

T.C.  
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

*Garra* Hamilton, 1822 TÜRLERİ VÜCUT ŞEKLİ  
VARYASYONUNUN GEOMETRİK MORFOMETRİ İLE  
DEĞERLENDİRİLMESİ

Tezi Hazırlayan  
Ümmügülsün YAKUPOĞLU

Tez Danışmanı  
Doç. Dr. Sevil SUNGUR

Biyoloji Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

Ağustos 2023

**Doç. Dr. Sevil SUNGUR** danışmanlığında **Ümmügülsün YAKUPOĞLU** tarafından hazırlanan “**Garra Hamilton, 1822 Türleri Vücut Şekli Varyasyonunun Geometrik Morfometri İle Değerlendirilmesi**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

01/08/2023

## **JÜRİ**

Başkan

Prof. Dr. Erdoğan ÇİÇEK

Üye

Doç. Dr. Ercan SOYDAN

Üye

Doç. Dr. Sevil SUNGUR

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun.....tarih ve..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

/09/2023

Doç. Dr. Cemal ÇARBOĞA  
Enstitü Müdürü

## **BİLDİRİM SAYFASI**

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

**Ümmügölsün YAKUPOĞLU**



## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada konu seçimi ile baőlayıp çalışma sürecinde de desteklerini ve engin tecrübelerini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Sevil SUNGUR'a ve bu süreçte bana katkısı olan tüm hocalarıma, laboratuvar çalıőmalarındaki özverili yardımları için Dr. Burak SEÇER ve Biyolog Roowaida AKBARI'ye;

Çocukluğumdan bugüne kadar yetiőmemde emeklerini ve sevgilerini esirgemeyen, desteklerini her zaman hissettiğim anne ve babam Zelle ve Abbas BÜKEN'e, hayatım boyunca desteklerini hep yanımda hissettiğim kardeőlerim Gülay, İbrahim ve Rümeysa BÜKEN'e, hayatıma farklı bir kapı açtığı ilk günden beri beni cesaretlendiren, yreklendirip teővik eden, emeğini, desteğini ve zamanını benden esirgemeyen eőim Kaan YAKUPOĞLU'na ve kendilerinden esirgediğim zamana aldırıő etmeden beni bütün kalbiyle seven ocuklarım Ayőe Liva ve Alya Lina'ya hoőgörü, sevgi, saygı ve anlayıőlarından dolayı bütün kalbimle teşekkür ederim.

# **Garra Hamilton, 1822 TÜRLERİ VÜCUT ŞEKLİ VARYASYONUNUN GEOMETRİK MORFOMETRİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Ümmügülsün YAKUPOĞLU**

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ  
ENSTİTÜSÜ**

**Ağustos 2023**

## **ÖZET**

Bu çalışma Türkiye’de dağılım gösteren bazı *Garra* Hamilton, 1822 türlerinin gösterdiği vücut şekli varyasyonunu, türler ve havzalar bazında değerlendirmek ve geometrik morfometri yöntemi ile standardize ederek daha net sonuçlara ulaşmak amacı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan örnekler 2014-2022 yıllarında gerçekleştirilen arazi çalışmaları süresince toplanmıştır. Örnekler sol yan görünümünden fotoğraflanarak geometrik morfometri analizleri ile birlikte Temel Bileşenler Analizi (PCA) ve Ayrıcı Fonksiyon Analizi (DFA) ile tür içi ve türler arası benzerlik ve farklılıkların değeri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre; tür içi varyasyonun en fazla görüldüğü türler *G. turcica* ve *G. variabilis* iken en az görüldüğü tür ise *G. rufa* olarak belirlenmiştir. *Garra orontesi* ile *G. turcica*’nın birbirine en yakın türler olduğu belirlenmiştir. Değerlendirilen türler için en fazla varyasyonun burun ucu, gözün konumu, kuyruk sapının yüksekliği, vücut yüksekliği ve operculum başlangıcı olmuştur. Türlerin fenotipik plastisite aralığının geniş olduğu, popülasyonların kesişme bölgelerinde bu varyasyonun daha da arttığı, aynı zamanda coğrafik olarak uzak olan popülasyonlarda plastisite seviyesinin de arttığı gözlemlenmiştir.

***Anahtar Kelimeler: Fenotipik plastisite, morfolojik varyasyon, adaptasyon, çevresel değişkenler***

**Tez Danışman: Doç. Dr. Sevil SUNGUR**  
**Sayfa Adeti: 49**

**EVALUATION OF BODY SHAPE VARIATION BY GEOMETRIC  
MORPHOMETRY OF GENUS *Garra* Hamilton, 1822**

**(M. Sc. Thesis)**

**Ümmügülsün YAKUPOĞLU**

**UNIVERSITY OF NEVSEHIR HACI BEKTAS VELI GRADUATE SCHOOL OF  
NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**August 2023**

**ABSTRACT**

This study was carried out to evaluate the body shape variation of some *Garra* Hamilton, 1822 species distributed in Turkey on the basis of species and basins and to reach clearer results by standardizing them with geometric morphometry method. The specimens used in the study were collected during the field studies carried out in 2014-2022. The samples were photographed from the left side view and the value of similarities and differences between populations were determined by Principal Component Analysis (PCA), Discriminant Function Analysis (DFA) together with geometric morphometry analysis. According to the data obtained as a result of the study; *Garra turcica* and *G. variabilis* were the species with the highest intraspecific variation, while *G. rufa* was the species with the lowest intraspecific variation. *Garra orontesi* and *G. turcica* were found to be the closest species to each other. For the species evaluated, the most variation was observed in the tip of the snout, eye position, caudal peduncle height, body height and the beginning of the operculum. It was observed that the range of phenotypic plasticity was wide in the evaluated species, this variation increased even more in the intersection regions of the populations, and at the same time, the level of plasticity increased in geographically distant populations.

***Keywords: Phenotypic plasticity, morphological variation, adaptation, environmental variables***

**Supervisor: Assoc. Prof. Sevil SUNGUR  
Number of page: 49**

## İÇİNDEKİLER

KABÜL VE ONAY SAYFASI .....	i
TEZ BİLDİRİM SAYFASI .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
ÖZET.....	vi
ABSTRACT .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
1. BÖLÜM	
GİRİŞ .....	1
2. BÖLÜM	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
3. BÖLÜM	
MATERYAL ve YÖNTEM.....	8
3.1. Materyal .....	8
3.2. Örneklerin ve TPS Dosyalarının hazırlanması.....	12
3.3. Landmark noktalarının üst üste bindirilmesi.....	13
3.4. İstatistiksel analizler .....	14
4. BÖLÜM	
BULGULAR VE TARTIŞMA	
4.1. Bulgular ve Tartışma.....	15
4.1.1. <i>Garra orontesi</i> .....	15
4.1.2. <i>Garra turcica</i> .....	19

4.1.3.	<i>Garra rufa</i> .....	25
4.1.4.	<i>Garra variabilis</i> .....	28
4.1.5.	Tüm Türler .....	32
5. BÖLÜM		
SONUÇ VE ÖNERİLER .....		40
KAYNAKLAR .....		42
ÖZGEÇMİŞ .....		49





## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	Örnekleme istasyonları.....	8
Şekil 3.2.	Örneklerin toplandığı habitat görüntüleri.....	10
Şekil 3.3.	Çalışılan türlerin genel vücut görüntüsü .....	11
Şekil 3.4.	TpsUtil ile tps dosyalarının oluşturulması.....	12
Şekil 3.5.	TpsDig programında landmark noktalarının eklenmesi.....	13
Şekil 4.1.	<i>Garra orontesi</i> 10. ve 12. İstasyonlarına ait PCA grafiği .....	16
Şekil 4.2.	<i>Garra orontesi</i> 10. ve 11. istasyonlarına ait PCA grafiği. ....	16
Şekil 4.3.	<i>Garra orontesi</i> popülasyonları PCA grafiği.....	17
Şekil 4.4.	<i>Garra orontesi</i> popülasyonları DFA tel kafes grafiği. ....	19
Şekil 4.5.	<i>Garra turcica</i> 5. ve 8. istasyonlarına ait PCA grafiği. ....	20
Şekil 4.6.	<i>Garra turcica</i> 5. ve 9. istasyonlarına ait PCA grafiği. ....	20
Şekil 4.7.	<i>Garra turcica</i> 9. ve 8. istasyonlarına ait PCA grafiği .....	21
Şekil 4.8.	<i>Garra turcica</i> popülasyonları PCA grafiği .....	21
Şekil 4.9.	<i>Garra turcica</i> popülasyonlarına ait DFA analizi tel kafes grafiği ...	24
Şekil 4.10.	<i>Garra rufa</i> 14. ve 15. istasyonlarına ait PCA grafiği.....	25
Şekil 4.11.	<i>Garra rufa</i> 13. ve 14. istasyonlarına ait PCA grafiği.....	26
Şekil 4.12.	<i>Garra rufa</i> popülasyonlarına ait PCA grafiği .....	26
Şekil 4.13.	<i>Garra rufa</i> popülasyonlarına ait DFA analizi tel kafes grafiği.....	28
Şekil 4.14.	<i>Garra variabilis</i> 17. ve 21. istasyonlarına ait PCA grafiği. ....	29
Şekil 4.15.	<i>Garra rufa</i> 20. ve 21. istasyonlarına ait PCA grafiği.....	29
Şekil 4.16.	<i>Garra variabilis</i> popülasyonları PCA grafiği .....	30
Şekil 4.17.	<i>Garra variabilis</i> popülasyonlarına ait DFA analizi tel kafes grafiği	32

Şekil 4.18.	<i>Garra rufa</i> , <i>G. variabilis</i> , <i>G. turcica</i> ve <i>G. orontesi</i> türleri en uzak popülasyonlarına ait PCA grafiği .....	33
Şekil 4.19.	<i>Garra rufa</i> , <i>G. variabilis</i> , <i>G. turcica</i> ve <i>G. orontesi</i> türlerine ait DFA analizi tel kafes grafiği .....	34
Şekil 4.20.	<i>Garra rufa</i> , <i>G. variabilis</i> , <i>G. turcica</i> ve <i>G. orontesi</i> türleri en yakın popülasyonlarına ait PCA grafiği. ....	35
Şekil 4.21.	<i>Garra rufa</i> , <i>G. variabilis</i> , <i>G. turcica</i> ve <i>G. orontesi</i> türleri en yakın popülasyonlarına ait DFA analizi tel kafes grafiği.....	36
Şekil 4.22.	<i>Garra rufa</i> , <i>G. variabilis</i> , <i>G. turcica</i> ve <i>G. orontesi</i> türlerine ait PCA grafiği.....	37
Şekil 4.23.	<i>Garra rufa</i> , <i>G. variabilis</i> , <i>G. turcica</i> ve <i>G. orontesi</i> türlerine ait Cluster dendogramı .....	38

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1.	Örnekleme lokasyonları ve koordinatlar. ....	9
Tablo 3.2.	Kullanılan landmark noktalarının konumu.....	13
Tablo 4.1.	<i>Garra orontesi</i> popülasyonları DFA ile hesaplanan Mahalanobis mesafeleri .....	18
Tablo 4.2.	<i>Garra turcica</i> popülasyonlarına ait DFA ile hesaplanan Mahalanobis mesafeleri.....	22
Tablo 4.3.	<i>Garra rufa</i> popülasyonlarına ait DFA ile hesaplanan Mahalanobis mesafeleri.....	27
Tablo 4.4.	<i>Garra variabilis</i> popülasyonlarına ait DFA ile hesaplanan Mahalanobis mesafeleri.....	30
Tablo 4.5.	<i>Garra rufa</i> , <i>G. variabilis</i> , <i>G. turcica</i> ve <i>G. orontesi</i> türleri için en uzak mesafe popülasyonları için DFA ile hesaplanan Mahalanobis mesafeleri.....	33
Tablo 4.6.	<i>Garra rufa</i> , <i>G. variabilis</i> , <i>G. turcica</i> ve <i>G. orontesi</i> türleri için en yakın mesafe popülasyonları için DFA ile hesaplanan Mahalanobis mesafeleri.....	36
Tablo 4.7.	<i>Garra rufa</i> , <i>G. variabilis</i> , <i>G. turcica</i> ve <i>G. orontesi</i> türleri için DFA ile hesaplanan Mahalanobis mesafeleri.....	38
Tablo 4.8.	<i>Garra rufa</i> , <i>G. variabilis</i> , <i>G. turcica</i> ve <i>G. orontesi</i> Öklid mesafeleri .....	38

## SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ

DFA	: Doğrulayıcı Faktör Analizi
PCA	: Principal Component Analyses = Temel Bileşenler Analizi
PC	: Principal Component = Temel Bileşen
TPS	: Thin Plate Spline
p	: Önem değeri



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Avrupa, Asya ve Afrika arasındaki köprü konumunda yer alan Anadolu bu farklı kıtaların biyoçeşitliliğini barındırmaktadır. Sahip olduğu iklimsel, coğrafik ve jeolojik özelliklerin yarattığı habitat çeşitliliği nedeniyle çok dar alanlarda özel habitatların ve lokal olarak çok sayıda endemik bitki ve hayvan çeşitliliğinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu nedenle zoocoğrafik özellikleri bakımından çok ilginç dağılım durumlarını da barındırmaktadır (Çiçek ve ark. 2020).

Türkiye iç su balıkları ile ilgili en eski kayıttan bu yana (Bennett 1835) gerek yeni tür tanımlamaları ve gerekse yeni kayıtlar ile bugün Türkiye balık faunası verileri ve bilgilerin birikimine bağlı olarak da balık türlerinin dağılım alanları ortaya çıkartılarak Türkiye ihtiyocoğrafyası şekillenmeye başlamıştır. En son yayınlanmış olan listeye göre Türkiye’de yaklaşık yarısı endemik olmak üzere 384 balık türü dağılım göstermektedir (Çiçek ve ark. 2020). Ancak halen Türkiye ihtiyofaunası tam olarak tespit edilmekten uzaktır. Nitekim halen ülke için yeni kayıt bildirimleri ve yeni tür tanımlamaları yapılmaya devam etmektedir (Bayçelebi ve ark. 2021; Yoğurtçuoğlu ve ark. 2023).

Çok geniş bir alanda dağılım gösteren bir türün dağılım alanı içerisinde bulunan farklı bölge popülasyonları arasında morfolojik değişiklikler söz konusu olabilmektedir. Geniş alanlarda dağılım gösteren aynı türün farklı popülasyonları gerek vücut morfolojisi gerekse renk bakımından çeşitli düzeylerde farklılık göstererek ilgili habitata özgü forma gelebilmektedir. Bu durum morfolojik farklılıklardaki esneklikten (Phenotypic plasticity) kaynaklanmaktadır ve bu farklılıklar tür içi varyasyonu ortaya koymaktadır (Kelly ve ark. 2012).

Fenotipik plastisite (çevresel esneklik) genellikle bireysel olarak bir organizmanın değişen çevresel koşullara karşı gösterdiği doğrudan yanıt olarak davranışını, fizyolojisini, morfolojisini (fenotipini) ve genetik yapısını belirli sınırlar içerisinde değiştirme kapasitesi olarak tanımlanır (Singer ve ark. 2009). Esneklik organizmaların ortam koşullarında meydana gelen değişimler karşısında varlıklarını sürdürmeleri için yeni ve karmaşık özellikler kazanmalarına, popülasyon içerisinde bireyler arasında etkileşimlerde değişimlerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Son yıllarda, epigenetik biliminin yükselen bir trende sahip olması ile birlikte türlerin çevresel değişkenlere göre uyumu daha fazla dikkate alınır bir hale gelmiş ve fenotipik plastisitenin evrimsel gücü yeniden ilgi görmeye başlamıştır. Fenotipik plastisite öncelikle ekolojik/evrimsel bir olgu olarak görülse de davranış, öğrenme, koruma biyolojisi ve insan sağlığı gibi çok çeşitli alanlara dokunmaktadır (Price ve ark. 2003).

Bir türün dağılım alanı homojen bir yapıya sahip değildir. Dağılım alanı içerisinde iklim, jeoloji, hidroloji, hidromorfoloji ve suyun fiziko-kimyasal özellikleri büyük farklılıklar gösterebilir. Bu nedenle alan içerisinde farklı habitat özelliklerine sahip alt alanlar söz konusudur. Bu durum tür içi morfolojik varyasyona sebep olabilir. Bazı türlerde morfolojik esnekliğin yüksek olması nedeniyle bu varyasyon çok yüksek iken bazı türlerde daha düşük olabilmektedir (Avşar ve ark. 1988). Bu nedenle bazen geniş dağılımlı bir türün farklı bölge popülasyonları farklı bir tür olarak değerlendirilmesine sebep olabilecek kadar fark gösterirken bazı durumlarda ise bu uyum farklı türlerde bile birbirine çok yakın morfometrik özelliklere sahip olma ile sonuçlanmaktadır. Bu nedenle taksonomik çalışmalarda çok sayıda karakter kümesi değerlendirilmesi ya da çelişkili durumların daha net ortaya konulması için yeni tekniklere başvurulması ile önceki durumları farklı olsa da bazı popülasyonlar yeni tür ya da yeni bildirim şeklinde bazı türler ise sinonim şeklinde değerlendirilebilmektedir.

Türkiye iç su balıklarının tanımlanması ya da yeni kayıtların verilmesi süreçlerinde bu bilimsel gelişmelere örnek olabilecek çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Geçmişte türlerin dağılım alanı içerisindeki farklı bölge popülasyonları alt tür ya da varyete olarak tanımlanmaktaydı. Ancak son dönemde balık sistematigi çalışmalarında alt tür ve varyete kullanımının ortadan kalkması ile bu türlerden bir kısmı tür düzeyine

yükseltilirken bir kısmı da sinonim hale gelmiştir (Sungur ve ark. 2017; Sungur ve ark. 2018; Çiçek ve ark. 2019; Sungur, 2020; Çiçek ve ark. 2022; Bayçelebi ve ark. 2022; Turan ve ark. 2023). Bununla birlikte yeni tanımlanmış türlerin de sonraki çalışmada sinonim olduğunun tespiti ya da bazı popülasyonların farklı bir tür olduğu ortaya çıkartılarak yeniden geçerli bir tür haline de getirilmektedir (Geiger ve ark. 2014; Bayçelebi ve ark. 2018; Sungur ve ark. 2018a, 2018b; Çiçek ve ark. 2018; Turan ve ark. 2023a, b).

