

To Cite This Article: Hepbilgin, B. & Koç, T. (2019). Projected effects of climate change on the tree formation of Kazdağı (mt. Ida) and its vicinity. *International Journal of Geography and Geography Education*, 39, 311-327.

Submitted: December 01, 2018

Revised: January 17, 2019

Accepted: January 22, 2019

PROJECTED EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON THE TREE FORMATION OF KAZDAĞI (MT. IDA) AND IT'S VICINITY

İklim Değişikliğinin Kazdağı ve Yakın Çevresindeki Ağaç Formasyon Alanlarına Öngörülen Etkileri

Berna HEPBİLGİN¹

Telat KOÇ²

Öz

İklim değişikliği projeksiyonları yardımıyla iklim değişikliğinin Güney Marmara Bölümünde bölgenin önemli bitki potansiyelini oluşturan Kazdağı ve çevresindeki orman alanlarına nasıl yansıtacağı bu çalışmanın temel problemini oluşturmaktadır. Çalışmada sıcaklık ve yağış verileri kullanıldı. Düzenlenmiş veriler 10x10 m hücreli merkezler için enterpolasyon işlemi ardından Kazdağı'nın gerçek yükselti noktalarına modellenerek yeni sıcaklık ve yağış değerleri elde edildi. Bu değerler kullanılarak CBS ortamında Erinç, De-Martonne ve Emberger indisleri ile mekânsal analiz gerçekleştirildi ve Kazdağı'nın bu üç iklim sınıflandırmasına göre iklim haritaları elde edildi. Çalışmanın ikinci ayağında Orman Amenajman Planları yardımıyla Kazdağı orman formasyonlarını oluşturan ağaç türleri temelde kuraklık ve nemlilik ihtiyaçlarına göre sınıflandırıldı. Böylece *nemcil*, *kurakçıl*, nemcil baskın ancak kurakçıl türleri de ihtiva eden *geçiş* ve tür sayısı fazla olduğu ve amenajman planlarında tür ayrımı olmadığı için *saf meşe* ve *karışık meşe* alanları olarak formasyon dağılım haritaları elde edildi. Son olarak elde edilen formasyon alanları ile tüm iklim haritaları karşılaştırılarak formasyon alanları içine düşen iklim alanlarındaki değişimler tespit edildi. Bulgulara göre, tüm formasyon alanlarında, tüm iklim sınıflandırmalarına göre Kazdağı'nda kurak ve yarı kurak iklim alanları genişlerken yarı nemli, nemli/az yağışlı, yağışlı iklim alanları önemli ölçüde daralmaktadır. Kötümser senaryo verilerine göre ise değişim benzer fakat daha belirgindir.

Anahtar Kelimeler: Kazdağı, Ağaç formasyonu, İklim Değişikliği, Bölgesel İklim Senaryosu, İklim Sınıflandırmaları

Abstract

The aim of this study is to determine the reflection of the climate change to the forest of the Kaz Mount and its vicinity via regional climate scenarios. It is used temperature and precipitation data. It is derived the modeled temperature and precipitation values in the points of the surface of Kaz Mount from arranged data after reducing them to the sea level in GIS. Spatial analysis has been applied using Erinç, De-Martonne and Emberger indexes and gained the changing climate maps of Kaz Mount according to the three climate classification methods. On the other hand, trees which forms the forest of Kaz Mount have been classified according to their xerophilous or hygrophilous types. Thus, it is gained 5 groups of tree species, *hygrophilous*, *xerophilous*, *transition* which includes hygrophilous dominant and also xerophilous but less relatively, and *pure* and *mixed oak* for which has many of types and absent in forest management plans. Finally, climatological movements in the tree formation areas are determined analyzing both climate maps and the areas of formation groups. According to findings, Arid and semi-arid climate areas expand; semi-humid, humid/low rainy, rainy climate areas shrink dramatically in all climate classifications. Results in the RCP 8.5 are similar but more apparent.

Keywords: Kaz Mount, Climate Change, Tree Formation, Climate Classifications

¹ Correspondence to: Dr., Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Arts and Sciences, Room Number: D.006, Terzioğlu Campus, 17020, Çanakkale, TURKEY., <https://orcid.org/0000-0001-5092-324X>, bernahepbilgin@comu.edu.tr

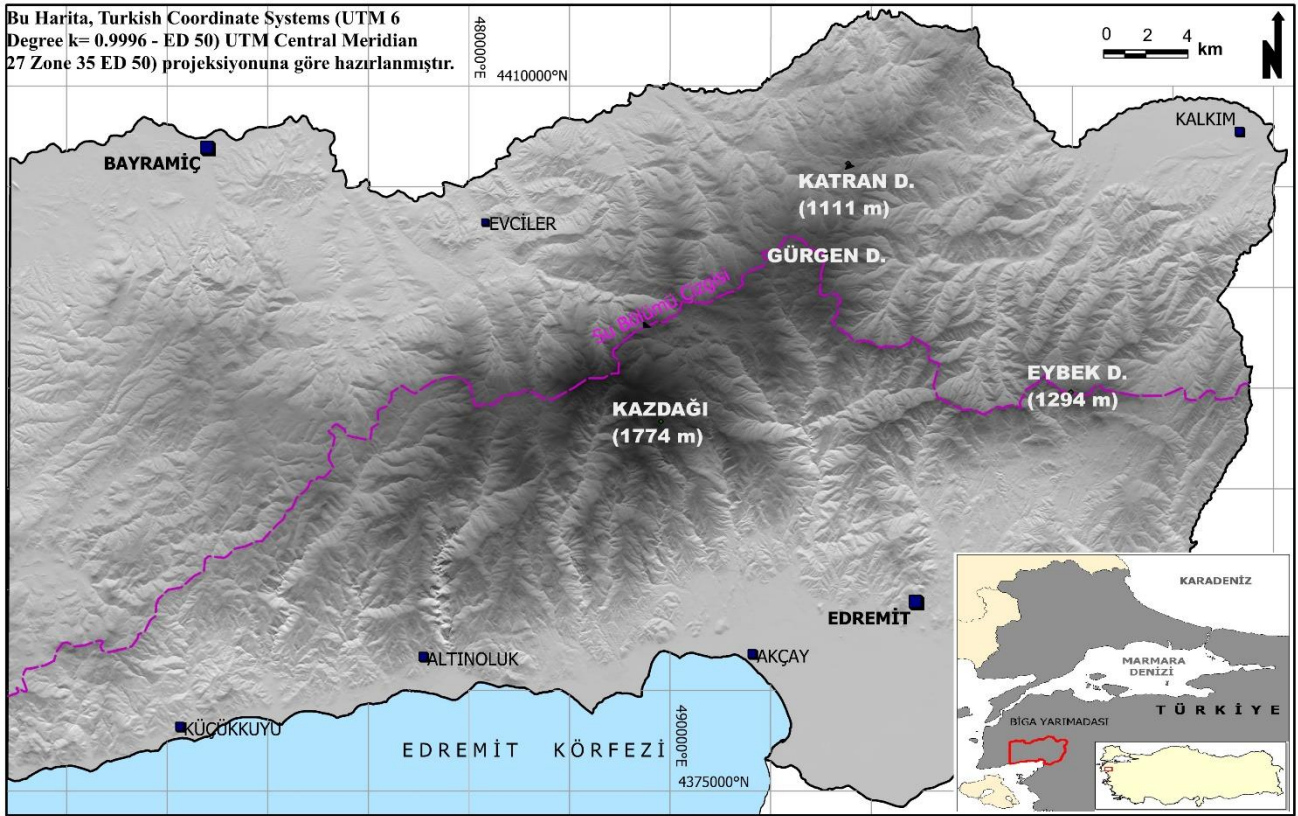
² Prof., Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Arts and Sciences, Room Number: 123, Terzioğlu Campus, 17020, Çanakkale, TURKEY., <https://orcid.org/0000-0002-5516-4104>, tkoc@comu.edu.tr

