ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

İklim Değişikliği Çerçevesinde Türkiye'nin Biyoiklimsel Konfor Durumunun Modellenmesi

Merve ŞAHİNGÖZ

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Eylül, 2023

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZ ONAYI

İklim Değişikliği Çerçevesinde Türkiye'nin Biyoiklimsel Konfor Durumunun Modellenmesi

---

Merve ŞAHİNGÖZ

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Bu Doktora Tezi 22/09/2023 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU (Danışman) ……

: Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ ……

: Prof. Dr. Ayşe Filiz SUNAR ……

: Doç. Dr. Anıl AKIN TANRIOVER ……

: Doç. Dr. Ahmet ÇİLEK ……

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FDK-2019-12010

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
ÇİZELGELER DİZİNİ IV
ŞEKİLLER DİZİNİ VII
SİMGELER VE KISALTMALAR XI
1. GİRİŞ 1
1.1. İklim Değişikliği 1
1.2. Biyoiklimsel Konfor 3
1.3. Turizm İklim İndeksi 11
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 13
2.1. Biyoiklimsel konfor ile ilgili önceki çalışmalar 13
2.2. İklim değişikliği ile ilgili önceki çalışmalar 29
2.3. Turizm iklim indeksi ile ilgili önceki çalışmalar 31
3. MATERYAL VE METHOD 33
3.1. Materyal 33
3.1.1. Coğrafi Konum 33
3.1.2. İklim 33
3.1.3. Turizm 37
3.1.4. Nüfus 39
3.2. Metod 40
3.2.1. Veri Hazırlanması 41
3.2.2. Modelleme 53
3.2.3. Sonuçların web ortamında yayınlanması 78
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 81
4.1. İklim Değişkenleri 84
4.1.1. Sıcaklık 84
4.1.2. Bağıl Nem 92
4.1.3. Rüzgâr Hızı 99
4.1.4. Bulutluluk 107
4.1.5. Yağış 109
4.1.6. Güneşlenme Süresi 113
4.1.7. Gündüz Konfor 115
4.1.8. Günlük Konfor 117
4.2. Biyoiklimsel Konfor Durumu 119

4.2.1. Ocak 138
4.2.2. Şubat 142
4.2.3. Mart 147
4.2.4. Nisan 152
4.2.5. Mayıs 157
4.2.6. Haziran 162
4.2.7. Temmuz 167
4.2.8. Ağustos 172
4.2.9. Eylül 177
4.2.10. Ekim 182
4.2.11. Kasım 187
4.2.12. Aralık 192
4.3. Turizm İklim İndeksine Göre Turizme Uygun Alanların Dağılımı 197
4.4. Konforsuzluk İndeksine Göre Termal Konfor Alanlarının Dağılımı 201
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 205
KAYNAKLAR 219
ÖZGEÇMİŞ 231

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

İklim Değişikliği Çerçevesinde Türkiye'nin Biyoiklimsel Konfor Durumunun Modellenmesi

Merve ŞAHİNGÖZ

Danışman:Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

ÖZ

Bu çalışmada iklim değişikliği temelinde uzaktan algılama verilerinin de yardımıyla Türkiye'nin güncel ve gelecek biyoiklimsel konfor bölgelerinin modellenmesi, turizm konfor alanlarının belirlenmesi, ısı stresine neden olan bölgelerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Biyoiklimsel konfor durumunun belirlenmesinde insan enerji dengesinden yola çıkılarak, termal çevrenin fizyolojik koşulları değerlendiren Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) indeksi kullanılmıştır. Çalışma alanı olan Türkiye'nin güncel durumdaki biyoiklimsel konforu belirlenirken 2584 adet meteoroloji istasyonuna ait saat 14:00 ve günlük uzun yıllar (1998-2019) ortalama sıcaklık (°C), bağıl nem (%) ve rüzgâr (m/s) verileri ve MODIS uydu verisinden bulutluluk (octas) verileri kullanılmıştır. Gelecekteki durum ise CMIP6 tahmin verilerinden 2050 yılı için SSP2-4,5 ile SSP5-8,5 senaryolarına ait hava sıcaklığı, nispi nem, rüzgar hızı ve solar radyasyon verileri kullanılmıştır. Meteoroloji verileri ANUSPLIN yardımı ile MODIS uydu görüntüsü ile uyumlu olacak şekilde 1km yersel çözünürlükte interpole edilmiştir. Elde edilen veriler ülke geneli her km'de bir nokta olacak şekilde 997.197 adet noktaya işlenerek RayMan Pro yazılımı aracılığıyla FES değerleri üretilmiştir. Böylelikle meteoroloji istasyonlarındaki eksik veriden kaynaklanan kayıpların önlenmesi amaçlanmıştır. Turizme uygun iklim bölgelerini belirlemek için ise Mieczkowski (1985) tarafından geliştirilen Turizm İklim İndeksi (TCI) kullanılmıştır. Isı stresi, MODIS arazi yüzeyi sıcaklığı (LST) haritası kullanılarak Thom (1959)'un geliştirdiği konforsuzluk indeksi (DI) ile üretilmiştir. Çalışma sonucunda Kocaeli, Yalova, Çanakkale, Zonguldak ve İstanbul illerinin yılın 45 haftasını konforlu geçirdiği, Erzurum, Batman, Şırnak, Mardin ve Ardahan illerinin ise yıl boyunca sadece 38 hafta boyunca biyoiklimsel konfora sahip olduğu ortaya konulmuştur. Yakın gelecekte FES değerlerinin 1,3 –2,6 °C artış göstereceği öngörülmektedir. Turizm konfor açısından Şubat-Kasım ayları boyunca iyi ve kabul edilebilir konfor durumu olduğu ortaya konmuştur. Çalışma ile ortaya konan sonuçlar web tabanlı olarak yararlanıcıların erişimine açılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyoiklimsel Konfor, CMIP6, İklim Değişikliği, Konforsuzluk İndeksi, Turizm İklim İndeksi

CUKUROVA UNIVERSITY

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

PhD THESIS

Modeling Bioclimate Comfort Status of Turkiye within the Framework of Climate Change

Merve ŞAHİNGÖZ

Advisor: Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU

Department of Landscape Architecture

ABSTRACT

This study aimed to model Turkey's current and future bioclimatic comfort zones, tourism comfort zones, and identify regions that under heat stress, with the support of remotely sensed data, under the climate change. The Physiological Equivalent Temperature (PET) index, which evaluates the physiological conditions of the thermal environment, based on the human energy balance, was used to determine the bioclimatic comfort status. The data set used to determine the current bioclimatic comfort of Turkey, included average temperature (°C), relative humidity (%) and wind (m/s) data recorded from 2584 meteorology stations at 14:00 and daily long years (1998-2019) and Cloudiness (octas) data derived from MODIS satellite data. Air temperature, relative humidity, wind speed and solar radiation data of SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios for 2050 from CMIP6 model forecast were used for future modeling. Meteorological data were interpolated at 1 km spatial resolution to make compatible with the MODIS satellite image. PET values were derived using RayMan model together with the data processed for 997.197 points, represent one point per square kilometer, across the country. Thus, this enabled to prevent output losses caused by missing data in meteorological stations. The Tourism Climate Index (TCI) developed by Mieczkowski (1985) was used to determine the climate zones suitable for tourism. Heat stress was produced by the discomfort index (DI) developed by Thom (1959) using MODIS land surface temperature (LST) data. As a result of the study, it was revealed that the provinces of Kocaeli, Yalova, Çanakkale, Zonguldak and Istanbul spent 45 weeks of the year in comfort, while the provinces of Erzurum, Batman, Şırnak, Mardin and Ardahan have bioclimatic comfort for only 38 weeks throughout the year. It is predicted that PET values will increase by 1.3 –2.6 °C in the near future. It has been determined that there is an acceptable comfort situation between February and November In terms of tourism comfort. The results of the study were made available to beneficiaries on a web-based system.

Key words: Bioclimatic Comfort, CMIP6, Climate Change, Discomfort Index, Tourism Climate Index

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim boyunca her adımda bilgisini ve tecrübesini esirgemeyen, net kararları ile örnek aldığım, yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile daima yol gösteren ve destekleyen Sayın Danışman Hocam Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU'na sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme Komiteleri boyunca değerli eleştiri ve katkılarıyla araştırmamı geliştiren değerli emekli Prof. Dr. Mehmet Faruk ALTUNKASA, Doç. Dr. Anıl Akın TANRIÖVER ve Doç. Dr. Ahmet ÇİLEK hocalarıma saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yoğun ve meşakkatli olan doktora öğrenimim boyunca her türlü sabrını gösteren, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, sevgi ve saygı yüklü değer yargılarıyla örnek aldığım babam, annem ve erkek kardeşlerime sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecimde mesleki destek ve yardımlarını esirgemeyen Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri laboratuvarı ekibinden Araş. Gör. Müge KÜLAHLIOĞLU ve diğer çalışma arkadaşlarıma içten teşekkürlerimi sunarım. Araştırma boyunca her türlü mutlu ve sıkıntılı anıma ortak olan, bana olan inançlarını ve desteklerini hep yanımda hissettiğim arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam kapsamında Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TUBİTAK) 2211-Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Doktora Burs Programına maddi desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Turizm iklim indeksi içerisinde yer alan alt indeksler (Mieczkowiski, 1985)..... 12
Çizelge 2.1. Biyoiklimsel konfor indekslerinin tarihsel gelişimine örnekler..... 14
Çizelge 2.2. Thom (1959)'a göre konforsus indeksi sınıflaması 17
Çizelge 2.3. Kyle (1994)'e göre Termohigrometrik indeks sınıflaması..... 17
Çizelge 2.4. Yedi noktalı PMV ölçeği 20
Çizelge 2.5. Steadman sıcaklık - nemlilik indeksine göre hissedilen sıcaklık bölgeleri (Steadman, 1979)..... 24
Çizelge 2.6. Biyoiklimsel konforun belirlenmesinde hissedilen sıcaklık değerleri 25
Çizelge 2.7. FES indekslerine ait değerlerin dağılımı ve bu değerlere göre ısıl algılama (Matzarakis ve ark, 1999)..... 26
Çizelge 3.1. En fazla nüfusa sahip ilk 5 ilin cinsiyete göre dağılımı (TUİK, 2022). 39
Çizelge 3.2. Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık ve Turizm İklim İndeksi Verilerinin Dağılımı..... 43
Çizelge 3.3. MODIS bant genişlikleri..... 44
Çizelge 3.4. MODIS Terra MOD35_L2 uydu görüntüsü özellikleri 45
Çizelge 3.5. IPCC 6. Raporuna göre SSP senaryoları (IPCC, 2021'den çevrilerek) 49
Çizelge 3.6. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryoları kapsamında kullanılan değişkenler ve tanımları... 53
Çizelge 3.7. İnsan ve bulunduğu ortam ile ısı alışverişi (Olgyay,1973'den düzenlenerek). 59
Çizelge 3.8. Sıcaklık-nemlilik indeksine göre hissedilen sıcaklık bölgeleri (Steadman 1979)..... 60
Çizelge 3.9. Kuru termometre sıcaklığı ve rüzgar hızına göre hissedilen sıcaklıklar (ASHRAE, 2002). 61
Çizelge 3.10. Bazı aktiviteler sonucu ortalama bir insan vücudunun ürettiği enerji miktarı (Auliciems ve Szokolay 2007). 63
Çizelge 3.11. Biyoklimatik konfora etki eden faktörler (Blazejczyk 1994 ve Auliciems ve Szokolay 2007'den değiştirilerek.)..... 64
Çizelge 3.12. PMV ve FES indekslerine ısıl algılama grupları (Matzarakis ve ark., 1999) 65
Çizelge 3.13. Mieczkowski'nin (1985) turizm iklim indeksinin bileşenleri 70
Çizelge 3.14. Yağış miktarı oranlama ölçeği (Mieczkowski, 1985). 71
Çizelge 3.15. Güneşlenme süresi oranlama ölçeği (Mieczkowski, 1985)..... 72
Çizelge 3.16. Rüzgâr hızı oranlama ölçeği (Mieczkowski, 1985). 73
Çizelge 3.17. Turizm Konfor Kategori Değerleri (Mieczkowski, 1985) 74
Çizelge 3.18. TCI Dağılım tablosu (Scott ve McBoyle, 2007) 75
Çizelge 3.19. Konforsuzluk indeksinin termal konfora göre sınıflaması (Çetin ve ark. 2019)..... 78
Çizelge 4.1. Gözlemlenen ve tahmin edilen veri arasındaki korelasyon katsayıları 81
Çizelge 4.2. İklim değişkenlerinin tanımları..... 84
Çizelge 4.4. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre Türkiye'nin aylık ortalama sıcaklık artışı. 88

Çizelge 4.5. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre Türkiye'nin aylık ortalama bağıl nem değişimi 94
Çizelge 4.6. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre Türkiye'nin aylık ortalama rüzgâr hızı değişimi 101
Çizelge 4.7. İl merkezlerine göre haftalık fizyolojik eşdeğer sıcaklık değerleri..... 126
Çizelge 4.8. Türkiye 1998-2019 arası Ocak ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı 140
Çizelge 4.9. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre ocak ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi 142
Çizelge 4.10. Türkiye 1998-2019 arası Şubat ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı .. 145
Çizelge 4.11. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre Şubat ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi 147
Çizelge 4.12. Türkiye 1998-2019 arası Mart ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı.... 150
Çizelge 4.13.SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre mart ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi 152
Çizelge 4.14. Türkiye 1998-2019 arası Nisan ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı .. 155
Çizelge 4.15. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre nisan ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi 157
Çizelge 4.16. Türkiye 1998-2019 arası mayıs ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı .. 160
Çizelge 4.17. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre Mayıs ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi 162
Çizelge 4.18. Türkiye 1998-2019 arası Haziran ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı165
Çizelge 4.19. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre Mayıs ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi 167
Çizelge 4.20. Türkiye 1998-2019 arası temmuz ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı..... 170
Çizelge 4.21. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre temmuz ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi 172
Çizelge 4.22. Türkiye 1998-2019 arası Ağustos ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı..... 175
Çizelge 4.23. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre Ağustos ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi 177
Çizelge 4.24. Türkiye 1998-2019 arası Eylül ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı... 180
Çizelge 4.25. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre mayıs ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi 182
Çizelge 4.26. Türkiye 1998-2019 arası ekim ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı ... 185
Çizelge 4.27. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre mayıs ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi 187

Çizelge 4.28. Türkiye 1998-2019 arası kasım ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı .. 190
Çizelge 4.29. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre mayıs ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi 192
Çizelge 4.30. Türkiye 1998-2019 arası Aralık ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı . 195
Çizelge 4.31. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre mayıs ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi 197
Çizelge 4.32. Turizm Konfor Kategori Değerleri (Mieczkowski, 1985) 197
Çizelge 4.33. Turizm konfor kategorilerine göre alanların mevsimsel dağılımı..... 200
Çizelge 4.34. Konforsuzuk indeksinin termal konfora göre sınıflaması (Kyle, 1994) 201
Çizelge 5.1.İl sınırlarına göre yıl bazında ortalama konforlu hafta süreleri..... 207
Çizelge 5.2. İllere göre aylık turizm iklim indeksi değerleri 210
Çizelge 5.3. FES ve DI indekslerinin avantaj ve dezavantajları 212

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İklim sistemi ve değişimlerinin zamansal çizelgesi (IPCC, 2021'den çevrilmiştir). 2
Şekil 1.2. Biyoiklimsel Çizelge (Olgyay, 1973; Pontes ve ark., 2021) 5
Şekil 1.3. İnsan vücudunun çevreden ısı alışverişi (Lai ve ark., 2017'den değiştirilerek Çağlak, 2021) 6
Şekil 1.4. Giysi özelliğine göre clo değerleri (Auliciems ve Szokolay, 2007). 10
Şekil 2.1. Bunaltıcı Sıcaklık Sınır Şeması (WMO, 1964). 21
Şekil 2.2. Biyoiklimsel çizelge (Olgyay, 1973). 23
Şekil 3.1. Çalışma Alanı (Google Earth Uydu Görüntüsü, 2023) 33
Şekil 3.2. Türkiye İklim Bölgeleri (Atalay, 1997) 34
Şekil 3.3. Türkiye yıllık ortalama hava sıcaklıklarında gözlenen yıllararası değişimer ve uzun süreli doğrusal trend 37
Şekil 3.4. Türkiye'nin 2007-2022 Nüfus ve yıllık nüfus artış hızı (TUİK, 2022) 39
Şekil 3.5. Türkiye nüfusu 2022 yılı yaş grupları ve cinsiyete göre nüfus piramidi 40
Şekil 3.6. Yöntem akış şeması 41
Şekil 3.7. Klimatoloji ve Meteoroloji istasyonları mekânsal dağılımı 42
Şekil 3.8. İklim değişikliği, insan ve ekosistem arasındaki ilişki (a) temel insan toplum etkileşimleri (mavi), ekosistem etkileşimleri (yeşil) ve iklim değişikliği ve insan faaliyetlerinin etkileri (kırmızı) temsil edilmektedir. b) insan sistem etkileşimleri (mavi), ekosistem (biyoçeşitlilik dahil) etkileşimleri (yeşil) ve iklim değişikliği ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan azaltılmış etkiler (gri) temsil edilmektedir) (IPCC, 2021'den çevrilerek) 46
Şekil 3.9. RCP'ler, SSP'ler, Yer-sistem modelleri ve bütünleşik analizler arasındaki etkileşimler (REC, 2015 tarafından O'Neill ve Schweizer 2011'den uyarlanmıştır). 48
Şekil 3.10. SSP ve RCP senaryolarının karşılaştırılması (siyah karbon (BC), organik karbon (OC), sülfür dioksit (SO_2), amonyak (NH3), diazotmonoksit (N_2O)azot oksitler (NOx), uçucu organik bileşikler (VOC), sülfür hekzaflorür (SF_6), perflorokarbonlar (PFC) ve hidroflorokarbonlar (HFC)) (IPCC, 2021) 51
Şekil 3.11. ANUSPLIN paketinin temel akış şeması (Hutchinson ve Xu, 2004) 54
Şekil 3.12. Ölçek küçültme için genel yaklaşımı 55
Şekil 3.13. İnsan vücudunda ısı kazanımı ve kaybı (Olgyay,1973). 58
Şekil 3.14. Rayman Modeli yöntem şeması 67
Şekil 3.15. İklim ve turizm arasındaki ilişkiler (Matzarakis, 2006'dan çevrilerek) 68
Şekil 3.16. Turizm iklim indeksi için termal konfor derecelendirme sistemi (ASHRAE (1972)'den değiştirilerek, Mieczkowski, 1985) 69
Şekil 3.17. TCI Dağılım grafikleri (McBoyle, Scott, 2007) 75

Şekil 3.18. Konforsuzluk indeksi yöntem akış şeması 77
Şekil 3.19. Web arayüzü oluşumu şeması. 79
Şekil 4.1. Çalışmada izlenen veri işleme akış diyagramı 81
Şekil 4.2. 17060-İstanbul 1998-2014 gözlemlenen (O) ve tahmin edilen (D) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği (SSP2-4.5) 82
Şekil 4.3. 17060-İstanbul gözlemlenen (O) (1998-2019) ve tahmin edilen (D) (2015-2049) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği(SSP2-4.5) 82
Şekil 4.4.17130- Ankara 1998-2014 gözlemlenen (O) ve tahmin edilen (D) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği (SSP2-4.5) 82
Şekil 4.5. 17130-Ankara gözlemlenen (O) (1998-2019) ve tahmin edilen (D) (2015-2049) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği(SSP2-4.5) 82
Şekil 4.6. 17220- İzmir gözlemlenen (O) ve tahmin edilen (D) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği (SSP2-4.5) 82
Şekil 4.7. 17220- İzmir 1998-2014 gözlemlenen (O) (1998-2019) ve tahmin edilen (D) (2015-2049) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği(SSP2-4.5) 83
Şekil 4.8. 17351- Adana 1998-2014 gözlemlenen (O) ve tahmin edilen (D) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği (SSP2-4.5) 83
Şekil 4.9. 17351- Adana 1998-2014 gözlemlenen (O) (1998-2019) ve tahmin edilen (D) (2015-2049) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği(SSP2-4.5) 83
Şekil 4.10. Gözlemlenen(1998-2019), tahmin edilen (2015-2049) yanlılık düzeltmesi ilişkisi 83
Şekil 4.11. Uzun yıllar ortalama sıcaklıkların illere göre dağılımı 85
Şekil 4.12 Uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık değerleri dağılım haritası 86
Şekil 4.13. İklim değişikliği senaryolarına göre güncel ve gelecek ortalama sıcaklık farkları haritası (Ocak-Haziran) 89
Şekil 4.14. İklim değişikliği senaryolarına göre güncel gelecek ortalama sıcaklık farkları haritası (Temmuz-Aralık) 91
Şekil 4.15. Uzun yıllar ortalama sıcaklıkların illere göre dağılımı 92
Şekil 4.16. Uzun yıllar aylık ortalama bağıl nem değerleri dağılım haritası 93
Şekil 4.17. İklim değişikliği senaryolarına göre ortalama bağıl nem farkları haritası (Ocak-Haziran) 96
Şekil 4.18. İklim değişikliği senaryolarına göre ortalama bağıl nem farkları haritası (Temmuz-Aralık) 98
Şekil 4.19. Uzun yıllar ortalama rüzgâr hızının illere göre dağılımı 99
Şekil 4.20. . Uzun yıllar aylık ortalama rüzgâr hızı değerleri dağılım haritası 100
Şekil 4.21. İklim değişikliği senaryolarına göre ortalama rüzgar hızı farkları haritası (Ocak-Haziran) 102

Şekil 4.22. İklim değişikliği senaryolarına göre ortalama rüzgâr hızı farkları haritası (Temmuz-Aralık) 104
Şekil 4.23. Turizm iklim indeksi açısından aylara göre Rüzgâr Hızı oranlarının dağılımı 106
Şekil 4.24. Bulutluluk verisinin aylara göre dağılımı 108
Şekil 4.25. Uzun yıllar aylık toplam yağış miktarı dağılım haritası 110
Şekil 4.26. Turizm iklim indeksi açısından aylara göre yağış verisi oranlarının dağılımı 112
Şekil 4.27. Güneşlenme süresi verisinin aylara göre dağılımı 114
Şekil 4.28. Gündüz konforu verisinin aylara göre dağılımı 116
Şekil 4.29. Günlük konfor verisinin aylara göre dağılımı 118
Şekil 4.30. Biyoiklimsel konfor alanlarının aylara göre dağılımı 120
Şekil 4.31. Türkiye saat 14:00 ve günlük Biyoiklimsel Konfor alanlarının dağılımı 122
Şekil 4.32. Türkiye SSP2-4,5 senaryosuna göre biyoiklimsel konfor durumu 123
Şekil 4.33. Türkiye SSP2-4,5 senaryosuna göre biyoiklimsel konfor alanlarının güncel gelecek fark dağılımları 124
Şekil 4.34. Türkiye SSP5-8,5 senaryosuna göre biyoiklimsel konfor durumu 125
Şekil 4.35. Türkiye SSP5-8,5 senaryosuna göre biyoiklimsel konfor alanlarının güncel gelecek fark dağılımları 126
Şekil 4.36. Ocak ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası 139
Şekil 4.37. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik ocak ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası 141
Şekil 4.38. Şubat ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası 144
Şekil 4.39. . SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik şubat ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası 146
Şekil 4.40. Mart ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası 149
Şekil 4.41. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik Mart ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası 151
Şekil 4.42. Nisan ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası 154
Şekil 4.43. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik nisan ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası 156
Şekil 4.44. Mayıs ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası 159
Şekil 4.45. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik Mayıs ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası 161
Şekil 4.46. Haziran ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası 164
Şekil 4.47. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik Haziran ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası 166
Şekil 4.48. Temmuz ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası 169

Şekil 4.49. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik Temmuz ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası 171
Şekil 4.50. Ağustos ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası 174
Şekil 4.51. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik ağustos ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası 176
Şekil 4.52. Eylül ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası 179
Şekil 4.53. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik eylül ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası 181
Şekil 4.54. Ekim ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası 184
Şekil 4.55. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik ekim ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası 186
Şekil 4.56. Kasım ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası 189
Şekil 4.57. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik kasım ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası 191
Şekil 4.58. Aralık ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası 194
Şekil 4.59. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik Aralık ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası 196
Şekil 4.60. Turizm konfor kategorilerinin aylara göre dağılımı 198
Şekil 4.61. Aylık Turizm Konfor Kategorileri 199
Şekil 4.62. Mevsimlere göre turizm konfor alanları haritası 200
Şekil 4.63. Kuru termometre sıcaklığının aylara göre dağılımı 202
Şekil 4.64. Yaş termometre sıcaklığının aylara göre dağılımı 202
Şekil 4.65. Konforsuzluk indeksinin aylara göre alansal dağılımı 203
Şekil 4.66. Konforsuzluk indeksinin aylara göre alansal dağılım grafiği 203
Şekil 5.1. İstatistiksel ölçek küçültme uygulanmış verilerin dağılım grafiği 205
Şekil 5.2. Konforlu termal algılamaya sahip biyoiklimsel konfor alanları 206
Şekil 5.3. Ocak ve Temmuz ayları FES değerlerinin güncel-gelecek fark haritası 209
Şekil 5.4. FES ve DI indekslerine göre biyoiklimsel konfor durumunun korelasyon katsayıları 213
Şekil 5.5. Yükseklik gruplarına göre ortalama FES, DI ve TCI indekslerinin dağılımı 214

SİMGELER VE KISALTMALAR

BK : Biyoiklimsel Konfor
TCI : Turizm İklim İndeksi
DI : Konforsuzluk İndeksi
IPCC : HükümetlerarasıİklimDeğişikliği Panelleri
RH : Bağıl Nem
AH : Mutlak Nem
MRT : Ortalama Radyant Sıcaklık
CID : Gündüz Konfor İndeksi
CIA : Günlük Konfor İndeksi
R : Yağış İndisi
S : Güneş Işığı İndisi
W : Rüzgar İndisi
FES : Fizyolojik Eş Değer Sıcaklığı
UTCI : Evrensel Termal İklim İndeksi
SET : Standart Etkili Sıcaklık
PPD : Tahmini Memnuniyetsizlik Oranı
PMV : Tahmini Ortalama Seçim
ET : Etkili Sıcaklık
CET : Düzeltilmiş Etkili Sıcaklık
OP : Çalışma Sıcaklığı
WCT : Rüzgâr Soğuğu Sıcaklığı
HSI : Isı Stresi İndeksi
(O) : İnsan Vücudu Isı Dengesi
MENEX : İnsan- Çevre Değişimi
NOAA : Ulusal Okyanus Ve Atmosfer İdaresi
ISO : Uluslararası Standartlar Teşkilatı
WMO : Dünya Meteoroloji Örgütü
EASD : En Az Sıcak Dönem
ESD : En Sıcak Dönem
İDÇS : İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
UNEP : Birleşmiş Milletler Çevre Programı
°C : Santigrat Derece
TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu
TCMB : Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası

TURSAB : Türkiye Seyahat Acentaları Birliği

TMGM : Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü

USGS : United States Geological Survey

FES : Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık

AR6 : Assessment Report-6. Değerlendirme Raporu

SSP : Shared Socioeconomic Pathways-Ortak Sosyoekonomik Patikalar

RCPs : Temsili Konsantrasyon Patikaları -Representative Concentration Pathways

BC : Siyah Karbon

OC : Organik Karbon

SO2 : Sülfür Dioksit

NH3 : Amonyak

NOx : Azot Oksitler

VOC : Uçucu Organik Bileşikler

SF6 : Sülfür Hekzaflorür

PFC : Perflorokarbonlar

HFC : Hidroflorokarbonlar

SSP1 : Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu

SSP2 : Düşük Kalkınma Baskısı Senaryosu

SSP3 : Bölgesel Rekabet Senaryosu

SSP4 : Teknolojik Yenilik Senaryosu

SSP5 : Yüksek Fosil Yakıt Kullanımı Senaryosu

GCMs : Küresel Sirkülasyon Modelleri

HadGEM3 : Third Hadley Centre Global Environment Model İn The Global Coupled - Küresel Bağlantılı Modeldeki Üçüncü Hadley Center Küresel Çevre Modeli

MODIS : Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektroradyometresi

ANU : Avustralya Ulusal Üniversitesi

MOS : Model Output Statistics

RCM : Bölgesel İklim Modeli

MEMI : Munich Energy Model For Individuals Bireylere Yönelik Münih Enerji Modeli

CMIP6 : Coupled Model Intercomparison Project Birleşik Model Karşılaştırma Projesi

1. GİRİŞ

1.1. İklim Değişikliği

Yeryüzünde herhangi bir alanda uzun yıllar boyunca gözlemlenmiş sıcaklık, nem, güneşlenme süresi, rüzgâr hızı, yağış, bulutluluk gibi hava olaylarına bağlı etmenlerin ortalaması iklim olarak tanımlanmıştır. Yıllık ortalamaların yanı sıra iklim verileri aylık, günlük, saatlik gibi farklı zamansal çözünürlüklerde de elde edilebilir. İklimin hava durumundan farklı olarak bir yerin meteorolojik olaylarını uzun süreler içinde gözlemlemesi hem zamansal hem de bölgesel değişikliklerin izlenmesine olanak sağlamaktadır. İklimin bölgelere ve zaman aralığına göre farklılık göstermesi tüm canlıların yaşamsal döngülerini etkilemektedir.

İklim değişikliği, "iklimin ortalama durumunda ya da onun değişkenliğinde onlarca ya da daha uzun yıllar boyunca süren istatistiksel olarak anlamlı değişmeler" olarak tanımlanabilir (Türkeş, 2019).

İklim değişikliği dünya genelinde artan bir sorun haline gelirken, insanların sağlıklı ve konforlu yaşam alanlarına erişimleri de tehdit altındadır. Bu tehditlerden biri de biyoiklimsel konforu etkilemekte ve buna karşı önlemler alınması gerekmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin biyoiklimsel konfor durumunu etkileyen parametreler, özellikle sıcaklık, nem, rüzgar ve güneş radyasyonu gibi faktörler göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Ayrıca, iklim değişikliği senaryolarına göre bu faktörlerin nasıl değişebileceği de modellenerek, gelecekteki biyoiklimsel konfor durumunun tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Elde edilen sonuçlar, özellikle kentsel alanların sıcaklık, nem, rüzgar ve güneş ışınlarındaki değişimlere karşı hassasiyetini belirlemek ve sürdürülebilir kentsel planlama ile turizm planlamasına temel oluşturabilecek önlemler ortaya konmuştur. Bu çalışmanın sonuçları, kentsel planlama süreçlerine dahil edilerek, konforlu, sağlıklı ve sürdürülebilir yaşam alanlarının tasarımına katkı sağlamaktadır. Ayrıca, iklim değişikliği senaryolarının yönetim planlarına dahil edilmesinde karar vericilere yardımcı veriler sunmaktadır.

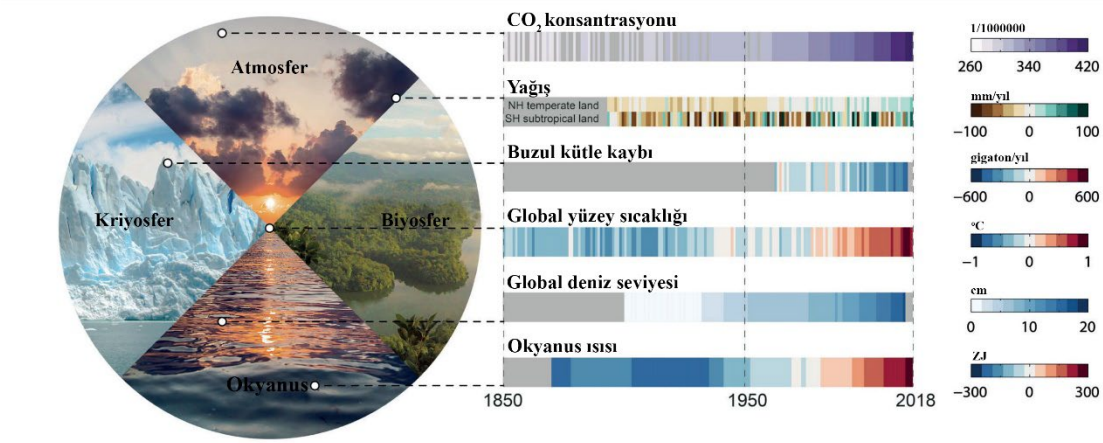
Uzun yıllar boyunca ortaya çıkan hava olaylarına dayanmasına rağmen iklim değişmez (sabit) değil aksine değişken bir yapıya sahiptir. Bunun yanı sıra iklimi oluşturan sıcaklık, yağış, basınç, rüzgâr gibi iklim elemanları üzerinde birçok mekanizmanın etkisi bulunmaktadır. Gelişimlerinde birçok değişkenin rolünün olması önceden tahmin edilmelerini, öngörülmelerini zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla bir yerin ikliminden bahsedilirken oldukça genel bir çerçeveden bahsedildiği unutulmamalıdır (Çalışkan, 2012).

İklim, geçmişten günümüze kadar insanın yerleşme, barınma, beslenme, sağlık gibi günlük yaşam döngüsünü oluşturan gereksinimlerini yönlendirmesinde etkili olmuştur. Günlük yaşam rutinini etkileyen iklim kavramı, insanlar tarafından yüzyıllar boyunca daha iyi kavranmaya çalışılmıştır. İnsan ile iklim arasında ilişki kuruldukça, insanların belirli şartlarda kendilerini fizyolojik ve ruhsal olarak daha sağlıklı ve dinç hissettikleri görülmüştür. Buna bağlı olarak

biyokiklimsel konfor kavramı, insanın en az miktarda enerji harcayarak çevresine uyum sağladığı koşullar olarak tanımlanmaktadır (Özyavuz, 2017).

İklimin değişkenliğine rağmen canlılar bulunduğu bölgedeki iklime uyum sağlayarak hayatlarını devam ettirmektedir. İklimin değişken yapısına uyumlu yaşam ise insanların iklim sistemi üzerindeki değişikliklere karşı adaptasyon sağlamalarını ve bu değişikliklere müdahil olmalarını içermektedir.

İklim sistemi, atmosfer (hava küre), hidrosfer (su küre), kriosfer (buz küre), yer yüzeyi ve biyosfer olmak üzere beş temel bileşenden ve bu bileşenler arasındaki etkileşimlerden oluşan son derece karmaşık bir sistemdir. İklim sistemi, hem kendi iç dinamiklerinin etkisi altında hem de volkanik patlamalar, güneş değişimleri, yörüngesel zorlamalar gibi dış zorlamalar ve atmosferin değişen bileşimiyle beraber arazi kullanım değişikliği gibi insan kaynaklı etkiler nedeniyle zaman içinde değişir. 1850'den ya da gözlemsel veya değerlendirilmiş kayıtların başlangıcından 2018'e kadar devam eden değişikliklerin altı temel göstergesi olan CO_2 konsantrasyonu, yağış, buzul kütle kaybı, küresel yüzey sıcaklığı, deniz seviyesi değişimi ve okyanus ısı içeriğinin zamansal dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir. Her şerit küresel (iki enlem bandı ortalamasını gösteren yağış hariç), tek bir yıl için yıllık ortalama anomaliyi, çok yıllı bir temel çizgiye göre gösterir (mutlak değerler olan CO2 konsantrasyonu ve buzul kütle kaybı hariç). Gri, verilerin mevcut olmadığını gösterir (Şekil 1.1), (IPCC, 2021).



Şekil 1.1. İklim sistemi ve değişimlerinin zamansal çizelgesi (IPCC, 2021'den çevrilmiştir)

Sanayi Devrimi ile birlikte insanlar tarafından üretilen karbondioksit (CO2) gibi sera gazlarının atmosfere salınması, atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarını artırmasının sonucu olarak doğal iklimin dengelerini bozmuştur. İnsanlar tarafından atmosfere salınan bu sera gazları, güneş ışığını atmosferden yansıtmak yerine, atmosferde tutarak dünya sıcaklığının artmasına neden olur. İnsanların atmosfere saldıkları sera gazlarının artması, son yüzyılın en sıcak yüzyılı olmasına neden olmuş ve iklim değişikliği halen devam etmektedir.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 6. Değerlendirme Raporu‘na göre iklim değişikliği, atmosferdeki gazların ve su buharının dengelerinde ve dünya sıcaklıklarındaki uzun dönemli değişikliklere verilen isimdir. İnsan faaliyetleri nedeniyle meydana gelen sıcaklık artışı, 1850 yılından bu yana yaklaşık 1°C'dir (IPCC, 2021). NASA'nın Global Climate Change verilerine göre, 2014 yılındaki sıcaklık artışı, 20. yüzyılın ortalamasına göre 0.8°C ile son 50 yılın en sıcak yılı, , olmuştur. Deniz seviyeleri ise yaklaşık 20 cm yükselmiştir (NASA, 2023). Bu veriler, iklim değişikliğinin son 50-100 yılda giderek artan bir etkisi olduğunu göstermektedir ve insan faaliyetlerinin bu değişimin temel nedeni olduğunu görülmektedir.

Türkiye geneli yıllık ortalama sıcaklıkları 10 yıllık dönemler halinde incelendiğinde 1971‘den günümüze artma eğilimi dikkat çekmektedir. 1971-2017 dönemi yıllık ortalama sıcaklıklar içerisinde en sıcak 10 yılın 7 tanesi (2001, 2009, 2010, 2014, 2015, 2016, 2017) 2000 yılı ve sonrasında gerçekleşmiştir (Gürkan ve ark., 2018). Türkiye‘de iklimde meydana gelecek değişiklikler için yapılan çalışmalarda sıcaklıklarda artış, yağışlarda ise azalmalar öngörülmektedir (Akçakaya ve ark., 2015). Fakat bu durum ülke genelinde farklılıklar gösterebilmektedir. Sıcaklık artışları en yüksek Akdeniz, en düşük Karadeniz Bölgesi‘nde öngörülmektedir (Bahadır, 2011b). Yağışta ise Akdeniz Bölgesi ve iç kesimlerde şiddetli azalmalar olacağı hatta kuraklığın artacağı ifade edilmektedir (Bahadır, 2011a; Bahadır, 2011c). Karadeniz Bölgesinde ise diğer bölgelerin aksine yağışta artışlar öngörülmektedir (Bahadır ve Özdemir, 2011). Nispi nemde 2016-2040 yılları arasında % 0,1 ile % 0,8 arasında artışlar olacağı, 2071 - 2099 yılları arasında ise % -7,0 ile % -8,0 arasında azalış öngörülmektedir (Eskioğlu ve ark., 2017)

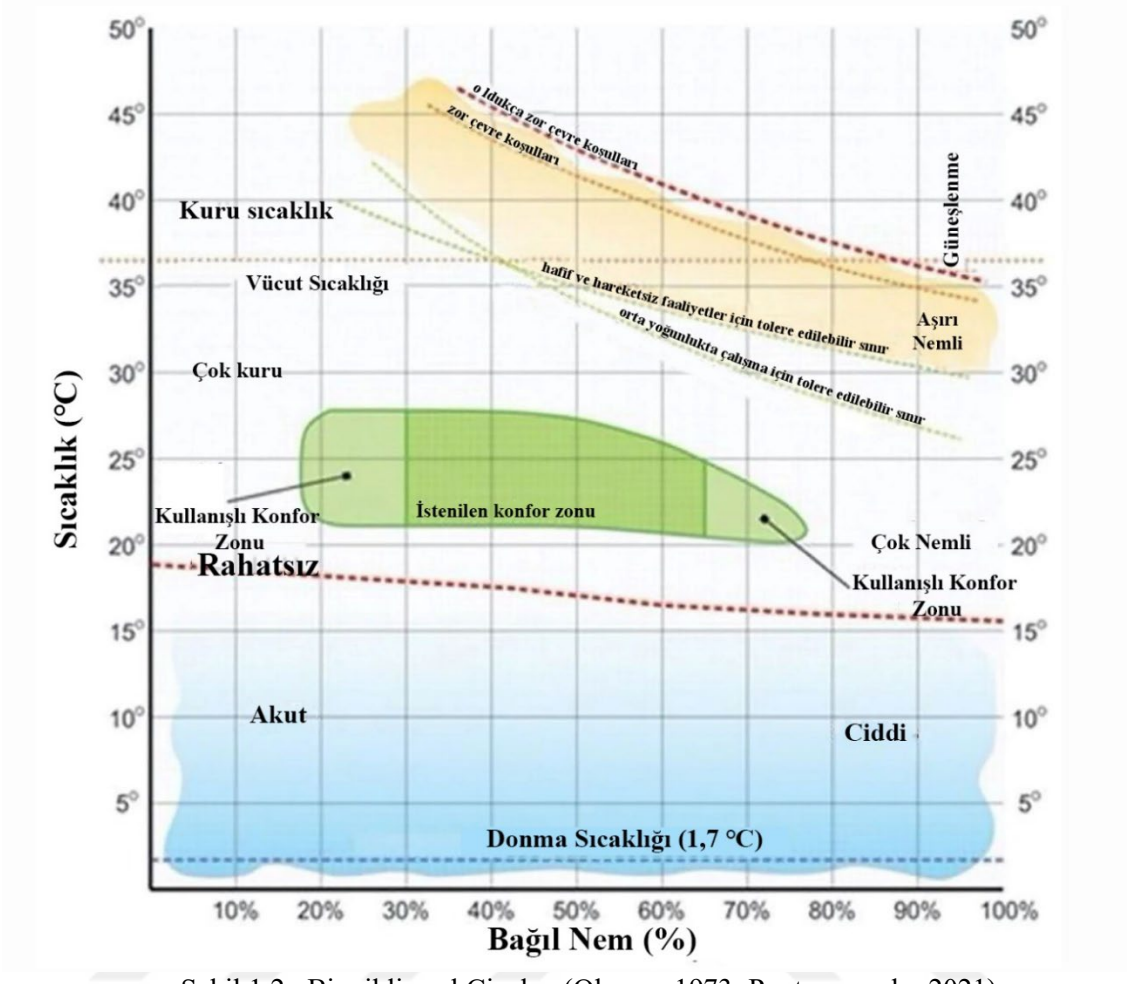
İklim değişikliği, insanlar için biyoiklimsel konforun sağlanmasını zorlaştıran bir olgudur. Sıcaklık ortalamasındaki artış, insanların rahat ve verimli yaşamını tehlikeye atabilir. Bitkilerin yetişme dönemi, hayvanların yaşama alanları ve deniz seviyelerinin yükselmesi gibi birçok faktör, insanların yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Biyoiklimsel koşullar, insanların fiziksel ve psikolojik olarak rahat ve verimli bir yaşam sürdükleri ortamı tanımlar. İnsanlar, sıcaklık, nem, rüzgâr ve güneş ışığı gibi biyoiklimsel faktörlerin uygun bir dengesi altında yaşamak isterler. Ancak, iklim değişikliği gibi uç hava olayları, bu dengenin bozulmasına neden olabilir ve insanlar için biyoiklimsel konforun sağlanması zorlaşabilir.

1.2. Biyoiklimsel Konfor

Yeryüzündeki canlılar bulundukları ortam ve birbirleri ile ısı alışverişi yapmaktadır. İnsan bedeni ise beslenme yolu ile elde ettiği besinleri oksijen ile yakarak gerekli olan enerjiyi üretmektedir. Üretilen bu enerjiyi birey, günlük hayatını devam ettirebilmesi için gerekli olan aktiviteleri yerine getirmekte kullanmaktadır. Bunun yanında birey, günlük aktivitelerini gerçekleştirme esnasında bir miktar enerjiyi de bulunduğu ortam ile etkileşimli olarak transfer etmektedir (Kaynaklı ve Yiğit, 2003; Öngel ve Mergen, 2009). Bireylerin kilo, boy, cinsiyet vb. kişisel özellikleri ile bulunduğu ortamın özellikleri, gerçekleşecek olan ısı transferi üzerinde

oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin, bireyin vücut ısısı, bulunduğu ortamın sıcaklığından fazla ise birey çevreye ısı transfer edecektir. İnsan bedeninin bulunduğu ortam ile enerji alışverişi yaparak ısı dengesini sağlayabilmesi için belirli miktarda enerji harcaması gerekmektedir. Ancak bireyin ısı dengesini sağlamış olması konforlu olduğu anlamına gelmemektedir. İnsanın iklim konforu açısından optimum enerji sarf ederek bulunduğu ortama uyum sağlaması biyoiklimsel konfor olarak adlandırılmaktadır (Olgyay, 1973; Çetin vd., 2010; Güngör ve Polat, 2012). Başka bir ifade ile insan vücudunun ortam şartlarına en az enerji sarf ederek uyum sağlayabildiği iklim koşullarının aynı ortamda bir arada bulunması olarak tanımlanabilmektedir (Altunkasa, 1987; Çınar, 2004). Bir ortamdaki biyoiklimsel konfor durumunun incelenebilmesi için öncelikle iklim değişkenlerinin ölçümlerinin yapılması gerekmektedir. Söz konusu iklim değişkenleri sıcaklık, bağıl nem, yağış, rüzgâr, güneşlenme süresidir. Bu iklim değişkenlerine ek olarak bulutluluk oranı, yağış şekli, güneşli gün sayısı ve rüzgârın esiş yönü gibi birçok değişken yapılacak olan çalışmanın detayına ve ölçeğine göre eklenebilmektedir (Topay ve Yılmaz, 2004; Kestane ve Ülgen, 2013).

Günümüze değin yapılan araştırmalarda insan için bir ortamın konforlu olarak kabul edilebilmesi için iklim değişkenlerinin alt ve üst limitleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu limitler dahilinde açık mekanlarda sıcaklık değerlerinin 21,0°C ile 27,5°C arasında, bağıl nem değerlerinin %30 ile %65 arasında, rüzgârın ise 5m/s'den daha az olması gerekmektedir (Çetin ve ark., 2010; Olgyay, 1973). Geçmişten günümüze bir ortamın konfor özelliklerinin incelenmesinde birçok teknik kullanılmıştır. Bu teknikler arasında ilk olması ve sıkça kullanılması nedeniyle Olgyay (1973)'ün "Biyoiklimsel Konfor Çizelgesi" önem taşımaktadır. Biyoiklimsel Konfor Çizelgesi kullanılarak bir ortamın biyoiklimsel konfor özellikleri incelenebilmektedir (Şekil 1.2).



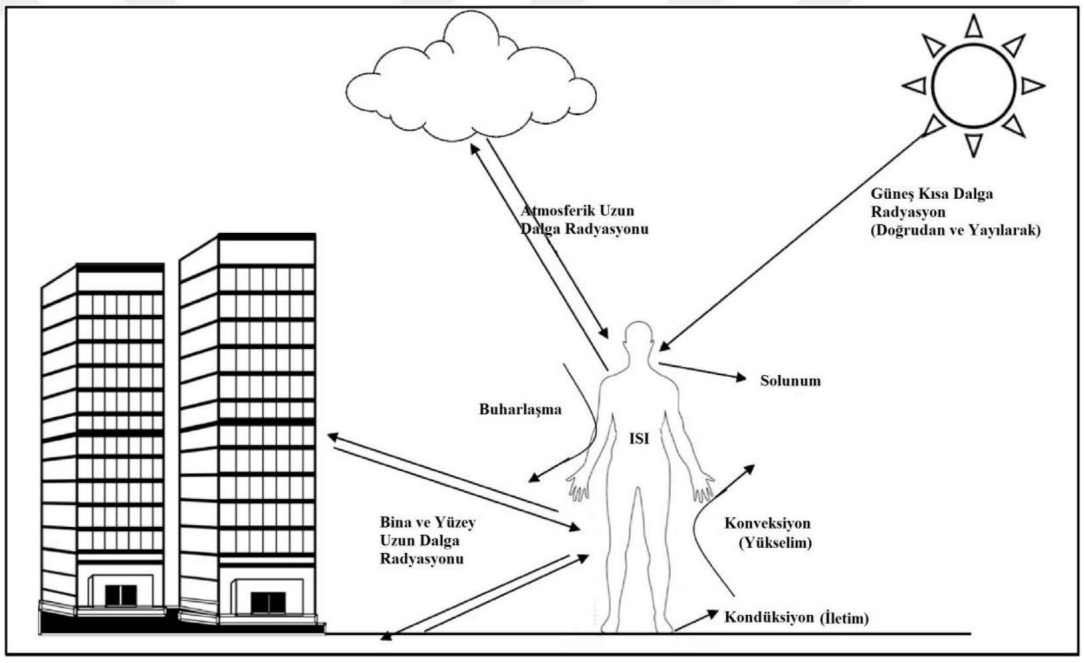
Şekil 1.2. Biyoiklimsel Çizelge (Olgyay, 1973; Pontes ve ark., 2021)

Biyoiklimsel çizelgede iklim değerleri bilinen bölgenin "Hissedilen Sıcaklık" değeri elde edilerek biyoiklimsel konfor durumu değerlendirilmektedir. Hissedilen sıcaklık, bağıl nem-sıcaklık değerlerinin birlikteliğinden meydana gelmekte olup orta yaştaki bireyler üzerinde yapılan açık ve kapalı ortamlardaki iklim koşullarına verdikleri tepkilerden yola çıkarak oluşturulmuştur. Ancak elde edilen bu değerler zaman, mekân ve bireylerin kişisel özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Elde edilen hissedilen sıcaklık değerlerine göre bir ölçek oluşturulmuştur (Koçman, 1991; Çınar, 2004; Çetin ve ark., 2010).

Biyoiklimsel konfor şartlarını belirlemek için yapılan indekslerde bu iki ana faktör dikkate alınmalıdır. Fakat indekslerde her insana ayrı bir sınıflandırma yapmak olanaksızdır. Bundan dolayı kişisel faktörlerin etkisi standart bir bireyin (sağlıklı, ortalama boy - kiloda, normal giyinmiş ve hafif iş yapan) özellikleri baz alınarak belirlenmektedir (Auliciems ve Szokolay, 2007).

Biyoklimatolojik koşulların temelini oluşturan kavramlardan biri ısıl konfordur (termal konfor). Isıl konfor insanın çevresindeki ortamdan memnuniyetini ifade etmektedir. Bu tip ortamlarda insan metabolizması tarafından üretilen ısının dağılması için uygun koşullar bulunmaktadır, dolayısıyla insan ile onu çevreleyen ortam arasında ısıl denge sağlanmış demektir (ISO, 2002; ISO, 2005; ASHREA, 2004).

İnsanlar çevresindeki ortam ile ısı değişimini dört farklı şekilde gerçekleştirmektedirler. Bunlar radyasyon (ışınım), kondüksiyon (iletim), konveksiyon (taşınım) ve buharlaşma (evaporasyon, terleme) olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 1.3'te insan vücudu ile dış ortam arasındaki ısı değişiminin çeşitli şekilleri gösterilmektedir. Vücuttan dış yüzeye oluşan ışınımla ısı geçişi vücut sıcaklığına bağlı olarak değişir. Eğer vücut yüzeyi çevredeki yüzeylerden daha sıcaksa o zaman vücuttan kaybedilen net ısı yüzeyler arasındaki sıcaklık farklılıklarına bağlı olarak değişir (Widmaier ve ark., 2006). Vücuttan kondüksiyonla ısı geçişi, vücudun daha soğuk ya da daha sıcak bir cisimle direkt temas etmesi durumunda oluşan ısı kazancı ya da kaybıdır, konveksiyon ise havanın ya da suyun vücuda yakın alanda hareket etmesiyle ortaya çıkan ısı geçiş şeklidir (Widmaier ve ark., 2006; Çelik ve Bayazıt, 2008). Vücuttaki diğer bir ısı geçiş mekanizması terlemedir. Isı kaybının yaklaşık olarak %90'ı deri yüzeyinden kaybolur (Tunç ve ark., 2004). Vücudun ısıya maruz kaldığı anlarda, ısı düzenleyici (termoregülatör) sistem vücuda ısı geçişini en aza indirecek şekilde cevap verir. Doku sıcaklıkları optimal kimyasal reaksiyonların meydana gelmesi için biyolojik olarak güvenli seviyelerde tutulur. Termoregülatif sistem bu seviyeleri deriye olan kondüksiyon ve konveksiyon oranlarını değiştirerek ayarlar (Tunç ve ark., 2004).



Şekil 1.3. İnsan vücudunun çevreden ısı alışverişi (Lai ve ark., 2017'den değiştirilerek Çağlak, 2021)

İnsanlar, çevrelerindeki ortamın ısısındaki değişimlere karşı vücutlarının ısısını dengeler ve bu süreçte, termal konfor faktörleri önemli rol oynar. Bunlar arasında ortamın ısısı, nem oranı, hava hızı, rüzgâr etkisi, görsel ve aydınlatma koşulları, insanların davranışları ve giysileri yer alır. Bu faktörler insanların termal konforlarını doğrudan etkiler ve vücutlarının ısısını dengelerken, insanların rahatlık düzeyini belirler. Ortamın ısısı, insanların vücut ısısını dengelerken en önemli

faktörlerden biridir. Vücut ısısı, ortamın ısısındaki değişimlere karşı ayarlanmalıdır. Vücut ısısının dengesi bozulursa insanlar termal olarak rahatsız olabilirler. Nem oranı da termal konfor için önemli bir faktördür. İdeal nem oranı, vücudun su buharı kaybını dengelemek için gereklidir. Çok nemli ortamlarda insanlar terleme sırasında su buharını vücuttan uzaklaştıramazlar ve bu da termal rahatsızlık yaratabilir. Hava hızı da termal konfor için önemli bir faktördür. Hava hızı, insanların termal deneyimlerini etkileyebilir. Düşük hava hızı, insanların ısı kaybını azaltmasına yardımcı olabilir ancak yüksek hava hızı insanları soğutabilir ve termal rahatsızlık yaratabilir. Rüzgâr etkisi de termal konfor için önemli bir faktördür. Rüzgâr, insanları soğutabilir veya ısıtabilir ve bu da termal rahatsızlık yaratabilir. Görsel ve aydınlatma koşulları da termal konfor için önemli faktörlerdir. Görsel olarak rahatsız edici veya aydınlık bir ortam insanların termal deneyimlerini etkileyebilir. İnsanların davranışları ve giysileri de termal konfor için önemli faktörlerdir.

Gündelik yaşamında dinlenen ya da iş yapan bireylerin yaptıkları işte performans göstermeleri ya da verimli zaman geçirmeleri insan psikolojisi üzerinde doğrudan etkili olan biyoiklimsel konfor şartlarına bağlıdır. Psikolojik açıdan kendisini rahat hisseden bireylerin yaptıkları aktivitelere odaklanarak daha verimli işler yapmaları kolaylaşmaktayken, termal konfor koşulları nedeniyle psikolojik baskı altında olan insanların yaptıkları işlerde verimli olmaları zorlaşabilmektedir (Fanger, 1970). Biyoiklimsel konforun insan aktiviteleri üzerindeki etkileri Sanayi devrimi ile birlikte çalışılmaya başlanmıştır. Sanayi devrimi ile birlikte ihtiyaç duyulan iş gücünün yetersiz ve var olan iş gücünün verimsiz olması, çalışma ortamları üzerinde araştırma başlatılmasını sağlamıştır. Yapılan araştırmalar neticesinde, çalışma ortamlarında, çalışanların verimliliğini etkileyen en önemli faktörün hava koşulları olduğu görülmüştür. Bu çalışmaların öncüsü ise İngiltere'de bulunan bir maden işletmesinde çalışan işçilerin sıcaklık stresini incelemek amacıyla yapılan araştırmadır (Haldane, 1905; Toy, 2010). Biyoiklimsel konforun gündelik yaşam üzerinde etkileri olmakla birlikte insanların sağlığı üzerinde de büyük etkileri bulunmaktadır. Liu ve ark. (2008) tarafından Çin'in Şanghay kentinde yapılan bir araştırmada insanların kalp atışları ile biyoiklimsel konfor koşulları arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu görülmüştür. Çalışmada termal konfor şartlarının kötüleşmesi, kalp atışlarının hızlanmasına neden olurken biyoiklimsel açıdan konforlu bir ortamın oluşması, nabzın normal seviyeye düşmesini sağlayacaktır. Avrupa'da 8 farklı ülkede yapılan çalışmada biyoiklimsel konfor şartlarının iyi olmadığı ortamlarda bulunan insanlarda üst solunum yolu rahatsızlıkları, migren, ülser ve hipertansiyon gibi birçok rahatsızlıkların bulunduğu görülmüştür (Ezratty ve ark., 2006).

Vücuttan ısı yayılımını etkileyen değişkenler (dolayısıyla termal konfor) çevresel (hava sıcaklığı, hava hareketi, nem ve radyasyon), kişisel (metabolik hız (aktivite) ve giysi) ve dolaylı faktörler (yeme-içme, iklimlendirme, vücut şekli, deri altı yağı, yaş ve cinsiyet, sağlık durumu) olmak üzere üç şekilde gruplandırılabilir. Hava sıcaklığı, kuru termometre sıcaklığı (DBT) ile ölçülen en önemli çevresel faktördür. Bu, herhangi bir hava hareketi ile birlikte konvektif ısı dağılımını belirleyecektir. Hava hareketinin varlığında vücudun (veya giysinin) yüzey direnci çok

azalır. Hava hareketi hızıyla (m/s cinsinden) ölçülür ve aynı zamanda ciltteki nemin buharlaşmasını, dolayısıyla buharlaşmalı soğutma etkisini de etkiler. Havanın nemi de buharlaşma oranını etkiler. Bu, bağıl nem (RH, %), mutlak nem veya nem içeriği (AH, g/kg) veya buhar basıncı (p, kPa cinsinden) ile ifade edilebilir. Radyasyon değişimi, ortalama radyant sıcaklık (MRT) olarak adlandırılan çevredeki yüzeylerin ortalama sıcaklığına (her bir yüzeyin maruz kaldığı katı açı ile ağırlıklandırılmış) veya güneşten gelen güçlü tek yönlü radyasyonun varlığına bağlı olacaktır. Ortalama radyant sıcaklık doğrudan ölçülemez, ancak küre sıcaklık ölçümleri ile yaklaştırılabilir (Auliciems ve Szokolay, 2007). Biyoiklimsel konfor koşullarını etkileyen çevresel faktörler ve bunların etkileri: Hava sıcaklığı; biyoiklimsel konfor şartlarını etkileyen en önemli iklim elemanı ve çevresel faktördür. İnsan ile çevresi arasında sıcaklık alışverişi vardır. Sıcaklık fiziksel olarak yüksek olduğu noktadan düşük olduğu noktaya doğru hareket eder. Vücut sıcaklığı ortam sıcaklığından yüksek ise çevreye ısı verir, vücut sıcaklığı ortam sıcaklığından düşük ise çevreden ısı alır. İnsan vücudu ile çevre arasındaki çift yönlü ısı alışverişi üç şekilde meydana gelir. Havanın hareketinden oluşan konveksiyon, nesnelere temas edilerek oluşan kondüksiyon ve ışımaya bağlı olarak oluşan radyasyon ile gerçekleşir (Toy, 2010). Üç farklı şekilde meydana gelen ısı transferi vücut sıcaklığı dengelenene kadar devam eder. Dengelenmiş vücut sıcaklığı insanın biyoiklimsel konfor koşullarını (konforlu, sıcak stresi ve soğuk stresi vb.) ifade eder. Bu durum insan termal konforunu etkileyen en önemli çevresel faktörlerin başında hava sıcaklığının olduğunu göstermektedir.

Nispi nem (Bağıl nem); bir hava kütlesinin içinde bulunan su buharını ifade etmektedir. Belirli bir sıcaklıktaki havanın içerisinde bulunan mutlak nemin, havanın alabileceği en fazla nem miktarını ifade eden maksimum neme oranına nispi nem denir (Erol, 2008; Atalay, 2010; Türkeş, 2017). Nisbi nem oran olarak belirtildiği için % cinsinden ifade edilir. Sıcaklıkla ters orantılıdır. Nemli ortamlarda terleme yavaş gerçekleştiği için insan vücudundan buharlaşmayla gerçekleşecek ısı kaybı zorlaşmaktadır. Hava sıcaklığının yanı sıra nemliliğin fazla olması bunaltıcılığı arttırmaktadır. Bu durum ise insan vücudunun konforsuzluğunun şiddetini artırmaktadır. Biyoiklimsel konfor Şartlarının belirlenmesinde nispi nem değerleri önemli bir çevresel faktördür (Toy, 2010).

Rüzgâr; yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru gerçekleşen yatay hava akımına rüzgâr denir. Rüzgâr; esiş sıklığı, hızı ve yönü belirlenen bir iklim elemanıdır (Erol, 2008). Rüzgâr canlı ve cansız çevre üzerinde etkilidir. Rüzgâr estiği tarihe ve geldiği yöne göre insan vücudu üzerinde serinletici, üşütücü ve ısıtıcı etki yapar. Rüzgâr, insan vücudundaki terin hızlı buharlaşmasını ve konveksiyonla ısı kaybını artırmaktadır. Ayrıca vücuda temas ederek elbisenin sarmalayıcı etkisini azaltmaktadır (Toy, 2010). Ülkemizin mutlak konumundan dolayı (kuzey yarım kürede olması) kuzeyden esen rüzgârlar sıcaklığı azaltıcı, güneyden esen rüzgârlar sıcaklığı artırıcı etki yapar. Bu rüzgârların yanı sıra bunaltıcı sıcaklıkların yaşandığı yaz aylarında insan vücudunu serinleten en önemli rüzgâr meltem rüzgârlarıdır. Denize kıyısı olan yerleşimlerde

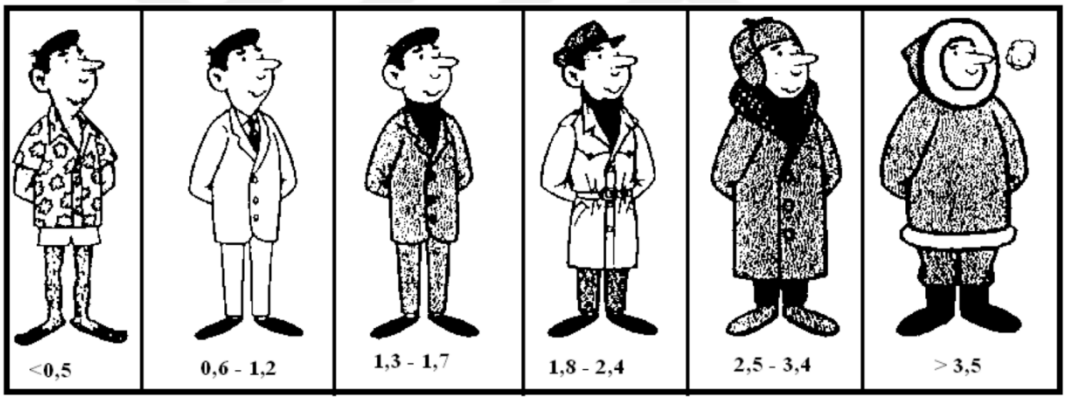
gündüz vakti denizden karaya doğru esmekte, kara içlerinde ise gündüzleri dağdan ovaya doğru esmektedir. Bunaltıcı sıcaklıkların yaşandığı yaz mevsiminde insanları rahatlatan serinletici etki yapmaktadır (Erol, 2008). Özetle soğuk rüzgârlar, yaz sıcaklarında insanları serinleterek insan konforunu artırıcı, kış mevsiminde ise üşütücü etki yaparak insan konforunu azaltıcı etki yapmaktadır. Sıcak karakterli rüzgârlar ise yaz mevsiminde konforsuzluğa yol açarken, kış mevsiminde ısıtıcı etki yaparak konforlu koşullar sağlayan önemli iklim elemanıdır. Bundan dolayı biyoiklimsel konfor şartlarının belirlenmesinde rüzgâr hesaba katılması gereken çevresel faktördür.

Ortalama radyan sıcaklık (Mean Radiant Temperature); bir ortamda bulunan yüzeylerin verdikleri ısıyı ve ışığı insana düzenli bir şekilde yansımasını ifade eder. Bu yansıma insan bedeninin hissettiği sıcaklık veya ısı konforunun belirlenmesinde kullanılır. Bir yüzeyin ortalama radyan sıcaklık değeri, o yüzeyin sıcaklığı, yüzey alanı, yansıma özelliği ve insana olan mesafesi gibi faktörlere göre hesaplanır. Ortalama radyasyon sıcaklığı biyoiklimsel konfor modellerinde hesaplanırken modele girilen istasyonun konumunu esas almaktadır. Fakat ortalama radyasyon arazi örtüsüne göre kısa mesafelerde değişiklik göstermektedir. Bundan dolayı biyoiklimsel konfor koşullarının mekânsal dağılımı oluşturulurken arazi örtüsü bir değişken olarak ele alınmalıdır. Bulutluluk Havadaki su buharının dikey hava hareketlerine bağlı adyabatik soğumaların etkisiyle yerden yüksekte oluşan yoğuşmaların sonucu gözle görünür hale gelmesine bulut veya bulut örtüsü denir (Erol, 2008; Türkeş, 2017). Bulut örtüsünün kalın ve sık olmasına bağlı olarak güneş ışınlarının yere ulaşmasına engel olur (Erol, 2008). Bulutun kalınlığına göre % 25 ile 80 arasında albedoya sahiptir.

Biyoiklimsel koşullar bulunulan ortamdaki çevresel faktörlere karşı kişinin nasıl hissettiğidir. Kişinin bu hissi ise çevresel faktörlerin yanı sıra kişisel özelliklerine (sağlıklı- hasta, yaşlı - genç, kadın - erkek, kilolu - zayıf vb.) bağlıdır. Kişisel özelliklerin bir hayli fazla olması ve subjektif olmasından dolayı biyoiklimsel konfor hesaplamalarında standart bireyin özellikleri esas alınmaktadır (Auliciems ve Szokolay, 2007). İnsan vücudu besinlerle aldığı enerjiyi ve solunumla aldığı oksijeni kullanarak ısı üretir. Vücudun ürettiği bu ısıya metabolik ısı denir. İnsan vücudu iç sıcaklığını 37±0.5 ˚C‘de tutmak zorunda olduğu için devamlı ısı üretmektedir (Öngel ve Mergen, 2009). Fakat bu ısı üretimi çevresel koşullara bağlı olarak değişmektedir. Çevrenin ısısı yüksekse ve vücuda doğru transfer oluyorsa vücut ısı üretimi yavaşlamakta, çevrenin ısısı düşükse ve ısı kaybı fazla oluyorsa metabolizmada ısı üretimi artar. Dengede olduğu durumlar ise konforlu olarak kabul edilir (Kaynaklı ve Yiğit, 2003). Vücut şekli ve deri altı yağı da biyoiklimsel konforu etkileyen önemli fiziksel faktörlerdir. Isı üretimi vücut kütlesi ile orantılıdır, ancak ısı dağılımı vücut kütlesine bağlıdır. Zayıf bir kişinin yüzey/hacim oranı daha yuvarlak vücut şekline sahip birinden daha yüksek olacaktır, bu nedenle çevre ile daha fazla ısı alışverişi olacaktır. Daha yuvarlak formunda bir insan kısmen daha düşük yüzey-hacim oranı nedeniyle ve aynı zamanda deri altı yağının iyi bir yalıtkan olması nedeniyle daha düşük bir sıcaklığı tercih edecektir.

Metabolizmanın ürettiği ısı yaptığı aktiviteye bağlı olarak değişmektedir. Diğer bir deyişle insan yapmış olduğu fiziksel iş için enerjiye ihtiyaç duymaktadır ve bu enerji ise kaslar tarafından üretilmektedir. Bu durum insan metabolik ısısını etkilemekte ve vücut ile çevre arasındaki ısı alışverişini belirlemektedir. Bundan dolayı biyoiklimsel konfor şartlarının hesaplanmasında yapılan aktiviteyi dikkate almak gerekmektedir (Toy, 2010; Çalışkan, 2012).

Giysi, ısı dağılımını etkileyen baskın faktörlerden biridir. Termal konfor çalışmalarının amaçları doğrultusunda, giysi ısısı olarak adlandırılan bir birim olan "clo" geliştirilmiştir. Bu, bir izolatörün tüm gövdesi üzerinde bir yalıtım örtüsüne karşılık gelir, geçirgenliği (U-değeri) 6,45 W/m²K'dir (yani 0,155 m²K/W'lık bir direnç) (Şekil 1.4) (Auliciems ve Szokolay, 2007). Giysi özelliği de insanların biyoiklimsel konfor düzeylerini direk olarak etkiler. Giysinin ısı izolasyon özelliği, insanların vücut sıcaklığını koruyarak soğuk veya sıcak hava koşullarında konfor düzeylerini arttırır. Giysinin nem tutma özelliği, vücut su buharını emerek terleme sonucu oluşan rahatsızlığı azaltır. Giysinin renk ve doku özelliği, insanların sıcaklık algısını ve güneş ışığı etkilerini değiştirebilir. Biyoiklimsel konfora uygun giysi seçimi, insanların konfor düzeylerini artırmak için oldukça önemlidir.



Şekil 1.4. Giysi özelliğine göre clo değerleri (Auliciems ve Szokolay, 2007)

Yaş ve cinsiyet, insanların biyoiklimsel konfor düzeylerine etki eden faktörlerdir. Genç veya yaşlı, erkek veya kadın olsun, insanların vücutlarının iklim faktörlerine farklı şekillerde tepki vermesi, konforlarını etkiler. Genel olarak, yaşın arttıkça insanların termal rahatlık düzeyleri de düşebilir. Çünkü yaşın artmasıyla insanların vücut ısısı düzenleme mekanizmaları zayıflar ve daha fazla ısı kaybederler. Ayrıca, kadınların erkeklerden daha düşük metabolik hızları vardır ve bu da daha az ısı üretmelerine neden olabilir. Yaş ve cinsiyetin biyoiklimsel konfora etkisi, insanların bedensel özellikleri ve fizyolojik ihtiyaçları gibi faktörlere de bağlıdır. Mesela, çocuklar daha fazla ısı kaybedebilir ve daha fazla terleme yapabilirler çünkü vücutları daha az deneyimli ve daha az uygun şekilde ısı düzenleme mekanizmalarına sahiptirler. Kadınlar, hamilelik dönemi gibi hormonal dönemlerde daha fazla terleme yapabilirler çünkü hormonal değişiklikler nedeniyle metabolik hızları değişebilir.

Nüfus içerisinde hassas grup olarak nitelendiren 65 yaş üstü ve 0 – 14 yaş aralığındaki insanların vücut ısı dengeleri yetişkinlere kıyasla daha hassastır. Bu durum çocuk ve yaşlıların daha dar termal konfor aralıklarına sahip olmalarına neden olmaktadır. Sıcak veya soğuk hava dalgalarından daha fazla etkilenmektedirler. Cinsiyet farklılıklarına bağlı vücudun kas ve yağ oranın değişiklik göstermektedir. Kadın vücudu erkek vücuduna kıyasen daha fazla yağ içerir. Termal iletkenlikte kas kütlesi yağ kütlesine oranla daha hızlı ısı transferi gerçekleştirmektedir. Yine kadınların bir derece daha fazla sıcağı tercih ettiği yapılan çalışmalarda görülmüştür (Auliciems ve Szokolay, 2007; Toy, 2010)

1.3. Turizm İklim İndeksi

İnsan hayatının temel özellikleri üzerinde doğrudan ve dolaylı olarak etkili olan iklim aynı zamanda insanların turizm ve rekreasyonel faaliyetlerinin gerçekleşmesinde de etkili olmaktadır. İklim, turizm rekreasyonu ve biyoiklimsel konfor arasındaki ilişki, turizm ve rekreasyon alanlarındaki konaklama ve aktivitelerin insanlar tarafından nasıl hissedildiğini belirler. İklim faktörleri, turizm ve rekreasyon sezonlarını, mekanların kullanılabilirliğini ve insanların günlük aktivitelerini etkiler. Biyoiklimsel konfor, insanların fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik olarak tasarlandığı ve inşa edildiği ortamlarda insanların rahatlık ve memnuniyet düzeylerinin belirlenmesine yardımcı olur. İklim, turizm ve biyoiklimsel konfor arasındaki bu etkileşim, turizm ve rekreasyon sektörünün planlaması, tasarımı ve yönetimi için önemlidir. Turizm sektörü, dünya ekonomisi içinde önemli bir yere sahip bir sektördür ve turizm faaliyetleri iklim değişikliği etkilerine maruz kalmaktadır. İklim indeksi, turizm sektörünün bu etkilerini ölçmek ve turistlerin tercih ettiği destinasyondaki iklim koşullarını takip etmek için kullanılan bir araçtır.

İklim indeksi, turizm destinasyondaki iklimsel faktörleri (sıcaklık, nem oranı, rüzgar hızı vb.) ve turistlerin tercih ettiği aktiviteleri (plaj, orman yürüyüşü, kayak gibi) göz önünde bulundurularak hesaplanır. Bu indeks, turizm sektörünün iklim değişikliğinin olası etkilerini öngörebilmesine yardımcı olur ve bu etkileri minimize etmek için gerekli önlemlerin alınmasına yardımcı olabilir (UNWTO, 2008). Turizm iklim indeksi (TCI) ilk olarak Mieczkowski (1985) tarafından ortalama bir turist için turizm deneyiminin kalitesiyle en çok ilgili olan iklim unsurlarını sistematik olarak değerlendirilecek bileşik bir ölçü olarak kavramsallaştırılmıştır (Scott ve McBoyle, 2001). TCI genel bir formüle dayanmakla birlikte temel olarak bir istasyona ait ihtiyaç duyduğu parametreler: Toplam yağış, ortalama rüzgâr hızı, toplam güneşlenme süresi, aylık maksimum ve ortalama sıcaklık, minimum ve ortalama bağıl nem (Mieczkowski, 1985). Söz konusu indeks TCI=8CID+2CIA+4R+4S+2W formülü kullanılarak hesaplanır. İndeks içerisinde yer alan alt indekslerin açıklaması ise Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Turizm iklim indeksi içerisinde yer alan alt indeksler (Mieczkowiski, 1985)

Alt İndisler	Aylık iklim değişkenleri	TCI Üzerinde Etkisi	TCI'da ağırlıklandırma
Gündüz Konfor İndeksi (CID)	Günlük maksimum hava sıcaklığı Maksimum bağıl nem	Maksimum turist aktivitesi gerçekleştiğindeki termal konforu temsil eder	%40
Günlük Konfor İndeksi (CIA)	Günlük Ortalamak hava sıcaklığı Günlük Ortalamabağıl nem	Uyku saatleri de dahil olmak üzere 24 saatlik sürenin tamamındaki termal konforu temsil eder	%10
Yağış İndisi (R)	Aylık ortalama yağış miktarı	Bu unsurun açık hava etkinlikleri ve tatil keyfi üzerindeki olumsuz etkisini yansıtır.	%20
Güneş Işığı İndisi (S)	Aylık ortalama güneşlenme süresi	Turizm için olumlu olarak değerlendirilmiştir, ancak güneş yanığı riski ve sıcak günlerde ek rahatsızlık nedeniyle olumsuz olabilir.	%20
Rüzgar İndisi (W)	Ortalama rüzgar hızı	Sıcaklık (sıcak iklimlerde evaporatif soğutma etkisi pozitif olarak derecelendirilirken, soğuk iklimlerde 'rüzgar soğuğu' negatif olarak derecelendirilir)	%10

İklimsel değişikliklerin artması ve kentleşme sürecinin hızlanması nedeniyle, insanların yaşam kalitesini etkileyen biyoiklimsel faktörlerin anlaşılması büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, çalışmada:

- Türkiye genelindeki biyoiklimsel konfor düzeylerini analiz ederek mevcut durumu belirlemek,
- İklim değişikliği çerçevesinde biyoiklimsel konfor durumunu değerlendirmek,
- Turizm için uygun iklimsel koşulların ülke geneli alansal dağılımlarını belirlemek,
- Faklı bir yaklaşım olan konforsuzluk indeksi yardımıyla biyoiklimsel konfor koşullarını belirleyerek aralarındaki ilişkiyi ortaya koymak ve
- Sonuçların web ortamında yayınlanması ile ülke genelinde yapılacak kentsel planlama, turizm planlaması veya iklim temelli planlamalarda altlık veri oluşturulması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Biyoiklimsel konfor ile ilgili önceki çalışmalar

Biyoiklimsel konfor, insanların sağlığı, konforu ve performansı üzerinde doğrudan etkisi olan iklim koşullarının incelenmesiyle ilgilenen bir araştırma alanıdır. Bu alandaki çalışmalar, termal konfor, rüzgar konforu, ışık konforu, akustik konfor ve hava kalitesi gibi farklı konuları ele almaktadır. Biyoiklimsel konforun ölçümü için kullanılan göstergeler arasında PMV (Predicted Mean Vote), PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), SET (Standard Effective Temperature), UTCI (Universal Thermal Climate Index) ve FES (Physiological Equivalent Temperature) gibi indeksler yer almaktadır. Bu indeksler, insan vücudu üzerindeki termal stresi ve rahatsızlığı ölçmek için kullanılmaktadır. Biyoiklimsel konfora ilişkin çalışmalar, özellikle son yıllarda iklim değişikliği, şehirleşme ve enerji verimliliği gibi konuların da dikkate alındığı birçok araştırmayı içermektedir. Bu çalışmada İklim değişikliğinin biyoiklimsel şartlara ve özellikle turizm iklim indeksine etkileri ve muhtemel sonuçları incelenmiştir.

İklimsel konforun iç ve dış mekanda nasıl sağlanabileceği ile ilgili çalışmalar çok eski tarihlere dayanmaktadır. Eski Mısır, Eski Roma, Sümer, Asur, İspanya gibi ilk yerleşimlerde yapı ve yapı çevreleri iklimin olumsuz etkilerini azaltacak yönde planlanmış ve tasarlanmıştır. Kent içerisindeki gölge ve hava akımlarına olanak sağlayacak yerleşimlerin planlanması, su ve bitkinin serinletici etkisinin ön planda tutulduğu bahçe ve avlular, güneşin aşırı etkisinden korunabilme için tasarlanmış dar ve eğri sokaklar, yüksek ve kalın duvarların yapılarda kullanılması bu özelliklerin başında gelmektedir (Altunkasa, 1987).

Biyoiklimsel konfor indeksleriyle ilgili araştırmalar, insanların termal konforu algılamalarına ve beklentilerine dayanarak tasarım kararları alınmasına yardımcı olmak amacıyla yapılmaktadır. Bu konuda, Gagge ve ark (1986) tarafından geliştirilen standart tahmin edici indeksler kullanılmaktadır. Ancak, de Dear ve Brager (1998) tarafından önerilen adaptif model gibi yeni yaklaşımlar da mevcuttur. Nikolopoulou ve Steemers (2003) gibi araştırmacılar, termal konfor ve psikolojik uyumun kentsel mekanların tasarımında kullanılması gerektiğini öne sürmektedirler. Auliciems ve de Dear (1998) ise binaların termal konforu ve insan algısı arasındaki ilişkilerin fizyolojik olarak anlaşılması gerektiğini savunmaktadırlar. Lenzholzer ve ark (2015) ise halka açık kentsel mekanlarda termal konforu anlamak için insan faktörlerini dikkate almışlardır. Humphreys (1975) ise termal konforla ilgili saha çalışmalarını karşılaştırmış ve uygulamaya yönelik sonuçlar çıkarmıştır. Makhoul ve Ouellet-Plamondon (2017) çalışmasında insanlar için kullanılan başlıca termal konfor indekslerini eleştirel bir şekilde incelemişlerdir.

Bir alanın biyoiklimsel konfor yapısını belirlemeye yarayan çalışmalar oldukça eskilere dayanmaktadır, ancak özellikle 1960'lı yıllardan sonra gelişen teknolojinin de yardımıyla hız kazanmaya başlamıştır (Höppe, 1997). Biyoiklimsel konfor konusunda ilk bilimsel yaklaşım, Heberden (1826) tarafından insanın hissettiği sıcaklıkta hava sıcaklığının yanı sıra nemin de etki

ettiğini fark ederek oluşmuştur. Fakat ilk ciddi çalışma Haldane (1905) tarafından İngiltere'de yapılmıştır. Haldane (1905) Dolcoath Mirne'de, Londra'daki Lister Enstitüsü'nde ve Oxford'daki Fizyoloji Laboratuvarı'nda sıcak odalarda ve Türk hamamında denekler kullanmıştır. Bu deneklerde artan sıcaklık ve neme bağlı olarak rektal ve ağız sıcaklığı ölçümleri yaparak biyoiklimsel konfor şartları için eşik değerler belirlemiştir. Biyoiklimsel konfor çalışmalarında kullanılan indekslere tarihsel gelişimlerine göre Çizelge 2.1'de örnekler verilmiştir (Çağlak, 2021).

Çizelge 2.1. Biyoiklimsel konfor indekslerinin tarihsel gelişimine örnekler

Yıl	İndeks	Kısaltma	Araştırmacı
1923	Etkili Sıcaklık	ET*	Houghten ve Yaglou
1932	Düzeltilmiş Etkili Sıcaklık	CET*	Vernon ve Warner
1937	Çalışma Sıcaklığı	OP*	Winslow, Herrington ve Gagge
1945	Rüzgâr Üşütme Sıcaklığı	WCT	Siple ve Passel
1955	Isı Stresi İndeksi	HSI	Belding ve Hatch
1959	Konforsuzluk İndeksi	DI	Thom
1963	İnsan Vücudu Isı Dengesi	(O)	Gates
1970	Tahmini Ortalama Seçim	PMV	Fanger
1971	Standart Etkili Sıcaklık	SET	Gagge vd.
1984	Fizyolojik Eş Değer Sıcaklık	FES	Höppe
1994	İnsan- Çevre Değişimi	MENEX	Blazejczyk
2000	Evrensel Termal İklim İndeksi	UTCI	Komisyon, COST Action 730

Biyoiklimsel indeksler, atmosfer koşullarının insan organizmasını nasıl etkilediğini deneysel çalışmalarla belirlemek amacıyla ortaya konulan modellerdir. Bu kapsamda 1923 yılında ilk defa Houghten ve Yaglou tarafından çalışılan Efektif sıcaklık (ET) veya Fanger'in terimleriyle "Standard Effective Temperature" (SET), insan vücudundaki ısıl konforu ölçmek için kullanılan bir indekstir. ET, hava sıcaklığı, nem oranı, rüzgar hızı ve ısı radyasyonu gibi faktörleri dikkate alarak insanların ısıl konforunu hesaplar. Bu indeks, birçok alanın yanı sıra binaların enerji verimliliği, termal konfor ve sağlık gibi çeşitli konularda kullanılır. ET, 1970'lerden beri birçok araştırmada incelenmiştir ve literatürde kapsamlı bir şekilde tartışılmıştır. Örneğin, Fanger (1970), SET indeksini geliştirdi ve kullanımını önerdi. Bu çalışma, ET'nin insanların ısıl konforunu ölçmek için uygun bir yöntem olduğunu göstermiştir. Daha sonra, Nicol ve ark (2003) ET'nin hava sıcaklığı, nem oranı ve rüzgar hızı gibi faktörlerin yanı sıra giyim ve aktivite düzeyi gibi diğer faktörleri de dikkate alması gerektiğini belirtmiştir. Son zamanlarda, ET'nin özellikle binalarda enerji verimliliği ve ısıl konfor açısından kullanımı hakkında daha fazla araştırma yapılmıştır. Örneğin, Xiong ve ark. (2016) binalarda ET kullanarak ısıl konforu iyileştirmek ve enerji tüketimini azaltmak için bir

strateji önermiştir. Benzer şekilde, Zhang ve ark (2020) binaların enerji verimliliği için ET kullanarak bir optimizasyon modeli geliştirmişlerdir.

Winslow ve ark. (1937)'nin katkılarıyla işyerleri için birçok yaklaşım ve indeks oluşturulmuştur. Bu indekslerden hissedilen sıcaklığın hava sıcaklığı ile radyan sıcaklığın doğrusal ortalaması olduğunu kabul eden Çalışma Sıcaklığı (Operative Temperature) (OpT; Winslow ve ark., 1937) çok yaygın kullanılmıştır (Çağlak, 2021). Çalışma sıcaklığı (operatif sıcaklık), bir ortamın ısıl konforunu belirlemede önemli bir rol oynayan bir terimdir. Operatif sıcaklık, hava sıcaklığı, radyant sıcaklık ve hava hızı gibi çevresel faktörlerin birleşimini yansıtır. Bu terim, insanların ısıl konforu ve binaların enerji verimliliği açısından değerlidir. Operatif sıcaklık, ilk kez Missenard (1923) tarafından tanımlanmıştır. Daha sonra, bu terim 1950'lerde ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) tarafından standart bir terim olarak kabul edildi. Birçok araştırmacı, operatif sıcaklığın ısıl konforun en iyi ölçüsü olduğuna inanmaktadır. Son yıllarda, operatif sıcaklık hakkında daha fazla araştırma yapılmış ve literatürde kapsamlı bir şekilde tartışılmıştır. Örneğin, Sun ve ark. (2018), operatif sıcaklığın binaların enerji verimliliği ve ısıl konforunu optimize etmek için kullanılabileceğini göstermiştir. Bu çalışma, operatif sıcaklığın binaların enerji tüketimini azaltmak ve aynı zamanda çalışanların ısıl konforunu iyileştirmek için uygun bir ölçüm olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, Hong ve ark. (2020), operatif sıcaklığın insanların ısıl konforunu ölçmek için etkili bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışma, operatif sıcaklığın radyant sıcaklığı ve hava hızını dikkate alarak insanların ısıl konforunu daha doğru bir şekilde ölçebileceğini göstermiştir.

Siple ve Passel (1945) Antarktika'dan elde ettiği deneyimleri ve verileri kullanarak Rüzgârın Üşütme Sıcaklığı (WCT; Wind Chill Temperature) indeksini geliştirmişlerdir (Toy, 2010). Üşütme sıcaklığı (WCT - Wind Chill Temperature), rüzgarın soğuk etkisini ölçmek için kullanılan bir terimdir. Bu terim, sıcaklığın ve rüzgar hızının birleşiminden oluşur ve insanların soğuk hava koşullarında hissettikleri sıcaklığı yansıtır. WCT, meteorolojide ve insan sağlığı üzerindeki etkileri nedeniyle önemli bir konudur. WCT ilk olarak 1945 yılında Paul Siple ve Charles Passel tarafından tanımlanmıştır. Daha sonra, 1965 yılında Kanada hükümeti, WCT'nin ölçümü için standart bir yöntem geliştirmiştir. O zamandan beri, WCT hakkında birçok araştırma yapılmış ve literatürde tartışılmıştır. Örneğin, Thom ve ark 2020, WCT'nin insan vücudu üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu çalışma, düşük rüzgar hızlarında bile WCT'nin insanların vücut ısısını azalttığını ve vücut sıcaklığını düşürdüğünü göstermiştir. Bu nedenle, WCT'nin özellikle soğuk hava koşullarının değerlendirilmesinde önemli bir faktördür. Kuzey Amerika'da, WCT değeri ile ilgili olarak Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) tarafından bir indeks geliştirilmiştir. Bu indeks, hava sıcaklığı ve rüzgar hızı gibi faktörlerin birleşiminden oluşur ve soğuk havanın insan vücudu üzerindeki etkisini ölçmek için kullanılır (NOAA, 2021). Benzer şekilde, Kanada Meteoroloji Merkezi de benzer bir indeks olan "Wind Chill Index" (WCI)

geliştirmiştir. Bu indeks, rüzgar hızı ve hava sıcaklığı arasındaki ilişkiyi kullanarak, insan vücuduna nasıl hissettirdiğini ölçmektedir (Environment and Climate Change Canada, 2021). Başka bir çalışmada, Özkaynak ve ark. (2017), rüzgar hızı, sıcaklık ve nemi göz önünde bulundurarak WCT'nin insan konforuna etkisini araştırmışlardır. Bu çalışma, WCT'nin insanların termal konforunu ciddi şekilde etkilediğini ve özellikle düşük sıcaklıklarda hissedilen sıcaklığı önemli ölçüde azalttığını bulmuştur. Ayrıca, WCT'nin özellikle yaşlılar, çocuklar ve kronik hastalığı olan kişiler gibi hassas gruplarda sağlık risklerini artırabileceği belirtilmektedir (Mote ve ark., 2016). Bu nedenle, rüzgar hızı ve sıcaklığın birleşiminden oluşan WCT, meteoroloji ve sağlık alanlarında önemli bir konudur ve daha fazla araştırma ve çalışmalar gerekmektedir.

Belding ve Hatch (1955) tarafından oluşturulan Isı stresi indeksi (HSI - Heat Stress Index), sıcak ve nemli çevrelerde çalışan işçilerin maruz kaldığı ısıl stres seviyesini belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Bu indeks, çeşitli parametrelerin birleşiminden oluşur ve özellikle açık hava çalışmaları için önemlidir. HSI, insan sağlığı ve performansı üzerindeki etkileri nedeniyle önemli bir araştırma konusudur. Literatürde HSI hakkında birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin, Çengel ve Boles (2017) termodinamik prensiplere dayanan bir HSI modeli geliştirmişlerdir. Bu model, sıcaklık, nem, rüzgar hızı, güneş ışınları gibi çeşitli faktörleri dikkate alarak ısıl stres seviyesini hesaplar. Benzer şekilde, Jay ve ark. (2019) ise HSI'nin çalışanların sağlık durumu üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu çalışma, yüksek HSI değerlerinin kalp rahatsızlıkları, solunum problemleri ve diğer sağlık sorunları ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak, HSI, insan sağlığı ve performansı için önemli bir faktördür ve çalışanların sağlığını korumak için düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalar, HSI'nin hesaplanması ve izlenmesi için geliştirilen yöntemlerin ve araçların doğruluğunu ve etkililiğini arttırmak için devam eden araştırmaların gerekliliğini vurgulamaktadır.

Konforsuzluk İndeksi (DI - Discomfort Index), sıcaklık ve nemi bir arada hesaplayarak, insanların yaşadıkları çevrenin ne kadar konforlu olduğunu belirlemek için kullanılan bir parametredir. DI, genellikle sıcaklık ve nem ölçümlerinin birleştirilmesiyle hesaplanır ve insanların sıcaklık ve nem koşullarına karşı nasıl hissettiklerini belirlemek için kullanılır. Thom (1959) tarafından ortaya konulan konforsuzluk indeksi, Biyoiklimsel konfor durumunun değerlendirilmesinde kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Bu yöntem, yaş ve kuru termometre değerlerinin,

$$THI = 0{,}72(td + tw) + 40{,}6 \tag{2.1}$$

td kuru termometre değeri
tw yaş termometre değeri

formülünde yerine konulup, konforsuzluk indeksi (Discomfort İndex)(DI) olarak adlandırılan Termohigrometrik İndekste (THI) konforsusluk bölgelerinin belirlenmesi esasına

dayanır. Konforsuzluk indeksi Çizelge 2.2'deki gibi sınıflandırılmıştır.

Çizelge 2.2. Thom (1959)'a göre konforsus indeksi sınıflaması

SINIFLAR	THI İNDEKS
Konforsus	**THI < 60**
Kısmi konforsus	**60 < THI <65**
Konforlu	**6 < THI < 75**
Kısmi konforsus	**75 < THI < 80**
Konforsus	**THI > 80**

Thom (1959) tarafından otaya konulan bu indekste, biyoiklimsel konfor açısından ele alınan değer sadece sıcaklık parametresidir. Oysa daha sonra yapılan çalışmalarda konfor üzerinde etkili olan başka parametrelerinde varlığı ileri sürülmüştür. Böylece, Thom (1959)'un yöntemi Kyle (1994) tarafından nispi nem bakımından geliştirilerek yeniden düzenlenmiştir. Buna göre THI aşağıdaki gibi formüle edilmiştir. Konforsus indeks sınıflaması ise Çizelge 2.3'teki gibi düzenlenmiştir.

$$THI = t - (0{,}55 - 0{,}0055f)(t - 14{,}5) \tag{2.2}$$

t kuru termometre değeri
f nispi nem değeri

Çizelge 2.3. Kyle (1994)'e göre Termohigrometrik indeks sınıflaması

SINIFLAR	THI
Aşırı Buz Soğuğu	**< -40**
Buz Soğuğu	**(-39,9) - (-20)**
Aşırı Soğuk	**(-19,9) - (-1□)**
Çok Soğuk	**(-9,9) - (-1,8)**
Soğuk	**(-1,7) - (12,9)**
Serin	**13 - 14,9**
Rahat	**15 - 19,9**
Sıcak	**20 - 26,4**
Çok Sıcak	**26,5 - 29,9**
Aşırı Sıcak	**>30**

Çalışmalar, konforsuzluk indeksinin birçok faktöre bağlı olduğunu ve insan sağlığı üzerinde önemli etkilere sahip olabileceğini göstermektedir. Örneğin, Almeida ve ark. (2019)

tarafından yapılan bir araştırmada, DI'nın çalışanların iş performansı üzerinde önemli bir etkisi olduğu bulunmuştur. Ayrıca, Xiong ve Liu (2020) tarafından yapılan bir araştırma, DI'nın insanların uyku kalitesi üzerinde de etkili olabileceğini ortaya koymuştur. DI, insanların içinde bulunduğu çevrenin konforunu belirlemede önemli bir araçtır ve çevresel faktörlerin insan sağlığı ve performansı üzerindeki etkilerinin anlaşılması için önemli bir parametredir. Khalifa ve ark (2020), Kahire'deki sıcak ve nemli mevsimlerde konforsuzluk indeksinin değişimini incelemişlerdir. Bu çalışma, konforsuzluk indeksinin ortalama sıcaklık ve nem oranındaki artışla arttığını ve insanların konforunu azalttığını göstermiştir. Başka bir çalışmada, Alsaedi ve ark (2018), Basra, Irak'ta konforsuzluk indeksinin sıcaklık, nem ve rüzgar hızına bağlı olarak nasıl değiştiğini araştırmışlardır. Bu çalışma, konforsuzluk indeksinin yüksek sıcaklık ve nem koşullarında arttığını ve insanların rahatlığını azalttığını ortaya koymuştur. konforsuzluk indeksinin insan sağlığı ve performansı üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. Pepler ve ark (2020), konforsuzluk indeksinin spor performansı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu çalışma, yüksek konforsuzluk indeksideğerlerinin sporcuların performansını azalttığını göstermiştir. Ayrıca, konforsuzluk indeksinin çalışma ortamlarındaki işçilerin verimliliğini ve sağlığını etkilediği de araştırılmıştır. Wang ve ark (2017), konforsuzluk indeksinin Çin'deki bir işletmedeki çalışanların sağlığı ve verimliliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu çalışma, yüksek konforsuzluk indeksdeğerlerinin işçilerin sağlığını ve verimliliğini azalttığını göstermiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda insan vücudu ısı dengesinin sağlanması önem kazanmakladır. İnsan vücudu ısı dengesi, vücudun içinde bulunduğu çevre koşullarına göre ısı üretme ve kaybetme süreçlerinin dengelenmesi anlamına gelmektedir. Bu süreç, insan sağlığı ve performansı için kritik öneme sahiptir. Gates (1963), insan vücudunun ısı üretimini ve ısı kaybını etkileyen faktörleri ayrıntılı bir şekilde ele almıştır. Ayrıca, insan vücudunun ısı dengesi için gerekli olan toplam ısı transferini hesaplamak için bir formül geliştirmiştir. Gates'in çalışması, insan vücudu ısı dengesi konusunda temel bir referans kaynağı olarak kabul edilmektedir.

Aynı zamanda Gates (1963) biyoiklimsel konfor indekslerinde ilk defa fizyolojik tepkimelerin ölçülebilmesini sağlayan aşağıdaki formülü kullanmıştır (Çalışkan, 2012).

$$O = M \pm C1 \pm C2 - LE - RB \pm RS + S(1 - a) \quad (2.3)$$

M	metabolik oran kcal/m2
C1	konveksiyon (taşınımla) ısı değişimi
C2	kondüksiyon (iletimle) ısı değişimi
LE	buharlaşmayla ısı değişimi (L buharlaşma E nem kaybı)
RB	kızılötesi radyasyon (vücuttan kaçan)
RS	çevreden gelen kızılötesi radyasyon S= kısa dalga radyasyon,
a	albedo

Fizyolojik tepkimelerin biyoiklimsel konfor indekslerine dahil edilmesiyle 1970'li yıllarda bu alanda yapılan çalışmalarda önemli sıçramalar yaşanmıştır. Gelişmelerle birlikte insanların bir çevrede hissettiği ortalama termal konfor düzeyini hesaplamak için kullanılan bir model olan Tahmini Ortalama Seçim (PMV - Predicted Mean Vote) devreye girmiştir. Isıl konfor çalışmalarında en çok kullanılan modellerden birisidir. PMV, insan vücudunun çevresel koşullara nasıl yanıt verdiğini ve termal konforu etkileyen birçok faktörü dikkate alır. Bu modelde hava sıcaklığı, rüzgar hızı, ortalama radyan sıcaklık, metabolizma hızı ve giyim ısıl konforu etkileyen unsurlar olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, PMV, sıcaklık ve nem koşullarının insan vücudu üzerindeki etkilerini belirlemek için özellikle bina tasarımı ve iklimlendirme alanlarında sıkça kullanılmaktadır. PMV'nin tarihi, P.O. Fanger'in 1970'lerde yaptığı çalışmalarla başlamıştır. Fanger, insan termal konforunu etkileyen faktörlerin bir listesini hazırlamış ve bu faktörlerin PMV'ye nasıl etki ettiğini belirlemiştir. PMV ile ilgili birçok araştırma yapılmış ve literatürde tartışılmıştır. Cho ve ark. (2015) tarafından yapılan bir araştırma, PMV'nin iş performansı üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Kurnitski ve ark. (2018), PMV'nin çevresel sürdürülebilirlik açısından önemini vurgulamışlardır. Bu çalışma, PMV'nin binaların enerji verimliliği ve sürdürülebilirliği üzerindeki etkilerini araştırmış ve PMV'nin enerji tasarrufu sağlamak için kullanılabileceğini öne sürmüştür. El-Dali ve ark. (2019) tarafından yapılan bir araştırma ise, PMV'nin uyku kalitesi üzerinde de etkili olabileceğini göstermiştir. PMV'nin kullanımı, çevre dostu bina tasarımı ve iklimlendirme sistemleri için önemlidir. Wang ve ark. (2020) tarafından yapılan araştırmada, PMV'nin yüksek sıcaklık ve nem koşullarında enerji tasarrufu sağlamak için kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca, Yang ve ark. (2020), bir ofis binasında PMV değerinin insanların performansı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu çalışma, insanların performansının PMV değeri ile yakından ilişkili olduğunu göstermiştir.

1970 yılında Fanger tarafından ortaya konan yöntemle vücudun ısı dengesi eşitliğine dayandırılarak pratik bir şekilde hesaplanabilmektedir. Eşitlik aşağıda ifade edilmiştir.

$$S = M - W - E - Q \tag{2.4}$$

S İnsan vücudu ısı depolama oranı (w/m2),
M İnsan vücudu metabolik oranı (w/m2),
W Mekanik işe dönüşen enerji (w/m2),
E Terleme (w/m2),
Q Kuru ısı değişimi (Radyasyon + Konveksiyon, w/m2).

Bu eşitlikte ısı depolama oranı 0 olduğu zaman maksimum düzeyde termal konfor sağlanmaktadır. Metabolik oran; kas aktivitelerinin derecesi, çevresel etki ve vücut ölçüsüne bağlı olarak değişim göstermektedir. Metabolik oran genel olarak 58,2 w/m2 olarak alınmaktadır. Bu değer 25,5 C^o oda sıcaklığı ve hafif giyinmiş, orta yaşta ve sağlık problemi olmayan bir insan için bulunmuştur (Çınar, 2004).

Hissedilen sıcaklığın ölçümü yapılabileceği gibi, tahmininin yapılması da mümkündür. Bunun için Fanger (1972) tarafından çıkarılan Fanger konfor eşitliği kullanılmaktadır.

$$f(M, Icl, V, tr, ta, Pw) = 0 \quad (2.5)$$

M Metabolik oran (met)
Icl Kıyafet indeksi (clo)
V Hava hareketi (m/sn)
tr Ortalama radyan sıcaklık (OC)
ta Çevre hava sıcaklığı (OC)
Pw Çevre havanın buhar basıncı (Pa)

Bu fonksiyona göre çıkarılan termal konfor için ortalama indeks geliştirilmiştir. Bu indekste, 0 değeri nötr olarak kabul edilmiş ve optimum termal konforu ifade etmek için kullanılmıştır. Bu doğrultuda insan vücudunun ısıl dengesine dayanarak, büyük bir grup insanın Çizelge 2.4'te gösterilen 7 noktalı ısıl duyarlılık ölçeğindeki oylarının ortalama değerini öngörmektedir. Dengeli bir ortamda, insan ısıl duyarlılık sistemi, ısı dengesini korumak için cilt sıcaklığını ve ter salgısını değiştirmeye çalışacaktır (ISO, 2005).

Çizelge 2.4. Yedi noktalı PMV ölçeği

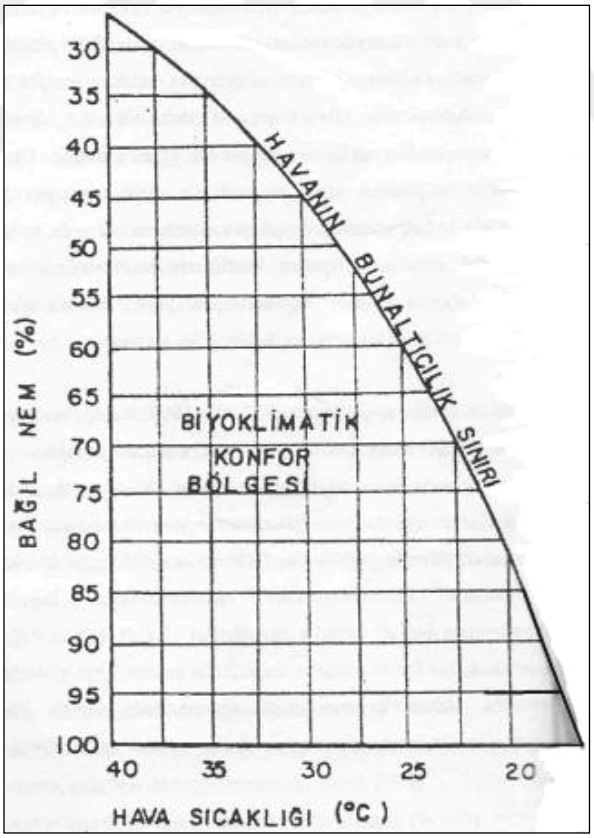
PMV	Isıl Duyarlılık
+3	Çok sıcak
+2	Sıcak
+1	Ilık
0	Nötr
-1	Serin
-2	Soğuk
-3	Çok Soğuk

Birçok iklimsel indekste, biyoiklimsel konfor durumu sıcaklık, nem ve rüzgâr elemanlarının bazen tek başına bazen hepsinin bir arada kombinasyonuna bağlı olarak değerlendirilmiştir. Konforu belirlemede ise en çok kullanılan kriterin "Hissedilen Sıcaklık" (Effective Temperature) olduğu ve biyoiklimsel konfor oluşturulmasında %80 oranında etkili olduğu kabul edilmektedir (Hobbs, 1995). Sonraki araştırmalar, bireylerin aktivite düzeyleri ve giyim tarzlarının da etkili olduğu, biyoiklimsel konforun oluşturulmasında bu faktörlerin yaygın bir şekilde kabul edildiğini göstermiştir.

Biyoiklimsel konfor konusunda önemli çalışmalar yapan Givoni (1963) ise, insanlardaki konfor durumunu vücudun enerji dengesi olarak ele almıştır. Konu ile ilgili yaptığı çalışmalar sonunda konforu etkileyen 6 parametre üzerinde durmuştur. Bunlar:

1. Hava sıcaklığı
2. Rüzgar
3. Radyasyon
4. Atmosfer nemliliği
5. Giysi şekli ve
6. Aktivite olarak sıralanmaktadır (Çınar, 2004).

1960'lı yıllarda teknolojinin de yavaş yavaş gelişmesinin sağladığı katkılarla, insanların fiziksel, sosyal vb. haklarının önemsenmeye başlanması gibi nedenlerle biyoiklimsel konfor konusu da önem kazanmaya başlamıştır. 1964 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından sıcaklık ve nem kombinasyonuna bağlı bir rahatsızlık grafiği yayınlanmıştır (Şekil 2.1).



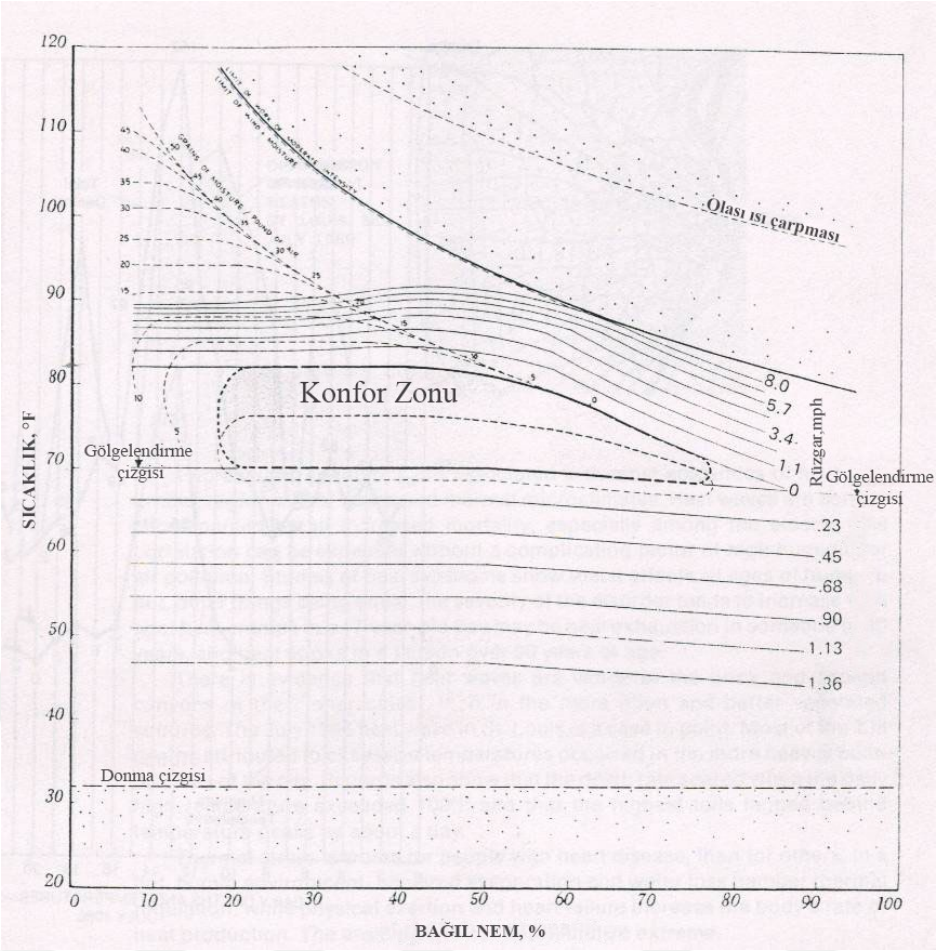
Şekil 2.1. Bunaltıcı Sıcaklık Sınır Şeması (WMO, 1964)

İnsanların fizyolojik ve psikolojik ihtiyaçlarını karşılayan bir çevre konforu olan biyoiklimsel konforu sağlayan iklim koşullarının alt ve üst sınırlarının belirlenmesine yönelik olarak günümüze kadar çok sayıda araştırma yapılmış ve birbirinden az da olsa farklılıklar gösteren

değerler elde edilmiştir. Ancak, Ekvator ve Kutup bölgeleri dışında yaşayan tüm insanların biyoiklimsel konfor gereksinimlerini belirlemek amacıyla geliştirilen Olgyay (1973)'ın biyoiklimsel konfor yaklaşımı bu konuda ayrı bir önem taşımaktadır. Elisabeth Kübler Olgyay tarafından 1950'lerde geliştirilen biyoiklimsel konfor modeli, insanların vücut ısısını korumak için dış çevre ile etkileşimlerini ve iç mekanların doğal havalandırması gibi çevresel faktörleri dikkate alarak tasarlanmıştır. Bu model, yapısal ve yerleşim özellikleri de dikkate alarak, sıcaklık, nem, rüzgar ve güneş radyasyonu gibi faktörlerin kombinasyonuna bağlı olarak biyoiklimsel konforu belirler. Genel olarak, Olgyay modeli biyoiklimsel konforu değerlendirmek için kullanışlı bir araçtır ve çeşitli iklim koşullarında farklı çevresel koşulların belirlenmesine yardımcı olur. Çalışmalar da Olgyay modelinin biyoiklimsel konforu değerlendirmek için kullanışlı bir araç olduğunu göstermektedir. Örneğin, Kim ve Seo (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, Olgyay modeli kullanılarak Güney Kore'deki üniversite kampüslerinin biyoiklimsel konforu değerlendirilmiştir. Ayrıca, Kalz ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, Olgyay modeli kullanılarak İsviçre'deki turistik yerlerde biyoiklimsel konfor değerlendirmesi yapılmıştır.

