

## BÖLGESEL İKLİM VERİLERİNE GÖRE KAZDAĞI VE YAKIN ÇEVRESİNDE OLASI SICAKLIK DEĞİŞİKLİKLERİ (2000-2099)<sup>1</sup>

Possible Temperature Changes in Kazdağı (Mount Ida) and Its vicinity according to Regional Climate Data (2000-2099)

Berna HEPBİLGİN<sup>2</sup>

Telat KOÇ<sup>3</sup>

### Özet

Kazdağı sahip olduğu doğal zenginlik, kuzey ve güney yamacında farklı iklim, doğal ve sosyal yaşamın gelişmiş olması yönüyle iklim değişikliği araştırmaları açısından önem arz eder. Bu çalışmada Kazdağı ve yakın çevresinde 2099 yılına kadar sıcaklıklardaki olası değişikliklerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. İklim değişikliği kavramının iki temel bileşeninden biri olan sıcaklık değişimlerinin tespitiyle çalışma alanının doğal ve sosyal zenginliğinde meydana gelebilecek yıkıma karşı önlemler alınabilmesi ve çalışma bulgularının bu zenginliğin sürdürülebilirliğine katkı sağlayacağı beklenmektedir. Araştırma kapsamında Kazdağı ve yakın çevresinde belirlenen istasyonların referans dönemine (1971-2000) ait yıllık ortalama sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Ayrıca Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından üretilen bölgesel iklim modeli verilerinden 2016-2040; 2041-2070 ve 2071-2099 dönemlerinin yıllık ortalama sıcaklık anomalileri kullanılmıştır. Anomali değerlerinin referans döneminden başlamak üzere bir sonraki dönem sıcaklık değerleri üzerine eklenmesiyle dönem sonlarının istasyon konumlarındaki sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Ardından bu değerler deniz seviyesine indirgenerek Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla Kazdağı topografyasına 10mx10m boyutunda modellenerek analiz edilmiştir. RCP 4.5 senaryo bulgularına göre referans döneminde toplam alanın %86'sı 10-16 °C arasında yıllık ortalama sıcaklıklara sahipken, 2099 yılında sahanın %80'i 16-22°C arasında sıcaklık değerlerine sahip olmuştur. RCP 8.5 senaryo bulgularına göre ise referans döneminde sahanın %86'sı 10-16 °C sıcaklık aralığında iken, 2099 yılında sahanın %82'si 16-22 °C arasında sıcaklıklara sahip olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** GFDL-ESM2M, RegCM4.3.4, iklim değişikliği, sıcaklık, Kazdağı

### Abstract

Kazdağı (Mt. Ida) is important in terms of climate change studies due to its different climate and social structure on both slopes as well as its natural resources. It is aimed to estimate plausible changes in annual mean temperatures in study area until 2099. It is expected that determined temperature changes in Mt. Ida will contribute to the sustainability of its natural and social richness and to the efforts on climate change. In this study, it is used the annual mean temperature values of 1971-2000 reference period and regional climate model outputs of 2016-2040, 2041-2070 and 2071-2099 periods both RCP4.5 and 8.5 scenarios obtained from Turkish State Meteorological Service. Calculated station values were interpolated to the surface of Mt. Ida at 10mx10m sized and modelled to topography in Geographical Information Systems and the temperature distribution maps were produced. According to RCP4.5 scenario findings, 80% of the study area has had 16-21°C temperature range by the year 2099, while 86% of that area was 10-16°C temperature range in reference period. As to RCP8.5 scenario findings, the 16-22°C temperature range has been 82% by the year 2099, while 86% of that area was 10-16°C temperature range in 1971-2000.

**Keywords:** GFDL-ESM2M, RegCM4.3.4, climate change, temperature, Ida Mount

---

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> Arş. Gör., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Coğrafya Bölümü., [bernahepbilgin@comu.edu.tr](mailto:bernahepbilgin@comu.edu.tr)

<sup>3</sup> Prof. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Coğrafya Bölümü., [tkoc@comu.edu.tr](mailto:tkoc@comu.edu.tr)

## **GİRİŞ**

Bir akışkan olan atmosferdeki bütün hareketler sıcaklık farklarından kaynaklanmaktadır (Kayhan, 2007 s.1). Sıcaklık canlıların yaşamsal faaliyetlerini etkileyen en önemli meteorolojik parametrelerden biridir (Kayhan, 2007 s.5). Küresel ısınma dünya enerji dengesinde meydana gelen değişimin doğal bir belirtisidir. Bu nedenle küresel ısınma yaşanacak sorunların ilk belirtisi olarak görülür. Sıcaklık değişimleri üzerine iklim modelleri ve gözlem sonuçları karşılaştırıldığında güneş ve volkanlar gibi doğal kaynaklı nedenler yanında insan kaynaklı nedenlerin tek başına sorumlu olamayacağı, ikisinin de entegre olduğu modellerin gözlem sonuçları ile uyduğu belirtilmiştir (Doğan ve Tüzer, 2011 s.23). Bununla birlikte, dünyanın son 400.000 yıllık CO<sup>2</sup> döngüsünde ortalama olarak her 80.000 yıl ile 100.000 yılda bir atmosferdeki CO<sub>2</sub> ve onunla beraber sıcaklıklar da yükselip düşmekteydi. Günümüzde CO<sub>2</sub> ile sıcaklık ilişkisinin geçmişteki paralel gidişatı bozulmuştur. Bunun nedeni hızlı ve yoğun insan kaynaklı etkilerdir (Kayhan, 2007 s.1). İklim sistemi üzerinde insan etkisinin açık olduğu ve insan kaynaklı sera gazı salımlarının tarihteki en yüksek seviyesinde olduğu IPCC AR5 sentez raporunda da (2014) ifade edilmiştir. IPCC raporuna göre iklim değişikliği iklim sisteminin temel özelliklerinde (sıcaklık, yağış) istatistiksel çalışmalarla uzun bir zaman sürecinde (on yıl ya da daha fazla) tespit edilebilmiş doğal ya da insan etkili değişimleri ifade etmektedir (Doğan ve Tüzer, 2011 s.22). Son iklimsel değişiklikler insan ve doğal sistemler üzerinde geniş çapta etkilere neden olmaktadır (IPCC-AR5 SYR 2014 s.40). CO<sub>2</sub>, Metan, Azot oksit konsantrasyonları 1750'den beri sırasıyla %40, %150 ve %20 seviyelerinde artmıştır (IPCC-AR5 SYR 2014 s.44). 1750-2011 yılları arasındaki insan kaynaklı CO<sub>2</sub> salımlarının hemen hemen yarısı son 40 yılda meydana gelmiştir (IPCC-AR5 SYR 2014 s.45). 2000-2010 arasındaki insan kaynaklı yıllık sera gazı salımlarının %47'si enerji, %30'u sanayi, %11'i ulaşım, %3'ü inşaat sektöründen kaynaklanmıştır (IPCC-AR5 SYR 2014 s.46). Küresel ekonomideki ve nüfustaki gelişmeler CO<sub>2</sub> salımlarındaki artışta fosil yakıtlara göre daha önemli faktörler olmaya devam etmektedir (IPCC-AR5 SYR 2014 s.46).

Senaryo, olması öngörülen olayın resmidir. İklim modelleme çalışmalarında doğal sistemler üzerine olası zorlamalar ile üretilen senaryolar dikkate alınır. Bu senaryolar IPCC'nin her yeni çalışma sürecinde geliştirilmekte, doğadaki tüm sistem dinamikleri üzerine insan etkisi senaryolara mümkün olduğunca ilave edilerek senaryolar geliştirilmektedir. IPCC AR5 ile sunulan Temsili Konsantrasyon Yolları (RCP's) ile daha geliştirilmiş senaryolar üzerine modelleme çalışmaları yapılabilmektedir. RCP 4.5 bir denge senaryosudur ve sera gazı salımlarına yönelik tüm stratejik ve teknolojik önlemlerle 2100 yılına kadar toplam ışınımsal zorlamanın 4.5 W/m<sup>2</sup> değerine ulaşacağını ve daha sonrasında bu değerde kararlılık göstereceğini tasvir eder. RCP 8.5 ise sera gazı salımlarında sürekli bir artışı baz alarak ışınımsal zorlamanın 2100 itibarıyla 8.5 W/m<sup>2</sup> değerine ulaşacağını karakterize eder (Turp, Öztürk, Türkeş, Kurnaz 2014 s.5). Küresel yüzey sıcaklıkları RCP 4.5; 6 ve 8.5 senaryolarına göre 2081-2100 döneminde yüksek güvenilirlikle 1.5°C'yi aşacaktır. Sıcaklıklar 1°C arttığında orta güvenilirlikle risklerin yüksek seviyeye gelmesi beklenmektedir. 1°C sıcaklık artışı ile risk altında türler ve sistemlerde etkilenme şiddeti artar; karasal türler ısınma oranına karşı hassastır, ekstrem sıcaklıklar yüksek güvenilirlikle tedricen artmaktadır. Sıcaklıkların 2°C artışıyla tarımsal üretim ve su kaynağının dağılımında dengesizlik riski yüksek olacaktır. 3°C sıcaklık artışı ekosistem faktörlerinde, biyoçeşitlilik kaybında yüksek risklere neden olacak; bazı fiziki ve ekonomik sistemler ani risk ya da geri döndürülemez değişim içine girecektir (IPCC-AR5 SYR 2014 s.72).