GİRİŞ

Orman alanları iklim değişikliğinin tehdit ettiği önemli doğal alanlardır. Jeolojik geçmişte meydana gelen iklim değişikliklerinde bitkiler kendi habitat koşullarına daha uygun kesimlere göç edebilmişlerdir. Oysa günümüzde gelişen iklim değişikliği insan kaynaklıdır ve etkileri jeolojik dönemdekilere kıyasla daha kısa sürede ortaya çıkmaktadır. Günümüz iklim değişikliği sürecinde önümüzdeki yalnızca 100 yıl içerisinde en iyi senaryoya göre ortalama sıcaklığın 2 °C, en kötü senaryoya göre ise 6 °C artması beklenmektedir. Bu artış senaryoları bitkilerin yüz yıl gibi kısa bir süre içinde ya değişen ortama uyum sağlamalarını ya da daha uygun ortam koşullarına göç etmelerini gerektirmektedir. İklim değişikliğinin ormanlar üzerindeki etkilerinden bir diğeri, sıcaklıkların artmasıyla meydana gelen kuraklık ile orman yangınlarındaki artışlardır. Havaaların daha erken ısınması bitkilerin vejetasyon süresini uzatmaktadır. 30-40 yıl öncesine göre bitkilerin tomurcukları 5-10 gün daha önce patlamakta, bu durum bitkileri ilkbahar ve sonbaharda meydana gelebilecek dona karşı daha hassas hale getirmektedir. Kuraklıktan başka, sel, taşkın ve fırtına olaylarının miktar ve şiddetinde meydana gelen artışlar ormanların zarar görmesine neden olabilecektir. Özellikle kıyılarda bulunan ormanlar ve milli parklar buzulların erimesiyle deniz seviyesinin yükselmesi sonucu ortadan kalkma tehlikesi ile karşı karşıya kalabilecektir. Diğer taraftan, CO₂ artışı ile, fotosentez yapan bitkilerin su veya besin maddesi eksikliği durumunda bitkilerin yeterince odun üretememesi, yine CO₂ artışı ile bitkilerin solunum ihtiyacının artması sonucu normalden daha fazla organik madde tüketimi ihtiyacının karşılanamaması durumu ve fotosentez kabiliyetlerinin farklı olması nedeniyle bitkilerin aralarındaki rekabetin artmasının biyolojik çeşitliliği riske atacak olması, yine sıcaklıkların artmasıyla ormanlarda böcek zararlarının artacak olması gibi faktörler de iklim değişikliğinin fizyolojik tehditleri arasındadır (Tolunay, 2013).

İklim değişikliğinin orman örtüsünü oluşturan türlere etkilerini inceleyen çok sayıda araştırmaya ulaşılmıştır. Kienast vd. (1996) çalışmalarında, öngörülen iklim değişikliğinin nerelerdeki doğal orman türlerinde anlamlı bir değişime neden olacağını ve bugünün ormanlarının (ağaç türleri kapsamında) bu değişime ne kadar iyi adapte olacağını ele almışlardır. Sonuçlara göre, sıcaklıkların artması durumunda İsviçre ormanlık sahasının yaklaşık %5'lik kısmının risk altında olduğu ve bu alanlardaki türlerin ortadan kalkması neticesinde, alan parçalanmalarının başlamasının muhtemel olduğu belirtilmiştir. Hamann ve Wang (2006) Ekosistem ve ağaç türlerinin dağılışı üzerinde iklim değişikliğinin potansiyel etkilerini inceledikleri çalışmada bugün önemli sub-boreal ve dağlık iklim bölgelerinin hızlı bir şekilde ortadan kalktığını vurgulamışlardır. Zeydanlı vd. (2010) Seyhan havzasında kızılçam, karaçam, göknar ve sedir yayılışlarına iklim değişikliğinin öngörülen etkilerini inceledikleri çalışmada, 2050 yılına gelindiğinde, kızılçam meşcerelerinin %56,2'sinin; karaçam meşcerelerinin %68,5'inin; göknar meşcerelerinin %85,7'sinin ve sedir meşcerelerinin %93,1'inin bu türlerin yaşamı için uygun olmayacağını tespit etmişlerdir. İklim ve arazi örtüsü değişikliğine karşı vejetasyon yapısı ve bitki farklılaşmasının araştırıldığı bir çalışmada iklim değişikliği ile orman alanlarında (Boulangeat vd., 2014); Tayvan'da dağlık ve Alpin habitat türlerinde (Lin, vd, 2014); Akdeniz orman komünitelerinde (Labourdet vd., 2012) yukarı yönlü kayma/göç tespit edilmiştir. Bir başka çalışmada iklimdeki ısınma nedeniyle dayanıklı türlerin üçte birinde azalma saptanmış, bu durumun bu türler için bir yok olma işareti olabileceğini ve bitki komünitelerinin varlığının, doğal türlerin dayanıklılığına ve uygun ekolojik aralıkları doldurma yeteneklerine bağlı olduğu belirtilmiştir (Cannone, 2014).

Güney Marmara bölümünde önemli bitki potansiyelini barındıran Kazdağı ve çevresindeki (Şekil 1) ağaç formasyon alanlarına, içinde bulunduğumuz yüzyılın sonuna kadar, seçilen bölgesel iklim değişikliği projeksiyonlarının yansımalarının bazı iklim sınıflandırma yöntemlerine göre tespit edilmesi bu araştırmanın temel amacıdır. Bu amaç doğrultusunda Kazdağı ve yakın çevresinde belirlenen kurakçıl, nemcil, geçiş, saf ve karışık meşe türlerinin dağılış alanlarında öngörülen iklimsel değişiklikler elde edilmiştir. Buna göre, kurak iklim alanları genişlerken nemli iklim alanları daralmakta ve buna paralel olarak nemcil türlerin dağılış alanlarında iklim değişikliği baskısı artmaktadır. Kurak alanların genişlemesiyle geçiş iklimine sahip alanlarda yukarı yönlü kaymalar ve alansal daralmalar meydana gelmekte ve geçiş türlerinin bugünkü yayılış alanlarında kuraklaşma baskısı artmaktadır.



Şekil 1: Araştırma Alanının Konum Haritası

VERİ VE YÖNTEM

Araştırmada Kazdağı çevresindeki aşağıda bilgileri verilen sekiz meteoroloji istasyonuna (Bergama, Ayvalık, Bozcaada, Burhaniye, Edremit, Balıkesir, Gönen, Çanakkale) ait 1971-2000 referans dönemi yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama toplam yağış değerleri kullanılmıştır (Tablo 1).

No	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Yükselti
1	Bergama	39.1098°K	27.1100°D	53 m
2	Ayvalık	39.3133°K	26.4200°D	4 m
3	Bozcaada	39.8326°K	26.0728°D	30 m
4	Burhaniye	39.4983°K	26.9755°D	20 m
5	Edremit	39.5895°K	27.0192°D	21 m
6	Balıkesir	39.6326°K	27.9201°D	100 m
7	Gönen	40.1135°K	27.6226°D	37 m
8	Çanakkale	40.1410°K	26.3993°D	6 m

Yine, RCP 4.5 ve RCP 8.5 (Representative Concentration Pathways –Temsili Konsantrasyon Yolu) senaryolarına ait GFDLESM-2M küresel iklim modeli çıktılarıyla RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli 20kmx20km çözünürlükte Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından üretilmiş olan 2016-2040; 2041-2070 ve 2071-2099 dönemlerine ait yıllık sıcaklık ve yağış projeksiyon değerleri kullanılmıştır. Yukarıda belirtilen istasyonların yıllık ortalama sıcaklıklarına, gelecek üç dönemin anomali değerleri birikimli olarak eklenerek istasyonların gelecek üç dönemdeki yıllık ortalama sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Deniz seviyesinden değişik yükseltilerde bulunan bu istasyonlara ait elde edilen yeni sıcaklık değerleri deniz seviyesine indirgenmiş ve Mapinfo Pro 2015 programında TIN yöntemi ile deniz seviyesi yüzeyinde enterpole edilmiştir.

Deniz seviyesine indirgeme ve ardından tüm topografya yüzeyine 10mx10m grid merkezlerinin sıcaklık değerleri CBS programında sırasıyla aşağıda belirtilen formüller uygulanarak modellenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: Topografyanın Gerçek Yüzeylerindeki ve Deniz Seviyesindeki Sıcaklık Değerlerini Elde Etmek İçin Uygulanan Formüller

$$C + c$$

C: Gerçek ortalama sıcaklık

c: Deniz seviyesine indirme için istasyon sıcaklığına ilavesi gereken miktar

h: İstasyonun deniz seviyesinden yüksekliği

t: Her 100 m'de ilave edilen sıcaklık miktarı (Ardel vd., 1969)

$$c = \frac{(h * t)}{100}$$

$$X = a - \left(\frac{b * h}{100} \right)$$

X: Topografyada sıcaklık değeri elde etmek istenen nokta

a: İstasyonun deniz seviyesindeki sıcaklık miktarı

b = Her 100 m'de yıllık ortalama sıcaklık değerlerine takriben 0.5°C uygun görülmüştür (Ardel, 1969: 25)

h = Topografyada sıcaklığı elde edilmek istenen noktanın yükseltisi

100 = Her 100 m'de sıcaklık değişimi referans alındığı için 100'e bölünür.

Troposferde düşey sıcaklık gradyanı $\frac{0.65}{100}$ m alınır (Ahrens ve Henson, 2016: 36)

Kazdağı ve yakın çevresi deniz kıyısında yükselen ve yükseltisi fazla olmayan bir sahadır.

Bağıl anlamda saha nemli olarak düşünülmüştür

Böylece sahanın 2040, 2070 ve 2099 yıllarına ait sıcaklık modelleri elde edilmiştir. Sıcaklık modelleri sıcaklık öngörü haritalarının temelini teşkil etmektedir (Hebilgin ve Koç, 2017).

