrupa'ya ve Rusya'ya göre daha gençtir. Dolayısı ile barındırdığı canlıların çoğu, Pleistosen buzullaşmasından sonra oluşmuştur.

Cladocera'nın farklı sayılabilecek örneğin, geçici su kütleleri, tuzlu, asidik, mağaralar, dağlar, yeraltı suları vb. habitatlarda bulunması bu canlıların hayatta kalma becerilerinden ve relikt canlı olmalarından ötürüdür (Korovchinsky 2006). Ayrıca, *Daphnia* gr. *pulex* görülen zorunlu ve siklik partenogenez, bu canlı grubunun evrimsel olarak genç populasyonlardan oluştuğunun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Benzie 2005). Bu üreme başarısından ötürü *D. pulex* yüksek oranda istilacı bir tür olarak nitelendirilmektedir. Örneğin, 1920 yılında Amerika'dan Afrika'ya getirilen *D. pulex* günümüzde Afrika'nın yerel *D. pulex*'inin yerini aldığı (Mergeay vd. 2006), aynı şekilde fakat daha eski olmakla birlikte Amerikan *D. pulex*'in aseksüel dört hibrit klonunun sirkumarktik bölgeden Japonya'ya kadar (So vd. 2015) tüm Holoarktik bölgeyi istila etmesi gösterilmektedir.

Tür ekolojisi ve populasyon dinamikleri farklı ve ağısı özellik gösteren *Daphnia* gr. *pulex*'in filogenisi ve filocoğrafyası da tartışmalı ve hala yeni lokalite kayıtları ile birlikte pozitif yönde gelişmektedir. *Daphnia* cinsinin *Hyalodaphnia*, *Ctenodaphnia* ve *Daphnia* olmak üzere 3 alt cinsi bulunmaktadır. Bu alt cinslerden, *Daphnia* (örneğin; *Daphnia pulex*) ve *Hyalodaphnia*'nın (örneğin; *Daphnia longispina*) kuzey yarım küre de güney yarım küreye göre daha fazla temsilcisi bulunurken, *Ctenodaphnia* (örneğin; *Daphnia magna*)'nın güney yarım kürede daha fazla temsilcisi bulunmaktadır (Benzie 2005).

*D. pulex* tatlı su ekosistemlerinde anahtar türdür (keystone) ve algler üzerinde birincil tüketiciyken, balıkların birincil yemidir. Populasyonları hem ephemeral hem de antik göl olarak bilinen Baykal Gölü'nde de bulunmaktadır. Antik türler ve daha önce bahsedildiği gibi istilacı türler olmalarına rağmen günümüzde kullanılan toksik maddelere karşı hassastırlar. Fenotipik plastisiteye sahiptirler ve çevresel değişikliklere ve predatörlere karşı bir savunma sistemi (siklomorfozis) geliştirebilmektedirler.

Çevresel değişikliklere karşı üreme stratejilerini seksüel ve aseksüel fazlarda değiştirebilmekte, klon / hibrit türler ve poliploid bireyler oluşturabilmektedirler. Büyüme hızları, kısa gelişim süreleri, laboratuvar ve arazi koşullarına uyumları gibi özellikleri bu canlıların hem ekoloji de hem de evrimsel çalışmalarda model organizma olmalarını sağlayan nedenlerdir (Coulbourn ve. 2011).

*Daphnia pulex* grubu, *Daphnia pulex*, *Daphnia pulicaria*, *Daphnia tenebrosa*, *Daphnia middendorffiana*, *Daphnia melanica*, *Daphnia arenata*'nın diploid ve poliploid bireylerinden oluşmaktadır (Coulbourn ve Hebert 1996, Benzie 2005, Crease vd. 2012)

*Daphnia* sp. göstermiş olduğu fenotipik plastisiteden ötürü, farklı araştırmacılar tarafından yanlışlıkla, farklı şekillerde isimlendirilmişlerdir. Bunun sebeplerinin başında, *Daphnia*'nın farklı evrimsel süreçleri, Avrupa ve Amerika kıtalarındaki haplotip farklılıkları, ilk çizimlerin, holotiplerin ve müze materyallerinin saklanamaması gibi nedenler gelmektedir (Kotov 2015). Bu taksonomik zorlukların üzerine, genetik çalışmalar eklenince, özellikle genbanklara yüklenen farklı gen bölgelerinin doğruluğundan şüphe edilen taksonomik teşhislerle birlikte barkodlama çalışmaları oldukça riskli görülebilir. Bu riskin azaltılması ve hibritleşme özelliklerinden ötürü, *Daphnia* populasyon çalışmalarında titiz bir morfolojik teşhis ile birlikte hem çekirdek DNA'sı üzerinden hem de mitokondriyel DNA üzerinden genetik çalışmaların yürütülmesi gerekmektedir. Bu sebeple, bu tez çalışmasında, mitokondriyal DNA'dan sıklıkla kullanılan ve barkodlama yönteminin temelinde yatan COI gen bölgesi kullanılmıştır. Çekirdek DNA'sı için, kingdom seviyesindeki farklı canlılarda da bulunabilen ve filogenetik analizler için iyi bir kaynak olduğu ileri sürülen (Giesler ve Englbrecht 2009) çekirdek ribozomal DNA'nın protein kodlamayan fakat yüksek oranda korunan, 18S ile 5.8S arasında yer alan ITS1 (Internal Transcribed Spacer 1) geni V4 bölgesi kullanılmıştır.

Hem Türkiye'nin genç bir jeolojik geçmişe sahip olması hem de *Daphnia*'nın yayılmadaki başarısından ötürü, buzul dönemlerde kuzeyden gelen soğuk stenotermik canlı grupları buzullar arası döneme geçildiğinde, yüksek dağlardaki göllerde kalıntı/relikt olarak kalmışlardır. Morfolojik olarak teşhis edilen *Daphnia* sp.'nin *D.*

*pulex* grubuna ait olduğu saptanmıştır. Barkodlama çalışmalarında, sekanslanan gen bölgesi blast yapılarak, genbankta bulunan diğer sekanslar ile karşılaştırılır ve benzerlik oranı en yüksek olanı (% 3'ten daha küçük farklılıklar türdür) tür olarak vermektedir. Yapılan genetik analizlerde, COI gen bölgesi ile blast analizi yapıldığında hem Aladağlar – Yedigöller Platosu Gölleri'nden hem de Kaçkar Dağları Verçenik-Tatos Vadisi Gölleri'nden teşhis edilen *Daphnia*'ların, *Daphnia pulicaria* ve *Daphnia tenebrosa*'ya ait gen taşıdıkları tespit edilmiştir. ITS1 gen bölgesi ile yapılan barkodlama sonucunda, canlıların *D. pulex* türü olduğu tespit edilmiştir. Bu bilgiler ışığında, COI gen bölgesinin maternal olarak kalıtıldığı düşünülürse, yüksek dağ bölgelerimizde bulunan *Daphnia*'ların seksüel üreme gösterdiği ve morfolojik ve genetik olarak teşhis edilen türlere göre de sirkumarktik bölgeden köken aldığı düşünülmektedir.

Türkiye'de buzul çağların etkileri, yüksek dağların kalıcı kar sınırları, çeşitli araştırmacılar tarafından ölçülmüştür (Zreda vd. 2011, Sarıkaya vd. 2011). Günümüzde bu bölgelerde ki kalıcı glasiyallerin iklim değişikliği nedeniyle 1970'lerde 25 km<sup>2</sup> iken 2012-2013 yıllarına gelindiğinde 10,85 km<sup>2</sup>'ye düştüğünü ve 5 tanesinin tamamen ortadan kalktığını, diğerlerinin ise hızlı bir şekilde gerilediği dile getirilmektedir (Yavasli vd. 2015). Lolut (Demirkazık – Aladağlar) ve Sinançor (Verçenik Dağı - Kaçkarlar) buzulları kaybolan buzullardan 2 tanesidir. Bu ısınmanın dünya genelinde hızlıca arttığını IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change – Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) 2018 raporunda, endüstri devriminden önceki sıcaklık değerlerine göre 1.5°C arttığını raporlamıştır (Anonymous 2018d). Bu değişikliklerin ilk etkileri, içme suyu ve/veya balık çiftlikleri vb. nedenlerle kullanılan nehirlerin kaynağını oluşturan, alpin gölleri etkileyecektir (Dokulil 2014). Fırtına Deresi'nin kaynağını oluşturan Sulak Gölü'nün iklim değişikliği ile hem primer üreticileri hem de primer tüketici olan zooplanktonik canlı gruplarında bir sürüklenme ile trofik yapısının değişmesi kaçınılmaz olacaktır. Bu çalışma, zooplankton canlı topluluklarının ve *Daphnia gr. pulex*'in geç de olsa buzul göllerimizde durum tespiti yapılmış, olası iklim değişikliklerinin izlenebilmesi ve takip edilebilmesi için bir kaynak oluşturacağı düşünülmektedir.

