

***ISOPHYA RIZEENSIS* (ORTHOPTERA: TETTIGONIIDAE)
TÜRÜNÜN EKOLOJİK NİŞ MODELLEMESİ**

**ECOLOGICAL NICHE MODELLING OF *ISOPHYA*
RIZEENSIS (ORTHOPTERA: TETTIGONIIDAE)**

ÇAĞAŞAN KARACAOĞLU

Prof. Dr. SELİM SUALP ÇAĞLAR

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

BİYOLOJİ Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

DOKTORA TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2013

ÇAĞAŞAN KARACAOĞLU'nun hazırladığı "**ISOPHYA RIZEENSIS (ORTHOPTERA: TETTIGONIIDAE) TÜRÜNÜN EKOLOJİK NİŞ MODELLEMESİ**" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan

(Prof. Dr., Nurdan ÖZER)

Danışman

(Prof. Dr., Selim Sualp ÇAĞLAR)

Üye

(Prof. Dr., Salih Bülent ALTEN)

Üye

(Prof. Dr., İrfan KANDEMİR)

Üye

(Yrd. Doç. Dr., Orhan MERGEN)

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **DOKTORA TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Hayattaki en kıymetli varlıklarım Eşim,
Annem, Babam, Abim ve ailesine...**

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada:

- tez içindeki bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

18 / 06 / 2013

Çağışan Karacaoğlu

ÖZET

***ISOPHYA RIZEENSIS* (ORTHOPTERA: TETTIGONIIDAE) TÜRÜNÜN EKOLOJİK NİŞ MODELLEMESİ**

ÇAĞAŞAN KARACAOĞLU

Doktora, Biyoloji Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. SELİM SUALP ÇAĞLAR

Haziran 2013, 122 sayfa

Anadolu coğrafyası konumu, topografik yapısındaki değişkenlik, iklimsel yapısındaki çeşitlilik ve biyolojik çeşitlilik zenginliği ile çok önemli bir bölgedir. Anadolu'nun jeolojik tarihi ve coğrafik konumu, özellikle buzul dönemlerde birçok tür için sığınak görevi görmesine neden olmuştur. Anadolu'daki canlıların buzul dönemlerdeki coğrafik dağılımlarında oluşan değişikliklerin belirlenmesi ve biyolojik çeşitliliğin korunması açısından iklim değişikliklerinin bu canlıların gelecekteki dağılımlarını nasıl etkileyeceğinin belirlenmesi, ele alınması gereken önemli araştırma konularıdır. Bu fikirden hareketle bu tez çalışması kapsamında Doğu Karadeniz dağlarında bulunan ve Anadolu'nun endemik türlerinden biri olan çayır çekirgesi *Isophya rizeensis* Sevgili, 2003 (Orthoptera: Tettigoniidae) türü için BIOCLIM, GARP ve MAXENT Ekolojik Niş Modellemesi yöntemleri kullanılarak türün günümüzdeki, son buzullararası dönemdeki (120 -140 byö), son buzul maksimumu (~21 byö) dönemindeki ve gelecekteki olası dağılım alanları belirlenmiştir. Gelecekteki dağılımın tahmin edilmesi için 2020, 2050 ve 2080 yıllarına ait üç farklı karbon emisyon senaryosu (A1b, A2a, B2a) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar türün günümüzde dağılım gösterdiği bölgenin son buzul döneminde tür için sığınak görevi gördüğünü göstermektedir. İklim değişikliği senaryolarına göre yapılan gelecek modelleri ise türün popülasyonlarının gelecekte ortadan kalkma riski ile karşı karşıya gelebileceğini göstermektedir. Bu tez çalışması Anadolu'nun buzul dönemlerde canlılar için bir sığınak görevi gördüğünü belirtmenin yanında Anadolu'da yaşayan endemik türlerin gelecekteki durumlarının belirlenmesi açısından da önemli sonuçlar ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Ekolojik Niş Modellemesi, *Isophya rizeensis*, Buzul Dönemler, Dağılım

ABSTRACT

ECOLOGICAL NICHE MODELLING OF *ISOPHYA RIZEENSIS* (ORTHOPTERA: TETTIGONIIDAE)

ÇAĞAŞAN KARACAOĞLU

Doctor of Philosophy, Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. SELİM SUALP ÇAĞLAR

June 2013, 122 Pages

Anatolia is an important area by the means of its location, variability of its topographic structure, diversity of its climatic structure and its richness of biodiversity. Because of its geologic history and geographic position, Anatolia acted as a refugium for many species during glacial periods. The distributional changes of species in Anatolia during glacial periods and determining the future distributions of species under the climatic changes for biodiversity conservation are important research interest. Starting from this idea in this thesis study, the current, last inter glacial (120 -140 Ka), last glacial maximum (~21 ka) and future distributions of Anatolian endemic bush cricket *Isophya rizeensis* Sevgili, 2003 (Orthoptera: Tettigoniidae) are determined by using BIOCLIM, GARP, MAXENT Ecological Niche Modelling methods. Three different carbon emission scenarios (A1b, A2a, B2a) are used for the years 2020, 2050 and 2080 for predicting future distribution. The results showed that the current distribution area of the specie was a refugium during last glacial period. The models created according to future climate change scenarios showed that there may be risk of extinction in the future. This thesis study indicated that Anatolia served as a refugium for organisms during last glacial period and it also gave important results for identifying the future distribution of endemic species in Anatolia.

Keywords: Ecological Niche Modelling, *Isophya rizeensis*, Glacier Periods, Distribution

TEŐEKKÜR

Daniőman hocam Prof. Dr. Selim Sualp ağlar'a tez alıőmasının baőlangıcından sonuna kadar tım katkılarından dolayı, Dr. İsmail Kudret Sağlam ve Arda Cem Kuyucu'ya arazi çalıőmalarındaki katkılarından dolayı teőekkür ederim.

Arazi çalıőmalarımız boyunca amlıhemőin Otel Doğa kendimizi hep evimizde hissettik. Bu nedenle Otel Doğa'nın sahibi İdris Duman ve tım çalıőanlarına ayrıca teőekkür ederim.

alıőmamım baőlangıcından beri her zaman benim yanımda olan ve beni anlayıőla karşılayan sevgili eşim Elif Karacaoğlu ve çıktığım bu yolda her zaman beni teővik eden ve destek olan Anne ve Babama sonsuz sevgilerimi ve teőekkürü bir borç bilirim.....

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 <i>Isophya rizeensis</i> Sevgili, 2003 (Orthoptera: Tettigoniidae) Türünün Genel Özellikleri	6
1.1.1 <i>I. rizeensis</i> 'in Sistematik Durumu	6
1.1.2 <i>I. rizeensis</i> 'in Biyolojisi.....	6
1.2 Ekolojik Niş Modeli Yaklaşımı	8
1.3 Ekolojik Niş Modellemeleri	11
1.3.1 BIOCLIM	16
1.3.2 GARP (The Genetic Algorithm for Rule-set Production).....	18
1.3.3 MAXENT (Maksimum Entropi)	21
1.4 İklim Senaryoları	22
1.4.1 Son Buzullararası Dönem (120 – 140 Byö) İklim Senaryoları	22
1.4.2 Son Buzul Maksimumu (21 Byö) İklim Senaryoları	23
1.4.3 Gelecek İklim Senaryoları	24
1.5 Yöntem	27
1.5.1 Arazi Çalışmaları	27
1.5.2 Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışmaları	31
1.5.2.1 ENM' de Kullanılacak Veri Setlerinin Elde Edilmesi.....	31
1.5.2.2 Veri Setlerinin Uygulanacak Modellere Göre İşlenmesi.....	35
1.5.3 Modelleme Çalışmaları.....	39
1.5.3.1 BIOCLIM Modelleri	39
1.5.3.2 GARP Modelleri	40
1.5.3.3 MAXENT Modelleri	41

1.5.4 Model Sonrası Analizler	42
2. SONUÇLAR	43
2.1 BIOCLIM Model Sonuçları	43
2.1.1 Günümüz Modeli	43
2.1.2 Son Tam Buzul Döngüsü Modelleri	45
2.1.3 Geleceğe Ait Senaryo Modelleri	47
2.1.3.1 A1b Senaryosu Modelleri	47
2.1.3.2 A2a Senaryosu Modelleri	49
2.1.3.3 B2a Senaryosu Modelleri	51
2.2 GARP Model Sonuçları	53
2.2.1 Günümüz Modeli	53
2.2.2 Son Tam Buzul Döngüsü Modelleri	55
2.2.3 Geleceğe Ait Senaryo Modelleri	57
2.2.3.1 A1b Senaryosu Modelleri	57
2.2.3.2 A2a Senaryosu Modelleri	59
2.2.3.3 B2a Senaryosu Modelleri	61
2.3 MAXENT Model Sonuçları	63
2.3.1 Günümüz Modeli	63
2.3.2 Son Tam Buzul Döngüsü Modelleri	66
2.3.3 Geleceğe Ait Senaryo Modelleri	68
2.3.3.1 A1b Senaryosu Modelleri	68
2.3.3.2 A2a Senaryo Modelleri	70
2.3.3.3 B2a Senaryosu Modelleri	72
2.4 Vejetasyon Model Sonuçları	74
2.4.1 Günümüz Modelleri	74
2.4.2 Son Tam Buzul Döngüsü Modelleri	75
2.4.3 Geleceğe Ait Senaryo Modelleri	78

2.4.3.1 A1b Senaryosu Modelleri.....	78
2.4.3.2 A2a Senaryosu Modelleri.....	78
2.4.3.3 B2a Senaryosu Modelleri.....	78
2.5 <i>Amplipennis</i> Tür Grubuna Ait Model Sonuçları	82
2.5.1 Günümüz Modeli	82
2.5.2 Son Tam Buzul Döngüsü Modelleri	85
2.5.3 Geleceğe Ait Senaryo Modelleri	85
2.5.3.1 A1b Senaryosu Modelleri.....	85
2.5.3.2 A2a Senaryosu Modelleri.....	88
2.5.3.3 B2a Senaryo Modelleri	88
2.6 Tartışma.....	91
2.6.1 <i>Isophya rizeensis</i> Türünün Günümüzdeki Dağılım Alanı.....	91
2.6.2 <i>Isophya rizeensis</i> Türünün Son Tam Buzul Döngüsü Sırasında Dağılım Örüntüsünde Gerçekleşen Değişiklikler	98
2.6.3 <i>Isophya rizeensis</i> İklim Değişikliklerine Bağlı Olarak Gelecekte Dağılım Alanlarında Meydana Gelebilecek Değişiklikler	104
2.6.4 Uygulanan ENM Yöntemlerinin Değerlendirilmesi.....	107
2.4.5 Sonuç	109
KAYNAKLAR.....	111
ÖZGEÇMİŞ	121

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

mm	Milimetre
m	Metre
km ²	Kilometrekare
%	Yüzde
~	Yaklaşık

Kısaltmalar

AUC	Arae Under Curve
Byö	Bin yıl önce
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CCAFS	Climate Change, Agriculture and Food Security
CCSM	The Community Climate System Model
DM	Dağılım Modelleri
ENM	Ekolojik Niş Modelleri
GARP	The Genetic Algorithm for Rule-set Production
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
Myö	Milyon yıl önce
MIROC	Model for Interdisciplinary Research on Climate
PMIP2	Paleoclimate Modelling Intercomparison Project Phase II
ROC	Receiver Operating Characteristic
SBD	Son Buzullararası Dönem
SBM	Son Buzul Maksimumu

1. GİRİŞ

Türler ve buldukları çevre ile olan ilişkilerinin analizi, ekolojide her zaman temel araştırma konusu olmuştur. İklimin hayvan ve bitki türlerinin dağılımındaki etkisi ve önemi birçok ilkin çalışmada anlaşılmıştır. İklimin diğer çevresel parametrelerle birlikte analizi ile vejetasyon örüntülerinin açıklanmasına yönelik çalışmalar dünya genelinde birçok araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Türler ile çevresel parametreler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi tahminleyici coğrafik modelleme çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Bu modeller çevresel parametrelerin türlerin dağılımlarını nasıl kontrol ettiklerinin açıklanması üzerine kuruludurlar. Anadolu coğrafi konumu, topografik yapısındaki değişkenlik, iklimsel yapısındaki çeşitlilik ve yüksek biyolojik çeşitliliği bakımından göz önüne alındığında bu modeller kullanılarak türlerin dağılımlarının ve çevresel parametrelerin bu dağılıma etkilerinin araştırılması için çok uygun bir bölgedir.

Anadolu ılıman kuşaktaki biyolojik çeşitliliğin en yüksek olduğu bölgelerden biridir. Anadolu'da bulunan türlerin üçte birinden fazlası endemiktir [11]. Deniz seviyesinden alpin kuşağa kadar değişen çeşitli habitat tipleri Anadolu'nun zengin biyolojik çeşitliliğine katkıda bulunur. Eski dünya kıtaları arasında köprü görevi görmesi ve buzul çağları boyunca çeşitli canlı türleri tarafından sığınak olarak kullanılmış olması Anadolu'nun günümüzdeki biyolojik çeşitliliğini şekillendirmiştir [12, 13].

Anadolu dağ sıralarının, akarsu havzalarının, platoların ve birçok çeşitli topoğrafik yapının birbirine olan yakınlığı, farklı iklimsel özelliklerin aynı anda bir arada gözlemlenmesine neden olur. Topografya ve iklimdeki bu çeşitlilik birbirinden farklı birçok habitatın oluşmasında sağlar. Bu farklı habitatların iklimsel ve topografik olarak da farklılaşması, bu alanlar arasındaki izolasyon etkisini artırır. Anadolu'da gözlenen endemizmin en önemli nedeni ortaya çıkan bu coğrafi farklılıklardır [14; 15].

Anadolu, Avrupa ile Orta Asya, Orta Doğu ve Afrika arasında bağlantı noktasıdır. Kıtaları arasında bir köprü görevi görüyor olması, birçok türün yayılması için doğal bir yol oluşturmasını sağlamıştır [16]. Anadolu'nun bu konumu, dağları ve üç tarafının denizlerle çevrili olması karasal, tatlı su ve denizsel biyoçeşitliliğinin

yüksek olmasına neden olmuştur. Türkiye'nin karasal alanının büyük kısmı üç farklı biyoçeşitlilik noktasını içerir (Kafkasya, İran-Anadolu ve Akdeniz). Türkiye dünyadaki 34 biyoçeşitlilik noktasından üçünü tamamen kapsayan tek ülkedir [17, 18].

Anadolu'daki çeşitli dağ sıraları farklı habitatlar oluşturarak, komşu fitocoğrafik bölgelere ait relik ve endemik bitki ve hayvan türlerinin gelişimine olanak sağlamıştır. Örneğin Kuzey Anadolu Dağları son buzul dönemde birçok bitki türü için sığınak görevi görmüştür. Son buzuldönemde yayılan birçok bitki türü günümüzde bu dağların yüksek kesimlerinde bulunmaktadır. Anadolu dağlarının yatay ve dikey yönde farklı habitatlar oluşturmuş olması günümüzde gözlenen biyolojik çeşitliliğin önemli nedenlerindedir. Anadolu dağlarında gözlemlenen bu biyolojik çeşitlilik zenginliği, kısa mesafelerde gözlemlenen yükseklik değişikliği, dağ sıralarının coğrafik yönü ve son buzul dönemde gerçekleşen iklimsel değişiklikler ile ilişkilidir [19].

Anadolu jeolojik açıdan genç ve halen aktif bir coğrafyadır. Mesozoik dönemde (251 – 65 myö) Anadolu'nun Kuzey ve Güney bölgeleri Tetis Denizi ile kaplıydı. Kretase döneminin sonunda kıtasal çarpışmanın etkisiyle Tetis tabanındaki çökeltiler katlanarak yükselmeye başladılar. Anadolu'da dağ oluşum fazı Oligosen döneminde (33,9 – 23,3 myö) meydana geldi ve günümüzdeki dağ sıraları ortaya çıktı. Bu oluşum süreçleri jeolojik olarak günümüzde de devam etmektedir [20, 21].

Tersiyer (65 – 2,5 myö) dönemi boyunca Anadolu Avrupa, Arabistan, İran ve Kafkas plakaları ile çeşitli bağlantılar oluşturmuştur (Şekil 1). Bu bağlantılar türlerin bu alanlar arasında hareketine izin vermiştir. Devam eden zamanlarda gerçekleşen buzul döngüleri, Balkanlarda, Kafkaslarda ve Kuzey Anadolu'da bulunan birçok türün güneye hareket etmesine neden olmuştur [22]. Güneye yönelen bu türlerin coğrafik izolasyonları ve yeni yerleştikleri alanlardaki çevresel şartlara bağlı olarak kazandıkları adaptasyonlar birçok türleşme olayına neden olmuştur [23, 24, 15] .



Şekil 1.1 Anadolu'nun coğrafi konumundaki tarihsel değişiklikler [Blakey 2011], 1 Günümüz; 2 Miyosen (13 myö) dönemindeki coğrafi konumu; 3 Oligosen (25 myö) dönemindeki coğrafi konumu; 4 Eosen (50 myö) dönemindeki coğrafi konumu

Bilinen en baskın palaeoklimatik olaylar Pleistosen (1,8 – 0,01 myö) boyunca şiddetli şekilde artan buzul dönemleridir [25]. Bu dönemlerde arktik buzulların büyüyerek, Avrasya ve Kuzey Amerika ortasından geçen ve gittikçebüyüyen buzullar oluşturması 2,4 my öncesini tarihlemektedir [26]. Bu buzul çağları yaklaşık 100 bin yıllık periyotlar ve bunları takip eden görece kısa süreli ılık buzullararası dönemlerle tekrarlanır.

Son buzullararası dönemden (135 byö) günümüze kadar olan son tam buzul döngüsü iyi bir şekilde anlaşılmıştır. Özellikle son buzul dönemini takip eden ısınma sürecinden (18 byö) başlayarak, günümüzde yaşamakta olduğumuz ılık buzullararası iklim arasındaki süreç detaylı olarak çalışılmıştır.

En son buzul döneminde, ortalama sıcaklıklar 5-10 yıl gibi kısa sürelerde % 10-12 değişmiştir. Böyle büyük ve kısa sürede gerçekleşen iklim değişiklikleri türlerin coğrafik dağılımlarını da değiştirmiştir [25].

Meteoroloji uyduları, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve istatistik alanındaki gelişmeler sonucunda son buzullararası dönemden günümüze kadar olan sürece ait iklimsel veriler araştırmacılar tarafından ulaşılabilir durumdadır. Ayrıca iklim değişikliklerinin canlılar üzerine etkilerinin belirlenebilmesi için “Intergovernmental Panel on Climate Change” (IPCC) tarafından geleceğe ait farklı iklimsel senaryolar üretilmiştir.

Anadolu'nun jeolojik tarihi ve coğrafik konumu, özellikle buzul dönemlerde birçok tür için sığınak görevi görmesine neden olmuştur. Ayrıca sahip olduğu yüksek biyolojik çeşitlilik ve endemizm oranı bu coğrafyayı daha da önemli kılmaktadır. Bu noktadan hareketle, Anadolu'da yer alan canlıların buzul dönemlerdeki coğrafik dağılımlarında oluşan değişikliklerin belirlenmesi yanında biyolojik çeşitliliğin korunması açısından iklim değişikliklerinin bu canlıların gelecekteki dağılımlarını nasıl etkileyeceğinin belirlenmesi de ele alınması gereken önemli araştırma konularıdır.

Bu tez çalışması kapsamındaki yukarıdaki konuların ele alınması amacıyla Ekolojik Niş Modellemesi (ENM) yöntemleri kullanarak *Isophya rizeensis* Sevgili, 2003 (Orthoptera: Tettigoniidae) türünün Son Buzullararası Dönem, Son Buzul Maksimumu, Günümüz ve gelecek iklim senaryolarına göre dağılımındaki değişikliklerin belirlenmesi ve endemik olan bu türün koruma durumunun irdelenmesi hedeflenmiştir.

Tez çalışması kapsamında model organizma olarak seçilen çalı çekirgesi *I. rizeensis*, Türkiye'nin Kuzey Doğu bölgesindeki dağ silsilesinde dağılım gösteren bir türdür. Anadolu'ya endemik olmakla birlikte çok sınırlı bir dağılım alanına sahiptir [27, 28]. Türün bilinen dağılımını Kuzey Anadolu Dağları'dır ve bu bölge 2005 yılında "Conservation International" adlı kuruluş tarafından tanımlanan Kafkas Biyolojik Çeşitlilik Sıcak Noktası sınırları içinde kalmaktadır. Türün sınırlı dağılım alanına sahip endemik bir tür olması ve dağılım gösterdiği coğrafyanın konumu, tez çalışmasında ele alınan konuların araştırılması için çok uygun bir model organizma olmasını sağlamaktadır.

Bu tez çalışmasının nihai amacı Anadolu'nun endemik türlerinden biri olan çayır çekirgesi *I. rizeensis*'in günümüzdeki mevcut dağılım alanlarını, gerçekleşen son buzul döngüsünde dağılımın alanlarındaki değişiklikleri, gelecekte iklimsel değişikliklere bağlı olarak dağılım alanlarında gerçekleşebilecek değişiklikleri ve türün ekolojik niş karakterlerini belirlemektir. Ekolojik Niş Modelleri kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışma ile aşığıdaki sorulara cevap bulunması hedeflenmiştir;

- *I. rizeensis*'in dağılım alanları Son Buzullararası Dönem (SBD), Son Buzul Maksimumu (SBM) ve günümüzde nasıl değişikliğe uğramıştır?
- *I. rizeensis* popülasyonlarının günümüzdeki olası dağılım alanları hangi bölgelerdir?
- *I. rizeensis* popülasyonlarının dağılım örüntüsü üzerinde etkili olan çevresel parametreler nelerdir?
- Türün bilinen mevcut dağılım alanı dışıında olası dağılım alanları hangi bölgelerdir?
- İklim değişikliklerine bağlı olarak türün gelecekteki dağılımında örüntüsünde meydana gelebilecek değişiklikler nelerdir?

Bu soruların cevaplanması, Anadolu'da buzul dönemlerde türlerin dağılımlarının nasıl değiştiğinin ortaya konması açısından önemlidir. Ayrıca oluşturulacak modeller , koruma biyolojisi açısından Anadolu'da yayılış gösteren birçok endemik türün geleceğe yönelik korunma stratejileri açısından bir örnek oluşturacaktır.

1.1 *Isophya rizeensis* Sevgili, 2003 (Orthoptera: Tettigoniidae) Türünün Genel Özellikleri

1.1.1 *I. rizeensis*'in Sistematik Durumu

Isophya rizeensis türü sistematik olarak 2004 yılına kadar *Isophya redtenbacheri* Adelung, 1907 (Orthoptera: Tettigoniidae) olarak adlandırılmaktaydı. Toplanan örnekler üzerinde yapılan ses analizleri sonucu bu tür *Isophya rizeensis* Sevgili, 2003 (Orthoptera: Tettigoniidae) şeklinde yeni bir tür olarak yayınlanmıştır. [28]. *I. rizeensis* göreceli olarak büyük (17,7–25.0 mm uzunluğunda), körelmiş kanatlara sahip, Anadolu'ya endemik bir çalı çekirgesi türüdür [27]. Türün sistematik durumu Çizelge 1.1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1 *Isophya rizeensis* Sevgili, 2004 türünün sistematik durumu

Takım	Orthoptera
Alt Takım	Ensifera
Ust Familya	Tettigoniioidea
Familya	Tettigoniidae Krauss, 1902
Alt Familya	Phaneropterinae Kirby, 1906
Cins	<i>Isophya</i> Brunner von Wattenwyl, 1878
Tür	<i>Isophya rizeensis</i> Sevgili, 2003

1.1.2 *I. rizeensis*'in Biyolojisi

Bu tür Doğu Karadeniz Bölgesinde, Kaçkar Dağları'nın kuzey yamaçlarından Rize ili Çamlıhemşin ilçesi'ne kadar bir alanda yayıldığı düşünülmektedir [29]. *I. rizeensis* öksinik ve suböksinik vejetasyonda, Doğu Karadeniz Dağlarının subalpin ve alpin çayırlıklarında bulunur. 350 - 2000 m yükseklik aralığında bulunabilen tür alçak rakımlarda orman içi açıklıklardaki bodur çalılıklar, ısırgan ve diğer otsu bitkilerin bulunduğu alanlarda yayılış gösterir. Yüksek bölgelerde ise subalpin çalılıklarda veya çayırlarda bulunur.

I. rizeensis univoltin bir türdür. Çiftleşme sonrası dişiler yumurtaları nemli bitki örtüsü ya da toprağa bırakırlar. Yumurtalar kış mevsimini diyapozda geçirirler. Türün nimfleri genel olarak Haziran ayının başında görülmeye başlar fakat yüksek kesimlerde nimf çıkışı Haziran ayının sonunu bulabilir [30; 31; 28]

Bu türün en göze çarpan özelliği erkeklerde daha belirgin olan dorsal ve ventral renklenmedir. Daha da ötesi renklenmedeki bu varyasyon yüksek oranda değişkenlik göstermekte ve siyah renk morflarının aşağı bölgelerde (350-1000 m), sarımsı-yeşil renk morflarının ise 1000 m'nin üzerindeki subalpin bölgelerinde görüldüğü alansal bir örüntü şeklinde ortaya çıkmaktadır [27, 30, 32].

Çekirgelerin buldukları habitatın termal özellikleri çok önemlidir. Hayatta kalma ve üremek için çekirgelerin vücut sıcaklıklarını belirli bir seviyede tutmaları gerekir. Ortam sıcaklığı çekirgelerin biyolojik fonksiyonunu etkilediği için önemli bir parametredir. Çekirgelerin buldukları habitatlarda ise ortam sıcaklığı önemli derecede vejetasyon tarafından belirlenir [33].

Vücut sıcaklıklarını düzenlemek için çekirgeler vejetasyon tarafından oluşturulan mikroklimatik alanları kullanmak üzere termoregulasyon davranışlarına sahiptirler ve vejetasyon içerisinde hareket ederler [34]. Aynı zamanda vejetasyon predasyondan korunmak açısından da çok önemlidir. Vücut ısısını arttırmak için vejetasyonun üst bölgelerine çıkarken aynı zamanda predasyon riskini arttırmış olurlar. Orthoptera türlerinin bulunduğu habitatların vejetasyon yapısı bu nedenle türlerin bollukları ve dağılımları üzerinde etkilidir [35].

Tez çalışmasının model organizması olan endemik çalı çekirgesi *I. rizeensis* helioterm bir canlıdır ve yukarıda anlatılan nedenlerde ötürü türün bulunduğu habitatların vejetasyon yapısı türün dağılımı açısından çok önemlidir. Bu nedenle çalışma kapsamında Ekolojik Niş Modelleri türün bulunduğu habitatların vejetasyon yapısı içinde oluşturulmuştur.

Orthoptera takımı Anadolu' da diğer canlılara göre daha iyi çalışılmış bir gruptur. Geçmişte yapılmış çalışmalarda bölgenin biyocoğrafik değerlendirilmesinin yapılmasında anahtar bir grup görevi görmüştür [36, 37]. Anadolu'da yayılış gösteren Tettigoniidae familyasına ait türlerin %50'sinden fazlasının endemik olduğu belirtilmiştir [38]. *I. rizeensis* bu endemik türlerden biridir ve günümüzde çok dar bir dağılım alanına sahiptir.

1.2 Ekolojik Niş Modeli Yaklaşımı

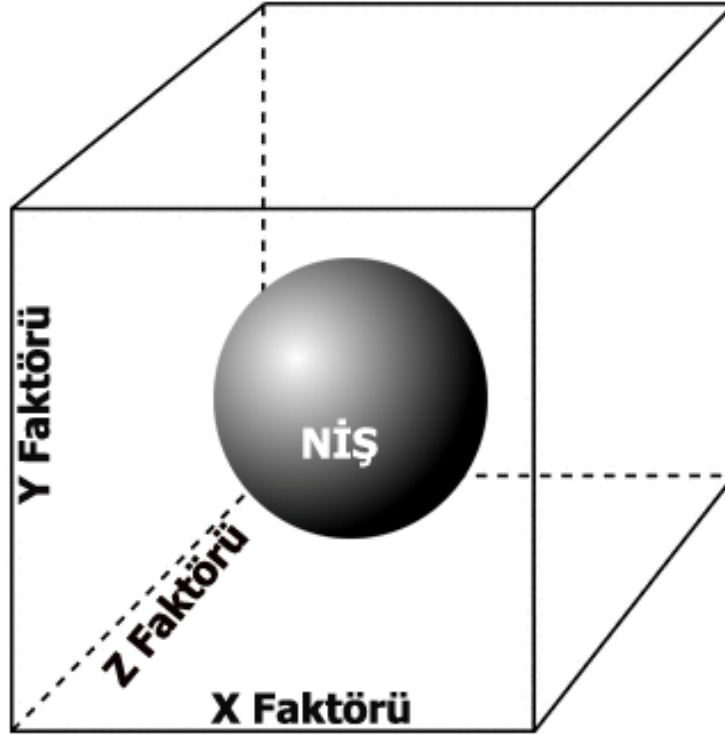
Ekolojik niş konsepti, davranış, morfoloji ve organizmaların fizyolojileri gibi nerdeyse ekolojinin her bakış açısından önemli bir olgudur. Bu yaklaşımlar türlerin ekosistemin fonksiyonları içerisinde nasıl konumlandıklarının anlaşılmasında birer araçtır. Ekolojik literatürde ortaya çıkması Grinnell (1917) [39, 40], Elton (1927) [41] ve Gause (1936) [42] tarafından yapılan çalışmalarla başlayan ekolojik niş konsepti günümüzde artarak literatürde kendine daha fazla yer bulmaktadır.

Niş konsepti, kömünitelerde türlerin etkileşimlerini anlamak için kullanıldığında potansiyel olarak daha zengin ve açıklayıcı bir özellik olarak karşımıza çıkar. Türlerin nişlerindeki farklılıklar, türlerin (türlerin gereksinimleri yada system üzerine etkileri) dağılımları, bollukları ve ekosistemlerdeki fonksiyonel rollerinin ortaya çıkmasına neden olur.

Ekolojik Niş konseptinin kurucusu Grinnell olarak kabul edilir. Yayınladığı bir çok makalede birçok türün abiyotik gereksinimlerini, habitatlarını, besin tercihlerini ve doğal düşman ilişkilerini tartışmış olsada, "Kalifornia sapan balığının niş ilişkileri" (1917) başlıklı makalesinde nişi doğada bir türün kapladığı alan olarak tanımlamıştır. Grinnell niş konseptini, bir türün varlığını sürdürebilmesi için gerekli fizyolojik toleransları, morfolojik kısıtlamaları, beslenme davranışlarını ve kömünitedeki diğer türler ile olan ilişkileri kapsayacak şekilde kullanmıştır. Grinnell'in çalışmaları türlerin alansal dağılımlarını sınırlayan faktörlerin ortaya konması açısından öncü niteliğindedir.

Grinnell'in ardından niş konseptine birçok araştırmacı tarafından katkıda bulunulmuş olsa da konseptin tanımı ve ölçülebilir hale getirilmesi Hutchinson tarafından yapılan önemli katkılar ile gerçekleşmiştir. 1944 yılında yayınladığı makalesinde "Niş terimi bir organizma üzerinde etki eden tüm çevresel föktörlerin toplamıdır; bu yüzden niş n-boyutlu (üçten fazla) bir boşluk olarak tanımlanmalıdır" [43] şeklinde bir tanımlama ortaya koymuştur. 1957 yılında kendi tanımına yaptığı katkı ile tanımını geliştirmiş ve niş konseptini daha nicel bir olguya dönüştürmüştür. Bu tanımda bir organizma için herhangi sayıdaki (n) sınırlayıcı faktörü (sıcaklık, kaynaklar vb.) açıkça tanımlamıştır

[44]. Buna göre bir organizmanın hayatta kalması için gerekli her bir sınırlayıcı faktörün miktarı n- boyutlu bir uzayda çizilebilir (Şekil 1.2.1).



Şekil 1.2.1 Hutchinson tarafından n-boyutlu boşluk şeklinde tanımlanan nişin gösterimi; küpün içerisindeki alan herbir faktörün toplam miktarını temsil ederken, kürenin içerisindeki alan türün hayatta kalması için gerekli her bir faktörün miktarını temsil eder [45].

Daha sonraları Hutchinson nicel niş tanımını bir adım daha ileri götürmüştür. Bitki ve hayvanlar üzerinde çalışan birçok ekolog, organizmaların sağlıklı bir şekilde yaşamlarını devam ettirebilecekleri çevresel şartları içeren alanlardan çok daha küçük alanlarda yaşadıklarını fark ettiler. Bu bağlamda Hutchinson diğer türlerin var olmadığı bir ortamdaki n-boyutlu uzayı, türlerin "Temel Nişi" olarak tanımladı. Ayrıca türler arası etkileşimler ile sınırlandırılan bir ortamdaki nişi "Gerçek Niş" olarak tanımladı ve gerçek nişin temel nişin bir alt kümesi olduğunu belirtti.

Günümüzde bir türün nişi, türün hayatta kalması için gerekli minimum gereksinimleri karşılayan, böylece lokal bir popülasyonun doğum oranının ölüm oranına eşit yada daha fazla olmasına olanak sağlayan çevresel koşullar ve bireylerin bu çevresel

koşullar üzerindeki etkisi şeklinde tanımlanmaktadır [45]. Bu şekilde yapılan tanımlama ile niş konsepti, türlerin gereksinimleri ve etkileri şeklinde iki bileşene ayrılabilir [46]. Türlerin etkileri nişin ekosistem yapısı üzerindeki etkilerinin anlaşılmasında önemli bir bileşendir.

Nişin evrimsel ekolojisi ele alındığında, bireylere ait bir özelliğin çoğunlukla adaptif olarak evrimleştiği durumlar göz önünde bulundurulmaktadır. Doğada gerçekleşen birçok örnekte ise evrimsel dinamikler, komşu habitatlar arası gen akışı, mutasyon, genetik sürüklenme ve özellikler arası genetik bağlantı gibi daha az doğrudan süreçler tarafından da etkilenirler [45].

Ekolojik niş temelli yaklaşım, bir bireye ait özelliklerin evrimleşmesinde etkili olan çevresel şartlardaki değişiklikler ve türler arası etkileşimler gibi çeşitli faktörlerin araştırılmasına olanak sağlar. Ekolojik niş temelli çalışmalar, evrim, biyotik ve abiyotik çevre, populasyonlar, komüniteler ve ekosistemler arasındaki bağlantıları ele aldığından, çeşitli öngörülerde bulunmak açısından çok daha güçlü sonuçlar ortaya koyar.

Türlerin bir alanda bulunmaları ile çevresel özellikler arasında ilişki kurarak, türlerin ekolojik özelliklerini ve coğrafi dağılımlarını ortaya koymayı amaçlayan modelleme çalışmalarının anahtar bileşeni, türlerin dağılımlarını ekolojik bir bakış açısıyla tahmin etmek veya karakterize etmektir. Bu tür modeller ekolojik niş modelleri olarak adlandırılırlar [47].

Günümüzde yapılan birçok çalışma ekolojik nişin evrimsel süreçte korunan bir özellik olduğunu işaret etmektedir. Ekolojik nişler türlerin uzun dönemli coğrafi potansiyelleri üzerinde sınırlayıcı bir özellik olarak karşımıza çıkmaktadır [48, 49, 50, 51]. Bu yüzden ekolojik niş modelleri biyoçeşitlilik ile ilgili coğrafi ve ekolojik sorulara cevap bulmak açısından belirgin bir öngörü gücüne sahiptir.

Günümüzde bu modelleme çalışmaları çok geniş uygulama alanlarına yayılmıştır. Ekolojik niş modelleri sadece türlerin coğrafi dağılımlarının belirlenmesinde değil; biyocoğrafi özelliklerin anlaşılmasında, türlerin bilinmeyen populasyonlarının bulunmasında, türlerin buldukları alanlardan yeni alanlara taşınmasının

sonuçlarının öngörülmesinde, koruma alanlarının belirlenmesinde ve çevresel değişikliklerin etkilerinin öngörülmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

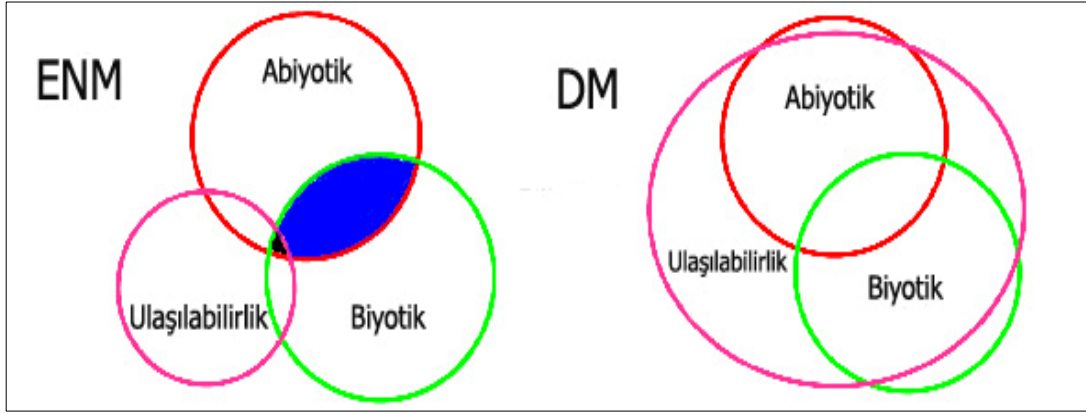
1.3 Ekolojik Niş Modellemeleri

Son yıllarda türlerin bilinen varlık noktaları ile ekolojik ve çevresel şartlar arasındaki ilişkileri ortaya koymayı amaçlayan modelleme çalışmaları önemli bir ivme kazanmıştır [52; 53]. Bu modeller "iklimsel zarf modelleri" ya da "ekolojik niş modelleri" olarak adlandırılırlar. Bu modellerin hedefi türlerin ekolojik gereksinimlerini simüle ederek coğrafik dağılımlarını tahmin etmektir.

Türlerin dağılım alanlarının ve bu dağılımlara etki eden çevresel parametrelerin ortaya konması açısından ekolojik niş modelleme çalışmaları önemli süreçlerdir. Türlerin yaşam alanlarında bulunmalarıyla ilgilenen, ekolojik özelliklerini ortaya çıkarmayı ve coğrafi dağılımlarını tahmin etmeyi amaçlayan modelleme çalışmaları, ekoloji, sistematik ve doğa koruma alanlarında geniş bir yer almaktadır. Bu modelleme süreçlerinin anahtar bileşeni türlerin ekolojik dağılımlarını belirlemek ya da karakterize etmektir. Bu yaklaşım türlerin coğrafik dağılımlarının anlaşılmasında kullanışlı bir araçtır. Bu çalışmaların hedefi türlerin ekolojik ihtiyaçlarının belirlenerek farklı biyocoğrafik senaryolar altında türün olası coğrafi dağılımlarının tahmin edilmesidir. Niş modelleri ya da dağılım modelleri olarak adlandırılan bu modeller türlerin ekolojik gereksinimlerinin anlaşılmasının yanı sıra biyocoğrafik bakış açısından da önemli sonuçlar ortaya koyar [54]. Bu yüzden ekolojik niş modelleri biyoçeşitlilik ile ilgili coğrafi ve ekolojik sorulara cevap bulmak açısından belirgin bir öngörü gücüne sahiptir.

Türlerin coğrafik dağılımlarını ortaya koymaya çalışan bu modeller yaygınlaştıkça ortaya bir ikilem çıkmaktadır. Ekolojik niş modellemeleri ile dağılım modelleri arasındaki farkın ne olduğu bu ikilemin ana sorusudur. Soberón ve Peterson [55] tarafından yapılan bir çalışma bu iki yöntem arasındaki farkları ortaya koymuştur. İki yöntem arasındaki farklılıkların açıklanması için her biri bir etkeni temsil eden, birbiriyle kesişen üç daireden oluşan grafikler çizilmiştir. Bu dairelerden biri türlerin hayatta kalması ve üremesi için gerekli fiziksel koşulları (Abiyotik faktörler; sıcaklık, nem vs), bir diğeri türlerin hayatta kalması ve üremesi için gerekli biyotik koşulları

(Biyotik faktörler; mutualistlik ilişkiler, av avcı ilişkileri, hastalıklar vs) ve sonuncusu ulaşılabilirliği temsil (ör; günümüzdeki ya da geçmişteki dispersal yetenekleri) eder. Bu parametrelerin coğrafi projeksiyonu türlerin potansiyel dağılımlarını gösterir.



Şekil 1.3.1 Ekolojik niş modellemesi (ENM) ve Dağılım modellemesi (DM) arasındaki ölçek bağımlı farklılıklar

Ekolojik niş modelleri alansal yapıyı geniş biyocoğrafik bakış açısı ve kapsamlı ulaşılabilirlik etkileriyle ele alırken (Biyotik faktörlerden çok abiyotik faktörler ve ulaşılabilirlikle ilgilenir), dağılım modelleri alansal yapı için daha dar bir biyocoğrafik bakış açısı sunar ve ulaşılabilirlik ile ekolojik niş modellerine göre daha az ilgilenir. Modelleme çalışmalarında, ele alınan tür için abiyotik koşulların uygun olduğu alanlar türün temel ekolojik nişi ile karşılaştırılabilirken, abiyotik ve biyotik koşulların birlikte değerlendirilmesi ile belirlenen uygun alanlar canlının gerçek nişi ile karşılaştırılabilir. Hutchinson her ne kadar potansiyel biyotik ilişkilerin üzerinde daha çok durmuş olsa da, bu ilişkiler ekolojik niş modellerine çok daha detaylı olarak entegre edilebilir [56]. Ekolojik niş modellemelerinde biyotik ve abiyotik koşulların uygun olduğu durumlardaki coğrafik projeksiyonlar türlerin potansiyel dağılım alanlarını temsil ederken (Şekil 1.3.1 Mavi ile gösterilen alan). Bu alanların içinde türlerin ulaşabileceği alanlar ise türlerin gerçek dağılım alanlarını gösterir (Şekil 1.3.1 Siyah ile gösterilen alan). Bu yaklaşım ile ENM Hutchinson tarafından ortaya konan, temel nişin bir alt kümesi olarak önerdiği gerçek nişi ortaya koymayı hedefler. Böylece türlerin diğer türler ve çevresel parametreler ile sınırlandırılmış coğrafik dağılımları daha net bir şekilde ortaya konmuş olur.

ENM kullanan araştırmacılar, arazi örneklemelerinde elde edilmiş varlık verilerini kullanarak türlerin ekolojik nişlerini ve potansiyel dağılımlarını ortaya çıkarmaya çalışırlar. Bu yaklaşım türlerin coğrafik özellikleri ve dağılım biyolojilerinin anlaşılması açısından önemli sonuçlar ortaya koyar. Böylece yukarıda bahsedilen biyotik, abiyotik ve ulaşılabilirlik bileşenlerinin ayırt edilebilmesi ile potansiyel ve gerçek dağılım arasındaki farka dayanan coğrafik dağılımın tahminlenmesi gerçekleştirilebilir. Bunun yanında ENM yaklaşımlarının hedef türe ait biyotik nişlerini temsil eden tüm verileri ve hatta potansiyel dağılım alanına ait tüm verileri içermediği göz önünde bulundurulmalıdır [57].

Diğer yandan DM çalışmalarında biyotik, abiyotik faktörler ve ulaşılabilirliğin etkileri modelin başlangıcında ele alınırlar. Dağılım bilgisinin gerçek nişin bir sonucu olduğunu kabul ederek gerçek nişin modelin tek hedefi olduğunu öne sürerler. Bu amaçla biyotik ilişkileri özetleyen bağımsız değişkenler (ör; bölgedeki diğer türlerin dağılımları) modele dahil ediliirler. Ele alınan bağımsız değişkenler, dispersal yeteneği ve ulaşılabilirlik gibi parametreler ile ilişkili alansal örüntüleri ortaya koyar [58]. Buna rağmen DM türlerin gerçek dağılımlarını tahminlemede ENM'ye göre daha zayıf sonuçlar üretir. Çevresel şartlardaki değişim senaryolarına (ör. İklim değişiklikleri) bağlı tahminleme kaybı, DM zayıf sonuçlar vermesinin temel sebebidir [55].

Gelişmiş Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları ve dijital veritabanı haline getirilmiş çevresel parametrelere ait katmanlar, geniş coğrafi alanları kapsayan çok değişkenli ekolojik niş modelleme tekniklerinin oluşturulmasını sağlar. Bu modeller türlerin coğrafik olarak bir alanda bulunma hipotezlerinin, CBS de oluşturulan konumsal çevresel veri tabanları ile ilişkilendirilmesini sağlar. Yükseklik, eğim, bakı, yağış, sıcaklık, toprak tipi, arazi kullanımı ve özellikle vejetasyon tipi (habitat tipi belirlenmesinde önemlidir) gibi dijital katmanlar ekolojik niş modelleri ile birleştirilebilir.