Olgyay (1973), biyoiklimsel konforu sağlayan iklim koşullarını bir koordinat sistemi yardımıyla belirlemektedir. Biyoiklimsel Çizelge adı verilen bu koordinat sistemi (Şekil 2.2.) üzerine herhangi bir alandaki iklim verileri işlenerek, o alanda biyoiklimsel konforun sağlanabilmesi için gerekli olan iklimsel değerler ortaya çıkartılabilmektedir (Altunkasa, 1987). Olgyay (1973), konfor durumunu; açık alanda 21-27,5 C^o sıcaklık değeri, %30-65 bağıl nem ve 5 m/sn'ye kadar olan rüzgar hızı kombinasyonu olarak tanımlamıştır. Bu üç parametreye göre hazırlanmış BK analiz diyagramı, belirli iklim özelliğine sahip herhangi bir alanın yıl boyu içerdiği BK ve biyoiklimsel gereksinim düzeylerinin belirlenmesine dayanmaktadır.

Çizelge üzerinde insanın farklı iklimsel gereksinim bölge ve miktarları tespit edilmektedir. Söz konusu gereksinim bölge ve miktarı Biyoiklimsel Çizelgede görülen gölge çizgisinin altında ya da üzerinde bulunuş durumlarına göre iki grupta ele alınmaktadır. Gölge çizgisinin altında kalan iklim koşulları, insanın güneş ışınım enerjisi ya da sıcaklığa gereksinim duyduğu bölgeyi ifade etmektedir ve "En Az Sıcak Dönem (EASD)" olarak tanımlanmıştır. Gölge çizgisinin üzerinde belirtilen iklim koşulları ise tümüyle gölgeye ve serinlemeye gereksinim duyulan bölgedir ve "En Sıcak Dönem (ESD)" adını almıştır. ESD içerisinde, İnsanın çok hafif gölgelenmeden başka hiçbir iklimsel koşula gereksinim duymadığı, yani genelde iklimsel konforda bulunduğu bölge BK Bölgesi olarak nitelendirilmiştir (Olgyay, 1973; Altunkasa, 1987).



Şekil 2.2. Biyoiklimsel çizelge (Olgyay, 1973).

İklim koşulları insan vücut ısısını dengelemede kritik rol oynadığı için BK'nın belirlenmesinde büyük öneme sahiptir. Sıcaklığın artması, vücutta terleme yoluyla ısı kaybını arttırarak serinlemeyi sağlar. Ancak, yüksek nem oranları terleme mekanizmasını engelleyebilir ve vücudun serinlemesini zorlaştırabilir. Bununla birlikte, düşük sıcaklıklar da vücudun soğuk stresine maruz kalmasına neden olabilir. İnsan vücudu, belirli bir sıcaklık aralığında termal dengeyi koruyabilir. Vücut sıcaklığı, metabolizma ve çevresel koşullar arasındaki ısı alışverişi yoluyla düzenlenir. Çevresel koşulların değişmesi, insanların termal konfor algısını etkiler.

BK konusunda yaptığı önemli çalışmalar nedeniyle kabul gören Evans (1980) ise konforlu olan iklim koşullarını şöyle tanımlamıştır. 0,1 m/sn'den az olan rüzgâr sakin bir ortam oluşturur. Kapalı ortamlarda 10 m/sn kadar olan rüzgârlar konfor için uygun kabul edilmektedir. Ancak bu değerlerden sonra rahatsız edici nitelik kazanmaya başlar. Dış ortamda hava sıcaklığı yüksek değil ise 20 m/sn kadar olan rüzgâr hızı konfor şartlarını oluşturmak için 5 m/sn üzerindeki rüzgârlar, dış ortamda biyokonfor şartlarını bozmaktadır. Güneşten gelen radyasyon, ısı enerjisi olarak sıcaklığa sebep olmaktadır. Konfor limiti olarak sıcaklık genel olarak 16 – 28°C arasında olmalıdır. Bütün cisimler molekül titreşiminden dolayı çevrelerine radyan etkili olmaktadır. Isı stresinin uzaklaştırılıp termal konforun sağlanması için albedo değeri yüksek kıyafetler tercih edilmektedir.

Soğuk dönemde ise radyasyonel enerjiden daha fazla yararlanabilmek için enerjiyi daha fazla absorbe eden koyu renkli giysiler, BK'u sağlamada etkili olmaktadır (Çınar, 1999). İnsan vücudunda ısı stresinin uzaklaştırılmasında radyasyon ile enerji transferi de etkili olmaktadır. Isı stresinin uzaklaştırılıp termal konforun sağlanması için albedo değeri yüksek kıyafetler tercih edilmektedir. Soğuk dönemde ise radyasyonel enerjiden daha fazla yararlanabilmek için enerjiyi daha fazla absorbe eden koyu renkli giysiler, BK'u sağlamada etkili olmaktadır (Çınar, 1999).

Steadman (1979) hissedilen sıcaklık tablosunu kullanarak etkili sıcaklıkların insan sağlığı üzerine olan etkilerini sınıflandırmıştır. Bu değerlendirmelerde hava sıcaklığı ve nispi nem parametreleri dikkate alınmış ve etkili sıcaklık bölgeleri oluşturulmuştur (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5. Steadman sıcaklık - nemlilik indeksine göre hissedilen sıcaklık bölgeleri (Steadman, 1979)

Sıcaklık \ Nem	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	KATEGORİ
50	45	48	53	58	66	69	76	83	91	98										
49	44	47	51	56	61	66	72	79	88	94										
48	43	46	49	53	58	63	68	75	81	88	96									
47	42	45	48	51	55	60	65	70	76	83	90	98								
46	41	43	45	49	53	57	62	67	72	78	85	91	99							
45	41	43	45	48	52	56	60	65	70	76	82	88	96							
44	40	42	44	46	49	53	57	61	66	71	77	83	89	96						
43	39	40	42	44	47	50	54	58	62	67	72	77	83	90	97					
42	38	39	41	43	45	48	51	54	58	62	67	72	78	83	90	98				I
41	37	38	39	41	43	45	48	51	55	59	63	67	72	48	83	89	96			
40	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	59	63	67	42	77	83	88	95		
39	35	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	67	71	76	81	87	93	
38	35	35	36	37	38	40	42	44	47	50	55	55	60	64	68	73	78	83	89	
37	34	34	35	36	37	38	40	42	44	46	49	52	55	59	63	67	72	76	81	
36	33	33	34	34	35	36	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	66	70	74	
35	32	32	33	33	34	35	36	37	39	41	43	45	48	50	53	57	60	64	68	
34	31	31	32	32	32	33	34	35	37	39	40	42	44	45	49	52	55	58	61	
33	31	31	31	31	32	32	33	34	35	37	39	40	42	45	47	49	52	55	58	
32	30	30	30	30	31	31	32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	50	53	
31	29	29	29	29	29	30	30	31	32	33	34	35	38	38	40	41	43	45	47	III
30	28	28	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	38	38	39	41	42	
29	27	27	27	27	28	28	28	28	29	30	30	31	32	32	33	34	38	37	38	
28	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31	32	32	33	34	III
27	26	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	31	32	
26	25	25	25	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	28	28	29	IV

I. Isı veya Güneş çarpmasıyla ani termal şoklar

II. Güneş çarpması, ısı krampları veya ısı bitkinliği. Fiziksel etkinlik ve bu şartlarda etkilenme süresine bağlı olarak şiddetli termal stres ile birlikte ısı çarpması

III. Fiziksel etkinlik ve bu şartlarda etkilenme süresine bağlı olarak kuvvetli termal stres ile birlikte ısı çarpması ısı krampları ve ısı yorgunlukları muhtemeldir.

IV. Fiziksel etkinlik ve bu şartlarda etkilenme süresine bağlı olarak oluşan termal stresten dolayı halsizlik, sinirlilik, dolaşım ve solunum sisteminde birçok rahatsızlık meydana gelebilir (Çınar, 2004).

İlk çalışmalardan elde edilen ısıl indeksler genellikle basit yaklaşımları içeren hava sıcaklığı, hava nemi ve hava hızının hareketsiz insanlar üzerindeki birleşik etkisinin tahminiyle sınırlıydı. İnsan fizyolojisi, aktivitesi, kıyafeti ve diğer kişisel verilerin (boy, kilo, yaş, cinsiyet) belirleyici rolünü göz ardı edilmekteydi (Olgyay, 1969; Fanger, 1972; Givoni, 1976; ASHRAE, 2001). BK konusunda yine önemli çalışmalar yapan Hobbs (1995)'a göre ise konfor; temeli hissedilen sıcaklığa dayalı biyoiklimsel konfor durumu, sübjektif bir değer olup mekana, zamana ve kişiye göre değişmektedir. Değerlendirmelerde 15-27 °C hissedilen sıcaklık değerleri; iç mekanda bulunan, 25 yaşlarında, sağlık problemi olmayan, normal olarak giyinmiş, hareket etmeyen bir kişi için hesaplanmıştır (Çizelge 2.6.). Dış mekan koşullarında bu değerler 5 derece düşük ya da yüksek olabilmektedir (Hobbs, 1995).

Çizelge 2.6. Biyoiklimsel konforun belirlenmesinde hissedilen sıcaklık değerleri

HİSSEDİLEN SICAKLIK(C^0)	KONFOR SINIFI
28 >	Konfor yüksek derecede ozulur
27-28	Konfor bozulur
25-26.9	Geçiş değeri (sıcak)
17-24.9	Konfor
15-16.9	Geçiş değeri (soğuk)
15<	Konfor bozulur

İç mekan konforunun aksine dış mekan ısıl konforu nispeten yeni bir araştırma alanıdır. Dış mekan konforunun belirlenmesi, iç mekan konforuna göre daha karmaşık bir süreçtir. Çünkü meteorolojik değişkenlerin mekansal ve zamansal mikro iklimsel varyasyonları genellikle çok büyüktür. Dış mekanlarda iklim kontrolünün olmaması, deneklerin fiziksel ve sosyo-kültürel adaptasyonu ve dış ortamdaki kullanım ve kullanıcılardaki geniş çeşitlilik sayılabilir. Bu nedenle, bir iç mekan yaklaşımı doğrudan dış ortam koşullarına aktarılması doğru değildir (Johanson ve ark., 2014). Bu kapsamda değerlendirildiğinde bir bölgenin BK yapısını ortaya koymak üzere geliştirilen en önemli indekslerden biri olan "enerji dengesi "ne dayalı olarak hazırlanan Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) indeksi bu kaygıları gidermektedir. FES, farklı iklim koşullarına sahip bölgelerin termal bileşenlerinin değerlendirilmesinde oldukça uygun olan bir yöntemdir. Bu yöntem iklim parametrelerinin (sıcaklık, nem ve rüzgar) yanı sıra kişilerin fizyolojik özelliklerini de dikkate alan ve bu özellikleri sonuçlara yansıtan bir indekstir. FES, sonuçları C^0 cinsinden verdiği için birçok meslek disiplini de çalışmalarında bu yöntemden yararlanmaktadır. Bu

nedenlerden dolayı yapılan bu çalışmada ada BK durumu belirlenirken FES indeksi tercih edilmiştir. FES indeksi ile elde edilen konfor durumu coğrafi koordinatı da dikkate aldığı için grafikte ifade edilebildiği gibi, haritalar şeklinde de ifade edilebilmektedir. Çizelge 2.7'de fizyolojik özelliklerinde dikkate alınmasıyla oluşturulmuş bir indeks bulunmaktadır (Matzarakis ve ark, 1999).

Çizelge 2.7. FES indekslerine ait değerlerin dağılımı ve bu değerlere göre ısıl algılama (Matzarakis ve ark, 1999)

FES (C^0)	ISIL ALGILAMA	FİZYOLOJİK STRES DERECELERİ
4	Çok Soğuk	Çok Şiddetli Üşüme Stresi
8	Soğuk	Şiddetli Üşüme Stresi
13	Serin	Orta Dereceli Üşüme Stresi
18	Hafifçe Serin	Hafifçe Üşüme(Ürperme) Stresi
23	Konforlu	Isı Stresi Yok
29	Hafifçe Ilık	Hafifçe Isınma Stresi
35	Ilık	Orta Derecede Isınma Stresi
41	Sıcak	Şiddetli Isınma Stresi
>41	Çok Sıcak	Çok Şiddetli Isınma Stresi

Yapılan araştırmalar özetlendiğinde Biyoiklimsel konfor, insanların yaşam ve çalışma alanlarında konforlu bir ortamda bulunabilmesi için gerekli olan çevresel koşulların sağlanması sürecidir. Bu konfor, temelde iki faktöre dayanmaktadır: iklimsel koşullar ve insan temelli koşullar. İklimsel koşullar, bölgenin coğrafyasına, deniz seviyesine, ısıl iklimine ve nem oranına bağlı olarak belirlenen doğal koşullardır. Bu koşullar arasında sıcaklık, bağıl nem, hava hareketleri ve güneş ışığı gibi unsurlar yer almaktadır.

Sıcaklık, biyoiklimsel konforun en önemli unsurlarından biridir ve insan vücudunun ısı dengesi açısından önemli bir rol oynar. İnsan vücudu, iç ve dış faktörlere göre sıcaklığını düzenlemekte ve ısı dengesi korunmaktadır. Ortam sıcaklığındaki değişimler, vücut ısısını etkileyebilir ve vücut ısısının düzenlenmesinde rol oynayan terleme, solunum ve kan dolaşımı gibi fizyolojik mekanizmaları etkileyebilir. İnsan vücudu, iç sıcaklık ve dış sıcaklık arasındaki farka göre çalışır. İdeal sıcaklık, vücudun normal fonksiyonlarını sürdürmesine izin verirken, yüksek veya düşük sıcaklıklar, vücut sıcaklığının düzenlenmesini zorlaştırır ve biyoiklimsel konforu etkileyebilir. Bu konu ile ilgili olarak yapılan araştırmalar, vücut sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki ilişkiyi değerlendirmiştir. Örneğin, Roosli ve ark (2010) tarafından yapılan bir araştırma, vücut sıcaklığının, ortam sıcaklığındaki değişimlere göre nasıl değiştiğini incelemiştir. Araştırma sonuçları, ortam sıcaklığı arttıkça, vücut sıcaklığının arttığını göstermiştir. Benzer şekilde, ortam sıcaklığı düştükçe, vücut sıcaklığı da düşmektedir. Bu araştırma sonuçları, insan vücudunun, ortam

sıcaklığındaki değişikliklere hızla uyum sağlayabileceğini ve vücut sıcaklığını düzenleyebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, vücut sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki ilişki, bazı durumlarda diğer faktörler tarafından etkilenebilir. Örneğin, yüksek nem oranı, vücut sıcaklığının düzenlenmesini zorlaştırabilir ve bu nedenle biyoiklimsel konforu etkileyebilir. Ayrıca, rüzgar hızı ve güneş ışığı gibi faktörler de vücut sıcaklığı üzerinde etkili olabilir ve biyoiklimsel konforu etkileyebilir.

Yüksek bağıl nem seviyeleri, terleme mekanizmasını engelleyerek, vücut ısısının düzenlenmesini zorlaştırabilir. Bu nedenle, yüksek bağıl nem seviyeleri, insan vücudunun rahatça ısı atamamasına neden olabilir ve biyoiklimsel konforu olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, düşük bağıl nem seviyeleri de biyoiklimsel konforu etkileyebilir. Düşük bağıl nem seviyeleri, deride ve solunum yollarında kuruluk hissi yaratabilir ve bu da insanların rahatsız hissetmesine neden olabilir. Bununla birlikte, düşük bağıl nem seviyeleri, genellikle yüksek bağıl nem seviyelerinden daha az rahatsızlık yaratabilir. Bağıl nem seviyelerinin biyoiklimsel konfor üzerindeki etkileri, farklı sıcaklık koşullarında farklılık gösterir. Örneğin, yüksek bağıl nem seviyeleri, sıcak havalarda daha rahatsız edici olabilirken, düşük bağıl nem seviyeleri soğuk havalarda daha rahatsız edici olabilir. Bu nedenle, biyoiklimsel konfor değerlendirmelerinde, sıcaklık ve bağıl nem seviyelerinin birlikte dikkate alınması gerekmektedir (Epstein ve Moran, 2006).

Hava hareketleri, biyoiklimsel konforu etkileyen diğer bir faktördür. Araştırmalar, rüzgar hızının artmasıyla birlikte sıcaklık hissinin azaldığını göstermektedir. Bu nedenle, özellikle yüksek sıcaklıkların olduğu durumlarda, hava hareketinin artması insanların daha konforlu hissetmelerine yardımcı olabilir. Ancak, aynı zamanda rüzgar hızının fazla olduğu durumlarda, insanlar soğuk hissedebilirler ve bu durum da biyoiklimsel konforu olumsuz etkileyebilir. Hava hareketlerinin biyoiklimsel konfora etkisini değerlendirmek için, rüzgar hızının sıcaklık, nem ve güneş ışınlarının etkisi gibi diğer faktörlerle birlikte ele alınması gerektiği belirtilmektedir (Bruse ve Böhner, 2005). Ülkemizin mutlak konumundan dolayı (kuzey yarım kürede olması) kuzeyden esen rüzgârlar sıcaklığı azaltıcı, güneyden esen rüzgârlar sıcaklığı artırıcı etki yapar. Bu rüzgârların yanı sıra bunaltıcı sıcaklıkların yaşandığı yaz aylarında insan vücudunu serinleten en önemli rüzgâr meltem rüzgârlarıdır. Denize kıyısı olan yerleşimlerde gündüz vakti denizden karaya doğru esmekte, kara içlerinde ise gündüzleri dağdan ovaya doğru esmektedir. Bunaltıcı sıcaklıkların yaşandığı yaz mevsiminde insanları rahatlatan serinletici etki yapmaktadır (Erol, 2008).

Güneş ışığı, biyoiklimsel konforu etkileyen önemli bir faktördür. Doğru miktarda güneş ışığı, vücutta D vitamini üretimini sağlar ve psikolojik olarak insanları olumlu etkiler. Ancak, aşırı güneş ışığı termal konforu olumsuz yönde etkileyebilir. Özellikle yaz aylarında güneş ışınlarından kaynaklanan aşırı sıcaklık, insanların termal konforunu azaltabilir ve hatta sağlık sorunlarına neden olabilir. Güneş ışığının insan biyoiklimsel konforuna olan etkisi, bireysel tercihlere bağlı olarak da değişebilir. Örneğin, bazı insanlar güneş ışığından hoşlanırken, bazıları sıcaklıktan hoşlanmaz. Bu nedenle, güneş ışığının biyoiklimsel konfora olan etkisi, kişisel tercihler ve bölgesel farklılıklar göz

önünde bulundurularak değerlendirilmelidir (Niu ve ark., 2019). Biyoiklimsel konfor açısından güneş radyasyonu oldukça önemli etkilere sahiptir. Güneş radyasyonu bu nedenle tüm parametreleri dahil edilerek biyoiklimsel konfor çalışmalarında kullanılmalıdır. Bütüncül bir yaklaşımla biyoiklimsel konfor önem arz eden güneş radyasyonu etkisiyle oluşan sıcaklık ortalama yansıma sıcaklığı (Mean Radiant Temperature- MRT) olarak tanımlanmıştır. Ortalama radiant sıcaklık değeri birçok biyoiklimsel konfor indeksine dahil edilmekte olup bu değer "Siyah küre hazneli termometre" adı verilen özel termometre kullanılarak elde edilmektedir. Aynı zamanda bu değer dış ortam şartlarında insan bedeninin maruz kaldığı tüm radyasyon koşullarının da etkisinin değerini ifade etmektedir. İnsanların kıyafetleri maruz kalınan güneş radyasyonuyla ısınmaktadır. Isınan kıyafetleri de kondüksiyon yoluyla insan bedenini ısıtmaktadır (Toy, 2010).

İnsan temelli koşullar ise, giysi, aktivite türü, yaş, cinsiyet gibi faktörlerin bir kombinasyonudur. Giysiler, vücut sıcaklığını korumak ve dengeli bir termal konfor sağlamak için çok önemlidir. Örneğin, giyilen kumaş türü, kıyafetlerin kalınlığı ve rengi, vücut ısısının kaybını veya tutulmasını etkiler. Ayrıca, aktivite türü de biyoiklimsel konfor üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Fiziksel aktiviteler, terleme ve nefes alma yoluyla daha fazla vücut ısısı üretir ve bu da termal konforu etkiler. Yaş ve cinsiyet de biyoiklimsel konforu etkileyen diğer faktörlerdir. Yaşlanma, vücut ısısı düzenlemesi konusunda zorluklara neden olabilir ve kadınlar genellikle erkeklere göre daha düşük vücut ısısına sahiptirler. Bu faktörler bir araya geldiğinde, kişinin termal konfor düzeyi etkilenebilir (Matzarakis ve ark., 2010).

Giysiler, insan biyoiklimsel konforunu etkileyen önemli faktörlerden biridir. Giysilerin biyoiklimsel konfora etkisi, giysinin ısı yalıtımı, su buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliği özelliklerine bağlıdır. Giysilerin ısı yalıtımı, giysi ve vücut arasındaki ısı transferine bağlıdır ve giysinin kalınlığı, malzemesi, yapısı ve ağırlığına bağlı olarak değişir. Su buharı geçirgenliği, giysi ile vücut arasındaki nem transferini ifade eder ve giysi malzemesinin cinsine, kalınlığına ve yoğunluğuna bağlıdır. Hava geçirgenliği ise giysinin içindeki havanın vücutla temasını ifade eder ve giysinin malzemesine, yapısına ve tasarımına bağlıdır. Clo, giysinin vücut üzerindeki etkisini ifade eden bir birimdir ve 1 clo, bir kişinin tamamen hareketsiz bir ortamda, sıcaklığı 21°C olan bir odada giydiği normal bir giysi setinin termal direncine eşittir. Bu yöntem, giysilerin ısı yalıtım özelliklerinin karşılaştırılmasında ve giysilerin konfor seviyelerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Giysilerin biyoiklimsel konfora etkisi üzerine yapılan araştırmalar, giysilerin sıcak ve soğuk hava koşullarına uygun olarak seçilmesinin önemini vurgulamaktadır. Örneğin, sıcak havalarda pamuklu, keten veya ince kumaşlı giysiler tercih edilirken, soğuk havalarda daha kalın ve yalıtımlı giysiler tercih edilmektedir. Ayrıca, giysilerin vücudun aktivite seviyesine göre değiştirilmesi gerekmektedir. Aktif bir yaşam tarzı olan kişiler, ter emici ve nefes alabilen giysiler tercih etmelidirler (Havenith, 2019).

Aktivitelerin yoğunluğu, süresi ve türü, vücut ısısını etkileyerek konfor seviyesini belirler. Farklı aktivite türleri, farklı sıcaklık aralıklarında konfor seviyeleri sağlar. Örneğin, hafif egzersiz

yapan bir kişi, ortam sıcaklığı 20°C iken konforlu hissederken, aynı sıcaklıkta ağır bir egzersiz yapan bir kişi konforlu hissetmeyebilir. Bu nedenle, aktivite seviyesi, biyoiklimsel konfor analizlerinde dikkate alınması gereken önemli bir faktördür Aktivitenin biyoiklimsel konfora etkisi, birçok çalışmada incelenmiştir. Örneğin, Hong ve ark. (2020), farklı aktivite düzeylerinde çalışan işçilerin termal konforunu değerlendirmek için bir araştırma yürütmüştür. Çalışmalarında, orta şiddetteki aktiviteler sırasında işçilerin daha düşük termal konfor puanlarına sahip olduklarını bulmuşlardır.

Yaş ve cinsiyet, biyoiklimsel konfor üzerinde etkili faktörlerdendir. Yaşın ilerlemesiyle birlikte vücut ısısı düzenleme mekanizmaları da etkilenir ve sıcaklık toleransı azalır. Ayrıca, yaşlı insanlar daha az terlerler ve terleri daha az etkili hale gelir, bu da vücudun ısısını düzenleme yeteneğini olumsuz etkiler. Özellikle yaşlıların yaşadığı fizyolojik değişiklikler, onları sıcak hava dalgalarına karşı daha savunmasız hale getirir ve bu nedenle yaşlılar diğer yaş gruplarına göre daha yüksek risk altındadır. Cinsiyet de biyoiklimsel konfor üzerinde bir etkiye sahiptir. Kadınlar, erkeklere göre daha az terlerler ve vücut ısısını daha az etkili bir şekilde düzenlerler. Ayrıca, kadınların vücutlarındaki hormon seviyeleri, sıcaklık toleransını da etkileyebilir (Parsons, 2014).

Sonuç olarak, biyoiklimsel konfor, insanların yaşam ve çalışma ortamlarında kendilerini konforlu hissedebilmeleri için iklimsel ve insan temelli koşulların dengeli bir şekilde sağlanması sürecidir. Bu sürecin başarılı olması, insanların daha verimli, sağlıklı ve mutlu olmalarına katkıda bulunacaktır.

2.2. İklim değişikliği ile ilgili önceki çalışmalar

İklim değişikliği, sıcaklıkların artması, yağışların azalması veya artması, ekstrem hava olaylarının artması gibi çeşitli sonuçlar doğurur. Bu değişiklikler, biyoiklimsel konforu da etkiler. Birçok araştırma, iklim değişikliğinin biyoiklimsel konfor üzerinde olumsuz etkileri olduğunu göstermiştir. Örneğin, yüksek sıcaklık ve nem koşullarının artması, hava kirliliği, yoğun yağışlar ve sel riski gibi faktörler, biyoiklimsel konforu azaltabilir. Bu faktörlerin insan sağlığı üzerindeki etkileri araştırılmış ve özellikle yaşlılar, çocuklar ve kronik hastalığı olanlar gibi savunmasız gruplar için riskli olduğu belirtilmiştir (IPCC, 2014) Ayrıca, iklim değişikliğinin etkileri bölgesel olarak farklılık gösterir ve bazı bölgelerde biyoiklimsel koşulların iyileşmesine neden olabilir. Örneğin, bazı kuzey ülkeleri, ısınan iklimin yanı sıra daha elverişli biyoiklimsel koşullara sahip olabilir (Frumkin ve ark., 2008). Özellikle kuzey yarımkürede yıllık ve mevsimlik ortalama sıcaklık değerleri, son 20 yılda bundan önceki dönemlere kıyasla daha yüksek bir hızla artmıştır. 20. yüzyılın son dönemlerinde, birkaç La Nina olayı dışında, genelde şiddetli El Nino olayları etkili olmuştur. Özellikle 1997 ve 1998 yıllarındaki rekor düzeydeki yüksek sıcaklıkların oluşmasında, 1997/98 El Nino olaylarının önemli etkisinin olduğu düşünülmektedir (Türkeş, 2000; IPCC, 2001).

Küresel ölçekteki bu değişimler ile dünyanın sosyo-ekonomik gelişimi paralel olarak ilerlemekte; dolayısıyla bu değişimin ardındaki asıl etken olarak yeryüzündeki antropojen

faaliyetler gösterilmektedir (Goudie, 2006; Raupach ve ark., 2007; Türkeş, 2008). İklim değişikliği, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (İDÇS), "Karşılaştırılabilir bir zaman periyodunda gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan değişikliktir" biçiminde tanımlanmıştır (UN/FCCC, 1996; Okkan, 2013). Bugüne değin BMİDÇS kapsamındaki eski tartışmalardan ve günümüzdeki Paris Antlaşması gö-rüşmelerinden de iyi bildiğimiz gibi, büyük olasılıkla kayıplar ve hasarlar, toplumsal sınıflar, bölgeler ve sektörler arasında eşit olmayan bir şekilde dağıtılacak ve özellikle etkilenebi-lirliği yüksek gelişmekte olan ve etkilenebilirliği çok yüksek az gelişmiş ülkelerde mevcut finansal, yönetişim ve kurum-sal düzenlemeler tarafından kapsamlı ve adil bir şekilde ele alınmayacaktır (Türkeş, 2023)

Bu etkilerin nedenlerini ve sonuçlarını kapsamlı olarak araştırmak amacıyla, 1988 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelleri (IPCC) gerçekleştirilmiştir. İklim değişikliği konusunda mevcut bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik bilgi ve çalışmaların değerlendirilmesi, bilimsel çıktılar ışığında iklim değişikliğiyle mücadele ve iklim değişikliğine uyum konularında karar vericilere yol göstermek amacıyla kurulmuştur. IPCC, Birleşmiş Milletler ve Dünya Meteoroloji Örgütü'ne üye ülkelerden oluşan, Türkiye'nin de içinde olduğu 195 IPCC üyesi ülkeler tarafından belirlenmiş bağımsız süreçlere göre çalışmalarını sürdürmektedir. IPCC ayrıca, BMİDÇS Taraflar Konferansı veya Bilimsel ve Teknolojik Danışma Yardımcı Organı tarafından yöneltilecek talepler üzerine belirli konularda özel rapor ya da teknik değerlendirmeler hazırlamaktadır. Panelin metodoloji alanındaki çalışmaları, tarafların sera gazı envanterlerinin oluşturulması için rehberler hazırlanmasında önemli rol oynamaktadır. Raporlar müzakerelerde temel referans kaynakları olarak kullanılmakta olup, ihtiyaca göre belirli dönemlerde çalışma grupları oluşturulabilmektedir. Her 5 ila 7 yılda bir, dünyanın iklim sisteminin bugün geldiği duruma ilişkin derlenen Değerlendirme Raporları basın ve karar vericilerle paylaşılmaktadır. Bu raporlardan ilki 1990 (FAR), ikincisi 1996 (SAR), üçüncüsü 2001 (TAR), dördüncüsü 2007 (AR4), beşincisi 2013-2014 (AR5) ve altıncısı 2021 (AR6) yılında yayınlanmıştır. (IPCC, 2021).

İklim sistemi için önemli olan doğal etmenlerin başında sera etkisi gelir. Bitki seralarını kaplayan kalın cam ya da renksiz naylon örtü, gelen kısa dalgalı güneş ışınımını geçirmesine karşın, seranın içerisinde salınan uzun dalgalı (kızıl ötesi ya da termik) ışınımının büyük bölümünün kaçmasına engel olur. Sera içinde tutulan termik ışınım seranın ısınmasını sağlayarak, hassas ya da ticarî değeri bulunan bitkiler için özellikle kış mevsiminde uygun bir yetişme ortamı oluşturur. Atmosfer de benzer bir davranış sergiler: Bulutsuz ve açık bir havada, gelen kısa dalgalı güneş ışınımının önemli bir bölümü atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır ve orada emilir (Şekil 3). Ancak, Yerküre'nin yüzeyinden salınan kızıl ötesi ışınımının bir bölümü, uzaya kaçmadan önce çoğunluğu alt atmosferde (troposfer) bulunan ışınımsal olarak etkin sera gazlarınca emilir ve sonra tekrar salınır (Türkeş, 2023).

Türkiye, iklim değişikliği açısından riskli ülkeler arasında yer almaktadır. Termal konfor koşullarının değişmesiyle kentsel alanlarda yaşanacak sıcak stresleri için önlemler alınması gerekmektedir. Tüm dünyada yaşanan kentleşme hareketleri Türkiye'de de yaşanmıştır (Çağlak ve Türkeş, 2022).

Birçok araştırma, iklim değişikliği ile biyoiklimsel konfor arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Günümüzdeki iklim değişikliği trendleri, yüksek sıcaklık, nem, rüzgar, ve güneş ışığına maruz kalmanın artmasına neden olmaktadır.

Batı Avustralya'da yapılan bir çalışmada, 1980 ve 2009 yılları arasındaki dönemde sıcaklık artışının, bireylerin uygun biyoiklimsel koşullarda yaşama süresinde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (Nitschke ve ark., 2011). Benzer şekilde, İngiltere'deki bir çalışmada, yüksek sıcaklıkların, termal konforu etkileyen faktörlerden biri olduğu ve artan sıcaklıkların insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olduğu belirlenmiştir (Hajat ve ark., 2010).

Bir başka araştırmada, güneş ışığına maruz kalmanın termal konfor üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu araştırmada, insanlar arasında güneşe maruz kalmaya bağlı olarak termal konforda farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Güneşe maruz kalmanın insanlarda kalp atış hızı, tansiyon ve vücut sıcaklığı gibi fizyolojik değişikliklere neden olduğu bulunmuştur (Pandolf ve ark., 2008a; Pandolf ve ark., 2008b). Bununla birlikte, farklı ten renklerine sahip insanlar arasında da güneşe maruz kalmanın etkileri farklılık göstermektedir. Özellikle koyu ten rengine sahip insanların daha fazla melanin ürettiği için güneş ışınlarının zararlı etkilerinden daha iyi korunduğu belirtilmektedir (Smit ve ark., 2016). Güneş ışınlarının biyoiklimsel konfora olan etkisi sadece insan sağlığı açısından değil, aynı zamanda binaların enerji tüketimi ve performansı açısından da önemlidir. Bir başka çalışmada, güneşin binaların iç sıcaklığı üzerindeki etkisi incelenmiş ve güneş enerjisi kullanımının binaların ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını azalttığı tespit edilmiştir (Fumo ve ark., 2015). Bu nedenle, güneş ışınlarının biyoiklimsel konfora olan etkisinin tam olarak anlaşılması ve dikkate alınması önemlidir.

2.3. Turizm iklim indeksi ile ilgili önceki çalışmalar

Yapılan çalışmalar ve gelinen noktada iklim değişikliği, biyoiklimsel konfor ilişkisinin yanı sıra turizmin de bunlarla ilişkisi son yıllarda önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bu çalışmada biyoiklimsel konfor ile turizm ilişkisi de ele alınmıştır. İklim değişikliğinin olumsuz etkileri turizm sektöründe de görülmektedir. Bu nedenle, turizm sektöründe etkili bir yönetim için iklim indekslerinin kullanımı önerilmektedir. Biyoiklimsel konfor, turistlerin hava koşullarına olan hassasiyetlerini belirleyen bir faktördür ve turistlerin seyahatlerindeki kararlarını da etkileyebilir. Bu nedenle, turizm sektörü iklim değişikliğinin neden olduğu olumsuz etkileri minimize etmek için biyoiklimsel konforu göz önünde bulundurmalıdır. Ayrıca, turizm sektöründe kullanılan iklim indeksleri de biyoiklimsel konfor faktörünü dikkate almaktadır. Örneğin, İspanya'da kullanılan Turizm İklim İndeksi, biyoiklimsel konforu göz önünde bulunduran bir indekstir. Bu indeks,

turistlerin seyahatlerindeki hava koşullarına duyarlılıklarını ölçmek için kullanılır ve turizm sektöründe karar vericilere yardımcı olur (Amelung ve ark., 2007). Benzer şekilde, Yunanistan'da da biyoiklimsel konfor faktörü dikkate alınarak Turizm İklim İndeksi geliştirilmiştir ve bu indeks de turizm sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır (Matzarakis ve ark., 2007). Bu çalışmalar, turizm sektöründe iklim değişikliğinin etkilerini minimize etmek için biyoiklimsel konfor faktörünün önemini vurgulamaktadır ve turizm sektöründe kullanılan iklim indekslerinin biyoiklimsel konfor faktörünü dikkate alması gerektiğini ortaya koymaktadır.

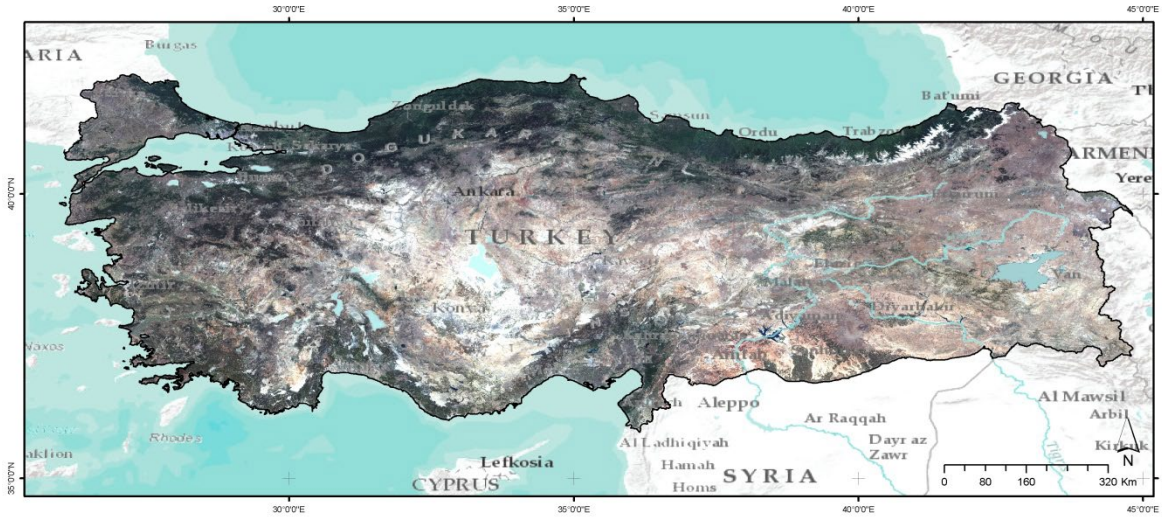
Turizm iklim indeksi, turizm sektöründe 2000'li yılların başlarında karar vericilere yardımcı olmak için hava koşullarını değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir. İlk olarak 2004 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından önerilen bu indeks, turistlerin destinasyonlarını seçerken hava koşullarını da dikkate almalarına yardımcı olmak amacıyla tasarlanmıştır (WMO, 2010). Bu indeksin ilk geliştirilmesi, biyoiklimsel konfora dayalı bir yaklaşımı içermekteydi ve özellikle yaz aylarında tatil yapan turistlerin sıcaklık ve nem oranına olan duyarlılıklarını dikkate almaktaydı. Ancak, sonraki yıllarda indeksin kapsamı genişletildi ve diğer hava koşullarına ilişkin değişkenler de dahil edilmiştir. Örneğin, yağış miktarı, güneş ışığı, rüzgar ve karlı gün sayısı gibi faktörler de hesaba katılmaya başlandı (Scott ve ark., 2011). Daha sonra, Turizm İklim İndeksi'nin (TCI) geliştirilmesi için uluslararası bir çaba başlatıldı. Bu amaçla, 2006 yılında WMO, Dünya Turizm Örgütü (UNWTO) ve diğer kurumlar tarafından TCI'nın uluslararası standartlarının belirlenmesi amacıyla bir çalışma başlatıldı. 2007 yılında, bu çalışmalar sonucunda TCI'nın uluslararası standartları belirlendi ve WMO tarafından resmi olarak kabul edildi (WMO, 2010). Bugün, TIE, turizm sektöründe en yaygın olarak kullanılan iklim endekslerinden biridir ve pek çok ülke, bu endeksi turizm faaliyetlerinin planlanması ve yönetimi için kullanmaktadır. TIE, turistlerin tatil planlamalarını ve destinasyon seçimlerini yaparken hava koşullarını da dikkate almalarına yardımcı olurken, turizm sektörü için de önemli bir planlama ve yönetim aracıdır (Amelung ve ark., 2007; Matzarakis ve ark., 2007).

3. MATERYAL VE METHOD

3.1. Materyal

3.1.1. Coğrafi Konum

Türkiye, Eski Kara Kütleleri adı verilen, Asya-Avrupa ve Afrika kıtalarının birbirlerine iyice yaklaştıkları bölgede yer alır. Topraklarının büyük çoğunluğu Anadolu yarımadası olarak Asya'da, Trakya yarımadası olarak Avrupa'da bulunmaktadır. Türkiye, baş meridyene (Greenwich) göre 26°-45° doğu meridyenleri, ekvatora göre ise 36°-42° kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Kuş uçuşu kuzey-güney doğrultusunda 6 enlem farkı vardır, bu da yaklaşık 666 km'lik (6x111=666) bir mesafeye karşılık gelir. Doğudan batıya ise, 19 boylam farkı vardır, bu da yaklaşık 76 dakikalık (19x4=76) bir zaman farkına eşittir. Türkiye'nin izdüşüm alanı (harita üzerinde yapılan hesaplama) 779.452 km², gerçek alanı ise 814.578 km².dir. Harita üzerinde yapılan hesaplama sonucu elde edilen izdüşüm alanı ile gerçek alan arasında 35.126 km²'lik bir fark bulunmaktadır. Türkiye toplam yüzölçümünün (814578 km²), % 97'si (790200 km²) Anadolu yarımadasında ve % 3'ü (24378 km²) ise Trakya yarımadasında yer almaktadır. Türkiye'nin kuzeyinde; Karadeniz, kuzeydoğusunda; Gürcistan, Ermenistan, Azerbaycan-Nahcivan, doğusunda; İran, güneyinde; Irak, Suriye ve Akdeniz, batısında; Ege Denizi, kuzeybatısında ise; Yunanistan ve Bulgaristan bulunmaktadır (Şekil 3.1). Topraklarının kuzeybatı kısmının ortasında Marmara denizi vardır. Marmara Denizi, Çanakkale Boğazı ile Ege Denizine, İstanbul Boğazı ile de, Karadeniz'e bağlıdır (Berberoğlu, 2020;Berberoğlu, 2021).



Şekil 3.1. Çalışma Alanı (Google Earth Uydu Görüntüsü, 2023)

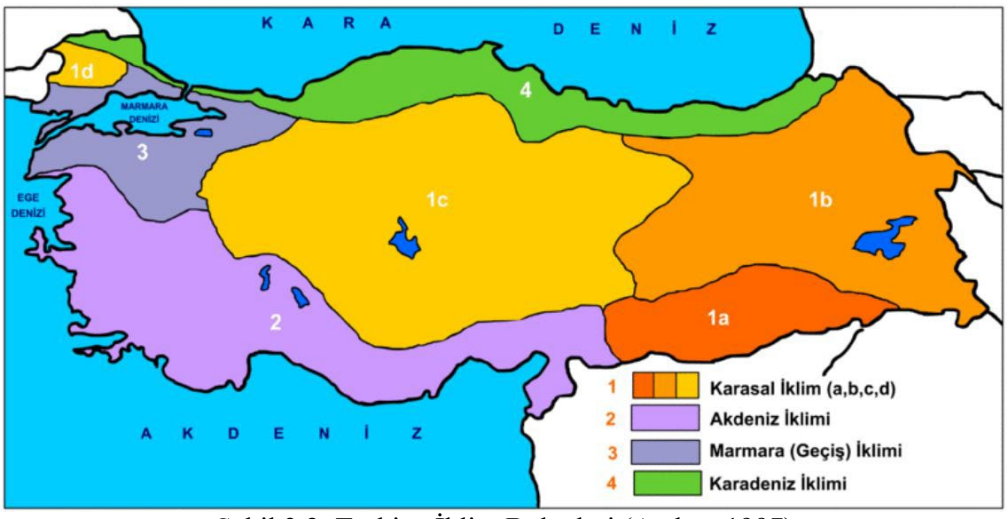
3.1.2. İklim

Türkiye, bulunduğu coğrafi ve özel konuma bağlı olarak kısa mesafede değişen çeşitli iklim şartlarına sahiptir (Şensoy ve ark., 2008; Yılmaz ve Çiçek, 2019; Öztürk ve ark., 2017). Türkiye, kuzeyde batı rüzgârları sisteminin etkisindeki Orta ve Batı Avrupa'nın ılıman iklimiyle

Doğu Avrupa'nın karasal iklimi ve güneyde subtropikal yüksek basınç rejiminin her mevsimi kurak tropikal bölge arasında geçiş kuşağı üzerinde yer almaktadır (Koçman, 1993). Sıcaklık, yağış, nispi nem, güneşlenme süresi ve şiddeti, basınç, rüzgâr frekansı ve şiddeti, buharlaşma gibi parametreler gözlenebilen ve ölçülebilen iklimin temel elemanları olarak ifade edilmektedir. Bunların yanı sıra herhangi bir bölgedeki iklimi etkileyen çeşitli faktörler de (kara-deniz, deniz-hava etkileşimi, volkanik aktiviteler, antropojenik faaliyetler, enerji dengesi, vb.) bulunmaktadır (Şensoy ve ark., 2008). Genel anlamda herhangi bir bölgenin iklimini etkileyen unsurlar benzer özelliktedir. Türkiye'nin de iklim şartlarını belirleyen temel iki faktör; coğrafi ve planetar faktörlerdir. Türkiye'yi etkileyen hava tipleri ve mevsimlere göre karakteri, basınç şartlarına bağlı olarak rüzgâr özelliği, siklonik ve antisiklonik şartları, Rossby dalgaları, Kuzey Atlantik ve Arktik salınımlar planetar faktörler olarak tanımlanmaktadır (Erinç, 1996; Atalay, 2010).

Türkiye ılıman kuşak ile subtropikal kuşak arasında yer alır. Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili olması, dağların uzanışı ve yeryüzü şekillerinin çeşitlilik göstermesi, farklı özellikte iklim tiplerinin doğmasına yol açmıştır. Yurdumuzun kıyı bölgelerinde denizlerin etkisiyle daha ılıman iklim özellikleri görülür. Kuzey Anadolu Dağları ve Toros sıradağları deniz etkilerinin iç kesimlere girmesini engeller (Şekil 3.2). Bu yüzden yurdumuzun iç kesimlerinde karasal iklim özellikleri görülür. Dünya ölçüsünde yapılan iklim sınıflarında kullanılan ölçütler esas alınarak, ülkemizde şu iklim tipleri ayırt edilebilir (Atalay, 1997):

1. Karasal İklim (a, b, c, d)
2. Akdeniz İklimi
3. Marmara (geçiş) İklimi
4. Karadeniz iklimi



Şekil 3.2. Türkiye İklim Bölgeleri (Atalay, 1997)

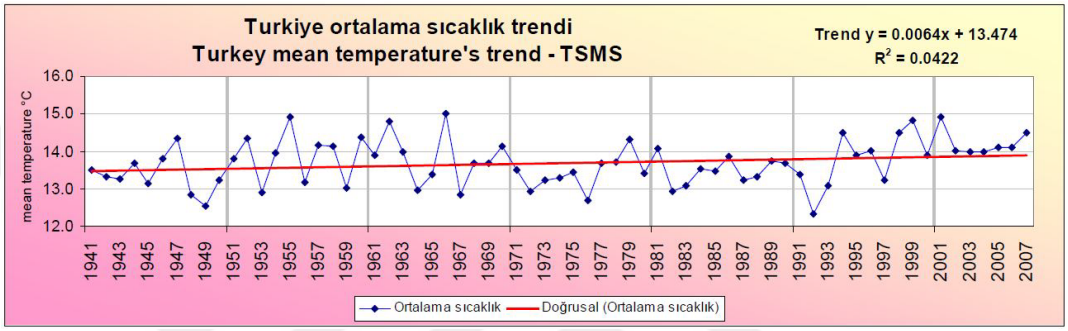
1. Karasal İklim: Yaz ile kış arasında sıcaklık farkı fazla, yağışlar genellikle ilkbahar ve kış mevsiminde gerçekleşmekte, yazın kuraklık egemen olmaktadır. Bu iklim; İç, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri ile Trakya'nın iç kısmında hüküm sürmektedir. Yağış ve sıcaklık özelliklerine bağlı olarak karasal iklim dört alt tipe ayrılabilir (Sensoy ve ark, 2008).

    i. Güneydoğu Anadolu Karasal İklimi: Yazları çok sıcak, kışları ise nadiren soğuk geçer. Doğal bitki örtüsü, düşük rakımlı düzlüklerde cılız bozkırlar ve kuraklığa dayanıklı çalılardan oluşur. Soğuk ay olan Ocak ayı ortalama sıcaklığı 3,7 °C, sıcak ay olan Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 29,8 °C, yıllık ortalama sıcaklık 16,4°C'dır. Ortalama yıllık toplam yağış 565,7mm'dir ve yağışların çoğu kış ve ilkbahar mevsimindedir. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı % 2,6'dır. Yıllık ortalama nispi nem % 53,6'dır. Bölgede nispi nem oranının düşük olması buharlaşma miktarını artırmakta ve yaz yağışları zaten az olan bölgede, yaz kuraklığı oldukça yoğun ve uzun sürmektedir (Sensoy ve ark, 2008).
    ii. Doğu Anadolu Karasal İklimi: Kış mevsimi oldukça soğuk ve uzun, yazın serin geçer. Ancak düşük rakımlı sahalarda yazın sıcaklık yüksektir. Soğuk dönem boyunca bu bölge kar altındadır ve don olayı sık görülür. Doğal bitki örtüsü, yüksek rakımlı yerlerde çayırlardan, düşük rakımlı yerlerde ise bozkırlardan ve bunların çevresindeki yüksek kesimlerde kuru ormanlardan oluşur. Soğuk ay olan Ocak ayı ortalama sıcaklığı –4,2 °C, sıcak ay olan Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 24,2 °C, yıllık ortalama sıcaklık 10,2 °C'dir. Ortalama yıllık toplam yağış 579,4mm'dir ve yağışların çoğu kış ve ilkbahar mevsimindedir. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı % 9,5'dir. Yıllık ortalama nispi nem % 60,2'dir (Sensoy ve ark, 2008).
    iii. İç Anadolu Karasal İklimi: Yazları biraz sıcak, kışları soğuktur ve soğuğun şiddeti Orta Anadolu'nun doğu kısmına doğru artmaktadır. Doğal bitki örtüsü, yaz kuraklığından dolayı alçak kısımlarda bozkırlardan, yüksek kesimlerde ise kuru ormanlardan oluşur. Soğuk ay olan Ocak ayı ortalama sıcaklığı -0,7 °C, sıcak ay olan Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 22 °C, yıllık ortalama sıcaklık 10,8 °C'dir. Ortalama yıllık toplam yağış 413,8mm'dir ve yağışların çoğu kış ve ilkbahar mevsimindedir. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı % 14,7'dir. Yıllık ortalama nispi nem % 63,7'dir (Sensoy ve ark, 2008).
    iv. Trakya Karasal İklimi: Yazı sıcak ve kışı nispeten soğuk geçer. Doğal bitki örtüsü kuru ormanlardan oluşur. Soğuk ay olan Ocak ayı ortalama sıcaklığı 2,8 °C, sıcak ay olan Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 23,9 °C, yıllık ortalama sıcaklık 13,2 °C'dır. Ortalama yıllık toplam yağış 559,7mm'dir ve yağışların çoğu kış,

ilkbahar ve sonbahar mevsimindedir. Bölgede az da olsa yazın da yağış olur. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı % 17,6'dır. Yıllık ortalama nispi nem % 69,6'dır (Sensoy ve ark, 2008).

2. Akdeniz İklim: Bu iklim, Ege Bölgesi'nin büyük bir bölümü ile İç Anadolu'nun batı kesiminde ve Akdeniz Bölgesi'nde Torosların güneye bakan kesimlerinde etkilidir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Kıyı kuşağında kar yağışı ve don olayları nadir olarak görülür. Yüksek kesimlerde kışlar karlı ve soğuk geçer. Kıyı kuşağının doğal bitkisini, sıcaklık ve ışık isteği yüksek ve kuraklığa dayanıklı olan kızılçam ve bunların tahrip edildiği yerlerde her zaman yeşil olan makiler oluşturur. Yüksek yerlerde ise iğne yapraklı karaçam, sedir, ve göknar ormanları hakimdir. Soğuk ay olan Ocak ayı ortalama sıcaklığı 6,4 °C, sıcak ay olan Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 26,8 °C, yıllık ortalama sıcaklık 16,3 °C civarındadır. Ortalama yıllık toplam yağış 725,9 mm'dir ve yağışların çoğu kış mevsimindedir. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı %5,7'dir. Bu yüzden bölgede yaz kuraklığı hakimdir. Yıllık ortalama nispi nem % 63,2'dir (Sensoy ve ark., 2008).
3. Marmara (Geçiş) İklimi: Marmara Bölgesi'nin kuzey Ege'yi de içine alacak şekilde güney kesiminde görülür. Kışları Akdeniz iklimi kadar ılık, yazları Karadeniz iklimi kadar yağışlı değildir. Karasal iklim kadar kışı soğuk, yazı da kurak geçmemektedir. Bu özelliklerden dolayı Marmara iklimi, karasal Karadeniz ve Akdeniz iklimleri arasında bir geçiş özelliği göstermektedir. Buna bağlı olarak doğal bitki örtüsünü alçak kesimlerde Akdeniz kökenli bitkiler, yüksek kesimlerde kuzeye bakan yamaçlarda Karadeniz bitki topluluğu özelliğindeki nemli ormanlar oluşturmaktadır. Soğuk ay olan Ocak ayı ortalama sıcaklığı 4,9 °C, sıcak ay olan Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 23,7 °C, yıllık ortalama sıcaklık 14,0 °C'dir. Ortalama yıllık toplam yağış 595,2mm'dir ve yağışların çoğu kış mevsimindedir. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı % 11,7'dir. Yıllık ortalama nispi nem % 73'dür (Sensoy ve ark, 2008).
4. Karadeniz İklimi: Bu iklim tipi Karadeniz Bölgesi'nin kıyı ve dağların kuzeye bakan kesimleri ile Marmara Bölgesi'nin Karadeniz kıyı kuşağında etkilidir. Yaz ile kış arasındaki sıcaklık farkı fazla değildir. Yazlar nispeten serin, kışlar ise kıyı kesiminde ılık, yüksek kesimlerde karlı ve soğuk geçer. Her mevsimi yağışlı olup su sıkıntısı görülmez. Doğal bitki örtüsünü, kıyı bölümünde geniş yapraklı nemli ormanlar ve yüksek kesimlerde ise soğuk ve nemli şartlarda yetişen iğne yapraklı ormanlar oluşturur. Soğuk ay olan Ocak ayı ortalama sıcaklığı 4,2 °C, sıcak ay olan Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 22,1°C, yıllık ortalama sıcaklık 13,0 °C'dir. Ortalama yıllık toplam yağış 842,6mm'dır. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı % 19,4'dür. Yıllık ortalama nispi nem % 71'dir (Sensoy ve ark, 2008).

Aletsel kayıtların başladığı 1861 yılından bu yana 2007 yılı küresel ortalama yüzey sıcaklığı, 1961-1990 ortalamalarının 0,55 ºC (NOAA'a göre) üzerinde gerçekleşerek 2007 yılını dünyanın en sıcak 5. yılı yapmıştır. Türkiye'de ise 1994-2007 yılları arası ortalama sıcaklıklar 1997 yılı hariç 1961-1990 ortalamalarının üzerinde gerçekleşmiştir. Türkiye'de en sıcak yıl 1,2 ºC'lik anomali ile 2001 yılı olmuştu. 2007 yılı ortalama sıcaklığı 14,5 °C ile 1961-1990 ortalaması olan 13,6 °C'nin 0,9 °C üzerinde gerçekleşmiştir (Şekil 3.3). 1941-2007 yılları arası verilere göre Türkiye ortalama sıcaklıklarında 0.64 °C/100 yıl olmak üzere artış trendi vardır (Sensoy ve ark, 2008).



Şekil 3.3. Türkiye yıllık ortalama hava sıcaklıklarında gözlenen yıllararası değişimer ve uzun süreli doğrusal trend

Havanın bütün gazlar gibi genleşme ve akma kabiliyeti vardır. Yatay yönde yer değiştiren bir hava kütlesinin hareketine rüzgâr denir. Yeryüzü çeşitli nedenlerle farklı ısınır. Böylece ısınan hava kütlesi genleşerek yükselir. Komşu bölgedeki soğuk hava bu bölgeye doğru akmaya başlar. Ve rüzgâr meydana gelir. Rüzgârın hangi yönden, ne kadar süreyle ve ne kadar sıklıkla estiğinin bilinmesi gerekir. Türkiye rüzgâr dağılımına baktığımızda Doğu Karadeniz'de rüzgârların güneyli, Akdeniz Bölgesi'nde ise kuzeyli olduğunu görmekteyiz. Kıyılardaki dağlık yapı nedeniyle karadan denize doğru esen bu rüzgârların irtifa kaybetmesi sonucu ısınarak fön etkisi yapması söz konusudur. En fazla ortalama hız Çanakkale ve civarındadır. Bu açıdan Çanakkale yenilenebilir rüzgâr enerjisi tribünleri için uygun bir alandır (Sensoy ve ark, 2008).

3.1.3. Turizm

Latincede "dönme" manası taşıyan "tornus" ve İngilizcede "gezgin" anlamı taşıyan "touring" kelimelerinin temeli olan "tour" kelimesinden "tourism (turizm)" kelimesi türetilmiştir. Her ne kadar ilk kullanımı bilinmese de yazılı olarak ilk defa 1811 yılında yayımlanış yeri İngiltere olan "Sporting Magazine" dergisi olduğu kabul görmektedir (Demir, 2020. Dünya içerisinde hemen hemen her toplumdan milyonlarca kişi, yaşadıkları coğrafyadan farklı coğrafyalara, birçok sebepten dolayı seyahat etmektedir. Bu seyahatler genellikle "turizm" seyahatleri olmaktadır (Civelek, 2020). Turizmin önemine bakıldığında ekonomik katkılarından istihdama kadar birçok

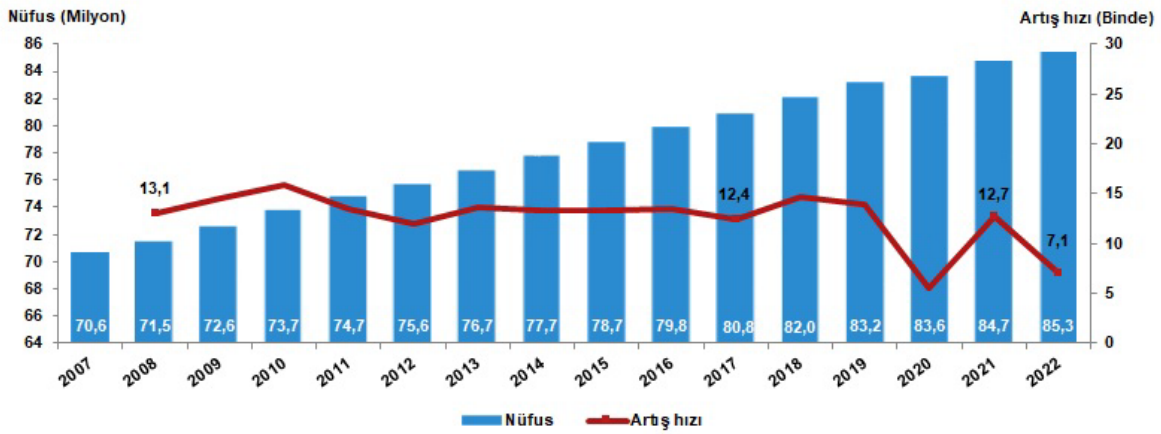
alanda getirisinin olduğu görülmektedir. Turizm, gelir meydana getirmesi, döviz getirisi ve istihdama katkısının olumlu sonuçlarından dolayı küresel ekonomi alanında en önemli sektörlerden biridir(Bahar, 2006. Turizm alanında oluşan arz ve talepten dolayı, çağdaş ekonomi çerçevesinde önemli bir sektör olarak görülmektedir (Göçen ve ark., 2011). İstatistik alanında yapılan küresel çalışmalarda, turizm sektörünün dünyadaki istihdama katkı oranı % 7,4 olarak ifade edilmekte, toplam istihdam olarak da % 10'luk bir katkı sunmaktadır (Bahar ve İlal, 2020).

Dünya üzerindeki turizm sektörlerinin hızla gelişmesiyle beraber Türkiye de bu sektörde "ekonomi" ve "mikro" politikaları doğrultusunda hızla gelişim göstermektedir. Türkiye'de Turizm gelirleri kapsamında veriler Kültür ve Turizm Bakanlığı, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) iş birliği ile beraber TÜİK'in yürüttüğü "Çıkış Yapan Ziyaretçiler Anketi"nden elde edilmektedir. Ankette Türkiye'yi ziyaret ederek yurt dışına çıkış yapan yabancılarla ödeme dengesi metodolojisi kapsamında yurt dışında yerleşik olarak yaşamakta olan ve Türkiye'ye giriş yapan vatandaşların yaptıkları turizm harcamaları belirlenmektedir. Turizm giderlerinin belirlenmesi ise TÜİK'in yürüttüğü "Vatandaş Giriş Anketi" sonuçları ile belirlenmektedir. TURSAB (Türkiye Seyahat Acentaları Birliği) 2020'nin açıkladığı Türkiye'deki gelişimler neticesinde turizm gelirlerinin ihracat ve ithalata oranı verileri incelendiğinde turizm gelirlerinin 1969 yılı içerisinde ihracata oranının % 6,8 olduğu görülmekteyken, 2019 yılına gelindiğinde bu oranın % 20,1'lere çıktığı görülmektedir. İthalat oranına bakıldığında ise 1969 yılında % 5,3 olan bu oran 2019 yılında % 2,1'lere kadar düşmüştür. Ayrıca turizm gelirleri 1969 yılında 36,6 milyon dolar iken, 2019 yılında ise bu oranın 34 milyar 520 milyon dolara kadar çıktığı görülmektedir. Turizm giderleri ise 1969 yılında 42,2 milyon dolar seviyelerindeyken, 2019 yılında 4 milyar 403 milyon dolar seviyelerinde olmaktadır.

Ülkedeki turizm faaliyetleri Türkiye Cumhuriyeti Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın sorumluluk alanındadır. Türkiye'de ülkenin tarihini ve kültürünü yansıtan pek çok turistik yer mevcut olup ayrıca Akdeniz ve Ege Denizi'nin kıyısında turistik aktiviteler yapılmaktadır. Son yıllarda ülke, sağlık turizminde popüler hâle gelmiştir. Türkiye'nin en büyük şehri olan İstanbul, Bizans ve Osmanlı İmparatorluğu'nun başkenti olması dolayısıyla da antik döneme sahip birçok yapıyı barındırmaktadır. Sultan Ahmet Camii, Ayasofya ve Topkapı Sarayı bunlardan birkaçıdır. Diğer önemli turizm alanları; Roma İmparatorluğu döneminden kalan Efes, Troya, Bergama, Side, Meryem Ana Evi'nin yanı sıra Kapadokya, Nemrut ve Pamukkale bölgeleridir. Plaj bölgeleri, genellikle Türkiye'nin çeşitli şehirlerinde yaşayan insanlar ve Batı Avrupa'dan gelen turistler için önemli bir turizm alanıdır. En önemli plajlar, Ege kıyılarından başlar ve Akdeniz'de Antalya yakınlarında son bulur. Bodrum, Çeşme, Fethiye, Marmaris, Kuşadası, Alanya önemli tatil yöreleridir.

3.1.4. Nüfus

İklim verilerinin yanında BK modelinde kullanılacak kişisel veriler TÜİK'e göre Türkiye yaş, kilo, boy ortalamaları alınmıştır. Bu kapsamda TÜİK verilerine göre Türkiye'nin nüfusu 31 Aralık 2022 tarihi itibarıyla bir önceki yıla göre 599 bin 280 kişi artarak 85 milyon 279 bin kişiye ulaşmıştır. Yıllık nüfus artış hızı 2021 yılında binde 12,7 iken, 2022 yılında binde 7,1 oldu (Şekil 3.4). Bu nüfusun 42 milyon 704 bin 112 kişi ile %50,1'ini erkekler, 42 milyon 575 bin 441 kişi ile %49,9'unu ise kadınlar oluşturmaktadır. Türkiye'nin toplam nüfusunun %18,65'i olan İstanbul, 15 milyon 907 bin 951 kişi ile en kalabalık şehirdir (Çizelge 3.1). İstanbul'u sırasıyla 5 milyon 782 bin 285 kişi ile Ankara, 4 milyon 462 bin 56 kişi ile İzmir, 3 milyon 194 bin 720 kişi ile Bursa ve 2 milyon 688 bin 4 kişi ile Antalya takip etmektedir. Bayburt ise 84 bin 241 kişi ile en az nüfusa sahip olan şehirdir. 2022 yılında kilometrekareye düşen ortalama kişi sayısı ise 111 kişi olmuştur. Nüfus yoğunluğu en fazla olan ilimiz yine İstanbul olup, kilometrekareye düşen ortalama kişi sayısı 3 bin 62 kişidir. İstanbul'u sırasıyla İstanbul'dan sonra 576 kişi ile Kocaeli ve 371 kişi ile İzmir takip etmektedir. Nüfus yoğunluğu en az olan ilimiz ise kilometrekareye düşen ortalama 11 kişiyle Tunceli'dir (TUİK, 2022)

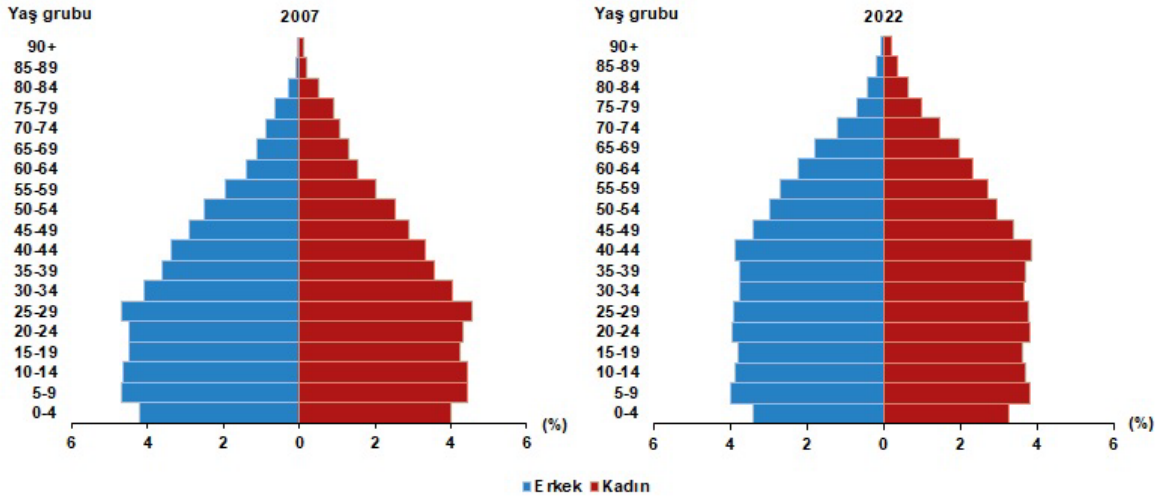


Şekil 3.4. Türkiye'nin 2007-2022 Nüfus ve yıllık nüfus artış hızı (TUİK, 2022).

Çizelge 3.1. En fazla nüfusa sahip ilk 5 ilin cinsiyete göre dağılımı (TUİK, 2022)

				Toplam nüfus içindeki oranı (%)		
İller	**Toplam**	**Erkek**	**Kadın**	**Toplam**	**Erkek**	**Kadın**
İstanbul	15.907 951	7.955 820	7.952.131	18,65	18,63	18,68
Ankara	5.782 285	2.856 479	2.925.806	6,78	6,69	6,87
İzmir	4.462 056	2.215 716	2.246.240	5,23	5,19	5,28
Bursa	3.194 720	1.595 869	1.598.851	3,75	3,74	3,76
Antalya	2.688 004	1.351 702	1.336.302	3,15	3,17	3,14

Türkiye nüfusunda cinsiyetlere göre nüfus yoğunluğu ortanca yaş gruplarında olduğu görülmekte ve bu çalışma kapsamında da orta yaş grubu yaş aralığındaki insanlar için biyoiklimsel konfor durumu ortaya konacaktır (Şekil 3.5). Türkiye'de 2021 yılında 33,1 olan ortanca yaş, 2022 yılında 33,5'e yükseldi. Cinsiyete göre incelendiğinde, ortanca yaşın erkeklerde 32,4'ten 32,8'e, kadınlarda ise 33,8'den 34,2'ye yükseldiği görüldü (TUİK,2022). 2018 yılına TUİK'e ait verilere göre, cinsiyete göre yaş, boy ve kilo ortalamaları incelendiğinde Türkiye'deki erkeklerin ortalama boyu 174.3 cm, ortalama kilosu 77.1 kg iken, kadınların ortalama boyu 160.7 cm, ortalama kilosu ise 66.1 kg olarak belirlenmiştir.

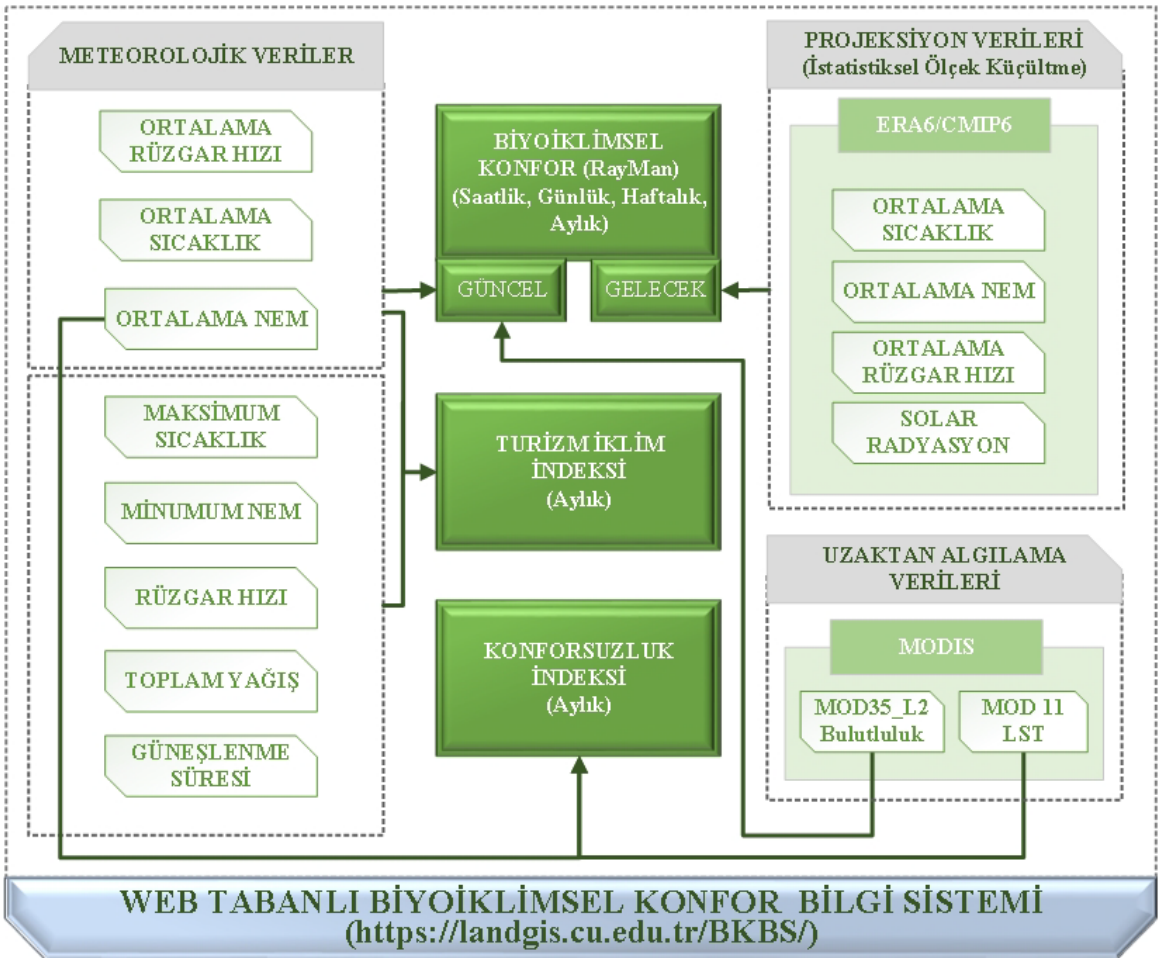


Şekil 3.5. Türkiye nüfusu 2022 yılı yaş grupları ve cinsiyete göre nüfus piramidi

3.2. Metod

Geleneksel planlama yaklaşımı, iklim verilerini yalnızca bir girdi olarak ele almış ve iklim değişikliği ile biyoiklimsel konfor durumunu göz ardı etmiştir. Bu yaklaşım, konumsal bilgi teknolojilerinin (uzaktan algılama, CBS, konumsal modeller) yeterince kullanılmaması nedeniyle eksik kalmıştır. Bu ihtiyaçlar dikkate alındığında, Türkiye genelinde fiziksel planlamalarda kullanılabilecek bir altlık veri olarak, Türkiye'nin iklim değişikliği senaryolarına göre biyoiklimsel konfor bölgelerinin belirlenmesi ve turizm iklim indeksi değerlerinin dağılımlarına göre uygun turizm bölgelerinin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Böylelikle belirlenen biyoiklimsel konfor dağılımları temel alınarak turizm türlerine göre uygun turizm bölgeleri belirlenecektir. Bu sonuçlar doğrultusunda, turizme uygun bölgelerdeki ısı stresi yaratan alanların dağılımını tespit ederek, ülke genelinde daha etkili ve verimli fiziksel planlamaların yapılması mümkün olacaktır. Bu amaçlar kapsamında çalışma yöntemi üç temel aşama ve sekiz alt aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar şu şekildedir;

1. İklim verilerinin hazırlanması
   a) Meteorolojik verilerin temini ve uygun formatlara dönüşümü
   b) Uzaktan algılama verilerinin temini ve uygun formatlara dönüşümü
   c) İklim Değişikliği Senaryolarına dayalı projeksiyon verilerinin hazırlanması
2. Modelleme Çalışmaları
   a) Temin edilen verilerin alana yaygınlaştırılması
   b) İstatistiksel ölçek küçültme yöntemi ile geleceğe yönelik iklim verilerinin üretilmesi
   c) RayMan Modeli kullanılarak FES değerlerinin üretilmesi
   d) Turizm iklim indeksine göre turizm konfor alanlarının tespiti
   e) Konforsuzluk İndeksi (Discomfort Index) verilerinin üretilmesi
3. Model sonuçlarının web ortamında yayınlanması (Şekil 3.6)



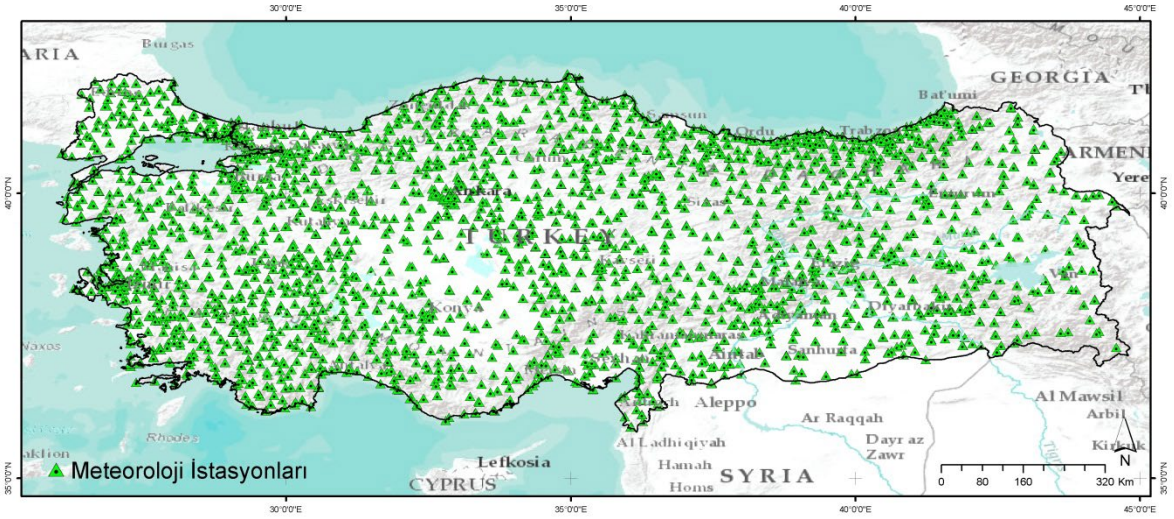
Şekil 3.6. Yöntem akış şeması

3.2.1. Veri Hazırlanması

Klimatolojik/Meteorolojik Veriler

Çalışmada, Türkiye'nin biyoiklimsel konfor durumunu modellemek için çeşitli klimatolojik veriler kullanılmıştır. Bu veriler, Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (TMGM) veri

arşivinden büyük klima ve küçük klima meteoroloji istasyonları bazında temin edilmiştir. Türkiye'de 2584 farklı büyük klima ve küçük klima meteoroloji istasyonundan toplam 20 yıllık (1998-2019) uzun yıllar ortalama, günlük ve saatlik ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama nem, minimum nem ve ortalama rüzgâr hızı verileri kullanılmıştır (Şekil 3.7). Yüzey sıcaklığı ve bulutluluk verisini üretmek için uzaktan algılama verileri ise United States Geological Survey (USGS) üzerinden temin edilmiştir. İstasyonlar Türkiye genelinde, farklı coğrafi bölgeleri temsil etmektedir. Bu çalışmada, biyoiklimsel konforu değerlendirmek için biyoiklimsel olarak insan konforunu değerlendirmek için kullanılan bir model olan RayMan modeli kullanılmıştır. RayMan modeli, meteorolojik veriler, coğrafi konum, yerel çevre koşulları, vücut özellikleri ve aktivite düzeyi gibi bir dizi girdiye dayanarak biyoiklimsel konfor indeksleri üretmektedir. Çalışmada biyoklimatolojik konfor indeksleri arasında sıkça kullanılan bir yöntem olan ve insan vücudunun, çevresel koşullara uyum sağlama yeteneğini temsil eden Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) indeksi kullanarak biyoiklimsel konfor alanları belirlenmiştir. Bu indeks, çevresel koşulların vücut üzerindeki etkisini modeller ve insanın rahat hissetme derecesini ifade eder. Dolayısıyla FES, biyoiklimsel konfor analizlerinde önemli bir parametredir ve birçok çalışmada kullanılmaktadır.



Şekil 3.7. Klimatoloji ve Meteoroloji istasyonları mekânsal dağılımı

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen veriler, biyoiklimsel konfor tahminleri ile turizm iklim indeksi tahminleri için kullanılmıştır. Bu doğrultuda kullanılan verilerin dağılımı ve özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık ve Turizm İklim İndeksi Verilerinin Dağılımı

Meteorolojik değişkenler	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES)	Turizm İklim İndeksi (TCI)
Ortalama Sıcaklık (C^o)	X	
Ortalama Maksimum Sıcaklık (C^0)	-	X
Minimum Sıcaklık (C^0)	-	X
Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	X	X
Ortalama Bağıl Nem (%)	X	X
Minimum Bağıl Nem (%)	-	X
Toplam Yağış (mm)	-	X
Güneşlenme Süresi (saat)	-	X

Uydu Görüntüleri

Türkiye genelindeki kesintisiz veri temini zorlukları nedeniyle, biyoiklimsel konfor tahminlerinde kullanılan iklim verileri arasında yer alan solar radyasyon veya bulutluluk verileri yerine, MODIS uydu görüntüleri aracılığıyla elde edilen bulutluluk verileri kullanılmıştır. MODIS-VIIRS Atmosfer Disiplin Ekibi, Dünya'nın atmosferik özellikleriyle (aerosoller, bulutlar, su buharı) ilgili türetilmiş jeofiziksel parametrelerin uzun vadeli iklim veri kayıtlarının oluşturulması için görüntüleyici uzaktan algılama algoritmaları geliştirir ve sürdürür. Atmosfer Ekibinin kökleri, sırasıyla 1999 ve 2002'de başlatılan ve özellikle ikiz Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektroradyometrelerini (MODIS) destekleyen Dünya Gözlem Sistemi'nin (EOS) temel unsurları Terra ve Aqua görevlerine dayanmaktadır. MODIS, NASA'nın Dünya Gözlem Sistemi'nin bir parçası olarak görevlendirilen bir dizi uydunun temel taşı olan bir araçtır. Görevi, yüksek konumsal ve yüksek spektral çözünürlükte uzun vadeli bilimsel veri kaydı sağlamaktır. 36 kanallı MODIS algılayıcısı, kısa dalga görünürden uzun dalga kızılötesine kadar orta konumsal (1 km) ve yüksek spektral çözünürlüğe sahiptir.

MODIS bant genişlikleri bulut maskesi algoritmasının bir parçası olarak kullanılan bant genişlikleri listede yer almaktadır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. MODIS bant genişlikleri

Bant	Dalga boyu(μm)		Bulut Maskesi
1 (250 m)	0.659	E	(250m ve 1km) Bulut, Gölge
2 (250 m)	0.865	E	(250m ve 1 km) Alçak bulut
3 (500 m)	0.470	H	
4 (500 m)	0.555	H	Kar
5 (500 m)	1.240	E	Kar
6 (500 m)	1.640	E	Kar, Gölge
7 (500 m)	2.130	H	
8	0.415	H	
9	0.443	H	
10	0.490	H	
11	0.531	H	
12	0.565	H	
13	0.653	H	
14	0.681	H	
15	0.750	H	
16	0.865	H	
17	0.905	H	
18	0.936	E	Alçak Bulut
19	0.940	E	Gölge
20	3.750	E	Gölge
21/22	3.959	E(21)/ H(22)	Açıklık
23	4.050	H	
24	4.465	H	
25	4.515	H	
26	1.375	E	İnce sirrus
27	6.715	E	Yüksek Nem
28	7.325	H	
29	8.550	E	Orta Nem
30	9.730	H	
31	11.030	E	Açıklık
32	12.020	E	Düşük Nem
33	13.335	H	
34	13.635	H	
35	13.935	E	Yüksek Bulut
36	14.235	H	

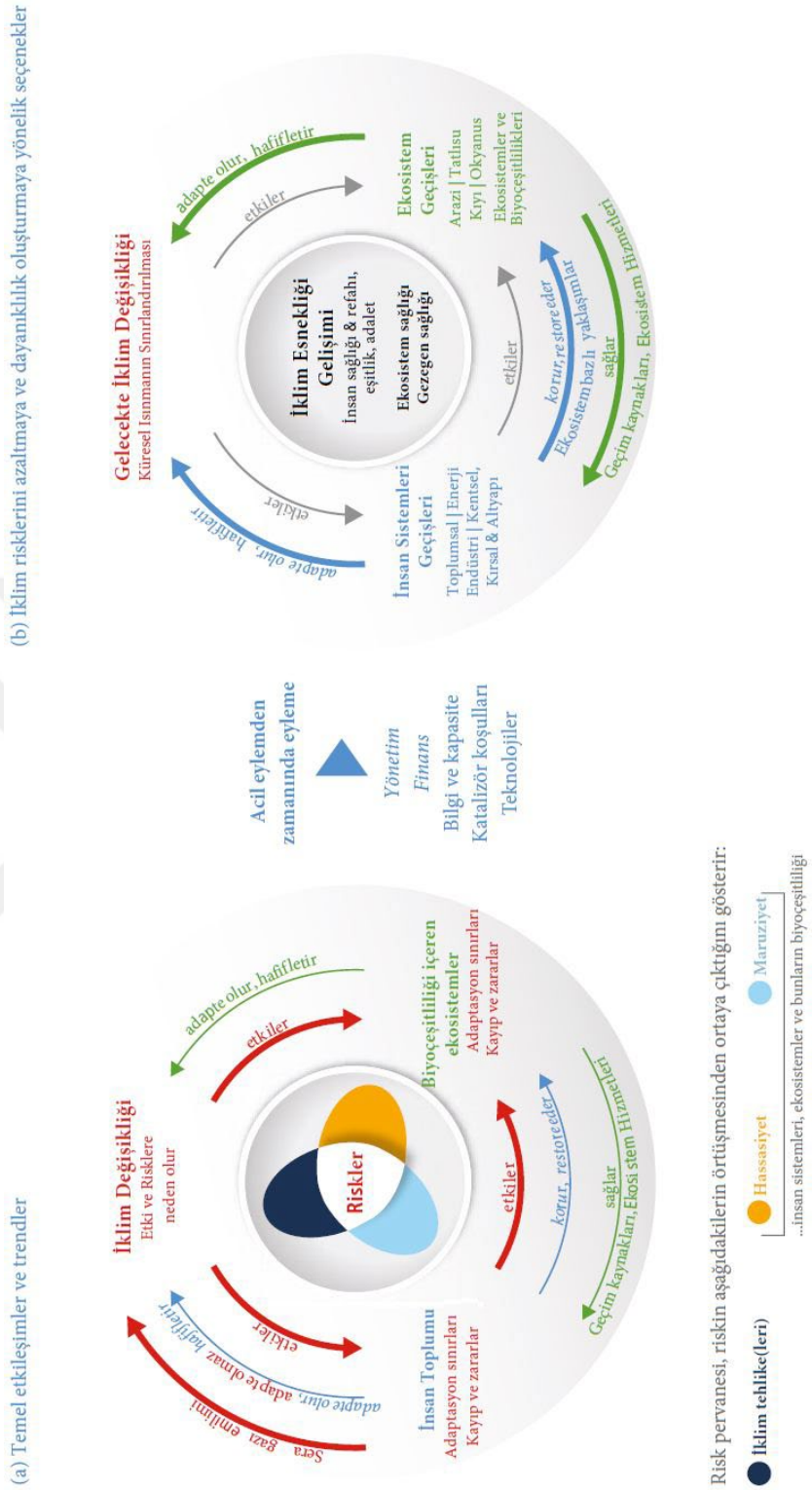
MODIS Bulut Maskesi ürünü, 1 km ve 250 m (nadir) konumsal çözünürlüklerde oluşturulan bir Seviye-2 ürünüdür. 250 m bulut maskesi yalnızca görünür kanal verilerine dayanmaktadır. Radyometrik olarak doğru radyanslar gereklidir, bu nedenle giriş radyanslarının eksik olduğu veya veri kalitesinin düşük olduğu yerlerde Bulut Maskesinde boşluklar görünmektedir. İki MODIS Bulut Maskesi veri dosyası bulunmaktadır: MOD35_L2, Terra platformundan toplanan verileri içerir ve MYD35_L2, Aqua platformundan toplanan verileri içerir. Çalışmada Terra platformundan toplanan MOD35_L2 verileri kullanılmıştır, Bu veriye ait bilgiler Çizelge 3.4' te sunulmuştur.

Çizelge 3.4. MODIS Terra MOD35_L2 uydu görüntüsü özellikleri

Kısa adı:	**MOD35_L2**
Platform:	Terra
Enstrüman:	MODIS
İşleme Seviyesi:	Level-2
Mekansal Çözünürlük:	250 m, 1 km
Zamansal Çözünürlük:	5 dakika
Arşiv seti:	61
Koleksiyon:	MODIS Koleksiyonu 6.1- Level 1, Atmosfer, Arazi (Arşiv seti 61)
PGE numarası:	PGE03
Dosya formatı:	MOD35_L2AYYYYDDD.HHMM.CCC.YYYYDDDHHMMSS.hdf ▪ YYYYDDD= Alındığı yılın yıl ve günü ▪ HHMM=Alındığı saat ve dakika ▪ CCC=Koleksiyon numarası ▪ YYYYDDDHHMMSS=Üretildiği zaman ve tarih ▪ AYYYDDD= Alındığı yılın yıl ve günü

Projeksiyon Verileri

İklim riski altında iklim direngen kalkınma için birbirine bağlı sistemler olarak iklim, ekosistemler (biyoçeşitlilik dâhil olmak üzere) ve insan toplum arasındaki etkileşimleri güçlü bir şekilde ele almak oldukça önemlidir. Bu etkileşimler iklim değişikliği, ekosistem bozulması ve biyolojik çeşitlilik kaybından kaynaklanan risklerin temelini oluşturmakta ve aynı zamanda gelecek için fırsatlar sunmaktadır. İnsan faaliyetleri iklim değişikliğine neden olmaktadır. İklim değişikliği, tehlikeler, maruziyet ve hassasiyet yoluyla, uyum sınırlarını aşabilen, kayıp ve zararlara yol açabilen etkiler ve riskler üretir. Toplum iklim değişikliğine adapte olabilir, olmayabilir veya hafifletebilir; ekosistemler ise sınırlı ölçüde adapte olabilir ve hafifletebilir. Ekosistemler ve biyoçeşitlilik ekosistem hizmetlerini sağlamaktadır. Toplum ekosistemleri etkiler ve onları onarıp koruyabilir, böylece insan refahını destekleyen iklime dirençli kalkınma hedeflerine ulaşılması mümkün olabilir. İklim değişikliği risklerinin anlaşılması, riskleri azaltan uyum ve azaltıma eylemlerini ve geçişleri güçlendirebilir. Bunun için yönetişim, finans, bilgi, kapasite geliştirme ve teknoloji temel unsurlardır. Dönüşüm, ekosistemlerin ve toplumun direncini güçlendiren sistem kurgularını ve geçişlerini gerektirir (Şekil 3.8.)(IPCC, 2021).



Şekil 3.8. İklim değişikliği, insan ve ekosistem arasındaki ilişki (a) temel insan toplum etkileşimleri (mavi), ekosistem etkileşimleri (yeşil) ve iklim değişikliği ve insan faaliyetlerinin etkileri (kırmızı) temsil edilmektedir. b) insan sistem etkileşimleri (mavi), ekosistem (biyoçeşitlilik dahil) etkileşimleri (yeşil) ve iklim değişikliği ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan azaltılmış etkiler (gri) temsil edilmektedir) (IPCC, 2021'den çevrilerek)

İklim projeksiyonları, iklim değişikliği ile ilgili gelecekteki senaryoları tahmin etmek için kullanılan matematiksel modellerdir. Bu projeksiyonlar, çeşitli sera gazı emisyon senaryolarına ve

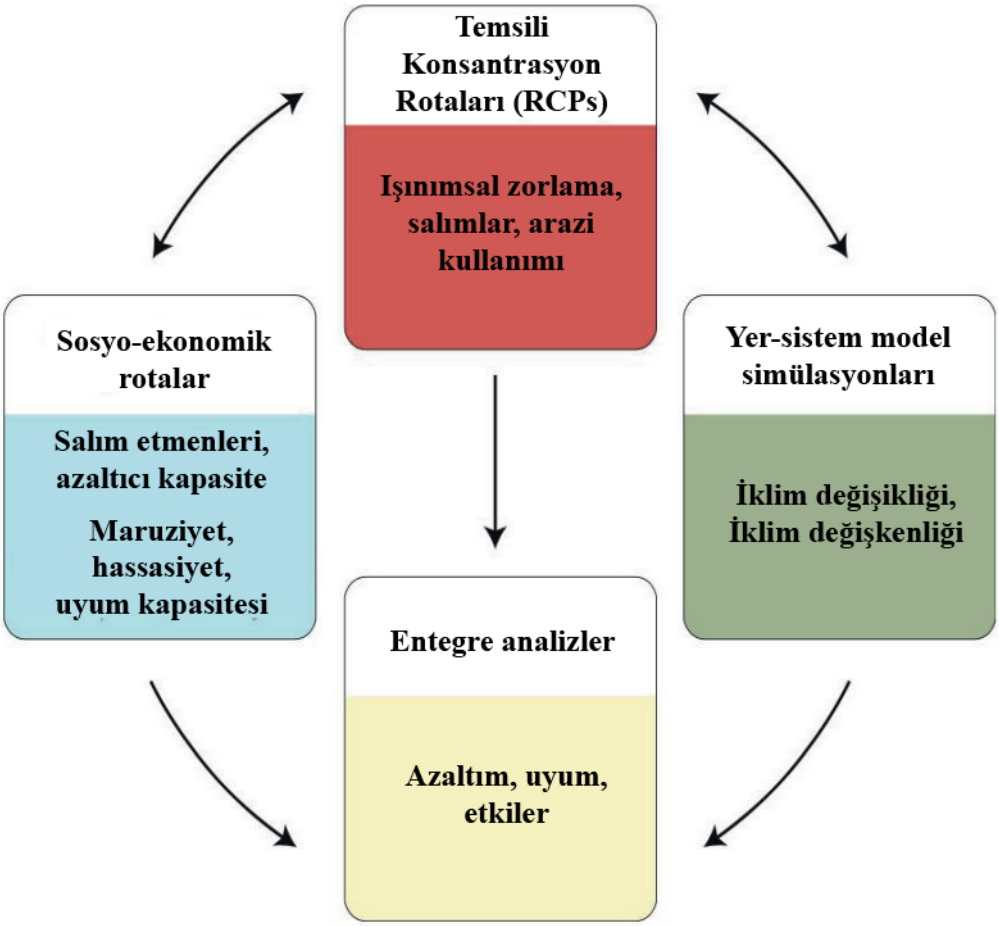
iklim sistemine ilişkin çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlere dayanarak gelecekteki iklim koşullarını tahmin etmek için kullanılır (IPCC, 2014). Bu projeksiyonlar, insan faaliyetlerinin iklim üzerindeki etkisini anlamamıza yardımcı olmak için önemlidir. İklim projeksiyonları, karar vericilere, risk yöneticilerine ve diğer ilgili taraflara gelecekteki iklim koşullarının olası senaryolarını anlatarak uygun stratejilerin geliştirilmesine yardımcı olabilir. Bu nedenle, iklim projeksiyonları, iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir rol oynar. İklim projeksiyonlarının, küresel ısınma ve iklim değişikliği hakkında daha iyi bir anlayış sağlayarak gelecekteki etkilerini tahmin etmeye yardımcı olacaktır. İklim projeksiyonu verilerinin üretiminde, dünya genelindeki bilim insanlarının ortak çalışması sonucu oluşan IPCC raporlarından yararlanılmıştır.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Dünya Meteoroloji Örgütü ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından kurulmuştur. 1988'de kurulan panel, iklim değişikliği ile ilgili bilimsel araştırmaları değerlendirmek ve hükümetlere güvenilir bilgi sağlamak amacıyla faaliyet göstermektedir. IPCC, her 5-6 yılda bir kapsamlı değerlendirme raporları hazırlar ve yayınlar. En son yayınlanan 6. Değerlendirme Raporu (Assessment Report) (AR6), 2021 yılında yayınlanmıştır. Bu raporda, iklim değişikliği hakkındaki güncel bilgiler, tespitler ve çözüm önerileri yer almaktadır. İklim değişikliği, dünyanın en büyük küresel çevre sorunlarından biridir ve AR6, hükümetlerin ve kurumların çevre politikaları için büyük önem taşımaktadır. Bu raporlar, iklim değişikliği ile ilgili en son bilimsel kanıtların bir araya getirilmesiyle oluşmuştur ve projeksiyon verilerinin üretiminde temel bir kaynak olarak kullanılmaktadır.

IPCC tarafından geliştirilen senaryolar, dünyadaki sera gazı emisyonlarının tahmini gelecekteki seviyelerine dayanmaktadır. 1992 senaryoları, sadece birkaç senaryo seçeneği sunarken, sonraki senaryolar yüzlerce olasılığı içermekteydi. 2007 yılında IPCC Dördüncü Değerlendirme Raporu'nu yayınladı ve bu raporda Temsili Konsantrasyon Patikaları (RCPs – Representative Concentration Pathways) adı altında dört senaryo kullanıldı. Bu senaryolar, toplam ışıma zorlama güçlerine denk gelecek şekilde numaralandırılmıştır. RCP8.5 senaryosu, potansiyel bir stabilizasyon olmaksızın sera gazı konsantrasyonlarının artacağını öngörürken, RCP6.0 ve RCP4.5 senaryolarında farklı konsantrasyon seviyeleri hedeflenmektedir ve dengenin bu hedeflere uygun şekilde gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Son olarak, RCP2.6 senaryosu, küresel sera gazı konsantrasyonlarının öncelikle 2100 yılına kadar zirveye ulaşacağını ve ardından düşüşe geçeceğini öngörmektedir. Bu senaryolar, farklı emisyon seviyelerinin ve politikaların iklim değişikliği üzerindeki etkilerini analiz etmek için kullanılmaktadır (REC, 2015). IPCC 6. Raporunda ise Ortak Sosyoekonomik Patikalar (SSP Shared Socioeconomic Pathways) olarak adlandırılan yeni nesil senaryolar geliştirilmiştir.

IPCC'ye göre SSP'ler, iklim politikası müdahalesi yokluğundaki sosyoekonomik kalkınmaya dair alternatif gelecekleri tasvir ediyor. SSP'ler bu bağlamda yalnız başlarına senaryo değiller ama SSP'leri temel alan sosyoekonomik senaryoların yapı taşlarıdır. SSP temelli sosyoekonomik ve RCP temelli iklim projeksiyonları iklim değişikliği etkileri ve politika

analizlerini bütünleştirebilmek için kullanışlı bilgiler sağlamaktadır. Bu nedenle yeni kuşak iklim araştırmaları ve politika ilişkili senaryolar sadece azaltım için değil, uyum açısından da arayışları göz önünde bulundurur. SSP'lere gömülü niteliksel bilgileri ve RCP'lerdeki sayısal konsantrasyon yörüngelerini (gidim izleri) birleştirmenin ardında yatan temel neden, politika ilişkili analizlerin gücünün, hesaba katması zor olan toplumsal boyutlara değinmek sureti ile arttırılmaya çalışılmasındır. Bu toplumsal boyutlar kurumlar, politik istikrar, çevresel farkındalık gibi alt boyutları içermektedir. Şekil 3.9'da yeni kuşak senaryoların girdileri arasındaki etkileşimlerin basitleştirilmiş formu sunulmuştur (REC, 2015).



Şekil 3.9. RCP'ler, SSP'ler, Yer-sistem modelleri ve bütünleşik analizler arasındaki etkileşimler (REC, 2015 tarafından O'Neill ve Schweizer 2011'den uyarlanmıştır).

IPCC, iklim değişikliği senaryolarını güncellemektedir ve 2021 yılında yayınlanan Altıncı Değerlendirme Raporu'nda beş farklı senaryo kullanılmıştır. Bu senaryolar, dünya genelinde sera gazı emisyonlarının artmaya devam etmesi veya azaltılması senaryolarını içermektedir. IPCC, iklim değişikliğiyle mücadelede farklı politika seçeneklerini ve olası sonuçlarını analiz etmek için bu senaryoları kullanmaktadır. Farklı azaltma ve adapte olma stratejilerinin olası sonuçlarını analiz ederek, IPCC, bu küresel sorunla ilgili bilgi üretmek ve karar vericiler ile halk için gerekli araçları

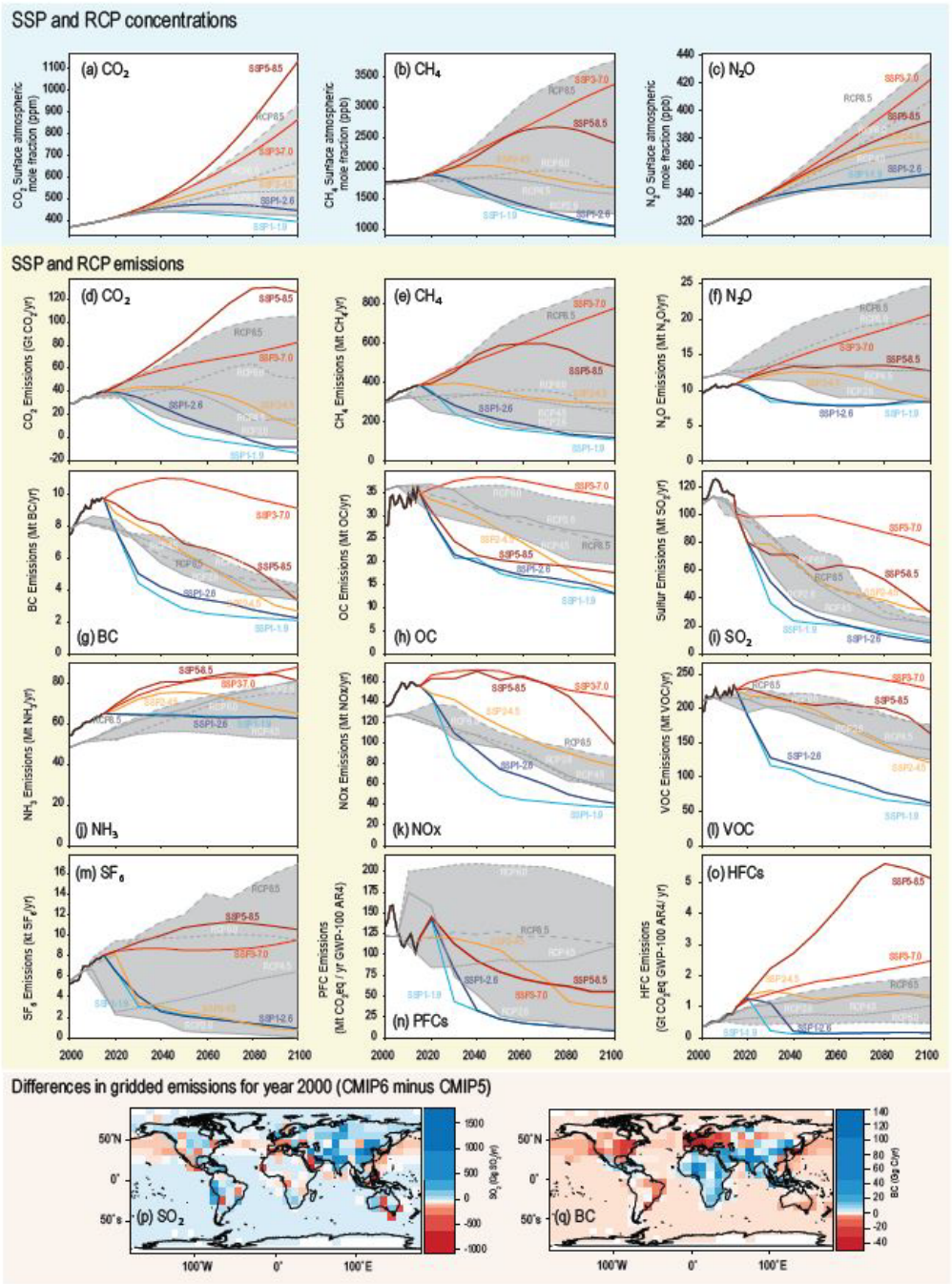
sağlamayı amaçlamaktadır. RCP senaryolarının genellikle aynı nominal ışınımsal zorlama etiketi için daha büyük modellenmiş ısınmaya yol açtığı ortaya konmuştur. IPCC'nin yayınladığı 6. raporda kullanılan SSP senaryolarına genel bakış ve bu raporda en yaygın olarak kullanılan beş temel SSP senaryo Çizelge 3.5'te sunulmuştur (IPCC, 2021).

Çizelge 3.5. IPCC 6. Raporuna göre SSP senaryoları (IPCC, 2021'den çevrilerek)

SSP Senaryo	Emisyonlar/Konsantrasyonlar ve Sıcaklık Üzerinden Açıklama	En Yakın RCP Senaryoları
SSP1-1,9	Hafif aşım (medyan) ve yüzyılın ortalarında net sıfır CO2 emisyonu ima edildikten sonra 2100 yılında ısınmayı 1850-1900'ün yaklaşık 1,5°C üzerinde tutar.	Eşdeğer düşük RCP senaryosu mevcut değildir.
SSP1-2,6	Yüzyılın ikinci yarısında zımni net sıfır CO2 emisyonu ile 1850-1900 dönemine göre 2,0°C ısınmanın altında kalır.	RCP 2.6 ya göre daha soğuk olsa da benzer nitelikte.
SSP4-3,4	Yüzyıl sonu radyatif zorlama açısından SSP1-2.6 ile SSP2-4.5 arasında bir senaryo. Çoğu CMIP6 çalışmasında 1850-1900'e göre 2,0°C'nin altında kalmamaktadır.	RCP'lerde 3,4 seviyesinde yüzyıl sonu ışınımsal zorlama mevcut değildir. Nominal olarak SSP4-3,4, RCP 2,6 ile RCP 4.5 arasında yer almaktadır, ancak SSP4-3.4 RCP4.5'e daha çok benzeyebilir.
SSP2-4,5	CO2 emisyonları yüzyılın ortalarına kadar mevcut seviyelerde kalacaktır. Sıcaklık projeksiyonlarını 2100 yılına kadar 2,7°C ile 3,4°C arasında değerlendirilmiştir; bu da SSP2-4,5 kapsamında öngörülen ısınmanın üst yarısına karşılık gelmektedir. SSP2-4,5 senaryosu, 'ilave iklim politikası yok' referans senaryosundan hafif bir sapma göstererek, 1850-1900 dönemine kıyasla 21. yüzyılın sonunda en iyi tahminle 2,7°C civarında bir ısınmaya yol açmaktadır.	RCP4,5 ve 2050 yılına kadar RCP6,0 İkincisindeki zorlama, 21. yüzyılın ilk on yıllarında RCP4,5'ten bile daha düşüktü.
SSP4-6,0	Yüzyıl sonu nominal radyatif zorlama seviyesi olan 6,0 W m^{-2}, SSP1 ve SSP4 sosyo-ekonomik kalkınma anlatıları altında 'ilave iklim politikası yok' referans senaryosu olarak kabul edilebilir.	RCP6.0. YSüzyılın ikinci yarısında nominal olarak en yakın senaryodur, ancak küresel ortalama sıcaklıkların RCP'lerde SSP'lere kıyasla genellikle daha düşük olacağı

SSP Senaryo	Emisyonlar/Konsantrasyonlar ve Sıcaklık Üzerinden Açıklama	En Yakın RCP Senaryoları
		tahmin edilmektedir. Ayrıca RCP6.0, yüzyılın ilk yarısında nominal olarak daha düşük olan RCP4.5 senaryosuna kıyasla çok benzer sıcaklık projeksiyonlarına sahip olduğu için SSP4-6.0'dan daha düşük bir ısınmaya sahiptir.
SSP3-7.0	SSP3 sosyo-ekonomik kalkınma anlatısı kapsamında hiçbir ek iklim politikası uygulanmamasından kaynaklanan orta-yüksek referans senaryosu. CO2 emisyonları 2100 yılına kadar mevcut seviyelerin yaklaşık iki katına çıkar. SSP3-7.0, yüksek aerosol emisyonları da dahil olmak üzere özellikle yüksek CO2 dışı emisyonlara sahiptir.	RCP6.0 ve RCP8.5 arasında. SSP3-7.0 olmasına rağmen CO2 dışı emisyonlar ve aerosoller RCP'lerin herhangi birinden daha yüksektir.
SSP5-3.4	SSP5-8.5'in, başlangıçta 2040 yılına kadar fosil yakıt yoğun bir ortamda kısıtlanmamış emisyon artışını takip eden ve ardından 22. yüzyılda SSP1-2.6 zorlama seviyelerine ulaşmak için 21. yüzyılın ikinci yarısında tüm SSP senaryoları arasında en büyük net negatif CO2 emisyonlarını uygulayan azaltım odaklı bir varyantı.	2040 yılına kadar, RCP8.5'e benzer.
SSP5-8.5	İlave iklim politikası içermeyen yüksek referanslı senaryo. CO2 emisyonları 2050 yılına kadar mevcut seviyelerin yaklaşık iki katına çıkmaktadır. SSP5-8.5 kadar yüksek emisyon seviyeleri, fosil yakıtlı SSP5 sosyo-ekonomik kalkınma yolu dışındaki SSP'lerin hiçbiri altında entegre değerlendirme modelleri (integrated assessment models (IAM)) tarafından elde edilmemiştir.	RCP8.5, SSP5-8.5 kapsamındaki CO2 emisyonları yüzyılın sonuna doğru daha yüksek olmasına rağmen, BU kapsamdaki CH4 emisyonları RCP 8.5 kapsamındakinden daha düşüktür. Aynı model ayarlarıyla kullanıldığında, SSP5-8.5, RCP8.5'ten biraz daha yüksek sıcaklıklara neden olabilir.