Türkiye'de olası sıcaklık değişikliklerinin tespiti üzerine çalışmalar son dönemde yoğunlaşmıştır (örn. Demir, Atay, Eskioğlu, Tuvan, Demircan, Akçakaya, 2013; Demircan, Demir, Atay, Eskioğlu, Yazıcı, Gürkan, Tuvan, Akçakaya 2014; Turp ve ark., 2014; Akçakaya, Sümer, Demircan, Demir, Atay, Eskioğlu, Gürkan, Yazıcı, Kocatürk, Şensoy, Bölük, Arabacı, Açar, Ekici, Yağan, Çukurçayır, 2015; Gürkan, Arabacı Demircan, Eskioğlu, Şensoy, Yazıcı, 2016). Bu çabalardan biri GFDL-ESM2M küresel model çıktılarına dayalı bir iklim değişikliği öngörü çalışmasıdır. Bu çalışmanın bulgularına göre RCP 4.5 senaryosunda 2016-2040; 2041-2070 ve 2071-2099 dönemleri için sıcaklık artışlarının sırasıyla 0.5-1.5°C; 1.5-2.5°C; son dönemde ısınmanın yaz mevsiminde yurdun büyük bölümünde 3°C üzerinde olacağı öngörülmüştür. RCP 8.5 senaryosuna göre ise, aynı dönemlerde sıcaklık artışları sırasıyla 1-1.5°C; 2°C üzeri ve son dönemde Ege, Akdeniz kıyıları ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 5°C üzerine çıkacağı öngörülmektedir. Ortalama sıcaklık eğilimi RCP 4.5 senaryosunda tüm dönemler için 1.5°C; RCP8.5 senaryosunda tüm dönemler için 0.6-5.1°C arasında beklenmektedir (Akçakaya ve ark., 2015 s.96-100) Gürkan ve arkadaşlarının iklim değişikliği öngörü çalışmasındaki bulgulara göre sıcaklık artışları yukarıdaki aynı dönem sıralamasına göre RCP 4.5 senaryosu için 0.5-1.5°C, 1.5-2.5°C ve 3°C üzeri; RCP 8.5 senaryosu için sırasıyla 1-1.5°C, 2°C üzeri ve son dönemde Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu'da 5°C üzerinde beklenmektedir (Gürkan ve ark., 2014 s.83-86). Şen, Bozkurt, Göktürk, Dünder, Altürk (2013 s.1-3) çalışmalarındaki bulgulara göre 2050 yılına kadar sıcaklıklarda 2-3°C; 2100 yılına kadar ise 5°C artış öngörülmektedir. Orman ve Su İşleri Bakanlığı (OSİB) tarafından hazırlanan İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi projesinde üç küresel model çıktısının (HadGEM2-ES; MPI-ESM-MR; CNRM-CM5.1) bölgesel olarak çalıştırılması sonucu elde edilen 2091-2100 dönemi bulgularına göre, RCP 4.5 senaryosunda sıcaklıklarda yukarıdaki küresel modellerin dizilişine göre sırasıyla 3.4°C; 2°C ve 2.5°C; RCP 8.5 senaryosuna göre ise yine aynı dizilişle sırasıyla 5.9°C, 4.5°C ve 4.3°C seviyesinde sıcaklık artışları öngörülmektedir (OSİB- İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi (İDSKE) Projesi 2016 s.6-30)

Türkiye'deki sıcaklıkların mevsimlere göre olası değişimlerini inceleyen çok sayıda araştırma mevcuttur (örn. Önal Dalfes, 2009; Demir ve ark., 2013; Demircan ve ark., 2014; Turp ve ark., 2014; Akçakaya ve ark., 2015; Gürkan ve ark., 2016). Akçakaya ve arkadaşlarının (2015) çalışmasında 2020-2050 arasındaki mevsimlik sıcaklık değişimleri analiz edilmiştir. RCP 4.5 senaryo bulgularına göre kış, sonbahar, yaz ve ilkbahar mevsimlerinde sıcaklık artışları sırasıyla 0.5-1°C; 1-1.5°C; 1.5-2.5°C ve 1.5-2°C; RCP 8.5 senaryosuna göre ise yaz ve ilkbahar öngörülleri diğer senaryonun aynı dönemlerine göre biraz daha fazla şeklinde belirtilmiştir. 2020-2050 yaz mevsimi Türkiye'nin güney bölgelerindeki sıcaklıkların 1970-2000 RF dönemine göre 2-2.5°C daha yüksek olacağı öngörülmüştür (Turp ve ark., 2014 s.5-14). Demircan ve arkadaşlarının (2014b) HadGEM küresel model çıktılarına dayandırılan Türkiye mevsimlere göre iklim değişikliği öngörü çalışmalarında RCP 4.5 senaryosuna göre 2013-2040 dönemindeki sıcaklık artışları sırasıyla 1,5-2°C ve yazın Marmara ve Karadeniz bölgesinde 2-3°C; 2041-2070 döneminde, ilkbahar ve sonbaharda 2-3°C, yazın ise 4°C; 2071-2099 döneminde, kışın 2°C, ilk ve sonbaharda, 3°C, yazın ise Güneydoğu Anadolu ve Ege Bölgesi kıyılarında 5°C beklenmektedir. RCP 8.5 senaryosuna göre, 2013-2040 döneminde ilkbahar ve yazın 3°C; 2041-2070 döneminde, kışın 2-3°C, ilk ve sonbaharda 3-4°C, yazın 5°C sıcaklık artışı; 2071-2099 döneminde kışın Trabzon-Mersin hattının batısında 3-4°C, doğusunda 4-5°C, ilk ve sonbaharda özellikle Güneydoğu Anadolu bölgesinde 6°C, yazın ise ülke genelinde 6°C sıcaklık artışları beklenmektedir (Demircan vd., 2014b s.6-9). HadGEM küresel modeli temelinde yapılan bir başka çalışma bulgularına göre ise 2013-2040 döneminde yazın yurdun kuzeybatısı ve güneydoğusunda 2-3°C artış, kışın ise 1-1.5°C artış; 2041-2070 döneminde tüm mevsimlerde 1°C sıcaklık artışı, yazın 2-3°C, kışın doğuda 2-3°C, diğer bölgelerde ise 1.5-2°C arasında; 2071-2099 döneminde ise, genel olarak 2.3°C, ilkbaharda Çanakkale, İstanbul, Batı Karadeniz kıyılarında 2-3°C, diğer bölgelerde 3-4°C, yazın güneydoğu Anadolu, Kıyı Ege'de 4-5°C, diğer bölgelerde ise 3-4°C sıcaklık artışları öngörülmüştür (Demir ve ark., 2013 s.4)

Türkiye havzalarındaki sıcaklık artış ve eğilim öngörülleri üzerine daha önceki çalışmalar incelendiğinde Akçakaya ve arkadaşlarının çalışmalarında (2015) RCP 4.5 senaryosuna göre 2016-2040; 2041-2070 ve 2071-2099 dönemleri için sıcaklık artışlarının sırasıyla 0.5-1°C; 1.5-2°C ve 1.5-2°C arasında olacağı öngörülmektedir. RCP 8.5 senaryosuna göre ise aynı dönemlerde sırasıyla 1-1.5°C; 2-2.5°C; 3.5°C üzeri sıcaklık artışları beklenmektedir (Akçakaya ve ark., 2015 s.95-100). Diğer bir çalışma bulguları incelendiğinde RCP4.5 senaryosuna göre yukarıda verilen dönem ve sırasıyla sıcaklık artışları 0.5-1°C; 1.5-2°C; 1.5-2°C; RCP8.5 senaryosuna göre ise sırasıyla 1-1.5°C; 2-2.5°C; ve 3.5°C üzeri olarak öngörülmüştür. En yüksek sıcaklık artışının 4-4.5°C ile Fırat ve Dicle havzasında olacağı belirtilmiştir (Gürkan ve ark., 2014 s.83-86). OSİB tarafından İklim Değişikliği ve Su Kaynaklarına Etkisi Projesi bulgularına göre Marmara Havzasında 2070-2100 döneminde en az 1.5°C, en fazla 4.6°C; Kuzey Ege havzasında ise en az 1.5°C, en fazla 4.6°C sıcaklık artışları öngörüsü elde edilmiştir (OSİB, IDSKE Proje 2016 s.30). Türkiye havzalarına yönelik bir başka çalışmada ise 2013-2050 yılları arası değişimler dört dönem (2013-2020; 2021-2030; 2031-2040 ve 2041-2050) şeklinde analiz edilmiştir. Bu çalışmanın RCP 4.5 senaryo bulgularına göre Kuzey Ege ve Marmara havzalarında dönemlerdeki sıcaklık artışları yukarıdaki sırasıyla 1.1-1.5°C; 1.6-2°C; 2.1-2.5°C ve 2041-2050 döneminde ise Marmara havzasında 1.6-2°C; Kuzey Ege havzasında 2.1-2.5°C olarak öngörülmüştür. RCP 8.5 senaryosuna göre ise dönemlerdeki sıcaklık artışları yukarıdaki sırasına göre 2.1-2.5°C; 2.1-2.5°C; 2.1-2.5°C (kuzey ve iç havzalarda) ve son dönemde genel olarak 2.5-3°C olarak öngörülmüştür (Demircan ve ark., 2014a s.15-16).

