

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

***Bufo bufo* (Linnaeus, 1758) VE *Bufo verrucosissimus* (Pallas, 1814)
TÜRLERİNİN DAĞILIM ÖRÜNTÜSÜ**

Simge SUNGUR

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Serkan GÜL
JÜRİ ÜYELERİ
Prof. Dr. Bilal KUTRUP
Prof. Dr. Nurhayat ÖZDEMİR

RİZE-2021
Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TEZ BAŞLIĞI

Doç. Dr. Serkan GÜL danışmanlığında, Simge SUNGUR tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararı ile oluşturulan jüri tarafından 28/04/21 tarihinde Biyoloji Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Ünvanı, Adı Soyadı	İmza
Başkan	: Prof. Dr. Bilal KUTRUP	
Üye	: Prof. Dr. Nurhayat ÖZDEMİR	
Üye	: Doç. Dr. Serkan GÜL	

Doç. Dr. Ahmet YANIK
ENSTİTÜ MÜDÜRÜ

ÖNSÖZ

“*Bufo bufo* (Linnaeus, 1758) ve *Bufo verrucosissimus* (Pallas, 1814) Türlerinin Dağılım Örüntüsü” başlıklı bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek Lisansa başvurmam için beni yüreklendiren, her türlü bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, desteğini bir an olsun üzerimden çekmeyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Serkan GÜL’e teşekkürlerimi sunarım. Yüksek Lisans eğitimim boyunca aldığım derslerde bilgisiyle yolumu aydınlatırken, anlayışı ve sabrıyla da desteklerini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Nurhayat ÖZDEMİR’e teşekkürlerimi sunarım. Tezin son dokunuşlarına katkıda bulunarak şekillenmesinde ve her zaman yardımlarından dolayı Cantekin DURSUN’ a ayrıca teşekkür ediyorum.

Tüm yaşamım boyunca yaptığım her işte yanımda olan ve sunduğum fikirlerde beni sabırla dinleyen, gücünü hep arkamda hissettiğim canım babam Şahin ŞİŞMAN’a, “olmazsa ben ne yapardım” dediğim varlığına şükrettiğim canım annem Hidayet ŞİŞMAN’a ve “aile olmak bunu gerektirir” diyerek bana güç veren ablam Seyran’ a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yorucu ve uzun süren bu yolda desteğini, gücünü hep hissettiğim, her daim en büyük destekçim olan eşim Ercan SUNGUR’a ve tabî ki anneleri yoğun tempodayken sevgileriyle beni yüreklendiren canım kızlarım Berin ve Sezin Ülkü’ye ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Bu Yüksek Lisans Tezi TÜBİTAK tarafından 114Z823 nolu proje ile desteklenmiştir.
--

Simge SUNGUR

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “*Bufo bufo* (Linnaeus, 1758) ve *Bufo verrucosissimus* (Pallas, 1814) Türlerinin Dağılım Örüntüsü” başlıklı bu tezi, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim.28/04/2021

Simge SUNGUR

Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

***Bufo bufo* (Linnaeus, 1758) VE *Bufo verrucosissimus* (Pallas, 1814) TÜRLERİNİN DAĞILIM ÖRÜNTÜSÜ**

Simge SUNGUR

**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışmanı: Doç. Dr. Serkan GÜL**

Anadolu biyocoğrafyasında *Bufo* cinsine ait karakurbağaları *Bufo bufo* ve *Bufo verrucosissimus* olmak üzere iki tür ile temsil edilmektedir. Bu türlerin dağılım örüntüsü önceki yıllarda yapılan çalışmalarda karışıklık göstermesine rağmen son çıkan moleküler çalışma ile bu durum netlik kazanmıştır. Ancak, *B. verrucosissimus* türünün dağılım sahasının parçalı olması ve *B. bufo* türü ile allopatriklik göstermesi bu dağılımın nedenlerinin araştırılması gerekliliğini gözler önüne sermektedir. Yapılan bu tez çalışması ile *B. bufo* ve *B. verrucosissimus* türlerinin dağılım örüntüsü, çevresel değişkenler ve ekolojik niş modellemesi kullanılarak araştırılmıştır. *B. verrucosissimus* için yıllık yağış ile en kurak ayın yağışları modelin oluşmasında en yüksek katkı sağlamışken, *B. bufo* için sıcaklık mevsimselliği değişkeni ön plana çıkmıştır. Yapılan bu çalışmada da *B. verrucosissimus* türü için en uygun habitatların Kafkasya ve Karadeniz boyunca Türkiye'nin kuzey hattında gözlemlendiği buna ek olarak Akdenizin doğusu ve Levant bölgesinde ise sınırlı uygunluk gösteren alanların var olduğu sonucuna ulaşılmıştır. *B. bufo* türünün ise, Anadolu'nun kuzeyinden batısına ve güneyine kadar oldukça uygun habitatlar göstermiş ve hatta bu habitatlar Levent bölgesine kadar uzanmıştır. Sonuçlar, *B. verrucosissimus* türünün *B. bufo* türüne kıyasla Anadolu içerisinde daha sınırlı seviyede uygun habitata sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Tür dağılımlarındaki benzerlik ise İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinin her iki tür içinde uygun olmayan habitatlar ile sınırlanmıştır. Anadolu'nun bu anlamda bir bariyer etkisinin olduğu düşünüldüğünde, *B. bufo* ve *B. verrucosissimus* türleri üzerinde de aynı etkinin var olduğu görülmektedir.

2021, 48 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ekolojik niş, Türleşme, Allopatrik, Anadolu.

ABSTRACT

THE DISTRIBUTION PATTERN OF *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758) AND *Bufo verrucosissimus* (Pallas, 1814) SPECIES

Simge SUNGUR

Recep Tayyip Erdogan University
School of Graduate Studies
Department of Biology
Ph. D. / Master Thesis
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Serkan GÜL

In the Anatolian biogeography, toads belonging to the genus *Bufo* are represented by two species, *Bufo bufo* and *Bufo verrucosissimus*. Although the distribution pattern of these species has been confused in previous studies, this has become clear with the latest molecular study. However, the fact that the distribution area of *B. verrucosissimus* is fragmented and shows allopatricity with *B. bufo* species reveals the necessity to investigate the causes of this distribution. With this thesis study, the distribution pattern of *B. bufo* and *B. verrucosissimus* species was investigated using environmental variables and ecological niche modeling. While the annual precipitation for *B. verrucosissimus* and the precipitation of the driest month contributed the most to the formation of the model, the temperature seasonality variable came to the fore for *B. bufo*. The most suitable habitats for *B. verrucosissimus* species has been observed throughout the Caucasus and the Black Sea in Turkey's northern line, and additionally in the eastern Mediterranean and the Levant region have been reached the conclusion that there are areas with limited suitability. The *B. bufo* species, on the other hand, showed very suitable habitats from the north to west and south of Anatolia, and even these habitats extended to the Levent region. The results revealed that the *B. verrucosissimus* species has a more limited level of suitable habitat in Anatolia, in contrast to the *B. bufo* species. The similarity in species distribution is that the Central Anatolia and Eastern Anatolia regions are restricted to habitats that are not suitable for both species. Considering that Anatolia has a barrier effect in this sense, it is seen that there is the same effect on *B. bufo* and *B. verrucosissimus* species.

2021, 48 pages

Keywords: Ecological niche, Speciation, Allopatric, Anatolia.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ..	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	II
ÖZET....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
TABLolar DİZİNİ	VII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. Ekolojik Niş ve Modellemesi.....	3
1.1.2. Amfibilerin Genel Özellikleri	5
1.2. Literatür Özeti	6
1.3. Konu Başlığı	10
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	11
2.1. Materyal	11
2.2. Yöntem.....	12
2.2.1. Tür oluş verileri.....	12
3. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	18
4. ÖNERİLER.....	28
KAYNAKLAR	29

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Soberón ve Peterson (2005)'dan modifiye edilen BAH diyagramı.	5
Şekil 2. <i>B. bufo</i> ve <i>B. verrucosissimus</i> türlerinin oluş verileri ve çalışma alanı	13
Şekil 3. <i>B. verrucosissimus</i> türünün biyoiklimsel değişkenlere göre dağılımı.....	16
Şekil 4. <i>B. bufo</i> türünün biyoiklimsel değişkenlere göre dağılımı	17



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Modelleme için değerlendirilen 19 biyoiklimsel değişken..... 14

Tablo 2. En iyi aday model için hesaplamalar. 15



SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Prof.	Profesör
Doç. Dr.	Doçent Doktor
Dr. Öğr. Üyesi	Doktor Öğretim Üyesi
RTEÜ	Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
FBE	Fen Bilimleri Enstitüsü
ENM	Ekolojik Niş Modeli
GBIF	Küresel Biyoçeşitlilik Bilgi Tesisi



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Türler ve yaşadıkları çevre ile olan ilişkileri ekoloji için her zaman temel araştırma konusu olmuştur. Bunun yanı sıra, bitki ve hayvanların dağılımı üzerinde ikliminde etkisi yapılan çalışmalarla anlaşılmıştır (Karacaoğlu, 2013). İklim koşulları, bitki ve hayvan türlerinin yaşayacakları ortamları seçmede önemli bir çevresel faktör olmuştur. Bununla beraber her türün farklı bir coğrafi bir dağılımı içinde olduğu görülmüştür (Franklin, 2010). Her türün dünya çapındaki dağılımı ve bu dağılımı etkileyen etmenlerin neler olduğu geçmişten günümüze yapılan birçok çalışmalarda anlaşılmaktadır ve bu canlıların coğrafi dağılımları biyocoğrafya altında incelenmektedir (Efe, 2010).

Biyocoğrafya, bitki ve hayvan türlerinin dağılımını, birbirleriyle etkileşimlerini ve zamanla değişimlerini inceleyen bir bilim dalıdır (Türkeş, 2015). Bu dağılımlar incelenirken hem güncel dağılımlar (ekolojik biyocoğrafya) hem de tarihsel dağılımlardan (evrimsel biyocoğrafya) yararlanılır (Akdağ, 2019). Odak noktası itibarıyla, biyocoğrafya, bitki ve hayvan topluluklarının dağılımlarını ve onların çevreleriyle olan ilişkilerini inceler. Biyocoğrafya açısından asıl soru canlıların belirli alanlarda belirli canlıların neden bulunduklarıdır. Böylece, canlıların geçmişten günümüze kadar hangi süreçlerden geçtiğini, hangi değişimlere uğradığını, mevcut konumuna nasıl ulaştığını ve bulunduğu çevrenin canlıların evrimleşmesini nasıl etkilediğini açıklamalıdır. Bu açıdan bakıldığında hem canlıların geçirdiği evrim, hem de alanın geçirdiği evrimin anlaşılması önemlidir (Demirsoy, 2008). Yeryüzünde biyolojik çeşitlilik rastgele ya da biçimsiz bir şekilde dağılım göstermemektedir. Özellikle biyolojik çeşitlilik açısından zengin olan bölgeler koruma öncelikli ve endemizm açısından yüksek olan bölgeler olarak teşhis edilmektedir (Noss vd., 2015). Myers (1988), bu tarz bölgeleri biyolojik çeşitlilik açısından sıcak noktalar (biodiversity hotspots) olarak isimlendirdi. Myers vd. (2000), dünya'nın en zengin ve en tehdit altındaki karasal ekolojik bölgeleri olarak 25 sıcak nokta belirledi. Ancak daha sonraki yıllarda bu sayı 34'e yükseldi (Mittermeier vd., 2011) ve ilave olarak Doğu Avustralya'nın ormanları da bu zincire katılarak sayı 35'e güncellendi (Williams vd.,

2011; Marchese, 2015). Fakat yapılan çalışmaların ve değerlendirme tlerin neticesinde Kuzey Amerika Kıyı Ovası, 2016 yılından itibaren 36. sıcak nokta olarak literatüre kazandırılmıştır (Williams vd., 2011; Noss vd., 2015; CEPF, 2016; Hrdina ve Romportl, 2017). Türkiye dünyadaki 36 biyoçeşitlilik sıcak noktasından n tamamen kapsayan tek ülkedir. Türkiye bulunduğu konum gereği topografik yapısındaki değişkenlik, iklim çeşitliliği ve iklimin kısa aralıklarla değişkenlik göstermesi sonucu biyoçeşitlilik açısından zengin bir kıta özelliği kazanmıştır (Türkeş, 2015). Anadolu, biyoçeşitliliğin en zengin olduğu bölgelerden biridir. Bu zenginliğin oluşmasında, deniz seviyesinden alpin kuşağına kadar çeşitli habitatları barındırması etkilidir (Karacaoğlu, 2013). Ayrıca ılıman kuşakta bulunan ülkelerin biyolojik çeşitliliği ile karşılaştırıldığında, Türkiye’de fauna biyoçeşitliliğinin oldukça yüksek olduğu görülür (Türkeş, 2015).

Biyoçeşitlilik zenginliğinin Anadolu’da daha çok gözlenmesinde bazı etkenler etkili olmuştur. Bunların başında dağların yükseklik farklılıkları, dağ sıralarının coğrafik yn ve son buzul dönemde gerçekleşmiş olan iklimsel değişikliklerdir (Karacaoğlu, 2013). Jeolojik dönemler boyunca iklimde önemli değişimler gözlenmiştir. Eosen devrinin başlangıcında Avrupa’nın yıllık sıcaklık ortalaması yaklaşık 20-22 C civarında iken bu dönemden sonra sıcaklıklar azalmaya başlamıştır. Pliyosen ağı’nın bitişinde ise Avrupa’nın ortalama yıllık sıcaklıklarında 10-11 C’lik düşüşler tespit edilmiştir. İklım değişimleri aynı zamanda buzul ve buzullar arası dönemler şeklinde birbirini izlemiş ve Pleistosen ağı’nın ortalama sıcaklığı 0-10 C arasında değiştiği gözlenmiştir (zdemir, 2004). En son buzullaşma evresi yaklaşık 115.000 yıl öncesinden yaklaşık 10.000 yıl öncesine kadar srmştir. Buzul dönemleri tekdüze bir soğuma zamanı değildir ve yaşanan soğuk iklimsel koşullar içinde bile çeşitli ılıman ara dönemler bulunur. Karasal bitki ve hayvan yaşamı, son buzullaşma sırasındaki iklimsel değişikliklere karşı bir tepki göstermiştir (Cox vd., 2016). Türkiye, zellikle Anadolu yarımadası, hem Pleistosen ağı’nın sonu hem de Holosen jeolojik döneminin başlarında iklimdeki değişimlere maruz kalmıştır. İklımdeki bu değişimlerden ötürü Anadolu’nun doğal yapısında da köklü değişimler grlmştir. Bu değişimler, Anadolu’nun topografyasını şekillendirmiş ve böylece, flora ve fauna elemanlarının dağılışını önemli ölçüde etkilemiştir (Atalay, 1996). Türkiye’deki yüksek dağların ve zirvelerinde son buzul dneimine ait önemli buzullaşma izlerine rastlamakta

mümkündür (Çiner, 2004; Çiner ve Sarıkaya, 2013). Buzul dönemi sonuna doğru buz ve karların erimesiyle aniden yaşanan sağanaklar Güneydoğu Anadolu’da özellikle Toros Dağlarında etkili olmuştur. Aynı zamanda jeolojik süreçler sonunda Anadolu’da birçok türün gelebildiği, kıtalar arasında geçiş yapabildiği ve diğer türlerle bir arada bulunabildiği yüksek topografik ve habitat çeşitliliği oluşmuştur. Eski dönemlerde Anadolu’ya giriş yapmış olan türlerin yalıtılmasını sağlayarak Anadolu’da daha küçük bölgelerde kalmalarına yol açan coğrafi engeller meydana gelmiştir (Ülker, 2015). Yaşama alanlarını sınırlayan bariyerlerin, bu bariyerlerin zaman içinde değişimlerinin ve orada canlının başarılı olmasını sağlayan ekolojik uyumlarının sonucu, canlılarının bugünkü yayılışları şekillenmiştir (Demirsoy, 2008).