Türlerin alanda bulunma verileri ile CBS tabanlı ekolojik verilerin birlikte incelenmesiyle oluşturulan ekolojik niş modelleri, türlerin konumsal özelliklerinin bölgesel ölçekte belirlenmesi için güçlü bir araç özelliği taşımaktadır. Bu yöntem sayesinde hangi çevresel faktörlerin belirli türlerin coğrafi dağılımının ortaya

çıkmasında önemli rol oynadığı belirlenebilir. Bu durum çalışma açısından iki avantaj sağlar. İlk olarak popülasyonların değişen çevre koşullarına nasıl tepki verecekleri öngörülebilir. İkinci olaraksa hedef türlerin dağılım alanlarının belirlenmesi sağlanır.

Türlerin ekolojik gereksinimlerinin anlaşılmasındaki anahtar özellik türlerin dağılımlarına etki eden ekolojik koşulların belirlenmesidir. Türlerin çoğu için buldukları alanlar harita üzerinde birkaç noktayla gösterilen konumdan başka bir şey değildir. Türlerin doğa tarihleri, ekolojileri ve davranışsal özellikleri gibi bir çok parametre ekolojik niş modelleri ile ifade edilebilir. Buna örnek olarak yayınlanmış çalışmalar mevcuttur [59, 60, 61, 62]

Daha öncede belirtildiği gibi ENM uygulamaları ekolojik çalışmalarda farklı soruların cevaplanması amacıyla kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarından bazıları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

A. Türlerin ekolojik gereksinimlerinin anlaşılması

Çoğunlukla biyolojik çeşitliliğin bileşenleri detaylı olarak ortaya konamamaktadır. Bu konudaki en önemli basamaklardan biri, türlerin coğrafik dağılımları ile ilişkili temel ekolojik boyutların anlaşılmasıdır. Birçok tür için birkaç coğrafik varlık bilgisi dışında veri bulunmamaktadır. Bu türlerin doğal tarihi, ekolojileri ve davranışları hakkında bilgiler eksiktir; ancak ekolojik niş modelleri kullanılarak bu bilgilerin bir kısmı elde edilebilir. Bu duruma örnek olan birçok çalışma yayınlanmıştır [59, 62, 63]

B. Dağılım, Biyocoğrafya ve Dispersal Bariyerlerinin Anlaşılması

Ekolojik niş modelleri türlerin dağılım potansiyellerini sınırlayan coğrafi özelliklerin belirlenmesinde kullanılan potansiyel tekniklerden biridir. Model uygulamaları göçmen türlerin mevsimsel dalgalanmaları, türlerin etkileşimleri gibi birçok parametrenin açıklanmasında kullanılmıştır [64]

C. Bilinmeyen Popülasyonların ve Türlerin Bulunması

Ekolojik niş modelleri bir türün bilinen popülasyonlarını kullanarak bilinmeyen popülasyonların tahmin edilmesi için bir çalışma çerçevesi sunar. Bazı türler hakkında çok sınırlı bilgiye sahip olunabilir ya da türler tehlike altında bulunabilir. Yeni popülasyonların ortaya çıkartılması türlerin dağılımlarının anlaşılmasında ve koruma

statülerinin belirlenmesinde belirgin bir fark yaratır. Bu durum aynı zamanda iyi bilinen bir türle ilişkili türlerin coğrafik dağılımlarının belirlenmesinde de kullanılabilir [65]

D. Habitat Kayıplarının Etkilerinin Belirlenmesi

Türler genellikle farklı ölçeklerde çevresel faktörlere uyum gösterirler. Geniş ölçekte en iyi şekilde uyum gösterecekleri iklimsel koşulları ararlar, ancak daha küçük ölçeklerde vejetasyon tipi veya toprak tipi önem kazanırken mikro ölçekte besin dağılımı önem kazanır [54]. Araştırmacılar niş modelleri oluştururken büyük ölçeklerde çalışmayı tercih ederler ve sonrasında model tahminlerini hassaslaştırmak için arazi örtüsü gibi ek verileri kullanırlar. Daha küçük ölçeklerde tahminler sunan modeller değişen çevresel parametreler karşısında habitat dağılımı ve arazi örtüsü hakkında geleceğe yönelik öngörülerde bulunulmasını sağlar.

E. Türlerin yeni alanlara taşınması ve yeniden aşılması için uygun alanların belirlenmesi

Türlerin yeni alanlara taşınması ve yeniden aşılması, türlerin alanları istila etmesine benzer süreçlerdir [66]. Türlerin yeni alanlara taşınması, türlerin taşındıkları alanlardaki koşullara uyum sağlayabildiklerinde başarılı olan süreçlerdir. Daha önce yapılmış birçok çalışma türlerin yeni alanlarda başarılı bir şekilde popülasyonlar oluşturabilmesinde etkili olan faktörler üzerinde durmuştur [67, 68, 69]. ENM, türlerin korunma yönetimi açısından, hangi alanlara taşınabilecekleri ve taşındıkları alanlardaki hangi habitatların başarılı popülasyonlar oluşturmaları için uygun olduğunun belirlenmesi için taslak ortaya koyar.

F. İklim Değişikliklerinin Etkilerinin Tahmin Edilmesi

Türlerin ekolojik nişlerinin oldukça sabit kaldığı, değişen koşullarına uyacak şekilde evrimleşmediği göz önüne bulundurulursa, güncel niş modellerinin gelecekteki iklimsel durumun üzerine kullanılması mümkündür. Buna örnek olarak birçok büyük ölçekli iklimsel model çalışmaları yapılmıştır [70]. Bu uygulamalar yüzyıllar boyu değişen dünya iklimine göre türlerin coğrafik dağılımı hakkında önemli öngörüler sunar. Gelecekteki iklimsel koşullara bağlı öngörülerin yanı sıra Pleistosen dönemi coğrafik dağılımların ortaya konması gibi çalışmalarla geçmişe yönelik öngörülerde de bulunulabilir [71, 72]

G. İstilacı türlerin potansiyel zararlarının tahminlenmesi

Ekolojik niş karakterlerinin evrimsel süreçte korunduğu göz önünde bulundurulduğunda, türler istila ettikleri dağılım alanlarında, doğal dağılım alanlarında uyum gösterdikleri aynı ekolojik şartlara uyum gösterme eğilimindedirler. Bu yüzden istilacı türlerin coğrafik potansiyelleri, doğal dağılım alanlarındaki coğrafik ve ekolojik şartlar kullanılarak rahatlıkla tahminlenebilir [73, 74, 75]. Ancak bu çalışmalarda türlerin istilalarının, yalnızca niş karakterleri göz önünde bulundurularak ele almak için karmaşık süreçler olduğu unutulmamalıdır [76].

ENM temeli Joseph Grinnell tarafından ortaya konan ekolojik niş konseptine dayanmaktadır. Grinnell türlerin neden var oldukları alanda bulduklarını ve bulunmadıkları alanda neden var olmadıklarını sorgulamıştır [40]. Çalışmalarını yaparken bilgisayar analizlerinden faydalanmadan türlerin var oldukları alanlar ile var olmadıkları alanlar arasındaki farklılıkları karşılaştırmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) konumsal veri ile çalışan ekoloji gibi birçok bilim dalı için temel bir araç haline almıştır; çünkü coğrafik veri ile çalışılacağı zaman veri yönetimi ve analizi için temel bir araç özelliği oluşturur. Bu nedenle günümüzde yapılan ekolojik niş modellemesi çalışmalarının temel bileşenlerinden biri CBS'dir. Ekolojik niş modellemesi için günümüzde uygulanan çeşitli modelleme teknikleri mevcuttur ve bu teknikler CBS yazılımları ile entegre olarak çalışmaktadır. Bu yöntemler yapılacak olan çalışmanın özelliğine göre çeşitli seçenekler barındırmaktadır [77].

Bu tez çalışması kapsamında farklı ENM yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan modelleme yöntemleri hakkında bilgi aşağıda verilmiştir.

1.3.1 BIOCLIM

BIOCLIM modelleme yönteminin ilk uygulamalarından biri Busby [78] tarafından 1986 yılında "*Nothofagus cunninghamii* (Hook.) Oerst.'in Güneydoğu Avustralya'daki biyojeoiklimsel analizi" başlıklı çalışma ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemin geliştirilmesinde H. A. Nix [79] tarafından geliştirilen kavramlar kullanılmıştır. BIOCLIM modellerinde Nix'in temel varsayımı, türlerin bolluklarının iklimsel parametreler ile belirlendiğidir. Bazı alanlarda iklim potansiyel olarak dağılım üzerine etkili olan temel

bir faktör olabilir. Ancak model sonuçlarının güvenilirliğinin sağlanması için modelde ele alınan türlerin iklimsel faktörlere karşı hassaslığının belirlenmesi gerekir.

Busby tarafından yapılan çalışmada aylık sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak 12 adet iklimsel parametre türetilmiştir. Bu parametreler biyoklimatik parametreler olarak adlandırılırlar (Çizelge 1.3.1.1). Kullanılan aylık iklimsel veriler, ele alınan tür için coğrafi konum ve yüksekliğin bir fonksiyonudur. Türetilen bu iklimsel parametreler türlerin iklimsel tercihlerine ait ortalama, mevsimsel ve ekstrem değerleri ifade eden değerlerdir. Her bir parametre için modelleme sırasında türün kayıt edildiği noktalara ait değerler, minimum, %5, %95 ve maximum olacak şekilde sayısallaştırılmıştır. Bu değerler kullanılarak ele alınan tür için bir iklim profili oluşturur.

Çizelge 1.3.1.1 BioClim modeli ile üretilen biyoklimatik parametreler

Yıllık Ortalama Sıcaklık

En Soğuk Ayın Ortalama Minimum Sıcaklığı

En Sıcak Ayın Ortalama Maksimum Sıcaklığı

Yıllık Sıcaklık Aralığı (Maksimum - Minimum)

En Yağışlı Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı

En Kuru Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı

Yıllık Ortalama Yağış

En Yağışlı Ayın Yağışı

En Kuru Ayın Yağışı

Yağış Aralığı (En Yağışlı Ay - En Kuru Ay)

En yağışlı Çeyreğin Yağışı

En Kuru Çeyreğin Yağışı

BIOCLIM modelleri sonucunda elde edilen tahmini dağılım, ele alınan tür için oluşturulan iklimsel profil ile modelleme uygulamasının yapıldığı alandaki iklimsel parametreler arasındaki benzerliklere dayanır [80].

Herbir noktaya ait iklimsel parametreler iklim profili ile karşılaştırılarak o noktanın ele alınan tür için iklimsel olarak uygun olup olmadığı belirlenir. Eğer o noktaya ait iklimsel parametrelerin tamamı iklimsel profilin %5 ile %95 değerlerinin arasında ise o

nokta iklimsel olarak tür için uygun bir alandır. Eğer parametrelerden bir yada daha fazlası aynı aralığın dışında, ancak minimum – maksimum aralığı içerisinde kalırsa ekstrem olarak değerlendirilir. Herhangi bir parametre minimum – maksimum aralığı dışında kalırsa o nokta iklimsel olarak tür için uygun değildir [81].

Biyoklimatik modeller türlerin iklimsel değişikliklere nasıl tepki verdiklerinin hesaplanması amacıyla kullanılmaktadır. Bu alandaki ilk model uygulamalarından biri olan BIOCLIM türlerin bilinen dağılım alanı içerisinde iklimsel parametreleri özetleyerek, türler için habitat uygunluklarını hesaplar [82].

BIOCLIM üç amaç için kullanılabilir;

1. Türlerin kayıt edildiği habitatların iklimsel faktörlerinin tanımlanması
2. Türlerin bulunabileceği habitatların belirlenmesi
3. Türlerin farklı iklimsel koşullarda bulunabileceği habitatların belirlenmesi

1.3.2 GARP (The Genetic Algorithm for Rule-set Production)

GARP modelleme yöntemi bitki ve hayvan türlerinin dağılımlarını tahminlemek için kullanılan konumsal bir analiz yöntemidir. İlk uygulaması 1994 yılında " Environmental Resources Information Network" adlı bilimsel toplantıda Boston ve Stockwell [81] tarafından gerçekleştirilmiştir.

GARP modelleri türlerin dağılımlarının tahminlenmesi için genetik algoritmalar kullanır. Kullanılan bu genetik algoritmalar 1975 yılında Holland [83] tarafından geliştirilmiştir.

GARP ile geliştirilen modeller bir kural setinden, başka bir deyişle ilişkiler setinden oluşur. GARP modellerinin altyapısı istatistiksel olarak regresyon modellerine dayanır. Ancak bu yöntemde kullanılan kurallar, regresyon modellerinden farklılık gösterirler. Aynı temele dayanıyor olsalar da GARP'ın uyguladığı kuralların önkoşulları vardır. Eğer analiz edilen alan bu önkoşullara uymuyor ise, kural o alan için geçersizdir. GARP modellerinin regresyon modellerinden bir diğer farkı ise uygulama yönteminin çok daha karmaşık olmasıdır. GARP modellerinde uygulanan kurallardan hangilerinin geçerli olacağını belirlemek gerekir. Modelde kullanılan her kural birbirinden farklı

olmakla birlikte bütün kurallar, istatistiksel anlamlılık ve tahminleme kesinliği kriterine göre değerlendirilir.

GARP kendi içerisinde yer alan kuralları, türlerin noktasal dağılım verileri ile türlerin hayatta kalmasını belirleyen çevresel parametrelerden oluşan raster verilerine uygulayarak türler için dağılım tahminleri yapar [84].

Ekolojide en çok karşılaşılan örneklem biyası durumu, türler için yalnızca varlık verilerinin kullanıldığı durumlardır. Örneğin birçok müze veritabanında örneklerin toplandığı noktalara ait veri bulunurken varolmadıkları alanlara ait bir veri bulunmamaktadır. Modelleme süreçleri açısından bu bir dezavantaj oluşurmaktadır. GARP modelleme yöntemi bu soruna bir çözüm getirmiştir. Model tarafından arkaplan verisi olarak tanımlanan, modelleme için kullanılan coğrafik alandan rastgele seçilmiş noktalardan oluşan sahte yokluk verisi oluşturulur. Böylelikle son veri seti modele bizim girdiğimiz varlık verileri ve arkaplan verisinden oluşur. Bazı türler için yokluk verisi coğrafik olarak bilinebilir. Bu durumlarda arkaplan verisi kullanımına gerek yoktur [85].

GARP modelleme yönteminin çalışma prensibi ve kullandığı genetik algoritmalar Stockwell tarafından detaylı olarak tanımlanmıştır [84].

Genetik algoritmaların terminolojisine göre her kural bir populusyonun üyesidir. Populusyonun (P) bileşimi her bir jenerasyon zamanında değişir (t). $P(t+1)$ populusyonunun bireyleri P(t) populusyonun bireyleri arasından rastgele olarak seçilir.

GARP modelleme yönteminde kullanılan genetik algoritmaların modeldeki iş akış sırası aşağıdaki gibidir;

1. Populusyon yapılarını başlat
2. Veriden rastgele bir altküme seç
3. şu andaki populusyonun hesaplamalarını yap
4. En iyi kural setini kaydet
5. Kaydettiğin kural setini ve rastgele retkenleri kullanarak yeni bir populusyon seç

6. Keşifsel işlemleri popülasyona uygula

7. 2 numaraya git

Genetik algoritma, maksimum jenerasyon sayısına ulaşıldığında, yada bir kuralın değişkenliği sabit bir oranın altına düştüğü zaman durur. İstatistiksel olarak anlamlı olan kurallar seti model çıktısını oluşturur.

Modellemede kullanılan her kural, türlerin dağılımlarının tahminlenmesi için farklı bir method sunar. Günümüzde uygulanan dört temel kural tipi vardır; biyoklimatik kural, atomik, lojistik regresyon, alan kuralı [86].

Biyoklimatik Kural: Biyoklimatik kural iklimsel zarf kuralı olarak da adlandırılır ve türlerin dağılımlarını, çevresel faktörlere karşı toleranslarına göre tahmin eder. Tüm değişkenlerin aralıklarının kesiştiği sayısal aralık iklimsel zarf yada profil olarak tanımlanır. Bu profil her bir parametre için sabit bir yüzde değerleri içerir ve bu değerlere göre iklimin uygun olduğu coğrafik alanlar tahminlenir.

**IF TANN=(23,29)degC AND RANN=(609,1420)mm AND GEO=(6,244)c THEN
SP=PRESENT**

Yukarıda verilen örnek Biyoklimatik kuralın modelde nasıl çalıştığını göstermektedir. Bu algoritma sözlü olarak ifade edildiğinde, yıllık sıcaklık (TANN) 23 ile 29 derece arasında, yıllık yağış (RANN) 609 ile 1420 mm arasında ise ve jeoloji kategorisi (GEO) 6 ile 244 arasında ise türün var olduğunu tahmin et, şeklinde açıklanır.

Atomik Kural: Atomik kural, ele alınan kategoriler içerisindeki iki değişkenin kesişme noktasıdır. Aşağıda bu kurala örnek bir algoritma verilmiştir;

IF GEO=128c AND TMNEL=300masl THEN SP=ABSENT

Bu algoritmaya göre eğer jeoloji (GEO) değişkeninin değeri 128'e eşit ve yükseklik (TMNEL) değeri deniz seviyesinden 300 metreden daha yüksek ise o noktanın tür için uygun olmadığı tahmin edilir.

Logit Kuralı:Logit kuralı lojistik regresyon modellerinin kurallara uyarlanmış halidir. Lojistik regresyon, çıktısı bir olasılık değerine dönüştürülmüş regresyon denklemdir. Lojistik regresyon sonuç olasılığını aşağıdaki denkleme göre hesaplar;

$$p=1/(1+e^{-y})$$

Bu denklemde p olasılık değerini temsil ederken, y kuralda kullanılan algoritmadan elde edilen toplam bir değerdir. Hesaplanan p değeri, kuralın değerleri çekilen noktaya uygulanıp uygulanmayacağını belirler.

Alan Kuralı: Alan kuralı biyoklimatik kuralın genelleştirilmiş halidir. Bu kuralda bazı değişkenler ilişkisiz olarak ele alınır ve tüm değişkenler hesaplama dahil edilmeyebilir

Türler için olası dağılım haritalarının oluşturulması, ele alınan veri yükü açısından zorlu bir süreçtir. Modelin çalıştırılması için gerekli veritabanlarının oluşturulması zaman alan detaylı bir süreçtir. GARP modelleme sistemleri CBS ile entegre olarak çalışabilen ilk sistemlerdendir. Bu özellik çevresel parametrelere ait veritabanlarının oluşturulmasında ve kullanılmasında önemli bir avantaj sağlamıştır.

1.3.3 MAXENT (Maksimum Entropi)

Bilinmeyen bir olasılık dağılımı tahminlenmeye çalışıldığında, yapılan tahminlerden hangisinin en iyisi olduğu sorusu ortaya çıkar. Bu sorunun cevabı E.T. Jaynes [87] tarafından verilmiştir. Gerçekleştirilen tahmin, bilmediğimiz olasılık dağılımına etki eden tüm kısıtlamaları kapsmalıdır ve bu kısıtlamalara bağlı olarak bu dağılım maksimum entropiye sahip olmalıdır. Bu tanım maksimum entropi prensibi olarak bilinir.

Maksimum entropi prensibini kullanan MAXENT yazılımı 2004 yılında "Türlerin dağılım modellerine maksimum entropi yaklaşımı" başlıklı çalışma ile S.J. Philips ve arkadaşları tarafından [88] ilk defa duyurulmuştur.

MAXENT genellemeye dayanan ve esnek bir istatistiksel yöntem olması nedeniyle biyolojinin birçok alanında uygulanabilir bir yöntemdir. MAXENT hedef organizma hakkında eksik veri bulunduğu durumlarda tahmin yapma ve sonuç çıkarmak için kullanılabilen bir metottur. Kullanıcılara sadece türlere ait varlık verisi ile modelleme

yapabilme özelliği sunduğundan son yıllarda ekolojik çalışmalarda en çok kullanılan yöntemlerden biri olmuştur. MAXENT'in temel çalışma prensibi maksimum entropi dağılımının olasılığını bularak hedef organizmanın dağılımını hesaplamaktır. Çalışma alanına ait çevresel parametrelerin piksel değerleri MAXENT'in olasılık dağılımını oluşturur. Bu piksel değerleri her biri farklı katmanlarda olacak şekilde örnekleme noktalarında türlerin varlık kayıtları, iklimsel değişkenler, yükseklik, toprak tipi, vejetasyon gibi çeşitli parametreleri içerir [88].

Bu modelleme yönteminin kullanımındaki avantajlar aşağıdaki gibidir;

- Sadece türlerin noktasal bulunma verileri ile tüm çalışma alanını kapsayan çevresel parametrelere ait veriler model oluşturmak için yeterlidir.
- Kesiksiz ve kategorik veri tipleri ile çalışabilir ve farklı değişkenleri ilişkilendirebilir.
- MAXENT olasılık dağılımının temel bir matematiksel tanımı vardır. Bu yüzden çeşitli analizlere yatkındır. Örneğin değişkenler arasında etkileşimin olmadığı durumlarda model her bir çevresel parametrenin uygunluğunu belirleyebilir.
- MAXENT çalışmalarda ayırımcıdan çok genelleyci bir yaklaşım sunar. Bu özellik çalışılacak veri sınırlı olduğu zaman avantajlı bir durumdur.
- Maksimum entropi modelleme yöntemi istatistik, otomatik öğrenme ve arazi çalışmalarının tümüne uygulanabilecek bir araştırma yöntemidir.

1.4 İklim Senaryoları

Tez çalışması kapsamında Ekolojik Niş Modelleri oluşturulurken Son Buzullararası Dönem, Son Buzul Maksimumu ve gelecek iklim senaryolarına ait veriler kullanılmıştır. ENM sırasında kullanılan bu senaryolara ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

1.4.1 Son Buzullararası Dönem (120 – 140 Byö) İklim Senaryoları

Tez çalışması kapsamında ENM için kullanılan SBD'e ait iklim verileri Otto-Bliesner tarafından 2006 [89] yılında yapılan çalışma ile oluşturulmuştur. Bu çalışmada küresel iklim modeli, dinamik buz tabakası modeli ve paleoklimsel veriler kullanarak son buzullararası dönem sırasında Kuzey yarımkürede gerçekleşen ısınma ve bunun buzullar üzerindeki etkileri hesaplanmıştır.

Son buzullar arası dönem 20. yüzyıl ve geç Holosen dönemine göre kuzey kutbunun yaz sıcaklarını yaşadığı son zaman dilimidir. Kullanılan modellerin Kuzey kutbunda gerçekleşen bu büyük ılık iklim değişikliğini güvenilir şekilde yeniden oluşturması gerekir. Bu amaçla çalışmada SBD iklim simülasyonu için okyanus - atmosfer - denizbuzu bileşenleri bulunan birleştirilmiş CCSM modeli ve üç boyutlu buz tabakası, buz ve ısı akışı simülasyonu birarada kullanılmıştır.

1.4.2 Son Buzul Maksimumu (21 Byö) İklim Senaryoları

Okyanus termohalin dolaşımı dünyadaki ısı transferi ve karbon döngüsü için çok önemlidir. Kuzey Atlantik Okyanus döngüsünün güç ve yapısının SBM'na ait simülasyonu ile bu döneme ait iklimsel veriler türetilmiştir [90].

SBM'na ait modelleme çalışmaları Atlantik okyanus döngüsünde geniş kapsamlı farklılıklar ortaya koymuştur. Çeşitli değişkenler ve sınır koşulları yüzünden bu farklılıkların yorumlanması zor süreçlerdir [91, 92, 93, 94]. "Paleoclimate Modeling Intercomparison Project" (PMIP2) isimli bir uluslararası proje ile bu değişkenler ve sınır koşulları için standartlar ortaya konmuştur [95]. PMIP2 kapsamında Kuzey Atlantik Okyanus döngüsü modelleri SBM için üç sınıfa ayrılırlar. Daha sık ve zayıf bir döngü öngören CCSM (The Community Climate System Model) modeli, anlamlı bir değişim öngörmeyen HadCM modeli ve daha derin ve kuvvetli bir akıntı öngören MIROC (Model for Interdisciplinary Research on Climate), ECBilt modelleri.

Tez çalışması kapsamında SBM iklim verilerinden CCSM3 ve MIROC modellerinden türetilen veriler kullanılmıştır.

CCSM3, CCSM modelinin üçüncü versiyonudur. Atmosfer, okyanus, deniz buzu, kara yüzeyi gibi bileşenleri bulunan birleştirilmiş bir iklim modelidir. CCSM3 farklı konumsal çözünürlüklerde gerçekçi iklimsel simülasyonlar üretmek üzere dizayn edilmiştir. Böylece kıtasal ölçekte dinamiklerin, değişkenliğin ve iklimsel değişikliklerin ortaya konması sağlanmıştır. Bu iklim modeli 2004 yılında kullanılmaya başlanmıştır. CCSM geçmiş, günümüz ve gelecek için simülasyonlar sunan bir sistemdir [96].

MIROC iklim modeli 2004 yılında duyurulan bir modeldir [97]. Bu model atmosfer - okyanus genel dolaşım modelidir. Bu modelde CCSM3 modeline benzer şekilde okyanus ve atmosfer bileşenleri içerir. Yüksek ve düşük çözünürlüklü veriler

sunabilen bu model ile dar kapsamlı lokal analizler ve küresel ölçekde analizler gerçekleştirilebilir [98].

1.4.3 Gelecek İklim Senaryoları

Gelecek iklim senaryoları Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) adlı kuruluş tarafından üretilen senaryolardır. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change = Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli), Birleşmiş Milletler'in iki örgütü "World Meteorological Organization" (WMO) ve "United Nations Environment Programme" (UNEP) tarafından 1988 yılında kurulmuştur. IPCC iklim değişiklikleri ve bunların etkileri üzerine araştırma yapan bir kuruluş değildir. Kuruluşun amacı iklim değişiklikleri hakkında özel raporlar hazırlamaktır [99]. Bu raporlar bilimsel literatürde yayınlanmış çalışmalar değerlendirilerek hazırlanır [100]. IPCC tarafından 2007 yılında hazırlanan emisyon senaryoları raporunda modelleme çalışmalarında kullanılmak üzere oluşturulmuş iklim senaryoları duyurulmuştur [101]. Bu raporda duyurulan gelecek iklim senaryoları ve bunlar hakkında bilgiler aşağıda verilmiştir.

Geleceğe ait sera gazı emisyonları çok karmaşık dinamik sistemlerin ürünüdür. Bu sistemlere genel olarak bakıldığında, demografik gelişme, sosyo ekonomik gelişme ve teknolojik değişim gibi itici güçlerden etkilenirler. Bu değişkenlerin geleceğe yönelik değerlendirmeleri oldukça belirsizdir. İklim senaryoları bu belirsiz geleceğe ait farklı alternatifleri ortaya koyan projeksiyonlardır. Bu senaryolar sayesinde itici güçlerin gelecekte sera gazı emisyonlarını nasıl etkileyebilecekleri hesaplanabilir.

Gelecek projeksiyonları oluşturmak amacıyla dört farklı tema geliştirilmiştir. Geliştirilen bu temalar karbon emisyonlarının itici güçleri ve bunların gelişimleri ile uyumlu olacak şekilde geliştirilmişlerdir. Herbiri farklı demografik, sosyal, ekonomik, teknolojik ve çevresel gelişimi temsil ederler. Bu değişkenlerin bazılarının olumlu etkileri olurken bazılarının olumsuz etkileri olmaktadır.

2100 yılında dünyamız tahminlenmesi zor bir şekilde değişmiş olacaktır. 19. yüzyıldan günümüze kadar geçen 100 yıllık süreçteki değişimler düşünüldüğünde, önümüzdeki 100 yıl içerisindeki değişimler çok daha dramatik olacaktır. Oluşturulan her bir tema bir senaryo ailesi olarak adlandırılır. Herbir senaryo ailesi geleceğe yönelik belirgin şekilde farklı değişiklikler öngörmektedir. Hepsi birarada değerlendirildiğinde itici

güçlerin geleceğine dair belirsizlikleri önemli bir oranda açıklamaktadırlar. Herbiri geleceğe dair geniş kapsamlı anahtar özellikleri içermektedirler (demografik değişiklikler, ekonomik gelişim, teknolojik değişim vb.). Bu yüzden bunların uygunlukları ve gerçekleşebilme olasılıkları yalnızca günümüzün ekonomik, teknolojik ve sosyal eğilimleri ile değerlendirilmemelidir.

A1 senaryo ailesi çok hızlı ekonomik büyümenin gerçekleştiği, küresel olarak insan popülasyonunun 1950 de en yüksek değerine ulaştığı ve daha sonra azaldığı, yeni ve verimli teknolojilerin hızlı bir şekilde ortaya çıktığı bir gelecek tanımlamaktadır. Bu senaryo ailesinin öngörülleri dünyada bölgesel olarak yakınlık, artmış kültürel ve ekonomik etkileşimler ve bölgeler arasında kişi başına düşen gelirden belirgin şekilde azalan farklılıktır. A1 senaryo ailesi enerji sistemleri teknolojilerinde alternatif yönleri tanımlayan üç ana alt gruba ayrılır. A1F grubu yoğun şekilde fosil yakıt kullanımını öngören gruptur. A1T grubu fosil kaynaklı olmayan yakıtlara yönelimi öngörürken A1B grubu bütün enerji kaynaklarının dengeli bir şekilde kullanıldığını öngörür.

A2 senaryo ailesi oldukça heterojen bir dünya öngörmektedir. Bu senaryo ailesinin öngörülleri kendi kendine yetebilen toplumlar ve yerel kimliklerin korunduğu bir gelecektir. Dünyanın farklı bölgelerindeki insan popülasyonlarının üreme örüntüleri birbirinden farklıdır ve bu yerel kimliklerin devamlılığını sağlar. Ekonomik gelişme bölgesel olarak değişmektedir. Kişi başına düşen gelir ve teknolojik değişim dünya çapında farklıdır ve diğer senaryo ailelerine göre daha yavaş gelişmektedir.

B1 senaryo ailesi A1 senaryo ailesinde olduğu gibi 1950 yılında en yüksek değerine ulaşan ve sonrasında azalmaya başlayan insan popülasyon büyüklüğü öngörmektedir. Bu senaryo ailesinde dünya çapında itici güçlerin birbirine yakın olduğu bir gelecek öngörmektedir. Ekonomik yapıda belirli servislere ve bilgi ekonomisine yönelen hızlı bir değişim öngörürken, materyal yoğunluğunda azalma ve temiz ve kaynak verimli teknolojilerin ortaya çıktığını varsayar. Bu senaryo ailesinin ana vurgusu ekonomik, sosyal ve sürdürülebilir çevre konularına küresel çözümler üretilmesi üzerinedir.

B2 senaryo ailesi ekonomik, sosyal ve sürdürülebilir çevre konularında lokal çözümlerin uygulandığı bir dünya öngörmektedir. A2 senaryo ailesine göre daha

yavaş ve sürekli artan insan popülasyonları öngörür. Ekonomik gelişme orta seviyelerdedir. B1 ve A1 senaryolarına göre daha yavaş ve değişken teknolojik gelişme vardır. Çevre koruma ve sosyal eşitlik konularına lokal olarak odaklanır.

Herhangi bir analizde kullanıldığında bu gelecek senaryolarının farklı varsayımlar içerdiği unutulmamalıdır. Bu yüzden analizlerde birden fazla senaryo birlikte değerlendirilmelidir. Ayrıca bu senaryoların hiçbirinin en iyi yada merkezi senaryolar olmadığı unutulmamalıdır.

Bu dört ana senaryonun alt senaryo birimleri de bulunmaktadır. Tez çalışması kapsamında A1b, A2a ve B2a senaryoları kullanılmıştır;

A1b

- Belirli bir enerji kaynağına yoğunlaşmamış dengeli olarak tüm kaynakların kullanımı
- Enerji kaynakları ve teknolojik gelişim hızlarının aynı oranda gelişimi

A2a

- Yüksek oranda heterojen ve bölgesel ekonomilerin var olduğu bir dünya
- Yüksek popülasyon büyüme hızı
- Enerji kullanımında artış
- Arazi kullanımında değişiklikler ve yavaş teknolojik gelişme

B2a

- Lokal olarak gelişen fakat çevre koruma ve sosyal eşitlikte gelişim
- A2a senaryosuna göre daha düşük popülasyon artışı
- A2a senaryosuna göre arazi kullanımında daha az değişiklik ve daha hızlı teknolojik gelişme

1.5 Yöntem

1.5.1 Arazi Çalışmaları

Ön arazi çalışmaları için 2007 yılında *I. rizeensis*'in bilinen dağılım alanı olan Rize İli Çamlıhemşin ilçesindeki Fırtına Vadisi'nde yapılmıştır. Daha sonra 2010 - 2012 yılları arasında *I. rizeensis*'in erginlerinin gözlemlenebildiği Haziran ve Ağustos ayları arasında detaylı arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Örnekleme alanı türün bilinen dağılım alanı olarak bilinen Fırtına Vadisi ve Doğu - Batı yönlerinde bu vadiye paralel vadiler seçilmiştir. Örnekleme yapılan alanlar Şekil 1.5.1.1'de hazırlanan haritada gösterilmektedir.

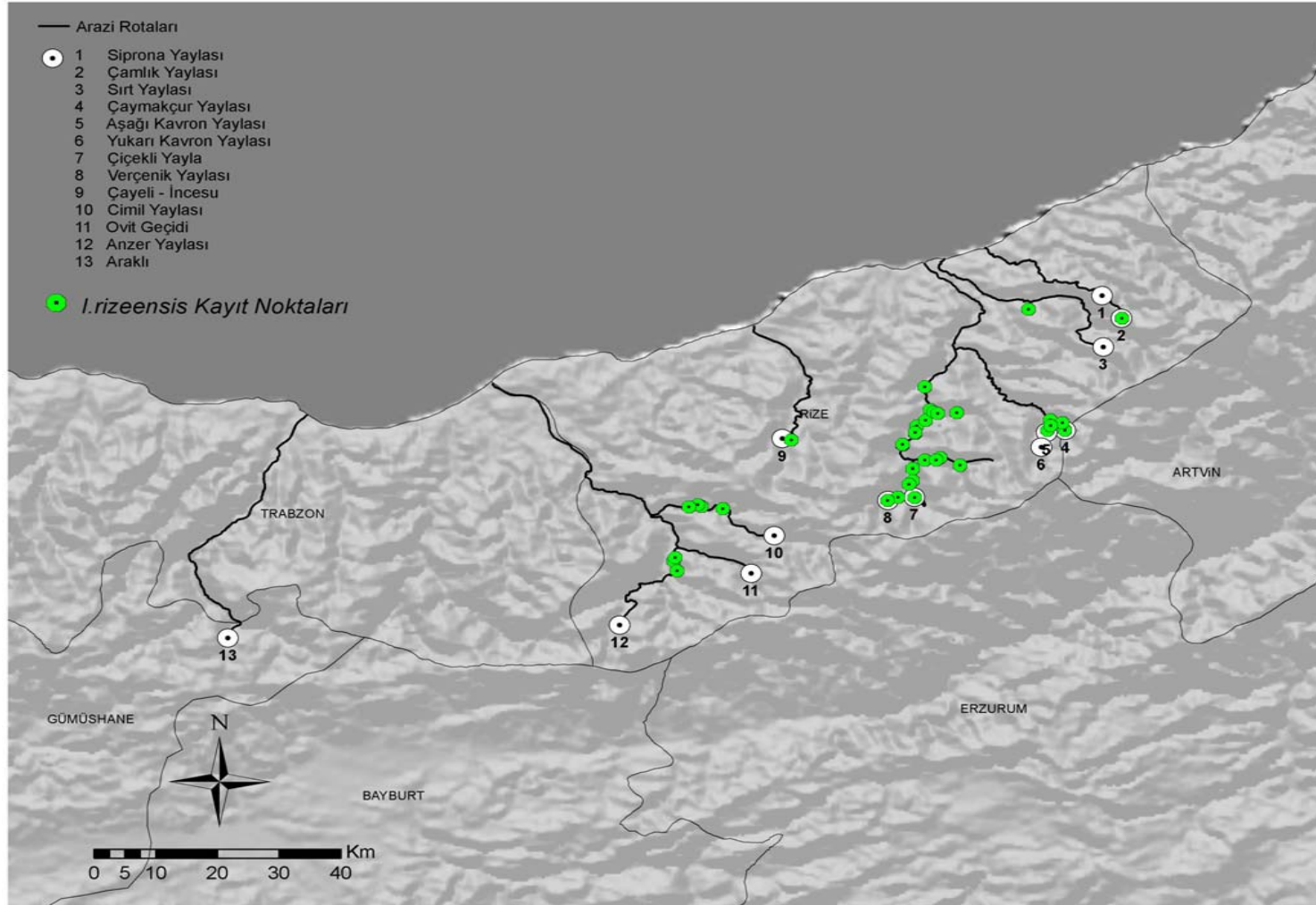
Arazi çalışmaları sırasında model uygulamalarında kullanılmak üzere, türün örneklendiği lokalitelerin koordinatları kayıt edilmiştir. Toplam 36 farklı noktada tür kayıt edilmiş ve model uygulamalarında varlık verisi olarak bu 36 lokalite kullanılmıştır. Bu lokalitelerin konumları Şekil 1.5.1.1 de verilmiştir. Türün kayıt edildiği lokalitelerin koordinatları, arazi çalışmasının tarihi ve arazi çalışmasının gerçekleştirildiği rotalar da Çizelge 1.5.1.1 'de verilmiştir.

Türün varlık noktalarının tespiti dışında 2012 yılında yapılan arazi çalışması sırasında, daha önceki verilere dayanılarak oluşturulan ön model sonuçları alanda sınanmıştır. Bu sınamaların uygun bir şekilde gerçekleştirilmesi için Ekolojik Niş Modellemesi sonuçları sayısal harita olarak bilgisayara yüklenmiş ve GPS cihazıyla rota takibi yoluyla modellerde türün varlığı için yüksek uygunluğa (0.5 ve üzeri olasılık) ve düşük olasılığa (0.3 ve altı olasılık) sahip alanlara GPS rota takibi ile gidilmiştir. Fırtına Vadisi dışında seçilen alanlar *Isophya rizeensis* 'in daha önce kayıt edilmediği alanlardır. Çayeli - İncesu rotasında (Şekil 1.5.1.1' de 9) yapılan çalışmada yüksek olasılık ile türün varlığı için uygun alanda örnekleme yapılmış ve tür bulunmuştur. Trabzon Araklı rotasında (Şekil 1.5.1.1'de 13) yapılan çalışmada ise model türün varlığı için uygun alan olasılıklarını düşük vermiştir ve yapılan örneklemelemlerde türe rastlanmamıştır.

Çizelge 1.5.1.1 Arazi çalışmaları ve yapılan örnekleme noktalarına ilişkin ayrıntılar(Enlem, Boylam, Yükseklik sütunları boş olan tarihlere alanda örnek bulunamamıştır)

Tarih	Yer	Örnekleme Noktaları		
		Enlem	Boylam	Yükseklik (m)
22 /07 /2007	Fırtına Vadisi	40.927780	40.963276	760
		40.918158	40.950144	895
		40.905597	40.947978	900
		40.887958	40.9297144	1045
23 /07 /2010	Cimil Yavlası			
24 /07 /2010	Çaymakçur - Yukarı	40.923624	41.162231	1830
	Kavron Yaylaları	40.910954	41.165788	2030
25 /07 /2010	Aşağı Kavron - Çiçekli Yaylaları	40.911364	41.140608	1895
		40.828833	40.944616	1585
		40.817619	40.945025	1835
		40.813094	40.946231	1822
		40.800835	40.947125	2400
27 /07 /2010	Siprona - Camlık	41.094762	41.247822	2040
01 /06 /2011	Fırtına Vadisi	-	-	-
02 /06 /2011	Cimil Yavlası - Ovit	-	-	-
03 /06 /2011	Vercenik Yavlası	-	-	-
09 /07 /2011	Fırtına Vadisi	40.985602	40.964578	500
		40.940538	40.968132	665
		40.862370	40.962325	1400
10 /07 /2011	Vercenik - Cicekli	40.848957	40.944133	1413
11 /07 /2011	Kavron - Çaymakçur	40.928089	41.144617	1611
	Yaylaları	40.924314	41.161699	1810

12 /07 /2011	Siprona Yavlası	-	-	-
13 /07 /2011	Sırt Yavlası	-	-	-
		40,785549	40,618547	965
		40,789029	40,631259	957
14 /07 /2011	Anzer - Cimil Yaylaları	40,783383	40,638382	1044
		40,782753	40,668225	1220
		40,697260	40,596138	1110
		40,680902	40,601705	1200
14 /08 /2011	Fırtına Vadisi	40,853916	41,013266	1905
		40,866309	40,984423	1634
		40,862294	40,978713	1386
15 /08 /2011	Çiçekli Yayla	40,822722	40,939100	1640
		40,799816	40,921732	1930
		40,796266	40,908149	2030
16 /08 /2011	Kavron Yavlası	40,918866	41,145116	1790
17 /08 /2011	Sırt Yavlası	-	-	-
18 /08 /2011	Anzer - Cimil Yaylaları	40,702538	40,598814	957
29 /06 /2012	Fırtına Vadisi	40,941068	40,975141	710
		40,938933	40,980889	729
01 /07 /2012	Caveli - İncesu	40,895500	40,767397	864
02 /07 /2012	Sırt Yavlası	41,109693	41,112799	920
03 /07 /2012	Araklı	-	-	-



Şekil 1.5.1.1 Arazi çalışmalarının gerçekleştirildiği alanlar ve örnekleme noktaları

1.5.2 Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışmaları

1.5.2.1 ENM' de Kullanılacak Veri Setlerinin Elde Edilmesi

Tez çalışmasında farklı zaman dilimlerine ait ekolojik niş modellerinin oluşturulması için arazi çalışmalarından elde edilen *I.rizeensis*'e ait varlık verileri ve Biyoklimatik parametreler kullanılmıştır. Biyoklimatik veriler biyolojik olarak daha anlamlı değişkenler oluşturmak için türetilmiştir. Bu değişkenler yıllık trendleri (yıllık ortalama yağış, yıllık ortalama sıcaklık vb.), mevsimselliği (ör; sıcaklık ve yağıştaki yıllık dalgalanma) ve ekstrem ya da sınırlayıcı çevresel faktörleri (en soğuk ve en sıcak ayın sıcaklığı, yağışlı ve kurak çeyreğin yağış miktarı vb.) temsil ederler. Tez çalışması kapsamında tüm zaman dilimleri için kullanılan 19 biyoklimatik parametre Çizelge 1.5.2.1.1 de verilmiştir.

Tez çalışmasının model organizması *I. rizeensis*'in bilinen dağılım alanı çok dar bir coğrafyayı kapsamaktadır. Bu nedenle arazi çalışmaları sırasında gerçekleştirilen örneklemlerden elde edilen varlık noktalarının birbirlerine olan uzaklığı azdır. ENM yöntemlerinden en iyi sonucu alabilmek amacıyla analizlerde kullanılan parametreler mümkün olan en yüksek çözünürlükte elde edilmiştir. Elde edilen bütün veri setleri ondalık derece koordinat sisteminde ve WGS84 harita datumundadır. Ayrıca elde edilen tüm veriler alansal olarak tüm dünyayı kapsamaktadır.

Günümüze ait 1 km² çözünürlüklü biyoklimatik parametreler WorldClim [102] veritabanından elde edilmiştir. Bu veri setleri dünyadaki iklim istasyonlarının ortalama aylık iklimsel verilerinin interpolasyonu ile oluşturulan verilerdir [103]. Bu veri setlerinde aylık toplam yağış, ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık ve bu verilerden türetilmiş 19 biyoklimatik veri bulunur.

Son Buzullararası Döneme ait veriler yine 1 km² çözünürlüklü olarak WorldClim [104] veritabanından elde edilmiştir. Bu veriler Otto-Bliesner et. Al [89] tarafından yapılan çalışma sonucunda üretilmiştir.