Kazdağı sahip olduğu çok çeşitli ve endemik türler ile zengin biyoçeşitliliğe sahiptir. Bunun yanında Akdeniz ve Karadeniz ikliminin geçiş hattında bulunmaktadır. Bundan dolayı kuzey ve güney yamacında iklim özellikleri ve tüm coğrafi yapı birbirinden farklıdır. Güney yamaçta daha kurakçıl türler ve yamacın sahip olduğu topografik yapının özelliği olarak çok sayıda mikro iklim alanı bulunmaktadır. Kazdağı'nın doruk kesiminde iklimsel geçiş türleri, kuzey yamacında kuzeyli hava kütlelerine açıklık nedeniyle de bu kesimlerde daha nemcil türler bulunmaktadır. Güney yamacında daha çok turizm faaliyetlerine yönelik bir sosyo-ekonomik yapı gelişmişken kuzey yamacında tarım ve hayvancılığa bağlı bir yapı görülmektedir. Bu önemi itibarıyla Kazdağı'nın, iklim değişikliği ile bünyesinde gelişebilecek olumsuz doğal ve sosyal koşullara karşı önlem alınmasını gerektirecek olması yüksek ihtimaldir. Bununla birlikte öncelikle Türkiye sıcaklıklarındaki olası değişiklikleri tespit üzerine çabaları değerlendirmek daha yerel olan bu çalışmanın sonuçlarını daha doğru değerlendirmeye katkı sağlayacaktır (Şekil 1).

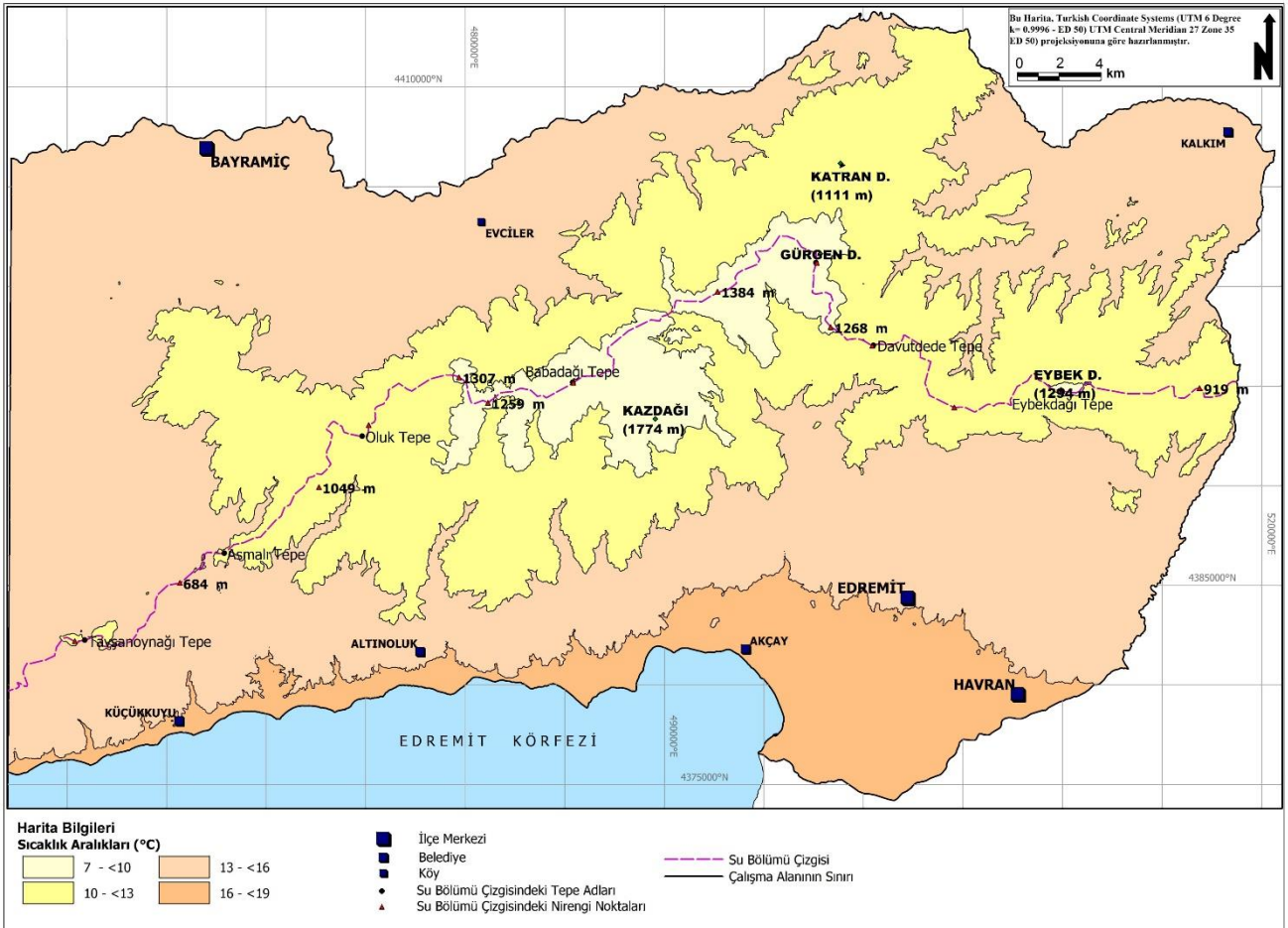


Böylece sahanın 2000, 2040, 2070 ve 2099 yıllarına ait yağış modelleri elde edilmiştir. Bu modeller için yukarıda belirtildiği gibi RCP 4.5 ve RCP 8.5 olarak iki farklı senaryo sıcaklık anomali değerleri kullanılmıştır. Böylece 2000 yılı referans dönemi yıllık ortalama sıcaklık modeli ve 2040, 2070, 2099 yıllarına ait her birinin RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına ait sıcaklık modelleri elde edilmiştir. Sıcaklık modelleri sıcaklık öngörü haritalarının temelini teşkil etmektedir.

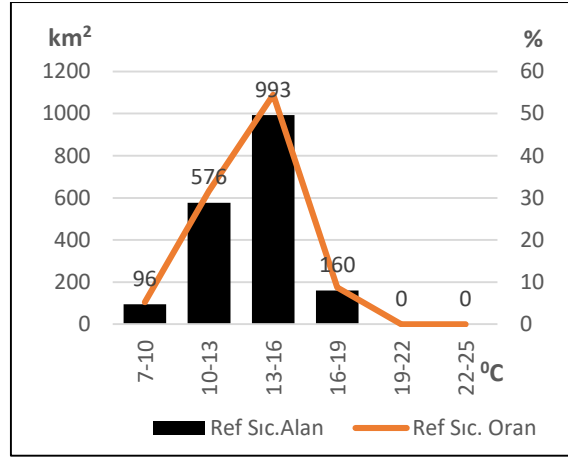
Modellerin tümünün maksimum (24 °C) ve minimum (7 °C) sıcaklık değerleri göz önünde bulundurularak 3 °C aralıklarla 6 sıcaklık aralığı belirlenmiştir. Sıcaklık haritaları bu aralıklara göre üretilmiş ve referans dönem ile öngörülse dönemler arasındaki değişiklikler değerlendirilmiştir.

## BULGULAR

Bu bölümde çalışmanın referans dönemi (1971-2000) bulguları ana hatlarıyla paylaşıldıktan sonra her iki senaryo bulguları da ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Referans dönem, 2016-2040, 2041-2070 ve 2071-2099 dönemlerine ait RCP 4,5 senaryo bulguları birbiriyle karşılaştırılmıştır. RCP 8,5 senaryo çıktıları da aynı şekilde referans dönem ile birlikte dört dönem için bir grupta değerlendirilmiştir. Çalışma alanının referans dönem yıllık ortalama sıcaklık dağılışı haritasına göre minimum sıcaklık değerleri Kazdağı ve Gürgen Dağı doruk çevresinde 7-10 °C; maksimum sıcaklık değerleri ise 16-19 °C ile Edremit körfezi kıyıları ve Akçay-Havran çevresinde görülmektedir. Sahanın toplam alanının %80'inin yıllık ortalama sıcaklık değeri 10-16 °C arasındadır (Şekil 2, 3).



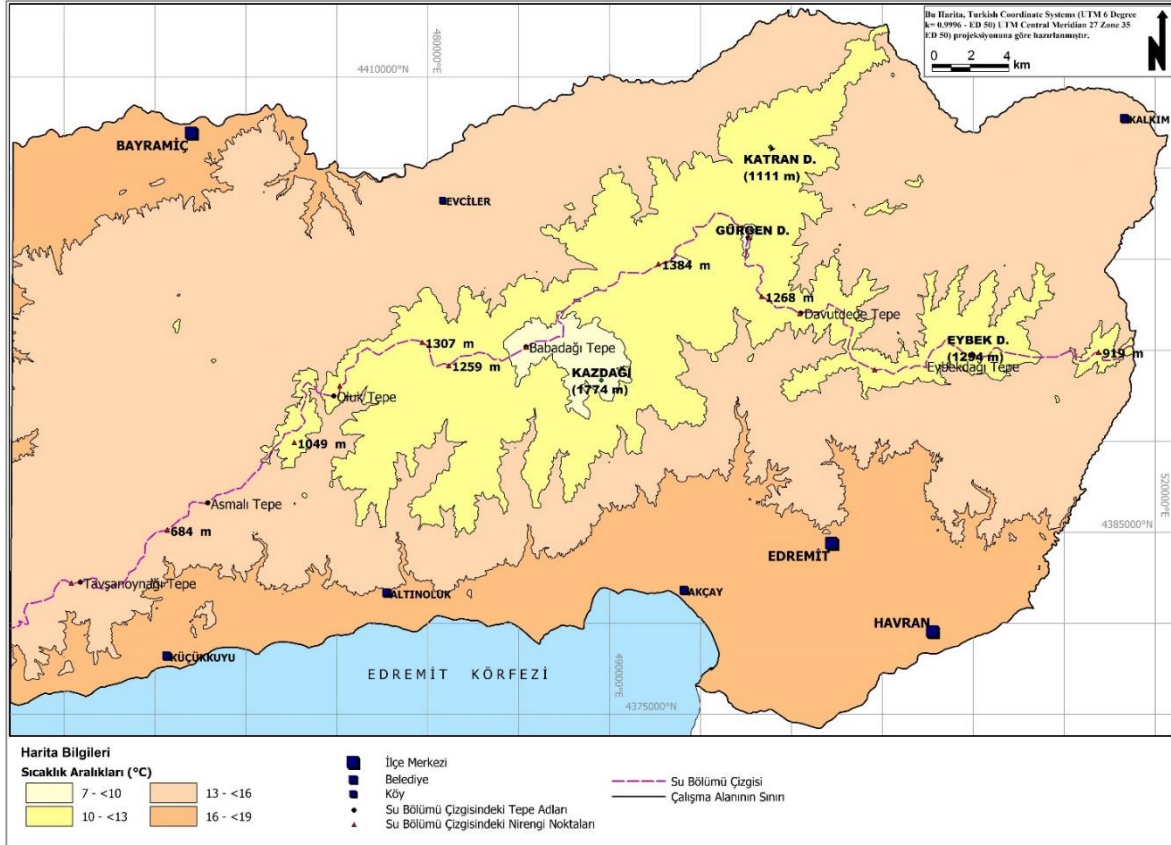
Şekil 2: Referans Dönemi (1971-2000) yıllık ortalama sıcaklık dağılışı