Tüm yukarıda sıralanan olasılıklar ve durumların temelinde herhangi bir alanda dağılım gösteren farklı bölge popülasyonları arasındaki varyasyonun ne düzeyde olduğunun iyi analiz edilip edilmemesi yatmaktadır. Diğer bir ifade ile farklı popülasyonlardaki varyasyonların tür içi değişim aralığı içerisinde değerlendirilip değerlendirilemeyeceği büyük önem taşımaktadır.

Dünyada Cyprinidae familyası üyesi olan *Garra* cinsine mensup 188 geçerli tür bulunmakta olup bunlardan dokuz tanesi Türkiye’de dağılım göstermektedir (van der Laan, 2022). Bunlar içerisinde *Garra rufa* türünün yakın bir zaman kadar Fırat, Seyhan, Ceyhan, Doğu Akdeniz ve Asi havzaları dahil olmak üzere çok geniş bir alanda dağılım gösterdiği bilinmekteydi (Geldiay ve Balık 2007; Çiçek ve ark. 2015). Ancak daha sonra Doğu Akdeniz, Seyhan ve Ceyhan havzalarında *Garra turcica* türünün dağılım gösterdiği belirlenmiştir (Bayçelebi ve ark. 2018). Bunun yanı sıra Asi Havzasında dağılım gösteren bireyler *Garra orontesi* isimli yeni bir tür olarak tanımlanmıştır (Bayçelebi ve ark. 2021). Daha sonra Dicle-Fırat havzasının yukarı Dicle bölümünde ise *Garra rezai* türü tanımlanmıştır (Mousavi-Sabet ve ark. 2022).

Bu tez çalışmasında geniş bir alanda dağılım gösterdiği bildirilen *G. rufa* ve *G. variabilis*; son yıllarda yeniden geçerli tür haline getirilmiş olan *G. turcica* ve yeni bir tür olarak tanımlanan *G. orontesi* türlerinin tür içi varyasyonları ve türler arası varyasyonları morfometrik karakterler bakımından değerlendirilerek geometrik morfometri ve istatistik yöntemlerle sayısal olarak ifade edilmiş ve bu varyasyonlar görselleştirilmiştir. Böylece bu türlerin dağılım alanı içerisindeki farklı bölge popülasyonlarının morfolojik değişim aralığı ortaya çıkarılarak tür içi ve türler arası

morfometrik varyasyonlar belirlenmiş aynı zamanda tür tayini için kullanılan parametrelerden hangilerinin daha ayırıcı olduğu da ortaya konmaya çalışılmıştır.





## BÖLÜM 2

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Türkiye sahip olduğu konumu nedeniyle, farklı jeolojik, coğrafik, hidrolojik, iklimsel vb. gibi sebeplerin ortaya çıkarttığı yüksek habitat çeşitliliğine sahiptir. Bu nedenle çok dar alanlardaki özel habitatlar lokal endemik türlerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu habitat çeşitliliği ise zengin bir biyoçeşitliliği beraberinde getirmektedir (Çiçek ve ark. 2020). Türkiye iç su balık faunası ile ilgili en eski kayıt Abbolt K.E. tarafından verilmiştir (Bennett 1835). Osmanlı İmparatorluğu boyunca batılı araştırmacılarca çok sayıda çalışma yürütülerek ülkemizden yeni kayıt bildirimleri yapılmıştır. İstanbul Balık Hali Müdürü Karakin Deveciyan tarafından hazırlanan kitapta balık ve balıkçılık ile ilgili bilgiler verilmiştir (Deveciyan 1926). Cumhuriyet döneminde de yabancı araştırmacılarca yapılan çalışmaların yanı sıra Ord. Prof. Dr. Curt Kosswig'in çabaları ile yerli araştırmacılarca da çalışmalar başlatılmıştır. Bu yapılan çalışmalar Geldiay ve Balık (1988) tarafından bir kitapta toplanmıştır. Kuru (2004) tarafından 1856-2004 yıllarını kapsayacak şekilde 26 familyaya mensup 236 türün yer aldığı ilk kapsamlı checklist yayınlanmıştır. Bunu Fricke ve ark. (2007), Kuru ve ark. (2014) ve Çiçek ve ark. (2015)'nin çalışmaları izlemiştir. En son olarak Çiçek ve ark. (2020) tarafından yayınlanan çalışmada ise 384 tür listelenmiştir. Bu listedeki türlerin yarısı endemik türlerden oluşmaktadır (Çiçek ve ark. 2018, 2020). Son üç yıl içerisinde ise tamamı endemik olmak üzere 23 yeni tür bildirimi yapılmıştır (Kaya ve ark. 2020; Yoğurtçuoğlu ve ark. 2020; Freyhof ve ark. 2021a, 2021b; Küçük ve ark. 2021; Saygun ve ark. 2021; Turan ve Aksu 2021; Turan ve ark. 2021; Yoğurtçuoğlu ve ark. 2021a, 2021b; Turan 2022; Turan ve ark. 2022; Turan ve ark. 2023a, 2023b).

Türkiye'de geçmiş yıllardaki ihtiyofauna verilerinde *Garra* cinsine mensup *G. variabilis* ve *G. rufa* olmak üzere iki türün dağılım gösterdiği rapor edilmiştir (Kuru 2004; Geldiay ve Balık 2007; Fricke ve ark. 2007). Daha sonra ihtiyofauna

çalışmalarının hız kazandığı dönemlerde ise bu cins üzerinde yapılan çalışmalarla tür sayısı ve dağılım alanı değişiklikleri tespit edilmiştir.

*Hemigrammocapoeta* cinsine mensup *H. culiciphaga* (Pellegrin 1927), *H. kemali* (Hankó 1925), *H. caudomaculata* (Battalgil 1942) ve *H. klatti* (Kosswig 1950) türleri *Garra* cinsine transfer edilmiştir (Geiger ve ark. 2014).

*Garra rufa turcica* Karaman, 1971 Ceyhan Nehrinden tanımlanmıştır (Karaman 1971). Ancak geçerli tür olarak kabul edilmemiş ve *G. rufa*'nın sinonimi olarak anılmıştır. Ancak Bayçelebi ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmalarla sinonim olmadığı *G. turcica* türünün geçerli bir tür olduğu ortaya çıkartılmıştır. Bu çalışmada *G. turcica* türünün küt bir burun, daha ince bir vücut ve COI barkod bölgesinde 19 sabit tanısal nükleotidin olması gibi özellikleri bakımından *G. rufa* türünden ayrıldığı ve İskenderun Körfezine dökülen akarsularda dağılım gösterdiği bildirilmiştir.

Asi Havzası popülasyonu üzerine yapılan çalışmalarda bu popülasyonun *G. rufa* ve *G. turcica* türlerinden birinci solungaç dikeninde 17-21 diken olması, 8½ dorsal yüzgeç ışını olması, pektoral ve pelvik yüzgeç başlangıçları arasında genellikle 2-3 pul bulunması gibi özellikleri bakımından ayrıca COI barkod bölgesinde *G. rufa* ile %2,7 ve coğrafi olarak komşu *G. turcica* ile %3,9'luk minimum K2P mesafelik farklılık olduğu ortaya konarak *Garra orontesi* Bayçelebi, Kaya, Turan & Freyhof, 2021 yeni bir tür olarak tanımlanmıştır.

Dicle Nehri popülasyonunun da *G. rufa* türünden solungaç dikeninin 11-16 olması, 7½ dorsal yüzgeç ışınının olması ve COI barkod bölgesinde %14,9 'luk K2P mesafelik farklılık olduğu ortaya konarak *Garra rezai* Mousavi-Sabet, Eagderi, Saemi-Komsari, Kaya & Freyhof, 2022 yeni bir tür olarak tanımlanmıştır (Mousavi-Sabet ve ark. 2022). Böylece güncel olarak Türkiye'de dağılım gösteren *Garra* cinsine mensup tür sayısı dokuzaya yükselmiştir (Çiçek ve ark. 2020; Mousavi-Sabet ve ark. 2022).

Fenotipik plastisite, benzersiz bir çevreye yanıt olarak bir organizmanın davranış, morfoloji ve fizyolojisindeki bazı değişiklikleri ifade eder (Price ve ark. 2003).

Organizmaların çevresel çeşitlilikle başa çıkma biçiminin temelini oluşturan fenotipik plastisite, bir bireyin yaşamı boyunca kalıcı olabilecek veya olmayabilecek çevresel olarak indüklenen her türlü değişikliği (örneğin morfolojik, fizyolojik, davranışsal, fenolojik) kapsar (Kelly ve ark. 2012). Bu terim ilk olarak morfolojik karakterler üzerindeki gelişimsel etkileri tanımlamak için kullanılmıştır, ancak günümüzde iklimlendirme (aklimatizasyon) ve öğrenme gibi çevresel değişime verilen tüm fenotipik tepkileri tanımlamak için daha geniş bir şekilde kullanılmaktadır.

Fenotipik plastisite, bir genotipin farklı ortamlara maruz kaldığında birden fazla fenotip üretme yeteneğidir. Fenotipik plastisite davranış değişiklikleri olarak da gözlemlenebilir. Davranış değişiklikleri ise morfolojik ve fizyolojik farklılaşmaya giden yolu açar (Singer ve ark. 2009).

Fenotipik plastisite ile ilgili çalışmalar son yıllarda daha fazla gündeme gelmiştir. Bu kapsamda yapılmış olan bazı çalışmalara ilişkin örnekler aşağıda sıralanmıştır.

Mouludi-Saleh ve arkadaşları (2020) tarafından yapılan çalışmada *Squalius turcicus* türünün Türkiye ve İran popülasyonları morfometrik karakter bakımından karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada farklı alanlarda dağılım gösteren popülasyonlar arasında morfolojik farklılıkların çok yüksek olduğu ortaya çıkartılmıştır. Diğer bir ifade ile fenotipik plastisitenin fazla olduğu ortaya konmuştur.

Seçer ve arkadaşları (2022) tarafından Kızılırmak, Sakarya ve Marmara havzalarında dağılım gösteren *Oxynoemacheilus angorae* türünün dağılım alanında farklı bölge popülasyonları arasında yüksek morfolojik farklılıklar fenotipik plastisitenin de yüksek olduğuna işaret etmektedir.

Kubilay (2021) tarafından yapılan çalışmada Fırat-Dicle havzasında dağılım gösteren *Alburnus sellal* popülasyonlarında geniş bir morfolojik varyasyonun olduğu bildirilmiştir. Bu varyasyon, oldukça geniş bir alanda dağılım gösteren bu türün çevresel koşullardaki değişikliklere bağlı olarak fenotipik plastisitesinin de yüksek olması ile açıklamıştır.

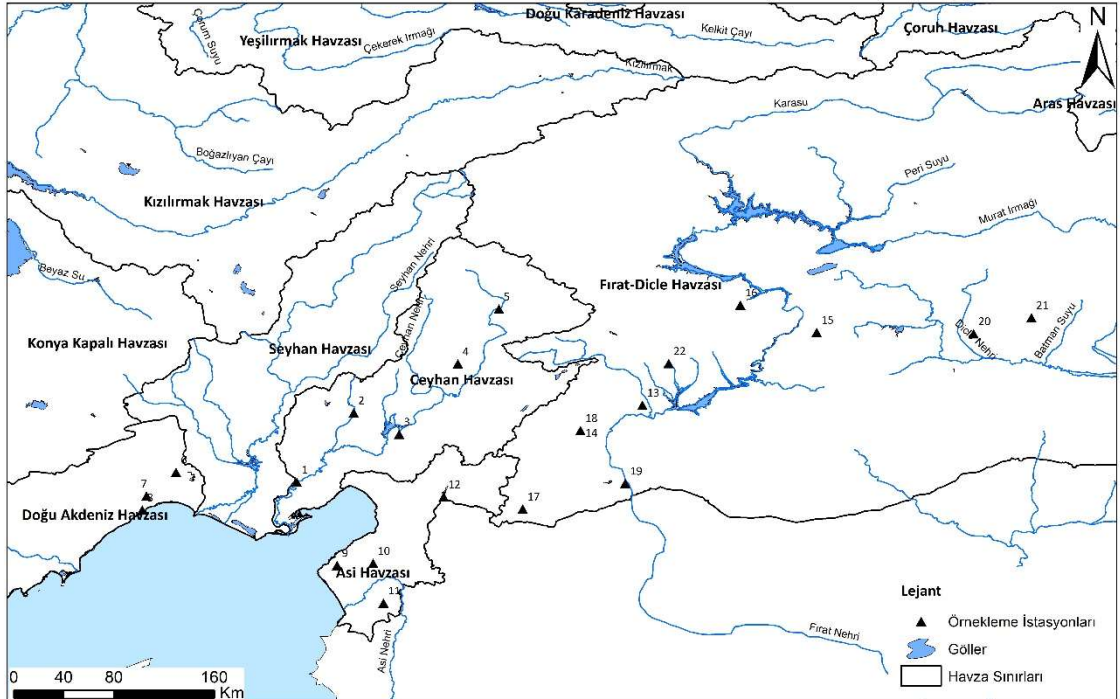
## BÖLÜM 3

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Tez çalışmasının materyali 2014-2022 yılları arasında Seyhan, Ceyhan, Asi ve Dicle-Fırat havzalarından toplanan ve Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Hidrobiyoloji Laboratuvarında muhafaza edilmekte olan *Garra* cinsine ait örneklerdir. Bu çalışmada *Garra orontesi* Bayçelebi, Kaya, Turan & Freyhof, 2021, *Garra rufa* (Heckel, 1843), *Garra turcica* Karaman, 1971 ve *Garra variabilis* (Heckel, 1843) türleri kullanılmıştır.

Kullanılan örneklerin temin edildiği istasyonlara ait koordinatlar ve harita Tablo 3.1’de ve Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Örnekleme istasyonlarına ait fotoğraflar Şekil 3.2’de ve Şekil 3.3’de verilmiştir.



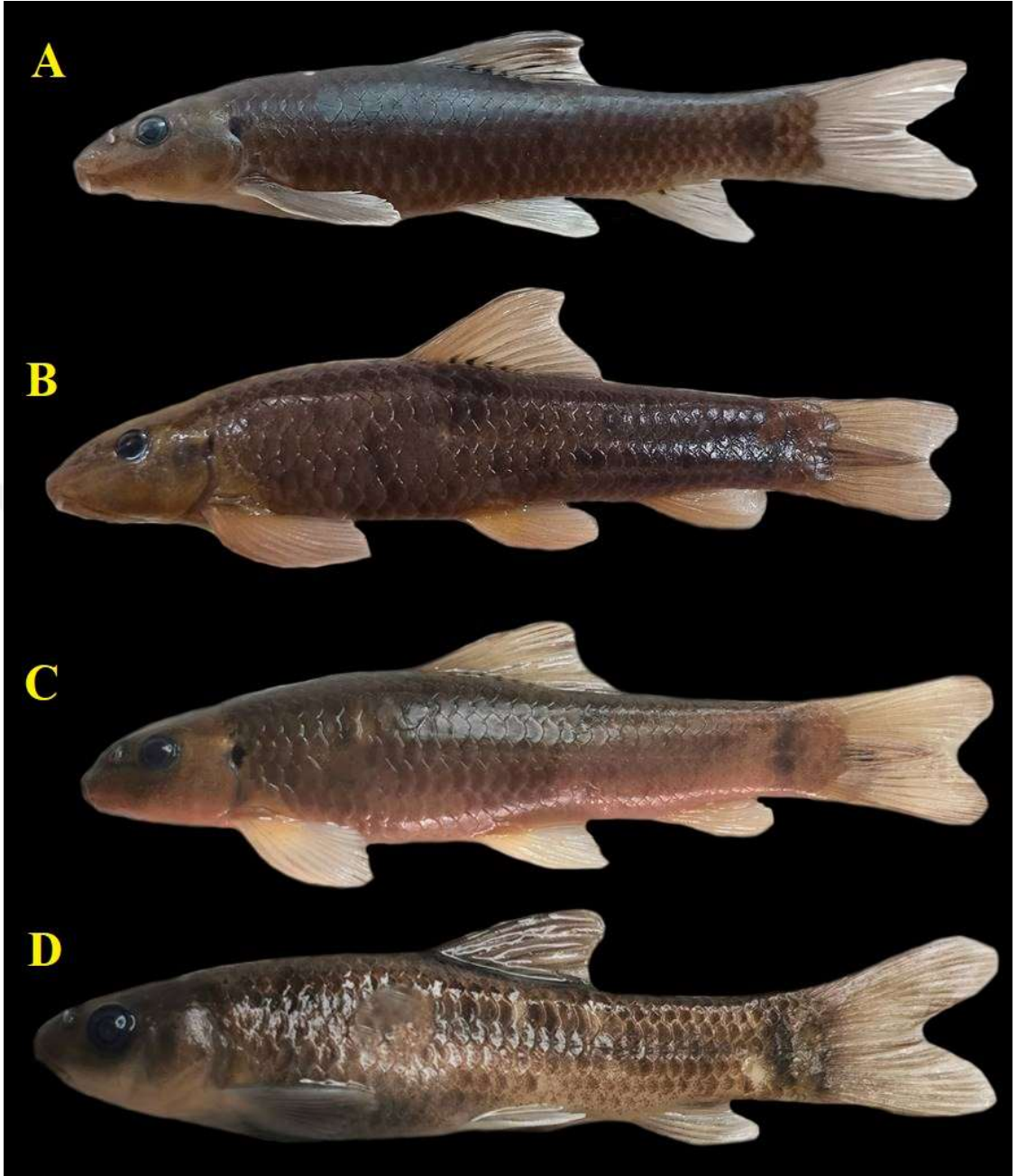
Şekil 3.1. Örnekleme istasyonları

Tablo 3.1. Örnekleme lokasyonları ve koordinatlar

NO	Tür	X	Y	Habitat	İl	Havza
1	<i>Garra turcica</i>	36,956530	35,633240	Ceyhan Nehri	Adana	Ceyhan
2	<i>Garra turcica</i>	37,455190	36,041030	Kekiksuyu Deresi	Osmaniye	Ceyhan
3	<i>Garra turcica</i>	37,301130	36,367600	Sabun suyu	Osmaniye	Ceyhan
4	<i>Garra turcica</i>	37,806670	36,789130	Zeytin Deresi	Kahramanmaraş	Ceyhan
5	<i>Garra turcica</i>	38,199930	37,084050	Hurman Çayı	Kahramanmaraş	Ceyhan
6	<i>Garra turcica</i>	37,027778	34,766389	Tarsus Çayı	Mersin	Doğu Akdeniz
7	<i>Garra turcica</i>	36,857520	34,553680	Müftü Deresi	Mersin	Doğu Akdeniz
8	<i>Garra turcica</i>	36,757500	34,523611	Mezitli Deresi	Mersin	Doğu Akdeniz
9	<i>Garra turcica</i>	36,359160	35,922200	Çumruk Çayı	Arsuz-Hatay	Ceyhan (Asi)
10	<i>Garra orontesi</i>	36,374160	36,180270	Karasu Çayı Yan Kol	Hatay	Asi
11	<i>Garra orontesi</i>	36,088610	36,255000	Altınözü Kaynak Suyu	Hatay	Asi
12	<i>Garra orontesi</i>	36,851667	36,686389	Karasu Çayı	Kilis	Asi
13	<i>Garra rufa</i>	37,509740	38,113160	Değirmen Çayı	Adıyaman	Fırat-Dicle
14	<i>Garra rufa</i>	37,327660	37,668700	Merzimen Çayı	Gaziantep	Fırat-Dicle
15	<i>Garra rufa</i>	38,032310	39,364540	Kızıl Çubuk Çayı	Diyarbakır	Fırat-Dicle
16	<i>Garra rufa</i>	38,228010	38,816810	Mollahan Çayı	Malatya	Fırat-Dicle
17	<i>Garra variabilis</i>	36,763889	37,254167	Konak Göleti Çıkış Suyu	Kilis	Fırat-Dicle
18	<i>Garra variabilis</i>	37,327660	37,668700	Merzimen Çayı	Gaziantep	Fırat-Dicle
19	<i>Garra variabilis</i>	36,948380	37,990490	Nizip Çayı	Gaziantep	Fırat-Dicle
20	<i>Garra variabilis</i>	38,022639	40,489947	Kuruçay	Diyarbakır	Dicle
21	<i>Garra variabilis</i>	38,137778	40,905556	Silvan Kaynak Suyu	Diyarbakır	Dicle
22	<i>Garra variabilis</i>	37,808611	38,302222	Pirin Çayı	Adıyaman	Fırat-Dicle