Belirlenen meteoroloji istasyonların referans dönem yıllık ortalama toplam yağış değerlerine, gelecek üç dönemin anomali değerleri doğrudan ve birikimli olarak eklenerek istasyonların gelecek üç dönemdeki öngörülen yağış değerleri elde edilmiştir. Deniz seviyesinden değişik yükseltilerde bulunan bu istasyonlara ait elde edilen yeni yağış değerleri Excel 2016 programında aşağıdaki formül uygulanarak deniz seviyesine indirgenmiştir.

Schreiber formülü : $Ph = Po \pm 54h$ şeklinde olup formüldür;

Ph = Dağda yükseltisi bilinen bir noktanın bulunacak yağış tutarı (mm),

Po = Dağ eteğinde yükseltisi bilinen ve yağış rasadı yapan bir istasyonun yağış tutarı (mm),

54 = Her 100 m yükseldikçe yıllık yağışın 54 mm arttığını gösteren katsayı ve

h = Dağın eteğindeki istasyon ile yağış miktarı bulunacak nokta arasındaki yükselti farkını (hektometre olarak) göstermektedir (Ardel, vd., 1969:195)

Ardından, CBS ortamında TIN yöntemi ile deniz seviyesi yüzeyine enterpole edilmiştir. Ardından, tüm topografya yüzeyine 10mx10m grid merkezlerinin yağış değerleri CBS-Vertical Mapper programında aşağıdaki formül uygulanarak modellenmiştir.

$$X = a + \left(\frac{b * h}{100} \right)$$

X: Topografyada yağış değeri elde etmek istenen nokta

a. İstasyonun deniz seviyesindeki yağış miktarı

b. Yıllık ortalama toplam yağış değeri kullanıldığı için her 100 metrede yağış 54 mm artacağı kabul edildiği için 54 değeri.

h: Topografyada yağış değeri elde edilmek istenen noktanın yükseltisi; 100: her yüz metrede yağış değişimi referans alındığı için 100'e bölünmüştür.

Böylece sahanın 2000, 2040, 2070 ve 2099 yıllarına ait yağış değişikliği modelleri elde edilmiştir. Yağış modelleri yağış öngörü haritalarının temelini teşkil etmektedir. Elde edilen maksimum (1620 mm) ve minimum (325 mm) yağış değerleri göz önünde bulundurularak modellerin tümünde 200 mm aralıklarla toplamda 7 yağış aralığı belirlenmiştir. Yağış haritaları bu aralıklar temel alınarak üretilmiş ve referans dönem ile gelecek dönemler arasında yağış aralıklarındaki alansal ve oransal değişiklikler analiz edilmiştir.

Sıcaklık ve yağış modellerinin üretilmesinin ardından, 1971-2000, 2016-2040, 2041-2070 ve 2071-2099 dönemleri için, belirlenen üç iklim sınıflandırma formülü CBS programında uygulanarak iklim değişikliği haritaları elde edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3: Araştırmada Uygulanan İklim Sınıflandırmalarına Ait Formüller

$$\text{Eriç Formülü : } Im = \frac{P}{Tom}$$

P : Yıllık Ortalama Toplam Yağış; Tom = Yıllık Ortalama Maksimum Sıcaklık

$$\text{De Martonne Formülü : } I = \frac{P}{T + 10}$$

P : Yıllık Ortalama Toplam Yağış; T : Yıllık Ortalama Sıcaklık

$$\text{Emberger Formülü (°C): } I = \left(\frac{2000 \cdot P}{(M + m + 546.4) \cdot (M - m)} \right)$$

M : En sıcak ayın en yüksek sıcaklık ortalaması

m : En soğuk ayın en düşük sıcaklık ortalaması

P : Yıllık ortalama toplam yağış

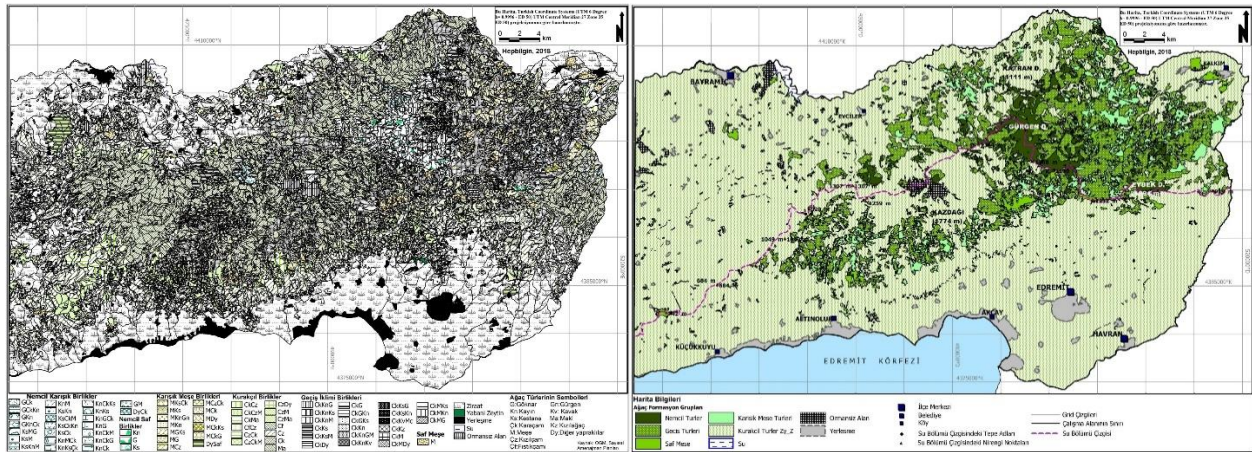
İklim değişikliği haritalarının üretilmesinin ardından Orman Amenajman planları yardımıyla Kazdağ'ın baskın ağaç türleri temel sıcaklık ve nemlilik ihtiyaçlarına göre nemcil, kurakçıl, geçiş formasyon alanları ve tür sayısı fazla olduğu ve amenajman planlarında tür ayrımı yapılmamış olduğu için meşe alanları saf meşe ve karışık meşe formasyon alanları olarak gruplanmıştır (Tablo 4, Şekil 2).

Tablo 4: Orman Amenajman Planlarından Sıcaklık ve Nem İhtiyaçlarına Göre Belirlenen Ağaç Tür Grupları

	Nemcil Türler				Geçiş			Karışık Meşe		Meşe	Kurakçıl	
Göknar (G)	GÇk	KnÇkG	KnKsÇk	KsKnM	ÇkKnG	ÇkGKn	ÇkKvMc	MÇk	MGks	M	ÇkÇz	ÇzM
Kayın (Kn)	GÇkKn	KnÇkKs	KnM	KsM	ÇkKnKs	ÇkGKs	ÇkKz	MÇkG	MKn		ÇkÇzM	ÇzMa
Kestane (Ks)	GKn	KnÇkM	KnMÇk	KsMG	ÇkKnM	ÇkKn	ÇkM	MÇkks	MKnGn		ÇkMa	Çf
	GKnÇk	KnG	KsÇk	DyÇk	ÇkKs	ÇkKnGM	ÇkMDy	MÇz	MKs		ÇfÇz	Çz
	GM	KnGÇk	KsÇkKn		ÇkKsM	ÇkKnKv	ÇkMG	MÇzÇk	MKsÇk		ÇzÇk	Çk
	KnÇk	KnKs	KsÇkM		ÇkDy	ÇkKsG		MDy	ÇkMKn		ÇzÇkM	Ma
			KsKn		ÇkG	ÇkKsKn		MG	ÇkMKs		ÇzDy	Dy

G: Göknar, Kn: Kayın, Ks: Kestane, Çk: Karaçam, M: Meşe, Çz: Kızılağaç, Çf: Fıstıkçamı, Gn: Gürgen, Kv: Kavak, Ma: Maki, Kz: Kızılağaç, Dy: Diğer Yapraklılar

Bu araştırmada kullanılan 'formasyon' terimi, onu niteleyen sıfatla oluşmuş anlamında kullanılmıştır. Örneğin, Kurakçıl formasyon alanı: Kuraklık isteği yüksek ağaç türlerinden oluşan alan anlamında kullanılmıştır; Geçiş formasyon alanı: Geçiş ikliminde nemcil baskın ve kurakçıl türlerin birlik oluşturduğu alanları ifade etmektedir (Şekil 2).



Şekil 2: Orman Amenajman Planlarından elde edilen Ağaç Birlikleri Dağılım Haritası (Solda) ve Belirlenen Tür Grupları (Sağda)

Daha sonra, referans dönem ve üç projeksiyon dönemi için, belirlenen formasyon alanları içine düşen iklim tiplerinin alansal değerleri elde edildi ve 2000-2040; 2041-2070, 2071-2099 ve 2000-2099 yılları arasındaki alansal iklim değişim oranları aşağıdaki formül ile hesaplanarak sonuçlar yorumlandı.

$$\text{Değişim Oranı (DO) Hesabı: } \left[\frac{V2-V1}{V1} \right] * 100$$

V1: Eski Değer (Başlangıç Değeri)
V2: Yeni Değer

BULGULAR

Bulgular kısmında sırasıyla kurakçıl, nemcil, geçiş, saf meşe ve karışık meşe formasyon alanlarındaki, sırasıyla Erinç, De-Martonne ve Emberger iklim sınıflandırmalarına göre elde edilen iklim değişiklikleri, sırasıyla RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre değerlendirilmektedir.