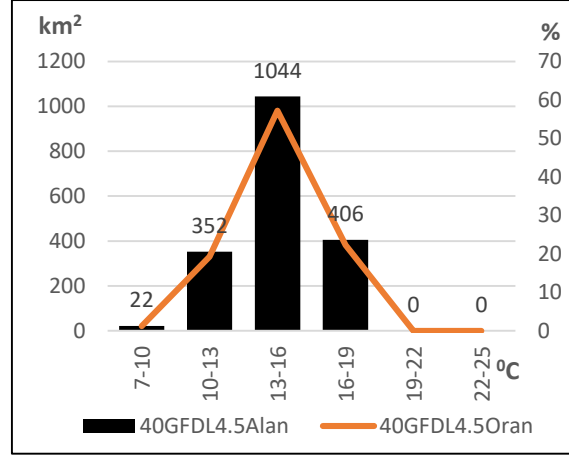
Şekil 3: Sıcaklık aralıklarının referans dönem (1971-2000) alansal dağılışı grafiği

### RCP 4.5 Senaryosu- GFDL-ESM2M Küresel ve RegCM4.3.4 Bölgesel İklim Modeli Anomalilerine Göre Elde Edilen Bulgular

RCP 4.5 (mutedil) iklim değişikliği senaryo sonuçları ile elde edilen sıcaklık öngörü haritalarından 2016-2040 dönemi olası sıcaklık dağılışı haritası incelendiğinde (Şekil 3) sahanın %80'inin 13-19 °C yıllık ortalama sıcaklık alanına sahip olduğu görülmektedir. Referans dönemi sıcaklık haritası ile karşılaştırıldığında 1823 km<sup>2</sup> olan çalışma alanınının 1044 km<sup>2</sup>'si (~%60) özellikle 2040 yılından itibaren tüm sıcaklık aralıklarında ısınma yönünde 3 °C'lik bir kayma sunmaktadır. Yine aynı haritada en yüksek sıcaklık alanlarının güneyde Edremit körfezi kıyıları, Akçay, Edremit, Havran çevresinde ve kuzeyde Bayramiç ovasında yayıldığı ve Kazdağı güney ve kuzey yamaçlarındaki vadi içlerine doğru nüfuz ettiği gözlenebilir. Benzer etki Kazdağı kuzeydoğu kesiminde Kalkım depresyonu ile Katran dağı doğu, Eybek dağı kuzey yamaçları arasında da görülmektedir. Daha düşük sıcaklık alanlarına sahip yüksek kesimlerdeki sıcaklık alanlarının önemli ölçüde daraldığı gözlenmektedir (Şekil 4, 5).

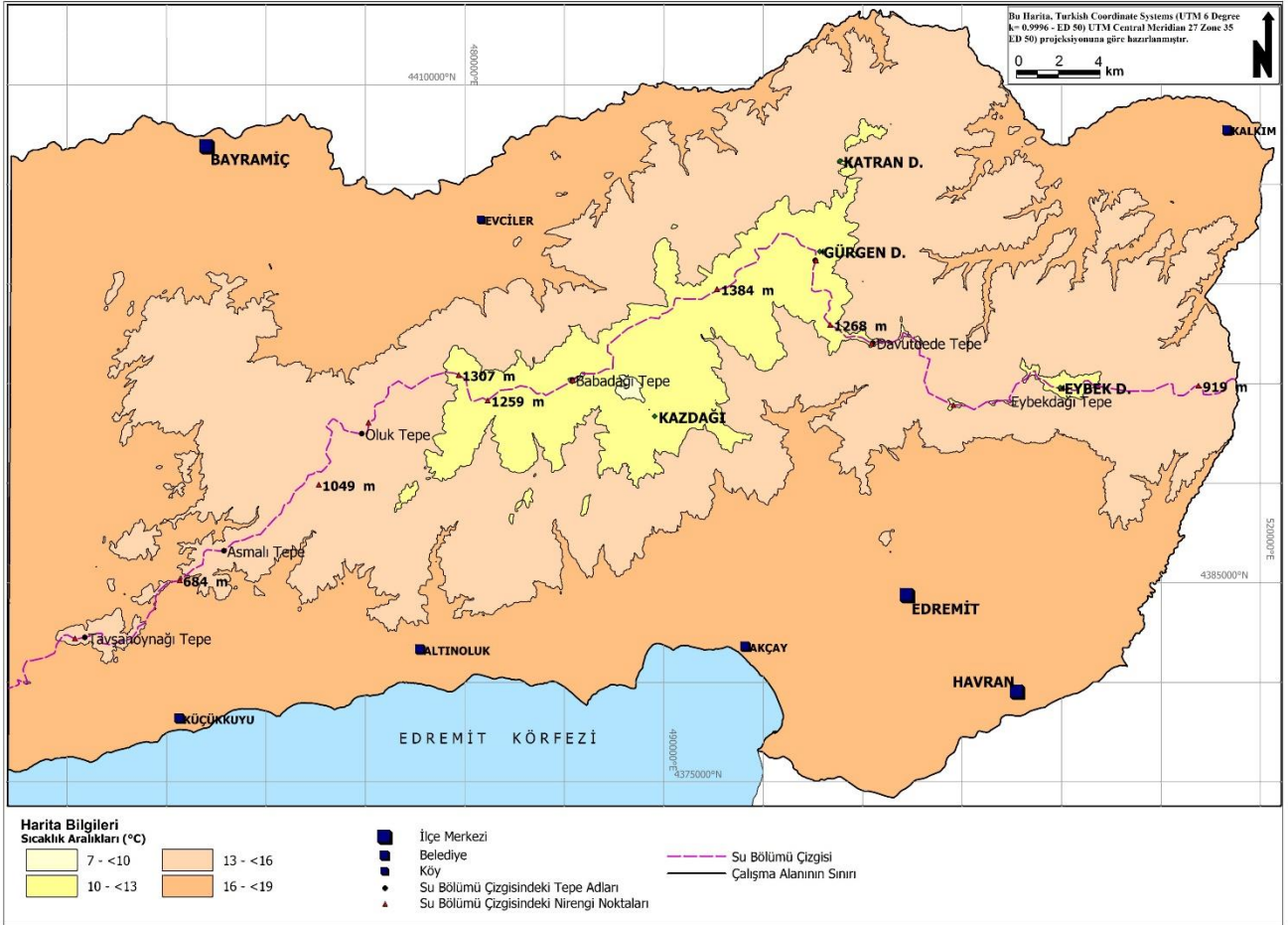


Şekil 4: RCP 4.5 Senaryosu GFDL-ESM2M bölgesel iklim modeli verilerine göre 2016-2040 dönemi yıllık olası sıcaklık dağılışı haritası



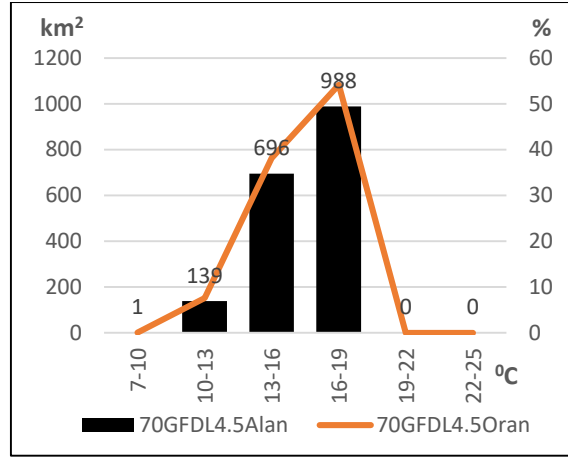
Şekil 5: Sıcaklık aralıklarının RCP 4.5 senaryosuna göre 2040 yılı alansal dağılışı grafiği

2041-2070 dönemi olası sıcaklık dağılımlarına göre toplam çalışma alanının yaklaşık %85'inin 13-19 °C yıllık ortalama sıcaklık değerine sahip olduğu görülmüştür. Toplam çalışma alanının ~%50'si 16-19 °C yıllık ortalama sıcaklığa sahiptir. Özellikle güneyde Edremit ovası, Edremit körfezi kıyıları ve kuzeyde Bayramiç, Evciler depresyonu; kuzeydoğuda Kalkım depresyonu tabanı ve Katran ve Eybek dağlarının vadi içlerine doğru bu sıcaklık alanlarının genişlediği görülmektedir. RF döneminde 7-10 °C sıcaklık alanına sahip olan Kazdağı ve Gürgen dağı geniş doruk çevresinin sıcaklıklarının 2070 yılına gelindiğinde 10-13 °C seviyelerine dönüştüğü gözlenmektedir (Şekil 6, 7).