Şekil 3.2. Örneklerin toplandığı habitat görüntüleri

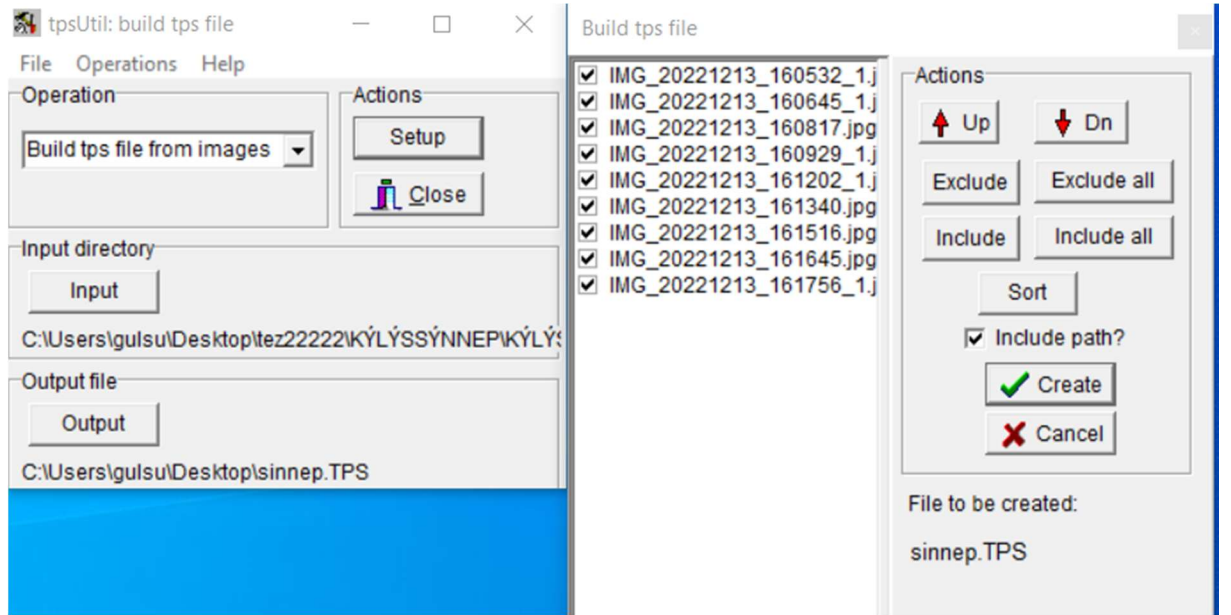


Şekil 3.3. Çalışılan türlerin genel vücut görüntüsü (A= *Garra orontesi*; Karasu Çayı yan kol, Asi havzası, Hatay; B= *Garra turcica*; Zeytin Deresi, Ceyhan havzası, Kahramanmaraş; C= *Garra rufa*; Keysun Çayı, Fırat-Dicle havzası, Adıyaman; D= *Garra variabilis*; Konak Göleti çıkış suyu, Fırat-Dicle havzası, Gaziantep).

### 3.2. Örneklerin ve TPS Dosyalarının Hazırlanması

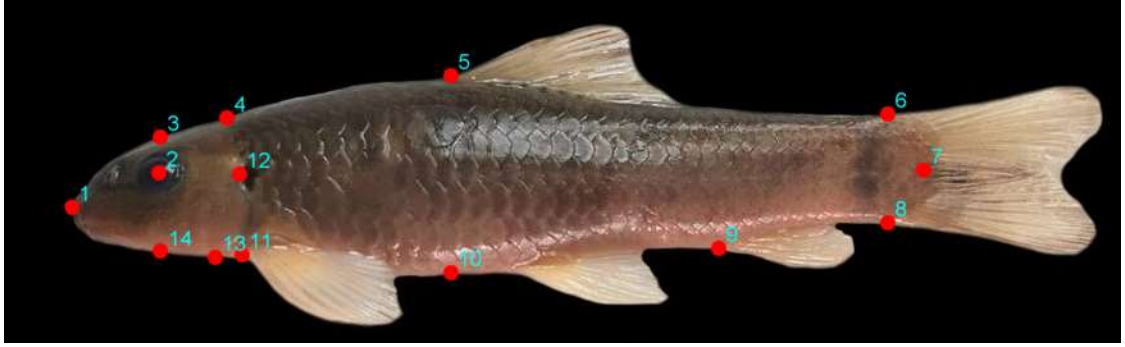
Örneklenen bireylerin tür teşhislerinde orijinal tanımlama makalelerinden yararlanılmıştır (Heckel 1843; Karaman 1971; Bayçelebi ve ark. 2021).

Arazi çalışmalarında temin edilerek formaldehit içerisinde korunan bireyler düz bir zemine ince iğneler yardımı ile sol lateral yönlü olarak sabitlenerek fotoğraflanmıştır. Fotoğraflar Thin Plate Spline (TPS) versiyon 2.16 paket program serisi kullanılarak analiz edilmiştir. TPS programının alt modülü olan 'Tps util' programı, 'operation' kısmından işlem basamakları sırasıyla takip edilerek tps dosyaları oluşturulmuştur (Şekil 3.4) (Rohlf 2005). Daha sonra Tps dosyaları açılarak, önceden belirlenen noktalara (Şekil 3.5, Tablo 3.2) landmarkların (belirleyici işaretler=yer imleri) eklenmesi için 'Tps dig' alt modülü açılmıştır. Bu çalışmada çalışma materyali olan *Garra* türleri için 14 landmark noktası yerleştirilerek istatistik analizler için kullanılacak olan x-y kartezyen koordinatları belirlenmiştir. Tüm bireyler için aynı işlem yapılarak, analizlerde kullanılmak üzere landmark tps dosyaları oluşturulmuştur. 'Tps dig' modülünde eklenen landmarklar kontrol edilerek 'TpsSmall' ile güvenilirliği test edilmiştir (Rohlf 2008).



Şekil 3.4. TpsUtil ile tps dosyalarının oluşturulması





Şekil 3.5. TpsDig programında landmark noktalarının eklenmesi

### 3.3. Landmark noktalarının üst üste bindirilmesi (Süperimposition)

Landmark konfigürasyonları için biçim tanımlaması yapmak amacıyla (Mitteroecker ve Gunz 2009) hesaplanmış değerler istatistiki olarak analiz edilmeden önce ‘Generalized Procrustes Superimposition (GPA)’ yöntemi ile üst üste bindirilerek şekil konfigürasyonlarından oluşan farkların ortadan kaldırılması sağlanarak veriler standartlaştırılmıştır. Bu işlem MorphoJ (Klingenberg ve ark. 2001) programı ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.2. Kullanılan landmark noktalarının konumu

Landmark	Morfolojik Konumu
1	Burun ucu anterior uç noktası
2	Gözün orta noktası
3	Gözün merkezine dik olarak başın dorsal kenarı
4	Ensenin dorsal kısmı
5	Dorsal yüzgeç başlangıcı
6	Kuyruk sapının postero-dorsal kenarı
7	Kuyruk sapının orta kısmı
8	Kuyruk sapının postero-ventral kenarı
9	Anal yüzgeç başlangıcı
10	Ventral yüzgeç başlangıcı
11	Pektoral yüzgeç başlangıcı
12	Lateral line orijin noktası (operkulum düzeyi)
13	Operkulumun posterior köşesi
14	Başın ventral kenarı (gözün merkezine dik)

### 3.4. İstatistiksel analizler

Her bir tür için popülasyonlar arası fenotipik plastisite değerlendirilmesi amacı ile Temel Bileşenler Analizi (PCA) ve Ayırıcı Faktör Analizi (DFA) kullanılmış ve ayrıca DFA sonuçları ile benzerlik ve farklılıkları görsel olarak ifade etmek amacı ile vücut deformasyon eğrileri çizilmiştir.

PCA analizi popülasyonlar arasındaki morfolojik varyasyonun sayısal ifadesinde kullanılmaktadır. Bu analiz sonucu temel bileşen adı verilen değerler elde edilmektedir ve bu bileşenlerin değeri 100'e ne kadar yakınsa popülasyon ayırımındaki anlamlılığı o kadar güvenilir olmaktadır. Bu değerlerden screen plot eğrisi altında kalanlar temel bileşen olarak anlamsızlığı ifade etmektedir. Bu sebeple analiz sonucunda elde edilen bulgularda yalnızca sreen plot eğrisi üzerinde kalan bileşenler dikkate alınmaktadır. Birbirine coğrafi olarak en uzak ve en yakın popülasyonların varyasyon düzeyini istatistiki olarak belirlemek amacı ile en hassas analiz olarak kabul edilen PCA analizi kullanılmıştır. Burada amaç tür içindeki farklı popülasyonlarda havza boyunca görülen vücut şekli değişiminin coğrafik uzaklıkla ilişkisini değerlendirmektir.

Üst üste bindirme işleminden sonra tür içi ve türler arası farklılıkların belirlenmesi amacı ile PAST programı üzerinde PCA uygulanmıştır (Hammer ve ark. 2001). Türler arasındaki benzerlikleri göstermek amacı ile standart veriler kullanılarak landmarklar arasındaki korelasyon ilişkisine bağlı olarak doğrusal fonksiyon analizi (DFA) kullanılmıştır. DFA sonucunda elde edilen verilere vücut deformasyon eğrileri çizdirilmiştir ve bu farklılığın hangi noktalardan kaynaklandığı belirlenmiştir. DFA analizi ve deformasyon eğrileri MorphoJ (Klingenberg ve ark. 2001) programından gerçekleştirilmiştir.

Türler arası benzerlik ve farklılıkların görsel ifadesini elde etmek amacı ile hesaplanan Öklid mesafeleri temelli Cluster dendogramı PAST programı ile çizilmiştir (Hammer ve ark. 2001).

## BÖLÜM 4

### BULGULAR VE TARTIŞMA

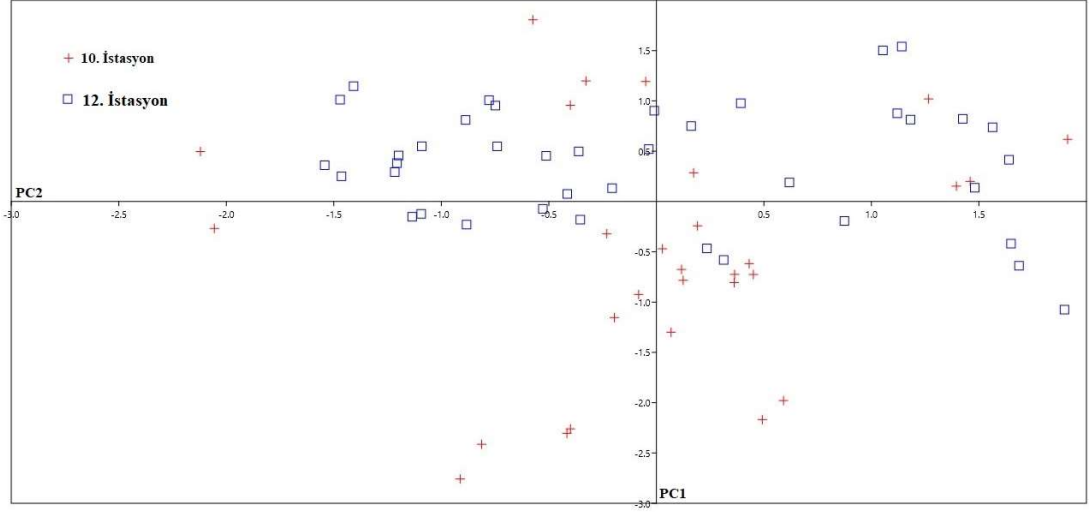
Tez çalışması kapsamında *Garra* cinsine ait dört türün (*G. rufa*, *G. variabilis*, *G. turcica*, *G. orontesi*) morfolojik varyasyonunun geometrik morfometrik yöntem ile değerlendirilmesi amacıyla Asi, Ceyhan, Doğu Akdeniz ve Fırat-Dicle havzalarından 22 popülasyona ait 570 birey incelenmiştir. Her tür için; tür içi ve türler arası birbirine en uzak ve en yakın popülasyonlara ve tüm popülasyonlara ait bulgular verilmiştir. Tür içi ve türler arası farklılık ve benzerlikler uygulanan analizler sonucunda sayısal ve görsel bulgular şeklinde ortaya konmuştur.

#### 4.1. Bulgular ve Tartışma

##### 4.1.1. *Garra orontesi*

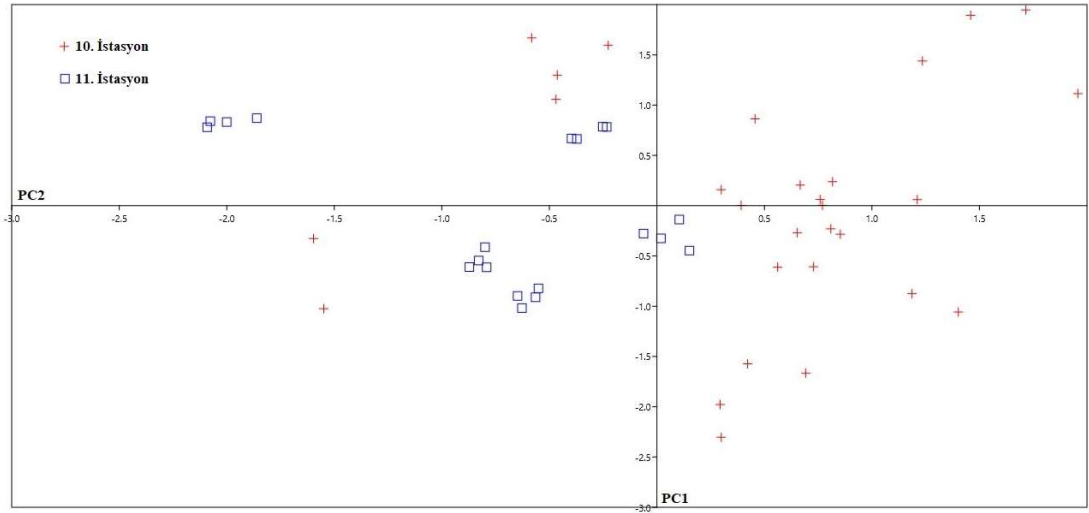
Çalışma kapsamında Asi havzasında dağılım göstermekte olan *G. orontesi* türü için üç farklı popülasyondan toplam 90 birey incelenmiştir. İncelenen popülasyonlarda elde edilen veriler PCA ve DFA analizi uygulanarak tür içi fenotipik plastisite durumu değerlendirilmiştir. Bu kapsamda örneklenen popülasyonlar en uzak ve en yakın olanlar şeklinde ikili karşılaştırmaya tabi tutulmuştur.

*Garra orontesi* türü örnekleme istasyonları arasından birbirine en uzak mesafedeki 10. (Karasu Çayı yan kol, Hatay) ve 12. (Karasu Çayı, Kilis) istasyonlara temel bileşenler analizi (PCA) uygulanmıştır (Şekil 4.1). Analiz sonucunda veriler 28 temel bileşen oluşturmuştur. Bileşenlerden ilk üçü toplam varyansın yalnızca 62,7'sini (PC1: 34,98; PC2: 17,27; PC3: 10,73) açıklamaktadır. Buna göre PCA analizi sonucunda uzak olan iki popülasyona ait bireylerin morfolojik olarak ayrılmadığı bu bireylerin vücut şekli varyasyonlarının popülasyon bazında net ayrımı ifade etmediği ve bireylerin vücut şeklinin çakıştığı tespit edilmiştir (Şekil 4.1).