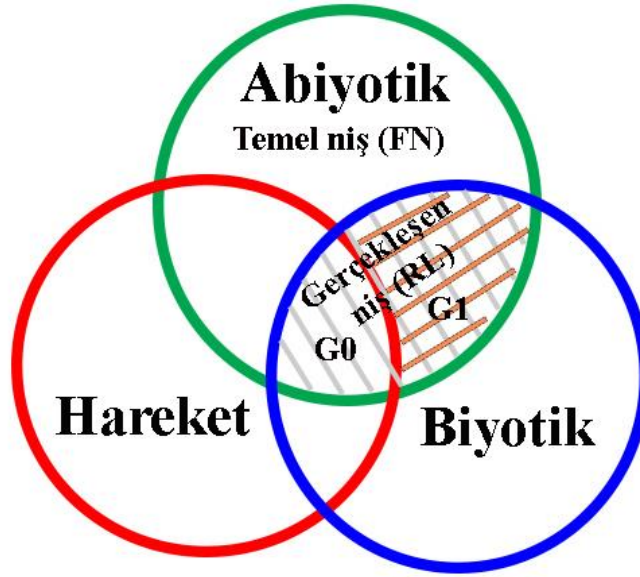
Anadolu zoocoğrafyası Palearktik Bölge’nin içerisinde yer almıştır ve bugünkü zoocoğrafik bileşimi ve yapısı Palearktik faunanın bir parçası olarak görülür. Ayrıca, Anadolu’nun güneydoğu ve doğu kesimi, kuzeye doğru gittikçe azalacak şekilde, Oryental ve Etiyopya elemanlarının etkisinde kalmıştır (Demirsoy, 2008).

1.1.1. Ekolojik Niş ve Modellemesi

Ekolojik niş modellemesi, tür dağılımı olarakta bilinir. Bir türün beklenen dağılımının bir haritasını çıkararak yaşadığı çevre koşullarına ilişkin bilgiler verir (Guisan ve Zimmermann, 2000; Guisan ve Thuiller, 2005; Kozak vd., 2008). Ekolojik niş modelleri (ENM’ler), bir türün ekolojik gereksinimlerini karşılayan ve habitatın göreceli uygunluğunu tahmin eden çevresel koşulların bağıntılı bir modelini yapmak için çevresel verilerle bağlantılı olarak oluşum verilerini kullanan yöntemler sınıfıdır (Warren ve Seifert, 2011). Ekolojik nişin evrimsel ekoloji açısından ele alındığında, bireye ait bir özelliğin evrimleştiği kısımlar göz önünde bulundurulmaktadır (Chase ve Leibold, 2003; Karacaoğlu, 2013). Ekolojik niş modelleri genellikle dört aşamalı bir yol ile kullanılır: 1) türler tarafından işgal edildiği bilinen habitatın göreceli uygunluğunu tahmin etmek, 2) türler tarafından işgal edildiği bilinmeyen coğrafi alanlarda habitatın göreceli uygunluğunu tahmin etmek, 3) çevresel değişim için belirli bir senaryo verildiğinde zaman içinde habitatın uygunluğundaki değişiklikleri tahmin etmek, 4) tür nişinin tahminleri. Aslında, ekolojik niş modellerinin teorik çerçevesi, ekoloji ve evrimsel biyolojide merkezi bir tema olan ekolojik niş kavramına dayanmaktadır (Holt,

2003). Grinnell (1917), nişi, tür yoğunluğundan etkilenmeyen geniş ölçekli değişkenlere (örneğin, iklim) dayandığını, bir türün bireylerinin hayatta kalmasını ve çoğalmasını sağlayan çevresel koşulları içeren habitatın bir alt bölümü olduğunu ifade etmiştir (Hirzel ve Le Lay, 2008; Wiens vd., 2009). Hutchinson (1957), türün "temel nişini", bir türün yaşayabilir bir popülasyonu koruyabildiği ve zaman boyunca varlığını sürdürebildiği çevresel uzaydaki 'n' boyutlu hacim olarak tanımlamıştır. Bir tür, rekabetin neden olduğu niş dışlama nedeniyle temel nişinin tamamını işgal etmediğinde, Hutchinson "gerçekleşen niş" terimini kullandı. Bununla birlikte, türler tarihsel nedenlerle veya dağılma yeteneklerindeki sınırlamalar nedeniyle uygun habitatlarda bulunmayabilir (Holt, 2003). Türler, yetersiz ve temel niş içinde yer almayan habitatları işgal ettiğinden, burada gerçekleştirilen niş temel nişten daha büyüktür (Pulliam, 2000). Jackson ve Overpeck (2000), temel niş alanı ile mevcut çevresel alan arasındaki kesişimi olan "potansiyel niş" kavramını tartışılar ve bu kavrama göre temel niş alanın bir kısmı, belirli bir zamanda çevresel alanın dışında olabileceğini ifade ettiler. Bu nedenle, gerçekleşen niş, potansiyel nişin bir alt kümesidir. Ayrıca, Soberón ve Nakamura (2009) üç farklı niş olduğunu düşündüler: temel, potansiyel ve gerçekleşen niş. Pearson (2010), tür dağılımlarının coğrafi ve tarihsel faktörlerin yanı sıra biyotik etkileşimler (rekabet, yırtıcılık, simbiyoz ve parazitlik) tarafından sınırlandırıldığı "işgal edilmiş niş" kavramını ortaya koymuştur. Soberón ve Peterson (2005), "doğru biyotik ve abiyotik faktör kümesine sahip ve türlerin coğrafi dağılımına eşdeğer olan türler tarafından erişilebilir bölgeye" atıfta bulunmuştur. Bu bölge Pearson (2010) tarafından tanımlanan işgal edilmiş nişe eşdeğerdir (Sillero, 2011).

Yeşil alan Abiotic (Abiyotik), türler için uygun olan abiyotik faktörlü coğrafi bölgeyi temsil eder ve Temel Niş'in (Fundamental Niche (FN)) coğrafi ifadesi olarak kabul edilebilir. Biotic (Biyotik), bir türün varlığı için gerekli olan zorunlu veya türler arası çok güçlü etkileşimlerin yerine getirilmesinin beklenebileceği bölgeyi temsil eder. $A \cap B$ türlerin gerçekleşen nişlerinin (Realized Niche (RL)) coğrafi kapsamını temsil eder. Diğer bir ifadeyle türlerin potansiyel coğrafik dağılımıdır. Movement (Hareket), hareket ve kolonileşme engelleri olmaksızın, ekolojik anlamda türler tarafından dünyanın "erişilebilir" bölgelerinden oluşur. G0, türlerin gerçek coğrafi dağılımını ifade eder. G1 ise potansiyel coğrafik dağılımı göstermektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Soberón ve Peterson (2005)'dan modifiye edilen BAH diyagramı.

1.1.2. Amfibilerin Genel Özellikleri

Amfibiler, sudan karaya geçişle yapılarında birçok yeni yaşamsal özellikleri toplamışlardır. Farklı çevre koşullarında yaşamalarını mümkün kılan gelişmiş mekanizmalara sahip olduğu bilinmektedir (Ferreira ve Jesus, 1973). Amfibiler, anatomik ve fizyolojik özellikler bakımından balıklar ve sürüngenler arasında yer alır. Akciğer varlığının yanı sıra hem karada hem suda yaşayabilmeleri, kara yaşamına uyum gösteren duyu organlarının varlığı, burun deliklerinin ağız ile bağlantılı olması amfibileri balıklardan ayıran başlıca özelliklerdir. Görme duyuları iyi gelişmiştir. Kara hayatına geçmesiyle göz kapakları oluşmuştur ve bu göz kapakları hareketlidir. Vücutları pulsuz ve derileri nemlidir. Deri üzerinde bol miktarda mukus ve salgı bezleri bulunur. Aynı zamanda derileri suya karşı geçirgendir. Amfibiler suyu ağız yoluyla değil deri üzerinden temin etmektedir (Viborg ve Rosenkilde, 2001; Dursun 2018).

İskelet sistemleri aksiyal (eksen) iskelet ve apendiküler (üye) iskelet diye iki kısma ayrılır. Aksiyal iskelet, baş, omurga, kaburgalar ve göğüs kemiğini, apendiküler iskelet ise göğüs kemeri, ön bacaklar, kalça kemeri ve arka bacakları kapsamaktadır (Şahin, 2000). Vücutlarında çizgili, düz ve kalp kası olmak üzere üç tip kas vardır. Solunum olayı larval dönemde dış (semenderler) ve iç (kurbağalar) solungaçlar ile ergin dönemde ise akciğer, solungaç, deri ve yutak ile gerçekleştirilir (Öber, 2008).

Akciğerler yüksek omurgalı türlerle karşılaştırıldığında daha basit yapıda kalmaktadır. Vücudun oksijen ihtiyacı daha çok deri solunumuyla sağlanır. Kalp üç bölümden oluşmaktadır ve bunlar iki kulakçık ve bir karıncıktır. Sol kulakçığa dökülen temiz kan ile sağ kulakçığa dökülen kirli kan, karıncıkta karışır. Amfibiler soğukkanlı hayvanlardır. Özellikle suları terk eden türleri, genelde temel fizyolojilerine uygun bölgelere yerleşirler çünkü vücut sıcaklıkları yaşadıkları çevre koşullarıyla doğrudan bağlantılıdır (Duellman ve Trueb, 1994). Sindirim sistemleri ağızla başlar. Çoğunlukla üst çenede, bazı türlerde ise her iki çenede de ince dişler vardır ve bu dişlerle avını sıkıca kavrarlar. Üst çenedeki dişler amfibilerin karakteristik bir özelliğidir. Ağızdan sonraki kısım kısa bir özefagus ve midedir. Midelerindeki mukus salgı bezleri tek tip bir hücreden oluşmaktadır. Mideden sonra kısa bir ince bağırsak ve kalın bağırsak bulunur. Kalın bağırsak kloak ile birleşir ve anüsle dışarı açılır. Karaciğer, pankreas ve safra kesesi ise diğer omurgalı canlılarla aynı yapı ve salgıları içerirler (Dursun, 2018). Ergin evrede genelde etçilerdir. Böcek, solucan gibi omurgasızlar başlıca besinleridir. Larva evresindeki besinleri, kuyruklu kurbağalarda etçil şeklinde, kuyruksuz kurbağalarda ise ilk dönemde bitkisel şekilde sağlanır.

1.2. Literatür Özeti

Literatür incelendiğinde, *B. bufo* tür grubuna ait taksonların Türkiye'deki dağılışı sahaları ve taksonomileri üzerine değişik yorumlarda bulunulduğu görülmüştür. Morfolojiye dayalı çalışmalar ülkemizdeki taksonları *B. bufo* türünün alttürleri olarak (*B. b. bufo*, *B. b. spinosus*, *B. B. verrucosissimus*) betimlemiştir. Bu taksonların coğrafi dağılışı ise iç içe geçmiştir (Bodenheimer, 1944; Eiselt, 1965; Clark ve Clark, 1973; Yılmaz, 1984; Baran vd., 1997; Özdemir ve Baran, 2002; Tok, 1999; Yılmaz ve Kumlutaş, 1995; Tosunoğlu ve Taşkavak, 2001; Kutrup, 2001; Özdemir, 2005). Yapılan diğer çalışmalarda ise *B. verrucosissimus* ve *B. bufo* ayrı birer tür kabul edilmiş ve *B. verrucosissimus*'un 4 alttürü tanımlanmış ve Türkiye içerisinde Trabzon'a kadar dağılışı gösterdiği belirtilmiştir (Orlova ve Tuniyev, 1989; Kidov vd., 2009; Sinsch vd., 2009). Bu türler üzerine yapılan diğer çalışmalarda da (Türkiye dışında) taksonların sistematığı ve dağılışı belirsizliğini sürdürmüştür (De Lange, 1973; Andreone ve Lucielli, 2000; Lüscher vd., 2001). Moleküler verilerle yapılan bazı çalışmalarda ise *B. bufo* ve *B.*

verrucosissimus ayrı birer tür olarak nitelendirilmiştir (Macey vd., 1998; Pisanet vd., 2009).

Türkiye örneklerinin de mevcut olduğu moleküler çalışmalarda ise sistematik durum çıkmaza girecek kadar karmaşık bir hal almıştır. Kutrup vd. (2006), Türkiye'deki 6 farklı ilden (Artvin, Rize, Trabzon, Giresun, Mersin ve Adapazarı), İtalya ve Yunanistan'dan elde edilmiş örnekleri 16S rRNA geni bakımından inceleyerek, mevcut genetik farklılığın tür içi varyasyon olduğunu söylemiş ve alttür durumlarını kabul etmemiştir. Litvinchuk vd. (2008), genom boyutu ile 24 farklı allozim lokusunu incelediği çalışmasında Anadolu coğrafyasında *B. verrucosissimus*'un dağılışı gösterdiğini belirtmiştir ve tür olarak değerlendirmiştir.

Recuero vd. (2012) *B. bufo* tür grubuna ait toplam 232 bireyi (tüm taksonları kapsayacak şekilde) kapsamlı bir moleküler veri seti kullanarak incelemiştir (mtDNA + nDNA: 6 gen bölgesi). Türkiye'den ise 6 örnek (4 lokalite) analizlere dahil edilmiştir. Yapılan filogenetik analizler sonucunda Havza, Erbaa ve Eflani örnekleri *B. bufo*, Artvin örneği ise *B. verrucosissimus* türü içerisine dahil edilmiştir, fakat çalışma sonucunda *B. bufo* türünün doğu yönlü dağılım sınırının nereye kadar ulaştığı ve *B. verrucosissimus* ile arasında mevcut olması muhtemel olan kontak zonun coğrafi konumunun belirsiz kaldığı belirtilmiştir. Aynı yıl içerisinde, Garcia-Porta vd. (2012) ise 151 örneği mtDNA ve allozim veriler bakımından değerlendirmiştir. Bu çalışma içerisinde Türkiye'den 6 lokalite yer almıştır (Trabzon, Ordu, Samsun, Bolu, Bursa, Alanya). Yapılan filogenetik analizlere göre *B. bufo* kompleksi 5 ana dal altında (Hazar, Avrupa, Kafkasya, İberya ve Afrika) kümelenmiştir.