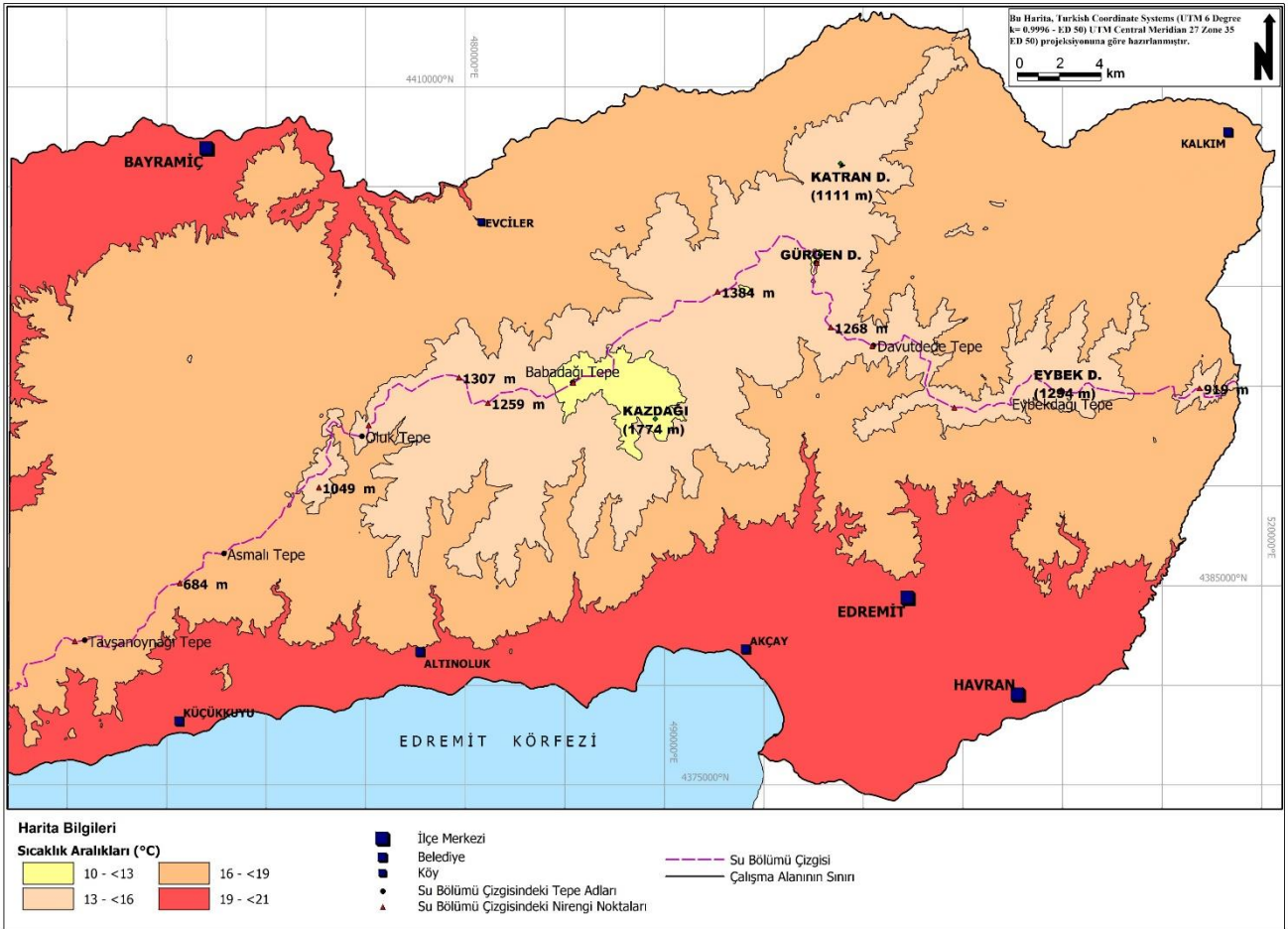
Şekil 6: RCP 4.5 senaryosu GFDL-ESM2M bölgesel iklim modeli verilerine göre 2041-2070 dönemi yıllık olası sıcaklık dağılışı haritası

**BÖLGESEL İKLİM VERİLERİNE GÖRE KAZDAĞI VE YAKIN ÇEVRESİNDE OLASI SICAKLIK DEĞİŞİKLİKLERİ (2000-2099)**



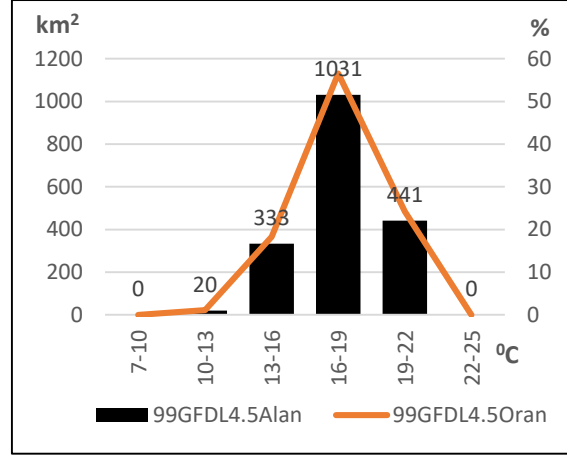
**Şekil 7:** Sıcaklık aralıklarının RCP 4.5 senaryosuna göre 2070 yılı alansal dağılışı grafiği

2071-2099 dönemi olası sıcaklık dağılışı haritası incelendiğinde 16-19 °C sıcaklık alanının sahanın yaklaşık yarısını kapladığı, bununla birlikte 19-22 °C sıcaklık alanının 2070 yılında sahada göz ardı edilebilir seviyede iken 2099 yılında toplam alanın %20'si seviyesinde genişlediği gözlenmektedir. 13-16 °C sıcaklık alanının 2070 yılında sahanın yaklaşık %20'sini kaplarken 2099 yılında %5 civarına çekildiği görülmektedir. Kazdağı geniş doruk çevresinin 2099 yılına gelindiğinde sıcaklıklarının 11-13 °C arasında, Gürgen, Katran ve Eybek dağlarının geniş doruk çevresinin ise 13-16 °C arasında olacağı öngörülmüştür (Şekil 8, 9).



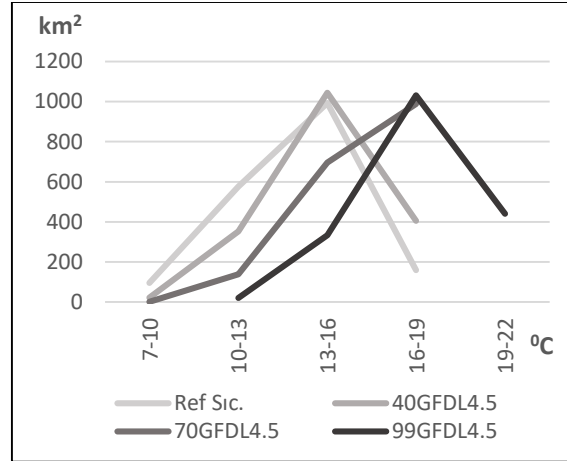
**Şekil 8:** RCP 4.5 senaryosu GFDL-ESM2M bölgesel iklim modeli verilerine göre 2071-2099 dönemi yıllık olası sıcaklık dağılışı haritası





Şekil 9: Sıcaklık aralıklarının RCP 4.5 senaryosuna göre 2099 yılı alansal dağılışı grafiği

RCP 4.5 senaryosuna göre referans dönemi dahil elde edilen tüm haritalar karşılaştırıldığında belirlenen sıcaklık aralıklarında 2070 yılına kadar düşük sıcaklık değerlere sahip alanların alansal olarak daraldığı, daha yüksek değerlere sahip sıcaklık alanlarının alansal olarak genişlediği gözlenir. 2070 yılına kadar yıllık ortalama sıcaklık alanlarında kayma yerine alansal daralma ve genişleme gözlenmiştir. 2070 yılından sonra ise sahada sıcaklık alanlarında genişleme ve daralma gözlemlendiği gibi daha çarpıcı değişimin sıcaklık derecelerinde 3-6 °C arasında bir seviyede kayma şeklinde olduğu açıkça görülmektedir (Şekil 5, 7, 9, 10).