Paylaşılan Sosyo-ekonomik Rotalar (Shared Socio-economic Pathways-SSP) senaryoları ile Temsili Konsantrasyon Rotaları (Representative Concentration Pathway-RCP) senaryolarının CO2, CH4 ve N2O atmosferik konsantrasyonları ve küresel CO2 emisyonları açısından karşılaştırılması Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.10. SSP ve RCP senaryolarının karşılaştırılması (siyah karbon (BC), organik karbon (OC), sülfür dioksit (SO_2), amonyak (NH3), diazotmonoksit (N_2O)azot oksitler (NOx), uçucu organik bileşikler (VOC), sülfür hekzaflorür (SF_6), perflorokarbonlar (PFC) ve hidroflorokarbonlar (HFC)) (IPCC, 2021)

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ve iklim değişikliği ile ilgili olarak farklı sosyoekonomik koşullar altında gelecekteki insan faaliyetlerinin muhtemel yönlerini gösteren SSP senaryolarını beş temel senaryo altında incelersek;

SSP1 - Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu: Bu senaryoda, dünya nüfusunun azalacağı ve tüketim alışkanlıklarının değişeceği öngörülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların artması, sera gazı emisyonlarını azaltacak ve doğal kaynakların daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır. Buna göre, dünya ekonomisi hızla dekarbonize olacak ve 2050 yılına kadar sera gazı emisyonları % 50 oranında azalacak. Bu senaryo, iklim değişikliği ile mücadelede en iyimser senaryodur.

SSP2 – Düşük Kalkınma Baskısı Senaryosu: Bu senaryoda, nüfus artışı, ekonomik büyüme ve tüketim alışkanlıkları görece yavaş olacaktır. Sosyal ve ekonomik eşitsizlikler devam edecek ancak küresel işbirliği ve çevre politikaları sayesinde sera gazı emisyonlarının azaltılması mümkün olacaktır. Bu senaryoda, küresel ortalama sıcaklık 2100 yılına kadar 2,5-3,0 °C artacak.

SSP3 – Bölgesel Rekabet Senaryosu: Bu senaryoda, dünya nüfusunun artması ve ekonomik büyümenin bölgesel olarak farklılaşması öngörülmektedir. Bölgesel çatışmalar, göç dalgaları ve diğer faktörler, küresel politik ve ekonomik istikrarsızlıklara neden olabilir. Sera gazı emisyonları azalmayacak ve iklim değişikliği daha belirgin hale gelecektir. Bu senaryoda, sera gazı emisyonları yüksek kalacak ve 2100 yılına kadar küresel ortalama sıcaklık 3,0-4,0 °C artacak.

SSP4 – Teknolojik Yenilik Senaryosu: Bu senaryoda, dünya nüfusu hızla artacak ancak teknolojik yenilikler sayesinde tüketim alışkanlıkları değişecek ve sera gazı emisyonları azalacaktır. Bölgesel eşitsizlikler devam edebilir ancak küresel işbirliği sayesinde iklim değişikliğinin etkileri minimize edilebilir. Bu senaryoda, küresel sera gazı emisyonları 2050 yılına kadar azalacak, ancak daha sonra tekrar artacaktır. 2100 yılına kadar küresel ortalama sıcaklık 3,0 °C artacak.

SSP5 - Yüksek Fosil Yakıt Kullanımı Senaryosu: Bu senaryoda, dünya ekonomik büyümesi hızlı olacak ve fosil yakıtların kullanımı yüksek kalacak. Sosyal eşitsizlik artacak ve çevre politikanın yetersiz kalacağı düşünülmektedir. Bu senaryoda, bölgesel çatışmalar, göç dalgaları ve ekonomik zorluklar gibi faktörler, küresel politik ve ekonomik istikrarsızlıklara yol açabilir. Ayrıca, iklim değişikliğinin yıkıcı etkileri daha belirgin hale gelebilir ve doğal kaynakların kullanımı ve yönetimi konusunda çekişmeler artabilir.

Çalışma kapsamına İklim Değişikliği Hükümetlerarası Paneli (IPCC) Altıncı Değerlendirme (AR6) belirlenen SSP senaryoları incelendiğinde durağan olması beklenen SSP2-4,5 senaryosu ile fosil yakıt kullanımı ile en kötü hale gelecek SSP5-8,5 senaryoları kullanılmıştır. Bu senaryolar için İngiltere Meteoroloji Servisi'ne bağlı bir araştırma kuruluşu olan Hadley Centre tarafından geliştirilen HadGEM3 küresel bir modeldir. HadGEM3 serisi birleştirilmiş atmosfer-okyanus konfigürasyonu ve içerisinde dinamik vejetasyon, okyanus biyolojisi, atmosfer kimyasının da bulunduğu bir yer-sistem konfigürasyonunu içermektedir. Atmosfer, okyanus, buz ve kara

yüzeyi bileşenlerini içeren bu model ayrıca, karbon döngüsü ve sera gazı emisyonları gibi çeşitli insan faaliyetlerinin iklim üzerindeki etkilerini değerlendirmek için de kullanılmaktadır Bu modelin benzer fiziksel özelliklere sahip fakat farklı konfigürasyonda birçok versiyonu bulunmaktadır. Çalışma kapsamında HadGEM3 serisinin en kapsamlı versiyonu olan HadGEM3-GC31-LL versiyonu kullanılmıştır. Çizelge 3.6'da belirlenen senaryolar kapsamında kullanılan parametreler ve birimleri yer almaktadır.

Çizelge 3.6. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryoları kapsamında kullanılan değişkenler ve tanımları

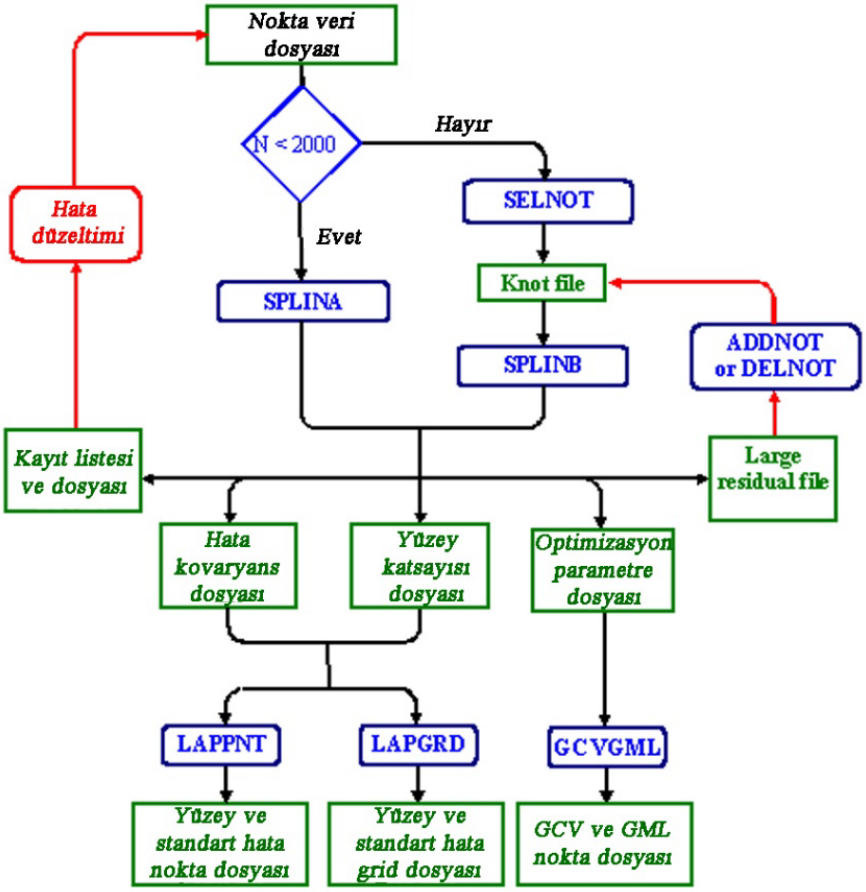
	Değişken	Kısaltması	Birimi
1	Ortalama sıcaklık	Tas	K
2	Yüzeye Yakın Bağıl Nem	Hurs	%
3	Yüzeye Düşen Kısa Dalga Radyasyonu	Rsds	W m^{-2}
4	Yüzeye Yakın Rüzgar Hızı	sfcWind	m s-1

3.2.2. Modelleme

Temin Edilen Verilerin Alana Yaygınlaştırılması

Meteoroloji istasyonlarından (2584 adet) elde edilen iklim verileri interpolasyon teknikleriyle alansallaştırarak ülke düzeyinde MODIS uydu görüntüsü ile uyumlu olacak şekilde 1km yersel çözünürlükte üretilmiştir. İnterpolasyon, bilinen nokta verilerini kullanarak bilinmeyen yüzeylerin belirlenmesine yarayan yöntemdir. Bu proje kapsamında interpolasyon amacıyla ANUSPLIN yazılımı kullanılmıştır. Avustralya Ulusal Üniversitesi (ANU), Dr. M.F. Hutchinson tarafından üretilen ince plakalı yumuşatma eğrileri (thin plate smoothing splines) metodu kullanılarak geliştirilen ANUSPLIN interpolasyon yöntemi kullanılmıştır (Jeffrey ve ark. 2001; Johnson ve ark. 1999). Price ve ark. (2000) tarafından yürütülen kapsamlı bir çalışmada bu yöntem ile diğer istatistiksel metodların (gradient plus inverse-distance-squared) karmaşık topografya üzerinde sıcaklık ve yağışın konumsal dağılımının interpolasyonunda performansları karşılaştırılmıştır.

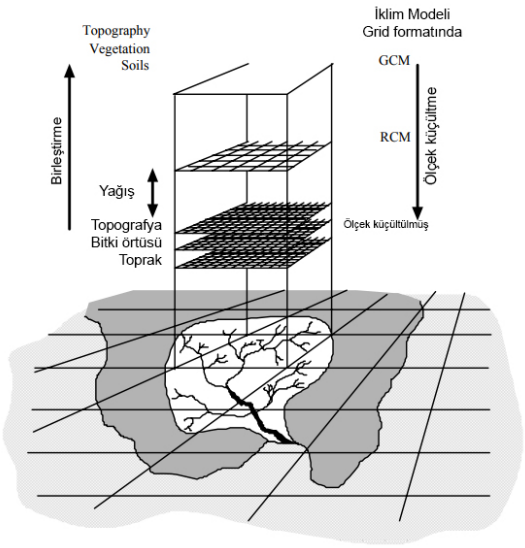
ANUSPLIN modeli çok fazla sayıda iklim istasyonundan alınan veri setlerinde optimize edilmiştir ve FORTRAN kodunda hazırlanmıştır (Hutchinson, 1991; Hutchinson ve Xu, 2004). Özellikle Avustralya, Yeni Zelanda, Avrupa, Güney Amerika, Afrika, Çin ve gündeydoğu Asya'nın çeşitli bölgelerinde uygulanmıştır. Bu çalışmada çoklu interpolasyon tekniklerinin (Hartkamp ve ark. 1999; Jarvis ve Stuart, 2001) karşılaştırma testlerinde iyi performans gösteren çalışmalarda kullanıldığı için bu yöntem tercih edilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. ANUSPLIN paketinin temel akış şeması (Hutchinson ve Xu, 2004)

İstatistiksel Ölçek Küçültme Yöntemi ile Geleceğe Yönelik İklim Verilerinin Üretilmesi

Küresel sirkülasyon modelleri (Global Circulation Model/GCMs) küresel ve bölgesel ölçeklerde iklim açısından önemli sonuçları olan artan sera gazı konsantrasyonlarını göstermektedir. GCMs, kaba yersel çözünürlük (genellikle 300 x300 km) ile bulut veya topografya gibi sınırlayıcılar nedeniyle doğrudan kullanımı yerel ölçekte mümkün olmamaktadır. Yerel ölçekte yüzey iklim durumunun atmosferik tahmin değişkenlerinden elde edilmesi iki yöntemle olmaktadır. İlk olarak, MOS (Model Output Statistics) ve kısa dönemli sayısal hava durumu tahmini için kullanılan "perfect prog" yaklaşımının uygulanmasıdır. İkinci olarak, Bölgesel İklim Modelleri (Regional Climate Models/RCMs) kullanımı gelmektedir, bu yaklaşım belirli bir alanı sınırlayan GCM tarafından sağlanan zamana bağlı atmosferik koşulları dinamik olarak kullanarak grid bazında iklim özelliklerinin simülasyonuna dayanmaktadır (Şekil 3.12) (İBB ve PAD, 2019).



Şekil 3.12. Ölçek küçültme için genel yaklaşımı

Ancak GCM'lerden elde edilen çıktılar kaba çözünürlüğü genel olarak 300km olduğu için hidrolojik, tarımsal ve diğer çalışmaların etkilerini değerlendirmek için yetersizdir ve bölgesel çalışmalarda kullanımı sınırlıdır. Bu yüzden bölgesel çalışmalarda meteoroloji uyduları ve küresel kara gözlem ağından elde edilen verilerinden yararlanılarak uygulanan istatistiksel ölçek küçültme yöntemi kullanılmaktadır. İklim projeksiyonlarının mekânsal ve zamansal yönleri üzerinde gerçekleştirilebilecek olan küçültme işlemi, genellikle mekânsal ölçek küçültme olarak adlandırılmaktadır. Bu süreçte, daha kaba çözünürlüklü küresel sirkülasyon modellerinin (GCM) çıktılarından, belirli bir konuma daha yüksek çözünürlüklü mekânsal iklim bilgisi elde etmek amacıyla, 8 kilometre ve daha altında çözünürlüğe kadar inebilen yöntemler kullanılmaktadır. Ölçek küçültme atmosfer özellikleri ile yerel meteorolojik koşulların tahmini için kullanılmaktadır. Genel olarak ölçek küçültme işlemleri dinamik ve istatistiksel ölçek küçültme olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Dinamik ölçek küçültmede bölgesel iklim modeli (RCM), küresel sirkülasyon modellerinde (GCM) GCM'in sınır değerlerini kullanmaktadır.

Dinamik ölçek küçültme yoğun hesaplama gerektirir ve on yıllık simülasyonlar bu nedenle oldukça güçtür. Dinamik ölçek küçültme kaba çözünürlüklü GCM çıktıları ile birlikte, daha yüksek çözünürlüklü Bölgesel iklim modeli (RCM) ilişkilendirmesini kapsamaktadır. RCM, atmosferin fiziksel dinamiklerini 20-50 km'lik gridler halinde modellemek ve atmosferik koşulları tanımlamak için GCM'yi kullanmaktadır. RCM-Bölgesel iklim modelinde, simülasyon sureci GCM'de kullanılan alan büyüklüğüne bağlıdır. Ayrıca GCM'de kullanılan toprak nemi gibi koşullar da önemlidir. RCM'lerin avantajı GCM'den daha iyi ölçekte atmosferik özellikleri modelleyebilmesidir (İBB ve PAD, 2019).

İstatistiksel ölçek küçültme için çok sayıda teknik geliştirilmiştir ve bunlar büyük ölçekli sinoptik tahminciler ile yer istasyonlarından elde edilen yerel gözlemler arasındaki istatistiksel ilişkilerin belirlenmesine dayanmaktadır. Hesaplama açısından 10-50 kilometre mekânsal

çözünürlükle sınırlı dinamik ölçek küçültmenin sağlayamadığı, sahaya özgü iklim projeksiyonları üretebilmeleri nedeniyle istatistiksel ölçek küçültme teknikleri avantajlı olabilmektedir. Aynı zamanda hesaplama açısından daha az yoğun olmaları nedeniyle yerel ölçekli çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, dinamik ölçek küçültme yöntemleriyle karşılaştırıldığında, istatistiksel ölçek küçültme yönteminin kullanımı daha kolaydır ve GCM ölçeğindeki çıktıdan istasyon ölçeğinde iklim bilgisi sağlayabilmektedir.

Genel olarak, istatistiksel yöntemler üç kategoriye ayrılabilir: regresyon (transfer fonksiyonu) yöntemi (Kang ve ark. 2007), stokastik hava jeneratörü (Richardson 1981) ve hava modeli şemaları. Çok sayıda istatistiksel ölçek küçültme yöntemi bulunmaktadır Bu yöntemler, dünyanın her yerinde çeşitli uygulamalarla çalıştırılan birçok istatistiksel teknik içermektedir, ancak son kullanıcılar tarafından çalıştırılması zordur bu nedeniyle, ölçek küçültme sürecini kolaylaştırmak amacıyla kullanıcı dostu yazılım paketleri önem taşımaktadır. Çalışmada bu yazılımlardan biri olan SD-GCM kullnılmıştır. SD-GSM dört farklı istatistiksel ölçek küçültme yöntemi kullanmaktadır. Çalışmada bu yöntemler arasında en yaygın kullanılan yöntem olan Delta yöntemi tercih edilmiştir (Maraun ve ark., 2010, Themeßl ve ark., 2011). Bu yöntem, ortalama gözlem ve GCM tarafından simüle edilen iklim arasındaki oranı hesaplayarak ve bu oranı GCM verileriyle çarparak ölçeği küçültülmüş hava durumu verilerini elde etmek için kullanılmıştır. Yağış ve sıcaklık ayrı bir denklem kullanılarak hesaplanır:

$$P_{SD}^{Delta} = P_{GCMrcp} * \frac{\bar{P}_{Obs}}{\bar{P}_{GCMhist}} \quad (3.1)$$

$$T_{SD}^{Delta} = T_{GCMrcp} + (\bar{T}_{Obs} - \bar{T}_{GCMhist}) \quad (3.2)$$

P_{SD}^{Delta}	Küçültülmüş yağış verisi
T_{SD}^{Delta}	Küçültülmüş sıcaklık verisi
$\bar{P}_{Obs}$	Gözlemlenen ortalama yağış verisi
$\bar{T}_{Obs}$	Gözlemlenen ortalama sıcaklık verisi
$\bar{P}_{GCMhist}$	Ortalama Simülasyon geçmiş yağış verileri
$\bar{T}_{GCMhist}$	Ortalama Simülasyon geçmiş sıcaklık verileri
P_{GCMrcp}	Ortalama Simülasyon güncel yağış verileri
T_{GCMrcp}	Ortalama Simülasyon güncel sıcaklık verileri

RayMan Modeli kullanılarak FES değerlerinin üretilmesi

Biyoiklimsel konfor şartlarının belirlenmesinde kullanılan FES indisi RayMan yazılımı aracılığıyla hesaplanmıştır. RayMan yazılımı Alman Meteoroloji Servisi İnsan Biyo-meteorolojisi Araştırma Merkezi tarafından geliştirilmiştir (Matzarakis ve ark., 2007). RayMan modeli,

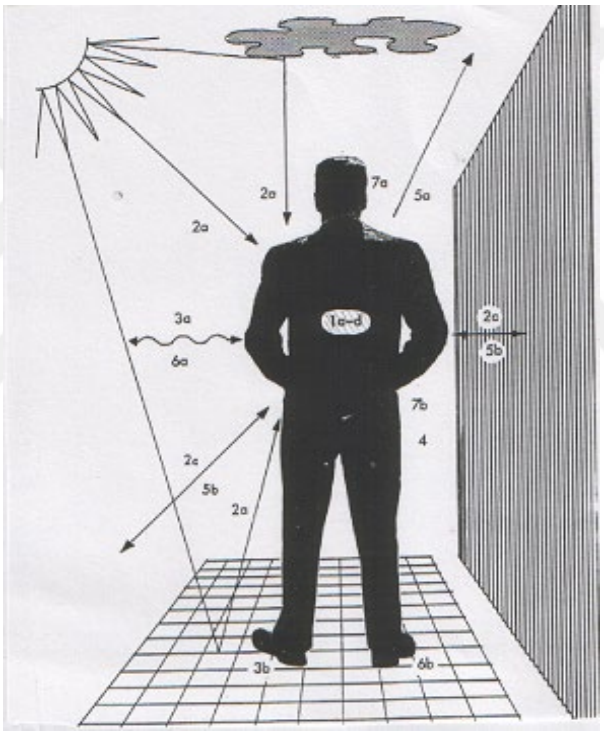
bulutluluğun etkisi, radyasyon akışı ve engelle karşılaşan kısa dalga radyasyon akışlarını değerlendirerek ortalama radyan sıcaklığı hesaplayan bir yaklaşımdır. Saatlik, günlük ve aylık olarak güneş ışığı süresini, kısa ve uzun dalga radyasyon akışı hesaplamaları, hava sıcaklığı, nispi nem, bulutluluk oranı, yüzey albedosu gibi çevresel faktörleri esas alarak günün saatine ve yılın gününe göre termal konfor şartları belirlenebilmektedir (Matzarakis ve ark., 1999; Gulyas ve ark., 2006; Matzarakis ve ark., 2007). Biyoiklimsel konforu etkileyen faktörler önem sırasına göre aşağıda belirtilmiştir, bunlardan ilk dördü atmosfer koşulları ile ilgili olup son ikisi ise kişisel parametrelerdir. Bunlar;

- Hava Sıcaklığı (Kuru termometre sıcaklığı),
- Atmosfer nemi,
- Hava hareketi,
- Radyasyon (Çevrenin ortalama radyan sıcaklığı),
- Aktiviteye bağlı metabolik oran,
- Kıyafet izolasyonu ve evaporatif dirençtir (Çınar, 1999; Matzarakis, 2003; Nikolopoulou ve ark., 2003; Toy ve ark., 2005).

Bu temel faktörlerin yanı sıra, sıcak günlerin sayısı, hava durumu, hava olaylarına bağlı ortaya çıkan hastalık ve zararlılar ile hava kirliliği ve atmosferdeki oksijen miktarı insan konforunu etkilemektedir (Matzarakis, 2003; Çınar, 2004). Bu faktörlerin birinde olan küçük değişimler konfor durumunu çok fazla etkileyebilmektedir ve aynı zamanda biyoiklimsel konfor üzerinde ayrı ayrı etkiye sahip olmalarına rağmen birbirlerinden bağımsız değillerdir.

Hava sıcaklığı; Coğrafi koşulları ve yaşam etkinliklerini en yakından kontrol eden iklim öğesi atmosferin sıcaklığıdır. Hava sıcaklığı biyoiklimsel konfor açısından en önemli iklimsel değişkendir. Yeryüzünün tek enerji kaynağı olan güneş atmosfer sıcaklığının da kaynağıdır. Fakat güneşten farklı dalga uzunluklarına sahip gelen elektromanyetik enerjinin atmosfer sıcaklığı olarak belirmesi karışık bir dizi olayın sonucudur. Güneşten gelen enerjinin önemli bir bölümü atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır ve oradaki katı ve sıvı cisimleri ısıtarak ısı enerjisi haline döner. Hava olaylarının, atmosferdeki genel sirkülasyonun sebebi sıcaklık değişiklikleridir. Dünyaya gelen güneş enerjisinin her tarafa aynı açıda geldiği ve dünyanın homojen bir yapıda olduğu varsayıldığında her yer, her zaman aynı derecede ısınacak ve sonuçta sıcaklık değişikliği olmayacağından basınç farklılıkları yani atmosfer içerisinde hava hareketlerini meydana getiren alçak ve yüksek basınçlar, rüzgâr ve yağışlar meydana gelmeyecektir. Bu nedenle sıcaklık; insan, bitki ve hayvan hayatının devamı için gerekli en önemli iklim elemanıdır (Aküzüm ve ark., 1994). İnsanlar ve hayvanlar vücut sıcaklıklarını hep aynı derecede tutmak zorundadırlar. Canlıların vücudunda sıcaklık, hücrelerde gıdaların yanması ve güneş ışınlarının ısıtması ile sağlanır. Genel olarak insan vücudunun sıcaklığı hava sıcaklığından fazla olduğu için vücut sahip olduğu sıcaklığın

fazlasını vererek kendi sıcaklığını aynı derecede tutmaya çalışır. Bu değişmez sıcaklığa fizyolojik sıcaklık adı verilir. Vücudun serinlemesi ışınlar yayılması, terleme ve derinin havaya dokunması yani kondüksiyon yoluyla olur (Erol 1993). Çünkü vücuda dokunan daha serin hava tanecikleri ondan sıcaklık alır. Terleme sırasında da buharlaşan su, bu olay için gerekli sıcaklığı yine deriden alır, bir serinleme hissi belirir. Hava vücuttan 15-18 ^{0}C derece kadar soğuk olduğunda vücuttan sıcaklık kaybı olayı normal cereyan eder ve insan kendini rahat hisseder. Dokunma (kondüksiyon) ve ışıma (radyasyon) ile sıcaklık kaybı ve terleme normalden az olduğu durumlarda sıcaklık vücutta birikerek konforsuzuk verir. Eğer bu birikme aşırı ise ve uzun sürerse veya çevreden vücuda arzu edilenden fazla sıcaklık gelirse insanı sıcaklık çarpar. Buna karşılık sıcaklık kaybı normalden fazla ise vücut önce üşür, sonra donar (Şekil 3.13) (Olgyay,1973).



Şekil 3.13. İnsan vücudunda ısı kazanımı ve kaybı (Olgyay,1973)

İnsan vücudu içinde bulunduğu ortam ile devamlı bir ısı alışverişi içerisindedir. Vücut ısısını arttırmak için dışarıdan ısı alır, azaltmak içinde ısı kaybı mekanizmalarını hızlandırır. İnsan bünyesinde, ısı kazanım ve kaybı şu yöntemlerle gerçekleşmektedir (Çizelge 3.7) .

Çizelge 3.7. İnsan ve bulunduğu ortam ile ısı alışverişi (Olgyay,1973'den düzenlenerek)

<table>
<tr><th colspan="2">İnsan vücudunda ısı kazanımı</th><th colspan="2">İnsan vücudunda ısı kaybı</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Isı üretimi</td><td>Temel organizma</td><td rowspan="2">Dışarı verilen radyasyon (radyasyon)</td><td>Atmosfere</td></tr>
<tr><td>Aktiviteler</td><td>İnsan vücudundan daha soğuk yüzeylere</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Güneş radyasyonu</td><td>Doğrudan veya difizyona uğramış güneş radyasyonu</td><td rowspan="2">Temasla (kondüksiyon)</td><td>Vücut dış yüzeyinden daha soğuk olan hava ile</td></tr>
<tr><td>Isı kaynakları</td><td>Soğuk cisimlere temasla</td></tr>
<tr><td>İnsolasyona uğramış sıcak cisimlerden</td><td>Terleme (evaporasyon)</td><td>Solunum yollarından</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Kondüksiyonla (temasla)</td><td>Vücut dış yüzeyinden daha sıcak olan havadan</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">Deriden</td></tr>
<tr><td>Sıcak cisimlere temasla</td></tr>
<tr><td colspan="2">Nadir de olsa atmosfer neminin yoğunlaşması ile kazanır.</td><td colspan="2">Isınan havanın yer değiştirmesi (konveksiyon)</td></tr>
</table>

Atmosfer nemi; Termometrelerin gösterdiği sıcaklık ile canlıların hissettiği sıcaklıklar her zaman aynı ölçüde olmamaktadır. Kuru termometre sıcaklığı, tek başına insan bünyesi tarafından algılanan gerçek sıcaklıkları ifade etmemektedir. Bunun için Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından hava nemine ve hava hareketine bağlı olarak geliştirilmiş hissedilen sıcaklık dereceleri kullanılmaktadır (Çınar, 1999). Hava sıcaklığı, nem ve rüzgar şartları kişiler tarafından farklı bir şekilde algılanabilmektedir. Hissedilen sıcaklık değeri, kişisel özellikler ve sağlık durumu gibi faktörlere bağlı olarak subjektif bir hal almaktadır. Bununla birlikte, sağlıklı ve dinlenmiş orta yaşlı bireyler için hissedilen sıcaklık değeri laboratuvar ortamında yapılan deneyler sonucu belirlenmiştir (Atasever 2004). Steadman (1979) hissedilen sıcaklık tablosunu kullanarak etkili sıcaklıkların insan sağlığı üzerine olan etkilerini sınıflandırmıştır (Çizelge 3.8.). Bu değerlendirmede hava sıcaklığı ve nispi nem parametreleri dikkate alınarak etkili sıcaklık bölgeleri oluşturulmuştur. Örneğin, bir termometrenin ölçtüğü sıcaklık 31 °C iken, nem oranı % 60 olduğunda insan vücudu 35 °C sıcaklık hissederken, aynı sıcaklıkta nem oranı % 80'e çıktığında ise hissedilen sıcaklık 41 °C olmaktadır.

Çizelge 3.8. Sıcaklık-nemlilik indeksine göre hissedilen sıcaklık bölgeleri (Steadman 1979).

Sıcaklık (°C) \ Nispi nem (%)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
50	45	48	53	58	66	69	76	83	91	98									
49	44	47	51	56	61	66	72	79	88	94									
48	43	46	49	53	58	63	68	75	81	88	96								
47	42	45	48	51	55	60	65	70	76	83	90	98							
46	41	43	45	49	53	57	62	67	72	78	85	91	99						
45	41	43	45	48	52	56	60	65	70	76	82	88	96						
44	40	42	44	46	49	53	57	61	66	71	77	83	89	96					
43	39	40	42	44	47	50	54	58	62	67	72	77	83	90	97				
42	38	39	41	43	45	48	51	54	58	62	67	72	78	83	90	98			
41	37	38	39	41	43	45	48	51	54	58	62	67	72	78	83	89	96		
40	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	59	63	67	72	77	83	88	95	
39	35	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	67	71	76	81	87	93
38	35	35	36	37	38	40	42	44	46	49	52	55	59	63	68	73	78	83	89
37	34	34	35	36	37	38	40	42	44	46	49	52	55	59	63	67	72	76	81
36	33	33	34	34	35	36	37	39	41	43	46	48	51	55	58	62	66	70	74
35	32	32	33	33	34	35	36	37	39	41	43	45	48	50	53	57	60	64	68
34	31	31	32	32	33	33	34	35	37	39	40	42	44	45	49	52	55	58	61
33	31	31	31	32	32	32	33	34	35	37	39	40	42	45	47	49	52	55	58
32	30	30	30	30	31	31	32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	50	53
31	29	29	29	29	29	30	30	31	32	33	34	35	38	38	40	41	43	45	47
30	28	28	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	38	38	39	41	42
29	27	27	27	27	28	28	28	28	29	30	30	31	32	32	33	34	38	37	38
28	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31	32	32	33	34
27	26	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	31	32
26	25	25	25	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	28	28	29

Isı veya Güneş çarpmasıyla ani termal şoklar

Güneş çarpması, ısı krampları veya ısı bitkinliği. Fiziksel etkinlik ve bu şartlarda etkilenme süresine bağlı olarak şiddetli termal stres ile birlikte ısı çarpması

Fiziksel etkinlik ve bu şartlarda etkilenme süresine bağlı olarak kuvvetli termal stres ile birlikte ısı çarpması ısı krampları ve ısı yorgunlukları muhtemeldir.

Fiziksel etkinlik ve bu şartlarda etkilenme süresine bağlı olarak oluşan termal stresten dolayı halsizlik, sinirlilik, dolaşım ve solunum sisteminde birçok konforsuzluk meydana gelebilir.

Yaz mevsiminde, yüksek nem seviyeleri sıcak havayı bunaltıcı hale getirebilmekte, sıcaklığın yükselmesi ile birlikte konfor seviyesi düşebilmektedir. Ancak, rüzgarın esmesi, sıcaklığı düşürebilir. Ülkemizde yapılan değerlendirmeler sonucunda, sıcaklık ve nem değerlerine bağlı olarak hissedilen sıcaklıkların en çok konfor seviyesinden uzaklaştığı aylar Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Bu aylarda sıkça karşılaşılan sağlık problemleri arasında ısı çarpması, aşırı yorgunluk ve konsantrasyon bozukluğu yer almaktadır. Soğuk periyotlarda ise biyoiklimsel konfor seviyesi düştüğünde, kıyafet seçimi ve yapay ısınma gibi yöntemlerle konfor seviyesi yükseltilmeye çalışılmıştır. Benzer şekilde, sıcak dönemlerde de kıyafet seçimi ve yapay iklimlendirme yöntemleri ile konfor seviyesi iyileştirilmeye çalışılmaktadır (Çınar, 1999).

Hava hareketi; İklim elemanlarının bir diğeri olan hava, sıcak ortamdan soğuk ortama doğru, alçak basınç alanından yüksek basınç alanına doğru hareket eğilimindedir. Bu hareket rüzgarları meydana getirmektedir. Sıcaklık farkı arttıkça hava hareketinin de hızı artış gösterecektir. Rüzgar şiddetine ve yönüne göre, dış ortamda var olan bazı değerlerin etkisini yitirmesine sebep olmaktadır. Örneğin rüzgar etkilediği tüm yüzeylerde sıcaklık değerinin olduğundan daha az hissedilmesine sebep olmaktadır. Bu da yaz aylarında serinlemeye, kış aylarında ise üşümeye sebep olmaktadır. Rüzgarın göstermiş olduğu bu etki, temas ettiği yüzeye

paralel olarak gelmesi halinde daha da artmaktadır (Hisarlıgil, 2013). Rüzgâr, konveksiyon ve evaporasyon yoluyla ısı kaybını arttırarak, hissedilen sıcaklığı düşürür. Rüzgârlı havalarda konveksiyon ve buharlaşma daha fazla olur. Rüzgâr, vücuda dokunan hava taneciklerinin hızlı ve sürekli olarak değişmene neden olmakta, her tanecik deriden bir miktar sıcaklık alıp götürmekte, bunun sonucu olarakta serinleme veya üşüme hissini arttırmaktadır (Erol 1993). Rüzgâr hızına göre hissedilen sıcaklık değerleri Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Kuru termometre sıcaklığı ve rüzgar hızına göre hissedilen sıcaklıklar (ASHRAE, 2002).

	RÜZGÂR HIZI (m/sn.)							
SICAKLIK (^{0}C)	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**
20	18	16	14	13	13	12	12	12
18	16	13	12	10	10	9	9	9
15	13	9	7	6	5	4	4	4
12	10	5	3	2	0	0	-1	-1
9	6	1	-1	-3	-4	-5	-5	-5
6	3	-3	-6	-8	-9	-10	-10	-10
3	-1	-7	-10	-12	-14	-14	-15	-15
0	-4	-10	-14	-16	-18	-19	-20	-20
-3	-7	-14	-18	-21	-23	-24	-24	-24
-6	-11	-18	-23	-25	-27	-28	-29	-29
-9	-14	-23	-27	-30	-32	-33	-34	-34
-12	-17	-26	-31	-34	-37	-38	-39	-39
-15	-21	-30	-35	-39	-41	-43	-44	-44
-18	-24	-34	-40	-43	-46	-47	-48	-48
-20	-26	-37	-42	-46	-49	-51	-52	-52

Rüzgâr oluşumunun temel nedeni olan basınç farklılıkları, biyoiklimsel konforu etkilemesi yönünden önemlidir. Deniz seviyesinde atmosferik basınç normal koşullarda 760 mm civa olarak ölçülmektedir. Bu seviyede insan 1.5 tondan fazla bir hava basıncı altındadır. Dış basıncın fizyolojik olarak önemi büyük olup, vücudun bütün doku ve sıvıları bu basınçla denge durumundadır. Bu sayede kemikler eklem yerlerindeki kılıflar içine yerleşir. Diğer bütün vücut fonksiyonları bu dengeye göre işlevlerini yapmaktadır. Alçak ve yüksek basınç, kalp dolaşım sistemine ait hastalıkların oluşumunu kolaylaştırır. Eklem yerlerinde bıçak saplanmasına benzer ağrılar, iç ve dış basınç farkı cm^2'de 3-5 kg daha fazla olursa kulak zarlarının patlayıp yırtılması ve hatta alveollerin yırtılarak hava embolisi veya kirli kanın kalbe dönüşünün güçleşmesi tehlikesi vardır (Çınar 1999). Biyoiklimsel konforun oluşturulmasında her zaman rüzgârın olumlu etkisi vardır. Bundan dolayı normal hava koşullarında rüzgârın olmadığı durumlarda, vücut gerekli olan hava hareketini kendisi oluşturmaktadır. Vücut çevresindeki havayı ısıtarak, bulunduğu bölgeye daha serin havanın akmasını sağlamaktadır. Rüzgârın hareket yönü yoğunluğun fazla olduğu soğuk havadan, sıcak havaya doğru olacaktır (Morgan ve ark., 1997; Çetin 2015). İnsan vücudu sıcaklık, nem, radyasyon ve rüzgâra karşı duyarlıdır. Sıcaklık arttığı zaman terlemeyle evaporatif serinleme,

sıcak havanın serin hava ile yer değiştirmesiyle de konvektif serinleme mekanizması çalışmaktadır. Rüzgâr bu iki yönteme hız kazandırarak, biyoiklimsel konforun sağlanmasına yardımcı olmaktadır (Çetin, 2015).

Radyasyon (Çevrenin ortalama radyan sıcaklığı): Güneşten gelen radyasyonun bir kısmı atmosfere girerken, bir kısmı atmosfere girdikten sonra ve yeryüzünden geri dönerler ve bir kısmı atmosferde ve yeryüzünde tutulur. Ancak bu gelen ve giden radyasyon arasında daima bir denge söz konusudur. Genelde atmosfere ulaşan güneş enerjisinin % 25i bulutlar ve atmosfer etkisi ile uzaya geri dönerken, % 25'i dağılmaya (difüzyona) uğrar. % 15'i atmosfer tarafından absorbe edilir (emilir), % 8'i yere çarptığında geri yansır ve % 27'si de yeri ısıtır. Güneşten gelen radyasyonun ancak %67'si yeryüzünün aydınlatılmasında ve ısıtılmasında rol oynar. Yeryüzü kazandığı enerjinin %24'ünü uzun dalga ışınları halinde atmosfere geri verir. Buna giden radyasyon (yer radyasyonu) da denir. Bu miktarın % 8'î atmosferi geçerek uzaya geri dönerken % 16'sı havadaki su buharı ve gazlar tarafından emilir. Ayrıca yeryüzünden atmosfere kondüksiyon, konveksiyon ve evaporasyon ile enerji transferi olmaktadır. Gelen enerjinin yaklaşık %23'lük kısmı evaporasyonda harcanmaktadır (Aküzüm vd., 1994). Radyan sıcaklık ısıl konfor açısından önemli bir büyüklüktür. Çünkü ortalama radyan sıcaklık büyüdükçe, o hacim içinde daha düşük iç ortam hava sıcaklıklarında konfor sağlanabilir. Ortalama radyan sıcaklıkta farklı sıcaklığa sahip yüzeyler ve kişilerin bu yüzeyleri görüş açıları ve bu yüzeye olan uzaklıkları da önemlidir.

Güneş radyasyonu bir ortamın ısınmasından direkt olarak sorumludur. Güneşten ışıma yoluyla kısa dalga radyasyon olarak dünyanın herhangi bir noktasına gelen ısı enerjisi ilk olarak değdiği yer yüzeyini ısıtır.Bu şekilde oluşan ilk etki “direkt radyasyon” etkisi iken ikinci etkiye ise “yansıma” ya da “difüz radyasyon” etkisi denir. Bu radyasyon parametrelerinin hepsi de insan biyoiklimsel konforu üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu nedenle biyoiklimsel konfor hesaplamalarında radyasyon etkisi tek tek değil toplam olarak ele alınmaktadır. Bu noktadan hareketle, her türlü radyasyon etkisinden kaynaklanan sıcaklık değerine biyoiklimsel konfor açısından “MRT” (Mean Radiant Temperature; ortalama yansıma sıcaklığı) adı verilmiştir. Bu değer pek çok biyoiklimsel konfor hesap modelinde kullanılmaktadır. MRT değeri doğrudan ölçülen bir değer değildir. “Siyah küre hazneli termometre” adı verilen özel tip bir termometre ile ölçülen sıcaklıktan türetilmektedir. MRT ya da Tmrt sıcaklığı dış mekanda insan vücudu üzerine gelen her türlü radyasyon etkisini temsil ettiği için son derece önemlidir. Bu yolla elbise üzerinde biriken ısı kondüksiyon yoluyla cilde iletilir ve insanı etkiler.

Aktiviteye bağlı metabolik oran; Günlük hayatta gerçekleştirdiğimiz eylemlere göre vücut ısıl dengemiz değişiklik göstermektedir. Uyku halinin ardından başladığımız gün içerisinde koşmak, oturmak, yürümek gibi birbirinden farklı eylemler vücut ısımızda belirli miktarda değişime sebep olmaktadır. Vücudumuz bu değişime karşın belirli bir sürede kendi ısıl dengesini kurmaya çalışacaktır. Genellikle vücudumuzda O_2 tüketimini kontrol altına alarak metabolizma hızını yavaşlatan ve aşırı terlemeye engel olan bir mekanizmadan söz edilmektedir. Diğer bir

durum ise vücuttaki suyun atılması yani terleme yoluyla vücut ısısının düşürülmesidir. Bu mekanizma psikolojik serinleme hissinin de anlık olarak oluşmasına yardımcı olacaktır. Ancak tüm bunlar genel olarak sağlıklı metabolizmalar için yapılan kabullerdir (Salur, 2016). Biyoiklimsel konforla ilgili hesaplamalarda bu değişkenin birimi vücudun birim alanına düşen ısı enerjisi miktarı olduğu için W/m²'dir. Bunun dışında "met" şeklinde oluşturulmuş bir birim de bu hesaplarda kullanılmaktadır ve 1 met = 58,2 W/m²'dir. Metabolik ısı doğrudan insanların yerine getirdiği fiziksel iş yüküne bağlı olduğu için yürütülen her aktivite için sabit metabolik ısı değerleri (Çizelge 3.10) belirlenmiştir (Auliciems ve Szokolay, 2007).

Çizelge 3.10. Bazı aktiviteler sonucu ortalama bir insan vücudunun ürettiği enerji miktarı (Auliciems ve Szokolay 2007).

Etkinlik	W/m2	Met
Uyku hali	40	0,7
Uzanma/yatakta yatma pozisyonunda	46	0,8
Koltukta oturma dinlenme hali	58	1,0
Oturur vaziyette masa başı işinde çalışma (okul ve laboratuar işleri)	70	1,2
Araba sürmek	80	1,4
Grafik tasarımı baskı dizgi işleri	85	1,5
Ayaktayken, hafif işler (alış veriş, laboratuar, hafif sanayi)	93	1,6
Öğretmenlik	95	1,6
Günlük bakım kişisel işler (tıraş olma, banyo yapma ve giyinme vs,)	100	1,7
Yürüyüş (2 km/saat hızla)	110	1,9
Ayakta orta dereceli aktivite (tezgâhtarlık, ev işleri)	116	2,0
İnşaat işi (tuğla taşımak, örmek)	125	2,2
Bulaşık yıkama	145	2,5
Dışarı ev işleri (çim üstündeki yaprakları toplamak)	170	2,9
Ev işleri (elle çamaşır yıkama ve ütü yağma)	170	2,9
Demir – çelik atölyesi işleri	175	3,0
İnşaat işi (kalıp çakma)	180	3,1
Ağaç kesmek (tek taraflı el testeresiyle)	205	3,5
Voleybol	232	4,0
Bisiklet sürmek	290	5,0
Golf	290	5,0
Jimnastik	319	5,5
Basketbol	348	6,0
Yüzme	360	6,0
Buz pateni (18 km/saat hızla)	380	6,2
Tarım işleri	380	6,5
Kayak (düzgün karda 9 km/saat hızla)	405	7,0
Sırt çantası ile gezinti	405	7,0
Tenis	405	7,0
Hentbol	464	8,0
Hokey	464	8,0
Futbol	464	8,0
Koşu (12 dakikada 1 mil)	500	8,5
Balta ile ağaç/odun kesimi	500	8,5
Koşu (15 km/saat) hızla	550	9,5

Kıyafet izolasyonu ve evaporatif direnci; Termal konforu sağlamak için çoğu zaman öncelikle giysilerimizde değişiklik yaparız. Günlük giysi tercihlerimizi daima mevsim koşullarına göre şekillendiririz çünkü gün içerisinde hissedilen hava sıcaklığı, nem ve rüzgar gibi değerleri kendimize göre değiştirmemiz mümkün değildir. Bu durumda termal konfor için ince, kalın, açık renk, koyu renk gibi özelliklere göre tercih edilen giysilerle ilk adım uyumu sağlamış oluruz. Günümüzde termal konforu dikkate alarak imal edilmiş birçok giysi mevcuttur. Soğuk kış ayları, spor yapanlar, nemli bölgelerde yaşayanlar ve çok soğuk bölgelerde yaşayanlar için tasarlanmış birçok örnek mevcuttur (Salur, 2016).

Biyokonforun sağlanabilmesi için, sıcaklık ve bağıl nem değerleri belirleyici olmaktadır. Sıcaklığın 21-27,5 ^{0}C aralığında, bağıl nemin ise % 30-65 aralığında tutulması gerekmektedir. İnsan vücut sıcaklığı bu değerlere uyumlu olarak 37 ^{0}C civarında gerçekleşmektedir. Ayrıca, giyim seçimi de termal konforu etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Soğuk havalarda, vücut ısısının korunabilmesi için kalın, yünlü ve güneş radyasyonunu emen koyu renkli giysilerin tercih edilmesi önerilirken, sıcak havalarda ise ince, pamuklu ve yansımayı arttırıcı açık renkli giysilerin kullanımı önerilir. Bu önlemler, biyoiklimsel konforun korunmasında ve insan sağlığına olumlu etkiler sağlamada önemli bir rol oynamaktadır (Çolakoğlu, ve ark., 2020). Biyoiklimsel konforu etkileyen faktörlerin tamamı Çizelge 3.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11. Biyoklimatik konfora etki eden faktörler (Blazejczyk 1994 ve Auliciems ve Szokolay 2007'den değiştirilerek.)

Çevresel Faktörler			**Kişisel Faktörler**			**İlave Faktörler**
Faktör	**Sembol**	**Birimi**	**Faktör**	**Sembol**	**Birimi**	
Hava sıcaklığı	Ta	°C	Metabolik ısı üretimi (aktivite)	M	Wm^{-2}	Yiyecek İçecek
Rüzgar hızı	v	ms^{-1}	Ortalama cilt sıcaklığı	Ts	°C	İklim alışma
Havanın nispi nemi	f	%	Cilt ıslaklığı	w		Boy-kilo oranı
Havanın buhar basıncı	E	hPa	İnsana ait hareketin hızı	V'	ms^{-1}	Deri yağ tabakası
Güneş radyasyonu	R	Wm^{-2}	Giysinin sarmalayıcı etkisi	Icl	clo	Yaş ve cinsiyet
Direk radyasyon	Kdir	Wm^{-2}	Giysinin albedosu	ac	%	Sağlık durumu
Difüz radyasyon	Kdif	Wm^{-2}				Ten rengi
Yansıyan radyasyon	Kref	Wm^{-2}				
Ortalama Radyasyon Sıcaklığı	Mrt	°C				
Yer yüzeyinin sıcaklığı	Tg	°C				
Bulutluluk	N	oktas				
Güneşin yüksekliği	hSl	º				

Bir bölgenin biyoiklimsel konfor yapısını ortaya koymak üzere geliştirilen en önemli indekslerden biri de enerji dengesine dayalı olarak hazırlanan Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES)'tır. MEMI (Munich Energy Model for Individuals) modeline dayalı olarak özellikle dış mekanlar için geliştirilmiştir (Höppe 1993, 1999). MEMI modelinde insan vücuduna ait sıcaklık giysili ve giysisiz alanların sıcaklığı olarak ele alınmaktadır. Bu konudaki detaylı fizik ve matematik bağıntılar Höppe (1993) ve ASHRAE (1992 ve 2004)'de verilmiştir. Bu çalışmada FES dizinin tercih edilmesinin temel gerekçelerinden biri, sadece meteorolojik parametreler değil aynı zamanda insan ısı dengesine dair değişkenleri hesaplamalara dâhil etmesidir. FES, farklı iklim koşullarına sahip bölgelerin termal bileşenlerinin değerlendirilmesinde oldukça uygun olan bir yöntemdir. Bu yöntem iklim değişkenlerinin (sıcaklık, nem ve rüzgar) yanı sıra kişilerin fizyolojik özelliklerini de dikkate alarak değerlendiren bir indekstir. FES, sonuçların ^{0}C cinsinden verilmesi ile birçok meslek disiplininden kullanılmasını sağlamıştır ve indeks değerlerinin ısıl algılama grupları Çizelge 3.12'de verilmiştir (Matzarakis ve ark., 1999). Proje kapsamında da BK değerlerinin hesaplanmasında yaygın olarak kullanılan Matzarakis tarafından ortaya konan FES indisinden yararlanılacaktır.

Çizelge 3.12. PMV ve FES indekslerine ısıl algılama grupları (Matzarakis ve ark., 1999)

FES (C^0)	ISIL ALGILAMA	FİZYOLOJİK STRES DERECELERİ
<-10	Aşırı Soğuk	Çok Aşırı Soğuk Stresi
0-4	Çok Soğuk	Çok Şiddetli Üşüme Stresi
4-8	Soğuk	Şiddetli Üşüme Stresi
8-13	Serin	Orta Dereceli Üşüme Stresi
13-18	Hafifçe Serin	Hafifçe Üşüme(Ürperme) Stresi
18-23	Konforlu	Isıl Stres Yok
23-29	Hafifçe Ilık	Hafifçe Isınma Stresi
29-35	Ilık	Orta Derecede Isınma Stresi
35-41	Sıcak	Şiddetli Isınma Stresi
>41	Çok Sıcak	Çok Şiddetli Isınma Stresi

FES indisini hesaplarken RayMan modeli kullanılmıştır. Bu model özellikle yaz döneminde güneşli havalarda insan enerji dengesinin en önemli meteorolojik girdi parametresi olan ortalama radyan sıcaklığı (T_{mrt}) belirlemek içingeliştirilmiştir. T_{mrt}, insan enerji dengesi için Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) (PET- Physiological Equivalent Temperature), Tahmini Ortalama Seçim (PMV- Predicted Mean Vote) veya Standart Etkili Sıcaklık (SET- Standard Effective Temperature) gibi termofizyolojik indeksler üzerinde en güçlü etkiye sahip olanıdır. T_{mrt}, genellikle açık alan koşulları altında çeşitli radyasyon akışları ile insan vücudunun aynı

radyasyon enerjisine ulaşan siyah cisim radyasyonunu veren bir yüzeyi çevreleyen sıcaklık olarak ifade edilir.

Burada bahsedilen açık hava koşulları ve tipik kapalı hava koşulları aşağıdaki gibidir;

Açık hava koşulları;

- 80W'lık bir fiziksel aktivite yapan,
- Kıyafetlerinin ısı direnci 0.9 clo (giysinin izole edici etkisi) olan, (bu çalışmada mevsimlere göre giysi seçimi uygulanacaktır)
- Türkiye ortalamasına göre erkek ve kadınlarda 32 yaş,
- Türkiye ortalamasına göre kadınlarda 163 cm, erkeklerde 176 cm boy uzunluğu

Kapalı alan koşulları;

- Ortalama radyan sıcaklık, hava sıcaklığına eşit, (T_{mrt} = Ta)
- Havanın hareket (rüzgâr) hızı 0,1 m/s olduğu
- Su buharı basıncı 12 hPa olan koşullardır. (Ta = 20° ve nispi nem %50 civarında olduğundaki su buharı basıncı).

T_{mrt}'yi hesaplamak için teknik olarak literatürde en çok bilinen integral radyasyon ölçümlerini kullanan birçok yaklaşım geliştirilmiştir. Standart meteorolojik ölçme araçları olan pyranometre ve pyrgeometre kullanılarak uygulanan basit bir yöntemdir. Pyranometre, bütün çevreden gelen kısa dalga radyasyon akışlarını ölçmek için kullanırken pyrgeometre uzun dalga radyasyonlarını ölçmektedir. Yatay ve dikey eksen etrafından dönen bir sistemde pyranometre ve pyrgeometre karşılıklı yerleştirilmektedir. Böylelikle kısa ve uzun dalga radyasyon akışları tüm yönlerden ölçülerek insanları etkileyen üç boyutlu alan hakkında bilgi vermektedir. Uygulamada dört ana nokta ile alt ve üst küreler arasında kısa ve uzun dalga radyasyon akışları ölçülür. Bu ölçüm yüksekliği zeminden 110 cm olup yaklaşık ayakta bulunan bir kişinin ağırlık merkezi hizasına denk gelmektedir. Bu hesaplamaları yapmak için her bir yönden gelen akışlar belirli bir ağırlıkla çarpılarak (Wi [i:1,6]) F_p projeksiyon faktörlerinden türetilmektedir. Ayaktan duran veya yürüyen kişinin W_i ağırlık faktörleri i) doğu, güney, batı ve kuzey yönünden radyasyon akışları her durumda 0.22 ii) yukarıdan ve aşağıdan radyasyon akışları her durumda 0.06 alınarak hesaplanmaktadır. İnsan vücudunun ortalama radyasyon akış yoğunluğu (S_{str}) da aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$S_{str} = a_k \sum_{i=1}^{6} K_i F_i + a_1 \sum_{i=1}^{6} L_i F_i \tag{3.3}$$

S_{str} : İnsan vücudu için ortalama akış yoğunluğu,
K_i : Kısa dalga (solar),
L_i : Uzun dalga (karasal) radyasyon akışı,

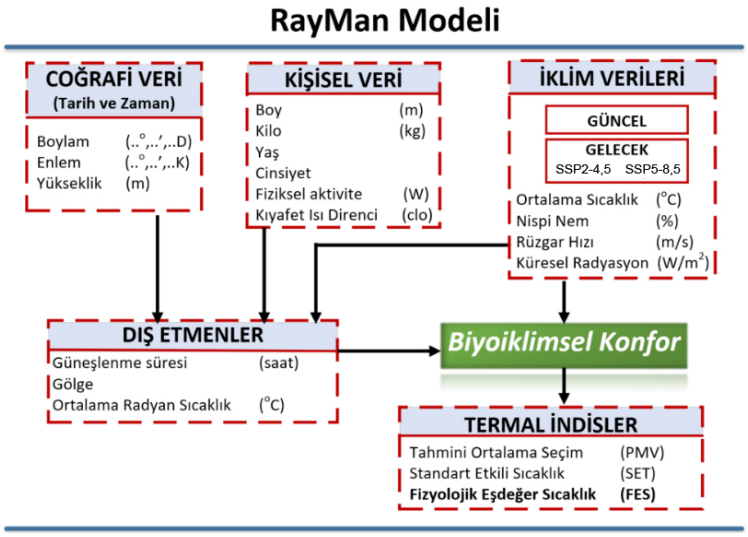
a_k ve a_1 : kısa ve uzun dalga radyasyon absorbe katsayısı,
F_i : Katı yüzeyin açı faktörünü ifade etmektedir.

T_{mrt} indeksi ise Stefan-Boltzmann radyasyon kanunundan ^{0}C cinsinden hesaplanmaktadır.

$$T_{mrt} = \sqrt[4]{(S_{str}/(a_1\sigma))} - 273.2 \quad (3.4)$$

σ : Stefan-Boltzmann sabiti (5.67*10−8 W/m−2K−1)

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen 2584 adet istasyon verisine ait iklim parametreleri ANUSPLIN yardımı ile MODIS uydu görüntüsü ile uyumlu olacak şekilde 1km yersel çözünürlükte interpole edilmiştir. Biyoiklimsel konfor koşullarının hesaplanmasında kullanılan FES indisini üretmek için iklimsel parametrelerden güncel için, MGM istasyonlarından alınan uzun yıllar ortalama saatlik, günlük ve ayık hava sıcaklığı (Ta,°C), nispi nem (RH,%), rüzgar hızı (W,m.s^{-1}) verileri ile MODIS görüntüsünden elde edilen bulutluluk (octas) verisi, gelecek için ise CMIP6 tahmin verilerinden 2050 yılı için SSP2-4.5 ile SSP5-8.5 senaryolarına ait hava sıcaklığı (°C), Nispi nem (%), Rüzgar hızı (m.s^{-1}) ve solar radyasyon (w/m^2) verileri kullanılmıştır. Biyoiklimsel konfor hesabı yapılırken kullanılan kişisel özellikler ise TUİK'ten temin edilen veriler doğrultusundan Türkiye ortalamasına göre 35 yaşında 1.74 m boyunda ve 82.4 kg ağırlığında araba sürmek gibi günlük aktivitelerde bulunan (80W) ve mevsim normallerince giyinmiş (0.90 clo) bir Türk erkeği ele alınmıştır. Modelde kullanılan coğrafi veriler için MGM istasyonlarına ait enlem, boylam ve yükseklik verileri girilmiştir. Yerel saat ayarı ise yerel saat +3 saat (UTC) olarak ayarlanmıştır. Bu doğrultuda RayMan modelinine ait yöntem şeması Şekil 3.14'te verilmiştir.

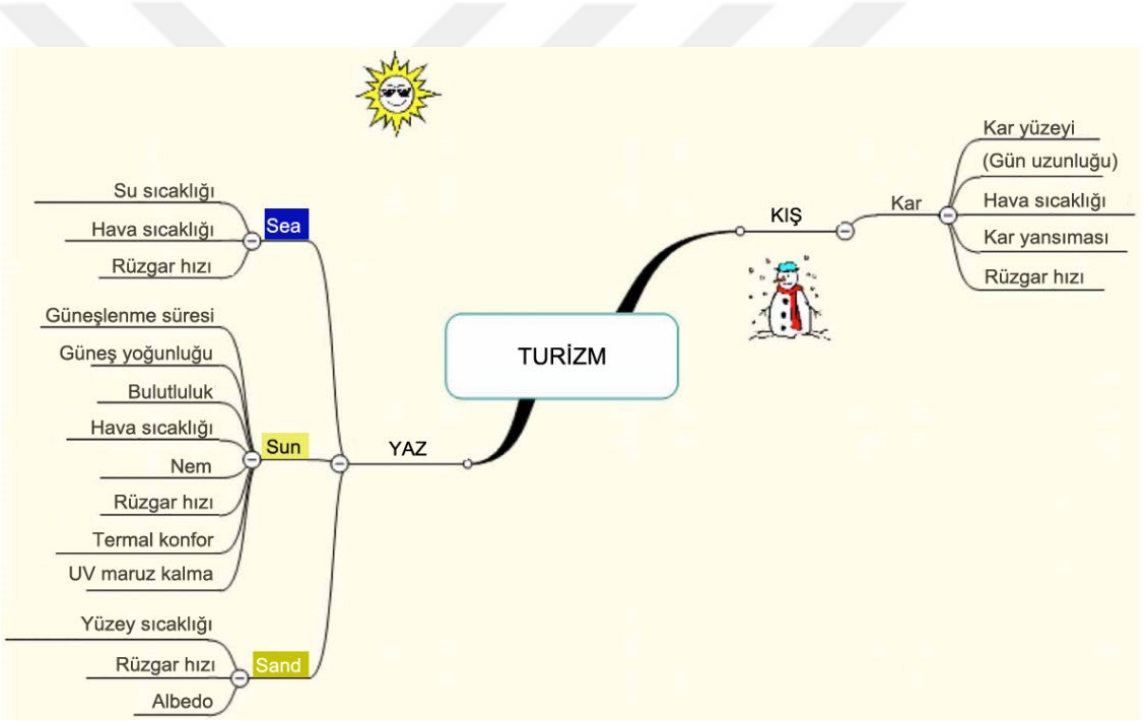


Şekil 3.14. Rayman Modeli yöntem şeması

Turizm iklim indeksine göre turizm konfor alanlarının tespiti

İklim günümüzde turizm ve rekreasyon sektörü üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir ve bazı bölgelerde turizm endüstrisinin dayandığı doğal kaynağı temsil etmektedir. İklim konforu, insanların turizm faaliyetlerine katıldıkları ortamdaki iklim koşullarından memnuniyet düzeyi olarak nitelendirilmektedir. Konfor koşulları ele alınan turizm türüne göre değişmekle birlikte, belirli eşik değerlerin ve dizinlerin sunulması, ortamın iklim koşullarıyla ilişkili konfor düzeyinin daha net bir resmini sağlayabilir (Öztürk ve Göral, 2018).

Hava ve iklim günümüzde turizm için seçilen alanları etkilemektedir. Hava sıcaklığı, nem, rüzgar, kuraklık, fırtına, güneşlenme süresi vb. gibi iklim parametreleri bir yerin cazibesini belirlediği için turizm türünü ve süresini etkilemektedir. Turizmdeki hava ve iklim etkileşimleri Şekil 3.15'da gösterildiği gibidir.

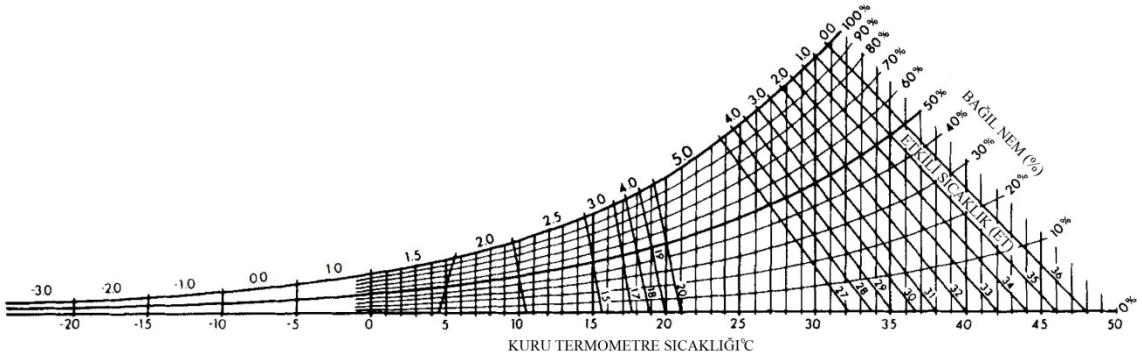


Şekil 3.15. İklim ve turizm arasındaki ilişkiler (Matzarakis, 2006'dan çevrilerek)

Özellikle yaz turizminin, üç S (güneş, deniz ve kum) ile tanımlandığı turizm faktörlerinin çoğu hava ve iklime bağlıdır. Üçlü S'ye eklenebilecek veya tek kışlık S olarak kullanılabilecek ek bir faktör, kış turizmi için ana karar faktörü olan kardır (Matzarakis, 2006). İklim konforu ve turizmi bir arada değerlendiren çeşitli iklim konfor indeksleri geliştirilmiştir. Bu kapsamda turizm ile ilgili iklim faktörlerini tek bir indiste birleştiren Turizm İklim İndeksi (TCI) en yaygın olan indislerdendir. Mieczkowski (1985) turizm iklim indeksi (TCI) için temelde iki koşulun yerine getirilmesi gerektiğinin üzerinde durulmuştur. Sıcaklık, nem, yağış, güneş ışığı ve rüzgar temel unsurlardır, ancak çok daha büyük öneme sahip olan, termal konfor olarak bilinen karmaşık parametredir. Bu, ulusal ve uluslararası turist hareketleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir ve

özellikle orta ve yüksek enlem bölgelerinde turizm sezonunun süresini büyük ölçüde kontrol eder. İkinci olarak, ayrı değişkenler için ortak bir ölçüm temeli sağlamak üzere standartlaştırılmış derecelendirme sistemleri geliştirilmelidir. İstatistiksel kolaylık sağlamak amacıyla, her bir durumda en uygun duruma 5.0 değeri atanmış olup, tam veya yarım birim olarak sıfıra (ve bazen daha düşük) kadar ölçeklendirilmiştir. Seçilen değişkenlerin turistler için taşıdıkları önemin farklı olması nedeniyle buna göre ağırlıklandırılması gerekmektedir (Mieczkowski, 1985).

Literatürde termal konforun (veya rahatsızlığın) derecesi, 'ortalama bir kişinin sıcaklık ve nem açısından psikofizyolojik hisleri' olarak tanımlanan sayısal bir parametre olan konfor indeksi ile ölçülür (Terjung, 1968). Bu bileşik ölçüde, basitleştirilmiş bir şekilde kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nemin tek bir indeksi olan efektif sıcaklık (ET) kavramı ile ifade edilir. Şekil 3.16'de olduğu gibi bir psikrometrik grafik üzerine çizildiğinde, efektif sıcaklık çizgileri eşit fizyolojik termal duyum çizgilerini temsil eder. Başka bir deyişle, efektif sıcaklık gerçekten deneyimlenen sıcaklık anlamına gelir. Bu kavram üzerine yaklaşık 60 yıllık bir araştırma yapılmıştır, ancak ET değerlerinin resmi olarak düzenlenmesine ilişkin en son düzenleme 1972 yılında yapılmıştır (ASHRAE 1974). TCI formu için termal hislerin (termal konfor) derecelendirme sistemi bu değiştirilmiş standartlara dayanmaktadır (Matzarakis, 1985). Çalışmada turizm iklim konforunu ortaya koyarken literatürde kabul görmüş bu indeks kullanılmıştır.



Şekil 3.16. Turizm iklim indeksi için termal konfor derecelendirme sistemi (ASHRAE (1972)'den değiştirilerek, Mieczkowski, 1985)

Daha genel bir ifadeyle, araştırmacılar hafif giyimli, oturmuş bir kişi için optimum konforun 20°-27°C kuru termometre sıcaklığı ve % 30-70 bağıl nem arasında olduğu konusunda hemfikirdir, ancak %20-80 bağıl nem de tolere edilebilir olarak görülmektedir (Heurtier 1968). Konfor indeksinin uygunluğu, özünde rahatsız edici olarak kabul edilebilecek bağıl nem oranının uç noktalarına doğru azalmaktadır. Yani, çok yüksek bağıl nem ve çok düşük bağıl nem neredeyse her sıcaklıkta rahatsızlığa neden olmaktadır (Terjung, 1966; Heurtier, 1968; Mieczkowski, 1985). Kısaca, TCI için termal konfor seviyesini değerlendirecek derecelendirme sistemini oluşturmak amacıyla, kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nem değişkenleri seçilmiş ve ASHRAE termal konfor standartları gözönüne alınmıştır (ASHRAE, 1972; Rohles ve Nevis, 1973; Rohles, 1974). Optimum

konfor (termal nötrlük) için 1972 ASHRAE standardı, optimum derecelendirme bölgesi olarak kabul edilmiştir. Radyant sıcaklık, burada sabit olarak ele alınmasına rağmen, özellikle kuru termometre sıcklığının arttığı sıcak havada, dış mekandaki termal konfor seviyesinin de etkilendiği görülmüştür. Şekil 3.16'de, ayarlanmış ASHRAE termal nötralite bölgesi, 5.0 puanlık bir derecelendirme ile TCI için en uygun bölgeyi oluşturmaktadır. Daha sonra derecelendirme ölçeği, bir dizi sıralı değere göre optimum bölgenin her iki tarafında kademeli olarak azalır. Derecelendirme bölgeleri arasındaki sınırlar ET çizgileridir ASHRAE konfor çizelgesinden türetilmiştir (ASHRAE , 1972). Ölçek -3.0'a kadar uzanmaktadır, 1.0 ile 5.0 arasında yarım puanlık ve -3.0 ile 1.0 arasında bir puanlık dilimlere bölünmüştür (Mieczkowski, 1985).

Mieczkowski (1985)'in bu koşulları dikkate alarak geliştirdiği turizm iklim indeksi (TCI) yedi parametreden oluşan bir indistir (maksimum günlük sıcaklıkların aylık ortalaması, ortalama günlük sıcaklık, minimum günlük bağıl nem, ortalama günlük bağıl nem, toplam yağış, toplam güneşlenme süresi ve ortalama rüzgar hızı). Bu iklim değişkenleri, gündüz termal konforu (CID), günlük termal konforu (CIA), yağış, güneşlenme süresini ve rüzgar hızını açıklayan beş alt gruba (bunlardan üçü bağımsız ve ikisi biyoiklimsel bir kombinasyonda) birleştirilmiştir. Alt indislerin her biri için 5 (optimal) ve -3 (ekstra olumsuz) arasında değişen standart bir derecelendirme sistemi geliştirmiştir (Çizelge 3.13) (Mieczkowski, 1985).

Çizelge 3.13. Mieczkowski'nin (1985) turizm iklim indeksinin bileşenleri

Kısaltma	Alt-İndeks	Aylık İklim Değişkeni	TCI üzerine etkisi	Ağırlık(%)
CID	Gündüz Konforu	Mak. Günlük sıcaklık ve min. Günlük nem	Max. Turist aktivitesi boyunca termal konfor	40
CIA	Günlük Konfor	Ortalama günlük sıcaklık ve ortalama günlük nem	24 saat boyunca termal konfor	10
P	Yağış	Toplam yağış	Yağışların olumsuz etkisi	20
S	Güneşlenme Süresi	Toplam güneşlenme süresi	Güneş ışığının etkisi	20
W	Rüzgar Hızı	Ortalama rüzgar hızı	Ortalama rüzgar hızının etkisi	10

TCI için termal konforun değerlendirilmesinde turistler açısından en uygun termal konfor şartlarına karar verirken kuru termometre sıcaklığı ve bağıl neme bağlı iki indeks geliştirilmiştir. Bu indeksler gündüz konfor indeksi ve günlük konfor indeksidir. Gündüz konfor indeksi, maksimum günlük kuru termometre sıcaklığı ve minimum günlük bağıl nem değişkenlerini bir araya getirmektedir. Her ikisi de genellikle turistlerin açık havada en aktif olma eğiliminde olduğu 12.00-16.00 saatleri arasında gerçekleşir. Bu nedenle gündüz konfor endeksi, iklimsel refahın en

önemli göstergesi olarak kabul edilmektedir. TCI formülünde yüzde 40'lık bir ağırlık taşımaktadır (Mieczkowski, 1985).

Günlük konfor indeksi ise ortalama günlük kuru termometre sıcaklığı ve ortalama günlük bağıl nem değişkenlerini bir araya getirmektedir. Bu indeks TCI formülünde sadece %10'luk bir yer tutmaktadır çünkü çoğu turistin kapalı mekanlarda kaldığı gece saatleri de dahil olmak üzere 24 saat boyunca termal konfor koşullarını yansıtmaktadır. Bu nedenle, daha düşük gece sıcaklıklarının olası etkilerine izin vermesine rağmen, gündüz konfor indeksinden daha az geçerli bir ölçü olduğu düşünülmektedir. Bu endeksleri elde etmek için Şekil 3.16 üzerinden endeks puanları bulunmuştur. TCI hesaplanırken etkili olan diğer iklimsel parametreler ise yağış, rüzgar hızı ve güneşlenme süresidir (Mieczkowski, 1985).

Yağışların turistlerin iklim konforu üzerinde, hem yağan toplam miktarlar hem de zaman içindeki dağılımları yoluyla önemli bir etkisi vardır. Ancak gök gürültülü fırtınaların bir ay içinde sadece birkaç kez meydana gelmesi halinde turistler için büyük bir konforsuzuk teşkil etmediğidir. Aynı miktarda yağışın hafif ve sürekli yağmur şeklinde bir ay boyunca eşit olarak dağılması tatilden alınan keyfi önemli ölçüde azaltabilir. Aynı durum günlük bazda da geçerlidir. Bu nedenle, minimum yağışın ne olması gerektiği konusunda farklı görüşler olsa da, minimum yağışlı gün sayısı dikkate alınmalıdır. Yağış faktörüne, turistlerin konforu üzerindeki önemli etkisinden dolayı TCI formülünde yüzde 20'lik bir ağırlık verilmiştir. Yağış verilerinin değerleri tüm ilgili koşullar dikkate alınarak oluşturulan Çizelge 3.14'te belirlenmektedir (Mieczkowski, 1985).

Çizelge 3.14. Yağış miktarı oranlama ölçeği (Mieczkowski, 1985)

Oran	Aylık ortalama yağış miktarı
5,00	0,0-14,9
4,50	15,0-29,9
4,00	30,0-44,9
3,50	45,0-59,9
3,00	60,0-74,9
2,50	75,0-89,9
2,00	90,0-104,9
1,50	105,0-119,9
1,00	120,0-134,9
0,50	135,0-149,9
0,00	>150

Turizm sektöründe güneş ışığının turistlerin seyahat planlarını nasıl etkileyeceği konusunda çeşitli argümanlar vardır. Bazı araştırmacılar güneşli havalarda ılımlı ultraviyole radyasyonunun sağlık yararları olduğu ancak aynı zamanda güneş yanığı, cilt kanseri ve aşırı ısınma gibi olumsuz etkileri de bulunduğu belirtilmektedir. Bazı araştırmacılar ise sıcak hava ve bulutlu gökyüzünün

birlikte, turizm açısından cazibe merkezi oluşturduğunu savunmaktadır. Bu argümanlar, güneş ışığının turizm için kesin olarak faydalı görülmemesi gerektiğinin altını çizmektedir. Çoğu turist açısından güneş ışığı olumlu bir özelliktir ve TCI formunda da bu şekilde ele alınmıştır. Yağış için de %20'lik bir ağırlık verilmiş ve genel olarak güneş ışığı artışı derecelendirmeyi de arttırmıştır. TCI formülü için uygun bir güneşlenme ölçüsünün seçilmesi bazı zorluklara yol açmıştır. Başlangıçta, toplam güneş ışığı yüzdesi kullanılmak istenmiş ancak bu değişkenin meteorolojik istatistiklerde nadir bulunması ve turistlerin günlük güneşlenme saatleriyle daha çok ilgilenmesi nedeniyle ortalama aylık güneşlenme süresi benimsenmiştir. Bu değişken, aylık ortalama güneşlenme süresinin ilgili aydaki gün sayısına bölünmesiyle hesaplanmıştır ve TCI formülünde yüzde 20'lık bir ağırlık taşımaktadır (Mieczkowski, 1985). Güneşlenme süresi verisinin oranlaması ise Çizelge 3.15'e göre yapılmıştır.

Çizelge 3.15. Güneşlenme süresi oranlama ölçeği (Mieczkowski, 1985).

Oran	Güneşlenme süresinin aylık ortalaması
5,00	10 saatten fazla
4,50	9 saat - 9 saat 59 dakika
4,00	8 saat - 8 saat 59 dakika
3,50	7 saat - 7 saat 59 dakika
3,00	6 saat - 6 saat 59 dakika
2,50	5 saat - 5 saat 59 dakika
2,00	4 saat - 4 saat 59 dakika
1,50	3 saat - 3 saat 59 dakika
1,00	2 saat - 2 saat 59 dakika
0,50	1 saat - 1 saat 59 dakika
0,00	1 saatten az

Son iklimsel parametre olan rüzgar, TCI için değerlendirilmesi karmaşık bir faktördür. Rüzgar hızı hesaplamada kritik bir rol oynar, çünkü türbülans ve buharlaşma yoluyla ısı transferini hızlandırır. Daha soğuk sıcaklıklarda rüzgar, cildin yakınındaki ısınmış hava tabakasını uzaklaştırarak sıcaklık hissini azaltır; daha sıcak sıcaklıklarda, 24°-26°C ile 33°C (cilt sıcaklığı) arasında, aynı etkiyle vücudu hoş bir şekilde üşütür, aşırı ısınmış, doymuş hava tabakasını uzaklaştırır ve böylece buharlaştırıcı üşüme işlevini geri kazandırır. Hava sıcaklığı konforlu cilt sıcaklığını aştığında, rüzgar vücuda konvektif ısı ekleyerek ısı yükünü artırır, böylece daha dayanılmaz bir konforsuzuk hissine katkıda bulunur. Bu değerlendirmeler, rüzgar hızı için bir derecelendirme sisteminin oluşturulmasında önemli olan üç sonucu ortaya koymuştur. Birincisi, rüzgar temelde negatif bir değişkendir ve normalde rüzgar hızı arttıkça daha düşük derecelendirmelerle ilişkilendirilmelidir. Ortalama maksimum sıcaklıkların 33°C'den yüksek olduğu sıcak iklimler için de olumsuz bir değerlendirme yapılmalıdır. İkinci olarak, soğuk iklim koşulları için, ortalama aylık rüzgar hızlarının aylık ortalama günlük sıcaklıklarla birleştirildiği,

rüzgar hızı derecelendirmesine dayalı başka bir sistemin kullanılması arzu edilir görünmektedir. 5 m/s (ya da yaklaşık 18 km/sa.) üzerindeki rüzgar hızlarının derecelendirme sisteminde dikkate alınmasına gerek olmadığı, çünkü bu hızların insanın termal koşullarında önemli bir bozulmaya yol açmadığı sonucuna varılmıştır (Kandror ve ark., 1974). Üçüncü olarak, artan rüzgar hızları bazı koşullar altında faydalı olabileceğinden, rüzgarların olduğu bölgeler ve aylık ortalama maksimum sıcaklıkların ortalama konfor cilt sıcaklığının hemen altında olduğu diğer bölgeler için başka bir derecelendirme sistemi oluşturulmalıdır. Bu tür alanlar ılıman bölgelerde olduğu kadar sıcak iklim bölgelerinde de yer alabilir. Rüzgar hızı verisi TCI formülünde en düşük %10'luk bir ağırlık taşımaktadır. Bu noktalar göz önünde bulundurularak, dört ayrı rüzgar derecelendirme şeması geliştirilmiştir (Çizelge 3.16). Bunlardan ilki olan ve en düşük ortalama aylık rüzgar hızlarına 5.0 optimum değerinin verildiği normal sistem, ortalama günlük maksimum sıcaklığın 15° ile 24°C arasında olduğu aylara uygulanmak üzere tasarlanmıştır. Alize rüzgar sistemi buharlaştırmalı soğutmanın daha yüksek sıcaklıklarda (yani 24° ile 33°C arasında) yaratabileceği hoş etkiyi kabul etmektedir; bu ölçekte optimum değer orta derecede bir rüzgar hızı olarak belirlenmiştir. Daha sonra, ortalama günlük maksimum sıcaklıkların 33°C'yi aştığı sıcak iklim sistemi altında, herhangi bir rüzgarın rahatsız edici olduğu kabul edilir; burada, en düşük ortalama aylık rüzgar hızlarına yine maksimum derece verilir, ancak değer yalnızca 2.0'dir (Mieczkowski, 1985). Ülkemiz iklim koşulları dikkate alındığında orta derecede bir rüzgar hızının etkili olduğu Alize Rüzgar Sistemi (Trade wind) en uygun derecelendirme sistemi olarak ele alınmış ve oranlar bu sisteme göre belirlenmiştir.

Çizelge 3.16. Rüzgâr hızı oranlama ölçeği (Mieczkowski, 1985).

Rüzar Hızı(km/h)	Beaufort ölçeği	Normal	Alize Rüzgar Sistemi	Sıcak İklim
<2,88	1	5,00	2,00	2,00
2,88-5,75	2	4,50	2,50	1,50
5,76-9,03	2	4,00	3,00	1,00
9,04-12,23	2	3,50	4,00	0,50
12,24-19,79	3	3,00	5,00	0
19,80-24,29	4	2,50	4,00	0
24,30-28,79	4	2,00	3,00	0
28,80-38,52	5	1,00	2,00	0
>38,52	6	0,00	0,00	0

Bütün bu değişkenler, turistlerin refahını etkileme derecelerine göre göreceli olarak ağırlıklandırıldığında, turizm konfor indeksi hesaplaması aşağıdaki formüle dayanmaktadır;

$$\mathrm{TCI} = 2[(4 * \mathrm{CID}) + \mathrm{CIA} + (2 * \mathrm{P}) + (2 * \mathrm{S}) + \mathrm{W}] \quad (3.5)$$

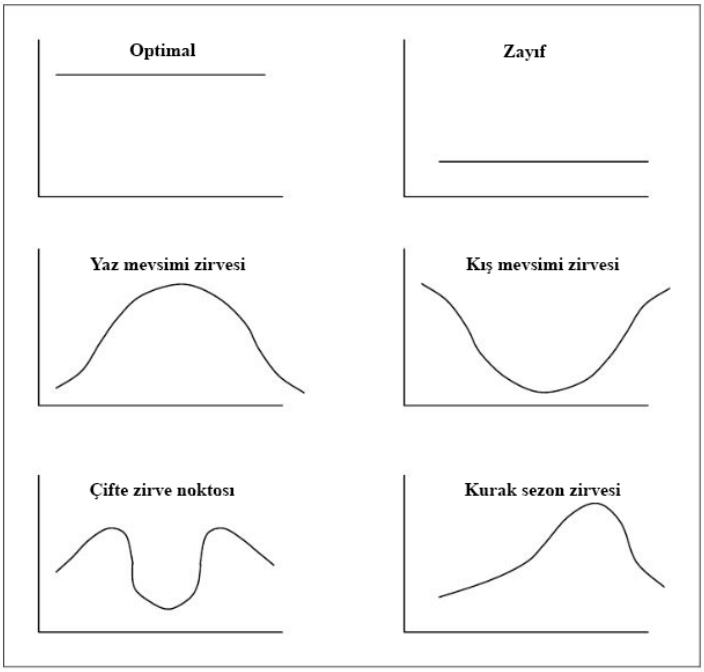
CID Gündüz konfor İndeksi (Daytime comfort index)
CIA Günlük konfor İndeksi (Daily comfort index)
P Yağış (Precipitation)
S Güneşlenme süresi (Sunshine)
W Rüzgar Hızı (Wind)

Gündüz konfor indeksi; maksimum sıcaklık ve minimum bağıl nemin oranlarından oluşan bir oranla, Günlük konfor indeksi; ortalama sıcaklık ve ortalama nemin oranlarından oluşan bir oranla, Yağış; toplam yağış oranlarından oluşan bir oranla, Güneşlenme süresi; toplam güneşlenme sürelerinin oranından oluşan bir oranla ve Rüzgar hızı; ortalama rüzgâr hızlarının oranından oluşan bir oranla belirlenmiştir. İklimsel verilerle ilgili parametreler, ölçekte -3.0 ile 5.0 arasında bir değer alacak şekilde oranlanarak formülde kullanılmaktadır. Bu nedenle, her bir parametrenin en yüksek değeri 5.0 olup, bu değer TCI ölçeği için en uygun koşulları ifade etmektedir. Formüldeki katsayılar, her bir parametrenin formüldeki önemini belirtmektedir. CID değerleri (%40) en yüksek ağırlığa sahip parametre olarak belirlenmiştir. Formül sonucu, daha sonra 2 katsayısı ile çarpılarak, rakamsal sonuçlarının 100 üzerinden değerlendirilmesi sağlanmıştır. Sonuç olarak elde edilen sayısal değerler -30 ile 100 arasında değişmekte olup, bu değerler TCI ölçeği içinde turizm konfor kategorileriyle ilişkilendirilebilmektedir (Çizelge 3.17).

Çizelge 3.17. Turizm Konfor Kategori Değerleri (Mieczkowski, 1985)

TCI	Turizm Konfor kategorisi
90-100	İdeal
80-89	Mükemmel
70-79	Çok iyi
60-69	İyi
50-59	Kabul edilir
40-49	Sınırda
30-39	Elverişsiz
20-29	Hayli elverişsiz
10-19	Son derece elverişsiz
9-(-30)	Olanaksız

Scott ve McBoyle (2007), Mieczkowski (1985)'nin Turizm İklim İndeksi'ne ek olarak, TCI dağılımlarını yorumlayan bir grafik sistemi geliştirmişlerdir. Dağılıma göre bir turizm lokasyonunda tüm aylar TCI'ya göre 80 değerinin üzerinde ise ''optimum'', hiçbir ay 40'ın üzerine çıkmıyorsa ''zayıf'' olarak kabul edilir. TCI değerleri yaz 18 aylarında maksimum ise ''yaz yükseği'', kış aylarında maksimum ise ''kış yükseği'' adını alır. Maksimum TCI değerleri bahar mevsimlerinde ise ''bahar yükseği'' dağılım sınıfına girer (Şekil 3.17, Çizelge 3.18) (Kum, 2011).



Şekil 3.17. TCI Dağılım grafikleri (McBoyle, Scott, 2007)

Çizelge 3.18. TCI Dağılım tablosu (Scott ve McBoyle, 2007)

	Tüm aylar	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Yaz
Optimal a)	≥80	-	-	-	-
Zayıf b)	≤40	-	-	-	-
Yaz mevsimi zirvesi c)	-	-	1. maksimum TCI	-	-
Kış mevsimi zirvesi d)	-	-	-	-	1. maksimum TCI
Bahar mevsimi zirvesi e)	-	1. yada 2. maksimum TCI	-	1. ya da 2. maksimum TCI	-
Kurak mevsim zirvesi f)	-	1. maksimum TCI (ya da sonbahar)	-	1. maksimum TCI (ya da ilkbahar)	-
İlkbahar mevsimi zirvesi e)	-	1. maksimum TCI	-	3. ya da 4. Maksimum TCI	-
Sonbahar mevsimi zirvesi e)	-	3. ya da 4. maksimum TCI	-	1. maksimum TCI	-

Çalışmada bu kapsamda ülkemiz için turizm iklim indeksi hesaplanırken 1998-2019 yılları arasına ait 2584 adet meteoroloji istasyonlarından elde edilen ve Türkiye ölçeğinde interpole edilmiş aylık sıcaklık (maksimum, minimum ve ortalama), yağış (toplam, ortalama), toplam güneşlenme süresi, ortalama rüzgâr hızı ve bağıl nemin (minimum ve ortalama) verileri kullanılmıştır.

Konforsuzluk İndeksi (Discomfort Index) verilerinin üretilmesi

Houghton ve Yaglou (1923), ilk doğrudan ısı stresi indeksi olarak kabul edilen etkili sıcaklığı (ET) önermiştir. İnsan konforu üzerinde sıcaklık ve nemin ölçümünü sağlamak için oluşturulmuştur. En yaygın kullanılan ısı stresi indeksi olan yaş termometre sıcaklığı (WBGT), ABD Donanması'nda askeri eğitim sırasında ısıya bağlı yaralanmalarla ilgili bir çalışmanın parçası olarak geliştirilmiştir (Yaglou ve Minaed, 1957). WBGT'deki katsayılar ampirik olarak belirlenmiş ve indeksi hesaplamak için hiçbir fizyolojik değişkene ihtiyaç duyulmamıştır. WBGT'nin basitliğine rağmen, siyah ampul sıcaklığının ölçümünün elverişsizliği nedeniyle geniş bir ortam aralığında uygulanabilirliği kısıtlıdır. Konforsuzluk indeksi (DI) Thom (1959) tarafından önerilen bir başka ısı stresi göstergesidir ve Sohar ve ark. (1963) tarafından düzeltilmiştir. Girdi olarak sadece kuru termometre ve yaş termometre sıcaklığı gerektirir ve ET ile güçlü korelasyonu ve fizyolojik önemi nedeniyle güvenilir bir doğrudan ısı stresi indeksi olduğu kanıtlanmıştır (Tennenbaum ve ark., 1961).

Isı stresini ele almak için yapılan tüm çabalara rağmen, ısı stresi göstergeleri genellikle inşaat işçileri ve askerler gibi bireylerin meslekleri nedeniyle aşırı ısı stresine maruz kalabilecekleri belirli alanlarda ölçülmektedir. Ancak, yüksek sıcaklığa maruz kalan tüm vatandaşlar ısı stresi tehdidi altında olabileceğinden ve aşırı sıcak hava bir ülke, hatta tüm kıta gibi geniş alanlarda daha sık görüldüğünden (Meehl ve Tebaldi 2004; Patz ve ark. 2005; Robine ve ark.. 2008), ısı stresini sadece dağınık alanlarda ele almak yeterli olmayabilir. Mekânsal bilgi, ısı stresini sürekli mekân aracılığıyla ele almak için gereklidir.

Uzaktan algılanan veriler kullanılarak ısı stresi durumunun ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır. Isı stresi sadece sıcaklıkla değil aynı zamanda fizyolojik durum, çevresel etki ve bağıl nem gibi diğer faktörlerle de ilgilidir. Thom (1959) tarafından önerilen konforsuzluk indeksi temel çevresel parametreler olan hava sıcaklığı ve bağıl neme dayalı indekslerden biridir ve hava sıcaklığı ile bağıl nemin insan termal konforuna katkısını birlikte ifade eder. Sohar ve ark.(1963) tarafından yapılan değişiklikle geliştirilen yeni formül aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\mathrm{DI} = 0.5\mathrm{Ta} + 0.5\mathrm{Tw} \tag{3.6}$$

Ta Kuru Termometre Sıcaklığı
Tw Yaş Termometre Sıcaklığı

Kuru termometre sıcaklığı (dry-bulb temperature), havaya maruz kalan ancak nem ve radyasyondan korunan bir termometre ile ölçülen hava sıcaklığını ifade eder. Bu çalışmada, hava sıcaklığına eşit olduğu varsayılan kuru termometre sıcaklığı, MODIS LST verilerinden 1 km yersel çözünürlükte Google Earth Engine platformu aracılığıyla üretilmiştir.

Yaş termometre sıcaklığı (wet-bulb temperature), içinden hava geçen suya batırılmış bir bezle kaplı bir termometre ile ölçülen sıcaklıktır. Yaş termometre sıcaklığını ölçmek zor

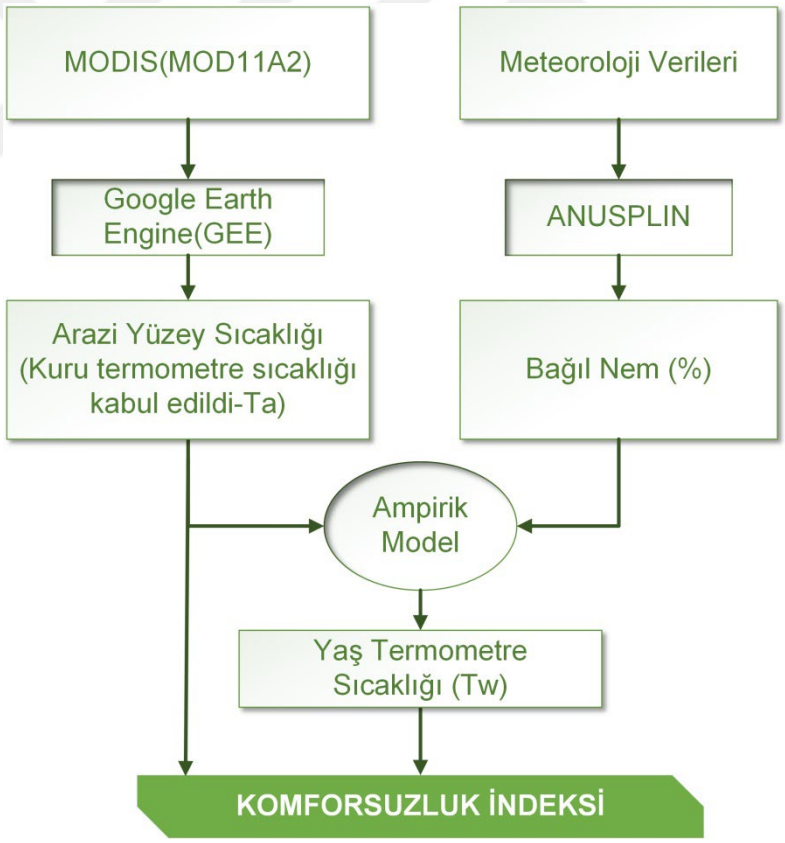
olduğundan, Stull (2011) tarafından önerilen ampirik yöntem kullanılacaktır. Bu ampirik yöntem aşağıdaki formülle ifade edilebilir:

$$Tw = Ta * \text{atan}\,[0.151977\,(\text{RH} + 8.313659)0.5\,] + \text{atan}\,(\text{Ta} + \text{RH}) - \text{atan}(\text{RH} - 1.676331) + 0.00391838 * \text{RH}1.5 * \text{atan}\,(0.023101\text{RH}) - 4.686035 \quad (3.7)$$

Ta (°C)	kuru termometre sıcaklığı,
RH (%)	bağıl nem
Tw	yaş termometre sıcaklığı

Bu modelin uygulanabilirliği veya geçerli aralığı temel olarak üç faktörden etkilenir; bağıl nem RH (%), hava sıcaklığı (°C) ve hava basıncı (kPa). Hava basıncı, modelin doğruluğunu etkileyen bir diğer faktördür. Bu model için ideal hava basıncı 101,325 kPa'dır.

Kuru termometre sıcaklığı olarak kabul edilen arazi yüzey sıcaklığı verisi ile ampirik yöntemle üretilen yaş termometre sıcaklığı verisinin eşit katsayılarla toplanmasıyla hesaplanan konforsuzuk indeksinin yöntem akış şeması Şekil 3.18'da verilmiştir.



Şekil 3.18. Konforsuzluk indeksi yöntem akış şeması

Konforsuzuk indeksi elde edilirken çalışma alanını kapsayan 2020 yılına ait aylık günlük yüzey sıcaklığı verileri MODIS uydusu MODA11 görüntülerinden elde edilmiştir. Kullanılan MODIS uydusu 1km mekânsal çözünürlüğe, günlük zamansal çözünürlüğe, 8-bit radyometrik

çözünürlüğe ve 2330 km bant genişliğine sahiptir. MODIS görüntüleri Google Earth Engine ile kendi kütüphanesindeki MOD11A1.006 Terra Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global 1km verilerinden elde edilmiştir. Çalışma alanını kapsayan 2584 meteoroloji istasyonundan elde edilen bağıl nem verileri interpolasyon teknikleri ile MODIS uydu görüntüsü ile aynı olacak şekilde 1km yerel çözünürlükte yüzeye genişletilmiştir. Interpolasyon yöntemi, bilinen nokta verilerini kullanarak bilinmeyen yüzeyleri belirlenen bir algoritmaya göre tahmin etmeye yarayan bir yöntemdir. Elde edilen konforsuzuk indeksine göre iklimsel konfor sınıflarını belirlemek için Basansenot tarafından oluşturulan sınıflama kullanılmıştır (Çizelge 3.19)

Çizelge 3.19. Konforsuzluk indeksinin termal konfora göre sınıflaması (Çetin ve ark. 2019)

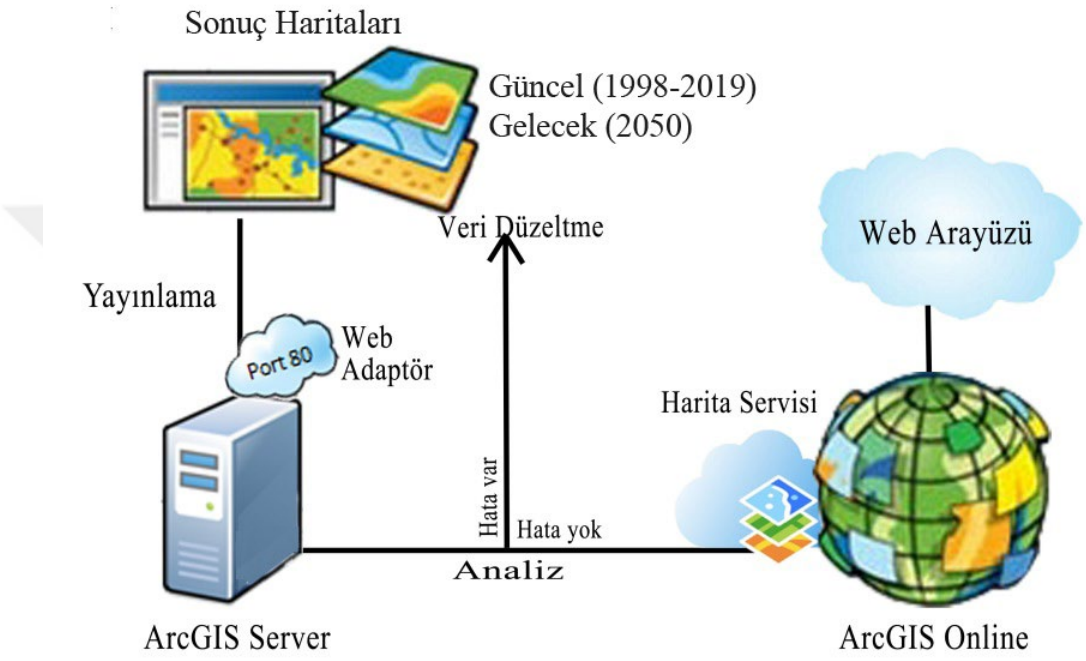
Konforsuzuk İndeksi (DI)	İnsanlar için termal konfor sınıflandırmaları
< − 40	Dondurucu Soğuk
− 39,9 – (− 20)	Çok Aşırı Soğuk
− 19,9 – (− 10)	Aşırı Soğuk
− 9,9 – (− 1,8)	Çok Soğuk
− 1,7 – 12,9	Soğuk
13,0 –14,9	Ilık
15,0 –19,9	Konforlu
20,0 –26,4	Sıcak
26,5 –29,9	Çok sıcak
> 30	Aşırı sıcak

3.2.3. Sonuçların web ortamında yayınlanması

Biyoiklimsel konfor alanlarının belirlenmesi ülkesel, bölgesel ve yerel ölçekte oluşturulacak olan hem mekânsal planlama çalışmalarında hem de tasarım temelli çalışmalarda planlama sürecine entegre edilmesi açısından oldukça önem taşımaktadır. Çalışmanın web ortamında sunumu biyoiklimsel konfor alanında yapılan araştırmaların daha yaygın olarak kullanılmasına yardımcı olacaktır. İnsanların günlük hayatlarında karşılaştıkları çevresel koşulların değerlendirilmesine katkıda bulunabilir ve yapılacak olan fiziki planlamalarda altlık olarak kullanılabilir. Sonuçların web ortamında erişilebilirliği bulut bilişim kaynaklarından yararlanma yetenekleri nedeniyle son yıllarda giderek daha yaygın hale gelmiştir. Bu kapsamda iklim değişikliği çerçevesinde Türkiye'nin biyoiklimsel konfor durumu ile elde edilen sonuçların tamamının yer aldığı bir Termal Konforu Bilgi Sistemi (TKBS) oluşturulacaktır. TKBS'de temel olarak veri tabanının oluşturulması, harita ve detay servislerinin oluşturulması ve web arayüzü geliştirilmesi olmak üzere üç platformda gerçekleştirilecektir (Şekil 3.19). Veri tabanı oluştururken meteoroloji istasyonlarından elde edilen veriler 29.09.2016 tarih ve 2016/5 sayılı Coğrafi Bilgi Sistemleri Genelgesine uygun, standart bir formata getirilerek ArcGIS masaüstü (ArcGIS Desktop) ortamına entegre edilecektir.

Bu platformlar Çukurova Üniversitesi Uzaktan Algılama ve CBS Laboratuvarında bulunan sunucu bilgisayar üzerinde kurulacaktır. Bu kapsamda ArcMap ortamında düzenlenen güncel,

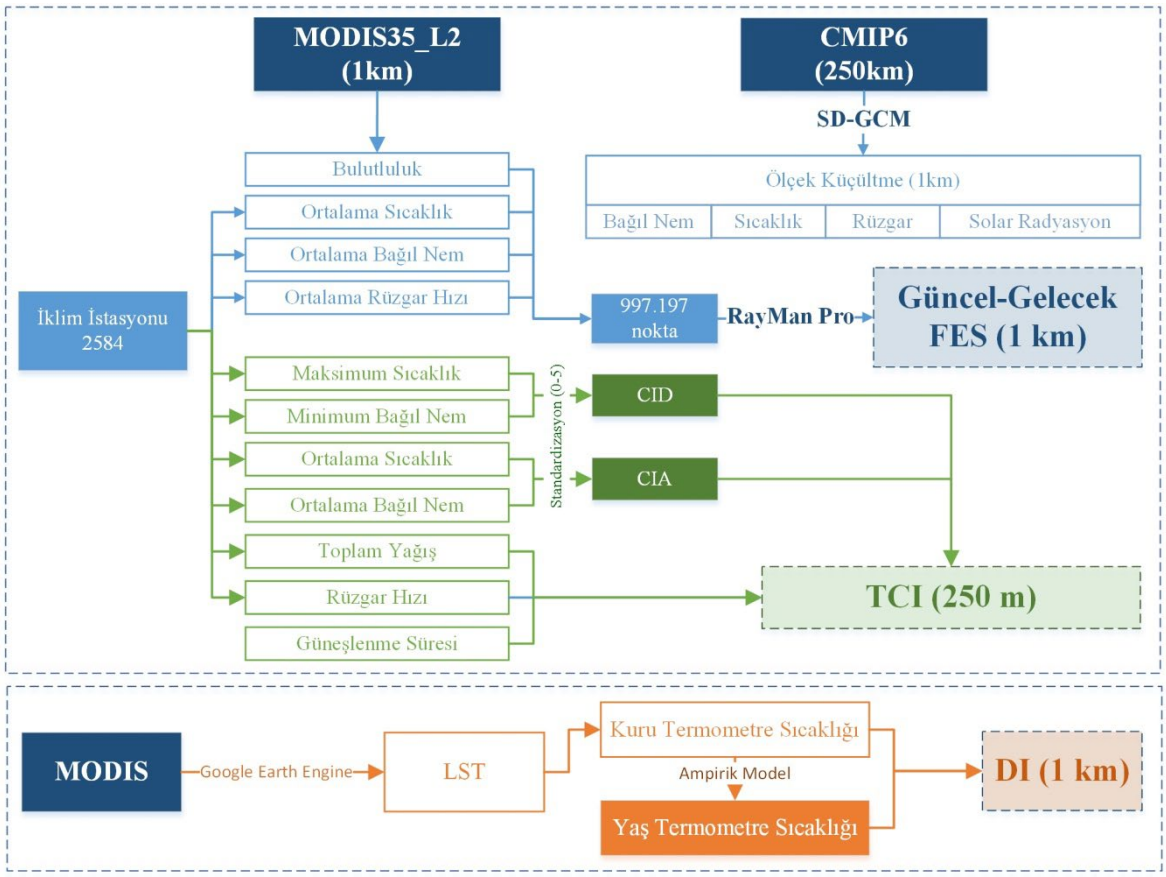
gelecek ve fark biyoiklimsel konfor haritaları web ara yüzünde katman halinde oluşturulacaktır. Oluşturulan bu katmanlar ArcGIS Server ortamında oluşturulacak parametreler ile kullanıcılara erişim izni sağlanacak veri özellikleri belirlenmektedir. Daha sonra ArcGIS Online ortamında harita servisi olarak yayınlanmıştır. Yayınlanan haritalar ArcGIS Online ortamında yazılacak kodlar aracılığıyla web arayüzü ile kullanıcıya sunulmuştur. Oluşturulan web arayüzü ile kullanıcılar istenilen bölgenin güncel gelecek durumu veya konfor durumundaki azalış ve artış sorgulanacaktır.



Şekil 3.19. Web arayüzü oluşumu şeması.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın veri işleme süreçleri Şekil 4.1'de ayrıntılı olarak sunulmuştur. İlk aşamada ham veriler temin edilerek hatalı ve düzensiz veriler çıkartılmıştır. Daha sonra indeks hesaplamaları ve istatistiksel analizleri için gerekli format dönüşümleri yapılmıştır.

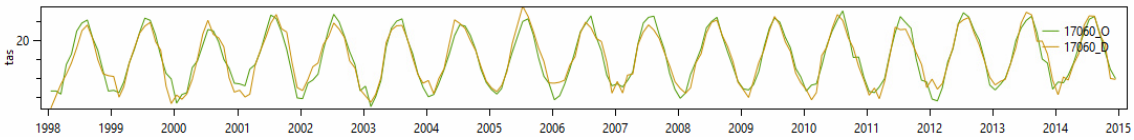


Şekil 4.1. Çalışmada izlenen veri işleme akış diyagramı

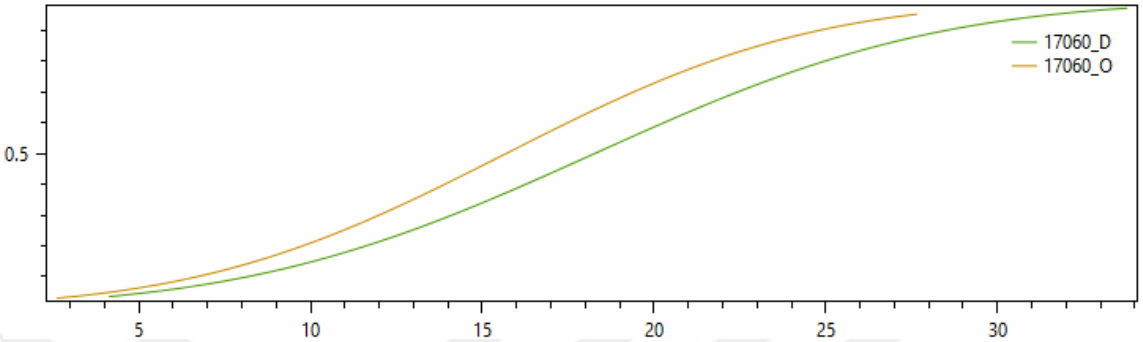
İstatistiksel ölçek küçültme çalışmasında HadGEM3 modelinden elde edilen veriler ile meteoroloji istasyonu verileri kullanılarak ölçek küçültme yapılmış ve iklim parametrelerinin gözlemlenen ve tahmin edilen değerlerle olan ilişkisi 4 büyükşehir için hazırlanmıştır. İstatistiksel ölçek küçültmede gözlemlenen ve tahmin edilen verilerin arasındaki ilişki Çizelge 4.1, ve dağılım grafikleri Şekil 4.2 ile Şekil 4.10 arasında verilmiştir.