Çizelge 1.5.2.1.1 Biyoklimatik parametreler ve tanımları

Biyoklimatik Parametre	Açıklaması
BIO1	Yıllık ortalama sıcaklık
BIO2	Ortalama diurnal aralık (Aylık ortalama (maksimum– minimum sıcaklık))
BIO3	Isothermality (P2/P7) (* 100) (Yıllık ortalama sıcaklık/aylık sıcaklık aralığı)
BIO4	Mevsimsel sıcaklık (standard sapma *100)
BIO5	En sıcak ayın maksimum sıcaklığı
BIO6	En soğuk ayın minimum sıcaklığı
BIO7	Yıllık ortalama sıcaklık aralığı
BIO8	En yağışlı çeyreğin ortalama sıcaklığı
BIO9	En kurak çeyreğin ortalama sıcaklığı
BIO10	En sıcak çeyreğin ortalama sıcaklığı
BIO11	En soğuk çeyreğin ortalama sıcaklığı
BIO12	Yıllık ortalama yağış
BIO13	En yağışlı ayın yağışı
BIO14	En kurak ayın yağışı
BIO15	Mevsimsel yağış
BIO16	En yağışlı çeyreğin yağışı
BIO17	En kurak çeyreğin yağışı
BIO18	En sıcak çeyreğin yağışı
BIO19	En soğuk çeyreğin yağışı

Son Buzul Maksimumu dönemine ait WorldClim veritabanında bulunan iki farklı veri seti kullanılmıştır [104]. Bu veri setleri “Community Climate System Model”, sürüm 3 (CCSM) [96] ve “Model for Interdisciplinary Research on Climate”, sürüm 3.2 (MIROC)’dır [97]. Her iki model için de mevcut en yüksek çözünürlük 4 km² olduğundan veriler bu çözünürlükte elde edilmiştir. WorldClim veritabanında bulunan bu iki model “Paleoclimate Modelling Intercomparison Project Phase II” (PMIP2) [90] projesinin verileri kullanarak hazırlanmıştır.

Tez çalışması kapsamında kullanılan gelecek iklim senaryolarına ait veriler “Climate Change , Agriculture and Food Security” (CAAFS) kuruluşunun iklim veritabanından

[104] elde edilmiştir. Bu veritabanından 2020, 2050 ve 2080 yıllarına ait IPCC4 [100] tarafından duyurulan A1b, A2a ve B2a emisyon iklim senaryolarına ait veriler 1 km² çözünürlükte elde edilmiştir. Bu veriler WorldClim veritabanında bulunan günümüz verileri temel alınarak CCAFS tarafından türetilmiştir.

ENM yöntemleri uygulanırken biyoklimatik parametreler kullanılmıştır; ancak daha önce de belirtildiği gibi vejetasyon iklim dışında türün dağılımını etkileyen önemli bir parametredir. Bu çalışma da model organizma olarak kullanılan *I.rizeensis* vejetasyon bağımlılığı yüksek olan bir türdür. Vejetasyon bu tür için ENM açısından önemli iken, modelde kullanılacak biyoklimatik parametrelerle aynı teknik özelliklere sahip (Çözünürlük, analiz alanı, uygun sınıflandırma vs.) vejetasyon veri setleri ne yazık ki ülkemiz için mevcut değildir. Mevcut vejetasyon verileri ancak çok kaba sınıflandırma ve düşük çözünürlük değerlerine sahiptir. Bu durum vejetasyonun değerlendirilememesi gibi bir dezavantajı ortaya çıkarmaktadır. Bu sorunu aşmak için çalışma kapsamında farklı bir yaklaşım izlenerek vejetasyonun bağımsız olarak modellenmesine karar verilmiştir. Vejetasyon modeli oluşturmak için *I. rizeensis*'in yer aldığı habitatlarda bulunan bitki türleri bir arada değerlendirilmiş ve bitki komünitesi modellenmiştir. Daha önce yapılan bir çalışmada [29] *I. rizeensis*'in örneklediği Fırtına Vadisi'nin, farklı yüksekliklerdeki 13 habitat için bitki tür kompozisyonları belirlenmiştir. Vejetasyon modellerinin oluşturulması için bu habitatlarda bulunan 10 farklı familyaya ait 15 bitki türü seçilmiştir. Seçilen türler yapısal olarak otsu, çalı ve ağaç olarak farklılıklar göstermektedir. Modelin uygulanabilmesi için bu türlere ait koordinat verilerine ihtiyaç duyulmuştur. Hacettepe Üniversitesi Herbarium'unda (HUB) yapılan çalışma ile bu 15 türe ait bütün kayıtlar çıkarılmıştır. Ancak herbarium kayıtları koordinat içermemektedir. Bu nedenle çıkartılan bütün kayıtlar için verilen lokasyon verilerinden faydalanılarak içeriklerinden koordinatları tam olarak belirlenebilecek örnekler seçilmiştir. Bu çalışma sonucunda toplam 64 nokta modelde kullanılacak şekilde tespit edilmiştir. Analize dahil edilen türlerin büyük kısmı yaygın türlerdir. Bu analiz yapılırken *I. rizeensis*'in güncel yayılış alanı dışında yer alan lokaliteler de analize dahil edilmiştir. Analizde kullanılan türler ile ilgili detaylı bilgiler Çizelge 1.5.2.1.2 de verilmiştir.

Isophya rizeensis, *Isophya* cinsi içerisinde *Amplipennis* tür grubunda yer almaktadır. *Amplipennis* grubu üyelerinin büyük bir kısmı Karadeniz Bölgesi ile Karadeniz - Doğu Anadolu geçiş bölgesinde yayılış göstermektedir. Bu grupta yer alan ve Türkiye'de yayılış gösteren türlerin sistematik olarak akrabalık ilişkileri tam olarak ortaya konulamamıştır [106]. *Amplipennis* grubunda yer alan türlerin bir kısmı *I. rizeensis*'in dağılım alanında da bulunmaktadır. Bu durum değerlendirilerek tez çalışması kapsamında uygulanan 3 farklı ENM yönteminden elde edilen sonuçların *I. rizeensis* için ayırt edici olup olmadığını sınamak amacıyla, *Amplipennis* grubunda yer alan 13 diğer türün bilinen lokaliteleri [106] (Çizelge 1.5.2.1.2) kullanılarak bu tür grubuna ait modeller de oluşturulmuştur.

Çizelge 1.5.2.1.2 ENM kullanılan *amplipennis* tür grubu üyelerinin lokaliteleri

Tür	Boylam	Enlem	Tür	Boylam	Enlem
<i>I.redtenbacheri</i>	41.679774	41.362929	<i>I.amplipennis</i>	34.327236	40.156212
<i>I.poskedaghensis</i>	39.557693	40.296204	<i>I.amplipennis</i>	33.457847	41.474147
<i>I.poskedaghensis</i>	39.44109	40.129391	<i>I.amplipennis</i>	31.600139	40.633333
<i>I.poskedaghensis</i>	39.366667	39.883333	<i>I.amplipennis</i>	31.35	40.75
<i>I.demirsoyi</i>	39.897022	39.484196	<i>I.amplipennis</i>	30.302454	40.518565
<i>I.bumerangoides</i>	38.518156	40.914387	<i>I.amplipennis</i>	29.083333	40.1
<i>I.reticulata</i>	38.433333	40.55	<i>I.amplipennis</i>	28.926212	41.16271
<i>I.reticulata</i>	38.352281	40.501419	<i>I.amplipennis</i>	28.95	41.183333
<i>I.sureyai</i>	38.417959	40.402905	<i>I.uludaghensis</i>	29.1	40.116667
<i>I.sureyai</i>	38.761564	40.315808	<i>I.speciosa</i>	28.378876	41.403417
<i>I.ciplaki</i>	38.366667	39.85	<i>I.rodsjankoi</i>	36.25	36.6
<i>I.moli</i>	37.377717	40.873276	<i>I.rodsjankoi</i>	36.316667	36.966667
<i>I.moli</i>	36.212958	41.368842	<i>I.rodsjankoi</i>	34.516667	37.033333
<i>I.speciosa</i>	37.28156	41.132209			

1.5.2.2 Veri Setlerinin Uygulanacak Modellere Göre İşlenmesi

ENM uygulamalarında kullanılacak iklimsel veri setleri alansal olarak tüm dünyayı kapsamaktadır. Bu veri setlerinin her birinine CBS ortamında kesim işlemi uygulanarak hedef alan verileri oluşturulmuştur. Bu amaçla ArcMap yazılımının 9.3 [107] versiyonu kullanılmıştır. Kesim işlemi uygulanacak katman sayısının fazla ve her bir katmanın veri boyutunun yüksek olması nedeniyle kesim işlemi için ArcMap Model Geliştirici (Model Builder) eklentisi kullanılmıştır. Bu eklenti sayesinde katmanlar tek tek kesim işlemine tabii tutulmaksızın toplu olarak kesim işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Model Builder eklentisi ile kesim işleminin gerçekleştirilmesi için üç bileşen içeren bir model oluşturulmuştur. Bütün iklimsel veri setlerimiz raster formatında olduğu için ilk parametre olarak raster veri serisi parametresi eklenmiştir. Bu veri serisi kesim uygulanacak veri katmanlarını tanımlamaktadır. İkinci bileşen “Konumsal Analiz” (Spatial Analyst) eklentisinin “Maske Kullanarak Kesim” (Extract by Mask) özelliğidir. Bu bileşene hedef alanın sınırlarını belirleyen bir şekil dosyası tanımlanmıştır. GARP ve MAXENT uygulamalarında bu verilerin kullanılabilmesi için ASCII formatında olması gerekmektedir. Bu nedenle üçüncü bileşen olarak “Dönüşüm” (Conversion) eklentisinin “Raster’dan ASCII Dönüşüm” (Raster to ASCII) özelliği kullanılmıştır. Bu bileşen sayesinde kesimi yapılan her bir katman ASCII formatına dönüştürülmüştür. Bu işlem günümüze ait veri seti için iki farklı maske kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bunun nedeni ENM yöntemlerinden MAXENT uygulaması sırasında günümüz modelleri için maske ile belirlenen alanın türün bilinen dağılım alanı ile örtüşmesi gerektiğidir. Eğer kullanılan maske türün gerçek dağılım alanından az ya da daha fazla bir alanı kapsıyor ise modelin arkaplan örnekleme özelliği nedeniyle elde edilen sonuçlarda hata oranı artmaktadır.

Çizelge 1.5.2.1.2 Herbarium kayıtları kullanılarak elde edilen 15 türe ait bilgiler

Tür	Familiya	Yapı	Endemik	Enlem	Boylam	Lokalite
<i>Pteridium aquilinum</i> (Eğrelti Otu)	Dennstaedtiaceae	Otsu	-	41.228789	42.442172	Artvin, Şavşat - Karagöl
				41.017222	31.181944	Düzce
				41.797583	46.313633	Gürcistan
<i>Salvia verticillata</i> L.	Lamiaceae	Otsu	-	40.525187	40.914621	İspir Özlüce köyü
				40.928412	40.773914	Rize, Çayeli Kaptanpaşa - Çataldere
				40.870164	40.938731	Rize, Çamlıhemşin Çat Köyü
				40.561476	40.907647	Erzurum, İspir Çayırözü Köyü
				41.251865	42.426331	Artvin, Şavşat Kocabey
<i>Prunella vulgaris</i> (Yara Otu)	Lamiaceae	Otsu	-	41.117841	41.717756	Artvin, Sarıbudak Köyü
				41.229552	42.436908	Artvin, Şavşat - Karagöl
				40.902562	41.073987	Rize, Çamlıhemşin Amlakit Yaylası
				41.059613	40.743095	Rize, Çayeli İncesirt Köyü
<i>Plantago lanceolata</i> (Dar Yapraklı Sinirli Ot)	Plantaginaceae	Otsu	-	40.670130	40.710732	Rize, İkizdere Sivikaya köyü
				41.161266	40.986475	Rize, Ardeşen-çamlıhemşin
				40.862677	40.956380	Rize, Çamlıhemşin Çat - Elevit arası
				41.414575	42.443861	Artvin, Şavşat Ilıca Köyü
				40.622888	40.520019	Rize, İkizdere Anzer Yaylası
<i>Delphinium formosum</i>	Ranunculaceae	Otsu	+	40.865415	40.981530	Rize, Çamlıhemşin Çat - Elevit arası
				41.065509	42.201395	Artvin, Kutul Yaylası
				41.163833	42.627925	Artvin, Sulakyurt Yaylası
				40.303440	41.161017	Erzurum, Ahırcık Köyü
<i>Rubus ideaus</i> L. (Ahududu)	Rosaceae	Çalı	-	40.865193	40.981144	Rize, Çamlıhemşin Çat - Elevit arası
				40.635157	40.517422	Rize, İkizdere Eskice Köyü
				41.028130	42.050889	Artvin, Ardanuç Peynirli Köyü
				40.907346	41.074831	Rize, Çamlıhemşin Amlakit Yaylası
<i>Alchemilla mollis</i> (Arslanpençesi)	Rosaceae	Otsu	-	41.015343	34.467428	Kastamonu, Güney Köyü
				40.6096608	40.528963	Rize, İkizdere Anzer Yaylası
				40.915856	41.143007	Rize, Çamlıhemşin Galer Düzü - Amlakit
				40.901604	41.074067	Rize, Çamlıhemşin Amlakit Yaylası
<i>Alchemilla retineruis</i> Buser (Arslanpençesi)	Rosaceae	Otsu	+	40.879797	41.136816	Rize, Çamlıhemşin Yukarı Kavrun Yaylası
				40.557379	40.517748	Rize, İkizdere Anzer Yaylası
				40.631520	40.732581	Rize, Ovit Geçidi
				40.872902	41.084707	Rize, Çamlıhemşin Samistal Yolu

Çizelge 1.5.2.1.2 Devam ediyor

Tür	Familya	Yapı	Endemik	Enlem	Boylam	Lokalite
<i>Alchemilla caucasica</i> (Kafkas aslanpençesi)	Rosaceae	Otsu	-	41.211804	41.621435	Artvin, Alaca Dağ
				40.800191	40.908029	Rize, Çamlıhemşin Ortayayla
				41.205949	42.494318	Artvin, Çamlıbel Geçidi
				41.476069	42.738673	Kars, Çamyazı Köyü
<i>Urtica dioica</i> (Isırgan Otu)	Urticaceae	Otsu	-	39.478167	36.073278	Sivas
				36.165278	35.993333	Hatay, Samandağ
				40.411959	32.913643	Ankara, Çubuk Karagöl
				40.626656	40.683988	Rize, İkizdere Gölyayla
				40.535734	41.553352	Erzurum, Uzundere
<i>Alnus glutinosa</i> (Kızılâğaç)	Betulaceae	Ağaç	-	41.241683	42.429451	Artvin, Şavşat Karagöl
				41.059144	40.960957	Rize, Çamlıhemşin Boğaziçi Köyü
				40.863911	40.972492	Rize, Çamlıhemşin Çat - Elevit arası
				41.011663	40.993662	Rize, Çamlıhemşin Yolkiy - Şenyuva Arası
				40.906377	41.069325	Rize, Çamlıhemşin Amlakit - Hazindak
<i>Corylus avellana</i> (Fındık)	Betulaceae	Çalı	-	41.766317	43.520567	Gürcistan
				42.440067	44.497383	Gürcistan
				41.058573	40.998779	Rize, Çamlıhemşin Aşağıvice
				40.862684	40.959767	Rize, Çamlıhemşin Çat - Elevit arası
				40.867646	40.961910	Rize, Çamlıhemşin Çat-Vanksi arası
<i>Juglans regia</i> (Ceviz)	Juglandaceae	Ağaç	-	41.026538	42.0543368	Artvin, Ardanuç Peynirli köyü
				40.997243	30.977814	Düzce, Esmahanım Köyü
				36.586028	32.419019	Antalya, Alanya
<i>Castanea sativa</i> (Anadolu Kestanesi)	Fagaceae	Ağaç	-	41.396272	41.532881	Artvin, Cankurtaran Geçidi
				41.058170	41.001255	Rize, Çamlıhemşin Aşağıvice
				41.222757	41.608732	Artvin, Alacadağ
				41,008933	40,992349	Rize, Çamlıhemşin
<i>Sambucus nigra</i> (Kara Mürver)	Caprifoliaceae	Çalı	-	41.077778	31.144444	Düzce
				41.815517	46.345267	Gürcistan
				40.785696	40.660301	Rize, İkizdere Cimil Yaylası
				40.859028	41.002455	Rize, Çamlıhemşin Çat - Elevit arası
				39.512364	38.885445	Erzincan, Eriç

BIOCLIM modellerinin uygulanması için DivaGis yazılımının 7.5 [108] versiyonu kullanılmıştır. Bu yazılım ile modellerin uygulanabilmesi için daha önce oluşturulan ASCII veri setlerinin öncelikle grid daha sonrada raster küme dosyalarına dönüştürülmesi gerekmektedir. Ele alınacak her zaman dilimi için DivaGis yazılımının çoklu grid dönüşüm özelliği kullanılmıştır. Arc ASCII formatından grd formatına dönüştürme seçeneği ile veri setleri grd formatına dönüştürülmüştür. Her bir zaman dilimi için 19 parametreyi içeren DivaGis yazılımının tanıdığı raster küme dosyası küme oluşturma (Make Stack) özelliği kullanılmıştır. ENM uygulamalarında kullanılmak üzere CBS işlemleri tamamlandıktan sonra elde edilen veri setleri Çizelge 1.5.2.1.3' de verilmiştir.

Çizelge 1.5.2.1.3 ENM analizlerinde kullanılmak üzere hazırlanan veri setleri

Zaman	İklim Veri Seti	Format
Günümüz		ASCII, GRID, STACK
Son Buzullararası Dönem		ASCII, GRID, STACK
Son Buzul Maksimum	CCSM	ASCII, GRID, STACK
	MIROC	ASCII, GRID, STACK
2020	A1b	ASCII, GRID, STACK
	A2a	ASCII, GRID, STACK
	B2a	ASCII, GRID, STACK
2050	A1b	ASCII, GRID, STACK
	A2a	ASCII, GRID, STACK
	B2a	ASCII, GRID, STACK
2080	A1b	ASCII, GRID, STACK
	A2a	ASCII, GRID, STACK
	B2a	ASCII, GRID, STACK

Tez çalışması kapsamında uygulanacak olan üç ENM yöntemi için *I.rizeensis*'e ait varlık bilgisini içeren dosyaların oluşturulması gerekmektedir. Üç model yöntemi de farklı dosyalar ile çalıştığı için her uygulama da kullanılacak bu dosyalar oluşturulmuştur.

MAXENT yazılımı virgülle ayrılmış değerler dosyası (csv) ile çalışmaktadır. Bu dosyanın virgülle ayrılmış üç değerden oluşması gerekmektedir. Bu değerler Türler (Species), Boylam (Long), Enlem (Lat) şeklinde kodlanmalıdır. *I.rizeensis*'in örneklendiği 36 nokta bu formatta hazırlanarak virgülle ayrılmış değerler dosyası olarak kayıt edilmiştir.

BIOCLIM modellemelerinin gerçekleştirildiği DivaGis yazılımında türlerin varlık noktalarının nokta şekil dosyası formatında olması gerekmektedir. Bunun için ArcMap yazılımında örnekleme noktalarını içeren şekil dosyası oluşturulmuştur.

GARP modelleme uygulamaları openModeller Desktop 1.1.0 [109] yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yazılım varlık verisini metin dosyası (txt) formatında tanımaktadır. Bu metin dosyasının ID, Takson Adı (Taxon Name), Boylam (Longitude), Enlem (Latitude) ve Bolluk (Abundance) sütunlarını içermesi gerekmektedir. Bolluk sütunu tercihe bağlı iken dosyanın diğer sütunlara ait verileri içermesi zorunludur. Örneklem verisine göre bu dosya hazırlanmıştır.

Bütün ENM uygulamaları için hazırlanan varlık verisi dosyalarında enlem, boylam verisi ondalık derece koordinat sistemine göre hazırlanmıştır. *I. rizeensis* dışında her model uygulaması için Herbarium kayıtlarından elde edilen vejetasyon verisi de aynı formatları içermiştir.

1.5.3 Modelleme Çalışmaları

1.5.3.1 BIOCLIM Modelleri

BIOCLIM modellerinin uygulaması için DivaGis 7.5 yazılımı kullanılmıştır. Daha önceden hazırlanan şekil dosyası programa yüklendikten sonra Modelleme menüsünden sırasıyla; BIOCLIM /Domain seçeneği, girdi sekmesinde iklim veri seti olarak günümüze ait raster küme dosyası, tahminleme sekmesinde modelleme için kullanılacak alanın seçilmesi için maksimum kapsam seçeneği seçilmiştir. Böylece modelleme için kullanılacak alan biyoklimatik parametrelerin tüm alanını kapsayacak

şekilde genişletilmiştir. Günümüze ait model oluşturulurken çıktı ve girdi iklim veritabanı olarak günümüze ait iklim veriseti seçilmiştir. Modelde kullanılmak üzere 19 Biyoklimatik parametrenin tamamı seçilmiştir. Günümüze ait model BIOCLIM çıktısı olarak kayıt edilmiş, aynı zamanda günümüze ait en sınırlayıcı faktör de çıktı olarak kayıt edilmiştir.

Günümüz dışındaki bütün zaman dilimleri ve iklim senaryoları için aynı ayarlar kullanılmış, yalnızca diğer zaman dilimleri modellenirken çıktı iklim veritabanı olarak modellenen zamana ait raster küme dosyası seçilmiştir. Böylece günümüzde tahminlenen dağılım, seçilen çıktı iklim veritabanı üzerine simüle edilmiştir. Bu şekilde Çizelge 1.5.2.1.3'de verilen tüm zaman dilimlerine ait modeller oluşturulmuştur.

1.5.3.2 GARP Modelleri

GARP model uygulamaları openModeller Desktop 1.1.0 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Öncelikle GARP yazılımı katman yöneticisi kullanılarak bütün veri setleri programa tanıtılmıştır. Deney Tasarlayıcı (Experiment Designer) kullanılarak modelleme için gerekli ayarlar yapılmıştır. Bu aşamada daha önce hazırlanan varlık verisi metin dosyası programa yüklenmiş ve modelleme seçeneklerinden "En İyi GARP Altkümesi" (Garp with Best Subset) seçeneği seçilmiştir. Bu ayarlar seçildikten sonra modeller aşağıda verilen özelliklerle çalışmıştır;

- Model Eğitim Verisi 50% (Varlık kayıtlarının 50%'si model sınamaları için kullanılır)
- Toplam Çalışma 20 (Herbir model 20 kez tekrarlanır)
- Maksimum Birim Sayısı 1 (Aynı anda çalıştırılacak birim sayısı)
- Maksimum Jenerasyon Sayısı 400 (Genetik algoritmaların kaç jenerasyon boyu devam edeceğini belirler)
- Kapanma Sınırı Değeri 0,01 (Maksimum jenerasyon sayısına ulaşılmadan kapanma sınır değerine ulaşırsa model durur)
- Yeniden Örnekleme Sayısı 2500 (Genetik algoritmaların test edilmesi için varlık verileri dışında örneklenen nokta sayısı)

- Yalancı pozitif eşik değeri 50% (Yalancı pozitif olarak değerlendirilecek dağılım modellerinin yüzdesi)
- Yalancı pozitif örneklem büyüklüğü 999 (Yalancı pozitif eşik değerinin hesaplanmasında kullanılacak örneklem büyüklüğü (hücre sayısı))

Bu ayarlar kullanılarak günümüze ait biyoklimatik veri seti modelleme için seçilmiş ve diğer veri setleri de projeksiyon verisi olarak tanıtılmıştır.

1.5.3.3 MAXENT Modelleri

ENM modelleri içerisinde hem maksimum entropi prensibine göre çalışan hem de en güncel uygulama MAXENT yazılımıdır. Daha önceden hazırlanmış virgülle ayrılmış değer dosyası formatındaki varlık verisi programa yüklenmiştir. Daha sonra günümüze ait biyoklimatik parametre seti programa tanıtılmıştır. Modelleme uygulamalarında kullanılan ayarlar aşağıdaki gibidir;

- Otomatik Özellikleri Kullan (Doğrusal özellikler, Kuadratik özellikler, Ürün özellikleri, Eşikdeğeri özellikleri, Bağlantı özellikleri)
- Çıktı Formatı Lojistik
- Rastgele Test Yüzdesi 25% (Varlık kayıtlarının 25%'si model sınamaları için kullanılır)
- Projeksiyon yaparken Clamping haritası oluştur (Clamping model sınaması sırasında çevresel parametrelerden sınama sırasında elde edilen değerler ile sınırlı kalanları belirler)
- Projeksiyon yaparken MESS (Multivariate Environmental Similarity Surface) haritası oluştur (Projeksiyon işlemi sırasında model sınamasında gözlemlenmeyen yeni iklimsel durumları belirtir)
- Regularization çarpanı 1 (Regularization çarpanı tahminlenen dağılımın ne kadar gerçeğe uyumlu ya da belli bir odaklanmaya sahip olduğunu belirler. 1'den küçük değerler modelde tanımlanan varlık noktalarına uyumlu daha lokal dağılımlarla sonuçlanırken, aşırı uyuma neden olabilir. 1'den büyük değerler ise varlık verisinden daha geniş bir dağılım alanı ile sonuçlanır)

- Maksimum Arkaplan Nokta Sayısı 10000
- Maksimum tekrarlama 500
- Kapanma Sınırı değeri 0.00001
- Dışdeğer bul (Model uygulaması sırasında elde edilen limitlerin dışında kalan alanları tahminler)
- Fade by Clamping (Model uygulaması sırasında gözlemlenmeyen iklimsel koşulların diğer zaman dilimlerine projeksiyonunu azaltır)

Bu ayarlar seçildikten sonra diğer zamanlara ait iklimsel veri setleri projeksiyon verisi olarak seçilmiş ve modeller oluşturulmuştur. MAXENT yazılımı kullanılarak *I. rizeensis* dışında daha önce belirtilen vejetasyon modelleri de aynı veri setleri kullanılarak oluşturulmuştur.

1.5.4 Model Sonrası Analizler

Uygulanan bütün ENM yöntemlerinden elde edilen çıktılar işlemlere tabii tutulmuştur. Bu işlemlerin amacı model sonuçlarında ele alınan tür ya da tür toplulukları için uygun olarak tahminlenen alanların yükseklik ve kapladıkları toplam alan değerlerinin hesaplanmasıdır. Bu değerlerin hesaplanabilmesi için model çıktılarına ArcGis yazılımı kullanılarak yeniden sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Bu işlem sonucunda model çıktılarından yalnızca uygun olarak tahminlenen bölgeler izole edilmiştir. Sınıflandırma işlemi sonucu elde edilen raster formatındaki veri daha sonra nokta ve poligon şekil dosyası formatına dönüştürülmüştür. Nokta şekil dosyaları dijital 1 km çözünürlüklü yükseklik modeli üzerine oturtulmuş ve her noktaya karşılık gelen yükseklik değeri nokta - raster kesişim yöntemi kullanılarak veritabanlarına kayıt edilmiştir. Daha sonra herbir veritabanında bulunan yükseklik verisinin ortalama ve medyan değerleri hesaplanmıştır. Her bir veri setinin veri hacmi çok büyük olduğundan (60 000 - 100 000 veri) ekstrem değerlerin ortalamayı saptırma ihtimaline karşı medyan değeri de hesaplanmıştır. Poligon şekil dosyalarının kapladıkları alanın hesaplanması için ArcMap yazılımının Geometri Hesaplama eklentisinin Alan Hesaplama özelliği kullanılmış ve alan değerleri km² olarak hesaplanmıştır.

2. SONUÇLAR

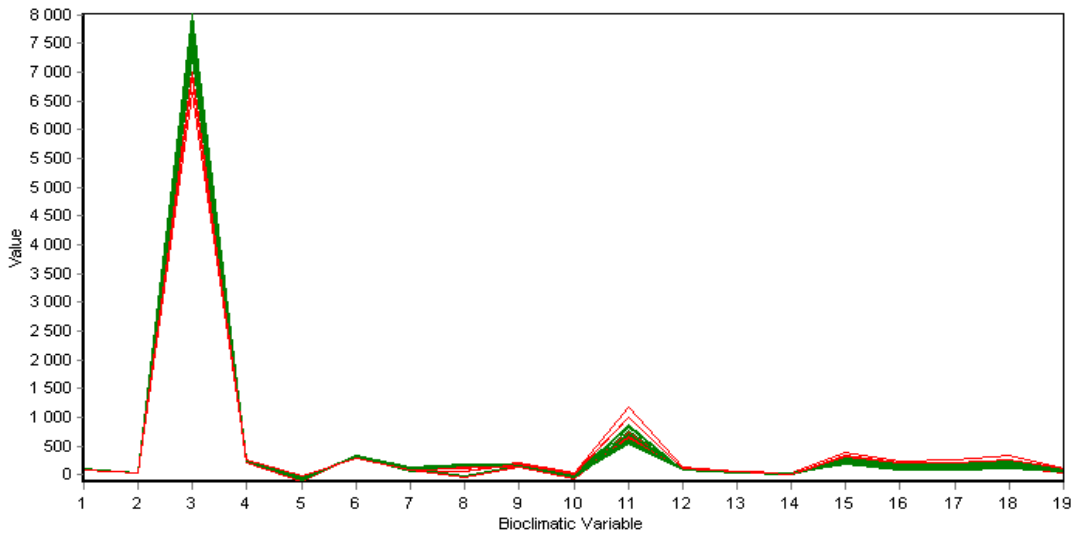
2.1 BIOCLIM Model Sonuçları

2.1.1 Günümüz Modeli

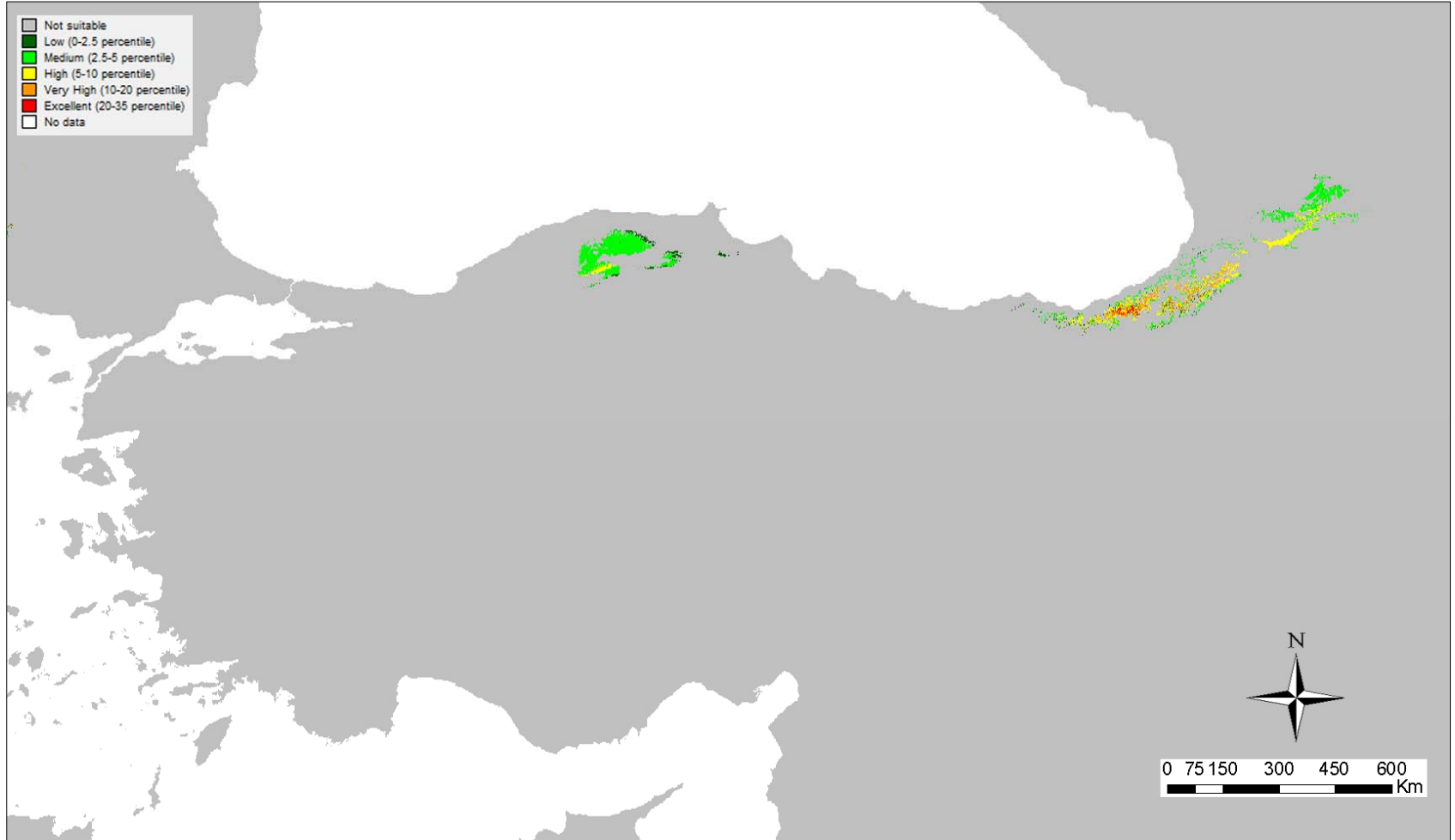
I. rizeensis'in günümüzdeki dağılımını tahminleyen BIOCLIM model çıktısı Şekil 2.1.1.2 'de verilmiştir. Türün bilinen varlık lokalitelerine göre oluşturulan model sonucu, türün dağılımı için uygun alanlar 0 ile 1 arasında bir olasılık skalasında verilmektedir. Sıfır en düşük olasılığı gösterirken bir en yüksek olasılığı göstermektedir. Bu değerler türün alanda var olduğunu değil, alanların türün ekolojik gereksinimlerini ne derecede karşıladığını tanımlar.

Model analizi öncesinde ele alınan 19 biyoklimatik parametreden model sonucunda etkisi olmayan aykırı değerler kontrol edilmiştir. Bu parametrelerden Isotermalite (BIO3) parametresinin gözlemlenen dağılımda etkisi olmadığı görülmektedir (Şekil 2.1.1.1). Isotermalite parametresi, aylık sıcaklık dalgalanmasının yıllık sıcaklık dalgalanmasına oranlanması ile elde edilen bir parametredir ve sıcaklık dalgalanma trendlerini tanımlamada kullanılır.

Şekil 2.1.1.2 verilen haritada gözlemlenmekte olan dağılım örüntüsü türün günümüzdeki dağılımına genel olarak uymaktadır. Haritada Orta Karadeniz Bölgesi'nde tür için orta derecede uygun alanlar gözlemlenmekteyse de türün bu alanlarda bulunmadığı bilinmektedir.



Şekil 2.1.1.1 BIOCLIM modelinde Biyoklimatik parametrelerin aykırı değerleri



Şekil 2.1.1.2 BIOCLIM modelinin günümüze ait model çıktısı

2.1.2 Son Tam Buzul Döngüsü Modelleri

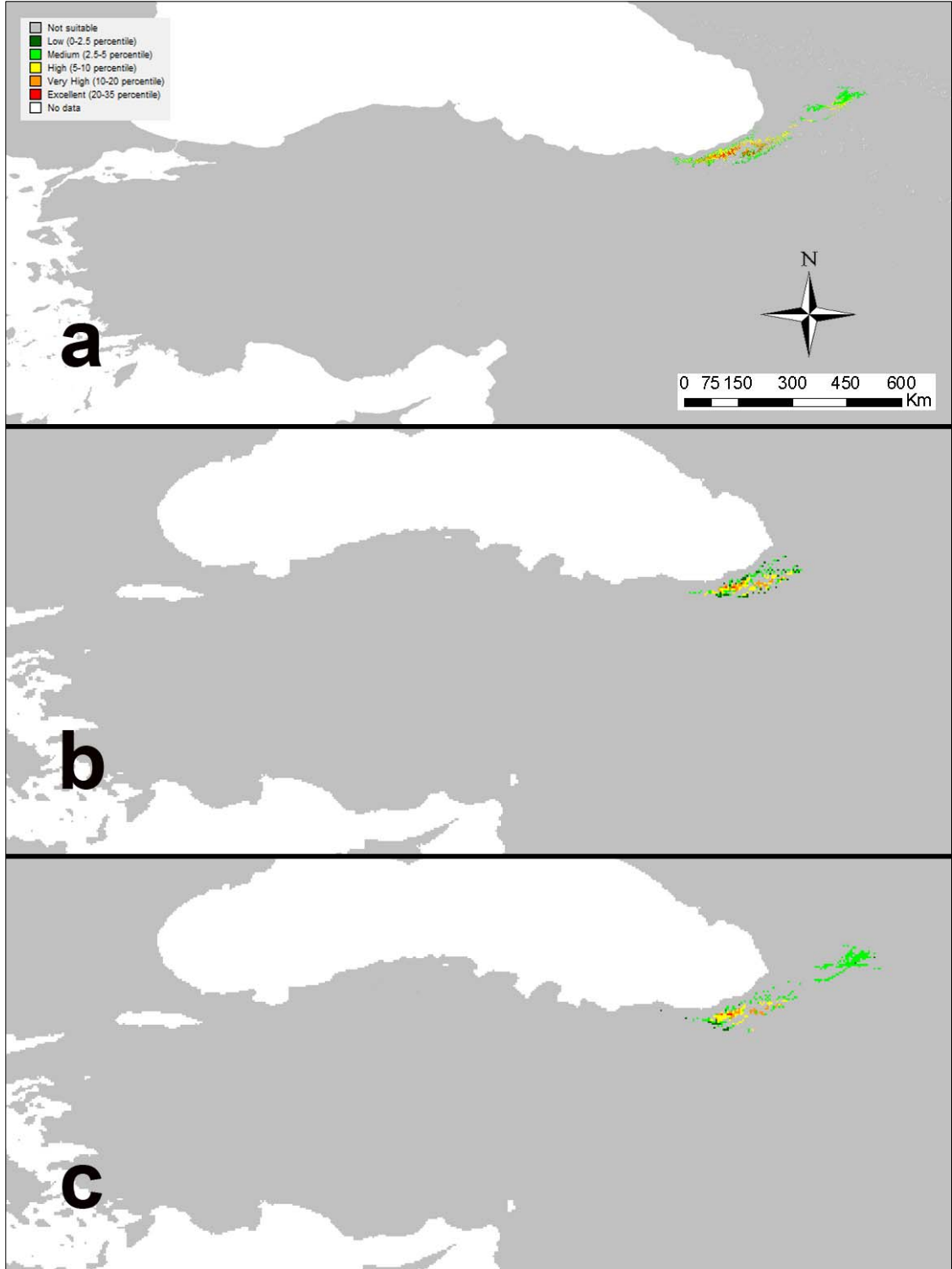
BIOCLIM tarafından günümüz için oluşturulan model Son Buzullararası Dönem (SBD) ve Son Buzul Maksimumu'na (SBM) ait iki senaryoya CCSM ve MIROC projeksiyonları uygulanması sonucu Şekil 2.1.2.1'de verilen model sonuçları elde edilmiştir. SBD modeli Şekil 2.1.2.1'de "a" haritasında, SBM senaryosunun CCSM modeli "b" haritasında ve CCSM modeli de "c" haritasında gösterilmiştir.

SBD dağılımı günümüz dağılımı ile benzer bir örüntü göstermektedir. Model sonrası yapılan analizlerde SBM senaryosunun CCSM modeline göre türün dağılımı için uygun bölgelerin toplam alanı SBD modeline göre azalırken, aynı bölgelere ait yüksekliğin ortalama ve medyan değerlerinde artış gözlemlenmiştir. SBM senaryosunun MIROC modelinde ise *I. rizeensis*'in dağılımı için uygun bölgelerin toplam alanı SBD senaryosunun modeline göre artış göstermiş aynı bölgelere ait yüksekliğin ortalama ve medyan değerleri de artmıştır. Bu dönemlere ait hesaplanan yükseklik ve toplam alan verileri Çizelge 2.1.2.1' de verilmiştir.

Aynı modeller günümüz modeli ile karşılaştırıldığında SBD senaryo modelinde uygun bölgelerin toplam alanının daha az olduğu gözlemlenmiştir. Aynı bölgelerin yüksekliğe ait ortalama ve medyan değerleri günümüz ile yaklaşık olarak aynıdır. SBM senaryosunun CCSM modeline göre uygun bölgelerin toplam alanı günümüze göre daha az iken ortalama yükseklik ve medyan değerleri daha fazladır. SBM senaryosunun MIROC modelinde CCSM modeline benzer şekilde toplam uygun alan daha az, yükseklik değerleri ise daha fazladır.

Çizelge 2.1.2.1 BIOCLIM yöntemi son tam buzul döngüsü modellerine ait yükseklik ve toplam alan değerleri

Zaman	Yükseklik (m)		Toplam Alan (km ²)
	Ortalama	Medyan	
SBD	1289	1203	4475
SBM - CCSM	1627	1566	3629
SBM - MIROC	1408	1212	5048
Günümüz	1227	1167	8125



Şekil 2.1.2.1 BIOCLIM modelinin son tam buzul döngüsü modelleri; a haritası SBD senaryosu; b SBM senaryosu CCSM modeli; c SBM senaryosu MIROC modeli

2.1.3 Geleceğe Ait Senaryo Modelleri

2.1.3.1 A1b Senaryosu Modelleri

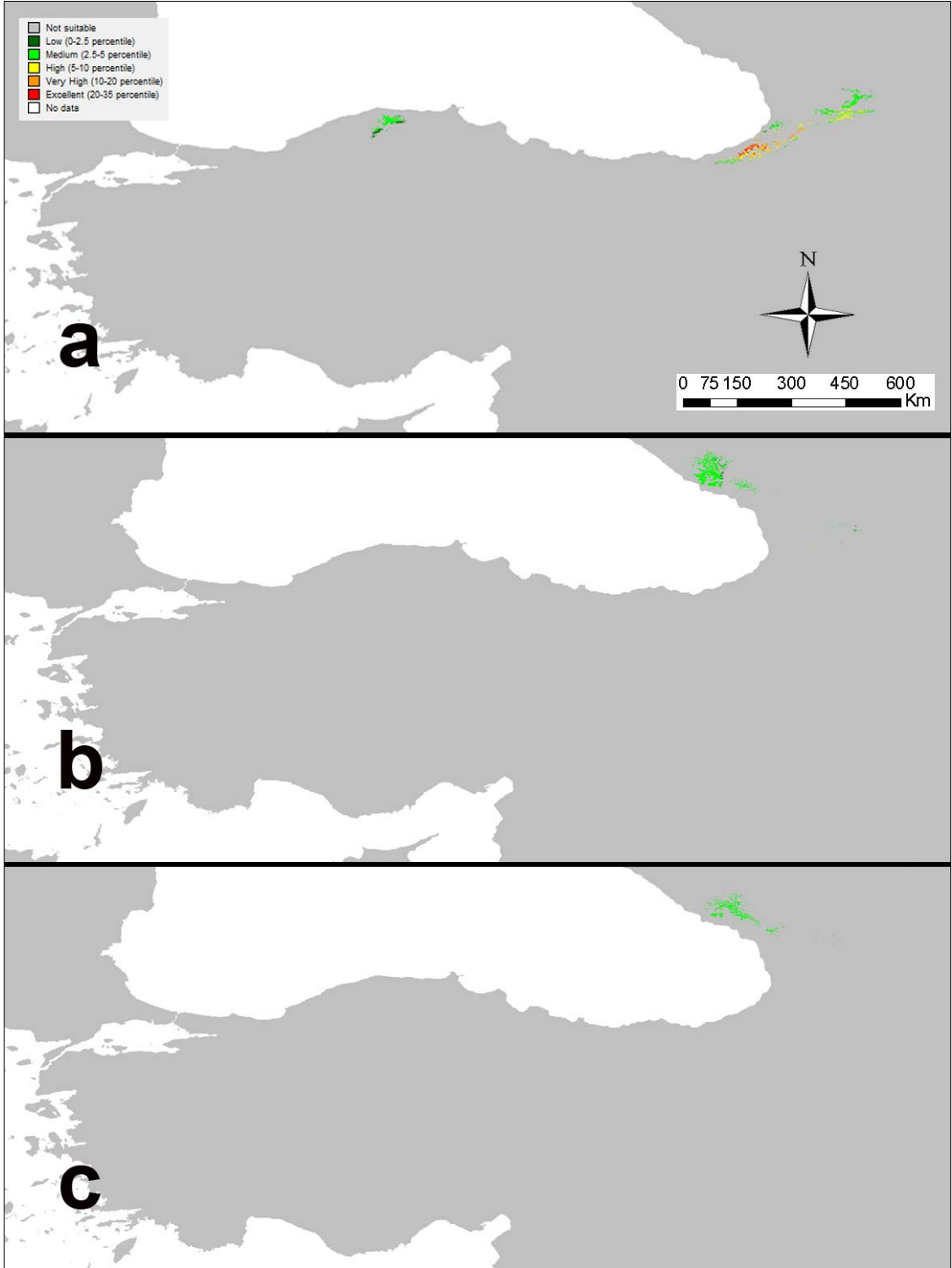
Çalışma kapsamında türün gelecekteki dağılım örüntüsünün IPCC4 A1b senaryosuna göre tahminlenmesi için günümüz modelinin bu yıllara projeksiyonu ile 2020, 2050 ve 2080 yıllarına ait A1b modelleri oluşturulmuştur. A1b modeline göre Şekil 2.1.3.1.1'de **a** haritası 2020, **b** haritası 2050 ve **c** haritası 2080 yılı için tahmin edilen dağılımı göstermektedir.