Türkiye'den elde edilen Alanya ve Bolu örneği Kafkasya dalında yer alırken diğer tüm örnekler ise Avrupa dalında yer almıştır. Araştırmacılar Hazar ana dalı (*B. eichwaldi*: Litvinchuk vd., 2008) haricindeki diğer ana dalların alttür seviyesinde değerlendirilmesi gerektiğini beyan etmişlerdir. Bu iki çalışmada elde edilen bulguların farklılığı üzerine Artzen vd. (2013a) ile Recuero vd. (2012)'nin makalesinde yer alan nükleer sekanslar yeniden analiz ederek *B. bufo* tür grubuna dahil taksonların tür seviyesinde kabul görmesini önermiştir. Ek olarak *B. bufo* ve *B. verrucosissimus* türlerinin Bolu Abant Gölü sınırlarında simpatrik olarak yaşadığı bilgisini sunmuştur. Tuniyev vd. (2014), Ülkemizin doğusunda 1995-2012 yılları arasında gerçekleştirdiği

gezilerle elde ettiği verileri değerlendirmiş, tür olarak betimlediği *B. verrucosissimus*'un Kaçkar Dağları'nın batısından başlayarak Artvin-şavşat sınırları içerisinde son bulan bir yayılışa sahip olduğunu işaret etmiştir.

zdemir vd. (2020) var olan sistematik belirsizlik üzerinden yola çıkmış, *B. bufo* ve *B. verrucosissimus* türlerini morfolojik ve moleküler yaklaşımlar kullanarak ele almıştır. *B. bufo* tür grubuna dahil olan taksonların Türkiye içerisindeki tüm dağılım alanlarını temsil edecek şekilde geniş bir örnekleme yapılarak belirsiz kalan bütün detayların aydınlatılmaya çalışılmıştır. Çalışma kapsamında, *B. bufo* tür grubunun tüm dağılışını temsil edecek şekilde 25 farklı ilden toplam 193 birey (96 ♀, 97 ♂) rneklelenmiştir. Filogenetik analizler için her ilden 3'er birey olmak üzere toplam 74 birey 16S rRNA, cyt b, RPL3 ve RAG1 genleri kullanılarak farklı olasılık hesaplarına dayanan Bayesian ve Maksimum Olasılık metotları ile analize tabi tutulmuştur. Toplam 193 bireyden alınan 31 farklı değişene ait morfolojik lmler Diskriminant analizi kullanılarak değerlendirilmiştir. Mitokondriyal verilerin analizi ile elde edilen sonuçlar (filogenetik ağaçlar ve network analizi) her iki taksonun tür durumunu doğrular şekilde ayırışmayı açığa çıkarmıştır. 16S rRNA analizlerine göre örnekler toplamda 8 haplotip oluşturmuştur. Artvin rnekleri kendi içerisinde; Antalya, Mersin, Hatay ve Osmaniye rnekleri beraberce kümelenmiştir. Cyt b analizlerine göre örnekler toplamda 23 haplotip oluşturmuştur. Artvin, Antalya ve Mersin rnekleri kendi ilerinde; Osmaniye ve Hatay rnekleri ise beraberce kümelenmiş ve diğer haplotiplerden ayırık olarak kendi aralarında bağlantı göstermişlerdir. Filogenetik analizlerde *B. verrucosissimus* olarak adlandırılan Kafkasya örneklerine ait gen dizileri de analizlere dahil edilmiş ve yukarıda bahsedilen haplogrupların bu örnekler ile ayrı bir dal oluşturduğu grlmştir. Benzer şekilde diğer haplotipler de *B. bufo* olarak adlandırılmış örneklerin gen dizileri ile ayrı bir dal oluşturmuştur. Birleştirilmiş mitokondriyal veriler de *B. verrucosissimus* ve *B. bufo* taksonlarını 18 mutasyonel adım ile ayırmıştır. Nüklear verilerin analizi ile elde edilen sonuçlar ise belli ölçüde farklılık göstermiştir. RAG1 geni için oluşan 4 haplotipten birinde Antalya, Mersin, Hatay ve Osmaniye rnekleri beraberce kümelenmiştir, fakat Artvin rnekleri, Karadeniz Bölgesi'nden elde edilmiş diğer örneklerle beraber aynı haplotipin içerisinde yer almıştır. Bir diğer ilginç nokta ise Isparta rneklerinin Akdeniz Bölgesi rneklerinin olduğu haplotip içerisinde yer almasıdır. RPL3 geni için elde edilen 2 haplotipten biri Mersin, Hatay ve Osmaniye

örneklerini kapsarken, Antalya ve Artvin örnekleri komşu illeri olan Rize ve Artvin illerindeki örnekler ve diğer örnekler ile ayrı bir haplotip içerisinde kümelenmiştir. Gen ağaçlarında gözlenen bu duruma karşı, çoklu lokusların analizine dayanarak oluşturulan tür ağaçları *B. bufo* ve *B. verrucosissimus*'un ayrı bir tür olduğunu işaret etmiştir. Tür sınırlarını belirlemede kullanılan başlıca metodlardan biri olan “Bayes Factor Delimitation” analizi *B. verrucosissimus*'u ayrı bir tür olarak ve alttür olarak kabul eden iki farklı senaryo için gerçekleştirilmiş ve tür olarak kabul edilmesi gereken senaryoyu doğrulamıştır. Yapılan morfolojik analizler sonucunda ise *Bufo verrucosissimus* türünün *Bufo bufo* türüne kıyasla hem erkek bireyler hemde dişi bireyler bakımından daha büyük bir baş yapısına ve daha uzun iç metatarsal tüberküllere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar önceki çalışmaları tek bir potada eritmiştir. Recuero vd. (2012) ve Arntzen vd. (2013a)'ın önerdiği *B. verrucosissimus*'un tür durumu desteklenmiş, Garcia-Porta vd. (2012)'nın Antalya ilinde Kafkasya kladının dağılışı gösterdiği önermesi doğrulanmıştır. Arntzen vd. (2013a) Bolu ilinde bu türlerin simpatrik yaşadığı bulgusu reddedilerek, yalnızca *B. bufo* türünün dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak ilgili çalışma türlerin sistematik durumundaki belirsizliği nihayete erdirerek tür durumlarını kabul etmiştir ve dağılım sınırlarını geniş ölçekte çizmiştir, fakat mahalli ölçekteki sınırlar ve kontak zonlar henüz belirsizdir.

Jablonski ve Sadek (2019), 16S rRNA verilerine dayanarak *B. verrucosissimus* türünün Levant bölgesi içerisindeki ilk kaydı verdiği çalışmada bu bölgedeki örneklerin ilginç bir şekilde Akdeniz Bölgesine kıyasla Kafkasya örnekleri ile genetik olarak daha yakın benzer, orjin merkezinin Kafkasya kolonizasyon yönünün ise güney olduğunu belirterek bahsedilen bu alanlar üzerine genomik çalışmaların yapılması gerektiğini söylemişlerdir. Böylece türün dağılım sınırları Levant bölgesine kadar genişletilmiştir.

B. bufo türü üzerine ekolojik niş modellemesi kullanılarak yapılan son çalışmada, Arntzen vd. (2020) 514 lokaliteden, 6584 bireyin SNP verileri ile genotiplemesini yapmış ve bunları topografik, iklimsel ve arazi kullanımına ait değişkenler ile değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Çalışma sonucunda sıcaklık ve yağış gibi etmenlerin türlere ait saf popülasyonların dağılımını belirlemede daha doğru bilgiler verdiğini, fakat hibrit zonlar için efektif olmadığını söylemişlerdir. Coğrafik olarak uzun ve heterojen bir yapıya sahip olan kontak zonların analizlerinde farklı değişken setlerinin kullanılmasının daha etkili olacağı ifade edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, sıcaklık

ve yağış bakımından türlerin sergilediği dağılım örüntüsü oldukça makuldür, çünkü soğuk ve nemli alanlar *B. bufo*; sıcak, daha kurak ve ekstrem şartlara sahip olan alanlar ise *B. spinosus* için yaşam alanıdır. Dolayısı ile önceki çalışmalarda türler için çizilen sınırlar ve kuraklığa adapte olarak ifade edilen morfolojik varyasyonlar tekrar doğrulanmıştır (Recuero vd., 2012; Arntzen vd., 2013a, b; Garcia-Porta vd., 2012; Trujillo vd., 2017). Bu durum ekolojik niş modellemesinin tür dağılımını belirlemede kuvvetli bir araç olduğunu işaret etmiştir.

Literatür özetinde tez çalışmasına konu olan türler üzerine önceki dönemlerde yapılan çalışmaların önemli noktalarına değinilmiştir. Türkiye ve Kafkasya'yı kapsayan coğrafyada *B. bufo* ve özellikle de *B. verrucosissimus* türünün dağılımları ve niş modelleri üzerine yapılmış bir çalışmanın olmaması literatür içerisinde önemli bir boşluk oluşturmaktadır. Bu tez çalışmasının amacı *B. bufo* ve *B. verrucosissimus* türlerinin dağılım örüntülerinin ekolojik niş modellerine dayalı olarak belirlenmesidir.

1.3. Konu Başlığı

Literatür özetinde tez çalışmasına konu olan türler üzerine önceki dönemlerde yapılan çalışmaların önemli noktalarına değinilmiştir. Türkiye ve Kafkasya'yı kapsayan coğrafyada *B. bufo* ve özellikle de *B. verrucosissimus* türünün dağılımları ve niş modelleri üzerine yapılmış bir çalışmanın olmaması literatür içerisinde önemli bir boşluk oluşturmaktadır. Bu tez çalışmasının amacı *B. bufo* ve *B. verrucosissimus* türlerinin dağılım örüntülerinin ekolojik niş modeline dayalı olarak belirlenmesidir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. *Bufo bufo*:

Vücut uzunluğu dişilerde 15, erkeklerde 11 cm uzunluğa kadar erişebilir. Gözbebeği yataydır, altın veya bakır rengi irise sahiptir. Erkeklerde ses kesesi mevcut değildir. Derileri kurudur ve bariz şekilde siğil ihtiva eder, bu siğiller erkeklerde daha az sayıdadır. Renklenme kahverengi – yeşil tonlarındadır. Arka bacaklar diğer kurbağalara oranla daha kısadır. Perdeler az gelişmiştir. Erkeklerin ön bacakları kaslı ve kalındır. Ayaklarda bir çift tüberkül bulunur. Başın üzerinde parotid bezleri bulunur ve dahil olduğu familya için karakteristiktir (Dursun, 2018; Baran vd., 2021). Ekolojik olarak toleransı yüksektir, gececil bir canlıdır. Nemli bölgelerde, seyrek veya sık vejetasyonlu taşlık kayalık alanlarda, kozalaklı veya yaprak dönek ormanlarda, çayırlarda yaşayabilir. Aktif avcılar olup küçük omurgasızlarla beslenirler. Sıklıkla derilerini değiştirir. Üreme ve beslenme için göç ettiği bilinir. Bahar döneminde ürer. Aksillar amplexus davranışı görülür. Dişiler için erkekler arasında rekabet vardır. Türün yumurtaları çift zincirli bir kordon şeklindedir. Yüksek ekolojik adaptasyon yeteneğinden ötürü farklı biyotoplar üzerinde yaşayabilmektedir. Karasal paleartktik bir dağılım gösterir. Avrupa'nın hemen hemen tamamında ve Batı Asya'da yayılmıştır. Ülkemizde ise Marmara, Karadeniz, Ege ve Akdeniz bölgelerinde var olduğu bilinmektedir (Arslan vd., 2018; Özdemir vd., 2020).

2.1.2. *Bufo verrucosissimus*:

Dış morfoloji olarak *B. bufo* türüne benzer. Vücut uzunluğu *B. bufo*'ya kıyasla daha büyüktür. Kafa yapısı *B. bufo* tür grubunun Avrupa'daki temsilcilerine göre nispeten daha küçüktür. Burun geniş ve kısa ve burun delikleri arasındaki mesafe göz ile burun delikleri arasındaki mesafeden daha fazladır. Kafa vücutla bariz birleşik olup, boyun bölgesi belirsizdir. Sırt, bacaklar ve göğüs bölgesindeki deri kalındır. Deri büyük konik şekilli sivri çıkıntılar ve düzgün siğiller ile kaplıdır. Ayrıca vücudun yan taraflarında ve ağzın köşelerinde büyük, sivri dikenler bulunur. Parotid bezleri bariz