Çizelge 4.1. Gözlemlenen ve tahmin edilen veri arasındaki korelasyon katsayıları

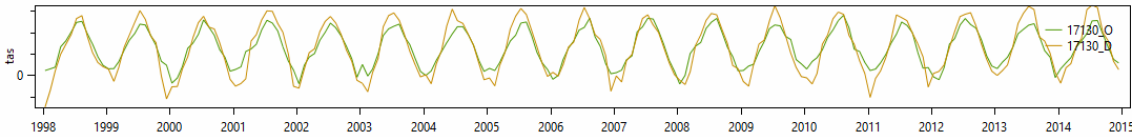
İstasyon No	İsim	Pearson	Spearman	Nash-Sutcliffe
17060	İstanbul	0,955	0,947	0,911
17130	Ankara	0,946	0,948	0,687
17220	İzmir	0,957	0,946	0,915
17351	Adana	0,968	0,957	0,790



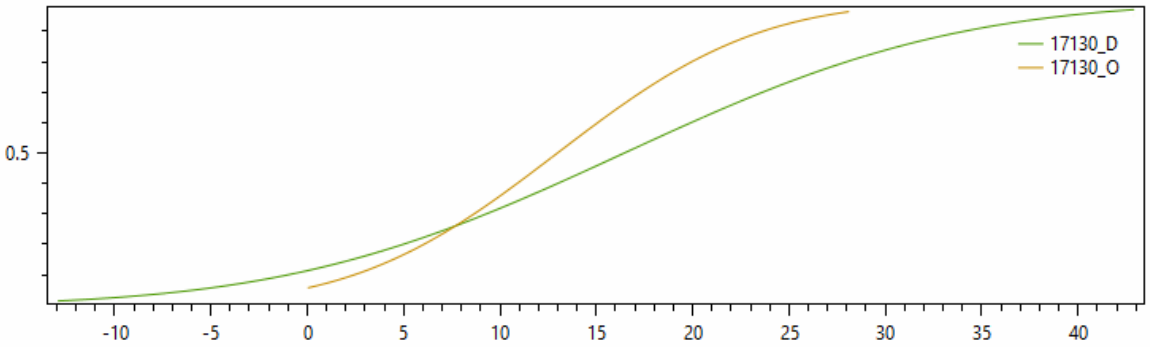
Şekil 4.2. 17060-İstanbul 1998-2014 gözlemlenen (O) ve tahmin edilen (D) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği (SSP2-4.5)



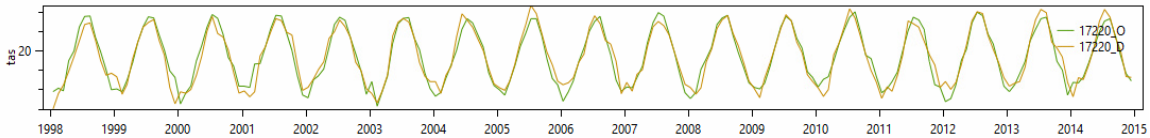
Şekil 4.3. 17060-İstanbul gözlemlenen (O) (1998-2019) ve tahmin edilen (D) (2015-2049) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği(SSP2-4.5)



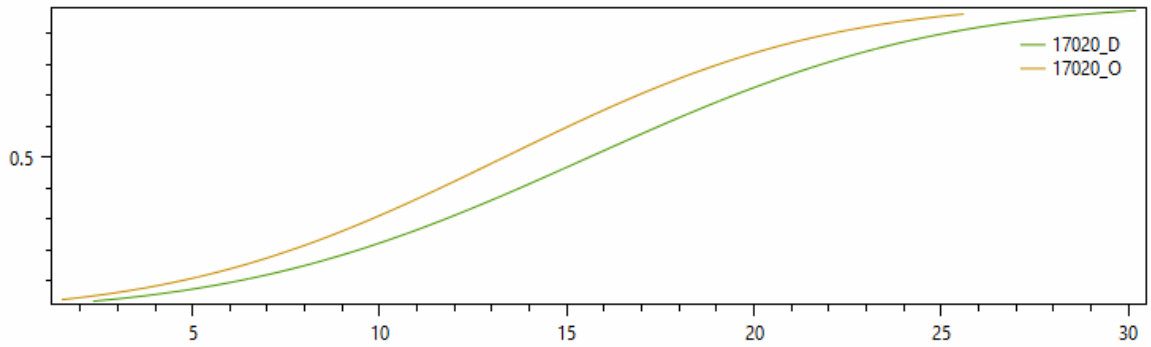
Şekil 4.4.17130- Ankara 1998-2014 gözlemlenen (O) ve tahmin edilen (D) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği (SSP2-4.5)



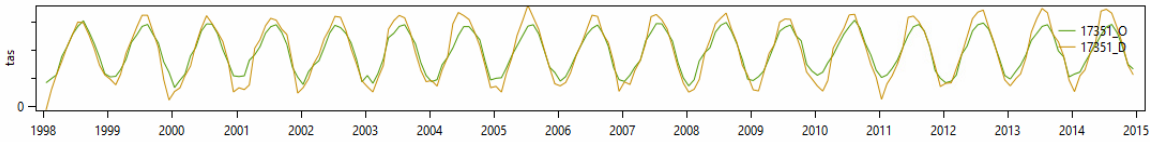
Şekil 4.5. 17130-Ankara gözlemlenen (O) (1998-2019) ve tahmin edilen (D) (2015-2049) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği(SSP2-4.5)



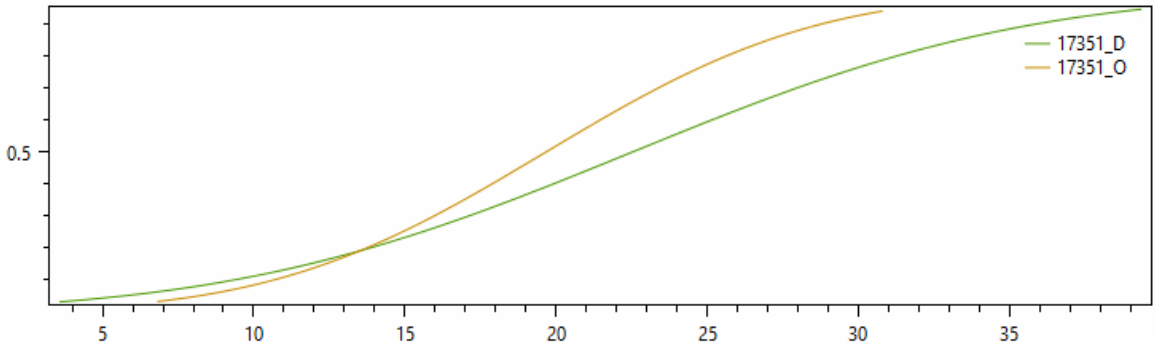
Şekil 4.6. 17220- İzmir gözlemlenen (O) ve tahmin edilen (D) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği (SSP2-4.5)



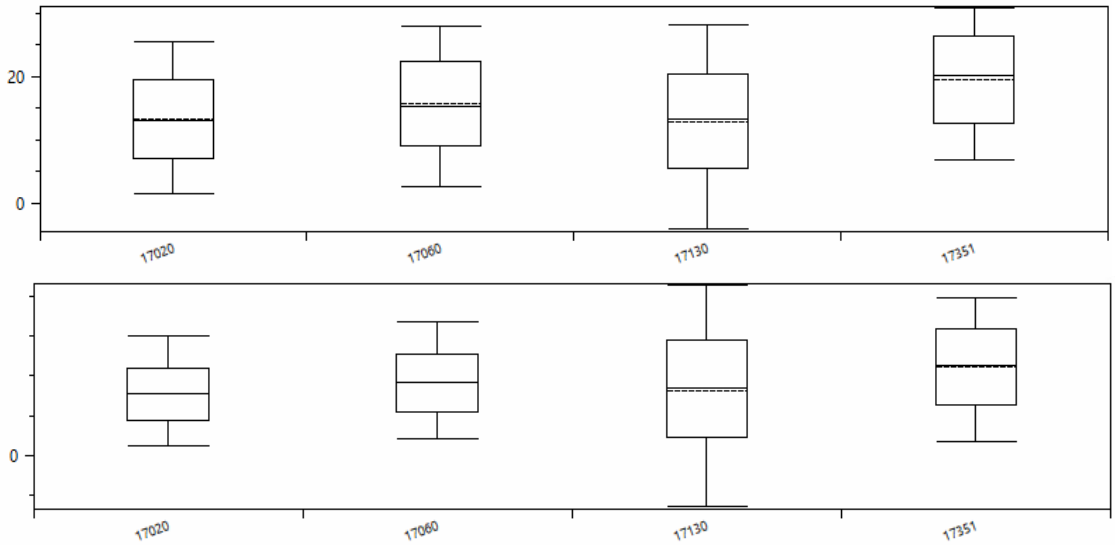
Şekil 4.7. 17220- İzmir 1998-2014 gözlemlenen (O) (1998-2019) ve tahmin edilen (D) (2015-2049) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği(SSP2-4.5)



Şekil 4.8. 17351- Adana 1998-2014 gözlemlenen (O) ve tahmin edilen (D) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği (SSP2-4.5)



Şekil 4.9. 17351- Adana 1998-2014 gözlemlenen (O) (1998-2019) ve tahmin edilen (D) (2015-2049) ortalama sıcaklık verilerinin dağılım grafiği(SSP2-4.5)



Şekil 4.10. Gözlemlenen(1998-2019), tahmin edilen (2015-2049) yanlılık düzeltmesi ilişkisi

4.1. İklim Değişkenleri

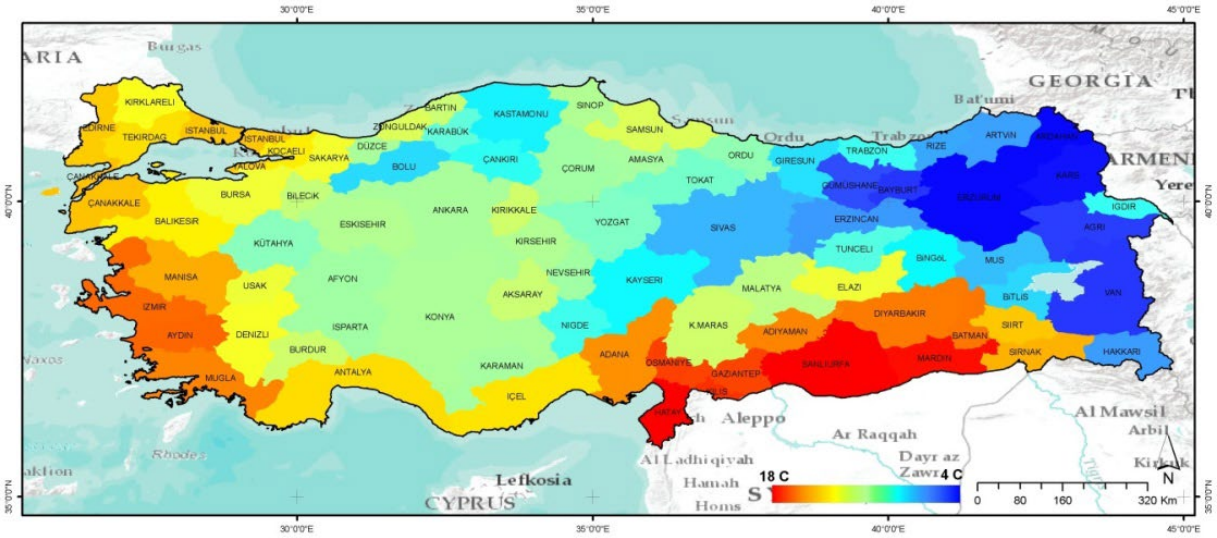
Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarından elde edilen iklim değişkenleri Çizelge 4.2'de tamımlanmıştır.

Çizelge 4.2. İklim değişkenlerinin tanımları

İklim Değişkeni	Tanımı
Aylık ortalama sıcaklık (°C)	Günlük ortalama sıcaklıkların aylık ortalaması
Aylık ortalama maksimum sıcaklık (°C)	Günlük ortalama maksimum sıcaklıkların aylık ortalaması
Aylık ortalama minimum sıcaklık (°C)	Günlük ortalama minimum sıcakların aylık ortalaması
Aylık ortalama bağıl nem (%)	Günlük ortalama bağıl nemlerin aylık ortalaması
Aylık ortalama minimum bağıl nem (%)	Günlük ortalama minimum bağıl nemlerin aylık ortalaması
Aylık ortalama rüzgar hızı (m/s)	Günlük ortalama rüzgar hızlarının aylık ortalaması
Saat 14:00 aylık ortalama sıcaklık (°C)	Saat 14:00'daki sıcaklıkların aylık ortalaması
Saat 14:00 aylık ortalama bağıl nem (%)	Saat 14:00'daki bağıl nemlerin aylık ortalaması
Saat 14:00 aylık ortalama rüzgar hızı (m/s)	Saat 14:00'daki rüzgar hızlarının aylık ortalaması
Aylık toplam güneşlenme süresi (saat)	Bir aydaki toplam güneşlenme süresi
Aylık toplam yağış (mm)	Bir aydaki toplam yağış miktarı

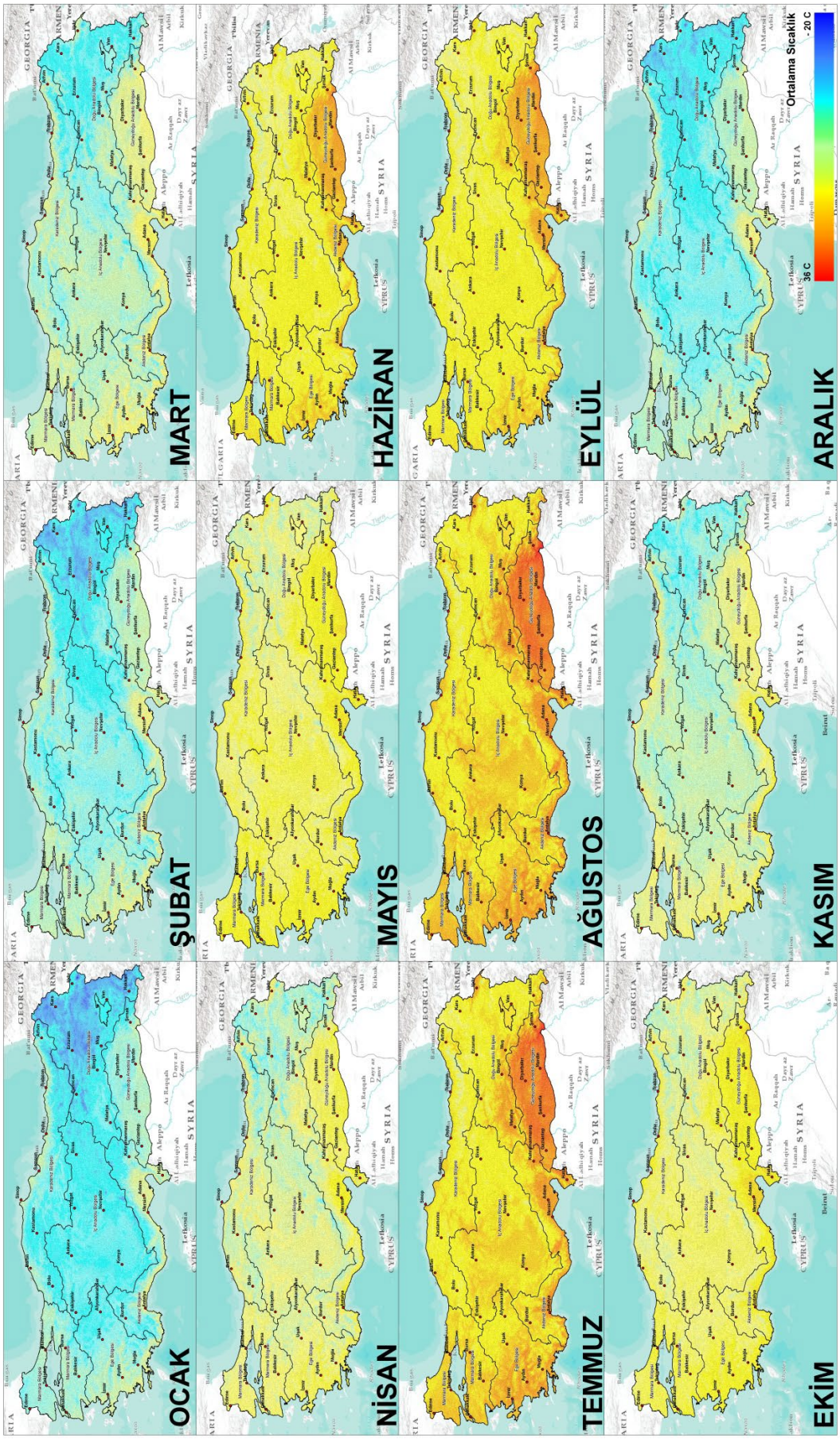
4.1.1. Sıcaklık

Sıcaklık, insan vücudu tarafından üretilen ve kaybedilen ısı miktarını etkilediği için biyoiklimsel konforu etkileyen en önemli çevresel faktörlerden biridir. Olgyay (1973) çalışmasında biyoiklimsel konfor için ideal sıcaklık aralığının açık alanda 21-27,5°C arasında olduğu ortaya koymuştur. Türkiye'nin sıcaklık dağılımı meteoroloji genel müdürlüğünden alınan 2584 adet iklim istasyonuna ait 1998 - 2019 (30 yıllık) yılları arası uzun yıllar ortalama sıcaklık verilerinin interpolasyonu ile üretilmiştir. Bu verilere göre Türkiye'nin uzun yıllar ortalama sıcaklığı yıllık olarak 11,7 °C'dir. Ülke geneli en yüksek sıcaklık ağustos ayı içerisinde ortalama 36 °C ile Mardin ilinde görülürken en düşük sıcaklık ocak ayı içerisinde ortalama -20 °C ile Ardahan ilinde olduğu ortaya çıkmıştır. Uzun yıllar yıllık ortalama sıcaklıkların illere göre dağılımı Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11. Uzun yıllar ortalama sıcaklıkların illere göre dağılımı

Sıcaklık dağılımlarını bölgesel bazda incelediğimizde Karadeniz iklimi etkisi altında olan ve genellikle ılıman bir iklim yaşanan Türkiye'nin kuzey bölgelerinde yaz aylarında sıcaklık ortalama 20-30 °C arasındadır. Bu sıcaklık aralığı, insanların çoğunlukla konforlu hissettiği bir aralıktır. Ancak biyoiklimsel konfor durumunda diğer iklim parametreleri de etkili olduğu için sadece sıcaklık değeri ile konfor durumu hakkında kesin bir sonuç söylenemez. Tipik olarak Akdeniz iklimi etkisi altında olan Ege ve Akdeniz kıyı bölgelerinde uzun yıllar ortalama verilerinin dağılımına bakıldığında yaz aylarında sıcaklığın 25-30 °C'ye kadar çıktığı görülmektedir bu bölgelerde en sıcak ay temmuzdur. İç Anadolu Bölgesi'nde yaz sıcaklığı yaklaşık 24-25 °C olarak seyrederken, kış aylarında ise sıcaklık -1 ile -6 derece arasında değişmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi'nde yaz sıcaklığı 15-20 °C arasında olup, özellikle ocak ayında -20 °C'ye kadar düşmektedir. Bu bölgelerde mevsimler arası sıcaklık farkı çok yüksektir. Tipik olarak kara iklimi ve kurak iklim etkisi altında olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi ise uzun yıllar ortalama verilerine göre yaz aylarında sıcaklık 36 °C'ye kadar çıkmasına rağmen, kış aylarında sıcaklık 5 °C ile diğer bölgelere göre daha ılıman geçmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 Uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık değerleri dağılım haritası

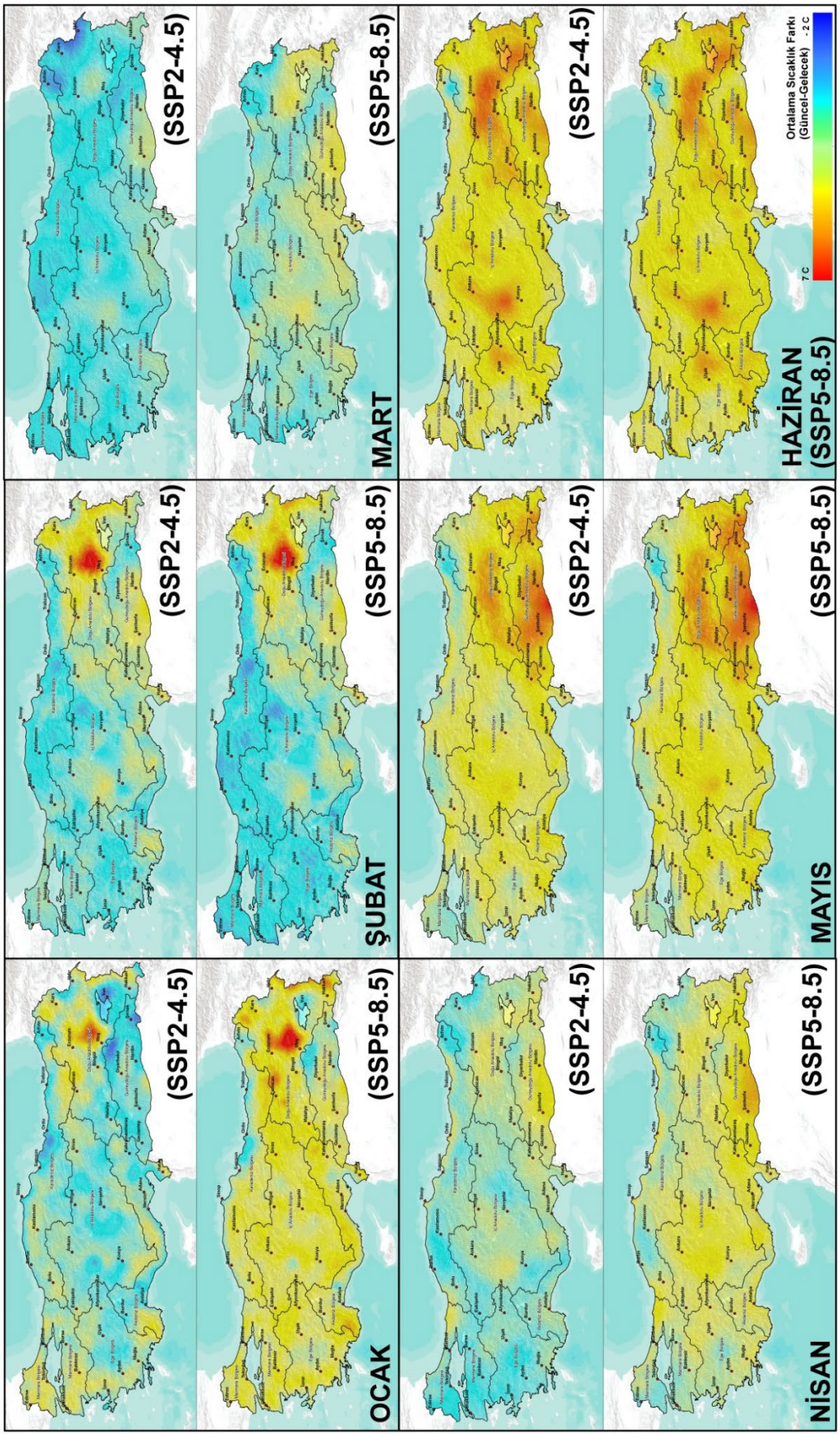
Çalışmada sıcaklığın Türkiye geneli güncel durumunun yanı sıra farklı senaryolarda geleceğe yönelik tahminleri de üretilmiştir. İklim değişikliği çerçevesinde ülkemizin sıcaklık değişimleri CMIP6 veri setinden elde edilen küresel iklim modelinin çıktıları kullanılarak SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre 2050 yılı için Türkiye'nin coğrafi özelliklerine uygun olarak ölçek küçültme yapılarak belirlenmiştir. Bu senaryolar, sosyoekonomik gelişme, enerji tüketimi, sera gazı emisyonları ve iklim politikaları gibi faktörlere dayanarak oluşturulmuştur. SSP2-4,5 senaryosu, orta derecede ekonomik büyüme, orta derecede sera gazı emisyonları ve orta derecede iklim politikaları öngörmektedir. SSP5-8,5 senaryosu ise yüksek ekonomik büyüme, yüksek sera gazı emisyonları ve zayıf iklim politikaları öngörmektedir. Bu senaryoların etkisiyle, Türkiye'nin 2050 yılı ile günümüz arasındaki sıcaklık farkı yıllık olarak 7 °C ile -2 °C arasında değişmektedir, sıcaklık artışının aylara göre dağılımı ise farklılık göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre, 2050 yılında Türkiye'nin her iki senaryoda da ortalama sıcaklığının arttığı görülmektedir.

SSP2-4,5 senaryosunda, Türkiye'nin ocak ayı sıcaklık değişimleri ortalama 1,9 °C iken en yüksek sıcaklık değişimi Doğu Anadolu Bölgesi'nde ve sıcaklığın eksiye düştüğü kesimlerde 4 °C'yi bulmaktadır, diğer bölgelerde ise sıcaklık değişimi ortalama 1-2 °C arasında değişmektedir. SSP5-8,5 senaryosunda ise, Türkiye'nin ocak ayı sıcaklık değişimleri 2050 yılında ortalama 3,4 °C iken en yüksek sıcaklık değişimi yine Doğu Anadolu Bölgesi'nde ve sıcaklığın eksiye düştüğü kesimlerde 5 °C'ye kadar çıkmaktadır, diğer bölgelerde ise ortalama 2-3 °C arasında değişmektedir (Çizelge 4.3). SSP2-4,5 senaryosunda sıcaklık değişiminin alansal dağılımı ülkenin batısında ve doğusunda daha yüksek iken SS P5-8,5 senaryosuna göre doğusunda en yüksek seviyede olsa da ülke geneli artışlar gözlenmektedir (Şekil 4.13). Şubat ayı içerisindeki değişimlere bakıldığında beklenenden farklı olarak sıcaklık değişimi SSP2-4,5 senaryosunda 2,1 °C ile Doğu Anadolu bölgesinde daha yüksektir diğer bölgelerde ortalama 1-4 °C arasında değişmektedir. SSP5-8,5 senaryosunda ise 1,7 °C artış göstermektedir diğer bölgelerde de ortalama 1-3 °C arasında değişmektedir (Çizelge 4.3). Her iki senaryoda da alansal olarak incelendiğinde en yüksek değişimin Doğu Anadolu bölgesinde olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte SSP5-8,5 senaryosuna göre özellikle Marmara ve Karadeniz bölgelerinde sıcaklıklarda düşüş gözlenmektedir (Şekil 4.13). Mart ayı sıcaklık değişimleri incelendiğinde SSP2-4,5 senaryosuna göre ortalama 1,2 °C artış gösterirken SSP5-8,5 senaryosunda ise ortalama 2,1 °C artış gözlemlenmektedir (Çizelge 4.3). Sıcaklık değişimlerinin alansal dağılımı incelendiğinde SSP2-4,5 senaryosunda Edirne, Bartın, Kastamonu, Artvin, Kars ve Iğdır bölgelerinde bir azalış beklenirken SSP5-8,5 senaryosuna göre Antalya, Mersin, Adana, Şanlıurfa, Hakkâri ve Muş bölgelerinde sıcaklık artışı beklenmektedir (Şekil 4.13). SSP2-4,5 senaryosunda sıcaklık değişimi mart ayına göre 2,1 °C ile daha yüksek bir artış göstermektedir. SSP5-8,5 senaryosunda ise bu artış daha da yükselerek 3,1 °C'ye kadar çıkmaktadır (Çizelge 4.3). Sıcaklık değişiminin alansal dağılımı incelendiğinde en yüksek artış SSP5-8,5 senaryosunda ve Şanlıurfa bölgesinde gözlenirken en yüksek azalış ise SSP2-4,5 senaryosunda Artvin bölgesinde beklenmektedir (Şekil 4.13).

Türkiye'nin mayıs ayı sıcaklık değişimleri, ilkbahardan yaza geçiş ayı olduğu için iklim değişikliğinin etkilerini gösteren önemli bir göstergedir. Her iki senaryoda da Türkiye'nin mayıs ayında ısınacağını, ancak SSP5-8,5 senaryosunda ısınmanın daha şiddetli olacağını göstermektedir. SSP2-4,5 senaryosuna göre 2050 yılında Türkiye'nin mayıs ayı sıcaklık değişimi ortalama 3,5 °C iken, SSP5-8,5 senaryosuna göre 3,9 °C'dir (Çizelge 4.3). Bölgeler arasında ise farklı eğilimler görülmektedir, her iki senaryoda da özellikle Güneydoğu Anadolu bölgesi olmakla birlikte ülke geneli ısınma eğilimi görülürken doğu Karadeniz bölgesinde soğuma eğiliminin daha fazla olması beklenmektedir (Şekil 4.13). Sıcaklık değişimindeki artışın en yüksek olduğu haziran ayında SSP2-4,5 senaryosuna göre ortalama 4,1'lik bir artış gözlemlenirken SSP5-8,5 senaryosuna göre 4,3'lük bir artış gözlenmiştir (Çizelge 4.3). Haziran ayında her iki senaryoda da en az ısınan bölgenin Artvin ili yakınları olması beklenirken Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinde yüksek sıcaklık artışları beklenmektedir (Şekil 4.13).

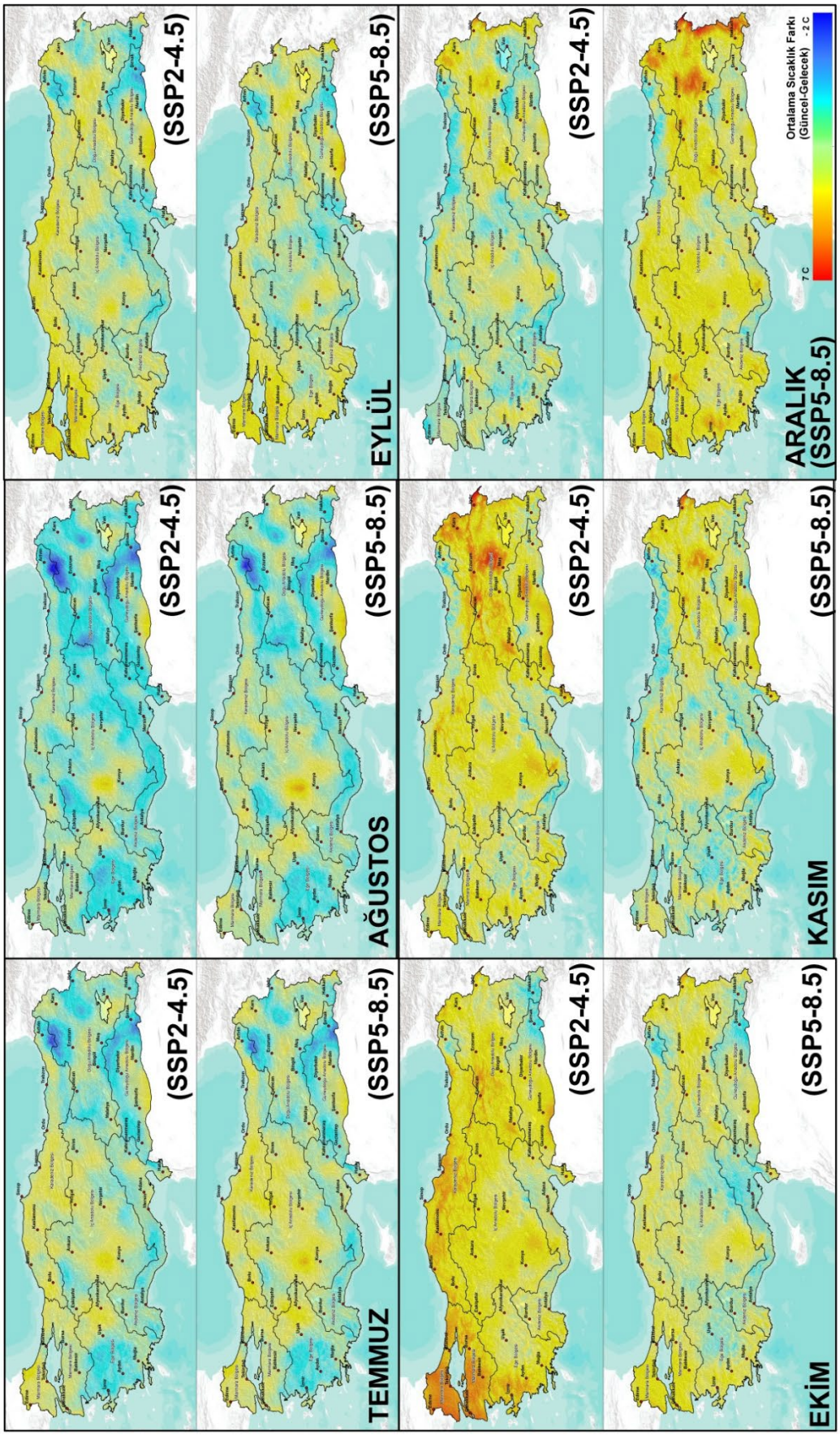
Çizelge 4.3. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre Türkiye'nin aylık ortalama sıcaklık artışı

Aylar	SSP2-4,5 (°C)	SSP5-8,5 (°C)
Ocak	+ 1.9	+ 3.4
Şubat	+ 2.1	+ 1.7
Mart	+ 1.2	+ 2.1
Nisan	+ 2.1	+ 3.1
Mayıs	+ 3.5	+ 3.9
Haziran	+ 4.1	+ 4.3
Temmuz	+ 2.2	+ 2.5
Ağustos	+ 1.6	+ 2.0
Eylül	+ 2.6	+ 2.8
Ekim	+ 3.9	+ 2.8
Kasım	+ 3.6	+ 2.8
Aralık	+ 2.6	+ 3.6



Şekil 4.13. İklim değişikliği senaryolarına göre güncel ve gelecek ortalama sıcaklık farkları haritası (Ocak-Haziran)

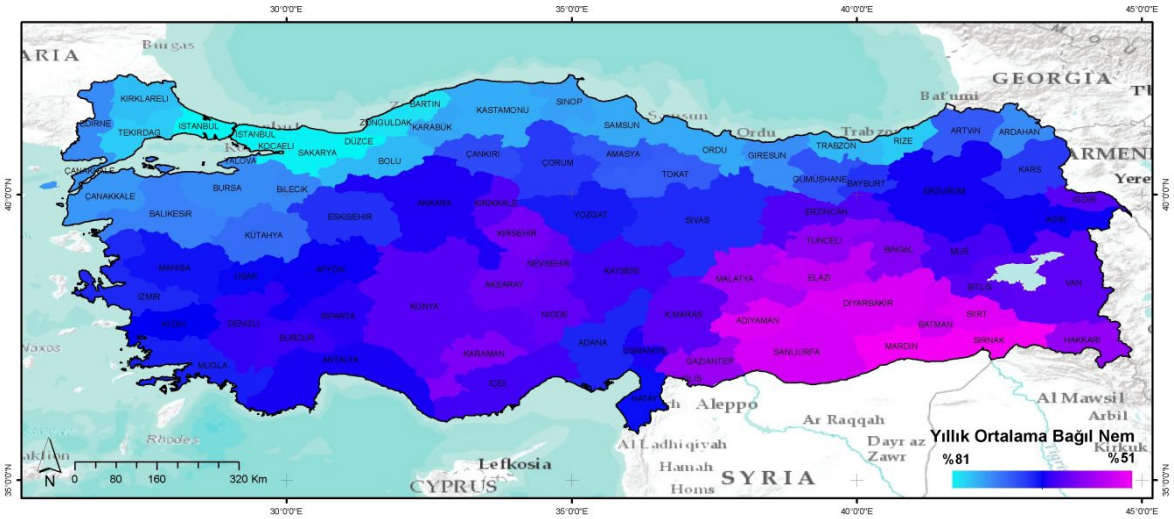
Temmuz ayı sıcaklık değişimleri incelendiğinde ülke geneli ısınma daha azalmasına rağmen devam etmektedir, bu ısınma SSP2-4,5 senaryosuna göre ortalama 2,2 °C iken SSP5-8,5 senaryosuna göre 2,5 °C ‘dir (Çizelge 4.3). Bu ayda en fazla sıcaklık artışı Karadeniz ve İç Anadolu bölgesinde en az sıcaklık artışı ise Doğu Anadolu ve Ege bölgelerinde gerçekleşmiştir (Şekil 4.14). Sonuçlara göre, en az ısınmanınağustos ayı olması beklenmektedir. Her iki senaryoda da Türkiye'nin tüm bölgelerinde ağustos ayı sıcaklıklarında artış beklenmektedir. SSP2-4,5 senaryosuna göre, Türkiye'nin ortalama ağustos ayı sıcaklık değişimi 1,6 °C iken SSP5-8.5 senaryosuna göre ise, ortalama değişim 2,0 °C şeklindedir (Çizelge 4.3). SSP2-4,5 senaryosuna göre, en fazla sıcaklık artışı İç Anadolu bölgesinde, en az sıcaklık artışı ise Doğu Anadolu bölgesinde beklenmektedir. SSP5-8,5 senaryosuna göre de benzer şekilde sıcaklık artışı en fazla İç Anadolu ve Şanlıurfa bölgesi yakınlarında etkisini arttıracağı beklenmektedir (Şekil 4.14). Eylül ayı ile birlikte sıcaklık artışı tekrardan etkisini olmaya başlayacaktır. Beklenen sıcaklık artışı SSP2-4,5 senaryosunda 2,6 °C iken SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 2,8 °C’dir (Çizelge 4.3). Alansal olarak sıcaklık değişimi incelendiğinde ise her iki senaryoda da en fazla ısınma Marmara bölgesinde beklenirken en az ısınma Artvin, Şırnak ve Hakkâri bölgelerinde beklenmektedir (Şekil 4.14). Ekim ayı sıcaklık değişimleri incelendiğinde beklenenden farklı olarak SSP2-4,5 senaryosuna göre tahmin edilen sıcaklık artışı SSP5-8,5 senaryosuna göre daha fazladır. SSP2-4,5 senaryosunda beklenen ısınma 3,9 °C iken SSP5-8,5 senaryosunda 2,8 °C’dir (Çizelge 4.3). Değişimlerin alansal dağılımı incelendiğinde SSP2-4,5 daha fazla olmak üzere her iki senaryoda da Marmara bölgesi başta olmak üzere Artvin, Şırnak ve Hakkari bölgeleri dışında ciddi sıcaklık artışları beklenmektedir (Şekil 4.14). SSP2-4,5 senaryosunda, Türkiye'nin kasım ayı sıcaklık değişimleri ortalama 3,6 °C iken en yüksek sıcaklık değişimi Doğu Anadolu bölgesinde ve 6 °C'yi bulmaktadır, diğer bölgelerde ise sıcaklık değişimi ortalama 3-5 °C arasında değişmektedir. SSP5-8,5 senaryosunda ise, Türkiye'nin kasım ayı sıcaklık değişimleri 2050 yılında ortalama 2,8 °C artarken en yüksek sıcaklık değişimi yine Doğu Anadolu bölgesinde 5 °C'ye kadar çıkmaktadır. Diğer bölgelerde ise ortalama 3-4 °C arasında değişmektedir (Çizelge 4.3). Türkiye'nin aralık ayındaki sıcaklık değişimlerindeki artış kasım ayına göre SSP2-4,5 senaryosunda azalarak ortalama 2,6 °C’ye düşerken SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 3,6 °C'ye yükselmesi beklenmektedir (Çizelge 4.3). Bölgeler arasında ise farklı eğilimler görülmektedir, SSP2-4,5 senaryosuna göre en fazla ısınan bölge Doğu Anadolu bölgesi iken, en az ısınan bölge ise doğu Karadeniz bölgesinin doğusudur. SSP5-8,5 senaryosuna göre ise ülke genelinde sıcaklık artışı fazla olmakla birlikte en az sıcaklık artışı Artvin ve Trabzon bölgelerinde beklenmektedir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. İklim değişikliği senaryolarına göre güncel gelecek ortalama sıcaklık farkları haritası (Temmuz-Aralık)

4.1.2. Bağıl Nem

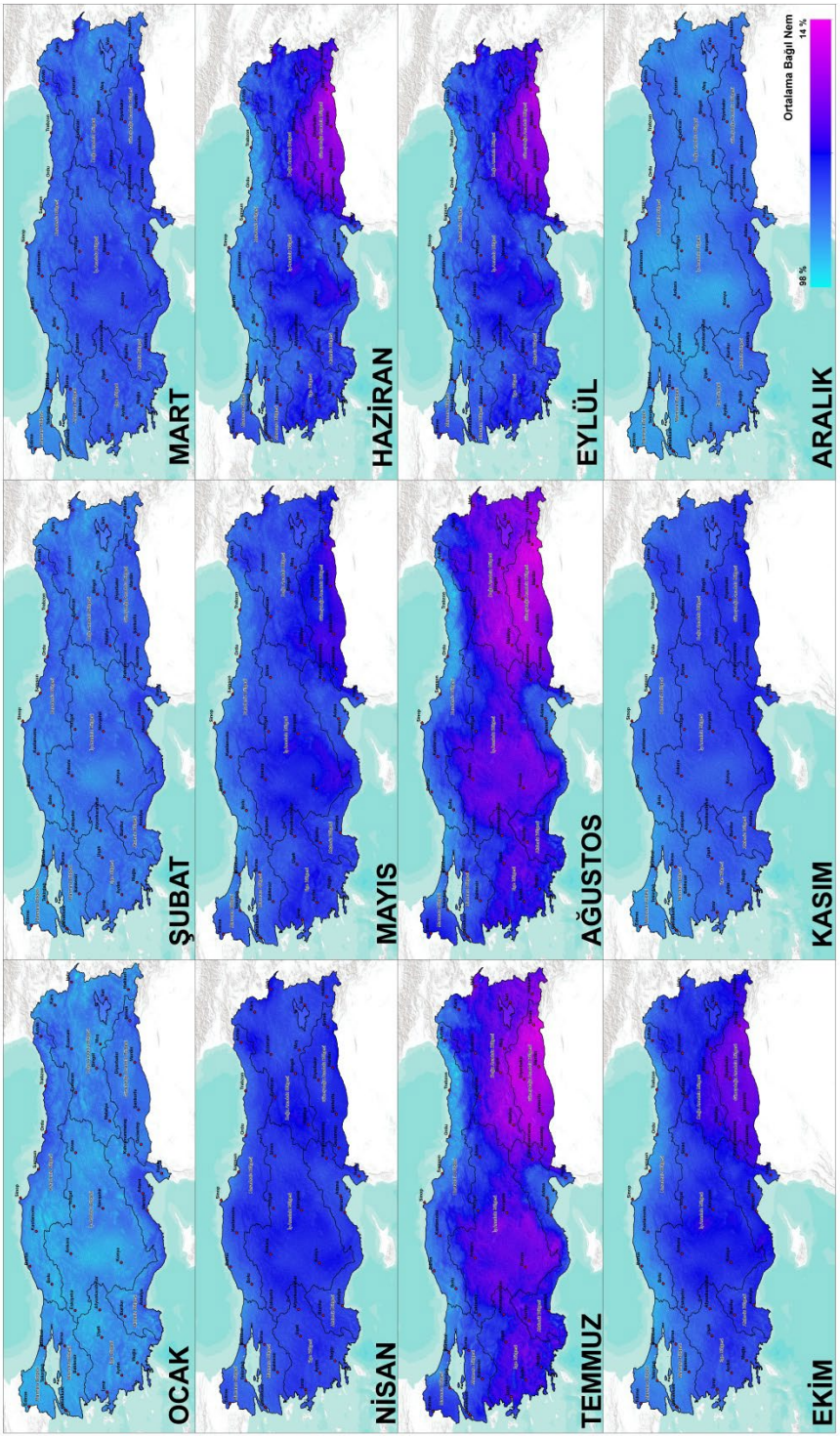
Bağıl nem, havadaki su buharının gerçek su buharı kapasitesine oranını gösterir. Yüksek bağıl nem değerleri, daha nemli bir ortamı ifade ederken, düşük bağıl nem değerleri daha kuru bir ortamı ifade eder. Türkiye için nem verilerinin biyoiklimsel konfor açısından ve turizm iklim indeksinin üretilmesi kapsamında kullanılmıştır. Olgyay (1973)'ün çalışmasına göre biyoiklimsel konfor açısından açık alanda ideal bağıl nem % 30 ile % 65 aralığındadır. Türkiye'nin bağıl nem dağılımı meteoroloji genel müdürlüğünden alınan 2584 adet iklim istasyonuna ait 1998 - 2019 (30 yıllık) yılları arası uzun yıllar ortalama bağıl nem verilerinin interpolasyonu ile üretilmiştir. Bu verilere göre biyoiklimsel konfor açısından bağılnem verileri incelendiğinde ülke genelinde yıl boyunca %98 ile %14 arasında değiştiği ortaya konmuştur. Ülke geneli en yüksek bağıl nem temmuz ayı içerisinde ortalama %98 ile Rize ilinde görülürken en düşük bağıl nem ağustos ayı içerisinde ortalama %14 ile Şırnak ilinde olduğu ortaya çıkmıştır. Uzun yıllar yıllık ortalama bağıl nem değerlerinin illere göre dağılımı Şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.15. Uzun yıllar ortalama sıcaklıkların illere göre dağılımı

Türkiye'nin bölgesel olarak nem değerlerinin dağılımı, iklim, coğrafya ve bitki örtüsü gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yıllık ve mevsimlik olarak incelendiğinde, genel olarak Karadeniz Bölgesi'nin en yüksek, İç Anadolu Bölgesi'nin en düşük nem değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Karadeniz Bölgesi'nde nem değerleri, yıl boyunca %70'in üzerindedir. Bu bölge, denizden gelen nemli hava kütlelerinin etkisi altındadır ve bol yağış alır. İç Anadolu Bölgesi'nde ise nem değerleri, yıl boyunca %50'nin altındadır. Bu bölge, denizden uzak ve yüksek rakımlı bir iç bölge olduğu için kuru ve soğuk bir iklime sahiptir. Türkiye'nin diğer bölgelerinde ise nem değerleri, mevsimlere göre farklılık gösterir. Akdeniz Bölgesi'nde nem değerleri, yazın %60-70 arasında, kışın %70-80 arasında değişmektedir. Bu bölge, yazın sıcak ve kurak, kışın ılık ve yağışlı bir iklime sahiptir. Ege Bölgesi'nde nem değerleri, yazın %50-60 arasında, kışın %60-70 arasında değişmektedir. Bu bölge, Akdeniz Bölgesi'ne benzer bir iklime sahiptir ancak yağış

miktarı daha azdır. Marmara Bölgesi'nde nem değerleri, yazın %60-70 arasında, kışın %70-80 arasında değişir. Bu bölge, ılıman bir iklime sahiptir ve yıl boyunca yağış alır. Doğu Anadolu Bölgesi'nde nem değerleri, yazın %30-40 arasında, kışın %50-60 arasında değişir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ise nem değerleri, yazın %10-30 arasında, kışın %40-50 arasında değişmektedir. Bu bölge, sıcak ve kurak bir iklime sahiptir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Uzun yıllar aylık ortalama bağıl nem değerleri dağılım haritası

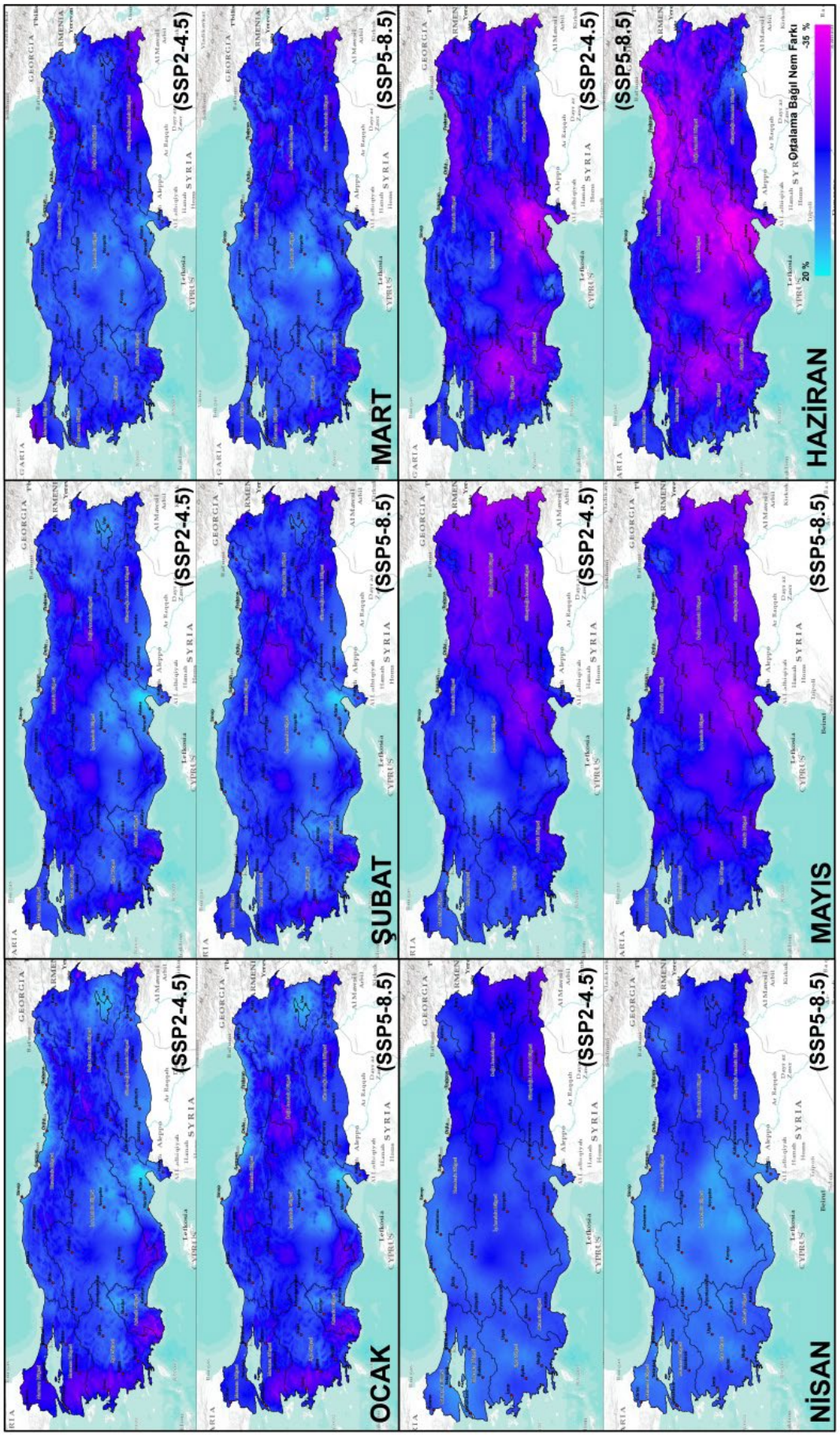
İklim değişikliği çerçevesinde nem değerleri incelendiğinde Türkiye'nin 2050 yılı ile günümüz arasındaki bağıl nem farkı yıllık olarak % 20 ile % -35 arasında değişmesi beklenmektedir, bağılnem farkının aylara göre dağılımı ise farklılık göstermektedir. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre 2050 yılı için Türkiye'nin ocak ve haziran ayları arası beklenen bağıl nem değişimleri şöyle özetlenebilir:

Ocak ayında orta düzeyde sera gazı emisyonları ve iklim politikaları içeren SSP2-4,5 senaryosuna göre bağıl nem oranı ortalama %2 azalması beklenirken, yüksek düzeyde sera gazı emisyonları ve iklim politikalarının olmadığı SSP5-8,5 senaryosunda %3,3 azalması beklenmektedir (Çizelge 4.4). SSP2-4,5 senaryosunda bağıl nem değişiminin alansal dağılımı incelendiğinde Ege bölgesindeki azalışın fazla olması beklenirken SSP5-8,5 senaryosunda İç Anadolu bölgesinin doğu kesimlerinde daha fazla azalması beklenmektedir (Şekil 4.17). Şubat ayı içerisindeki değişimler incelendiğinde bağıl nem değişimi SSP2-4,5 senaryosunda % 2,8 azalması beklenirken SSP5-8,5 senaryosunda ise % 2,3 oranında bir azalış beklenmektedir (Çizelge 4.4). Şubat ayında her iki senaryoda bağıl nemdeki azalış çok benzer olsa da SSP2-4,5 senaryosunda bölgesel olarak Marmara ve Karadeniz bölgelerinde azalışın SSP5-8,5 senaryosuna göre daha fazla olması beklenmektedir (Şekil 4.17). Mart ayında bağıl nem değişimi Şubat ayı ile benzer bir azalış sergilemektedir. SSP2-4,5 senaryosunda %1,9 azalırken SSP5-8,5 senaryosunda bu oran artarak % 2,3'lük bir azalış gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu ayda SSP2-4,5 senaryosuna göre Marmara bölgesinde artışın SSP5-8,5 senaryosuna göre daha fazla olması beklenmektedir (Şekil 4.17). Nisan ayındaki bağıl nem değişimleri diğer aylardan farklı olarak ülke genelinde SSP2-4,5 senaryosunda % 2,3'lük bir azalış, SSP5-8,5 senaryosunda ise % 1,8'lik bir artış olması beklenmektedir (Şekil 4.17). Bölgesel olarak her iki senaryoda da azalış Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde beklenirken SSP5-8,5 senaryosundaki artışın İç Anadolu bölgesinde tahmin edilmektedir (Şekil 4.17).

Çizelge 4.4. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre Türkiye'nin aylık ortalama bağıl nem değişimi

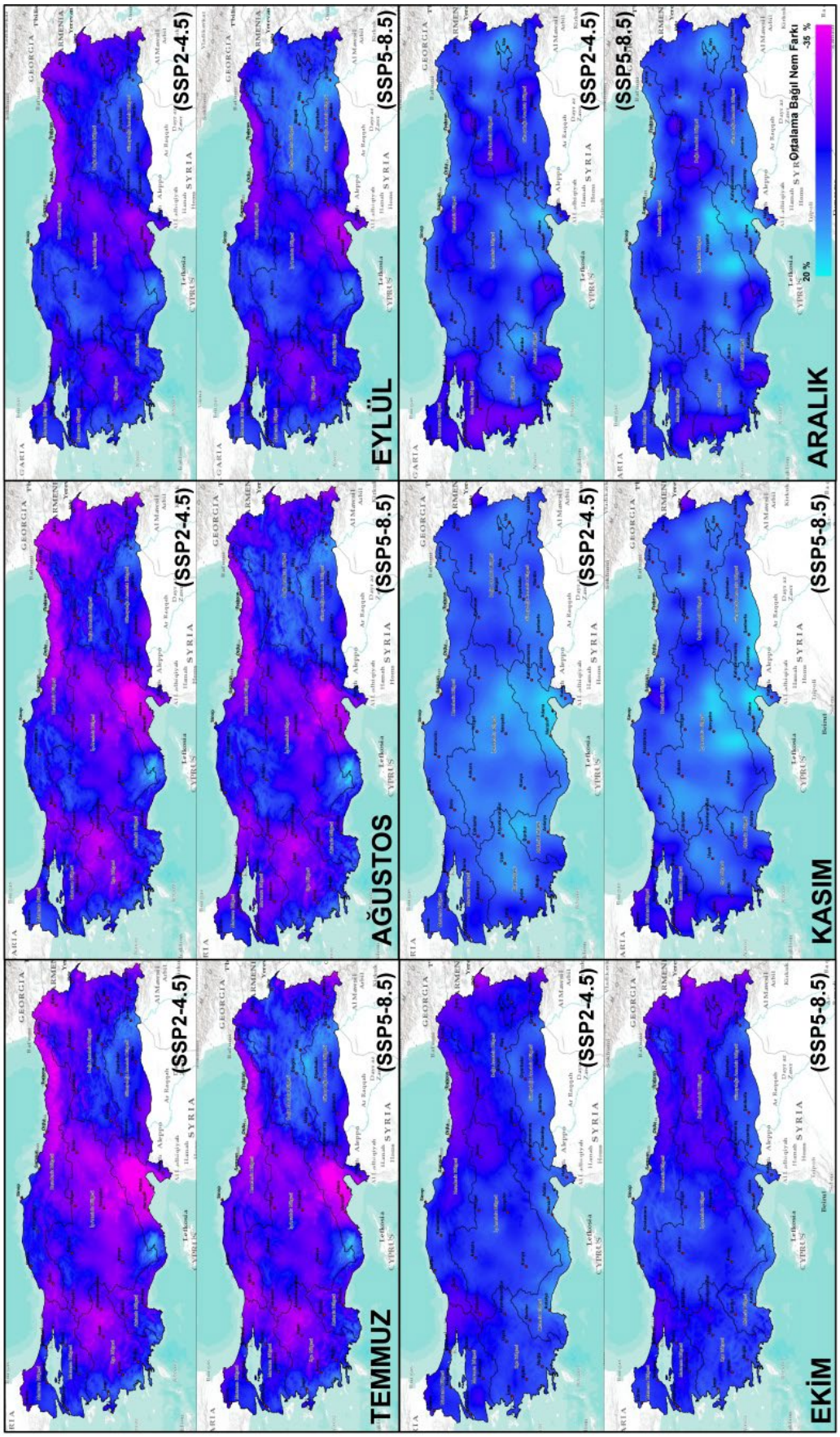
Aylar	SSP2-4,5 (%)	SSP5-8,5 (%)
Ocak	-2,0	-3,3
Şubat	-2,8	-2,3
Mart	-1,9	-2,3
Nisan	-2,3	+1,8
Mayıs	-8,0	-10,0
Haziran	-10,0	-14,7
Temmuz	-13,6	-10,8
Ağustos	-12,2	-9,7
Eylül	-7,7	-5,8
Ekim	-4,8	-5,8
Kasım	+3,2	+2,9
Aralık	-3,0	-0,3

Mayıs ayında bağıl nem diğer aylara göre daha fazla bir azalış gerçekleşmiştir, SSP2-4,5 senaryosunda % 8'lik bir azalış beklenirken SSP5-8,5 senaryosunda % 10'luk bir azalış beklenmektedir (Çizelge 4.4). Bölgeler arasında ise farklı eğilimler görülmektedir, SSP2-4,5 senaryosuna göre en fazla azalış ülkenin doğu kesimlerinde, SSP5-8,5 senaryosunda Akdeniz bölgesindeki azalışın daha fazla olması beklenmektedir (Şekil 4.17). Bağıl nem değerlerindeki azalışın devam ettiği haziran ayında SSP2-4,5 senaryosuna göre ortalama %10'luk azalış gözlemlenirken SSP5-8,5 senaryosuna göre %14,72'lik bir artış olması beklenmektedir (Çizelge 4.4). Her iki senaryoda da haziran ayındaki azalış İç Anadolu bölgesinin batısı ile Akdeniz bölgesinde gerçekleşmesi beklense de SSP5-8,5 senaryosundaki azalışın İç Anadolu bölgesinin doğusundan Karadeniz bölgesinin doğusuna doğru devam etmesi öngörülmektedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. İklim değişikliği senaryolarına göre ortalama bağıl nem farkları haritası (Ocak-Haziran)

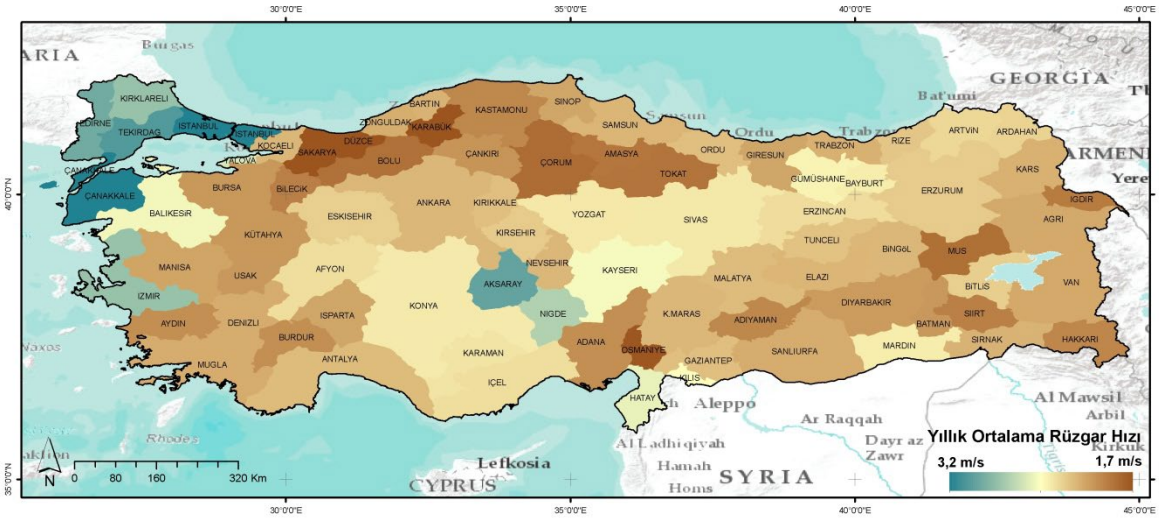
Ülke genelindeki bağıl nem değişimlerindeki azalış temmuz ayında da etkisini sürdürmektedir. SSP2-4,5 senaryosuna göre azalış %13,6, SSP5-8,5 senaryosuna göre % 10,8 olması beklenmektedir (Çizelge 4.4). Sonuçlara göre, bu ayda en fazla azalış her ki senaryoda da Akdeniz, İç Anadolu ve Karadeniz bölgelerinin doğusunda ve İç Anadolu bölgesinin batı kesimlerinde gerçekleşmesi beklenmektedir (Şekil 4.18). Mayıs ayından itibaren etkisini gösteren bağıl nem miktarındaki azalış ağustos ayı ile birlikte etkisini yitirmektedir. SSP2-4,5 senaryosuna göre, Türkiye'nin ortalama ağustos bağıl nem oranının % 12,2 azalması beklenirken SSP5-8,5 senaryosuna göre ise % 9,7 azalması beklenmektedir (Çizelge 4.4). Bölgesel olarak değerlendirmede bağıl nem oranındaki değişimler temmuz ayı ile aynı bölgelerde gerçekleşmesi beklenmektedir (Şekil 4.18). Eylül ayında beklenen bağıl nem miktarındaki azalış SSP2-4,5 senaryosuna göre % 7,7 iken SSP5-8,5 senaryosuna göre % 5,8 şekkindir. Bu ayda Karadeniz bölgesinin doğusunda gözlemlenen bağıl nem oranındaki azalış etkisini yitirmektedir. Ekim ayında ise bağıl nem oranındaki azalışın SSP2-4,5 senaryosuna göre % 4,8 iken SSP5-8,5 senaryosuna göre % 5,8 olması beklenmektedir (Çizelge 4.4). Bölgesel olarak eylül ayı ile oldukça benzer bir dağılım gösterse de SSP5-8,5 senaryosunda Doğu Anadolu bölgesindeki azalış diğer yerlere göre daha etkilidir (Şekil 4.18). Kasım ayı diğer aylara göre büyük bir farklılık göstererek her iki senaryoda da ülke genelinde bağıl nem oranında artış öngörülmektedir. Bu artışın SSP2-4,5 senaryosuna göre %3,2 iken SSP5-8,5 senaryosuna göre %2,9 olması beklenmektedir (Çizelge 4.4). Bu artış her iki senaryoda da Akdeniz bölgesinin doğusu ile İç Anadolu bölgesinin doğusunda daha fazla etkili olmuştur (Şekil 4.18). Kasım ayında bağıl nem oranında gözlemlenen artış aralık ayı ile birlikte tekrar bir azalış ivmesine girmiştir. Buna göre SSP2-4,5 senaryosunda beklenen azalış %3 iken SSP5-8,5 senaryosunda beklenen azalış ise %0,3'tür (Çizelge 4.4). Aralık ayı içerisinde diğer aylardan farklı olarak nispeten daha az da olsa Ege bölgesinde meydana gelen bağıl nem oranındaki azalış dikkat çekmektedir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. İklim değişikliği senaryolarına göre ortalama bağıl nem farkları haritası (Temmuz-Aralık)

4.1.3. Rüzgâr Hızı

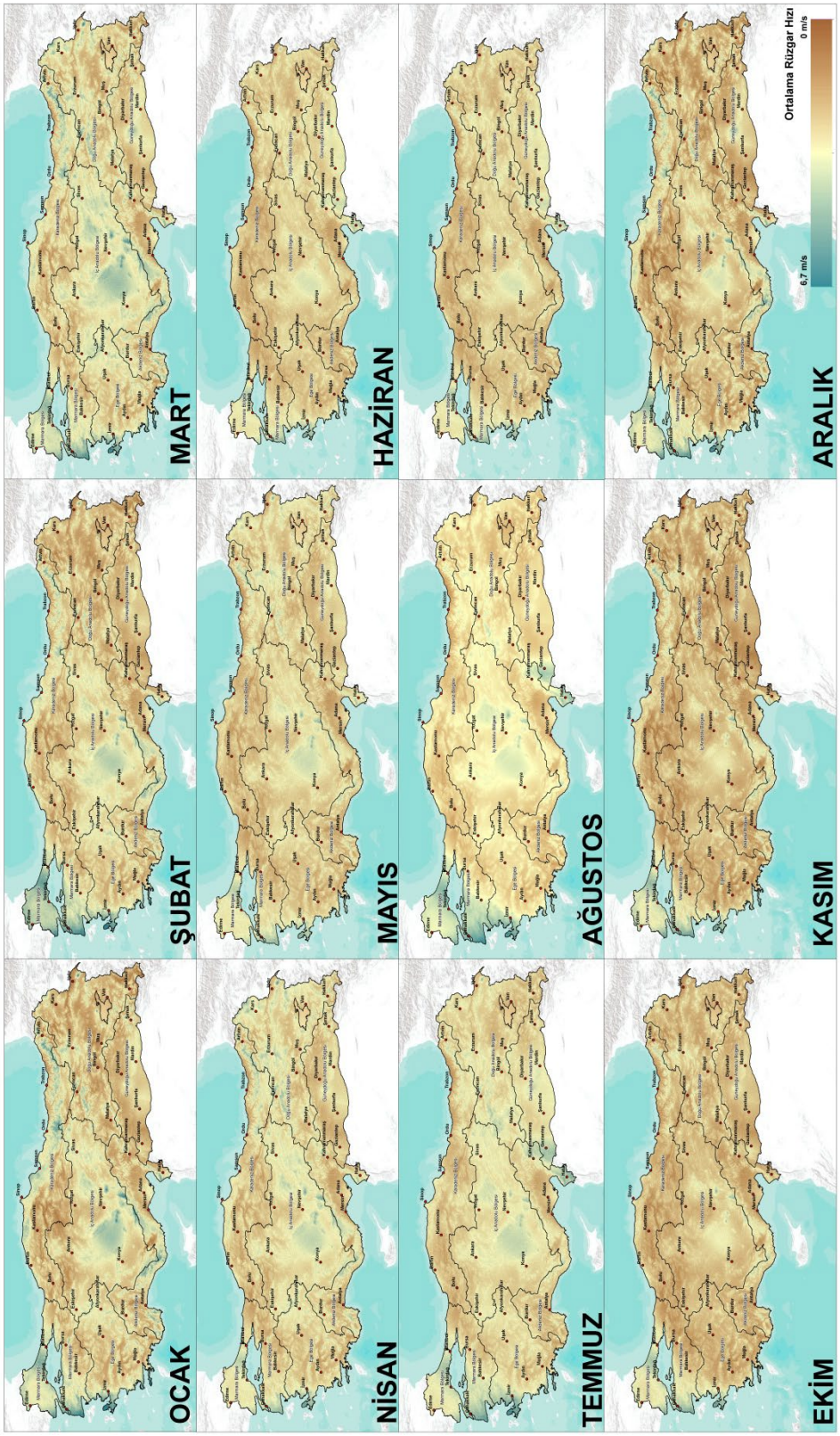
Rüzgâr, çevredeki havanın hareketiyle oluşan bir fenomendir ve sıcaklık, nem ve diğer hava koşullarıyla birlikte konfor seviyelerini belirler. Havanın hareketi, vücut yüzeyindeki terin buharlaşmasını hızlandırır ve bu da vücut ısısını düşürür. Bu durum, yüksek sıcaklıklarda rahatlama sağlayabilir ve konforu arttırabilir. Ancak, rüzgâr hızı aşırı hale geldiğinde veya ortam sıcaklığı düştüğünde, rüzgârın soğutması etkisi negatif olabilir. Yüksek rüzgâr hızı, vücuttan daha fazla ısı kaybına neden olur ve vücut ısısının düşmesine yol açar. Bu durumda, kişiler üşüme hissi yaşayabilir ve biyoiklimsel konfor seviyeleri azalabilir. Özellikle düşük sıcaklıklarla birleştiğinde, soğuk rüzgârlar hipotermi riskini artırabilir. Sonuç olarak, rüzgâr hızı, vücut yüzeyindeki ısı transferini etkilediği için biyoiklimsel konfor durumunu da etkilemektedir. Olgyay (1973)'ün çalışmasına göre biyoiklimsel konfor açısından açık alanda ideal rüzgâr hızı 5 m/s'dir. Ülkemizdeki rüzgâr hızı verilerinin dağılımı incelendiğinde ise en yüksek şubat ayı içerisinde ortalama 3,2 m/s ile İstanbul ve Çanakkale illerinde görülürken en düşük rüzgâr hızı temmuz ayı içerisinde ortalama 1,7 m/s ile Sakarya ve Düzce illerinde olduğu ortaya çıkmıştır. Uzun yıllar yıllık ortalama rüzgâr hızı verilerinin illere göre dağılımı Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.19. Uzun yıllar ortalama rüzgâr hızının illere göre dağılımı

Meteoroloji istasyonlarından elde uzun yıllar ortalama olarak elde edilen rüzgâr hızı verilerine göre Türkiye'nin kıyı bölgeleri yıl içerisinde genellikle rüzgârlıdır. Deniz etkisiyle artan rüzgâr hızı Marmara gölgesinde 6,7 m/s'e kadar çıkmaktadır. Rüzgâr hızının arttığı özellikle Ege ve Akdeniz kıyılarında ortalama 3-4,8 m/s arasında değişmektedir. Orta düzeydeki rüzgâr hızı, terleme mekanizmasını destekleyebilir ve serinlik hissi sağlayarak biyoiklimsel konforu arttırabilir. Ancak, aşırı rüzgârlı günlerde veya rüzgâr hızı daha yüksekse, bu durum rahatsızlık hissi yaratabilir ve açıkta bulunan kişilerin soğumasına neden olabilir. İç Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi gibi iç bölgelerde rüzgâr hızı yıl boyunca 2,4-3,5 m/s ile Ege ve Akdeniz bölgelerine göre

daha düşüktür. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ise genellikle yıl boyu ortalama 2-2,9 m/s ile daha düşük rüzgâr hızlarına sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.20).



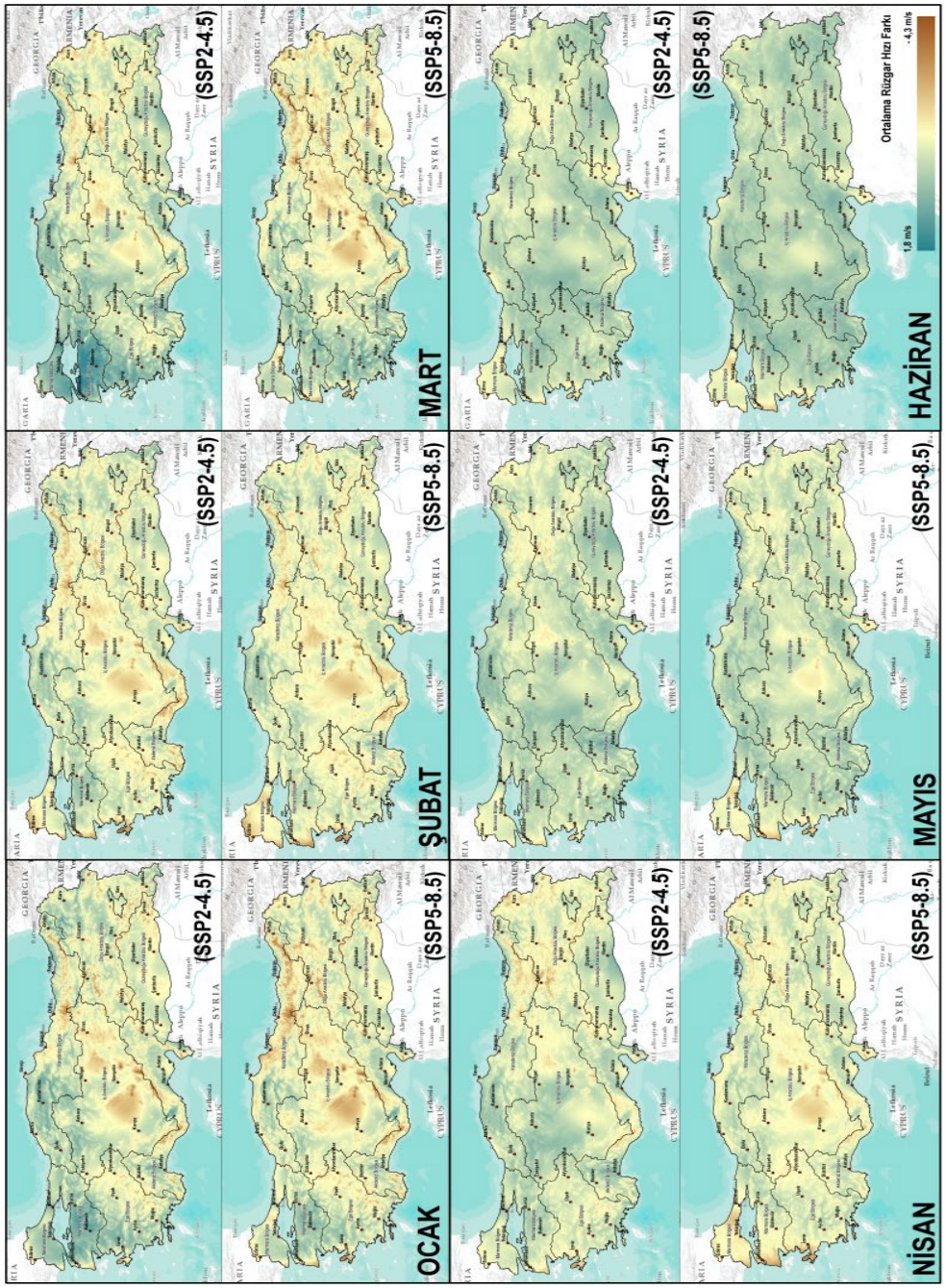
Şekil 4.20. . Uzun yıllar aylık ortalama rüzgâr hızı değerleri dağılım haritası

İklim değişikliği çerçevesinde rüzgâr hızı değerleri incelendiğinde Türkiye'nin 2050 yılı ile günümüz arasındaki bağıl nem farkı yıllık olarak 1,8 m/s ile -4,3 m/s arasında değişmektedir, rüzgâr hızı farkının aylara göre dağılımı ise farklılık göstermektedir. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre 2050 yılı için Türkiye'nin ocak ve haziran ayları arası rüzgâr hızı değişimleri şöyle özetlenebilir: Ocak ayında orta düzeyde sera gazı emisyonları ve iklim politikaları içeren SSP2-4,5 senaryosuna göre rüzgâr hızı oranı ortalama 0,8 m/s azalırken, yüksek düzeyde sera gazı emisyonları ve iklim politikalarının olmadığı SSP5-8,5 senaryosunda 1,0 m/s azalmaktadır (Çizelge 4.5). SSP2-4,5 senaryosunda rüzgar hızı değişiminin alansal dağılımı incelendiğinde Marmara bölgesindeki artışın fazla, SSP5-8,5 senaryosunda ise İç Anadolu bölgesindeki azalışın fazla olacağı beklenmektedir (Şekil 4.21). Şubat ayı içerisindeki değişimlere bakıldığında rüzgar hızı değişimi SSP2-4,5 senaryosunda 0,9 m/s azalırken SSP5-8,5 senaryosunda ise 1,0 m/s oranında bir azalış gerçekleşmiştir (Çizelge 4.5). Şubat ayında her iki senaryoda bağıl nemdeki azalış çok benzer olmakla birlikte rüzgâr hızında en fazla azalış İç Anadolu bölgesinde beklenmektedir (Şekil 4.21). Mart ayında rüzgâr hızı değişimi benzer bir azalış sergilemektedir. SSP2-4,5 senaryosunda 0,6 m/s azalırken SSP5-8,5 senaryosunda bu oran artarak 1,0 m/s'lik bir azalış gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu ayda SSP2-4,5 senaryosuna göre Marmara bölgesinde artış SSP5-8,5 senaryosuna göre daha fazladır (Şekil 4.21). Nisan ayındaki rüzgâr hızı değişimleri diğer aylarla benzer şekilde ülke genelinde SSP2-4,5 senaryosunda 0,9 m/s'lik bir azalış varken SSP5-8,5 senaryosunda 0,9 m/s'lik bir azalış gerçekleşmesi beklenmektedir. (Çizelge 4.5). Bölgesel olarak incelendiğinde SSP2-4,5 senaryosunda en fazla azalış Doğu Anadolu bölgesinde beklenirken, SSP5-8,5 senaryosunda İç Anadolu bölgesinde daha fazla azalma beklenmektedir (Şekil 4.21).

Çizelge 4.5. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre Türkiye'nin aylık ortalama rüzgâr hızı değişimi

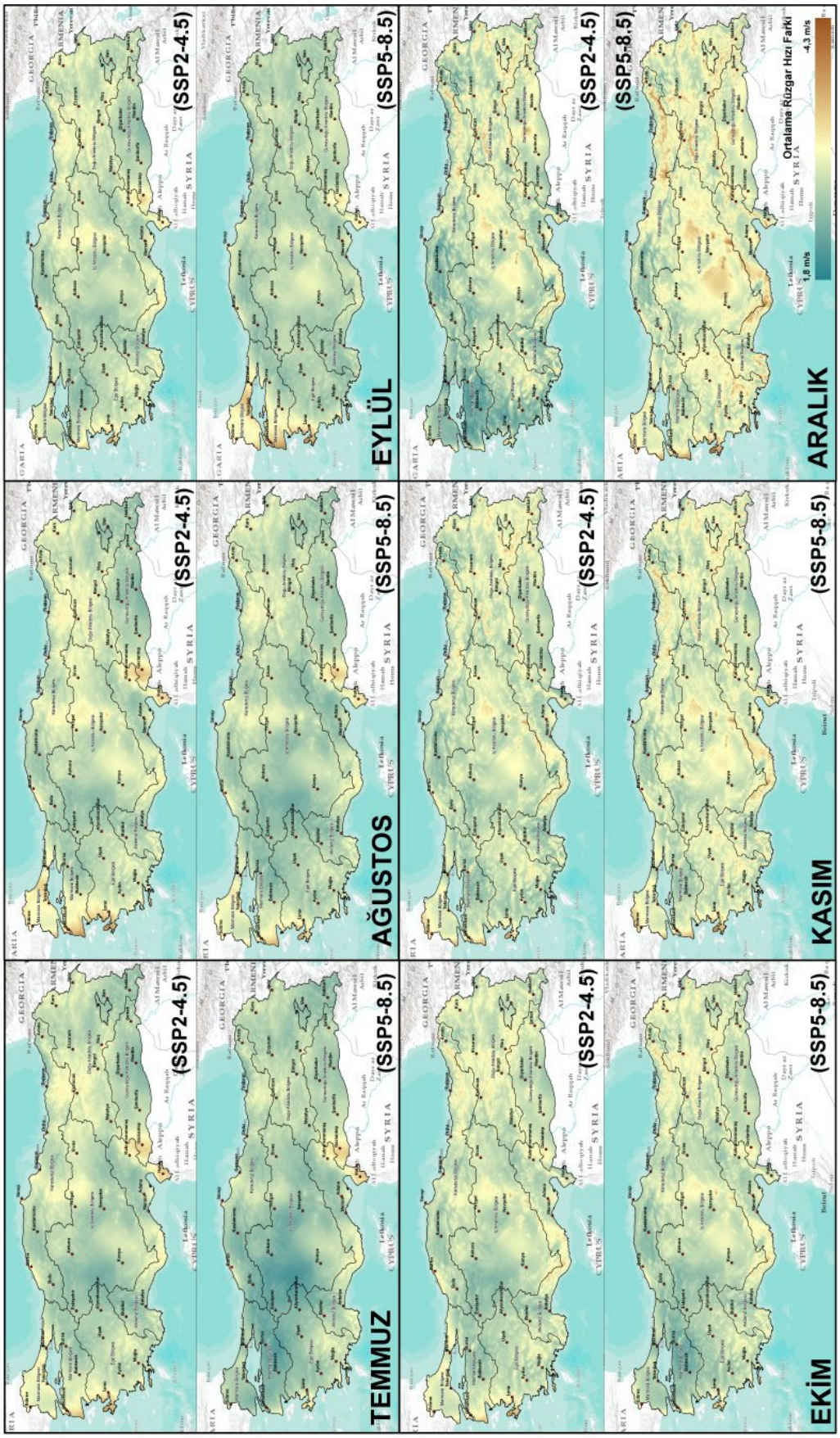
Aylar	SSP2-4,5 (m/s)	SSP5-8,5 (m/s)
Ocak	-0,8	-1,0
Şubat	-0,9	-1,0
Mart	-0,6	-0,9
Nisan	-0,7	-1,0
Mayıs	-0,5	-0,6
Haziran	-0,4	-0,3
Temmuz	-0,5	-0,1
Ağustos	-0,6	-0,3
Eylül	-0,5	-0,4
Ekim	-0,6	-0,5
Kasım	-0,6	-0,8
Aralık	-0,4	-0,9

Mayıs ayıyla birlikte rüzgâr hızında diğer aylara göre daha az bir azalış beklenmektedir, SSP2-4,5 senaryosunda -0,5 m/s'lik bir azalış gerçekleşirken SSP5-8,5 senaryosunda -0,4 m/s'lik bir azalış beklenmektedir. Rüzgâr hızı değerlerindeazalmanın devam ettiği haziran ayında SSP2-4,5 senaryosuna göre ortalama -0,4 m/s'lik azalış gözlemlenirken SSP5-8,5 senaryosuna göre -0,5 m/s'lik bir azalış gerçekleşmesi beklenmektedir (Çizelge 4.5). Mayıs ve haziran ayındaki rüzgâr hızı verilerindeki değişim incelendiğinde her iki ayda da senaryolar arası küçük farklar olmasına rağmen Karadeniz bölgesinin doğusu ile Doğu Anadolu bölgesinde azalış diğer bölgelerde çoğunlukla artış beklenmektedir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. İklim değişikliği senaryolarına göre ortalama rüzgar hızı farkları haritası (Ocak-Haziran)

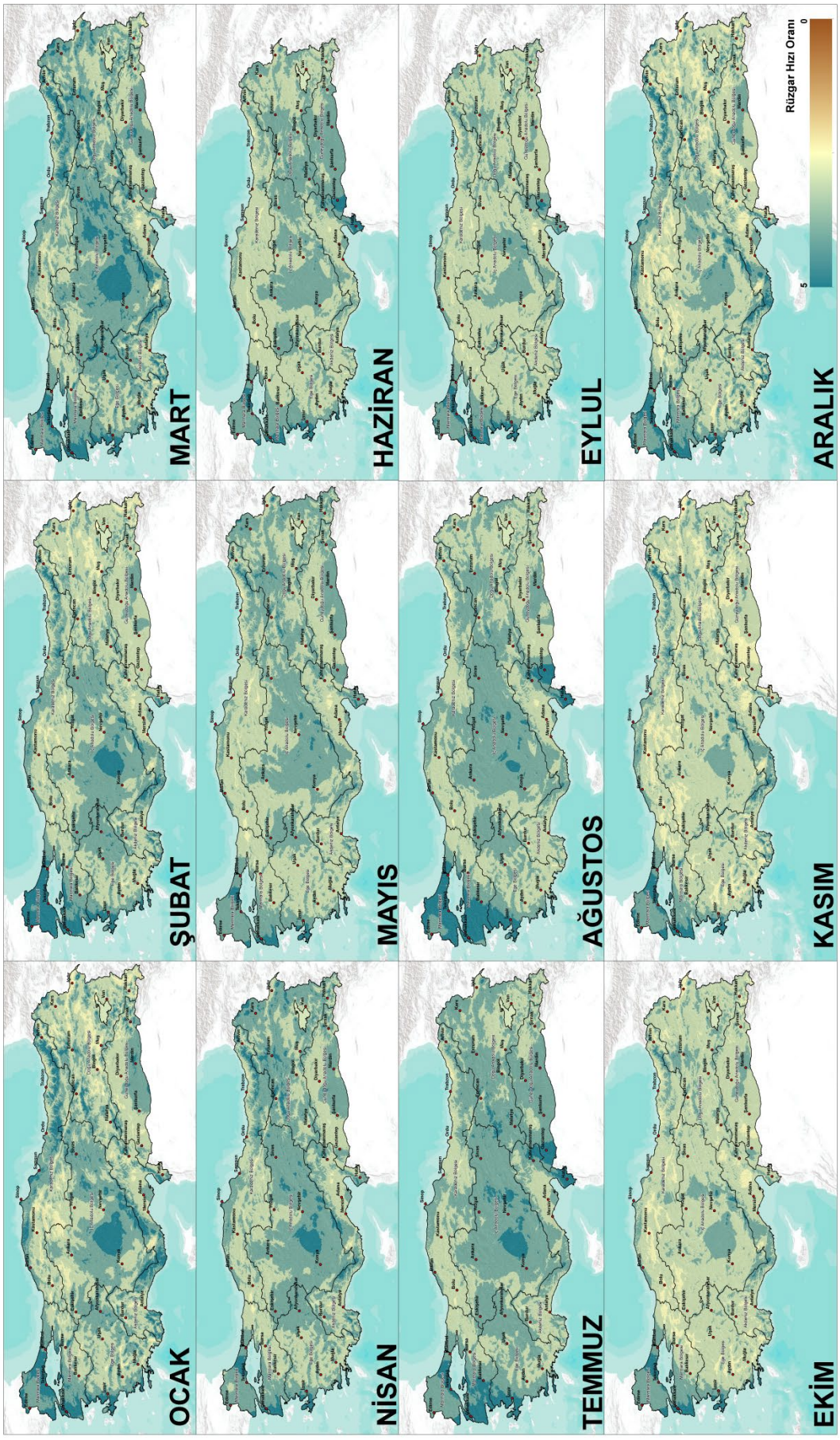
Ülke genelinde rüzgar hızı değişimlerindeki küçük azalışların Temmuz ayında da devam etmesi beklenmektedir. SSP2-4,5 senaryosuna göre bu azalış 0,4 m/s iken SSP5-8,5 senaryosuna göre 0,1 m/s'dir (Çizelge 4.5). Sonuçlara göre, bu ayda SSP2-4,5 senaryosuna göre ülkenin kuzey doğusunda, Hatay ve İzmir bölgelerinde rüzgâr hızında azalış beklenirken SSP5-8,5 senaryosuna göre Marmara bölgesi ve İç Anadolu bölgesi başta olmak üzere çoğunlukla artış beklenmektedir (Şekil 4.22). Ağustos ayında rüzgâr hızı değişimi SSP2-4,5 senaryosuna göre 0,6 m/s azalırken SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 0,3 m/s azalmaktadır (Çizelge 4.5). Bölgesel olarak incelendiğinde her iki senaryoda da Hatay, İzmir, Çanakkale ve Edirne bölgelerinde rüzgâr hızında azalmaların devam etmesi diğer bölgelerin ise çoğunlukla artması beklenmektedir (Şekil 4.22). Eylül ayında beklenen rüzgâr hızı verilerindeki azalış SSP2-4,5 senaryosuna göre 0,5 m/s iken SSP5-8,5 senaryosuna göre 0,5 m/s'dir. Bu ayla birlikte SSP2-4,5 senaryosun göre Marmara bölgesindeki azalışın etkisini kaybetmesi ancak SSP2-4,5 senaryosunda azalışın devam etmesi beklenmektedir (Şekil 4.22). Ekim ayında ise rüzgâr hızındaki azalış SSP2-4,5 senaryosuna göre 0,6 m/s iken SSP5-8,5 senaryosuna göre 0,5 m/s'dir. Kasım ayında ise SSP2-4,5 senaryosunda rüzgar hızında 0,5 m/s'lik bir azalma beklenirken SSP5-8,5 senaryosunda 0,6 m/s'lik bir azalma beklenmektedir (Çizelge 4.5). Bölgesel olarak her iki ay da eylül ayı ile oldukça benzer bir dağılım gösterse de Marmara bölgesindeki SSP5-8,5 senaryosuna göre devam eden azalış etkisini kaybetmektedir. (Şekil 4.22). Aralık ayında rüzgar hızında SSP2-4,5 senaryosuna göre 0,4 m/s, SSP5-8,5 senaryosuna göre 0,9 m/s azalış beklenmektedir (Çizelge 4.5). Rüzgar hızı değişimlerinin alansal olarak dağılımı incelendiğinde SSP2-4,5 senaryosuna göre Karadeniz bölgesinin batısı, Marmara ve Ege bölgelerinde artış diğer bölgelerde rüzgar hızının azalmaya devam etmesi öngörülmektedir. SSP5-8,5 senaryosuna göre ise Kastamonu bölgesi dışındaki bölgelerin çoğunda azalmanın devam etmesi beklenmektedir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. İklim değişikliği senaryolarına göre ortalama rüzgâr hızı farkları haritası (Temmuz-Aralık)

Rüzgâr hızı verileri aynı zamanda Türkiye'nin farklı bölgelerindeki turizm iklim indeksi gibi birçok turizm değerlendirmesinde önemli bir faktör olarak kullanılmaktadır. Rüzgâr hızı, turizm faaliyetlerini etkileyebilen birçok farklı aktivite için önemli bir faktördür. Turizm iklim indeksi, bir bölgenin turizm açısından uygunluğunu değerlendirmek için kullanılan bir ölçüttür. Rüzgâr hızı, bu değerlendirmede önemli bir parametre olarak dikkate alınır. Turistler, rüzgâr hızının turizm aktivitelerini etkileme potansiyelini göz önünde bulundurarak tatil bölgelerini seçerken, rüzgâr hızı verileri genellikle bir rehber olarak kullanılır.

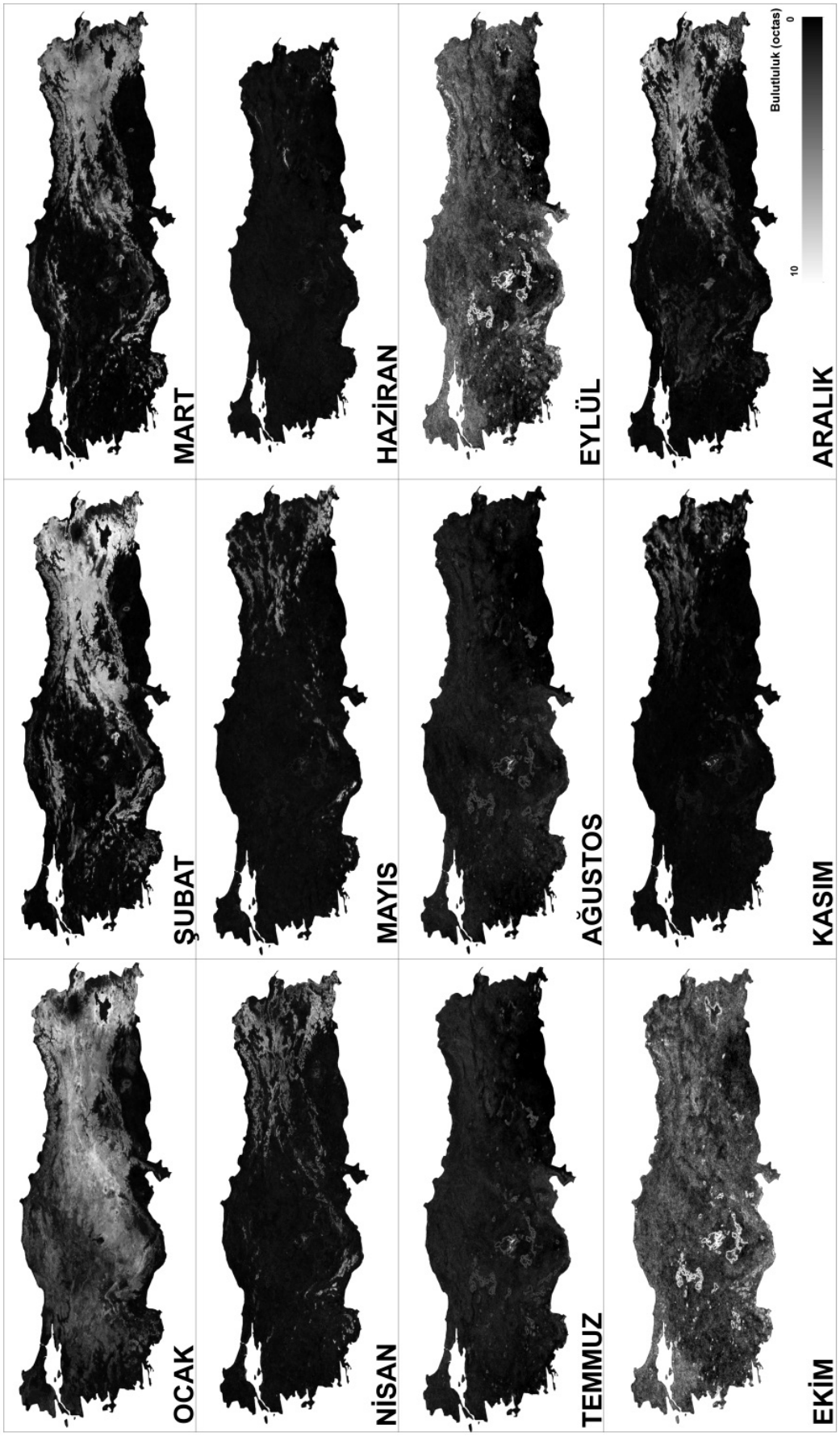
Türkiye'nin kıyı bölgeleri, turizm açısından popüler bölgelerdir ve rüzgâr hızı bu bölgelerde önemli bir rol oynar. Özellikle sörf, yelken gibi deniz sporları aktiviteleri, yeterli rüzgâr hızı gerektirir. Bu nedenle, rüzgâr hızı verileri, su sporları için uygun zamanları ve bölgeleri belirlemek için kullanılır. Örneğin, Ege ve Akdeniz kıyıları, rüzgâr hızı ve diğer faktörlerin birleştiği ideal koşulları sunarak yelken ve sörf gibi aktiviteler için tercih edilen bölgeler arasındadır. Aynı zamanda, rüzgâr hızı dağlık bölgelerde dağ yürüyüşü, dağcılık ve paraşüt gibi doğa sporları için önemli bir faktördür. Yüksek rüzgâr hızları, paraşütçüler için uygun uçuş koşullarını oluşturabilirken, düşük rüzgâr hızları dağ yürüyüşü ve dağcılık gibi aktiviteler için daha uygun olabilir. Yüksek rüzgâr hızları, sahil bölgelerinde güneşlenmeyi ve denize girmeyi zorlaştırabilir. Turistler genellikle sakin ve rüzgarsız plajları tercih etmektedir. Turizm iklim indeksi hesaplamalarında rüzgâr hızının ağırlığı %10 olarak ele alınmıştır ve Mieczkowski (1985) yaptığı oranlamaya göre haritalanmıştır(Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Turizm iklim indeksi açısından aylara göre Rüzgâr Hızı oranlarının dağılımı

4.1.4. Bulutluluk

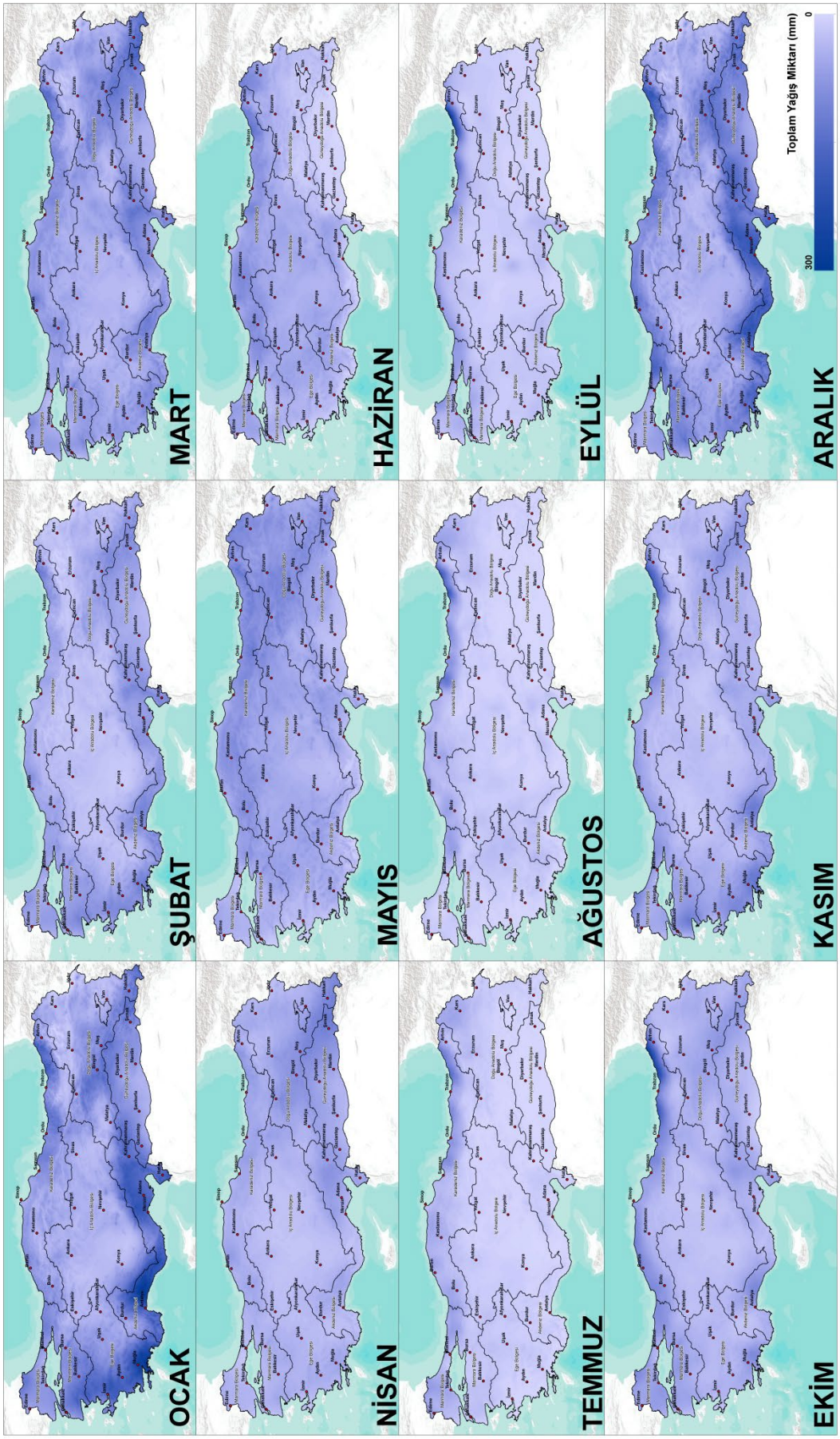
Bulutluluk, iklim sistemini etkileyen önemli bir faktördür ve biyoiklimsel konfor üzerinde belirgin bir etkisi olduğu bilinmektedir. Bu şekilde, bulutluluğun biyoiklimsel konfor üzerindeki potansiyel etkilerini anlamak ve gelecekteki tasarım ve planlama süreçlerinde dikkate almak için veriler üretilmiştir. Yapılan bir çok araştırda bulutluluğun güneş ışınımını engelleyerek atmosferik sıcaklığı düşürdüğü ve rüzgâr hızını etkilediği ortaya konmuştur. Bu etkiler, biyoiklimsel konfora önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan bulutluluk verileri MODIS Terra MOD35_L2 uydu görüntüsünden .hdf formatında temin edilmiştir. Verilerin görüntü formatına dönüştürülmesi National Snow and Ice Data Center (NSIDC)'nin tasarladığı HEG Tool (HDF-EOS to GeoTIFF Conversion Tool) yazılım programı ve GEE platformu yardımıyla gerçekleştirilmiştir. HEG Tool, HDF-EOS uzantılı dosyaların projeksiyonlarını değiştirmekte, piksel boyutlarını değiştirmekte ve mozaikleme gibi çalışmalar için kullanılmaktadır. Türkiye'de sinoptik ve havacılık amaçlı rasatlarda bulutluluk 8 oranına göre klimatolojik rasatlarda ise 10 oranına göre belirlenir. Biyoklimatik konfor şartlarının hesaplanmasında kullanılan RayMan yazılımı ise 10 oranına göre hesap yapmaktadır (Çağlak, 2021). Bundan dolayı MODIS'ten yüzde olarak elde edilen bulutluluk verileri 0,1 ile çarpılarak RayMan'ın kullandığı 10 oranına göre düzenlenmiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Bulutluluk verisinin aylara göre dağılımı

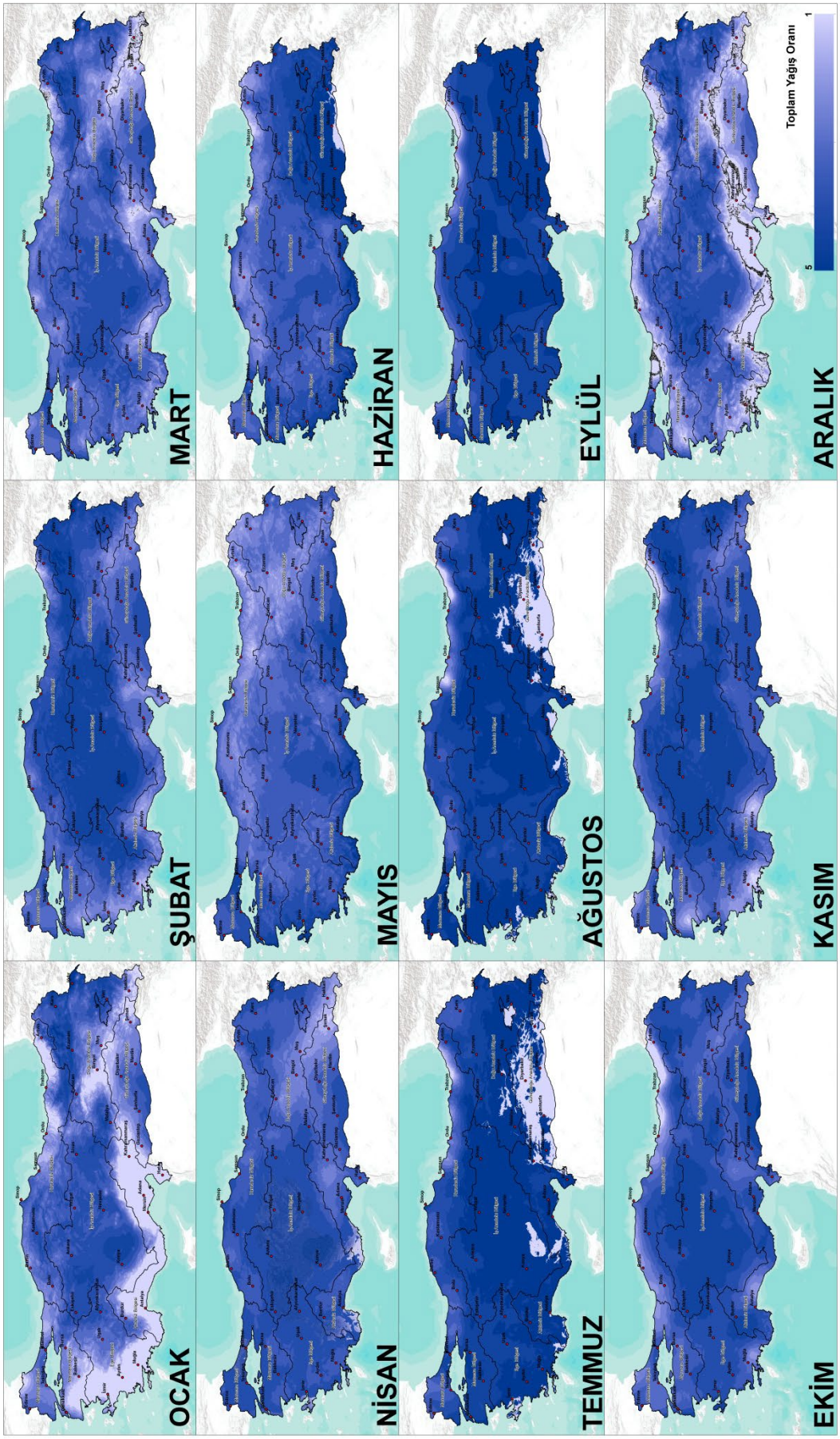
4.1.5. Yağış

Çalışmada yağış verileri Turizm İklim İndeksinin hesaplanmasında kullanılmak üzere düzenlenmiştir. Turizm iklim indeksi, bir bölgenin turistler için ne kadar çekici olduğunu değerlendirmek için kullanılan bir ölçüttür. Bu kapsamda meteoroloji verilerinden elde edilen toplam yağış miktarı verileri interpolasyon teknikleri ile alana yaygınlaştırılarak üretilmiştir. Yağış miktarı, bir bölgenin turizm açısından ne kadar uygun olduğunu belirlemede önemli bir gösterge olarak kabul edilir. Turistler, tatil bölgelerini seçerken, yağış miktarının aktivitelerini etkileme potansiyelini dikkate alır ve turizm bölgelerinin çekiciliğini, rekabet gücünü ve sürdürülebilirliğini belirler. Türkiye'nin farklı bölgelerinde yağış miktarı büyük ölçüde değişebilir, kıyı bölgeleri genellikle daha fazla yağış alırken, iç bölgelerde yağış miktarı daha düşüktür (Şekil 4.25). Bu farklılıklar, turistlerin seyahat tercihlerini etkileyebilir ve tatil planlarını belirlerken önemli bir faktör olarak dikkate alınır. Kıyı bölgelerindeki yüksek yağış miktarı, doğal güzelliklere ve yeşil alanlara sahip olan yerlerde turistler için avantaj olabilir. Bu bölgelerdeki yağış, bitki örtüsünün canlılığını ve doğal peyzajın cazibesini arttırır. Diğer bir yandan, yağışlı iklimler plaj tatilleri ve deniz aktiviteleri için uygun olmayabilir, ancak doğa yürüyüşleri, yaban hayatı gözlemi ve kültürel etkinlikler gibi alternatif turizm faaliyetleri için çekici olabilir. Daha az yağış miktarının bulunduğu iç bölgelerde açık hava etkinlikleri, arkeolojik sitler ve kültürel keşifler gibi farklı turizm deneyimleri sunabilir. Bu bölgelerdeki az yağış miktarı, güneşli ve kuru hava koşullarını beraberinde getirerek, turistler için ideal bir atmosfer yaratabilir. Yağış miktarı, ayrıca tarım ve doğal güzelliklere dayalı turizm faaliyetlerini de etkileyebilir.



Şekil 4.25. Uzun yıllar aylık toplam yağış miktarı dağılım haritası

Yağışın mevsimsel değişkenliği, yağışın tipi ve süresi, yağışın gün içindeki dağılımı gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Turizm iklim indeksi hesaplamalarında toplam yağış miktarının ağırlığı %20 olarak ele alınmış ve Mieczkowski (1985)'in yaptığı oranlamaya göre haritalanmıştır (Şekil 4.26). Bu oranlamada yağışın turizme olumsuz etkisi dikkate alınarak yağış miktarı arttıkça aldığı oran azalmıştır.