COI gen bölgesi ile yapılan haplotip ve ABGD analizleri incelendiğinde (bakınız Bölüm 4.3 Çizelge 4.11), DnaSP ile yapılan analizlerde 15 haplotip, ABGD ile de uzaklık miktarının 0.0017 olduğunda 15 grup, daha yüksek bir uzaklık (0.0028) kullanılarak yapıldığında ise 3 adet grubun olduğu görülmektedir. Hem DnaSP ile yapılan haplotip analizinde, hem de ABGD yöntemi kullanılarak yapılan gruplama da, Moçar Gölü'ne ait bireylerin ayrı bir grup oluşturduğu dolayısı ile her ne kadar aynı tür oldukları teşhis edilse de, iki popülasyon arasında genetik farklılıkların olduğu anlaşılmaktadır. Erkek bireyler popülasyon içerisinde az bulunmaktadır ve bu çalışmada erkek bireylere de rastlandığından, genetik analizlerde tespit edilen birey kullanılmıştır. YG1 Gölü'nden teşhis edilen ve ayrı grup / haplotip oluşturan birey erkektir. ITS1 gen bölgesi ile yapılan haplotip ve ABGD analizine bakıldığında, 6 haplotipin olduğu ve barkod boşluğunun artırılması ile de 3 grubun olduğu görülmektedir. Fakat ITS1 grupları ile COI grupları karşılaştırıldığında, aynı grup dağılımı görülememektedir. ITS1 bölgesi açısından Kaçkar ve Aladağlar popülasyonları bir arada gruplanmıştır. Sadece popülasyon içi ufak da olsa farklılıklar gözlemlenmiştir.

Bireyler arasındaki haplotip farklılıkları için, genetik uzaklıklara bakıldığında, haplotip grupları ile uyumlu sonuçların elde edildiği, Moçar Gölü'nün *Daphnia* popülasyonu ile Yedigöller'in arasındaki popülasyonlarının COI gen bölgesi genetik uzaklık farklılıklarının en fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 4.22). ITS1 bölgesi için ise YG5.5, YG5.11 ve YG1.16'nın diğer bireylere olan genetik uzaklığı en fazladır (Çizelge 4.23). COI gen bölgesi için, bu çalışmadan elde edilen DNA verileri ile NJ yöntemi ve K2 genetik uzaklıklar kullanılarak çizilen filogenetik ağaçlara bakıldığında (Şekil 4.3), Moçar Gölü'nün ayrı bir grup olarak farklılaştığı, YG3 Gölü popülasyonunun da aynı bölgede bulunan YG1 ve YG5 popülasyonu ile farklı bir grup oluşturduğu anlaşılmaktadır. Popülasyon içi açısından incelendiğinde ise, YG1.5 bireyinin farklılığı göze çarpmaktadır. COI için, GenBank'tan elde edilen, Türkiye'den ve farklı coğrafyalardan bireyler ile bu çalışmadaki bireylerin haplotipleri kullanılarak çizilen filogenetik ağaç incelendiğinde (Şekil 4.5), Yedigöller *D. pulex* popülasyonu, Almanya ve Çekya da ki popülasyonlar ile daha yakın olduğu, Moçar Gölü popülasyonlarının aynı bölgenin farklı bir gölünden elde edilen popülasyonu ile (Özdemir vd. 2017) genetik olarak daha yakın olduğu anlaşılmaktadır. Yedigöller ve Kaçkarlar bölgesi

populasyonlarının Tibet Platosu'ndaki bireylerle daha yakın akraba olduğu gör÷lmektedir. Ağacın genetik uzaklıklar kullanılarak çizildiği düşün÷ldüğünde, bahsi geçen grupların hepsi sirkumarktık bölgede bulunan Kanada *D. tenebrosa* ile genetik olarak yakın olduğu söylenebilir.

Bu çalışma ile elde edilen türlerin hepsi melanizasyon gösterdikleri için koyu renklidirler. *D. tenebrosa* ve *D. middenderffiana*, arktık endemiklerdir (Dufrense vd. 2011) ve taksonlarının da melanin biriktirdiği rapor edilmiştir (Coulbourne vd. 1997). COI kullanılarak çizilen filogenetik ağaçta, Türkiye soylarının birbirlerine yakın olması beklenirken, *D. pulex* TR1 ile büyük oranda farklı gruplar olduğu anlaşılmaktadır. Bu farklılığın, melanizasyondan ve melanizasyonun olması için gereken poliploidik bireylerden kaynaklanığını düşün÷lmektedir (Hebert 1987).

Her ne kadar, *D. tenebrosa* ve *D. pulicaria* aynı *D. pulex* kompleksinde olsalar da, Şekil 4.4'teki filogenetik ağaç incelendiğinde, *D. pulex* populasyonlarının bir tarafta kümelenirken, diğerklerinin ise kendi aralarında kümelenip dallandıkları gör÷lmektedir. DNA barkodlaması kriptik türlerin varlığının ortaya çıkarılmasında çeşitli araştırmacılar tarafından kullanılmıştır (Elias-Gutierrez vd 2006, Jeffery vd 2011). Sonuç olarak, COI gen bölgesine göre, Türkiye'nin çatılarında konumlanmış olan alpin göllerinden teşhis edilen *Daphnia pulex* populasyonlarının arktık endemik olan melanik *D. pulicaria* soylarına genotipik ve fenotipik olarak benzediği, Tibet Platosu'nda populasyonu bulunan *D. tenebrosa* ile de yakın akrabalık ilişkisinde olduğu tespit edilmiştir. Avrupa'dan buzul dönemlerde gen akışının sağlandığı ve Türkiye'nin çatılarında sığınmacı/relikt olarak kaldığı sonucu çıkarılabilmektedir.

ITS1 gen bölgesi için çizilen filogenetik ağaca bakıldığında (Şekil 4.4), barkod boşluğu kullanılarak oluşturulan ABGD grupları ve haplotipler ağaçta dikkati çekmektedir. Barkod boşluğu kısa tutulduğunda 6 grup görülürken, geniş tutularak yapılan analizde ise 3 grup olduğu dikkati çekmektedir. ITS1 bölgesi, COI gen bölgesi kadar analizlerde sık kullanılmadığı için, GenBank gibi veri tabanlarında ve makalelerde, gen dizilimi az olduğundan, sadece 2 farklı coğrafyadan elde edilen dizileri ağaç çiziminde kullanılmıştır. Burada da, Çin ve Kanada'dan kaydı verilen *D. gr. pulex*'in Türkiye'nin

alpin bölgelerinde bulunan *D. gr. pulex* ile genetik açıdan neredeyse tamamen benzediği görülmektedir. ITS1 bölgesi, genetik mutasyonun çok çok az olduğu, oldukça korunmuş bir gen bölgesi olduğu için, genellikle mitokondriyal analizleri desteklemek için kullanılmaktadır. Aladağlar popülasyonu çok az da olsa kendi içerisinde farklılık göstermekte fakat bu türleşme yönünde herhangi bir önem arz etmemektedir. Dolayısı ile ITS1 çekirdek ribozomal DNA'nın yapısında olduğundan, *Daphnia*'ların hangi grupta olduğunun anlaşılması için kullanılmakta, ayrıca literatürde çekirdek DNA'lar ile ciddi bir veri tabanı oluşturulmaya çalışılmaktadır.

Dünyadaki 36 biyoçeşitlilik sıcak noktasından Anadolu'da üçü (Akdeniz, İran-Turan ve Kafkasya) kesişmektedir, bu sebeple de Anadolu yüksek oranda endemizme sahiptir (Gür 2017b). Anadolu diyagonalinin özellikleri düşünüldüğünde, buzul dönemde kuzey enlemlerinden Anadolu'ya kadar inen türler, buzulların geri çekilmesi ile habitat uyumu sağladığı bölgelerde sığınmacı olarak kalmışlardır. Eğer bu türler, Rotifera ve Cladocera gibi partenogenetik üreme stratejisi gösteriyorlarsa, popülasyon yeterli zaman sonra Hardy-Weinberg dengesine ulaşabilmektedirler. Özdemir (2013) çalışmasında, *D. pulex* TR2 popülasyonlarında fiksasyon indeksini ( $F_{ST}$ ) 0.90669 olarak bulurken, bu çalışma da Yedigöller Bölgesi ve Kaçkarlar Bölgesi arasında 0.799 olarak bulunmuştur. Frekansın 1'e çok yakın çıkması, *D. pulex* popülasyonlarında ki farklılaşmanın çok yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum, Anadolu'nun ev sahipliğini yaptığı canlılar için, eğer popülasyonlar arasında gen akışı yoksa ve coğrafik bariyer varsa (örneğin yüksek dağlar), türleşme olarak yorumlanabilir.