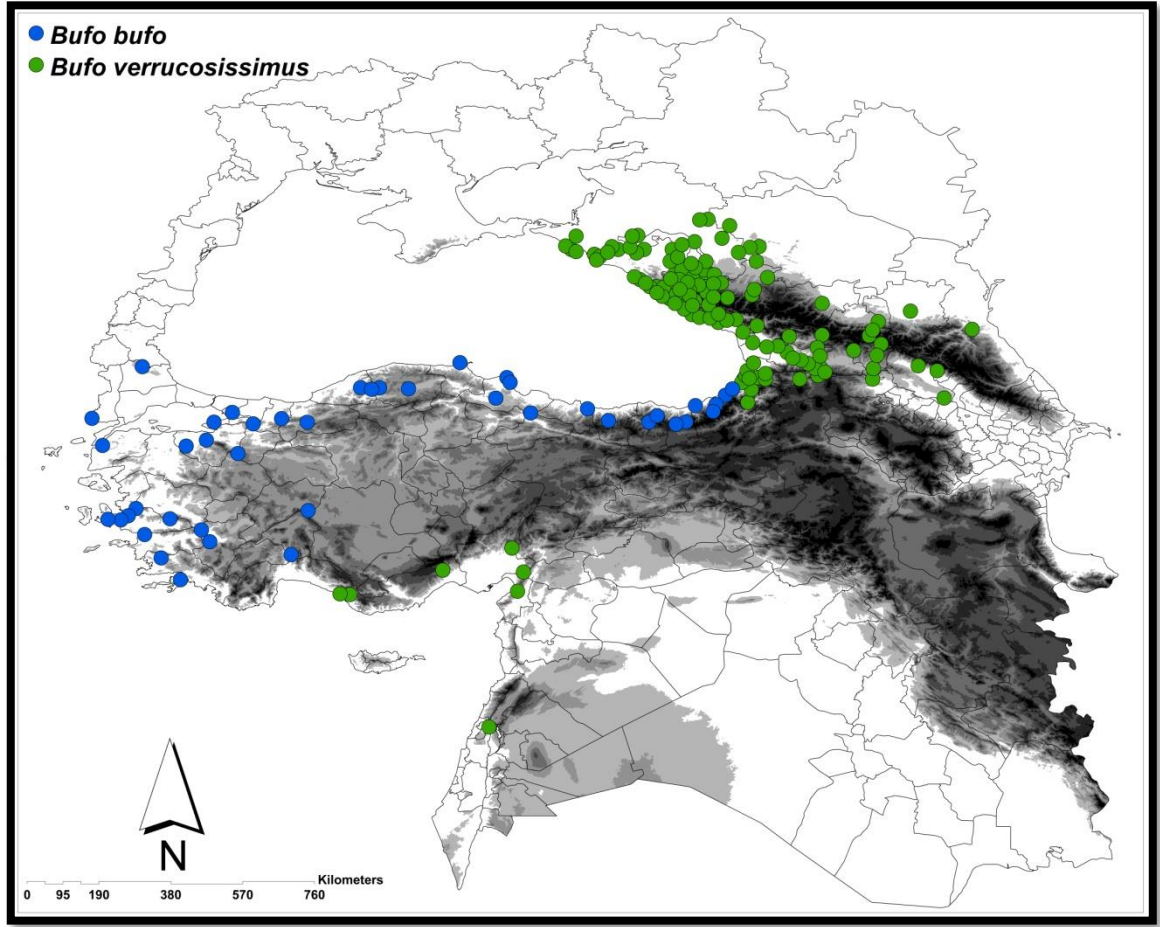
şekilde belirgindir, fakat çok büyük değildir. Kafanın üst yüzeyi kısmen düzgündür. Kulak zarı küçük, eliptik gözbebeği kırmızımsı kahverengidir. Gözleri *B. bufo*'ya kıyasla daha ayırıktır. Nemli dağ orman kuşağında yaşamayı tercih ederler ve orman çizgisinden uzakta görülmezler. Gececil hayvanlardır. Ekseriyetle zamanlarını sığınaklarda harcarlar. Bahar döneminde üreyen bir türdür. Aksillar amplexus görülür. Yumurtalar çift zincirli kordon şeklindedir (Dursun, 2018; Baran vd., 2021). Dağılışı kardeş türü olan *B. bufo*'ya göre daha sınırlı bir alandadır. Kafkasya ve Levant bölgesinde dağılım gösterdiği bilinir (Orlova ve Tuniyev, 1989; Sinsch vd., 2009). Ülkemizde ise Akdeniz Bölgesi ve Artvin ili sınırlarında yaşamaktadır (Tuniyev vd., 2014; Özdemir vd., 2020).

2.2. Yöntem

2.2.1. Tür oluş verileri

Hem *B. bufo* hem de *B. verrucosissimus* için oluş verileri toplanmıştır. Bunu yapmak için temel olarak üç yol izlenmiştir (1) 2015 ve 2017 yılları arasında yapılan saha çalışması sırasında biriktirilen veriler (2) literatür taraması sonucunda elde edilen veriler (*B. bufo* için: Arıkan ve Çiçek, 2010; Arslan vd., 2018; Dönmez vd., 2009; Garcia-Porta vd., 2012; Recuera vd., 2012; Yakar, 2016. *B. verrucosissimus* için: Garcia-Porta vd., 2012; Jablonski ve Sadek, 2019; Recuera vd., 2012) (3) Küresel Biyoçeşitlilik Bilgi Tesisi (GBIF)'nden incelenen veriler (www.gbif.org). Oluş verileri için önyargıyı en aza indirmek adına, incelenen literatür bilgisinde koordinatları mevcut olanlar değerlendirildi. Ayrıca, GBIF'den veriler elde edilirken koordinatları dahil olan ve yalnızca 2018 yılına kadar mevcut olan veriler seçilmiştir. Sonuç itibarıyla, *B. bufo* ve *B. verrucosissimus* türleri için sırasıyla 64 ve 416 doğrulanmış coğrafi referanslı oluş verileri biriktirilmiştir. Oluş verileri arasındaki mekansal otokorelasyonu azaltmak için, SDMToolbox (Brown, 2014; Brown vd., 2017) kullanılarak aynı alan içerisinde birbirine çok yakın olan ve üst üste çakışan birden fazla oluş kaydının belirtilen mesafe içinde (1 km'den 10 km'ye kadar) tek bir kayda indirgeyerek mekansal olarak otokorelasyonlu oluş noktaları elde edilmiştir. Bu metot ile üst üste çakışan ve temasta olan oluş kayıtlarının ortadan kaldırılması hem model kalibrasyonu hem de model değerlendirmesi için önemlidir. Sonuç olarak, *B. bufo* ve *B. verrucosissimus* için

sırasıyla 44 ve 132 filtrelenmiş oluş noktaları nihai model için kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. *B. bufo* ve *B. verrucosissimus* türlerinin oluş verileri ve çalışma alanı

2.2.2. Biyoiklimsel veriler

WorldClim sürüm 2.1 veri tabanından 30 yay saniyelik (yaklaşık 1 km) çözünürlükte 1970 ila 2000 yılları arasındaki veriyi kapsayan 19 biyoiklim katmanı indirildi (Fick ve Hijmans, 2017) (Tablo 1) ve ArcGIS sürüm 10.4.1 (ESRI®)'de SDMToolbox (Brown, 2014; Brown vd., 2017) kullanılarak 19 biyoiklim değişkenleri çalışılan alan için maskelendi (Şekil 2). Birçok iklim faktörü birbiriyle doğrusal olarak ilişkilidir ve bu durum modelleme sonucunu olumsuz etkileyebilir. Bundan kaçınmak için SDMToolbox kullanılarak Pearson korelasyon analizi yapılmış ve katsayısı 0.8'in altında olan değişkenler elenmiş ve kalan analizler için tutulmuştur (Tablo 2). Böylece, BIO1 (yıllık ortalama sıcaklık), BIO2 (ortalama günlük aralık, ° C), BIO4 (sıcaklık

mevsimselliği), BIO8 (en yağışlı çeyreğin ortalama sıcaklığı, ° C), BIO12 (yıllık yağış), BIO14 (en kurak ayın yağışı, mm), BIO15 (yağış mevsimselliği, CV) ve BIO19 (en soğuk çeyreğin yağışları, mm) modelleme için uygun biyoiklimsel değişkenler olarak seçildi.

Tablo 1. Modelleme için değerlendirilen 19 biyoiklimsel değişken.

BIO1	Yıllık Ortalama Sıcaklık
BIO2	Ortalama Günlük Aralık (Aylık ortalama (maksimum sıcaklık - minimum sıcaklık))
BIO3	İzotermalite (BIO2 / BIO7) ($\times 100$)
BIO4	Sıcaklık Mevsimselliği (standart sapma $\times 100$)
BIO5	En Sıcak Ayın Maksimum Sıcaklığı
BIO6	En Soğuk Ayın Minimum Sıcaklığı
BIO7	Yıllık Sıcaklık Aralığı (BIO5-BIO6)
BIO8	En Yağışlı Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı
BIO9	En Kuru Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı
BIO10	En Sıcak Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı
BIO11	En Soğuk Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı
BIO12	Yıllık Yağış
BIO13	En Yağmur Ayının Yağışları
BIO14	En Kuru Ayın Yağışları
BIO15	Yağış Mevsimselliği (Değişim Katsayısı)
BIO16	En Yağışlı Çeyrek Yağış
BIO17	En Kuru Çeyreğin Yağışları
BIO18	En Sıcak Çeyreğin Yağışları
BIO19	En Soğuk Çeyreğin Yağışları

2.2.3. Model seçimi

Ekolojik niş modellemesi her iki tür için ayrı ayrı yapılmıştır. Bunun için R (R Core Team, 2020) programı için entegre olabilen "Kuenm" paketi (Cobos vd., 2019) ile Maxent algoritması v3.4.1 kullanıldı (Phillips vd., 2017). İlk olarak, eğitim ve test veri seti için sırasıyla her türün tüm oluş kayıtlarının % 75'ini ve % 25'ini rastgele seçerek 986 aday model oluşturuldu. 17 düzenleştirme çarpanı (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 ve 10) ve tüm kombinasyonlarını yansıtan parametreler ayarlandı, 29 özellik sınıfını içeren kombinasyonlar oluşturuldu (Bu aday modeller için doğrusal = 1, dördü = q, çarpım = p, eşik = t, menteşe = h) ve 8 farklı çevresel değişken veri seti kullanıldı. İkinci olarak, bu aday modellerin performansı, istatistiksel anlamlılığa (Kısmi ROC; Peterson vd., 2008), ihmal oranlarına (OR) ve küçük örneklem büyüklükleri (AICc) için düzeltilmiş Akaike'nin bilgi kriterine göre

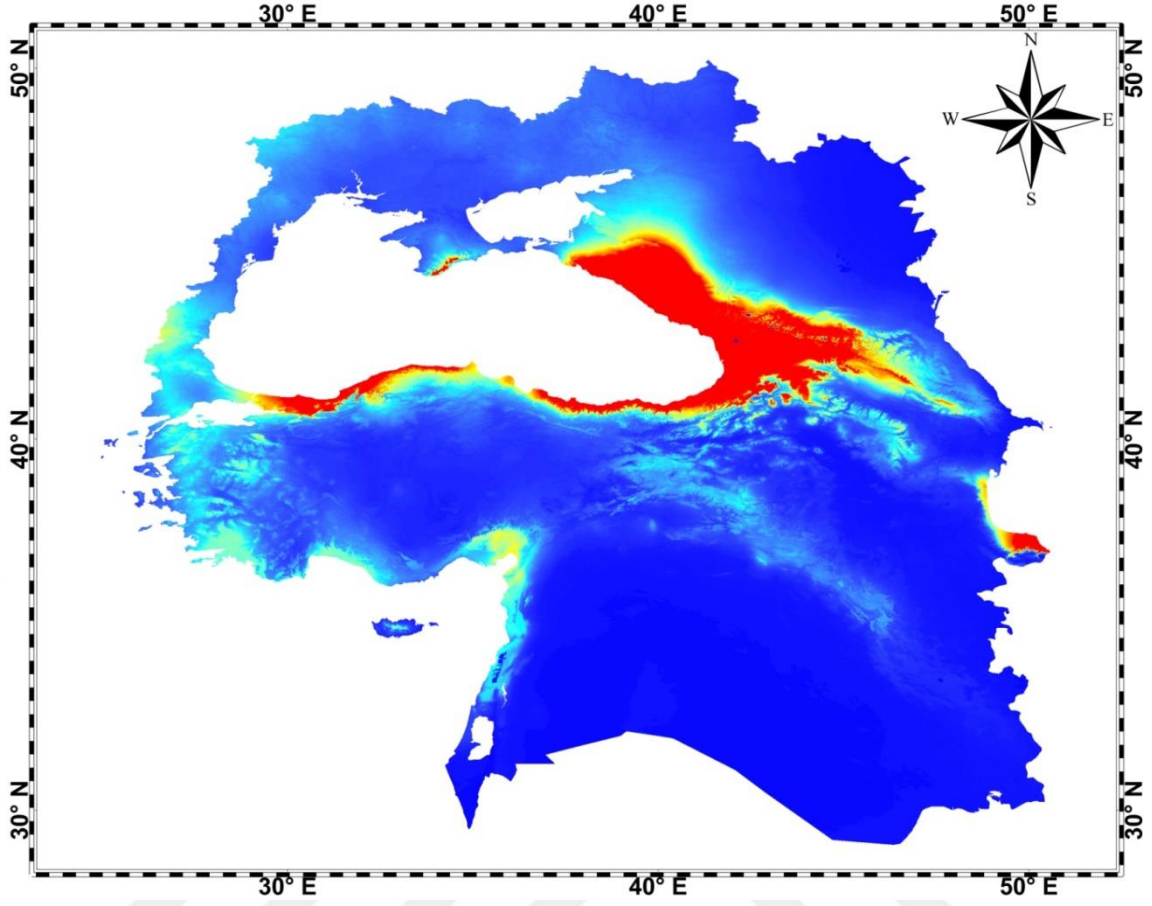
değerlendirildi. Bu model setlerinden, daha düşük AICc ve OR değerlerine sahip olan model en iyi model olarak seçilmiştir. Daha sonra, iki tür için nihai modeller, seçilen parametrelendirmeler kullanılarak 30 kopya olarak oluşturuldu. Ayrıca, model performansı, kısmi alan alıcı çalışma karakteristiğinin (kısmi ROC) eğrisi altında kalan alan kullanılarak değerlendirildi (AUC; 0-1 aralığında).

3. BULGULAR

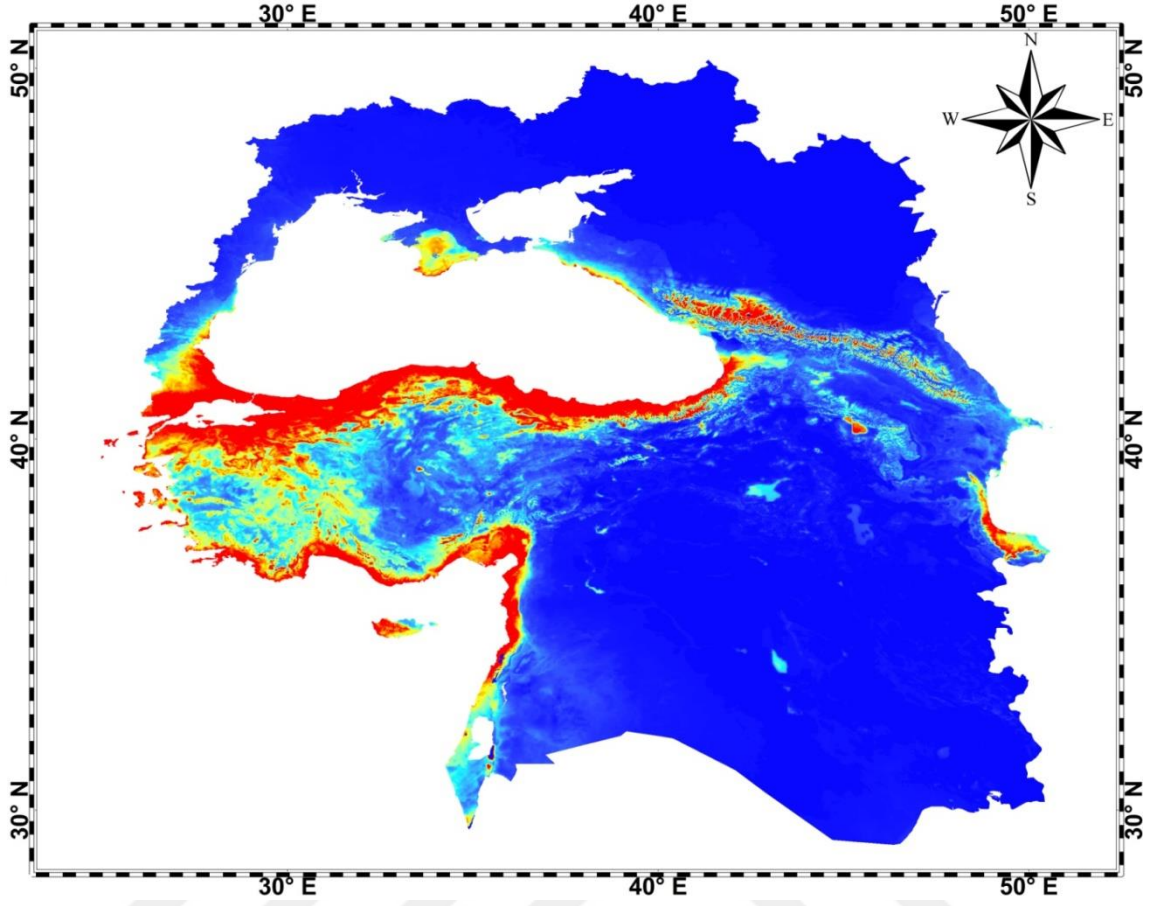
Aday modeller, farklı düzenlilik çarpanı değerleri, çeşitli özellik sınıfları ve farklı çevresel değişken kümeleri gibi parametre kombinasyonları kullanılarak kalibre edildi. Böylece hem *B. bufo* hem de *B. verrucosissimus* için ayrı ayrı 493 aday model oluşturuldu. AICc kriterlerine ve her tür için ihmal oranına dayalı olarak sadece bu modeller içindeki bir model bağımsız olarak en iyi aday model olarak seçilmiştir (Tablo 2). *B. bufo* için tekrarlı çalışmaların ortalama eğitim AUC'si 0.939 ve standart sapması 0.009 iken, *B. verrucosissimus* için AUC 0.95 ± 0.005 'tir. Ek olarak, *B. verrucosissimus* için yıllık yağış (Bio12) ve en kurak ayın yağışları (Bio14) sırasıyla 32.3 ve 62.1 ile en yüksek katkı yüzdesine sahip iken, *B. bufo* için en yüksek yüzde katkılı değişken (% 79.5) sıcaklık mevsimselliğidir (Bio4). Modelimizin sonucunda *B. verrucosissimus* için uygun habitatlar kuzeybatı Anadolu ve Kafkasya sıcak noktasında ortaya çıkmıştır, ancak bu durum güneybatı Anadolu ve Levent bölgesinde incelenmemiştir (Şekil 3). *B. bufo*, Anadolu'nun kuzeyinden batısına ve güneyine kadar oldukça uygun habitatlar göstermiş ve hatta Levent bölgesine kadar uzanmıştır (Şekil 4).