2020 yılı için tahminlenen dağılım örüntüsünün günümüz dağılım örüntüsü modeline benzer olduğu gözlenmektedir. 2050 ve 2080 yılları için tahminlenen alanların ise *I. rizeensis*'in günümüz dağılımından dramatik şekilde farklılık gösterdiği ve uygun alanların Gürcistan'a doğru Kuzeydoğu yönüne kaydığı belirlenmiştir.

Model sonrası yapılan analizlere göre, türün dağılımı için uygun bölgelerin toplam alanları 2020, 2050 ve 2080 yılları için kademeli olarak azalmaktadır. Aynı bölgelerin yüksekliğe ait ortalama ve medyan değerleri ise zamana bağlı olarak artış göstermektedir. 2080 yılında türün dağılımı için uygun bölgelerin toplam alanı yaklaşık olarak günümüzdeki 1/8'i kadardır. Yükseklik değerleri ise yaklaşık olarak iki katına çıkmıştır. Yapılan analizler sonrası elde edilen toplam alan ve yükseklik değerleri Çizelge 2.1.3.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1.3.1.1 BIOCLIM yöntemi A1b senaryo modellerine ait yükseklik ve toplam alan değerleri

Zaman	Yükseklik (m)		Toplam Alan (km ²)
	Ortalama	Medyan	
Günümüz	1227	1167	8125
2020 A1b	1417	1291	3078
2050 A1b	1903	1916	2027
2080 A1b	2145	2167	1013



Şekil 2.1.3.1.1 BIOCLIM modelinin IPCC4 A1b senaryo modelleri; **a** 2020; **b** 2050; **c** 2080 yılı

2.1.3.2 A2a Senaryosu Modelleri

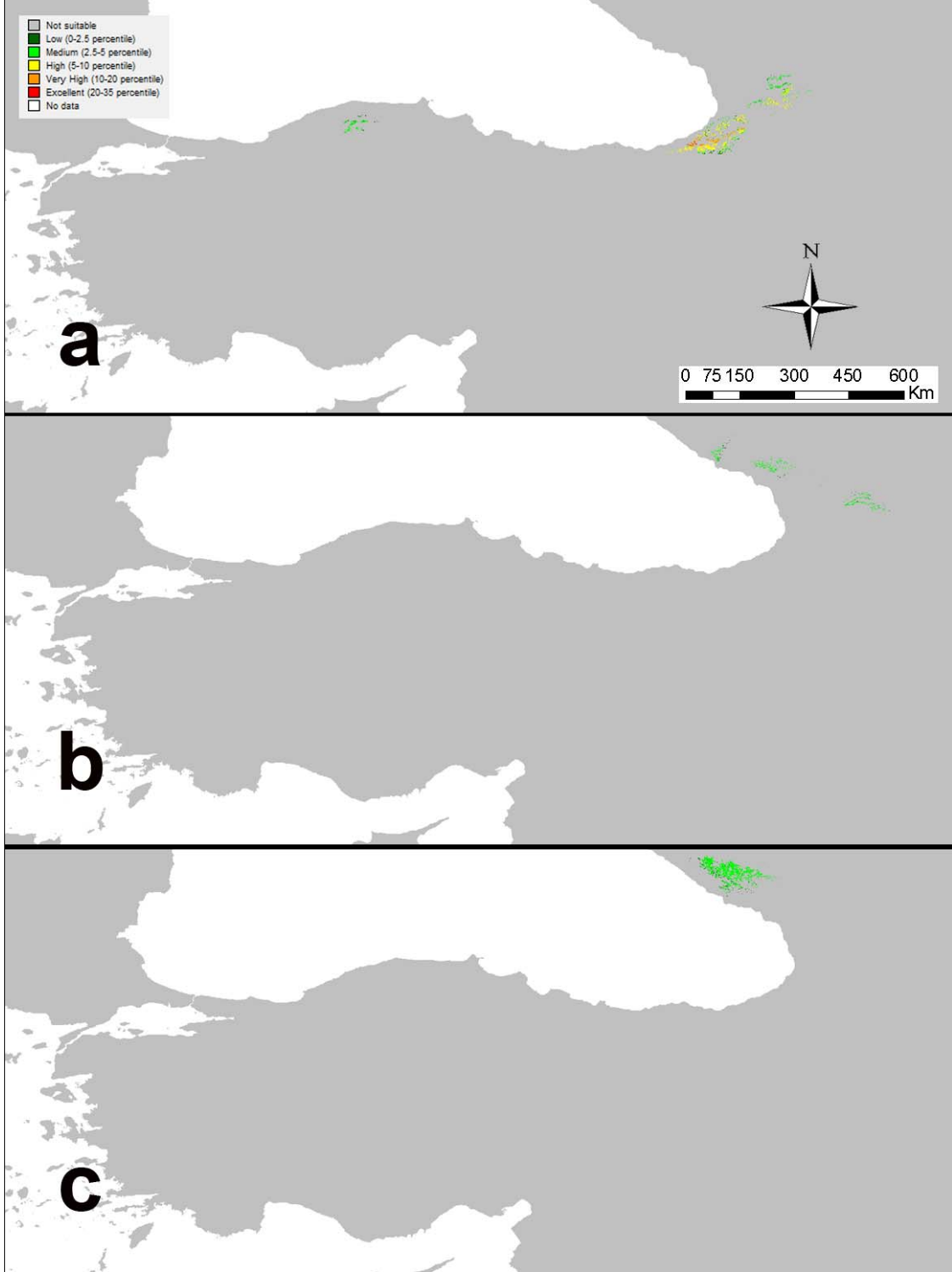
IPCC4 A2a senaryosunun *I. rizeensis* için hazırlanan 2020, 2050 ve 2080 yılı modelleri Şekil 2.1.3.2.1'de verilmiştir. Şekil'de A2a senaryosunun **a** haritası 2020 yılı modelini, **b** haritası 2050 yılı modelini ve **c** haritası 2080 yılı modelini göstermektedir.

2020 yılı A2a senaryosuna ait model sonucunda türün dağılımı için uygun olarak tahminlenen bölgeler günümüz model sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Ancak 2050 ve 2080 yıllarına ait model sonuçlarında, A1b senaryo modellerinde olduğu gibi türün dağılımı için uygun olarak tahminlenen alanlar *I. rizeensis*'in günümüz dağılımına göre belirgin şekilde farklılık göstermektedir. Türün günümüzde dağılım gösterdiği alanlar 2050 ve 2080 yıllarına ait modellerde tür için uygun gözükmez iken, uygun alanlar belirgin bir şekilde Kuzeydoğu yönüne doğru çıkmıştır.

A2a senaryosu için model sonrası analizler değerlendirildiğinde, 2020 yılında türün dağılımı için uygun olan bölgelerin toplam alanı günümüze göre azalmakta, 2050 yılında ise tür için uygun bölgelerin toplam alanındaki azalış devam ederek günümüze göre belirgin şekilde küçülmektedir. Ancak 2080 yılında bu uygun toplam alanı değeri tekrar artış göstererek 2020 yılına ait değerlere yaklaşmıştır. Bu alanların yüksekliğe ait ortalama ve medyan değerleri incelendiğinde türün dağılım alanı yüksekliğinin 2020 yılından 2080 yılına doğru kademeli olarak artış gösterdiği gözlemlenmektedir. Yapılan analizler sonrası elde edilen toplam alan ve yükseklik değerleri Çizelge 2.1.3.2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1.3.2.1 BIOCLIM yöntemi A2a senaryo modellerine ait yükseklik ve toplam alan değerleri

Zaman	Yükseklik (m)		Toplam Alan (km ²)
	Ortalama	Medyan	
Günümüz	1227	1167	8125
2020 A2a	1421	1373	2691
2050 A2a	1668	1646	558
2080 A2a	1803	1793	2091



Şekil 2.1.3.2.1 BIOCLIM modelinin IPCC4 A2a senaryo modelleri; a 2020; b 2050; c 2080 yılı

2.1.3.3 B2a Senaryosu Modelleri

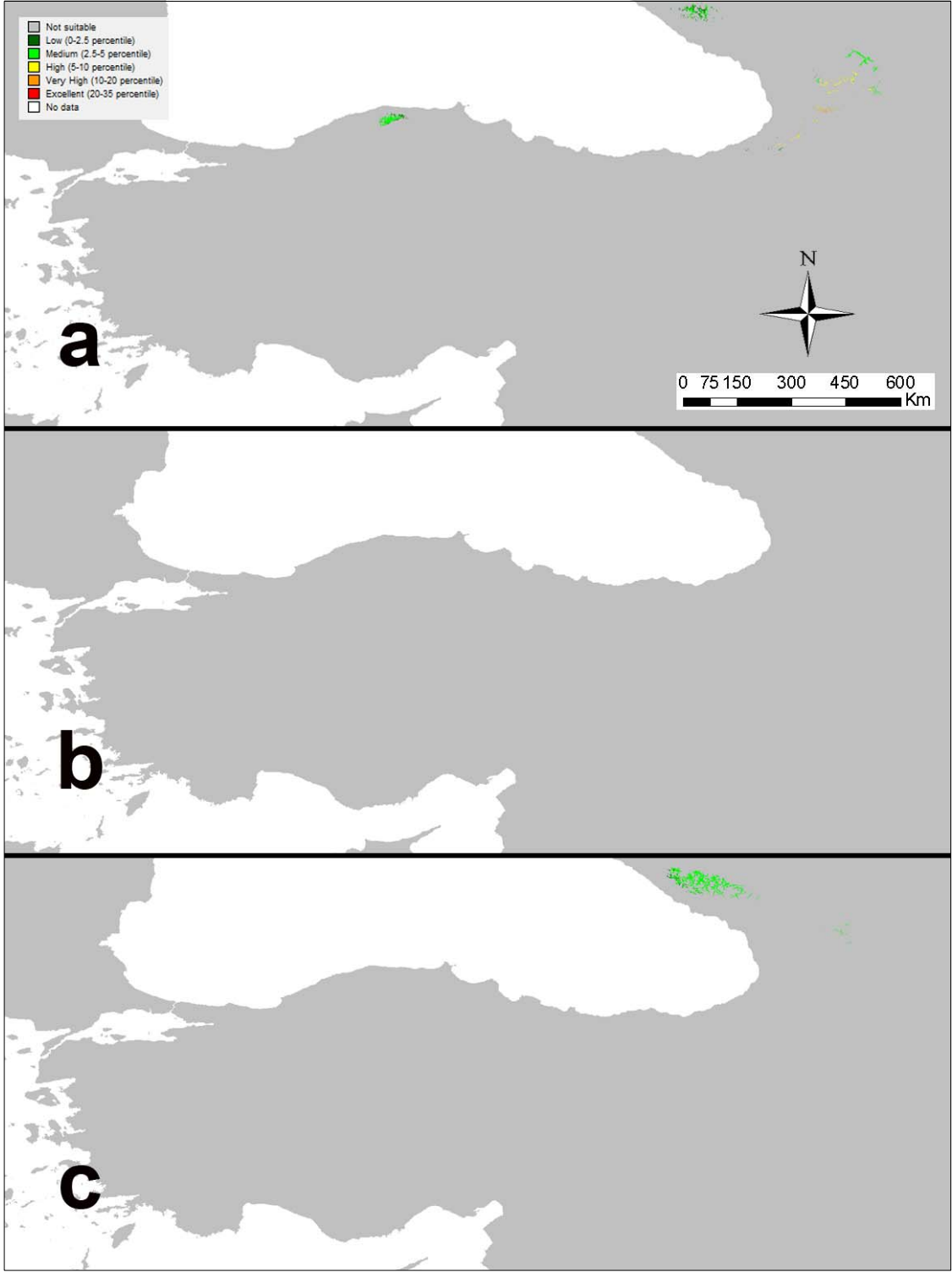
I. rizeensis için hazırlanan IPCC4 B2a senaryosunun 2020, 2050 ve 2080 yılı modelleri Şekil 2.1.3.3.1'de verilmiştir. Şekil'de B2a senaryosunun **a** haritası 2020, **b** haritası 2050 ve **c** haritası da 2080 yılı modelini göstermektedir.

Günümüz model sonuçlarıyla 2020 yılı B2a senaryosuna ait model sonucunda türün dağılımı için uygun olarak tahminlenen bölgeler örtüşmemektedir. A1b ve A2a senaryolarında 2020 yılı için tahminlenen bölgeler günümüz model sonuçlarıyla benzerlik gösterirken, B2a senaryosunda günümüz için uygun olan bölgelerin B2a senaryosunda uygun olmadığı gözlemlenmiştir. 2050 yılında ele alınan bölgede *I. rizeensis*'in dağılımı için uygun bölge bulunmamaktadır. 2080 yılında ise türün dağılımı için uygun olarak tahminlenen bölge günümüze göre belirgin şekilde Kuzeydoğu yönüne doğru kaymaktadır.

Model sonrası analizlerde 2020 yılında uygun olarak tahminlenen bölgelerin toplam alanı belirgin şekilde azalırken, bu alanların yüksekliğine ait ortalama ve medyan değerlerinde günümüze göre belirgin bir değişiklik gözlenmemiştir. 2080 yılında ise yükseklik değerleri günümüze göre artış gösterirken, toplam alan 2020 yılına göre artış göstermiştir. Yapılan analizler sonrası elde edilen toplam alan ve yükseklik değerleri Çizelge 2.1.3.3.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1.3.3.1 BIOCLIM yöntemi B2a senaryo modellerine ait yükseklik ve toplam alan değerleri

Zaman	Yükseklik (m)		Toplam Alan (km ²)
	Ortalama	Medyan	
Günümüz	1227	1167	8125
2020 B2a	1266	1224	1515
2050 B2a	-	-	-
2080 B2a	1729	1713	2077



Şekil 2.1.3.3.1 BIOCLIM modelinin IPCC4 B2a senaryo modelleri; **a** 2020; **b** 2050; **c** 2080 yılı

2.2 GARP Model Sonuçları

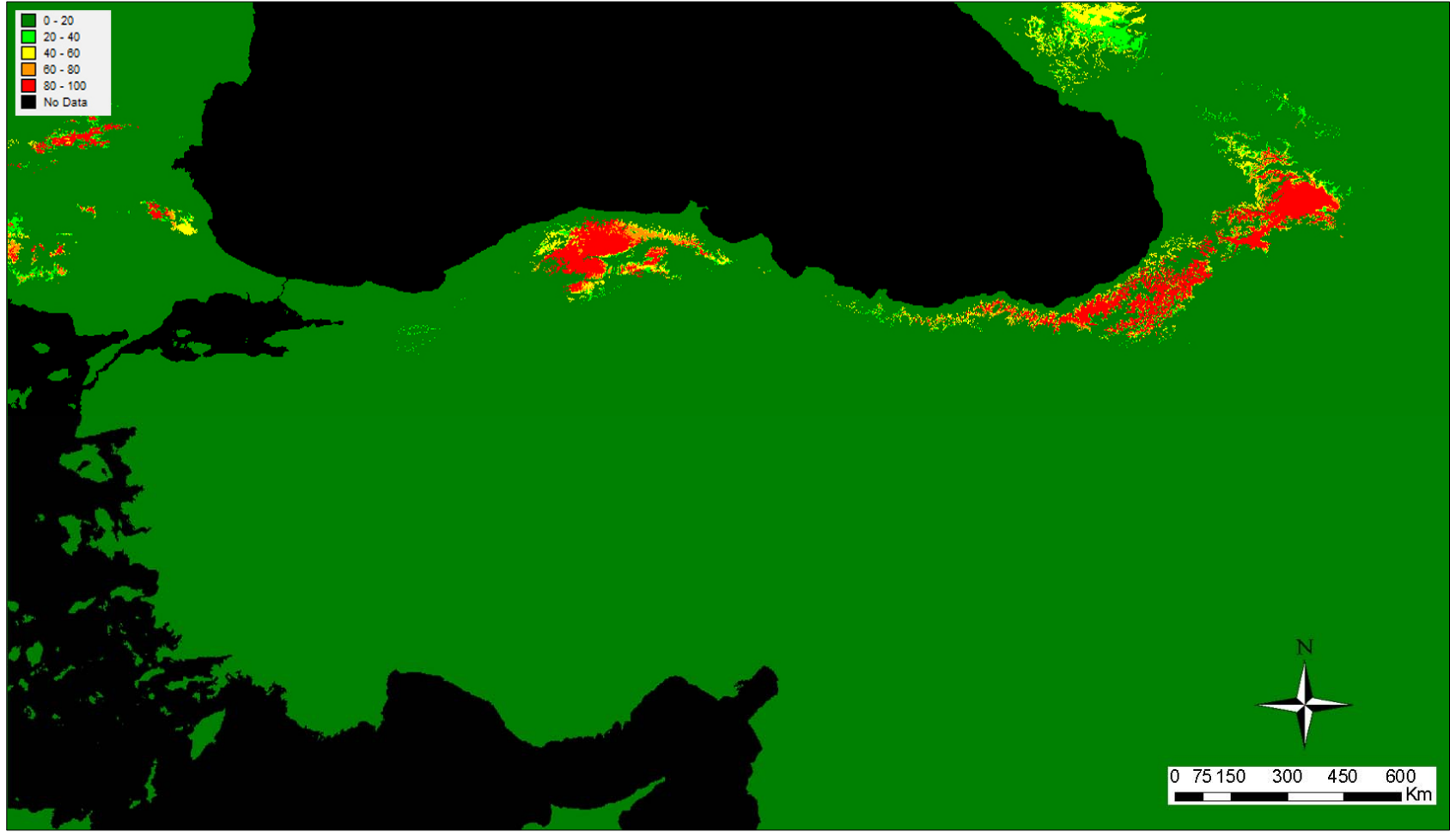
2.2.1 Günümüz Modeli

I. rizeensis'in günümüzdeki dağılımını tahminleyen GARP model çıktısı Şekil 2.2.1.1 'de verilmiştir. Türün bilinen varlık lokalitelerine göre oluşturulan model sonucu, türün dağılımı için uygun alanları 0 ile 1 arasında bir olasılık skalasında verilmektedir. Sıfır en düşük olasılığı gösterirken bir en yüksek olasılığı göstermektedir.

GARP modelleri oluşturulurken varlık verilerinin 50%'si model sınamaları için ayrılmıştır. Bu veriler kullanılarak yapılan istatistiksel analizler sonucunda uygulanan modelin rastgele bir tahminden farklı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir tahminleme yapıp yapmadığını belirlemek için "Receiver Operating Characteristic" (ROC) eğrisi oluşturulur. Bu eğrinin altında kalan alan (AUC = Area Under Curve) 0,5'den büyük ise, modelin rastgele tahminden farklı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç ortaya koyduğunu ifade eder. Bu değer maksimum değeri ise 1'dir. Günümüz için oluşturulan modelin AUC değeri 0,99 olarak hesaplanmıştır. Böylece uygulanan modelin istatistiksel olarak anlamlılığı sınanmış olmaktadır.

GARP modellerinde kullanılan parametrelerin değerlendirilmesi amacıyla Li L tarafından 2006 yılında tanımlanan [110] Ki – Kare yöntemi kullanılmıştır. Bu analiz sonucunda BIOCLIM modellerinde olduğu kullanılan biyoklimatik parametrelerden Isotermalite (BIO3) parametresinin 7 diğer parametre ile korele olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu parametrenin modelden çıkartılması da sonuçlarda hiçbir değişikliğe neden olmamıştır. Bu nedenle modeller 19 biyoklimatik parametrenin tamamı kullanılarak oluşturulmuştur.

Günümüz için elde edilen GARP haritasında türün dağılımı için uygun olarak tahminlenen alanlar türün bilinen dağılım alanını da içermekle birlikte, bilinen dağılım alanından çok daha geniş bir alanı kapsamakta ve bu alanların büyük kısmında türün varolmadığı bilinmektedir.



Şekil 2.2.1.1 GARP modelinin günümüze ait model çıktısı

2.2.2 Son Tam Buzul Döngüsü Modelleri

Günümüze ait GARP modelinin SBD senaryosu ile SBM senaryosunun CCSM ve MIROC projeksiyonları ile oluşturulan modeller Şekil 2.2.2.1'de verilmiştir. Şekil 2.2.2.1'de **a** haritası SBD senaryosu model sonucunu, **b** haritası SBM senaryosunun CCSM model sonucunu ve **c** haritası SBM senaryosunun MIROC model sonucunu göstermektedir.

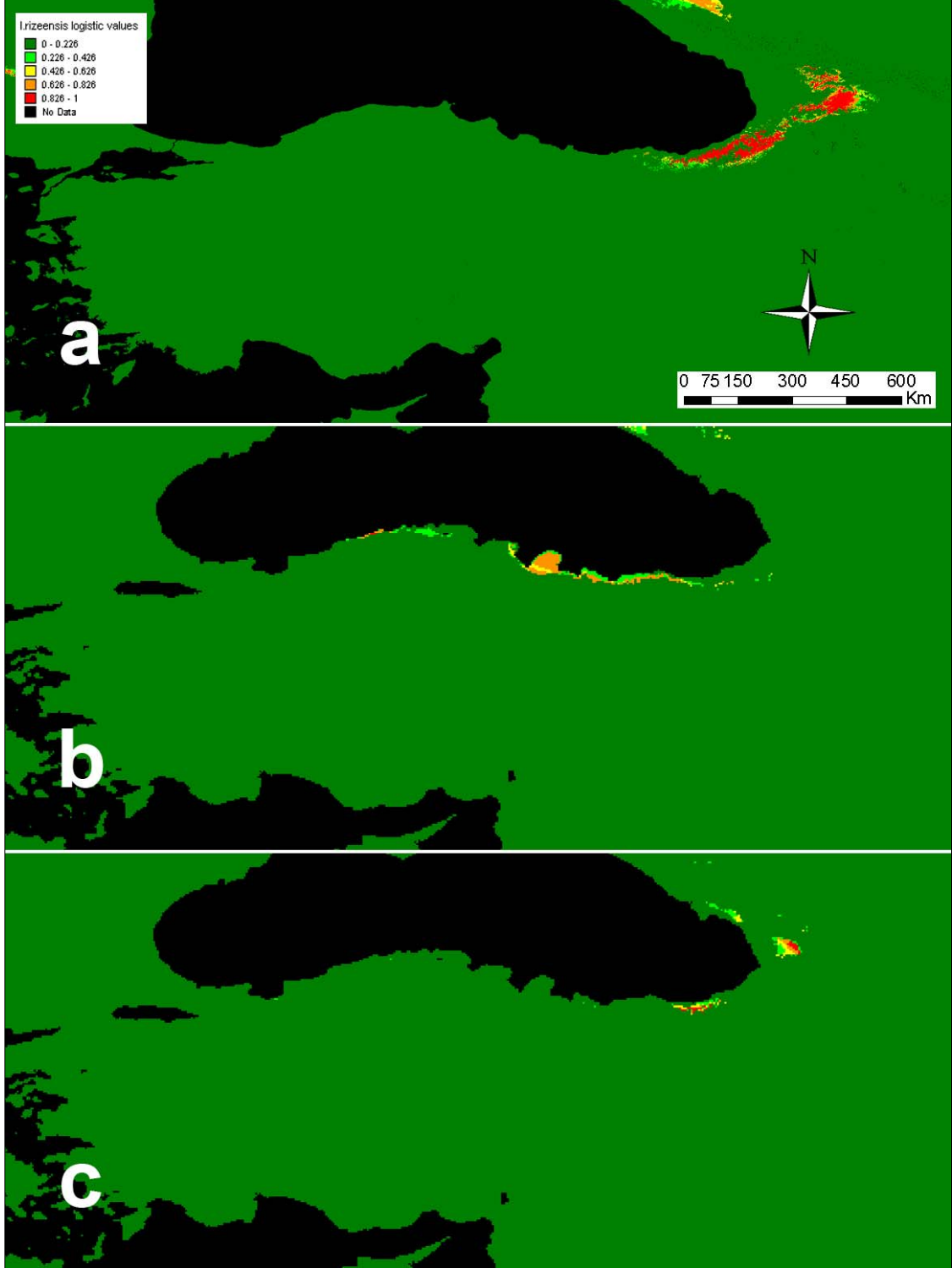
Model sonuçları değerlendirildiğinde günümüz model sonuçlarına göre, SBD senaryosuna ait model sonucunun, günümüzde bilinen dağılım alanıyla daha çok örtüştüğü görülmektedir. Her iki SBM senaryosu modelinde de türün dağılımı için uygun alanların bölgesel olarak değişmediği ancak uygun alanların kıyı bölgelerle sınırlı kaldığı tespit edilmiştir.

Gerçekleştirilen model sonrası analizlerde, SBD'den SBM'na geçişte yukarıda gözlenen trend daha açık şekilde görülmektedir. Türün dağılımı için uygun olarak tahminlenen bölgelerin toplam alanı her iki SBM modelinde SBD'ne göre belirgin şekilde azalmıştır. Aynı bölgelerin yüksekliğe ait ortalama ve medyan değerleri incelendiğinde türün dağılım yüksekliğinin de SBM sırasında belirgin şekilde azaldığı görülmektedir. Yapılan analizler sonrası elde edilen toplam alan ve yükseklik değerleri Çizelge 2.2.2.1'de verilmiştir.

SBD ve SBM modelleri günümüz ile karşılaştırıldığında türün hesaplanan ortalama ve medyan yükseklik değerlerinin SBD ile hemen hemen aynı olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2.2.2.1 GARP yöntemi son tam buzul döngüsü modellerine ait yükseklik ve toplam alan değerleri

Zaman	Yükseklik (m)		Toplam Alan (km ²)
	Ortalama	Medyan	
SBD	1163	1083	23360
SBM - CCSM	152	93	10999
SBM - MIROC	234	116	4949
Günümüz	1161	1113	38898



Şekil 2.2.2.1 GARP modelinin son tam buzul döngüsü modelleri; **a** SBD senaryosu; **b** SBM senaryosu CCSM modeli; **c** SBM senaryosu MIROC modeli

2.2.3 Geleceğe Ait Senaryo Modelleri

2.2.3.1 A1b Senaryosu Modelleri

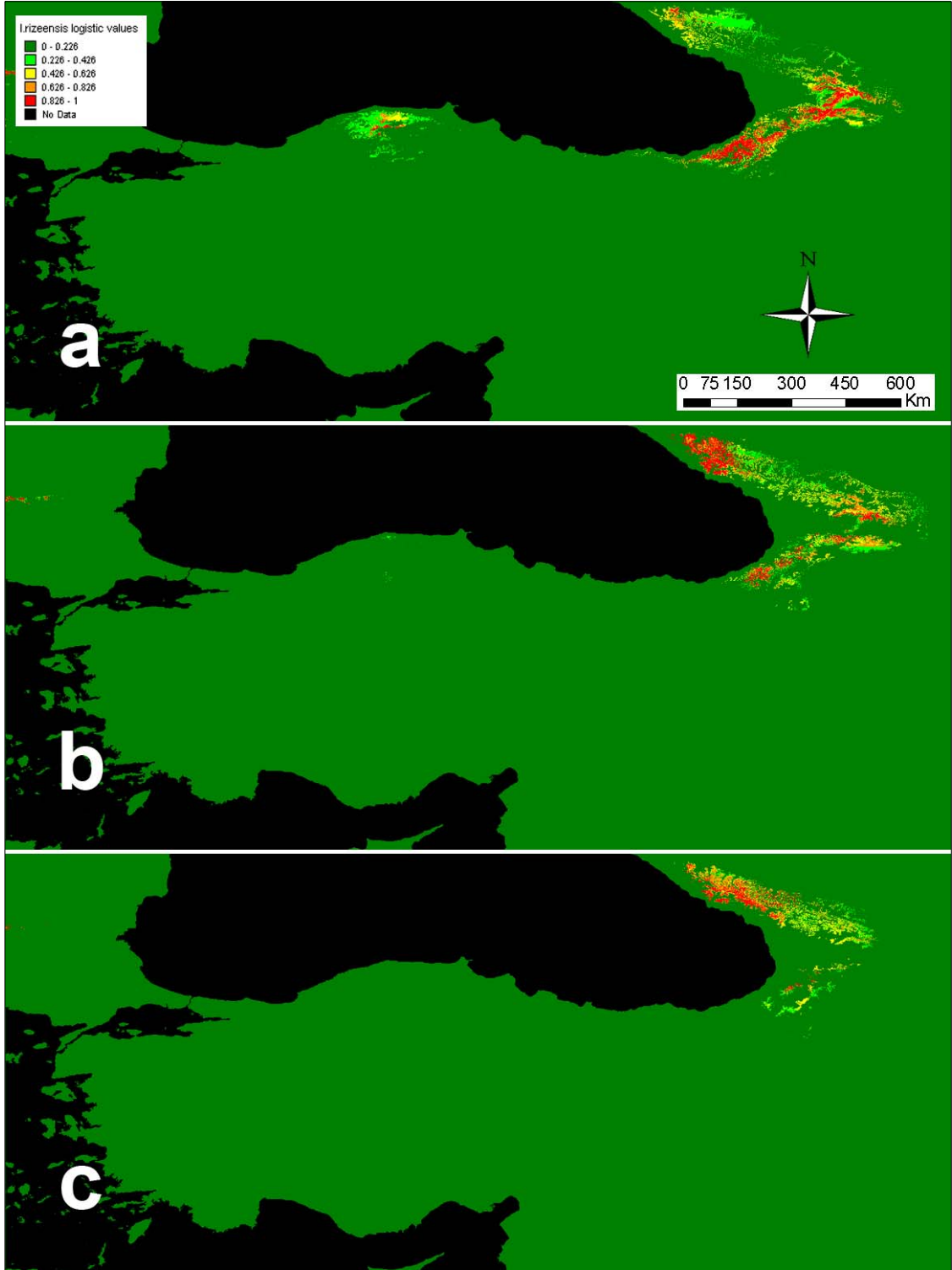
I. rizeensis için hazırlanan IPCC4 A1b senaryosunun 2020, 2050 ve 2080 yılına ait GARP modelleri Şekil 2.2.3.1.1'de verilmiştir. A1b senaryosunun Şekil 2.2.3.1.1'de **a** haritası 2020 yılı, **b** haritası 2050 yılı ve **c** haritası 2080 yılı modelini göstermektedir.

2020 yılı A1b iklim senaryosuna göre elde edilen sonuç, günümüz sonucuna göre, türün dağılımı için uygun olarak tahminlenen alanların dağılım örüntüsü değişmeden azaldığını göstermektedir. 2050 ve 2080 yılı modellerinde ise tahminlenen alanlar türün günümüzdeki dağılımı ile örtüşmemektedir. Günümüzde türün bulunduğu alanlar uygun olarak değerlendirilmemişken, uygun olarak belirlenen bölgeler günümüzdeki dağılım örüntüsüne göre çok daha Kuzeydoğu yönünde kalmaktadır.

Model sonrası analizlerle elde edilen türün dağılımı için uygun bölgelerin toplam alanı ve bu bölgelerin yüksekliğine ait ortalama ve medyan değerleri Çizelge 2.2.3.1.1'de verilmiştir. Bu değerlere bakıldığında toplam alan değerinin 2020, 2050 ve 2080 yıllarında kademeli olarak azaldığı görülmektedir. Toplam alan değerleri azalırken yükseklik değerleri 2020, 2050 ve 2080 yıllarında kademeli olarak artmaktadır.

Çizelge 2.2.3.1.1 GARP yöntemi A1b senaryo modellerine ait yükseklik ve toplam alan değerleri

Zaman	Yükseklik (m)		Toplam Alan (km ²)
	Ortalama	Medyan	
Günümüz	1161	1113	38898
2020 A1b	1384	1335	30139
2050 A1b	1818	1815	25920
2080 A1b	2135	2134	15327



Şekil 2.2.3.1.1 GARP modelinin IPCC4 A1b senaryo modelleri; a 2020; b 2050; c 2080 yılı

2.2.3.2 A2a Senaryosu Modelleri

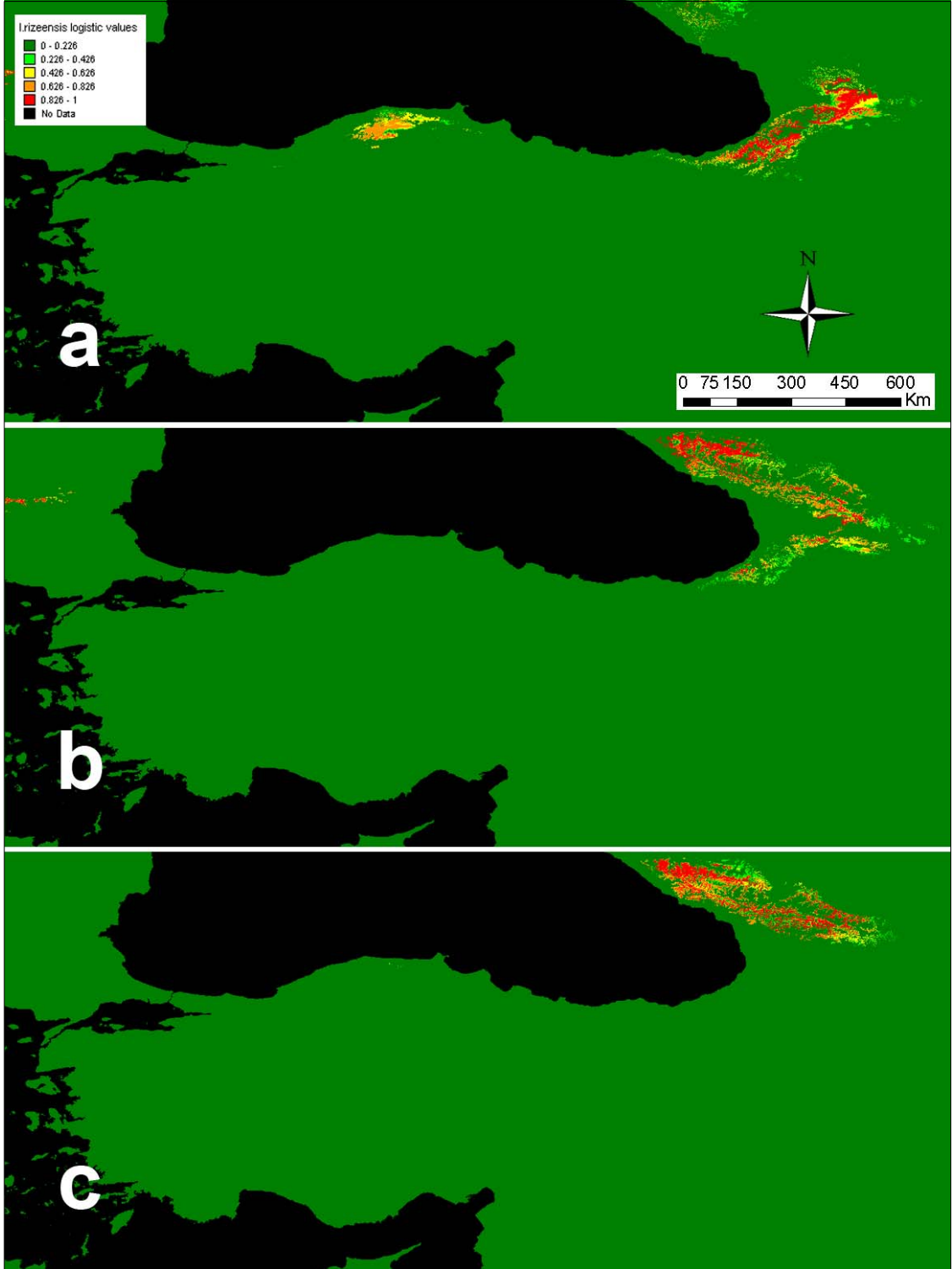
I. rizeensis için hazırlanan IPCC4 A2a senaryosunun 2020, 2050 ve 2080 yılına ait GARP modelleri Şekil 2.2.3.1.1'de verilmiştir. A2a senaryosunun Şekil 2.2.3.1.1'de **a** haritası 2020 yılı, **b** haritası 2050 yılı ve **c** haritası 2080 yılı modelini göstermektedir.

A2a senaryosuna göre elde edilen model sonuçları, dağılım örüntüleri açısından A1b senaryosuna benzer sonuçlar ortaya koymuştur. 2020 yılında türün dağılımı için uygun alanlar, günümüz sonuçlarına benzerlik göstermekle birlikte uygun alanların azaldığı görülmektedir. 2020 ve 2050 yıllarında ise türün dağılımı için uygun olan bölgeler kademeli olarak Kuzeydoğuya doğru kaymıştır. 2020 ve 2050 yılı için uygun olarak tahminlenen bölgeler, türün günümüzde bilinen dağılım alanı ile örtüşmemektedir.

Model sonrası analizlerle elde edilen türün dağılımı için uygun bölgelerin toplam alanı ve bu bölgelerin yüksekliğine ait ortalama ve medyan değerleri Çizelge 2.2.3.2.1'de verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde türün dağılımı için uygun olarak tahminlenen toplam alanın 2020, 2050 ve 2080 yıllarında kademeli olarak azaldığı görülmektedir. Bu alanlara ait ortalama ve medyan yükseklik değerleri ise 2020, 2050 ve 2080 yıllarında kademeli olarak artış göstermektedir.

Çizelge 2.2.3.2.1 GARP yöntemi A2a senaryo modellerine ait yükseklik ve toplam alan değerleri

Zaman	Yükseklik (m)		Toplam Alan (km ²)
	Ortalama	Medyan	
Günümüz	1161	1113	38898
2020 A2a	1262	1159	26935
2050 A2a	1630	1618	24746
2080 A2a	1752	1753	9734



Şekil 2.2.3.2.1 GARP modelinin IPCC4 A2a senaryo modelleri; a 2020; b 2050; c 2080 yılı

2.2.3.3 B2a Senaryosu Modelleri

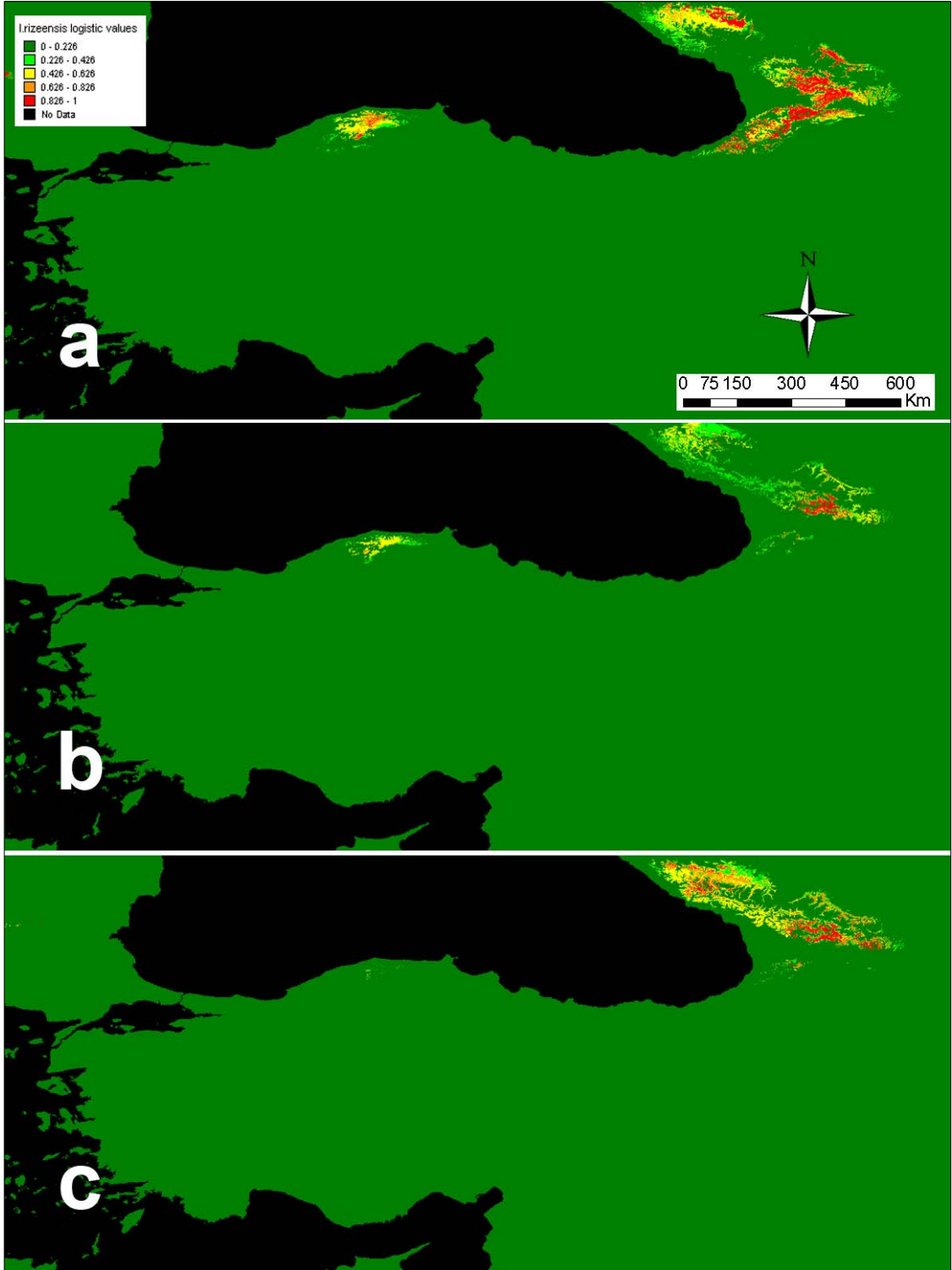
I. rizeensis için hazırlanan IPCC4 B2a senaryosunun 2020, 2050 ve 2080 yılına ait GARP modelleri Şekil 2.2.3.1.1'de verilmiştir. B2a senaryosunun Şekil'de **a** haritası 2020 yılı, **b** haritası 2050 yılı ve **c** haritası 2080 yılı modelini göstermektedir.

2020 yılına ait B2a senaryo modeli günümüz için oluşturulan modelle dağılım örüntüsü açısından örtüşmekte ve *I. rizeensis*'in dağılımı için uygun olarak tahminlenen bölgenin alansal olarak azaldığı görülmektedir. 2050 ve 2080 yılı modellerinde ise uygun olarak tahminlenen alanlar diğer senaryolarda elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. 2050 ve 2080 yılına ait uyumlu bölgeler türün günümüzde bilinen dağılımı ile örtüşmemektedir ve bu alanlar modellenen zamanlarda kademeli olarak Kuzeydoğuya doğru kaymıştır.

Model sonrası analizler incelendiğinde ise B2a senaryosunda uygun olarak tahminlenen toplam alan değerinde, diğer iki senaryoya göre, farklılık gözlemlenmiştir. B2a senaryosunda toplam alan 2020 yılında azalırken 2050 yılında tekrar artış göstermekte, 2080 yılında ise yeniden düşmektedir. Diğer senaryolarda toplam alan değerinin 2020, 2050 ve 2080 yılları boyunca kademeli olarak azalırken yükseklik değerleri, diğer senaryolardaki gibi, kademeli olarak artış göstermiştir. Yapılan analizler sonrası elde edilen toplam alan ve yükseklik değerleri Çizelge 2.2.3.3.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.2.3.3.1 GARP yöntemi B2a senaryo modellerine ait yükseklik ve toplam alan değerleri

Zaman	Yükseklik (m)		Toplam Alan (km ²)
	Ortalama	Medyan	
Günümüz	1161	1113	38898
2020 B2a	1345	1268	17206
2050 B2a	1366	1322	21738
2080 B2a	1671	1656	7292



Şekil 2.2.3.3.1 GARP modelinin IPCC4 B2a senaryo modelleri; a 2020; b 2050; c 2080

2.3 MAXENT Model Sonuçları

2.3.1 Günümüz Modeli

I. rizeensis'in günümüzdeki dağılımını tahminleyen MAXENT model ıktısı Şekil 2.3.1.2 'de verilmiştir. Türün bilinen varlık lokalitelerine göre oluşturulan model sonucu, türün dağılımı için uygun alanları 0 ile 1 arasında bir olasılık skalasında verilmektedir. Sıfır en düşük olasılığı gösterirken bir en yüksek olasılığı göstermektedir. BIOCLIM ve GARP modellerinden farklı olarak MAXENT modellerinde çıktı olarak 11 farklı eşik değeri hesaplanmaktadır. Model başlangıcında tanımlanan %25 Rastgele Test Yüzdesi kullanarak, model bu 11 eşik değerini ve AUC değerlerini hesaplamaktadır. Bu hesaplanan eşik değerleri model çıktısının rastgele bir tahminden farklı, istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç vermesi için gerekli olasılıkları tanımlar. Bu eşik değerlerinin model çıktısına uygulanması, tahminlenen dağılım alanlarında farklılıklara neden olur [111]. Bu 11 eşik değeri içerisinden "%10 eğitim varlık verisi" (10 percentile training presence) eşik değeri kullanılmıştır. Bu eşik değerinin seçilmesinin sebebi %90'ın üzerinde doğru olarak sınıflandırılmış lokaliteleri kullanmasıdır. Bu eşik değeri 0,226 olarak hesaplanmıştır. *I. rizeensis* için oluşturulan tüm model çıktılarının olasılık değerleri bu eşik değeri kullanılarak yeniden sınıflandırılmıştır.