Kurakçıl Türlerin Dağılım Alanlarında Beklenen İklim Değişiklikleri

Erinç formülüne ve RCP 4.5 senaryosuna göre kurakçıl formasyon alanında yarı nemli ve nemli iklim alanlar tüm dönemlerde daralmıştır. Yarı nemli iklim alanı 2000-2099 aralığında %23, nemli iklim alanı %48 oranında küçülmüştür. Bu sonuç kurakçıl türlerin yayıldığı alanda kuraklaşmanın artacağı şeklinde yorumlanabilir. Öte yandan, yarı kurak iklim alanı tüm dönemlerde genişlemiş, 2071-2099 yılları arasında kurakçıl formasyon alanı içinde kurak iklim alanı doğmuştur (Tablo 5a). RCP 8.5 senaryosuna göre ise, değişim tüm iklim sınıflarında paralel olmakla birlikte daha belirgindir (Tablo 5b).

Erinç İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak /Çöl-Step	-	-	-	-	-	8	-	-
Yarı Kurak/Step	6	172	2572	307	79	438	43	6720
Yarı Nemli	977	913	-7	848	-7	750	-11	-23
Nemli	266	192	-28	160	-17	138	-14	-48

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Erinç İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak /Çöl-Step	-	-	-	-	-	26	-	-
Yarı Kurak/Step	6	23	261	233	904	627	169	2536
Yarı Nemli	977	976	0	893	-9	582	-35	-104
Nemli	266	247	-7	162	-34	106	-35	-113

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

De-Martonne iklim sınıflandırması ve RCP 4.5 senaryosuna göre kurakçıl formasyon alanında nemli iklim alanı tüm dönemlerde daralmakta, 2000-2099 yılları arasında %46 oranında bir küçülme beklenmektedir. Diğer taraftan özellikle 2070-2099 aralığında iklim tiplerinde kuraklık değerinin arttığı ölçüde bir genişleme olduğu göze çarpmaktadır. Referans dönem olan 1971-2000 aralığında kurakçıl formasyon alanında kurak ve az kurak iklim alanı bulunmazken son periyotta önemli ölçüde artmıştır (Şekil 6a). RCP 8.5 senaryosuna göre ise, değişim tüm iklim sınıflarında benzer fakat daha belirgindir (Tablo 6b).

DeMartonne İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak	0	0	-	0.1	60	0.9	1147	-
Az Kurak	0	0.4	-	4.2	941	10.0	139	-
Yarı Kurak	28.3	40.7	44	49.7	22	50.6	2	79
Nemli	71.7	58.9	-18	46.0	-22	38.6	-16	-46

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

DeMartonne İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak	0	0	-	0	-	2	4048	-
Az Kurak	0	0	-	1	-	23	2566	-
Yarı Kurak	28	33	16	50	53	48	-5	69
Nemli	72	67	-6	49	-27	27	-44	-62

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Emberger iklim sınıflandırması ve RCP 4.5 senaryosuna göre kurakçıl formasyon alanında 2040 yılında yarı kurak Akdeniz iklim alanı ortadan kalkmış ancak sonraki periyotlarda az da olsa genişlemiştir. Az yağışlı iklim alanı 2040'ta küçülüp sonraki dönemlerde genişlerken, yağışlı Akdeniz iklim alanı 2040'da büyük oranda genişlemiş ancak 2070 ve 2099 yıllarında %18 ve %19 oranında alan kaybetmiştir (Tablo 7a). RCP 8.5 senaryosunda değişim paralel ancak daha belirgindir (Tablo 7b).

Emberger İklim Sınıfları	RD. (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Yarı Kurak Akdeniz	46.1	0.0	-100	0.4	-	3.2	668	-93
Az Yağışlı Akdeniz	46.3	38.6	-17	49.4	28	56.3	14	22
Yağışlı Akdeniz	7.6	61.4	703	50.3	-18	40.6	-19	431

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Emberger İklim Sınıfları	RD. (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	Ref.D.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Yarı Kurak Akdeniz	46.1	0.0	-100	0.0	-	17.2	-	-63
Az Yağışlı Akdeniz	46.3	27.5	-41	37.2	35	57.4	54	24
Yağışlı Akdeniz	7.6	72.5	849	62.8	-13	25.4	-60	233

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Nemcil Türlerin Dağılım Alanlarında Beklenen İklim Değişiklikleri

Eriç sınıflandırması ve RCP 4.5 senaryosuna göre nemcil formasyon alanında yarı nemli ve nemli iklim alanı genişlemiş, çok nemli iklim alanı dönemlerde sırasıyla %23, %45 ve %91 oranında daralmıştır. 2000-2099 aralığında çok nemli iklim alanı %96 oranında küçülmüştür. Yarı nemli iklim alanı giderek alan kazanmıştır. Sonuçlar kuraklaşmanın baskısını nemcil tür alanında açık şekilde göstermektedir (Tablo 8a). RCP 8.5 senaryo sonuçları benzer olmakla birlikte daha belirgindir (Tablo 8b).

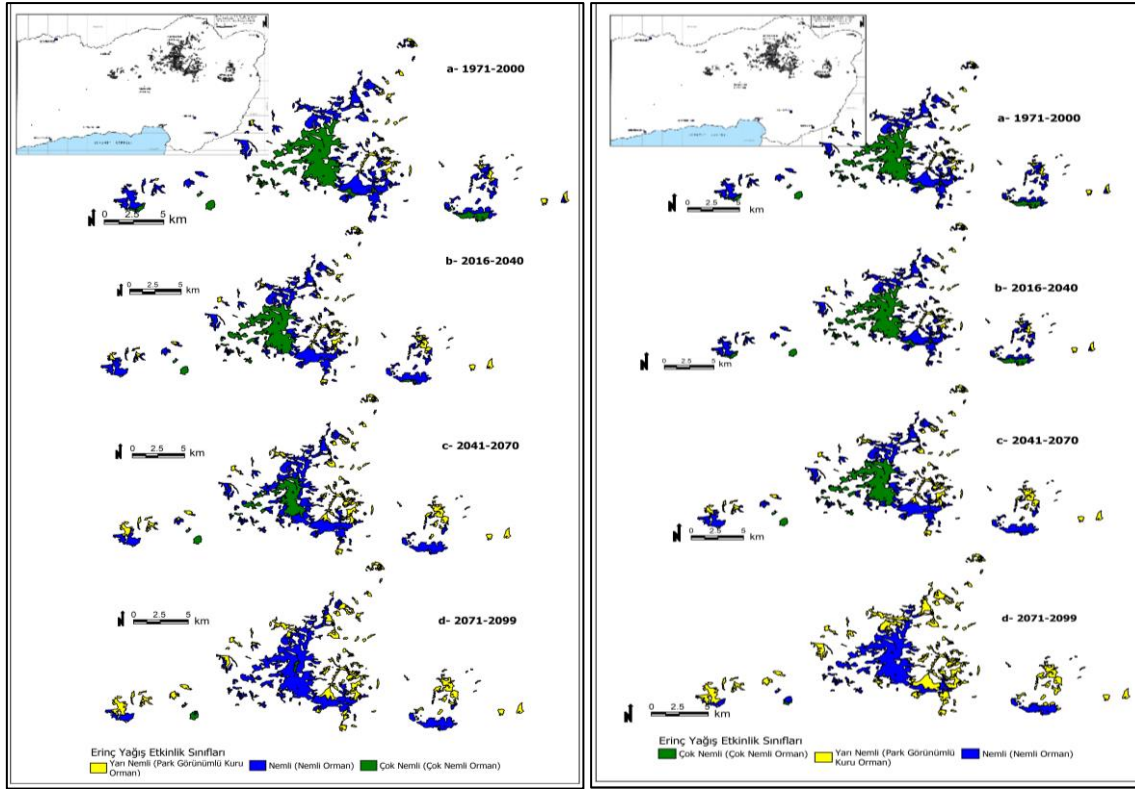
Eriç İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak /Çöl-Step	-	-	-	-	-	-	-	-
Yarı Kurak/Step	-	-	-	-	-	-	-	-
Yarı Nemli	4	7	92	12	60	17	38	324
Nemli	25	26	4	28	10	32	11	27
Çok Nemli	20	16	-23	8	-45	1	-91	-96

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Eriç İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak /Çöl-Step	-	-	-	-	-	-	-	-
Yarı Kurak/Step	-	-	-	-	-	-	-	-
Yarı Nemli	4	4	14	10	125	24	141	516
Nemli	25	24	-4	25	5	25	-1	0
Çok Nemli	20	21	2	14	-33	0	-99	-99

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Nemcil Formasyon alanında çok nemli iklim alanının ortadan kalktığı, kuraklaşma baskısının arttığı dağılım haritasında da açık şekilde görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3: Nemcil Formasyon Alanı İçindeki İklim Değişimi
(RCP 4.5 Senaryosuna Göre Solda, RCP 8.5 Senaryosuna Göre Sağda)

De-Martonne indisi ve her iki senaryoya göre nemcil formasyon alanı içindeki nemli iklim alanında tüm dönemlerde önemli bir değişiklik sonucu elde edilmemiştir (Tablo 9a, Tablo 9b).