Tablo 2. En iyi aday model için hesaplamalar.

Özellik sınıfları	<i>Bufo bufo</i>	<i>Bufo verrucosissimus</i>
	Dörtlü	Doğrusal, Dörtlü ve Menteşe
Düzenlilik çarpanı	0.1	5
İhmal Oranı (%5)	0.05	0.0476190476190476
AICc	1154.094606	3356.85793207937
Delta AICc	0	1.87558561002788
Kısmi ROC	0	0



Şekil 3. *B. verrucosissimus* türünün biyoiklimsel değişkenlere göre dağılımı



Şekil 4. *B. bufo* türünün biyoiklimsel değişkenlere göre dağılımı

3. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Geçmiş yıllarda sistematik durumu tartışma konusu olan *B. bufo* ve *B. verrucosissimus*'un dağılım sınırları ve taksonomisi Özdemir vd. (2020)'in yaptığı çalışmayla açıklığa kavuşturulmuştur. Çalışma kapsamında yapılan filogenetik analizler, tüm Anadolu coğrafyasında allopatrik olarak dağılım gösteren iki kardeş taksonun varlığını ortaya koymuştur ve bu iki takson tür seviyesinde değerlendirilmiştir (Özdemir vd., 2020). Ayrıca son moleküler çalışmalar *B. verrucosissimus*'un kuzeydoğu ve güney Anadolu'daki dağılımını doğrulamıştır (Jablonski ve Sadek, 2019; Özdemir vd., 2020). Anadolu'da gözlenen izole ve karmaşık dağılım örüntüsü, Pleistosen döneminde sığınak görevi gören alanların varlığı paleoklimatik senaryolarla da belirtilmiştir. Garcia-Porta vd. (2012), mitokondriyal belirteçler kullanarak Palearktrik'te yayılım gösteren *Bufo* cinsine ait bütün türlerin filogenisi üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada Kafkasya ve Alanya örneklerini *B. verrucosissimus* türü olarak ifade etmişlerdir. Çalışma sonucunda örnekleri Kafkas kladı olarak tanımlamış ve bu kladın içerisinde üç ayrı alt grubun varlığını ifade etmişlerdir. Bu alt gruplar Güney Kafkasya, Kuzey Kafkasya ve Anadolu alt grupları olarak tanımlanmıştır. Tür içerisinde meydana gelen bu gruplaşmanın sebebini ise özellikle Pleistosen dönemi içerisinde meydana gelen ardışık buzul dönemleri olarak belirtmişlerdir. Buzul hareketlerine bağlı olarak popülasyon sınırlarının daralma-genişleme yönlü döngüleri farklılaşmayı tetikleyici etken olarak düşünülmüştür. Ayrıca bu dönemler içerisinde Balkanlar'ın doğusu ve Anadolu'nun batısını kapsayan coğrafyanın da *B. bufo* türü içinde bir sığınak görevi gördüğünü de ifade etmiş, Kutrup vd. (2006)'un yaptıkları çalışmanın da kendilerini doğruladığını belirtmişlerdir.

Yapılan bu çalışmada da *B. verrucosissimus* türü için en uygun habitatların Kafkasya ve Karadeniz boyunca Türkiye'nin kuzey hattında gözlemlendiği buna ek olarak Akdenizin doğusu ve Levant bölgesinde ise sınırlı uygunluk gösteren alanların var olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Özdemir vd. (2020) *B. verrucosissimus* türü için gözlenen parçalı dağılımın, güneyde Toroslar ve kuzeyde Kaçkarlar olan temel dağ kuşaklarının oluşumu ve Pleistosen sırasında meydana gelen iklimdeki değişikliklerden ötürü kaynaklanmış olabileceğini ifade etmişlerdir. Bahsedilen alanların Pleistosen dönemi içerisinde sığınak görevi gördüğü Garcia-Porta vd. (2012)'nin *B. bufo* tür grubu

üzerine yaptığı çalışmada da belirtilmiştir. Yapılan analizler sonucunda *B. bufo* türünün dağılımlarını sınırlayan en önemli faktörün sıcaklık mevsimselliği, *B. verrucosissimus* türü için elde edilen sonuçlara göre ise yağış miktarları olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, *B. verrucosissimus* türünün *B. bufo* türüne kıyasla Anadolu içerisinde daha sınırlı seviyede uygun habitata sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Tür dağılımlarındaki benzerlik ise İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinin her iki tür içinde uygun olmayan habitatlar ile sınırlanmıştır. Anadolu'nun bu anlamda bir bariyer etkisinin olduğu düşünüldüğünde, *B. bufo* ve *B. verrucosissimus* türleri üzerinde de aynı etkinin var olduğu görülmektedir. Özellikle Anadolu Çaprazı olarak nitelenen dağ zinciri kuzeyde Kaçkar Dağları'ndan, güneyde Toroslar'a kadar uzanarak birçok tür için vikaryans etkisi meydana getirdiği literatürde yer alan çeşitli çalışmalarda açıkça belirtilmiştir (Avcı, 1993; Gül, 2013; Mohammadin vd., 2017).

Literatürde yer alan çalışmalara göz gezdirildiğinde benzer parçalı dağılış örüntülerinin farklı amfibi ve sürüngen türlerinde de gözlendiği belirlenmiştir. Jandzik vd. (2013), Kafkasya ve Akdeniz Bölgesi sınırları içerisinde yayılış gösteren *Zamenis hohenackeri* türünün önceki jeolojik devirlerde Anadolu Diyagonali'ni takip eden kesintisiz bir dağılıma sahip olduğunu, Miyosen'den itibaren Anadolu'nun toptan yükselişine bağlı olarak dağılım alanının parçalanmasıyla Akdeniz Bölgesi ve Kafkasya Bölgeleri'nde sınırlı kaldığını ifade etmiştir. Riemsdijk vd. (2017), *Ommatotriton* cinsi üzerine gerçekleştirdiği çalışmada cinsin Akdeniz, Kuzey Anadolu ve Kafkasya'da dağılış gösteren 3 farklı türün dağılış örüntüleri bakımından Anadolu Diyagonali'nin coğrafi sınırları belirlemede etken rol oynadığını belirtmişlerdir.

Gür (2016) Anadolu Diyagonali'nin ani çevresel değişimlerin gerçekleştiği bir bariyer bölge olduğunu ileri sürmüştür. Bu durumun Anadolu Diyagonali'nin hem İç Anadolu ve Doğu ve Güneydoğu Anadolu iklim bölgeleri (Ünal vd., 2003) hem de ekolojik bölgeler (Welch ve Kirwan, 2008) arasında bir sınır oluşturduğunu göz önüne alınca makul olduğunu ifade etmiştir. Sonuç olarak Anadolu Diyagonali'nin jeofiziksel işlevinin yanı sıra güçlü bir çevresel bariyer olduğunu belirtmiş ve ayrıca bu hattın Akdeniz Havzası ve Kafkasya arasında bir göç koridoru (Veith vd., 2003; Ansell vd., 2011) olarak işlev gördüğünü de eklemiştir. Veith vd. (2003)' de Pleistosen döneminde Anadolu üzerinde kullanılan kuzey-güney yönlü göç yollarının Anadolu Diyagonali hattı boyunca uzandığını not etmiştir. *Bufo verrucosissimus* türü için oluşturulan

dağılım haritası ve Özdemir vd. (2020)'nin türün filocoğrafik geçmişi üzerine yaptığı yorumlar dikkate alınınca, türün bahsedilen koridoru özellikle Pleistosen dönemindeki ardışık buzul devirleri boyunca aktif olarak kullanabilmiş olduğu, bu dönemler içerisinde muhtemelen yağış miktarı daha fazla olan bu alanın türün yerleşmesine imkan sağlayan koşulları ihtiva ettiği sonucuna ulaşılabilir. Bu bağlamda, geçmiş dönem biyoiklim verileri kullanılarak Son Buzul Maksimum periyodundaki modellerin oluşturulması tarafımızca önerilen bir konudur.

Tarkhnishvili vd. (2012), Kafkasya Bölgesi ormanları içerisinde dağılım gösteren türlerin güncel dağılımlarının şekillenmesinde buzul dönemleri ve Son Buzul Maksimum'un etkileri üzerine yaptıkları çalışmada paleoklimatik modellemelerden yararlanmışlardır. Çalışma konusu olan türler ise amfibi ve sürüngen sınıflarından seçilmiştir (*Mertensiella caucasica*, *Ommatotriton ophryticus*, *Darevskia mixta*, *Pelodytes causicus*). Çalışma sonucunda türlerin bugünkü dağılımlarının şekillenmesinde özellikle ardışık buzul dönemleri sırasında uygun iklimsel koşullara sahip olan ve ormanlık alanları içerisinde barındıran sığınakların büyük rol oynadığını belirtmişlerdir. Bu sığınakların ise özellikle Türkiye sınırları içerisinde Doğu Karadeniz Bölgesi, Gürcistan içerisinde ise Acara Bölgesi ve Kafkaslar'ın kuzeybatısı olarak ifade etmişlerdir. Tez çalışmamızda oluşturulan modellere göre *Bufo bufo* ve özellikle de *Bufo verrucosissimus* türü için bu alanların oldukça uygun iklimsel şartlara sahip Doğu Karadeniz Bölgesi içerisinde var olduğu görülmektedir. Bu bağlamda elde edilen sonuçlar Tarkhnishvili vd. (2012)'nin uygun alanlar hipotezini destekler niteliktedir.

Skorinov vd. (2014), *Lissotriton lantzi* türünün Kafkasya içerisindeki uygun dağılım alanları üzerine yaptığı ekolojik modellemelere göre, türün Türkiye sınırları içerisindeki uygun alanların varlığının Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kıyı şeridi kuşağında ve Artvin İli'nin Gürcistan ile komşu sınırları içerisinde olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışma içerisinde elde edilen sonuçlar Skorinov vd. (2014)'un çalışması ile dağılım haritası bakımından benzerlik göstermektedir. İlaveten her iki türün kuzey yönlü uygun dağılım alanları Karadeniz Bölgesi'nin sonuna kadar uzanmakta ve ayrıca *B. bufo* türü için Trakya'nın kuzeyi de uygun alanlar kapsamına girmektedir. Özellikle amfibilerin nemli bölgeleri tercih ettiği düşünülünce bu dağılım örüntüleri gayet makuldür. Wielstra vd. (2015)'da yaptıkları çalışmada *Lissotriton* cinsi için Batı Karadeniz, Ege bölgesi ve Trakya'da uygun habitat alanlarının varlığını modellemiştir.

Ayrıca *L. kosswigi* (batı) ve *L. lantzi* (doğu) arasında Anadolu boyunca bir dağılım boşluğu mevcuttur. *Bufo verrucosissimus*'un kuzeyde Karadeniz boyunca gösterdiği dağılımı *B. bufo* ile kıyaslandığında, bahsedilen semender türlerinin potansiyel biyocoğrafik hikayeleri ile paralellik göstermektedir. Bu bağlamda niş modellemeleri haritalarımız literatür tarafından desteklenmektedir.

Ahmadzadeh vd. (2013) Anadolu, Levant Bölgesi, Balkanlar ve Kafkasya'da yayılış gösteren *Lacerta* cinsine ait türlerin dağılımlarını biyoiklim verileri yardımıyla modellemiştir. Araştırmacı türlerin ağırlıklı olarak nemli ve su kaynaklarına yakın alanları ve benzer habitatları tercih ettiklerini belirtmiştir. Doğu Akdeniz'de Hatay, Adana, Mersin hattı boyunca sınırlı bir dağılım alanına sahip olan *Lacerta media ciliciensis* alttürünün yayılış alanları nemli, yüksek rakımlı ve yüksek sıcaklık ortalamalarına sahip olmayan alanlar olarak ifade edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar göz önüne alınca *B. verrucosissimus* türünün güneydeki dağılım alanları Ahmadzadeh vd. (2013)'in *Lacerta medias ciliciensis* alttürü için belirlediği potansiyel dağılım alanları ile örtüşmektedir. Bahsedilen alanlar nemli, yüksek rakımlı ve çok sıcak olmayan alanlar olup *B. verrucosissimus* türünün istediği ekolojik koşulları temsil etmektedir. Yapılan ekolojik niş modellemesine göre bahsedilen alan sınırlı seviyede uygunluk gösterebilir reel yayılış alanı modellemenin aksine bir sonuç doğurmaktadır.