Şekil 10: Sıcaklık aralıklarının RCP 4.5 senaryosuna göre tüm dönemlerdeki alansal dağılışı grafiği

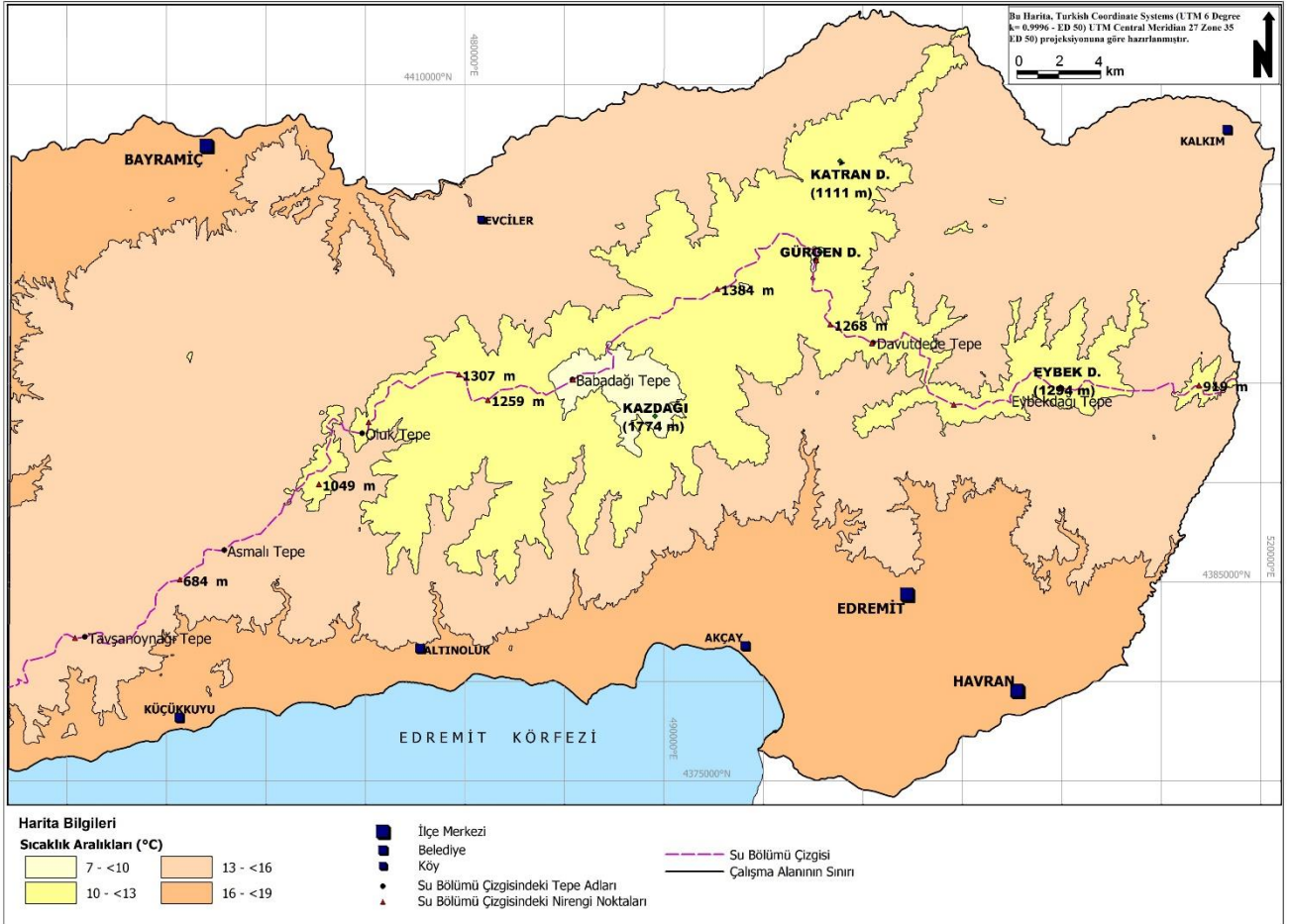
Aynı senaryoya göre karşılaştırma tablosunda toplu bir değişim analizi yapılırsa, 7-10 °C sıcaklık alanının sürekli küçülerek 2070 yılından itibaren sahada gözlenmediği, 10-13 °C sıcaklık alanının yüzyılın sonuna kadar sürekli olarak küçüldüğü söylenebilir. 13-16 °C sıcaklık alanında 2040 yılına kadar %5 oranında genişleme; fakat 2040 yılından sonra oranı artan şekilde sürekli alansal bir küçülme öngörülmektedir. 16-19 °C sıcaklık alanının özellikle 2040 ve 2070 yıllarında %150 seviyesinde bir alansal genişleme değişiminde olacağı gözlenmektedir. 19-22 °C sıcaklık alanının tek ve büyük değişiminin 2070-2099 aralığında olacağı izlenir. Bu sıcaklık alanı 2070 yılında sahada ihmal edilebilir düzeyde iken 2099 yılında 441 km<sup>2</sup>'lik alan teşkil eder (Tablo 1).

Tablo 1: RCP 4.5 senaryosuna göre yıllık ortalama sıcaklık aralıklarının alanları ve alansal değişimleri							
Sıcaklık Aralıkları (°C)	Ref. Alan (km2)	2040 Alan (km2)	Ref-40 DY (%)	2070 Alan (km2)	40-70 DY (%)	2099 Alan (km2)	70-99 DY (%)
7-10	96	22	-77	0	-100	-	-
10-13	576	352	-39	139	-61	20	-86
13-16	993	1044	5	696	-33	333	-52
16-19	160	406	154	988	143	1031	4
19-22	-	-	-	1	-	441	44000
22-25	-	-	-	-	-	-	-

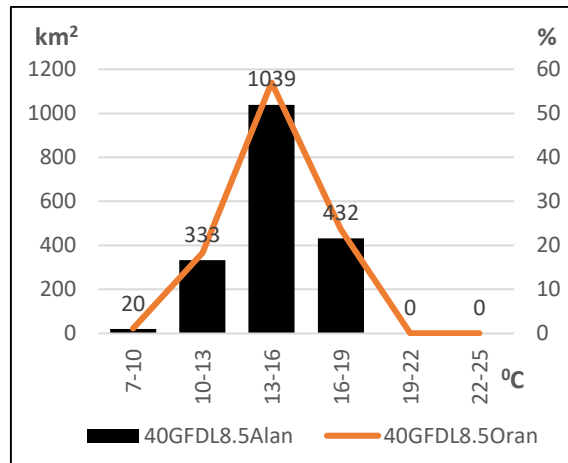
**Kısaltmalar:** RCP, Representative Concentration Pathways (Temsili Konsantrasyon Yolları); Ref, Referans Dönemi (1970-2000); Sic. Ara, Sıcaklık Aralıkları; 40, 2040 Yılı; 70, 2070 Yılı; 99, 2099 Yılı; DY: Değişim Yüzdesi

## RCP 8.5 Senaryosu- GFDL-ESM2M Küresel ve RegCM4.3.4 Bölgesel İklim Modeli Anomalilerine Göre Elde Edilen Bulgular

RCP 8.5 senaryosuna göre 2040 yılına gelindiğinde çalışma alanının %90'ına yakını 10-19 °C arasında yıllık ortalama sıcaklık değerlerine sahiptir. Sahanın yarısının 13-16 °C arasında sıcaklıklara sahip olduğu görülür. Bu seviyedeki sıcaklıklara sahip kesimler sahanın batısındaki geniş plato sahası, kuzeyde Evciler, Menderes çayı orta ve yukarı çığırı çevre kesimi, kuzeydoğuda Kalkım depresyonu ve Katran ve Eybek dağlarına doğru tüm vadi içlerini kapsamaktadır. 2040 yılına gelindiğinde Kazdağı doruğu ve çevresi 8-10 °C sıcaklık alanına sahipken, Gürgen, Katran ve Eybek dağlarının geniş doruk çevresinin 10-13 °C arasında yıllık ortalama sıcaklıklara sahip olacağı öngörülmektedir (Şekil 11, 12).

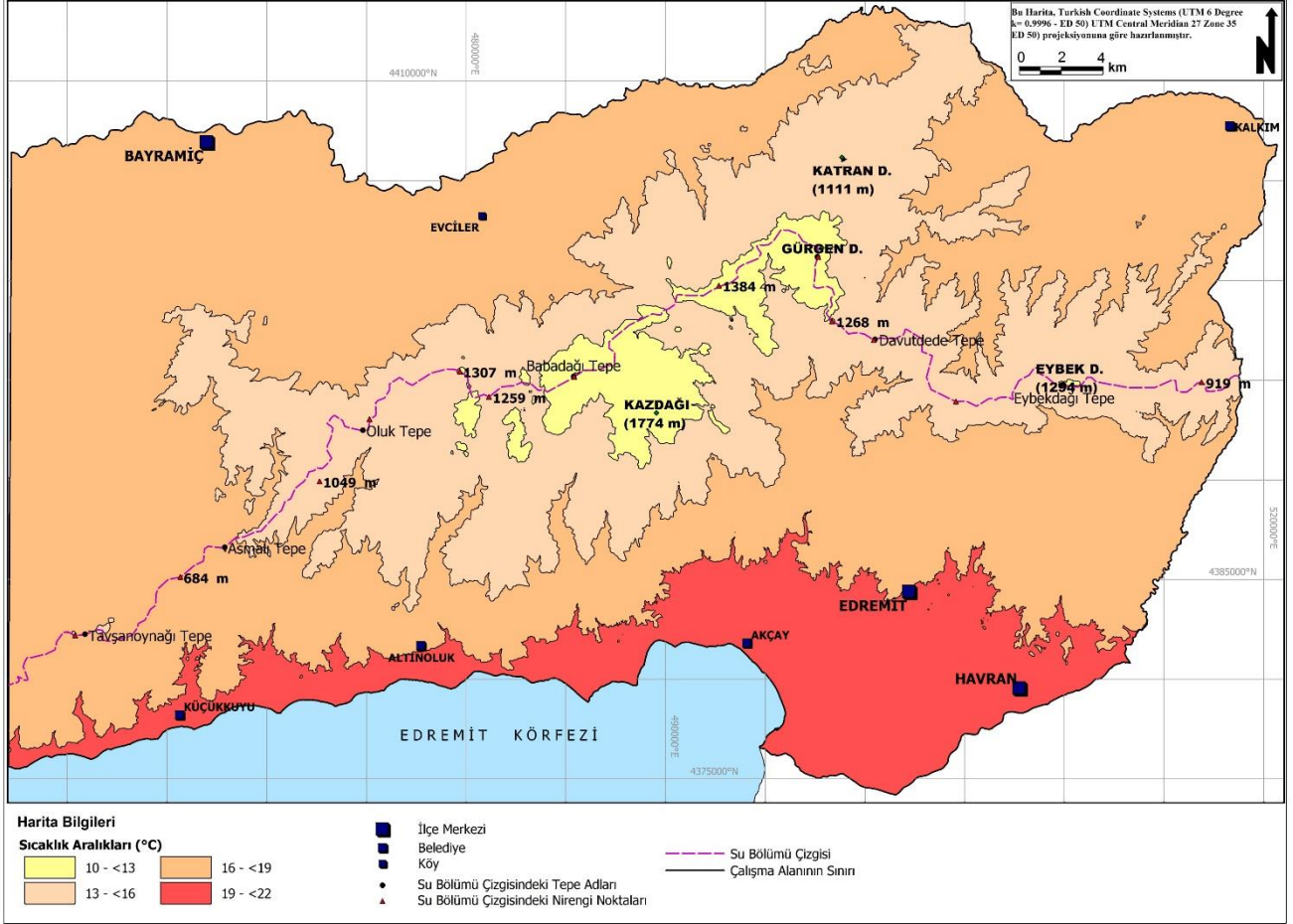


Şekil 11: RCP 8.5 senaryosu GFDL-ESM2M bölgesel iklim modeli verilerine göre 2016-2040 dönemi yıllık olası sıcaklık dağılışı haritası