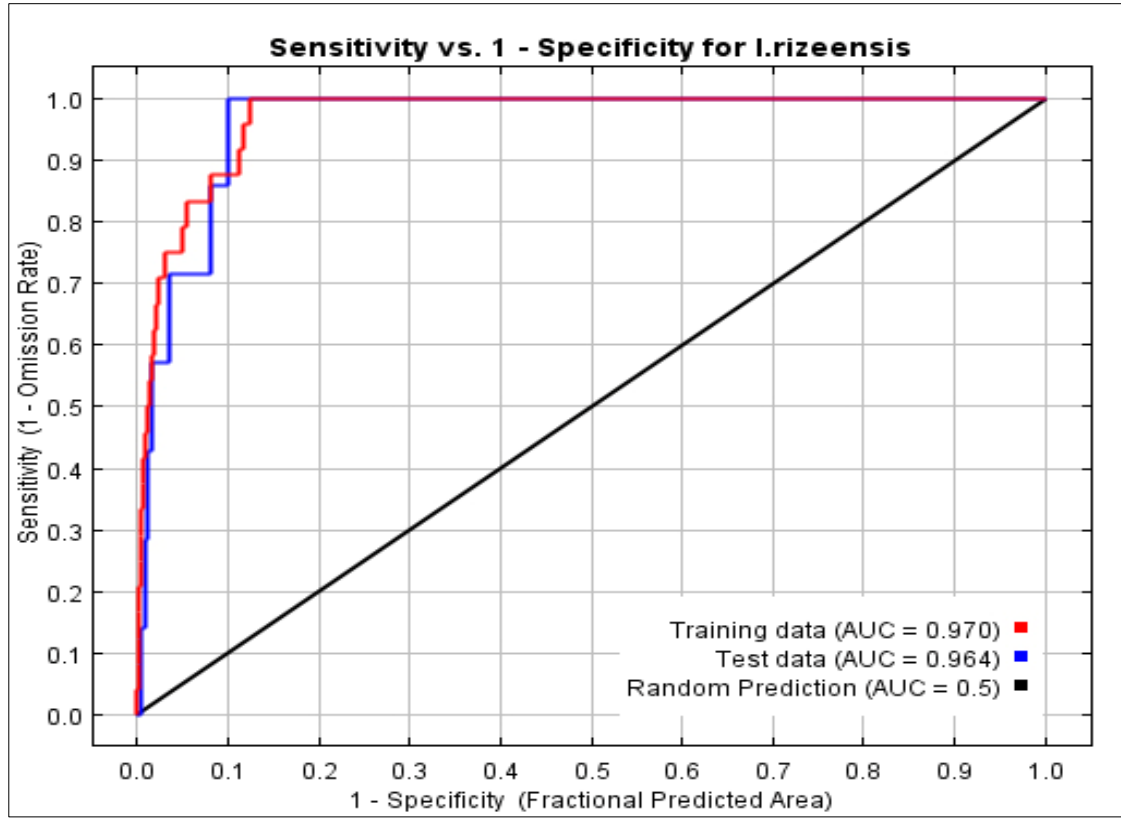
Model sınaması için aynı zamanda ROC oluşturulmuş ve buna göre model test ve eğitim verisi için AUC değerleri sırasıyla 0,964 ve 0,97 olarak hesaplanmıştır (Şekil 2.3.1.1). Bu değerlere göre oluşturulan modeller istatistiksel olarak anlamlıdır (>0,5).

MAXENT modeli kullanılırken, diğer model uygulamalarından farklı olarak, günümüz modeli maske olarak türün bilinen dağılım alanını kapsayacak Şekilde oluşturulmuştur. Bunun sebebi modelin oluşturduğu arkaplan örnekleminin türün gerçekte varolmadığı alanlardan alınmasının engellenmesidir.

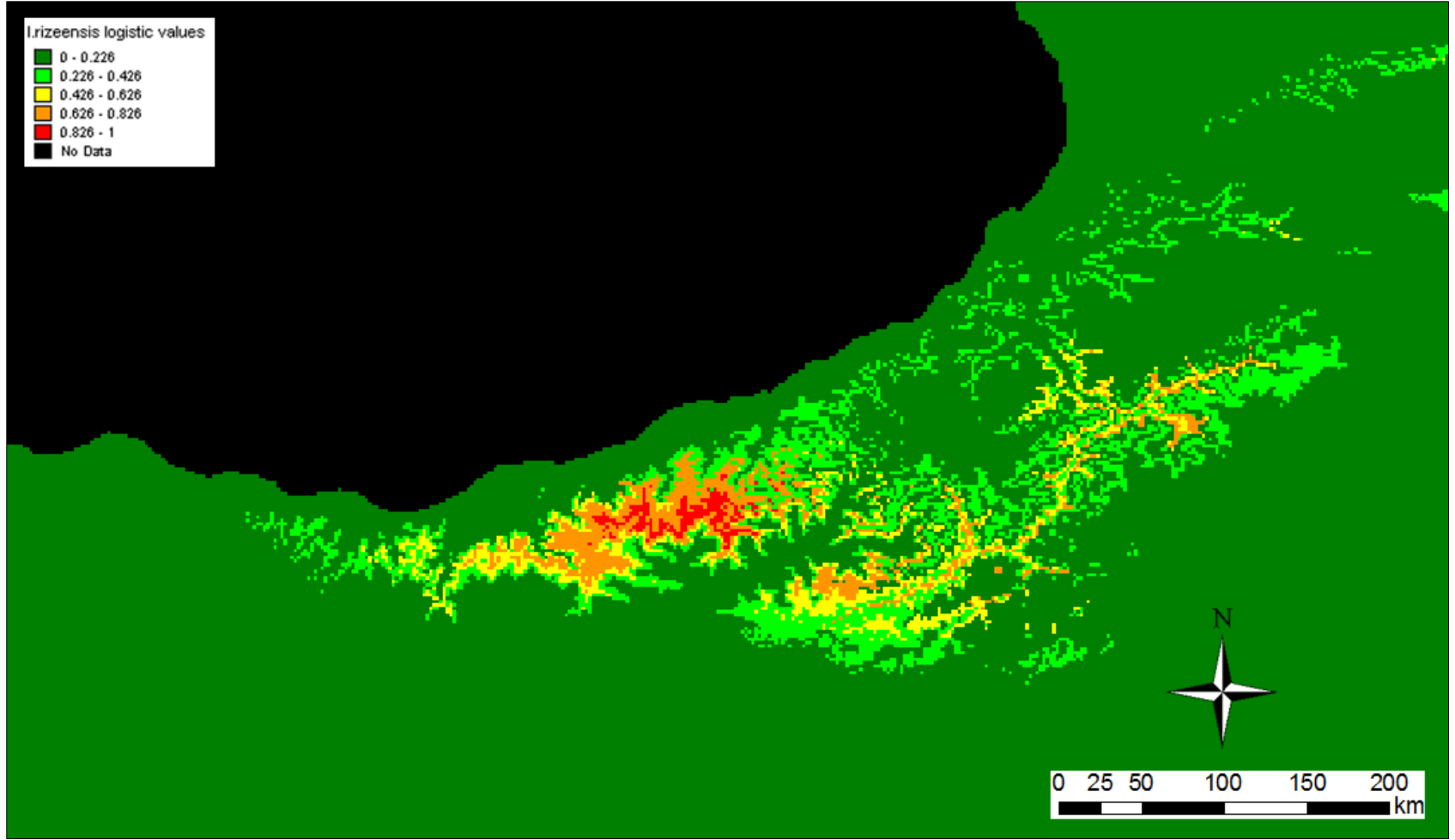
Kullanılan 19 biyoklimatik parametrenin model sonucunda ortaya çıkan dağılım örüntüsüne yüzde katkısı model çıktısında yer almaktadır. Buna göre BIO15 (Mevsimsel yağış) %26,4, BIO9 (En kurak çeyreğin ortalama sıcaklığı) %23, BIO14 (En kurak ayın yağışı) %16,8, BIO4 (Mevsimsel sıcaklık) %16 katkıda bulunmuştur.

MESS (Multivariate Environmental Similarity Surface) haritasına göre günümüz modelinin diğer zamanlara projeksiyonu sırasında ele alınan parametrelerden bazılarının günümüz modelinde gözlemlenmeyen iklimsel durumlara neden olduğu belirlenmiştir. Bu parametrenin yüzde katkı değerleri çok düşük (SBM senaryosu MIROC modelinde BIO7 %0) olduğu için model sonuçlarını etkilememektedir. Bu nedenle model tüm parametreler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

I. rizeensis için oluşturulan model çıktısına bakıldığında türün dağılımı için uygun olarak tahminlenen bölgeler, türün günümüzde bilinen dağılım alanları ve arazi çalışmalarında gerçekleştirilen örneklemeler ile örtüşmektedir.



Şekil 2.3.1.1 MAXENT modeli ROC eğrisi ve AUC değerleri



Şekil 2.3.1.2 MAXENT modelinin günümüze ait model çıktısı

2.3.2 Son Tam Buzul Döngüsü Modelleri

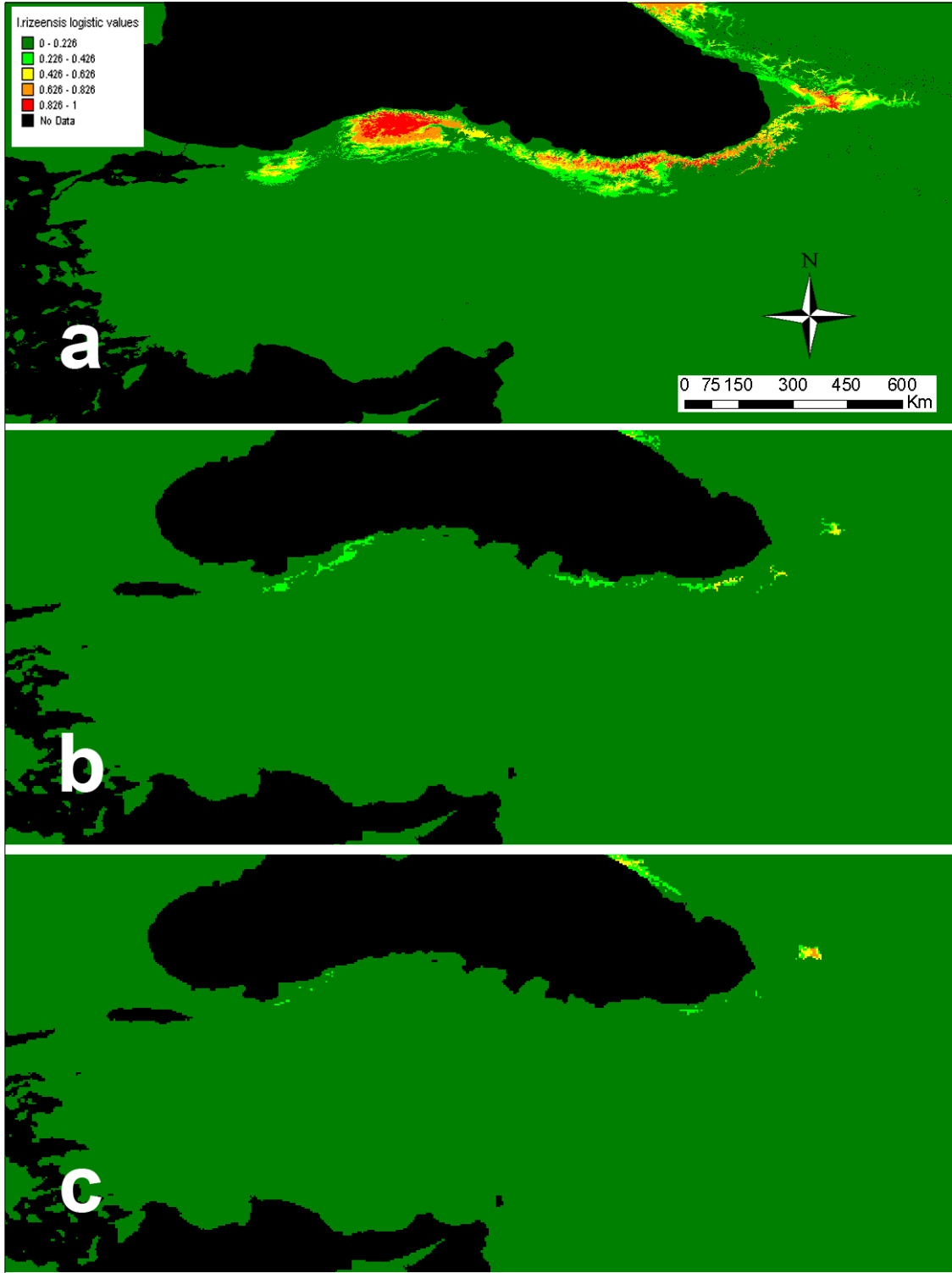
I. rizeensis'e ait son tam buzul döngüsü modelleri Şekil 2.3.2.1'de verilmiştir. Şekil 2.3.2.1 'de **a** haritası SBD senaryosu modelini, **b** haritası SBM senaryosunun CCSM modelini ve **c** haritası SBM senaryosunun MIROC modelini göstermektedir.

SBD senaryosu model çıktısı incelendiğinde türün dağılımı için uygun olarak tahminlenen bölgenin Karadeniz boyunca kesiksiz olarak devam ettiği, günümüzdeki Gürcistan sınırları içinde kalacak şekilde Kuzeydoğu yönünde de uygun alanlar olduğu gözlemlenmektedir. SBM senaryosu modellerinde ise türün dağılım alanları çok belirgin şekilde daralarak belirli noktalara çekilmiştir. SBM senaryosunun MIROC modelinde bu durum CCSM'ye göre daha belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır.

Model sonrası analizler ile elde edilen veriler SBD'den SBM'ye geçişte gözlemlenen alansal daralmayı sayısal olarak da göstermektedir. Hesaplanan toplam alan değerleri incelendiğinde SBD de türün varlığı için uygun olarak belirlenen alan değeri SBM'da CCSM ve MIROC modelleri için belirgin şekilde azalmıştır. Günümüzde ise toplam alan değerinin SBM değerlerine yakın olduğu görülmektedir. Bu alanlara karşılık gelen yüksekliğe ait ortalama ve medyan değerleri SBD'den SBM'na geçişte azalmıştır. Günümüzde ise bu değerlerin tekrar yükselerek SBM değerlerinin üzerine çıktığı görülmektedir. Günümüz için hesaplanan yükseklik değerleri türün araziden bilinen dağılım yüksekliği ile uyuşmaktadır. Yapılan analizler sonrası elde edilen toplam alan ve yükseklik değerleri Çizelge 2.3.2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.3.2.1 MAXENT yöntemi son tam buzul döngüsü modellerine ait yükseklik ve toplam alan değerleri

Zaman	Yükseklik (m)		Toplam Alan (km ²)
	Ortalama	Medyan	
SBD	812	858	24307
SBM - CCSM	403	325	6952
SBM - MIROC	205	175	3896
Günümüz	1393	1314	4945



Şekil 2.3.2.1 MAXENT modelinin son tam buzul döngüsü modelleri; **a** SBD; **b** SBM senaryosu CCSM modeli; **c** SBM senaryosu MIROC modeli

2.3.3 Geleceğe Ait Senaryo Modelleri

2.3.3.1 A1b Senaryosu Modelleri

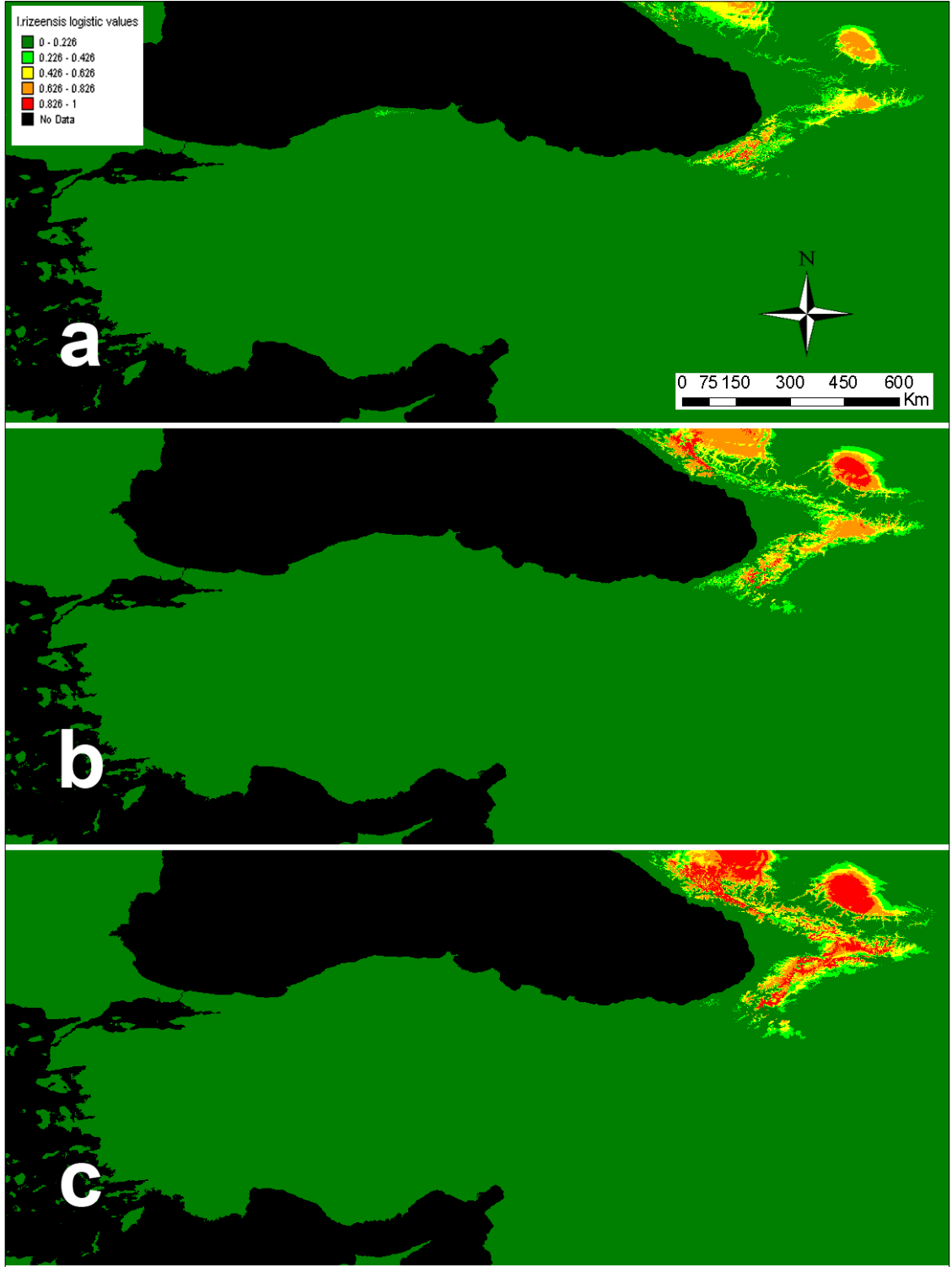
I. rizeensis için IPCC4 A1b senaryosuna göre oluşturulan 2020, 2050 ve 2080 yılına ait modeller Şekil 2.3.3.1.1'de verilmiştir. Şekil 2.3.3.1.1'de **a** haritası IPCC4 A1b senaryosunun 2020 yılına, **b** haritası 2050 yılına ve **c** haritası 2080 yılına ait modelini göstermektedir.

2020 yılı için oluşturulan model incelendiğinde türün dağılımı için günümüzde uygun olarak belirlenen bölgelerin aynı örüntüyü korudukları görülmektedir. 2050 ve 2080 yılları modellerinde ise türün dağılımı için uygun bölgelerin kademeli olarak Kuzeydoğu yönüne kaydığı, ancak bu durumun BIOCLIM ve GARP modellerinde görülen kadar belirgin olmadığı gözlemlenmiştir.

A1b senaryosuna ait model sonrası analizlerde türün dağılımı için uygun bölgelerin toplam alanının 2020 yılında artış gösterdiği, 2050 ve 2080 yıllarında ise kademeli olarak azalarak günümüzdeki değerine yaklaştığı belirlenmiştir. Bu bölgelere ait yüksekliğin ortalama ve medyan değerleri 2020 yılında bir azalma gösterirken, 2050 ve 2080 yıllarında tekrar artmış ve yaklaşık olarak günümüzdeki değerlere yakın değerlere ulaşmıştır. Yapılan analizler sonrası elde edilen toplam alan ve yükseklik değerleri Çizelge 2.3.3.1.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.3.3.1.1 MAXENT yöntemi A1b senaryo modellerine ait yükseklik ve toplam alan değerleri

Zaman	Yükseklik (m)		Toplam Alan (km ²)
	Ortalama	Medyan	
Günümüz	1393	1314	4945
2020 A1b	1070	995	34526
2050 A1b	1103	1035	10806
2080 A1b	1208	1115	5305



Şekil 2.3.3.1.1 MAXENT modelinin IPCC4 A1b senaryo modelleri; a 2020; b 2050; c 2080 yılı

2.3.3.2 A2a Senaryo Modelleri

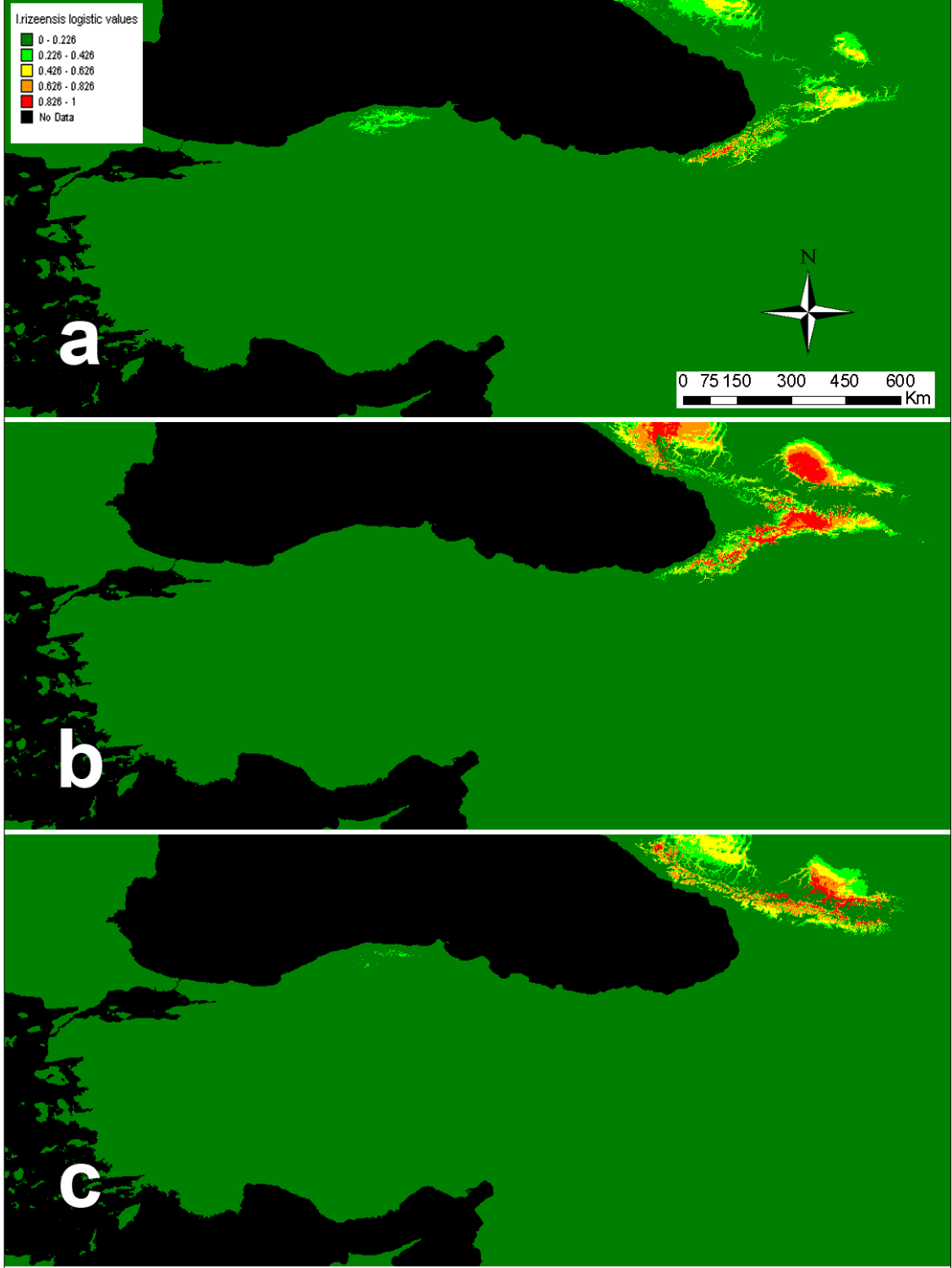
I. rizeensis için IPCC4 A2a senaryosuna göre oluşturulan 2020, 2050 ve 2080 yılına ait modeller Şekil 2.3.3.1.1'de verilmiştir. IPCC4 A2a senaryosunun Şekilde **a** haritası 2020 yılına, **b** haritası 2050 yılına ve **c** haritası 2080 yılına ait modelini göstermektedir.

A2a senaryosunun 2020 yılına ait model sonuçları aynı yılın a1b senaryo sonuçlarına benzer bir dağılım örüntüsü gösterirken, aynı şekilde 2050 yılı modeli de A1b senaryosunda gözlemlenen dağılım örüntüsüne benzer bir dağılım göstermektedir. Ancak A2a senaryosunun 2080 yılı modeli incelendiğinde, tür için uygun olarak tahminlenen bölgeler günümüz sonuçlarına göre belirgin şekilde değişmiştir. Günümüz model sonuçlarında türün dağılımı için uygun olarak belirlenen alanlar 2080 yılında uygun görünmemektedir.

Model sonrası analizler de türün dağılımı için uygun bölgelerin toplam alanının 2020 yılında belirgin şekilde artış gösterdiği, 2050 ve 2080 yıllarında kademeli olarak tekrar azaldığı görülmektedir. Aynı bölgelere ait yüksekliğin ortalama ve medyan değerleri 2020 yılında azalmış ve 2050 yılında yaklaşık olarak bu değerleri korumuştur. 2080 yılında ise yükseklik değerleri günümüz dağılımında görülen yükseklik değerlerine yakın değerler almıştır. Yapılan analizler sonrası elde edilen toplam alan ve yükseklik değerleri Çizelge 2.3.3.2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.3.3.2.1 Maxent yöntemi A2a senaryo modellerine ait yükseklik ve toplam alan değerleri

Zaman	Yükseklik (m)		Toplam Alan (km ²)
	Ortalama	Medyan	
Günümüz	1393	1314	4945
2020 A2a	1025	983	27097
2050 A2a	1010	945	7689
2080 A2a	1291	1270	3883



Şekil 2.3.3.2.1 MAXENT modelinin IPCC4 A2a senaryo modelleri; a 2020; b 2050; c 2080 yılı

2.3.3.3 B2a Senaryosu Modelleri

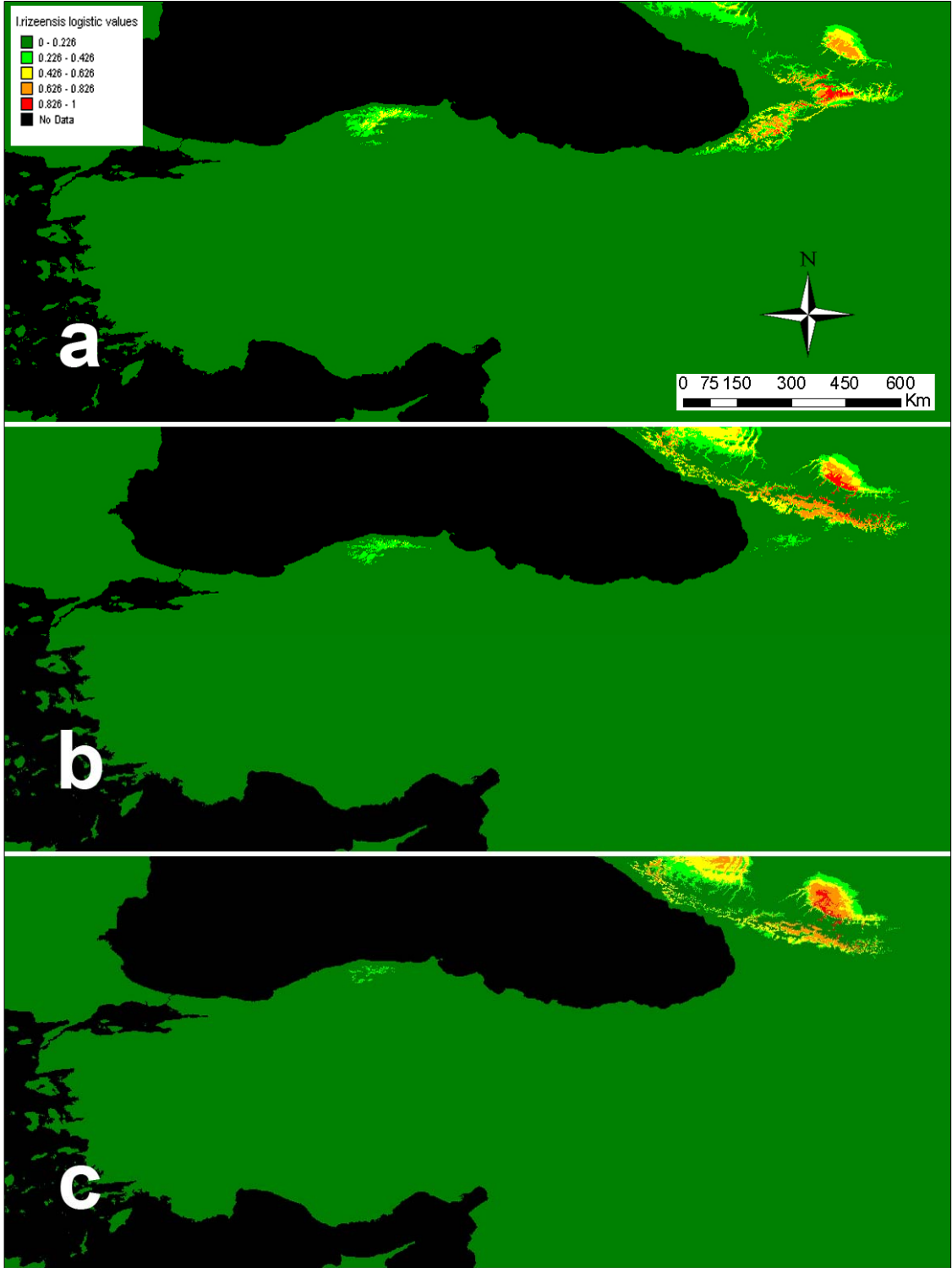
I. rizeensis için IPCC4 B2a senaryosuna göre oluşturulan 2020, 2050 ve 2080 yılına ait modeller Şekil 2.3.3.1.1'de verilmiştir. IPCC4 B2a senaryosunun şekilde **a** haritası 2020 yılına, **b** haritası 2050 yılına ve **c** haritası 2080 yılına ait modelini göstermektedir.

B2a senaryosuna ait 2020 yılı modelinde gözlemlenen dağılım örüntüsü, A1b ve A2a senaryolarının aynı yıla ait model çıktıları ile benzerlik göstermektedir. B2a senaryosunun 2050 yılına ait model çıktısı ise diğer senaryolara göre belirgin şekilde farklıdır. Türün dağılımı için uygun olarak tahminlenen bölgeler Kuzeydoğu yönüne kaymıştır ve günümüz modelinde uygun olarak tahminlenen bölgeler 2050 modelinde uygun görünmemektedir. 2080 yılı modelinde de 2050 yılına benzer bir dağılım örüntüsü ortaya çıkmaktadır. 2080 yılı için gözlemlenen dağılım örüntüsü aynı yılın A2a senaryosuyla benzerlik göstermektedir.

B2a senaryo modelleri için gerçekleştirilen model sonrası analizlerde türün dağılımı için uygun bölgelerin toplam alan 2020 yılında artış gösterirken, 2050 yılında bu değerlerin belirgin bir değişiklik göstermediği tespit edilmiştir. Ancak 2080 yılında ise tekrar daralma görülmektedir. Aynı bölgelere ait yüksekliğin ortalama ve medyan değerleri modellenen yıllar boyunca belirgin bir değişiklik göstermemiştir. Yapılan analizler sonrası elde edilen toplam alan ve yükseklik değerleri Çizelge 2.3.3.3.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.3.3.3.1 Maxent yöntemi B2a senaryo modellerine ait yükseklik ve toplam alan değerleri

Zaman	Yükseklik (m)		Toplam Alan (km ²)
	Ortalama	Medyan	
Günümüz	1393	1314	4945
2020 B2a	1115	1056	21647
2050 B2a	1104	1090	21313
2080 B2a	1057	1038	10629



Şekil 2.3.3.3.1 MAXENT modelinin IPCC4 B2a senaryo modelleri; **a** 2020; **b** 2050; **c** 2080 yılı

2.4 Vejetasyon Model Sonuçları

2.4.1 Günümüz Modelleri

15 bitki türüne ait 64 lokalite (Çizelge 1.5.2.1.2) temel alınarak, *I. rizeensis* için kullanılan tüm zaman ve iklim senaryolarına ait vejetasyon modelleri MAXENT yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Türün bilinen varlık lokaliteleri kullanılarak oluşturulan model sonucu, türün dağılımı için uygun alanları 0 ile 1 arasında bir olasılık skalasında verilmektedir. Sıfır en düşük olasılığı gösterirken bir en yüksek olasılığı göstermektedir.

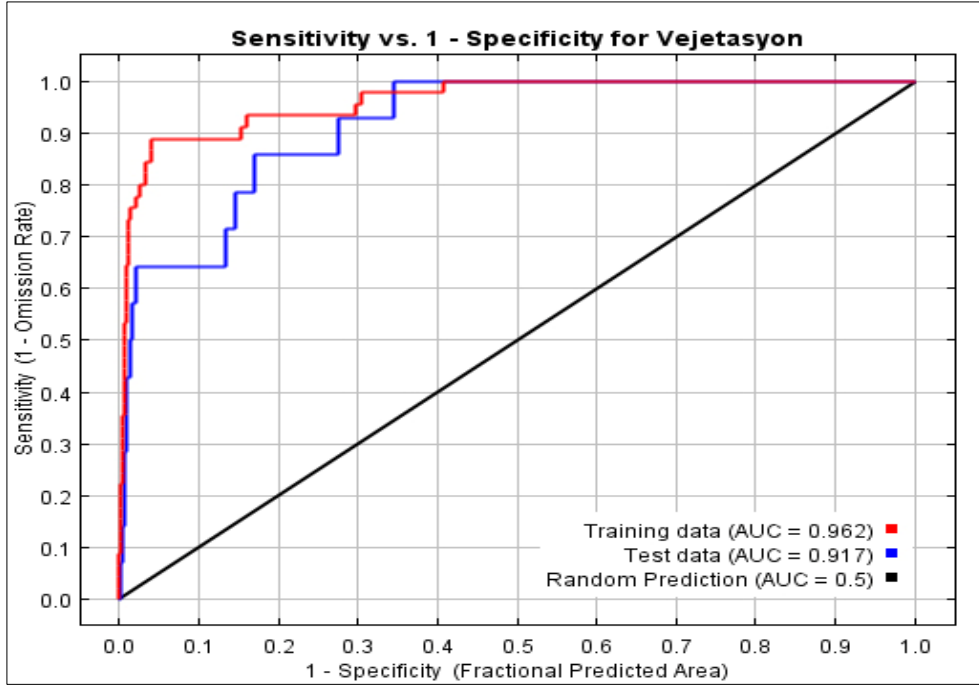
Model sınaması için ROC oluşturulmuş ve buna göre model test ve eğitim verisi için AUC değerleri sırasıyla 0,917 ve 0,962 olarak hesaplanmıştır (Şekil 2.4.1.1). Bu değerlere göre oluşturulan modeller istatistiksel olarak anlamlıdır (>0,5).

Vejetasyon modellerinde eşik değeri olarak %10 eğitim varlık verisi" (10 percentile training presence) eşik değeri kullanılmıştır. Bu eşik değeri 0,185 olarak hesaplanmıştır. Vejetasyon için oluşturulan tüm model çıktılarının olasılık değerleri bu eşik değeri kullanılarak yeniden sınıflandırılmıştır.

Kullanılan 19 biyoklimatik parametrenin model sonucunda ortaya çıkan dağılım örüntüsüne yüzde katkısı, model çıktısında yer almaktadır. Buna göre BIO14 (En kurak ayın yağışı) %54, BIO8 (En yağışlı çeyreğin ortalama sıcaklığı) %11,3, BIO7 (Yıllık ortalama sıcaklık aralığı) %11 katkıda bulunmuştur.

MESS (Multivariate Environmental Similarity Surface) haritasına göre günümüz modelinin diğer zamanlara projeksiyonu sırasında ele alınan parametrelerden bazılarının günümüz modelinde gözlemlenmeyen iklimsel durumlara neden olduğu belirlenmiştir. Bu parametrenin yüzde katkı değerleri çok düşük (SBM senaryosu CCSM modeli için BIO2 %0,2) olduğundan model sonuçlarını etkilememektedir. Bu nedenle model tüm parametreler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Vejetasyon için oluşturulan günümüze ait model çıktısı Şekil 2.4.1.2'de verilmiştir. Vejetasyon model çıktısı incelendiğinde türün dağılımı için uygun olarak tahminlenen bölgelerin *I. rizeensis* dağılım gösterdiği Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yoğunlaştığı ve aynı zamanda Batı Karadeniz ve Gürcistan'ın kuzeyinde de uygun bölgeler olduğu görülmektedir.

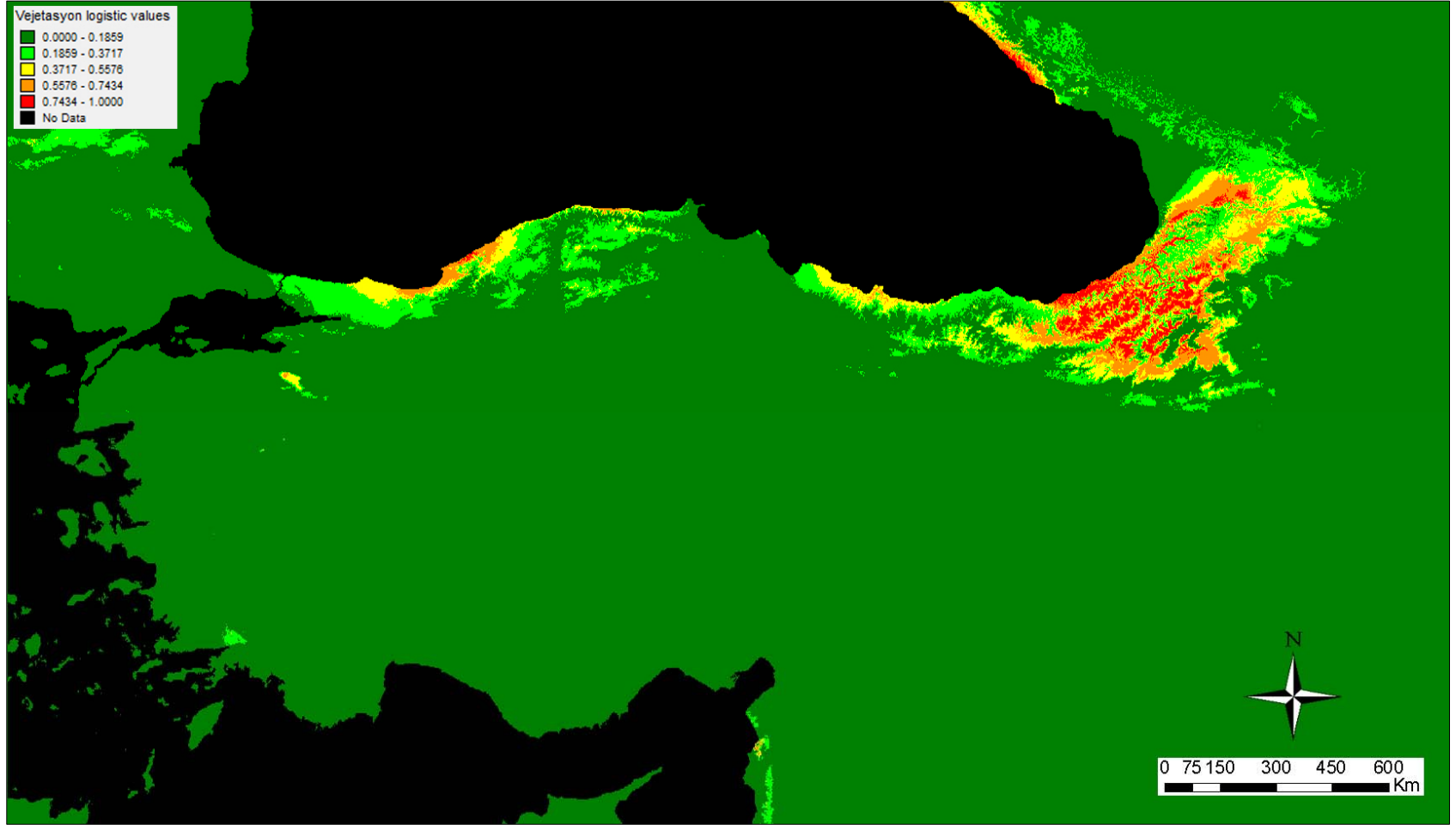


Şekil 2.4.1.1 MAXENT vejetasyon modeli ROC eğrisi ve AUC değerleri

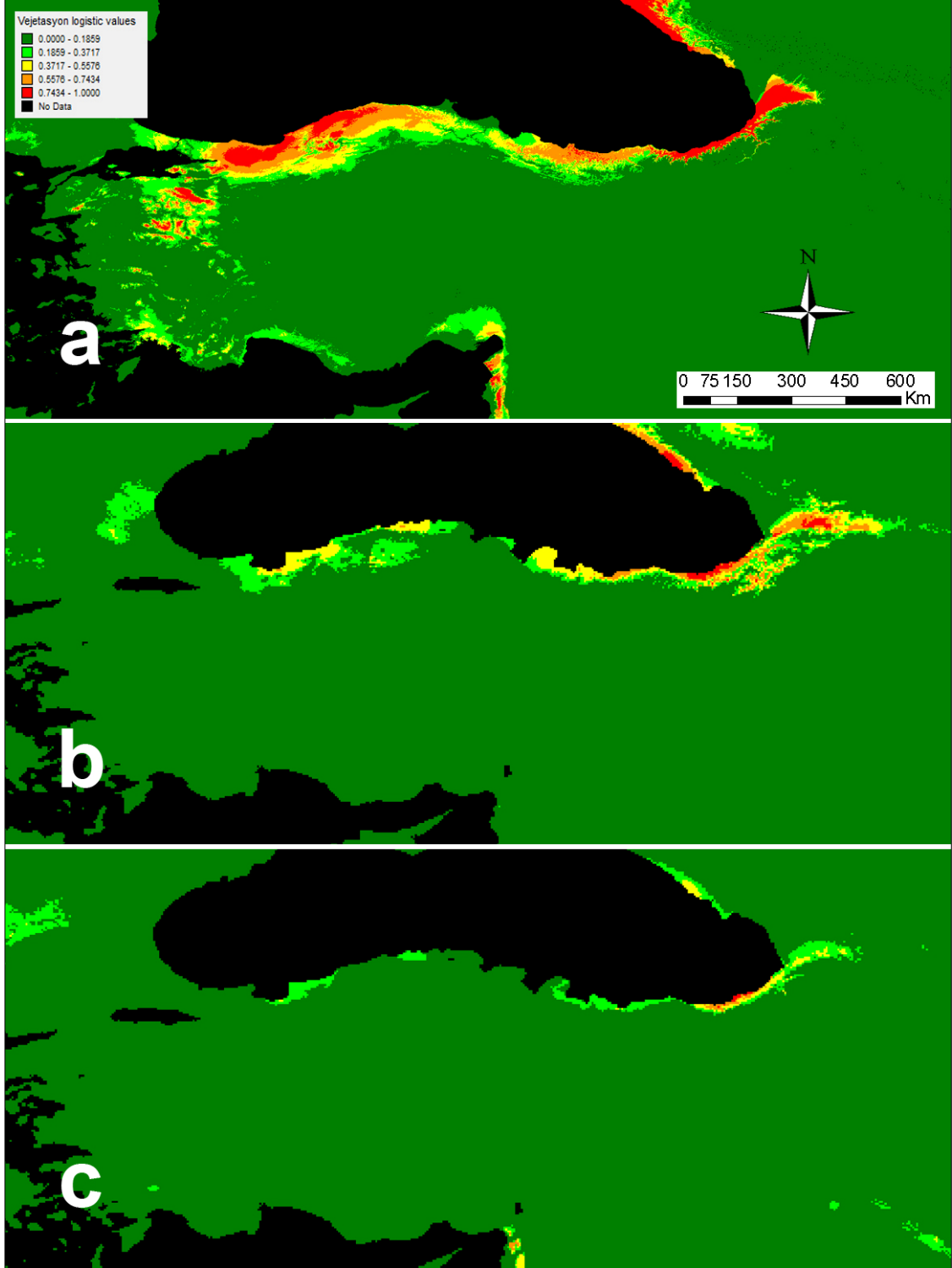
2.4.2 Son Tam Buzul Döngüsü Modelleri

Vejetasyona ait son tam buzul döngüsü modelleri Şekil 2.4.2.1'de verilmiştir. Şekil 2.4.2.1'de **a** haritası SBD senaryosu modelini, **b** haritası SBM senaryosunun CCSM modelini ve **c** haritası SBM senaryosunun MIROC modelini göstermektedir.