Tablo 9a: De-Martonne İklim Sınıflandırmasına Göre Nemcil Formasyon Alanındaki İklim Değişimi (RCP 4.5)

DeMartonne İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak	0.0	0.0	-	0.0	-	0.0	-	-
Az Kurak	0.0	0.0	-	0.0	-	0.0	-	-
Yarı Kurak	0.0	0.0	-	0.0	-	0.0	-	-
Nemli	48.8	48.8	-	48.8	-	48.8	-	-

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Tablo 9b: De-Martonne İklim Sınıflandırmasına Göre Nemcil Formasyon Alanındaki İklim Değişimi (RCP 8.5)

DeMartonne İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak	0	0	-	0	-	0	-	-
Az Kurak	0	0	-	0	-	0	-	-
Yarı Kurak	0	0	-	0	-	0.7	-	-
Nemli	48.8	48.8	0	48.8	0	48.1	-1	-1

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Emberger biyoiklim sınıflandırması ve her iki senaryo sonucuna göre az yağışlı iklim alanı 2040 yılında ortadan kalkarken yağışlı iklim alanı %132 oranında genişlemiş diğer periyotlarda kayda değer bir değişim sonucu elde edilmemiştir (Tablo 10a, Tablo 10b).

Emberger İklim Tipleri	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Az Yağışlı Akdeniz	57	0	-100	-	-	-	-	-
Yağışlı Akdeniz	43	100	132	100	0	100	0	132

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Emberger İklim Tipleri	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	Ref.D.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Az Yağışlı Akdeniz	57	0	-100	-	-	8	-	-86
Yağışlı Akdeniz	43	100	132	100	0	92	-8	114

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Geçiş Formasyon Alanları için Elde Edilen İklim Değişiklikleri

Erinç iklim sınıflandırması ve RCP 4.5 senaryosuna göre geçiş formasyon alanı içerisinde yarı nemli iklim tüm dönemlerde alan kazanırken, nemli iklim alanı tüm dönemlerde küçülmüştür. Bu sonuç, 2000-2099 aralığında geçiş formasyonunda yarı nemli iklim etkisini %113 arttıracak, nemli iklim ise %51 kaybedecek şekilde yorumlanabilir (Tablo 11a). RCP 8.5 senaryosuna göre ise değişim benzer ancak daha belirgindir (Tablo 11b).

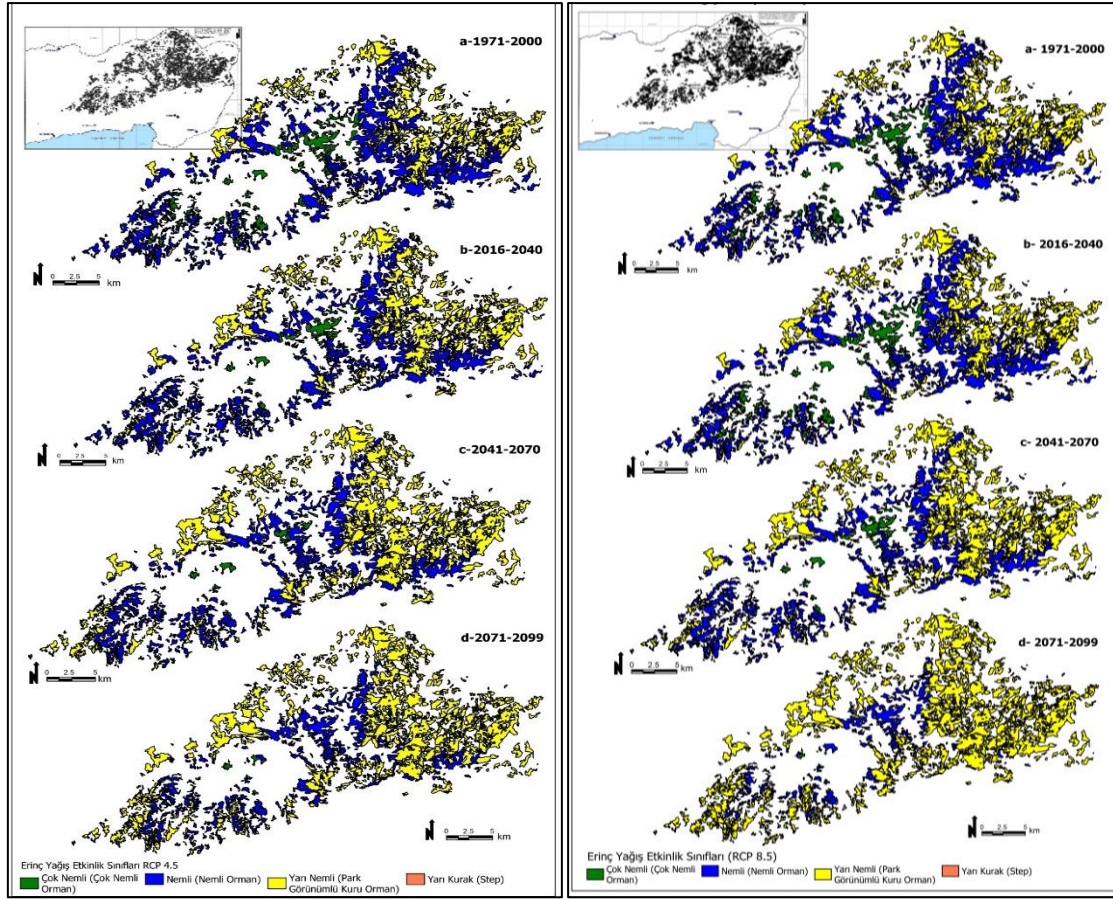
Erinç İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak /Çöl-Step	-	-	-	-	-	-	-	-
Yarı Kurak/Step	-	-	-	-	-	-	-	-
Yarı Nemli	80	111	39	145	30	171	18	113
Nemli	129	110	-14	85	-23	63	-26	-51

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Erinç İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak /Çöl-Step	-	-	-	-	-	-	-	-
Yarı Kurak/Step	-	-	-	-	-	0	-	-
Yarı Nemli	80	85	7	130	52	200	54	149
Nemli	129	122	-5	95	-22	35	-64	-73

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Geçiş formasyonu nemcil tür baskın ancak kurakçıl tür de ihtiva eden birliklerden oluşmaktadır. Geçiş formasyon alanı bir anlamda türlerin optimum iklim koşullarını nispeten kaybettiği ve bulunduğu iklim özelliklerine kısmen dayanıklılık gösterdiği alanlardır. Örneğin ÇkG karaçam baskın, göknar birliğindeki koşullar, nemcil tür olan göknar'ın saf dağılışı alanındaki koşullardan nispeten farklıdır. Geçiş iklimi, dolayısıyla geçiş formasyonu içerisindeki ağaç türlerinin iklim değişikliği etkilerine daha açık olmaları beklenir ve bu bakımından önem arz eder. Geçiş formasyon alanı içindeki iklim alanlarındaki değişim ve kuraklaşma eğilimi, dağılışı haritasında net olarak görülebilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4: Geçiş Formasyon Alanındaki İklim Değişimi (RCP 4.5 Senaryosuna Göre Solda, RCP 8.5 Senaryosuna Göre Sağda)

De-Martonne iklim sınıflandırması ve yarı kurak ve nemli iklimde dönemler içerisinde alansal genişleme elde edilmiş olsa da sonuç RCP 4.5 senaryosuna göre göz ardı edilecek seviye ancak RCP 8.5 senaryosuna göre yarı kurak iklim alanı 2099 yılına gelindiğinde 46 km² genişlerken nemli iklim alanında %19 oranında bir alansal daralma gözlenmektedir (Tablo 12a, Tablo 12b).