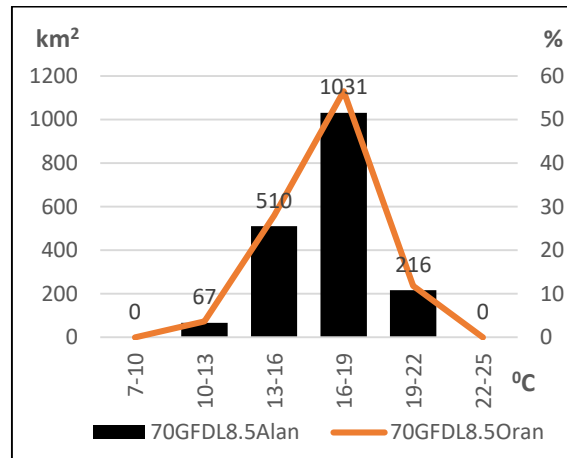


Şekil 12: Sıcaklık aralıklarının RCP 8.5 senaryosuna göre 2040 yılı alansal dağılışı grafiği

2070 yılına gelindiğinde sahanın yüksek değerli sıcaklık alanlarında önemli ölçüde genişleme, daha düşük sıcaklık alanlarında daralma gözlenmektedir. 2040 yılında 8-13 °C arasında sıcaklıklara sahip olan tüm doruklar geniş çevresinin 2070 yılına gelindiğinde 13-16 °C yıllık ortalama değerlere sahip olduğu gözlenir. 2070 yılında çalışma alanının yarısı 16-29 °C yıllık ortalama sıcaklığa sahiptir. Sahada 10-13 °C sıcaklık alanı referans dönem ve 2040 yılına göre önemli ölçüde küçülmüş, 16-19 °C sıcaklık alanı ise önemli ölçüde genişlemiştir (Şekil 13, 14)



Şekil 13: RCP 8.5 senaryosu GFDL-ESM2M bölgesel iklim modeli verilerine göre 2041-2070 dönemi yıllık ortalama sıcaklık dağılışı haritası

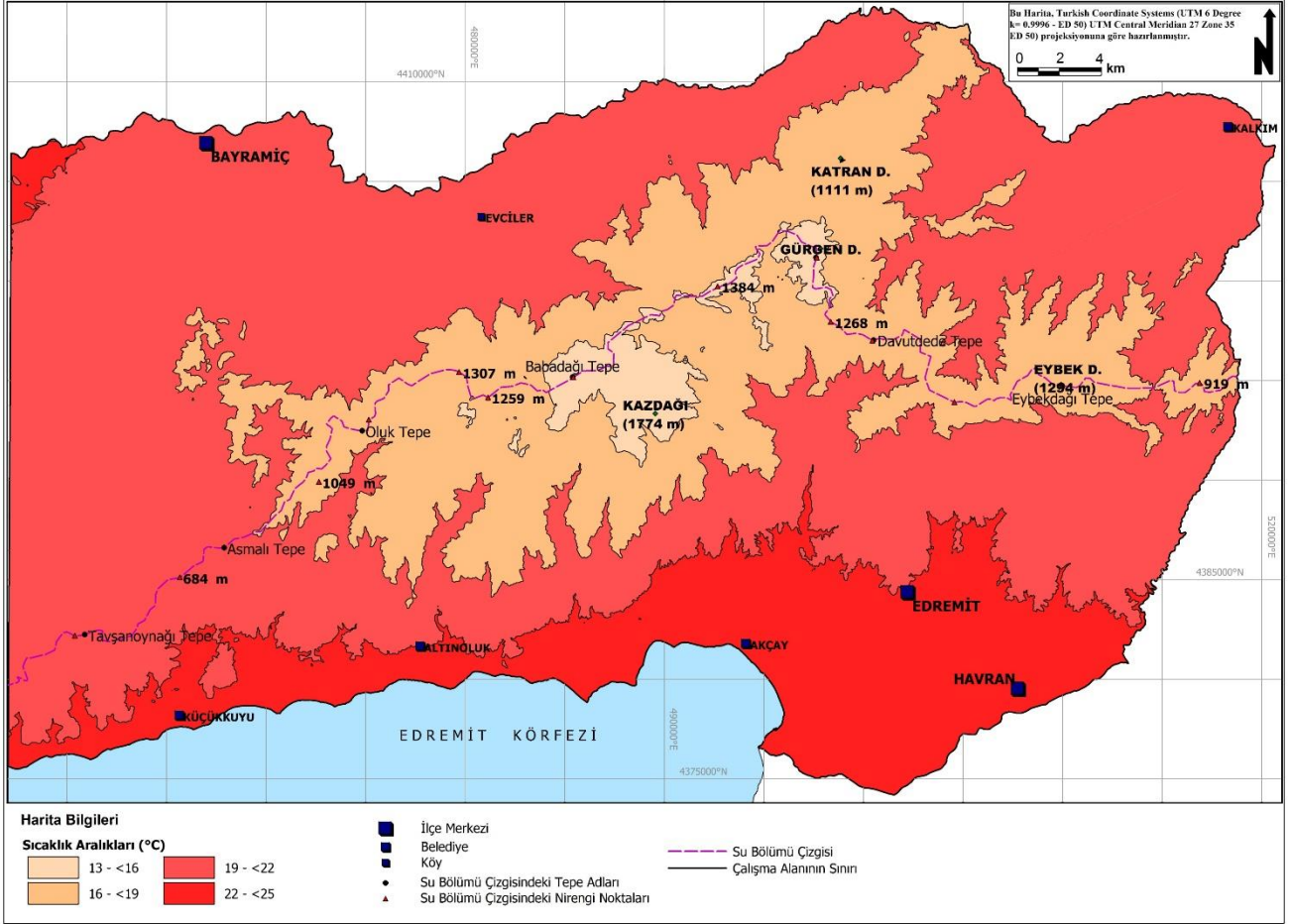


Şekil 14: Sıcaklık aralıklarının RCP 8.5 senaryosuna göre 2070 yılı alansal dağılışı grafiği

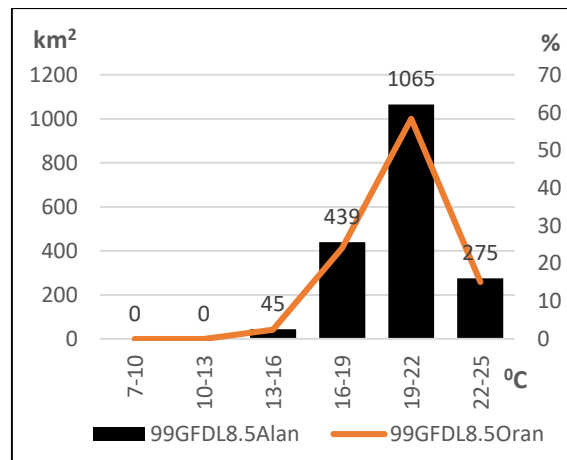
Bu çalışmanın tüm bulgularına göre en çarpıcı değişiklik öngörülleri RCP 8.5 senaryosunun 2099 yılı sonuçlarında gözlenmektedir. Toplam alanın (1823 km<sup>2</sup>) 1065 km<sup>2</sup>'lik kısmının (~%60'ı) 2099 yılına gelindiğinde 19-22 °C arasında yıllık

**BÖLGESEL İKLİM VERİLERİNE GÖRE KAZDAĞI VE YAKIN ÇEVRESİNDE OLASI SICAKLIK DEĞİŞİKLİKLERİ (2000-2099)**

ortalama sıcaklık değerine sahip olacağı gözlenir. Toplam sahanın ~%80'inin 19-24 °C arasında yıllık ortalama sıcaklığa sahip olduğu bir değişim karşımıza çıkmaktadır. Bu değişimden en fazla sahanın deniz seviyesine yakın olan güneyde Havran, Edremit, Akçay, Altınoluk, Küçükkuyu, batıdaki tüm platoluk saha, kuzeyde Menderes çayı ovasının tüm güney kanadı ve kuzeydoğuda Kalkım depresyonu ve Katran ve Eybek dağı doruk kesimlerine yakın kısımlarındaki doğal ve sosyal hayatın etkilenmesi beklenmektedir (Şekil 15, 16).