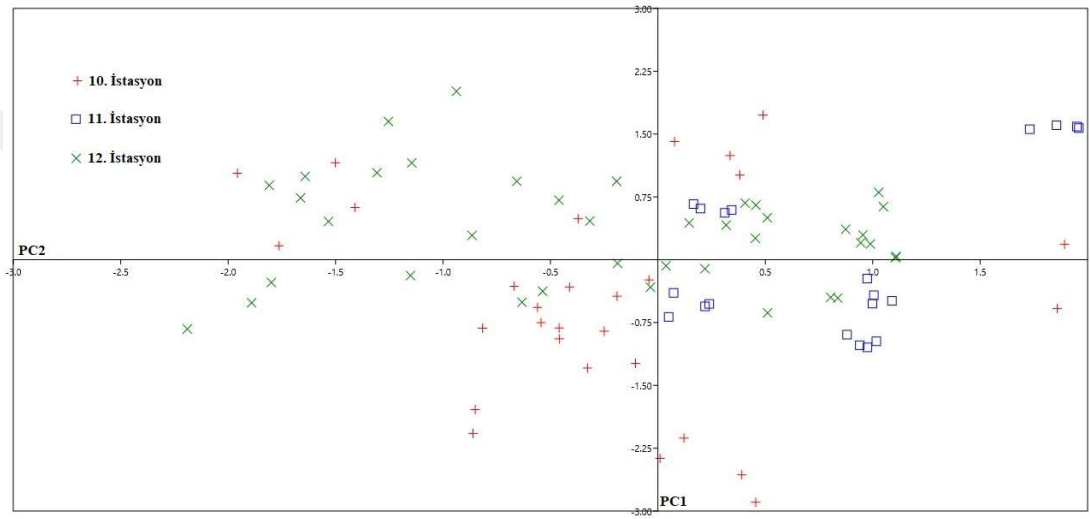
Şekil 4.1. *Garra orontesi* 10. ve 12. istasyonlarına ait PCA grafiği

*Garra orontesi* için örnekleme noktaları arasında birbirine en yakın istasyonlar olan 10. (Karasu Çayı yan kol, Hatay) ve 11. (Altınözü kaynak suyu, Hatay) istasyonlarına ait PCA sonuçlarına göre ilk üç temel bileşen toplam varyansın 71,11'ini (PC1: 39,17; PC2: 22,07; PC3: 8,87) açıklamaktadır. Bu analiz sonucuna göre 10. istasyondaki bazı bireylerin nispeten farklı vücut şekline sahip oldukları görülmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. *Garra orontesi* 10. ve 11. İstasyonlarına ait PCA grafiği

*Garra orontesi* türüne ait üç popülasyonun analiz sonuçlarına göre ilk üç temel bileşen toplam varyansın 62,71'ini (PC1: 36,54; PC2: 15,85; PC3: 10,31) açıklamaktadır. PCA analizi sonucunda üç popülasyonun morfolojik varyasyon açısından ayrımının güçlü olduğu, popülasyonların yapısının birbirine çok yakın olup grafikte çakıştığı görülmüştür. Değerlendirilen popülasyonlar içerisinde 12. istasyonun en geniş varyasyona sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.3).



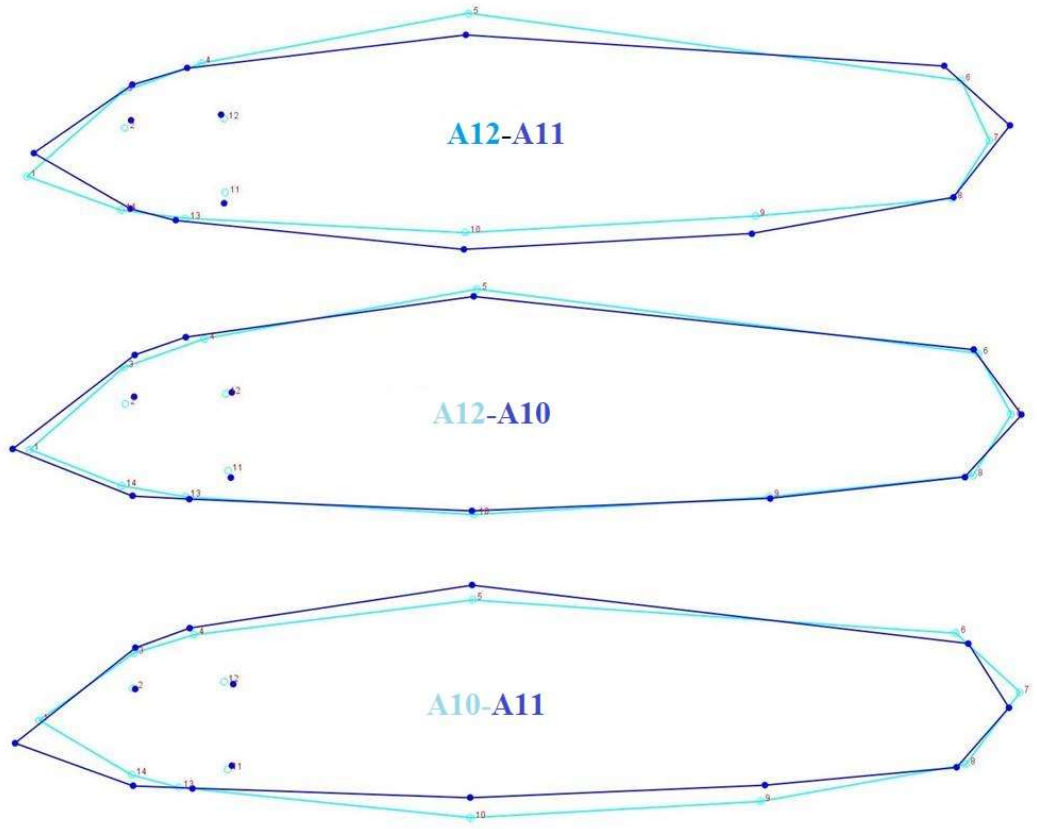
Şekil 4.3. *Garra orontesi* popülasyonları PCA grafiği

Değerlendirilen üç popülasyona DFA uygulanarak hesaplanan Mahalanobis mesafeleri Tablo 4.1'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar bu popülasyonlar arasında anlamlı farklılık olduğu ortaya koymuştur ( $p < 0,001$ ). Bu bulgular diğer *Garra* türleri baz alındığında nispeten daha dar bir alanda dağılım gösteren *G. orontesi* için sayısal olarak anlamlı farklılığı ifade etmekle birlikte aynı cins içerisindeki diğer türlerden daha yüksek olmakla beraber diğer cinslere göre daha az olduğu görülmüştür. Örneğin, *G. rufa* türü için İran'da yer alan 12 lokalite bazında yapılan bir çalışmada bu değer 2,12 ile 4,75 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Faradonbe ve ark. 2020). Farklı bir cins olarak ise; *Alburnus sellal* türünde Türkiye'den 8 popülasyon için yapılmış olan bir çalışmada tür içi farklılık 5,79 ile 25,70 aralığında tespit edilmiştir (Kubilay 2021). Dolayısı ile tespit edilen bu istatistiksel olarak anlam ifade eden farklılık dağılım alanı ve habitat değişimi göz önüne alındığında fenotipik plastisite yanıtı olarak değerlendirilebilecektir.

Tablo 4.1. *Garra orontesi* popülasyonları DFA ile hesaplanan Mahalanobis mesafeleri (\*en yakın popülasyonlar, \*\* en uzak popülasyonlar)

İstasyonlar	10. İst	11. İst	12. İst
10. İst	-	5,22*	7,94
11. İst		-	9,44**
12. İst			-

DFA analizinde elde edilen veriler kullanılarak popülasyonlar arası vücut şekli varyasyonunu X-Y düzleminde gözlemlemek amacı ile vücut deformasyon eğrileri çizdirilmiştir (Şekil 4.4). Vücut deformasyon eğrileri tel kafes grafiği sonuçlarına göre Karasu Çayı ile Altınözü kaynak suyu popülasyonları karşılaştırıldığında; Karasu Çayı bireylerinde burun daha aşağı konumludur (1. landmark), daha uzun post orbital mesafe (3 ve 4. landmark), daha derin bir vücut (5 ve 10. landmark) ve kısa-kalın bir kuyruk sapı (6 ve 7. landmark) görülmektedir. Birbirine en uzak olan Karasu Çayı yan kol ve Karasu Çayı popülasyonlarında vücut morfolojileri karşılaştırıldığında vücut şeklinin tamamen örtüştüğü sadece Karasu Çayı popülasyonunda burnun daha kısa (1. landmark) olduğu görülmüştür. Popülasyonların coğrafik mesafelerinin birbirinden uzak olmasından ziyade farklı akarsu kollarını temsil etmeleri daha kritik bir fark oluşturmaktadır. Türlerin dağılımında en önemli mekanizmalardan birisi olan coğrafi izolasyon morfolojik farklılıkları da beraberinde getirmektedir. İstasyonlar yakın olsa dahi karakter olarak farklı olmaları, farklı akarsu kollarında bulunmaları sebebi ile tipolojilerindeki farklılık, zemin yapısı, habitattaki diğer türler gibi çeşitli faktörler türlerin plastisite seviyesini etkilemektedir (Nasri ve ark. 2019; Mouludi Saleh ve ark. 2020; Kubilay 2021).



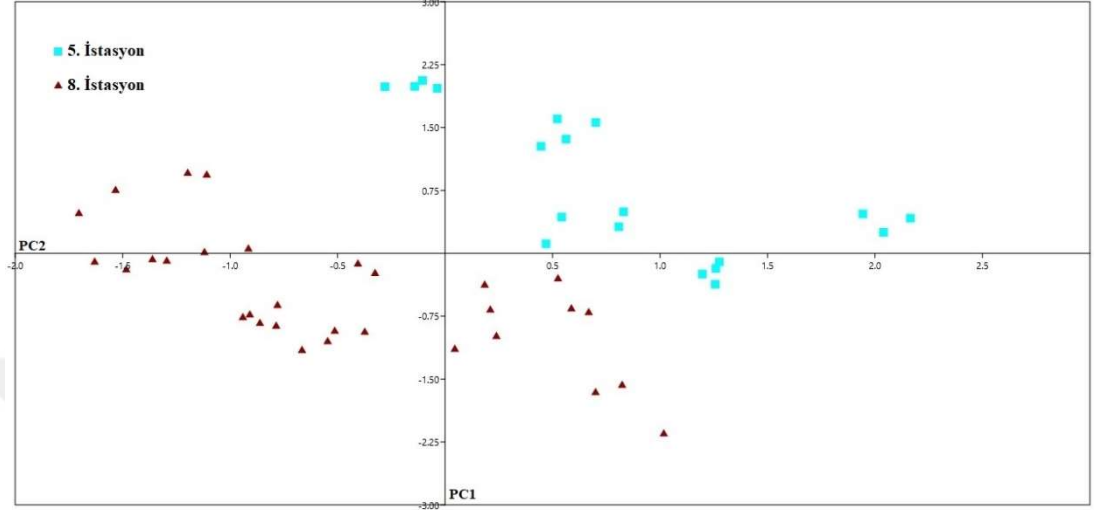
Şekil 4.4. *Garra orontesi* popülasyonları DFA tel kafes grafiği

#### 4.1.2. *Garra turcica*

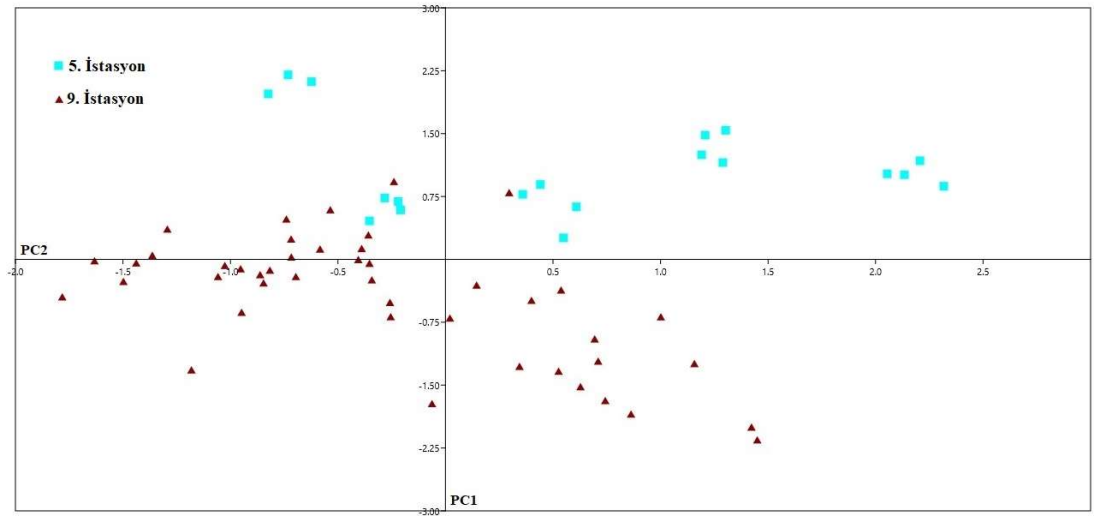
*Garra turcica* türü Seyhan, Ceyhan ve Doğu Akdeniz havzalarında dağılım göstermektedir. Bu çalışmada Ceyhan ve Doğu Akdeniz havzalarından toplam 9 istasyondan 219 birey incelenmiştir.

Farklı havzalardaki popülasyonların karşılaştırılması amacıyla temel bileşenler analizi (PCA) uygulanmış olup Ceyhan-Arsuz (5. ve 9. istasyonlar), Ceyhan-Doğu Akdeniz (5. ve 8. istasyonlar) ve Arsuz-Doğu Akdeniz (9. ve 10. istasyonlar) popülasyonlarına ait analiz sonucunda ilk üç temel bileşen toplam varyansın sırasıyla 79,3 (PC1: 43,45; PC2: 24,79; PC3: 8,79) , 70,9 (PC1: 41,25; PC2: 19,44; PC3: 9,95) ve 64,6 (PC1: 36,66; PC2: 18,14; PC3: 9,25)'ını açıkladığı belirlenmiştir. PCA analizi sonuçlarına göre Ceyhan-Doğu Akdeniz popülasyonları arasında bir ayrışmanın söz konusu olduğu

görülmüştür (Şekil 4.5). Buna karşın Ceyhan-Arsuz ve Arsuz-Doğu Akdeniz popülasyonları arasında bu ayrışmanın düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.6 ve 4.7).

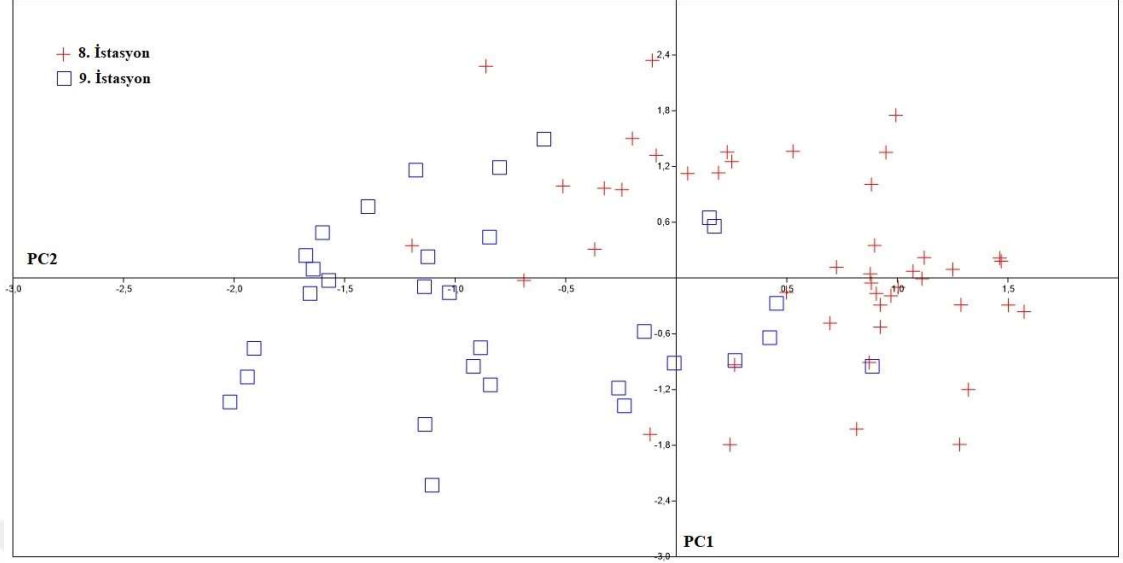


Şekil 4.5. *Garra turcica* 5. ve 8. İstasyonlarına ait PCA grafiği



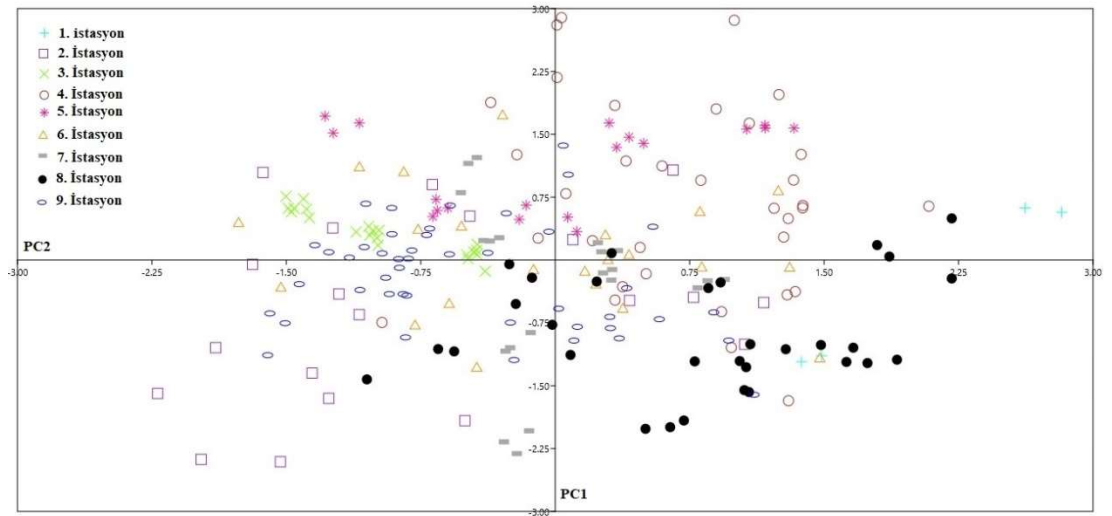
Şekil 4.6. *Garra turcica* 5. ve 9. İstasyonlarına ait PCA grafiği





Şekil 4.7. *Garra turcica* 9. ve 8. İstasyonlarına ait PCA grafiği

*Garra turcica* popülasyonlarının analiz sonuçlarına göre ilk üç temel bileşen toplam varyansın 66,97'sini (PC1: 39,66; PC2: 15,74; PC3: 11,55) açıklamaktadır. Şekil 4.9'da sunulan PCA grafiğinde farklı havza popülasyonlarına ait bireylerin PCA analizinde çakıştığı ve havzalar arasında belirgin bir ayrımın söz konusu olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.8. *Garra turcica* popülasyonları PCA grafiği

Örneklenen dokuz popülasyona doğrulayıcı faktör analizi (DFA) uygulanmış olup farklı bölge popülasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ( $p < 0,001$ ). Bu popülasyonlar için hesaplanan Mahalanobis mesafeleri Tablo 4.2’de verilmiştir. Mahalanobis mesafelerine göre 5. ve 7. istasyonlar birbirine en uzak (18,64) ve 2. ve 9. istasyonlar ise birbirine en yakın (3,98) olan popülasyonlar olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.2. *Garra turcica* popülasyonlarına ait DFA ile hesaplanan Mahalanobis mesafeleri (\*en yakın popülasyonlar, \*\* en uzak popülasyonlar)

İstasyonlar	1. İst	2. İst	3. İst	4. İst	5. İst	6. İst	7. İst	8. İst	9. İst
1. İst	-	7,37	10,95	4,70	6,74	5,87	11,15	5,47	4,95
2. İst		-	7,09	7,96	7,98	4,98	6,79	7,43	3,98*
3. İst			-	10,63	16,48	7,75	14,99	13,26	9,42
4. İst				-	8,11	9,46	7,80	6,60	5,08
5. İst					-	10,90	18,64**	8,96	7,26
6. İst						-	6,83	7,10	4,74
7. İst							-	10,52	6,51
8. İst								-	5,02
9. İst									-

DFA analizi sonuçlarına göre çalışılan 9 popülasyondaki vücut şekli varyasyonunu X-Y düzleminde gözlemlemek amacı ile vücut deformasyon eğrileri oluşturulmuştur (Şekil 4.10). Mahalanobis mesafesine göre birbirine en uzak olan Hurman Çayı (5. istasyon) ile Müftü Deresi (7. istasyon) popülasyonları karşılaştırıldığında Hurman Çayı bireylerinde burun uzunluğu daha kısa (1. landmark), baş daha ince (3. ve 14. landmark), post orbital mesafe daha kısa (3. ve 4. landmark), predorsal mesafe daha uzun (4. ve 5. landmark), kuyruk sapı daha uzun (7. landmark) ve vücut daha kalındır (5. ve 10. landmark).