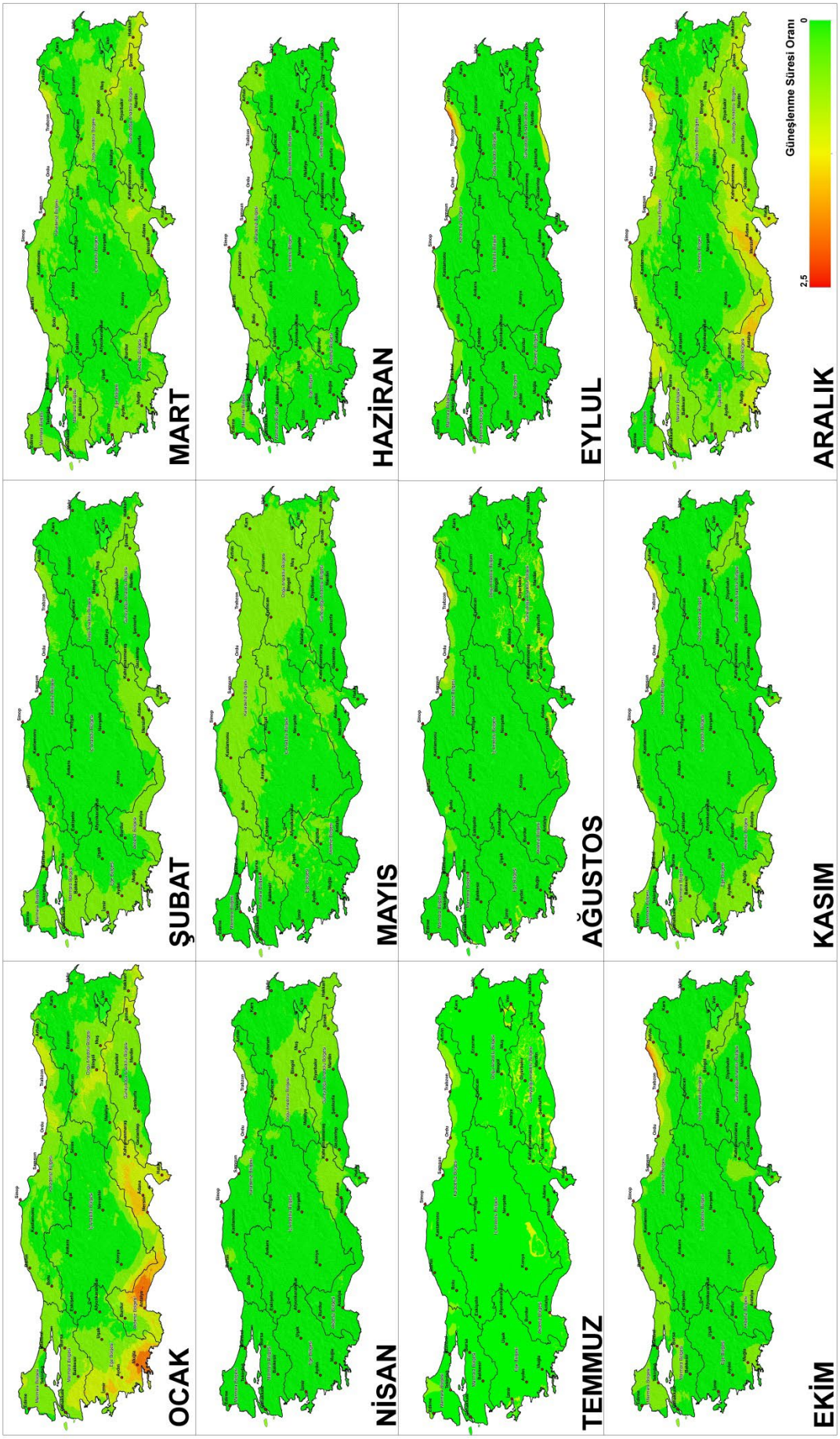


Şekil 4.26. Turizm iklim indeksi açısından aylara göre yağış verisi oranlarının dağılımı

4.1.6. Güneşlenme Süresi

Kıyı turizminin belirleyici faktörlerinden biri olan güneşlenme süresi, turistlerin tatil bölgesi seçiminde kritik bir role sahiptir. Tatilciler için güneşlenme süresi, konforlu bir deneyim sağlama açısından büyük önem taşır. Türkiye'nin sahil bölgeleri, özellikle Akdeniz ve Ege kıyıları, genellikle yüksek güneşlenme süresine sahiptir. Bu bölgelerde, yaz aylarında güneşlenme süresi ortalama olarak 10-12 saat arasında değişebilmektedir. Bu uzun güneşli saatler, plaj tatilleri, deniz aktiviteleri için ideal koşulları sağlar. İç bölgelerde güneşlenme süresi genellikle sahil bölgelerine kıyasla daha kısa olabilir. Özellikle dağlık bölgelerde, yüksek rakımlar ve coğrafi özellikler güneşlenme süresini etkileyebilir.

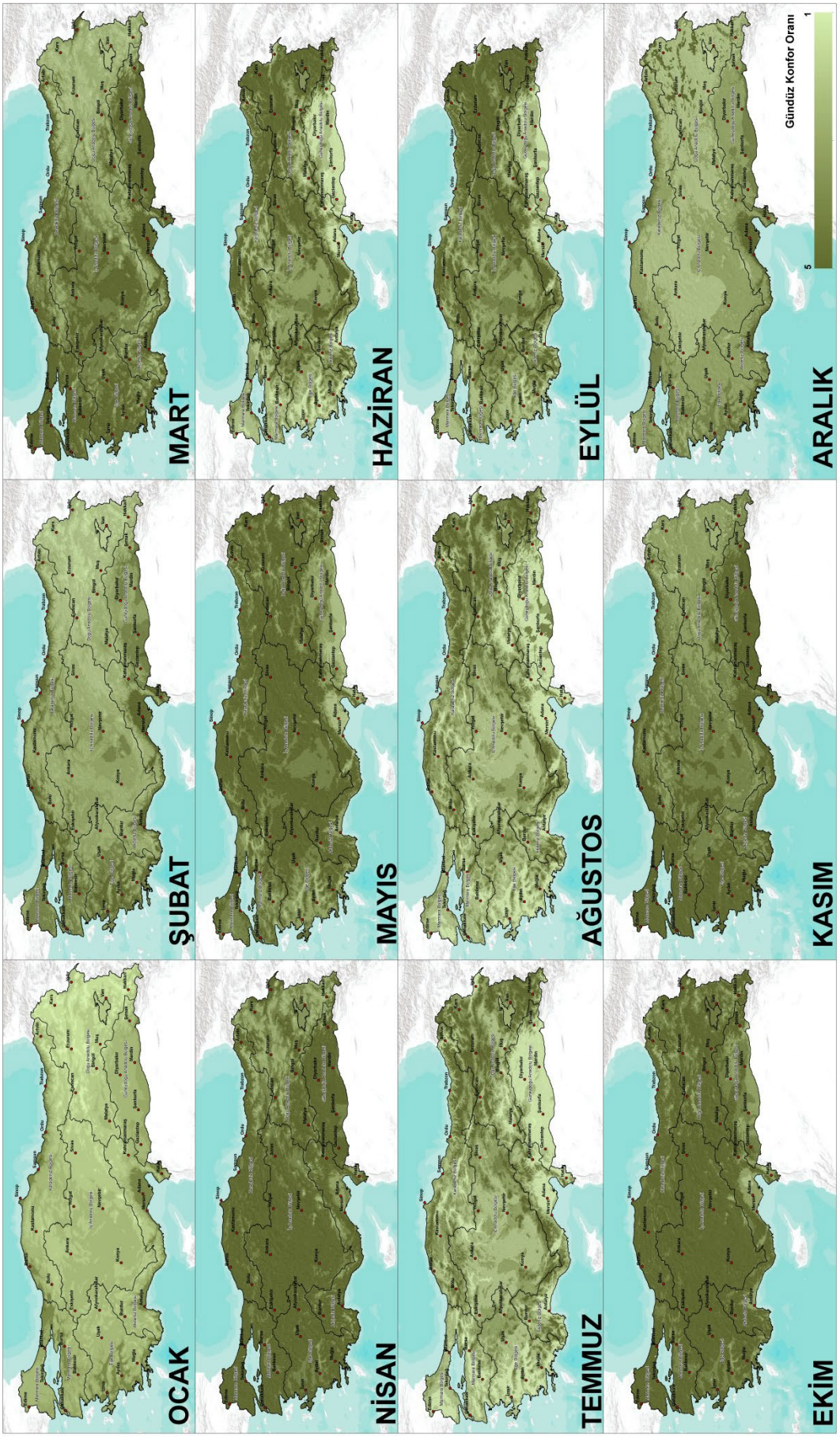
Özellikle ılıman bölgelerde güneşlenme süresinin artması bölgenin turistik cazibesini yükseltir. Bundan dolayı çoğu turist açısından güneş ışığı olumlu bir özelliktir ve TCI formülünde de olumlu olarak değerlendirilmiştir. Yağış verisi gibi güneşlenme süresine de %20'lik bir ağırlık verilmiştir. Bu çalışmada genel olarak güneşlenme süresinin fazla olduğu zamanlara yüksek oran tanımlamıştır. Bu kapsamda meteoroloji verilerinden elde edilen aylık toplam güneşlenme süresi verileri bu oranlamaya göre haritalanmıştır (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. Güneşlenme süresi verisinin aylara göre dağılımı

4.1.7. Gündüz Konfor

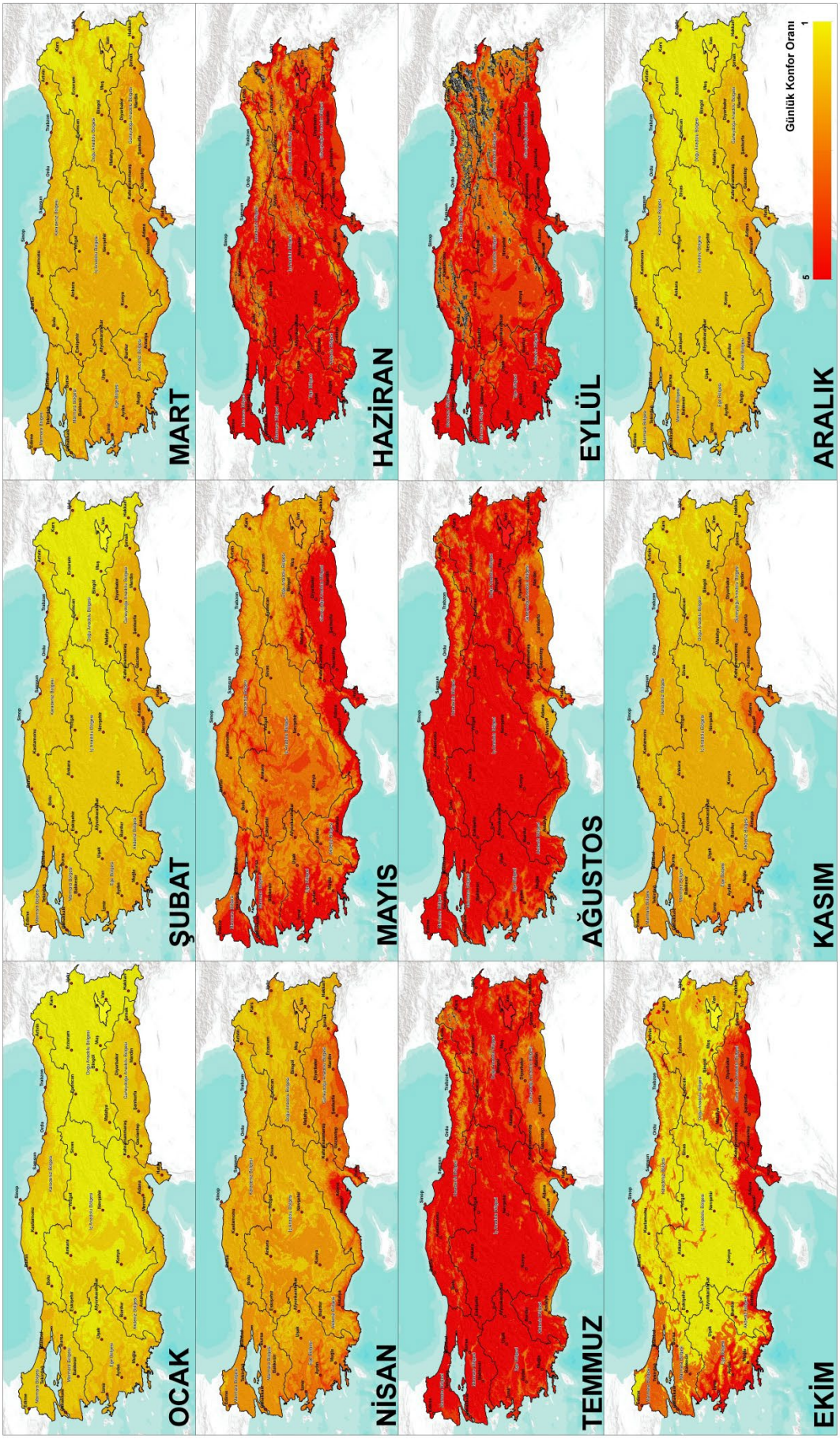
Turizm iklim indeksi hesaplanması için kullanılan parametrelerden bir diğeri gündüz konfor indeksidir. Gündüz konforu, turistlerin açık havada geçirdikleri zamanın rahat ve keyifli olmasını sağlayan iklim koşullarını ifade etmektedir. Bu faktör, turistlerin turizm bölgelerinde gezmek, doğa aktiviteleri yapmak veya plajlarda zaman geçirmek gibi açık hava etkinliklerinden en iyi şekilde yararlanabilmelerini etkilemektedir. Gündüz konforu maksimum günlük sıcaklık ve minimum günlük nem oranının Mieczkowski (1985) derecelendirme sistemine göre birbirine oranı ile hesaplanmaktadır. Sıcaklık faktörü ele alındığında turistler genellikle ılıman veya ılıman sıcaklık koşullarına sahip bölgeleri tercih etmektedir. İdeal turizm ikliminde, sıcaklık genellikle 20-30 ^{0}C arasında değişmektedir daha yüksek sıcaklıklar turistlerin rahatsız hissetmelerine ve aktivitelerini sınırlamalarına neden olabilmektedir. Aynı şekilde, düşük sıcaklıklar da turistlerin açık hava etkinliklerini kısıtlayabilir. Nem ise, gündüz konforunu etkileyen bir diğer önemli faktördür. Yüksek nem seviyeleri, sıcaklığı daha yüksek hissettireceğinden rahatsızlık hissi oluşturabilir. Bununla birlikte, düşük nem seviyeleri de cilt kuruluğu ve susuzluk gibi sorunlara neden olabilir. İdeal turizm ikliminde, nem seviyesi genellikle %40 ile %70 arasında olmalıdır. Gündüz konfor indeksi TCI hesaplamasında %40'lık bir ağırlıkla en etkili parametre olarak ele alınmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda maksimum sıcaklığın minimum neme oranı aylık olarak hesaplanarak haritalanmıştır (Şekil 4.28.)



Şekil 4.28. Gündüz konforu verisinin aylara göre dağılımı

4.1.8. Günlük Konfor

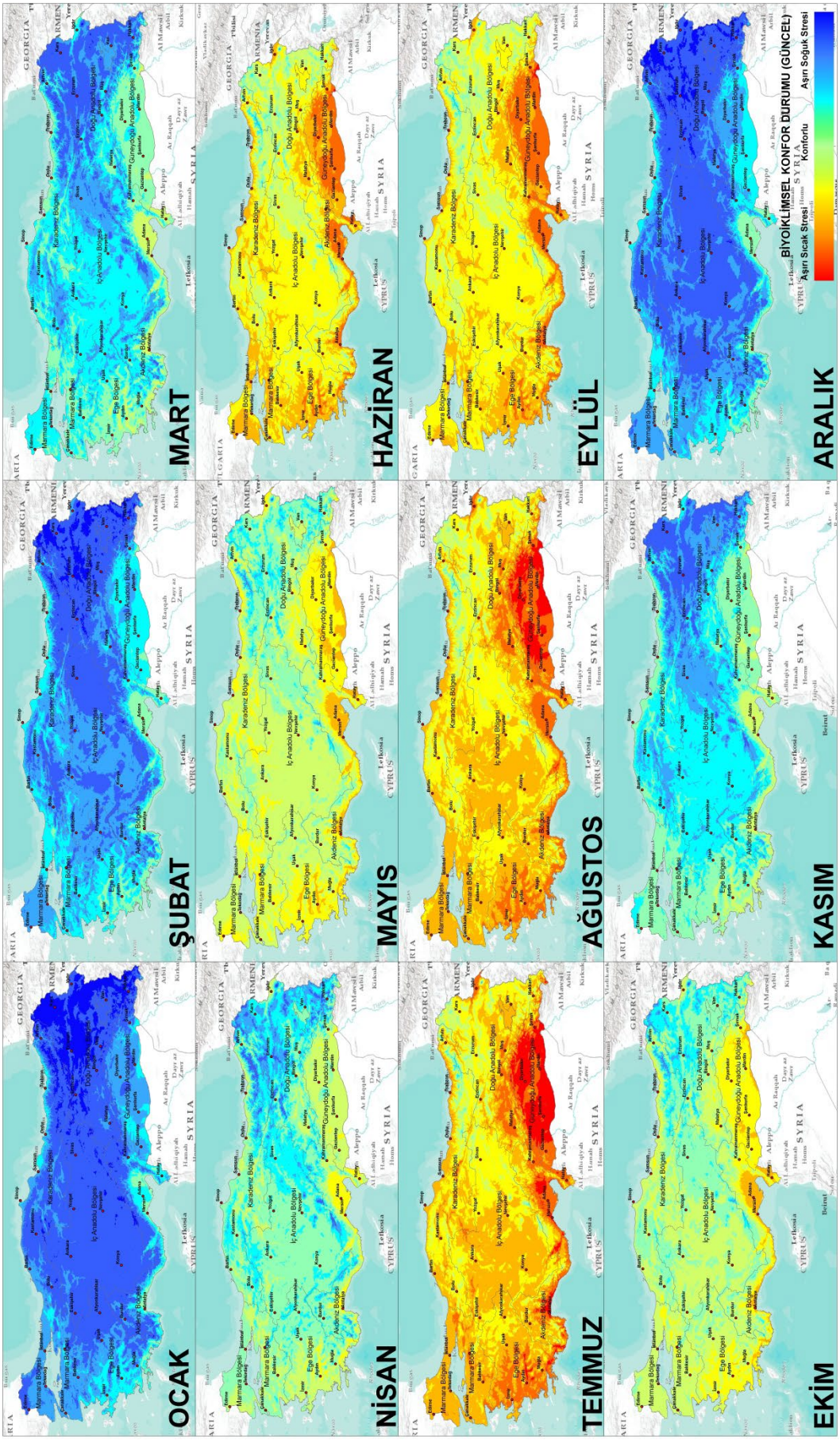
Günlük konfor indeksi, turizm iklim indeksi hesaplamasında bir diğer önemli parametredir. Günlük konfor turistlerin seyahat kararlarını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Günlük konfor indeksi, sıcaklık, nem ve rüzgâr gibi iklim öğelerinin insan vücudunun ısı dengesi üzerindeki etkisini göstermektedir. Günlük konfor indeksi, ortalama günlük kuru termometre sıcaklığı ve ortalama günlük bağıl nem miktarının Mieczkowski (1985) derecelendirme sistemine göre birbirine oranı ile hesaplanmaktadır. Bu indeksin yüksek olması, turistlerin açık hava aktivitelerine daha fazla katılmasını sağlar, günlük konfor indeksinin düşük olması ise turistleri olumsuz etkiler ve turizm talebini azaltır. Günlük konfor indeksi çoğu turistin kapalı mekanlarda kaldığı gece saatleri de dahil olmak üzere 24 saat boyunca termal konfor koşullarını yansıtması nedeniyle günlük konfor indeksinden daha az geçerli bir ölçü olarak kabul edilir. Bu nedenle turizm iklim indeksi hesaplamalarında %10 ağırlık verilerek rüzgar hızı verisi ile aynı derecede önemli olduğu değerlendirilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda Mieczkowski (1985) derecelendirme sistemine göre ortalama sıcaklığın ortalama neme oranı aylık olarak hesaplanarak haritalanmıştır (Şekil 4.29)



Şekil 4.29. Günlük konfor verisinin aylara göre dağılımı

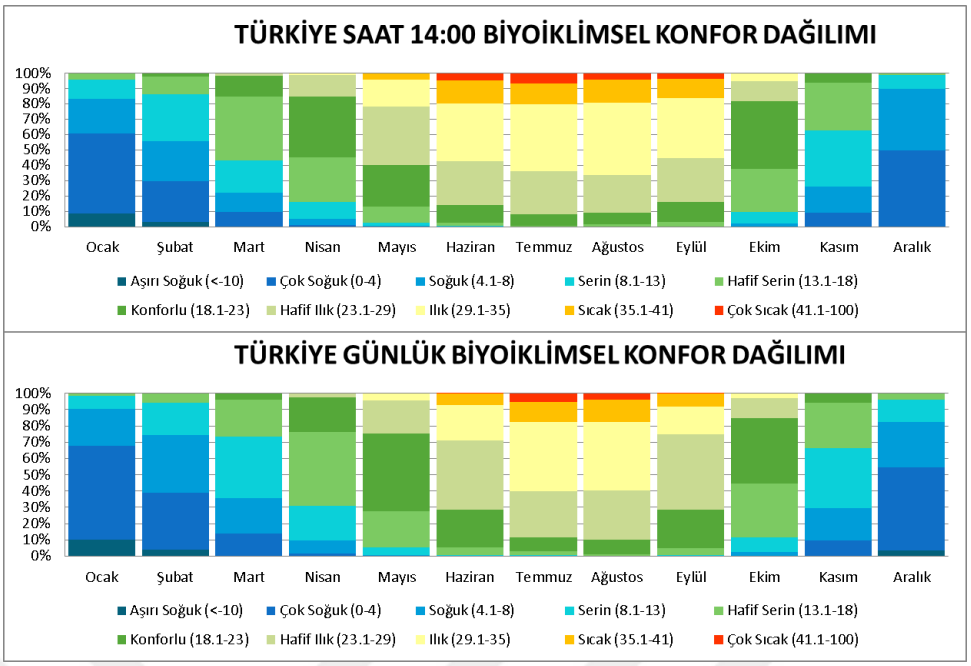
4.2. Biyoiklimsel Konfor Durumu

Türkiye'nin biyoiklimsel koşulları, 2.584 adet meteoroloji istasyonunun 1998-2019 yılları arası uzun yıllar ortalama verileri yükselti, enlem, boylam verileri göz önünde bulundurularak MODIS uydu görüntüsüyle aynı olacak şekilde 1km çözünürlükte interpole edilmiştir. Elde edilen bu veriler ve kişisel faktörler iklim istasyonu görevi gören 997.197 adet noktaya işlenerek fizyolojik eşdeğer sıcaklık (FES) değerleri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında biyoiklimsel konfor alanlarının değerlendirilmesi 696.753 km^2'lik alanda ve günün en sıcak saati olan 14:00'daki ortalama FES ile günlük ortalama FES değerleri olmak üzere iki farklı zaman dilimi kullanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde Türkiye'nin enlem, yükselti, denizellik gibi faktörlerden kaynaklı çeşitlilik gösteren iklimi ve coğrafi özellikleriyle kısa mesafelerde biyoiklimsel konfor koşullarının değişiklik gösterebildiği ortaya konmuştur. Biyoiklimsel konforun belirlenmesinde en önemli iklimsel faktörler sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve güneşlenme süresidir. Çalışmada güneşlenme süresi için MODIS uydu görüntüsü kullanılmıştır. Bu parametreler doğrultusunda günlük ortalama FES değerleri için yapılan hesaplamalara göre Türkiye'nin en sıcak bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi'dir. Bu bölgede FES değerleri 45 °C'ye kadar çıkmaktadır. Türkiye'nin en soğuk bölgesi Doğu Anadolu Bölgesi'dir. Bu bölgede FES değerleri -13 °C'ye kadar düşmektedir. Günlük otalama FES değerinin alansal dağılımı incelendiğinde ise Türkiye'nin güneydoğu ve batısındaki kıyı kuşağı ile alçak alanlar (vadi tabanları ve ovalar) diğer alanlardan 5 °C – 25 °C daha yüksektir. En yüksek FES değerleri, mayıs-eylül arasında güneydoğuda alçak alanlarda, ekim-nisan arasında ise Akdeniz kıyısında görülmektedir. En düşük FES değerleri ise, ocak-mayıs arasında ülkenin doğusunda ve iç kesimlerde, ekim-aralık arasında ise daha çok doğu kesimlerde görülmektedir. Yıl boyunca konforlu ısıl algılamanın en çok hissedildiği ay ise %47,9 ile Mayıs ayıdır (Şekil 4.30).



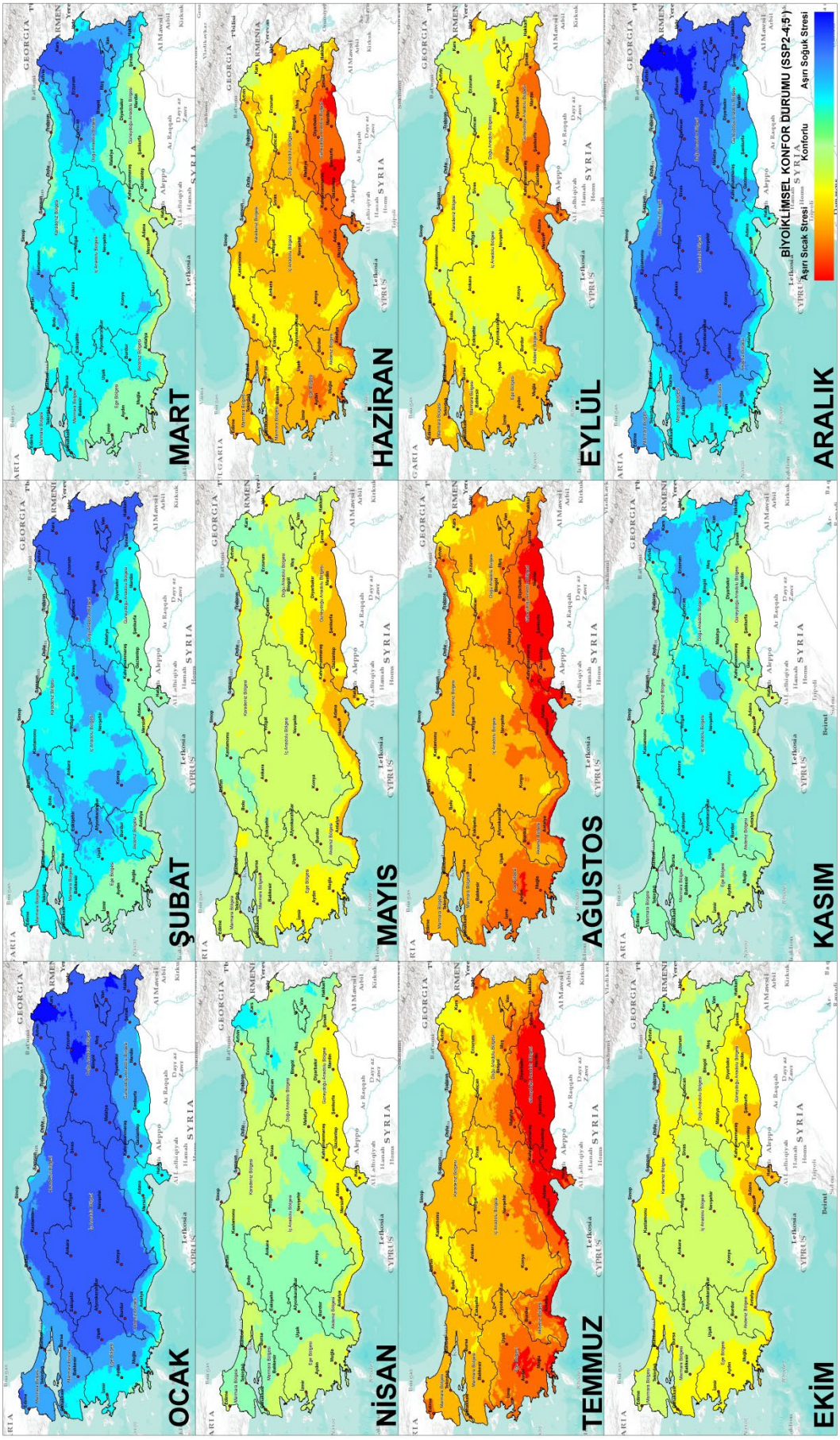
Şekil 4.30. Biyoiklimsel konfor alanlarının aylara göre dağılımı

Çalışma sonucunda elde dilen bu değerler, özellikle kentsel alanlarda insan vücudu üzerindeki termal stresin şiddetli olabileceğini göstermektedir. Buna karşılık, Antalya ve İzmir gibi Ege ve Akdeniz kıyılarında yer alan şehirler, denize yakınlıkları nedeniyle daha ılıman koşullara sahip olma eğilimindedir. Çalışmada ayrıca, Ankara ve Konya gibi iç kesimlerdeki şehirlerde FES değerlerinin, kurak iklim ve deniz meltemi eksikliği nedeniyle kıyı şehirlerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak, Türkiye'deki FES değerleri özellikle yaz aylarında ciddi sıcak stresine maruz kalmaktadır. Aylık olarak FES değerlerinin dağılımı ayrıntılı incelenecektir ancak uzun yıllar ortalama verilerine göre yıllık bazda bölgesel olarak incelediğimizde kuzey bölgeleri ılıman iklimin etkisi altındadır. Yazlar serin ve yağışlı, kışlar ise ılıman ve yağışlı geçer. Bu bölgelerdeki FES değerlerinin 12 – 21 °C arasında olduğu tespit edilmiştir. Biyoiklimsel koşullardan hafif serin ısıl algılama etkili olsa da genellikle konforlu olarak kabul edilebilir. Bölgedeki sıcaklık ve nem seviyeleri rahat bir yaşam deneyimi sağlamada etkilidir. Ege ve Akdeniz sahil şeridi tipik olarak Akdeniz iklimi etkisi altındadır. Bu bölgelerde yazlar sıcak ve kurak kışlar ılıman ve yağışlıdır. Deniz esintisi ise yaz aylarında serinleme sağlar. Bu doğrultuda FES değerleri 12 – 26 °C arasında değişmektedir ve biyoiklimsel koşullarda hafif ılık ısıl algılama hissedilse de genellikle konforlu olarak değerlendirilebilir. İç Anadolu Bölgesi, kara iklimi etkisindedir. Bu bölgelerde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve kar yağışlıdır. İç Anadolu'nun yüksek rakımlı bölgelerinde ise soğuk iklim koşulları hâkimdir. Bu etkilerle birlikte FES değerleri 9 – 23 °C arasında olduğu tespit edilmiştir. Biyoiklimsel koşullarda özellikle kış aylarında yüksek rüzgâr hızları ve düşük sıcaklıklar yıl içerisinde serin ısıl algılamanın konforlu alanlara göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri ise karasal iklimin etkisi altındadır. Bu bölgelerde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise sert ve soğuktur. Bu bölgelerdeki FES değerleri -9 – 34 °C arasında değişmektedir dolayısıyla biyoiklimsel koşullarda kış aylarında serin ısıl algılama etkisi daha yaygınken yaz ayarında ise ılık ve sıcak ısıl algılama daha etkili olmaktadır. Ülke genelinde konforlu ısıl algılamaya sebep olan 18 – 23 °C aralığındaki FES değerleri yıl boyunda saat 14:00 değerlerine göre yoğunluk nisan ve ekim ayları olmakla birlikte şubat-kasım ayları boyunca hissedilmektedir. Günlük ortalama FES değerlerine göre ise çoğunlukla mayıs ve ekim ayları olmak üzere mart-kasım ayları boyunca hissedilmektedir. Ülke geneli biyoiklimsel konfor durumunu günün en sıcak saati olan 14:00 FES değerlerinin ve günlük ortalama FES değerlerinin aylık olarak dağılımları Şekil 4.31'de gösterilmiştir.



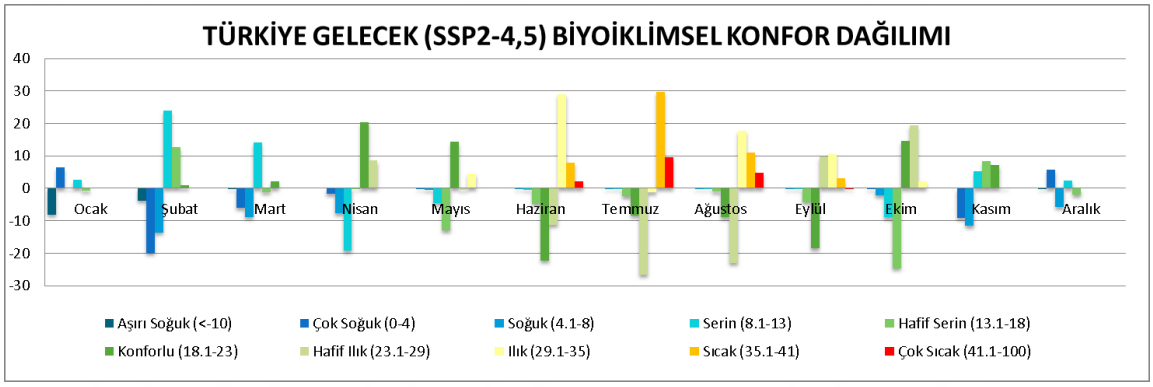
Şekil 4.31. Türkiye saat 14:00 ve günlük Biyoiklimsel Konfor alanlarının dağılımı

Diğer yandan Türkiye coğrafi konumu nedeniyle küresel iklim değişikliğinin etkilerine karşı hassas bir noktadadır. Özellikle sıcaklık için iklim değişikliği nedeniyle genel bir artış öngörülmektedir. Sıcaklık, coğrafi koşulları ve yaşam etkinliklerini kontrol eden en önemli iklim elemanıdır (Erol, 2008). Dünyanın ısınması; Güneş'ten gelen direkt ışınlar kadar, ışınların geri yansıyarak sera gazları tarafından atmosferde tutulmasına bağlıdır. Sıcaklık; enlem, güneş ışınlarının geliş açısı, güneşlenme süresi, yükselti, eğim, bakı, dağların uzanış yönü, denize yakınlık – uzaklık (karasallık) gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bu gibi doğal faktörlerin yanı sıra antropojenik faktörler (aşırı kentleşme, betonlaşma, sert zeminin artması, yeşil alanların azlığı vb.) de sıcaklık üzerinde etkilidir. Sıcaklık; yağış, nem, buharlaşma, rüzgâr, bulutluluk gibi diğer iklim elemanlarını da etkilemesi bakımından önemlidir. Türkiye'de FES değerleri, farklı topografya ve iklim nedeniyle bölgeler arasında önemli farklılıklar göstermektedir. FES değerlerine göre, Türkiye'nin biyoiklimsel konfor durumu gelecek yıllarda ciddi şekilde bozulacaktır. 2030'lu yılların sonuna kadar sıcaklık artışı 2-4 °C arasında olması tahmin ediliyor, bu dönemden sonra ise 4-6°C arasında artış beklenmektedir. Bu durum, biyoiklimsel konforun azalmasına ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açacaktır. Çalışmada IPCC tarafından 2021 yılında yayınlanan Altıncı Değerlendirme Raporu'nda dört farklı senaryodan SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre biyoiklimsel konfor durumu ortaya konmuştur. Bu rapora göre kısaca SSP2-4,5 senaryosu, orta yol olarak kabul edilen bir senaryodur ve mevcut eğilimlerin devam ettiğini varsaymaktadır. Diğer yandan SSP5-8,5 senaryosu, yüksek sera gazı emisyonlarına sahip bir senaryodur ve insanların doğal kaynakları yoğun bir şekilde kullanmaya devam ettiğini varsaymaktadır. Bu kapsamda çalışmada sıcaklığın önümüzdeki 50 yıl içerisindeki öngörülen dağılışı SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre alansal olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.32,Şekil 4.34).



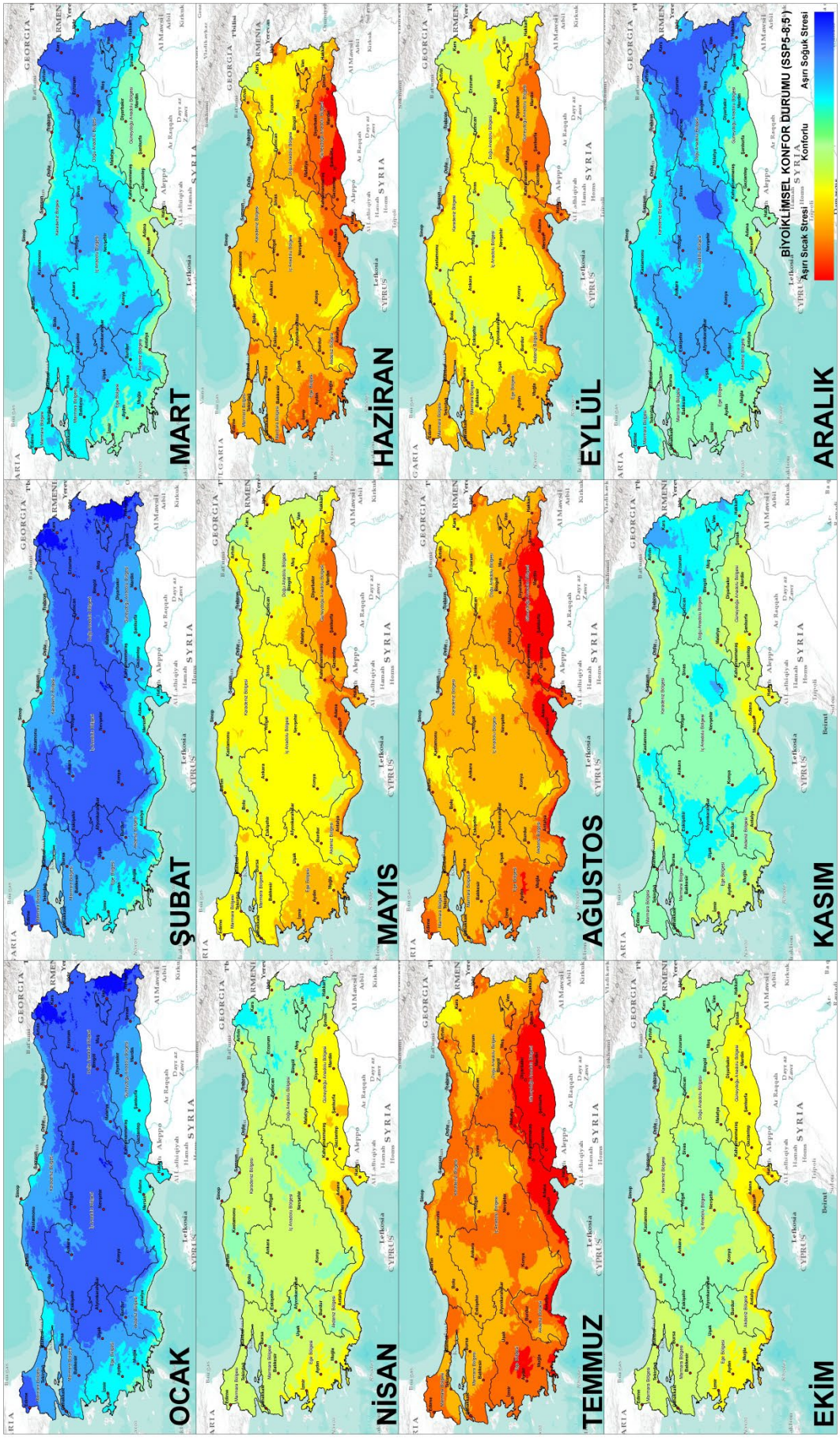
Şekil 4.32. Türkiye SSP2-4,5 senaryosuna göre biyoiklimsel konfor durumu

SSP2-4,5 senaryosuna göre termal algılama seviyelerinden konforlu ısıl algılama yıl boyunda ocak-haziran ayları ve eylül-kasım ayları boyunca hissedilmesi öngörülmektedir. Konforlu ısıl algılamanın en çok hissedildiği ay güncel duruma göre artarak %62,2 oranıyla mayıs ikinci olarak %55 oranıyla Ekim ayının olacağı öngörülmektedir. SSP2-4,5 senaryosuna göre iklim değişikliklerinin etkileriyle birlikte biyoiklimsel konfor üzerinde beklenen değişiklikler Şekil 4.33'de verilmiştir. Bu kapsamda 2050 yılı için en fazla azalışın %26,6 oranıyla hafif ılık ısıl algılamada temmuz ayında olurken en fazla artış %50 oranıyla çok soğuk ısıl algılamada aralık ayında olması beklenmektedir. Ayrıca temmuz ve ağustos aylarında çok şiddetli ısınma stresinde artış olması beklenmektedir. Herhangi bir ısı stresinin olmadığı konforlu ısıl algılama nisan, mayıs ve ekim aylarında % 15-20 oranında artış beklenirken haziran, temmuz ve ağustos aylarında %10-20 oranlarında azalış beklenmektedir (Şekil 4.33).



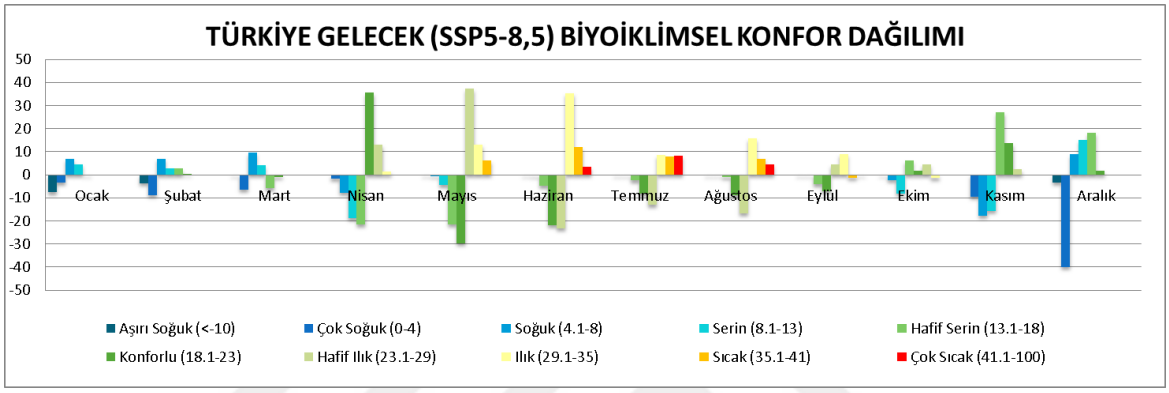
Şekil 4.33. Türkiye SSP2-4,5 senaryosuna göre biyoiklimsel konfor alanlarının güncel gelecek fark dağılımları

SSP5-8,5 senaryosuna göre termal algılama seviyelerinden konforlu ısıl algılama yıl boyunda sınırlı alanlarda da olsa ocak ve aralık ayı dışında tüm aylarda hissedilmektedir. Konforlu ısıl algılamanın en çok hissedildiği ay ise güncel duruma göre %56,6 oranıyla nisan ayına geçeceği ikinci olarak %55 oranıyla yine ekim ayının olacağı öngörülmektedir (Şekil 4.34).



Şekil 4.34. Türkiye SSP5-8,5 senaryosuna göre biyoiklimsel konfor durumu

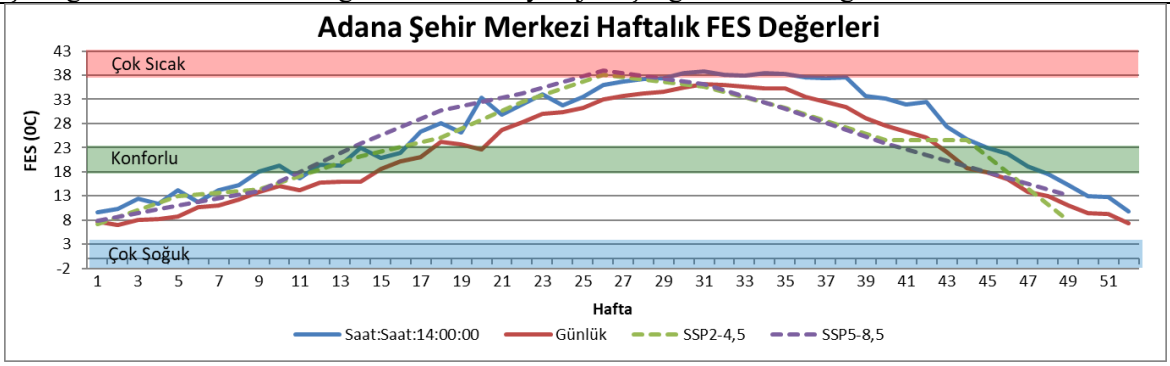
Gelecekte SSP5-8,5 senaryosuna göre iklim değişikliklerinin etkileriyle birlikte biyoiklimsel konfor üzerinde beklenen değişiklikler Şekil 4.35'de verilmiştir. Bu kapsamda 2050 yılı için en fazla azalışın % 39,7 oranıyla çok soğuk ısıl algılamada aralık ayında olurken en fazla artış ise % 37,2 oranıyla hafifçe ılık ısıl algılamada mayıs ayında olması beklenmektedir. Ayrıca haziran, temmuz ve ağustos aylarında çok şiddetli ısınma stresinde artış beklenmektedir. Herhangi bir ısı stresinin olmadığı konforlu ısıl algılama için sadece nisan ayı % 35 oranında artış beklenirken mayıs, haziran ve aralık aylarında % 15-30 oranlarında önemli bir azalış beklenmektedir (Şekil 4.35).

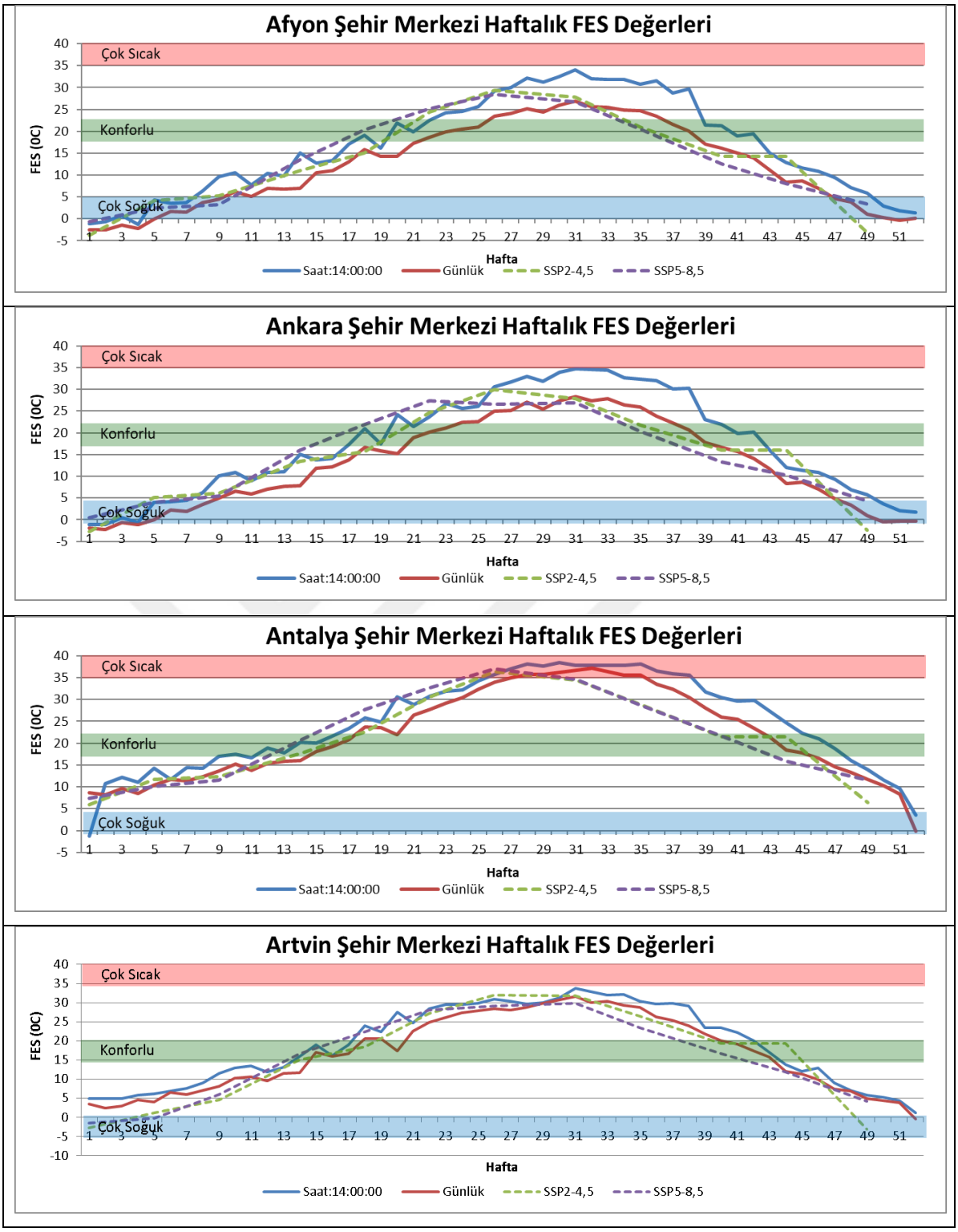


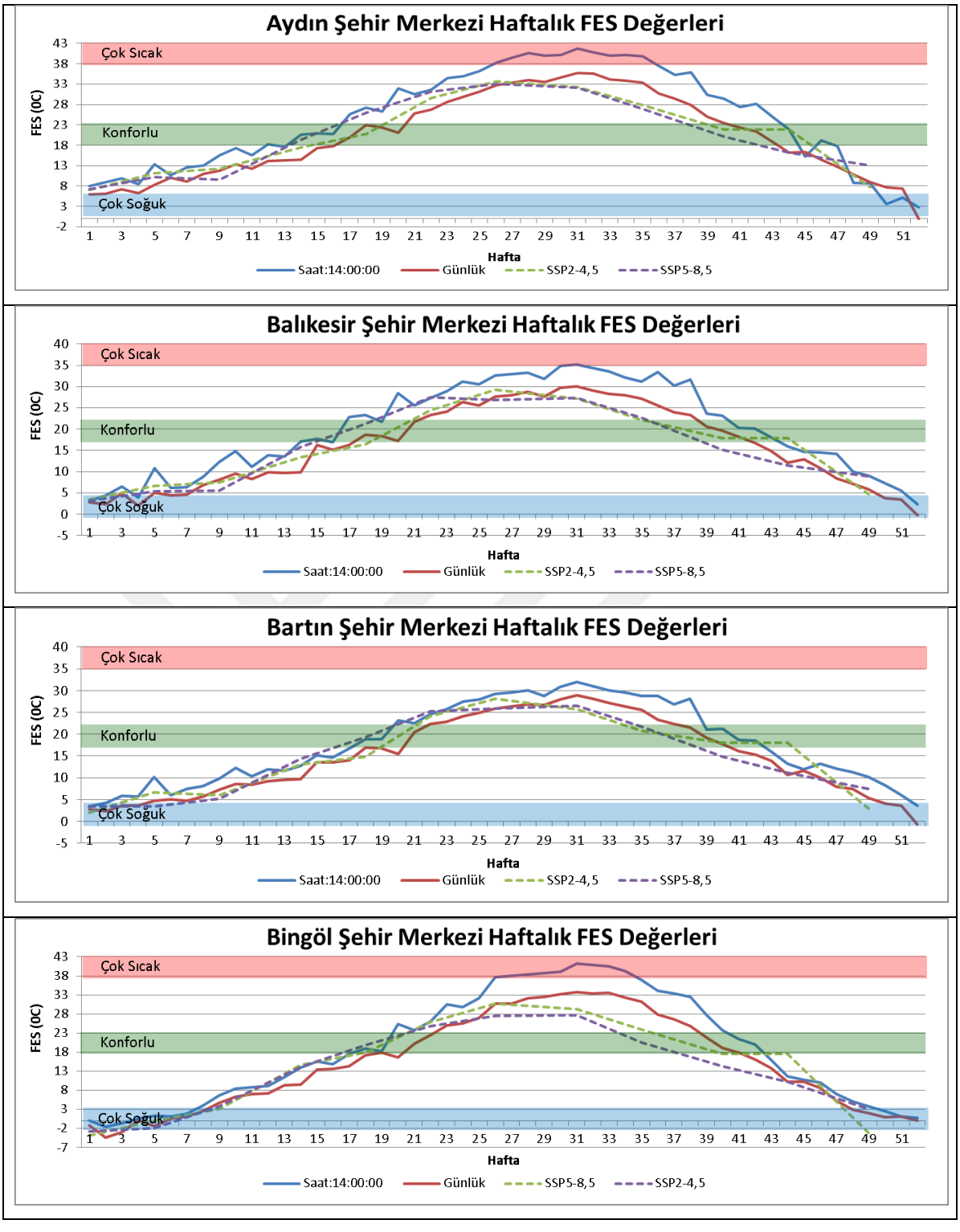
Şekil 4.35. Türkiye SSP5-8,5 senaryosuna göre biyoiklimsel konfor alanlarının güncel gelecek fark dağılımları

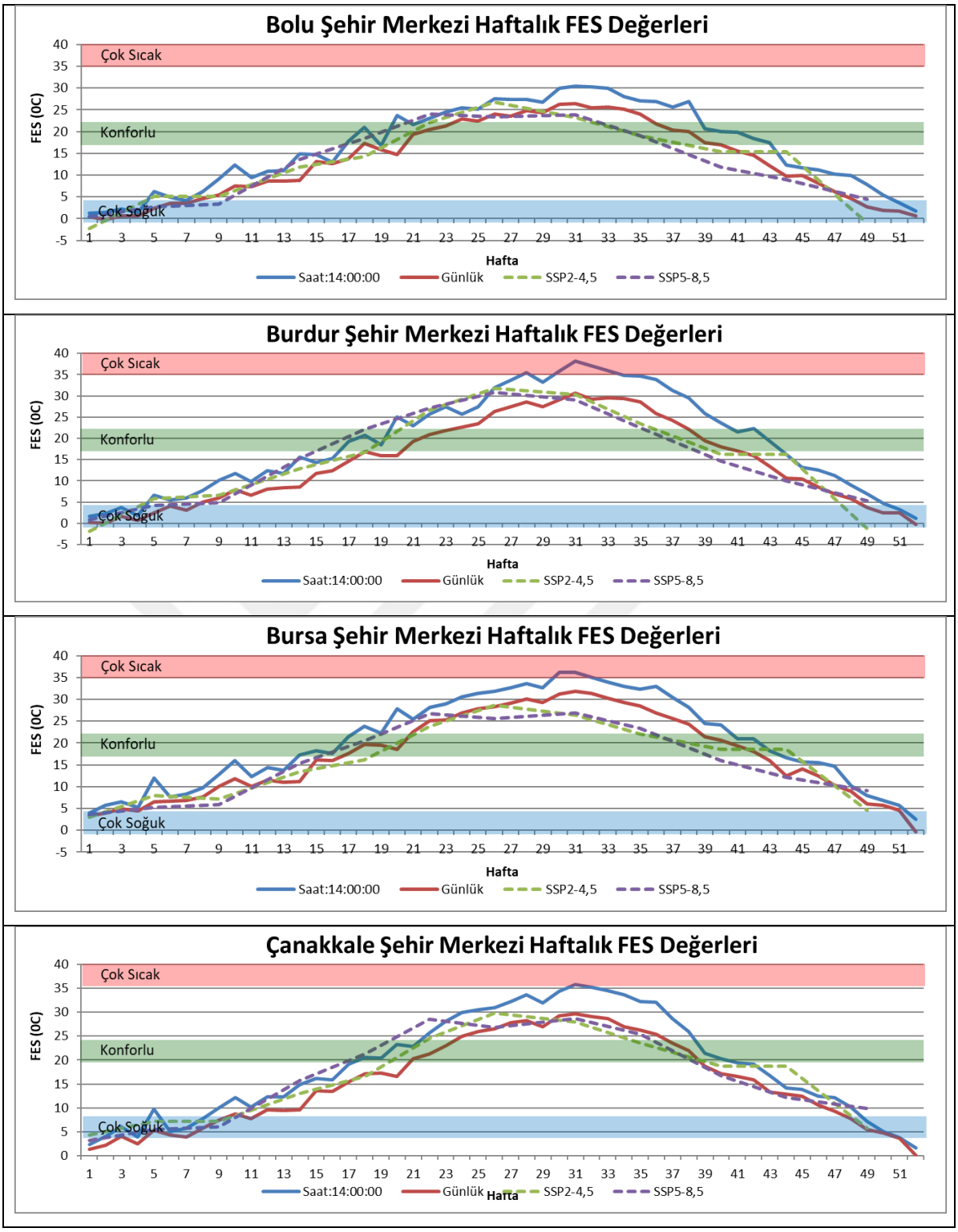
İl bazında sonuçların değerlendirmesi için her bölgeyi temsil edecek şekilde 45 il merkezlerinde güncel (saat 14:00, günlük) ve gelecek (SSP2-4,5, SSP5-8,5) FES değerlerinin haftalık olarak dağılımı Çizelge 4.6'de verilmiştir. Türkiye'nin il sınırlarının güncel durumda saat 14:00 ve günlük FES değerlerine göre 52 hafta için hissedilen ısıl algılamanın grafikleri EK1'de verilmiştir.

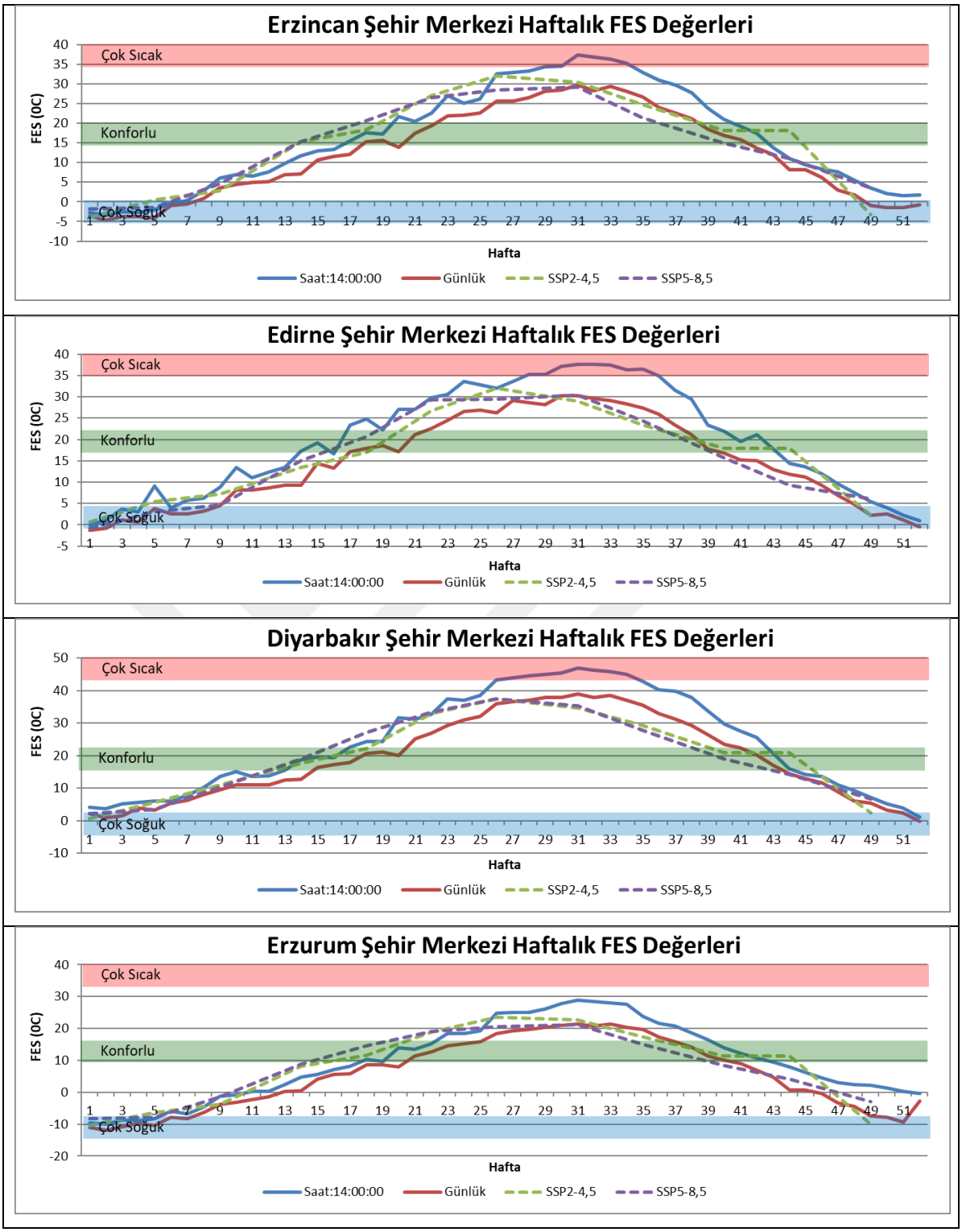
Çizelge 4.6. İl merkezlerine göre haftalık fizyolojik eşdeğer sıcaklık değerleri

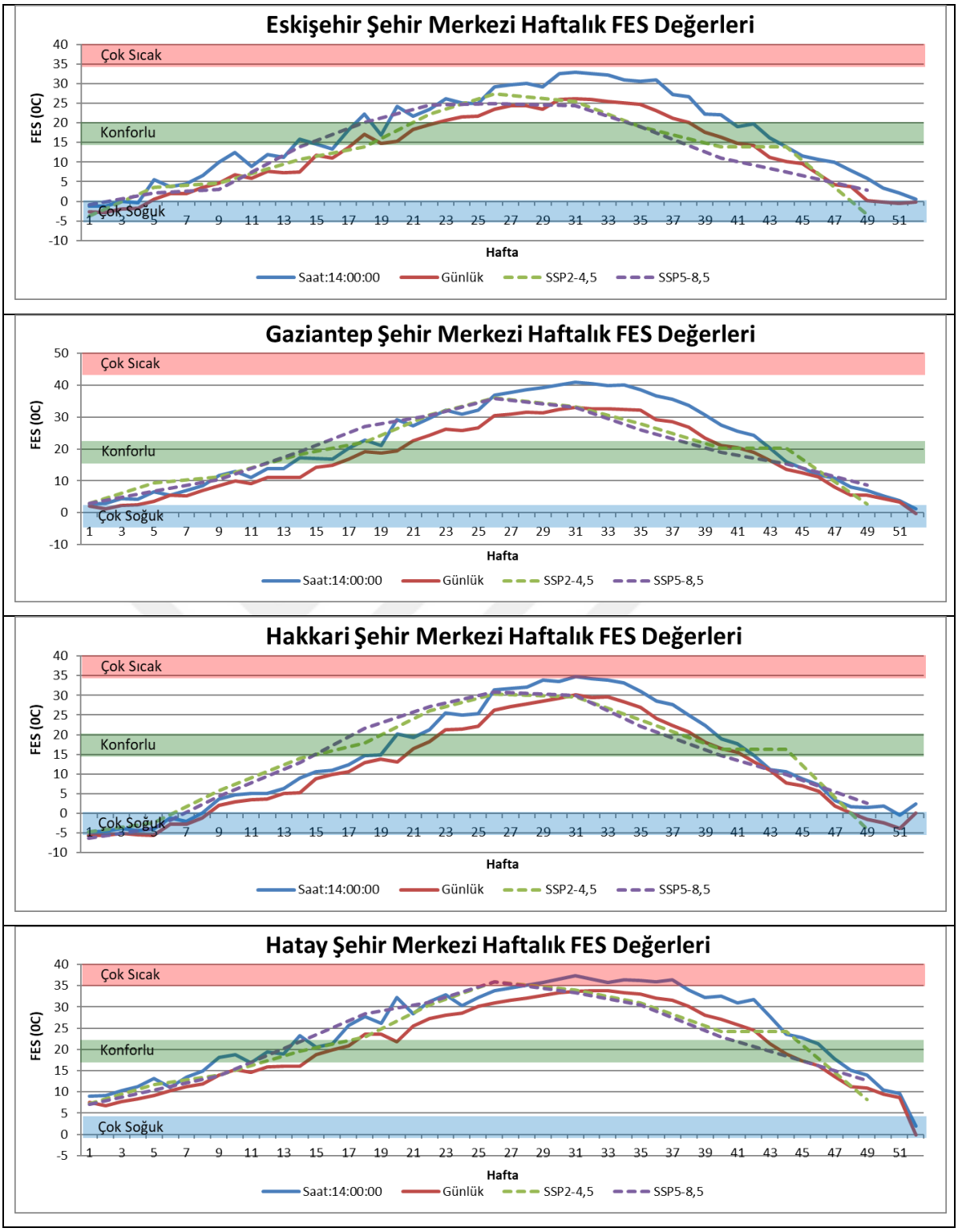


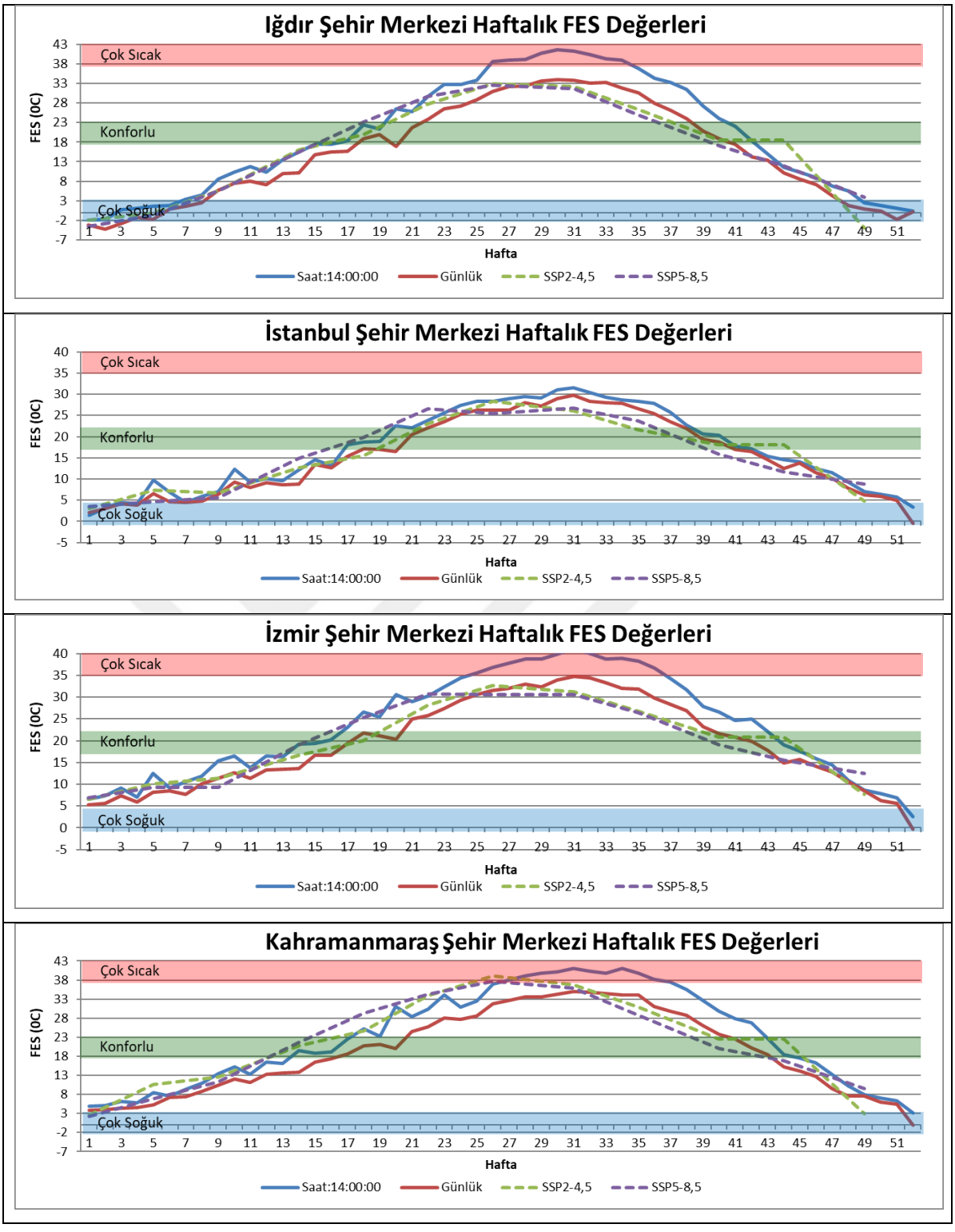

Afyon Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Ankara Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Antalya Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Artvin Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5

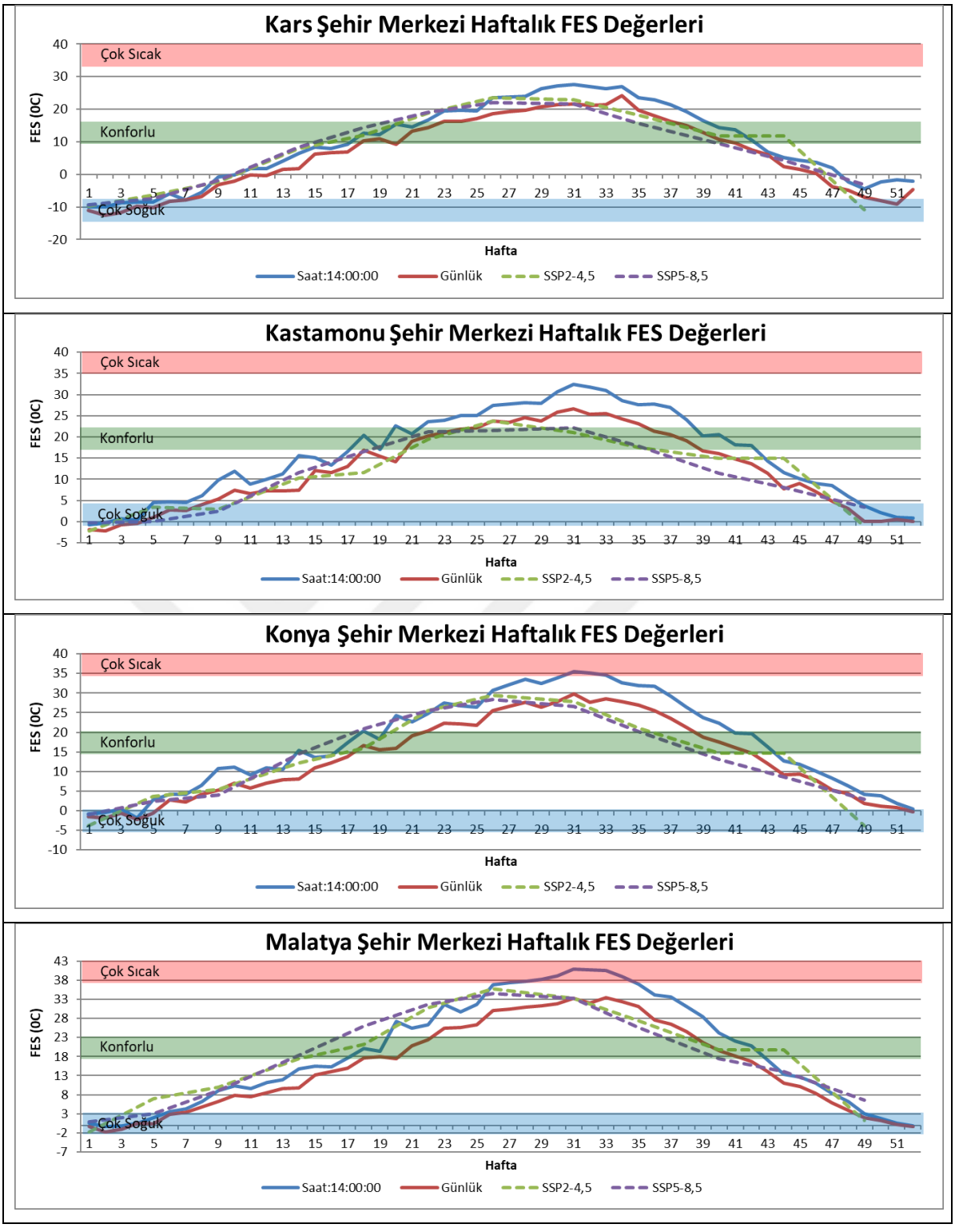

Aydın Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Balıkesir Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Bartın Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Bingöl Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP5-8,5
SSP2-4,5

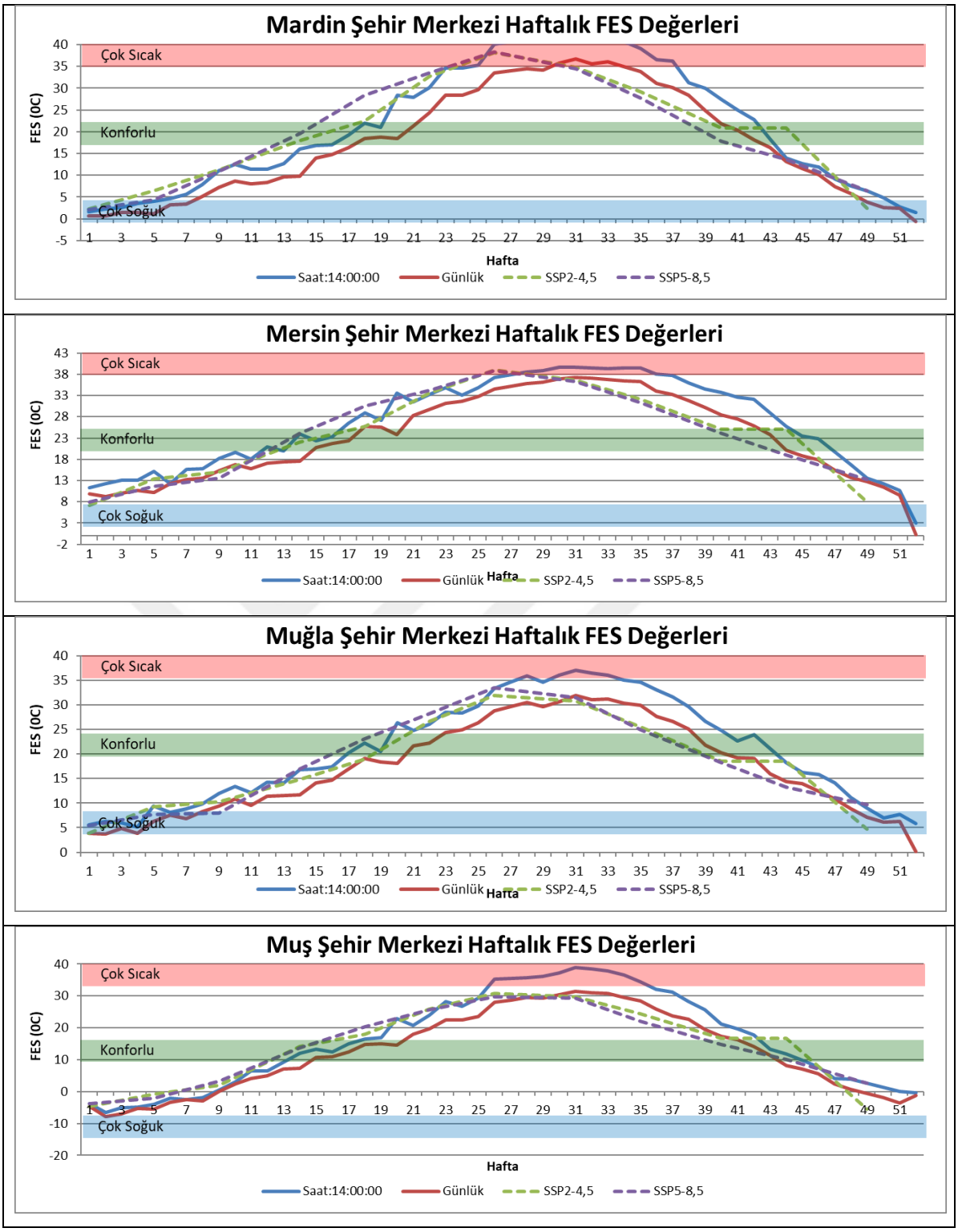

Bolu Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Burdur Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Bursa Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Çanakkale Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5

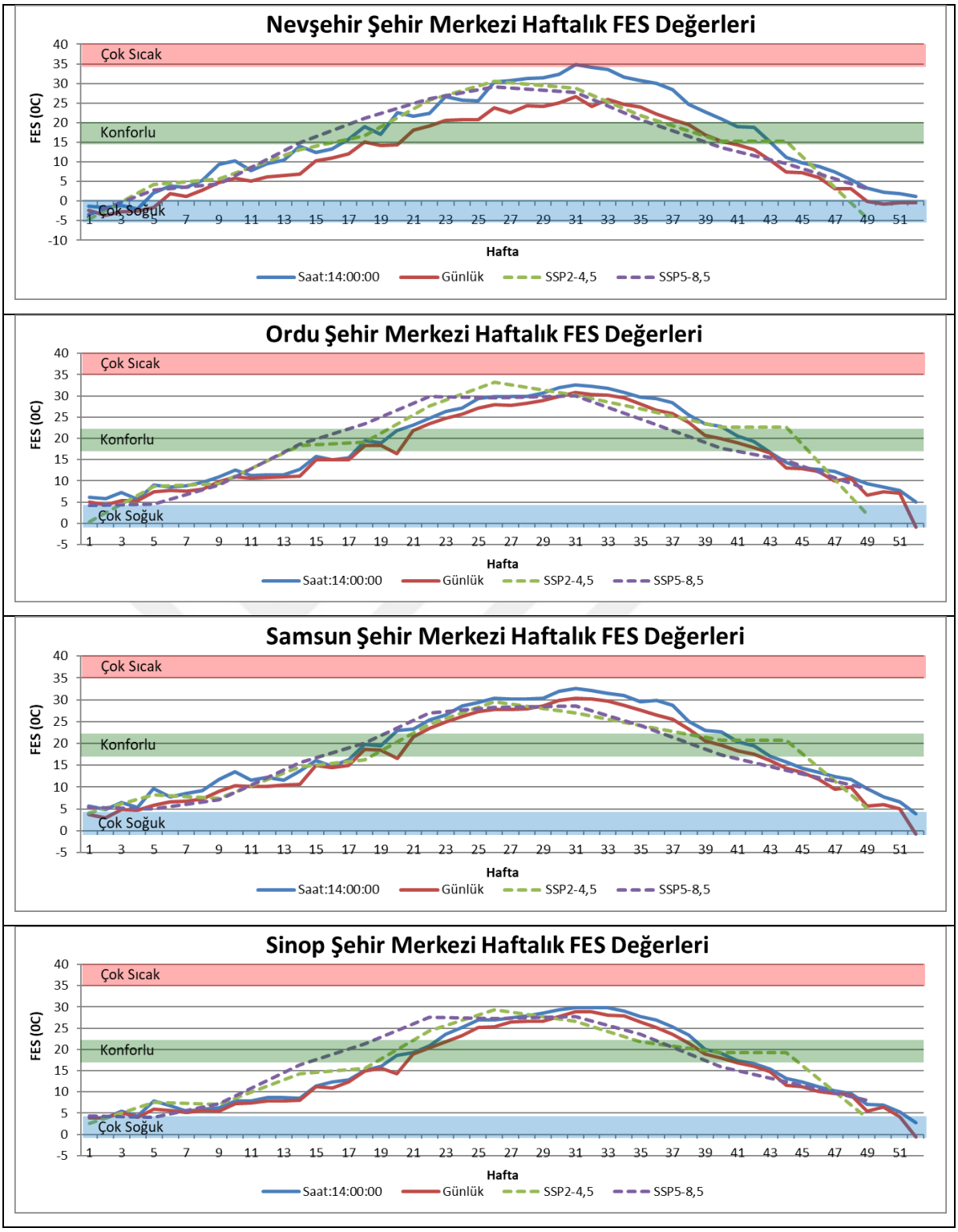

Erzincan Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Edirne Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Diyarbakır Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Erzurum Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5

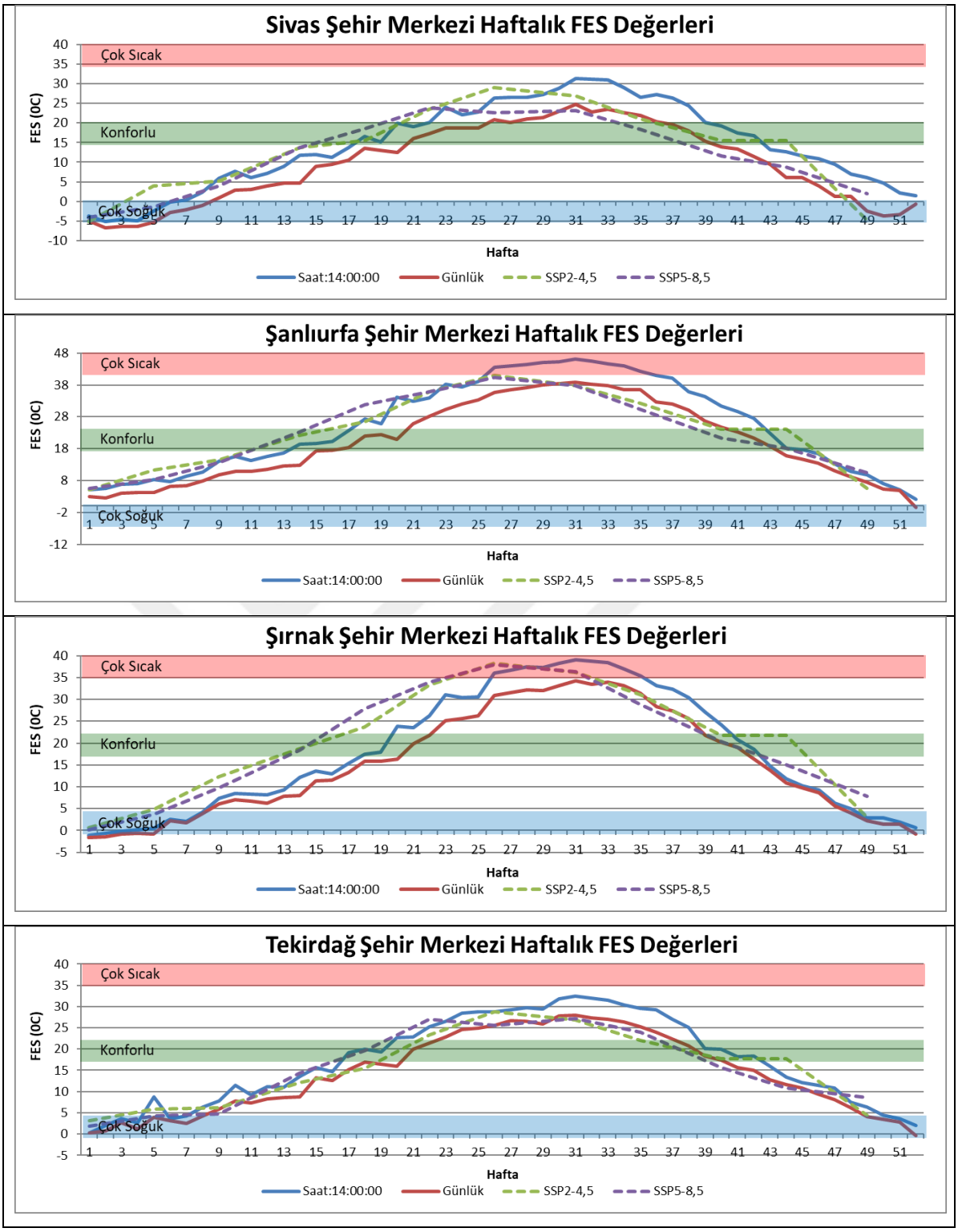

Eskişehir Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Gaziantep Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Hakkari Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Hatay Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5

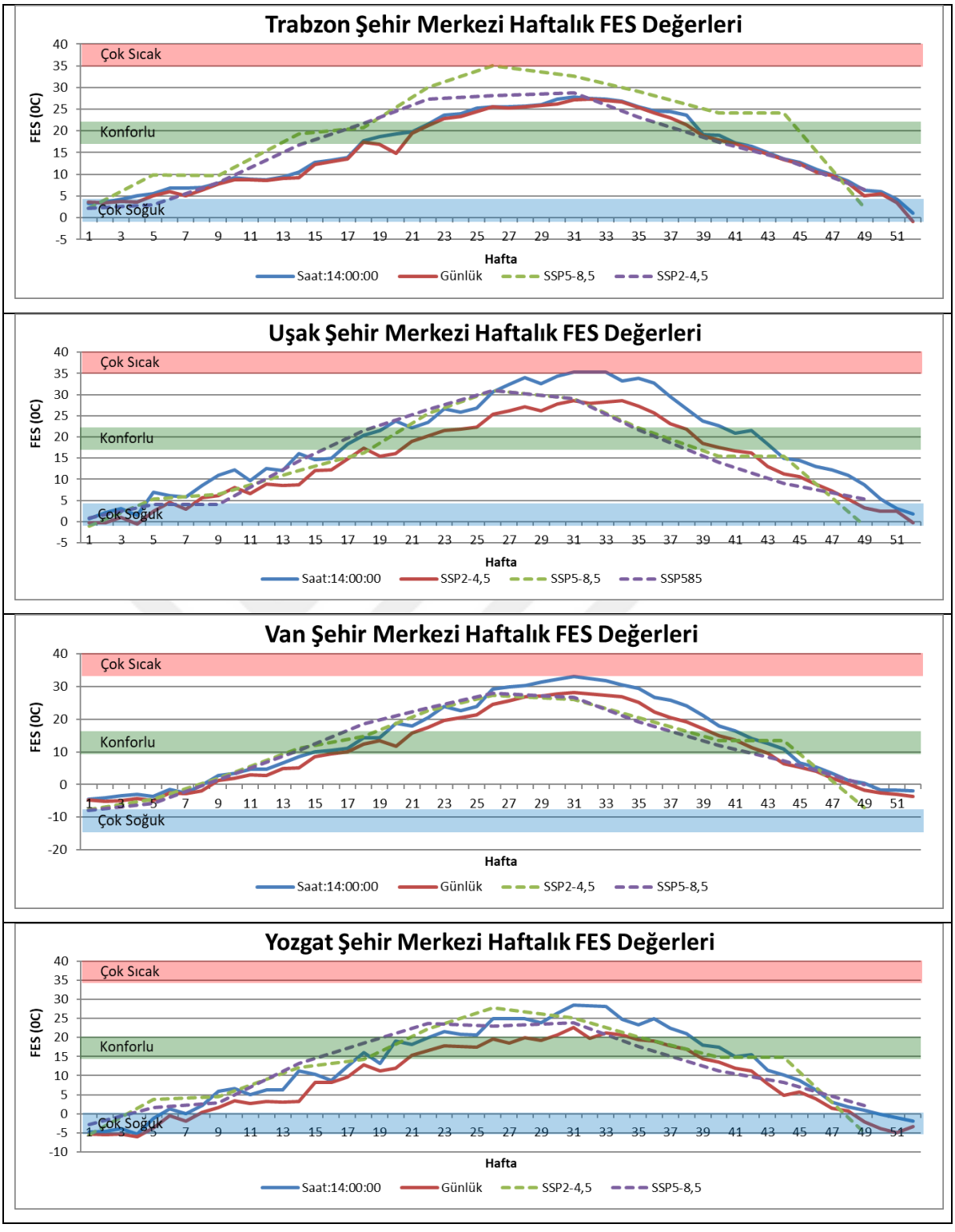

Iğdır Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
İstanbul Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
İzmir Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Kahramanmaraş Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5


Kars Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Kastamonu Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Konya Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Malatya Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5


Mardin Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Mersin Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Muğla Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Muş Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5


Nevşehir Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Ordu Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Samsun Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Sinop Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5


Sivas Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Şanlıurfa Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Şırnak Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Tekirdağ Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5


Trabzon Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP5-8,5
SSP2-4,5
Uşak Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
SSP2-4,5
SSP5-8,5
SSP585
Van Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5
Yozgat Şehir Merkezi Haftalık FES Değerleri
Çok Sıcak
Konforlu
Çok Soğuk
FES (0C)
Hafta
Saat:14:00:00
Günlük
SSP2-4,5
SSP5-8,5

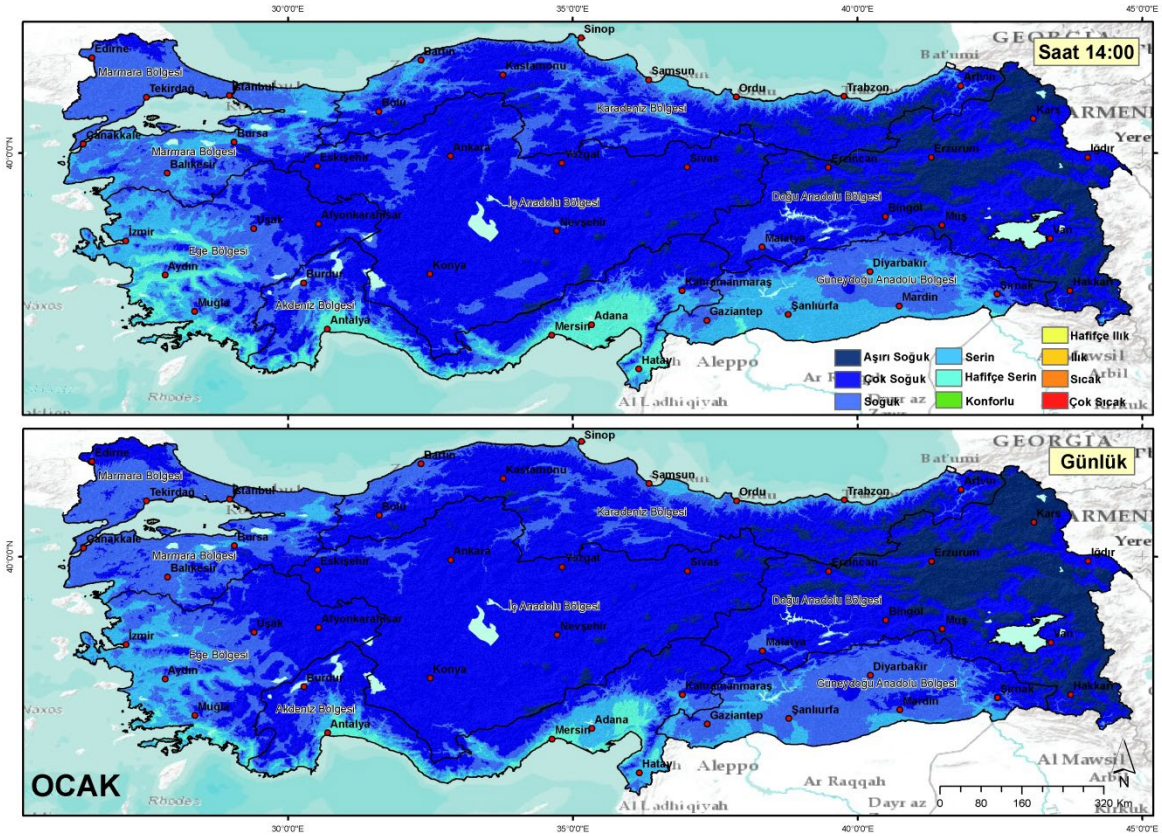
4.2.1. Ocak

Çalışmada kullanılan istasyonların çoğunda kaydedilen verilere göre, ölçülen sıcaklıkların en düşük değerleri ocak ayındadır ve en zorlu hava koşulları bu ayda gözlenmektedir. Ocak ayındaki FES değerleri ülke genelinde günlük ortalamada -10,2 °C – 14,6 °C arasında değişirken saat 14:00'daki ortalamada -7,3 °C – 16,1 °C arasında değişmektedir ve her iki durumda da çoğunlukla çok soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir. Marmara Bölgesi, kıyı bölgeleri ve iç kesimler arasındaki iklim farklılıklarıyla da dikkat çeken bir bölgedir. Bu ay içerisinde uzun yıllar günlük sıcaklık ortalaması 5,6 °C ve ülkenin batı kesimindeki diğer bölgelere göre daha serin bir iklim özelliğine sahiptir. Bölge, %76 ortalama nem oranıyla nemli bir iklimi temsil eder. Ayrıca, Türkiye'nin bu ay içerisinde en yüksek rüzgâr hızı ortalama 4,1 m/s ile Marmara bölgesindedir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 5,3 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da FES değeri 7,8 °C olarak hesaplanmış ve çoğunlukla her iki zaman diliminde de soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir. Ege Bölgesi, Akdeniz iklimine yakın özellikler gösterir ve ılıman bir iklim kuşağındadır. Ortalama 9,2 °C sıcaklıkla Marmara Bölgesi'ne göre biraz daha sıcak bir iklim sergiler. Ortalama nem oranı %69,7 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgar hızı 3,5 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 9,3 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 12,5 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir.

Akdeniz Bölgesi, sıcak ve kurak yazları ile bilinirken, ılıman kışlarıyla da dikkat çeker. Bölge ortalama 9,8 °C sıcaklık ile ocak ayının en sıcak bölgelerinden biridir. Bölge, %67 ortalama nem oranıyla diğer bölgelere göre daha kuraktır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 2,8 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 10,4 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 12,2 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. İç Anadolu Bölgesi, yazları sıcak ve kışları soğuk olan tipik kara ikliminin etkili olduğu bir bölgedir ve ortalama sıcaklık -2,1 °C olarak hesaplanmıştır. Ocak ayı içerisinde bölgenin nem oranı ortalama %70 ile diğer bölgelere göre göre daha yüksektir. Bölgenin rüzgâr hızı ise zaman zaman yükselmekle birlikte ortalama 2,9 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 2,7 °C olarak hesaplanmıştır. Bu değer saat 14:00'da ise 3,9 °C ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla çok soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir.

Karadeniz Bölgesi, yağışlı ve özellikle batı kesimiyle nemli bir iklime sahiptir. Ocak ayı içerisinde ortalama sıcaklık 5,2 °C ve nem oranı % 72 seviyesindedir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı ise 3,2 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 4 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise 5,1 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla çok soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi, kışları sert ve soğuk, yazları ise kısa ve ılıman bir iklimle sahiptir ve Türkiye'nin en soğuk bölgelerinden biridir. Bu ayda ortalama sıcaklık -6,6 °C olarak hesaplanmıştır. Bölge %75'lik bir nem oranına sahiptir.

Ortalama rüzgâr hızı ise 2,8 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama -10,3 °C olarak hesaplanmıştır. Bu değer saat 14:00'da ise -8,4 °C olarak hesaplanmış ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla aşırı soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, yazları çok sıcak ve kurak, kışları ise ılıman ve yağışlı bir iklimle Türkiye'nin en sıcak bölgelerinden biridir. Ortalama sıcaklık 4,1 °C ve ortalama nem oranı %72'dir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı 2,5 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 8,7 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla soğuk ısıl algılama gerçekleşirken bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 11,4 °C olarak hesaplanmış ve çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Ocak ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası

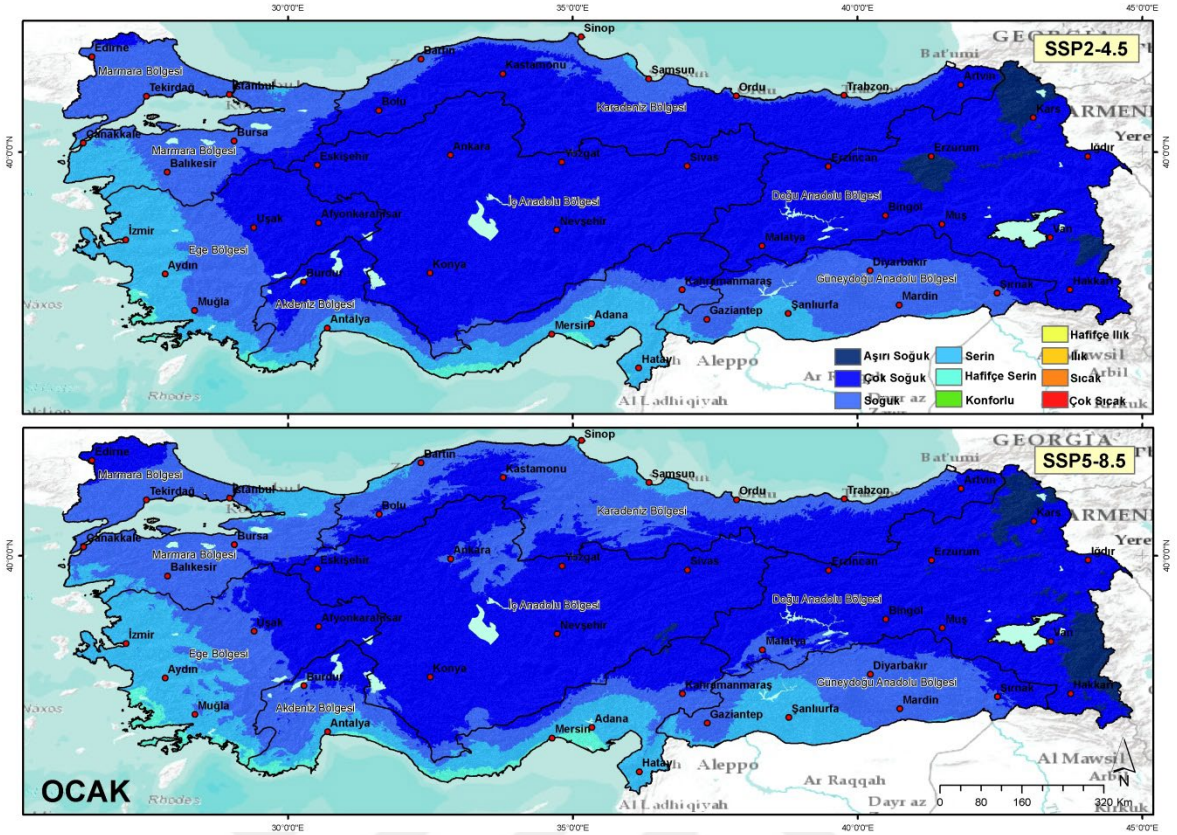
Araştırmanın bulgularına göre, ocak ayında günün en sıcak saati olan 14:00'da gerçekleşen ortalama FES değerleri ile günlük ortalama FES değerleri analizlerinin her ikisinde de genelde çok soğuk ısıl algılama gerçekleşse de bu algılama saat 14:00'da %5,6 daha azdır. Ocak ayı içerisinde her iki zaman diliminde hissedilen ısıl algılama ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu kapsamda aşırı soğuk ısıl algılama saat 14:00'da 59.934 km^2 alanla %8,6'lık bir dağılım gösterirken günlük ortalama da bu oran 69.992 km^2'ye yükselerek %10'luk bir alanı temsil etmektedir. Çok soğuk ısıl algılamanın ülke geneli dağılımı incelendiğinde saat 14:00'da 361.6613 km^2 alanla %51,9'luk bir dağılım gösterirken günlük ortalamada bu oran 400.433 km^2'ye yükselerek %57,5'lik bir alanı temsil etmektedir. Aynı şekilde soğuk ısıl algılamada da günlük ortalama dağılım 2.443 km^2 daha

fazla alanda hissedilmektedir. Günlük ortalamalardaki soğuk ısıl algılamaların alanı daha fazla olsa da bu dağılım serin ısıl algılamada saat 14:00'daki ortalamalarda %4,8 daha fazla alanda hissedilmektedir. Günlük ortalama değerlere göre hafif serin ısıl algılamada 10.941 km^2 de hissedilirken saat 14:00'da bu oran 28.210 km^2'ye yükselerek %4'lük bir alanı temsil etmektedir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Türkiye 1998-2019 arası Ocak ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı

OCAK		14:00		Günlük	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)	59.934	8,6	69.992	10,0
	0 - 4 (Çok Soğuk)	361.613	51,9	400.433	57,5
	4 - 8 (Soğuk)	158.174	22,7	160.617	23,1
	8 - 13 (Serin)	88.822	12,7	54.770	7,9
	13 -18 (Hafifçe Serin)	28.210	4,0	10.941	1,6
	18 - 23 (Konforlu)				
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)				
	29 - 35 (Ilık)				
	35 - 41 (Sıcak)				
	> 41 (Çok Sıcak)				

Biyoiklimsel konfor alanları gelecek projeksiyonlarına göre incelendiğinde güncel duruma göre konfor durumunun yer yer artması beklense de ülke genelinde baktığımızda çok soğuk ısıl algılama aşırı soğuk ısıl algılamaya, sıcak ısıl algılamalar ise çok sıcak ısıl algılamaya yerini bırakması öngörülmektedir. Gelecek projeksiyonları ocak ayı için değerlendirildiğinde her iki senaryoda da ülke geneli çok soğuk ısıl algılamanın hakim olması öngörülmektedir. Bölgesel olarak incelediğimizde Doğu Anadolu bölgesinde görülen aşırı soğuk ısıl algılamaların yerini çok soğuk ısıl algılamalara bırakması beklenmektedir. SSP5-8,5 senaryosunda Kars ve Van illerinin olduğu bölgelerde yer yer aşırı soğuk algılamaların devam etmesi beklenmektedir. Soğuk ısıl algılamanın hakim olduğu Karadeniz bölgesinde her iki senaryoda da çok soğuk ısıl algılamanın daha etkili olması beklenmektedir. Buna karşı serin ısıl algılamaların etkisinin görüldüğü Güneydoğu Anadolu bölgesinde SSP2-4,5 senaryosuna göre çok fazla değişiklik olmayacağı beklense de SSP5-8,5 senaryosunda soğuk ısıl algılamanın daha etkili olması öngörülmektedir. Marmara, Ege ve Akdeniz bölgelerinin bazı kesimlerinde de her iki senaryo için serin ısıl algılamanın yerini soğuk ısıl algılama alması öngörülmektedir (Şekil 4.37).



Şekil 4.37. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik ocak ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Ocak ayının biyoiklimsel konfor dağılımının iklim değişikliği çerçevesinde ülke genelinde güncel-gelecek fark haritaları üretilerek değerlendirilmiştir. Bu kapsamda her iki senaryoda da aşırı soğuk ısıl ağılamalar azalmaktadır. Çok soğuk ısıl algılama ise SSP2-4,5 senaryosuna göre 44.428 km^2 alanda artış göstererek %63,8 oranında bir alanı kapsaması beklense de SSP5-8,5 senaryosuna göre 23,919 km^2 azalarak %54 oranında bir alanı kapsaması beklenmektedir. Soğuk ve serin ısıl algılamalarda ise SSP2-4,5 senaryosuna göre çok değişiklik olmasa da SSP5-8,5 senaryosunda sırasıyla %6,8 ve %4,6 oranda bir artış olması öngörülmektedir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre ocak ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi

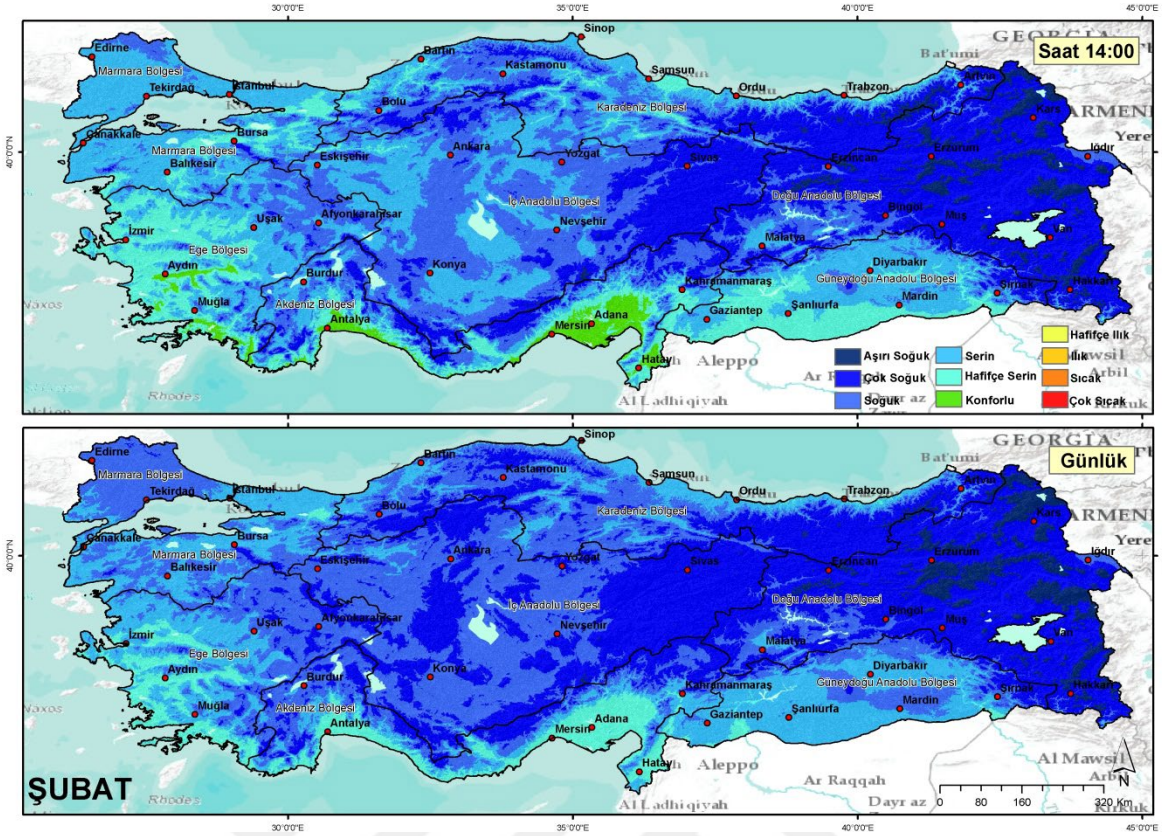
OCAK		SSP2-4,5		SSP5-8,5	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)	-56.379	2,0	-53.636	2,3
	0 - 4 (Çok Soğuk)	44.428	63,8	-23.919	54,0
	4 - 8 (Soğuk)	272	23,1	47.033	29,8
	8 - 13 (Serin)	17.583	10,4	31.842	12,4
	13 -18 (Hafifçe Serin)	-5.904	0,7	-1.320	1,4
	18 - 23 (Konforlu)				
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)				
	29 - 35 (Ilık)				
	35 - 41 (Sıcak)				
	> 41 (Çok Sıcak)				

4.2.2. Şubat

Şubat ayı içerisinde Türkiye'nin kıyı bölgeleri iç bölgelere göre daha ılıman sıcaklıklara sahip olup nispeten daha yüksek konfor derecesine sahiptir. Kıyı boyunca nem seviyeleri bölgenin termal konforunu artırırken, iç bölgelerde daha düşük bir derecelendirmeye sahip kuru, karasal iklim yaşanmaktadır. Bu aydaki FES değerleri ülke genelinde günlük ortalamada -8,3 °C – 16,7 °C arasında ve çoğunlukla soğuk ısıl algılama gerçekleşirken saat 14:00'daki ortalama -5,7 °C – 20,1 °C arasında değişmektedir ve çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Buna rağmen bazı bölgelerde konforlu ısıl algılamanın hissedildiği ilk ay Şubat ayıdır. Marmara Bölgesi, kıyı bölgeleri ve iç kesimler arasındaki iklim farklılıklarıyla da dikkat çeken bir bölgedir. Bu ay içerisinde uzun yıllar günlük sıcaklık ortalaması 6,3 °C ve %72 ortalama nem oranıyla nemli bir iklimi temsil eder. Ayrıca, Türkiye'nin bu ay içerisinde en yüksek rüzgâr hızı ortalama 4,9 m/s ile Marmara bölgesindedir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 7,6 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 9,3 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Ege Bölgesi, Akdeniz iklimine yakın özellikler gösterir ve ılıman bir iklim kuşağındadır. Ortalama 10,1 °C sıcaklıkla Marmara Bölgesi'ne göre biraz daha sıcak bir iklim sergiler. Ortalama nem oranı %66 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 3,8 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 12,6 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir bu değer saat 14:00'da ise 15,7 °C olarak hesaplanmıştır. Akdeniz Bölgesindeortalama 11,5 °C sıcaklık ile şubat ayının en sıcak bölgelerinden biridir ve % 64 ortalama nem oranıyla diğer bölgelere göre daha kuraktır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 2,5 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 16,7 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama gerçekleşmektedir bu değer saat 14:00'da ise 19,4 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla

konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Şubat ayı içerisinde güneş ışınlarının düşme açısının artması ile birlikte, Akdeniz bölgesi konforlu ısıl algılamanın yaygın görüldüğü tek bölgedir.