Sonuç olarak, bu tez çalışması ile daha önce herhangi bir limnolojik çalışmanın olmadığı Türkiye'nin alpin göllerindeki, zooplankton faunası tespit edilmiştir. Antropojenik etkinin az olduğunu düşündüğümüz bölgelerde, aslında bu etkinin varlığı görülmüştür. Kuzey ve güney konumlu dağ bölgelerindeki zooplankton farklılığı ortaya çıkarılmış, güneşlenme miktarının ve su sıcaklığının az olduğu Kaçkarlar Bölgesi'nin zooplankton faunasının fakir olduğu gözlemlenmiştir. İklim değişikliklerinden havza göllerine oranla çok daha fazla etkilenecek bu bölgelerin, daha sonra ki yıllar da titizlikle takip edilmesi gerekmektedir.

Türkiye'nin Asya, Avrupa ve Afrika kıtaları arasında köprü olduğu düşünülürse, bu bölgelerdeki *Daphnia* gr. *pulex* bireylerinin, COI ve ITS1 gen bölgeleri çıkarılmış ve barkod kayıtları oluşturulmuş olması, evrimsel ve ekolojik açıdan önemli olan alpin göl canlısı *D. pulex*'in literatürdeki ciddi eksiği kapanmış olacaktır. Populasyon içi ve populasyonlar arası farklılıklar incelenmiş, COI bölgesine göre *Daphnia* gr *pulex*'in arktik bölgeden köken alıp, buzul dönemlerde Anadolu'ya geldiği söylenebilir.

Yüksek morfolojik plastisite göstermesinden ötürü morfolojik, hibritleşme yeteneklerinden ötürü de genetik olarak karmaşa içinde bulunan *Daphnia* gr. *pulex* 'in tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de sistematik olarak hataları bulunmaktadır. Tür komplekslerinin içeriği ve genetik yapıları çözümlenip, Türk Cladocera faunasının bu açıdan gözden geçirilmesi gerekmektedir. Taksonomik sorunların çözümlerinden sonra, kendi genetik kütüphanemizi oluşturmamız, gelişen literatürün yakalanabilmesi açısından elzemdir.

## KAYNAKLAR

- Abrams, P.A. 1987. On classifying interactions between populations. *Oecologia*, 73, 272-281.
- Adamowicz, S.J., Hebert, P.D.N. and Marinone, M.C. 2004. Species diversity and endemism in the *Daphnia* of Argentina: a genetic investigation. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 140, 171-205.
- Adamowicz, S.J., Petrusek, A., Colbourne, J.K., Hebert, P.D. and Witt, J.D. 2009. The scale of divergence: a phylogenetic appraisal of intercontinental allopatric speciation in a passively dispersed freshwater zooplankton genus. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 50(3), 423-436.
- Adrian, R., O'Reilly, C.M., Zagarese, H., Baines, S.B., Hessen, D.O., Keller, W., Livingstone, D.M., Sommaruga, R., Straile, D., Van Donk, E., Weyhenmeyer, G.A. and Winder, M. 2009. Lakes as sentinels of climate change. *Limnol. Oceanogr.* 54 (6), pp.2283-2297.
- Akçar, N., Yavuz, V., Ivy-Ochs, S., Kubik, P.W., Vardar, M. and Schluchter, C. 2008. A case for a downwasting mountain glacier during Termination I, Verçenik Valley, Northeastern Turkey. *Journal of Quaternary Science*, 23(3), 273-285.
- Ambrose, C.D. and Crease, T.J. 2010. Evolution of repeated sequences in the ribosomal DNA intergenic spacer of 32 Arthropod species. *Journal of Molecular Evolution*, 70 (3), 247-259.
- Anonymous, 2018a. Web Sitesi: <http://museum.dnalc.org/bold/crypticspecies.html>, Erişim Tarihi: 2018.
- Anonymous, 2018b. Web Sitesi: <https://technelysium.com.au/wp/chromas/>, Erişim Tarihi: 2018.
- Anonymous, 2018c. Web Sitesi: <http://wwwabi.snv.jussieu.fr/public/abgd/abgdweb.html> Erişim Tarihi: 2018.
- Anonymous. 2018d. Web Sitesi: <http://www.ipcc.ch/index.htm>, Erişim Tarihi: 12.11.2018.
- Arnott, S.E., Magnuson, J.J., Dodson, S.I. and Colby, A.C.C. 2006. Lake as islands: biodiversity, invasion, and extinction. In Long-term Dynamics of lakes in the landscape. Magnuson, J.J., Krtaz, T.K., and Benson, B.J. (eds.), Oxford Press, 67-88, Oxford, UK.
- Aygen, C., Mis Özdemir, D., Ustaoglu, M.R. and Balık, S. 2009. Zooplankton composition and abundance in lake Eğrigöl, a high mountain lake (Gündoğmuş, Antalya). *Turkish Journal of Zoology*, 33; 83-88.
- Aygen, C., Özdemir Mis, D. and Ustaoglu, M.R. 2012. Discovering the hidden biodiversity of Crustacea (Branchiopoda, Maxillopoda and Ostracoda) assemblages in the high mountain lakes of Kaçkar Mountains (Turkey). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11 (1), 67-73.

- Beaton, M.J. and Hebert, P.D.N. 1988. Geographical parthenogenesis and polyploidy in *Daphnia pulex*. *The American Naturalist*, 132 (6); 837-845.
- Bellati, A., Tiberti, R., Cocca, W., Galimberti, A., Casiraghi, M., Bogliani, G. and Galeotti, P. 2014. A dark shell hiding great variability: a molecular insight into the evolution and conservation of melanic *Daphnia* populations in the Alps. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 171 (4); 697-715
- Benzie, J.A.H. 1987. The biogeography of Australian *Daphnia*: clues of an ancient (> 70 m.y.) origin of the genus. *Hydrobiologia* 145; 51-65.
- Benzie, J.A.H. 2005 The genus *Daphnia* (including *Daphniopsis*) (Anomopoda: Daphniidae). *Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world* 21. Kenobi Productions, Ghent & Backhuys Publishers, 376, Leiden.
- Bilgin, R. 2011. Back to the suture: the distribution of intraspecific genetic diversity in and around Anatolia. *International Journal of Molecular Sciences*, 12; 4080-4013.
- Blumthaler, M. and Ambach, W. 1990. Indication of increasing solar ultraviolet-B radiation flux in alpine regions. *Science*, 248; 206-208.
- Blumthaler, M., Ambach, W. and Rehwald, W. 1992. Solar UV-A and UV-B radiation fluxes at two alpine stations at different altitudes. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 46, pp. 39-44.
- Blumthaler, M., Ambach, W. and Ellinger, R. 1997. Increase in solar UV radiation with altitude. *Journal of Photochemistry and Photobiology B*, 39, 130-134.
- Boavida, M.J. and Gliwicz, Z.M. 1996. Limnological and biological characteristics of the alpine lakes of Portugal. *Limnetica*, 12 (2); 39-45.
- Botrell, H.H., Duncan, A., Gliwicz, Z. M., Grygierek, E., Herzig, A., Hillbricht-Ilkowska, A., Kurasawa, H., Larson, P. and Weglenska, T. 1976. A review of some problems in plankton production studies. *Norwegian Journal of Zoology*, Vol. 24, pp. 419-456.
- Brooks, J.L. 1957. The species problem in freshwater animals. In: *The species problem*, Mayr, E. (eds.) Washington, DC: American Association for the advancement of Science, 81-123.
- Brooks, J.L. and Dodson., S.I. 1965. Predation, body size and composition of plankton. *Science* 150: 28-35.
- Bucklin, A., Steinke, D. and Blanco-Bercial, L. 2011. DNA Barcoding of Marine Metazoa. *Annual Reviews of Marine Science*, 3; 471-508.
- Cabrera, S., Lopez, M. and Tartarotti, B. 1997. Phytoplankton and zooplankton response to ultraviolet radiation in a high-altitude Andean lake: short- versus long-term effects. *Journal of Plankton Research*, 19 (11); 1565-1582.
- Cáceres, C. 1997. Dormancy in Invertebrates. *Invertebrate Biology*, 116(4), 371-383. doi:10.2307/3226870.
- Cammarano, P. and Manca, M. 1997. Studies on zooplankton in two acidified high mountain lakes in the Alps. *Hydrobiologia*, 356 (1-3), 97-109.