Tablo 12a: De-Martonne İklim Sınıflandırmasına Göre Geçiş Formasyon Alanındaki İklim Değişimi (RCP 4.5)

DeMartonne İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2041-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071-2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak	0	0	-	0	-	0	-	-
Az Kurak	0	0	-	0	-	0	-	-
Yarı Kurak	0.0	0	-	0.7	135	5.2	648	-
Nemli	235.5	235.5	0	234.8	0	230.3	-2	-2

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Tablo 12b: De-Martonne İklim Sınıflandırmasına Göre Geçiş Formasyon Alanındaki İklim Değişimi (RCP 8.5)

DeMartonne İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2041-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071-2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak	0	0	-	0	-	0	-	-
Az Kurak	0	0	-	0	-	0	-	-
Yarı Kurak	0	0	0	0.9	-	46.6	4871	-
Nemli	235.5	235.5	0	234.5	0	188.9	-19	-20

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Emberger iklim sınıflandırması ve RCP 4.5 senaryosuna göre Geçiş formasyon alanında önemli iklim değişimi 2040 yılında göze çarpmaktadır. Az yağışlı iklim 2040 yılında %99 oranında alan kaybetmiş, yağışlı Akdeniz iklimi ise %99.2 oranında alansal genişleme göstermektedir (Tablo 13a). RCP 8.5 senaryosuna göre ise sonuçlar benzer olmakla birlikte yağışlı Akdeniz iklim alanı geçiş formasyonunda 2070-2099 döneminde %33 alan kaybetmektedir (Tablo 13b).

Tablo 13a: Emberger İklim Sınıflandırmasına Göre Geçiş Formasyon Alanındaki İklim Değişimi (RCP 4.5)

Emberger İklim Tipleri	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Yarı Kurak Akdeniz	1.2	0	-100	0	-	0	-	-100
Az Yağışlı Akdeniz	86.6	0.8	-99	2.8	254	7.5	170	-91
Yağışlı Akdeniz	12.2	99.2	713	97.2	-2	92.5	-5	658

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Tablo 13b: Emberger İklim Sınıflandırmasına Göre Geçiş Formasyon Alanındaki İklim Değişimi (RCP 8.5)

Emberger İklim Tipleri	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Yarı Kurak Akdeniz	1.2	0	-100	0	-	0	-	-100
Az Yağışlı Akdeniz	86.6	0.2	-100	0.8	240	33.7	4046	-61
Yağışlı Akdeniz	12.2	99.8	717	99.2	-1	66.3	-33	443

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Saf Meşe Alanları için Elde Edilen İklim Değişiklikleri

Eriç iklim sınıflandırmasına göre saf meşe formasyon alanında nemli ve çok nemli iklim alanları tüm dönemlerde küçülmüş, yarı nemli iklim alanı ise tersine %30 seviyelerinde alan kazanmıştır. Saf meşe formasyon alanında 2071-2099 aralığında yarı kurak iklim alanı genişlemiştir (Tablo 14a). RCP 8.5 senaryo sonuçlarına göre değişim daha belirgindir (Tablo 14b).

Tablo 14a: Eriç İklim Sınıflandırmasına Göre Saf Meşe Formasyon Alanındaki İklim Değişimi (RCP 4.5)

Eriç İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak /Çöl-Step	-	-	-	-	-	-	-	-
Yarı Kurak/Step	-	-	-	1	-	3	238	-
Yarı Nemli	23.1	27	16	29	8	30	3	28
Nemli	13.0	10	-21	8	-26	5	-33	-61
Çok Nemli	1.1	0	-90	0	-73	0	-100	-100

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Tablo 14b: Eriç İklim Sınıflandırmasına Göre Saf Meşe Formasyon Alanındaki İklim Değişimi (RCP 8.5)

Eriç İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak /Çöl-Step	-	-	-	-	-	-	-	-
Yarı Kurak/Step	-	-	-	-	-	-	-	-
Yarı Nemli	23.1	23.6	2	28.3	20	8.8	-69	-62
Nemli	13.0	12.3	-5	8.8	-28	26.4	199	102
Çok Nemli	1.1	1.3	13	0.1	-94	2.1	2811	88

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

De-Martonne iklim sınıflandırmasına göre saf meşe formasyon alanında yarı kurak iklim alanı 2070 yılından sonra %98 oranında küçülmüş, nemli iklim alanı sürekli küçülerek aynı dönemde %55 değişim oranı göstermektedir. Az kurak alan da aynı dönemde %66 oranında genişlemiştir (Tablo 15a). RCP 8.5 senaryo sonuçlarında ise, saf meşe formasyon alanında yarı kurak iklim sürekli genişlemiş, nemli iklim alanı ise dönemler içerisinde artan oranda daralmıştır (Tablo 15b).

Tablo 15a: De-Martonne İklim Sınıflandırmasına Göre Saf Meşe Formasyon Alanındaki İklim Değişimi (RCP 4.5)

DeMartonne İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2041-2070 Alan (km ²)	2041-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2071-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak	0	0	-	0	-	0	-	-
Az Kurak	0	0	-	0	-	66	-	-
Yarı Kurak	4	10	173	26	157	0	-98	-87
Nemli	96	90	-7	74	-18	33	-55	-65

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Tablo 15b: De-Martonne İklim Sınıflandırmasına Göre Saf Meşe Formasyon Alanında İklim Değişimi (RCP 8.5)

DeMartonne İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2041-2070 Alan (km ²)	2041-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2071-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak	0	0	-	0	-	0	-	-
Az Kurak	0	0	-	0	-	3	-	-
Yarı Kurak	4	6	61	26	335	51	96	1267
Nemli	96	94	-2	74	-21	46	-38	-52

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Emberger iklim sınıflandırmasına göre saf meşe formasyon alanında RCP 4.5 senaryosuna göre yarı kurak Akdeniz ve az yağışlı Akdeniz alanları 2040 yılında ortadan kalkmış ve büyük oranda küçülmüş, yağışlı Akdeniz iklim alanı %79.8 oranında genişlemiştir. Sonraki dönemlerde ise az yağışlı iklim alanı genişlerken, yağışlı Akdeniz iklim alanı daralmıştır (Tablo 16a). RCP 8.5 senaryosuna göre değişim benzer ancak daha belirgindir (Tablo 16b).

Tablo 16a: Emberger İklim Sınıflandırmasına Göre Saf Meşe Formasyon Alanındaki İklim Değişimi (RCP 4.5)

Emberger İklim Tipleri	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Yarı Kurak Akdeniz	26.3	0	-100	0	-	0.1	-	-100
Az Yağışlı Akdeniz	70.2	20.2	-71	31.0	54	38.7	25	-45
Yağışlı Akdeniz	3.5	79.8	2205	69.0	-14	61.2	-11	1668

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Tablo 16b: Emberger İklim Sınıflandırmasına Göre Saf Meşe Formasyon Alanındaki İklim Değişimi (RCP 8.5)

Emberger İklim Tipleri	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Yarı Kurak Akdeniz	26.3	0	-100	0	-	0.3	-	-99
Az Yağışlı Akdeniz	70.2	12.1	-83	18.9	56	64.0	240	-9
Yağışlı Akdeniz	3.5	87.9	2439	81.1	-8	35.7	-56	930

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Karışık Meşe Alanları için Elde Edilen İklim Değişiklikleri

Eriç iklim sınıflandırması ve RCP 4.5 senaryosuna göre karışık meşe formasyon alanında nemli ve çok nemli iklim alanları sürekli daralmış, çok nemli iklim alanı 2070 itibarıyla ortadan kalkmıştır. Yarı nemli iklim alanı tüm dönemler içerisinde sürekli genişlerken yarı kurak iklim alanındaki değişim göz ardı edilebilir (Tablo 17a). RCP 8.5 senaryosuna göre yarı nemli iklim alanı 2000-2099 aralığında %76 genişlerken, nemli iklim alanı %72 oranında küçülmüş, çok nemli iklim alanı ise 2070 itibarıyla ortadan kalkmıştır (Tablo 17b).

Tablo 17a: Eriç İklim Sınıflandırmasına Göre Karışık Meşe Formasyon Alanındaki İklim Değişimi (RCP 4.5)

Eriç İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak /Çöl-Step	-	-	-	-	-	-	-	-
Yarı Kurak/Step	-	0.0	-	0.1	-	0.2	73	-
Yarı Nemli	36.3	47.1	30	56.7	20	64.0	13	76
Nemli	36.6	27.3	-26	17.7	-35	10.4	-42	-72
Çok Nemli	1.6	0.2	-88	0.0	-87	-	-	-

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Tablo 17b: Eriç İklim Sınıflandırmasına Göre Karışık Meşe Formasyon Alanındaki İklim Değişimi (RCP 8.5)

Eriç İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak /Çöl-Step	-	-	-	-	-	-	-	-
Yarı Kurak/Step	-	-	-	0.1	-	0.5	730	-
Yarı Nemli	36.3	38.4	6	52.4	37	71.2	36	96
Nemli	36.6	34.3	-6	22.1	-36	2.9	-87	-92
Çok Nemli	1.6	1.9	14	0.1	-96	-	-	-

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

De-Martonne iklim sınıflandırması ve RCP 4.5 senaryosuna göre kayda değer bir iklim değişikliği gözlenmezken, RCP 8.5 senaryosuna göre nemli iklim alanında %25 küçülme gözlenmektedir (Tablo 18a, Tablo 18b).