SBD senaryosu modelinde ele alınan 15 türün dağılımı incelendiğinde Karadeniz Bölgesi boyunca kesiksiz bir dağılım örüntüsü olduğu görülmektedir. SBD'den SBM'ye geçişte ise bu kesiksiz dağılım örüntüsünün kesintiye uğradığı görülmektedir. SBM'ye ait CCSM ve MIROC modellerinde *I. rizeensis*'in günümüzde dağılım gösterdiği bölgenin vejetasyon bakımından da SBM'de uygun olarak tahminlendiği görülmektedir. Vejetasyon için SBM'de gözlemlenen bu dağılım örüntüsü aynı zamanda *I. rizeensis* için oluşturulan SBM modelleri ile de uyumludur.



Şekil 2.4.1.2 MAXENT vejetasyon modelinin günümüze ait model çıktısı



Şekil 2.4.2.1 MAXENT vejetasyon modelinin son tam buzul döngüsü modelleri; **a** SBD; **b** SBM senaryosunun CCSM modeli; **c** SBM senaryosunun MIROC modeli

2.4.3 Geleceğe Ait Senaryo Modelleri

2.4.3.1 A1b Senaryosu Modelleri

IPPC4 A1b senaryosuna göre Vejetasyon için oluşturulan 2020, 2050 ve 2080 yıllarına ait modeller Şekil 2.4.3.1.1'de verilmiştir. Şekil 2.4.3.1.1'de **a** haritası IPCC4 A1b senaryosunun 2020 yılına, **b** haritası 2050 yılına ve **c** haritası 2080 yılına ait modelini göstermektedir.

2020 yılı için oluşturulan A1b senaryo modelinde vejetasyon dağılım örüntüsünün günümüz modeline göre değişiklik göstermediği görülmektedir. 2050 ve 2080 yıllarına ait modellerde de genel dağılım örüntüsü değişikliğe uğramazken; vejetasyonun dağılımı için uygun olarak tahminlenen bölgelerin yoğunluğu Gürcistan'ın kuzey bölgelerine doğru kademeli olarak artış göstermektedir.

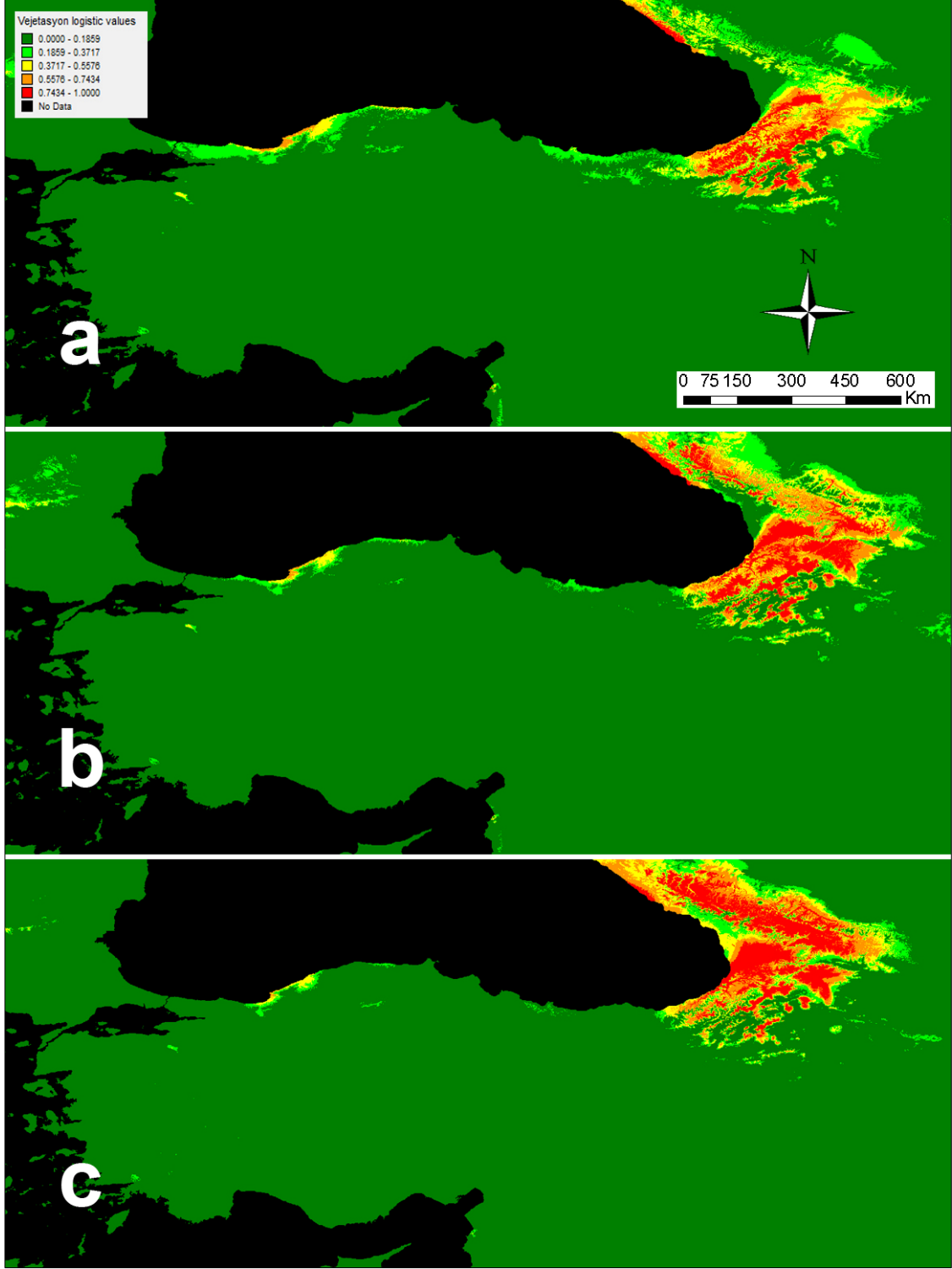
2.4.3.2 A2a Senaryosu Modelleri

IPPC4 A2a senaryosuna göre Vejetasyon için oluşturulan 2020, 2050 ve 2080 yıllarına ait modeller Şekil 2.4.3.2.1'de verilmiştir. Şekil 2.4.3.1.1'de **a** haritası IPCC4 A2a senaryosunun 2020 yılına, **b** haritası 2050 yılına ve **c** haritası 2080 yılına ait modelini göstermektedir.

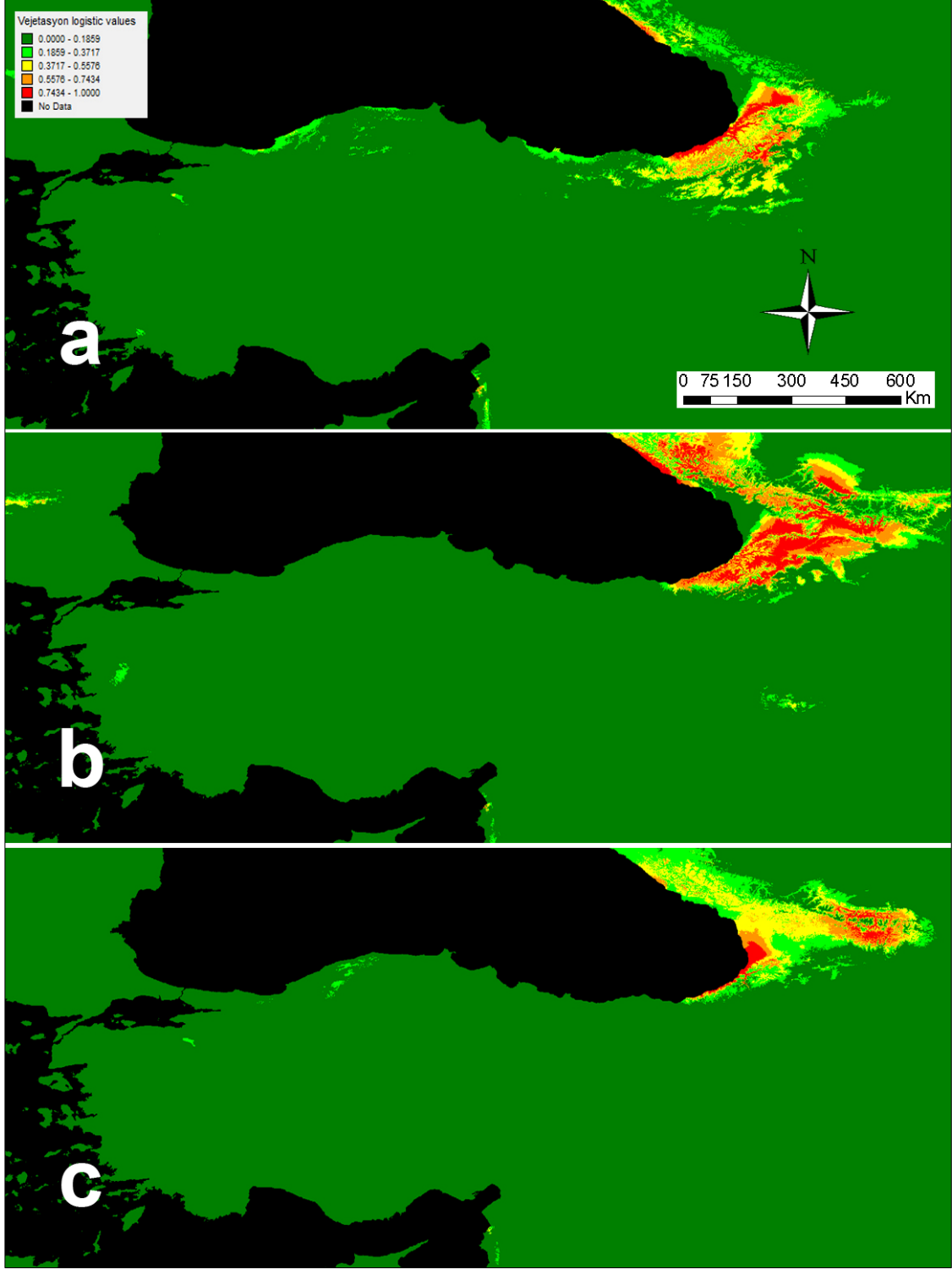
2020 yılı için oluşturulan A2a senaryo modelinde de A1b senaryo modelindeki gibi vejetasyon dağılım örüntüsü günümüze göre değişiklik göstermezken, A2a senaryosunun 2050 yılı için oluşturulan modeli de A1b senaryosuna benzer sonuçlar göstermektedir. 2080 yılı modelinde ise A1b modelinden farklı olarak vejetasyon için uygun olan alanlar Kuzeye doğru değil daha çok Doğuya doğru kaymıştır.

2.4.3.3 B2a Senaryosu Modelleri

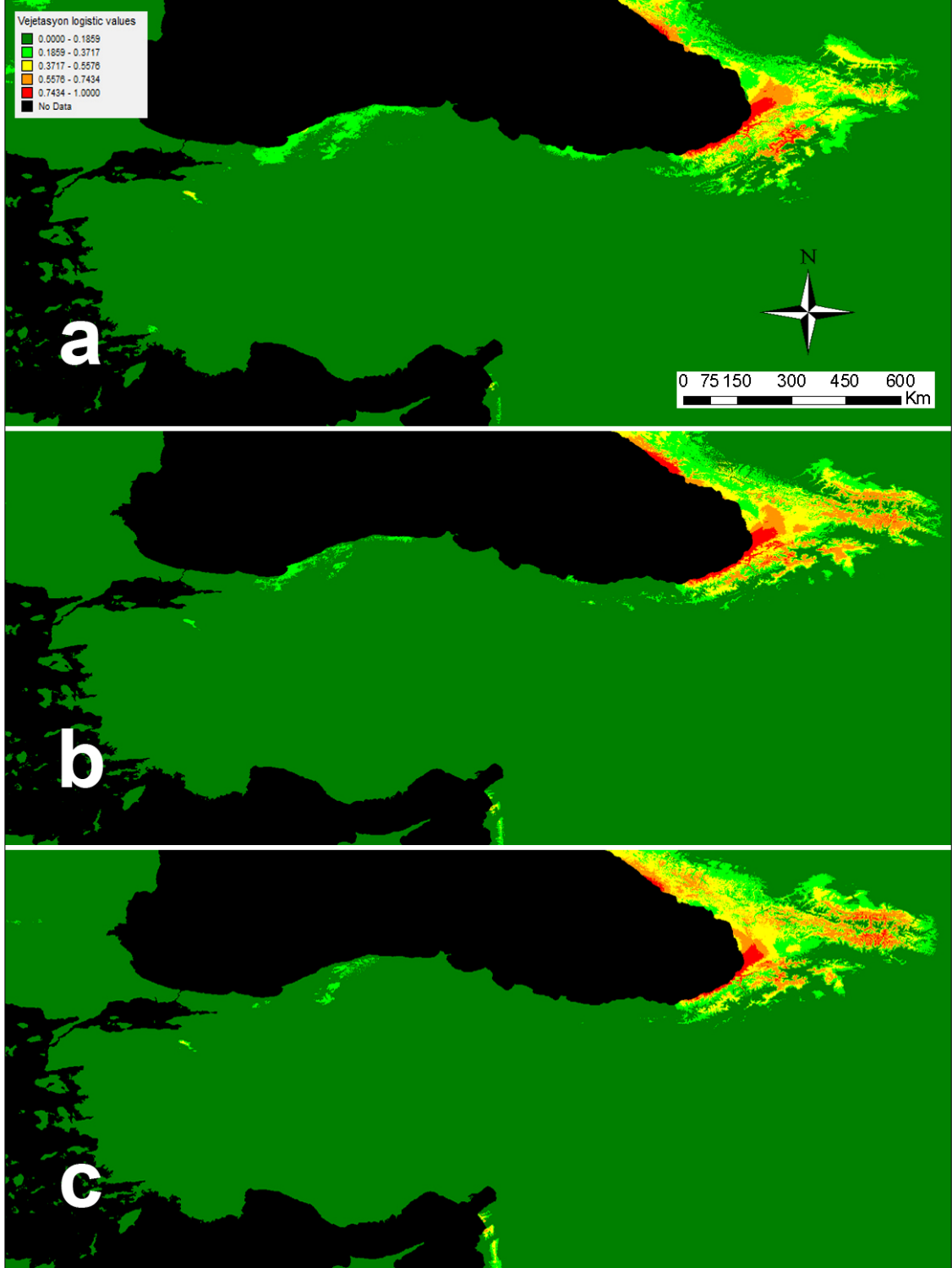
Vejetasyon için IPCC4 B2a senaryosuna göre oluşturulan 2020, 2050 ve 2080 yıllarına ait modeller Şekil 2.4.3.3.1'de verilmiştir. Şekil 2.4.3.1.1'de **a** haritası IPCC4 B2a senaryosunun 2020 yılına, **b** haritası 2050 yılına ve **c** haritası 2080 yılına ait modelini göstermektedir.



Şekil 2.4.3.1.1 MAXENT vejetasyon modelinin IPCC4 A1b senaryo modelleri; a 2020; b 2050; c 2080 yılı



Şekil 2.4.3.2.1 MAXENT vejetasyon modelinin IPCC4 A2a senaryo modelleri; a 2020; b 2050; c 2080 yılı



Şekil 2.4.3.3.1 MAXENT vejetasyon modelinin IPCC4 B2a senaryo modelleri; a 2020; b 2050; c 2080 yılı

B2a senaryo modelinin 2020, 2050 ve 2080 yıllarına ait vejetasyon model çıktıları incelendiğinde, dağılım örüntüsünün genel olarak günümüz dağılım örüntüsüne benzerlik gösterdiği görülmektedir. A1b ve A2a senaryo modellerinden farklı olarak B2a senaryo modellerinin hepsinde dağılım için uygun alanların Kuzeye yönünde değil Doğu yönünde değişiklik gösterme eğiliminde olduğu görülmektedir.

2.5 *Amplipennis* Tür Grubuna Ait Model Sonuçları

2.5.1 Günümüz Modeli

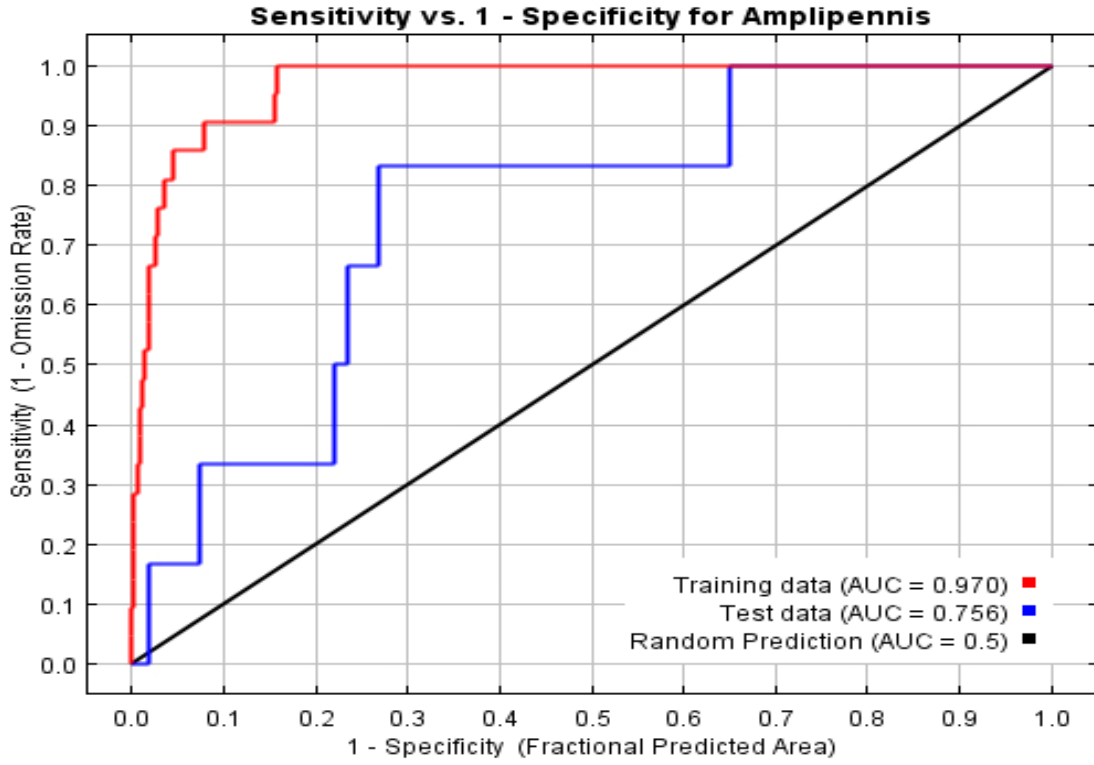
Türün bilinen varlık lokaliteleri kullanılarak oluşturulan model sonucu, türün dağılımı için uygun alanları 0 ile 1 arasında bir olasılık skalasında verilmektedir. Sıfır en düşük olasılığı gösterirken bir en yüksek olasılığı göstermektedir.

Model sınaması için ROC oluşturulmuş ve buna göre model test ve eğitim verisi için AUC değerleri sırasıyla 0,756 ve 0,97 olarak hesaplanmıştır (Şekil 2.5.1.1). Bu değerlere göre oluşturulan modeller istatistiksel olarak anlamlıdır (>0,5).

Amplipennis tür grubu modellerinde eşik değeri olarak "%10 eğitim varlık verisi" (10 percentile training presence) eşik değeri kullanılmıştır. Bu eşik değeri 0,377 olarak hesaplanmıştır. Vejetasyon için oluşturulan tüm model çıktılarının olasılık değerleri bu eşik değeri kullanılarak yeniden sınıflandırılmıştır.

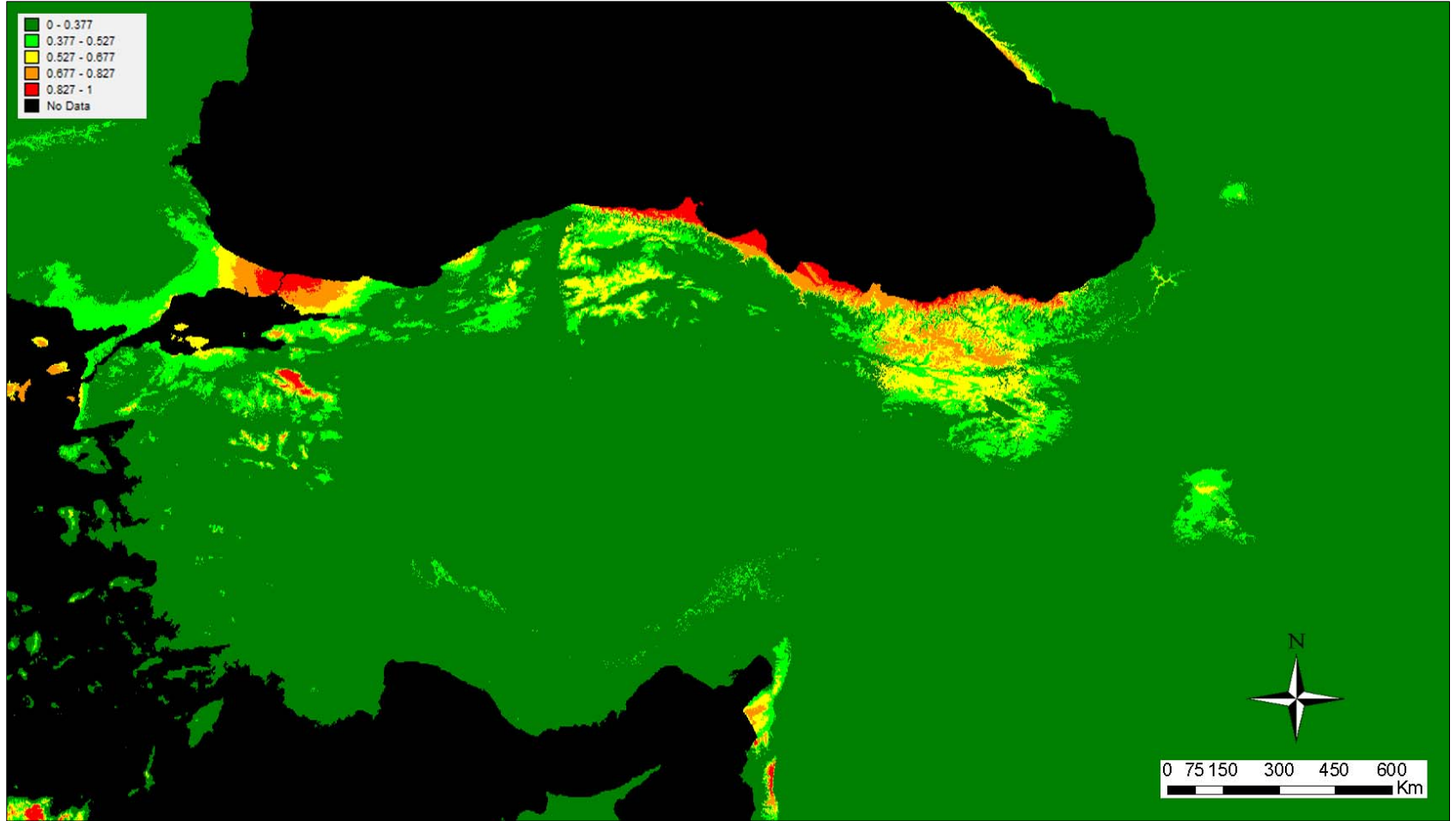
Kullanılan 19 biyoklimatik parametrenin model sonucunda ortaya çıkan dağılım örüntüsüne yüzde katkısı incelendiğinde BIO2 (Ortalama diurnal aralık (Aylık ortalama (maksimumb– minumum sıcaklık)) %21, BIO17 (En kurak çeyreğin yağışı) %20, BIO19 (En soğuk çeyreğin yağışı) %16, BIO7 (Yıllık ortalama sıcaklık aralığı) %12,1 ve BIO13 (En yağışlı ayın yağışı) %8,5 katkıda bulunmuştur.

MESS (Multivariate Environmental Similarity Surface) haritasına göre günümüz modelinin diğer zamanlara projeksiyonu sırasında ele alınan parametrelerden bazılarının, günümüz modelinde gözlemlenmeyen iklimsel durumlara neden olduğu belirlenmiştir. Bu parametrenin yüzde katkı değerleri çok düşük (2050 yılı için IPCC4 B2a modeli için BIO6 %0) olduğu için model sonuçlarını etkilememektedir. Bu nedenle model tüm parametreler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.5.1.1 MAXENT *Amplipennis* tür grubu modeli ROC eğrisi ve AUC değerleri

Amplipennis tür grubuna ait lokaliteler kullanılarak oluşturulan günümüze ait model Şekil 2.5.1.2'de verilmiştir. Tür grubunun Karadeniz boyunca Rize ile Kastamonu arasında kesintisiz bir dağılımı olduğu, Orta ve Doğu Karadeniz'de uygun olarak tahminlenen bölgelerin iç kesimlere kadar uzandığı görülmektedir. Bu alanların dışında İstanbul ve Bursa çevrelerinde türün dağılımı için uygun alanlar tahminlenmiştir. Hatay ve Hatayın güneyinde de uygun alanlar bulunmaktadır.



Şekil 2.5.1.2 MAXENT *Amplipennis* tür grubu modelinin günümüze ait model çıktısı

2.5.2 Son Tam Buzul Döngüsü Modelleri

Amplipennis tür grubuna ait son tam buzul döngüsü modelleri Şekil 2.5.2.1'de verilmiştir. Şekil 2.5.2.1 'de **a** haritası SBD senaryosu modelini, **b** haritası SBM senaryosunun CCSM modelini ve **c** haritası SBM senaryosunun MIROC modelini göstermektedir.

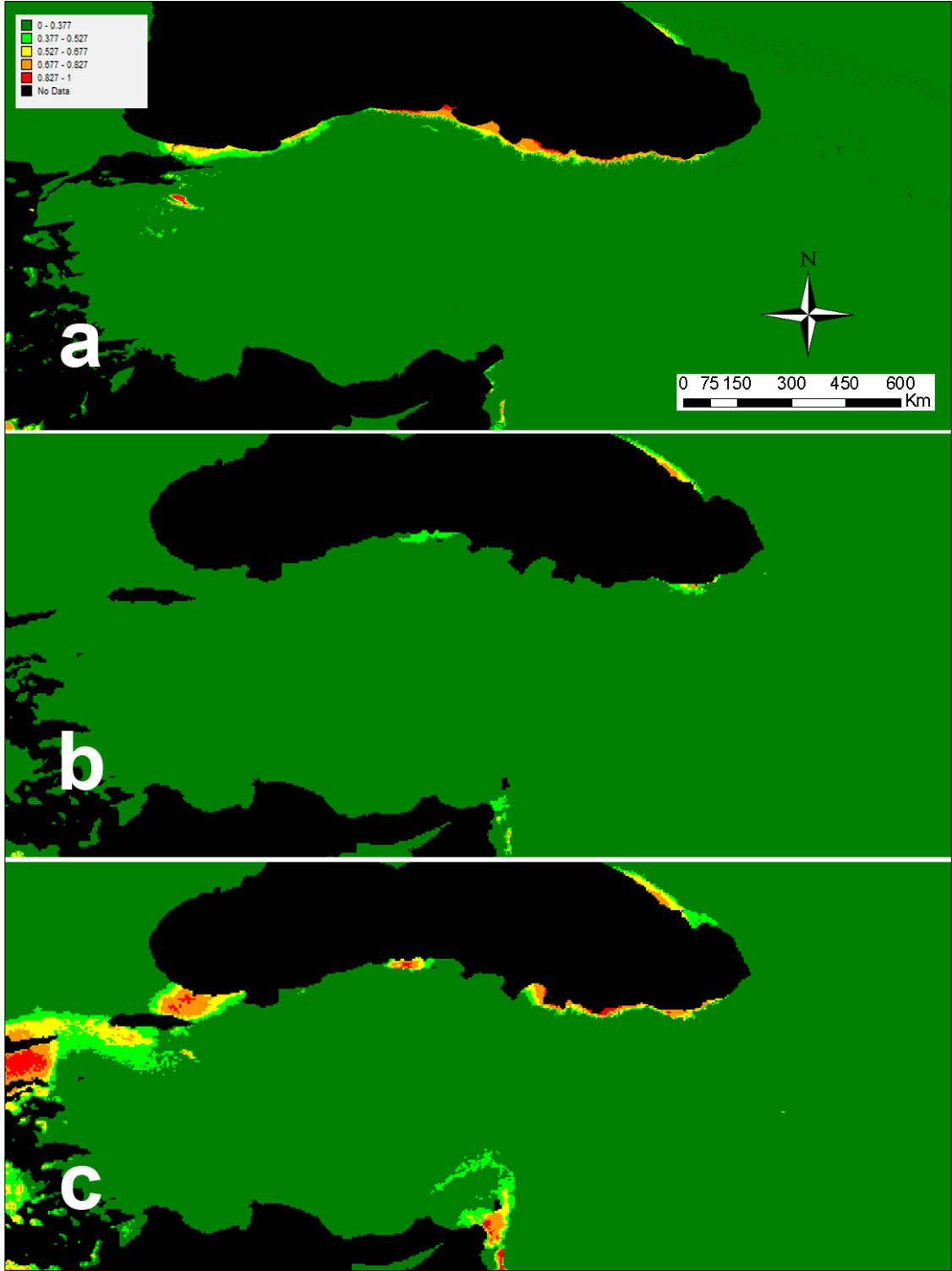
SBD senaryosu model çıktısında tür grubunun o dönemde neredeyse Karadeniz boyunca kesiksiz bir dağılımı olduğu tahminlenmektedir. Yalnızca günümüz coğrafyasında Kastamonu ile Bolu arasında bir kesinti görülmektedir. Ayrıca Karadeniz boyunca gözlemlenen bu dağılım örüntüsü kıyı kesimlerle sınırlı kalmıştır. SBM senaryosu CCSM model çıktısında, SBD senaryosunda uygun olarak tahminlenen bölgelerin çok daraldığı ve birkaç nokta ile sınırlı kaldığı görülmektedir. Yine SBM senaryosu MIROC modelinde SBD'ye göre daralma görülse de SBM senaryosu CCSM modelinde uygun olarak tahminlenen bölgelerin alanları SBM MIROC modelinden daha geniştir. Bunlara ek olarak günümüzde İstanbul ve Çanakkale'nin bulunduğu bölgelerde uygun olarak tahminlenmiştir.

2.5.3 Geleceğe Ait Senaryo Modelleri

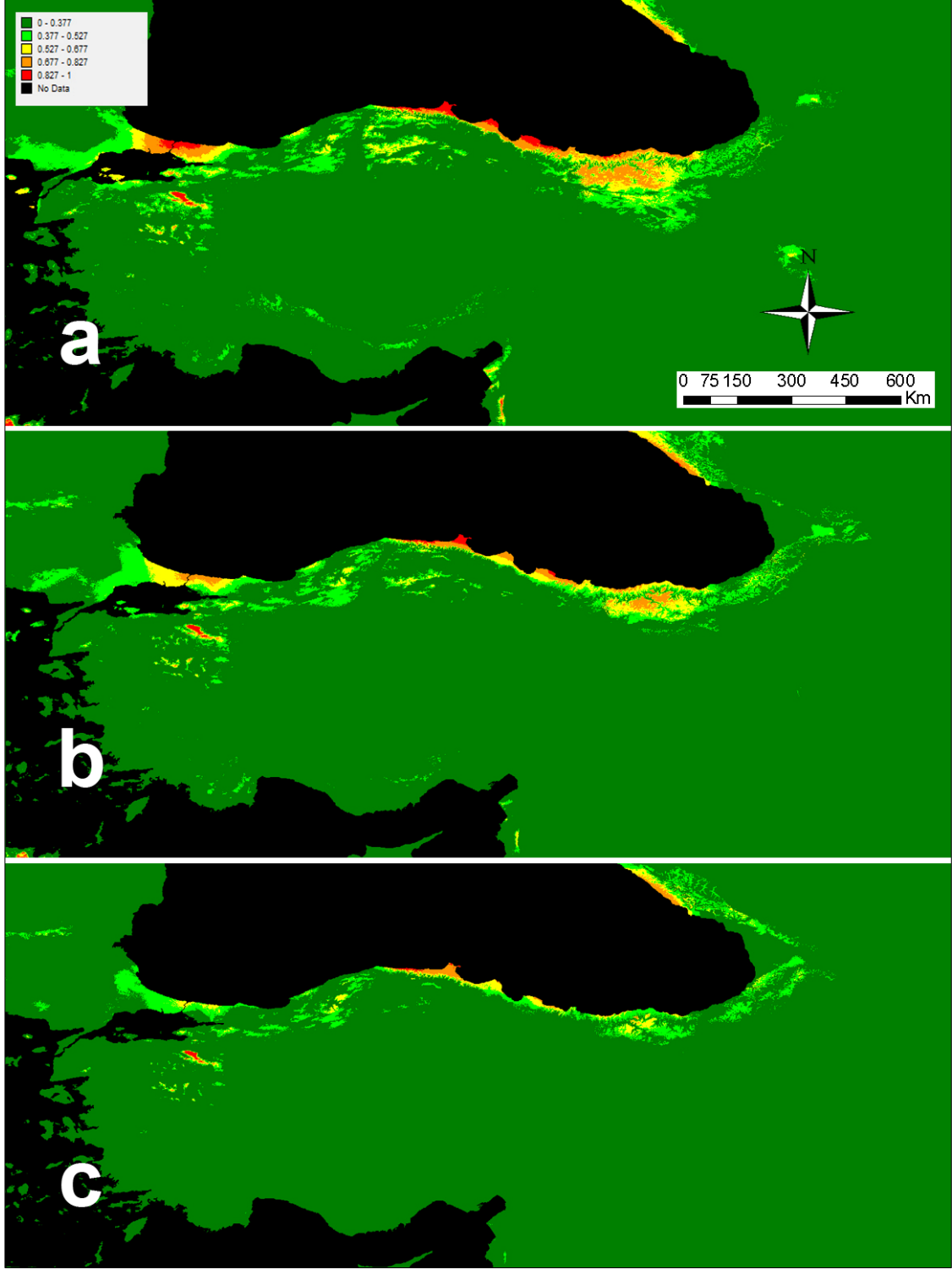
2.5.3.1 A1b Senaryosu Modelleri

Amplipennis tür grubu için IPCC4 A1b senaryosuna göre oluşturulan 2020, 2050 ve 2080 yıllarına ait modeller Şekil 2.5.3.1.1'de verilmiştir. Şekil 2.5.3.1.1'de **a** haritası IPCC4 A1b senaryosunun 2020 yılına, **b** haritası 2050 yılına ve **c** haritası 2080 yılına ait modelini göstermektedir.

2020 yılına ait A1b model çıktısında gözlemlenen dağılım örüntüsü günümüz için oluşturulan model çıktısıyla benzerdir. Tür grubunun dağılımı için uygun olarak tahminlenen bölgelerin konumları ve büyüklükleri günümüz ile aynıdır. Aynı senaryonun 2050 ve 2080 yılı modellerinde ise tür grubunu dağılımı için uygun olarak tahminlenen bölgelerin kademeli olarak azaldığı ve iç kesimlerden kıyı kesimlere doğru kaydığı görülmektedir.



Şekil 2.5.2.1 MAXENT *Amplipennis* tür grubuna ait son tam buzul döngüsü modelleri; **a** SBD; **b** SBM senaryosunun CCSM modeli; **c** SBM senaryosunun MIROC modeli



Şekil 2.5.3.1.1 MAXENT *Amplipennis* tür grubuna ait IPCC4 A1b senaryo modelleri; a 2020; b 2050; c 2080 yılı

2.5.3.2 A2a Senaryosu Modelleri

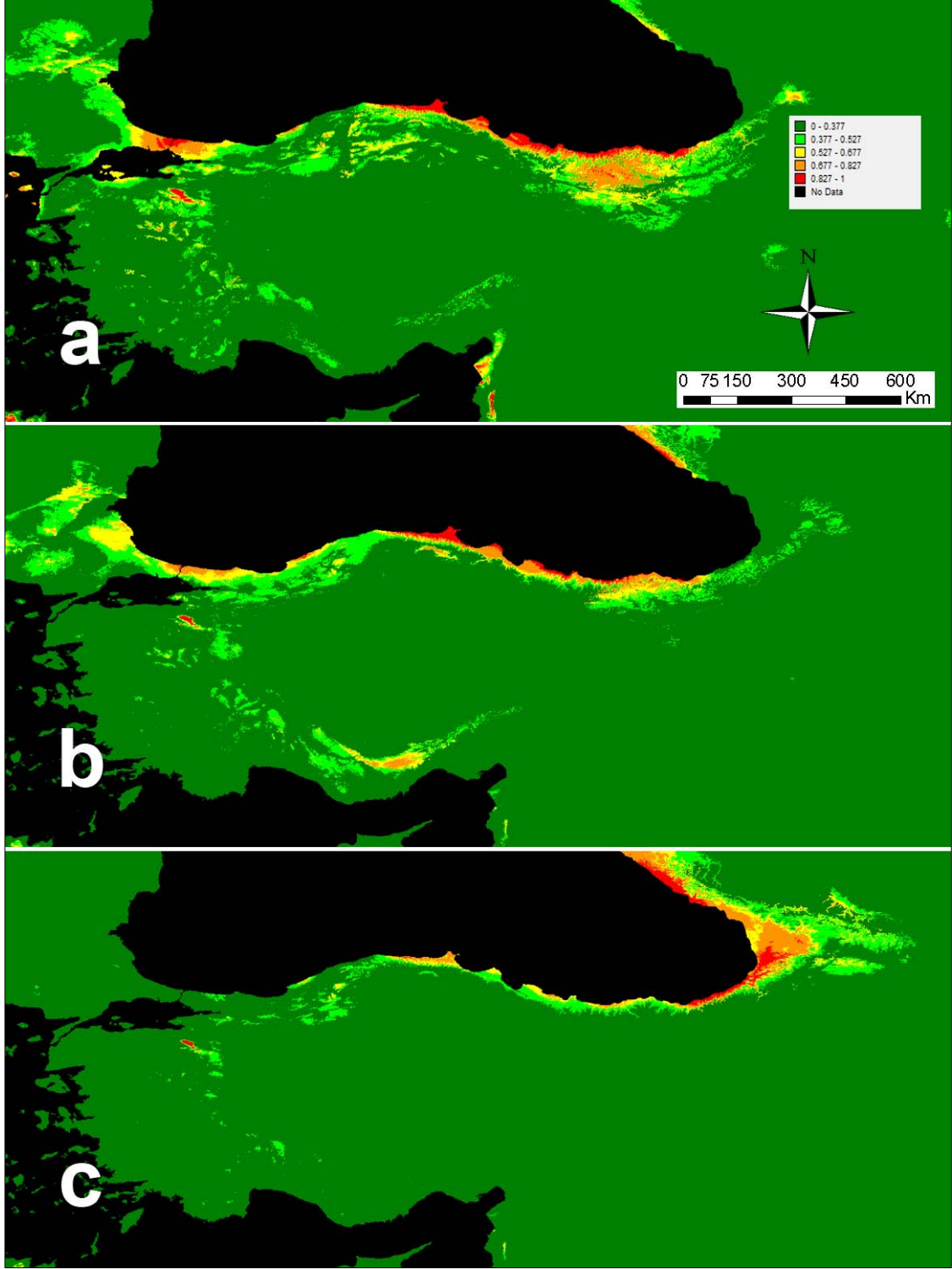
Amplipennis tür grubu için IPCC4 A2a senaryosuna göre oluşturulan 2020, 2050 ve 2080 yıllarına ait modeller Şekil 2.5.3.2.1'de verilmiştir. Şekil 2.5.3.2.1'de **a** haritası IPCC4 A2a senaryosunun 2020 yılına, **b** haritası 2050 yılına ve **c** haritası 2080 yılına ait modelini göstermektedir.

2020 yılı A2a model çıktısı A1b senaryosunda olduğu gibi günümüz için tahminlenen dağılım örüntüsü ile hemen hemen aynıdır. 2050 ve 2080 yıllarına ait A2a senaryolarında tür grubunun dağılımı için uygun olarak tahminlenen bölgeler, iç kesimlerden kıyı kesimlere doğru kaymıştır. 2080 yılı için oluşturulan modelde ise uygun bölgelerin Doğu ve Kuzeydoğu yönünde Gürcistan'a doğru kaydığı görülmektedir. A1b model senaryosundan farklı olarak 2050 yılı için A2a senaryosunda Toros Dağlarının İç Anadolu Bölgesine bakan yamaçları da uygun olarak tahminlenmiştir.

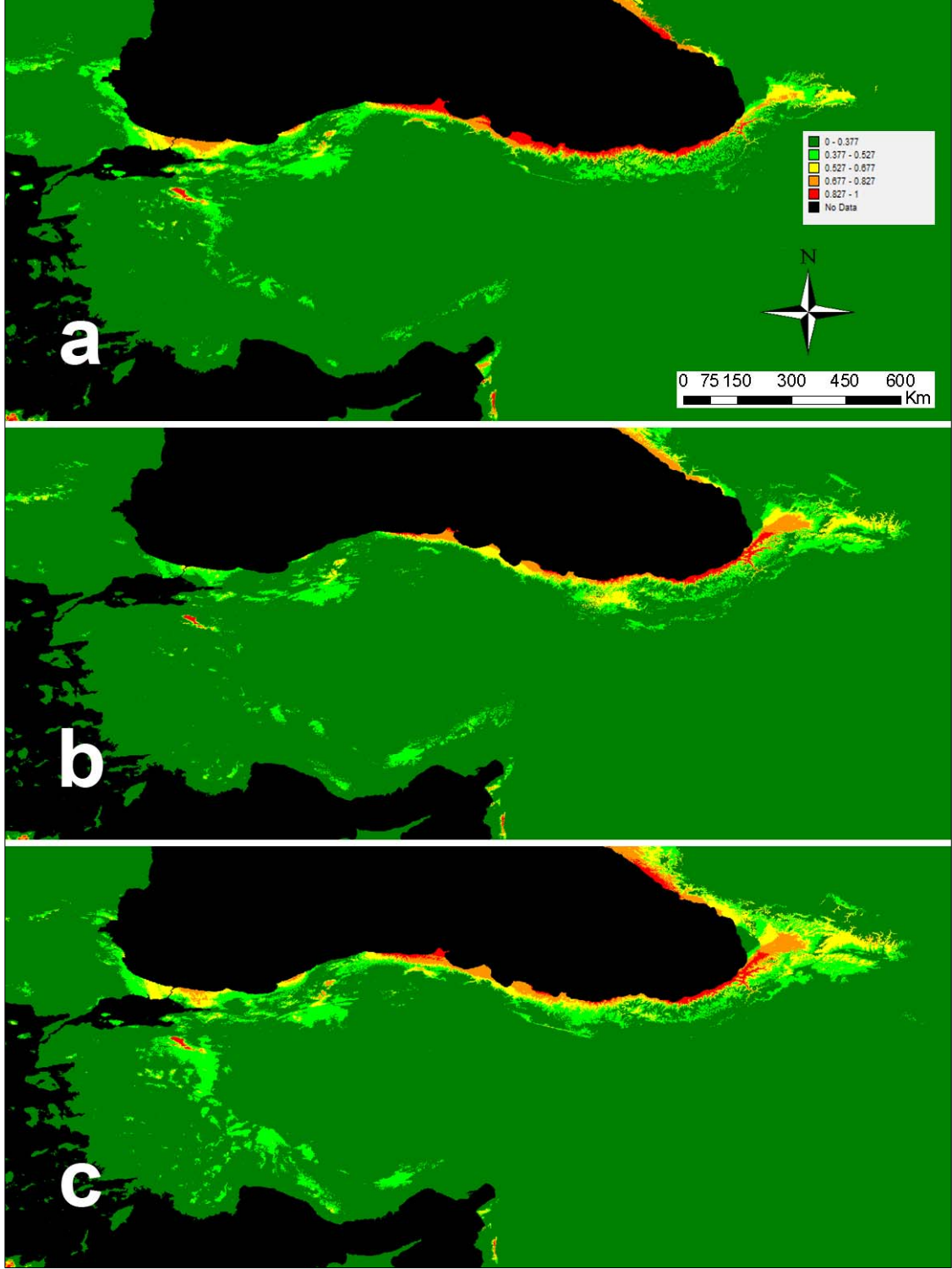
2.5.3.3 B2a Senaryo Modelleri

IPCC4 B2a senaryosuna göre *Amplipennis* tür grubu için oluşturulan 2020, 2050 ve 2080 yıllarına ait modeller Şekil 2.5.3.3.1'de verilmiştir. Şekil 2.5.3.3.1'de **a** haritası IPCC4 B2a senaryosunun 2020 yılına, **b** haritası 2050 yılına ve **c** haritası 2080 yılına ait modelini göstermektedir.