- Carpenter, S.R., Kitchell, J.K. and Hodgson, R. 1985. Cascading trophic interactions and lake productivity. *BioScience*, 35; 634-639.
- Catalan, J., Bartrons, M., Camarero, L. and Grimalt, J.O. 2013. Mountain waters as witnesses of global pollution. In: *Living with water: targeting quality in a dynamic world*, Pechan, P., Vries, G.E.D (eds). Springer, 31-67, New York.
- Clarke, K.R. and Warwick, R.M. 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 2nd edition. Plymouth, UK: PRIMER-E.
- Cohan, F.M. 1994. The effects of rare but promiscuous genetic exchange on evolutionary divergence in prokaryotes. *The American Naturalist*, 143: 965-986.
- Cole, J.J., Prairie, Y.T., Caraco, N.F., McDowell, W.H., Tranvik, L.J., Striegl, R.G., Duarte, C.M., Kortelainen, P., Downing, J.A., Middelburg, J.J. and Melack, J. 2007. Plumbing the global carbon cycle: integrating inland waters into the terrestrial carbon budget. *Ecosystems*, 10 (1), 172-185.
- Colbourne, J.K. and Hebert, P.D.N. 1996. The systematics of North American *Daphnia* (Crustacea: Anomopoda): a molecular phylogenetic approach. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 351; 349–360.
- Colbourne, J.K., Hebert, P.D.N. and Taylor, D.J. 1997. Evolutionary origins of phenotypic diversity in *Daphnia*. In: *Molecular Evolution and Adaptive Radiation*. Givnish, T.J., and Systma, K.J. (eds), Cambridge University Press.
- Colbourne, J.K., Pfrender, M.E., Gilbert, D., Thomas, W.K., Tucker, A., Oakley, T.H., Tokishita, S., Aerts, A., Arnold, G.J., Basu, M.K. and Bauer, D.J. 2011. The ecoresponsive genome of *Daphnia pulex*. *Science*, 331 (6017); 555-561.
- Crease, T.J. and Colbourne, J.K. 1998. The unusually small-subunit ribosomal RNA of the Crustacean *Daphnia pulex*: sequence and predicted secondary structure. *Journal of Molecular Evolution*, 46;307-313.
- Crease, T.J. 1999. The complete sequence of the mitochondrial genome of *Daphnia pulex* (Cladocera: Crustacea). *Gene*, 233(1-2); 89-99.
- Crease, T.J., Omilian, A.R., Costanzo, K.S. and Taylor, D.J. 2012. Transcontinental phylogeography of the *Daphnia pulex* species complex. *PLoS ONE* 7(10); e46620.
- Çiçek, İ., Gürgen, G., Tunçel, H. ve Doğu, A.F. 2006. Doğu Karadeniz Dağlarının glasiyal morfolojisi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi I. Uluslararası Coğrafya Çalışmaları, 9-13 Ağustos. Pleistosen ve günümüzde Anadolu ve Kafkaslarda yüksek dağlık alanlar, 28-42, Van, Türkiye.
- Çimen, N., Yağan, Y. ve Polatkan, Ö. 2007. *Aeroloji*. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Darwin, C. 1859. *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. John Murray, London. Çeviri: Kılıç B., 2017. Türlerin Kökeni, Alfa Yayıncılık.
- De Smet, W. H. 1996. *Prolidae (Monogononta)*. Vol. 4. State Universty of Gent, Belgium.

- Delmotte, F., Sabater Muñoz, B.E., Prunier Leterme, N.A., Latorre A, Sunnucks P, Rispe C. and Simon JC. 2003. Phylogenetic evidence for hybrid origins of asexual lineages in an aphid species. *Evolution*, 57 (6):1291-303.
- Dodson, S.I. 1972 . Mortality in a population of *Daphnia rosea*. *Ecology* 53; 1011-1023
- Dodson, S.L. 1989. Predator-induced reaction norms. *Bioscience*, 39, 447-452.
- Dokulil, M.T. 2014. Predicting summer surface water temperatures for large Austrian lakes in 2050 under climate change scenarios. *Hydrobiologia*, 731(1); 19-29.
- Dufresne F.R. 2011. The history of the *Daphnia pulex* complex: asexuality, hybridization, and polyploidy, In: *Phylogeography and Population Genetics in Crustacea*. Held, C., Koenemann, S., and Schubart, C.D. (eds). CRC Press, 217-32.
- Dufresne, F., Markova´ S., Vergilino, R., Ventura, M. and Kotlik, P. 2011. Diversity in the reproductive modes of European *Daphnia pulicaria* deviates from the geographical parthenogenesis. *PLoS One* 6: e20049.
- Dufresne, F. and Hebert, P.D.N. 1997. Pleistocene glaciations and polyphyletic origins of polyploidy in an Arctic cladoceran. *Proceedings of the Royal Society of London, Biological Sciences*, 264; 201-206.
- Dufresne, F. and Hebert, P.D.N. 1993. Hybridization and origins of polyploidy. *Proceedings of the Royal Society of London, Biological Sciences*, 258; 141-146.
- Dullinger, S., Gattringer, A., Thuiller, W., Moser, D., Zimmermann, N.E., Guisan, A., Willner, W., Plutzer, C., Leitner, M., Mang, T., Caccianiga, M., Dirnboeck, T., Ertl, S., Fischer, A., Lenoir, J., Svenning, J.C., Psomas, A., Schmatz, D.R., Silc, U., Vittoz, P. and Huelber, K. 2012. Extinction debt of high-mountain plants under twenty-first-century climate change. *Nature Climate Change* 2 (8), 619–622.
- Dumont, H.J. and Pensaert, J. 1983. A revision of the Scapholeberinae (Crustacea: Cladocera). *Hydrobiologia*, 100, 3-45.
- Edmonson, W.T. 1959. *Freshwater Biology* 2nd edition John Wiley& Sons Inc. London- Chapman and Hall Limited, 1284, New York, USA.
- Egholm, D.L., Pedersen, V.K. Knudsen, M.F. and Larsen, N.K. 2012. Coupling the flow of ice, water, and sediment in a glacial landscape evolution model. *Geomorphology*, 141; 47-66.
- Elías-Gutiérrez, M., Kotov, A. A. and Garfias-Espejo, T. 2006. Cladocera (Crustacea: Ctenopoda, Anomopoda) from southern Mexico, Belize and northern Guatemala, with some biogeographical notes. *Zootaxa*, 1119; 1–27.
- Ellenberg, H. 1996. *Vegetation Ecology of Central Europe*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Figuerola, J., Green, A.J. and Santamaria, L. 2003. Passive internal transport of aquatic organisms by waterfowl in Donana, southwest Spain. *Global Ecology and Biogeography* 12; 427–436

- Fischer, J.M., Olson, M.H., Williamson, C.E., Everhart, J.C., Hogan, P.J., Mack, J.A., Rose, K.C., Saros, J.E., Stone, J.R. and Vinebrooke, R.D. 2011. Implications of climate change for *Daphnia* in alpine lakes: predictions from long-term dynamics, spatial distribution, and a short-term experiment. *Hydrobiologia*, 676 (1); 263.
- Flössner, D. 1972. Krebstiere, Crustacea; Kiemen- und Blattfüßer, Branchiopoda; Fischlause, Branchiura. *Die Tierwelt Deutschlands* 60. G. Fisher Verlag, Jena, Germany.
- Flössner, D. and Kraus, K. 1986. On the taxonomy of the *Daphnia hyalina-galeata* complex (Crustacea: Cladocera). *Hydrobiologia*, 137, 97-115.
- Folmer, O., Black, M., Hoch, W., Lutz, R. and Vrijenhock R. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3: 294–299.
- Fryer, G. 1995. Phylogeny and adaptive radiation within the Anomopoda: a preliminary exploration. *Hydrobiologia*, 307; 57-68.
- Giesler S, and Englbrecht CC. 2009. Dynamic reticulate evolution in a *Daphnia* multispecies complex. *Journal of Experimental Zoology*, 311A:530–548.
- Gilbert, J.J. 2012. Effects of an ostracod (*Cypris pubera*) on the rotifer *Keratella tropica*: predation and reduced spine development. *International Review of Hydrobiology*, 97(5); 445-453.
- Goyke, A.P. and Hershey, A.E. 1992. Effects of fish predation on larval chironomid (Diptera: Chironomidae) communities in an arctic ecosystem. *Hydrobiologia*, 240 (1-3); 203-211.
- Green, J. 1995. Altitudinal distribution of tropical planktonic Cladocera. *Hydrobiologia*, 307; 75–84.
- Gür, H. 2017a. Geç Kuvaterner buzul buzullararası döngülerinin Anadolu'nun biyolojik çeşitliliği üzerine etkileri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 60; 507-528.
- Gür, H. 2017b. Anadolu Diyagonalı: bir biyocoğrafı sınırın anatomisi. *Kebikeç*, 43; 177-188.
- Gyllström, M. and Hansson, L.A. 2004. Dormancy in freshwater zooplankton: induction, termination and the importance of benthic-pelagic coupling. *Aquatic Sciences*, 66 (3); 274-295.
- Halıcı, M.G. 2008. Aladağlar Milli Parkı (Niğde, Kayseri, Adana) Liken Florası. Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 367, Kayseri.
- Haney, R.A, and Taylor, D.G. 2003. Testing paleolimnological predictions with molecular data: the origin of Holarctic Eubosmina. *Journal of Evolutionary Biology* 16; 1–12.
- Harding, J.P. and Smith, W.A. 1974. A key to the British freshwater cyclopoid and calanoid copepods. 2nd edition, Sci. Publ. Vol. 218, Freshwater Biological Association, 54, The ferry house, Ambleside, Westmorland.