Arntzen vd. (2020), *B. bufo* ve *B. spinosus* türleri arasında 900 km'lik hibrit zon üzerinde gerçekleşen gen akışında çevresel faktörlerin etkisini incelemiştir. Bu amaçla 514 lokaliteden, 6584 bireyin SNP verileri ile genotiplemesi yapılmış, topografik, iklimsel ve arazi kullanımına ait değişkenler ile değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Çalışma sonucunda sıcaklık ve yağış etmenlerinin türlere ait dağılımını belirlemede daha doğru bilgiler verdiğini açığa çıkarmışlardır. Ahsani vd. (2018) Türkiye, Lübnan ve İran'da dağılış gösteren *Salamandra infraimmaculata* türü için yaptığı habitat uygunluk tahminlerinde özellikle sıcaklık ve yağışın potansiyel uygun alanları oluşturan faktörler olduğunu belirlemiş, su kaynakları, nem ve meşe ormanlarının varlığının da popülasyonların yerleşmesine imkân sağlayan tamamlayıcı elementler olduğunu ifade etmişlerdir. Özellikle Lübnan civarı *B. verrucosissimus* türünün varlığının rapor edildiği alanlardan biri olduğu için yağışın öne çıktığı akılda tutulmalıdır. Sinsch vd. (2009)'da *B. verrucosissimus* türünün yıllık 1000 mm ve

üzerinde yağış alan ve orman örtüsüne sahip alanları yaşam alanı olarak tercih ettiğini belirtmiştir.

Litvinchuk vd. (2012) *Bufo* cinsine dahil olan *B. eichwaldi* türü için yaptıkları maksimum entropi modelinde tür dağılımına etki eden faktörlerin rakım, sıcaklık ve yağış miktarının etkili olduğunu, türün Talysh ve Elburz dağlarının ormanlık alanlarını içeren yamaçlarında ikamet ettiğini belirlemişlerdir. Oluşturulan modelde en yüksek katkıyı sırasıyla yıllık yağış miktarı, en kurak çeyreğin ortalama sıcaklığı, en soğuk ayın minimum sıcaklığı ve en nemli çeyreğin ortalama sıcaklığıdır. Gececi bir tür olan *B. eichwaldi*'nin özellikle geniş yapraklı ormanlar ve sulak alanların bulunduğu çevreleri tercih ettiğini belirtmektedirler. Kidov vd. (2020)' de aynı tür için oluşturduğu dağılış modelin yıllık yağış miktarı ve çevresel habitat heterojenliği ile şekillendiğini, belirleyerek Talysh dağlarının ormanlık alanlarının da tercih edilen bölgeler olduğunu desteklemiştir. Tez kapsamında yapılan modellemeler *B. eichwaldi*'nin uygun dağılım alanlarının *B. bufo* ve *B. verrucosissimus* türü içinde yüksek seviyede uygun alanlar olduğunu göz önüne sermiştir. Gözlenen benzerlikler özellikle de Anadolu içerisinde belirlenen habitat uygunluk haritaları ile de kıyaslandığında türlerin dağılış örüntüsünde benzer çevresel faktörleri tercih ettiklerini kanıtlamaktadır.

Gül vd. (2018), Kafkas endemiği *Mertensiella caucasica* türünün farklı iklimsel senaryolara bağlı olarak gelecekteki dağılışını değerlendirdiği çalışmasında mevsimsel yağışların, en kurak ve en yağışlı çeyreklerdeki ortalama sıcaklıkların Kafkasya ve Türkiye'nin kuzeydoğusundaki örüntüyü işlediğini ifade etmiştir. Bahsedilen bu alanlar oluşturduğumuz modellerde *B. verrucosissimus* türü için çok yüksek seviyede uygun çıkarken, *B. bufo* açısından bakınca çok daha sınırlıdır. Oluşturulan tür modellerinde *B. verrucosissimus* için yağış miktarının en yüksek katkıyı verdiği düşünüldüğünde sonuçlarımız Gül vd. (2018) tarafından oluşturulan senaryoya eşleşmektedir.

Litvinchuk vd. (2018), Türkiye'nin kuzeydoğusunda ve Kafkasya'da yayılış gösteren *Pelodytes causicus* türü üzerine toplam 226 lokalite kaydını kullanarak şekillendirdiği modelinde yıllık yağış miktarı, yağış mevsimselliği ve kuraklık indeksinin en kritik faktörler olduğunu kayda geçirerek, yüksek yağışa sahip ağaçlık alanların en uygun alanlar olduğunu, Kuzey ve Güney Kafkasya'daki kurak alanların ise sınırlayıcı faktörler olarak öne çıktığını belirtmiştir. Bu çalışmada oluşturulan uygunluk

haritasındaki sınırlayıcı alanlar bizim modelimizde *B. verrucosissimus* için yüksek uygunluk gösteren alanları ihtiva etmektedir. Yani, kapsam dahilindeki alan içerisinde kuraklık tez çalışmamıza konu olan *B. verrucosissimus* türü için potansiyel bir bariyer değildir.

Her iki tür için oluşturulan modellerde yüksek uygunluk gösteren alanlar Karadeniz Bölgesi kıyıları boyunca uzanmış alanlardır. Gül (2015), *Pelias barani* türü için oluşturduğu modelde bu bölgeyi en yüksek uygunluk gösteren alan olarak belirlemiştir. Modeldeki en yüksek katkılar en kurak aydaki yağış miktarı, mevsimsel yağışlar ve sıcaklıklar ile en sıcak periyot içerisindeki maksimum sıcaklık değişkenleri tarafından sunulmuştur. Söz konusu bölge yüksek yağış, aylar arasındaki yağışlarda dengeli değişim ve yıl boyunca gözlenen düşük sıcaklık değişimleri ile karakterize edilmektedir. Amfibiler için bahsedilen bu koşullar da aranan ihtiyaçlar olduğu için Gül (2015)'ün çalışması bize modellerimizde ortaya çıkarılan ilgili alanın yüksek uygunluğunu destekleyecek ipuçlarını sunmaktadır. Gül vd. (2016) ise *Pelias kaznakovi* türü için oluşturduğu modelde en kurak aydaki yağış miktarının dağılımı şekillendirdiğini ifade ederek Gürcistan'ın batısı ve Türkiye'nin kuzeydoğusundaki yoğun yağış miktarının önemini vurgulamıştır. Bahsedilen tür *B. verrucosissimus* türünün kuzey dağılışı alanı ile aynı alanı paylaşmakta, yani bir nevi simpatrik yaşam göstermektedir. Yukarıda verilen diğer çalışmalar da göz önüne alınca modelimizin tür dağılımını yağışla ilişkilendirmesi oldukça makul bir sonuç olarak tekrar doğrulanmaktadır.

Kurnaz vd. (2016), yağışların dağılımını belirlediği bir tür olduğunu öne sürdüğü ve Doğu Karadeniz'de konuşlanmış olan *Darevskia derjugini* için Karadeniz Bölgesi'nin batısı ve Trakya'da da uygun alanlar olduğunu fakat mevsimsel yağışlar ile en kurak aydaki yağış miktarının sınırlayıcı faktörler olarak öne çıktığını not etmiştir. Yaz yağışlarının türün çiflteşme ve beslenme gibi yaşam öyküsü aktivitelerine imkân sağladığını, dolayısıyla Batı Karadeniz ve Trakya'daki uygun alanlarında buna bağlı olarak benzerlik gösterdiği çıkarımına ulaşmıştır. *B. bufo* için oluşturduğumuz modelde ilgili alanlar uygunluk kapsamına girmekte olup, mevsimsel sıcaklık değişiminin ilgili alanlarda Türkiye'nin iç ve doğu bölgelerine kıyasla daha az olduğunu düşündüğümüzde literatürle bağlantılı destekleyici bulgulara ulaşılmıştır.

B. bufo türü için oluşturduğumuz modelleme, kuzey yönlü alanların yanısıra ve Anadolu'nun batısı ve güneyinde (Akdeniz) uygun habitatların var olduğunu netleştirmiştir ve türün dağılım aralığında görünen mevsimsel sıcaklık değişikliklerini tolere edebileceğine işaret etmiştir. Sıcaklık mevsimselliği, aylık sıcaklık ortalamalarının standart sapmasına dayanan yıl içindeki sıcaklık değişiminin miktarıdır (O'Donnell ve Ignizio, 2012). Mevsimsellik, amfibiler için iklimdeki en uygun koşullardan periyodik ayrılıklar gösterir, bu nedenle mevsimsellikteki artış, tutarsız koşulların üstesinden gelmek için amfibi türlerini adaptasyona teşvik eder (Gouveia vd., 2013). Bu anlamda mevsimsellik, *B. bufo*'nun dağılım aralığı için bir çevresel filtre görevi görebilir.

Habitat uygunluk haritası incelendiğinde Akdeniz ve Levant bölgelerinin *B. bufo* türü için yüksek seviyede uygun habitatlar olduğu görülse de, bu alanda gerçek yayılışa sahip olan *B. verrucosissimus* türüdür. Bu iki tür kardeş türler olup *B. bufo* tür grubu içerisinde en yakın zamanda yani en son türleşmiş olan tandemdir (Recuero vd., 2012). Yakın zamanda ayrılmış olan türlerin ekolojik nişlerinde benzeşen taleplerin olabilmesi makuldür. Bu alanda *B. verrucosissimus* türünün yerleşik olması ise daha önce de bahsettiğimiz Anadolu Diyagonalı ve Toros Dağ kuşakları ile ilgili olabilir. Bu dağ zincirleri *B. bufo* türünün güney yönlü dispersaline engel olmuş ve koridoru kullanabilen tür olan *B. verrucosissimus* Kafkasya üzerinden Levant ve Akdeniz bölgelerine dispersalini gerçekleştirmiş olabilir.

Akın vd. (2010) mitokondriyal belirteçler kullanarak Doğu Akdeniz su kurbağalarındaki genetik çeşitliliğin filocoğrafik şemalarını değerlendirmek ve farklı jeolojik senaryolar kullanarak gruplar arasındaki farklılaşma zamanlarını tahmin etmek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada, Akdeniz'in jeodinamiğine bağlı olarak allopatri yollu kademeli genetik değişimlerin meydana geldiğini, Orta Toroslar dağ sıralarının oluşumu ve levha hareketlerinin de coğrafi bariyerleri meydana getirdiklerini ifade etmişlerdir.

Stümpel vd. (2016), Orta ve Yakın Doğu'da dağılım Gösteren *Montivipera* cinsinin filogenisi, Pliyosen-Pleistosen dönemleri iklim dalgalanmalarındaki kullanılan sığınakların ve yüksek dağlık topografyanın tetiklediği farklılaşmayı incelediği çalışmasında, Anadolu'da dağılım gösteren Montiviperalar'ı *Montivipera xanthina* tür

kompleksi içerisinde *M. xantina* tür grubu ve *Montivipera bornmuelleri* tür grubu olarak ikiye ayırmışlardır. Bu grupların coğrafi ayrımında Anadolu Diyagonali'nin ve Toros Dağları'nın sınırlayıcı etkilerini açığa çıkarmıştır.

Kapli vd. (2013), Anadolu coğrafyası üzerinde yayılış gösteren *Apathya* cinsinin filocoğrafyasını ele aldığı çalışmada Anadolu içerisinde dağılış gösteren *Apathya cappadocica* türüne ait beş alt türün varlığını ortaya koymuş ve bu çeşitliliğin sebebi olarak Ponditler, Kafkaslar ve Toroslar'ı kapsayan büyük orojenez hareketleri olarak göstermiş ve bu hareketlerin vikaryant yollu farklılaşmaya sebep olduğunu ifade etmişlerdir.

Skourtanioti vd. (2016), *Ablepharus kitaibelii* tür kompleksinin türleşme süreçlerini anlama ve güncel taksonların evrimsel tarihini ortaya koyma amacıyla yürüttüğü çalışma sonucunda, Anadolu coğrafyası içerisinde görülen tür çeşitliliği üzerinde Anadolu Diyagonali'nin meydana gelişi, Toros ve Kuzey Anadolu Dağları'nın şekillenmesi ve İç Anadolu Göl Sistemleri'nin oluşumunun ciddi etkileri olduğunu ifade etmişlerdir. Akdeniz coğrafyası içerisinde dağılım gösteren *A. budaki* türünün farklılaşmasında Doğu Akdenizin paleocoğrafik tarihi boyunca tekrarlayan dispersal/vikaryans olaylarının, Toroslar'ın ve Amanoslar'ın rolünü ortaya koymuşlardır. Toroslar ve Amanoslar tür için coğrafi bariyerlerdir. Yukarıda sunulan ve farklı amfibi-sürüngen türleri için de benzer örüntülerin literatürde yer alması öne sürdüğümüz fikri desteklemektedir.

Yapılan modellemede Ege Bölgesi'nin uygunluk seviyesinin yüksek oluşu ve türün reel dağılışının ilişkisi bariz bir şekilde görülmektedir. Türün Ege içerisindeki dağılışı daha önceki çalışmalarda da rapor edilmiştir (Arslan vd., 2018; Özdemir vd., 2020). Ege ve Akdeniz Bölgeleri, Karadeniz iklimine kıyasla birbirleri ile daha benzer iklimsel şartlara sahiptirler. Dolayısıyla modellememizde iki bölgenin de uygun alanlar olarak belirlenmesi söz edilen şartlardan dolayı oluşmuş olabilir.

Fattahi vd. (2014), *Trachylepis vittate* türü için 146 lokalite kaydına dayalı oluşturduğu niş modellemesinde Türkiye içerisinde sadece Akdeniz Bölgesi sınırlarına dahil coğrafi koordinatlardan yararlanmıştır. Oluşturulan model en soğuk ve en sıcak çeyreklerdeki yağış miktarları ile vejetasyon indeksi parametrelerinin dağılımı

oluşturulan faktörler olduğunu belirlemiş, Türkiye'nin güney kıyılarının tür için en ideal şartlara sahip olduğunu ortaya koymuştur. Anadolu'nun güneyi ılık ve yağışlı kış ile sıcak ve kurak yaz mevsimine sahiptir. Yıllık yağış ortalaması özellikle Akdeniz kıyıları ve Toroslar'ın güney yamaçları boyunca 1000 mm ve üzerindedir. Bu şartlar özellikle de 1000 mm ve üzerinde yağış alan alanları tercih eden *B. verrucosissimus* türünün neden Akdeniz boyunca kendine yaşam alanı edinebildiğinin de ispatıdır. Çalışmanın *B. bufo* yönünden bilgi verici kısmı ise araştırmacıların oluşturdukları modelde Ege kıyıları ve hatta iç kesimlerinin de *Trachylepis vittate* türü için yüksek uygunluğa sahip habitatlar olarak belirlenmesidir. Her ne kadar bu tür Akdeniz'de konuşlanıp Ege'de varlık göstermese de, alanlar eşit seviyede uygunluğa sahiptir. Tam tersi yerleşke gösteren *B. bufo* için de her iki coğrafi bölgenin uygunluğu çalışmacıların sundukları parametrelerin bizim için de önem arz etmekte olduğunu altını çizmektedir.