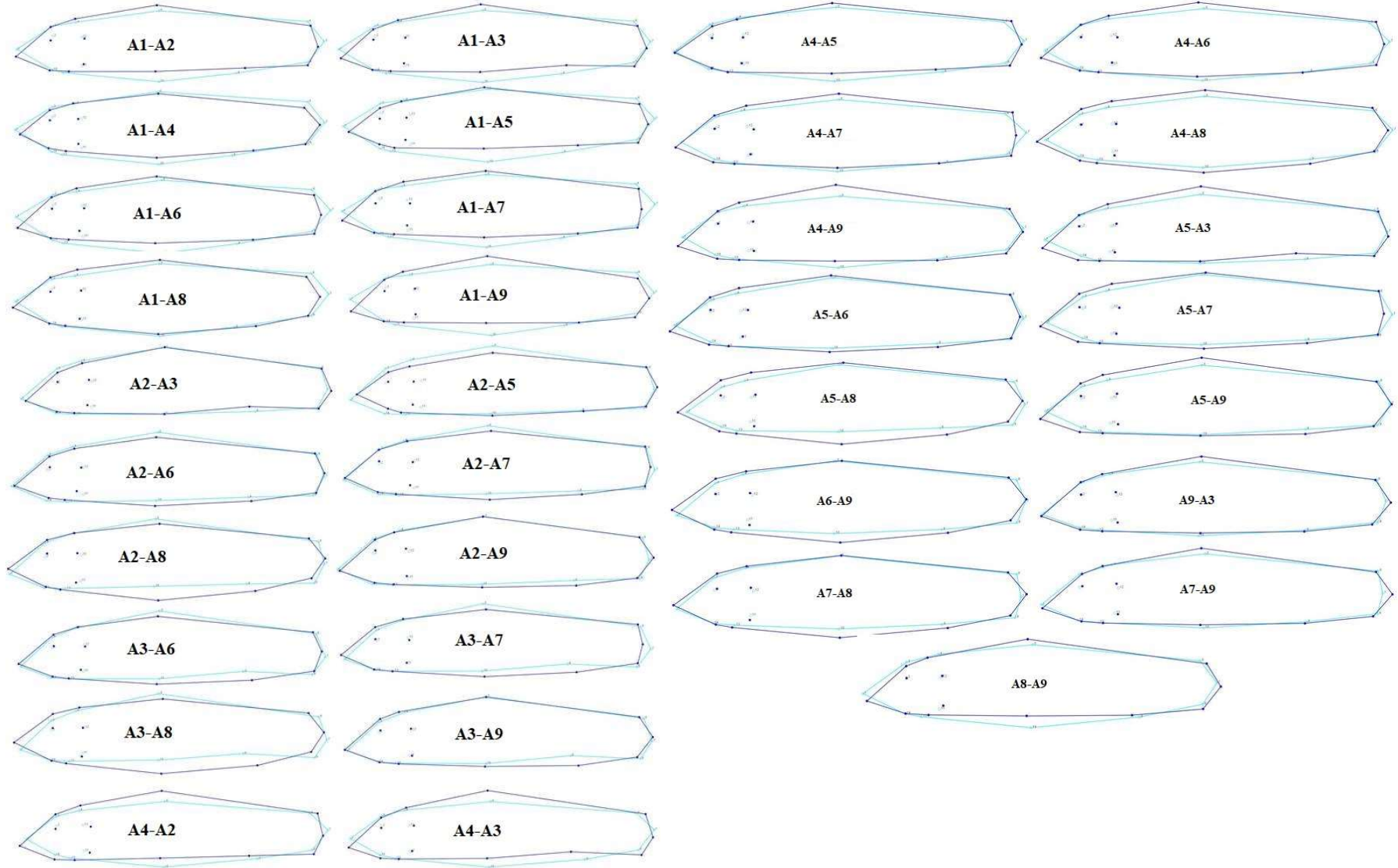
Mahalanobis mesafesine göre birbirine en yakın olan Kekiksuyu Deresi (2. istasyon) ile Çumruk Deresi (9. istasyon) karşılaştırıldığında neredeyse tüm landmarkların üst üste bindiği ve morfolojik olarak büyük bir çakışmanın olduğu görülmüştür. Sadece

Çumruk Deresi bireylerinde kuyruk sapının (9. landmark) daha kalın olduğu belirlenmiştir.

Ceyhan Nehri (1. istasyon) ile Hurman Çayı (5. istasyon) popülasyonlarına ait vücut deformasyon eğrisi karşılaştırıldığında Ceyhan Nehri popülasyonunda burun nispeten terminal konumlu (1. landmark) ve daha uzun (1. ve 4. landmark), kuyruk sapı daha kısa (7. landmark), anal yüzgeç başlangıcı daha geriden başlamakta (9. landmark) ve vücut daha derindir (5. ve 10. landmark).

*Garra turcica* lokalitelerinden olan 9. istasyon Arsuz popülasyonu olup bu lokalite Türkiye akarsu havzaları sınırlarına göre Asi havzası içinde gösterilmektedir, ancak bu lokalite Ceyhan Nehri havzasına dahildir. Arsuz-Samandağ bölümünde yer alan yüksek dağlar Asi Nehri ile Ceyhan Nehri akarsu kollarının ayrılmasını sağlamış dolayısı ile bu ayırım tür dağılımını da şekillendirmiştir.

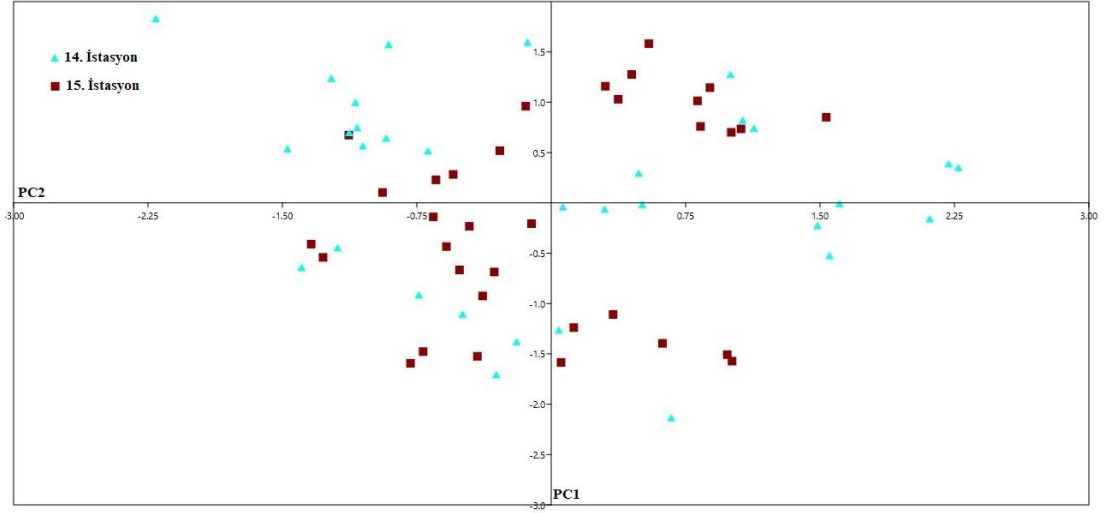
*Garra turcica*'ya ait tüm istasyonlar değerlendirildiğinde 1., 5., 7., 9. ve 10. (burun ucu, maksimum vücut yüksekliği, kuyruk sapı ve anal yüzgeç konumu ile ilişkili) landmarklarda geniş bir varyasyon görülmektedir (Şekil 4.9). Dokuz farklı lokalitede toplam 219 bireyden elde edilen bu sonuçlar geniş bir dağılım alanı bulunan bu tür için vücut şeklinin havza bazında çok farklı olmadığını bir göstergesidir. Hem Ceyhan hem de Doğu Akdeniz havzalarında tür içinde farklılık gösteren yapılar suyun akış hızı ve zemin yapısı ile ilişkili vücut şekli varyasyonlarıdır.



Şekil 4.9. *Garra turcica* popülasyonlarına ait DFA analizi tel kafes grafiği.

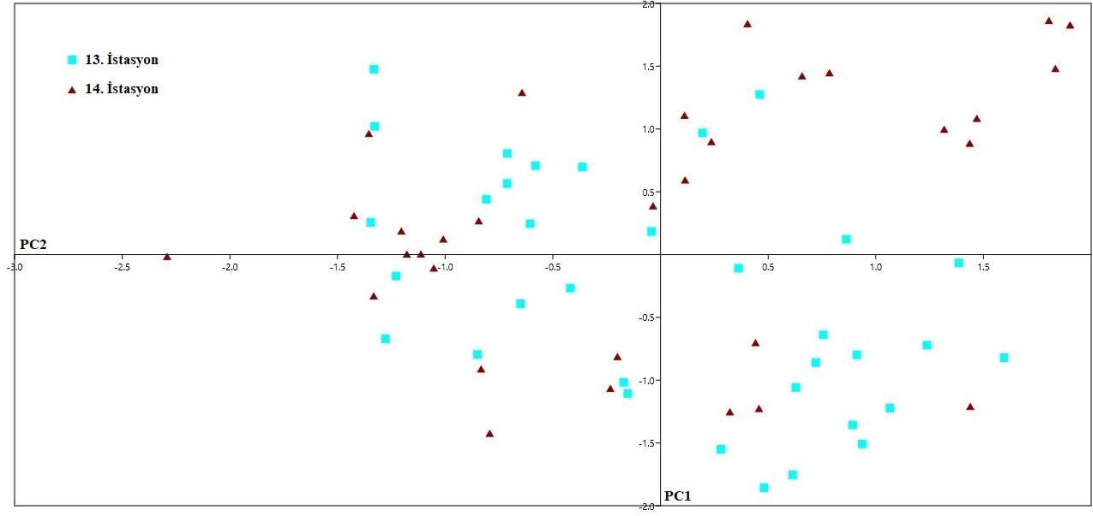
### 4.1.3. *Garra rufa*

Çalışma kapsamında Dicle-Fırat Havzasında *Garra rufa* türüne ait dört popülasyondan 125 birey incelenmiştir. Örnekleme istasyonları arasında bu türün bulunduğu birbirine en uzak mesafedeki 14. (Merzimen Çayı, Gaziantep) ve 15. (Kızılçubuk Çayı, Diyarbakır) istasyonlara PCA uygulanmıştır. Analiz sonucunda ilk üç temel bileşen toplam varyansın 77,3'ünü (PC1: 40,22; PC2: 21,82; PC3: 14,48) açıklamaktadır. PCA analizi sonucunda söz konusu uzak mesafedeki iki popülasyona ait bireylerin net ayrılmadığı ve çakıştığı tespit edilmiştir (Şekil 4.10).



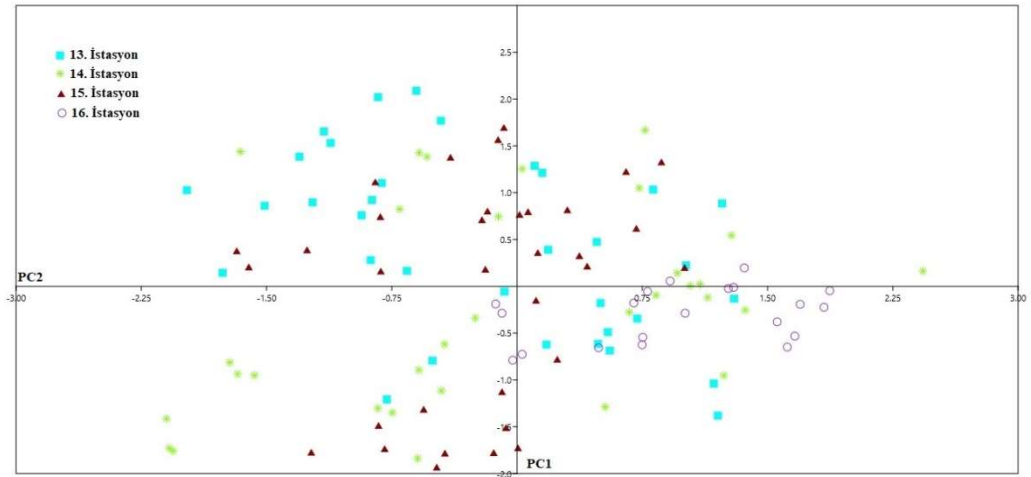
Şekil 4.10. *Garra rufa* 14. ve 15. istasyonlarına ait PCA grafiği

Örnekleme istasyonları arasında birbirine en yakın 13. (Değirmen Çayı, Adıyaman) ve 14. (Merzimen Çayı, Gaziantep) istasyonlara temel bileşenler analizi (PCA) uygulanmıştır (Şekil 4.11). Analiz sonucunda ilk üç temel bileşen toplam varyansın 73,8'ini (PC1: 39,54; PC2: 21,36; PC3: 12,88) açıklamaktadır. PCA analizi sonucunda yakın olan iki popülasyona ait bireylerin net ayrılmadığı, varyasyonun geniş olması sonucu çakışma olduğu görülmüştür.



Şekil 4.11. *Garra rufa* 13. ve 14. istasyonlarına ait PCA grafiği

*Garra rufa* üç farklı bölge popülasyonu analiz sonuçlarına göre ilk üç temel bileşen toplam varyansın 69,21'ini (PC1: 36,43, PC2: 20,56; PC3: 12,22) açıklamaktadır. Şekil 4.12'den de görüleceği üzere Fırat-Dicle popülasyonlarına ait bireylerin çakıştığı ve havzalar arasında belirgin bir ayrımın söz konusu olmadığı görülmektedir. İncelenen tüm popülasyonlarda morfolojik varyasyon oldukça geniştir ve birbiri ile örtüşen bir durumdadır.



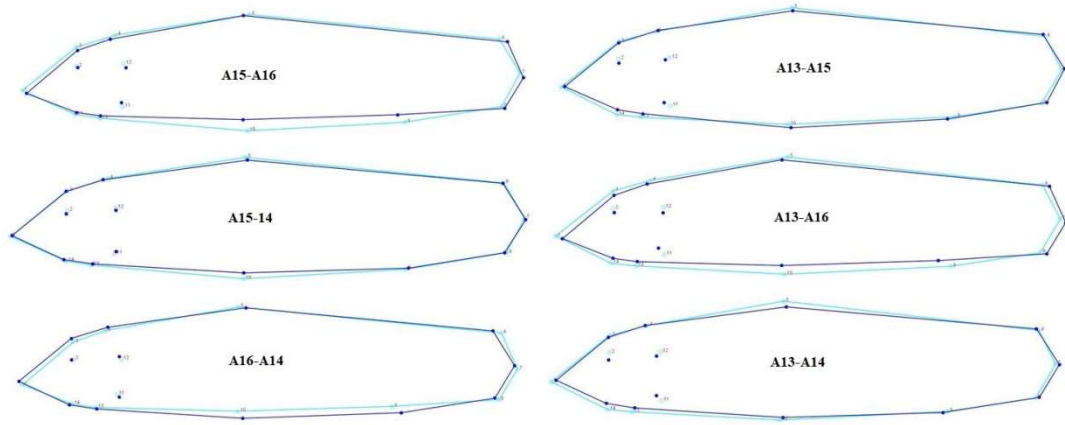
Şekil 4.12. *Garra rufa* popülasyonlarına ait PCA grafiği

*Garra rufa* türünün tüm popülasyonlarına doğrulayıcı faktör analizi (DFA) uygulanmıştır. Türler arasında istatistiksel anlamda farklılıklar görülmüştür ( $p < 0,001$ ). Hesaplanan Mahalanobis mesafelerine göre birbirine en uzak olan popülasyonlar 15. ve 16. istasyonlar (8,81) ve birbirlerine en yakın olan popülasyonlar ise 14. ve 15. istasyonlar (2,76) olarak belirlenmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. *Garra rufa* popülasyonlarına ait DFA ile hesaplanan Mahalanobis mesafeleri (\*en yakın popülasyonlar \*\* en uzak popülasyonlar)

İstasyonlar	13. İst	14. İst	15. İst	16. İst
13. İst	-	3,96	3,74	6,95
14. İst		-	2,76*	7,10
15. İst			-	8,81**
16. İst				-

DFA analizinde elde edilen veriler kullanılarak türlere ait vücut deformasyon eğrileri çizdirilmiştir (Şekil 4.13). *Garra rufa*'a ait değerlendirilen istasyonlarda morfolojik varyasyonun oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Neredeyse tüm popülasyonlarda değerlendirilen landmarklar üst üste binmiş durumdadır. Sadece vücut kalınlığı bakımından (9. ve 10. landmark) bazı popülasyonlarda düşük düzeyde bir farklılık gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar PCA ile uyumlu olup tür içi varyasyonun geniş olduğu ve tüm istasyonların bu aralık içinde varyasyon gösterdiği, farklı karakterleri ile ayrışan bir popülasyon ya da birey olmadığı görülmüştür.