- Havel, J.E. and Shurin, J.B. 2004. Mechanisms, effects, and scales of dispersal in freshwater zooplankton. *Limnology and Oceanography* 49; 1229–1238.
- Hebert, P.D.N. 1987. Genotypic characteristics of the Cladocera. *Hydrobiologia*, 145;183-193.
- Hebert, P.D.N. and Emery, C.J. 1990. The adaptive significance of cuticular pigmentation in *Daphnia*. *Functional Ecology*, 4 (5); 703-710.
- Hebert, P.D.N., Ratnasingham, S. and Dewaard, J.R. 2003. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit I divergences among closely related species. *Proceedings of The Royal Society B: Biological Sciences*, 270; 96-99.
- Herwig, B.R. and Schindler, D.E. 1996. Effects of aquatic insect predators on zooplankton in fishless ponds. *Hydrobiologia*, 324 (2);141-147.
- Hessen, D.O. and Sorensen, K. 1990. Photoprotective pigmentation in alpine zooplankton populations. *Aqua Fennica*, 20; 165-170.
- Heywood, V.H. 1995. *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press, 1152, Cambridge.
- Hobaek, A. and Larsson, P. 1990. Sex determination in *Daphnia magna*. *Ecology*, 71; 2255-2268.
- Huang, X., Shi, X., Kotov, A. and Gu, F. 2014. Confirmation through genetic analysis of the existence of many local phylogenetic clades of the genus *Simocephalus* (Crustacea, Cladocera) in China. *PLoS ONE*, 9 (11), e112808.
- Innes, D.J. and Dunbrack, R.L. 1993. Sex allocation variation in *Daphnia pulex*. *Journal of Evolutionary Biology*, 6: 559–575.
- Innes, D.J. and Singleton, D.R. 2000. Variation in allocation to sexual and asexual reproduction among clones of cyclically parthenogenetic *Daphnia pulex* (Crustacea: Cladocera). *Biological Journal of the Linnean Society*, 71: 771–787.
- Jeffery, N.W., Elías-Gutiérrez, M. and Adamowicz, S.J. 2011. Species diversity and phylogeographical affinities of the Branchiopoda (Crustacea) of Churchill, Manitoba, Canada. *PLoS One*, 6 (5); e18364.
- Johnson, D.M., Martin, T.H., Crowley, P.H. and Crowder, L.B. 1996. Link strength in lake littoral food webs: net effects of small sunfish and larval dragonflies. *Journal of the North American Benthological Society*, 15 (3), 271-288.
- Keskin, E. 2013. Türkiye’deki ekonomik öneme sahip su ürünlerinin DNA barkodlarının çıkarılması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Biyoteknoloji Enstitüsü, Ankara.
- Keskin, E. ve Atar, H.H. 2013. DNA Barkodlama: Mitokondriyal COI geni kullanılarak moleküler tanımlama. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6 (2): 01-08.
- Ketin, İ. 1966. Tectonic units of Anatolia. *Maden Tetkik Arama ve Bulma*, 66; 23-34.
- Kiefer, F. and Fryer, C. 1978. *Das Zooplankton der binnengewässer, Teil 2*. E. Schweizerbart’sche Verlagsbuchhandlung, 380, Stuttgart.

- Kirillova, I.V., Kotov, A.A., Trofimova, S.S., Zanina, O.G., Lapteva, E.G., Zinoviev, E.V., Chernova, O.F., Fadeeva, E.O., Zharov, A.A. and F.K. Shidlovskiy. 2015. Fossil fur as a new source of information on the Ice Age biota. In *Doklady Biological Sciences* Vol 460 (1) 48-51. Pleiades Publishing.
- Kirillova, I.V., Van der Plicht, J., Gubin, S.V., Zanina, O.G., Chernova, O.F., Lapteva, E.G., Trofimova, S.S., Zinovyev, E.V., Zharov, A.A., Fadeeva, E.O., Van Kolfshoten, T., Shidlovskiy, F.K. and Kotov, A.A. 2016. Taphonomic phenomenon of ancient hair from Glacial Beringia: perspectives for palaeoecological reconstructions. *Boreas*, Vol 45 (3); 455-469.
- Klug, W.S., Cummings, R.M. and Spencer, C.A. 2009. *Genetik Kavramlar*. (Öner, C., Sümer, S., Öner, R., Ögüş, A. ve Açık L. (eds). Palme Yayıncılık, 677, Ankara.
- Kolisko, R. 1974, *Plankton Rotifers Biology and Taxonomy*, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuttgart, 974.
- Korovchinsky, N.M. 2006. The Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) as a relict group. *Zool J Linn Soc*, 147, 109-204.
- Koste, W. 1978. *Radertiere Mitteleuropas*. 2. Tafelband, 235, Berlin and Stuttgart.
- Kotov, A.A. 2007. Jurassic Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) with a description of an extinct Mesozoic order. *Journal of Natural History*, 41 (1-4) 13-37.
- Kotov, A.A. 2015. A critical review of the current taxonomy of the genus *Daphnia* O. F. Müller, 1785 (Anomopoda, Cladocera). *Zootaxa*, 3911 (2); 184-200.
- Kotov, A.A., Sinev, A.Y. and Berrios, V.L. 2010. The Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) of six high altitude water bodies in the North Chilean Andes, with discussion of Andean endemism. *Zootaxa*, 2430: 1-66.
- Kotov, A.A. and Taylor, D.J. 2011. Mesozoic fossils (>145 Mya) suggest the antiquity of the subgenera of *Daphnia* and their coevolution with chaoborid predators. *BMC Evolutionary Biology*, 11, 1-29.
- Kottek, M., Greiser, J., Beck, B., Rudolf, B. and Rubel, F. 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15, 259-263. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.
- Kumar, S., Stecher, G. and Tamura, K. 2016. MEGA: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution*, 33;1870-1874.
- Larkin, M.A., Blackshields, G., Brown, N.P., Chenna, R., McGettigan, P.A., McWilliam, H., Valentin, F., Wallace, I.M., Wilm, A., Lopez, R. and Thompson, J.D. 2007. Clustal W and Clustal X version 2.0. *Bioinformatics*, 23 (21); 2947-2948.
- Larsson, P. 1991. Intraspecific variability in response to stimuli for male and ephippia formation in *Daphnia pulex*. *Hydrobiologia*, 225, 281-290.
- Legendre, P. 2005. Species associations: the Kendall coefficient of concordance revisited. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 10; 226-245.

- Legendre, P. and Gallagher, E.D. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, 129; 271-280.
- Legros, J.P. 1992. Soils of alpine mountains. In: Weathering, soils and paleosols. Martini, I.P. and Chesworth, W. (eds.), Elsevier, 155-181, Amsterdam.
- Leps, J. and Similaur, P. 2003. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- MacLennan, M.M. and Vinebrooke, R.D. 2016. Effects of non-native trout, higher temperatures and regional biodiversity on zooplankton communities of alpine lakes. *Hydrobiologia*, 770 (1); 193-208.
- Magurran, A.E. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell publishing, 248, Oxford.
- Manca, M., Ruggiu, D., Panzani, P., Asioli, A., Mura G. and Nocentini, A.M. 1998. Report on a collection of aquatic organisms from high mountain lakes in the Khumbu Valley (Nepalese Himalayas). *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia* 57: 77-98.
- Margalef, R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity? *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 44, 221-235.
- Marková, S., Dufresne, F., Rees, D.J., Berný, M. and Kotlík, P. 2007. Cryptic intercontinental colonization in water fleas *Daphnia pulex* inferred from phylogenetic analysis of mitochondrial DNA variation. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 44; 42-52.
- Mayr, E. 1963. Animal species and evolution. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Mergeay, J., Verschuren, D. and De Meester, L. 2006. Invasion of an asexual American water flea clone throughout Africa and rapid displacement of a native sibling species. *Proc. R. Soc. B* 273, 2839-2844.
- Mergeay, J., Aguilera, X., Declerck, S., Petrusek, A., Huyse, T. and De Meester, L. 2008. The genetic legacy of polyploid Bolivian *Daphnia*: the tropical Andes as a source for the North and South American *D. pulex* complex. *Molecular Ecology*, 17: 1789-1800.
- Mertens, J., Munuswamy, N., De Walsche, C. and Dumont, H.J. 1990. On predatory tendencies in the feeding ecology of the fairy shrimp *Streptocephalus proboscideus* (Frauenfeld, 1873) (Crustacea: Anostraca). *Hydrobiologia*, 198 (1); 119-123.
- Meyer, C.P. and Paulay, G. 2003. DNA barcoding: error rates based on comprehensive sampling. *PLoS Biology*, 3 (12); 2229-2238.
- Miner, B.E., Knapp, R.A., Colbourne, J.K. and Pfrender, M.E. 2013. Evolutionary history of alpine and subalpine *Daphnia* in western North America. *Freshwater Biology*, 58(7), 1512-1522.
- Mladenov, N., Sommaruga, R., Morales-Baquero, R., Laurion, I., Camarero, L., Dieguez, M.C., Camacho, A., Delgado, A., Torres, O., Chen, Z. and Felip, M.