İç Anadolu Bölgesi, yazları sıcak ve kışları soğuk olan tipik kara ikliminin etkili olduğu bir bölgedir ve ortalama sıcaklık 1,6 °C olarak hesaplanmıştır. Ocak ayı içerisinde bölgenin nem oranı ortalama %65 ile diğer bölgelere göre göre daha yüksektir. Bölgenin rüzgâr hızı ortalama 2,8 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 2,6 °C olarak hesaplanmıştır bu değer saat 14:00'da ise 3,3 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla çok soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir. Karadeniz Bölgesi, yağışlı ve özellikle batı kesimiyle nemli bir iklime sahip olup, yaylaları ve ormanlarıyla ünlüdür. Şubat ayı içerisinde ortalama 5,6 °C sıcaklığa sahiptir ve nem oranı %70 seviyesindedir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı ise 3,2 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 5 °C olarak hesaplanmıştır bu değer saat 14:00'da ise 7,6 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla çok soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi, kışları sert ve soğuk, yazları ise kısa ve ılıman bir iklimle sahiptir ve Türkiye'nin en soğuk bölgelerinden biridir. Bu ayda ortalama sıcaklık -3,9 °C olarak hesaplanmıştır. Bölge %71'lik bir nem oranına sahiptir, ortalama rüzgâr hızı ise 3 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 2,8 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 4,4 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla çok soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesindeortalama sıcaklık 5,9 °C ve ortalama nem oranı %66'dir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı 2,7 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 8,6 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla soğuk ısıl algılama gerçekleşirken bu değer saat 14:00'da ise 10,3 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Şubat ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası

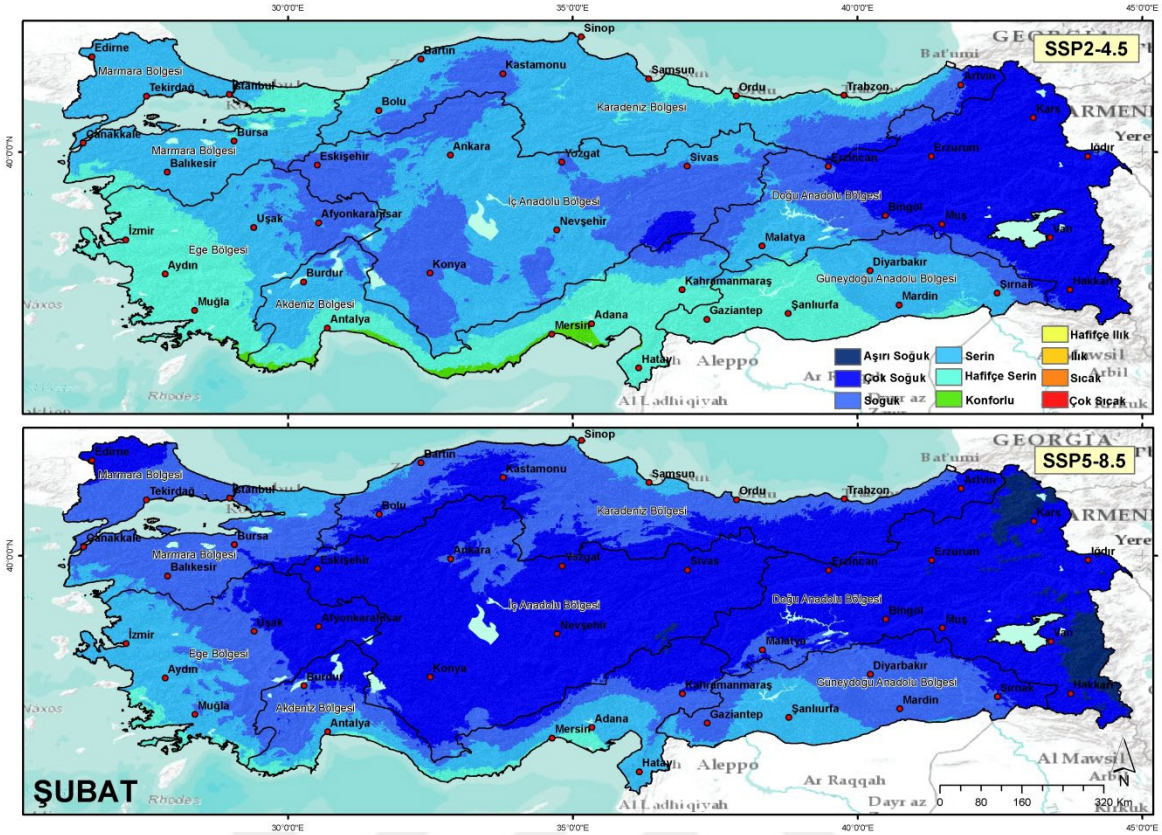
Şubat ayı araştırma bulgularına göre, günlük ortalama FES değerleri çoğunlukla soğuk ısıl algılama olduğunu gösterse de günün en sıcak saati olan 14:00'te gerçekleşen ortalama FES değerlerinde çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Her iki zaman diliminde hissedilen ısıl algılama ayrı ayrı değerlendirildiğinde aşırı soğuk ısıl algılama saat 14:00'da 22.123 km^2 alanla % 3,2'lik bir dağılım gösterirken günlük ortalama da bu oran 26.539 km^2'ye yükselerek % 3,8'lik bir alanı temsil etmektedir. Çok soğuk ısıl algılamanın ülke geneli dağılımı incelendiğinde günlük ortalamada saat 14:00'da 184.027 km^2 alanla % 26,4'lük bir dağılım gösterirken günlük ortalama da bu oran 244.830 km^2'ye yükselerek % 35,1'lik bir alanı temsil etmektedir. Aynı şekilde soğuk ısıl algılamada da günlük ortalama dağılım 64.639 km^2 daha fazla alanda hissedilmektedir.

Günlük ortalamalardaki soğuk ısıl algılamaların alanı daha fazla olsa da bu dağılım serin ısıl algılamada saat 14:00'daki ortalamalarda % 10,7 daha fazla alanda hissedilmektedir. Günlük ortalama değerlere göre hafif serin ısıl algılamada 40.517 km^2 de hissedilirken saat 14:00'da bu oran 8.754 km^2'ye yükselerek % 11,7'lik bir alanı temsil etmektedir. Şubat ayında Ocak ayından farklı olarak saat 14:00'daki ortalama FES değerlerinde özellikle Akdeniz kıyı kesiminde olmak üzere % 2'lik bir oranla konforlu ısıl algılama hissedilmeye başlamıştır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Türkiye 1998-2019 arası Şubat ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı

	ŞUBAT	14:00		Günlük	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	**< - 10 (Aşırı Soğuk)**	22.123	3,2	26.539	3,8
	0 - 4 (Çok Soğuk)	184.027	26,4	244.830	35,1
	4 - 8 (Soğuk)	180.476	25,9	245.115	35,2
	8 - 13 (Serin)	214.419	30,8	139.752	20,1
	13 -18 (Hafifçe Serin)	81.754	11,7	40.517	5,8
	18 - 23 (Konforlu)	13.954	2,0		
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)				
	29 - 35 (Ilık)				
	35 - 41 (Sıcak)				
	> 41 (Çok Sıcak)				

Şubat ayında yakın gelecekte FES değerlerinde genel bir artış beklenmektedir. Mevcut durumda bu aydaki FES değerleri -11,3 °C – 16,7 °C arasında değişirken SSP2-4,5 senaryosuna göre 0,9 °C – 19,2 °C SSP5-8,5 senaryosuna göre ise -9,5 °C – 18,8 °C arasında olması tahmin edilmektedir. Bu kapsamda incelendiğinde çoğunlukla İç Anadolu belgesinde etkili olan çok soğuk ısıl algılamanın da SSP2-4,5 senaryosuna göre yerini serin ısıl algılamaya, SSP5-8,5 senaryosunda ise soğuk ısıl algılamaya bırakacağı öngörülmektedir. Yakın gelecekte şubat ayıyla birlikte mevcut durumda etkisi görülmeyen konforlu ısıl algılama da çoğunlukla Mersin civarında olmak üzere Akdeniz bölgesinde hissedilmeye başlanacağı tahmin edilmektedir. SSP2-4,5 senaryosuna göre Karadeniz bölgesinde etkili olan çok soğuk ısıl algılamanın yerini çoğunlukla serin ısıl algılamaya bırakacağı tahmin edilmektedir. Bölgede SSP5-8,5 senaryosuna göre hala soğuk ısıl algılamanın etkili olması beklemektedir. Aynı şekilde Marmara bölgesinde etkili olan soğuk ısıl algılamanın SSP2-4,5 senaryosuna göre tamamen yok olacağı SSP5-8,5 senaryosuna göre ise %53 oranında yerin serin ısıl algılamaya bırakacağı öngörülmektedir. Ege bölgesinde de her iki senaryoda FES değerlerinin artarak çok soğuk ve soğuk ısıl algılamaların etkisinin azalarak ortadan kalkacağı öngörülmektedir (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik şubat ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Şubat ayı içerisinde çoğunlukla Doğu Anadolu bölgesinde etkisini gösteren aşırı soğuk ısıl algılamanın etkisini kaybederek her iki senaryoda ülke genelinde artık hissedilmeyeceği tahmin edilmektedir. Yakın gelecekte SSP2-4,5 senaryosunda serin ısıl algılama 166.490 km^2 alanda artış göstererek %44 oranında en yoğun ısıl algılama olması tahmin edilmektedir. Diğer yandan SSP5-8,5 ise soğuk ısıl algılamanın 48.423 km^2'lik alanda artış göstererek %42,1 oranında etkili olacağı beklenmektedir. Gelecek senaryolarına göre her ikisinde de en yüksek azalmanın çok soğuk ısıl algılamada olacağı öngörülmektedir. Isınmanın etkisi ile serin ve hafifçe serin ısıl algılamaların artacağı tahmin edilirken SSP2-4,5 senaryosuna göre %0,8'lik bir oranda 5.672 km^2 alanda konforlu ısıl algılamanın hissedileceği tahmin edilmektedir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre Şubat ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi

ŞUBAT		SSP2-4,5		SSP5-8,5	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)	-26.539	0,0	-25.460	0,2
	0 - 4 (Çok Soğuk)	-138.540	15,3	-61.308	26,3
	4 - 8 (Soğuk)	-95.006	21,5	48.423	42,1
	8 - 13 (Serin)	166.490	44,0	19.511	22,9
	13 -18 (Hafifçe Serin)	87.923	18,4	18.395	8,5
	18 - 23 (Konforlu)	5.672	0,8	439	0,1
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)				
	29 - 35 (Ilık)				
	35 - 41 (Sıcak)				
	> 41 (Çok Sıcak)				

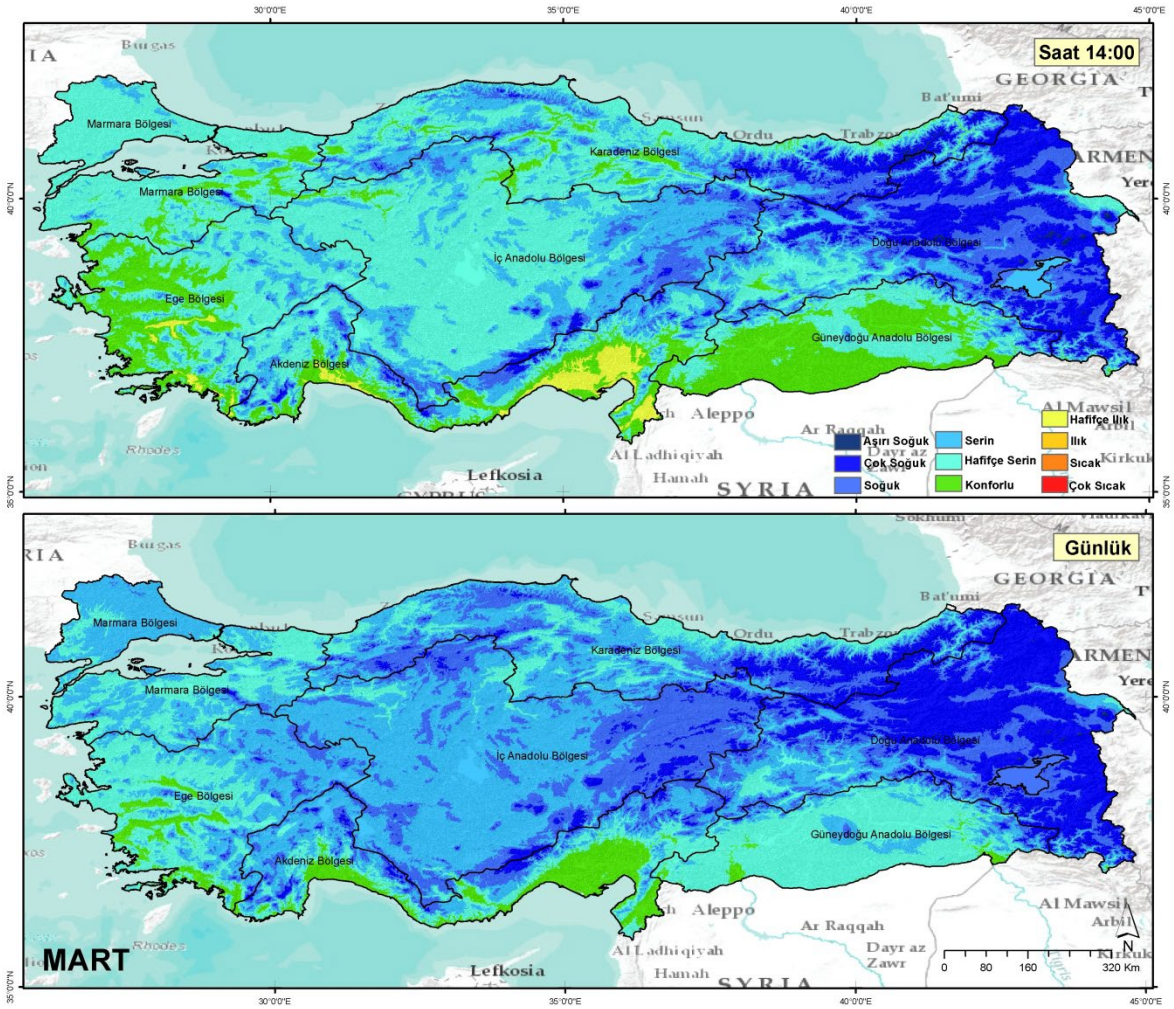
4.2.3. Mart

Türkiye'de Mart ayı, daha soğuk kış sıcaklıklarından daha sıcak koşullara geçişle karakterize edilen baharın başlangıcına işaret eder. Değişken hava koşullarının gözlemlendiği bu ayda Türkiye'de konforlu alanlar artarken güney kesiminde hafif ılık ısıl algılamalar görülmeye başlanmıştır. Bu aydaki FES değerleri ülke genelinde günlük ortalamada -2,5 °C – 22,6 °C arasında ve çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşirken saat 14:00'daki ortalamada -0,4 °C – 24,7 °C arasında değişmektedir ve çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Marmara Bölgesi, kıyı bölgeleri ve iç kesimler arasındaki iklim farklılıklarıyla da dikkat çeken bir bölgedir. Bu ay içerisinde uzun yıllar günlük sıcaklık ortalaması 8,7 °C ve %70 ortalama nem oranıyla diğer bölgelere göre en yüksek neme sahiptir. Ayrıca, Türkiye'nin bu ay içerisinde en yüksek rüzgâr hızı ortalama 4,4 m/s ile Marmara bölgesindedir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 13,4 °C olarak hesaplanmıştır bu değer saat 14:00'da ise 17,8 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Ege Bölgesi, Akdeniz iklimine yakın özellikler gösterir ve ılıman bir iklim kuşağındadır. Ortalama 12,4 °C sıcaklıkla Akdeniz Bölgesi'ne yakın bir sıcaklıktadır. Ortalama nem oranı %64 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 3,4 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 14,3 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama gerçekleşmektedir, bu değer saat 14:00'da ise 19,1 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bölgede yer yer hafifçe ılık ısıl algılamalar da görülmeye başlamıştır. Akdeniz Bölgesi, sıcak ve kurak yazları ile bilinmektedir ortalama 13,4 °C sıcaklık ile mart ayının en sıcak bölgesidir. Bölge, %62 ortalama nem oranıyla diğer bölgelere göre daha kuraktır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 2,6 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 19,6 °C olarak hesaplanmıştır bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 20,5 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla konforlu ısıl algılama

gerçekleşmektedir. Ancak Adana, Mersin ve Antalya bölgelerinde hafifçe ılık ısıl algılama kendini göstermeye başlamıştır. İç Anadolu Bölgesi, yazları sıcak ve kışları soğuk olan tipik kara ikliminin etkili olduğu bir bölgedir ve ortalama sıcaklık 5,6 °C ile diğer bölgelere göre daha serindir. Mart ayı içerisinde bölgenin nem oranı ortalama %60 ve rüzgâr hızı ise zaman zaman yükselmekle birlikte ortalama 3 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 9,6 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir bu değer saat 14:00'da ise 14,3 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama gerçekleşmektedir.

Karadeniz Bölgesi, mart ayı içerisinde ortalama 7,5 °C sıcaklığa sahiptir ve nem oranı %71 seviyesindedir ve bölgedeki ortalama rüzgâr hızı ise 3,9 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 8 °C olarak hesaplanmıştır bu değer saat 14:00'da ise 12,8 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla çok serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Ancak Batı Karadeniz bölgesindeki hafif serin ve konforlu alanlar yaygın bir şekilde görülmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi, kışları sert ve soğuk, yazları ise kısa ve ılıman bir iklime sahiptir ve Türkiye'nin en soğuk bölgelerinden biridir. Bu ayda ortalama sıcaklık 2,5 °C olarak hesaplanmıştır ve %67'lik bir nem oranına sahiptir ve otalama rüzgâr hızı ise 3,4 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 3,7 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla çok soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 5 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, yazları çok sıcak ve kurak, kışları ise ılıman ve yağışlı bir iklimle Türkiye'nin en sıcak bölgelerinden biridir. Ortalama sıcaklık 11,5 °C ve %58 ortalama nem oranı ile mart ayı içerisindeki en kurak bölgelerden biridir ve bölgedeki ortalama rüzgâr hızı 3,1 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 17,3 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama gerçekleşirken bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 21,4 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir (Şekil 4.40).



Şekil 4.40. Mart ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası

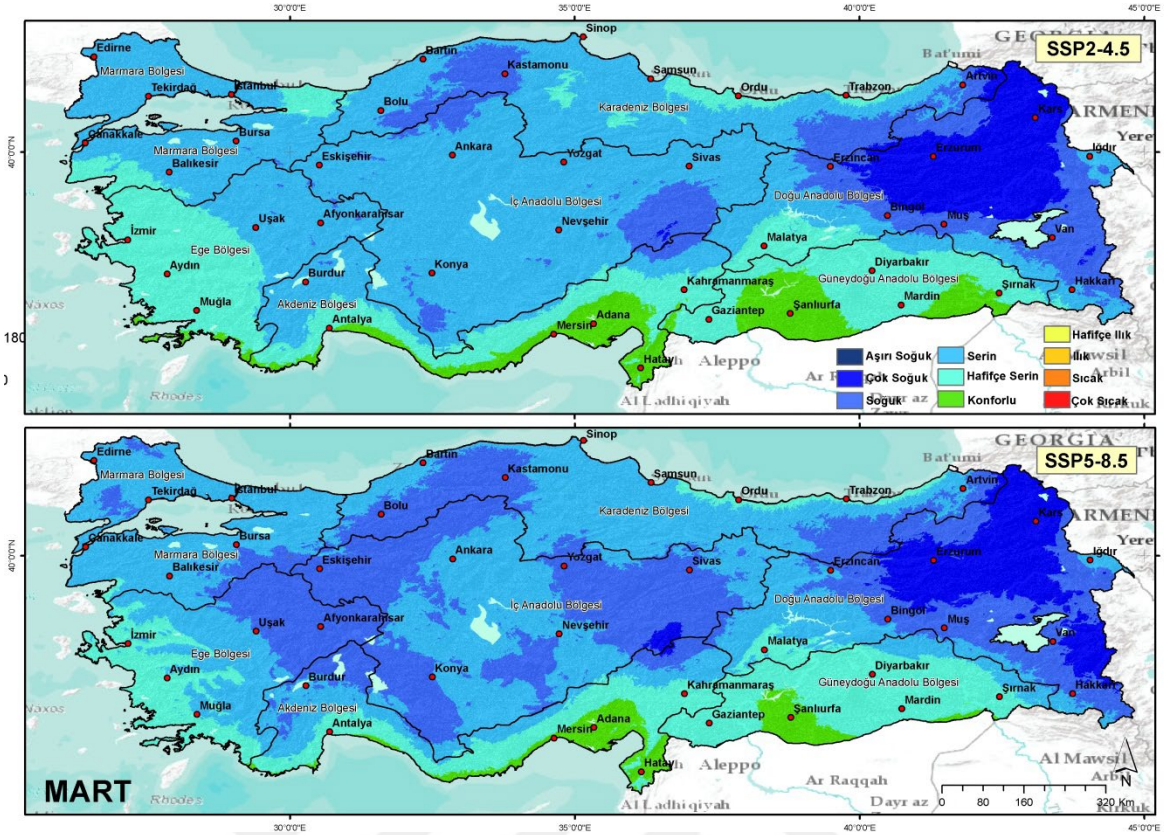
Mart ayında günün en sıcak saati olan 14:00'te gerçekleşen ortalama FES değerleri ile günlük ortalama FES değerleri analizleri incelendiğinde saat 14:00'da çoğunlukla hafif serin ısıl algılama gerçekleşirken günlük ortalamada serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Aşırı soğuk ısıl algılama saat 14:00'da 454 km^2 alanla %0,1'lik çok küçük bir dağılım gösterirken günlük ortalama da bu oran 1.432 km^2'ye yükselirken % 0,2'lik küçük bir alanı temsil etmektedir. Çok soğuk ısıl algılamanın ülke dağılımı incelendiğinde saat 14:00'da 66.278 km^2 alanla % 9,5'ik bir dağılım gösterirken günlük ortalamada bu oran 93.270 km^2'ye yükselerek % 13,4'lik bir alanı temsil etmektedir. Aynı şekilde soğuk ısıl algılamada günlük ortalama dağılım 66.278 km^2 daha fazla alanda hissedilmektedir. Serin ısıl algılamada da günlük ortalamalar %16,5 daha fazla hissedilmektedir. Ancak Hafif serin ısıl algılamada 131.650 km^2 gibi bir artışla saat 14:00'da daha fazla hissedilmektedir. Günlük FES değerlerinin ortalamasına göre % 37,7 ile en fazla serin ısıl algılama hissedilse de saat 14:00 FES değerlerinin ortalamasında % 41,5 ile en fazla hafifçe serin ısıl algılama hissedilmektedir. Konforlu ısıl algılama günlük ortalama değerlere göre 27.881 km^2 de hissedilirken saat 14:00'da bu oran 95.019 km^2'ye yükselerek % 13,6'lık bir alanı temsil etmektedir, Günlük ortalama FES değerlerine göre Mart ayı içerisinde hafif ılık ısıl algılama

hissedilmemesine rağmen saat 14:00'da özellikle kıyı kesimlerde olmak üzere 10.369 km^2 alanda hafifçe ılık ısıl algılama hissedilmektedir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Türkiye 1998-2019 arası Mart ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı

MART		14:00		Günlük	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)	454	0,1	1.432	0,2
	0 - 4 (Çok Soğuk)	66.278	9,5	93.270	13,4
	4 - 8 (Soğuk)	87.912	12,6	153.562	22,1
	8 - 13 (Serin)	147.616	21,2	262.153	37,7
	13 -18 (Hafifçe Serin)	289.105	41,5	157.455	22,6
	18 - 23 (Konforlu)	95.019	13,6	27.881	4,0
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	10.369	1,5		
	29 - 35 (Ilık)				
	35 - 41 (Sıcak)				
	> 41 (Çok Sıcak)				

Mart ayı için tahmin edilen verilere göre FES değerlerinde artış eğiliminin devam edeceği öngörülmektedir. Bu ay içerisinde SSP2-4,5 senaryosuna göre Ege bölgesinin kıyı kesimlerinde hissedilen konforlu ve Afyonkarahisar bölgelerinde hissedilen çok soğuk ısıl algılamanın hissedilmeyeceği tahmin edilmektedir. SSP5-8,5 senaryosuna göre ise konforlu ısıl algılama benzer şekilde yok olurken Uşak ve Afyonkarahisar bölgelerinde soğuk ısıl algılamanın hissedilmeye devam edeceği öngörülmektedir. Çok soğuk ısıl algılamanın SSP2-4,5 senaryosuna göre İç Anadolu bölgesinde Kayseri civarı haricinde ve günümüzde etkili olduğu Karadeniz bölgesinin doğusunda tamamen ortadan kalkacağı tahmin edilmektedir. SSP5-8,5 senaryosuna göre ise İç Anadolu bölgesinde Eskişehir ve Konya illeri civarında etkisini arttıracağı ve Karadeniz bölgesinde ise benzer şekilde ortadan kalkacağı öngörülmektedir. Aynı şekilde her iki senaryoda da Akdeniz bölgesinin yüksek kesimlerinde hissedilen çok soğuk ve soğuk ısıl algılamaların etkisini yitirmesi beklenmektedir. Günümüzde hafifçe serin ısıl algılamanın etkili olduğu Güneydoğu Anadolu bölgesinde ise SSP2-4,5 senaryosuna göre konforlu ısıl algılamanın %45,7 oranında artacağı tahmin edilirken SSP5-8,5 senaryosunda sadece Şanlıurfa bölgesinde artış göstereceği tahmin edilmektedir (Şekil 4.41).



Şekil 4.41. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik Mart ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Mart ayında FES değerleri -2,5 °C – 22,6 °C arasında değişirken yakın gelecekte SSP2-4,5 senaryosuna göre 3,2 °C – 19,7 °C, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 2,6 °C – 18,4 °C arasında olması tahmin edilmektedir. Tahmin edilen projeksiyon verilerine göre mart ayında her iki senaryoda da aşırı soğuk ısıl algılamanın ülke geneli etkisini tamamen yitireceği beklenmektedir. SSP2-4,5 senaryosuna göre ülke genelinde serin ısıl algılamanın 99.101 km^2 alanda artacağı ve %51,8 oranında en yaygın hissedilen ısıl algılama olacağı tahmin edilmektedir. Bu artış SSP5-8,5 senaryosunda ise 28.784 km^2 alanda ve ülkenin % 41,8'lik oranında etkili olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca bu senaryo da soğuk ısıl algılama 66.111 km^2 alanda artış göstererek ikinci en yaygın hissedilen ısıl algılama olacağı öngörülmektedir. Konforlu ısıl algılama ise SSP2-4,5 senaryosuna göre 14.633 km^2 alanda artış gösterirken SSP5-8,5 senaryosunda çoğunluğu Ege bölgesinde olmak üzere 6.971 km^2 alanda etkisinin azalacağı tahmin edilmektedir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12.SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre mart ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi

MART		SSP2-4,5		SSP5-8,5	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)	-1.432	0,0	-1.432	0,0
	0 - 4 (Çok Soğuk)	-42.087	7,5	-45.119	7,1
	4 - 8 (Soğuk)	-61.920	13,2	66.111	31,5
	8 - 13 (Serin)	99.101	51,8	28.784	41,8
	13 -18 (Hafifçe Serin)	-8.295	21,4	-41.373	16,7
	18 - 23 (Konforlu)	14.633	6,1	-6.971	3,0
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)				
	29 - 35 (Ilık)				
	35 - 41 (Sıcak)				
	> 41 (Çok Sıcak)				

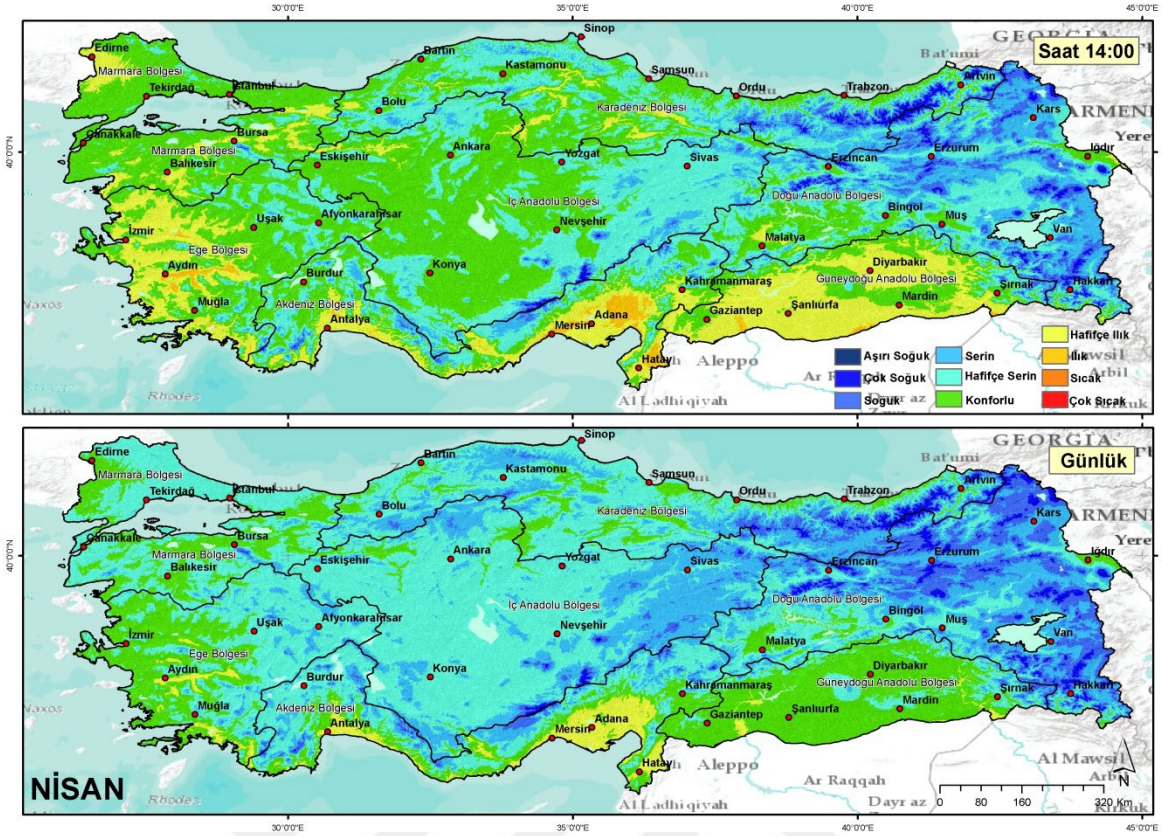
4.2.4. Nisan

Nisan ayı içerisinde FES değerleri ülke genelinde günlük ortalamada 1,7 °C – 24,3 °C arasında ve çoğunlukla soğuk ısıl algılama gerçekleşirken saat 14:00'daki ortalamada 3,6 °C – 29,2 °C arasında değişmektedir ve çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Nisan ayı hem günlük ortalama değerlerde hem de saat 14:00'daki ortalama değerlerde konforlu ısıl algılamanın görüldüğü ilk aydır. Marmara Bölgesi, kıyı bölgeleri ve iç kesimler arasındaki iklim farklılıklarıyla da dikkat çeken bir bölgedir. Bu ay içerisinde uzun yıllar günlük sıcaklık ortalaması 13,4 °C ve % 66 ortalama nem oranıyla diğer bölgelere göre nemli bir iklimi temsil eder. Ayrıca, rüzgâr hızı ise ortalama 3,9 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 14,7 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama gerçekleşmektedir bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 17,5 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Ege Bölgesi, Akdeniz iklimine yakın özellikler gösterir ve ılıman bir iklim kuşağındadır. Ortalama 16,1 °C sıcaklıkla Marmara Bölgesi'ne göre daha sıcak bir iklim sergiler. Ortalama nem oranı %61 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 3,5 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 19,6 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 24,8 °C olarak hesaplanmıştır ve iç kesimlerde konforlu ısıl algılama gerçekleşse de özellikle kıyı kesiminde çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir.

Akdeniz Bölgesi, sıcak ve kurak yazları ile bilinirken, ılıman kışlarıyla da dikkat çeker. Bölge ortalama 16,2 °C sıcaklık ile nisan ayının en sıcak bölgelerinden biridir. Bölge, %57 ortalama nem oranıyla diğer bölgelere göre daha kuraktır ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 2,3 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 24,7 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 30,1 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir.

Nisan ayı içerisinde güneş ışınlarının düşme açısı artması ile artan sıcaklık ve düşük rüzgar hızı ile birlikte Akdeniz bölgesi ılık ısıl algılamanın görüldüğü tek bölgedir. Nisan ayı içerisinde iç bölgelerde farklılıklar görülmekte, orta Anadolu'da daha ılıman, doğu bölgelerinde ise daha serin sıcaklıklar yaşanmaktadır. İç Anadolu Bölgesindeortalama sıcaklık 11,4 °C olarak hesaplanmıştır. Ocak ayı içerisinde bölgenin nem oranı ortalama %55 ve rüzgâr hızı ise zaman zaman yükselmekle birlikte ortalama 2,9 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 15,5 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 20,8 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir.

Karadeniz Bölgesinde nisan ayı ortalama 12,2 °C sıcaklığa sahiptir ve nem oranı % 73 ile en yüksek neme sahip bölgedir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı ise 4,1 m/s ile diğer bölgelere göre daha yüksektir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 14,5 °C olarak hesaplanmıştır ancak doğu Karadeniz bölgesinde serin ısıl algılama hakimken batı Karadeniz bölgesinde çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama hakimdir. Bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 14,7 °C olarak hesaplanmıştır aynı şekilde batı Karadeniz doğu Karadeniz bölgesine göre daha ılıman ve çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi, kışları sert ve soğuk, yazları ise kısa ve ılıman bir iklimle sahiptir ve Türkiye'nin en soğuk bölgelerinden biridir. Bu ayda ortalama sıcaklık 8,9 °C olarak hesaplanmıştır. Bölge %60'lik bir nem oranına sahiptir, ortalama rüzgâr hızı ise 3,6 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 10,2 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 13,6 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, yazları çok sıcak ve kurak, kışları ise ılıman ve yağışlı bir iklimle Türkiye'nin en sıcak bölgelerinden biridir. Nisan ayı içerisinde de ortalama sıcaklık 5,9 °C ile bu bölgededir, ortalama nem oranı ise %53 ile en düşük olan bölgelerden biridir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı ise 3,4 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 21,8 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşirken bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 25,2 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir (Şekil 4.42).



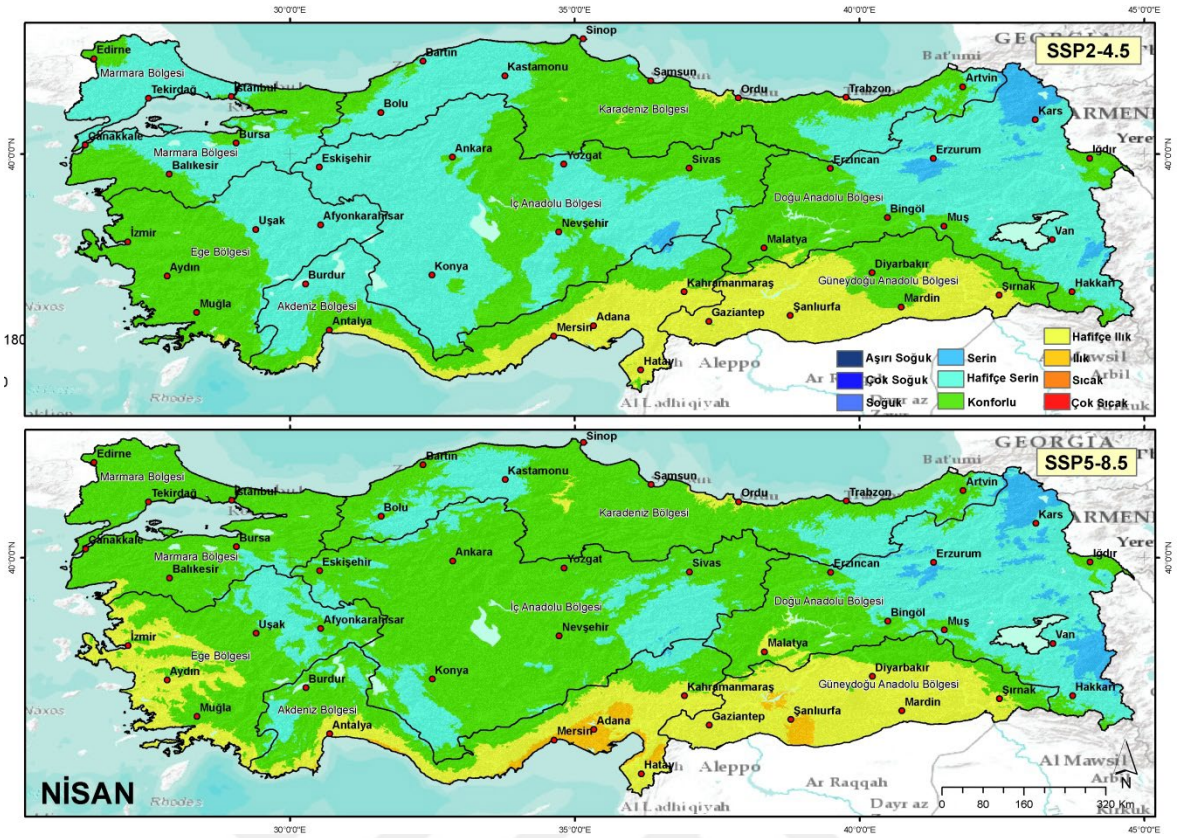
Şekil 4.42. Nisan ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Nisan ayı araştırmanın bulgularına göre, günlük ortalama FES değerleri çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama olmakla birlikte 14:00'da FES değerleri çoğunlukla konforlu ısıl algılama yönündedir. Her iki zaman diliminde hissedilen ısıl algılama ayrı ayrı değerlendirildiğinde çok soğuk ısıl algılama nisan ayı içerisinde oldukça az bir alanda görülmekle birlikte 12.209 km^2 ve %1,8'lik bir oranla günlük ortalamalarda daha çok hissedilmektedir. Soğuk ısıl algılamanın ülke geneli dağılımı incelendiğinde günlük ortalamada saat14:00'da 28.325 km2 alanla %4,1'lik bir dağılım gösterirken günlük ortalamada bu oran 53,909 km^2'ye yükselerek %7,7'lik bir alanı temsil etmektedir. Serin ısıl algılamanın dağılımı ise saat 14:00'da 75.77 km^2 alanla %10,8'lik bir dağılım gösterirken günlük ortalamada bu oran 14.7476 km^2'ye yükselerek %21,2'lik bir alanı temsil etmektedir. Günlük ortalamalardaki hafifçe serin ısıl algılama 31.6917 km^2 ve %45,5'lik bir oranla en yaygın hissedilen ısıl algılamadır. Saat 14:00'daki ortalamalarda ise konforlu ısıl algılama %39,5'lik bir oran ve 275.512 km^2 alan ile özellikle iç kesimler ve ülkenin batısında daha fazla alanda hissedilmektedir. Günlük ortalama değerlerde de bu oran 14.746 km^2 ve %21,2'lik bir oranla çoğunlukla kıyı kesimlerde hissedilmektedir. Hafifçe ılık ısıl algılama günlük ortalamalarda 18.763 km^2 de hissedilirken saat 14:00'da bu oran 100.268 km^2'ye yükselerek %14,4'lük bir alanı temsil etmektedir. Nisan ayında mart ayından farklı olarak saat 14:00'daki ortalama FES değerlerinde özellikle Akdeniz kıyı kesiminde olmak üzere 7.293 km^2'lik bir alanda ılık ısıl algılama hissedilmeye başlamıştır (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Türkiye 1998-2019 arası Nisan ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı

NİSAN		14:00		Günlük	
		km²	%	km²	%
FES (⁰C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)				
	0 - 4 (Çok Soğuk)	7.717	1,1	12.221	1,8
	4 - 8 (Soğuk)	28.325	4,1	53.909	7,7
	8 - 13 (Serin)	75.277	10,8	147.476	21,2
	13 -18 (Hafifçe Serin)	202.361	29,0	316.917	45,5
	18 - 23 (Konforlu)	275.512	39,5	147.467	21,2
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	100.268	14,4	18.763	2,7
	29 - 35 (Ilık)	7.293	1,0		
	35 - 41 (Sıcak)				
	> 41 (Çok Sıcak)				

Gelecek projeksiyonları nisan ayı için değerlendirildiğinde her iki senaryoda da ülke geneli FES değerlerinde ciddi artışlar beklenmektedir. Bölgesel olarak incelediğimizde Doğu Anadolu bölgesinde görülen çok soğuk ve soğuk ısıl algılamaların her iki senaryoda da etkisini tamamen yitireceği tahmin edilmektedir. Karadeniz bölgesinde yer yer hissedilen konforlu ısıl algılama SSP5-8,5 senaryosunda daha fazla olmakla birlikte her iki senaryoda da etkisini arttıracağı tahmin edilmektedir. Aynı şekilde Marmara bölgesinde özellikle Edirne ili çevresinde etkili olan konforlu ısıl algılamada SSP2-4,5 senaryosuna göre Kocaeli, Çanakkale ve Balıkesir bölgelerinde, SSP5-8,5 senaryosunda ise %97 oranında artışla bölgede hissedileceği tahmin edilmektedir. İç Anadolu bölgesinde etkili olan soğuk ısıl algılama SSP2-4,5 senaryosuna göre yerini hafifçe serin ve konforlu ısıl algılamaya bırakacağı ve SSP5-8,5 senaryosuna göre ise bölgenin büyük bir kesiminde konforlu ısıl algılamanın hissedileceği öngörülmektedir. Ege bölgesinde SSP2-4,5 senaryosuna göre kıyı kesimlerde etkili olan konforlu ısıl algılamanın artacağı hafifçe ılık ısıl algılamanın ise etkisini kaybedeceği tahmin edilmektedir. SSP5-8,5 senaryosuna göre bölgede konforlu ısıl algılama ile birlikte özellikle kıyı kesiminde olmak üzere hafifçe ısıl algılamanın da artması beklenmektedir. Benzer şekilde Akdeniz bölgesinde özellikle Mersin ve Adana illeri çevresinde etkili olan hafifçe ılık ısıl algılamanın her iki senaryoda da etkisini arttıracağı öngörülmektedir. Mevcut durumda konforlu ısıl algılamanın etkili, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ise SSP2-4,5 senaryosuna göre Mardin, Diyarbakır ve Şırnak illeri haricinde hafifçe ısıl algılamanın etkili olacağı beklenmektedir. SSP5-8,5 senaryosuna göre ise Mardin ili çevresinde konforlu ısıl algılamanın da yerini hafifçe ısıl algılamaya bırakacağı ve Şanlıurfa ili civarında sıcak ısıl algılamanın hissedilmeye başlanacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4.43).



Şekil 4.43. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik nisan ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Nisan ayında FES değerleri 1,7 °C – 24,3 °C arasında değişirken yakın gelecekte SSP2-4,5 senaryosuna göre 8,6 °C – 28,2 °C, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 9,3 °C – 30,3 °C arasında olması tahmin edilmektedir. Yakın gelecekte her iki senaryoda da bu ay içerisinde çok soğuk ve soğuk ısıl algılamanın etkisini tamamen yitireceği, serin ısıl algılamanın ise ciddi oranda azalacağı tahmin edilmektedir. Diğer yandan SSP2-4,5 senaryosuna göre yakın gelecekte %45,4 oranında yaygın bir şekilde hafifçe serin ısıl algılamanın etkili olmasıyla birlikte 142.034 km^2 alanda artış göstermesi beklenen konforlu ısıl algılamanın ülke genelinde %41,6 oranında etkili olacağı tahmin edilmektedir. Bu senaryoda hafifçe ısıl algılama kıyı kesimleri için 59.131 km^2 alanda hissedileceği öngörülmektedir. SSP5-8,5 senaryosuna göre ise konforlu ısıl algılamanın 247.263 km2 alanda artış göstererek %56,7 oranında hissedileceği tahmin edilmektedir. Hafifçe serin ısıl algılamanın ise 150.403 km^2 alanda azalmasına rağmen %23,9 oranında ikinci en etkili ısıl algılama olmaya devam edeceği öngörülmektedir. Hafifçe ılık ısıl algılamanın da SSP2-4,5 senaryosuna benzer şekilde kıyı kesimlerinde 91.098 km^2 artarak %15,8 oranında etkili olması beklenmektedir. Ayrıca SSP5-8,5 senaryosunda farklı olarak Şanlıurfa ili çevresinde 9.946 km^2 alanda ılık ısıl algılamanın hissedilmeye başlanacağı tahmin edilmektedir. (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre nisan ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi

NİSAN		SSP2-4,5		SSP5-8,5	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)				
	0 - 4 (Çok Soğuk)	-12.221	0,0	-12.221	0,0
	4 - 8 (Soğuk)	-53.909	0,0	-53.909	0,0
	8 - 13 (Serin)	-134.382	1,9	-131.776	2,3
	13 -18 (Hafifçe Serin)	-653	45,4	-150.403	23,9
	18 - 23 (Konforlu)	142.034	41,6	247.263	56,7
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	59.131	11,2	91.098	15,8
	29 - 35 (Ilık)			9.948	1,4
	35 - 41 (Sıcak)				
	> 41 (Çok Sıcak)				

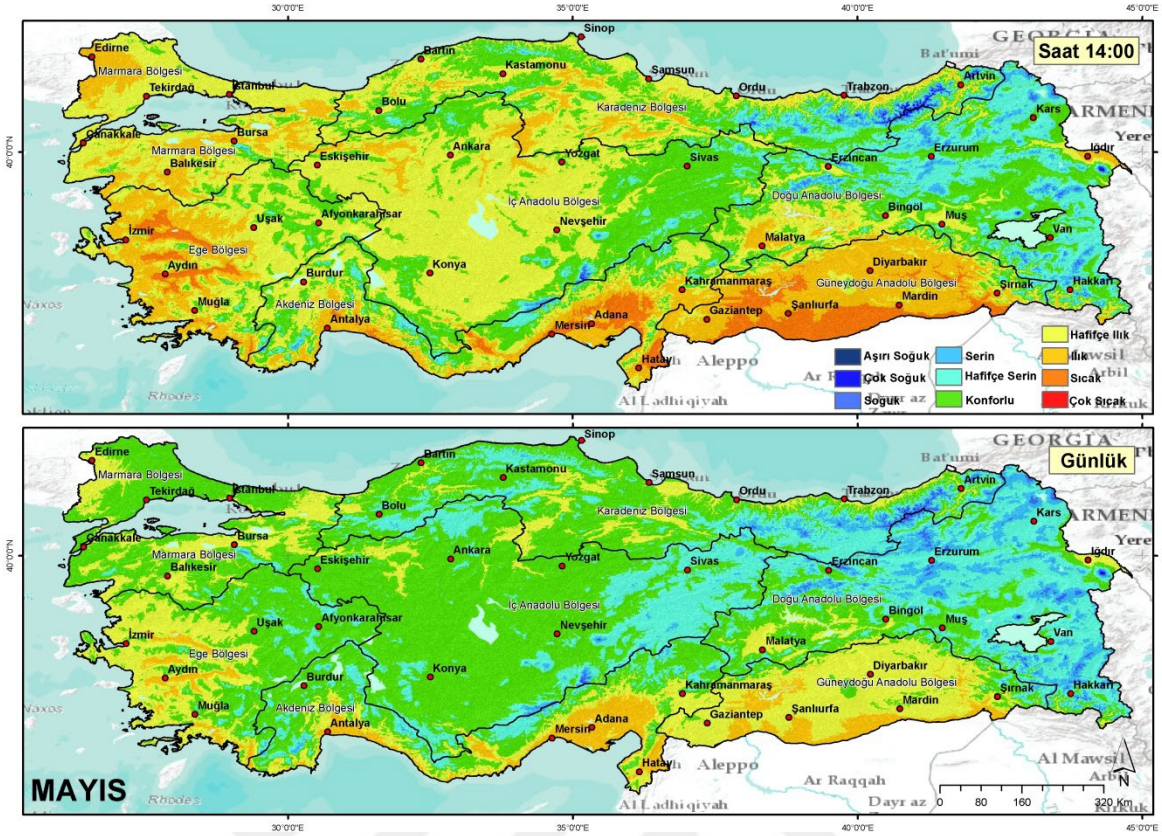
4.2.5. Mayıs

Türkiye'nin hemen her bölgesinde konforlu ısıl algılamaların da arttığı bu ayda hafif ılık ısıl algılamalar da belirli bölgelerde hissedilmektedir. FES değerleri ülke genelinde günlük ortalamada 2,5 °C – 31,8 °C arasında ve çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşirken saat 14:00'daki ortalamada 3,7 °C – 36,4 °C arasında değişmektedir ve çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Marmara Bölgesi, mayıs ayı içerisinde uzun yıllar günlük sıcaklık ortalaması 19,3 °C ve % 6,5 ortalama nem oranıyla Karadeniz bölgesinden sonra en yüksek nem oranına sahiptir ve rüzgâr hızı ise ortalama 3,8 m/s ile Marmara bölgesindedir. Bu veriler doğrultusunda FES ise ortalama 19,3 °C olarak hesaplanmıştır. Bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 24,6 °C olarak hesaplanmıştır. Bölgede günlük ortalama ve FES değerlerine göre çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşse de saat 14:00'da çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Ege Bölgesi, Akdeniz iklimine yakın özellikler gösterir ve ılıman bir iklim kuşağındadır ortalama 20,2 °C sıcaklıkla Akdeniz Bölgesi'ne yakın bir sıcaklıktadır. Ortalama nem oranı %58,5 olarak hesaplanmıştır ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 3,6 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 21,3 °C olarak hesaplanmıştır ve iç kesimlerde konforlu ısıl algılama çoğunlukta olsa da kıyı kesimlerde hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise 24,7 °C olarak hesaplanmıştır ve kıyı kesimlerde ılık ısıl algılama hissedilse de çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bölgede saat 14:00 verilerinde yer yer sıcak algılamalar da görülmeye başlamıştır.

Akdeniz Bölgesi, sıcak ve kurak yazları ile bilinmektedir ortalama 21,1 °C sıcaklık ile mayıs ayının en sıcak bölgelerinden biridir. Bölge, %54 ortalama nem oranıyla diğer bölgelere göre daha kuraktır ayrıca bölge ortalama 2,2 m/s ile en düşük rüzgâr hızına sahiptir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 23,4 °C olarak hesaplanmıştır ve iç kesimlerde konforlu ısıl algılama gerçekleşse de olsa da kıyı kesimlerde ılık ısıl algılama

gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da 30,8 °C'ye yükselmiştir ve çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Ancak Adana, Mersin ve Antalya illerinin kıyı kesimlerinde daha çok sıcak ısıl algılama gerçekleşmektedir. İç Anadolu Bölgesi, yazları sıcak ve kışları soğuk olan tipik kara ikliminin etkili olduğu bir bölgedir ve ortalama sıcaklık 15,6 °C ile diğer bölgelere göre daha serindir. Mayıs ayı içerisinde bölgenin nem oranı ortalama %50 ve rüzgâr hızı ise ortalama 2,8 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 21,8 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 24,5 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Karadeniz Bölgesi, mayıs ayı içerisinde ortalama 16,7 °C sıcaklığa sahiptir ve % 74 ile en yüksek nem oranına sahiptir. Bölgenin rüzgâr hızı da ortalama 4 m/s en yüksek seviyededir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 18,7 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla konforlu ısıl ağılama gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 23,2 °C olarak hesaplanmıştır ve Batı Karadeniz kesiminde konforlu ve hafifçe ısıl algılama çoğunlukla gerçekleşmesine rağmen Doğu Karadeniz kesiminde serin ve soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir.

Doğu Anadolu Bölgesinde bu ayda ortalama sıcaklık 14,6 °C ile en düşük sıcaklığa sahiptir ve ortalama nem oranı %55 seviyelerindedir, ortalama rüzgâr hızı ise 3,4 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 16,2 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama gerçekleşmektedir, bu değer saat 14:00'da ise 21,6 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe serin ve konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ortalama sıcaklık 22,5 °C ile en yüksek sıcaklığa sahiptir ve %47 ortalama nem oranı ile Mart ayı içerisindeki en kurak bölgelerden biridir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı 3,5 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 28,7 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşirken bu değer saat 14:00'da ise 35,3 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşse de özellikle Şanlıurfa ve Mardin bölgelerinde sıcak ısıl algılama etkisini göstermektedir (Şekil 4.44).



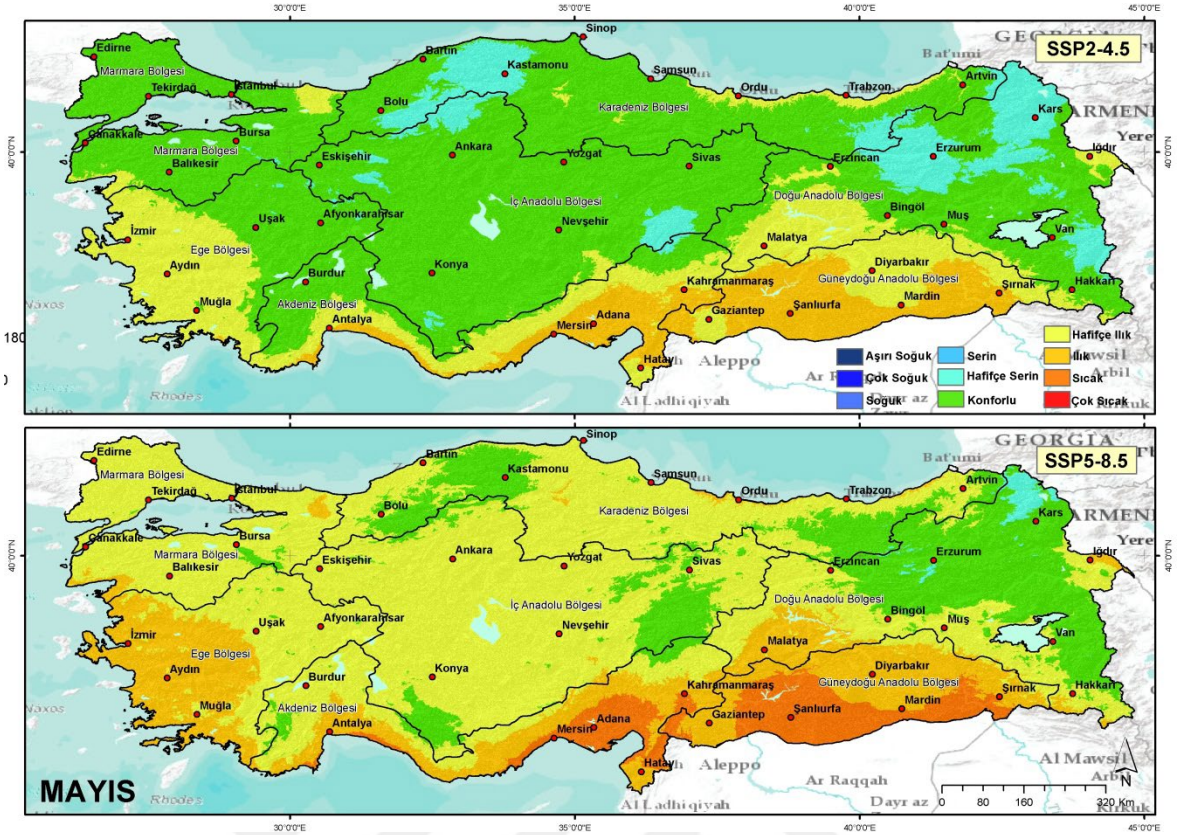
Şekil 4.44. Mayıs ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Araştırmanın bulgularına göre, mayıs ayında 14:00'da gerçekleşen ortalama FES değerleri ile günlük ortalama FES değerleri incelendiğinde saat 14:00'da çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşirken günlük ortalamada konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Her iki zaman diliminde hissedilen ısıl algılama ayrı ayrı değerlendirildiğinde aşırı soğuk ısıl algılama artık hissedilmemektedir. Ay içerisinde soğuk ısıl algılama sınırlı bir alanda görülmekle birlikte 4.001 km^2 ve %0,6'lık bir oranla günlük ortalamalarda daha çok hissedilmektedir. Mayıs ayı ülke geneli konforlu ve ılıman koşulların hakim olduğu bir dönemi temsil etmektedir. Konforlu ısıl algılamanın dağılımı ise saat 14:00'da 189.837 km^2 alanla %27,2'lik bir dağılım gösterirken günlük ortalama da bu oran 333.973 km^2'ye yükselerek %47,9'luk bir alanı temsil etmektedir. Saat 14:00'daki hafifçe ılık ısıl algılama 264.546 km2 ve %38'lik bir oranla en yaygın hissedilen ısıl algılamadır. Günlük ortalamalarda ise hafifçe ılık ısıl algılama %20,1'lik bir oran ve 139.746 km2 alan ile özellikle iç kesimler ve ülkenin batısında daha fazla alanda hissedilmektedir. Ilık ısıl algılama günlük ortalamalarda 32.007 km^2 de hissedilirken saat 14:00'da bu oran 121.648 km2'ye yükselerek %17,5'lik bir alanı temsil etmektedir. Mayıs ayında günlük ortalamaya bakıldığında hafifçe serin ısıl algılama Nisan ayına göre daha az alan kaplayarak 154.835 km2'lik alanda hissedilmektedir. Serin ısıl algılamada saat 14:00'da oldukça azalarak %2,2'lik alanda hissedilmektedir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Türkiye 1998-2019 arası mayıs ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı

	MAYIS	14:00		Günlük	
		km²	%	km²	%
FES (⁰C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)				
	0 - 4 (Çok Soğuk)	154	0,0	643	0,1
	4 - 8 (Soğuk)	2.815	0,4	4.001	0,6
	8 - 13 (Serin)	15.149	2,2	31.548	4,5
	13 -18 (Hafifçe Serin)	72.235	10,4	154.835	22,2
	18 - 23 (Konforlu)	189.837	27,2	333.973	47,9
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	264.546	38,0	139.746	20,1
	29 - 35 (Ilık)	121.648	17,5	32.007	4,6
	35 - 41 (Sıcak)	30.369	4,4		
	> 41 (Çok Sıcak)				

Mayıs ayında 2050 yılı için nispeten daha iyimser bir senaryo olan SSP2-4,5 senaryosuna göre Karadeniz bölgesinde etkili olan serin, hafifçe serin ve hafifçe ılık ısıl algılamaların yerini çoğunlukla konforlu ısıl algılamaya bırakacağı tahmin edilmektedir. SSP5-8,5 senaryosunda ise FES değerlerinin daha fazla artacağı ve Kastamonu, Bolu ve Gümüşhane illeri çevresinde hissedilecek olan konforlu ısıl algılamaların dışında hafifçe ısıl algılamanın etkili olacağı tahmin edilmektedir. Doğu Anadolu bölgesinde evcut durumda etkili olan hafifçe serin ısıl algılamalar da SSP2-4,5 senaryosunda Erzurum ve Kars çevresinde hissedilmeye devam etmesi beklenirken SSP5-8,5 senaryosuna göre etkisini oldukça kaybedeceği beklenmektedir. Buna karşı her iki senaryoda da konforlu ısıl algılama bölge genelinde daha fazla hissedilirken SSP5-8,5 senaryosunda Malatya ili çevresinde ılık ısıl algılamaların hissedilmeye başlanacağı tahmin edilmektedir. İç Anadolu bölgesinde etkili olan konforlu ısıl algılamanın SSP2-4,5 senaryosuna göre %94 oranında artarak bütün bölgede hissedilmesi beklenmektedir. Ancak SSP5-8,5 senaryosunda bölgenin çoğunlukla hafifçe ısıl ısıl algılamanın etkisinde kalması beklenmektedir. Bu durumun Marmara bölgesini de benzer şekilde etkileyeceği öngörülmektedir. Ege bölgesinde ise SSP2-4,5 senaryosuna göre iç kesimlerde konforlu ısıl algılama görülse de ısınmanın etkisi ile her iki senaryoda da FES değerlerinin artarak hafifçe ılık ve ılık ısıl algılamanın özellikle kıyı bölgelerinde etkili olması öngörülmektedir. Akdeniz bölgesinde de Ege bölgesi ile benzer şekilde FES değerlerinin artması ve SSP5-8,5 senaryosunda Adana ve Mersin illeri çevresinde sıcak ısıl algılamanın etkili olmaya başlaması beklenmektedir. Mayıs ayı içerisinde FES değerlerinin en yüksek olduğu bölge ise Güneydoğu Anadolu bölgesidir. SSP2-4,5 senaryosuna göre mevcut durumda az bir alanda etkili olan ılık ısıl algılamanın tüm bölgede daha yoğun hissedileceği SSP5-8,5 senaryosuna göre ise Şanlıurfa, Mardin ve Şırnak illeri arasında sıcak ısıl algılamanın hakim olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4.45).



Şekil 4.45. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik Mayıs ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Mayıs ayında mevcut durumda bu aydaki FES değerleri 2,5 °C – 31,8 °C arasında değişirken yakın gelecekte SSP2-4,5 senaryosuna göre 15,1 °C – 31,2 °C, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 13,9 °C – 36,7 °C arasında olması tahmin edilmektedir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde çok soğuk, soğuk ve serin algılamaların etkisini tamamen kaybetmesi beklenmektedir. Hafifçe serin ısıl algılamada da her iki senaryoda ciddi oranda azalma olacağı öngörülmektedir. Konforlu ısıl algılama da ise SSP2-4,5 senaryosunda 99.507 km^2 alanda artış olarak %62,2 oranıyla hakim ısıl algılama olmaya devam etmesi beklenirken SSP5-8,5 senaryosuna göre 206.946 km^2 alanda azalmanın olması ve mevcut duruma göre % 29,7 oranında etkisini kaybederek sadece % 18,2'lik bir alanda etkili olacağı tahmin edilmektedir. Hafifçe ısıl algılama da SSP2-4,5 benzer şekilde 3.424 km^2 alanda azalma olması beklense de %19,6 oranı ile ikinci en yaygın ısıl algılamaya devam edeceği tahmin edilmektedir. SSP5-8,5 senaryosunda da hafifçe ısıl algılama 259.450 km^2 alanda artış göstermesi ve %57,3 oranıyla en hakim ısıl algılama olacağı tahmin edilmektedir. Aynı şekilde bu senaryoda ılık ısıl algılama da 90.748 km^2 alanda artış olarak %17,6 oranında etkili olması beklenmektedir. SSP2-4,5 senaryosunda da 30.710 km^2 alanda ılık ısıl algılamada artış beklenmektedir. Sıcak ısıl algılamanın ise SSP2-4,5 senaryosunda beklenmezken SSP5-8,5 senaryosunda 42.869 km^2 alanda hissedilmeye başlanarak ülke geneli %6,2'sinde etkili olması tahmin edilmektedir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre Mayıs ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi

MAYIS		SSP2-4,5		SSP5-8,5	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)				
	0 - 4 (Çok Soğuk)	-643	0,0	-643	0,0
	4 - 8 (Soğuk)	-4.001	0,0	-4.001	0,0
	8 - 13 (Serin)	-31.548	0,0	-31.548	0,0
	13 -18 (Hafifçe Serin)	-90.601	9,2	-149.929	0,7
	18 - 23 (Konforlu)	99.507	62,2	-206.946	18,2
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	-3.424	19,6	259.450	57,3
	29 - 35 (Ilık)	30.710	9,0	90.748	17,6
	35 - 41 (Sıcak)			42.869	6,2
	> 41 (Çok Sıcak)				

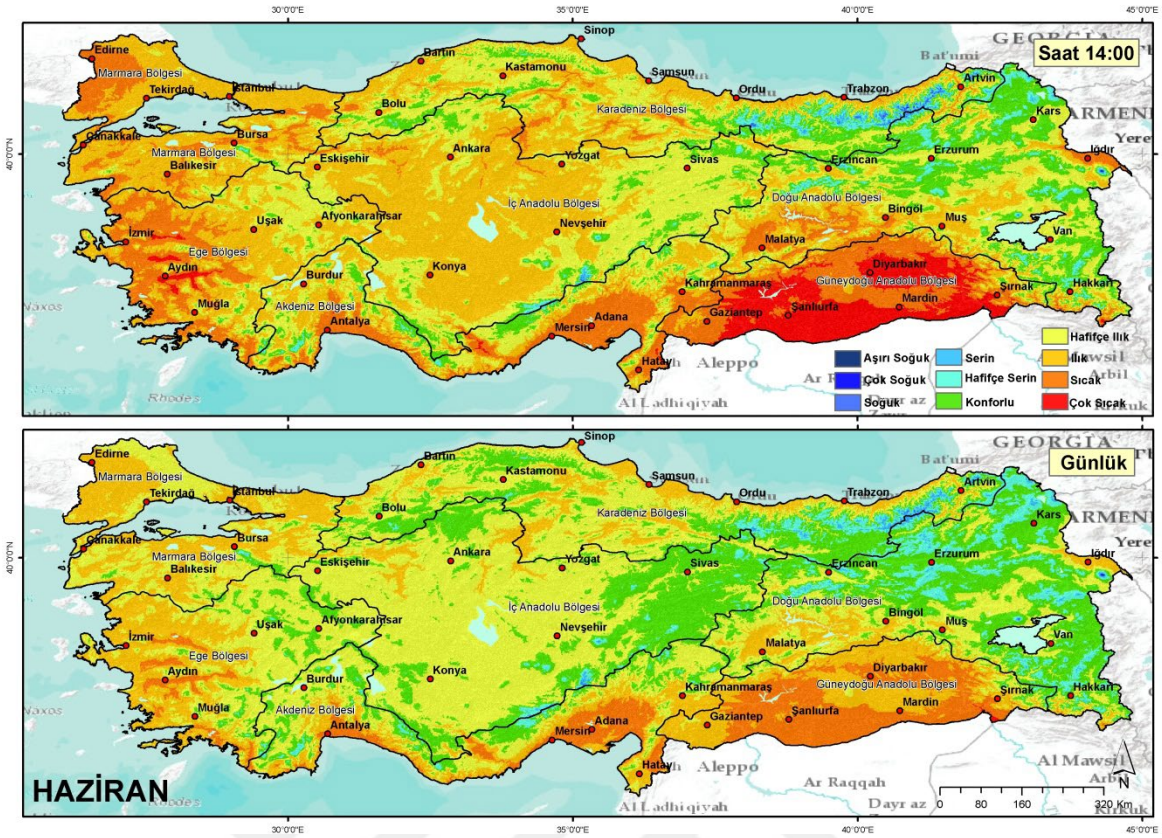
4.2.6. Haziran

Haziran ayındaki FES değerleri ülke genelinde günlük ortalamada 5,2 °C – 41,2 °C arasında değişirken saat 14:00'daki ortalamada 7,4 °C – 43,1 °C arasında değişmektedir. Günlük ortalama FES değerlerine göre ülke geneli çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmekle birlikte saat 14:00'daki FES değerlerine göre çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçeklemektedir. Kıyı bölgeleri deniz meltemleri nedeniyle genellikle daha serin olmasına rağmen, ülkenin çoğu yerinde sıcaklıklar gün içinde 30 - 35 °C'ye kadar çıkmaktadır. Marmara Bölgesi, kıyı bölgeleri ve iç kesimler arasındaki iklim farklılıklarıyla da dikkat çeken bir bölgedir. Bu ay içerisinde uzun yıllar günlük sıcaklık ortalaması 23,4 °C ve ortalama nem oranı ise %64 ortalama nem oranıyla nemli bir iklimi temsil eder. Ayrıca, Türkiye'nin bu ay içerisinde en yüksek rüzgâr hızı ortalama 3,9 m/s ile Marmara bölgesindedir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 30,3 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 33,4 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla her iki zaman diliminde de ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Ege Bölgesi, Akdeniz iklimine yakın özellikler gösterir ve ılıman bir iklim kuşağındadır. Ortalama 25,2 °C sıcaklıkla Marmara Bölgesi'ne göre biraz daha sıcak bir iklim sergiler. Ortalama %54'lük nem oranıyla Marmara bölgesinden daha kuraktır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 3,7 m/s ile Marmara bölgesine yakındır. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 31,9 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 34,1 °C olarak hesaplanmıştır. Günlük ortalamada kıyı kesimlerde sıcak ısıl algılama hissedilmeye başlasa da çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Saat 14:00'da ise kıyı kesimlerdeki sıcak ısıl algılama daha fazla hissedilse de çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir.

Akdeniz Bölgesinde ortalama 26,3 °C sıcaklık ile Güneydoğu Anadolu bölgesinden sonra haziran ayının en sıcak bölgesidir. Bölge, %49 ortalama nem oranıyla diğer kıyı bölgelerine göre daha kuraktır ve bölgede ortalama rüzgâr hızı 3,2 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik

eşdeğer sıcaklık ise ortalama 33,2 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 36,5 °C olarak hesaplanmıştır. Günlük ortalama FES değerlerine göre çoğunlukla ılık ısıl algılama hissedilse de saat 14:00 değerlerine göre çoğunlukla sıcak ısıl algılama hissedilmektedir. Ülkenin batısındaki kıyı bölgeleri kıyı esintisi doğal havalandırma sağlayarak hoş bir ortama katkıda bulunur ve plaj aktiviteleri ve turizm için sıcak koşullar sağlamaktadır. İç Anadolu'da haziran ayı, önceki aylara kıyasla ortalama 20,8 °C ile daha sıcaktır. Bölgenin nem oranı ortalama %43 ile Doğu Anadolu bölgesinden sonraki en kurak bölgesidir ve rüzgâr hızı ise ortalama 2,7 m/s ile bu aydaki en az rüzgârlı olan bölgedir. Bölgede bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 24,1 °C olarak hesaplanmıştır. Bu değer saat 14:00'da ise 30,2 °C'ye çıkmaktadır. Günlük ortalama değerlere göre çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmekle birlikte saat 14:00 verilerinde çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Haziran ayında Karadeniz bölgesi doğusunda ve batısında farklı iklimsel koşullar görülmektedir. Ortalama 20,8 °C sıcaklığa sahiptir ve %75'lik ortalama nem oranı ile ülkenin en nemli bölgesidir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı ise 3,4 m/s olsa da doğu kesimlerde 3,7 m/s'ye kadar çıkmaktadır ve hissedilen sıcaklık batı kesimine göre daha azdır. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 23,4 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise 28,6 °C olarak hesaplanmıştır. Günlük ortalama FES değerlerine göre doğu kesimlerde çoğunlukla konforlu ısıl algılama hissedilirken batı kesiminde hafifçe ısıl algılama hissedilmektedir. Aynı şekilde saat 14:00 FES değerlerine göre doğu kesim konforlu ısıl algılamayı daha çok hissetse de bölgenin batı kesiminde ılık ve sıcak ısıl algılamalar daha etkindir.

Doğu Anadolu Bölgesi, bu ayda ortalama sıcaklık 18,4 °C olarak hesaplanmıştır. Bölge %46'lik bir nem oranına sahiptir ve ortalama rüzgâr hızı ise 3,2 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 22,5 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise 25,3 °C olarak hesaplanmıştır. Günlük ortalama FES değerlerine göre çoğunlukla konforlu ısıl algılama hissedilirken saat 14:00'daki değerlere göre hafifçe ılık ısıl algılama daha etkindir ve Malatya ili çevresinde sıcak ısıl algılamalar da hissedilmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, yazları çok sıcak ve kurak, kışları ise ılıman ve yağışlı bir iklimle Türkiye'nin en sıcak bölgelerinden biridir. Bölge ortalama sıcaklık 27,4 °C ile Türkiye'nin bu aydaki en sıcak bölgesi iken ortalama %37 nem oranı ile en kurak bölgesidir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı ise 3,2 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 38,7 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla sıcak ısıl algılama gerçekleşmektedir. Saat 14:00'deki ise FES değerine göre 42,3 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla çok sıcak ısıl algılama gerçekleşmektedir (Şekil 4.46).



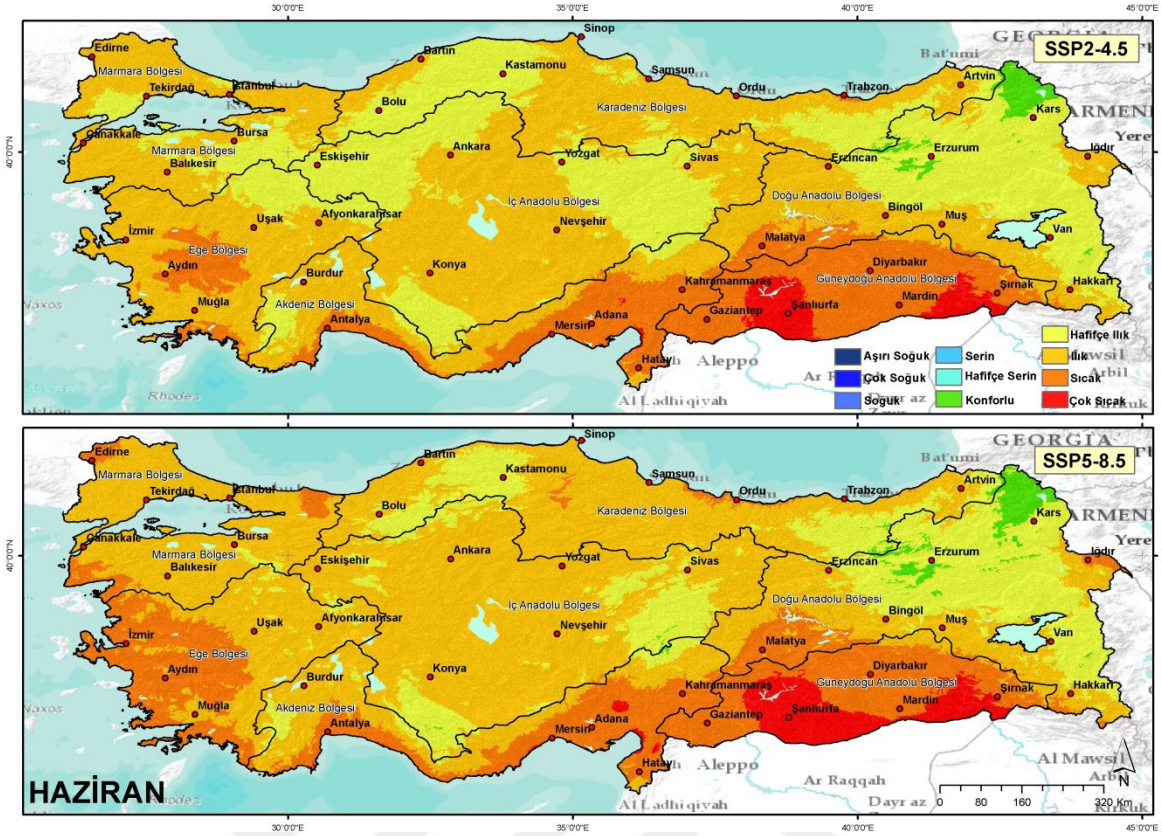
Şekil 4.46. Haziran ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Haziran ayı günlük ortalama FES değerleri çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama olduğunu gösterse de günün en sıcak saati olan 14:00'de gerçekleşen ortalama FES değerlerinde çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Haziran ayı günlük ortalamaya göre çok sıcak ısıl algılama artış göstermiştir, saat 14:00'da ise 33.827 km^2'lik alanda hissedilmektedir ve özellikle Güney Doğu Anadolu bölgesinde mayıs ayına göre ısıl algılama artış göstermiştir. Sıcak ısıl algılama mayıs ayı saat 14:00 verilerine göre %11,4'lük bir artışla 102.896 km^2'lik bir alanda hissedilmeye başlanmıştır. Günlük ortalamaya göre ise 35 ^{0}C - 41 ^{0}C FES değerleri % 7,2'lik bir alanda hissedilmeye başlanmıştır. Sıcak ısıl algılama özellikle Ege ve Akdeniz kıyılarında mayıs ayı verilerine göre daha çok alanda hissedilmektedir. Haziran ayı ülke geneli hafifçe ılık koşulların hakim olduğu bir dönemi temsil etmektedir. Hafifçe ılık ısıl algılamanın dağılımı ise saat 14:00'da 197.060 km^2 alanla %28,3'lük bir dağılım gösterirken günlük ortalama da bu oran 295.544 km^2'ye yükselerek % 42,4'lük bir alanı temsil etmektedir. Konforlu ısıl algılama günlük ortalama değerlere göre 162.910 km^2 de hissedilirken saat 14:00'da bu oran 80.970 km^2'de azalarak % 11,6'lık bir alanı temsil etmektedir. Haziran ayı günlük ortalamalardaki hafifçe serin ısıl algılama 33.430 km^2 ve % 4,8'lik bir alanda hissedilmektedir. Saat 14:00'daki ortalamalarda ise hafifçe serin ısıl algılama % 2,3'lük bir oran ve 16.037 km^2 alan ile özellikle ülkenin Doğu Karadeniz bölgesi ve Akdeniz bölgesinin yüksek kesimlerinde hissedilmektedir. Her iki zaman diliminde hissedilen ısıl algılama ayrı ayrı değerlendirildiğinde aşırı soğuk, çok soğuk ısıl algılama yoktur ve soğuk ısıl algılama ise oldukça az bir alanda hissedilmektedir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Türkiye 1998-2019 arası Haziran ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı

	HAZİRAN	14:00		Günlük	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)				
	0 - 4 (Çok Soğuk)				
	4 - 8 (Soğuk)	252	0,0	666	0,1
	8 - 13 (Serin)	2.495	0,4	3.069	0,4
	13 -18 (Hafifçe Serin)	16.037	2,3	33.430	4,8
	18 - 23 (Konforlu)	80.970	11,6	162.910	23,4
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	197.060	28,3	295.544	42,4
	29 - 35 (Ilık)	263.216	37,8	150.542	21,6
	35 - 41 (Sıcak)	102.896	14,8	50.429	7,2
	> 41 (Çok Sıcak)	33.827	4,9	163	0,0

Haziran ayında SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre FES değerleri SSP2-4,5 senaryosuna göre ortalama 2,3 ^{0}C, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 3,5 ^{0}C civarında bir artış beklenmekle birlikte her iki senaryoda da biyoiklimsel konfor sınıflarının dağılımı benzerlik göstermektedir. Bölgesel olarak incelediğimizde Doğu Anadolu bölgesinde etkili olan konforlu ısıl algılama her iki senaryoda da Kars ve Erzurum illeri çevresi dışında hiçbir alanda hissedilmeyeceği öngörülmektedir. Aynı şekilde her iki senaryoda da Karadeniz bölgesinin özellikle doğu kesiminde etkili olan hafifçe serin ve konforlu ısıl algılamaların da tamamen etkisini kaybetmesi beklenmektedir. İç Anadolu bölgesinin doğusunda hissedilen konforlu ısıl algılamanın her iki senaryoda da etkisini kaybedeceği hafifçe ılık ısıl algılamanın ise SSP5-8,5 senaryosunda daha yoğun olmakla birlikte çoğu bölgede yerini sıcak ısıl algılamaya bırakacağı öngörülmektedir. Marmara bölgesinde konforlu ısıl algılamaların yerini hafifçe ılık algılamaya, hafifçe ılık ısıl algılamaların ise ılık ısıl algılamaya bırakacağı tahmin edilmektedir. Ege bölgesinde her iki senaryoda da konforlu ısıl algılamaların etkisini yitireceği hafifçe ılık ısıl algılamanın ise sadece SSP2-4,5 senaryosunda hissedileceği öngörülmektedir. SSP5-8,5 senaryosuna göre ise Aydın ili çevresinde görülen sıcak ısıl algılamanın bütün kıyı bölgelerinde etkisini arttırması beklenmektedir. Her iki senaryoda da Akdeniz bölgesinde konforlu ve hafifçe ılık ısıl algılamanın tamamen ortadan kalkması sıcak ısıl algılamanın ise özellikle kıyı şeridinde olmak üzere bölge genelinde etkisini arttırması beklenmektedir. Güneydoğu Anadolu bölgesi sıcaklık stresinin en çok etkilediği bölgedir, SSP5-8,5 senaryosunda daha yoğun olmakla birlikte sıcak ve çok sıcak ısıl algılamanın bölge genelinde hakim olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4.47).



Şekil 4.47. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik Haziran ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Haziran ayında mevcut durumda bu aydaki FES değerleri 5,2 °C – 41,2 °C arasında değişirken yakın gelecekte SSP2-4,5 senaryosuna göre 22,4 °C – 43,7 °C, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 21,9 °C – 44,2 °C arasında olması tahmin edilmektedir. Haziran ayında güncel durumda hissedilen soğuk, serin hafifçe serin ısıl algılamaların her iki senaryoda da tamamen etkisini kaybedeceği tahmin edilmektedir. Konforlu ısıl algılama ise her iki senaryoda ortalama 154.000 km^2 alanda azalarak Kars ve Erzurum yakınları dışında etkisini kaybedeceği öngörülmektedir. Hafifçe ısıl algılama da azalmanın devam etmesi SSP5-8,5 senaryosuna göre 161.980 km2 alanla daha fazla azalma beklenmektedir. Isınmanın etkisiyle ılık ısıl algılama her iki senaryoda da artış beklenmektedir. Beklenen artışın SSP2-4,5 senaryosuna göre 201.599 km^2 alanda SSP5-8,5 senaryosunda ise 245.882 km^2 alanda olacağı ve her iki senaryoda da hakim ısıl algılamanın ılık ısıl algılama olacağı tahmin edilmektedir. Sıcak ısıl algılamanın ise SSP2-4,5 senaryosuna göre ülkenin %15,1'inde SSP5-8,5 senaryosuna göre ise %19,2'sinde etkili olacağı öngörülmektedir. Güncel durumda hissedilmeyen çok ısıl algılamada ise her iki senaryoda da Güneydoğu Anadolu bölgesi olmak SSP2-4,5 senaryosuna göre 14.158 km^2 alanda SSP5-8,5 senaryosunda ise 23.445 km^2 alanda etkili olması beklenmektedir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre Mayıs ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi

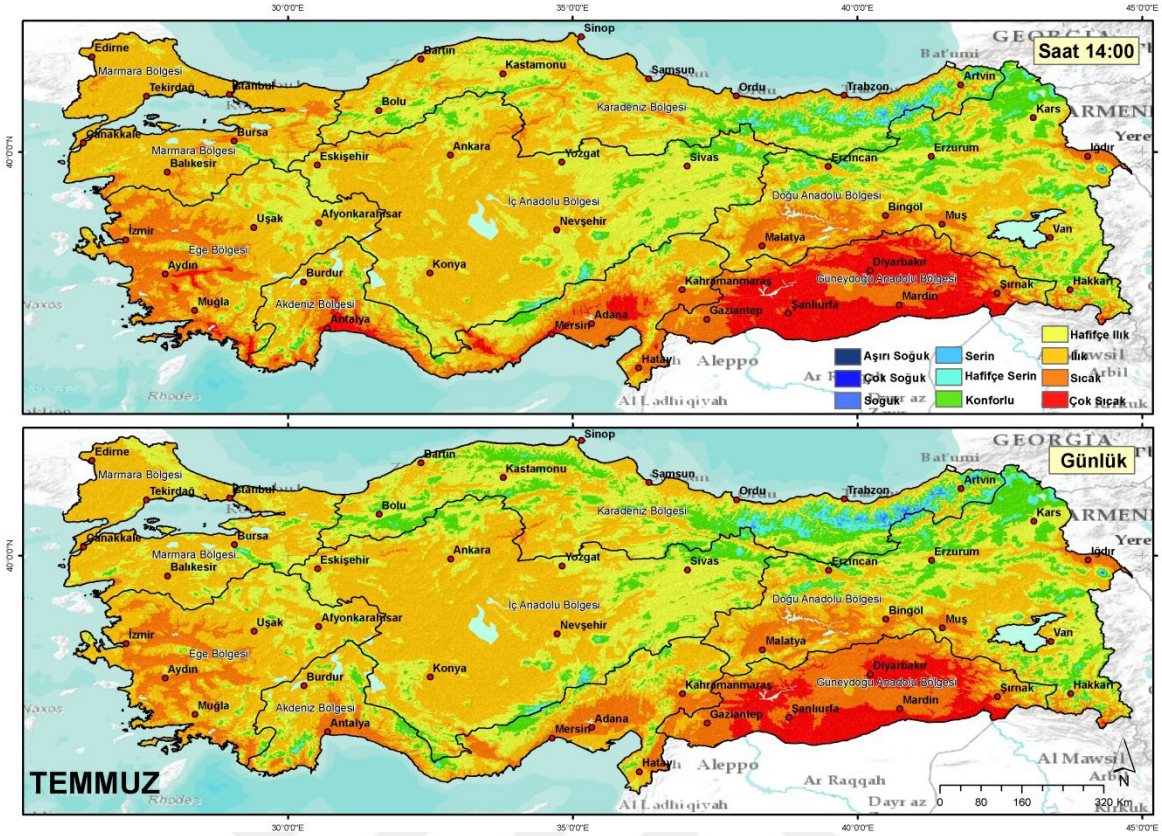
HAZİRAN		SSP2-4,5		SSP5-8,5	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)				
	0 - 4 (Çok Soğuk)				
	4 - 8 (Soğuk)	-666	0,0	-666	0,0
	8 - 13 (Serin)	-3.069	0,0	-3.069	0,0
	13 -18 (Hafifçe Serin)	-33.430	0,0	-33.430	0,0
	18 - 23 (Konforlu)	-155.397	1,1	-152.748	1,5
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	-78.486	31,2	-161.980	19,2
	29 - 35 (Ilık)	201.599	50,5	245.882	56,9
	35 - 41 (Sıcak)	55.291	15,2	82.566	19,1
	> 41 (Çok Sıcak)	14.158	2,1	23.445	3,4

4.2.7. Temmuz

Temmuz ayı içerisinde FES değerleri ülke genelinde günlük ortalamada 4,8 °C – 43,6 °C arasında ve saat 14:00'daki ortalamada 7,5 °C – 45,4 °C arasında değişmektedir ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, yazları çok sıcak ve kurak, kışları ise ılıman ve yağışlı bir iklimle Türkiye'nin en sıcak bölgelerinden biridir ve sıcaklık stresi oldukça fazladır. Temmuz ayı içerisindeki en yüksek ortalama sıcaklık 31,6 °C ile bu bölgededir, ortalama nem oranı ise % 32 ile en düşük olan bölgelerden biridir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı ise 3,2 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 42,7 °C olarak hesaplanmıştır ve ülkedeki çok sıcak ısıl algılamanın %80'i bu bölgede gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 45,3 °C'ye çıkmaktadır ve aynı şekilde çoğunlukla çok sıcak ısıl algılama gerçekleşmektedir. Çok sıcak ısıl algılamanın hissedildiği bir diğer bölge ise Akdeniz bölgesidir. Bölge sıcak ve kurak yazları ile bilinirken, ılıman kışlarıyla da dikkat çeker. Bölge ortalama 27,1 °C sıcaklık ile temmuz ayının en sıcak bölgelerinden biridir ve %46 ortalama nem oranıyla diğer bölgelere göre daha kuraktır ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 3,4 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 28,5 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 38,6 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Marmara Bölgesi, kıyı bölgeleri ve iç kesimler arasındaki iklim farklılıklarıyla da dikkat çeken bir bölgedir. Bu ay içerisinde uzun yıllar günlük sıcaklık ortalaması 25,4 °C ve %62 ortalama nem oranıyla diğer bölgelere göre nemli bir iklimi temsil eder. Ayrıca, rüzgâr hızı ise ortalama 4 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 31,9 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 36,2 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla sıcak ısıl algılama gerçekleşmektedir.

Ege Bölgesi, Akdeniz iklimine yakın özellikler gösterir ve ılıman bir iklim kuşağındadır. Ortalama 28,3 °C sıcaklıkla Marmara Bölgesi'ne göre daha sıcak bir iklim sergiler. Ortalama nem oranı %50 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 3,2 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 35,4 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşse de kıyı kesimlerde sıcak ısıl algılama hissedilmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 38,2 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla sıcak ısıl algılama gerçekleşse de Aydın ve Muğla çevresinde yer yer çok sıcak ısıl algılamalar hissedilmektedir. İç Anadolu Bölgesi, yazları sıcak ve kışları soğuk olan tipik kara ikliminin etkili olduğu bir bölgedir ve ortalama sıcaklık 23,9 °C olarak hesaplanmıştır. Temmuz ayı içerisinde bölgenin nem oranı ortalama %38 ve rüzgâr hızı ise zaman zaman yükselmekle birlikte ortalama 2,6 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 31,5 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise 32,4 °C olarak hesaplanmıştır. Her iki zaman diliminde de çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir.

Karadeniz Bölgesi, yağışlı ve özellikle batı kesimiyle nemli bir iklime sahip olup, yaylaları ve ormanlarıyla ünlüdür. Bölge temmuz ayı içerisinde ortalama 22,3 °C sıcaklığa sahiptir ve nem oranı %76 ile en yüksek neme sahip bölgedir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı ise 3,6 m/s ile Marmara bölgesinden sonra en yüksek rüzgâr hızına sahiptir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 22,1 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla konforlu ısıl algılama görülmektedir ancak doğu Karadeniz bölgesinde yüksek kesimlerde serin ısıl algılama görülmektedir. FES değeri saat 14:00'da ise 24,8 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşirken günlük ortalama değerlerle benzer şekilde doğu Karadeniz bölgesinde yüksek kesimlerde serin ısıl algılama görülmeye devam etmektedir. Doğu Anadolu Bölgesinde bu ayda ortalama sıcaklık 22,6 °C olarak hesaplanmıştır. Bölge %40'lik bir nem oranına sahiptir, ortalama rüzgâr hızı ise 3 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 21,6 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise 23,6 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir (Şekil 4.48).



Şekil 4.48. Temmuz ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası

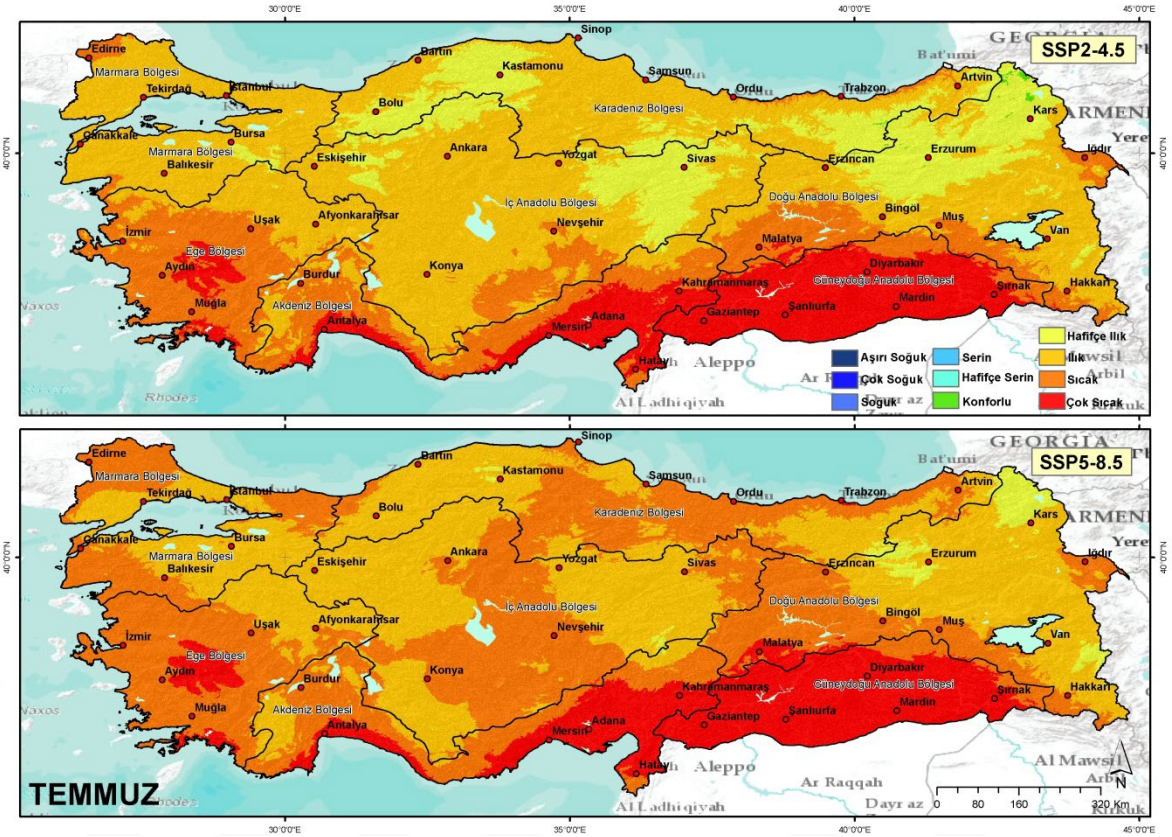
Temmuz ayı araştırmanın bulgularına göre, günlük ortalama ve günün en sıcak saati olan 14:00'te gerçekleşen ortalama FES değerlerinde çoğunlukla ılık ısıl algılama olduğu görülmektedir. Ilık ısıl algılama Temmuz ayı ısıl algılama verilerine göre saat 14:00'de 303.959 km^2'lik alanla %43,6'lık bir oranla hissedilirken, günlük ortalamaya göre ise %42,4 oranla bir birine yakın değerler almıştır. Özellikle ülkenin iç kesimlerinde ılık ısıl algılama hissedilmektedir. Temmuz ayı günlük ortalamaya göre çok sıcak ısıl algılama haziran ayına göre artış göstermiştir, saat 14:00'da ise 46.865 km^2'lik alanda hissedilmektedir ve özellikle Güney Doğu Anadolu bölgesinde günlük ortalama ısıl algılama artış göstermiştir. Sıcak ısıl algılama temmuz ayı saat 14:00 verilerine göre %13,5'lik oranla 93.831 km^2'lik bir alanda hissedilirken günlük ortalamaya göre ise %12,4'lik bir alanda artış göstermiştir. Sıcak ısıl algılama günlük ortalama verilerine göre özellikle Güney Doğu Anadolu bölgesinde hissedilmeye başlanmıştır. Hafifçe ılık ısıl algılama haziran ayı verilerine göre azalış göstererek saat 14.00'da 195.528 km^2'lik alanda hissedilirken günlük ortalama ısıl algılama verilerine göre 199.858 km^2'lik alanda hissedilmiştir. Konforlu ısıl algılama günlük ortalama değerlere göre 58.511 km^2 de hissedilirken saat 14:00'da bu oran 52.077 km^2'de bir önceki aya göre azalarak % 7,5'lik bir alanı temsil etmektedir. Temmuz ayı günlük ortalamalardaki hafifçe serin ısıl algılama 17.572 km^2 ve % 2,5'lik bir oranlık bir alanda hissedilmektedir. Saat 14:00'daki ortalamalarda ise hafifçe serin ısıl algılama %0,5'lik bir oran ve 3.645 km^2 alanda hissedilmektedir. Her iki zaman diliminde hissedilen ısıl algılama ayrı ayrı değerlendirildiğinde soğuk ve serin ısıl algılama ise oldukça az bir alanda hissedilmektedir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Türkiye 1998-2019 arası temmuz ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı

TEMMUZ		14:00		Günlük	
		km²	%	km²	%
FES (⁰C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)				
	0 - 4 (Çok Soğuk)				
	4 - 8 (Soğuk)	51	0,0	832	0,1
	8 - 13 (Serin)	797	0,1	2.150	0,3
	13 -18 (Hafifçe Serin)	3.645	0,5	17.572	2,5
	18 - 23 (Konforlu)	52.077	7.5	58,511	8,4
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	195.528	28,1	199.858	28,7
	29 - 35 (Ilık)	303.959	43,6	295.525	42,4
	35 - 41 (Sıcak)	93.831	13,5	86.248	12,4
	> 41 (Çok Sıcak)	46.865	6,7	36.057	5,2

Biyoiklimsel konfor alanları gelecek projeksiyonlarına göre incelendiğinde güncel duruma göre konfor durumunun yerini çoğunlukla daha sıcak ısıl algılamalara bırakacağı tahmin edilmektedir. Bölgesel olarak incelediğimizde Karadeniz bölgesinde konforlu ısıl algılamanın tamamen ortadan kalkması ve SSP2-4,5 senaryosuna göre hafifçe ılık ve ılık ısıl algılamanın bölge genelinde etkili olması beklenirken SSP5-8,5 senaryosuna göre ılık ve sıcak ısıl algılamanın etkili olması öngörülmektedir. Güncel durumda Marmara bölgesinde farklı ısıl algılamalar etkili olmasına rağmen SSP2-4,5 senaryosuna göre %93 oranında ılık ısıl algılamanın etkili olması, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise bu oranın çoğunlukla iç kesimlerde olmak üzere %63 oranında ılık ısıl algılama diğer kesimlerde ise sıcak ısıl algılamanın etkili olması beklenmektedir. Ege bölgesinde iç kesimlerde etkili olan hafifçe ılık ve konforlu ısıl algılamaların her iki senaryoda da etkisini tamamen kaybetmesi, kıyı kesimde etkili olan sıcak ve çok sıcak ısıl algılamaların da her iki senaryoya göre iç kesimlere doğru hissedilmesi beklenmektedir. İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde konforlu ısıl algılamanın tamamen ortadan kalkacağı, SSP2-4,5 senaryosuna göre hafifçe ılık ısıl algılamanın Sivas, Erzurum ve Kars çevresinde, sıcak ısıl algılamaların Nevşehir ve Malatya kesimlerinde, ılık ısıl algılamanın ise her iki bölgenin de çoğu kesiminde etkili olacağı tahmin edilmektedir. SSP5-8,5 senaryosuna göre ise hafifçe ısıl algılamanın hissedilmeyeceği, sıcak ısıl algılamanın Ankara, Konya, Nevşehir, Sivas, Erzincan, Bingöl ve Muş ileri hattı boyunca etkili olacağı, çok sıcak ısıl algılamanın ise Malatya ilinin bir kısmında hissedileceği tahmin edilmektedir. Akdeniz bölgesinde her iki senaryoda da konforlu ve hafifçe ılık ısıl algılamanın etkisini kaybedeceği, sadece Antalya ve Adana kesimlerinde etkili olan çok sıcak ısıl algılamanın ise kıyı kesiminin tamamında etkisini arttıracağı öngörülmektedir. Güneydoğu Anadolu bölgesinde

ise çok sıcak ısıl algılama her iki senaryoda da hemen hemen bölgenin tamamını etkisi altına alması beklenmektedir (Şekil 4.49).



Şekil 4.49. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik Temmuz ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Temmuz ayında mevcut durumda bu aydaki FES değerleri 4,8 °C – 43,6 °C arasında değişirken yakın gelecekte SSP5-8,5 senaryosuna göre 28,3 °C – 46,5 °C, SSP2-4,5 senaryosuna göre ise 22,9 °C – 47,1 °C arasında olması tahmin edilmektedir. Tahmin edilen projeksiyon verilerine göre temmuz ayında her iki senaryoda da soğuk, serin, hafifçe serin ve konforlu ısıl algılamanın etkilerini tamamen yitireceği öngörülmektedir. Bununa birlikte hafifçe ılık ısıl algılamanın da SSP8-8,5 senaryosuna göre 185.800 km^2 alanda azalarak %2 oranında, SSP-84,5 senaryosuna göre 91.867 km^2 alanda azalarak %15,5 oranında etkili olacağı tahmin edilmektedir. SSP5-8,5 senaryosuna göre ılık ısıl algılamada çok küçük bir alanda azalma olacağı ve %41,1 oranı ile en yaygın hissedilen ikinci ısıl algılama olacağı tahmin edilmektedir. Sıcak ısıl algılamanın ise 207.162 km^2 alanda artış göstererek %42,1 oranıyla en yaygın hissedilen ısıl algılama olacağı öngörülmektedir. Çok sıcak ısıl algılamanın da etkisini arttırması ve %14,8'lik bir oranda etkili olması beklenmektedir. SSP2-4,5 senaryosuna göre ise diğer senaryonun aksine 58.919 km^2 alanda artış göstererek %50,9 oranıyla en yaygın hissedilen ısıl algılama olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca bu artışın 54.635 km^2 alanda sıcak ısıl algılamada 56.730 km^2 alanda ise çok sıcak ısıl

algılamada devam edeceği ve sırasıyla %20,2 ve %13,3 oranlarında yayılım göstereceği tahmin edilmektedir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre temmuz ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi

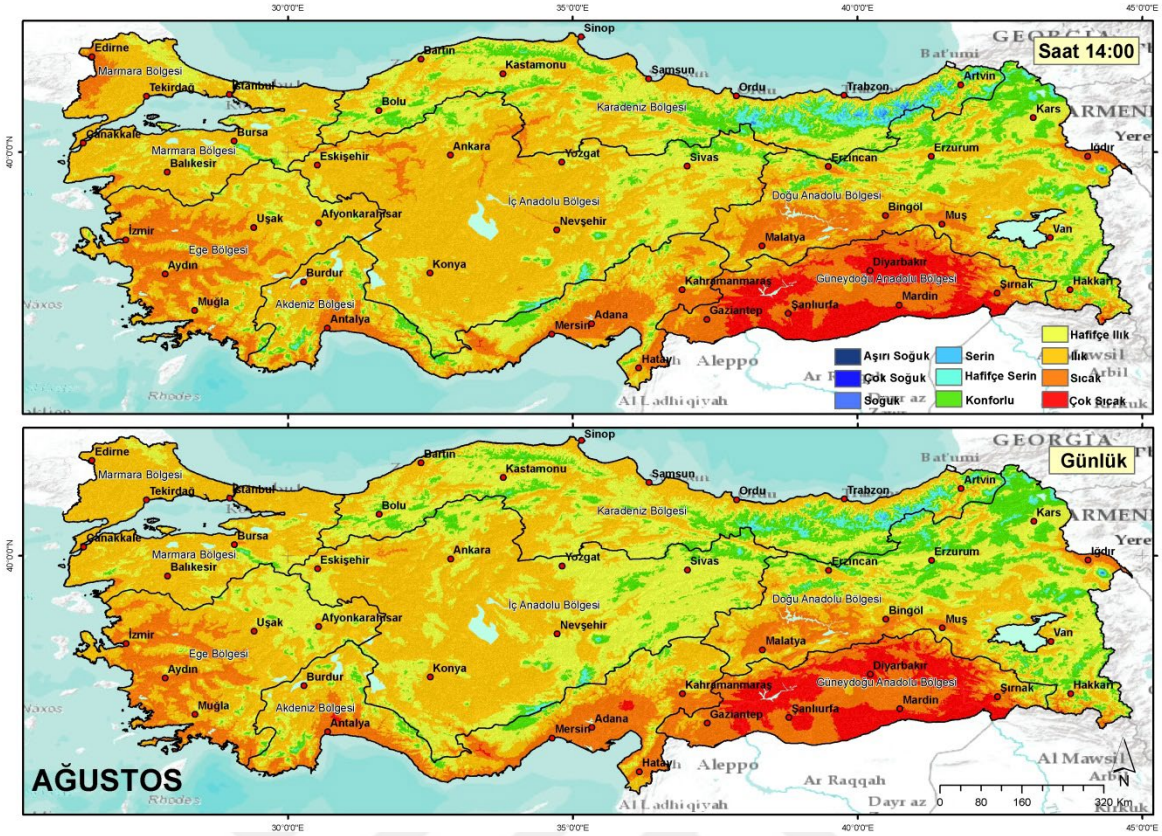
TEMMUZ		SSP2-4,5		SSP5-8,5	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)				
	0 - 4 (Çok Soğuk)				
	4 - 8 (Soğuk)	-832	0,0	-832	0,0
	8 - 13 (Serin)	-2.150	0,0	-2.150	0,0
	13 -18 (Hafifçe Serin)	-17.572	0,0	-17.572	0,0
	18 - 23 (Konforlu)	-57.863	0,0	-58.511	0,1
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	-91.867	2,0	-185.800	15,5
	29 - 35 (Ilık)	58.919	41,1	-9.233	50,9
	35 - 41 (Sıcak)	54.635	42,1	207.162	20,2
	> 41 (Çok Sıcak)	56.730	14,8	66.936	13,3

4.2.8. Ağustos

FES değerleri ülke genelinde günlük ortalamada 7,7 °C – 42,3 °C arasında ve çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşirken saat 14:00'daki ortalamada 12,5 °C – 44,6 °C arasında değişmektedir ve günlük ortalamalarda çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama saat 14:00'daki ortalamalarda ise çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Temmuz ayında olduğu gibi bu ayda da en yüksek sıcaklık stresi Güneydoğu Anadolu Bölgesinde gerçekleşmektedir. Bölgede ortalama sıcaklık 30,4 °C ile en yüksek sıcaklığa sahiptir ve %33 ortalama nem oranı ile ağustos ayındaki en kurak bölgelerden biridir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı 3,1 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 41,3 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise 43,7 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de ve çoğunlukla çok sıcak ısıl algılama gerçekleşmektedir. Sıcak ısı algılamaların hissedildiği bölgelerden biri olan Ege Bölgesi, Akdeniz iklimine yakın özellikler gösterir ve ılıman bir iklim kuşağındadır. Bölgede ortalama sıcaklık 28,2 °C ve ortalama nem oranı ise %52 olarak hesaplanmıştır ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 3,2 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 31,7 °C olarak hesaplanmıştır çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise 36,4 °C olarak hesaplanmıştır ve özellikle İzmir, Aydın, Muğla ili çevrelerinde olmak üzere çoğunlukla sıcak ısıl algılama gerçekleşmektedir. Akdeniz Bölgesi, sıcak ve kurak yazları ile bilinmektedir ortalama 28,4 °C sıcaklık ile Ege bölgesi ile benzer iklim özelliklerine sahiptir. Bölge, %54 ortalama nem oranına ve ortalama 3,3 m/s rüzgâr hızına sahiptir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 33,5 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da 35,2 °C'ye yükselmiştir ve özellikle

Adana, Merin ve Antalya bölgelerinde olmak üzere çoğunlukla sıcak ısıl algılama gerçekleşmektedir.

Marmara Bölgesinin temmuz ayı içerisinde uzun yıllar günlük sıcaklık ortalaması 25 °C'dir bölge ve % 64 ortalama nem oranıyla Karadeniz bölgesinden sonra en yüksek nem oranına sahiptir. Bu aydaki en yüksek rüzgâr hızı ise ortalama 4,2 m/s ile Marmara bölgesindedir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 29,3 °C olarak hesaplanmıştır. Bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 33,8 °C olarak hesaplanmıştır. Bölgede günlük ortalama ve FES değerlerine göre çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşse de saat 14:00'da Edirne ili yakınlarında sıcak ısıl algılama etkisini göstermektedir. İç Anadolu Bölgesi, yazları sıcak ve kışları soğuk olan tipik kara ikliminin etkili olduğu bir bölgedir ve ortalama sıcaklık 21,3 °C ile diğer bölgelere göre daha serindir. Temmuz ayı içerisinde bölgenin nem oranı ortalama %40 ve rüzgâr hızı ise ortalama 2,5 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 29,8 °C olarak hesaplanmıştır bu değer saat 14:00'da ise 34,6 °C olarak hesaplanmıştır. Her iki zaman diliminde de çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Karadeniz Bölgesi ise temmuz ayı içerisinde ortalama 22,7 °C sıcaklığa sahiptir ve nem oranı % 76 ile bu aydaki en yüksek nem oranına sahip bölgedir. Bölgenin rüzgâr hızı ise ortalama 3,8 m/s ile Marmara bölgesinden sonra en yüksek seviyededir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 28,7 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe ılık ısıl ağılama gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise 33,2 °C olarak hesaplanmıştır çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bölgede çoğunluğu Doğu Karadeniz taraflarında olmak üzere bu aydaki konforlu ısıl algılama da oldukça yoğun hissedilmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi, kışları sert ve soğuk, yazları ise kısa ve ılıman bir iklimle sahiptir ve Türkiye'nin en soğuk bölgelerinden biridir. Bu ayda ortalama sıcaklık 20,7 °C ile en düşük sıcaklığa sahiptir ve ortalama nem oranı %41 ile Güneydoğu Anadolu bölgesinden sonraki en kurak bölgedir. Ortalama rüzgâr hızı ise 2,9 m/s'dir, bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 22,4 °C olarak hesaplanmıştır ve Malatya ili çevresinde sıcak ısıl algılama hissedilse de çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise 24,3 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir (Şekil 4.50).