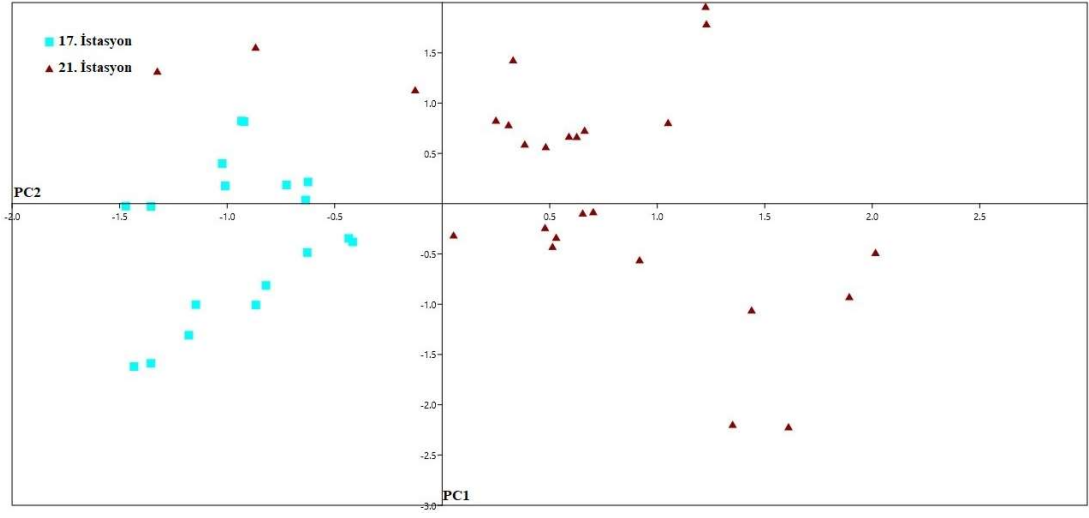
Şekil 4.13. *Garra rufa* popülasyonlarına ait DFA analizi tel kafes grafiği

Son yıllara kadar bu tür çok daha geniş bir alandan bildirilmekteydi. 2018 yılında bu türün bazı popülasyonları *G. turcica* türü olarak ayrılmıştır. Daha önce Dicle havzası içerisindeki *G. rufa* türünden altı popülasyon arasında yapılan çalışmada vücut derinliği ve kuyruk sapı uzunluğu landmarklarında varyasyon tespit edilmiştir. Bu farklılığın ana sebebi olarak coğrafi izolasyon ve çevresel etkiler gösterilmiştir (Saemi-Komsari ve ark. 2021). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlarda aynı şekilde vücut yüksekliğinde düşük seviyede bir farklılık tespit edilmiştir. Bu karakter suyun debisi ve akış hızı ile yakından ilişkilidir. Havza içerisindeki farklı yükseklik ve tipolojilerdeki akarsulardan alınan örnekler ile rakım ve akıntı hızının bireyler üzerindeki morfolojik etkisi ortaya konulmuştur.

#### 4.1.4. *Garra variabilis*

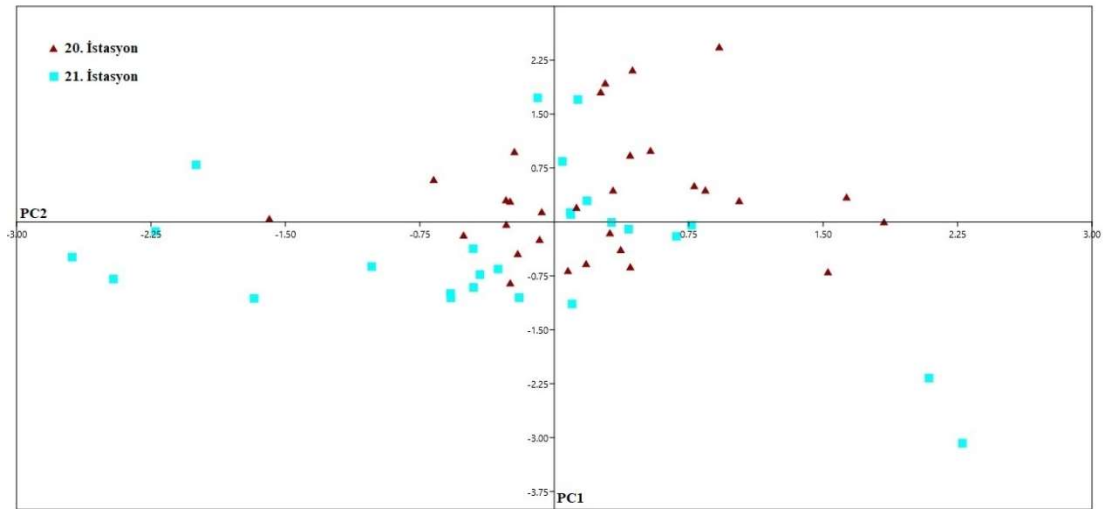
Çalışma kapsamında Dicle-Fırat havzasında *G. variabilis* türüne ait altı popülasyondan toplam 136 birey incelenmiştir. *Garra variabilis* türüne ait birbirine uzak olan 17. (Konak Göleti Çıkış Suyu, Kilis) ve 21. (Silvan Kaynak Suyu, Diyarbakır) istasyonlara PCA analizi uygulanmıştır (Şekil 4.14). Analiz sonucunda ilk üç temel bileşen toplam varyansın 72,5'ini (PC1: 41,73; PC2: 18,41; PC3: 12,37) açıklamaktadır. PCA analizi sonucunda uzak olan iki popülasyona ait bazı bireyler dışında ayrışma görülmüş olup popülasyonlar arasındaki mesafe arttıkça varyasyon düzeyinin de arttığı görülmektedir.





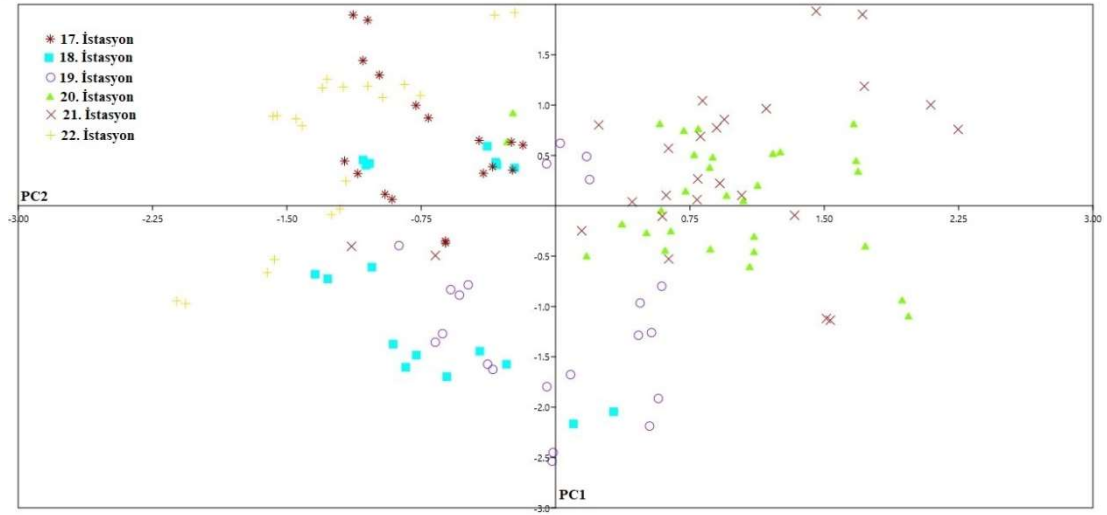
Şekil 4.14. *Garra variabilis* 17. ve 21. istasyonlarına ait PCA grafiği

*Garra variabilis* türüne ait birbirine yakın olan 20. (Kuruçay, Diyarbakır) ve 21. (Silvan Kaynak Suyu, Diyarbakır) istasyonlara temel bileşenler analizi (PCA) uygulanmıştır (Şekil 4.15). Analiz sonucunda ilk üç temel bileşen toplam varyansın 61,93'ünü (PC1: 28,38; PC2: 18,84; PC3: 14,71) açıklamaktadır. PCA analizi sonucunda en yakın iki popülasyona ait bireylerin ayrılmadığı, üst üste bir çakışma olduğu görülmüştür.



Şekil 4.15. *Garra rufa* 20. ve 21. istasyonlarına ait PCA grafiği

*Garra variabilis*'e ait tüm popülasyonlara öncelikle temel bileşenler analizi (PCA) uygulanmıştır (Şekil 4.16). Analiz sonucunda ilk üç temel bileşen toplam varyansın 66,83'ünü (PC1: 31,04; PC2: 25,34; PC3: 10,01) açıklamaktadır. Tüm popülasyonlar arasında yapılan PCA analizi sonucunda varyasyon düzeyinin yüksek olması sebebi ile popülasyonlara ait bireylerin gruplanmadığı, bütün bireylerin çakıştığı dolayısı ile değerlendirilen tüm popülasyonlarda morfolojik varyasyonun oldukça geniş olduğu sonucuna varılmıştır. Yalnızca Konak Göleti çıkış suyu (17. istasyon) ile Pirin Çayı (22. istasyon) popülasyonlarına ait bireylerde popülasyon içi varyasyon daha düşük gözlemlenmiştir.



Şekil 4.16. *Garra variabilis* popülasyonları PCA grafiği

Tablo 4.4. *Garra variabilis* popülasyonlarına ait DFA ile hesaplanan Mahalanobis mesafeleri (\*en yakın popülasyonlar, \*\* en uzak popülasyonlar)

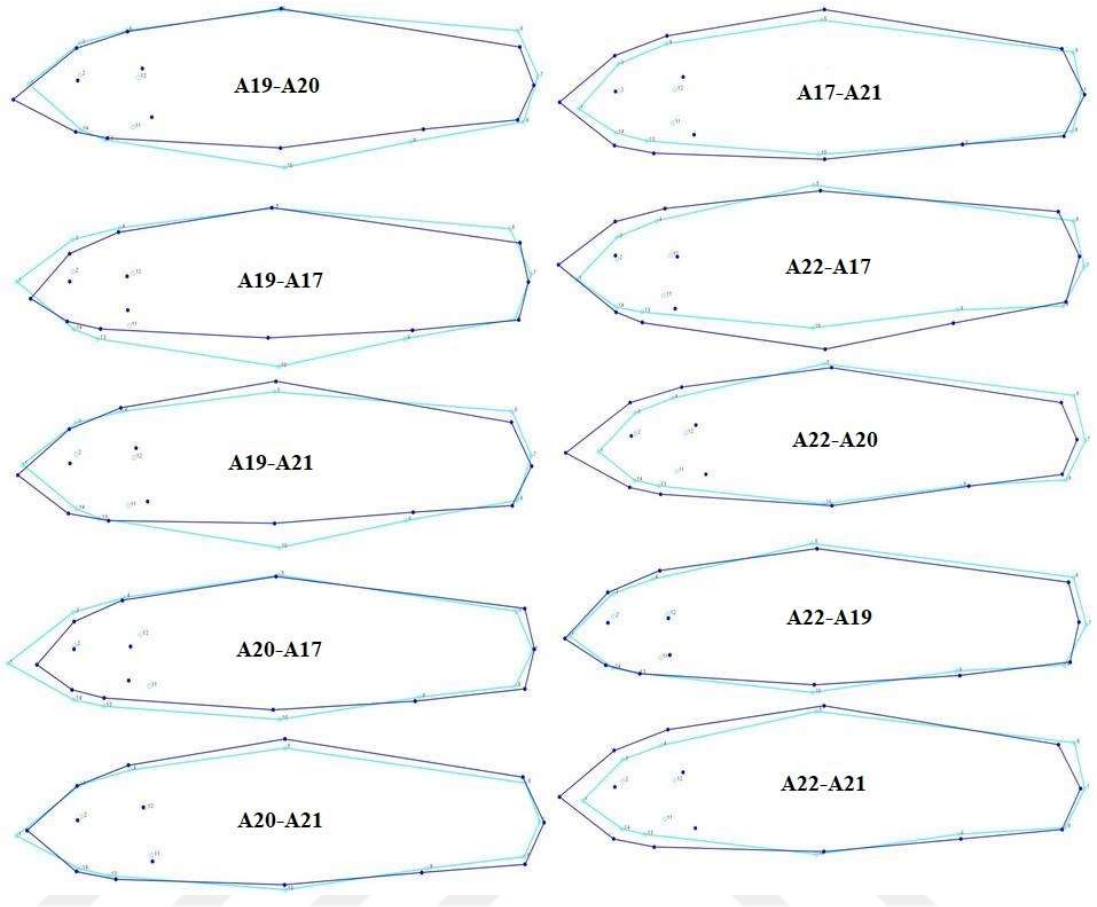
Türler	17. İst	18. İst	19. İst	20. İst	21. İst	22. İst
17. İst	-	8,10	7,13	10,82	10,56	12,61**
18. İst		-	7,15	7,26	8,90	9,12
19. İst			-	8,61	10,74	9,63
20. İst				-	6,28*	8,44
21. İst					-	11,88
22. İst						-

*Garra variabilis* türünün altı farklı popülasyonuna doğrulayıcı faktör analizi (DFA) uygulanmıştır. Popülasyonlar arasında istatistiksel anlamda farklılıklar görülmüştür ( $p < 0,001$ ). Hesaplanan Mahalanobis mesafelerine göre 17. ve 22. istasyonlar (12,61) birbirine en uzak ve 20. ve 21. istasyonlar (6,28) ise birbirine en yakın olan popülasyonlardır (Tablo 4.4).

Mahalanobis mesafesine göre birbirine uzak olan Konak Göleti çıkış suyu (17. istasyon) ile Pirin Çayı (22. istasyon) popülasyonları karşılaştırıldığında Konak Göleti çıkış suyu bireylerinde burun daha uzun (1. ve 3. landmark), baş daha ince (3. ve 14), postorbital mesafe daha uzun (3. ve 4. landmark), predorsal mesafe daha kısa (5. ve 6. landmark), pektoral yüzgeç daha geride başlamaktadır (11. landmark) ve vücut daha kalındır (5. ve 10. landmark).

Mahalanobis mesafesine göre birbirine yakın olan Kuruçay (20. istasyon) ile Silvan Kaynak Suyu (21. istasyon) popülasyonları karşılaştırıldığında bireyler arasında morfolojik olarak neredeyse hiç farklılık görülmemektedir. Kuruçay bireylerinde burun daha kısa (3. ve 4. landmark) ve vücut daha kalındır (5. ve 10. landmark).

*Garra variabilis*'e ait altı istasyonda da genel olarak morfolojik varyasyon çok fazla görülmektedir. Vücut yüksekliği (5. ve 10. landmark) ve baş bölgesindeki (1., 2., 3., 4., 12. ve 14. landmark) işaretçilerde varyasyon yüksektir (Şekil 4.17). Bu varyasyonda bir önceki türde açıklandığı üzere akarsu tipolojisi suyun debi, akış hızı ve zemin yapısı ile ilişkilidir. Çiçek ve ark. (2016b) Dicle havzasında 4 lokalitede *G. variabilis* türü üzerinde morfometrik ve meristik karakterleri ile ilgili yaptıkları çalışmada varyasyonun çok yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bu tez çalışmasında elde edilen verilerde de benzer bulgulara rastlanmıştır.



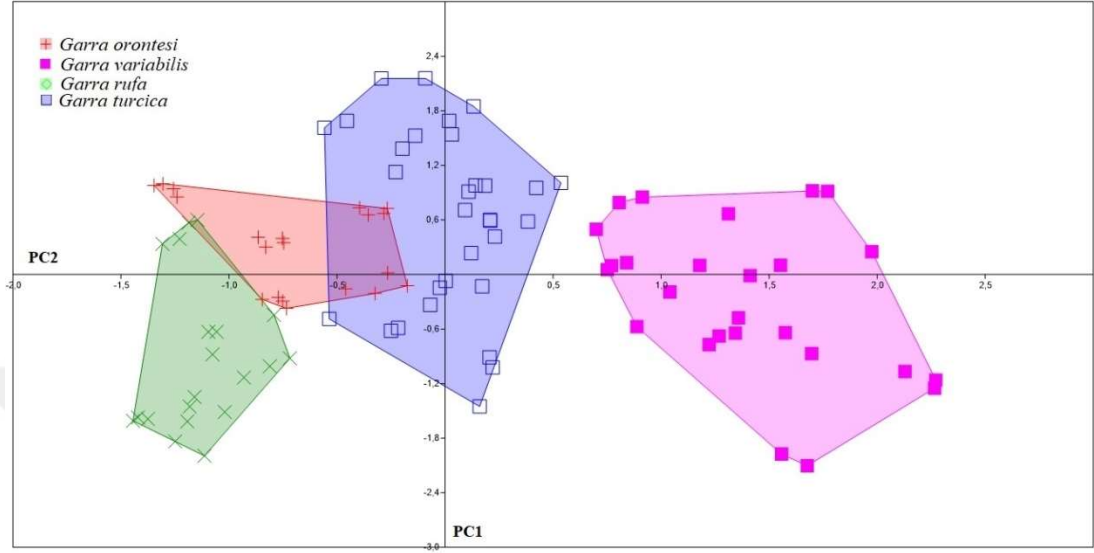
Şekil 4.17. *Garra variabilis* popülasyonlarına ait DFA analizi tel kafes grafiği

#### 4.1.5. Tüm Türler

Tez kapsamında Asi, Ceyhan, Doğu Akdeniz ve Dicle-Fırat havzalarında dağılım gösteren *G. rufa*, *G. variabilis*, *G. turcica* ve *G. orontesi* türlerinin morfolojik analizi için toplam 22 istasyondan 570 birey değerlendirilmiştir. Türler arasındaki benzerlik ve farklılıkların ortaya konması amacıyla DFA, PCA ve Cluster analizleri uygulanmıştır.