2011. Dust inputs and bacteria influence dissolved organic matter in clear alpine lakes. *Nature Communications*, 2, 405.
- Moss, B. 2010. *Ecology of freshwaters, a view for the twenty-first century* (Forth edition). John Wiley and Sons, 480.
- Möst, M., Petrusek, A., Sommaruga, R., Juracka, P.J., Slusarczyk, M., Manca, M. and Spaak, P. 2013. At the edge and on the top: molecular identification and ecology of *Daphnia dentifera* and *D. longispina* in high-altitude Asian lakes. *Hydrobiologia*, 715 (1); 51-62.
- Nagy, L. and Grabbherr, G. 2009. *The biology of alpine habitats*. Oxford University Press, 376, New York.
- Nevalainen, L., Luoto, T.P., Manca, M. and Weisse, T. 2015. A paleolimnological perspective on aquatic biodiversity in Austrian mountain lakes. *Aquatic Sciences*, 77; 59-69
- Nogrady, T. and Pourriot, R. 1995. *The Notommatidae*. Queen's Universty, Kingston, Ont. Canada and Université 6, Paris, France.
- Okay, A.I. 2008. Geology of Turkey: a synopsis. *Anschnitt*, 21, 19-42.
- Ozenda, P. 1994. *La Vegetation du Continent European*. Delachaux et Niestle, Lausanne.
- Özdemir, E. 2013. Türkiye'deki *Daphnia* cinsine ait bazı türlerin filocoğrafyası. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 131, Ankara Üniversitesi.
- Özdemir, E., Altındağ, A. and Kandemir, İ. 2017. Molecular diversity of some species belonging to the genus *Daphnia* OF Müller, 1785 (Crustacea: Cladocera) in Turkey. *Mitochondrial DNA Part A*, 28(3), 424-433.
- Pechlaner, R. 1971. Factors that control the production rate and biomass of phytoplankton in high-mountain lakes. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 19, 125 – 145.
- Penton, E.H., Hebert, P.D.N. and Crease, T.J. 2004. Mitochondrial DNA variation in North American populations of *Daphnia obtusa*: continentalism or cryptic endemism? *Molecular Ecology*, 13; 97-107.
- Petrusek, A., Černý, M., Mergeay, J. and Schwenk, K. 2007. *Daphnia* in the Tatra Mountain lakes: multiplecolonisation and hidden species diversity revealed by molecular markers. *Fundamental and Applied Limnology* 169: 279–291.
- Petrusek, A., Hobæk, A., Nilssen, J.P. Skage, M., ČErny, M., Brede, N. and Schwenk, K. 2008. A taxonomic reappraisal of the European *Daphnia longispina* complex (Crustacea, Cladocera, Anomopoda). *Zoologica Scripta*, 37 (5), 507-519.
- Pielou, E.C. 1975. *Ecological Diversity*. A Wiley Interscience Publication, 165, London.
- Pinceel, T., Brendonck, L. and Vanschoenwinkel, B. 2016. Propagule size and shape may promote local wind dispersal in freshwater zooplankton – a wind tunnel experiment. *Limnol. Oceanogr.* 61; 122-131.

- Puillandre, N., Lambert, A., Brouillet, S. and Achaz, G. 2011. ABGD, Automatic Barcode Gap Discovery for primary species delimitation. *Molecular Ecology*, 21 (8); 1864-1877.
- Repka, S., Walls, M. and Ketola, M. 1995. Neck spine protects *Daphnia pulex* from predation by *Chaoborus*, but individuals with longer tail spine are at a greater risk. *Journal of Plankton Research*, 17 (2); 393-403.
- Richter, M. 2001. Vegetationszonen der Erde. Klett-Perthes, Gotha, Stuttgart.
- Rivas-Martinez, S. 1981. Les etages bioclimatiques de la vegetation de la peninsula ibérique. *Anales del Jardin Botanico de Madrid*, 37, 344-351.
- Rusek, J., Ayan, G.B., Turko, P., Tellenbach, C., Giessler, S., Spaak, P. and Wolinska, J. 2015. New possibilities arise for studies of hybridization: SNP-based markers for the multi-species *Daphnia longispina* complex derived from transcriptome data. *Journal of Plankton Research*, 37 (3), 626-635.
- Sacherová, V., Kršková, R., Stuchlík, E., Hořická, Z., Hudec, I. and Fott, J. 2006. Long-term change of the littoral Cladocera in the Tatra Mountain lakes through a major acidification event. *Biologia*, 61 (18), S109-S119.
- Sarikaya, M.A., Ciner, A. and Zreda, M. 2011. Quaternary glaciations of Turkey. *Developments in Quaternary Sciences*, 15; 393-403.
- Sarma, S.S.S. and Nandini, S. 2002. Studies on functional response and prey selection using zooplankton in the anostracan *Chirocephalus diaphanus* Prevost, 1803. *Hydrobiologia*, 486 (1); 169-174.
- Schabetsberger, R., Luger, M.S., Drozdowski, G. and Jagsch, A. 2009. Only the small survive: monitoring long-term changes in the zooplankton community of an Alpine lake after fish introduction. *Biological Invasions*, 11 (6), 1335-1345.
- Seehausen, O. 2004. Hybridization and adaptive radiation. *Trends in Ecology and Evolution*, 19, 198-207.
- Segers, H. 1995. The Lecanidae (Monogononta), University of Gent, Belgium.
- Segers, H. 2008. Global diversity of rotifers (Rotifera) in freshwater. In, *Freshwater Animal Diversity Assessment*, Balian, E.V., Leveque, C., Segers, H., and Martens, K. (eds), *Hydrobiologia*, 595, 49-59.
- Simirnov, N.N. 1992. Mesozoic Anomopoda (Crustacea) from Mongolia. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 104: 97-116.
- Simirnov, N.N. 1996. The Chorinae and Sayciinae (Chydoridae) of the world, SPB Academic Publishing, Amsterdam, The Netherlands.
- Simona, M., Barbieri, A., Veronesi, M., Malusardi, S. and Straskrbova, V. 1999. Seasonal dynamics of plankton in a mountain lake in the southern Alps (Laghetto Inferiore, Switzerland). *Journal of Limnology*, 58 (2); 169-178
- So, M., Ohtsuki, H., Makino, W., Ishida, S., Kumagai, H., Yamaki, K.G. and Urabe, J. 2015. Invasion and molecular evolution of *Daphnia pulex* in Japan. *Limnol. Oceanogr.* 60; 1129–1138.

- Sommaruga, R. 2001. The role of solar UV radiation in the ecology of alpine lakes. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 62, 35 – 42.
- Sommaruga, R. 2010. Preferential accumulation of carotenoids rather than of mycosporine-like amino acids in copepods from high altitude Himalayan lakes. *Hydrobiologia*, 648; 143-156.
- Sommaruga, R. 2015. When glaciers and ice sheets melt: consequences for planktonic organisms. *Journal of Plankton Research*, 37 (3); 509-518.
- Spitze, K. 1991. Chaoborus predation and life history evolution in *Daphnia pulex*: temporal pattern of population diversity, fitness, and mean life history. *Evolution*, 45 (1);82-92.
- Šporka, F., Štefková, E., Bitušík, P., Thompson, A.R., Agustí-Panareda, A., Appleby, P.G., Grytnes, J.A., Kameník, C., Krno, I., Lami, A. and Rose, N. 2002. The paleolimnological analysis of sediments from high mountain lake Nižné Terianske pleso in the High Tatras (Slovakia). *Journal of Paleolimnology*, 28 (1), 95-109.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B. and Sörlin, S. 2015 Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science* 347.
- Şengör, A.M.C. 1987. Tectonics of the Tethysides: orogenic collage development in a collisional setting. *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences*, 15, 213-244.
- Templeton, A.R. 1981. Mechanisms of speciation – a population genetic approach. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 12: 23–48.
- Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67; 1167-1179.
- Törk, K. 2008. Aladağlar'da (Niğde-Kayseri-Adana) buzullaşma evrelerinin karstlaşma üzerine etkileri, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Bölümü, 140, Ankara.
- Ustaoğlu, M.R., Balık, S., Özdemir Mis, D. and Aygen, C. 2005. The zooplankton of some mountain lakes in the Taurus Range (Turkey). *Zoology in the Middle East*, 34; 101-108.
- Ustaoğlu, R.M., Balık, S., Sarı, H.M., Özdemir Mis, D., Aygen, C., Özbek, M., İlhan, A., Taşdemir, A., Yıldız, S ve Topkara, T. 2008. Uludağ (Bursa)'daki Buzul Gölleri ve Akarsularında Faunal Bir Çalışma. *EU Su Ürünleri Dergisi*, 25 (4); 295-299.
- Ünal, E.M. 2014. Ege Denizi'nde ki *Caulerpa racemosa* (Forsskal) J. Agardh populasyonlarının filogenetik ilişkilerinin DNA barkodlama ile belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, 113 sayfa, Ankara.