DeMartonne İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak	0	0	-	0	-	0.9	-	-
Az Kurak	0	0	-	0	-	0.0	-	-
Yarı Kurak	0.2	0.4	77	0.5	32	1.2	111	394
Nemli	74.3	74.1	0	74.0	0	73.4	-1	-1

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

DeMartonne İklim Sınıfları	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Kurak	0	0	-	0	-	0	-	-
Az Kurak	0	0	-	0	-	0.2	-	-
Yarı Kurak	0.2	0.3	27	0.5	78	19.2	3514	8083
Nemli	74.3	74.3	0	74.0	0	55.2	-25	-26

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim Oranı

Emberger iklim sınıflandırmasına göre karışık meşe formasyon alanında az yağışlı iklim alanı 2040 yılında ortadan hemen hemen kalkarken, yağışlı Akdeniz iklim alanı önemli ölçüde genişlemiştir (Tablo 19a). RCP 8.5 senaryosuna göre önemli değişim benzer, ancak daha belirgindir (Tablo 19b).

Emberger İklim Tipleri	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Yarı Kurak Akdeniz	1	0	-100	0	-	0	-	-100
Az Yağışlı Akdeniz	96	1	-99	3	247	7	171	-93
Yağışlı Akdeniz	3	99	3801	97	-2	93	-5	3552

Açıklama: Ref D: Referans Dönem (1971-2000); Değ.Or: Değişim Oranı

Emberger İklim Tipleri	RD. Alan (km ²)	2016-2040 Alan (km ²)	RD.-2040 DO. (%)	2040-2070 Alan (km ²)	2040-2070 DO. (%)	2071- 2099 Alan (km ²)	2070-2099 DO.(%)	RD.-2099 DO.(%)
Yarı Kurak Akdeniz	1	0	-100	-	-	-	-	-
Az Yağışlı Akdeniz	96	0	-100	1	113	48	6506	-50
Yağışlı Akdeniz	3	100	3817	99	0	52	-48	1933

Açıklama: RD: Referans Dönem (1971-2000); DO: Değişim

SONUÇ

Bölgesel iklim projeksiyonlarına göre, Güney Marmara bölümünde önemli bitki potansiyeline sahip olan Kazdağı ve yakın çevresine iklim değişikliğinin 2000, 2040, 2070 ve 2099 yıllarındaki yansımalarının elde edildiği bu çalışmada temel sonuç ısınmanın artmasıyla birlikte iklim tiplerinde kurak alanlardan nemli/yağışlı iklim alanlarına doğru kademeli olarak azalan bir genişleme ve yükseltiyle birlikte nemli/yağışlı alanların ortadan kalkmasıyla bir kuraklaşma baskısı ile dönemler sürecinde bu baskıda artış olarak değerlendirilmiştir.

Kazdağı orman örtüsü, nemcil, kurakçıl, geçiş, saf ve karışık meşe formasyon alanları olarak gruplandırılarak, Erinç, De-Martonne ve Emberger iklim sınıflandırmalarına göre bu formasyon alanlarına düşen iklim tiplerindeki değişim 1971-2000, 2016-2040, 2041-2070 ve 2071-2099 dönemleri için alansal olarak analiz edilmiştir.

Nemcil formasyon alanında Erinç sınıflandırması ve RCP 4.5 senaryosuna göre nemcil formasyon alanında yarı nemli ve nemli iklim alanı genişlemiş, çok nemli iklim alanı önemli oranlarda daralmıştır. 2000-2099 aralığında çok nemli iklim alanı %96 oranında küçülmüştür. Yarı nemli iklim alanı giderek alan kazanmıştır. Sonuçlar kuraklaşma baskısını özellikle nemcil tür alanında (gökmar, kayın, kestane ağaçlarının saf ve birlikler halinde yayıldığı alanlarda) açık şekilde göstermektedir. Emberger az yağışlı Akdeniz iklim alanı RCP 4.5 senaryosuna göre son üç dönemde görülmezken RCP 8.5 senaryosuna göre son dönemde nispeten genişlemiştir.

Geçiş formasyon alanı içerisinde Erinç iklim sınıflandırması ve her iki senaryoya göre de nemli ve çok nemli iklim alanları, dönemler içinde önemli ölçüde daralırken, yarı nemli iklim alanı genişlemiştir. De-Martonne iklim sınıflandırmasına göre geçiş formasyon alanında her iki senaryo için de son dönemdeki iklim değişikliği baskısı ihmal edilecek düzeydedir. Yalnızca RCP 8.5 senaryosunda son dönemde yarı kurak iklim alanı önemli ölçüde genişlemiş, nemli iklim alanı küçülmüştür. Emberger iklim sınıflandırmasına göre geçiş formasyon alanında son üç dönemde az yağışlı Akdeniz iklim alanı genişlemiş, yağışlı Akdeniz iklim alanı daralmıştır.

Kurakçıl formasyon alanında Erinç iklim sınıflandırmasına göre yarı nemli, nemli ve çok nemli iklim alanları daralırken yarı kurak iklim alanı genişlemiştir. De-Martonne iklim sınıflandırmasına göre, kurakçıl formasyon alanı içerisinde, her iki senaryoya göre de nemli iklim alanı daralırken, yarı kurak iklim alanı genişlemiştir. RCP 4.5 senaryosuna göre 2041-2070 ve 2071-2099 dönemlerinde az kurak iklim alanı doğmuş ve genişlemiştir. RCP 8.5 senaryosuna göre ise az kurak iklim alanı 2071-2099 döneminde önemli ölçüde genişlemiştir. Emberger iklim sınıflandırmasına göre, kurakçıl formasyon alanında, tüm öngörü dönemlerinde az yağışlı Akdeniz iklimi genişlemiştir.

Saf meşe formasyon alanı içerisinde Erinç sınıflandırmasına göre nemli iklim alanı önemli ölçüde genişlemiştir. De-Martonne sınıflandırması ve RCP 4.5 senaryosuna göre 2071-2099 döneminde az kurak iklim alanı önemli ölçüde genişlemiştir. Emberger iklim sınıflandırması sonucuna göre ise bu formasyon alanında dönemler sürecinde, az yağışlı Akdeniz iklim alanı genişlerken, yağışlı Akdeniz iklim alanı daralmıştır. RCP 8.5 senaryosuna göre, yarı kurak Akdeniz iklim alanı öngörü dönemlerinde tamamen ortadan kalkmıştır.

Karışık meşe formasyon alanında Erinç sınıflandırmasına göre her iki senaryo sonucunda da yarı nemli iklim alanı genişlerken, nemli iklim alanı daralmıştır. De-Martonne sınıflandırmasının RCP 8.5 senaryo sonucuna göre, 2071-2099 döneminde nemli iklim alanı önemli ölçüde daralmış, buna karşılık yarı kurak iklim alanı genişlemiştir. Emberger sınıflandırmasında ise bu formasyonda RCP 8.5 senaryosuna göre, yağışlı Akdeniz iklim alanında son dönemde önemli ölçüde daralma, az yağışlı Akdeniz iklim alanında ise önemli ölçüde genişleme sonucu elde edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen doktora tezinden üretilmiştir (Proje No: 877). Desteklerinden dolayı Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi ve Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkür ederiz.

EXTENDED ABSTRACT

PROJECTED EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON THE TREE FORMATION OF KAZDAĞI (MT. IDA) AND VICINITY

INTRODUCTION

Forests are important natural areas threatened by climate change. During the climatic variances in the geological periods, plants were able to migrate to more suitable areas for their habitat conditions. However, today's flux is caused by human and its effects are seen in a shorter time compared to the geological periods. In the next 100 years, the average temperature is expected to increase by 2 °C in the best-case scenario and 6 °C in the worst-case scenario. Within these scenarios, to tolerate temperature and moisture changes and to disperse, plants must either adapt to the changing environment or migrate to more favorable conditions in the meantime. Another cascading impact of climate change ensued as a rise in temperature on forests is the increase in forest fires with drought. The early warming of the air extends the vegetation period of the plants. Since those plants' buds break 5-10 days earlier than they were 30-40 years ago, they become more vulnerable to frost in the spring and autumn. Apart from drought, increases in the amount and intensity of flood and storm can also damage forests. Sea-level rise could result in losing the bushlands and national parks on the coastline due to the melting of glaciers. Climate change has various ecological and physiological threats. With the increase of CO₂, plants cannot produce enough wood when lack of water or nutrients, and the need for respiration and organic matter consumption cannot be met. Increased competition between plants due to their different photosynthesis capabilities will put biological diversity at risk. Increasing temperatures will also increase insect damage in forests (Tolunay 2013).