Amplipennis tür grubunun B2a senaryosuna göre oluşturulan 2020 yılına ait model çıktısı A1b ve A2a senaryolarından farklılık göstermektedir. Diğer senaryolarda 2020 yılı için uygun olarak tahminlenen bölgeler günümüz için uygun olarak tahminlenen bölgeler ile örtüşmekteydi. Bu senaryoda ise 2020 yılı için genel dağılım örüntüsünün yine değişmediği ancak uygun bölgelerin iç kesimlerden kıyı kesimlerine kaydığı görülmektedir. 2050 ve 2080 yıllarında bu durumun devam ettiği görülürken, Gürcistanın içine doğru doğu ve kuzeydoğu yönünde bir kayma olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2.5.3.2.1 MAXENT *Amplipennis* tür grubuna ait IPCC4 A2a senaryo modelleri; a 2020; b 2050; c 2080 yılı



Şekil 2.5.3.3.1 MAXENT *Amphipennis* tür grubuna ait IPCC4 B2a senaryo modelleri; a 2020; b 2050; c 2080 yılı

2.6 Tartışma

Anadolu jeolojik yapısı ve coğrafik konumu nedeniyle özellikle buzul dönemlerinde birçok tür tarafından sığınak olarak kullanılmıştır. Buna bağlı olarak sahip olduğu yüksek biyolojik çeşitlilik ve endemizm oranı bu coğrafyayı daha da önemli kılmaktadır. Bu noktadan hareketle, Anadolu'daki canlıların buzul dönemlerdeki coğrafik dağılım örüntülerinin ve günümüze kadar oluşan değişikliklerin tespit edilmesi, iklim değişikliklerinin bu canlıların gelecekteki dağılımlarını nasıl etkileyeceğinin belirlenmesi yanında biyolojik çeşitliliğin korunması açısından da yardımcı olacaktır.

Nitekim bu çalışmanın model organizması olan çalı çekirgesi *I. rizeensis*, Anadolu'ya endemik bir tür olup çok sınırlı bir dağılım alanına sahiptir. Bu çalışmada ENM kullanılarak; türün mevcut dağılım alanlarını, gerçekleşen son buzul döngüsünde dağılım alanlarındaki değişiklikleri, gelecekte iklimsel değişikliklere bağlı olarak dağılım alanlarında gerçekleşebilecek değişiklikleri ve türün ekolojik niş karakterlerini belirlemek amaçlanmış ve aşağıdaki sorulara cevap bulmak hedeflenmiştir;

- Türün dağılım alanları zaman sırası ile Son Buzullararası Dönem, Son Buzul Maksimumu ve günümüzde nasıl değişikliğe uğramıştır?
- Türün popülasyonlarının günümüzdeki olası dağılım alanları nerelerdir?
- Bilinen mevcut dağılım alanları dışında, türün olası dağılım alanları nerelerdir?
- Türün popülasyonların dağılım örüntüsü üzerinde etkili olan çevresel parametreler nelerdir?
- İklim değişikliklerine bağlı olarak gelecekte türün dağılım örüntüsünde meydana gelebilecek değişiklikler nelerdir?

2.6.1 *Isophya rizeensis* Türünün Günümüzdeki Dağılım Alanı

Tez çalışmasının başlangıcında *I. rizeensis*'in dağılım örüntüsü hakkında cevaplanması hedeflenen iki temel soru şu şekildeydi;

- 1) Türün popülasyonlarının günümüzdeki olası dağılım alanları hangi bölgelerdir?
- 2) Türün bilinen mevcut dağılım alanı dışında olası dağılım alanları hangi bölgelerdir?

I. rizeensis sistematik açıdan çok yakın zamanda tanımlanan bir tür olduğu için tür hakkında çok sınırlı çalışma bulunmaktadır. Tez çalışmasının başlangıcında literatür bilgilerine göre türün dağılım alanı, Rize ili Çamlıhemşin ilçesinde bulunan Fırtına Vadisi olarak tanımlanmıştı. Gerçekleştirilen arazi çalışmaları ve üç farklı ENM yönteminden elde ettiğimiz sonuçlar, türün dağılım alanının doğuda Çamlık Yaylası (Fındıklı, Rize) ile Anzer Yaylası (İkizdere, Rize) arasında kalan coğrafik bölge olduğunu göstermiştir (Şekil 1.5.1.1). Elde edilen bu sonuçlar ile türün olası dağılım alanı ve daha önce kaydı bulunmayan populasyonları tespit edilmiştir. BIOCLIM, GARP ve MAXENT yöntemlerinden türün günümüz dağılımı için elde edilen sonuçlar Şekil 2.6.1.1'de verilmiştir.

Lukas J. Rinnohofer ve arkadaşları tarafından 2012 yılında [112] yayınlanan bir çalışmanın konusu da endemik bir böcek türünün ENM ile dağılımının belirlenmesidir. Bu çalışmada Alp Dağlarına endemik ve bilinen dağılım alanı dar bir bölge olan sıçrayan kılkuyruk (*Machilis pallida* Janetschek, 1949) için MAXENT yazılımı kullanılarak ENM yapılmıştır. Modelleme çalışması türe ait bilinen yalnızca 7 lokalite kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda ele alınan türe ait yeni populasyonlar keşfedilmiş ve dağılım alanının bilinenden daha geniş bir alanı kapsadığı belirlenmiştir.

Bu çalışmanın sonuçları, bizim çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlarla örtüşmektedir. Nitekim *I. rizeensis*'e ait populasyonlar bugüne kadar kayıt bulunmayan bölgelerde de tespit edilmiş, böylece türün gerçek dağılım alanının bilinenden daha geniş bir coğrafyayı kapsadığı belirlenmiştir.

Düşük sayıda varlık verisi, türün ekolojisi hakkında yeteri kadar araştırma bulunmaması ve türün yüksek oranda heterojenlik gösteren dağlık bölgede bulunması, başarılı modelleme sonuçları elde etmek için engel değildir. Özellikle dar bir alanda dağılım gösteren endemik türlerde, düşük sayıda varlık verisi bile olsa, başarılı sonuçlar alınabileceğinin bir diğer örneğidir.

Daha önce de belirtildiği gibi vejetasyon, iklim dışında türün dağılımını etkileyen önemli bir parametredir. Bu çalışmada model organizma olarak seçilen *I. rizeensis* vejetasyon bağımlılığı (özgüllüğü) yüksek olan bir türdür. Aynı coğrafi bölgede dağılım

gösteren türler ele alındığında, tür topluluklarının modelleme yöntemleri kullanılarak dağılımlarının birarada modellenmesinin mümkün olduğu belirtilmiştir [113]. Bu fikirden hareketle tez çalışması kapsamında oluşturulan vejetasyona ait ENM modellerinden elde edilen sonuçlar, vejetasyon modelinden elde edilen tahmini dağılım alanlarının *I. rizeensis* modellerinde tahminlenen uygun alanları kapsadığını göstermiştir.

Wang ve arkadaşları tarafından 2010 yılında Çin'de yapılan bir çalışmada [114] kestane zararlısı olan *Moritzella castaneivora* için GARP ve MAXENT yöntemleri kullanılarak ENM modeli oluşturulmuştur. Bu zararlının risk haritalarının oluşturulması için ayrıca konağı olan *Castanea crenata* ve *Castanea mollissima* türlerinin de modelleri oluşturulmuştur. Model sonuçları incelendiğinde konak olan kestane türlerinin modelleri ile zararlının modellerinin örtüştüğü ve bu yaklaşımın başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Aynı zamanda yine aynı çalışmada GARP ve MAXENT modellerinin dağılım örüntülerini modelleme de başarılı olduğu, ancak GARP yönteminin gerçek dağılım alanından çok daha geniş alanları tahminlediği belirtilmiştir. Tez çalışmasında *I. rizeensis* için oluşturulan GARP ve MAXENT model sonuçları incelendiğinde yukarıdaki çalışmaya benzer örüntü görülmektedir. GARP yönteminden elde edilen sonuçlar türün dağılım alanını içermekle birlikte gerçek dağılım alanından çok daha geniş bir coğrafi bölgeyi kapsamaktadır. GARP modelleme yöntemi kendi içerisinde türler ile çevresel şartlar arasındaki ilişkileri temsil eden bir model setini barındırır. Bu pratik bir durum gibi gözükse de aslında daha karmaşık bir durum ortaya çıkarmaktadır. Birden fazla kural aynı anda kullanılarak yapılan modellemede, bir noktaya birden fazla kuralın uygun olması durumunda elde edilen çıktının birbirinden farklı olduğu bildirilmiştir [115]. GARP modelinin günümüz sonuçlarında gözlemlenen durum modelin bu teknik özelliğinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca vejetasyon modellerinin *I. rizeensis*'den bağımsız olarak oluşturulması sonucu elde edilen sonuçlarda Wang ve arkadaşları (2010) [114] tarafından gerçekleştirilen çalışma ile uyumlu sonuçlar vermiştir.

Vejetasyon yapısının modellenmesi için farklı bitki türlerinin birarada modellendiği bir diğer örnek Poitter ve arkadaşları tarafından 2012 yılında yayınlanan çalışmadır [113]. Çalışmada aynı bölgede dağılım gösteren 211 bitki türüne ait modeller

oluşturulmuş ve farklı bitki türlerin birarada modellenmesinin başarılı sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen vejetasyon modellerinin geçerliliğini destekleyen bir diğer unsurdur.

I. rizeensis'in ENM sonuçlarından elde edilen sonuçlar değerlendirilirken, türlere ait popülasyonların coğrafi dağılım profili hakkında öne sürülen Merkez-Perifer Hipotezi [116, 117] göz önünde bulundurulmalıdır. Bu hipoteze göre; bir organizma coğrafi bir alanda dağılım gösterdiğinde, bireylerin hayatta kalma, üreme ve popülasyon büyümesi en fazla olan bölgede organizmanın bolluk değeri de en yüksek değerdedir. Organizmanın bu optimum şartların bulunduğu bölgeden uzaklaşması, bolluk değerinin azalmasına neden olur [118, 119]. Bunun bir sonucu olarak organizmalar coğrafik dağılım alanlarının merkezinde en yüksek bolluk derecesine sahip olurken, periferde doğru gidildikçe popülasyon büyüklüğü azalmış daha izole popülasyonlar ortaya çıkar [120, 121, 122]. Merkez modelinin önermesi iki genetik parametreye dayanır. Bu parametreler, türlerin efektif popülasyon büyüklükleri ve gen akış oranlarıdır. Bu parametrelerin etkisi ile coğrafik olarak periferde bulunan popülasyonlar düşük genetik çeşitlilik gösterirler [117].

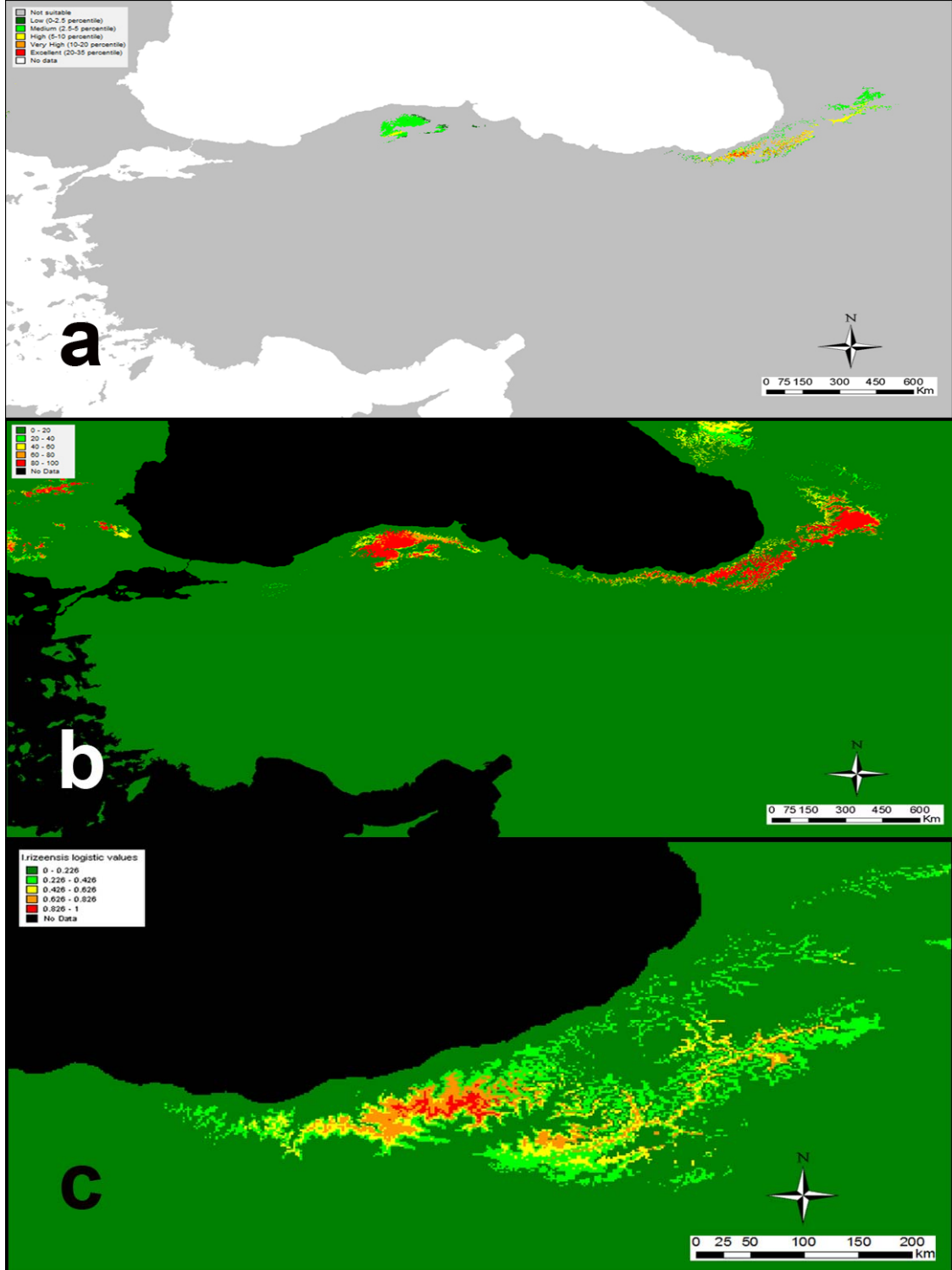
Nitekim *I. rizeensis*'in günümüz dağılımı için elde edilen ENM sonuçları da bu hipoteze uygun bir dağılım örüntüsü vermektedir. Model sonuçları ve bu sonuçlara bağlı olarak gerçekleştirilen arazi çalışmaları, türün dağılım merkezinin Fırtına Vadisi olduğunu göstermektedir. Fırtına Vadisi boyunca tür yüksekliğe bağlı olarak nerdeyse her bölgede örneklenebilirken doğu-batı yönündeki vadilerde farklı zamanlarda gerçekleştirilen arazi çalışmalarında, türe ait örneklenebilen popülasyon sayısı belirgin şekilde azalmaktadır. Bioclim ve MAXENT model sonuçlarında da Fırtına Vadisi'nin bulunduğu bölge tür için en yüksek olasılıkla uygun bölge olarak tahminlenirken, doğu-batı yönünde olasılık değerleri azalmaktadır.

Tez çalışması kapsamında uygulanan ENM yöntemlerinde iklimsel parametreler kullanılmıştır. Bu noktada organizmaların nişlerinin belirlenmesinde etkili olan biyotik (predasyon, rekabet vs) faktörlerin gözardı edildiği düşünülebilir. Ancak Merkez-Perifer Hipotezi'nde de belirtildiği gibi böcek türlerinin dağılımları ve çeşitliliği incelendiğinde, merkez bölgede bunların predasyon ve rekabet gibi biyotik faktörlerle

şekillendiği, ancak iklim gibi abiyotik faktörlerin türün dağılım alanının maksimum sınırını belirleyen sınırlayıcı faktörler olduğu belirtilmiştir [123]. Parmesan ve arkadaşları [124] tarafından yayınlanan bir diğer çalışmada da, bir türün perifer popülasyonların bulunduğu alanların abiyotik faktörler ile şekillendiği belirtilmiştir. Tez çalışması sonucunda elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde iklimsel parametreler kullanılarak oluşturulan modellerin türün gerçek dağılımı ile uyumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca türün vejetasyon ile olan ilişkisini göz önünde bulundurmamak amacıyla vejetasyon modelleri ayrıca oluşturulmuş ve *I. rizeensis*'in dağılım örüntüsünü destekleyen sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmanın model organizması *I. rizeensis*'de de olduğu gibi, bir türün bütün coğrafi dağılım alanının incelenemediği sistemlerde bile türlerin bolluklarına etki eden faktörler çok karmaşıktır. Güncel birçok çalışma bu karmaşık ilişkilerin türlerin popülasyonlarındaki değişkenliğin [125], habitat korunumunun [126] ve türlerin iklimsel değişikliklere karşı cevaplarının [127] tahminlenmesinde önemli etkileri olduğunu belirtmiştir. Bu örneklerden daha güncel olarak geliştirilen ENM yöntemleri, bu karmaşık süreçler ele alınmadan türlerin dağılımlarının tahminlenmesini sağlamaktadır.

Elde edilen ENM sonuçları değerlendirilirken göz önünde bulundurulması gereken bir diğer önemli konu türün dağılım gösterdiği coğrafyanın topoğrafik ve jeolojik özellikleridir. *I. rizeensis*'in coğrafik dağılımının merkezi olan Fırtına Vadisi'nin Jeomorfoloji Etüdü 2006 yılında gerçekleştirilmiştir [128]. Bu çalışmada da belirtildiği gibi Fırtına Vadisi deniz kıyısından itibaren kısa mesafelerde 3900 metrelere çıkan yükseltisi ile oldukça belirgin, problemleri bir topografyaya sahiptir. Çalışma sahası içinde yer alan dağlık sahalarda Pleistosen'de buzullaşmaya maruz kaldıklarından dolayı, buzul topografyası aşınım ve birikim şekillerinin örneklerine sahiptir. Bölgede buzul morfolojisine ait aşınım şekillerine, zirvelerden aşağı doğru 2100 metre seviyelerine kadar rastlamak mümkündür. Bölge günümüzde de Anadolu'nun en önemli aktüel buzul alanlarından birisidir.



Şekil 2.6.1.1 Günümüze ait *I. rizeensis* ENM model sonuçları; a BIOCLIM; b GARP; c MAXENT

Fırtına Vadisi'nin de içinde bulunduğu Doğu Karadeniz Dağları, Karadeniz'in ılıman etkisini bu alanda hapsetmekte ve sahayı Türkiye'nin en fazla yağış alan, en az güneşlenen bölgesi haline getirmektedir. Sahadaki bu farklı iklimik yapı bölgenin jeomorfolojik görünümüne etki eden en önemli faktörlerden biridir. Fırtına Vadisi'nde periglasiyal sahalar diğer bir deyişle buzulaltı sahalar 2100 metreye kadar iner. Yılın büyük kısmı donmuş halde bulunan toprak ancak yazın bir kaç ayında çözülmüş halde bulunur.

I. rizeensis'in dağılım alanının yukarıda belirtilen şartları düşünüldüğünde türün günümüzdeki dağılımının özellikle son buzul döneminin etkisi ile şekillendiği düşünülmektedir. Alanın kendine has bir iklimsel yapısının olması ve belirtilen topografik yapı türün dağılımı üzerinde etkili olan parametrelerdir. Dağılım alanının topografik özellikleri yanında coğrafi konumu da, türün günümüzdeki dağılımının şekillenmesinde önemli bir rol oynamıştır. Anadolu coğrafyasının da içinde bulunduğu 40. paralel çevresinde bulunan dağlık bölgeler, buzul dönemlerde türlerin dağılımlarındaki değişiklikler açısından belirgin öneme sahiptir. Nitekim bu alanların düşük rakımlı bölgelerinde türlerin hayatta kalması için uygun alanlar bulunmasının, türlerin dağılım alanlarını fazla değiştirmeden soğuk dönemlerde alçak lokalitelere inerek iklim değişikliklerinin etkilerinden korundukları bildirilmiştir [129]. Hampe ve Petit [126] türlerin alçak ve yüksek bölgelerdeki dağılımları ile ilgili filocoğrafya ve ekolojik çalışmaları kullanarak bir derleme hazırlamış ve Avrupa kelebeklerinden kuzey enlemlerde dağılım gösterenlerde iklimle ilişkili dağılım alanı değişikliklerin güney enlemlerdekilere göre çok daha belirgin olduğunu belirtmişlerdir. Daha sonra üzerinde durulacak olsa da *I. rizeensis* için günümüzde gözlemlenen dağılım örüntüsünün buzul dönemlerinde gerçekleşen iklimsel değişikliklerin bir sonucu olduğu görülmektedir.

Tez çalışması kapsamında uygulanan MAXENT yöntemi sonucunda, tahminlenen dağılım alanlarına etki eden faktörlerin yüzde katkı değerleri verilmiştir. *I. rizeensis* için oluşturulan modelde Mevsimsel Yağış, En Kurak Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı, En Kurak Ayın Yağışı ve Mevsimsel sıcaklık sırasıyla en etkili parametrelerdir. Bu parametreler değerlendirildiğinde iklimsel mevsimselliğin tür için önemli bir parametre

olduğu görülmektedir. Ayrıca yılın iklim açısından ekstrem dönemlerinin sıcaklık ve yağış değerleri, türün dağılımını şekillenmesinde önemlidir.

MAXENT vejetasyon modellerinde ise En Kurak Ayın Yağışı, En Yağışlı Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı, Yıllık Ortalama Sıcaklık Aralığı parametreleri sırasıyla en etkili parametrelerdir. Özellikle *I. rizeensis*'in vejetasyon bağımlılığı göz önünde bulundurulduğunda ekstrem bir değer olan En Kurak Ayın Yağışı parametresinin her iki modelde aynı olduğu görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık aralığı parametresi de mevsimselliğin bir göstergesi olarak kabul edilebilir. İki modele ait parametre katkıları birlikte incelendiğinde türün vejetasyon ile olan ilişkisi bu parametrelerin benzerliklerinde de gözlemlenmektedir.

Tez çalışması kapsamında *I. rizeensis*'in de dahil olduğu Amplipennis tür grubu için oluşturulan MAXENT model sonuçları, tür grubunda bulunan türlerin literatürde bilinen dağılım alanları ile örtüşmektedir. Bu grubun tahminlenen dağılımına etki eden parametreler sırasıyla Ortalama Diurnal Aralık (Aylık ortalama maksimum-minimum sıcaklık), En Kurak Çeyreğin Yağışı, En Soğuk Çeyreğin Yağışı, Yıllık Ortalama Sıcaklık Aralığı ve En Yağışlı Ayın Yağışı parametreleridir. Bu grupta yer alan türler *I. rizeensis* türünün yakın akrabalarıdır ve *I. rizeensis* ile aynı coğrafyada dağılım gösteren türler olduğu gibi çok farklı çevresel şartlara sahip coğrafik bölgelerde dağılım gösterenleri de mevcuttur. Bu nedenle dağılıma katkı sağlayan parametreler bakımından, *I. rizeensis* ve Amplipennis tür grubu model sonuçları arasında farklılık mevcuttur.

2.6.2 *Isophya rizeensis* Türünün Son Tam Buzul Döngüsü Sırasında Dağılım Örüntüsünde Gerçekleşen Değişiklikler

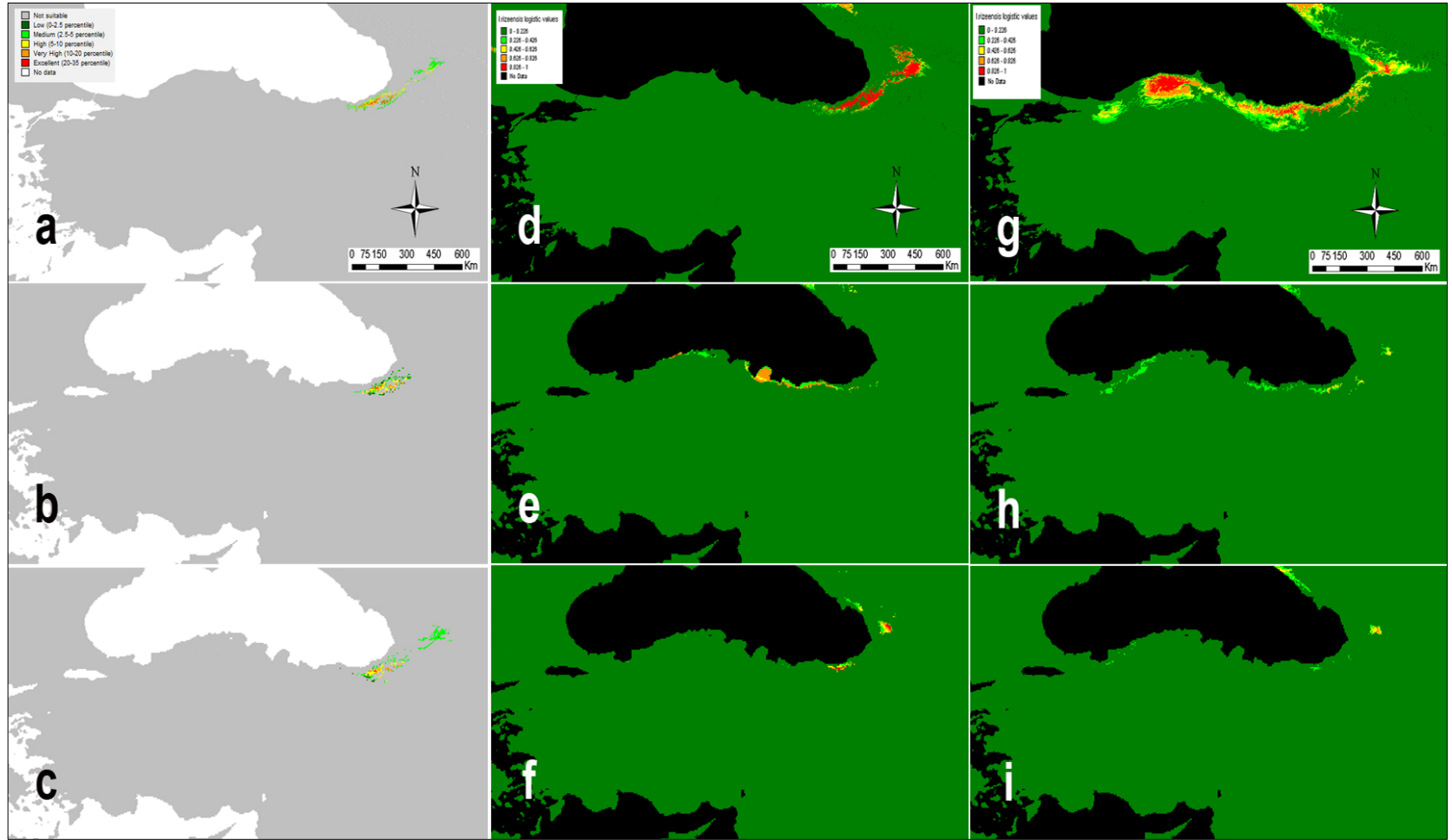
Tez çalışmasının başlangıcında *I. rizeensis*'in geçmişteki dağılım örüntüsü hakkında cevaplanması hedeflenen soru şu şekildeydi;

- *Isophya rizeensis* türünün dağılım alanları zaman sırası ile Son Buzullararası Dönem, Son Buzul Maksimumu ve günümüzde nasıl değişikliğe uğramıştır?

BIOCLIM ve Garp ENM yöntemlerinden elde edilen SBD'ne ait sonuçlar, *I. rizeensis*'in SBD'de günümüze benzer bir dağılım örüntüsü olduğunu göstermektedir. MAXENT modeli ise aynı dönemde türün Karadeniz sahili boyunca neredeyse

kesintisiz bir dağılımı olduğunu öngörmektedir. SBD'ne ait model yöntemlerinin sonuçlarında farklılıklar gözlemlense de SBM modellerinde ortak bir örüntü gözlemlenmektedir. Tüm model sonuçlarında türün dağılımı için uygun olarak tahminlenen bölgelerin, türün günümüzdeki dağılım alanı ile çok benzer olduğu görülmektedir. Türün SBD ve SBM dağılımı için BIOCLIM, GARP ve MAXENT modellerinden elde edilen sonuçlar Şekil 2.6.2.1'de verilmiştir.

Buzul dönemlerde iklimsel değişikliklere bağlı olarak gerçekleşen türlerin dağılımlarındaki coğrafi değişikliklerin belirlenmesi için yeteri kadar fosil kayıt bulunmamaktadır [130]. Bu durumda iklim değiştikçe türlerin coğrafi dağılımlarındaki değişikliklerin aynı oranda gerçekleştiği düşünülmemelidir. Örneğin, herbivor böcekler gibi, popülasyonlarının devamını sağlamak için vejetasyona bağımlı olan türlerin vejetasyon dağılımını takip etmesi gerekir. Ancak bu durumu gösterecek fosil kayıtlar çok sınırlıdır. Özellikle dar alanlarda yayılış gösteren endemik böcek türleri iklimsel değişikliğe bağlı olarak vejetasyon dağılımındaki değişikliklere ayak uyduramadıklarında popülasyonlarının devamını sağlayamazlar [131]. Hellmann ve arkadaşları [132] fosil kayıtlarında gözlemlenemeyen bu durumların tahminlenmesi için ENM yöntemlerinin bu konudaki açığı kapamakta önemli bir katkısı olduğunu belirtmişlerdir. Vejetasyon *I. rizeensis*'in dağılımının şekillenmesi için de önemli bir parametredir. Vejetasyon modellerinden elde edilen sonuçlara göre, SBM döneminde vejetasyon için uygun olarak tahminlenen bölgelerin *I. rizeensis* için tahminlenen bölge ile örtüştüğü görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar Kelley ve arkadaşları tarafından belirtilen, dar alanlarda yayılış gösteren endemik böcek türlerinin iklimsel değişikliğe bağlı olarak vejetasyon dağılımındaki değişikliklere ayak uyduramadıklarında popülasyonlarının devamını da sağlayamadıkları, hipotezini desteklemektedir. Türün günümüzde dağılım gösterdiği alanın SBM döneminde hem *I. rizeensis* hem de vejetasyon için uygun olması, türün popülasyonlarının hayatta kalmasını sağlamıştır.



Şekil 2.6.2.1 *I. rizeensis*'in SBD ve SBM modelleri; **a** BIOCLIM SBD senaryosu, **b** BIOCLIM SBM senaryosu CCSM modeli, **c** BIOCLIM SBM senaryosu MIROC modeli, **d** GARP SBD senaryosu, **e** GARP SBM senaryosu CCSM modeli, **f** GARP SBM senaryosu MIROC modeli, **g** MAXENT SBD senaryosu, **h** MAXENT SBM senaryosu CCSM modeli ve **i** MAXENT SBM senaryosu MIROC modeli

Pleistosen döneminde tekrarlanan buzulların genişlemesi ve geri çekilmesi olayları birçok yeni karasal habitat oluşturmuştur. Birçok tür bu dönemlerdeki dispersalleri sırasında yeni ortamlarda popülasyon oluşturmayı başaramamış ve ortadan kaybolmuştur. Buzul dönemlerindeki iklimsel dalgalanmalar türlerin buldukları ortamın kararsızlaşmasına neden olmuş ve bu türlerin dispersalini tetiklemiştir [133]. Birçok böcek türünde dispersal yeteneği uzak mesafeler katetmelerini sağlasa da bazı böcek gruplarının dispersal yeteneği çok sınırlıdır. Sınırlı dispersal yeteneği, buzul dönemlerinde habitatlar kararsızlaşması/uygunsuzlaşması karşısında, bu böcek türlerinin dağılımlarını yeni alanlara kaydırmasını engellemiştir. Bununla birlikte vejetasyon yapısının oluşan iklimsel değişikliklere karşı durumlarını korumada daha başarılı oldukları bildirilmiştir [134]. Tez çalışmasının model organizması olan *I. rizeensis* de dispersal yeteneği çok sınırlı bir türdür. Dolayısıyla dağılım gösterdiği alanın vejetasyon yapısının SBM döneminde korunmuş olması türün ortadan kalkmasını engellemiştir.

Özellikle şiddetli iklimsel dalgalanmaların gerçekleştiği buzul dönemleri ile ilgili sorulması gereken soru, bu dönemlerde ekosistemlerde yeni türlerin işgal edebileceği boş nişler oluşup oluşmadığıdır. Ekosistemlerde nişler uzun süre boş kalamazlar. Özellikle hareket edebilen böcekler söz konusu olduğunda uygun yeni habitatların doldurulması için göreceli olarak yeterli zaman mevcuttur. Jeolojik dönemler boyunca gerçekleşen şiddetli iklim dalgalanmaları, 2 milyon yıl boyunca biyotik komünitelerde bozulmalara yol açmıştır. Türlerin dağılımı ile Kvarterner iklimsel değişiklikleri arasındaki ilişkileri inceleyen bir çok ilkin çalışma, türlerin uygun şartlara sahip bölgeleri takip edecek şekilde dağılımlarını değiştirdiklerini göstermiştir [135, 136, 137]. Ancak her tür bu değişikliklere kendine özgü bir cevap vermiştir. Fosil kayıtları bu dönemler boyunca böceklerin dağılım alanlarında bölgesel, kıtasal hatta kıtalar arası ölçekte değişiklikler meydana geldiğini göstermektedir [133]. Farklı böceklerin dispersal yetenekleri sayesinde dağılım alanlarını değiştirerek SBM döneminde oluşan yeni habitatları doldurması, bu türlerin yeni niş karakterleri geliştirmesini tetikleyen bir durumdur. Ancak *I. rizeensis* örneğinde, tür dağılım alanını değiştirmeden hayatta kaldığı için niş karakterlerini korumuş olma olasılığı yüksektir. Pearman (2008) ve Peterson (2011) tarafından gerçekleştirilen derlemelere göre [138, 139], modern taksonlar üzerine gerçekleştirilen birçok ENM çalışması hem niş karakterlerinin korunumu hem de

yeni karakterlerin evrimleşmesi yönünde sonuçlar ortaya koymuştur. Peterson niş karakterlerinin korunumunun yaygın olarak görüldüğü sonucuna varırken, Pearman korunum ve evrimleşme süreçlerinin karışımının gözlemlendiğini belirtmiştir. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, Peterson tarafından yaygın olarak görüldüğü bildirilen niş karakterlerinin korunumunun *I. rizeensis* için de geçerli olduğu düşünülmektedir.

Buzul dönemlerini takip eden ısınma dönemlerinde ılıman bölgelerde bulunan türlerin tamamı hızlı bir yayılma göstermemiştir. Bunun nedeni türlerin belli koşullara ya da diğer türlere bağımlı olmasıdır. Bunun gibi yavaş yayılma örneklerinin daha kısa dispersal mesafesi olan canlılarda ve özellikle ılıman bölgenin dağlık kesimlerinde gözlemlendiği Hewitt tarafından belirtilmiştir [24]. *I. rizeensis*'in dağılım gösterdiği bölgenin coğrafik konumu bu tanıma uygundur.

Son buzul tam döngüsü sırasında birçok türün buzul sonrası geri yayılması SBM döneminde dağıldıkları sığınaklarda hayatta kalan birkaç popülasyon ile gerçekleşmiştir. Bu kurucu popülasyonların buzul dönemi sırasında nerede dağılım gösterdikleri ve sonrasında nasıl geri yayıldıkları türün sahip olduğu adaptasyonlar, tür için uygun habitatların dağılımı ve bu habitatların iklim ile nasıl değiştiği ile belirlenir [129]. Bu nedenle tez çalışması kapsamında ENM ve iklimsel parametreler kullanarak oluşturulan modellerin geçmiş dönemlere ait projeksiyonlarının, türün geçmiş dağılımının anlaşılmasında önemli olduğu görülmektedir.

Buzul dönemlerde oluşan büyük buzul tabakaları ve bunları çevreleyen permofrost bölgelerinin türlerin dağılımında önemli değişikliklere neden olduğu bilinmektedir [140, 141]. *I. rizeensis*'in dağılım gösterdiği bölgede de SBM döneminde buzulların bulunduğu kaydedilmektedir. Kaçkar Dağı, Pleistosen buzullaşmalarından etkilenmiş olup, özellikle yaklaşık 18.500 yıl önceki son buzul maksimumu sırasında bölgede oluşan buzul aşındırma ve biriktirme şekillerinin çeşitliliği çok tipiktir. Alanın günümüzde gözlemlenen topoğrafyası buzul dönemlerinde buzulların hareketleri ile şekillenmiştir. Bayrakdar [142] tarafından yapılan çalışmaya göre, gerçekleştirilen kozmojenik yaşlandırmalar sonucunda Kavron vadisinin SBM döneminde oluştuğu bildirilmiştir. Bu vadi arazi çalışmaları sırasında *I. rizeensis*'in örneklendiği vadilerden biridir. Bu durumda türün SBM dönemi sonrası, ısınma döneminde uygun şartları takip ederek dağılımını yüksek

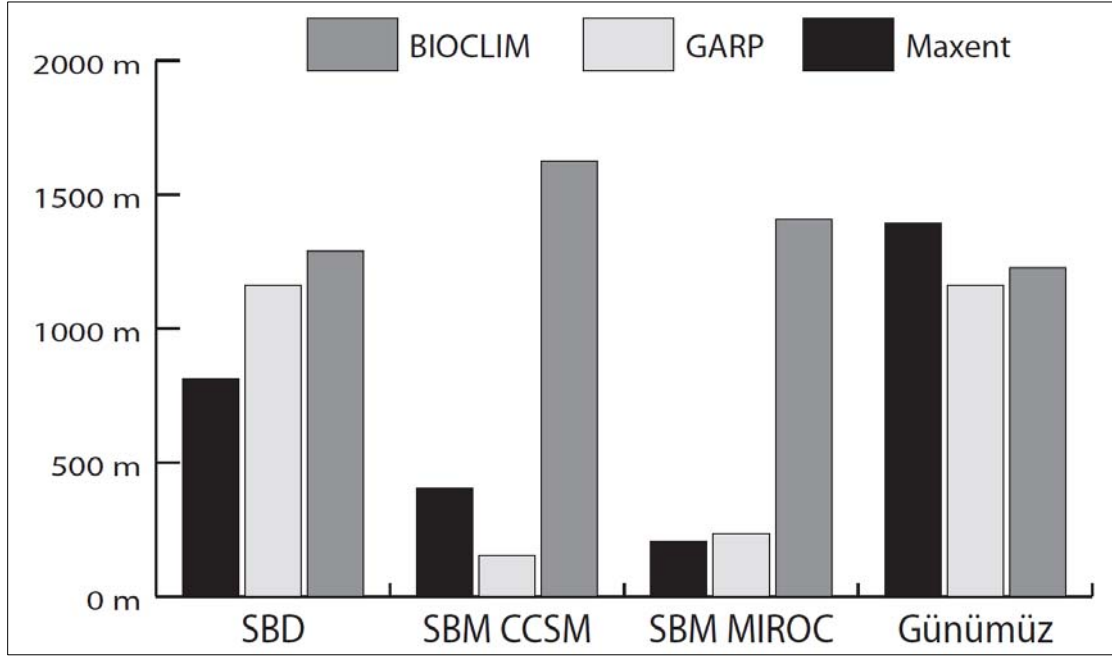
lokalitelere doğru genişlettiği düşünülebilir. Elde edilen model sonuçları da bu durumu göstermektedir. Ayrıca bir coğrafi bölgenin sahip olduğu iklimsel özellikler bölgenin jeomorfolojik yapısının şekillenmesinde de önemlidir. Jeomorfolojik özelliklerin de türlerin dağılımları üzerinde önemli etkileri vardır. Böylece iklimsel özellikler, dolaylı olarak da türlerin dağılımlarının şekillenmesinde etkilidir. Bu yüzden ağır iklimsel şartların yaşandığı bölgelerde ENM uygulamalarının daha hassas sonuçlar vermesi beklendiği belirtilmiştir [113].

Ağır ve stresli iklim şartlarının görüldüğü bölgelerde iklim, kömünitenin şekillenmesinde önemli bir parametredir. Canlılara olan etkisi dışında ekosistem seviyesinde gerçekleşen abiyotik fonksiyonları da etkiler. Örneğin alpin ekosistemlerde türler arası etkileşimin türlerin dağılımı üzerine olan etkilerinin azaldığı Mitchell ve arkadaşları tarafından gösterilmiştir [143]. Bu da ENM yöntemlerinin dağ sistemlerinde dağılım gösteren türlerin dağılım alanlarını tahminlemede başarılı sonuçlar vermesini sağlayan bir diğer nedendir.

Amplipennis tür grubu için gerçekleştirilen model sonuçları da *I. rizeensis* modelleri ile benzer bir sonuç göstermektedir. Bu tür grubu için SBD döneminde görülen dağılım örüntüsünün SBM döneminde belirgin olarak değiştiği ve bu dönemde *I. rizeensis* için de uygun olarak tahminlenen bölge dahil dağılımın belli bölgeler ile sınırlandığı görülmektedir.

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen model sonrası analizlerde, SBD ve SBM dönemlerinde türün dağılımı için uygun olarak tahminlenen MAXENT ve GARP sonuçları, türün SBD'den SBM'ye geçişinde dağılım alanı ortalama yüksekliğinin belirgin bir şekilde azaldığı görülmektedir. Aynı modellerin günümüz verileri incelendiğinde ise ortalama yükseklik değerlerinin SBM'ye göre tekrar arttığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar SBM döneminde bölgenin tür için bir sığınak görevi gördüğü ve türün dağılım alanını yüksek lokaliteler ile alçak lokaliteler arasında değiştirdiğini göstermektedir. MAXENT ve GARP yöntemlerinden elde edilen sonucun tersi bir durum BIOCLIM modellerinde görülmektedir. BIOCLIM modellerinde türün SBD döneminden SBM dönemine geçişte, ortalama dağılım yüksekliğinin arttığı görülmektedir. Bu beklenmeyen durumun BIOCLIM modelinde SBM verilerinin hatalı algılanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. SBM dönemine ait iklim verileri daha önce de belirtildiği gibi, diğer dönemlere ait verilerden daha düşük bir çözünürlüğe sahiptir. Bu veriler diğer veri setleri ile aynı

çözünürlük değerine getirilmek için yeniden sınıflandırma işlemine tabii tutulmuştur. Ancak bu çözünürlük farkının model sonrası hesaplamalar sırasında BIOCLIM SBM dönemi modellerinde farklı değerler okunmasına neden olduğu düşünülmektedir. Model sonrası analizlerde hesaplanan SBD, SBM dönemlerine ve günümüze ait *I. rizeensis*'in dağılım alanlarının ortalama yükseklik verilerinin grafiği Şekil 2.6.2.2'de verilmiştir



Şekil 2.6.2.2 Model sonrası analizler sonucunda hesaplanan *I. rizeensis*'in dağılım alanlarının ortalama yükseklik verileri

2.6.3 *Isophya rizeensis* İklim Değişikliklerine Bağlı Olarak Gelecekte Dağılım Alanlarında Meydana Gelebilecek Değişiklikler

Tez çalışmasının başlangıcında *I. rizeensis*'in geçmişteki dağılım örüntüsü hakkında cevaplanması hedeflenen soru şu şekildeydi;

- İklim değişikliklerine bağlı olarak türün gelecekteki dağılımında örüntüsünde meydana gelebilecek değişiklikler nelerdir?