- Van Damme, K. and Eggermont, H. 2011. The Afromontane Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) of the Rwenzori (Uganda–D. R. Congo): taxonomy, ecology and biogeography. *Hydrobiologia*, 676: 57–100.
- Ventura, M., Tiberti, R., Buchaca, T., Buñay, D., Sabás, I. and Miró, A. 2017. Why should we preserve fishless high mountain lakes?. In *High Mountain Conservation in a Changing World*, Catalan, J., Minot, J.M., and Merce Aniz, M. (eds.), Springer, 181-205, Cham, Switzerland.
- Ward, H.B. and Whipple, G.C. 1945. *Freshwater biology*, 2nd edition, John Wiley&Sons, 1111. New York, USA.
- Weider, L.J. 1993. Niche breadth and life history variation in a hybrid *Daphnia* complex. *Ecology*, 74, 935-943.
- Weider, L.J. and Hobæk, A. 2003. Glacial refugia, haplotype distribution, and clonal richness of the *Daphnia pulex* complex in arctic Canada. *Molecular Ecology*, 12; 463- 473.
- Williamson, C.E., Dodds, W., Kratz, T.K. and Palmer, M.A. 2008. Lakes and streams as sentinels of environmental change in terrestrial and atmospheric processes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6, 247-254.
- Williamson, C.E., Salm, C., Cooke, S.L. and Saros, J.E. 2010. How do UV radiation, temperature, and zooplankton influence the dynamics of alpine phytoplankton communities? *Hydrobiologia*, 648; 73-81.
- Winder, M. and Spaak, P. 2001. Carbon as an indicator of *Daphnia* condition in an alpine lake. *Hydrobiologia*, 442: 269–278.
- Winder, M. 2002. *Zooplankton ecology in high-mountain lakes*. Ph. D. Thesis. University of Innsbruck, Austria.
- Winder, M., Bürgi, H.R. and Spaak, P. 2003. Mechanisms regulating zooplankton populations in a high-mountain lake. *Freshwater Biology*, 48: 795–809.
- Xu, L., Lin, Q., Xu, S., Gu, Y., Hou, J., Liu, Y., Dumont, H.J. and Han, B.P. 2018. *Daphnia* diversity on the Tibetan Plateau measured by DNA taxonomy. *Ecology and Evolution*, 8 (10), 5069-5078.
- Yavaşlı, D.D., Tucker, C. J. and Melocik, K.A. 2015. Change in the glacier extent in Turkey during the Landsat Era. *Remote Sensing of Environment*, 163, 32-41.
- Yıldız, P. 2011. Verçenik Dağı (Rize, Türkiye)’nın kuzey ve güney göllerinin zooplankton faunası açısından karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 63, Ankara.
- Youngman, R.E. 1978. Measurment of Chlorophyll-a. Water Research Center, Tech. Rap. Tr-82.
- Zahno, C., Akçar, N., Yavuz, V., Kubik, P.W. and Schlüchter, C. 2009. Surface exposure dating of Late Pleistocene glaciations at the Dedegöl Mountains (Lake Beyşehir, SW Turkey). *Journal of Quaternary Science*, 24, 1016-1028.
- Zreda, M., Çiner, A., Sarıkaya, M.A., Zweck, C. and Bayarı, S. 2011. Remarkably extensive glaciation and fast deglaciation and climate change in Turkey near the Pleistocene Holocene boundary. *Geology*, 39 (11), 1051-1054.

## **EKLER**

EK 1 Çalışma Alanına Ait Fotoğraflar

EK 2 Çalışmaya Konu Olan Canlılara Ait Fotoğraflar

## EK 1 Çalışma Alanlarına Ait Fotoğraflar



Şekil 1 Aladağlar Bölgesi Yedigöller Platosu YG1 Gölü



Şekil 2 Aladağlar Bölgesi Yedigöller Platosu YG2 Gölü



Şekil 3 Aladağlar Bölgesi Yedigöller Platosu YG3 Gölü



Şekil 4 Aladağlar Bölgesi Yedigöller Platosu YG4 Gölü



Şekil 5 Aladağlar Bölgesi Yedigöller Platosu YG5 Gölü



Şekil 6 Aladağlar Bölgesi Yedigöller Platosu'nda Ağustos Ayı'nda kurumuş bir



Şekil 7 Aladağlar Bölgesi Yedigöller Platosu'nda Ağustos Ayı'nda kurumuş başka bir göl



Şekil 8 Şekil 7'deki kurumuş gölün yatağında bulunan Ostracoda kabukları (yeşil olanlar), *Chirocephalus* sp. kalıntıları ve *Daphnia* gr. *pulex*'e ait epphippiumlar

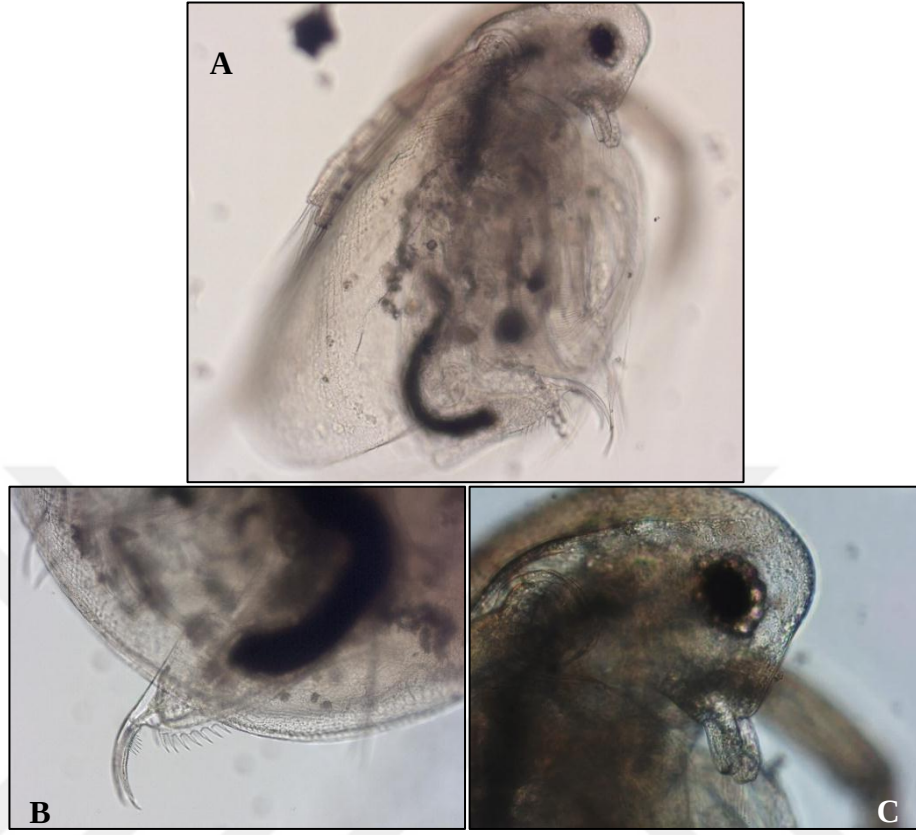


Şekil 9 Kaçkarlar Bölgesi Moçar Gölü

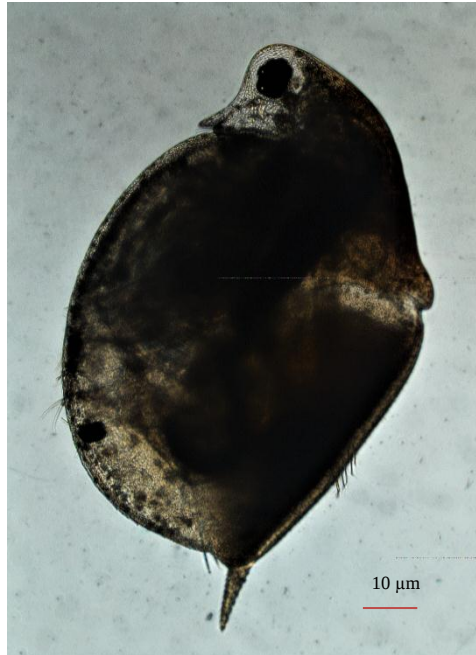


Şekil 10 Kaçkarlar Bölgesi Sulak Gölü

## EK 2 Çalışmaya Konu Olan Canlılara Ait Fotoğraflar



Şekil 11. A: *Daphnia* gr. *pulex* ♂ habitus, B: postabdominal claw, C: 1. Anten ve ocellus yapısı



Şekil 12. Pigmentli *Daphnia* gr. *pulex* ♀, habitus

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Pınar GÜRBÜZER

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 03.11.1985

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

### **Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)**

Lise : Kaya Bayazıtöğlu Lisesi (2003)

Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü (2009)

Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Bölümü (2011)

### **Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl**

Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Bölümü 2012 – devam

### **Yayınlar (SCI)**

**Gürbüzer, P.**, Buyurgan, Ö., Tekatlı, Ç. and Altındağ, A. 2017. “Species diversity and community structure of zooplankton in three different types of water body within the Sakarya River Basin, Turkey”. Turkish Journal of Zoology, 41(5), 848-859 pp.