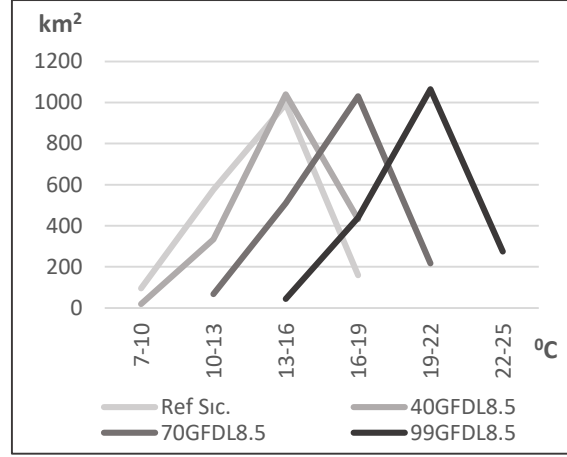


**Şekil 15:** RCP 8.5 senaryosu GFDL-ESM2M bölgesel iklim modeli verilerine göre 2071-2099 dönemi yıllık olası sıcaklık dağılışı haritası



**Şekil 16:** Sıcaklık aralıklarının RCP 8.5 senaryosuna göre 2099 yılı alansal dağılışı grafiği

RCP 8.5 senaryosunun tüm dönem bulguları birbiri ile kıyaslanırsa 2040 yılından itibaren sahada 3-6 °C arasında artış yönünde bir sıcaklık kayması yaşanacağı açık bir şekilde görülmektedir (Şekil 17).



Şekil 17: Sıcaklık aralıklarının RCP 8.5 senaryosuna göre tüm dönemlerdeki alansal dağılışı grafiği

RCP 8.5 senaryosuna göre sıcaklık aralıklarının alansal değişimleri ve oranlarının analiz edildiği tablo incelendiğinde, 7-10 °C arasındaki sıcaklık alanlarının 2040 yılından itibaren sahada görülmediği, 10-13 °C arasında sıcaklık alanının yüzyılın sonuna kadar sürekli artan oranda küçüldüğü gözlenir. 13-16 °C arası sıcaklık alanının 2040 yılına kadar %5'lik oranda genişlediği, ancak 2070 ve 2099 yıllarında sırasıyla %50 ve %90 seviyelerinde küçülmeye maruz kaldığı gözlenir. 16-19 °C arasında sıcaklık alanının 2070 yılına kadar sürekli genişlemede ancak o yıldan sonra alanında %57 oranında küçülme olduğu görülmektedir. 19-22 °C arasındaki sıcaklık alanı (sahanın ~%10'u) 2070 yılında ortaya çıkmış ve 2099 yılında sahanın %15'ini kapsayarak genişlemiştir (Tablo 2).

Sıcaklık Aralıkları (°C)	Ref. Alan (km²)	2040 Alan (km²)	Ref-40 DY (%)	2070 Alan (km²)	40-70 DY (%)	2099 Alan (km²)	70-99 DY (%)
7-10	96	20	-79	0	-100	-	-
10-13	576	333	-42	67	-80	1	-99
13-16	993	1039	5	510	-51	45	-91
16-19	160	432	170	1031	139	439	-57
19-22	-	1	-	216	21529	1065	392
22-25	-	-	-	1	-	275	27416

**Kısaltmalar:** RCP, Representative Concentration Pathways (Temsili Konsantrasyon Yolları); Ref, Referans Dönemi (1970-2000); 40, 2040 Yılı; 70, 2070 Yılı; 99, 2099 Yılı; DY, Değişim Yüzdesi

RCP 8.5 senaryo bulguları, RCP 4.5 bulgularına göre belirlenen sıcaklık alanları için biraz daha yüksek değişim hareketi sunmuştur. Bununla birlikte iki senaryo arasındaki en çarpıcı farkın alansal genişleme veya daralmanın yanında sıcaklık alanlarındaki ısınma yönündeki kayma olduğu gözlenir. Nitekim, RCP 4.5 senaryosunda sıcaklıklarda ısınma yönünde alansal kayma sadece 2070-2099 aralığında gözlenirken RCP 8.5 senaryosunda bu kaymanın 2040 yılından itibaren başladığı ve 2099 yılı dahil sürekli devam ettiği görülmektedir (Şekil 10, 17).

## SONUÇ

İklim Değişikliğinin Kazdağ'ı ve Yakın Çevresinin Ağaç Formasyonuna Olası Etkilerinin Modellenmesi konulu doktora tezinin sıcaklık değişiklikleri analizini kapsayan bu çalışmada RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları ve GFDL-ESM2M küresel/RegCM4.3.4 bölgesel model verileri ile sahanın yüzyılın sonuna kadar yıllık ortalama sıcaklık değişim öngörülleri elde edilmiştir.

Ana hatlarıyla bu çalışmada RCP 4.5 senaryosuna göre Kazdağ'ı ve yakın çevresinde en düşük yıllık ortalama sıcaklıkların Referans dönemindeki 7-10 °C aralığından 2099 yılında 10-13 °C aralığına kaydığı; RCP 8.5 senaryosuna göre ise 7-10 °C aralığından 13-16 °C aralığına kaydığı öngörülmüştür. RCP 4.5 senaryosuna göre değişim daha ılımlıdır. Bu sonuçlara göre sahanın tüm kesiminde en az 3 °C'lik bir sıcaklık artışı olacağı rahatlıkla söylenebilir.

IPCC- AR5 sentez (2014 s.72) raporunda 3 °C sıcaklık artışının ekosistem faktörlerinde, biyoçeşitlilik kaybında yüksek risklere neden olacağı; bazı fiziki ve ekonomik sistemlerin ani risk ya da geri döndürülemez değişim içine gireceği belirtilmiştir. Kazdağ'ının 800 civarında damarlı bitki taksonu, coğrafik pozisyonu ve jeomorfolojik yapısı nedeniyle özgün floristik yapıda olduğu, endemik türler açısından olmasa da nadir türler açısından zengin olduğu bilinmektedir (Özel, 1999). Sahada sıcaklıklardaki artış ve yağışlardaki beklenen azalma ile orman yangınları tetiklenebilir. Nitekim Çanakkale'de maksimum ve minimum hava sıcaklıklarında artış eğilimlerinin ve günlük, aylık, mevsimlik ile yıllık yağış değerlerinde beklenen azalma eğilimlerinin orman yangın riski ve yanan alan miktarını arttırması beklenmektedir (Altan

ve Türkeş, 2014). Sonuç itibarıyla Kazdağı ve yakın çevresinde sıcaklıklardaki beklenen artışların etkilerinin en aza indirilmesi için önlemler alınmasını gerektiği söylenebilir.

## **Kaynakça**

- Ahrens, C. D. & Henson, R. (2016). *Meteorology Today: An Introduction To Weather, Climate, And The Environment*. (Eleventh Edition).
- Akçakaya, A., Sümer, U. M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy, S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S. & Çukurçayır, F. (2015). *Yeni Senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Matbaası.
- Altan, E. & Türkeş, M. (2014). Çanakkale yöresinde oluşan orman yangınlarının hidroklimatolojik karakteristikleri ve iklim değişimleriyle ilişkisi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 20(2), 1-25.
- Ardel, A., Kurter, A. & Dönmez, Y. (1969). *Klimatoloji Tatbikatı*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları, No:1123 Taş Matbaası.
- Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu O., Tuvan A., Demircan, M. & Akçakaya, A. (2013). RCP4.5 senaryosuna göre Türkiye’de sıcaklık ve yağış projeksiyonları. III. *Türkiye İklim Değişikliği Kongresi’nde* sunulmuştur.
- Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Yazıcı, B., Gürkan, H., Tuvan, A. & Akçakaya, A., (2014). Türkiye’de yeni senaryolara göre iklim değişikliği projeksiyonları., *TUCAUM-VIII. Coğrafya Sempozyumu’nda* sunulmuştur.
- Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Yazıcı, B., Gürkan, H., Tuvan, A. & Akçakaya, A. (2014). Yeni senaryolara göre Türkiye akarsu havzalarında iklim değişikliği projeksiyonları. *TUCAUM-VIII. Coğrafya Sempozyumu’nda* sunulmuştur.
- Doğan, S. & Tüzer, M. (2011). Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri. *C. Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(1), 21-34.
- Erinç, S. (1984). *Klimatoloji ve Metodları*. İstanbul: Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Yayınları.
- Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S. & Yazıcı, B. (2016). GFDL-ESM2M modeli temelinde RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre Türkiye için sıcaklık ve yağış projeksiyonları. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 14(2), 77-88.
- IPCC (2014). *Climate Change 2014 Synthesis Report*.
- İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi proje dokümanı – EK4-Marmara Havzası (2016). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Proje Dokümanı – EK6-Kuzey Ege Havzası (2016). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Kayhan, M. (2007). *Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye*. 1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi - TİKDEK 2007 Bildiri Özetleri Kitabı, 81-83.
- Önol, B., Ünal, Y.S. & Dalfes, H.N. (2009). İklim değişimi senaryosunun Türkiye üzerindeki etkilerinin modellenmesi. *İTÜ Dergisi*, 8(5), 169-177.
- Özel, N. (1999). *Kaz Dağları Orman Vegetasyonu Üzerine Fitososyolojik ve Fitoekolojik Araştırmalar*. Teknik Bülten No:11, Orman Bakanlığı Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 1-71.
- Şen, Ö.L., Bozkurt, D., Göktürk, O. M., DüNDAR, B. & Altürk B. (2013). Türkiye’de iklim değişikliği ve olası etkileri. 3. *Taşkın Sempozyumu’nda* sunulmuştur.
- Turp, M.,T., Öztürk, T., Türkeş, M. & Kurnaz, M. L. (2014). RegCM4.3.5 bölgesel iklim modelini kullanarak Türkiye ve çevresi bölgelerin yakın gelecekteki hava sıcaklığı ve yağış klimatolojileri için öngörülen değişikliklerin incelenmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 23(1), 1-24.