Değerlendirilen dört türden birbirine en uzak mesafedeki popülasyonların PCA analizinde ilk üç temel bileşen toplam varyansın 73,89'unu (PC1: 42,24; PC2: 22,66; PC3: 9,86) açıklamaktadır. Analiz sonucuna göre değerlendirilen *G. turcica* ve *G. orontesi* türlerine ait bazı bireylerin çakıştığı, *G. rufa*'a ait birkaç bireyin *G. orontesi*

ile çakıştığı ancak genel olarak kendi arasında gruplandığı ve *G. variabilis*'in tek başına gruplandığı görülmüştür.



şekil 4.18. *Garra rufa*, *G. variabilis*, *G. turcica* ve *G. orontesi* türleri en uzak popülasyonlarına ait PCA grafiği

DFA analiz sonucunda türler arasında istatistiksel anlamda farklılıklar görülmüştür ( $p < 0,001$ ). Hesaplanan Mahalanobis mesafelerine göre vct şekli bakımından birbirinden en farklı olan iki tür *G. rufa* ve *G. orontesi* (28,39) iken birbirine en benzer olan iki tür ise *G. rufa* ve *G. turcica* (11,52) olarak belirlenmiştir (Tablo 4.5).

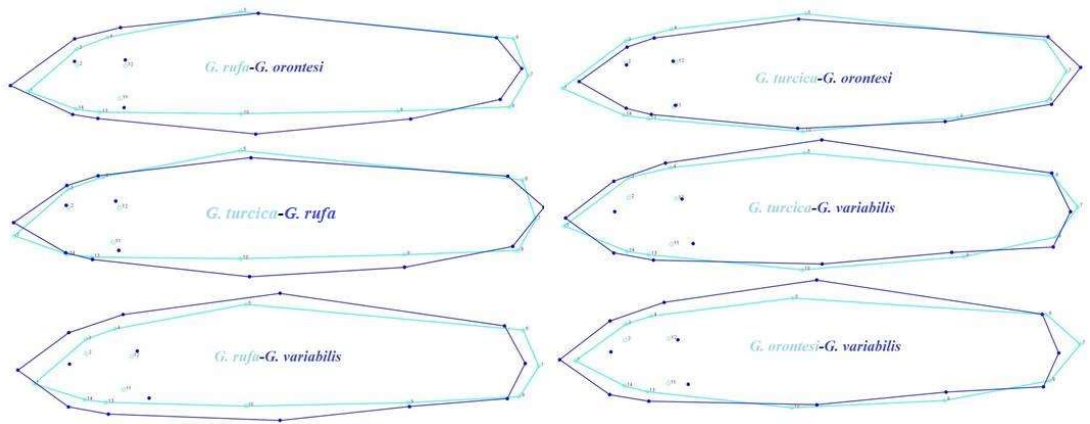
Tablo 4.5. *Garra rufa*, *G. variabilis*, *G. turcica* ve *G. orontesi* türleri için en uzak mesafe popülasyonları için DFA ile hesaplanan Mahalanobis mesafeleri (\*en yakın türlerin mesafesi, \*\* en uzak türlerin mesafesi)

Türler	<i>Garra rufa</i>	<i>Garra turcica</i>	<i>Garra orontesi</i>	<i>Garra variabilis</i>
<i>Garra rufa</i>	-	11,52*	28,39**	23,93
<i>Garra turcica</i>		-	16,18	16,12
<i>Garra orontesi</i>			-	22,07
<i>Garra variabilis</i>				-

Tüm türlere ait birbirine en uzak mesafede olan popülasyonların vücut deformasyon eğrileri incelendiğinde genel olarak *G. rufa* ve *G. variabilis* bireylerinde vücut ile baş daha kalın ve baş bölgesi landmarklarında da geniş bir varyasyonun olduğu görülmektedir (Şekil 4. 19).

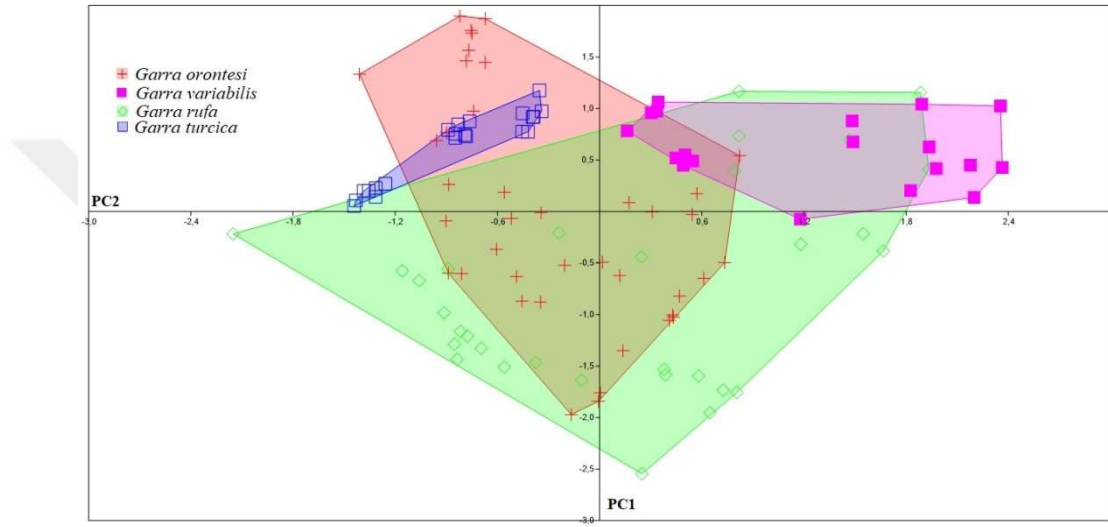
Mahalanobis mesafesine göre morfolojik olarak birbirinden uzak olan *G. rufa* ve *G. orontesi* popülasyonları karşılaştırıldığında *G. rufa* bireylerinde burun daha uzun (1. ve 3. landmark), baş daha kalın (3. ve 14. landmark), post orbital mesafe daha uzun (3. ve 4. landmark), predorsal mesafe daha uzun (4. ve 5. landmark), postdorsal mesafe daha kısa (5. ve 6. landmark), kuyruk sapı daha kısa (7. landmark) ve vücut daha kalındır (5. ve 15. landmark). Dolayısı ile bu iki tür birbirinden net olarak ayrılmakta ve yukarıda belirtilen karakterler bazında belirgin farklılıklar göstermektedir.

Mahalanobis mesafesine göre morfolojik olarak birbirinden yakın olan *G. turcica* ve *G. rufa* popülasyonları karşılaştırıldığında neredeyse tüm landmark noktalarının çakıştığı, sadece *G. turcica* bireylerinde vücudun daha ince (5. ve 15. landmark) olduğu belirlenmiştir. Dolayısı ile ayrı türler olarak verilen bu iki türde yalnızca vücut yüksekliği parametrelerinde farklılık görülmüştür bu farklılık akarsu tipolojisi ve akarsu debisi ile yakından ilişkilidir. Tür içi fenotipik varyasyon aralığında değerlendirilmesi de mümkündür.



Şekil 4.19. *Garra rufa*, *G. variabilis*, *G. turcica* ve *G. orontesi* türlerine ait DFA analizi tel kafes grafiği (Tüm türlerin birbirine en uzak popülasyonları)

Birbirine en yakın mesafedeki popülasyonlar arasındaki morfolojik farklılığı belirlemek amacıyla uygulanan PCA analizinde ilk üç temel bileşen toplam varyansın 74,75'ini (PC1: 47,09; PC2: 17,25; PC3: 8,66) açıklamaktadır (Şekil 4.20). Analiz sonucuna göre türler arasında morfolojik olarak herhangi bir ayrım olmadığı ve tamamının çakıştığı görülmüştür. Ayrıca türler arasında morfolojik olarak en geniş varyasyonun *G. rufa* türünde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.20. *Garra rufa*, *G. variabilis*, *G. turcica* ve *G. orontesi* türleri en yakın popülasyonlarına ait PCA grafiği

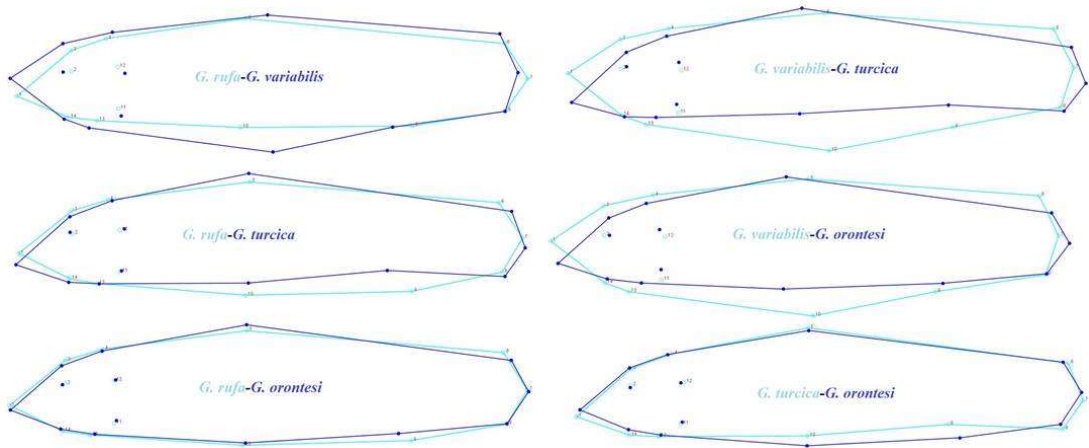
DFA analizi sonucunda türler arasında istatistiksel anlamda farklılıklar görülmüştür ( $p < 0,001$ ). Analiz sonucunda hesaplanan Mahalanobis mesafelerine göre birbirine en uzak olan türler *G. turcica*-*G. variabilis* (21,74) ve en yakın olan türler ise *G. rufa*-*G. orontesi* (4,95) olarak belirlenmiştir (Tablo 4.6).

Mahalanobis mesafesine göre morfolojik olarak birbirinden uzak olan *G. variabilis* ve *G. turcica* popülasyonları karşılaştırıldığında *G. variabilis* bireylerinde burun nispeten terminal konumlu (1. landmark) ve daha kısa (1. ve 3. landmark), baş daha kalın (3. ve 14. landmark), predorsal mesafe daha uzun (4. ve 5. landmark), postdorsal mesafe daha kısa (5. ve 6. landmark), kuyruk sapı daha kısa (7. landmark), daha kalın (6. ve 8. landmark) ve vücut daha kalındır (5. ve 15. landmark).

Tablo 4.6. *Garra rufa*, *G. variabilis*, *G. turcica* ve *G. orontesi* türleri için en yakın mesafe popülasyonları için DFA ile hesaplanan Mahalanobis mesafeleri (\*en yakın türlerin mesafesi, \*\* en uzak türlerin mesafesi)

Türler	<i>Garra rufa</i>	<i>Garra turcica</i>	<i>Garra orontesi</i>	<i>Garra variabilis</i>
<i>Garra rufa</i>	-	8,57	4,95*	7,86
<i>Garra turcica</i>		-	8,51	21,74**
<i>Garra orontesi</i>			-	10,65
<i>Garra variabilis</i>				-

Mahalanobis mesafesine göre morfolojik olarak birbirine yakın olan *G. rufa* ve *G. orontesi* popülasyonları karşılaştırıldığında morfolojik olarak herhangi bir farklılık görülmemiş ve neredeyse tüm landmark noktalarının çakıştığı görülmüştür (Şekil 4.21).

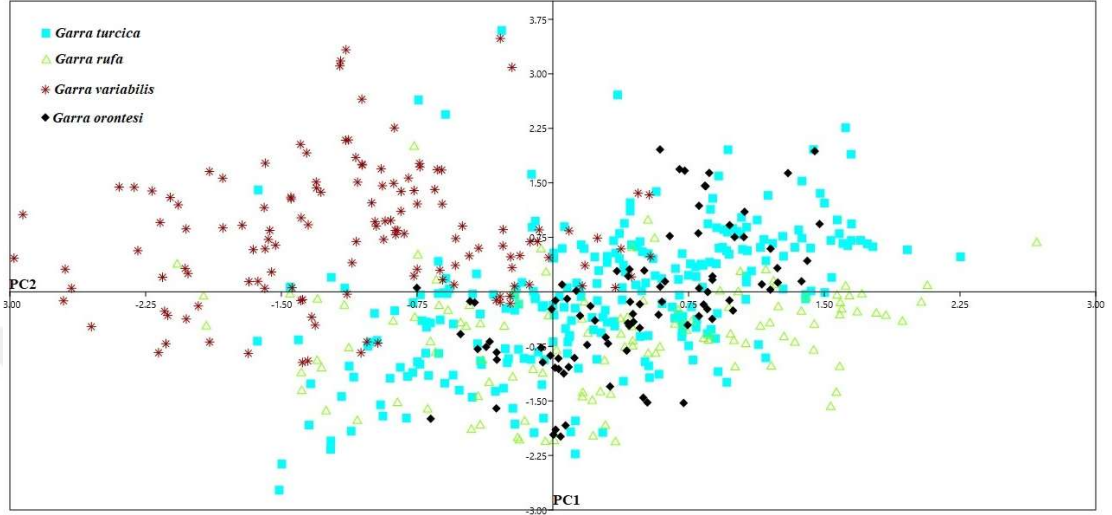


Şekil 4.21. *Garra rufa*, *G. variabilis*, *G. turcica* ve *G. orontesi* türleri en yakın popülasyonlarına ait DFA analizi tel kafes grafiği

Çalışma kapsamında 22 popülasyondan 570 birey incelenmiştir ve popülasyonlar arasındaki morfolojik farklılığı belirlemek amacıyla uygulanan PCA analizde ilk üç temel bileşen toplam varyansın 61,71'ini (PC1: 28,86; PC2: 19,37; PC3: 13,48) açıklamaktadır (Şekil 4.22). Analiz sonucuna göre türler arasında herhangi bir ayırım olmadığı ve tamamının üst üste bindiği görülmüştür. Bir gruplanma görülmesine de *G. variabilis*'in diğerlerinden ayrıldığı görülmektedir. Ayrıca türler arasında morfolojik



olarak en geniş varyasyona sahip olan türlerin *G. rufa* ve *G. turcica* olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.22. *Garra rufa*, *G. variabilis*, *G. turcica* ve *G. orontesi* türlerine ait PCA grafiği

DFA analizi sonucunda hesaplanan Mahalanobis mesafelerine göre birbirine en uzak olan türler *G. orontesi*-*G. variabilis* (6,56) ve en yakın olan türler ise *G. turcica*-*G. orontesi* (2,29) olarak belirlenmiştir (Tablo 4.7). Hedayati ve ark. (2020) *Alburnus zagrosensis* türünün üç popülasyonu arasında morfolojik farklılıkla belirlemişlerdir. DFA analizi sonucu çizdirilen vücut deformasyon eğrilerine göre yakın mesafe popülasyonları arasında daha düşük ayırımın söz konusu olduğu, mesafenin artmasına bağlı olarak ayırımın daha fark edilir hale geldiğini bildirmişlerdir. Bunun sebebi olarak ise coğrafik izolasyona bağlı olarak farklı bölgelere özel ekolojik koşulların tür içi çeşitliliği arttırması olarak açıklamışlardır.

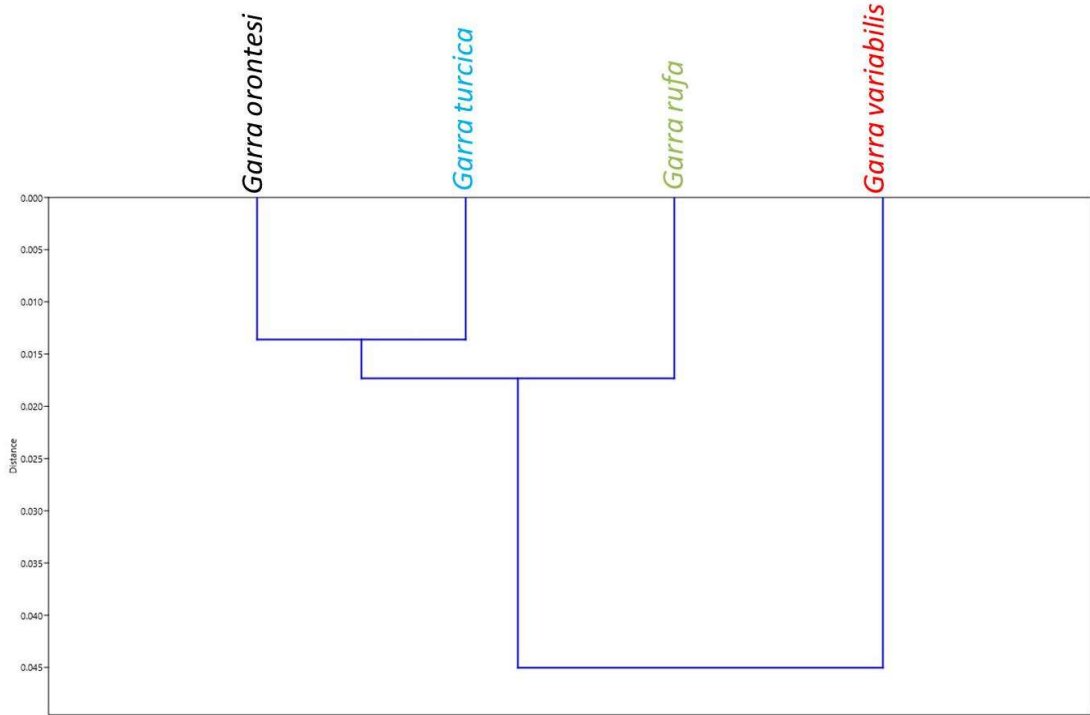
İncelenen tüm popülasyonlara Öklid mesafesi kullanılarak Cluster analizi uygulanmıştır. Analiz sonucu elde edilen dendogramda *G. variabilis* tek kladda, bir ana kladda *G. rufa*, *G. turcica* ve *G. orontesi* (Tablo 4.8 ve Şekil 4.23) dallanırken bu kladda *G. turcica* ve *G. orontesi* 'nin birlikte yer aldığı görülmüştür.