### **Hakemli Dergiler**

Aydemir Çil, E., Taşdemir, A., Yardım, Ö. and **Yıldız, P.** 2016. The Dipteran Larvae (Insecta) of Karasu Stream (Sinop, Turkey). Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 12, 01-18 pp.

**Gürbüzer, P.**, Tüzün Tereshenko, E., Altındağ, A., and Akıska, S. 2018. Zooplankton fauna of Abant Lake: past and present. Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research. doi: 10.17216/LimnoFish-448525 (in press)

### **Ulusal Kongre Sunum**

**Yıldız, P.** 2008. Konya ili mağaralarında biyospeleolojik gözlemlerin dökümantasyonu. IV. Ulusal Speleoloji Sempozyumu, 21-24 Şubat 2008. Ankara.(tebliğ)

**Yıldız, P.**, Altunöz, M. 2011. Turizme açılmış mağarada (Mencilis Mağarası - Karabük) biyoçeşitliliğin gözlemlenmesi. V. Ulusal Speleoloji Sempozyumu, 18-20 Mart 2011, İstanbul.(tebliğ)

**Yıldız, P.** ve Çelik, Y.E., Çoraman, E. 2011. Türkiye'deki önemli yarasa mağaralarının belirlenip koruma altına alınması. X. Ekoloji ve Çevre Kongresi, 4-7 Ekim 2011, Çanakkale.(poster)

Kunt, K.B., **Yıldız, P.** and Çoraman, E. 2011. Türkiye için iki yeni mağara örümceği kaydı. X. Ekoloji ve Çevre Kongresi, 4-7 Ekim 2011, Çanakkale.(poster)

Altay, B., Altınok, E. B., Biber, A., Boz, Y., Çetinkaya, Ö., Tutar, Ö. ve **Yıldız, P.** 2011. Kültür ve Tabiat varlıklarını koruma kanunu kapsamında tezcil edilmiş mağaralar envanteri. V. Ulusal Speleoloji Sempozyumu, 18-20 Mart 2011, İstanbul.(poster)

**Yıldız, P.**, Altındağ, A., Buyurgan, Ö. ve Tekatlı, Ç. 2013. Kapılı Göller (Rize/Türkiye); alpin göller üzerine bir çalışma 17. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 3-6 Eylül 2013 İstanbul. (poster)

**Yıldız, P.**, Tekatlı, Ç., Buyurgan, Ö. and Altındağ, A. 2014. Poyrazlar Gölü'nün zooplankton faunası ve mevsimsel değişimi. VI. Ulusal Limnoloji Sempozyumu, 25-28 Ağustos 2014, Bursa/Türkiye

**Yıldız, P.,** Tekatlı, Ç., Buyurgan, Ö. and Altındağ, A. (2015). Porsuk Çayı' nda Zooplankton Üzerine Bir Çalışma. Ulusal Zooloji Kongresi, 28-31 Ağustos, Afyon/Türkiye

Tekatlı, Ç., Fikirdeşici Ergen, Ş., **Yıldız, P.,** Ergönül, M.B. and Altındağ, A. (2015).Eymir Gölü (Ankara, Türkiye) Tardigrada Faunası Üzerine Taksonomik Bir Çalışma. Ulusal Zooloji Kongresi, 28-31 Ağustos, Afyon/Türkiye

Fikirdeşici Ergen, Ş., **Yıldız, P.** Acaröz, E., Üçüncü Tunca, E. Tekatlı, Ç., Tunca, E. ve Altındağ, A. 2015. Çomar Deresi su sediment ve *Astacus leptodactylus* Escholtz 1823 kerevit dokularında ağır metal birikiminin tespiti ve kerevitin kadmiyum etkisine enzimsel yanıtı. Su Ürünlerinde Genomik Çalıştayı, 11-13 Kasım, Antalya/ Türkiye

**Gürbüzer, P.,** Tüzün Tereshenko, E., Altındağ, A., Akıska, S.. 2018. Abant Gölü zooplankton faunası: geçmiş ve bugün, VIII. Ulusal Limnoloji Sempozyumu, 27-29 Ağustos, Sakarya/Türkiye

### **Uluslararası Kongre Sunum**

**Yıldız, P.,** Altındağ, A. and Buyurgan, Ö. 2013. “A survey on the lakes of Verçenik Mountain (Rize/Turkey): zooplankton of Yayla Lakes”. Symposium for European Freshwater Sciences, 1-5 July 2013, Münster/Germany. (poster presentation)

Tekatlı, Ç., **Yıldız, P.,** Buyurgan, Ö. and Altındağ, A. 2014. “Zooplankton fauna and seasonal changes in Cubuk II Dam Reservoir and Sorgun Pond”. International Symposium on Freshwater and Aquatic Sciences, 25-27 September 2014, Trabzon/Turkey. (oral presentation)

Fikirdeşici Ergen, Ş., Tekatlı, Ç., **Yıldız, P.,** Ören, M. and Altındağ, A. (2015).A new record of Tardigrada from Turkey (Cubuk 2 Dam, Ankara). 13th International Symposium on Tardigrada, 23-26 June, Modena/Italy (poster presentation)

Tekatlı, Ç., Fikirdeşici Ergen, Ş., **Yıldız, P.**, Ören, M. and Altındağ, A. (2015). Taxonomic studies on the species of Tardigrada in Soğuksu National Park located in Kızılcahamam Ankara (Turkey). 13th International Symposium on Tardigrada, 23-26 June, Modena/Italy. (oral presentation)

Tekatlı, Ç., Altındağ, A., Fikirdeşici Ergen, Ş., **Yıldız, P.** and Ören, M. (2015). Tardigrades taken from soil and rock moss samples in Safranbolu/Karabük. 13th International Symposium on Tardigrada, 23-26 June, Modena/Italy. (poster presentation)

Birinci Özdemir, Z., **Yıldız, P.** and Aydemir Çil, E. 2016. Distribution of gelatinous macrozooplankton in Sinop Peninsula of Southern Black Sea. 5th International Jellyfish Bloom Symposium, 30 May-03 June, Barcelona/Spain. (oral presentation)

Tekatlı, Ç., Özer, D. **Yıldız, P.** Fikirdeşici Ergen, Ş., and Altındağ, A. 2016. New records of Tardigrada species from the Turkish Fauna (Verçenik/Turkey). International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences 2016, 03 – 05 November, Antalya/Turkey (oral presentation)

Aydemir Çil, E., Özbek, M., Yardım, Ö., Yıldız, S., Taşdemir, A., Rasouli, H., Özcan, E., **Yıldız, P.**, Ertaş, E., Çarlı, U. 2016. Macrobenthic invertebrate fauna of Karasu Stream, Sinop. International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences, 03 – 05 November, Antalya/ Turkey (poster presentation)

Özgül, N., Barlas, M., **Gürbüz, P.** and Altındağ, A. 2017. Lake Köyceğiz: A study on physico-chemical water quality and zooplankton fauna of meromictic lake in Turkey. 1st International Limnology and Freshwater Fishery Symposium, 04-06 October, Eğirdir/ Turkey. (poster presentation)

Birinci Özdemir, Z., Aydemir Çil, E., **Yıldız, P.** and Özdemir, S. 2017. Seasonal size composition of gelatinous macrozooplankton in the Southern Black Sea. VIII. International Symposium on Ecology and Environmental Problems, 04-07 October, Çanakkale/ Turkey. (poster presentation)

Aydemir-Çil, E., Özbek, M., Yardım, Ö., Yıldız, S., Taşdemir, A., Erdem, Y., Rasouli, H., **Gürbüzer, P.**, Ertaş, E., and Çarlı, U. 2018. A study on Karasu Stream (Sinop): macrobenthic fauna. International Congress on Engineering and Life Science, 26-29 April, Kastamonu/Turkey (oral presentation)

Aydemir Çil, E., **Gürbüzer, P.**, Özbek, M., Yardım, Ö., Taşdemir, A., Yıldız, S., and Çarlı, U. 2018. Macrobenthic composition in Tatlıca Waterfall (Sinop). International Symposium Ecology 2018, 19-23 June, Kastamonu/Turkey (oral presentation)

**Gürbüzer, P.**, Tekatlı, Ç., Fikirdeşici Ergen, Ş., Üçüncü Tunca, E., and Tunca, E. 2018. Investigation of heavy metal contamination in Çubuk II Reservoir. International Symposium Ecology 2018, 19-23 June, Kastamonu/Turkey (poster presentation)

Fikirdeşici Ergen, Ş., Üçüncü Tunca, E., Tekatlı, Ç., **Gürbüzer, P.**, and Tunca, E. 2018. Metal status in the Kesik Köprü Dam Lake. International Symposium Ecology 2018, 19-23 June, Kastamonu/Turkey (poster presentation)