Şekil 4.50. Ağustos ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Araştırmanın bulgularına göre, ağustos ayında günün en sıcak saati olan 14:00'da gerçekleşen ortalama FES değerleri ile günlük ortalama FES değerleri analizleri incelendiğinde her iki zaman dilimindeki ısıl algılama değerlerine bakıldığında ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Ilık ısıl algılama günlük ortalamalarda ise 292.189 km^2 de hissedilirken saat 14:00'da bu oran 327.608 km^2'ye yükselerek %47'lik bir alanı temsil etmektedir. Saat 14:00'daki hafifçe ılık ısıl algılama 170.056 km^2 ve %24,4'lük bir oranla en yaygın hissedilen ikinci ısıl algılamadır, Günlük ortalamalarda ise hafifçe ılık ısıl algılama % 30'luk ve 208.921 km^2 alanda ülke genelinde özellikle iç kesimlerde yaygın olarak hissedilmektedir. Her iki FES değerleri analizlerine bakıldığında Türkiye genelinde aşırı soğuk ve çok soğuk ısıl algılama hissedilmemektedir. Soğuk ısıl algılama ise 151 km^2 alan ile oldukça az bir alanda hissedilmektedir. Ağustos ayında günlük ortalamaya bakıldığında hafifçe serin ısıl algılama temmuz ayına göre azalarak 7.536 km^2'lik alanda hissedilmektedir. Serin ısıl algılama saat 14:00'da oldukça azalarak %0,1'lik alanda hissedilmektedir. Günlük değerlere bakıldığında yükselerek 1.362 km^2'lik bir alanda hissedildiği görülmektedir. Konforlu ısıl algılamanın dağılımı saat 14:00'da 54.687 km^2 alanla %7,8'lik bir dağılım gösterirken günlük ortalama da bu oran 62.836 km^2'ye azalarak %9'luk bir alanı temsil etmektedir. Ağustos ayında sıcak ısıl algılama en sıcak saati olan 14:00'da 105.349 km^2'lik alanda hissedilirken günlük ortalamalarda ise yükselerek %13,8'lik bir alanda hissedilmeye başlanmıştır. Çok sıcak ısıl algılama ise temmuz ayına göre azalış göstermiş günlük ortalamaya bakıldığında

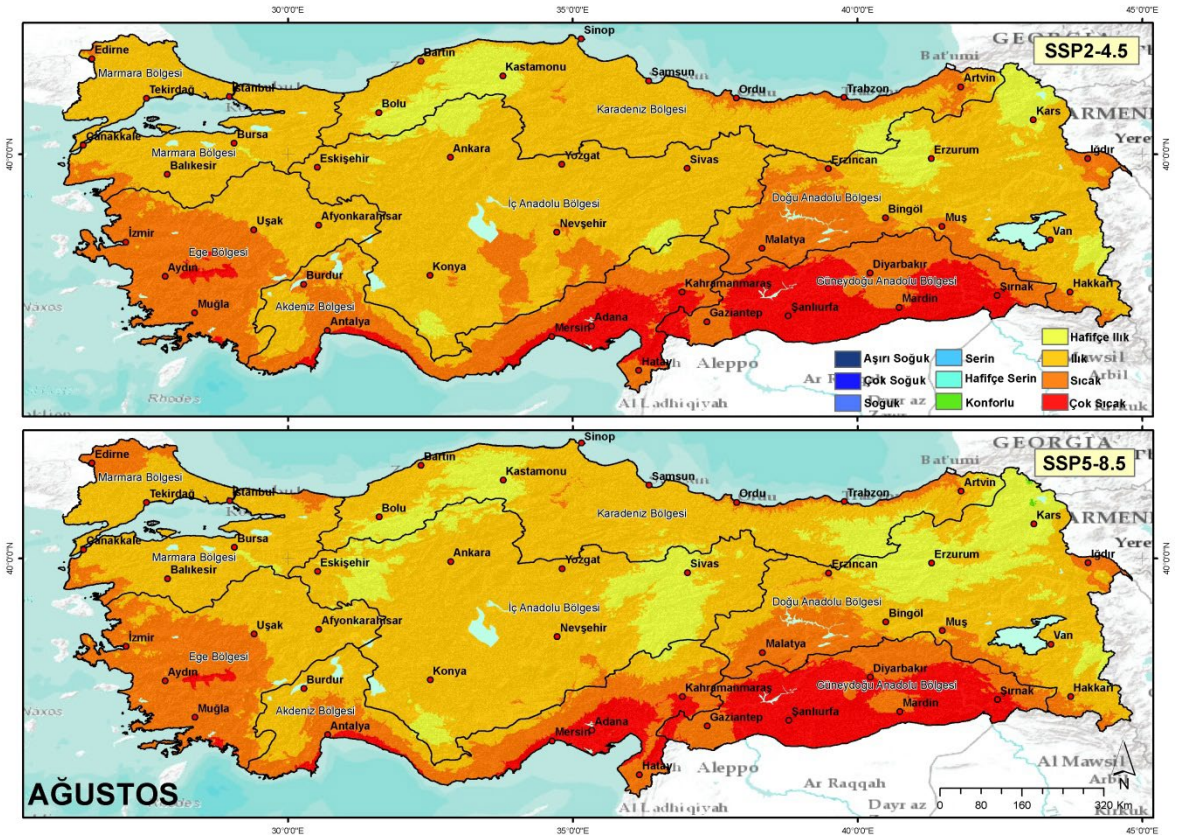
27.970 km^2'lik bir alanda hissedilirken 14:00'da yükselerek 29.136 km^2'lik alanda hissedilmiştir. (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Türkiye 1998-2019 arası Ağustos ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı

	AĞUSTOS	14:00		Günlük	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)				
	0 - 4 (Çok Soğuk)				
	4 - 8 (Soğuk)			151	0,0
	8 - 13 (Serin)	546	0,1	1362	0,2
	13 -18 (Hafifçe Serin)	9.371	1,3	7.536	1,1
	18 - 23 (Konforlu)	54.687	7,8	62.836	9,0
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	170.056	24,4	208.921	30,0
	29 - 35 (Ilık)	327.608	47,0	292.189	41,9
	35 - 41 (Sıcak)	105.349	15,1	95.788	13,7
	> 41 (Çok Sıcak)	29.136	4,2	27.970	4,0

İklim değişikliğinin etkisiyle ülke genelindeki ısınma FES değerlerinde ciddi artışa sebep olmaktadır ve mevcut durumda etkili olan konforlu ısıl algılamanın her iki senaryoda da tamamen ortadan kalkacağı tahmin edilmektedir. Bölgesel bazda incelendiğinde Doğu Anadolu bölgesinde etkili olan konforlu ısıl algılamanın tamamen ortadan kalkarak yerini ılık ve sıcak algılamaya bırakacağı tahmin edilmektedir. Karadeniz bölgesinde her iki senaryoda da konforlu ve hafifçe ılık algılamanın yok olacağı ve çok küçük bir alan hariç tamamen sıcak ısıl algılamanın etkisi altında kalacağı tahmin edilmektedir. FES değerlerindeki sıcaklık artışı İç Anadolu bölgesinde de etkisini göstermektedir. Bölgede hissedilen konforlu e hafifçe ısıl algılamanın etkisini tamamen yitireceği sıcak ısıl algılamanın her iki senaryoda da hakim olacağı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte SSP5-8,5 senaryosuna göre Nevşehir bölgesi civarında sıcak ısıl algılamanın daha etkin hissedilmesi beklenmektedir. Marmara bölgesinde her iki senaryoda da ılık ısıl algılamanın artış göstermesi SSP2-4,5 senaryosuna göre Çanakkale yakınlarında, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise ek olarak Edirne ili çevresinde sıcak ısıl algılamanın etkili olması beklenmektedir. Ağustos ayındaki FES değerindeki artışların Ege bilgesini de etkilemesi beklenmektedir. Güncel durumda sadece kıyı kesiminin bir bölümünde hissedilen sıcak ısıl algılama her iki senaryoda da Uşak taraflarına doğru genişleyeceği bununla birlikte Aydın yakınlarında ise çok sıcak ısıl algılamanın hissedilmeye başlanacağı tahmin edilmektedir. Akdeniz bölgesindeki değişim Ege bölgesiyle benzerlik göstermektedir. Güncel durumda yer yer etkili olan konforlu ısıl algılama her iki senaryoda da etkisini tamamen yitirmesi beklenmektedir. Buna karşı sıcak ısıl algılamanın bölgenin %87 sinde

artış göstermesi ve çok sıcak ısıl algılamanın ise Antalya, Mersin Adana ve Hatay taraflarında etkisini arttırması beklenmektedir. Diğer bölgelerde olduğu gibi Güneydoğu Anadolu bölgesinde de FES değerlerindeki artış ısıl algılamaların şiddetini daha arttırmıştır. Her iki senaryoda da çok sıcak ısıl algılama hemen hemen bölgenin tamamını etkisi altına alması beklenmektedir (Şekil 4.51).



Şekil 4.51. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik ağustos ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Ağustos ayında mevcut durumda bu aydaki FES değerleri 7,7 °C – 42,3 °C arasında değişirken yakın gelecekte SSP2-4,5 senaryosuna göre 24,5 °C – 45,6 °C, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 26,25 °C – 47,4 °C arasında olması tahmin edilmektedir. Bu aydaki güncel durumda etkili olan soğuk, serin, hafifçe serin ve konforlu ısıl algılamanın her iki senaryoda da tamamen ortadan kalkacağı tahmin edilmektedir. Hafifçe ılık ısıl algılamanın ise SSP2-4,5 senaryocuna göre 160.275 km^2 alanda, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 116.488 km^2 alanda etkisini kaybederek sınırlı bölgelerde hissedileceği öngörülmektedir. Buna karşı ılık ısıl algılamanın SSP2-4,5 senaryosuna göre 122.556 km^2 alanda artış göstererek ülke geneli %59,5 oranında bir alan kaplaması, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 109.225 km^2 alanda artış göstererek %57,6 oranında hissedilmesi tahmin edilmektedir. Ilık ısıl algılamadan sonra en yüksek artış sıcak ısıl algılamada beklenmektedir. Bu artışın SSP2-4,5 senaryosunda 77,051 km^2 alanda SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 47.761 km^2 alanda gerçekleşmesi beklenmektedir. Çok sıcak ısıl algılama Temmuz ayı kadar etkili olmamakla

birlikte SSP2-4,5 senaryosuna göre % 8,7 oranında, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise % 8,5 oranında hissedileceği öngörülmektedir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre Ağustos ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi

AĞUSTOS		SSP2-4,5		SSP5-8,5	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)				
	0 - 4 (Çok Soğuk)				
	4 - 8 (Soğuk)	-151	0,0	-151	0,0
	8 - 13 (Serin)	-1.362	0,0	-1.362	0,0
	13 -18 (Hafifçe Serin)	-7.536	0,0	-7.536	0,0
	18 - 23 (Konforlu)	-62.836	0,0	-62.704	0,0
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	-160.274	7,0	-116.488	13,3
	29 - 35 (Ilık)	122.556	59,5	109.225	57,6
	35 - 41 (Sıcak)	77.051	24,8	47.761	20,6
	> 41 (Çok Sıcak)	32.552	8,7	31.255	8,5

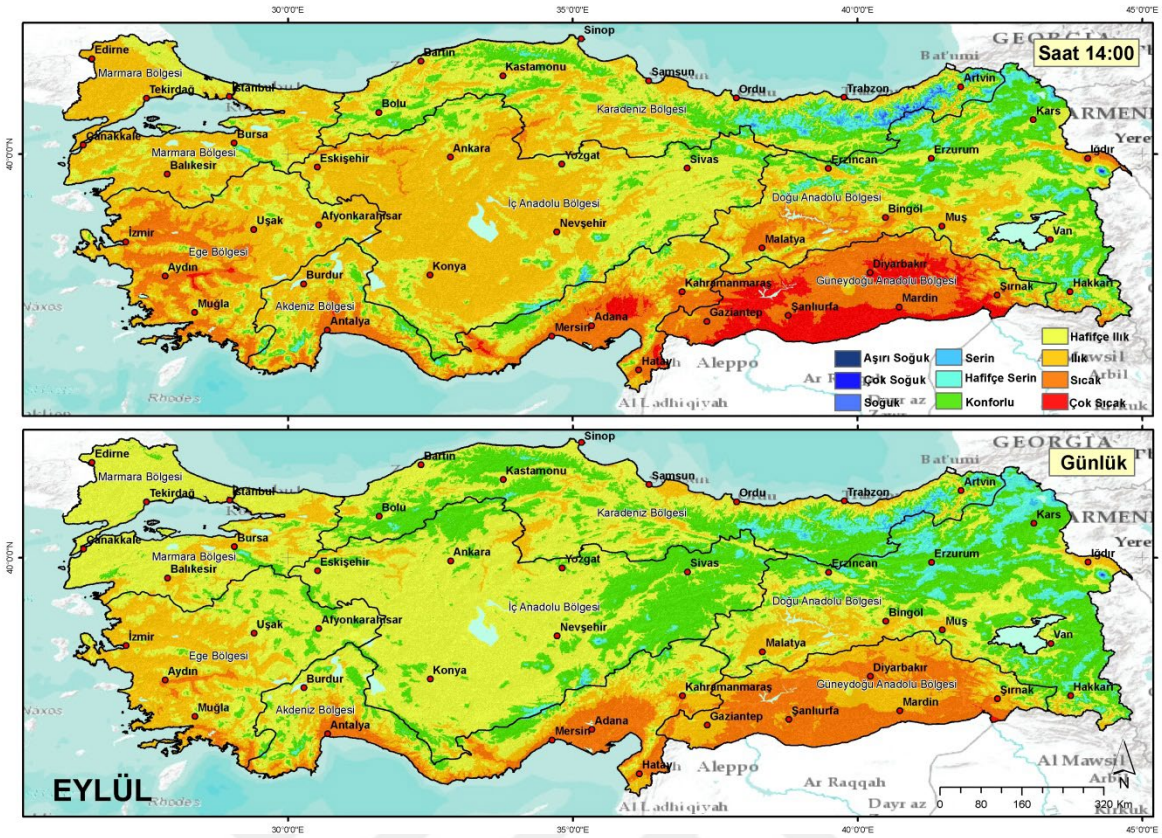
4.2.9. Eylül

Eylül ayı Türkiye'de sonbaharın başlangıcıdır ve sıcak ve kurak bir yaz mevsiminin ardından daha ılıman ve yağışlı bir sonbahar mevsiminin geldiği anlamına gelmektedir. Eylül ayı yaz sonu olarak kabul edilir, bu nedenle sıcaklıklar hala nispeten yüksektir ve güneşli günler sık görülür. Kıyı bölgelerinde Eylül ayında ortalama sıcaklık 20-30 °C arasında değişirken, iç ve doğu bölgelerde sıcaklıklar geceleri 10 dereceye kadar düşmektedir. Bu aydaki FES değerleri ülke genelinde günlük ortalamada 7,2 °C – 40,9 °C arasında ve çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşirken saat 14:00'daki ortalamada 12,7 °C – 42,4 °C arasında değişmektedir ve çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Marmara Bölgesi, kıyı bölgeleri ve iç kesimler arasındaki iklim farklılıklarıyla da dikkat çeken bir bölgedir. Bu ay içerisinde uzun yıllar günlük sıcaklık ortalaması 21 °C ve %67 ortalama nem oranıyla Karadeniz bölgesinden sonra diğer bölgelere göre en yüksek neme sahiptir. Ayrıca, Türkiye'nin bu ay içerisinde en yüksek rüzgâr hızı ortalama 3,7 m/s ile Marmara bölgesindedir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 26,3 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise 32,7 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Akdeniz Bölgesi, sıcak ve kurak yazları ile bilinmektedir ortalama 25 °C sıcaklık ile Güneydoğu Anadolu bölgesinden sonra temmuz ayının en sıcak bölgesidir. Bölge, %53 ortalama nem oranıyla diğer bölgelere göre daha kuraktır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 3 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 33,6 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla ılık ısıl algılama hissedilmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 35,8 °C olarak hesaplanmıştır ve Adana bölgesinde çok sıcak ısıl algılamalar hissedilse de çoğunlukla sıcak ısıl

algılama gerçekleşmektedir. Ege Bölgesi, Akdeniz iklimine yakın özellikler gösterir ve ılıman bir iklim kuşağındadır. Ortalama 24 °C sıcaklıkla Akdeniz Bölgesi'ne yakın bir sıcaklıktadır. Ortalama nem oranı %57 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 2,8 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 28,7 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir, bu değer saat 14:00'da ise 34,6 °C olarak hesaplanmıştır ve kıyı kesimlerde sıcak ısıl algılama hakim olsa da çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir.

İç Anadolu Bölgesi sonbaharın gelmesiyle birlikte sıcak stresinin azaldığı bölgelerdendir. Bölgenin ortalama sıcaklığı 17 °C ile diğer bölgelere göre daha serindir. Eylül ayı içerisinde bölgenin nem oranı ortalama %45 ve rüzgâr hızı ise ortalama 2,4 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 23,9 °C olarak hesaplanmıştır ve Nevşehir, Sivas bölgelerinde konforlu ısıl algılama daha çok hissedilse de çoğunlukla hafifçe ısıl algılama hissedilmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise 30,4 °C olarak hesaplanmıştır ve Sivas ili civarında onforlu ısıl algılama hissedilmeye devam etse de çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Karadeniz Bölgesi, Eylül ayı içerisinde ortalama 19 °C sıcaklığa sahiptir ve nem oranı %73 ile en yüksek bölgedir ve ortalama rüzgâr hızı ise 3,8 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 21,6 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise 22,8 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Ancak Doğu Karadeniz bölgesinin yüksek kesimlerinde serin ısıl algılamalar hissedilmeye başlanmıştır. Doğu Anadolu Bölgesi temmuz ayı içerisinde konforlu ısıl algılamanın en yaygın hissedildiği bölgedir. Bu ayda uzun yıllar günlük ortalama sıcaklık 17,5 °C olarak hesaplanmıştır ve %46'lık bir nem oranına sahiptir, otalama rüzgâr hızı ise 2,8 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 19,3 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşse de Kars ve Erzurum bölgelerinde serin ısıl algılamalar etkisini göstermeye başlamıştır. Bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 21 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşmesine rağmen Malatya ili çevresinde sıcak ısıl algılamalar hissedilmeye devam etmektedir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, yazları çok sıcak ve kurak, kışları ise ılıman ve yağışlı bir iklim ile Türkiye'nin en sıcak bölgelerinden biridir. Ortalama sıcaklık 26 °C ve %39 ortalama nem oranı ile Eylül ayı içerisindeki en kurak bölgelerden biridir ve bölgedeki ortalama rüzgâr hızı 2,9 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 39,7 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla sıcak ısıl algılama gerçekleşmektedir. Bu değer saat 14:00'da ise 42,3 °C olarak hesaplanmıştır ve Şırnak yakınlarında yüksek kesimde konforlu ısıl algılama görülmekle birlikte çoğunlukla çok sıcak ısıl algılama gerçekleşmektedir (Şekil 4.52).



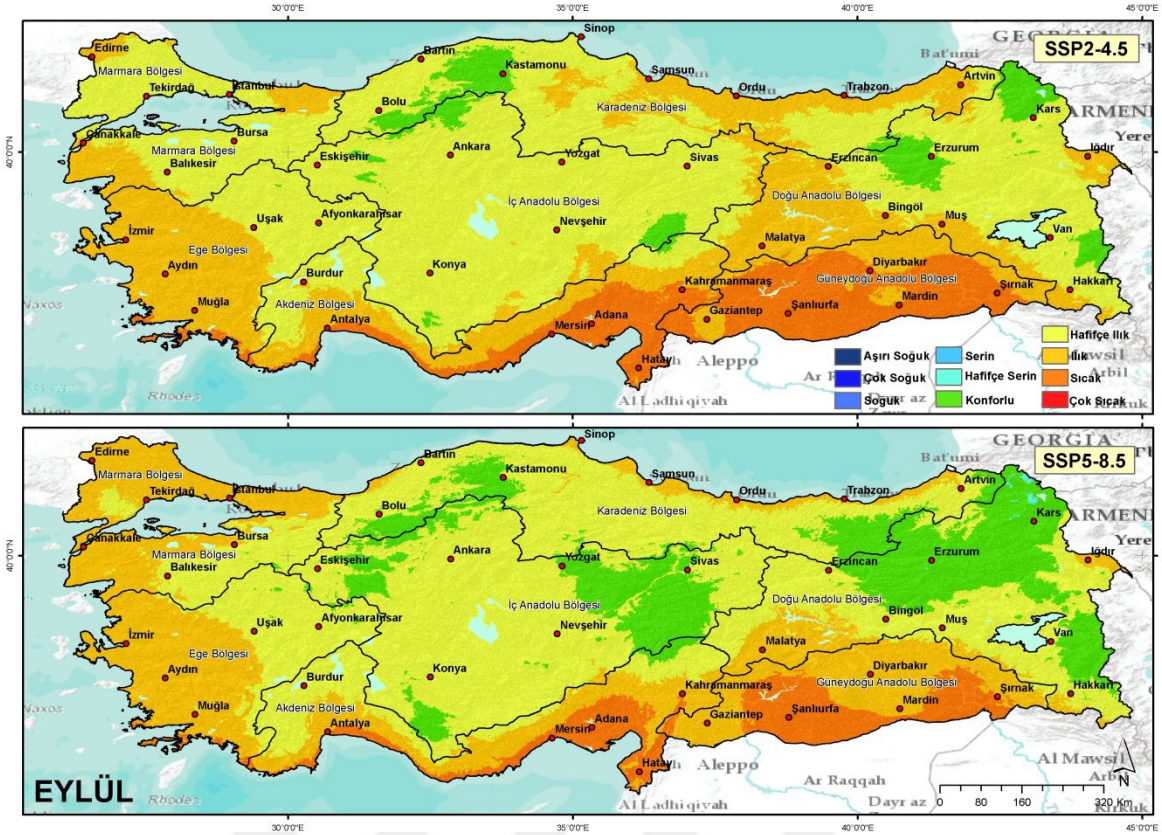
Şekil 4.52. Eylül ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Eylül ayı araştırmanın bulgularına göre, günlük ortalama FES değerleri çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama olduğunu gösterse de günün en sıcak saati olan 14:00'da gerçekleşen ortalama FES değerlerinde çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir. Eylül ayında her iki zaman dilimi değerlendirildiğinde aşırı soğuk, çok soğuk ısıl algılama yoktur. Serin ve Soğuk ısıl algılama ise yok denecek kadar azdır. Hafifçe serin ısıl algılama da Eylül ayı içerisinde oldukça az bir alanda görülmekle birlikte 29.633 km^2 ve %4,3'lük bir oranla günlük ortalamalarda daha çok hissedilmektedir. Konforlu ısıl algılamanın ülke geneli dağılımı incelendiğinde saat 14:00'da 88.790 km^2 alanla %12,7'lik bir dağılım gösterirken günlük ortalama da bu oran 164.492 km^2'ye yükselerek %23,6'lık bir alanı temsil etmektedir. Eylül ayı ülke geneli ılık ve hafifçe ılık koşulların hâkim olduğu bir dönemi temsil etmektedir. Ilık ısıl algılamanın dağılımı ise saat 14:00'da 268.948 km^2 alanla %38,6'lık bir dağılım gösterirken günlük ortalama da bu oran 119.679 km^2'ye azalarak %17,2'lik bir alanı temsil etmektedir. Günlük ortalamalardaki hafifçe ılık ısıl algılama 322.897 km^2 ve %46,3'lik bir oranla en yaygın hissedilen ısıl algılamadır. Saat 14:00'daki ortalamalarda ise hafifçe ılık ısıl algılama %29'luk bir oran ve 202.257 km^2 alan ile özellikle iç kesimlerde hissedilmektedir. Sıcak ısıl algılama günlük ortalamalarda 56.698 km^2 alanda özellikle Güney Doğu Anadolu bölgesinde hissedilirken saat 14:00'da bu oran 87.535 km^2'ye yükselerek %12,6'lık bir alanı temsil etmektedir. Çok sıcak ısıl algılama ise Eylül ayında saat 14:00'da bir önceki aya kıyasla azalarak %3,9'luk bir oran ve 27.100 km^2'lik bir alanda hissedilmektedir (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Türkiye 1998-2019 arası Eylül ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı

EYLÜL		14:00		Günlük	
		km²	%	km²	%
FES (⁰C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)				
	0 - 4 (Çok Soğuk)				
	4 - 8 (Soğuk)			886	0,1
	8 - 13 (Serin)	2.186	0,3	2.325	0,3
	13 -18 (Hafifçe Serin)	19.937	2,9	29.633	4,3
	18 - 23 (Konforlu)	88.790	12,7	164.492	23,6
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	202.257	29,0	322.897	46,3
	29 - 35 (Ilık)	268.948	38,6	119.679	17,2
	35 - 41 (Sıcak)	87.535	12,6	56.698	8,1
	> 41 (Çok Sıcak)	27.100	3,9	143	0,0

İklim değişikliğinin sebep olduğu FES değerlerindeki artış eylül, ayında temmuz ve Ağustos aylarına göre daha azdır. Ancak yine de bölgelerdeki ısınmanın etkili olmaya devam etmesi beklenmektedir. Bu doğrultuda Karadeniz bölgesinin doğusunda etkili olan hafifçe ısıl algılamanın tamamen etkisini kaybedeceği, konforlu ısıl algılamanın ise SSP2-4,5 senaryosuna göre sadece Bolu-Kastamonu illeri arasında etkili olması beklenirken SSP5-8,5 senaryosuna göre ise bölgenin doğusunda da hissedilmeye devam edeceği tahmin edilmektedir. Doğu Anadolu bölgesinde etkili olan konforlu ısıl algılamanın her iki senaryoya göre de etkisini azaltacağı beklenmektedir. Konforlu ısıl algılama SSP2-4,5 senaryosuna göre Erzurum, Kars ve Hakkari illeri yakınlarında etkili olması beklenirken SSP5-8,5 senaryosuna göre ise Erzincan, Bingöl, Kars illerinin kapladığı bölgede ve Hakkari'nin kuzeyinde etkili olmaya devam edeceği tahmin edilmektedir. En sıcak bölge olan Güneydoğu Anadolu bölgesinde FES değerlerindeki artışın daha az olması beklenmektedir ancak yine de sıcak ısıl algılamanın daha fazla alanda etkili olacağı öngörülmektedir. İç Anadolu bölgesinin doğusunda etkili olan konforlu ısıl algılamanın etkisinin SSP5-8,5 senaryosuna göre benzer kalması ve SSP2-4,5 senaryosuna göre ise bölgenin yaklaşık tamamında hafifçe ılık ısıl algılamanın etkili olması beklenmektedir. Akdeniz bölgesinde belenen değişimleri incelediğimizde konforlu ısıl algılamanın yok denilecek kadar azalması, sıcak ısıl algılamanın ise Mersin ve Adana bölgelerinde yoğun olmak üzere etkisini arttırması beklenmektedir. Marmara bölgesinde her iki senaryoda da ısıl algılamalarda güncel durumla benzer dağılımlar beklenmektedir. Ege bölgesinde ise FES değerlerindeki artış daha az olmakla birlikle konforlu ısıl algılamanın etkisinin tamamen ortadan kalkması ılık ısıl algılamanın ise kıyı bölgelerinden Uşak ili yakınlarına kadar etkisini arttırması öngörülmektedir (Şekil 4.53).



Şekil 4.53. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik eylül ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Eylül ayında mevcut durumda bu aydaki FES değerleri 7,2 °C – 40,9 °C arasında değişirken yakın gelecekte SSP2-4,5 senaryosuna göre 21,7 °C – 38,8 °C, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 17,6 °C – 40,8 °C arasında olması tahmin edilmektedir. Bu ayla birlikte güncel durumda etkili olan soğuk, serin ve hafifçe serin ısıl algılamanın her iki senaryoda da tamamen etkisini kaybedeceği tahmin edilmektedir. Konforlu ısıl algılama ise SSP2-4,5 senaryosuna göre 129.520 km^2 alanda azalarak ülkenin sadece %5'inde SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 50.587 km^2 alanda azalarak % 16,3 oranında etkili olacağı tahmin edilmektedir. Bunlara karşı hafifçe ılık ısıl algılama SSP2-4,5 senaryosuna göre 67.769 km^2 alanda artış göstererek ülkenin % 56,1'inde SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 30.573 km^2 alanda artarak % 50,7 oranında olmak üzere her iki senaryoda da en yaygın hissedilecek olan ısıl algılama olması beklenmektedir. Ilık ısıl algılamanın da her iki senaryoya göre artış göstermeye devam etmesi beklenmektedir. Bu artış SSP2-4,5 senaryosuna göre 74.023 km^2 alanda % 27,8 oranında, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 62.513 km^2 alanda % 26,1 oranında olmak üzere en yaygın hissedilen ikinci ısıl algılama olacağı öngörülmektedir. Sıcak ısıl algılama için bu artış eğiliminin SSP2-4,5 senaryosuna göre 20.715 km^2 alanda devam etmesi beklenirken SSP5-8,5 senaryosuna göre tam tersi şekilde 10.120 km^2 alanda azalacağı tahmin edilmektedir. Eylül ayında 143 km^2 gibi çok küçük bir alanda da olsa etkili olan çok sıcak ısıl algılamanın ise her iki senaryoda da hissedilmeyeceği öngörülmektedir (Çizelge 4.24)

Çizelge 4.24. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre mayıs ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi

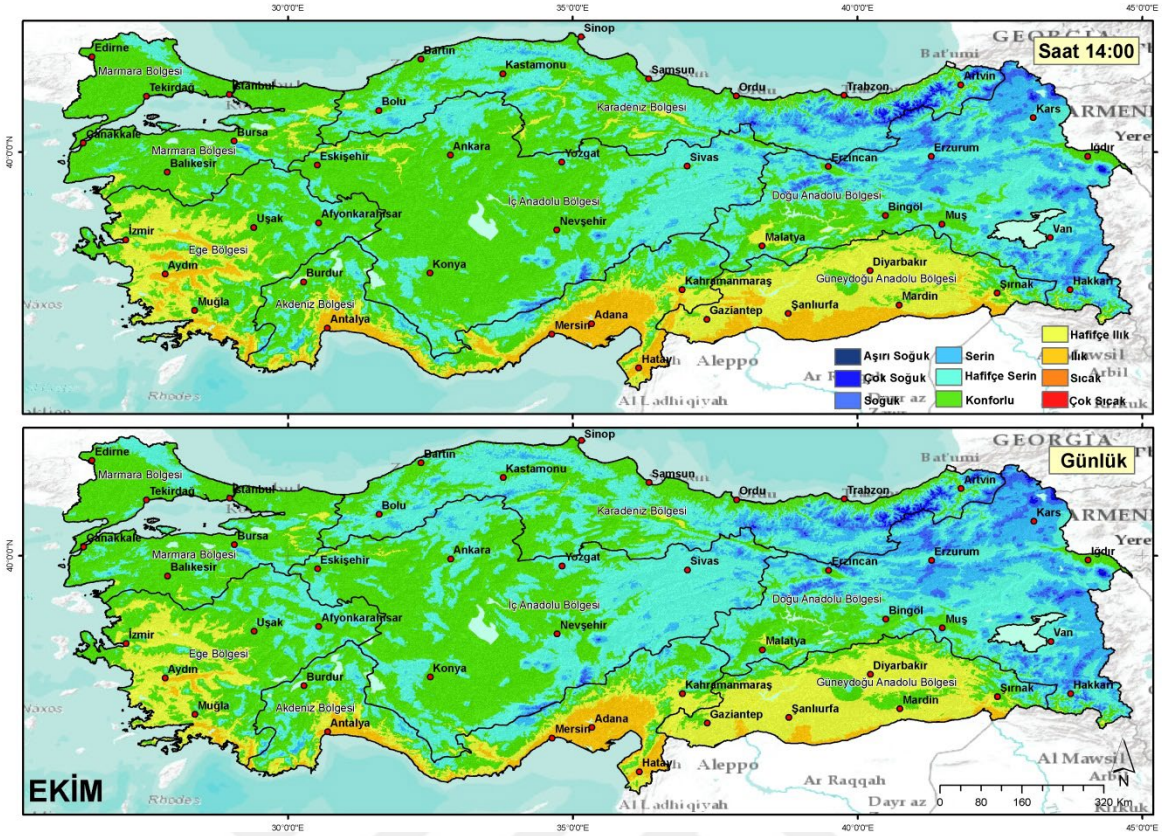
EYLÜL		SSP2-4,5		SSP5-8,5	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)				
	0 - 4 (Çok Soğuk)				
	4 - 8 (Soğuk)	-886	0,0	-886	0,0
	8 - 13 (Serin)	-2.325	0,0	-2.325	0,0
	13 -18 (Hafifçe Serin)	-29.633	0,0	-29.025	0,1
	18 - 23 (Konforlu)	-129.520	5,0	-50.587	16,3
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	67.769	56,1	30.573	50,7
	29 - 35 (Ilık)	74.023	27,8	62.513	26,1
	35 - 41 (Sıcak)	20.715	11,1	-10.120	6,7
	> 41 (Çok Sıcak)	-143	0,0	-143	0,0

4.2.10. Ekim

Ekim ayındaki FES değerleri ülke genelinde günlük ortalamada 3,7 °C – 32,3 °C arasında değişirken saat 14:00'daki ortalamada 1,3 °C – 33,6 °C arasında değişmektedir ve her iki durumda da çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Marmara Bölgesi, kıyı bölgeleri ve iç kesimler arasındaki iklim farklılıklarıyla dikkat çeken bir bölgedir. Bu ay içerisinde uzun yıllar günlük sıcaklık ortalaması 16,2 °C ve bölge, %71 ortalama nem oranıyla nemli bir iklimi temsil eder. Ayrıca, Türkiye'nin bu ay içerisinde en yüksek rüzgâr hızı ortalama 3,8 m/s ile Marmara bölgesindedir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 20,2 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 21,4 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla her iki zaman diliminde de konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Ege Bölgesi, Akdeniz iklimine yakın özellikler gösterir ve ılıman bir iklim kuşağındadır. Ortalama 19,3 °C sıcaklıkla Marmara Bölgesi'ne göre biraz daha sıcak bir iklim sergiler. Ortalama nem oranı %63 ile daha kurak bir bölgedir. Ayrıca bölgede ortalama rüzgar hızı 3,1 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 20,8 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 22,4 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşse de kıyı kesimlerde hafifçe ılık ısıl algılama etkisini göstermeye devam etmektedir. Akdeniz Bölgesi, sıcak ve kurak yazları ile bilinirken, ılıman kışlarıyla da dikkat çeker. Bölge ortalama 20,8 °C sıcaklık ile Ekim ayının en sıcak bölgelerinden biridir. Bölge, %60 ortalama nem oranıyla Marmara ve Ege bölgesine göre daha kuraktır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 2,7 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 23,4 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 25,7 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir.

İç Anadolu Bölgesi, yazları sıcak ve kışları soğuk olan tipik kara ikliminin etkili olduğu bir bölgedir ve ortalama sıcaklık 12,3 °C olarak hesaplanmıştır. Ekim ayı içerisinde bölgenin nem

oranı ortalama %54 ve bölgenin rüzgâr hızı ise ortalama 2,5 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 20,2 °C olarak hesaplanmıştır. Bu değer saat 14:00'da ise 22,3 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşse de Sivas ve Nevşehir arasında kalan bölgede hafifçe serin ısıl algılama etkisini sürdürmektedir. Karadeniz Bölgesi, yağışlı ve özellikle batı kesimiyle nemli bir iklime sahip olup, yaylaları ve ormanlarıyla ünlüdür. Ekim ayı içerisinde ortalama 14,6 °C sıcaklığa sahiptir ve nem oranı %72 ile bu aydaki en yüksek seviyededir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı ise 3,5 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 17,2 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise 18,7 °C olarak hesaplanmıştır. Saat 14:00 verilerine göre çoğunlukla konforlu ısıl algılama hissedilirken günlük ortala verilerine göre çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama hissedilmektedir. Ayrıca her iki aman diliminde de doğu Karadeniz kesiminde serin ısıl algılamalar etkili bir şekilde hissedilmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi, kışları sert ve soğuk, yazları ise kısa ve ılıman bir iklimle sahiptir ve Türkiye'nin en soğuk bölgelerinden biridir. Bu ayda ortalama sıcaklık 11,6 °C ile bu aydaki en düşük sıcaklığa sahiptir. Bölge %58'lik bir nem oranına sahiptir. Ortalama rüzgâr hızı ise 2,8 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 14,7 °C olarak hesaplanmıştır. Bu değer saat 14:00'da ise 18,7 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Buna rağmen saat 14:00 verilerinde Malatya bölgesinde konforlu alanlar etkili olurken günlük ortalama verilerine göre de Kars bölgesinde soğuk ısıl algılamalar etkili olmaya başlamıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, yazları çok sıcak ve kurak, kışları ise ılıman ve yağışlı bir iklimle Türkiye'nin en sıcak bölgelerinden biridir. Bölge diğer bölgelere göre sıcaklığın en yüksek hissedildiği bölgedir. Ortalama sıcaklık 19,1 °C ve ortalama nem oranı %51 ile Ekim ayı içerisindeki en kurak bölgedir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı 2,7 m/s olup bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 28,3 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe ılık ısıl algılama gerçekleşirken bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 30,4 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla ılık ısıl algılama gerçekleşmektedir (Şekil 4.54).



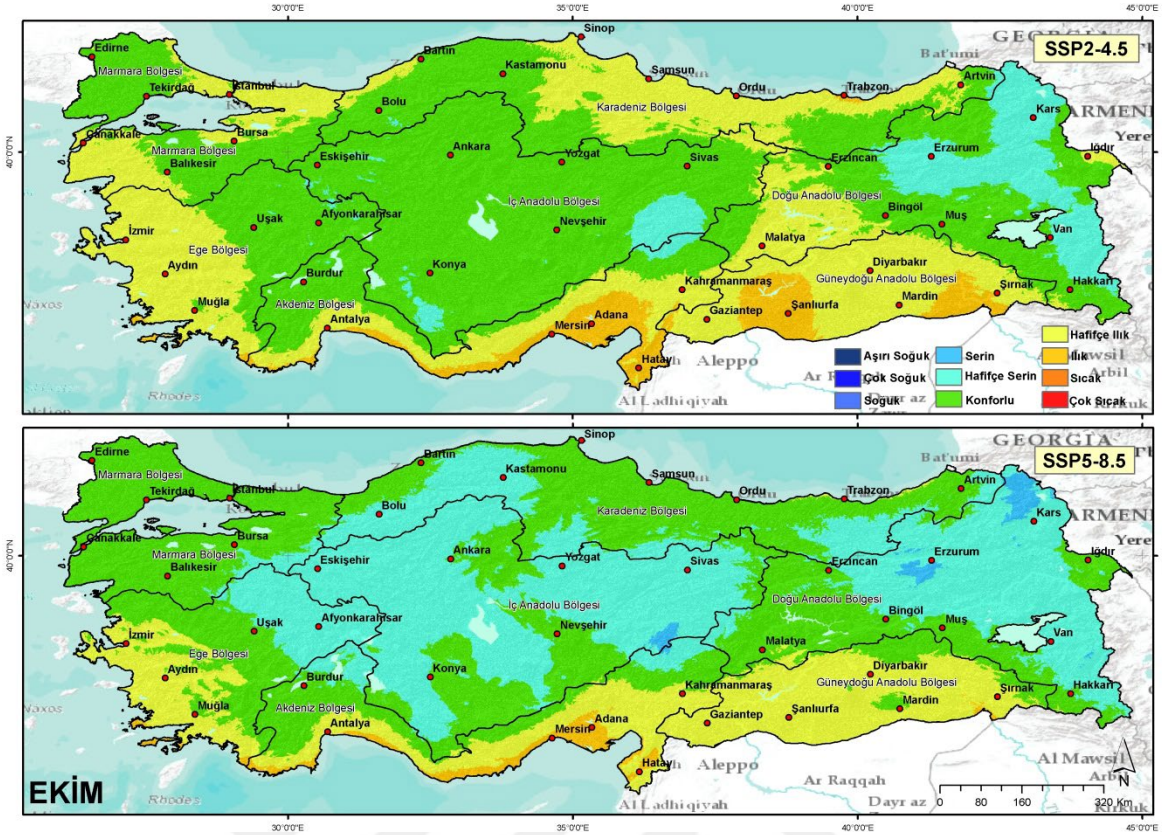
Şekil 4.54. Ekim ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Ekim ayı araştırmanın bulgularına göre, günlük ortalama FES değerleri ve günün en sıcak saati olan 14:00'da gerçekleşen ortalama FES değerlerinde çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Ekim ayında her iki zaman dilimi değerlendirildiğinde aşırı soğuk, sıcak ve çok sıcak ısıl algılama yoktur, çok soğuk ısıl algılama ise çok azdır. Soğuk ısıl algılama eylül ayı verilerine göre artarak Saat 14:00'da 12.764 km^2 ve %1,8'lik alanda hissedilirken günlük ortalamalara bakıldığında 15.617 km^2'lik alanda hissedilmiştir. Serin ısıl algılama ekim ayı içerisinde önceki ayın saat 14:00 ısıl algılama verilerine göre yükselerek 52.303 km^2 ve %7,5'lik alanda daha çok hissedilmektedir. Hafifçe serin ısıl algılama ise saat 14:00 verilerinde 194.580 km^2 alan kaplarken günlük ortalamada 229.665 mk^2'lik bir alan kaplamaktadır. Ekim ayı ülke geneli konforlu ısıl algılama koşullarının hâkim olduğu bir dönemi temsil etmektedir. Konforlu ısıl algılamanın ülke geneli dağılımı incelendiğinde saat 14:00'da 307.874 km^2 alanla %44,2'lik bir dağılım gösterirken günlük ortalama da bu oran 280.988 km^2 alanı temsil etmektedir. Ilık ısıl algılamanın dağılımı ise saat 14:00'da 37.579 km^2 alanla %5,4'lük bir dağılım gösterirken günlük ortalama da bu oran 21.062 km^2'ye yükselmiştir. Günlük ortalamalardaki hafifçe ılık ısıl algılama Eylül ayına göre azalarak 84.505 km^2 ve %12,1'lik bir oranla hissedilmiştir. Saat 14:00'daki ortalamalarda ise hafifçe ılık ısıl algılama 89.715 km^2 alan ile özellikle Güney Doğu Anadolu bölgesinde hissedilmektedir (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. Türkiye 1998-2019 arası ekim ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı

	EKİM	14:00		Günlük	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)				
	0 - 4 (Çok Soğuk)	1.928	0,3	1.980	0,3
	4 - 8 (Soğuk)	12.764	1,8	15.617	2,2
	8 - 13 (Serin)	52.303	7,5	62.926	9,0
	13 -18 (Hafifçe Serin)	194.580	27,9	229.665	33,0
	18 - 23 (Konforlu)	307.874	44,2	280.988	40,3
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	89.715	12,9	84.505	12,1
	29 - 35 (Ilık)	37.579	5,4	21.062	3,0
	35 - 41 (Sıcak)				
	> 41 (Çok Sıcak)				

Ekim ayında yakın gelecekte FES değerlerindeki artışın yerini azalmaya bırakması beklenmektedir. Bu kapsamda İç Anadolu bölgesinde güncel durumda çoğunlukla hissedilen hafifçe ılık ısıl algılamanın yerini SSP2-4,5 senaryosuna göre konforlu ısıl algılamaya SSP5-8,5 senaryosuna göre ise hafifçe serin ısıl algılamaya bırakacağı tahmin edilmektedir. Doğu Anadolu bölgesinde SSP2-4,5 senaryosuna göre bölgenin çoğu kesiminde konforlu ısıl algılama beklense de SSP5-8,5 senaryosuna göre ise özellikle doğu kesimi olmak üzere hafifçe serin ısıl algılama beklenmektedir. Ülkenin en sıcak bölgesi olan Güneydoğu Anadolu bölgesinde FES değerlerindeki azalmanın etkisiyle her iki senaryoda da güncel durumda hissedilen sıcak ısıl algılamanın etkisini tamamen yitireceği öngörülmektedir. Akdeniz bölgesinde de benzer şekilde sıcak ısıl algılamanın her iki senaryoda da etkisini kaybetmesi, konforlu ısıl algılamanın yüksek kesimler çoğunlukta olmak üzere artış göstermesi beklenmektedir. Ege bölgesinde etkili olan hafifçe ılık ve ılık ısıl algılamaların etkisini azaltırken SSP2-4,5 senaryosuna göre iç kesimlerde konforlu ısıl algılama, kıyı kesimlerinde ise hafifçe ılık ısıl algılamanın etkili olması beklenmektedir. FES değerlerindeki azalmanın daha çok etkili olduğu SSP5-8,5 senaryosuna göre ise iç kesimlerde hafifçe serin ısıl algılamanın hissedilmeye başlanacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4.55).



Şekil 4.55. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik ekim ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Ekim ayında mevcut durumda bu aydaki FES değerleri 3,7 °C – 32,3 °C arasında değişirken yakın gelecekte SSP2-4,5 senaryosuna göre 19,3 °C – 33,8 °C, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 14,6 °C – 34,9 °C arasında olması tahmin edilmektedir. Ekim ayında günce durumda hissedilen çok soğuk, soğuk ve serin ısıl algılamaların etkisini her iki senaryoda da tamamen yitirmesi öngörülmektedir. Buna karşı hafifçe serin ısıl algılamanın SSP2-4,5 senaryosuna göre 171.738 km^{2}alanda azalarak %8,3 oranında etkili olacağı, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise tam tersi şekilde 41.833 km^2 alanda artış göstererek %39 oranı en fazla etkili ikinci ısıl algılama olacağı tahmin edilmektedir. Konforlu ısıl algılamanın her iki senaryoda da artış göstererek her iki senaryoda da en yaygın ısıl algılama olması beklenmektedir. Bu artışın SSP2-4,5 senaryosuna göre 102.273 km^2 alanda ve %55 oranında, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 11.662 km^2 alanda %42 oranında olacağı tahmin edilmektedir. SSP2-4,5 senaryosuna göre artışların 134.836 km^2 alanda hafifçe ılık ısıl algılamada ve 15.162 km^2 alanda ılık ısıl algılamada artacağı öngörülmektedir. SSP5-8,5 senaryosunda ise hafifçe ılık ısıl algılamada 30.851 km^2 alanda artış beklenirken ılık ısıl algılamanın 10.458 km^2 alanda azalacağı tahmin edilmektedir (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre mayıs ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi

EKİM		SSP2-4,5		SSP5-8,5	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)				
	0 - 4 (Çok Soğuk)	-1.980	0,0	-1.980	0,0
	4 - 8 (Soğuk)	-15.617	0,0	-15.617	0,0
	8 - 13 (Serin)	-62.926	0,0	-56.281	1,0
	13 -18 (Hafifçe Serin)	-171.738	8,3	41.833	39,0
	18 - 23 (Konforlu)	102.273	55,0	11.662	42,0
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	134.836	31,5	30.851	16,6
	29 - 35 (Ilık)	15.162	5,2	-10.458	1,5
	35 - 41 (Sıcak)				
	> 41 (Çok Sıcak)				

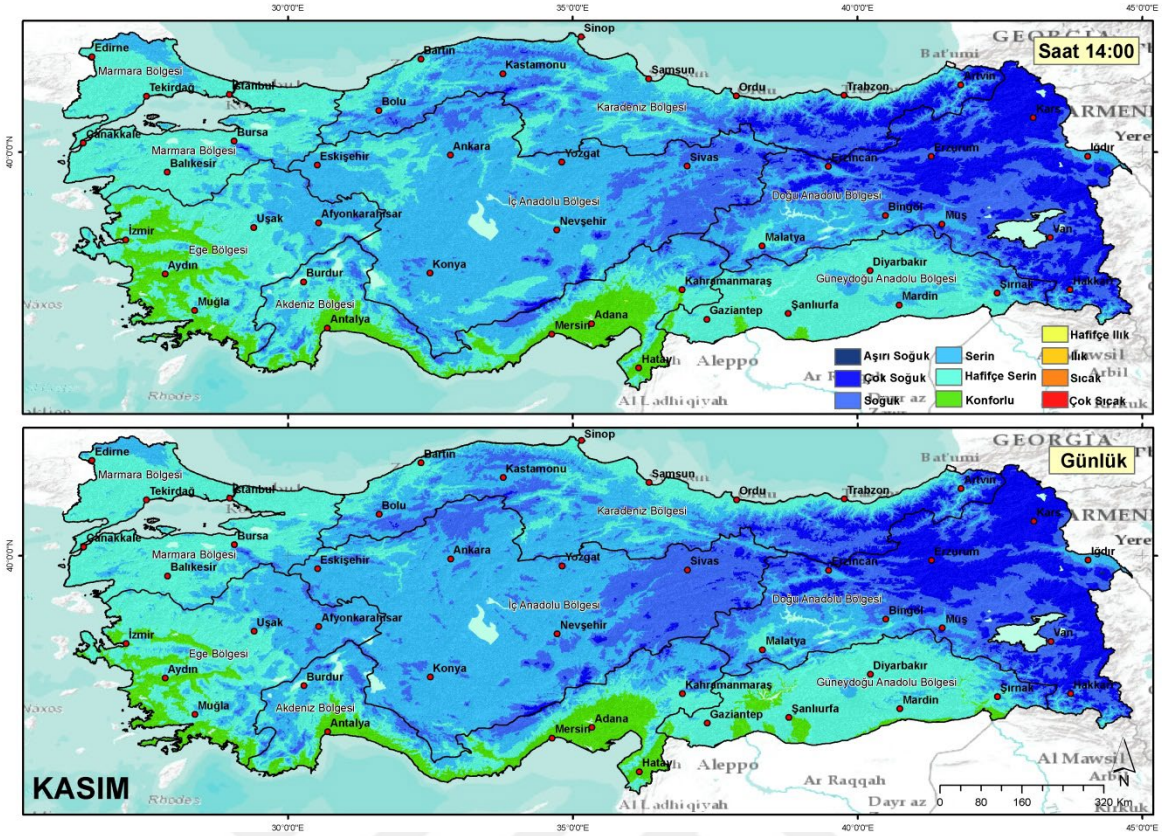
4.2.11. Kasım

Kasım ayı içerisinde Türkiye'nin kıyı bölgeleri iç bölgelere göre daha ılıman sıcaklıklara sahip olup nispeten daha yüksek konfor derecesine sahiptir. Bu aydaki FES değerleri ülke genelinde günlük ortalamada -1,7 °C – 19,6 °C arasında değişirken saat 14:00'daki ortalamada 3,5 °C – 22,3 °C arasında değişmektedir ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Kasım ayıyla birlikte sıcaklıkların ciddi oranda düşmesine rağmen hala bazı bölgelerde konforlu ısıl algılamalar görülmektedir. Karadeniz Bölgesi, yağışlı ve özellikle batı kesimiyle nemli bir iklime sahip olup, yaylaları ve ormanlarıyla ünlüdür. Kasım ayı içerisinde ortalama 10,6 °C sıcaklığa sahiptir ve nem oranı %72 seviyesindedir. Bölgedeki ortalama rüzgar hızı ise 3,2 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 9,2 °C olarak hesaplanmıştır bu değer saat 14:00'da ise 11,7 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Doğu Anadolu Bölgesindeortalama sıcaklık 4,8 °C olarak hesaplanmıştır. Bölge %69'luk bir nem oranına sahiptir, ortalama rüzgâr hızı ise 2,7 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 2,3 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 3,5 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla çok soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir. Buna rağmen her iki zaman diliminde de Malatya bölgesinde hafifçe serin ısıl algılama etkisini göstermektedir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, yazları çok sıcak ve kurak, kışları ise ılıman ve yağışlı bir iklimle Türkiye'nin en sıcak bölgelerinden biridir. Ortalama sıcaklık 11,6 °C ve ortalama nem oranı %64'dir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı 2,5 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 14,2 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise 15,7 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Marmara Bölgesi, kıyı bölgeleri ve iç kesimler arasındaki iklim farklılıklarıyla da dikkat çeken bir bölgedir. Bu ay içerisinde uzun yıllar günlük sıcaklık ortalaması 11,5 °C ve

%75 ortalama nem oranıyla bu ay içerisindeki en nemli bölgedir. Ayrıca, Türkiye'nin bu ay içerisinde en yüksek rüzgâr hızı ortalama 3,9 m/s ile Marmara bölgesindedir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 13,7 °C olarak hesaplanmıştır bu değer saat 14:00'da ise 14,3 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Ege Bölgesi, Akdeniz iklimine yakın özellikler gösterir ve ılıman bir iklim kuşağındadır. Ortalama 14,4 °C sıcaklıkla Marmara Bölgesi'ne göre biraz daha sıcak bir iklim sergiler. Ortalama nem oranı %68,6 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 3,1 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 17,3 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama gerçekleşmektedir, bu değer saat 14:00'da ise 18,6 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Her iki zaman diliminde de kıyı bölgelerde konforlu ısıl algılama etkisini sürdürmektedir.

Akdeniz Bölgesi, sıcak ve kurak yazları ile bilinirken, ılıman kışlarıyla da dikkat çeker. Bölge ortalama 15,4 °C sıcaklık ile Ekim ayının en sıcak bölgelerinden biridir ve %65 ortalama nem oranıyla diğer bölgelere göre nispeten daha kuraktır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 2,4 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 19,1 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise 20,2 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla konforlu ısıl algılama gerçekleşmektedir. Kasım ayı içerisinde Akdeniz bölgesi konforlu ısıl algılamanın yaygın görüldüğü tek bölgedir. İç Anadolu Bölgesi, yazları sıcak ve kışları soğuk olan tipik kara ikliminin etkili olduğu bir bölgedir ve ortalama sıcaklık 5,5 °C ile Doğu Anadolu bölgesinden sonraki en soğuk bölgedir. Kasım ayı içerisinde bölgenin nem oranı ortalama %64 ile bu aydaki en kurak bölgedir ve rüzgâr hızı ise ortalama 2,7 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 9,3 °C olarak hesaplanmıştır bu değer saat 14:00'da ise 11,8 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla Serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Buna karşın Sivas bölgesi soğuk ısıl algılama etkisi altına almaya başlamıştır (Şekil 4.56).



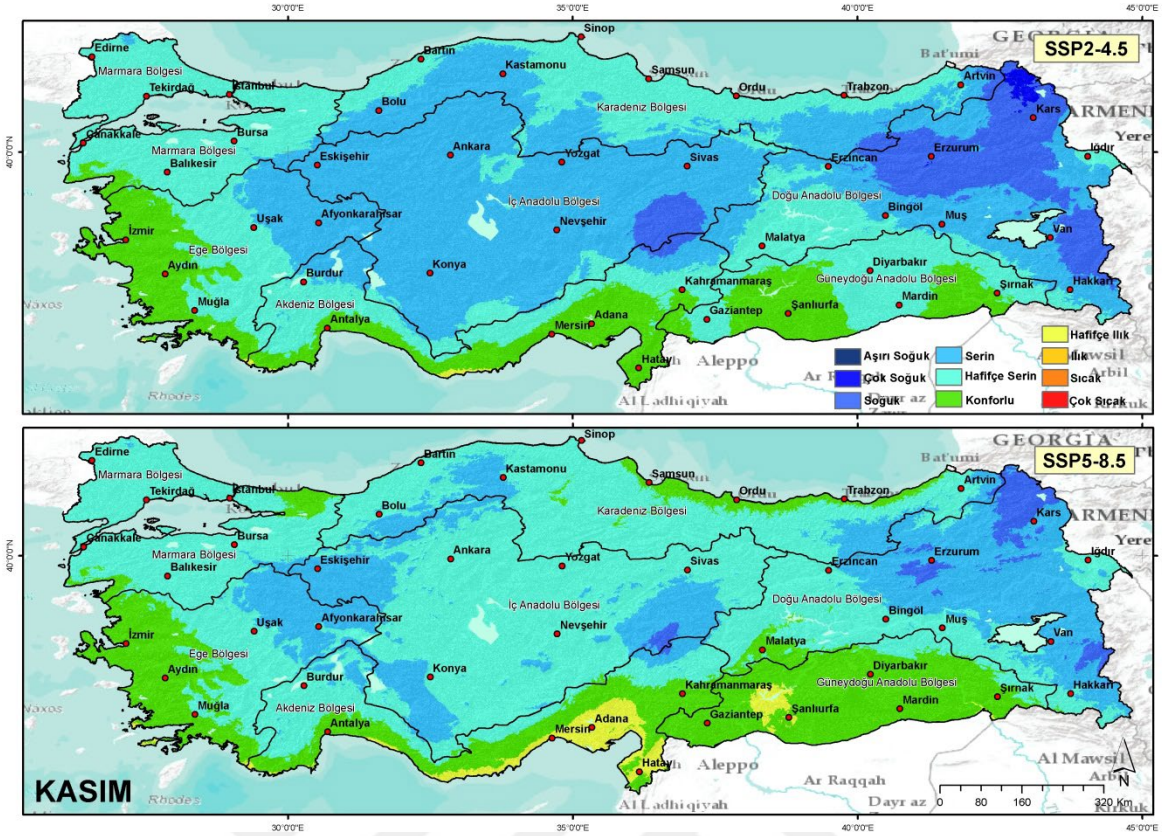
Şekil 4.56. Kasım ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Kasım ayı araştırmanın bulgularına göre, günlük ortalama ve günün en sıcak saati olan 14:00'da gerçekleşen ortalama FES değerleri çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Ülke genelinde özellikle iç kesimlerde hissedilen serin ısıl algılama günlük ortalamada %36,7'lik oran ve 256.048 km^2'lik bir alanda hissedilmektedir. Saat 14:00'daki verilere göre ise %36,6'lık oran ve 255.027 km^2'lik bir alanda hissedilmektedir. Her iki zaman diliminde hissedilen ısıl algılama ayrı ayrı değerlendirildiğinde ikinci yaygın FES değer aralığında olduğu ve hafifçe serin ısıl algılama olarak özellikle kıyı kesimlerinde hissedildiği görülmektedir. Günlük ortalamada 194.443 km^2 alanla %27,9'luk bir dağılım gösterirken saat 14:00'da bu oran 215.506 km^2'ye yükselerek %30,9'luk bir alanı temsil etmektedir. Çok soğuk ısıl algılamanın ülke geneli dağılımı incelendiğinde saat 14:00'da 64.893 km^2 alanla %9,3'lük bir dağılım gösterirken günlük ortalama da bu oran 66.017 km^2'ye yükselerek %9,5'lik bir alanı temsil etmektedir. Soğuk ısıl algılamaların alanı Ekim ayı verilerine göre yükselerek saat 14:00'daki ortalamalarda %15,7 daha fazla alanda hissedilmektedir. Günlük ortalamalara bakıldığında ise %19,9'luk bir oranla 138.505 km^2'lik bir alanda hissedilmektedir. Kasım ayında ekim ayından farklı olarak günlük ortalama FES değerlerinde 81 km^2'lik bir alanda aşırı soğuk ısıl algılama hissedilmeye başlamıştır. Ekim ayı ayrıca bir önceki aya göre ılık ve hafifçe ılık ısıl algılamalarının hissedilmediği aydır (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. Türkiye 1998-2019 arası kasım ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı

KASIM		14:00		Günlük	
		km²	%	km²	%
FES (⁰C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)			81	0,0
	0 - 4 (Çok Soğuk)	64.893	9,3	66.017	9,5
	4 - 8 (Soğuk)	117.763	16,9	138.505	19,9
	8 - 13 (Serin)	254.946	36,6	256.129	36,8
	13 -18 (Hafifçe Serin)	215.506	30,9	194.443	27,9
	18 - 23 (Konforlu)	43.564	6,3	41.659	6,0
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)				
	29 - 35 (Ilık)				
	35 - 41 (Sıcak)				
	> 41 (Çok Sıcak)				

Biyoiklimsel konfor alanları gelecek projeksiyonlarına göre incelendiğinde güncel duruma göre konfor durumunun yer yer artması beklense de ülke genelinde serin ısıl algılamaların yerini hafifçe serin ısıl algılamalara bırakması öngörülmektedir. Gelecek projeksiyonları Kasım ayı için değerlendirildiğinde ülke geneli SSP2-4,5 senaryosuna göre serin ısıl algılamanın SSP5-8,5 senaryosuna göre ise hafifçe serin ısıl algılamanın hakim olması beklenmektedir. Bölgesel olarak incelediğimizde Doğu Anadolu bölgesinde görülen aşırı soğuk ısıl algılamaların yerini çok soğuk ısıl algılamalara SSP5-8,5 senaryosunda ise soğuk ısıl algılamaya bırakması beklenmektedir. Soğuk ısıl algılamanın hakim olduğu Karadeniz bölgesinde SSP2-4,5 senaryosuna göre bölgenin doğusu, Kastamonu ve Bolu kesimleri soğuk diğer kesimlerin ise hafifçe serin ısıl algılamanın etkili olacağı tahmin edilmektedir. SSP5-8,5 senaryosunda ise bölgenin büyük bir kesiminde hafifçe serin ısıl algılamanın Samsun, Ordu ve Trabzon'un kıyı şeridinde çok küçük bir alanda ise konforlu ısıl algılamanın hissedilmeye başlanacağı öngörülmektedir. Buna karşı hafifçe serin ısıl algılamaların etkisinin görüldüğü Güneydoğu Anadolu bölgesinde SSP2-4,5 senaryosuna göre Şanlıurfa ve Mardin kesimlerinde konforlu ısıl algılamanın etkili olmaya başlayacağı öngörülmektedir. SP5-8,5 senaryosunda ise bölgenin büyük bir kesiminde konforlu ısıl algılamanın Gaziantep ve Şanlıurfa arasında küçük bir alanda ise hafifçe ılık ısıl algılamanın hissedilmeye başlanacağı tahmin edilmektedir. Konforlu ısıl algılamalardaki artışın her iki senaryo da Ege ve Akdeniz bölgelerinde etkili olması beklenmektedir. Bununla birlikte Adana çoğunlukla olmakla birlikte Mersin-Silifke kıyı kesiminde hafifçe ılık ısıl algılamanın etkili olmaya başlayacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4.57).



Şekil 4.57. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik kasım ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Kasım ayında mevcut durumda bu aydaki FES değerleri -1,7 °C – 19,6 °C arasında değişirken yakın gelecekte SSP2-4,5 senaryosuna göre 3,8 °C – 24,1 °C, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 6,3 °C – 25,4 °C arasında olması tahmin edilmektedir. Bu ayla birlikte her iki senaryoda da aşırı soğuk algılamanın etkisini tamamen kaybedeceği çok soğuk ısıl algılamanın yok denecek kadar azalacağı tahmin edilmektedir. Soğuk algılamada da azalmanın devam etmesi ve bu azalmanın SSP2-4,5 senaryosuna göre 81.242 km^2 alanda SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 123.995 km^2 alanda olması beklenmektedir. Serin ısıl algılama ise SSP2-4,5 senaryosuna göre 35.862 km^2 alanda artarak %41,9 oranıyla en yaygın ısıl algılama olması, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise tersi şekilde 108.887 km^2 alanda azalarak %21,1 oranında etkili olması öngörülmektedir. SSP2-4,5 senaryosuna göre artışın hafifçe serin, konforlu ve hafifçe ılık ısıl algılamalarda da artmaya devam etmesi beklenmektedir. Bu atışın sırasıyla 57.742 km^2, 50.656 km^2 ve 924 km^2 olması beklenmektedir. SSP5-8,5 senaryosuna göre ise aynı şekilde artışın devam edeceği hafifçe serin ısıl algılamanın 188.332 km^2 alanda artış göstererek %54,9 oranında en fazla alanda hissedilen ısıl algılama olacağı tahmin edilmektedir. Artışın konforlu ısıl algılamada 94.319 km^2 alanda artarak %19,5 oranında etkili olması beklenirken hafifçe ılık ısıl algılamanın 16.329 km^2 alanda artış göstererek %2,3'lük sınırlı bir alanda etkili olması beklenmektedir (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre mayıs ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi

KASIM		SSP2-4,5		SSP5-8,5	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)	-81	0,0	-81	0,0
	0 - 4 (Çok Soğuk)	-63.860	0,3	-66.017	0,0
	4 - 8 (Soğuk)	-81.242	8,2	-123.995	2,1
	8 - 13 (Serin)	35.861	41,9	-108.887	21,1
	13 -18 (Hafifçe Serin)	57.742	36,2	188.332	54,9
	18 - 23 (Konforlu)	50.656	13,2	94.319	19,5
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)	924	0,1	16.329	2,3
	29 - 35 (Ilık)				
	35 - 41 (Sıcak)				
	> 41 (Çok Sıcak)				

4.2.12. Aralık

Aralık ayı içerisinde Türkiye'nin iç bölgeler özellikle soğuk iklime sahip olup kıyı bölgeler nispeten daha yüksek konfor derecesine sahiptir. Bu aydaki FES değerleri ülke genelinde günlük ortalamada -6,4 °C – 15,1 °C arasında değişirken saat 14:00'daki ortalamada 1,9 °C – 17,2 °C arasında değişmektedir ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla çok soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir. Aralık ayıyla birlikte sıcaklıkların ciddi oranda düşmesi nedeniyle konforlu ısıl algılamalar artık görülmemektedir. Karadeniz Bölgesi aralık ayı içerisinde ortalama 6 °C sıcaklığa sahiptir ve nem oranı %72 seviyesindedir. Bölgedeki ortalama rüzgar hızı ise 3 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 2,9 °C olarak hesaplanmıştır bu değer saat 14:00'da ise 3,8 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla çok soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir. En soğuk ısıl algılamanın gerçekleştiği Doğu Anadolu Bölgesinde ortalama sıcaklık -1,6 °C olarak hesaplanmıştır. Bölge %69'luk bir nem oranına sahiptir, ortalama rüzgâr hızı ise 2,7 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 1,2 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise FES değeri 3,2 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla çok soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir.

Aralık ayında ortalama sıcaklığın diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu Akdeniz Bölgesinde ortalama 11,5 °C sıcaklık ve %68 ortalama nem oranıyla diğer bölgelere göre nispeten daha kuraktır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 2,2 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 14,6 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise 16,8 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla hafifçe serin ısıl algılama gerçekleşmektedir.

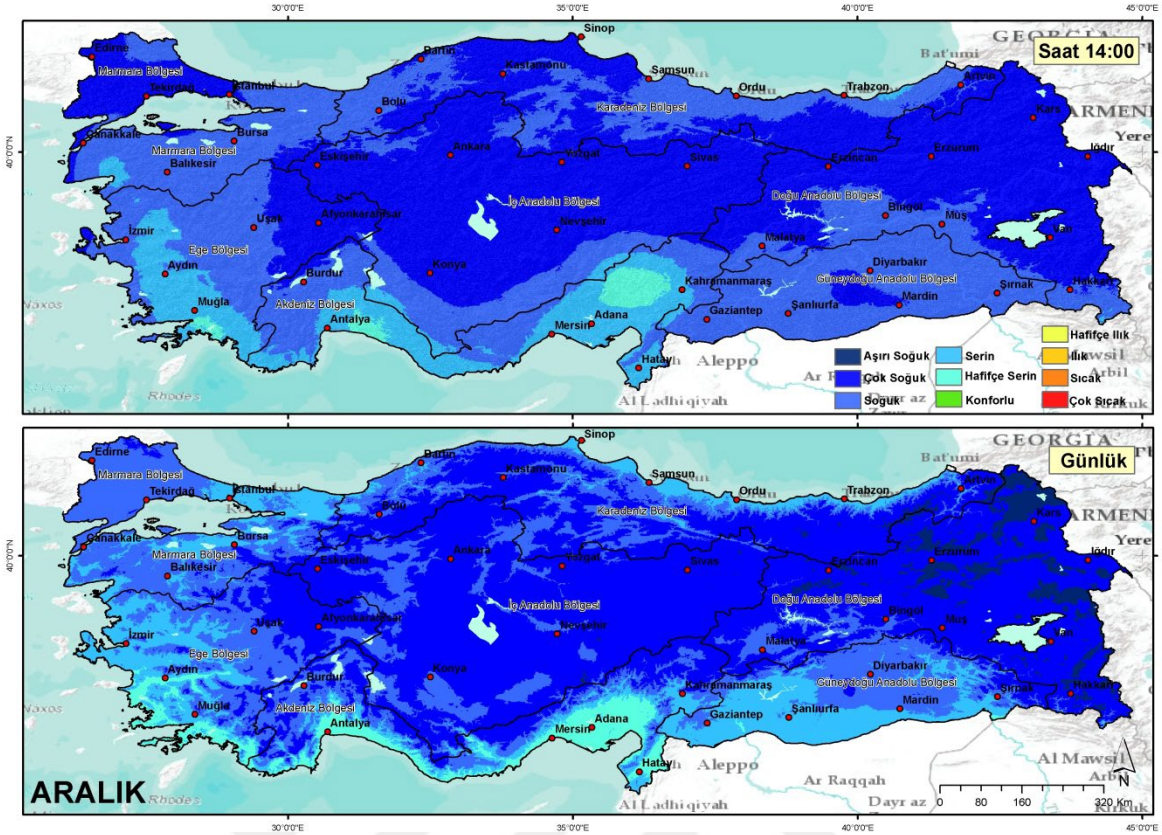
Ege bölgesi, Akdeniz iklimine yakın özellikler gösterir ve ılıman bir iklim kuşağındadır. Ortalama 10,6°C sıcaklık, Ortalama nem oranı %71,5 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bölgede ortalama rüzgâr hızı 3,2 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama

6,4 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir, bu değer saat 14:00'da ise 12,3 °C olarak hesaplanmıştır ve çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir. Her iki zaman diliminde de Ege Bölgesi'nin güney kıyılarında hafifçe serin ısıl algılama etkisini sürdürmektedir.

Marmara Bölgesi, kıyı bölgeleri ve iç kesimler arasındaki iklim farklılıklarıyla da dikkat çeken bir bölgedir. Bu ay içerisinde uzun yıllar günlük sıcaklık ortalaması 7,6 °C ve %77 ortalama nem oranıyla bu ay içerisindeki en nemli bölgedir. Ayrıca, Türkiye'nin bu ay içerisinde en yüksek rüzgâr hızı ortalama 4 m/s ile Marmara bölgesindedir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 10,8 °C olarak hesaplanmıştır bu değer saat 14:00'da ise 11,6 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla serin ısıl algılama gerçekleşmektedir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Ortalama sıcaklık 5,8 °C ve ortalama nem oranı %72'dir. Bölgedeki ortalama rüzgâr hızı 2,4 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 8,2 °C olarak hesaplanmıştır, bu değer saat 14:00'da ise 7,8 °C olarak hesaplanmıştır. Saat 14:00 biyoiklimsel konfor verilerine göre çoğunlukla soğuk ısıl algılama gerçekleşirken, Günlük çoğunlukla serin ısıl algılam gerçekleşmektedir.

İç Anadolu Bölgesi, karasal iklimin hakim olduğu bu bölgede ortalama sıcaklık -0,1°C ile Doğu Anadolu bölgesinden sonraki en soğuk bölgedir. Aralık ayı içerisinde bölgenin nem oranı ortalama %68 ve rüzgâr hızı ise ortalama 2,8 m/s'dir. Bu veriler doğrultusunda fizyolojik eşdeğer sıcaklık ise ortalama 2,8 °C olarak hesaplanmıştır bu değer saat 14:00'da ise 3,4 °C olarak hesaplanmıştır ve her iki zaman diliminde de çoğunlukla çok soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir (Şekil 4.58).



Şekil 4.58. Aralık ayı saat 14:00 ve günlük ortalama biyoiklimsel konfor dağılım haritası

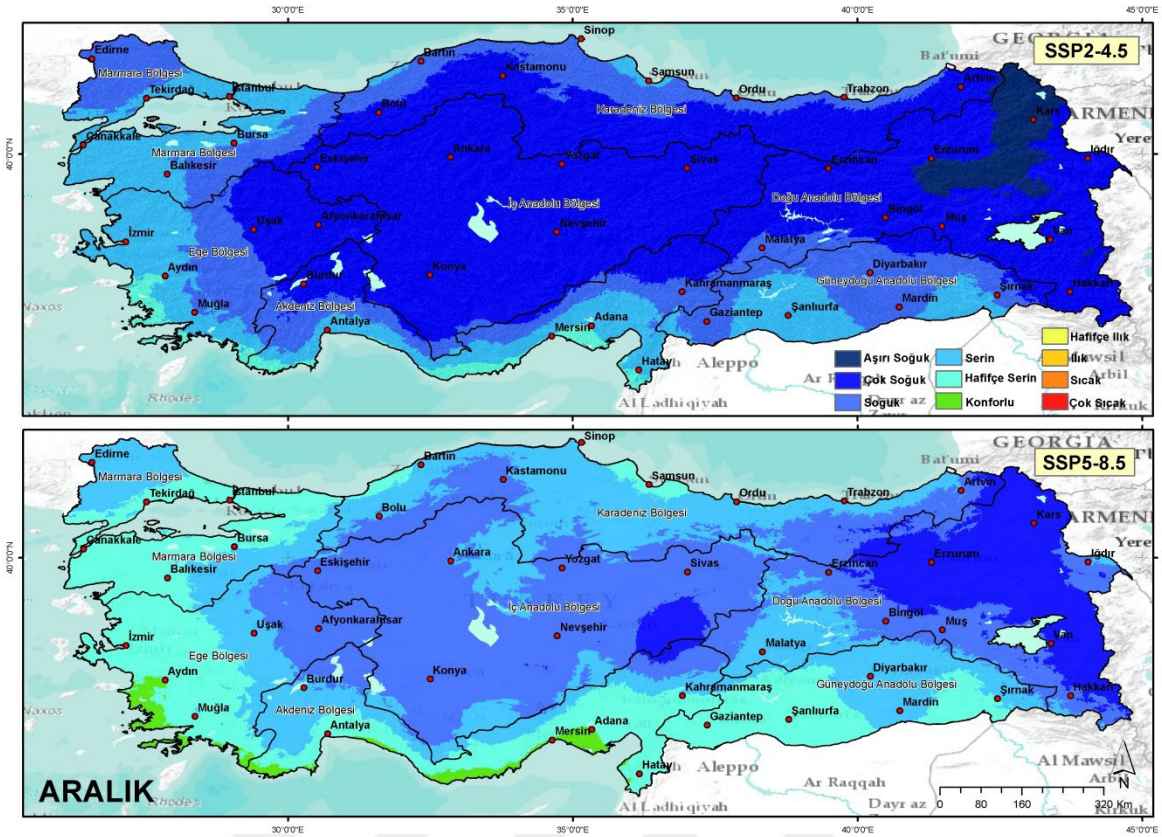
Aralık ayı araştırmanın bulgularına göre, günlük ortalama ve günün en sıcak saati olan 14:00'da gerçekleşen ortalama FES değerleri çoğunlukla çok soğuk ısıl algılama gerçekleşmektedir. Ülke genelinde özellikle iç kesimlerde hissedilen çok soğuk ısıl algılama günlük ortalamada %51,2'lik oran ve 356.940 km^2'lik bir alanda hissedilmektedir. Saat 14:00'daki verilere göre ise %49,8'lık oran ve 346.795 km^2'lik bir alanda hissedilmektedir. Her iki zaman diliminde hissedilen ısıl algılama ayrı ayrı değerlendirildiğinde ikinci yaygın FES değer aralığında olduğu ve soğuk ısıl algılama olarak özellikle kıyı kesimlerinde ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde hissedildiği görülmektedir. Günlük ortalamada 193.645 km^2 alanla %27,8'lik bir dağılım gösterirken saat 14:00'da bu oran 280.400 km^2'ye yükselerek %40,2'lik bir alanı temsil etmektedir. Aşırı soğuk ısıl algılamanın ülke geneli dağılımı incelendiğinde günlük ortalamada 23.718 km^2'ye yükselerek %93,4'lük bir alanı temsil etmektedir. Serin ısıl algılamaların alanı Kasım ayı verilerine göre azalarak saat 14:00'daki ortalamalarda %8,8'lik alanda hissedilmektedir. Günlük ortalamalara bakıldığında ise %13,8'lik bir oranla 96.327 km^2'lik bir alanda hissedilmektedir. (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.29. Türkiye 1998-2019 arası Aralık ayı FES değerlerinin alansal ve oransal dağılımı

ARALIK		14:00		Günlük	
		km²	%	km²	%
FES (⁰C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)			23.718	3,4
	0 - 4 (Çok Soğuk)	346.795	49,8	356.940	51,2
	4 - 8 (Soğuk)	280.400	40,2	193.645	27,8
	8 - 13 (Serin)	61.014	8,8	96.327	13,8
	13 -18 (Hafifçe Serin)	8.544	1,2	26.123	3,7
	18 - 23 (Konforlu)				
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)				
	29 - 35 (Ilık)				
	35 - 41 (Sıcak)				
	> 41 (Çok Sıcak)				

Biyoiklimsel konfor alanları gelecek projeksiyonlarına göre incelendiğinde güncel duruma göre ülke genelinde çok soğuk ısıl algılamaların yerini soğuk ısıl algılamalara bırakması öngörülmektedir ayrıca serin ısıl algılama olan kıyı kesimleri yerini hafifçe serine bırakması öngörülmektedir. Gelecek projeksiyonları Aralık ayı için değerlendirildiğinde ülke geneli SSP2-4,5 senaryosuna göre çok soğuk ısıl algılamanın SSP5-8,5 senaryosuna göre ise serin ısıl algılamanın hakim olması beklenmektedir.

Bölgesel olarak incelediğimizde Doğu Anadolu bölgesinde görülen aşırı soğuk ısıl algılamaların yerini aşırı soğuk ısıl algılamaya SSP5-8,5 senaryosunda ise soğuk ısıl algılamaya bırakması beklenmektedir. Soğuk ısıl algılamanın hakim olduğu Karadeniz bölgesinde SSP2-4,5 senaryosuna göre bölgenin geneli soğuk ısıl algılamanın etkili olacağı tahmin edilmektedir. SSP5-8,5 senaryosunda ise bölgenin büyük bir kesiminde serin ısıl algılamanın hissedilmeye başlanacağı öngörülmektedir. Buna karşı soğuk ısıl algılamaların etkisinin görüldüğü Güneydoğu Anadolu bölgesinde SSP2-4,5 senaryosuna göre Şanlıurfa ve Mardin kesimlerinde serin ısıl algılamanın etkili olmaya başlayacağı öngörülmektedir. SP5-8,5 senaryosunda ise hafifçe serin ısıl algılamanın hissedilmeye başlanacağı tahmin edilmektedir. Konforlu ısıl algılamalardaki artışın her iki senaryo da Ege ve Akdeniz bölgelerinde etkili olması beklenmektedir. (Şekil 4.59).



Şekil 4.59. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre geleceğe yönelik Aralık ayı biyoiklimsel konfor dağılım haritası

Kasım ayında mevcut durumda bu aydaki FES değerleri -1,7 °C – 19,6 °C arasında değişirken yakın gelecekte SSP2-4,5 senaryosuna göre 3,8 °C – 24,1 °C, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise 6,3 °C – 25,4 °C arasında olması tahmin edilmektedir. Bu ayla birlikte SSP5-8,5 senaryosuna göre aşırı soğuk ısıl algılamanın kalmayacağı hatta konforlu ısıl algılamanın ortaya çıkacağı öngörülmektedir. Çok soğuk ısıl algılama SSP2-4,5 senaryosuna göre 39.298 km^2 alanda artarak %56,9 oranıyla en yaygın ısıl algılama olması, SSP5-8,5 senaryosuna göre ise tersi şekilde alanda azalarak %11,1 oranında etkili olması öngörülmektedir. Soğuk algılamada da azalmanın devam etmesi ve bu azalmanın SSP2-4,5 senaryosuna 40.545 km^2 alanda göre olması beklenmektedir. SSP5-8,5 senaryosuna göre ise en yaygın ısıl algılama olarak %36,5 oranlık bir alanda hissdileceği öngörülmektedir. SSP2-4,5 senaryosuna göre serin ısıl algılamada artış meydana geleceği 15.389 km^2'lik bir alanda hissedileceği, SSP5-8,5 senaryosuna göre 60.825 km^2'lik alanda hissedileceği öngörülmektedir. Hafifçe serin ısıl algılama SSP2-4,5 senaryosuna göre ülke genelinde %1,7'lik alanda azalış göstereceği SSP5-8,5 senaryosuna göre artacağı öngörülmektedir (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryolarına göre mayıs ayı biyoiklimsel konfor alanlarının değişimi

	ARALIK	SSP2-4,5		SSP5-8,5	
		km^2	%	km^2	%
FES (^{0}C) - ISIL ALGILAMA	< - 10 (Aşırı Soğuk)	-210	3,4	-23.718	0,0
	0 - 4 (Çok Soğuk)	39.298	56,9	-278.561	11,2
	4 - 8 (Soğuk)	-40.545	22,0	60.825	36,5
	8 - 13 (Serin)	15.889	16,1	103.895	28,7
	13 -18 (Hafifçe Serin)	-14.432	1,7	126.623	21,9
	18 - 23 (Konforlu)			10.936	1,6
	23 - 29 (Hafifçe Ilık)				
	29 - 35 (Ilık)				
	35 - 41 (Sıcak)				
	> 41 (Çok Sıcak)				

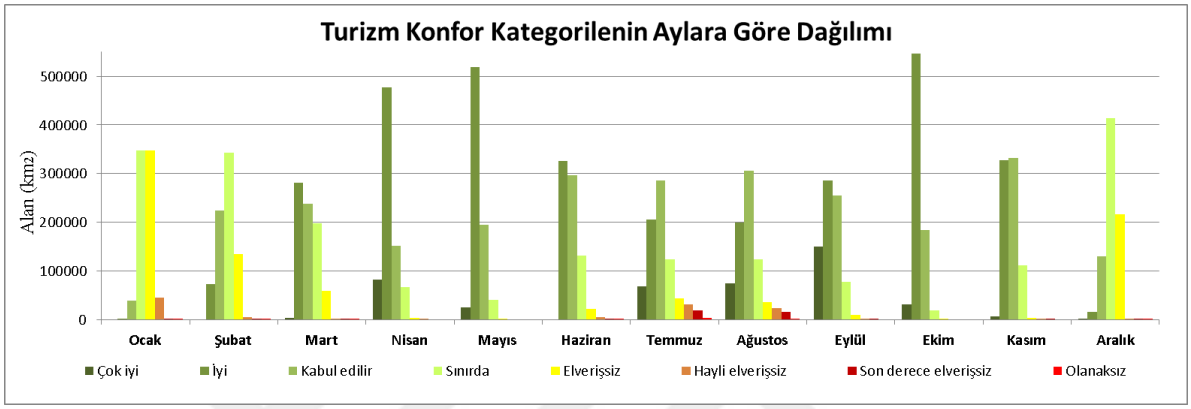
4.3. Turizm İklim İndeksine Göre Turizme Uygun Alanların Dağılımı

Tüm dünyada birçok ekonomide önemli bir rol oynayan turizm sektörü hava koşullarına karşı çok hassastır ve iklim konforunun değerlendirildiği bir yaklaşım oldukça önemlidir. Bu kapsamda Türkiye'nin turizm iklimini ve iklim parametrelerinin turizme etkisini belirlemek için Mieczkowski (1985) tarafından geliştirilen turizm iklim indeksinden yararlanılmıştır. Meteoroloji genel müdürlüğünden temin edilen 2584 iklim istasyonuna ait 1998-2019 yıllarını kapsayan uzun yıllar ortalama rüzgar hızı, güneşlenme süresi, yağış, ortalama günlük sıcak, ortalama günlük nem, maksimum günlük sıcak ve minimum günlük nem verileri 250 m çözünürlüğünde aylık olarak haritalanmıştır. Oluşturulan haritalar Mieczkowski (1985)'in turizme etkileri açısından geliştirmiş olduğu oranlama sistemine göre 0 ile 5 arasında olmak üzere yeniden hesaplanmıştır. Bu oranlama sisteminin ayrıntıları ve sonuç haritaları "4.1 İklim Bileşenleri" bölümünde ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Sonuç olarak üretilen turizm iklim indeksi haritası turizm konfor kategorilerine göre sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. Turizm Konfor Kategori Değerleri (Mieczkowski, 1985)

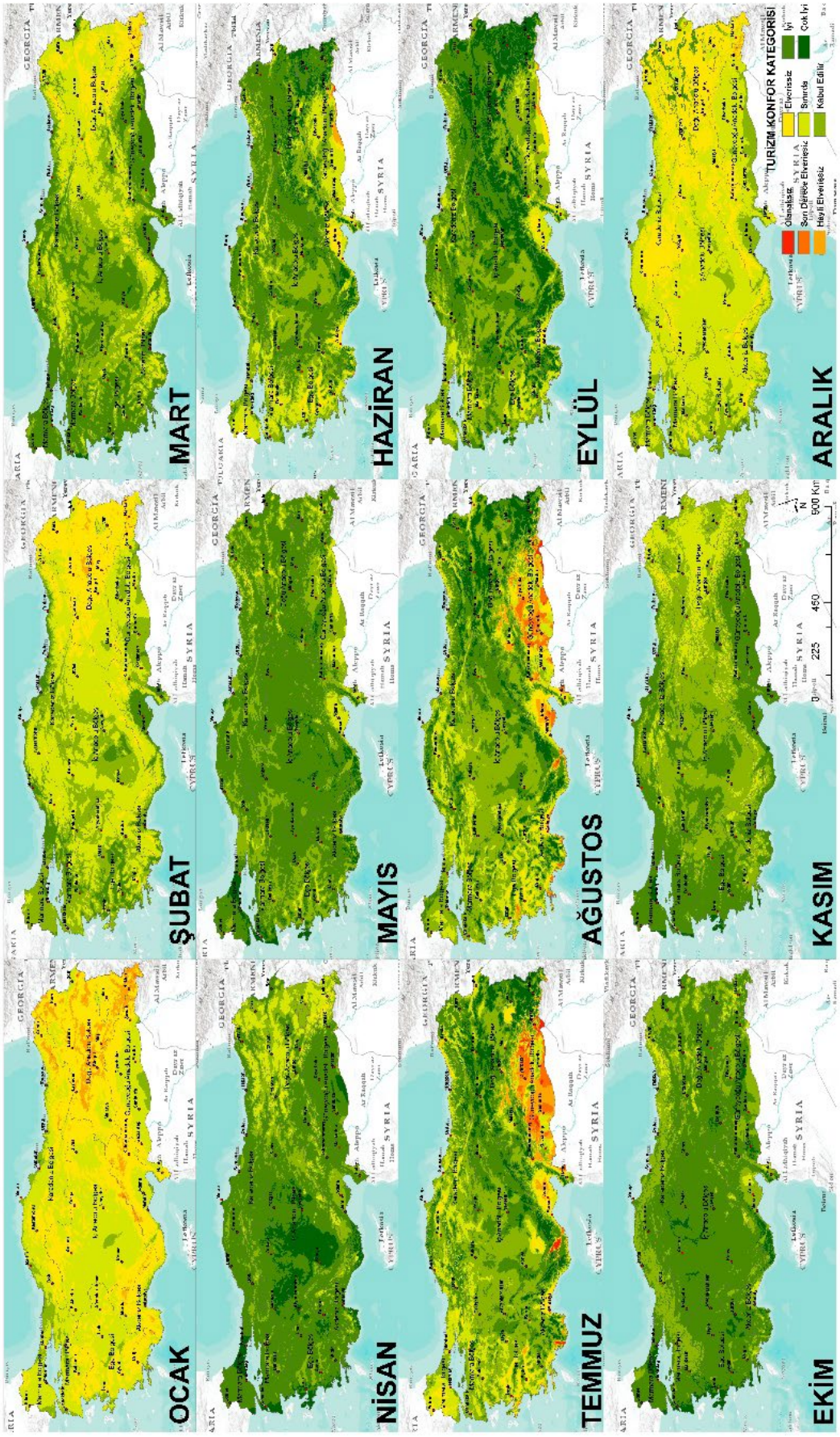
TCI	Turizm Konfor kategorisi
90-100	İdeal
80-89	Mükemmel
70-79	Çok iyi
60-69	İyi
50-59	Kabul edilir
40-49	Sınırda
30-39	Elverişsiz
20-29	Hayli elverişsiz
10-19	Son derece elverişsiz
9-(-30)	Olanaksız

Çalışma kapsamında elde edilen TCI değerlerine göre ülke genelinde ideal ve mükemmel turizm konfor kategorileri yer almamakla birlikte farklı bölgelerde değişiklik gösteren bir dağılım bulunmaktadır. Bu iklimsel çeşitlilik, çalışma alanında kış ve yaz turizmi için elverişli bölgelerin oluşmasına yol açmıştır. Türkiye geneli Şubat – Kasım aylarında 50 ile 70 (kabul edilebilir, iyi) turizm iklimi indeksi değerleriyle çoğunlukla kabul edilebilir ve iyi turizm konfor düzeyinde olduğu gözlenmektedir. Bununla birlikte nisan, mayıs ve ekim aylarında iyi bir turizm konforu mevcutken ocak ve aralık aylarında elverişsiz turizm konfor şartları gözlenmektedir (Şekil 4.60).



Şekil 4.60. Turizm konfor kategorilerinin aylara göre dağılımı

Ocak ayı turizm iklim indeksi ülke genelinde turizm konforu açısından sınırda ve elverişsiz kategorisinde yer almaktadır. Sınırda kategorisi İç Anadolu Bölgesi ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde hakimdir. Akdeniz Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesinin çoğunluğu elverişsiz turizm konfor kategorisinde yer almaktadır. Kış turizminin yoğun olarak tercih edildiği aylardan biri olan şubat ayında genel olarak sınırda turizm konfor kategorisinde yer almaktadır. Turizm konforu açısından iyi olarak kabul edilen yerler Doğu Akdeniz ve Ege bölgesinde görülmektedir. Mart ayı turizm iklim indeksi sonucuna göre konfor düzeyi çoğunlukla iyi olarak görünmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi sınırda konfor düzeyine sahiptir. Türkiye'nin iç kesimlerinde kabul edilir konfor düzeyi hakimdir. Nisan ayı turizm iklim indeksi yüksek çıkan aylardan biridir. İç Anadolu bölgesi çok iyi turizm konfor düzeyine sahiptir. Mayıs ayı için yaklaşık tüm Türkiye iyi konfor kategorisindedir. Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgesi ise elverişsiz turizm konfor kategorisinde yer almaktadır. Haziran ayı Türkiye genelinde çoğunlukla iyi konfor kategorisinde bulunmaktadır. Akdeniz Bölgesi ve Ege Bölgesi kıyı kesimlerinde elverişsiz turizm konforu yer almaktadır. Bu bölgeler temmuz ve ağustos aylarında daha da elverişsiz hale gelmektedir. Eylül ayı ile birlikte Tüm Türkiye genelinde konfor düzeyi artmış, özellikle eylül ayında çok iyi turizm konforu ortaya çıkmıştır. Aralık ayında turizm iklim indeksi azalarak ülke genelinde sınırda değerler almıştır (Şekil 4.61).

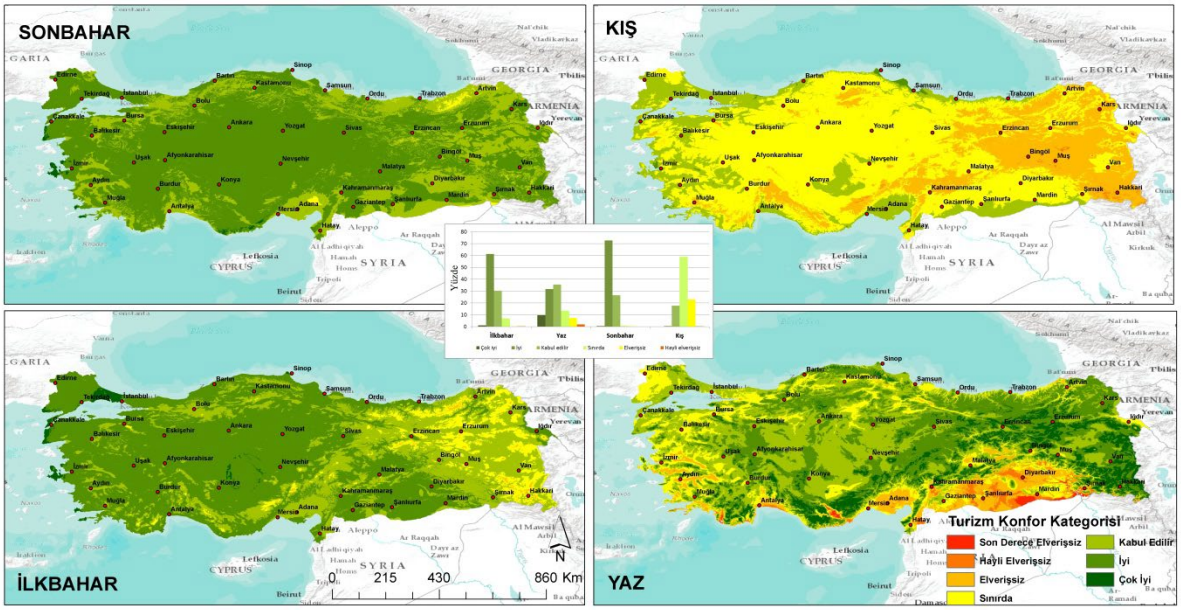


Şekil 4.61. Aylık Turizm Konfor Kategorileri

Mevsimsel olarak incelendiğinde özellikle Güneydoğu Anadolu bölgesinde turizm açısından son derece elverişsiz koşullar fazla olsa da % 9,63 oranıyla çok iyi turizm konfor kategorisinin en fazla olduğu mevsim yaz mevsimidir. İlkbahar mevsiminde Türkiye Karadeniz bölgesinin doğusu ve Doğu Anadolu bölgeleri dışında 477950,7 km^2 alanda iyi turizm konfor kategorisinde yer almaktadır. Sonbahar mevsiminde de benzer şekilde ülkenin her bölgesinde % 72,6 oranıyla en fazla iyi turizm konfor kategorisinde yer almaktadır. Kış mevsimiyle birlikte iyi ve kabul edilebilir turizm konfor koşulları ciddi oranda azalmaktadır. Ülke genelinde 457951 km2 alanda sınırda turizm konfor koşulları yer alırken Güneydoğu Anadolu bölgesinde ve Akdeniz Bölgesinin iç kesimlerinde elverişsiz turizm koşulları gözlemlenmektedir (Şekil 4.62; Çizelge 4.32).

Çizelge 4.32. Turizm konfor kategorilerine göre alanların mevsimsel dağılımı

TCI	Turizm Konfor kategorisi	İlkbahar		Yaz		Sonbahar		Kış	
		Km^2	%	Km^2	%	Km^2	%	Km^2	%
70-79	Çok iyi	9314,2	1,2	75040,5	9,6	3551,3	0,5		
60-69	İyi	477950,7	61,3	246713,0	31,7	565556,6	72,6	3302,8	0,4
50-59	Kabul edilir	235936,8	30,3	276480,5	35,5	205572,8	26,4	137227,6	17,6
40-49	Sınırda	53362,4	6,8	105322,5	13,5	4718,9	0,6	457951,1	58,8
30-39	Elverişsiz	2879,8	0,4	57130,4	7,3	52,5	0,0	178839,3	22,9
20-29	Hayli elverişsiz	7,2	0,0	14741,7	1,9		0,0	2102,1	0,3
10-19	Son derece elverişsiz	0,7	0,0	3501,4	0,4		0,0	29,1	0,0
9-(-30)	Olanaksız			522,0	0,1		0,0		



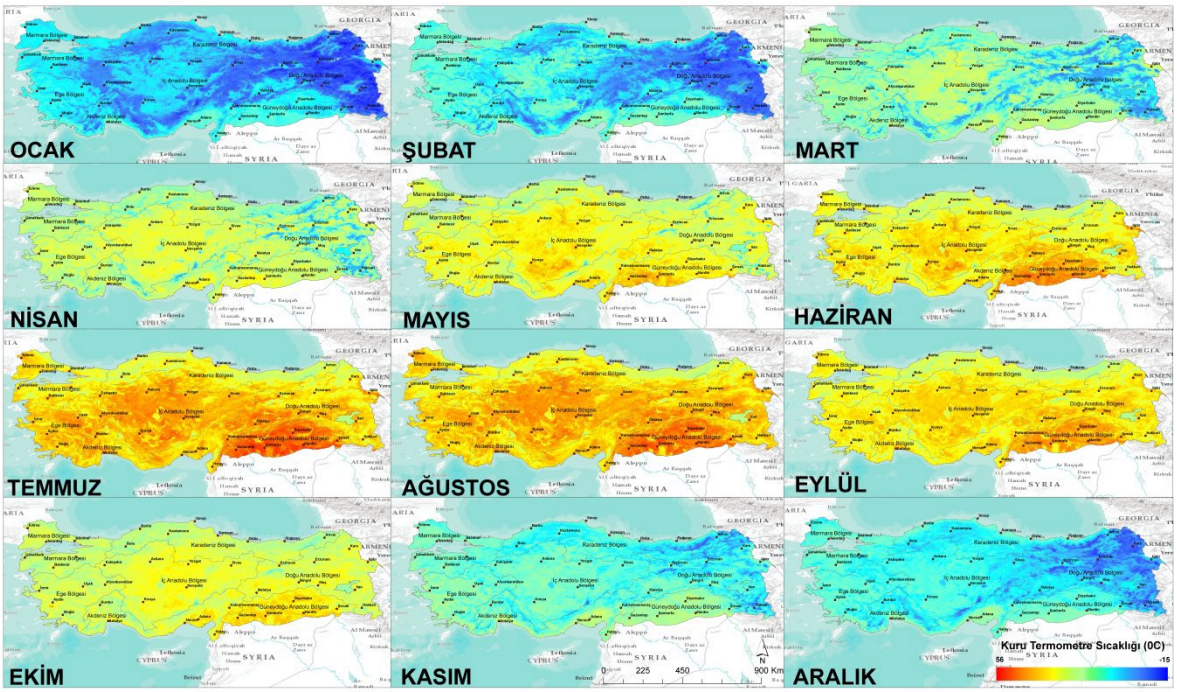
Şekil 4.62. Mevsimlere göre turizm konfor alanları haritası

4.4. Konforsuzluk İndeksine Göre Termal Konfor Alanlarının Dağılımı

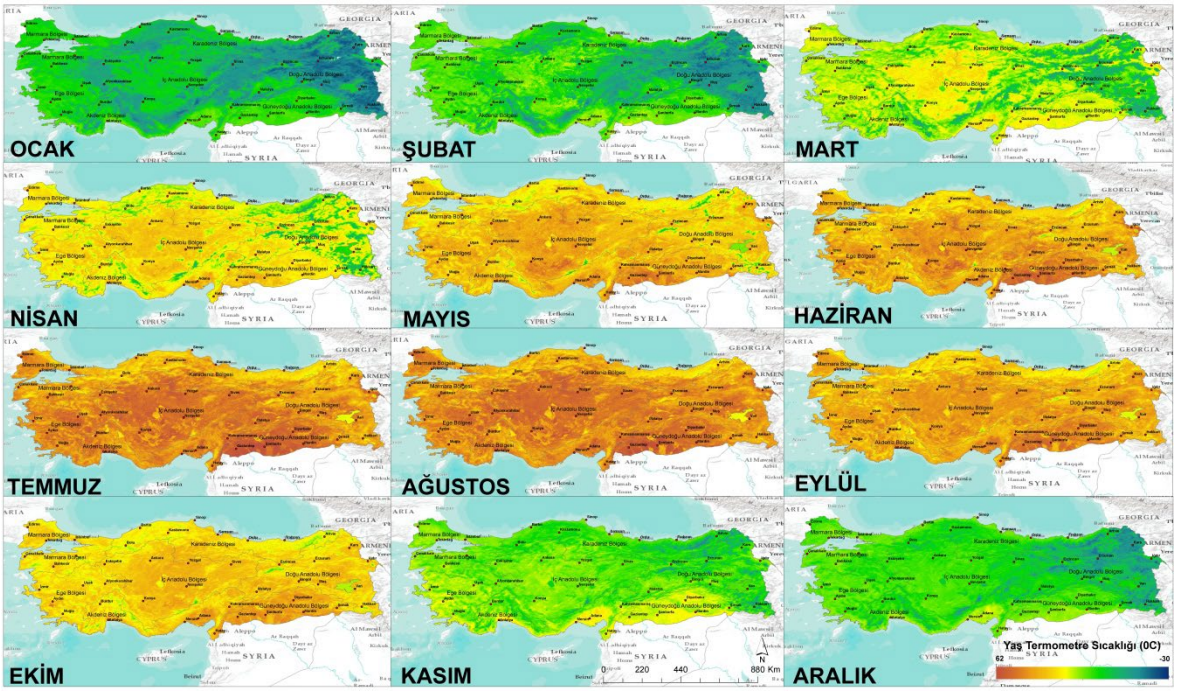
Termal konfor alanlarının belirlenmesinde kullanılan birçok indis bulunmaktadır ancak yaygın olarak meteoroloji verilerinden üretildiğinden veri kaybı yaşanmaktadır. Konforsuzluk indeksi kuru termometre sıcaklığı ve yaş termometre sıcaklığı kullanılarak hesaplanan bir termal indistir dolayısıyla uzaktan algılanmış veriler ile çalışma imkanı vermektedir. Thom (1959) tarafından önerilen konforsuzluk indeksi, Sohar ve ark (1963) tarafından değiştirilerek elde edilen DI=0,5Ta+0,5Tw (Ta: kuru termometre sıcaklığı, Tw: yaş termometre sıcaklığı) olarak hesaplanmıştır. Çalışmada, hava sıcaklığına eşit olduğu varsayılan kuru termometre sıcaklığı, 1 km çözünürlükteki MODIS LST verilerinden GEE platformu üzerinden aylık olarak alınmıştır. Türkiye'nin yıllık ortalama kuru termometre sıcaklığı 21,8 ^{0}C'dir. Temmuz ayı yılın en yüksek kuru termometre sıcaklığına sahip aydır. Bu ayda ortalama kuru termometre sıcaklığı 37,2 ^{0}C'dir. Yılın en kurak ayı ise ocak ayıdır ve bu aydaki ortalama kuru termometre sıcaklığı -2,3 ^{0}C'dir (Şekil 4.63). Bağıl nem, çalışma alanındaki 2584 adet iklim istasyonu verisi ile 1 km yersel çözünürlükte üretilmiştir. Yaş termometre sıcaklığı ise, kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nem verilerinden ampirik bir modelle hesaplanmıştır. Türkiye'nin yıllık ortalama yaş termometre sıcaklığı 25,6 ^{0}C'dir. Yılın yaş termometre sıcaklığının en yüksek olduğu ay ağustos ayıdır. Bu ayda ortalama yaş termometre sıcaklığı 45,9 ^{0}C'dir. Yılın en kurak ayı ocak ayıdır ve bu aydaki ortalama yaş termometre sıcaklığı -1,5 ^{0}C'dir (Şekil 4.64). Çalışma alanındaki ısı stresinin bir ölçüsü olarak rahatsızlık endeksi 1 km çözünürlükle hesaplanmıştır. Rahatsızlık indeksi aylık ve yıllık olarak hesaplanmış Basansenot tarafından oluşturulan iklimsel konfor sınıflarına göre sınıflanmıştır (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.33. Konforsuzuk indeksinin termal konfora göre sınıflaması (Kyle, 1994)

Konforsuzuk İndeksi (DI)	İnsanlar için termal konfor sınıflandırmaları
< − 40	Dondurucu Soğuk
− 39,9 – (− 20)	Çok Aşırı Soğuk
− 19,9 – (− 10)	Aşırı Soğuk
− 9,9 – (− 1,8)	Çok Soğuk
− 1,7 – 12,9	Soğuk
13,0 –14,9	Ilık
15,0 –19,9	Konforlu
20,0 –26,4	Sıcak
26,5 –29,9	Çok sıcak
> 30	Aşırı sıcak



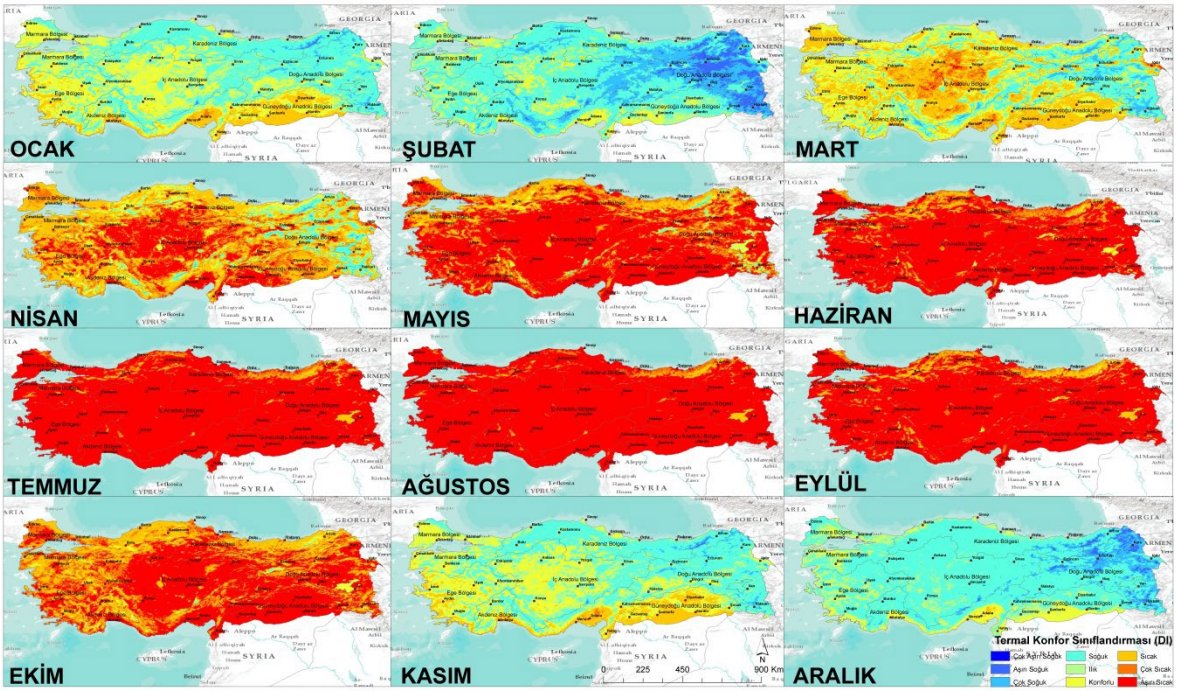
Şekil 4.63. Kuru termometre sıcaklığının aylara göre dağılımı



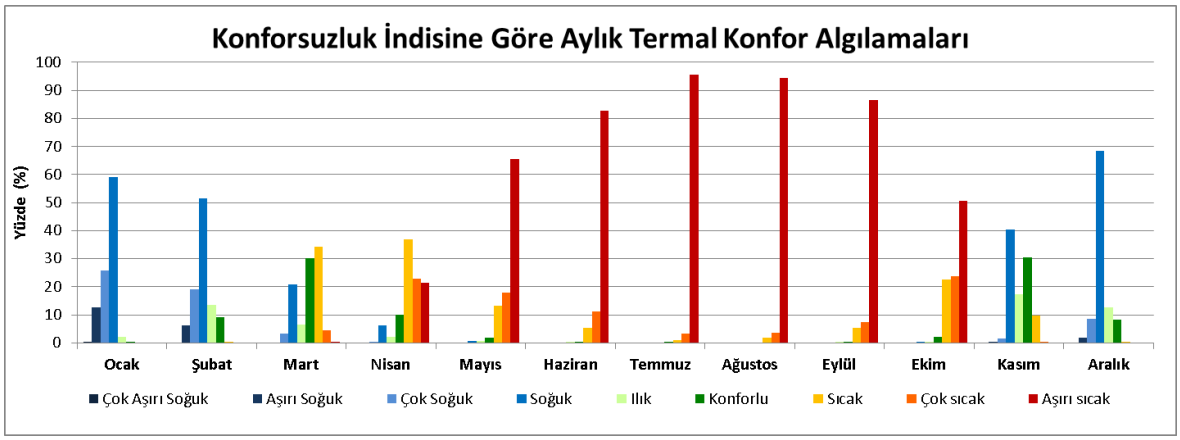
Şekil 4.64. Yaş termometre sıcaklığının aylara göre dağılımı

Elde edilen sonuçlara göre, Türkiye'nin tüm yıl için ortalama konforsuzluk indeks değeri 23,8 ^{0}C'dir ve termal konfor algılamanın sıcak olmasına sebep olmaktadır. Konforsuzluk indeksine göre mayıs-eylül ayları boyunca ülkenin hemen hemen her yerinde aşırı sıcak termal algılama gerçekleşmektedir. Mart ve kasım aylarında ise sırasıyla % 34,3 ve % 37 oranlarıyla en fazla sıcak termal konfor koşulları etkilidir. Bununla birlikte mart ayında soğuk termal koşullarda % 21 oranıyla Doğu Anadolu bölgesinde etkili olmaktadır. Ekim ayı ile birlikte aşırı sıcak termal

koşullar %50 oranında etkili olsa da konforsuzluk indeksi değeri Karadeniz, Marmara ve Ege bölgelerinde azalmıştır. Kasım – Şubat aylarında ise ülke genelinde etkili olan aşırı sıcak termal koşullar etkisini kaybederek % 68,5 oranıyla en fazla aralık ayında olmak üzere soğuk termal koşullara sahiptir(Şekil 4.65;Şekil 4.66).