Tablo 4.7. *Garra rufa*, *G. variabilis*, *G. turcica* ve *G. orontesi* türleri için DFA ile hesaplanan Mahalanobis mesafeleri (\*en yakın türlerin mesafesi, \*\* en uzak türlerin mesafesi)

Türler	<i>Garra rufa</i>	<i>Garra turcica</i>	<i>Garra orontesi</i>	<i>Garra variabilis</i>
<i>Garra rufa</i>	-	2,49	3,48	4,05
<i>Garra turcica</i>		-	2,29*	6,08
<i>Garra orontesi</i>			-	6,56**
<i>Garra variabilis</i>				-

Tablo 4.8. *Garra rufa*, *G. variabilis*, *G. turcica* ve *G. orontesi* Öklid mesafeleri

	<i>Garra turcica</i>	<i>Garra rufa</i>	<i>Garra variabilis</i>	<i>Garra orontesi</i>
<i>Garra turcica</i>	0,000	0,016	0,041	0,014
<i>Garra rufa</i>		0,000	0,048	0,018
<i>Garra variabilis</i>			0,000	0,046
<i>Garra orontesi</i>				0,000



Şekil 4.23. *Garra rufa*, *G. variabilis*, *G. turcica* ve *G. orontesi* türlerine ait Cluster dendogramı

Çiçek ve ark. (2016a) *G. rufa* ve *G. variabilis* ile ilgili çalışmalarında vücut genişliği ve baş kısmı landmarklarında görülen farkın habitat yapısından kaynaklandığını

bildirmişlerdir. Bu çalışmada da Çiçek ve ark. (2016a)'nın yaptığı çalışmada olduğu gibi baş bölgesi (1., 2., 3., 4., 12. ve 14. landmark) ve vücut genişliği (5.,10. landmarklarda) işaretçilerde varyasyon yüksektir.

Dicle havzasında Hasanpoor ve ark. (2015) *A. sellal* türü üzerinde geometrik morfometri ile fenotipik plastisite analizi kapsamında uzak ve yakın popülasyonlar arasında morfolojik varyasyon tespit etmişlerdir. Çalışmada üç temel grubun olduğunu kümeleme analizi sonucunda habitatlar arasındaki benzerliğe dayalı dallanmalar söz konusudur. Bu çalışma sonucunda da habitat koşullarının etkisi popülasyon üzerinde fenotipik esneklik olarak yansımıştır.

## BÖLÜM 5

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında *G. rufa*, *G. turcica*, *G. variabilis* ve *G. orontesi* türleri için tür içi ve türler arası morfolojik varyasyonun istatistik yöntemlerle ifadesi sağlanmıştır. Uygulanan yöntemlerden elde edilen sonuçlara göre;

*Garra variabilis* türünün morfolojik olarak diğerlerinden belirgin şekilde ayrıldığı, *G. rufa* türünün diğer iki türe göre nispeten daha fazla ayrıldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte *G. turcica* ve *G. orontesi* türleri arasında net bir morfolojik ayırım görülmediği belirlenmiştir.

Tür içi varyasyonun en fazla görüldüğü türler *G. turcica* ve *G. variabilis* iken en az görüldüğü tür ise *G. rufa* olarak belirlenmiştir.

*Garra turcica* için bu varyasyonun en belirgin olduğu morfolojik karakterler; burun ucu, vücut yüksekliği ve kuyruk sapı ile ilişkili karakterlerdir (1, 5, 7, 9 ve 10 işaret noktaları).

*Garra variabilis* için bu varyasyonun en belirgin olduğu morfolojik karakterler; burun ucu, göz merkezi, ense yüksekliği ve vücut yüksekliği, yanal çizgi ve operkulum başlangıç bölgeleri olmuştur (1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 ve 14 işaret noktaları).

Geometrik morfometri yöntemi ile ortaya çıkarılan vücut deformasyon eğrisi tel kafes grafikleri popülasyonlar arası varyasyonun, farklılıkların temelini oluşturan morfolojik karakterlerin rahatlıkla gözlemlenmesini sağlamıştır. Bu doğrultuda vücut deformasyon eğrilerinden elde edilen verilere göre, değerlendirilen bu dört *Garra* türü için en fazla varyasyonun baş bölgesi için burun ucu ve gözün konumu (1, 3, 4. işaret noktaları), kuyruk bölgesi için kuyruk sapının yüksekliği (6, 7, 8. işaret noktaları), vücut yüksekliği ve operkulum başlangıcı (5, 10, 13. işaret noktaları) olmuştur.

Dolayısı ile bu cinse ait türler üzerinde bundan sonra yapılacak çalışmalarda bu karakterlerin daha güçlü ayırım yapabildiği bilgisinden yola çıkılarak daha etkin sonuçlar alınabilecektir.

Uygulanan Cluster analizi sonuçlarına göre *G. orontesi* ile *G. turcica*'nın birbirine en yakın türler olduğu belirlenmiştir.

Kullanılan istatistik yöntemler ile güvenilir ve uyumlu sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Dolayısı ile bu yöntemlerin tür içi ve türler arası varyasyonu sayısal olarak ifade etmede başarılı oldukları, balık sistematiği ve ekolojisi temelli çalışmalarda kullanılabilir oldukları tespit edilmiştir.

*Garra rufa*, *G. turcica* ve *G. orontesi* türleri arasındaki farkın *G. rufa* türünün Dicle ve Fırat nehirlerinin farklı bölge popülasyonları arasındaki fark kadar olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durum fenotipik esnekliğin açık bir göstergesi olarak düşünülebilir.

Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlara göre bundan sonraki çalışmalarda;

- Türlerin dağılım alanı içerisindeki bütün popülasyonlar ele alınarak fenotipik esnekliğin ortaya konması,
- Türlerin dağılım alanı içerisinde birbirine en yakın ve en uzak popülasyonların morfolojik ve genetik olarak analiz edilmesi,
- Çalışma yapılmış olan bu dört türün ayırıcı karakterlerinin bu sonuçlar temelinde net bir şekilde ortaya konması önem taşımaktadır.

## KAYNAKÇA

Avşar D, Bingel F, Ünsal M (1988) Application of Mahalanobis distance function for the morphometric separation of scaldfish (*Arnoglossus laterna* Walbaum) stocks in the Gulf of Mersin. DOGA TU Journal of Biology (Genet., Microbiol., Mol. Biol., Cytol.), 12(2): 87–92.

Bayçelebi E, Kaya C, Turan D, Ergüden SA, Freyhof J (2018) Redescription of *Garra turcica* from southern Anatolia (Teleostei: Cyprinidae). Zootaxa 4524 (2):227–236.

Bayçelebi E, Kaya C, Turan D, Freyhof J (2021) *Garra orontesi*, a new species from the Orontes River drainage (Teleostei: Cyprinidae). Zootaxa 4952 (1): 169-180.

Bennett ET (1835) A letter to the secretary by Keith E. Abbott, Esq., Trebizond Erzeroun, a collection of skins of mammals and birds, and of preserved reptiles, fishes, and insects. Proceedings of the Zoological Society of London (3): 89-92.

Çiçek E, Birecikligil SS, Fricke R (2015) Freshwater fishes of Turkey; a revised and updated annotated checklist. Biharean Biologists 9(2):141–157.

Çiçek E, Fricke R, Sungur S, Eagderi S (2018) Endemic Freshwater Fishes of Turkey. FishTaxa 4(4):1–39.

Çiçek E, Fricke R, Eagderi S, Sungur S, Vanni S (2019) *Knipowitschia ephesi* Ahnelt, 1995, a junior synonym of *Gobius ricasolii* Di Caporiacco, 1935 (Teleostei: Gobiidae). Zoology in the Middle East 65(4): 330-335.

Çiçek E, Sungur S, Fricke R (2020) Freshwater lampreys and fishes of Turkey; a revised and updated annotated checklist 2020. Zootaxa 4809(2):241–270.

Çiçek E, Eagderi S, Seçer B, Sungur S (2021) *Capoeta kosswigi* Karaman, 1969 a junior synonym of *Capoeta damascina* (Valenciennes, 1842) (Teleostei: Cyprinidae). Turkish Journal of Zoology 45(3): 235-240.

Çiçek T, Kaya A, Bilici S, Ünlü E (2016a) Size and shape analysis of two close *Cyprinidae* species (*Garra variabilis*-*Garra rufa*) by geometric morphometric methods. *Journal of Survey in Fisheries Sciences* 2(2):35–44.

Çiçek T, Ünlü E, Bilici S, Uysal E (2016b) Morphological differences among the *Garra variabilis* populations (*Cyprinidae*) in Tigris River system of South East Turkey. *Journal of Survey in Fisheries Sciences* 3(1):9–20.

Çiçek E, Eagderi S, Sungur S, Seçer B (2022) *Capoeta ekmekciae* Turan, Kottelat, Kirankaya & Engin, 2006 a junior synonym of *Capoeta capoeta* (Güldenstädt, 1773) (Teleostei: Cyprinidae). *Journal of Fish Biology*. <https://doi.org/10.1111/jfb.15204>.

Deveciyan K (1926) *Pêche Et Pêcheries En Turquie (Türkiye’de Balık ve Balıkçılık)*. Reprint in Turkish by Aras Publishing, 8th edition, October 2020, Istanbul.

Freyhof J, Kaya C, Abdullah YS, Geiger MF (2021b) The *Glyptothorax* catfishes of the Euphrates and Tigris with the description of a new species (Teleostei: Sisoridae). *Zootaxa* 4969(3):453–491.

Freyhof J, Yoğurtçuoğlu B, Kaya C (2021a) *Oxynoemacheilus sarus*, a new nemacheilid loach from the lower Ceyhan and Seyhan in southern Anatolia (Teleostei: Nemacheilidae). *Zootaxa* 4964(1):123–139.

Fricke R, Bilecenoğlu M, Sari HM (2007) Annotated checklist of fish and lamprey species (Gnathostomata and Petromyzontomorphi) of Turkey, including a Red List of threatened and declining species. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie A (Biologie)* (706):1-172.

Geiger MF, Herder F, Monaghan MT, Almada V, Barbieri R (2014) Spatial heterogeneity in the Mediterranean biodiversity hotspot affects barcoding accuracy of its freshwater fishes. *Molecular Ecology Resources* 14: 1210-1221.

Geldiay R, Balık S (1988) *Türkiye Tatlı Su Balıkları*. I. Edition, Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir.

Geldiay R, Balık S (2007) Türkiye Tatlısu Balıkları. E.Ü. Su Ürünleri Fak. Yayınları No: 46, V. Baskı, İzmir.

Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palae Elect* 4(1):1–9.

Hasanpoor S H, Eagderi S, Nasri M, Jalali RS (2015) Phenotype plasticity analysis of *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843 from Tigris Basin using geometric morphometrics, *Journal of Fisheries* 9(1): 63-73.

Heckel JJ (1843) Ichthyologie [von Syrien]. In: J. von Russeger. Reisen in Europa, Asien und Afrika, mit besonderer Rücksicht auf die naturwissenschaftlichen Verhältnisse der betreffenden Länder unternommen in den Jahren 1835 bis 1841, etc. E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung. Stuttgart. Ichthyologie [von Syrien]. In Russeger 1(2): 991-1099.

Hedayati SA, Farsani HG, Gerami MH, Fricke, R. (2020) Morphometric variations among three populations of *Alburnus zagrosensis* (Coad, 2009) in the Zagros. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences* 88: 859–866.

Karaman MS (1971) Süßwasserfische der Türkei. 8. Teil. Revision der Barben Europas, Vorderasiens und Nordafrikas. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut* 67:175–254.

Kaya C, Yoğurtçuoğlu B, Freyhof, J (2020) *Oxynoemacheilus amanos*, a new nemacheilid loach from the Orontes River drainage (Teleostei: Nemacheilidae). *Zootaxa* 4938(5): 559–570.

Kelly SA, Panhuis TM, Stoehr AM (2012) Phenotypic Plasticity: Molecular mechanisms and adaptive significance. *Comprehensive Physiology* Vol. 2: 1417–39.

Klingenberg CP, Leamy LJ, Routman EJ, Cheverud JM (2001) Genetic architecture of mandible shape in mice: Effects of quantitative trait loci analyzed by geometric morphometrics. *Genetics* 157:785–802.



Kubilay N (2021) Fırat-Dicle Havzası'nda Bazı *Alburnus sellal* Heckel, 1843 Popülasyonlarının Geometrik Morfometrik Analizi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir.

Kuru M (2004) Recent systematic status of inland water fishes of Turkey. Journal of Education Faculty of Gazi 24:1-21.

Kuru M, Yerli SV, Mangıt F, Ünlü E, Alp A (2014) Fish biodiversity in inland waters of Turkey. Journal of Academic Documents for Fisheries and Aquaculture 1(3):93-120.

Küçük F, Çiftçi Y, Güçlü SS, Turan D (2021) *Chondrostoma smyrnae*, a new nase from the Tahtalı reservoir drainage in the Aegean Sea basin (Teleostei, Leuciscidae). Zoosystematics and Evolution 97(1):235–248.

Mitteroecker P, Gunz P (2009) Advances in Geometric Morphometrics. Evolutionary Biology 36:235–247.

Mouludi-Saleh A, Eagderi S, Cicek E, Sungur S (2020) Morphological variation of Transcaucasian chub, *Squalius turcicus* in southern Caspian Sea basin using geometric morphometric technique. Biologia 75:1585–1590.

Mousavi-Sabet H, Eagderi S, Saemi-Komsari M, Kaya C, Freyhof J (2022) *Garra rezai*, a new species from two widely disjunct areas in the Tigris drainage (Teleostei: Cyprinidae). Zootaxa 5195(5): 419-436.

Nasri M, Eagderi S, Farahmand H, Nezhadheydari H (2019) Interspecific morphological variation among members of the genus *Cyprinion* Heckel, 1843 (Teleostei: Cyprinidae) in Iran, using landmark-based geometric morphometric technique. Iranian Journal of Ichthyology 6(1):54–64.

Price TD, Qvarnström A, Irwin DE (2003) The role of phenotypic plasticity in driving genetic evolution. Proceedings Biological Sciences 270(1523):1433–40.

Rohlf FJ (2005) tpsRELW. Version 1.42, Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, New York.

Rohlf FJ (2008) tpsDIG, version 2.12. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, New York.

Saemi-Komsari M, Mousavi-Sabet H, Sattari M, Eagderi S, Vatandoust SI (2021) Body shape variation of *Garra rufa* (Teleostei, Cyprinidae) populations in the Tigris basin in Iran using geometric morphometric analysis. *International Journal of Aquatic Biology* 9(4):258–263

Saygun S, Ağdamar S, Özuluğ M (2021) *Oxynoemacheilus fatsaensis*, a new nemacheilid loach from the Elekçi Stream in Northern Anatolia (Teleostei: Nemacheilidae). *Zoologischer Anzeiger* 294:39–49.

Seçer B, Mouludi-Saleh A, Eagderi S, Poorbagher H, Çiçek E, Sungur S (2022) Phenotypic plasticity of Angora Loach, *Oxynoemacheilus angorae* (Steindachner, 1897) in inland waters of Turkey. *Iranian Journal of Science and Technology, Transaction A* 46:1317–1326.

Singer MS, Mace KC, Bernays EA (2009) Self-medication as adaptive plasticity: increased ingestion of plant toxins by parasitized caterpillars *PLOS ONE* 4(3): e4796.

Sungur S, Jalili P, Eagderi S (2017) *Oxynoemacheilus ciceki*, new nemacheilid species (Teleostei, Nemacheilidae) from the Sultan Marsh, Kayseri Province, Turkey. *Iranian Journal of Ichthyology* 4(4): 375-383.

Sungur S, Jalili P, Eagderi S, Çiçek E (2018) *Seminemacheilus ahmeti*, a new species of Nemacheilid from Sultan Marshes, Turkey. *FishTaxa* 3(2): 466-473.

Sungur S (2020) *Oxynoemacheilus kosswigi* a Junior Synonym of *O. seyhanensis* (Teleostei: Nemacheilidae) *Iranian Journal of Science and Technology, Transaction A, Science* 44:563–573.

Turan D (2022) Description of a new species *Squalius* from Lake Hazar and upper Tigris River drainages in Anatolia (Teleostei: Leuciscidae). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences* 7(3):336-340.

Turan D, Aksu İ, Oral M, Kaya C, Bayçelebi E (2021) Contribution to the trout of Euphrates River, with description of a new species, and range extension of *Salmo munzuricus* (Salmoniformes, Salmonidae). *Zoosystematics and Evolution* 97(2):471-482.

Turan D, Aksu S (2021) A new Trout species from Southern Marmara Sea Drainages (Teleostei: Salmonidae). *Journal of Anatolian Environment and Animal Sciences* 6(2):232–239.

Turan D, Kottelat M, Kaya C (2022) The trouts of the upper Kura and Aras rivers in Turkey, with description of three new species (Teleostei: Salmonidae). *Zootaxa* 5150(1):043–064.

Turan D, Bayçelebi E, Kalaycı G (2023a) *Oxynoemacheilus marmaraensis*, a new species from the Susurluk River, Türkiye (Teleostei: Nemacheilidae). *Journal of Fish Biology* 2023:1-7.

Turan D, Bayçelebi E, Özuluğ M, Gaygusuz Ö, Aksu İ (2023b) *Phoxinus abanticus*, a new species from the Lake Abant drainage in Turkey (Teleostei: Leuciscidae). *Journal of Fish Biology* 102(5):1157-1167.

Van deer Laan R (2022) *Freshwater Fish List* (Online) ISSN: 2468-9157.

Yoğurtçuoğlu B, Kaya C, Geiger MF, Freyhof J (2020) Revision of the genus *Seminemacheilus*, with the description of three new species (Teleostei: Nemacheilidae), *Zootaxa* 4802(3):477–501.

Yoğurtçuoğlu B, Kaya C, Freyhof J (2021a) *Oxynoemacheilus nasreddini*, a new nemacheilid loach from Central Anatolia (Teleostei: Nemacheilidae). *Zootaxa* 4974(1):135–150.

Yoğurtçuoğlu B, Kaya C, Özuluğ M, Freyhof J (2021b) *Oxynoemacheilus isauricus*, a new nemacheilid loach from Central Anatolia (Teleostei: Nemacheilidae). *Zootaxa* 4975(2):369–378.

Yoğurtçuoğlu B, Kaya C, Atalay MA, Ekmekçi FG, Freyhof J (2023) Two new freshwater blennies from the Eastern Mediterranean basin (Teleostei: Blenniidae). *Zootaxa* 5311 (1):85-104. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5311.1.4>