Gül vd. (2015), *Typhlops vermicularis* türünün iklimsel tercihi ve dağılışını konu edindiği çalışmada, 6 evrimsel soy için ortak niş modellemesi oluşturmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, soyların dağılış sınırlarını belirleyen faktörlerin en soğuk çeyrekteki ortalama sıcaklıklar ile mevsimsel yağışların evrimsel soyların dağılışlarını sınırlandıran faktörlerdir. Soylardan bağımsız olarak düşünüldüğünde, tür için yüksek uygunluğa sahip habitatların Ege ve Akdeniz boyunca uzandığı görülmektedir. Sürüngeçenler için şekillendirici faktörler olan yağış ve sıcaklığın amfibiler içinde önemli çevresel faktörler olduğu düşünüldüğünde, *B. bufo* içinde benzer örüntülerin bulunması tesadüfün ötesinde ekolojik gerçekliklerin dışı vurumudur. Akdeniz bölgesi sınırları içerisinde yapılmış olan en güncel çalışmada, Şahin vd. (2021), *Blanus* türlerini ekolojik niş modellemeleri ile ele almıştır. Ulaştıkları sonuçlara göre türlerin dağılışını sıcaklık ve yağış dinamikleriyle şekillenen vejetasyonların şekillendirdiğini ifade etmişlerdir. Yıllık yağış miktarı ve vejetasyonun önemi sunduğumuz diğer literatürlerle de benzeşmekte olduğundan *B. bufo* türü için oluşturulan modellememizin alan eşleştirmelerine bir destek daha bulunmuştur.

Özetle, yapılan bu tez çalışmada *B. bufo* ve *B. verrucosissimus* tür dağılımlarının güncel sınırlarının Anadolu Diyagonalı ve diğer dağ kuşaklarına bağlı olarak paylaşılan filo-coğrafik geçmişle şekillendiği, yağış ve sıcaklık rejimlerinin ise güncel dağılım örüntülerini meydana getirdiği bulgularına ulaşılmıştır. Bu bakımdan *B. bufo* türü daha yüksek ekolojik tolerans seviyesine sahip olan "Euroik", daha sınırlı

seviyede ekolojik toleransa sahip olan *B. verrucosissimus* türü ise “Stenoik” tür olduğu netliğe kavuşturulmuştur.



4. ÖNERİLER

Yapılan bu tez çalışması ile *B. bufo* ve *B. verrucosissimus* türlerinin biyoiklimsel değişkenler kullanılarak ekolojik niş modelleme metoduna göre dağılımlarının belirlenmesine katkı sağlayan değişkenler ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca, bu dağılımın sınırları ve birbirlerine olan durumları karşılaştırılmıştır. Ancak, öyle görünüyorki dağılımlarda iki türün kontak bölgelerinin varlığı ve hibrit durumların olup olmadığı bir araştırma konusu olduğu ve yeni çalışmaların bu hususlar üzerine odaklanarak çalışılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.



KAYNAKLAR

- Ahmadzadeh, F., Flecks, M., Rödder, D., Böhme, W., Ilgaz, Ç., Harris, D.J., Engler, J.O., Üzümlü, N. and Carretero, M.A. (2013). Multiple dispersal out of Anatolia: biogeography and evolution of oriental green lizards. *Biological Journal of the Linnean Society*, 110, 398–408. <https://doi.org/10.1111/bij.12129>
- Ahsani, N., Kaboli, M., Rastegar-Pouyani, E., Karami, M. and Kamangar, B. B. (2018) Habitat suitability prediction for *Salamandra infraimmaculata* (Caudata: Amphibia) in western Iran based on species distribution modeling. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 11, 2, 203–205.
- Akdağ, Ö. (2019). Akdeniz Bölgesi'ndeki *Bufo bufo* tür grubunun (Anura, Bufonidae) beklenmeyen filogenisi. Yüksek Lisans Tazi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 77 s.
- Akın, Ç., Bilgin, C.C., Beerli, P., Westaway, R., Ohst, T., Litvinchuk, S.N., Uzzell, T., Bilgin, M., Hotz, H., Guex, G.D. and Plötner, J. (2010). Phylogeographic patterns of genetic diversity in eastern Mediterranean water frogs were determined by geological processes and climate change in the Late Cenozoic. *Journal of Biogeography*, 37, 2111–2124. doi: 10.1111/j.1365-2699.2010.02368.x
- Andreone, F. and Luiselli, L. (2000). The Italian batrachofauna and its conservation status: a statistical assessment. *Biological Conservation*, 96, 197–208. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00070-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00070-7)
- Ansell, S.W., Stenoi, H.K., Grundmann, M., Russell, S.J., Koch, M.A., Schneider, H. and Vogel, J.C. (2011). The importance of Anatolian mountains as the cradle of global diversity in *Arabis alpina*, a key arctic - alpine species. *Annals of Botany*, 108, 241–252. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr134>
- Arkan, H. and Çiçek, K. (2010). Morphology of peripheral blood cells from various species of Turkish Herpetofauna. *Acta Herpetologica*, 5(2), 179–198. https://doi.org/10.13128/Acta_Herpetol-9032
- Arntzen, J. W., Canestrelli, D. and Martínez-Solano, I. (2020). Environmental correlates of the European common toad hybrid zone. *Contributions to Zoology*, 89(3), 270–281. <https://doi.org/10.1163/18759866-bja10001>
- Arntzen, W.J., Recuero, E., Canestrelli, D. and Solano, I.M. (2013a). How complex is the *Bufo bufo* species group. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 69, 1203–1208. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2013.07.012>
- Arntzen, W. J., McAtear, J., Recuero, E., Ziermann J. M., Ohler, A., Van Alphen, J. and Solano, I.M. (2013b). Morphological and genetic differentiation of *Bufo* toads: two cryptic species in Western Europe (Anura, Bufonidae). *Contributions to Zoology*, 82(4), 147–169. <https://doi.org/10.1163/18759866-08204001>

- Arslan, D., Oliver, A., Yaşar, Ç., İsmail, İ.B., Döndüren, Ö., Emoul, L., Beck, N. and Çiçek, K., (2018). Distribution and current status of herpetofauna in the Gediz Delta (Western Anatolia, Turkey). *Herpetology notes*, 11, 1–15.
- Atalay, İ. (1996). Pleistosen sonu ve Holosen başlarında Anadolu'nun Paleocoğrafya şartlarına genel bir bakış. *Coğrafya Araştırmaları Dergisi*, 4, 7–19.
- Avcı, M. (1993). The Floristic Region of Turkey and A Geographical Approach for Anatolian Diagonal. *Turkish Geographical Review*, 28, 225–248.
- Baran, İ., Avcı, A., Kumlutaş, Y., Olgun, K. ve Ilgaz, Ç. (2021). Türkiye Amfibi ve Sürüngenleri (Turkish Amphibians and Reptiles). Palme Yayıncılık, Ankara. 223 pp. (In Turkish)
- Baran, İ., Tosunoğlu, M., Kaya, U. ve Kumlutaş, Y. (1997). Çamlıhemşin (Rize) Civarının Herpetofaunası Hakkında Bir Çalışma. *Turkish Journal of Biology*, 21, 409–416.
- Bodenheimer, F.S. (1944). Introduction into the Knowledge of the Amphibia and Reptilia of Turkey. *Rew. Fac. Sci İstanbul Ser.*, 9, 1–78.
- Brown, J.L. (2014). SDMtoolbox: a python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic, and species distribution model analyses. *Methods in Ecology and Evolution*, 5, 694–700.
- Brown, J.L., Bennett, J.R. and French, C.M. (2017). SDMtoolbox 2.0: the next generation Python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic and species distribution model analyses. *PeerJ* 5, e4095.
- CEPF (Critical Ecosystem Partnership Fund) - Announcing the World's 36th Biodiversity Hotspot: The North American Coastal Plain (2016, November). Retrieved on February 14, 2016 from http://www.cepf.net/news/top_stories/Pages/Announcing-the-Worlds-36th-Biodiversity-Hotspot.aspx.
- Chase, J.M. and Leibold, M.A. (2003). Ecological niches: linking classical and contemporary approaches, University of Chicago Press, 221s.
- Çiner, A. (2004). Turkish glaciers and glacial deposits, in: Ehlers, J., Gibbard, P.L. (Eds.), Quaternary Glaciations: Extent and Chronology, Part I: Europe. Amsterdam, Elsevier, s. 419–429.
- Çiner, A. ve Sarıkaya, M. A. (2013). Buzullar ve İklim Değişikliği; Geçmiş, Günümüz ve Gelecek. Volkan Ş. Ediger, editor, 2013. Türkiye'de iklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Enerji, İstanbul, ENİVA-Enerji ve iklim Değişikliği Vakfı, 145 s.
- Clark, R.J. and Clark, E.D. (1973). Collection of Amphibians and Reptiles from Turkey. *California Academy of Science*, 104, 1–62.

- Cobos, M.E., Peterson, A.T., Barve, N. and Osorio-Olvera, L. (2019). kuenm: an R package for detailed development of ecological niche models using Maxent. *PeerJ* 7, e6281.
- Cox, C.B., Moore, P.D. and Ladle, R.J. (2016). Biogeography: An Ecological and Evolutionary Approach, 9th Edition. Wiley-Blackwell, pp. 494.
- De Lange, L. (1973). A Contribution to the Intraspecific Systematics of *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758) (Amphibia). *Beaufortia*, 280(21), 99–116.
- Demirsoy, A. (2008). Genel Zoocoğrafya ve Türkiye Zoocoğrafyası. Meteksan A.Ş., 08-06-Y-0057-02, 7. Baskı, ISBN: 978-975-7746-33-1, 1007s., 162–163.
- Dönmez, F., Tosunoğlu, M. and Gül, Ç. (2009). Hematological values in hermaphrodite, *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758). *North-Western Journal of Zoology*, 5, 97–103.
- Duellman, E.W. and Trueb, L. (1994). Biology of Amphibians. The John Hopkins Universty Press, ISBN:0-8018-4780-X, 670s., 1-551.
- Dursun, C. (2018). Türkiye’deki *Bufo bufo* ve *Bufo verrucosissimus* türlerinin morfolojik yönden karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 118 s.
- Efe, R. (2010). Biyocoğrafya, Marmara Kitap Merkezi Yayınları, ISBN: 9786055911218, 344s.
- Eiset, J. (1965). Einige Amphibien und Reptilien aus der Nordoslichen Turkei, Gesammelt Von Hern H. Steiner. *Annual Natural History Museum Wien*, 67, 387–389.
- Fattahi, R., Ficetola, G.F., Rastegar-Pouyani, N., Avcı, A., Kumlutaş, Y., Ilgaz, Ç. and Hosseinian Yousefkhani, S.S. (2014). Modelling the potential distribution of the Bridled Skink, *Trachylepis vittata* (Olivier, 1804), in the Middle East. *Zoology in the Middle East*, 60, 1–9.
- Ferreria, H.G. and Jesus, C.H. (1973). Salt Adaptation in *Bufo bufo*. *Journal Physiology*, 228, 583–600.
- Fick, S.E. and Hijmans, R.J. (2017). WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37 (12), 4302–4315.
- Franklin, J. (2010). Mapping Species Distributions. Cambridge University Press, ISBN-13 978-0-521-87635-3, 320s.
- Garcia-Porta, J., Litvinchuk, S.N., Crochet, P.A., Romano, A., Geniez, P.H., Lo-Valvo, M., Lymberakis, P., Carranza, S. (2012). Molecular phylogenetics and historical

- biogeography of the west-palearctic common toads (*Bufo bufo* species complex). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 63, 113–130.
- Gouveia, S.F., Hortal, J., Cassemiro, F.A.S., Rangel, T.F., Diniz-Filho, J.A.F. (2013). Nonstationary effects of productivity, seasonality, and historical climate changes on global amphibian diversity. *Ecography* 36, 104–113.
- Grinnell, J. (1917). The niche-relationships of the California Thrasher. *Auk* 34, 427–433.
- Guisan, A. and Thuiller, W. (2005). Predicting species distributions: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8, 993–1009.
- Guisan, A. and Zimmermann, N.E. (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135, 147–186.
- Gül, S. (2013). Ecological divergence between two evolutionary lineages of *Hyla savignyi* (Audouin, 1827) in Turkey: effects of the Anatolian Diagonal. *Animal Biology*, 63, 285–295. DOI: 10.1163/15707563-00002412.
- Gül, S., Kumlutaş, Y. And Ilgaz, Ç. (2015). Climatic preferences and distribution of six evolutionary lineages of *Typhlops vermicularis* Merrem, 1820 in Turkey using ecological niche modeling. *Turkish Journal of Zoology*, 39, 235–243.
- Gül, S. (2015). Potential Distribution Modeling and Morphology of *Pelias barani* (Böhme and Joger, 1983) in Turkey. *Asian Herpetological Research*, 6(3), 206–212.
- Gül, S., Kumlutaş, Y., Ilgaz, Ç. (2016). Predicted distribution patterns of *Pelias kaznakovi* (Nikolsky, 1909) in the Caucasus hotspot with a new locality record in Turkey. *Russian Journal of Herpetology*, 23, 224–230.
- Gül, S., Kumlutaş, Y., Ilgaz, Ç. (2018). Potential distribution under different climatic scenarios of climate change of the vulnerable Caucasian salamander (*Mertensiella caucasica*): A case study of the Caucasus Hotspot. *Biologia*, 73, 175–184.
- Gür, H. (2016). The Anatolian diagonal revisited: testing the ecological basis of a biogeographic boundary. *Zoology in the Middle East*, 62, 189–199.
- Hirzel, A.H. and Le Lay, G. (2008). Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology*, 45, 1372–1381.
- Holt, R.D. (2003). On the evolutionary ecology of species' ranges. *Evolutionary Ecology Research*, 5, 159–178.
- Hrdina, A. and Romportl, D. (2017). Evaluating global biodiversity hotspots – Very rich and even more endangered. *Journal of Landscape Ecology*, 10(1), 108–115.