Bu soruyu cevaplamak amacıyla *I. rizeensis*'in 2020, 2050 ve 2080 yıllarındaki dağılımları üç farklı iklimsel senaryoya göre modellenmiştir. BIOCLIM, GARP ve MAXENT yöntemlerinin A1b, A2a ve B2a iklimsel senaryolarına göre hazırlanan 2020, 2050 ve 2080 yılı modellerinin tümünde, türün dağılımı için uygun alanların Gürcistan'ın içine doğru Kuzeydoğu yönünde kademeli olarak değiştiği öngörülmektedir. Ortaya çıkan bu kademeli örüntünün farklı iklimsel senaryolarda ve farklı yöntemlerde biraraya çıkması türün yakın gelecek de yok olma riski ile

karşı karşıya kalabileceğini göstermektedir. Gelecek de tür için uygun olarak tahminlenen alanlar bulunsa dahi, türün çok sınırlı dispersal özelliğinden dolayı türün bu uygun alanları takip etmesi zor görünmektedir. Ayrıca tür bu alanlara doğru dispersali başarsa bile Çoruh Nehri türün aşamayacağı bir coğrafik bariyer olarak karşımıza çıkmaktadır.

Türlerin gelecekteki dağılımlarının anlaşılması ve tahminlenmesindeki en önemli soru türlerin çevresel değişikliklere nasıl cevap verdiği'dir. Türler niş kararlılığına bağlı olarak iki farklı tepki verebilirler; niş karakterlerinin korunumu yada yeni niş karakterlerinin evrimi [144]. Niş karakterlerinin korunumu durumunda türler iklimsel değişiklikleri takip ederken mevcut niş karakterleri sabit kalır [145]. Bunun gerçekleşmesi için türün çevresel değişikliklere bağlı olarak tercih ettiği habitat özelliklerini takip etmesi gerekir. Çevresel değişikliklere yeni niş karakterlerinin evrimleşmesi ile yanıt veren türler meydana gelen değişikliklere karşı yeni adaptasyonlar geliştirerek cevap verirler. Çevresel değişikliklere bu şekilde yanıt veren türlerde bu süre içerisinde kademeli olarak morfolojik değişiklikler ortaya çıkar [146]. Bu yüzden türleşme süreçleri yeni niş karakterlerinin oluşması ile ilişkilidir. Bu nedenle bir taksonun gelecekteki çevresel değişikliklere nasıl cevap vereceğinin anlaşılması için meydana gelen değişikliklerin niş karakterlerinin korunumu yada yeni niş karakterlerinin evrimini nasıl etkilediği anlaşılmalıdır.

Son tam buzul döngüsüne ait modellerden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, niş karakterlerinin korunumunun *I. rizeensis* için de geçerli olduğu düşünülmektedir. Bu durumda türün gelecek model sonuçlarında öngörülen alansal değişiklikleri başarması mümkün gözükmemektedir. Niş karakterlerinin korunumu durumunda türün iklimsel değişikliklere bağlı olarak uygun habitatları takip etmesi gerekmektedir; ancak türün düşük dispersal yeteneği buna engel bir durumdur.

I. rizeensis'in dağılım örüntüsünün merkez - perifer modeline uyum gösterdiği daha önce belirtilmişti. Son buzul tam döngüsü sırasında birçok türün buzul sonrası geri yayılması SBM dağılımlarındaki sığınaklarda hayatta kalan birkaç popülasyon ile gerçekleşmiştir. Günümüzde gözlemlenen dağılımın bu şartlar altında şekillendiği düşünüldüğünde türün merkez ve perifer popülasyonlarının durumu, iklim değişikliğine bağlı olarak dağılım değişikliği açısından önemlidir.

Türlerin dağılım alanlarını genişletmesi, perifer populasyonların genetik çeşitliliğini azaltan bir durumdur [147, 117]. Sonuç olarak perifer populasyonların adaptif potansiyelleri azalmış olur [15]. Pujol ve John Pannell gerçekleştirdikleri çalışmada [148] Pleistosen sonrası İspanya ve Portekiz bölgelerine dağılımını genişleten bir bitki türü olan *Mercurialis annua* populasyonlarının Pleyistosen sığınağındaki (Kuzey Afrika) populasyonlarına göre düşük genetik çeşitliliğe sahip olduklarını bulmuşlardır. Perifer populasyonlarda görülen bu genetik çeşitlilik azalmasının değişen çevre koşullarına karşı bu populasyonların ortadan kalkma riskini arttırdığını belirtmişlerdir. Bu bilgiler model sonuçlarından elde edilen sonuçlarla birlikte değerlendirildiğinde *I. rizeensis*'in periferde bulunan populasyonlarının iklimsel değişikliklere Fırtına Vadisinde bulunan populasyonlara göre daha hassas olabilecekleri düşünülmektedir.

Fouquet ve arkadaşları [149] Yeni Zelanda'ya özgü bir kurbağa türü olan *Leiopelma hochstetteri* ile yaptıkları çalışmada türün filocoğrafik analizinde genetik olarak farklılaşmış populasyonlar bulmuşlardır ve bu farklılaşma zamanının Pleyistosen'de gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Ortaya çıkan bu sonucun Pleyistosen'de gerçekleşen iklimsel dalgalanmalardan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bu durumda buzul dönemlerde gerçekleşen dağılım değişiklikleri ve sonrasındaki dağılım alanı genişlemeleri birçok türün günümüzde görülen dağılım örüntüsünün şekillenmesine neden olmuştur. *I. rizeensis*'in dağılım durumu buna uygun bir örnektir. Türün merkez ve perifer populasyonlarının genetik durumu gelecekteki iklim değişikliklerine karşı türün vereceği cevabı da şekillendirecektir.

ENM'leri teoride türlerin temel nişlerinin sabit olduğunu varsayarlar; ancak uygulamada sabit olarak varsayılan türlerin gerçek nişleridir. Bu varsayımın temel nedeni türlerin dağılımlarının günümüz dışındaki zamanlar için tahminlenmesi sırasında ortaya çıkan sonucun aslında türlerin temel nişlerinin günümüzde kullanılmayan bir parçasının kullanılmasını tahmin etmesidir. Başka bir deyişle iklimsel değişikliklere bağlı olarak türlerin temel nişleri değişmez iken gerçek nişlerinde değişiklikler meydana gelebilir. Bu nedenle türlerin gelecekteki dağılımlarının ENM ile tahminlenmesi sürecinde, türlerin meydana gelecek iklimsel değişikliklere nasıl tepki vereceğinin anlaşılması önemli bir konudur [150]. Ayrıca türler doğada temel nişlerinin tamamını işgal etmezler. Bunun temel nedenlerinden biri türlerin farklı dispersal yeteneklerinin, türlerin dağılımı için uygun olan tüm

habitatlari doldurmasini engellemesidir. [151]. *Isophya rizeensis*'in günümüzdeki dağılım örüntüsü ve sınırlı dispersal yeteneği göz önünde bulundurulduğunda türün gelecek de yok olma riski ile karşılaşabileceği düşüncesi önem kazanmaktadır.

Tez çalışması kapsamında gelecek modelleri en son 2080 yılı için oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre tür için yok olma riski olduğu düşünülmektedir. Bu noktada ortaya çıkan önemli soru bu kadar kısa bir sürede türün dağılımı için uygun olan alanların dağılımında bu kadar dramatik değişikliklerin gerçekleşip gerçekleşemeyeceğidir. Bu sonuçlar değerlendirilirken unutulmamalıdır ki bu modeller farklı iklimsel değişiklikleri öngören emisyon senaryolarına göre oluşturulmuştur. Yani ortaya çıkan sonuçların kesin olarak gerçekleşeceğini söylemek mümkün değildir. Ancak; birbirinden farklı varsayımı olan 3 farklı iklim senaryosun da da aynı sonucun ortaya çıkması düşündürücü bir durumdur. Ayrıca türün dağılım gösterdiği alanda iklimsel değişikliklerin kısa sürelerde gözlemlenen etkileri olduğu daha önce de bildirilmiştir. Verçenik Dağının kuzey yamacında 1949 yılında üç adet buzul tespit etmiştir. Buna karşın, 1975'te çekilen uydu görüntülerinde yalnızca iki adet buzulun kaldığı belirtilmiştir [152]. Günümüzde yaşanan iklim değişikliğine bağlı olarak artan sıcaklık değerlerinin [153] Kaçkar Dağı'nda yer alan aktif buzullarının halen gerilemesine sebep olduğu bilinmektedir. Bölgede daha önce gözlemlenen bu iklimsel değişiklik etkileri göz önünde bulundurulduğunda türün gelecekte yok olma riski ile karşılabileceği düşüncesi bölgenin iklimsel değişkenliği açısından da önem kazanmaktadır.

2.6.4 Uygulanan ENM Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında kullanılan BIOCLIM, GARP ve MAXENT ENM yöntemlerinden elde edilen sonuçlar arasında farklılıklar gözlemse de, ortaya çıkan tahmini örüntüler benzerlik göstermektedir. Sonuçlar değerlendirilirken unutulmaması gereken nokta bu modellerin tahminlemeye dayandığı ve kesinlik ifade etmediğidir. Uygulanan yöntemlerden MAXENT ve GARP elde edilen sonuçların istatistiksel olarak geçerli olup olmadığını sınamak için model analizi dışında test sınaması da gerçekleştirilmektedir. Çalışma kapsamında oluşturulan bu iki yöntem rastgele bir tahminden farklı olarak istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar vermiştir. Bunun yanında BIOCLIM modelleri elde edilen sonuç örüntüsünün istatistiksel olarak geçerliliğini sınavan bir sonuç sunmamaktadır.

GARP ve MAXENT yöntemleri model geçerliliğini sınamak için ROC eğrilerinden hesaplanan AUC değerlerini kullanmaktadır. AUC değerinin alabileceği en yüksek sayısal değer 1'dir ve elde edilen sonuçun çok başarılı olduğunu ifade eder. Ancak çok yüksek AUC değerlerinin ne kadar doğru olabileceği, yöntemlerin uygulamalarından kaynaklanan hatalardan kaynaklı yüksek AUC değeri olabileceği göz ardı edilmemelidir. Tez çalışmasında elde edilen MAXENT ve GARP modellerinin yüksek AUC değerleri olduğu görülmektedir. AUC yönteminin sınama için kullandığı durumlarda, modelde kullanılan organizmanın dağılım alanının dar bir coğrafi bölgeyi kapsamaması AUC değerlerinde gözlemlenen bu duruma neden olduğu ve hatalı bir sonuç olmadığı belirtilmiştir [154, 88]

Modelleme uygulamalarında yalnızca varlık verisinin kullanıldığı durumlarda en önemli varsayım gerçekleştirilen örneklemin rastgele olduğu yada ele alınan bölgeyi temsil ettiğiidir. Gerçekleştirilen örneklemin bu standartları karşılamadığı durumlarda bile modelleme uygulamalarından anlamlı sonuçlar çıkarmak mümkündür [155]. ENM ile ilgili literatür incelendiğinde MAXENT yazılımının rastgele örneklemden elde edilmeyen veri ile verimli bir şekilde çalıştığı görülmektedir [156].

Yalnızca türlerin varlık verisine dayanan modelleme yöntemleri günümüzde verimli sonuçlar veriyor olsa da yokluk verisinin mümkün olduğu durumlarda kullanılması gerektiği, kullanılmamasının ortamda varolan bilginin kaybına neden olduğu belirtilmiştir [157, 158].

ENM yöntemlerinde model sınanması amacıyla kullanılan ROC eğrileri ve AUC değerleri geçerliliğini korusa da ENM metotlarında bu değerlerle ilgili değişiklikler yapılması gerekmektedir. Bunun nedeni ROC eğrileri oluşturulurken varlık ve yokluk verisini birarada kullanmasıdır [156]. Bu durumda MAXENT gibi yalnızca varlık verisi kullanan modellerde ROC eğrileri oluşturulurken yokluk verisi yerine model tarafından gerçekleştirilen arkaplan örnekleme verisi kullanılır. Dolayısıyla model parametreleri ve maske seçimi modelin geçerliliği konusunda varlık verisinden daha çok önem taşımaktadır.

BIOCLIM modellerinin temel varsayımı, türlerin bolluklarının iklimsel parametreler ile belirlendiğidir [79]. Bazı alanlarda iklim potansiyel olarak dağılım üzerine etkili olan temel bir faktör olabilir. Ancak model sonuçlarının güvenilirliğinin sağlanması

için modelde ele alınan türlerin iklimsel faktörlere karşı hassaslığının belirlenmesi gerekir. BIOCLIM modellerinden elde edilen sonuçların istatistiksel olarak geçerliliğinin sınınamıyor olması bu konuyu daha önemli kılmaktadır. Günümüzde modelleme algoritmalarındaki gelişmeler BIOCLIM modellerinin eksikliklerinin anlaşılmasını sağlamıştır. Bu modelleme yöntemi her bir iklimsel parametreyi diğer parametrelerden bağımsız değerlendirmektedir. Parametrelerin birbirinden bağımsız değerlendirilmesi, ekolojik olarak güvenilir olmayan sonuçlar ortaya koymaktadır.

Tez çalışması kapsamında uygulanan GARP modelleme yöntemi kendi içerisinde türler ile çevresel şartlar arasındaki ilişkileri temsil eden bir model setini barındırır. Birden fazla kural aynı anda kullanılarak yapılan modelleme de bir noktaya birden fazla kuralın uygun olması durumunda elde edilen çıktılar farklı olacaktır. Dolayısıyla bu yöntem kullanılarak elde edilen modelleme sonuçları genellikle modellenen türün gerçek coğrafik dağılımından daha geniş alanları kapsayan sonuçlar ortaya çıkmasına neden olmaktadır [86]. Literatürde belirtilen bu durum *I. rizeensis* için oluşturulan GARP günümüz modellerinde de gözlemlenmektedir.

2.4.5 Sonuç

Anadolu jeolojik olarak genç bir coğrafyadır ve topografik çeşitliliği farklı birçok canlı türü için uygun habitatlar sunmaktadır. Topografyada gözlemlenen bu çeşitlilik aynı zamanda iklimsel çeşitliliği de beraberinde getirmektedir. Coğrafi konumu ve jeolojik tarihi bu coğrafyanın buzul dönemlerde birçok canlı türü için sığınak görevi görmesine neden olmuştur. Türlerin buzul dönemlerde sığınak bölgelere çekilmesi ve buzul dönemleri takip eden ısınma dönemlerinde dağılımlarını tekrar genişletmesi, günümüzde gözlemlenen yüksek Anadolu biyolojik çeşitliliğinin ve endemizminin oluşmasını tetiklemiştir.

Bu çalışma kapsamında model organizma olarak buzul döneminde buzulların etkisinin belirgin bir şekilde görüldüğü bir coğrafyada dağılım gösteren Anadolu'nun endemik türlerinden birinin seçilmesi, Anadolu'nun günümüzdeki türlerinin buzul dönemlerindeki hareketlerinin anlaşılması açısından önemli sonuçlara ulaştırmıştır. Aynı zamanda *I. rizeensis*'in dağılım gösterdiği bölgenin son buzul döneminde sığınak olduğu ve bunun nedenleri ortaya konmuştur. Ayrıca elde edilen sonuçlar günümüzde gözlemlenen dağılım örüntüsünün buzul

dönemlerdeki uygun alanlara çekilme ve daha sonrasında tekrar dağılım alanını genişletme davranışının bir sonucu olduğunu da göstermiştir.

Tez çalışmasından elde edilen bir diğer sonuç, Anadolu'da bulunan endemik türlerin gelecekte iklim değişikliklerine karşı durumlarının belirlenmesi açısından da önem taşımaktadır. Bu yöntemlerle elde edilen sonuçların, türlerin korunmasına yönelik planlama çalışmalarının şekillenmesinde önemli katkıları vardır. *I. rizeensis* için elde edilen geleceğe yönelik modelleme sonuçları, türün gelecekte yok olma riskine karşı koruma stratejileri geliştirilmesi gerektiği yönündedir.

Bu tez çalışması türlerin dağılımlarının Anadolu'da hem buzul dönemlerde hem de gelecekte nasıl değişebileceğine bir örnek oluşturmaktadır. Çalışma sonucunda istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak bu çalışma ile ortaya konan dağılım örüntülerinin genetik altyapısının da belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle ileride türün merkez ve perifer popülasyonları arasındaki genetik farklılıkların ortaya konması planlanmaktadır ve bu çalışmalar tez çalışmasından elde edilen sonuçların daha da detaylandırılmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Salisbury, E.J., The geographical distribution of plants in relation to climatic factors, *Geogr. J.*, 57, 312–335, **1926**.
- [2] Cain, S.A., Foundations of Plant Geography. *Harpers and Brothers*, New York, London, **1944**.
- [3] Good, R., The Geography of the Flowering Plants. *second ed. Longman*, London, **1953**.
- [4] Holdridge, L.R., Life Zone Ecology. *Tropical Science Center*, San Jose', Costa Rica, **1967**.
- [5] McArthur, R.H., Geographical Ecology: Patterns in the Distribution of Species, *Harper and Row*, New York, **1972**.
- [6] Box, E.O., Macroclimate and Plant Forms: An Introduction to Predictive Modeling in Phytogeography, *Junk*, The Hague, 258 pp, 1981.
- [7] Stott, P., Historical Plant Geography. An Introduction. *George Allen and Uwin*, London, **1981**.
- [8] Walter, H., Vegetation of the Earth and Ecological Systems of Geobiosphere, third ed. *Springer*, Heidelberg, **1985**.
- [9] Woodward, F.I., Climate and Plant Distribution. *Cambridge University Press*, Cambridge, 174 pp, **1987**.
- [10] Ellenberg, H., Vegetation ecology of Central Europe, fourth ed. *Cambridge University Press*, Cambridge, **1988**.
- [11] Şekercioğlu, Ç. et al., Turkey's globally important biodiversity in crisis, *Biological Conservation*, 144, 2752-2769, **2011**.
- [12] Rokas, A., Atkinson, R.J., Webster, L.M., Csokas, G., Stone, G.N., Out of Anatolia: Longitudinal gradients in genetic diversity support an eastern origin for a circum-Mediterranean oak gallwasp *Andricus quercustozae*, *Molecular Ecology*, 12, 2153-2174, **2003**.
- [13] Bilgin, R., Back to the suture: the distribution of intraspecific genetic diversity in and around Anatolia, *International Journal of Molecular Sciences*, 12, 4080-4103, **2011**.
- [14] Davis, P.H., Distribution patterns in Anatolia with particular reference to endemism, Plant life of South-West Asia, *Botanical Society of Edinburgh*, Edinburgh, pp. 15–27, **1971**.
- [15] Hewitt G.M., The genetic legacy of the Quaternary ice ages, *Nature*, 405, 907–913, **2000**.
- [16] Tchernov E., The Afro-Arabian component in the Levantine mammalian fauna – a short biogeographical review, *Israel Journal of Zoology*, 38, 155–192, **1992**.
- [17] Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, J.C., Lamoreux, J., da Fonseca, G.A.B., Hotspots Revisited:

- Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions, *Amsterdam University Press, Amsterdam, 2005.*
- [18] Conservation International, Map of Biodiversity Hotspots. **2005.**
- [19] Atalay, I. The effects of mountainous areas on biodiversity: a case study from the northern Anatolian Mountains and the Taurus Mountains, in *Proceedings of the 8th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography, 2006.*
- [20] Hongfu, Y., Dickins, J.M., Shi, G.R., and Tong, J., *Permian-Triassic Evolution of Tethys and Western Circum-Pacific*, Elsevier, Amsterdam, **2000.**
- [21] Courtillot, V., , *Evolutionary Catastrophes, The Science of Mass Extinction*, Cambridge University Press, NewYork, **2003.**
- [22] Çiplak, B., Distribution of Tettigoniinae (Orthoptera, Tettigoniidae) bush-crickets in Turkey: the importance of the Anatolian Taurus Mountains in biodiversity and implications for conservation, *Biodiversity & Conservation*,. 12(1), p. 47-64, **2003.**
- [23] De Lattin G., *Grundriss der Zoogeographie. Veb Gustav-Fischer Verlag*, Jena, Germany, **1967.**
- [24] Hewitt G.M., Some genetic consequence of ice ages, and their role in diverging and speciation, *Biological Journal of the Linnean Society*, 58, 247–276, **1996.**
- [25] Hewitt, G.M., *Post-glacial re-colonization of European biota*, *Biological Journal of the Linnean Society*, 68(1-2), p. 87-112, **1999.**
- [26] Webb T, Bartlein PJ., Global changes during the last 3 million years: climatic controls and biotic responses, *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, 23, 141-173, **1992.**
- [27] Sevgili, H., A new species of bushcricket (Orthoptera: Tettigoniidae) of the palaearctic genus *Isophya* (Phaneropterinae) from Turkey, *Entomological news*, 114(3), p. 129-137, **2003.**
- [28] Sevgili, H., A revision of the Turkish species of *Isophya* Brunner von Wattenwyl (Orthoptera: Tettigoniidae: Phaneropterinae). *PhD Thesis, in Turkish. Dept. of Biology, Hacettepe Univ., Institute of Pure and Applied Science. Ankara, Turkey.* 387 pp, **2004.**
- [29] Saglam IK and Caglar SS., Distribution and habitat characteristics of the color polymorphic bush-cricket *Isophya rizeensis* Sevgili (Orthoptera: Tettigoniidae: Phaneropterinae) in Turkey, *Entomological News*, 116: 309-324, **2005.**
- [30] Saglam, I.K., *Isophya rizeensis* Sevgili, 2004 (Orthoptera: Tettigoniidae)'de yüksekliğe bağlı ekolojik yayılış ve renk polimorfizmi üzerine araştırmalar, Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2004.**
- [31] Saglam IK and Caglar SS., Local Population Size and Dynamics of the Color Polymorphic Bush Cricket, *Isophya rizeensis* Sevgili, 2003 (Orthoptera: Tettigoniidae) within the Fırtına Valley, *Turkish Journal of Zoology*, 31; 1-8, **2007.**

- [32] Çağlar S. S., Karacaoğlu Ç., Kuyucu A.C, Sağlam I.K., Humidity and seasonality drives body size patterns in males of the bush cricket *Isophya rizeensis* Sevgili, 2003 (Orthoptera: Tettigoniidae: Phaneropterinae), *Insect Science*, DOI: 10.1111/1744-7917.12027, **2013**
- [33] Willot, S. J., Hassall, M., Life history responses of British grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) to temperature change, *Funct. Ecol.*, 12, 232-241, **1998**.
- [34] Harrison, J. F. and Fewell, J. H., The thermal effects on feeding behaviour and net energy intake in a grasshopper experiencing large diurnal fluctuations in body temperature, *Physiol. Zool.*, 68, 453-473, **1995**.
- [35] Pitt, C. W., Effects of multiple vertebrate predators on grasshopper habitat selection: trade-offs due to predation risk, foraging, and thermoregulation, *Evol. Ecol.*, 13, 499-515, **1999**.
- [36] Uvarov B.P., The geographical distribution of orthopterous insects in the Caucasus and in Western Asia, *Proceedings of the Zoological Society of London*, 31, 447–472, **1921**.
- [37] Çıplak B., Demirsoy A. and Bozcuk A.N., Distribution of Orthoptera in relation to the Anatolian Diagonal in Turkey, *Articuluta*, 8, 1–20, **1993**.
- [38] Çıplak B. and Demirsoy A., Türkiye’de Ensifera (Orthoptera, Insecta) alttakımının endemizm açısından değerlendirilmesi, *Turkish Journal of Zoology*, 19, 213–220, **1995**.
- [39] Grinnell, J., The Niche-Relationships of the California Thrasher, *The Auk*, 34(4), p. 427-433, **1917**.
- [40] Grinnell, J., Geography and Evolution, *Ecology*, 5(3), p. 225-229, **1924**.
- [41] Elton, C., Animal ecology. *London: Sidgwick and Jackson*, **1927**.
- [42] Gause, G. F., The struggle for existence, *Baltimore: Williams and Wilkins*, **1936**.
- [43] Hutchinson, G. E., Limnological studies in Connecticut. Part 7. A critical examination of the supposed relationship between phytoplankton periodicity and chemical changes in lake waters, *Ecology* 25, 3–26, **1944**.
- [44] Hutchinson, G. E., Concluding remarks, *Cold Springs Harbor Symp. Quant. Biol.* 22:415–427, **1957**.
- [45] Chase, J.M. and M.A. Leibold, *Ecological niches: linking classical and contemporary approaches*, University of Chicago Press, **2003**.
- [46] Leibold, M. A., The niche concept revisited: mechanistic models and community context, *Ecology* 76,1371–1382, **1995**.
- [47] Stockwell, D., et al., The use of the GARP genetic algorithm and Internet grid computing in the Lifemapper world atlas of species biodiversity, *Ecological modelling*, 195(1-2), p. 139-145, **2006**.
- [48] Brown, J. and N. Pavlovic, Evolution in heterogeneous environments: effects of migration on habitat specialization, *Evolutionary Ecology*, 6(5), p. 360-382, **1992**.

- [49] Holt, R., Demographic constraints in evolution: towards unifying the evolutionary theories of senescence and niche conservatism, *Evolutionary Ecology*, **10**(1), p. 1-11, **1996**.
- [50] Holt, R. and M. Gaines, Analysis of adaptation in heterogeneous landscapes: implications for the evolution of fundamental niches, *Evolutionary Ecology*, **6**(5), p. 433-447, **1992**.
- [51] Kawecki, T., Demography of source--sink populations and the evolution of ecological niches, *Evolutionary Ecology*, **9**(1), p. 38-44, **1995**.
- [52] Soberón, J., and A. T. Peterson, Biodiversity informatics: Managing and applying primary biodiversity data, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* **359**, 689-698, **2004**.
- [53] Pearson, R. G., and T. P. Dawson, Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: Are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*, **12**, 361-371, **2003**.
- [54] Peterson, A. T., V. Sánchez-Cordero, et al., Tracking population extirpations via melding ecological niche modeling with land-cover information, *Ecological Modelling*, **195**(3-4), 229-236, **2006**.
- [55] Soberon, J., A. Peterson, Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas, *Biodiversity Informatics*, **2**(0), **2005**.
- [56] Araújo, M. B., and A. Guisan, Five (or so) challenges for species distribution modelling, *Journal of Biogeography*, **33**, 1677-1688, **2006**.
- [57] Svenning, J.-C., and F. Skov, Limited filling of the potential range in European tree species, *Ecology Letters*, **7**, 565-573, **2004**.
- [58] Latimer, A. M., S. Wu, A. E. Gelfand, and J. A. Silander Jr, Building statistical models to analyze species distributions, *Ecological Applications*, **16**, 33-50, **2006**.
- [59] Austin, M. P., J. A. Meyers, Current approaches to modelling the environmental niche of eucalypts: implication for management of forest biodiversity, *Forest Ecology and Management*, **85**(1-3), 95-106, **1996**.
- [60] Guisan, A., U. Hofer, Predicting reptile distributions at the mesoscale: relation to climate and topography, *Journal of Biogeography*, **30**(8), 1233-1243, **2003**.
- [61] Hirzel, A., J. Hausser, et al., Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology* **83**(7), 2027-2036, **2002**.
- [62] Luoto, M., R. K. Heikkinen, et al., Determinants of the biogeographical distribution of butterflies in boreal regions, *Journal of Biogeography*, **33**(10), 1764-1778, **2006**.
- [63] Ron, S. R., Predicting the distribution of the amphibian pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* in the New World, *Biotropica*, **37**, 209-221, **2005**.
- [64] Joseph, L., D. Stockwell, Temperature-Based Models of the Migration of Swainson's Flycatcher (*Myiarchus swainsoni*) across South America: A

- New Use for Museum Specimens of Migratory Birds, *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 150: 293-300, **2000**.
- [65] Bourg, N. A., W. J. McShea, et al., Putting A Cart Before The Search: Successful Habitat Prediction For A Rare Forest Herb, *Ecology*, 86(10), 2793-2804, **2005**.
- [66] Bright, P. W., and T. J. Smithson, Biological invasions provide a framework for reintroductions: Selecting areas in England for pine marten releases, *Biodiversity and Conservation*, 10, 1247-1265, **2001**.
- [67] Armstrong, D. P., and J. G. Ewen, Dynamics and viability of a New Zealand robin population reintroduced to regenerating fragmented habitat, *Conservation Biology*, 16,1074-1085, **2002**.
- [68] South, A. B., S. P. Rushton, D. W. Macdonald, and R. Fuller, Reintroduction of the European beaver (*Castor fiber*) to Norfolk, UK: a preliminary modelling analysis, *Journal of Zoology*, 254, 473-479, **2001**.
- [69] Schadt, S., F. Knauer, P. Kaczensky, E. Revilla, T. Wiegand, and L. Trepl, Rule-based assessment of suitable habitat and patch connectivity for the Eurasian lynx, *Ecological Applications*, 12, 1469-1483, **2002**.
- [70] McFarlane, N., G. Boer, et al., The Canadian Climate Centre second-generation general circulation model and its equilibrium climate, *Journal of Climate*, 5(10), 1013-1044, **1992**.
- [71] Hilbert, D. W., M. Bradford, et al., Golden bowerbird (*Prionodura newtonia*) habitat in past, present and future climates: predicted extinction of a vertebrate in tropical highlands due to global warming, *Biological Conservation*, 116(3), 367-377. **2004**.
- [72] Hugall, A., C. Moritz, et al., Reconciling paleodistribution models and comparative phylogeography in the Wet Tropics rainforest land snail *Gnarosophia bellendenkerensis* (Brazier 1875), *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(9), 6112, **2002**.
- [73] Hinojosa-Díaz, I. A., O. Yáñez-Ordóñez, G. Chen, and A. T. Peterson, The North American invasion of the Giant Resin Bee (Hymenoptera: Megachilidae), *Journal of Hymenoptera Research*, 14, 69-77, **2005**.
- [74] Robertson, M. P., M. H. Villet, and A. R. Palmer, A fuzzy classification technique for predicting species' distributions: Applications using invasive alien plants and indigenous insects, *Diversity and Distributions*, 10, 461-474, **2004**.
- [75] Zalba, S. M., M. I. Sonaglioni, and C. J. Belenguer, Using a habitat model to assess the risk of invasion by an exotic plant, *Biological Conservation*, 93, 203-208, **2000**.
- [76] Thuiller, W., D. M. Richardson, P. Pysek, G. F. Midgely, G. O. Hughes, and M. Rouget, Global risk assessment for plant invasions--The role of climatic suitability and propagule pressure, *Global Change Biology*, 11, 2234-2259, **2005**.
- [77] Peterson, A., Uses and requirements of ecological niche models and related distributional models, *Biodiversity Informatics* , 3(0), **2006**.

- [78] Busby, J.R., A biogeoclimatic analysis of *Nothofagus cunninghamii* (Hook.) Oerst. in southeastern Australia, *Australian Journal of Ecology*, 11(1), p. 1-7, **1986**.
- [79] Nix, H.A., A biogeographic analysis of Australian elapid snakes. In: *Atlas of Elapid Snakes of Australia*. (Ed.) R. Longmore, pp. 4-15. *Australian Flora and Fauna Series Number 7*. Australian Government Publishing Service: Canberra, **1986**.
- [80] Houlder, D., Hutchinson, M., Nix, H., McMahon, J., *ANUCLIM*, Centre for Resource and Environmental Studies, Canberra, **2001**.
- [81] Beaumont, L., L. Hughes, and M. Poulsen, Predicting species distributions: use of climatic parameters in BIOCLIM and its impact on predictions of species' current and future distributions, *Ecological Modelling*, 186(2), p. 251-270, **2005**.
- [82] Boston, T., and Stockwell, D. R. B., Interactive species distribution reporting, mapping and modelling using the World Wide Web, *Computer Networks and ISDN Systems*, 28, 231± 238, **1994**.
- [83] Holland, J. H., *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. Ann Arbor: University of Michigan Press, **1975**.
- [84] Stockwell, D., The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction, *International Journal of Geographical Information Science*, 13(2): p. 143-158, **1999**.
- [85] Stockwell, D.R.B., Peterson, A.T., *Controlling bias during predictive modeling with museum data*. In: *Predicting Species Occurrences: Issues of Scale and Accuracy*, Island Press, Covello, CA, pp. 537–546, **2002**.
- [86] Payne, K., Stockwell, D.R.B., *GARP Modelling System User's Guide and Technical Reference*, **1996**.
- [87] Jaynes, E.T., Information theory and statistical mechanics, *Phys. Rev*, 106, 620–630, **1957**.
- [88] Phillips, S., R. Anderson, and R. Schapire, Maximum entropy modeling of species geographic distributions, *Ecological Modelling*, 190(3-4), p. 231-259, **2006**.
- [89] Otto-Bliesner, B.L., et al., Simulating Arctic climate warmth and icefield retreat in the last interglaciation, *Science*, 311(5768), p. 1751-175, **2006**.
- [90] Otto-Bliesner, B., et al., Last Glacial Maximum ocean thermohaline circulation: PMIP2 model intercomparisons and data constraints, *Geophys Res Lett*, 34, **2007**.
- [91] Hewitt, C. D., R. J. Stouffer, A. J. Broccoli, J. F. B. Mitchell, and P. J. Valdes, The effect of ocean dynamics in a coupled GCM simulation of the Last Glacial Maximum, *Clim. Dyn.*, 20, 203–218, **2003**.
- [92] Kim, S.-J., A coupled model simulation of ocean thermohaline properties of the Last Glacial Maximum, *Atmos. Ocean*, 42, 213–220, **2004**.
- [93] Peltier, W. R., and L. P. Solheim, The climate of the Earth at Last Glacial Maximum: Statistical equilibrium state and a mode of internal variability, *Quat. Sci. Rev.*, 23, 335– 357, **2004**.

- [94] Weber, S. L., et al., The modern and glacial overturning circulation in the Atlantic Ocean in PMIP coupled model simulations, *Clim. Past*, 3, 51– 64, **2007**.
- [95] MASSON-DELMOTTE, V., et al., Past temperature reconstructions from deep ice cores: relevance for future climate change, *Climate of the Past Discussions*, 2.4: 399-448, **2006**.
- [96] Collins, W.D., et al., The community climate system model version 3 (CCSM3), *Journal of Climate*,. 19(11), p. 2122-2143, **2006**.
- [97] K-1 Model Developers, K-1 coupled GCM (MIROC) description. *K-1 Technical Rep. No. 1, Center for Climate System Research (CCSR), University of Tokyo, National Institute for Environmental Studies (NIES), Frontier Research Center for Global Change (FRCGC), 2004*.
- [98] Nozawa T. et al., MIROC, CGER's Supercomputer Monograph Report 12. *Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Japan, 2007*.
- [99] IPCC, Principles governing IPCC work. *Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006*.
- [100] IPCC, About IPCC – Mandate and Membership of the IPC. *Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007*.
- [101] IPCC, Climate Change 2007: Synthesis Report. *Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007*.
- [102] WorlClim, Global Climate Data, <http://www.worldclim.org/current> (Haziran, **2010**)
- [103] Hijmans, R., et al., Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas, *International Journal of Climatology*, 25(15), p. 1965-1978, **2005**.
- [104] WorlClim, Global Climate Data, <http://www.worldclim.org/past> (Haziran, **2010**)
- [105] CCAFS, Climate Change , Agriculture and Food Security, <http://www.ccafs-climate.org/> (Haziran, **2010**)
- [106] Çıplak B., Demirsoy A., Sevgili H., Türkiye Isophya Brunner Von Wattenwyl, 1878 (Orthoptera: Phaneropterinae) Cinsi Revizyonu. *Tübitak Proje Raporu, TBAG-1923, 2003*.
- [107] ESRI version, ArcMap. 9.3, *ESRI Inc. Redlands, CA. 2004*
- [108] DivaGis version 7, <http://www.diva-gis.org> (Ocak 2012)
- [109] openModeller Desktop 1.1.0, <http://sourceforge.net/projects/openmodeller/files/openModeller%20Desktop/1.1.0/> (Nisan 2010)
- [110] Li, L., L. Bian, and G. Yan, An integrated Bayesian modelling approach for predicting mosquito larval habitats, 2006.
- [111] Freeman, E.A., Moisen, G.G., A comparison of the performance of threshold criteria for binary classification in terms of predicted prevalence and kappa. *Ecological Modelling*, 217, 48-58, **2008**.

- [112] Rinnhofer, L., et al., Iterative species distribution modelling and ground validation in endemism research: an Alpine jumping bristletail example, *Biodiversity and Conservation*, 21(11), p. 2845-2863, **2012**.
- [113] Pottier, J., et al., The accuracy of plant assemblage prediction from species distribution models varies along environmental gradients, *Global Ecology and Biogeography*, p. n/a-n/a, **2012**.
- [114] Wang, X., et al., Predicting potential distribution of chestnut phylloxerid (Hemiptera: Phylloxeridae) based on GARP and Maxent ecological niche models, *Journal of Applied Entomology*, 134(1), p. 45-54, **2010**.
- [115] Stockwell, D.R.B., *Genetic algorithms II; Machine Learning Methods for Ecological Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston, pp. 123–144, **1999**.
- [116] Garner, T.W., P.B. Pearman, and S. Angelone, Genetic diversity across a vertebrate species' range: a test of the central–peripheral hypothesis, *Molecular Ecology*, 13(5): p. 1047-1053, **2004**.
- [117] Eckert, C.G., K.E. Samis, and S.C. Loughheed, Genetic variation across species' geographical ranges: the central–marginal hypothesis and beyond, *Molecular Ecology*, 17(5): p. 1170-1188, **2008**.
- [118] Hengeveld, R., & Haeck, J., The distribution of abundance. I. Measurements, *Journal of Biogeography*, 303-316, **1982**.
- [119] Brown, James H., On the relationship between abundance and distribution of species, *American naturalist*, 255-279, 1984.
- [120] Brussard PF, Geographic patterns and environmental gradients: the central-marginal model in *Drosophila* revisited, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 15, 25–64, **1984**.
- [121] Lawton JH, Range, population abundance and conservation, *Trends in Ecology & Evolution*, 8, 409–413, **1993**.
- [122] Vucetich JA., Waite TA., Spatial patterns of demography and genetic processes across the species' range: null hypotheses for landscape conservation genetics, *Conservation Genetics*, 4, 639–645, **2003**.
- [123] Price, P.W., *Insect Ecology*, New York, Wiley, **1984**.
- [124] Parmesan, C. et al, Empirical perspectives on species borders: from traditional biogeography to global change, *Oikos* 108, 58–75, **2005**.
- [125] Williams, C.K. et al., Population dynamics across geographical ranges: time-series analyses of three small game species, *Ecology*, 84, 2654–2667, **2003**.
- [126] Hampe, A. and Petit, R.J., Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters, *Ecological Letters*, 8, 461–467, **2005**.
- [127] Helmuth, B. et al., Biophysics, physiological ecology and climate change: does mechanism matter? *Annu. Rev. Physiol*, 67, 177–201, **2005**.
- [128] Bayrakdar C., *Fırtına Deresi Havzasının Uygulamalı Jeomorfoloji Etüdü*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, **2006**

- [129] Hewitt, G., Genetic consequences of climatic oscillations in the Quaternary, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 359(1442): p. 183-195, **2004**.
- [130] Botkin, D.B. *et al.*, Forecasting the effects of global warming on biodiversity, *Bioscience*, 57: 227–236, **2010**.
- [131] Kelley, P. *et al.*, *Predator-prey Interactions in the Fossil Record*, Kluwer Academic Publishers, New York, NY, **2003**.
- [132] Hellmann, J.J., K.M. Prior, and S.L. Peliñi, The influence of species interactions on geographic range change under climate change, *Annals of the New York Academy of Sciences*, **2012**.
- [133] Elias, S., *Advances in quaternary entomology* Vol. 12., Elsevier Science, **2009**.
- [134] Colinvaux, P., Paradigm lost: Pleistocene environments from the Amazon Basin (continued forest cover in perpetual flux, Part 2), *The Review of Archaeology* 22, 20–31, **2001**.
- [135] Davis MB, Quaternary history and the stability of forest communities, *Forest Succession Concepts and Applications*, pp. 132–154. Springer-Verlag, New York, **1981**.
- [136] Huntley B, Birks HJB, *An Atlas of Past and Present Pollen Maps for Europe: 0–13000 Years Ago*. Cambridge University Press, Cambridge, **1983**.
- [137] Prentice IC, Bartlein PJ, Webb T, Vegetation and climate change in eastern North-America since the last glacial maximum, *Ecology*, 72, 2038–2056, **1991**.
- [138] Pearman, P.B., Guisan, A., Broennimann, O. & Randin, C.F. Niche dynamics in space and time, *Trends in Ecology and Evolution*, 23, 149–158, **2008**.
- [139] Peterson, A.T., Ecological niche conservatism: a timestructured review of evidence. *Journal of Biogeography*, 28, 817–827, **2011**.
- [140] Bennett, K. *Evolution and Ecology: the Pace of life*, Cambridge University Press, **1997**.
- [141] Williams, D., Dunkerley, D., DeDecker, P., Kershaw, P. & Chappell, M., *Quaternary Environments*, London: Arnold, **1998**.
- [142] Bayrakdar C, Özdemir, The Effect of Aspect on Development of Glacial and Periglacial Topography at the Kaçkar Mountain, *Turkish Geographical Review*, 54: 1-13, **2010**.
- [143] Mitchell, M.G.E., Cahill, J.F. & Hik, D.S., Plant interactions are unimportant in a subarctic-alpine plant community, *Ecology*, 90, 2360–2367, **2009**.
- [144] Stigall, A.L., Using ecological niche modelling to evaluate niche stability in deep time, *Journal of Biogeography*, **2012**.

- [145] Wiens, J.J. & Graham, C.H., Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36, 519–539, **2005**.
- [146] Eldredge, N. & Gould, S.J., Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism, *Models in paleobiology*, pp. 82–115. Freeman, Cooper and Co., San Francisco, CA, **1972**.
- [147] PETIT, Rémy J., et al, Identification of refugia and post-glacial colonisation routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence, *Forest ecology and management*, 156.1: 49-74, **2002**.
- [148] Pujol, B. and J.R. Pannell, Reduced Responses to Selection After Species Range Expansion. *Science*, 321(5885): p. 96, **2008**
- [149] Fouquet, A., et al., Using ecological niche modelling to infer past, present and future environmental suitability for *Leiopelma hochstetteri*, an endangered New Zealand native frog, *Biological Conservation*, 143(6), p. 1375-1384, **2010**.
- [150] Dawson TP, Jackson ST, House JI, Prentice IC, Mace GM, Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate, *Science*, 332, 53–58, **2011**.
- [151] Veloz, S.D., et al., No - analog climates and shifting realized niches during the late quaternary: implications for 21st - century predictions by species distribution models, *Global Change Biology*, **2012**.
- [152] Kurter, A., Glaciers of Middle East and Africa-Glaciers of Turkey, *Satellite Image Atlas of the World*, USGS Professional Paper, 1386-G-1, 1-30, **1991**.
- [153] Gönençgil B., *Doğal Süreçler Açısından İklim Değişikliği ve İnsan*, İstanbul: Çantay Kitabevi, **2008**.
- [154] Fielding, A.H. & Bell, J.F., A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/ absence models, *Environmental Conservation*, 24(1): 38-49, **1997**.
- [155] Pearce, J.L. & Boyce, M.S., Modelling distribution and abundance with presence-only data, *Journal of Applied Ecology*, 43, 405–412, **2006**.
- [156] Yackulic, C.B., et al., Presence-only modelling using MAXENT: when can we trust the inferences?, *Methods in Ecology and Evolution*, p. n/a-n/a, **2012**.
- [157] Brotons, L., Thuiller, W., Araujo, M.B. & Hirzel, A.H., Presence-absence versus presence-only modelling methods for predicting bird habitat suitability, *Ecography*, 27, 437–448, **2004**.
- [158] Ward, G., Hastie, T., Barry, S., Elith, J. & Leathwick, J.R., Presence-only data and the EM algorithm, *Biometrics*, 65, 554–563, **2009**.

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Çağaşan Karacaoğlu

Doğum Yeri : Ankara

Medeni Hali : Evli

E-posta : cagasan@gmail.com

Adresi : Yüce-tepe Mah. 86. Sokak No:1/4 Anıttepe / ANKARA

Eğitim

Lise (1996–1999): TED Ankara Koleji

Lisans (2000–2004): H.Ü. Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü

Yüksek Lisans (2004–2007): H.Ü. Biyoloji Bölümü, Ekoloji A.B.D.

Doktora (2007-2013): H.Ü. Biyoloji Bölümü, Ekoloji A.B.D.

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce 2012-KPDS İlkbahar Dönemi Puanı 91,25/100

İş Deneyimi

2007– devam ediyor: Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ekoloji Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi.

Deneyim Alanları

Ekoloji, Ekosistem analizi, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama, Ekolojik Niş Modellemesi

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

Doğu Karadeniz Bölgesinde Yayılış Gösteren Barbitistini (Orthoptera: Tettigoniidae: Phaneropterinae) Türlerinde Moleküler Tabanlı Evrimsel Ekolojik Araştırmalar. Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi, Bütçe: 97250 TL.

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

Çağışan Karacaoğlu, Selim Sualp Çağlar (**Sözlü Sunum**), “ Preliminary Time Series and Zoogeographical Evaluation of the Regional Endemic Bush Cricket *Isophya rizeensis*”, 12th International Congress on the Zoogeography and Ecology of Greece and Adjacent Regions, Atina, Yunanistan, **Haziran 2012**.