Şekil 4.65. Konforsuzluk indeksinin aylara göre alansal dağılımı

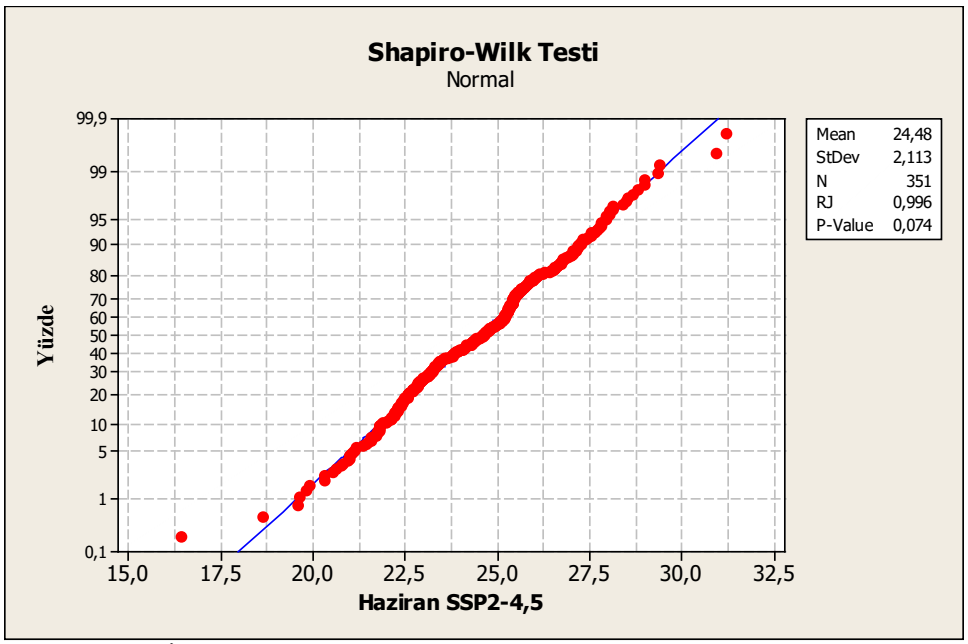


Şekil 4.66. Konforsuzluk indeksinin aylara göre alansal dağılım grafiği

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnsan konforu için önemli bir etken olan iklimin, küresel ölçekte değişimi bölgesel olarak da etkisini göstermektedir. Değişen iklim koşulları beraberinde olumsuz çevresel etkilere neden olarak termal konfor durumunu etkilemektedir.

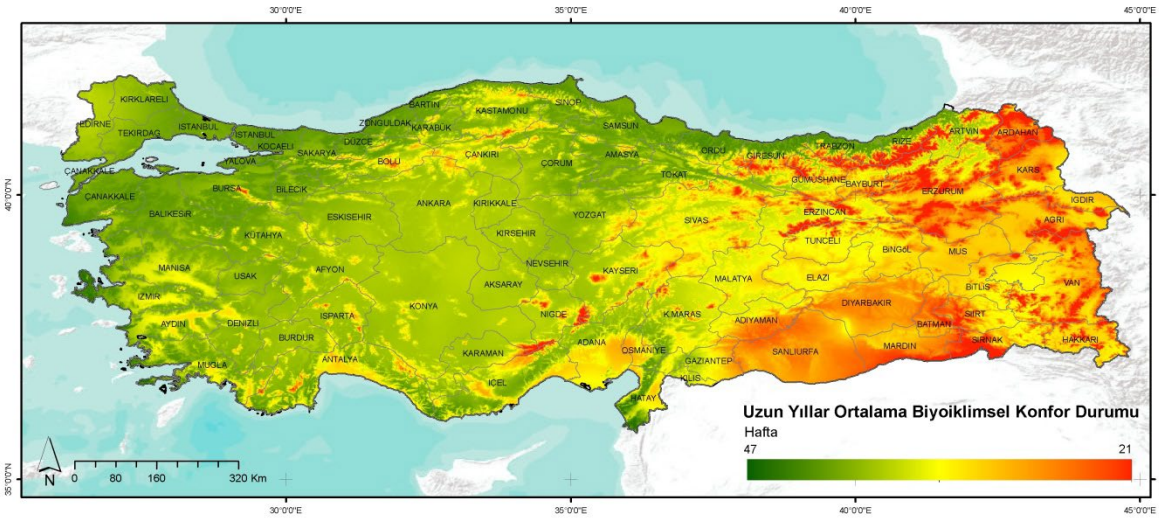
Çalışmada güncel ve geleceğe yönelik biyoiklimsel konfor durumları modellenmiştir. Geleceğe yönelik biyoiklimsel konfor durumunun modellenmesinde İklim Değişikliği Hükümetlerarası (IPCC) altıncı değerlendirme (AR6) raporunda belirlenen SSP2-4,5 ve SSP5-8,5 senaryoları için Hadley Merkezi Küresel Çevre Modeline (HadGEM3) göre yakın gelecek (2050) hava sıcaklığı (°C), nispi nem (%), rüzgar hızı (m/s) ve solar radyasyon (w/m^2) verileri kullanılmış ve istatistiksel ölçek küçültme yöntemiyle yüksek çözünürlükte üretilmiştir. İstatistiksel ölçek küçültmenin yanısıra yaygın bir şekilde kullanılan büyük ve küçük ölçekler arasındaki sabit olmayan ilişkilerin bölgesel zorlamadaki potansiyel değişiklikleri dikkate alan dinamik ölçek küçültme yöntemleri de bulunmaktadır. Bu yöntem Türkiye gibi büyük ölçekli alanlarda iklimsel verilerin ölçek küçültme işleminde daha etkili sonuç vermekte, ancak kaba çözünürlükte (yaklaşık 8~10km yersel çözünürlükte) sonuçlar üretmektedir. Bu çalışmada biyoiklimsel konforun bölgesel ölçeğin yanı sıra kentsel ölçeğe kadar inmesi nedeniyle mevcut meteoroloji istasyonları verileri ile HadGEM3 verileri kullanılarak istatistiksel ölçek küçültme tekniği uygulanmıştır. İstatistiksel ölçek küçültme ile üretilen iklim verilerinin dağılımı için Shapiro-Wilk testi yapılmıştır. Analiz sonucundaki p değeri 0,05'ten büyük çıkmıştır dolayısıyla h1 hipotezi desteklenerek verilerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına örnek olarak SSP2-4,5 senaryosuna göre Haziran verilerinin dağılım sonucu Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. İstatistiksel ölçek küçültme uygulanmış verilerin dağılım grafiği

Güncel durumda biyoiklimsel konforun belirlenmesinde ise Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü'den (TMGM) temin edilen 2584 adet meteoroloji istasyonuna ait saat 14:00 ve günlük uzun yıllar (1998-2019) ortalama sıcaklık (°C), bağıl nem (%) ve rüzgâr (m/s) verileri kullanılmıştır. İklim istasyonlarındaki veri kaybını önlemek için Meteoroloji verileri ANUSPLIN4,37 ile MODIS uydu görüntüsü ile uyumlu olacak şekilde 1km yersel çözünürlükte interpole edilmiştir. Meteoroloji istasyonlarındaki veri eksikliği nedeniyle solar radyasyon yerine bulutluluk (octas) verisi tercih edilmiştir. Bulutluluk verisi MODIS Terra MOD35_L2 uydu görüntüsünden temin edilen bulutluluk verileri HEG tool ve Google Earth Engine (GEE) platformu ve yardımıyla uygun formata dönüştürülerek kullanılmıştır. Elde edilen raster veriler ve MODIS uydusundan elde edilmiş bulutluluk verisi Türkiye geneli oluşturulan 997.197 adet nokta verisine yazdırılarak veri kaybının önüne geçilmesi sağlanmıştır.

Güncel durumda saat 14:00 ve günlük ortalama verileri kullanılarak haftalık periyotlarla FES değerleri üretilmiştir. Güncel biyoiklimsel konfor durumu yıl boyunca haftalık olarak en uzun süre ve en kısa süre konforlu olan alanlar şeklinde değerlendirilmiş ve alansal dağılımı Şekil 5.2'de verilmiştir. Haftalık konfor değerleri ülke genelinde konumsal olarak incelendiğinde, yeşil renkle gösterilen alanlarda ortalama 35 haftadan fazla konfrolu geçtiği, kırmızı alanlarda ise yıl boyunca 21-25 hafta konforlu geçtiği görülmektedir.



Şekil 5.2. Konforlu termal algılamaya sahip biyoiklimsel konfor alanları

İl bazında incelendiğinde Kocaeli, Yalova, Çanakkale, Zonguldak ve İstanbul illerinin 45 hafta ile en uzun süre konforlu olan iller olduğu, Erzurum, Batman, Şırnak, Mardin ve Ardahan illerinin ise 38 hafta ile en kısa süre konforlu olan iller olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5.1).

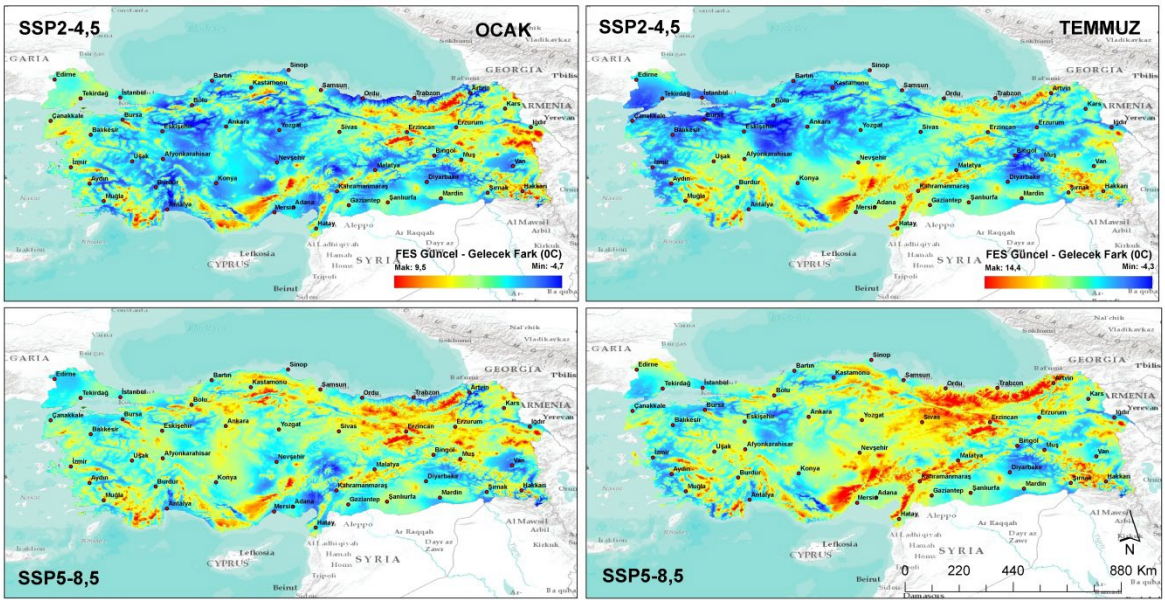
Çizelge 5.1.İl sınırlarına göre yıl bazında ortalama konforlu hafta süreleri

İl	Alan (km2)	Konfor Ortalaması (Hafta)	İl	Alan (km2)	Konfor Ortalaması (Hafta)
ADANA	13.928	42,0	**K.MARAS**	14.557	42,2
ADIYAMAN	7.500	40,0	**KARABÜK**	4.078	43,5
AFYON	14.388	43,2	**KARAMAN**	8.754	42,9
AGRI	11.186	39,1	**KARS**	9.563	38,9
AKSARAY	8.087	43,1	**KASTAMONU**	13.082	43,0
AMASYA	5.592	43,8	**KAYSERİ**	16.922	42,1
ANKARA	25.251	43,0	**KIRIKKALE**	4.679	43,1
ANTALYA	20.299	42,8	**KIRKLARELİ**	6.478	43,8
ARDAHAN	5.306	37,0	**KIRŞEHIR**	6.562	43,2
ARTViN	7.381	40,5	**KİLİS**	1.323	42,3
AYDIN	7.843	42,9	**KOCAELI**	3.379	44,7
BALIKESiR	14.196	44,3	**KONYA**	40.316	43,0
BARTIN	2.287	44,2	**KÜTAHYA**	11.660	43,7
BATMAN	4.479	38,4	**MALATYA**	11.979	41,6
BAYBURT	3.717	39,6	**MANİSA**	13.269	43,3
BİLECİK	4.146	44,1	**MARDİN**	8.662	38,1
BİNGÖL	8.431	40,5	**MERSİN**	15.895	42,5
BİTLİS	6.534	40,3	**MUĞLA**	12.293	43,4
BOLU	8.400	42,9	**MUŞ**	8.507	40,1
BORUM	12.781	43,5	**NEVŞEHIR**	5.463	43,4
BURDUR	7.001	43,3	**NİĞDE**	7.323	42,0
BURSA	10.885	44,2	**ORDU**	5.945	43,5
ÇANAKKALE	9.361	44,6	**OSMANİYE**	3.202	41,9
ÇANKIRI	7.218	42,5	**RİZE**	3.810	40,5
DENIZLI	11.763	43,4	**SAKARYA**	4.856	44,2
DIYARBAKIR	15.405	39,3	**SAMSUN**	9.828	44,2
DÜZCE	2.662	44,1	**SİİRT**	5.979	39,6
EDIRNE	6.038	43,2	**SİNOP**	5.691	43,9
ELAZIĞ	9.286	41,1	**SİVAS**	27.822	41,5
ERZİNCAN	11.682	40,4	**ŞANLIURFA**	19.120	38,9
ERZURUM	24.822	38,5	**ŞIRNAK**	6.815	38,3
ESKIŞEHIR	13.730	43,3	**TEKİRDAĞ**	6.185	44,1
GAZIANTEP	6.584	41,4	**TOKAT**	10.305	43,4
GİRESUN	6.991	42,1	**TRABZON**	4.535	42,2
GÜMÜŞHANE	6.806	39,9	**TUNCELİ**	7.660	40,7
HAKKARİ	6.920	39,6	**UŞAK**	5.343	43,7
HATAY	5.395	43,1	**VAN**	19.020	39,1
IĞDIR	3.456	39,7	**YALOVA**	719	44,6
ISPARTA	8.983	42,9	**YOZGAT**	13.826	43,2

İl	Alan (km2)	Konfor Ortalaması (Hafta)	İl	Alan (km2)	Konfor Ortalaması (Hafta)
İSTANBUL	5.007	44,5	**ZONGULDAK**	3.260	44,5
İZMIR	11.838	43,8			

Türkiye'nin güneydoğu ve batısındaki kıyı kuşağı ile alçak alanlardaki (vadi tabanları ve ovalar) günlük ortalama FES değerleri diğer alanlardan 5–25 °C daha yüksektir. En yüksek FES değerleri, mayıs-eylül ayları arasında güneydoğuda düşük rakımlı alanlarda, ekim-nisan arasında ise Akdeniz kıyılarında görülmektedir. En düşük FES değerleri ise, ocak-mayıs ayları arasında ülkenin doğusunda ve iç kesimlerde, ekim-aralık arasında ise genellikle doğu kesimlerde görülmektedir. Yıl boyunca konforlu ısıl algılamanın en çok hissedildiği ay ise %47,9 ile mayıs ayı olurken ocak, şubat ve aralık aylarında konforlu ısıl algılama hissedilmemektedir. Türkiye'nin en sıcak bölgesi olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde FES değerleri 45 °C'ye kadar çıkarken, Türkiye'nin en soğuk bölgesi olan Doğu Anadolu Bölgesi'nde FES değerleri -13 °C'ye kadar düşmektedir. Bu durum ülke genelinde hem bölgesel hem de topografya kaynaklı biyoiklimsel konfor dağılımının çok çeşitli olduğunu göstermektedir.

Geleceğe yönelik FES değerlerinde SSP2-4,5 senaryosuna göre ısıl algılama seviyelerinden konforlu ısıl algılama yıl boyunca ocak-haziran ayları ve eylül-kasım ayları arasında hissedileceği öngörülmektedir. Yakın gelecekte bu senaryoda ısıl algılamalarda en fazla artışın %29,7 oranında temmuz ayında sıcak ısıl algılamada, en fazla azalışın ise yine temmuz ayında %26,6 oranında hafifçe ılık ısıl algılamalarda olacağı öngörülmektedir. Güncel durumda konforlu ısıl algılamanın en çok hissedildiği mayıs ayının ülkenin %14,2'lik bir alanında artış göstererek toplamda %62,2 oranı ile konforlu ısıl algılamanın en çok hissedildiği ay olmaya devam edeceği öngörülmektedir. Bununla birlikte konforlu ısıl algılamanın güncel durumda hissedilmediği şubat ayında %0,8 oranında hissedilmeye başlanacağı öngörülmektedir. SSP5-8,5 senaryosuna göre termal algılama seviyelerinden konforlu ısıl algılama yıl boyunda sınırlı alanlarda da olsa ocak ve aralık ayı dışında tüm aylarda hissedilmektedir. Yakın gelecekte bu senaryoda ısıl algılamalarda en fazla artışın %37,2 oranında mayıs ayında hafif ılık ısıl algılamada, en fazla azalışın ise aralık ayında %39,9 oranında çok soğuk ısıl algılamalarda olacağı öngörülmektedir. Nisan ayında güncel durumda sadece %21 oranında hissedilen konforlu ısıl algılamanın % 5,4 artarak %56,6 oranıyla en çok hissedildiği ay olacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte konforlu ısıl algılamanın güncel durumda hissedilmediği şubat ayında %0,6 aralık ayında ise %1,5 oranında hissedileceği öngörülmektedir. İklim değişikliği temelinde Türkiyenin en soğuk ocak ile en sıcak temmuz aylarının güncel-gelecek fark haritaları Şekil 5.3'de verilmiştir. SSP2-4,5 senaryosuna göre ocak ayı FES değerlerinde -4,7 – 8,9 ^{0}C arasında bir fark beklenirken, temmuz ayı FES değerlerinde -2,9 – 11,9 ^{0}C fark beklenmektedir. SSP5-8,5 senaryosuna göre ise ocak ayı FES değerlerinde -3,8 – 9,5 ^{0}C arasında bir fark beklenirken, temmuz ayı FES değerlerinde -4,3 – 14,4 ^{0}C fark beklenmektedir.



Şekil 5.3. Ocak ve Temmuz ayları FES değerlerinin güncel-gelecek fark haritası

Turizm iklimi ve iklim parametrelerinin turizm aktivite zamanlarına etkisini belirlemek için Mieczkowski (1985) tarafından geliştirilen turizm iklim indeksi kullanılmıştır. İndekste yer alan iklimsel parametreler (rüzgar hızı, güneşlenme süresi, yağış, ortalama günlük sıcaklık, ortalama günlük nem, maksimum günlük sıcaklık ve minimum günlük nem) turistler üzerinde yapılan anket çalışmalarıyla standardize edilerek 5 (optimal) ve -3 (ekstra olumsuz) arasında değişen oranlar tanımlanarak hesaplanmıştır. Çalışmada iklim değişkenleri 250 m yersel çözünürlükte haritalanmış ve belirlenen oranlamaya göre düzenlenerek turizm iklim indeksi değerleri üretilmiştir. TCI değerlerinin 90-100 arasında olması bölgenin turizm konforu açısından ideal düzeyde olduğu anlamına gelmektedir. Bu değer azaldıkça turizme uygunluk doğrusal olarak azalmaktadır. Analiz sonuçlarına göre Türkiye'de ideal (90 ve üzeri) ve mükemmel (80 ve üzeri) koşullara sahip turizm konfor alanları bulunmamaktadır. Ancak "çok iyi" (% 4,6) ve "iyi" (% 34,8) konfora sahip alanlar ülkenin % 39,5'ini oluşturmaktadır. Buna karşı Türkiye'deki farklı turizm konfor kategorilerini bir arada barındırması, Türkiye'yi kış sporlarından plaj tatillerine kadar turistlere alternatif sunan çeşitliliğe sahip bir ülke haline getirmektedir. Turizm iklim indeksi sonuçlarının mevsimsel olarak yüksek olmasına göre turizm çeşitliliğine karar verilebilmektedir. Örneğin nisan ayı, iyi ve kabul edilebilir düzeyde turizm konfor kategorisinin ülke genelinde hissedildiği bir aydır. Bu durum nisan ayında Türkiye'nin turizm konfor koşulları, yüksek yaz sıcakları başlamadan önce turistlerin ve yerel halkın dışarıda geçirdikleri zamanı en iyi şekilde değerlendirmeleri için büyük ölçüde imkan sağlamaktadır. Dış mekan konforunun yüksek olduğu bu ayda, turizm konforu açısından da en uygun aylardan olduğu belirlenmiştir. Bu ayda hava ılımandır ve yürüyüş, bisiklete binme, balık tutma ve ülkenin birçok milli parkını ziyaret etme gibi açık hava etkinlikleri için elverişli bir ortam sağlamaktadır.

Türkiye'nin batı sahil şeridi ve Ege bölgesi yaz aylarında daha düşük turizm konfor düzeyine sahipken, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri daha düşük konfor düzeyine sahiptir. Bu durum kıyı kesimlerde deniz turizminin yanısıra alternatif turizme olanak sağlamaktadır. Turizm iklim indeksi değerleri en yüksek (75-80) ilkbahar ve sonbahar aylarındadır. Bahar aylarında turizm konfor kategorisi ülke geneli %68,5 oranında iyi seviyededir. Kış aylarında ise Marmara bölgesi, Sinop, Samsun, Ordu illerini kapsayan Karadeniz kıyı şeridi, Güneydoğu Anadolu bölgesinde Gaziantep, Şanlıurfa, Mardin ile Mersin, Adana ve Hatay illeri kabul edilebilir turizm konfor kategorisinde olup diğer bölgeler olanaksız ve sınırdadır. Yaz aylarında ise sıcaklık ve nem seviyelerindeki artış turizm iklim konforunu etkilemesine rağmen ülke genelinin %35'inde TCI değeri 55-70 puan (iyi ve kabul edilebilir) seviyelerindedir. En yüksek TCI değeri 78 puan (çok iyi) ile Mayıs ayında Çeşme'de iken en düşük TCI değeri 5 (olanaksız) ile Temmuz ayında Silopi'dedir. En soğuk ay olan ocak ayında ülke geneli çoğunlukla 50 puanın altında bir dağılım gösterirken en sıcak ay olan temmuz ayında Güneydoğu Anadolu bölgesi ve Akdeniz'in küçük bir bölümünde TCI değeri 25 puanın altına inerek elverişsiz koşullar sağlamaktadır. Bu bulgular, Türkiye'nin iklimsel özelliklerinin ve coğrafi farklılıklarının turizm konforu üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır.

Bu sonuçlar, Türkiye'nin iklimsel özelliklerinin ve coğrafi farklılıklarının turizm konforu üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Gelecekteki çalışmaların Turizm sektörünün sürdürülebilirliğini sağlamak için stratejiler geliştirirken turizm konfor durumunu da dikkate alması önem taşımaktadır. Yapılacak olan çalışmalara altlık oluşturması adına her bölgeyi temsil eden il merkezlerinin aylık TCI değerleri Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. İllere göre aylık turizm iklim indeksi değerleri

İl	Aylar											
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
SINOP	60	70	68	73	70	68	60	60	64	70	67	57
EDIRNE	45	59	66	69	66	48	40	54	52	69	67	51
BARTIN	56	66	66	67	62	56	50	58	56	57	67	52
KASTAMONU	44	49	64	65	65	50	48	46	56	61	65	40
SAMSUN	58	68	65	57	60	54	48	48	46	60	65	64
İSTANBUL	50	58	66	71	64	50	50	54	56	70	67	50
ARTVIN	43	55	64	67	52	46	40	42	46	56	63	44
TEKIRDAĞ	51	59	68	69	66	48	50	56	60	68	69	58
ORDU	52	64	63	65	58	54	46	46	52	54	63	58
TRABZON	52	56	62	65	66	62	54	62	58	60	63	52
BOLU	42	47	54	63	55	52	48	48	62	59	65	46
KARS	36	40	47	60	65	67	64	56	70	66	51	38
ÇANAKKALE	50	60	69	71	70	52	44	54	54	72	69	60
BURSA	54	64	63	59	60	48	42	50	48	58	65	52
ANKARA	45	51	66	69	66	54	52	52	56	64	68	41

İl	Aylar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
YOZGAT	38	46	57	68	65	60	62	60	66	66	58	39
ERZURUM	36	40	44	49	63	71	66	66	71	66	51	40
IĞDIR	43	47	68	69	62	50	42	42	52	63	59	44
ESKİŞEHİR	45	53	70	71	60	56	52	52	60	64	68	41
SIVAS	42	48	57	68	65	66	54	54	64	64	59	42
ERZINCAN	38	46	55	63	67	56	52	52	64	63	59	48
BALIKESİR	41	65	64	67	56	40	46	44	52	60	65	58
BİNGÖZ	31	41	54	63	66	50	40	52	60	67	55	40
UŞAK	43	59	64	67	66	54	50	50	58	64	64	47
AFYONKARAHISAR	47	53	60	71	69	54	52	60	58	66	60	49
MUŞ	34	38	39	61	65	58	52	52	60	62	56	33
NEVŞEHIR	44	50	68	71	67	54	62	54	66	66	60	49
İZMİR	48	64	67	62	60	44	34	46	54	66	67	57
VAN	40	42	45	56	65	72	68	60	74	64	51	41
MALATYA	43	45	60	65	62	52	54	52	60	68	60	47
AYDIN	46	64	65	60	56	40	34	40	50	64	62	54
KONYA	45	53	68	71	60	56	54	54	60	66	60	47
DIYARBAKI	43	55	63	67	54	46	22	20	52	54	66	45
BURDUR	43	49	66	67	58	54	52	50	58	71	66	47
K.MARAŞ	35	55	63	67	56	46	22	22	52	62	64	49
ŞIRNAK	39	41	52	61	70	62	54	38	60	66	55	41
HAKKARI	33	37	37	52	67	66	60	60	68	61	47	31
MUĞLA	37	51	61	65	62	48	52	52	58	66	59	50
MARDIN	45	45	58	67	62	54	44	52	54	72	69	48
ŞANLIURFA	48	56	67	58	50	44	14	44	44	58	67	54
ADANA	48	64	65	54	48	38	38	30	48	56	66	55
GAZIANTEP	39	47	65	65	58	56	46	46	54	64	67	42
ANTALYA	45	61	65	70	58	40	40	40	42	54	66	59
MERSIN	44	62	65	64	50	40	38	38	40	56	65	56
HATAY	46	62	65	54	50	44	44	36	48	54	67	57

- Olanaksız — Çok iyi

Çalışmada ayrıca konforsuzluk indeksi yardımıyla biyoiklimsel konfor koşullarını belirlemek amacıyla konforsuzluk indeksi (DI) üretilmiş ve ısı stresine neden olan alanlar tespit edilmiştir. DI değerlendirmesi kullanılan en eski yöntemlerden biridir ve aynı zamanda ısı stresinin anlaşılmasında etkilidir. Konforsuzluk indeksi en güncel formül olan DI=0,5Ta+0,5Tw (Ta: kuru termometre sıcaklığı, Tw: yaş termometre sıcaklığı) bağıntısına göre hesaplanmıştır. Çalışmada, hava sıcaklığına eşit olduğu varsayılan kuru termometre sıcaklığı, 1 km yersel çözünürlükteki MODIS LST verilerinden GEE platformu üzerinden aylık olarak üretilmiştir. Türkiye'nin yıllık ortalama kuru termometre sıcaklığı 21,8 ^{0}C'dir. Yaş termometre sıcaklığı ise, kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nem verilerinden ampirik bir modelle hesaplanmıştır. Türkiye'nin yıllık ortalama

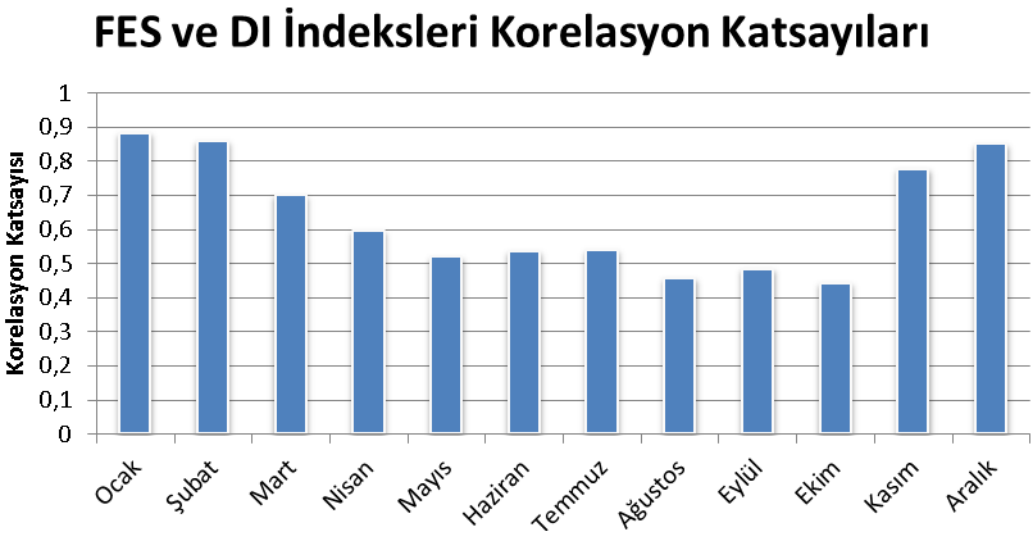
yaş termometre sıcaklığı 25,6 ^{0}C'dir. Konforsuzluk indeksine göre mayıs-eylül ayları boyunca ülkemizin hemen hemen her yerinde aşırı sıcak termal algılama gerçekleşmektedir. Mart ve kasım ayları ise sırasıyla % 34,3 ve % 40 oranlarıyla konforlu termal koşulların en yüksek olduğu aylardır.

Çalışmada fizyolojik eşdeğer sıcaklık ve konforsuzluk indeksi aracılığıyla iki farklı yaklaşımla biyoiklimsel konfor durumu ortaya konmuştur. İki yaklaşımın avantaj ve dezavantajları Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3. FES ve DI indekslerinin avantaj ve dezavantajları

İndeks	Avantajları	Dezavantajları
Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık İndeksi (FES)	İnsan termal konforunu daha iyi temsil eder.	Hesaplama daha karmaşıktır.
	Hesaplamalara kişisel faktörleri etkin bir şekilde dahil eder.	Çok sayıda veri gerektirir.
	Rüzgar hızı, güneşlenme süresi gibi farklı iklimsel parametreler kullanır.	Nokta sayısı arttıkça işlem yükü artar.
	Farklı aktivite ve kıyafet izolasyonunu dikkate alır.	Sadece nokta tabanlı veri ile çalışır.
	Daha yeni bir hesaplamadır (1984) ve yaygın olarak tercih edilir.	
Konforsuzluk İndeksi (DI)	Kolay hesaplanır.	İnsan konforunu temsil etmede zayıftır.
	Tek veri üzerinden hesaplanabilir.	Kişisel faktörleri sabit etkide kabul eder.
	Veri hacmi ve işlem yükü küçüktür.	Sadece sıcaklık ve nemi kullanır.
	Piksel tabanlı verilerin kullanılabilir olması.	İnsan aktivitesi dikkate alınmaz.
		Daha eski bir hesaplamadır (1959)

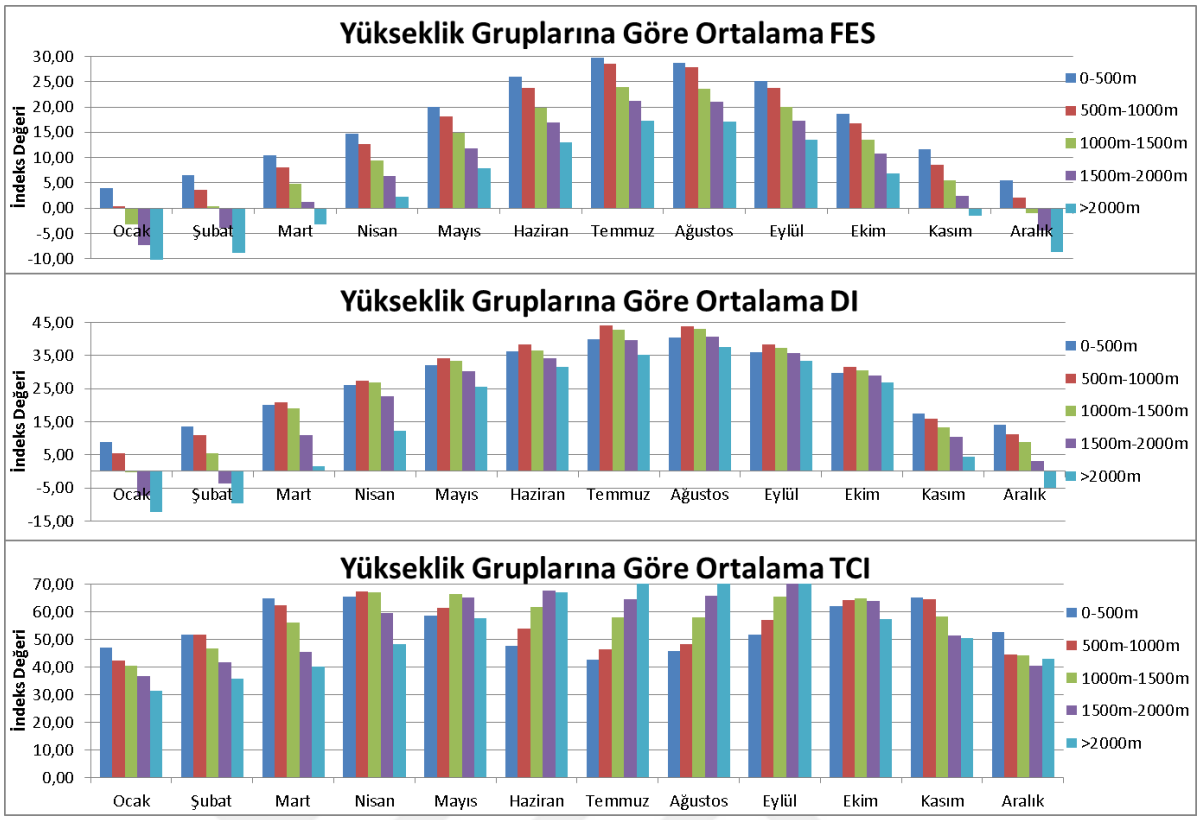
Her iki indeksin hesaplanmasındaki farklılıkların yanında sonuçların birbiri ile olan ilişkileri için aylık olarak korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Korelasyon katsayılarını belirlemek için her iki indeks değeri 0 ve 1 arasında standardize edilmiştir. Bunun için FES değerlerinin 18-23 ^{0}C arasında konforlu, ancak değer azaldıkça veya arttıkça konforun da azalacağı, DI değerlerinde ise 15-20 ^{0}C arasında konforlu, ancak değer azaldıkça veya arttıkça konforun da azalacağı dikkate alınarak ölçeklendirilmiştir. Her iki indeks arasındaki korelasyon katsayıları Şekil 5.4'de verilmiştir.



Şekil 5.4. FES ve DI indekslerine göre biyoiklimsel konfor durumunun korelasyon katsayıları

Sonuç olarak basit ve kullanıcı dostu olarak hesaplanan DI temelde sıcaklık ve nem değerlerine dayanırken, Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık indeksi sıcaklık ve nemin yanı sıra rüzgar hızı, güneş ışığı ve aktiviteler gibi daha fazla faktörü dahil ederek daha ayrıntılı ve karmaşık bir hesaplama gerektirmektedir. Her iki indeksin de kişisel farklılıkları tam olarak yansıtmada sınırlı yönleri bulunmaktadır. İki indeks arasındaki ilişki de dikkate alınarak hangi indeksin kullanılması gerektiği, uygulama ve amaçlar doğrultusunda belirlenmelidir.

Yükseklik, iklim değişkenleri üzerinde etkisi olan önemli bir faktördür. Bu etki, yükseklik arttıkça sıcaklık, havanın nem taşıma kapasitesi ve güneş radyasyonu gibi iklim özelliklerinin değişimine yol açar. Yükseklik, iklim koşullarını belirlemede temel bir faktör olarak kabul edilir ve bu nedenle fizyolojik eşdeğer sıcaklık, konforsuzluk ve turizm iklim indeks değerlerini etkiler. Ortalama fizyolojik eşdeğer sıcaklık ve konforsuzluk indeksi değerleri incelendiğinde, yaz aylarında deniz seviyesine yakın bölgelerde en yüksek değerlere ulaşırken, kış aylarında yüksek rakımlı alanlarda daha düşük değerlere geriler. Bu, yaz aylarında alçak kesimlerde sıcaklık ve nem artışlarının insanların rahatlık seviyelerini azalttığını, ancak yüksek rakımlarda bu değişkenlerin azalmasıyla konforun arttığını göstermektedir. Ortalama turizm iklim indeksi değerlerine göre ise yaz aylarında alçak kesimlerde plaj turizmi artsa da iklimsel açıdan turizm uygunluk değerlerinin azaldığı yüksek kesimlerde ise arttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, yükseklik iklim koşullarını etkileyen önemli bir faktördür ve bu etki mevsimsel olarak farklılık gösterebilir. Fizyolojik eşdeğer sıcaklık, konforsuzluk ve turizm iklim indeksleri yüksekliğin etkisi altında değişebilmektedir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Yükseklik gruplarına göre ortalama FES, DI ve TCI indekslerinin dağılımı

Literatürde bulunan biyoiklimsel konfor konulu çalışmalarda uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin katkısı giderek artmakla birlikte yeterli düzeye ulaşmadığı görülmektedir. Yerel ölçekte veya bölgesel bazda BK durumunu inceleyen çalışmalar olmasına rağmen UA verilerinin ve iklim değişikliğinin etkisinin dikkate alındığı büyük ölçekli çalışmalar çok sınırlı kalmaktadır. Çalışmada uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak özellikle ülkemizdeki kentlerin güncel ve gelecekteki BK durumunun daha etkin, doğru ve hızlı bir şekilde ortaya konması sağlanmıştır. Buna ek olarak uzaktan algılanmış görüntüler kullanılarak ısı stresinin belirlendiği konforsuz alanlar üretilmiştir. Ayrıca turizm konfor durumunu ortaya koyan çalışmalarda genellikle küçük alanlar ve az sayıda istasyon verileri kullanıldığı için sonuçların haritalandırılmasındaki başarı oranı düşüktür. Çalışmada turizm konfor alanları, çok sayıda iklim istasyonlarından elde edilen veriler ile yüksek çözünürlü ve büyük ölçekte raster formatında üretilmiştir. Böylece yapılacak olan sektörel bazda (turizm, imar planları vb.) fiziki planlamalara bir altlık oluşturarak sürdürülebilir plan kararları alınmasına önemli katkı sağlanmıştır. Bu bağlamda, çalışmanın potansiyel katkıları;

- Meteoroloji istasyonlarının çoğunlukla düşük rakımlarda konumlandırılmasından dolayı yapılan interpolasyonlarda ülkemiz gibi topoğrafik değişimin yüksek olduğu yerlerde meteorolojik verilerin alana yaygınlaştırılması yüksek doğrulukla mümkün olmamaktadır. Meteorolojik verileri (yüzey sıcaklığı, bulutluluk vb.) uydulardan temin edilerek, yüksek doğrulukla biyoiklimsel konfor durumunu

ortaya koyan RayMan modeline entegre edilmiştir. BK çalışmalarında bu kapsamda literatürde kullanım bulunmamaktadır.

- Isı stresi ve ısı adalarını belirlerken çoklu zamansal-spektral-konumsal algılayıcı entegrasyonu sağlanarak fiziki planlama çalışmalarına çok boyutlu uzaktan algılanmış verilerin dahil edilmesi sağlanmıştır. Böylece konumsal bilgi teknolojilerinden uzaktan algılamanın fiziki planlama çalışmalarına farklı ölçeklerde (bölgesel, ulusal) entegrasyonu klasik kullanımının ötesine taşınmıştır. Ülkemizde ve dünyada yer bilimleri tarafından üretilen verilerin planlamaya aktarılması sınırlı kalmıştır. Bu boşluğun doldurulmasında önemli bir katkı sağlanmıştır.
- Turizm planlamasında sürdürülebilir bir etki sağlayacak olan turizm konfor indeksinin raster veriler üzerinden üretilmesi, sonuçların daha geniş coğrafi alanlarda ve daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır.

İklim değişikliği dünya genelinde yaşam konforunu ve çevresel sürdürülebilirliği etkileyen en önemli sorunlardan biridir. Biyoiklimsel konfor alanlarının geleceğe yönelik değişiminin ortaya konması insanların konforlu ve çevreye uyumlu bir hayat sürmesi açısından yapılacak planlamalara önemli katkılar sağlayacaktır. Biyoiklimsel konfor alanlarının belirlenmesi turizm planlaması açısından da önemlidir. Her iki konfor durumunun ilişkilendirilmesi sürdürülebilir plan kararlarında ve iklim uyum stratejilerinde yönlendirici olacaktır. Bu kapsamda kısıtlar ve gelecekteki olası uygulamalar aşağıda sunulmuştur.

- Çalışmada karşılaşılan en önemli kısıt veri yetersizliğidir. İklim değişikliği ve biyoiklimsel konfor alanlarının analizinde doğru ve eksiksiz verilere sahip olmak bu tür çalışmaların temel gerekliliğidir. Bu kapsamda MGM tarafından temin edilen mevcut verilerin iyileştirilmesi, iklim istasyonlarından alınan verilerin daha sağlıklı hale getirilerek dönemsel veri kayıplarının önüne geçilmesi, mevcut durum ve iklim değişikliği etkilerini daha iyi anlaşılması açısından oldukça önemlidir.
- Geleceğe yönelik yüksek çözünürlü iklim verilerinin üretilmesi için ölçek küçültme ile istenen zaman periyodu boyunca yeterli istasyonda sürekli veri temin edilememesi önemli bir sorundur. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilen solar radyasyon verilerinde uzun yıllar kesintisiz veriye sahip iklim istasyonu az sayıda olduğu için Türkiye ölçeğinde yaklaşık 200-250 adet iklim istasyonuna ait veri ile ölçek küçültme işlemi yapılabilmiştir.
- Çalışmada karşılaşılan bir diğer sorun ise veri ve işlem hacminin büyüklüğüdür. İklim istasyonlarındaki dönemsel veri kayıplarından dolayı yaşanan eksiklikleri

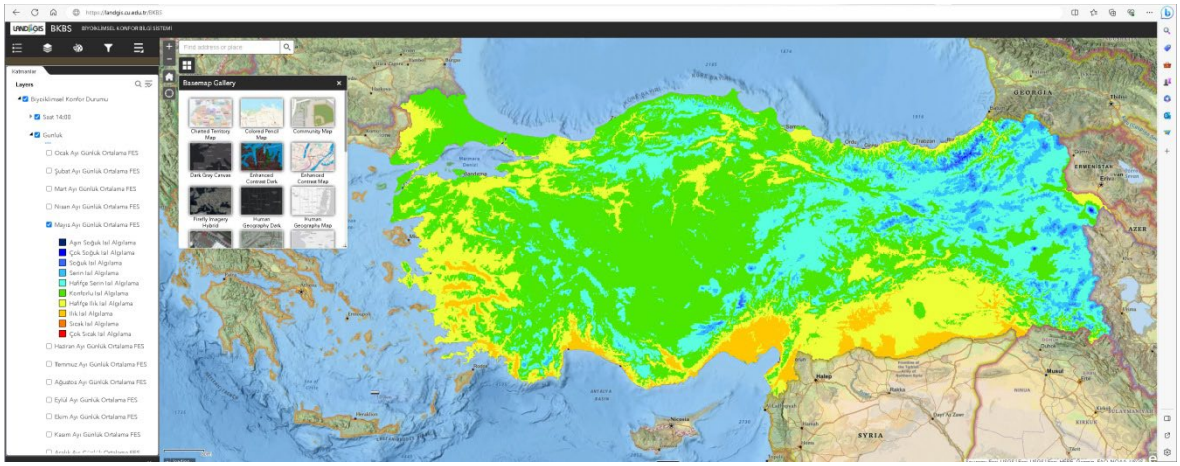
gidermek amacıyla geliştirilen yöntem beraberinde işlem yükünü de getirmiştir. FES değerlerinin üretilmesinde kullanılan RayMan Pro programı az sayıda noktasal veri ile hesaplamalarda hızlı olmakla birlikte fazla sayıda (997.197) noktasal veri kullanılarak gerçekleştirilen hesaplamalar günler sürmektedir.

- Elde edilen sonuçlar, iklimsel faktörlerin insanların yaşam kalitesi üzerindeki etkisini anlamamıza ve gelecekte daha konforlu ve sürdürülebilir şehirlerin tasarlanmasına katkı sağlamaktadır. Özellikle bu veriler ışığında iklim dengeli şehir planlama dirençli kentler oluşturmada önemli bir çalışma alanı oluşturacaktır. Bu veriler dikkate alınarak yapılacak kentsel ve mimari planlamalar biyoiklimsel konforun en üst düzeye çıkarılabilmesine olanak sağlayacaktır. Böylece tasarlanacak kentsel alanlar yapay ısıtma ve soğutma ihtiyacını azaltabilir dolayısıyla enerji tüketimi ve sera gazı emisyonlarının da azalması sağlanabilir. Bu sadece olumlu çevresel etkiler değil aynı zamanda bireyler ve toplumlar için önemli maliyet tasarruflarına da olanak sağlayacaktır.
- İklim değişikliği çerçevesinde Türkiye'nin biyoiklimsel konfor durumunun yaz aylarında sıcak stresinin artmasına sebep olacağı, kış aylarında ise soğuk stresinin azalarak konfor durumuna yaklaşacağı görülmektedir. Ayrıca iklim değişikliğinin sonucu olarak artan kuraklık, sel, fırtına gibi aşırı hava olaylarının sıklığı ve şiddeti de biyoiklimsel konforu olumsuz etkileyeceltir. Bu nedenle aşırı hava olaylarının biyoiklimsel konfor üzerindeki etkilerinin araştırılması gelecekteki önemli bir araştırma konusu olacaktır.
- Fiziki planlamalarda uzaktan algılama verileri ve biyoiklimsel konfor durumu yeterince dikkate alınmamaktadır. Bu durum sürdürülebilir kalkınma ve çevresel uyum açısından oldukça önemlidir. Özellikle turizm planlaması çalışmalarında biyoiklimsel konfor alanların ve turizm konfor indeksinin entegre bir şekilde ele alınması fiziki planların uzun vadeli uygulanabilirliği ve sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir. Çalışmada oluşturulan altlık veriler bu kapsamda önemli bir kaynak sunmaktadır.
- Çalışma Türkiye ölçeğinde 1 km ölçeğinde sunulmakla birlikte yerel çalışmalarla cadde, sokak ölçeğine indirilebilir. Böylelikle kentsel alanlardaki biyoiklimsel konfor durumunu iyileştirme stratejileri geliştirilebilir. Bu kapsamda bina yönelimleri, ağaçlandırma ve su öğeleri gibi unsurların kullanımı ile biyoiklimsel konfor koşullarının iyileştirilmesine katkı sağlanabilir.
- Ayrıca, konforsuzluk indeksi ile üretilen konfor haritaları da kentsel ölçekte yapılacak planlamalara dahil edilebilir. Bu kapsamda gelecekte yapılacak çalışmalarda konforsuzluk indeksi normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) ve normalleştirilmiş fark yerleşim alanı indeksi (NDBI) ile

ilişkilendirilerek daha ayrıntılı ve kapsamlı bir analiz yapılabilir. Böylece konforsuzluk durumuna etki eden alanların ve faktörlerin anlaşılması sağlanarak karar vericilere katkı sağlayabilir. Ayrıca kent planlama stratejilerinde yenilikçi ve insan-çevre dengeli yaklaşımlar geliştirilebilir. Bu durum yeşil alt yapının gelişmesine de katkı sağlayarak enerji tasarrufu ile kent ekonomisine katkı sağlayacaktır.

Ülke genelinde yapılacak kentsel planlama, turizm planlaması veya iklim temelli planlama ile akademik çalışmalara altlık veri oluşturulması için sonuçlar web ortamında yayınlanmıştır. Bu kapsamda verilere erişim https://landgis.cu.edu.tr/BKBS üzerinden gerçekleşmektedir (Şekil 5.6). Web-tabanlı sistem ile kullanıcılara aşağıdaki katkılar sağlanmıştır:

- Hangi bölgenin yıl boyu ne kadar süre konforlu kaldığı,
- Aylık olarak güncel ve gelecek biyoiklimsel konfor alanlarının dağılımlarının nerelerde olduğu,
- Tüm il sınırlarında güncel durumda saat 14:00 ve günlük FES değerlerine göre 52 hafta için ortalama hangi ısıl algılamanın hissedildiği,
- Her bir bölgeyi temsil edecek şekilde dağılım yapılan 45 adet il merkezindeki FES değerlerinin yakın gelecekte orta seviye (SSP2-4,5) ve kötümser (SSP5-8,5) senaryolara göre değişimlerinin ne olduğu,
- Turizm konfor indeksine göre turizme uygun veya olanaksız bölgelerinin 12 aylık dağılımlarının ne olduğu,
- Aylık olarak konforsuzluk indeksine göre ısı stresinin dağılımlarının nerelerde olduğu.



Şekil 5.6. Biyoiklimsel konfor bilgi sistemi ekran görüntüsü

KAYNAKLAR

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 Senaryolarla Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği-TR2015-CC. Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayını, Ankara, www.mgm.gov.tr.

Almeida, R., Gonçalves, F., ve Santos, C., 2019. Work performance and thermal comfort in a Portuguese call center. Building and Environment, 148, 187-197.

Alsaedi, H. R., Al-Naseri, S. K., ve Ghareeb, R. H., 2018. Evaluation of the Discomfort Index in Basra, Iraq. Journal of Environmental and Public Health, 2018.

Altunkasa, M. F., 1987. Çukurova Bölgesinde Biyoklimatik Veriler Kullanılarak Açık Ve Yeşil Alan Sistemlerinin Belirlenmesi İlkeleri Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Amelung, B., Viner, D., ve Yang, X., 2007. Regional tourism climate change index: A case study of seasonal changes in the UK. Climatic Change, 84(1), 109-130.

Ashrae, 1972. Handbook of fundamentals (New York: American Society of heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers)

Ashrae, 1974. Thermal environmental Conditions for Human Occupancy (New York: American Society of Heating, Refrigerating and Air Con-ditioning Engineers)

Ashrae. 1992. ASHRAE Standard 55-1992, Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

Ashrae, 2001. ANSI/ASHRAEStandard 140-2001, Standard Method of Test of the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs. Atlanta, Georgia: ASHRAE.

Ashrae, 2002. ASHRAE Guideline 14-2002, Measurement of Energy and Demand Savings. ASHRAE.

Ashrae, 2004 ASHRAE Standard 55-2004-Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

Atalay, İ., 1997. Türkiye Coğrafyası, Ege Üniversitesi yayınları.

Atalay, İ., 2010. Uygulamalı Klimatoloji. META Basım Matbaacılık Hizmetleri, Bornova, İzmir.

Auliciems, A., ve de Dear, R., 1998. A new approach to thermal comfort in the built environment. Proceedings of Building Science Forum '98, 317-324.

Auliciems, A., ve Szokolay, S. V., 2007. Thermal Comfort. DESIGN TOOLS AND TECHNIQUES note 3 Passive and Low Energy Architecture International (PLEA) in association with Department of Architecture, The University of Queensland Brisbane 4072. ISBN 0 86776 729 4.

Bahadır, M., 2011a. Akdeniz Bölgesi‘nde Sıcaklık ve Yağışın Gelecekteki Eğilimleri ve Olası Sonuçları. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 4 (19): 419- 433.

Bahadır, M., 2011b. Türkiye'de İklim Değişikliğinin İklim Bölgelerine Yansımasında Kuzey-Güney Yönlü Sıcaklık ve Yağış Değişim Öngörüleri. Akademik Bakış Dergisi, (26) :1- 18.

Bahadır, M., 2011c. Güneydoğu Anadolu Proje (Gap) Alanında Sıcaklık ve Yağışın Trend Analizi. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 4 (16) : 46- 59.

Bahadır, M., ve Özdemir, M.A., 2011. Trabzon Ve Rize‘de Yağışın Mevsimsel Dönemlerinin Marginal Ve Matrix Yöntemler ile Belirlenmesi Ve Trend Analizleri. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 4 (17): 457- 473.

Bahar, O. ve Çelik İlal, N., 2020. Coronavirüsün (Covid-19) turizm sektörü üzerindeki ekonomik etkileri . International Journal of Social Sciences and Education Research , 6 (1) , 125-139 . DOI: 10.24289/ijsser.728121

Belding, H. S., ve Hatch, T. F., 1955. Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strains. Heating, piping and air conditioning, 27(8), 129-36.

Berberoglu, S., Cilek, A., Kirkby, M., Irvine, B., ve Donmez, C., 2020. Spatial and temporal evaluation of soil erosion in Turkey under climate change scenarios using the Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA) model. Environmental Monitoring and Assessment, 192(8), 491. https://doi.org/10.1007/s10661-020-08429-5

Berberoglu, S., Donmez, C. ve Cilek, A.,2021. Modelling climate change impacts on regional net primary productivity in Turkey. Environ Monit Assess **193**, 242. https://doi.org/10.1007/s10661-021-09031-z

Błażejczyk, K., 1994. New climatological-and-physiological model of the human heat balance outdoor (MENEX) and its applications in bioclimatological studies in different scales. Bioclimatic Research of the Human Heat Balance (1994), pp. 27-58Bruse, M. ve Böhner, J., 2005. Bioclimatic Comfort and Building Physics. Energy and Buildings, 37(7), 732-748. doi: 10.1016/j.enbuild.2004.11.015

Çalışkan, O., 2012. Türkiye’nin biyoklimatik koşullarının analizi ve şehirleşmenin biyoklimatik koşullara etkisinin ankara ölçeğinde incelenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Çağlak S., 2021. İklim Değişikliğinin Biyoklimatik Konfor Şartlari Üzerine Etkileri ve Olasi Sonuçlari. Doktora Tezi, Ondokuz Mayis Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Üniversitesi, Samsun.

Çağlak, S. ve Türkeş, M. 2022. Yeni Bir Yaklaşımla Termal Konfor Koşullarının Günümüzde ve Gelecek İklim Koşullarındaki Mekânsal Dağılışının Analizi; Bolu Kenti Örneği. Coğrafi Bilimler Dergisi/ Turkish Journal of Geographical Sciences, 20(2): 338-358. doi: 10.33688/aucbd.1097989

Çelik, N. ve Bayazıt, Y., 2008. İnsan Vücudunun Modellenmesinde Kişisel Değişikliklerin Termo-Regülasyon Üzerindeki Etkileri, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, C. 28, S.1, s. 17-22.

Çengel, Y. A., ve Boles, M. A., 2017. Thermodynamics: An engineering approach. McGraw-Hill Education.

Çetin, M., 2015. Determining the Bioclimatic Comfort in Kastamonu City. Environmental Monitoring and Assessment 187 (10): 640. doi:10.1007/s10661-015-4861-3.

Çetin, M., Adiguzel, F., Gungor, S., Kaya, E., ve Sancar, M. C., 2019. Evaluation of Thermal Climatic Region Areas in Terms of Building Density in Urban Management and Planning for Burdur, Turkey. Air Quality, Atmosphere ve Health, 12(9), 1103-1112.

Çetin, M., Topay, M., Kaya, L. G., ve Yılmaz, B., 2010. Biyoiklimsel Konforun Peyzaj Planlama Sürecindeki Etkinliği: Kütahya Örneği. Turkish Journal of Forestry, 1(1), 83-95–95. https://doi.org/10.18182/tjf.29063

Çınar, İ., 1999. Fiziksel planlamada biyoklimatik veriler kullanarak biyokonforun oluşturulması üzerine Fethiye merkezi yerleşimi üzerinde araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Çınar, İ., 2004. Biyokilimatik Açıdan Konfor Ölçütlerinin Planlama Sürecinde Etkinliği Üzerinde Muğla-Karabağlar Yaylası Örneği Araştırmalar. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı. İzmir.

Civelek, G., 2020. Küreselleşmenin Turizm Ekonomisi Üzerine Etkisi: Türkiye Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, 140 s.

Çolakoğlu, T., ve Aslan, Z., 2020. Bir İş Yerinde Biyoiklimsel Konfor Şartlarının Değerlendirilmesi. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 20(1), 1-7.

de Dear, R. J., ve Brager, G. S., 1998. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. ASHRAE transactions, 104(1), 145-167.

Demir, Ç., 2010. 1980-2007 Türkiye Turizm Talebinin Ekonometrik Analizi: Zaman Serisi Yaklaşımı, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Environment and Climate Change Canada, 2021. The Wind Chill Index. https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/weather-health/wind-chill-cold-weather/understanding.html

Epstein, Y., ve Moran, D. S., 2006. Thermal Comfort and the Heat Stress Indices. Industrial Health, 44(3), 388-398. doi: 10.2486/indhealth.44.388

Erinç, S., 1996. Klimatoloji ve Metotları, Alfa Basın Yayım Dağıtım, Sayfa: 538, İstanbul.

Erol, O., 1993. Türkiye'nin Doğal Yöre Ve Çevreleri. Ege Coğrafya Dergisi, 7 (1).

Erol, O., 2008. Genel Klimatoloji. Çantay Kitabevi, 7. Baskı, İstanbul.

Eskioğlu, O., Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Şensoy, S., Yazıcı,B., Kocatürk, A., Sümer, U. M., Çoşkun, M. (2017). İklim Değişikliğinin GFDL-ESM2M Modeline Göre Nispi Nem

Üzerine Olası Etkisi. IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK, 5-7 Temmuz, 2017, İstanbul.

Ezratty, V., Duburcq, A., Emery, C., ve Lambrozo, J., 2006. Residential Thermal Comfort , Weather-Tightness and Ventilation : Links With Health in a European Study (Lares). Building, January, 1–11.

Fanger, P. O., 1970. Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. Danish Technical Press.

Fanger, P. O., 1972. Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering. McGraw-Hill.

Frumkin, H., Hess, J., Luber, G., Malilay, J., McGeehin, M., 2008. Climate change: the publichealth response. Am J Public Health. 98:435–45.

Gagge, A. P., Fobelets, A. P., ve Berglund, L. G., 1986. A standard predictive index of human response to the thermal environment. ASHRAE Transactions, 92(1), 709-731.

Gates, D. M., 1963. The energy environment in which we live, American Scientist, 51, 327-348.

Givoni, B., 1963. Estimation of the effect of climate on man: Development of a new thermal index. Hebrew University, Jerusalem.

Givoni, B., 1976. Man, architecture and climate. L'homme l'architecture et le climat. France: N. p.,. 460s.

Gulyás, Á., Unger, J., ve Matzarakis, A., 2006. Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: modelling and measurements. Building and Environment, 41(12), 1713-1722.

Güngör, S., ve Polat, A. T., 2012. Bioklimatik konfor ve bioklimatik konfora sahip alanların coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla tespitinde kullanılan yöntemler üzerine bir araştırma. KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, Özel Sayı, 8-13.

Gürkan, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Yazıcı,B., Sümer, U. M., Kömüşcü, A. Ü., Arabacı, H., Aksoy, M., 2018. 1971-2017 Dönemi Türkiye İklim Değerlendirmesi. Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği Bilimsel Kongresi, 30 Mayıs – 2 Haziran, İzmir.

Hajat, S., Kovats, R. S., ve Lachowycz, K., 2010. Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: who is at risk? Occupational and environmental medicine, 67(5), 339-345.

Haldane, J. S., 1905. The Influence Of High Air Temperatures. Epidemiology ve Infection, 65(I), 494–513. https://doi.org/10.1017/S0022172400006811.

Hartkamp, A.D., White, J.W. and Hoogenboom, G., 1999. Interfacing Geographic Information Systems with Agronomic Modeling: A Review. Agron. J., 91: 761-772. https://doi.org/10.2134/agronj1999.915761x

Havenith, G., 2019. Human biometeorology and bioclimatology: Foundations and applications. Oxford University Press.

Heberden, W., 1826. VI. An account of the heat of July, 1825; together with some remarks upon sensible cold. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, (116), 69-74.

Heurtier, R., 1968. Essaie de climatologie touristique synoptique de L'Europe occidentale et Mediterranéene pendant la saison d'été. La météorologie, 7, 71-107.

Hisarligil, H., 2013. Exploring the Courtyard Microclimate through an Example of Anatolian Seljuk Architecture: The Thirteenth-Century Sahabiye Madrassa in Kayseri. In: Hakansson, A., Höjer, M., Howlett, R., Jain, L. (eds) Sustainability in Energy and Buildings. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 22. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36645-1_6

Hong, T., Kim, S., 2020. Developing the optimum range of the operative temperature for thermal comfort in a subtropical climate. Building and Environment, 183, 107182.

Hong, T., Kim, J., ve Lee, M., 2019. A multi-objective optimization model for determining the building design and occupant behaviors based on energy, economic, and environmental performance. Energy, 174, 823-834.

Hong, T., Wei, M., Sun, K., ve Zhang, W., 2022. Decarbonization and Improving Heat Resilience in Disadvantaged Communities in Fresno, California. In *AGU Fall Meeting Abstracts* (Vol. 2022, pp. GC15D-01).

Houghton, F. C., ve Yaglou, C. P., 1923. Determining Equal Comfort Lines. J. Am. Soc. Heating and Ventilation in England, 29, 165-176.

Höppe, P. R., 1993. Heat balance modelling. Experientia, 49, 741-746.

Höppe, P., 1997. Aspects of human biometeorology in past, present and future. International Journal of Biometeorology, 40: 19-23.

Humphreys, M. A., 1975. Field studies of thermal comfort compared and applied. Building Services Engineer, 51(4), 145-148.

Hutchinson, M. F., 1991. The application of thin plate smoothing splines to continent-wide data assimilation. Data assimilation systems, 104-113.

Hutchinson, M. F., ve Xu, T., 2004. ANUSPLIN version 4.4 user guide. Centre for Resource and Environmental Studies, The Australian National University, Canberra, 54.

IPCC, 2001. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability- Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (edited by McCarthy, J. J. ve ark.). Cambridge: Cambridge University Press.

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC, 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L.

Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

ISO, 2002. ISO 7726:. Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities.

ISO, 2005. ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria," Management, vol. 3, pp. 605–615.

İBB ve PAD, 2019. İklim Değişikliğine Dirençli Kentler için bir Çerçeve: Yeşil Odaklı Uyarlama Kılavuzu. İzmir Büyükşehir Belediyesi (İBB), Peyzaj Araştırmaları Derneği (PAD) Editörler : Prof. Dr. Hakan Alphan, Doç. Dr. Çiğdem Coşkun Hepcan Yazarlar : Prof. Dr. Süha Berberoğlu, Dr. Ahmet Çilek, Dr. Yüksel Ünlükaplan Proje Ekibi : Özlem Sevinç Gökçen (Proje Koordinatörü), S. Gökçen Kunter Karaduman (Proje Yönetim Uzmanı), Dr. Eylem Demircioğlu (Proje Uzmanı), Meral Aydın (ProjeUzmanı).İzmir.

Jarvis, C. H., ve Stuart, N., 2001. A comparison among strategies for interpolating maximum and minimum daily air temperatures. Part II: The interaction between number of guiding variables and the type of interpolation method. Journal of Applied Meteorology, 40(6), 1075-1084.

Jay, O., Brotherhood, J. R., ve Vescovi, J. D., 2019. The heat stress index: A holistic approach to protecting worker health and safety in the Canadian workplace. Temperature, 6(3), 223-235.

Jeffrey, S. J., Carter, J. O., Moodie, K. B., ve Beswick, A. R., 2001. Using spatial interpolation to construct a comprehensive archive of Australian climate data. Environmental Modelling & Software, 16(4), 309-330.

Johanson, E., Thorsson, S., Emmanuel, R., Kruger, E., 2014. Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies - The need for standardization, Urban climate. Volume10, part 2, 346-366.

Johnson, G. L., Daly, C., Taylor, G. H., Hanson, C. L. (1999): Spatial variability andinterpolation of stochastic weather simulation model parameters. - J. of Appl.Meteorology39:778–796.

Kalz, D., Muenchow, J., Kolarik, J., ve Becker, S., 2020. Bioclimatic comfort evaluation in Swiss tourism destinations. Energy and Buildings, 215, 109950.

Kandror, I. S., Demina, D. M., & Ratner, E. M., 1974. Human Thermal State as the Basis of Sanitary and Climatic Zoning of the Territory of the USSR. The Medicine: Moscow, Russia.

Kang, H., Xue, Y., ve Collatz, G. J., 2007. Impact Assessment of Satellite-Derived Leaf Area Index Datasets Using a General Circulation Model. J. Climate, **20**, 993–1015, https://doi.org/10.1175/JCLI4054.1.

Kaynaklı, Ö., ve Yiğit, A., 2003. İnsan Vücudu İçin Isı Dengesi Ve Işıl Konfor Şartları. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi. Fen ve Mühendislik Dergisi, 5(2), 9–17.

Kestane, Ö., ve Ülgen, K., 2013. İzmir İli İçin Biyoklimatik Konfor Bölgelerinin Belirlenmesi. SDU Teknik Bilimler Dergisi, 3(5), 18–25.

Kim, S. H., ve Seo, J. W., 2016. Evaluation of bioclimatic comfort for university campus in Korea using the Olgyay chart. Indoor and Built Environment, 25(1), 78-87.

Koçman, A., 1991. İzmir'in Kentsel Gelişimini Etkileyen Doğal Çevre Faktörleri ve Bunlara İlişkin Sorunlar. Coğrafya Araştırmaları Dergisi, 3, 102.

Koçman, A., 1993. Türkiye İklimi. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi yayınları, no. 72.

Kum, G., 2011. İklim Değişikliğinin Türkiye'nin Güneybatı Kıyılarında Turizmin Konfor Şartlarına Etkileri, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.

Kurnitski, J., Kotilainen, K., ve Kalamees, T., 2018. Predicted mean vote (PMV) and energy efficiency in buildings: A review. Energy and Buildings, 158, 1143-1153.

Kyle, W., 1994. The Human Bioclimate of Hong Kong. In: Brazdil, R. and Kolar, M., Eds., Contemporary Climatology, Proceedings of COC/IGU Meeting, 15-20 August 1994, Masaryk University, Brno, 345-350.

Lai, D., Zhou, X., Chen, Q., 2017. Measurements and Predictions of The Skin Temperature of Human Subjects On Outdoor Environment. Energy and Buildings, 151: 476-486.

Lenzholzer, S., Salleh, E., ve Schmid, S., 2015. People's perception of thermal conditions in public urban spaces: a case study from Freiburg, Germany. Sustainable Cities and Society, 18, 14-24.

Makhoul, N., ve Ouellet-Plamondon, C., 2017. Critical review of thermal comfort indices for naturally ventilated buildings. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 77, 634-655.

Maraun, D., Wetterhall, F., Ireson, A. M., Chandler, R. E, 2010. Precipitation downscaling under climate change:recent developments to bridge the gap be - tween dynamical models and the end user. Rev Geophys 48: RG3003

Matzarakis, A., 2003. Climate data for tourism: Identification of data sources-building a meta database-identification of gaps. In Final Report Climate change, the Environment and Tourism: The Interactions. European Science Foundation-LESC Exploratory Workshop Foundazione Eni Enrico Mattei, Milan.

Matzarakis, A., Endler, C., ve Höppe, P., 2010. The human biometeorological evaluation system (HBES) and its applications. International journal of biometeorology, 54(2), 101-108. doi: 10.1007/s00484-009-0273-6

Matzarakis, A., Mayer, H., Iziomon, M.G., 1999. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. Int.J.Biometeorol.43(2), 76-84.

Matzarakis, A., Rutz, F., ve Mayer, H., 2006. Modelling the thermal bioclimate in urban areas with the RayMan Model. In International Conference on Passive and Low Energy Architecture (Vol. 23, No. 2006, pp. 449-453).

Matzarakis, A., Rutz, F., ve Mayer, H., 2007. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model. International Journal of Biometeorology, 51(4), 323-334.

Meehl, G. A., ve Tebaldi, C., 2004. More Intense, More Frequent, and Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century. Science 305 (5686): 994–997. doi:10.1126/science.1098704.

Mieczkowski, Z., 1985. The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism. The Canadian Geographer/Le Géographe canadien, 29(3), 220-233.

Missenard, F. A., 1923. Le climat intérieur des locaux de travail. Gaz d. hop., 96, 964-970.

Morgan, R., Gatell, E., Junyent, R., Micallef, A., Özhan, E. ve Williams, A.T. 1997. The development of a beach user climate index and its application to Euro-Mediterranean/Black Sea coastal tourism areas. In: Özhan, E. (ed.) Medcoast '97— Proceedings of the Third International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, pp. 605–620. METU, Ankara.

NASA, 2023. Climate Change: Vital Signs of the Planet. https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/

Nicol, F., Humphreys, M., ve Roaf, S., 2003. Adaptive thermal comfort: Principles and practice. Routledge.

Nikolopoulou, M., ve Steemers, K., 2003. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. Energy and buildings, 35(1), 95-101.

Nitschke, M., Tucker, G. R., ve Hansen, A. L., 2011. Impact of two recent extreme heat episodes on morbidity and mortality in Adelaide, South Australia: a case-series analysis. Environmental health: a global access science source, 10(1), 42.

Niu, J., Liu, X., ve Wong, N. H., 2019. The impact of solar radiation on outdoor thermal comfort: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 113, 109257. doi: 10.1016/j.rser.2019.109257

NOAA, 2021. Wind Chill Temperature. https://www.weather.gov/safety/cold-wind-chill-chart

O'Neill, B. C., ve Schweizer, V., 2011. Projection and prediction: Mapping the road ahead. Nature Climate Change, 1(7), 352.

Okkan, U., 2013. İklim değişikliğinin akarsu akişlari üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Olgyay, V., 1969. Design with Climate Princeton university press. Princeton, new jersey.

Olgyay, V., 1973. Design With Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism Princeton University Press. In Princeton, New Jersey.

Öngel, K., ve Mergen, H., 2009. Isıl konfor parametrelerinin insan vücudundaki etkilerine yönelik literatür taraması. Medical Journal of Süleyman Demirel Universty, 16(1), 21–25.

Öztürk, A., Göral, R., 2018. Climatic suitability in destination marketing and holiday climate index Glob. J. Emerg. Trends E-Bus. Market. Consum. Psychol., 4 (1) (2018), pp. 619-629.

Öztürk, M.Z., Çetinkaya, G., Aydın, S., 2017. Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına göre Türkiye'nin İklim Tipleri. Coğrafya Dergisi, (35), 17-27.

Özyavuz, M., 2017. Tekirdağ ili'nin Biyoiklimsel Konforunun Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Analizi, NKUBAP.08GA.16.015 no'lu Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi.

Pandolf, K. B., Burr, R. E., ve Gildea, P. A., 2008a. Effects of solar radiation on thermal comfort. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 79(9), 895-899. doi: 10.3357/asem.2276.2008

Pandolf, K. B., Burr, R. E., ve Nadel, E. R., 2008b. Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes. Comprehensive Physiology.

Parsons, K., 2014. Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance (3rd ed.). CRC Press.

Patz, J. A., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T., ve Foley, J. A., 2005. Impact of Regional Climate Change on Human Healt h. Nature 438 (7066): 310–317. doi:10.1038/nature04188.

Price, D. T., McKenney, D. W., Nalder, I. A., Hutchinson, M. F., & Kesteven, J. L., 2000. A comparison of two statistical methods for spatial interpolation of Canadian monthly mean climate data. Agricultural and Forest meteorology, 101(2-3), 81-94.

REC, 2015. REC Türkiye-Bölgesel Çevre Merkezi. A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi. Yayına Hazırlayanlar; Arif Cem Gündoğan, Dursun Baş, Rıfat Ünal Sayman, Yunus Arıkan, Gülçin Özsoy. Ankara. ISBN: 978-975-6180-43-3

Richardson, C. W., 1981. Stochastic simulation of daily precipitation, temperature, and solar radiation. Water resources research, 17(1), 182-190.

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

Pontes, R. H., Najjar, M. K., Hammad, A. W., Vazquez, E., ve Haddad, A., 2021. Adapting the Olgyay bioclimatic chart to assess local thermal comfort levels in urban regions. Clean Technologies and Environmental Policy, 1-15.

Robine, J. M., Cheung, S. L. K., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J.P., ve Herrmann, F. R., 2008. Death Toll Exceeded 70,000 in Europe during the Summer of 2003. Comptes Rendus Biologies 331 (2): 171–178. doi:10.1016/j.crvi.2007.12.001.

Rohles, F. H., 1974. The measurement and prediction of thermal comfort. ASHRAE Trans., 80, 98-114.

Rohles, F.H. ve Nevins, R.G., 1973. Thermal comfort: new directions and standards. Aerospace medicine, 44(7), pp.730-738.

Roosli, M., Adem, S., Hegedus, J., ve Utzinger, J., 2010. Effect of body posture, activity, and ambient temperature on point-of-care urine-based creatinine and uric acid measurements. BMC nephrology, 11(1), 6. doi:10.1186/1471-2369-11-6

Salur, H., 2016. Avlulu Yapılarda Termal Konfor Analizi: Kayseri Köşk Medrese Örneği. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Kayseri. 106 s.

Scott, D., Hall, C. M., ve Gössling, S., 2016. Tourism and water: Interactions, impacts and challenges. Channel View Publications.

Scott, D., McBoyle, G., 2001. Using a ‘tourism climate index’ to examine the implications of climate change for climate as a natural resource for tourism. In Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, Matzarakis A, de Freitas CR (eds). International Society of Biometeorology, Commission on Climate, Tourism and Recreation: Halkidi, Greece.

Scott, D., ve McBoyle, G., 2007. Using a 'tourism climate index' to examine the implications of climate change for climate as a tourism resource. Tourism and Recreation. International Society of Biometeorolog, Porto Carras, pp. 69–88. Siple, P. A., ve Passel, C. F., 1945. Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. Proceedings of the American Philosophical Society, 89(4), 177-199.

Sohar, A., Adar, S. D., ve Laky, J. J., 1963. Comfort conditions in naturally ventilated buildings. ASHRAE transactions, 69, 29-46.

Steadman, R. G., 1979. The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 18(7), 861-873.

Stull, R., 2011. Wet-Bulb Temperature from Relative Humidity and Air Temperature.”Journal of Applied Meteorology and Climatology 50 (11): 2267–2269. doi:10.1175/JAMC-D-11-0143.1.

Sun, Z., Xu, X., Zhang, Y., ve Liu, Z., 2018. Thermal comfort and energy efficiency optimization based on operative temperature in buildings. Energy and Buildings, 159, 335-344.

Şensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, U., Balta, I., 2008. Türkiye İklimi. Turkish State Meteorological Service (MGM), Ankara, 1-17.

Tennenbaum, J., Sohar, E., Adar, R., ve Gilat, T., 1961. The Physiological Significance of the Cumulative Discomfort Index (Cum. DI). Harefuah 60 (10): 315–319.

Terjung, W.H., 1966. Physiological climates ofthe conterminous United States: a bioclimatic classification based on man. Annals of the Associa-tion of American Geographers 56, 141-79.

Terjung, W.H., 1968. World patterns of the distribution of the monthly comfort index. International Journal of Biometeorology 12, 119-51.

Themeßl, M.J., Gobiet, A., Leuprecht, A., 2011 Empiricalstatistical downscaling and error correction of daily precipitation from regional climate models. Int J Climatol 31:1530−1544

Thom, E. C., 1959. “The Discomfort Index.” Weatherwise 12 (2): 57–61. doi:10.1080/00431672.1959.9926960.

Thom, E. C., Schweizer, T. A., ve Scott, S. H., 2020. Wind chill and the risk of hypothermia: Implications for occupational health and safety in Canadian workplaces. Temperature, 7(3), 308-323.

Topay, M., ve Yılmaz, B., 2004. Biyoklimatik Konfora Sahip Alanların Belirlenmesinde CBS'den Yararlanma Olanakları: Muğla İli Örneği. Proceedings of 3th GIS Days in Turkey, 425-434.

Toy, S., 2010. Biyoklimatik Konfor Değerleri Bakımından Doğu Anadolu Bölgesi 105 Rekreasyonel Alanlarının İncelenmesi. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı. Erzurum.

Toy, S., Yilmaz, S., ve Yilmaz, H., 2005. Determination of bioclimatic comfort in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey. Building and Environment, 42(3), 1315–1318. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.10.031

Tunç, M., Çamdalı, U. ve Çıkrıkçı S., 2004. Tıpta Biyoısı Uygulaması, Mühendis ve Makina, C. 1, s. 534.

TÜİK,2022. Türkiye İstatistik Kurumu. https://data.tuik.gov.tr/

Türkeş, M., 1997. Hava ve iklim kavramları üzerine, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 355, 36-37, Ankara.

Türkeş, M., 2000. Küresel ısınma: yeni rekorlara doğru. Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi, 673, 20-21.

Türkeş, M., 2008. Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. İklim Değişikliği ve Çevre, 1 (1), 26-37.

Türkeş, M., 2017. Genel Klimatoloji: Atmosfer, Hava ve İklimin Temelleri. Gözden Geçirilmiş İkinci Baskı, Kriter Yayınevi Fiziki Coğrafya Serisi No: 4, ISBN: 978-605-9336-28-4, xxiv + 520 sayfa. Kriter Yayınevi, Berdan Matbaası: İstanbul.

Türkeş, M., 2019. İklim değişikliğinin fiziksel bilim temeli -I: İklim İklim Sistemi ve İklim Değişikliği Nedir İklim Değişikliğinin Başlıca Nedenleri Nelerdir?. Toplum ve Hekim, 35(6): 457- 475.

Türkeş, M. 2023. Küresel İklim Değişikliği: Nedenleri, Sonuçları ve İklim Diplomasisi. İçinde: Çevre Diplomasisi ve Türkiye (Çok yazarlı ve Editörlü kitap). Türkiye Cumhuriyeti'nin 100. Yılına Armağan, s.281-342, ISBN 978-625-6455-01-6, İmge Kitabevi, Ankara.

Türkeş, M. 2023. İklim değişikliği savasımı/uyumda sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir gelismenin rolü. Tarim Gündem Dergisi, Temmuz-Ağustos Sayısı, 75: 22-27.UN/FCCC, 1996. Ministerial Declaration, United Nations Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties, Second Session. Geneva.

UNWTO, 2008. World Tourism Organization, Climate Change and Tourism – Responding to Global Challenges, UNWTO, Madrid.DOI: https://doi.org/10.18111/9789284412341

Widmaier, E.P., Raff, H. ve Strang, K.T., 2006. Vander's Human Physiology, 10th edition, McGraw-Hill Co. New York, USA, 2006.

Winslow, C.E.A., Herrington, L.P., Gagge, A.P., 1937. Physiological Reactions to Environmental Temperature. Am. J. of Physiology, 120:1-22.

Xiong, S., Zhang, Z., ve Yu, T., 2016. Standard effective temperature-based control strategy for indoor thermal comfort and energy conservation. Applied Energy, 178, 327-337.

Xiong, Y., ve Liu, Y., 2020. The impact of thermal discomfort on sleep quality in the context of global climate change. Building and Environment, 168, 106496.

Yaglou, C. P., ve Minaed, D., 1957. Control of Heat Casualties at Military Training Centers. Archives of Industrial Health 16 (4): 302–316.

Yang, L., Wang, H., ve Chen, Q., 2020. The effect of thermal environment on office workers' performance: A literature review. Building and Environment, 180, 107035.

Yılmaz, E., Ve Çiçek, İ., 2019. Türkiye'de Köppen-Geiger İklim Tiplerindeki Zamanmekansal Değişimler. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 59(1), 181-202.

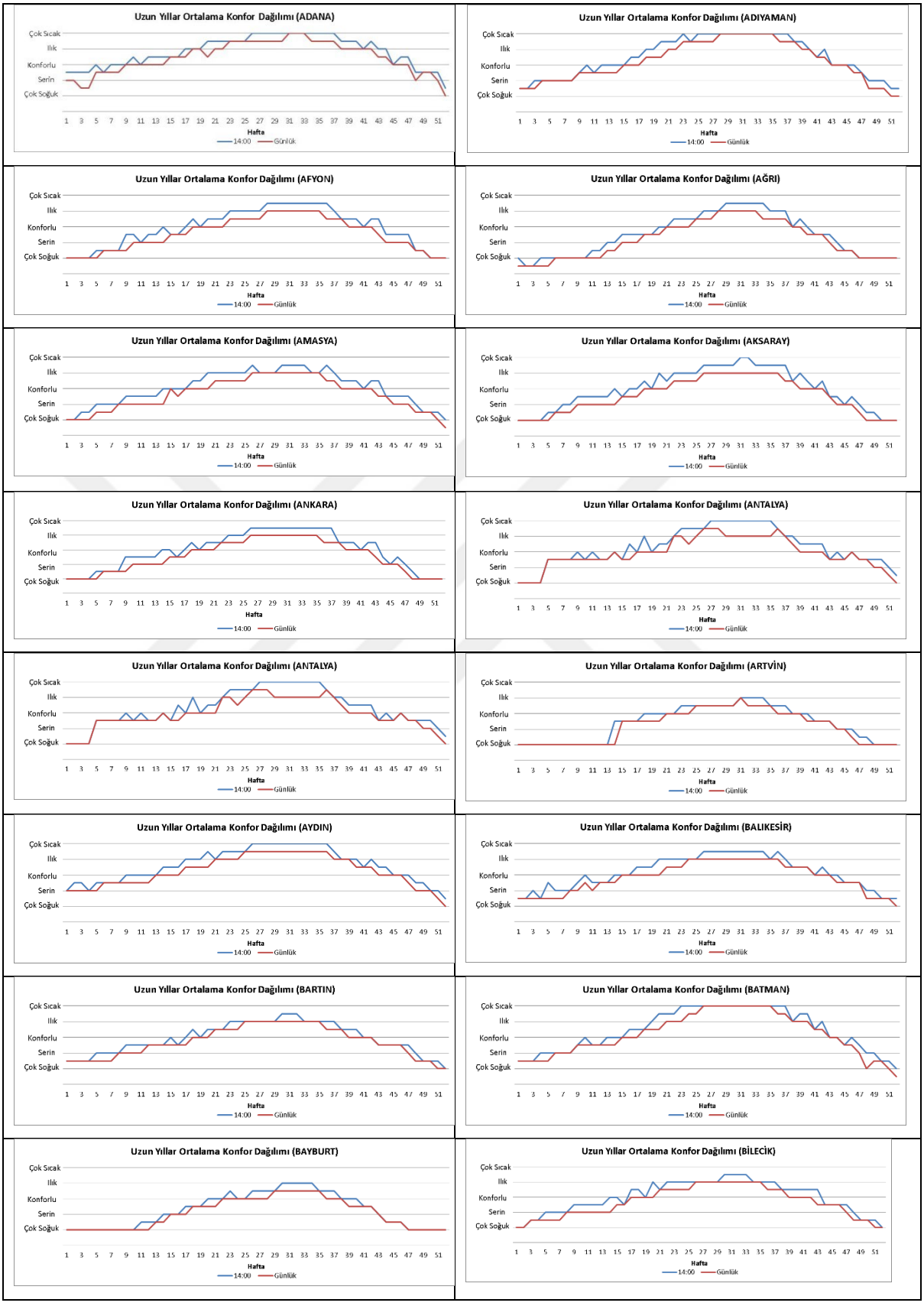
Zhang, Y., Zhang, C., ve Li, X., 2020. Optimal control of building energy systems based on standard effective temperature. Energy and Buildings, 216, 109921.

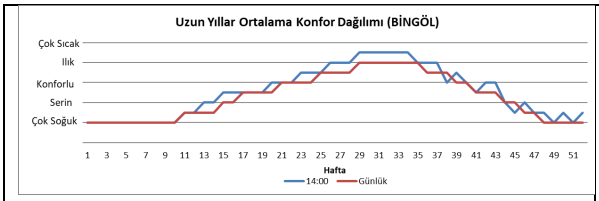
ÖZGEÇMİŞ

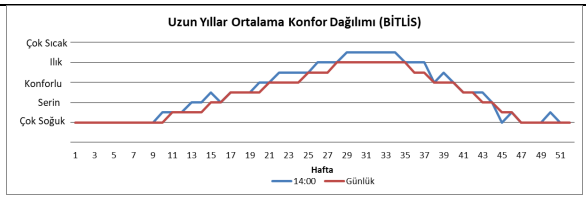
Merve ŞAHİNGÖZ, Yozgat Şehit Sedat Nezih Özok Lisesi'nden 2005 yılında mezun oldu lisans öğrenimini Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümünde 2010 yılında tamamladı. 2017 yılında ise Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında tezli yüksek lisansından mezun oldu. 2018 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında doktora programına başladı. YÖK 100-2000 bursiyerliğini 2020 yılında tamamladı.

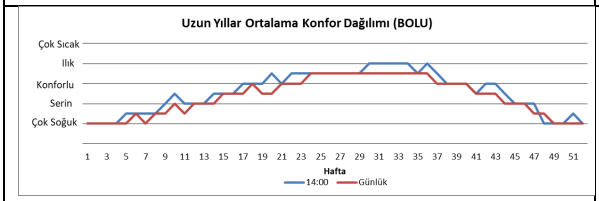
EKLER

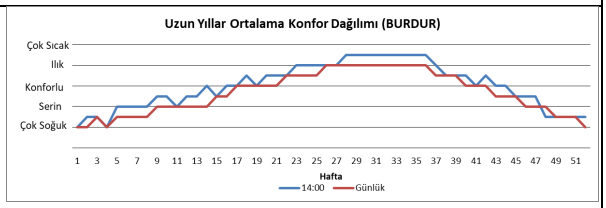
Ek1. İl Sınırlarına göre güncel biyoiklimsel konfor sınıflarının haftalık dağılımları

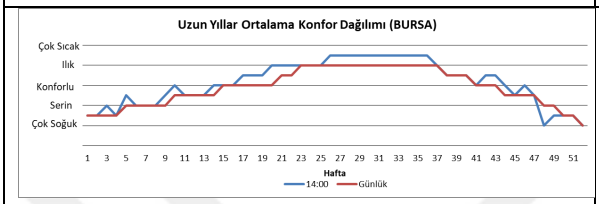


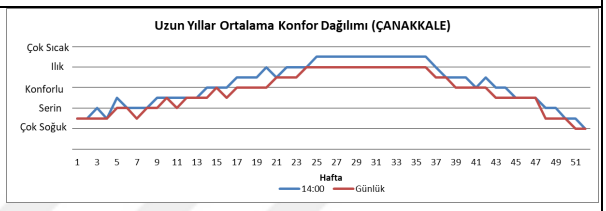

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (BİNGÖL)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

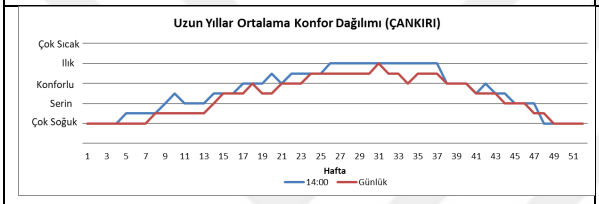

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (BİTLİS)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

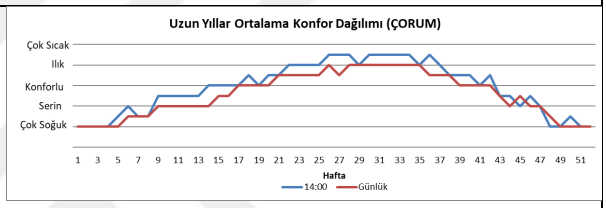

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (BOLU)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

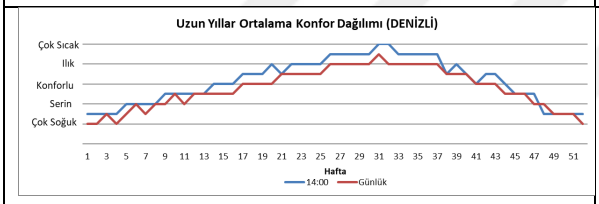

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (BURDUR)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

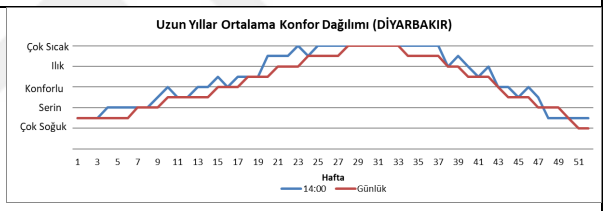

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (BURSA)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

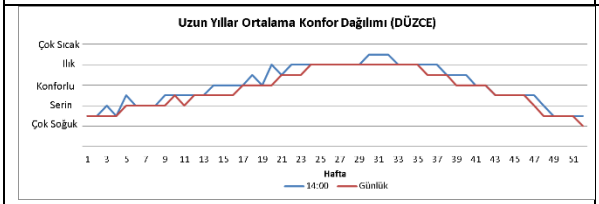

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (ÇANAKKALE)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

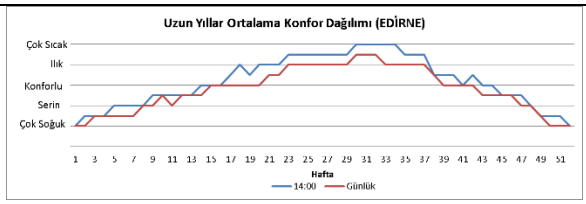

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (ÇANKIRI)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

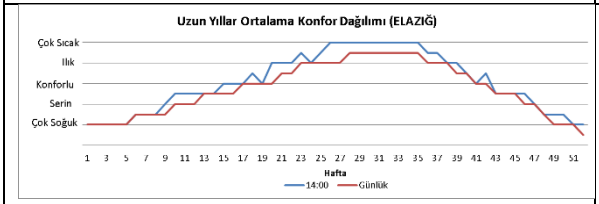

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (ÇORUM)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

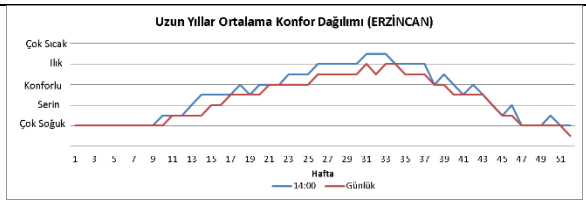

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (DENİZLİ)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

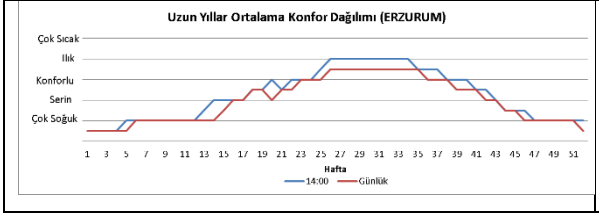

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (DİYARBAKIR)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

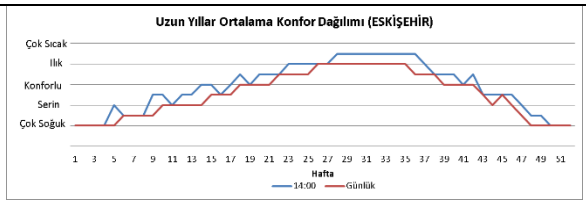

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (DÜZCE)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

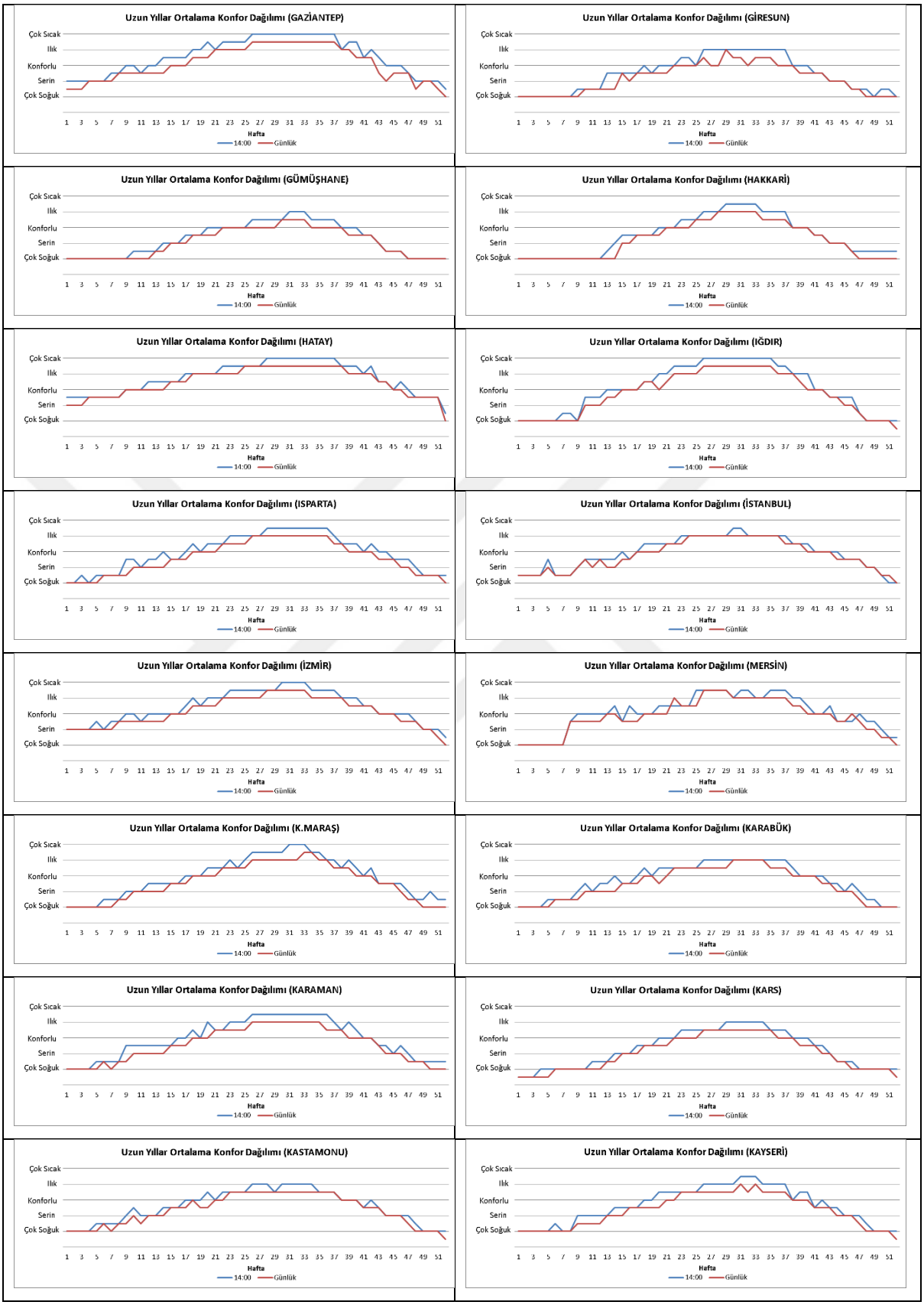

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (EDİRNE)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

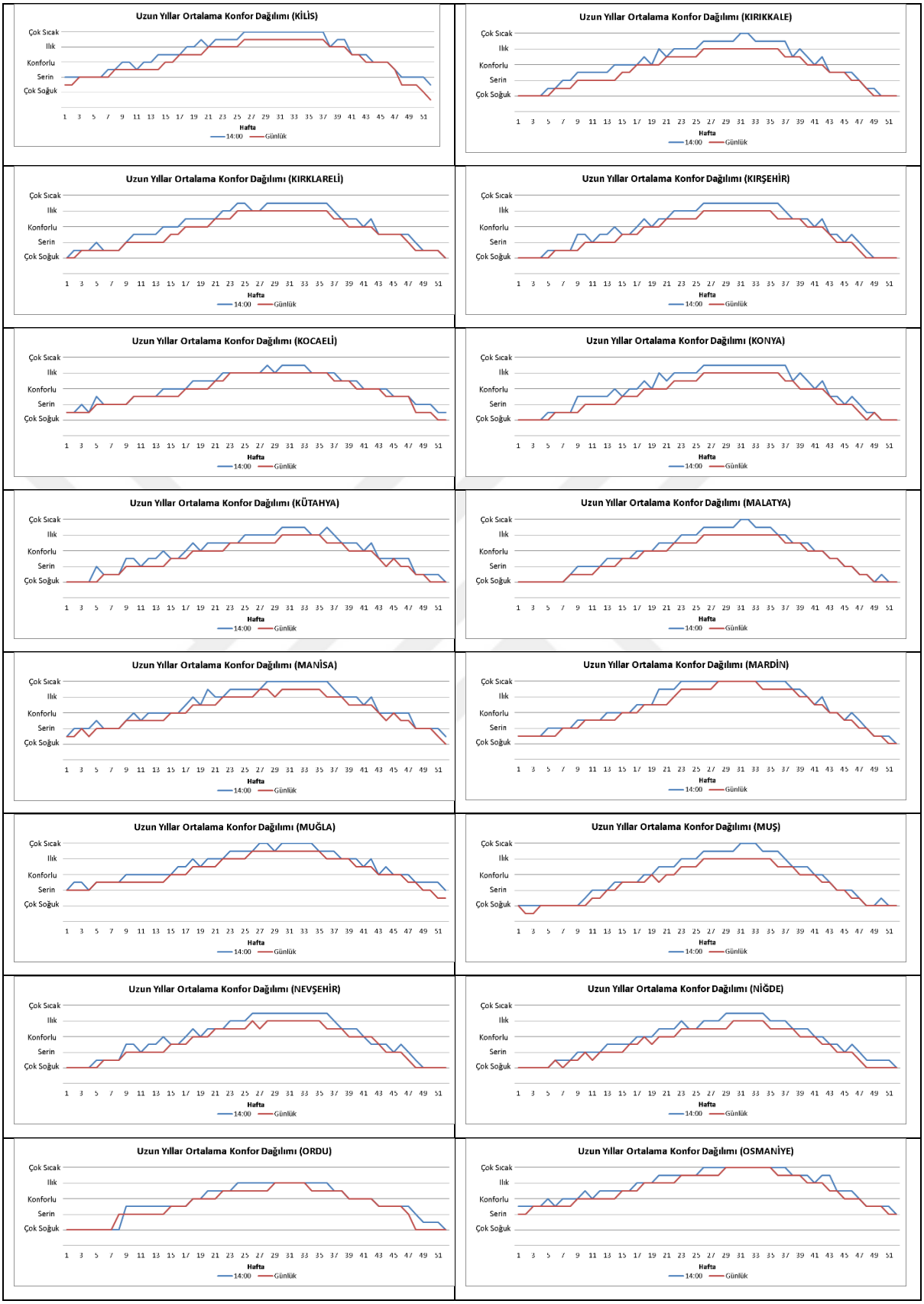

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (ELAZIĞ)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

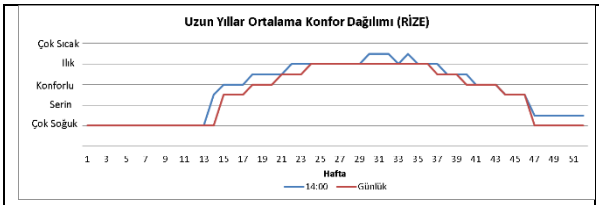

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (ERZİNCAN)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

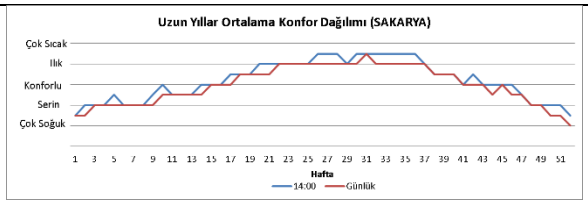

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (ERZURUM)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

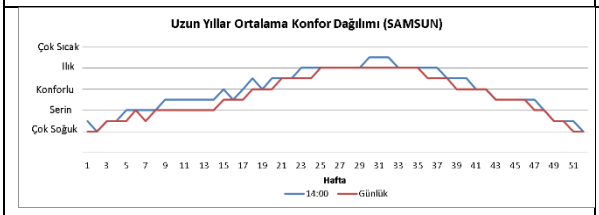

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (ESKİŞEHİR)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

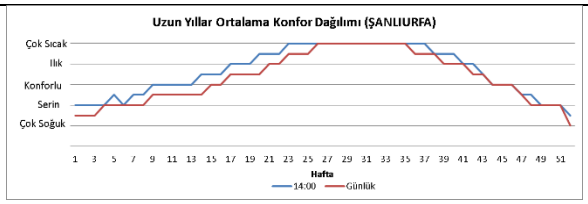

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (GAZİANTEP)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (GİRESUN)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (GÜMÜŞHANE)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (HAKKARİ)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (HATAY)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (IĞDIR)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (ISPARTA)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (İSTANBUL)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (İZMİR)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (MERSİN)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (K.MARAŞ)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (KARABÜK)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (KARAMAN)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (KARS)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (KASTAMONU)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (KAYSERİ)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
Hafta
14:00
Günlük

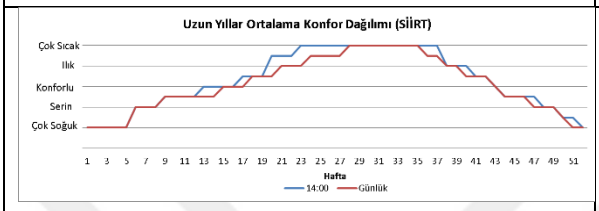

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (KİLİS)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (KIRIKKALE)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (KIRKLARELİ)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (KIRŞEHİR)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (KOCAELİ)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (KONYA)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (KÜTAHYA)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (MALATYA)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (MANİSA)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (MARDİN)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (MUĞLA)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (MUŞ)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (NEVŞEHİR)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (NİĞDE)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (ORDU)
Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (OSMANİYE)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
Hafta
14:00
Günlük

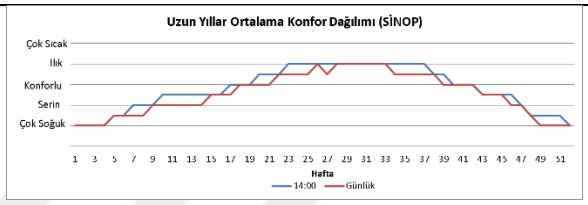

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (RİZE)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

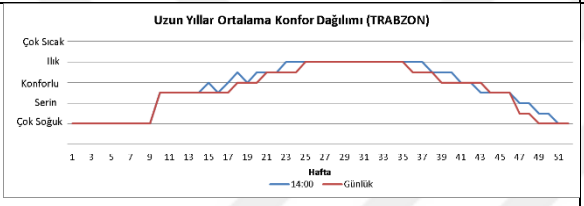

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (SAKARYA)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

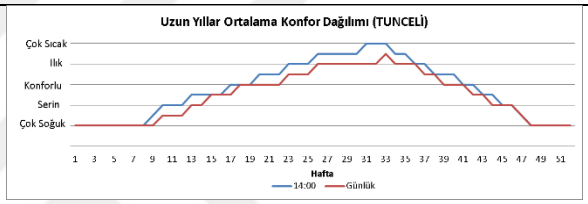

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (SAMSUN)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

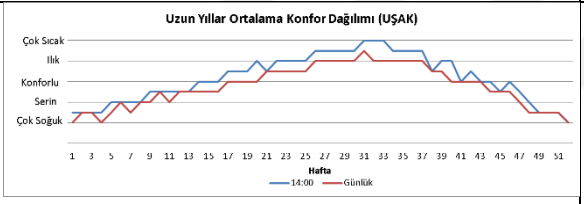

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (ŞANLIURFA)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

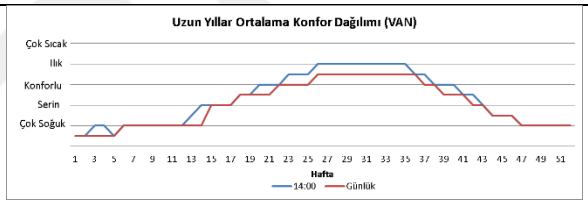

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (SİİRT)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

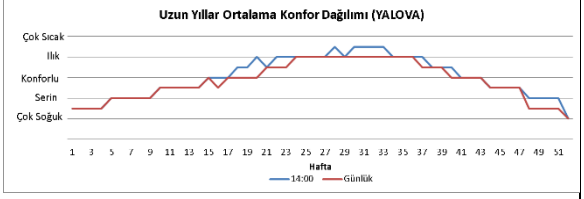

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (SİNOP)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

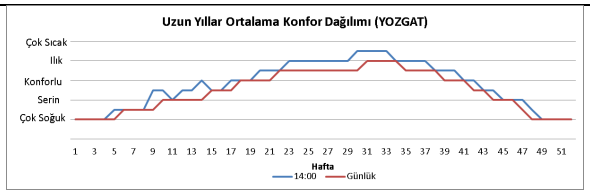

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (TRABZON)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük

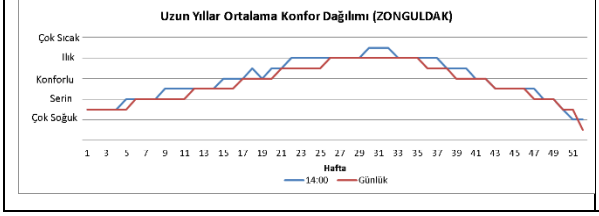

Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (TUNCELİ)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük


Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (UŞAK)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük


Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (VAN)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük


Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (YALOVA)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük


Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (YOZGAT)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük


Uzun Yıllar Ortalama Konfor Dağılımı (ZONGULDAK)
Çok Sıcak
Ilık
Konforlu
Serin
Çok Soğuk
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51
Hafta
14:00
Günlük