Numerous studies have examined the effects of climate change on the species that combine the forest cover. Kienast et al. (1996) discussed how predicted climate change would lead to a significant change in natural forest species and how well today's forests (tree species) will adapt to this change. Results stated that about 5% of the Swiss forest area is at risk if the temperature increases and that the fragmentation of the area is likely to start as a result of the disappearance of the species in these areas. Hamann and Wang (2006) in their study examining the potential effects of climate change on the distribution of ecosystems and tree species, emphasized that important sub-boreal and mountainous climatic zones have disappeared rapidly. Zeydanli et al. (2010) In the study, which investigated the predicted effects of climate change on the red pine, black pine, fir and cedar distributions in the Seyhan basin, in 2050, 56.2% of the red pine stands; 68.5% of larch stands; found that 85.7% of the fir stands and 93.1% of the cedar stands would not be suitable for the life of these species. In a study investigating the vegetation structure and plant differentiation as a result of climate and land cover changes, upward shifts has been detected in forest areas (Boulangeat et al. 2014), in mountainous and Alpine habitat species (Lin et al 2014) and in Mediterranean forest communities in Taiwan (Labourdette et al. 2012). In another study, a reduction of one-third of the resistant species due to warming in the climate revealed that this could be a sign of extinction for these species and that survival of plant communities was dependent on the durability of natural species and their ability to fill right ecological ranges (Cannone, 2014).

The main purpose of this study is to find the reflections of the regional climate change projections chosen by the end of the current century on the tree formations of Kazdağı and the surrounding area (Figure 1), which have important plant potential in the southern Marmara region, based on the climate classification methods. Climatic changes were observed in Kazdağı and its vicinity, specifically as shrinking in xerophilous, hygrophilous, transition, pure and mixed oak distribution areas. In parallel with this, the pressure of disturbance is increasing in the distribution areas of the hygrophilous species. With the expansion of arid land, upward shifts and spatial contraction occur in areas with transition climate and the pressure of drought is stepping up in the present transition species distribution areas.

DATA AND METHODS

In the study, the annual average temperature and total rainfall values of the 1971-2000 reference periods for the eight meteorological stations (Bergama, Ayvalık, Bozcaada, Burhaniye, Edremit, Balıkesir, Gönen, and Çanakkale) were used (Table 1). In addition, the annual temperature and rainfall regional climate projections, which produced at the 20 km x 20 km resolution in the RegCM4.3.4 model by the Turkish State Meteorological Service with the GFDL-ESM-2M global climate model outputs of the RCP 4.5 and RCP 8.5 (Representative Concentration Road) for the periods between 2016-2040, 2041-2070 and 2071-2099 were used.

The annual average temperatures of the stations mentioned above are calculated cumulatively in the next three periods and the expected annual average temperature values of the stations in the next three periods are obtained. The new temperature values were reduced to sea level, and they were interpolated on the sea level surface by the TIN method in MapInfo Pro 2015 program. Then, the temperature and precipitation values of 10 m x 10 m grid centers on the topography surface were modeled in the GIS program by applying the emphasized formulas (Table 2) and obtained temperature and precipitation models for all periods. Considering the maximum and minimum values in temperature and precipitation, isotherms were formed at 3 intervals, isohyets were formed at 200 mm intervals and temperature and rainfall distribution maps were produced for the reference and the three projection periods. Afterward, the three climate classification formulas were applied in the GIS program and climate change maps were obtained for the periods 1971-2000, 2016-2040, 2041-2070 and 2071-2099 (Table 3). Then, with the help of Forest Management Plans, the dominant tree species of Kazdağı were grouped as hygrophilous, xerophilous, transition, pure oak and mixed oak, for which were not distinguished for oak subspecies in the forest management plans, formation areas because of the basic temperature and humidity requirements (Table 4, Figure 2).

Finally, the areal values of the climate types within the determined formation areas were obtained and the rates of change between 1971-2000, 2041-2070, 2071-2099 and 2000-2099 were calculated with the formula of a rate of change and the results were interpreted.

FINDINGS AND CONCLUSION

With reference to the climate classification of Erinç in the xerophilous formation, semi-humid, humid and very humid climate areas narrowed and semi-arid climate area expanded. For De-Martonne and for both scenarios, the humid climate area narrowed and the semi-arid climate area expanded in periods. When we look at the RCP 4.5 scenario, a new climate type-the arid climate area-was born and expanded in 2041-2070 and 2071-2099 periods (Table 6a, 6b). Classification based on Emberger method indicates that the Mediterranean climate is widened in all periods (Table 7a, 7b).

Erinç's classification and the RCP 4.5 scenario, present the fact that the area of semi-humid and humid climate is enlarged and the humid climate area shrank significantly in the hygrophilous formation. In the 2000-2099 range, the very humid climate area shrank by 96% (Table 8a, 8b). Emberger classification also revealed that the less rainy Mediterranean climate area is not seen in the last three periods based on the RCP 4.5 scenario, but it is expanded relatively according to the RCP 8.5 scenario (Table 10a, 10b).

When there is an expansion in the semi-humid areas, a significant narrowing is obtained in the humid and very humid climate areas within the transition formation area in both scenarios according to the Erinç climate classification in the periods. (Table 11a, 11b). De-Martonne climate classification states that the recent climate change pressure for both scenarios is negligible (Table 12a, 12b). In accordance with the Emberger classification, in the last three periods, a widening obtained in the low rainy Mediterranean climate region and a narrowing in the rainy Mediterranean climate region (Table 13a, 13b).

The pure oak formation expended considerably in the humid climate in reference to the Erinç's classification. De-Martonne classification and RCP 4.5 scenario showed that the less arid climate area has a significantly expanding in the period 2071-2099 (Table 14a, 14b). According to the results of the Emberger climate classification in this formation area, there is an expansion in the low-rainy Mediterranean climate area and a constriction in the rainy Mediterranean climate area. RCP 8.5 scenario found out that, the semi-arid Mediterranean climate area disappeared in periods (Table 16a, 16b).

By the Erinç's classification in the mixed oak formation, with reference to both scenarios, the semi-humid climate area expanded and the humid climate area narrowed (Table 17a, 17b). De-Martonne classification with RCP 8.5 scenario put forth that the humid climate area narrowed significantly in the period of 2071-2099, where the semi-arid climate area expanded (Table 18a, 18b). In the Emberger classification, based on the scenario of RCP 8.5, a significant contraction in

the rainy Mediterranean climate area and a significant expansion in the less rainy Mediterranean climate were obtained (Table 19a, 19b).

In this study where the effects of climate change in 2040, 2070 and 2099 were obtained with reference to the regional climate projections of Kazdağı and its close surroundings, which have important plant potential in South Marmara region. A gradual contraction in the humid-rainy climate areas and a significant spreading depending on the increase of warming has been identified and therefore, a drought pressure is expected to increase during the period.

Acknowledgement

This study was produced from the PhD thesis supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Çanakkale Onsekiz Mart University (Project Number: 877) We would like to thank Çanakkale Onsekiz Mart University and Scientific Research Projects for their support.

Kaynakça / References

- Ahrens, C. D. & Henson, R. (2016). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. Cengage Learning. Eleventh Edition.
- Ardel, A., Kurter, A. & Dönmez, Y. (1969). *Klimatoloji Tatbikatı*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları, No:1123, Taş Matbaası.
- Boulangeat, I., Georges, D., Dentant, C., Bonet, R., Es, J. V., Abdulhak, S., Zimmermann, N. E. & Thuiller, W. (2014). Anticipating the spatio-temporal response of plant diversity and vegetation structure to climate and land use change in a protected area. *Ecography*, 37, 1230-1239.
- Cannone, N. & Pignatti, S. (2014). Ecological responses of plant species and communities to climate warming: upward shift or range filling processes? *Climatic Change*, 123, 201-214.
- Hamann, A. & Wang, T. (2006). Potential effects of climate change on ecosystem and tree species distribution in British Columbia. *Ecology*, 8(11), 2773-2786.
- Hepbilgin, B & Koç, T. (2017). Bölgesel İklim Verilerine Göre Kazdağı ve Yakın Çevresinde Olası Sıcaklık Değişiklikleri (2000-2099). *Marmara Coğrafya Dergisi*, 36, 271-284.
- Kienast, F., Brzeziecki, B. & Wildi, O. (1996). Long-Term Adaptation Potential of Central European Mountain Forests to Climate Change: a GIS-Assisted Sensitivity Assessment. *Forest Ecology and Management*, 80, 133-153.
- Labourdette, D. R., Bravo, D. N., Ollero Helios S., Schmitz, Maria F. & Pineda, F. D. (2012). Forest Composition in Mediterranean Mountains is projected to shift along the entire elevational gradient under Climate Change. *Journal of Biogeography*, 39, 162-176.
- Lin, W. C., Lin, Y. P., Lien, W. Y., Wang, Y. C., Lin, C. T., Chiou, C. R. & Crossman, N. D. (2014). (2014). Expansion of protected areas under climate change: an example of mountainous tree species in Taiwan. *Forests*, 5, 2882-2904.
- Tolunay, D. (2013). *Ormanlar ve İklim Değişikliği*. İstanbul: Portakal Baskı A.Ş.
- Zeydanlı, U., Turak, A., Bilgin, C., Kınıkoğlu, Y., Yalçın, S. & Doğan, H. (2010). *İklim Değişikliği ve Ormanlık: Modellerden Uygulamaya*. Ankara: Doğa Koruma Merkezi.