- Hutchinson, G.E. (1957). Concluding remarks. In: Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology, vol. 22, pp. 415–427.
- Jackson, S.T., Overpeck, J.T. (2000). Responses of plant populations and communities to environmental changes of the late Quaternary. *Paleobiology* 26, 194–220.
- Jablonski, D., Sadek, R. A. (2019). The Caucasian Toad, *Bufo verrucosissimus* (Pallas, 1814) in the Levant: evidence from mitochondrial DNA. *Herpetozoa*, 32, 255–258.
- Jandzik, D., Avcı, A. and Gvozdik, V. (2013). Incongruence between taxonomy and genetics: three divergent lineages within two subspecies of the rare Transcaucasian rat snake (*Zamenis hohenackeri*). *Amphibia-Reptilia*, 34, 579–584. DOI: 10.1163/15685381-00002911
- Kapli, P., Botoni, D., Ilgaz, Ç., Kumlutaş, Y., Avcı, A., Pouyani, N.R., Fathinia, B., Lymberakis, P., Ahmadzadeh, F. and Poulakakis, N. (2013). Molecular phylogeny and historical biogeography of the Anatolian lizard *Apathya* (Squamata, Lacertidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 66, 992–1001. DOI: 10.1016/j.ympev.2012.12.002
- Karacaoğlu, Ç. (2013). *Isophya rizeensis* (Orthoptera: Tettigoniidae) türünün ekolojik niş modellemesi. Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 122 s.
- Kidov, A. (2009). Кавказская жаба *Bufo verrucosissimus* (Pallas, [1814]) (Amphibia, Anura, Bufonidae) в Западном и Центральном Предкавказье: замечания к распространению и таксономии. *Scientific Research in Zoological Parks*, 25, 170–179.
- Kidov, A.A., Afrin, K.A., Stepankova, I.V., Gorikov, A.A. (2020). Growth, development and survival of *Bufo verrucosissimus* (Amphibia, Anura, Bufonidae) larvae at different stocking density in zooculture // *Izvestiya Gorskogo Agrarnogo Universiteta [Journal of Proceedings of the Gorsky GAU]*. No 57 (1). P. 164–169. [In Russian]
- Kozak, K.H., Graham, C.H. and Wiens, J.J. (2008). Integrating GIS data into evolutionary studies. *Trends in Ecology and Evolution* 23:141–148.
- Kurnaz, M., Gül, S., Bülbül, U. and Kutrup, B. (2016). The potential distribution of *Darevskia derjugini* (Nikolsky, 1898) with new locality records from Turkey. in: R. Efe, L. Matchavariani, A. Yaldir and L. Levai (eds.), *Developments in Science and Engineering*, St. Kliment Ohridski Univ. Press, Sofia, pp. 189–195.
- Kutrup, B. (2001). On the Amphibia and Reptilia Species of Murgul (Artvin). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4, 1160–1164.
- Kutrup, B., Yılmaz, N., Çanakcı, S., Belduz, A.O. and Doglio, S. (2006). Intraspecific variation of *Bufo bufo*, based on 16S Ribosomal RNA sequences. *Amphibia-Reptilia*, 27, 268–273.

- Litvinchuk, N.S., Borkin, L., Skorinov, V.D. and Rosanov, J.M. (2008). A new species of common toads from the talysh mountains, south-eastern Caucasus: genome size, allozyme, and morphological evidences. *Russian Journal of Herpetology*, 15(1), 19–43.
- Litvinchuk, S.N., Mazepa, G.O. Kami, H.G. Auer, M. (2012). Taxonomic status and distribution of common toads in Iran. *Herpetological Journal*, 22, 271–274.
- Litvinchuk, S.N. and Kidov, A.A. (2018). Distribution and Conservation Status of the Caucasian Parsley Frog, *Pelodytes caucasicus* (Amphibia: Anura). *Nature Conservation Research*, 3, 51–60.
- Lüscher, B., Grossenbacher, K., Scholl, A. (2001). Genetic differentiation of the common toad (*Bufo bufo*) in the Swiss Alps. *Amphibia-Reptilia* 22 (2), 141–154.
- Macey, J.R., Schulte, J.A., Larson, A., Fang, Z., Wang, Y., Tuniyev, B.S., Papenfuss, T.J. (1998). Phylogenetic Relationships of Toads in the *Bufo bufo* Species Group from the Eastern Escarpment of the Tibetan Plateau: A Case of Vicariance and Dispersal. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 9 (1), 80–87.
- Marchese, C. (2015). Biodiversity hotspots: a shortcut for a more complicated concept. *Global Ecology and Conservation*, 3, 297–309.
- Mittermeier R.A., Turner W.R., Larsen F.W., Brooks T.M. and Gascon C. (2011). Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots. In: Zachos F., Habel J. (eds) Biodiversity Hotspots. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Mohammadin, S., Peterse, K. , Kerke, S. J., Chatrou, L. W., Dönmez, A. A., Mummenhoff, K. , Pires, J. C., Edgar, P. P., Al-Shehbaz, I. A. and Schranz, M. E. (2017). Anatolian origins and diversification of *Aethionema*, the sister lineage of the core, Brassicaceae. *American Journal of Botany*, 104, 1042–1054.
- Myers, N. (1988). Threatened biotas: "Hot spots" in tropical forests. *The Environmentalist*, 8, 187–208.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853–858.
- Noss, R.F., Platt, W.J., Sorrie, B.A., Weakley, A.S., Means, D.B., Costanza, J. and Peet, R.K. (2015). How global biodiversity hotspots may go unrecognized: lessons from the North American Coastal Plain. *Diversity and Distributions*, 21, 236–244.
- O'Donnell, M.S., Ignizio, D.A. (2012). Bioclimatic predictors for supporting ecological applications in the conterminous United States: U.S. Geological Survey Data Series 691, 10s.
- Orlova, V. F. and Tuniyev, B. S. (1989). On the taxonomy of the Caucasian Common Toads belonging to the group *Bufo verrucosissimus verrucosissimus* (Pallas)

- (Amphibia, Anura, Bufonidae). *Byulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody*, 94, 13–24.
- Öber, A. (2008). Zooloji. Nobel yayınları, yayın no: 1266, 2. Baskı, ISBN: 978-605-395-062-2, 239 s., 175.
- Özdemir, A. and Baran, İ. (2002). Research on the Herpetofauna of Murat Mountain (Kütahya-Uşak). *Turkish Journal of Zoology*, 26, 189–195.
- Özdemir, M.A. (2004). İklim değişimleri ve uygarlık üzerindeki yansımalarına ilişkin bazı örnekler. Afyon Kocatepe Üniversitesi, *Sosyal Bilimler Dergisi*, 6, 1–20.
- Özdemir, N. (2005). Siğilli Kurbağa (*Bufo bufo*)’nın Morfolojik ve Moleküler Açından İncelenmesi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 95s.
- Özdemir, N., Dursun, C., Üzümlü, N., Kutrup, B. and Gül, S. (2020). Taxonomic assessment and distribution of common toads (*Bufo bufo* and *B. verrucosissimus*) in Turkey based on morphological and molecular data. *Amphibia-Reptilia*, 1–13.
- Pearson, R.G. (2010). Species distribution modelling for conservation educators and practitioners. Synthesis. *Lessons in Conservation*, 3, 54–89. Available at <http://ncep.amnh.org>
- Peterson, A.T., Papes, M. and Soberón, J. (2008). Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modelling*, 213 (1), 63–72.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Dudík, M., Schapire, R.E. and Blair, M.E. (2017). Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*, 40, 887–893.
- Pisanets, E.M., Litvinchuk, S.N., Rosanov, Yu.M., Reminniy, V.Yu., Pasinkova, R.A., Suryadnaya, N.N. and Matvyeyev, A.S., (2009). Common toads (Amphibia, Bufonidae, *Bufo bufo* complex) from the Ciscaucasia and north of the Caucasus: the new analysis of the problem. *Zbirnik Prats’ Zoologichnogo Museyu, Kyiv*, 40, 83–125 [in Russian].
- Pulliam, H.R. (2000). On the relationship between niche and distribution. *Ecological Letters*, 3, 349–361.
- Recuero, E., Canestrelli, D., Vörös, J., Szabo, K., Poyarkov, N. A., Arntzen J. W., Isalovic J. C., Kidov, A. A., Cogalniceanu, D., Caputo F. P., Nascetti, G. and Solano, I.M. (2012). Multilocus species tree analyses resolve the radiation of the widespread *Bufo bufo* species group (Anura, Bufonidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 62, 71–86.
- Riemsdijk, I.V., Arntzen, J.W., Bogaerts, S., Franzen, M., Litvinchuk, S.N., Olgun, K. and Wielstra, B. (2017). The Near East as a cradle of biodiversity: A

- phylogeography of banded newts (genus *Ommatotriton*) reveals extensive inter- and intraspecific genetic differentiation. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 114, 73–81. DOI: 10.1016/j.ympev.2017.05.028
- Şahin, M.K., Candan, K., Yıldırım-Caynak, E., Kumlutaş, Y. and Ilgaz, Ç. (2021). Ecological niche divergence contributes species differentiation in worm lizards (*Blanus sp.*) (Squamata: Amphisbaenia: Blanidae) in Mediterranean part of Anatolian peninsula and the Levantine region. *Biologia*, 76, 525–532.
- Şahin, Y. (2000). Hayvan Sistematığı. Bilim Teknik Yayınevi, yayın no: 052. 1. Baskı, 321 s., 1–274.
- Sillero, N. (2011). What does ecological modelling model? A proposed classification of ecological niche models based on their underlying methods. *Ecological Modelling*, 222, 1343–1346.
- Sinsch, U., Schneider, H. and Tarkhnishvili, D. (2009). *Bufo bufo* Superspezies - Erdkröten-Artenkreis - taxon *bufo* (Linnaeus, 1758) - Erdkröte - taxon *gredosicola* L. Müller und Hellmich 1935 - Gredoserdkröte - taxon *spinosus* Daudin, 1803 - Riesenerdkröte - taxon *verrucosissimus* (Pallas, 1811) - Kolchische Erdkröte. In: Kurt Grossenbacher (Hrsg.): Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas, Band 5/II (Hylidae, Bufonidae), Aula-Verlag, Wiebelsheim, S. 191–335.
- Skorinov, D.V., Doronin, I.V., Kidov, A.A. Tuniyev, B.S. and Litvinchuk, S.N. (2014). Distribution and conservation status of the Caucasian newt, *Lissotriton lantzi* (Wolterstorff, 1914). *Russian Journal of Herpetology*, 21(4), 251–268.
- Skourtanioti, E., Kapli, P., Ilgaz, Ç., Kumlutaş, Y., Avcı, A., Ahmadzadeh, F., Isailovic, J. C., Gherghel, I., Lymberakis, P. and Poulakakis, N. (2016). A reinvestigation of phylogeny and divergence times of the *Ablepharus kitaibelii* species complex (Sauria, Scincidae) based on mtDNA and nuDNA genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 103, 199–214.
- Soberón, J. and Nakamura, M. (2009). Niches and distributional areas: concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 19644–19650.
- Soberón, J. and Peterson, A.T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2, 1–10.
- Stümpel, N., Rajabizadeh, M., Avcı, A., Wüster, W. and Joger, U. (2016). Phylogeny and diversification of mountain vipers (*Montivipera*, Nilson et al., 2001) triggered by multiple Plio-Pleistocene refugia and high-mountain topography in the Near and Middle East. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 101, 336–351.
- Tarkhnishvili, D., Gavashelishvili, A. and Mumladze, L. (2012). Palaeoclimatic models help to understand current distribution of Caucasian forest species. *Biological Journal of the Linnean Society*, 105(1), 231–248.

- Tok, C. V. (1999). Reşadiye (Datça) Yarımadası'nın Anura Türleri Hakkında Morfolojik Bir Araştırma (Anura: Bufonidae, Hylidae, Ranidae). *Turkish Journal of Zoology*, 23(2), 565–581.
- Tosunoğlu, M. and Taskavak, E. (2001). A serological investigation of the *Bufo bufo* (Anura, Bufonidae) populations in Southern Marmara (Manyas, Bahkesir) and Eastern Black Sea (Çamhemişin, Rize) region. *Italian Journal of Zoology*, 68, 165–168.
- Truijillo, T., Gutiérrez-Rodríguez, J., Arntzen J.W., Martínez-Solano, I. (2017). Morphological and molecular data to describe a hybrid population of the Common toad (*Bufo bufo*) and the Spined toad (*Bufo spinosus*) in western France. *Contributions to Zoology*, 86, 1–10.
- Tuniyev, B.S., Tuniyev, S.B., Avcı, A. and Ilgaz, Ç. (2014). Herpetological Studies in Eastern and North-Eastern Turkey (in Russian). *Current Herpetology*, 14(1/2), 44–53.
- Türkeş, M. (2015). Biyocoğrafya: Bir Paleocoğrafya ve Ekoloji Yaklaşımı. Kriter Yayınevi, Fiziiki Coğrafya Serisi No:3, 2. Baskı, ISBN: 978-605-5863, 457s.
- Ülker, E. D. (2015). Geç Kuvaterner İklim Değişimlerinin *Quercus robur* L.'un (Saplı Meşe) Coğrafi Dağılımı Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 79 s.
- Ünal, Y., Kındap, T. and Karaca, M. (2003). Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis. *International Journal of Climatology*, 23, 1045–1055.
- Veith, M., Schmidtler, J.F., Kosuch, J., Baran, İ. and Seitz, A. (2003). Palaeoclimatic changes explain Anatolian mountain frog evolution: a test for alternating vicariance and dispersal events. *Molecular Ecology*, 12, 185–199.
- Viborg, L.A. and Rosenkilde, P. (2001). Angiotensin II Elicits Water Seeking Behavior and the Water Absorption Response in the Toad *Bufo bufo*. *Hormones and Behaviors*, 39, 225–231.
- Warren, D. L. and Seifert, S. N. (2011). Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological Applications*, 21(2), 335–342.
- Welch, H. and Kirwan, G.M. (2008). Turkey's ecoregions: their biodiversity and conservation. Pp. 31–41. In: Kirwan, G., Demirci, B., Welch, H., Boyla, K., Özen, M., Castell, P., & Marlow, T. (Eds.), *The Birds of Turkey*. London: Helm.
- Wielstra, B., Bozkurt, E. and Olgun, K. (2015). The distribution and taxonomy of *Lissotriton* newts in Turkey (Amphibia, Salamandridae). *Zookeys*, 484, 11–23.
- Wiens, J.A., Stralberg, D., Jongsomjit, D., Howell, C.A. and Snyder, M.A. (2009). Niches, models, and climate change: assessing the assumptions and uncertainties.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 106, 19729–19736.

Williams K.J., Ford, A., Rosauer, D.F., de Silva, N., Mittermeier, R., Bruce, C., Larsen, F.W. and Margules, C. (2011). Forests of East Australia: The 35th Biodiversity Hotspot. In: Zachos F., Habel J. (eds) Biodiversity Hotspots. Springer, Berlin, Heidelberg.

Yakar, O. (2016). Investigation of calling behaviour variation of the common toad, *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758) in İzmir populations (Doctoral dissertation). Ege University, İzmir, p. 118.

Yılmaz, İ. (1984). Trakya Kuyruksuz Kurbağaları Üzerine Morfolojik ve Taksonomik Bir Araştırma (Anura: Discoglossidae, Pelobatidae, Bufonidae, Hylidae, Ranidae). *Doğa Bilim Dergisi TÜBİTAK*, 8, 244–264.

Yılmaz, İ., Kumlutaş, Y. (1995). Türkiye’de Yaşayan *Bufo bufo* (Linnaeus) 1758’nun Dağılışı ve Taksonomik Durumu Hakkında Bir İnceleme. *Turkish Journal of Zoology*, 19, 277–278.