



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANA BİLİM DALI

**TÜRKİYE'DE YÜZEY SICAKLIKLARI
İLE ÇEŞİTLİ İNDİSLERDEN ELDE
EDİLEN FENOLOJİK AKTİVİTENİN
KIRSAL VE KENTSEL ALANLARDAKİ
DURUMUNUN İNCELENMESİ**

İlhami DOĞAN

DOKTORA TEZİ

KAHRAMANMARAŞ
HAZİRAN - 2023



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANA BİLİM DALI

**TÜRKİYE'DE YÜZEY SICAKLIKLARI
İLE ÇEŞİTLİ İNDİSLERDEN ELDE
EDİLEN FENOLOJİK AKTİVİTENİN
KIRSAL VE KENTSEL ALANLARDAKİ
DURUMUNUN İNCELENMESİ**

DANIŞMAN: Prof. Dr. Murat KARABULUT

JÜRİ : Prof. Dr. Hakan OĞUZ

JÜRİ : Dr. Öğr. Üyesi Yıldız GÜNEŞ

JÜRİ : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet KARAKOÇ

JÜRİ : Dr. Öğr. Üyesi Muhammet TOPUZ

İlhami DOĞAN

DOKTORA TEZİ

KAHRAMANMARAŞ
HAZİRAN - 2023

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANA BİLİM DALI

ÖZET

DOKTORA TEZİ

**TÜRKİYE'DE YÜZEY SICAKLIKLARI İLE ÇEŞİTLİ
İNDİSLERDEN ELDE EDİLEN FENOLOJİK AKTİVİTENİN
KIRSAL VE KENTSEL ALANLARDAKİ DURUMUNUN
İNCELENMESİ**

İlhami DOĞAN

Danışman : Prof. Dr. Murat KARABULUT

Yıl : 2023, Sayfa: 224+XVII

Jüri : Prof. Dr. Murat KARABULUT (Başkan)
: Prof. Dr. Hakan OĞUZ (Üye)
: Dr. Öğr. Üyesi Yıldız GÜNEŞ (Üye)
: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet KARAKOÇ (Üye)
: Dr. Öğr. Üyesi Muhammet TOPUZ (Üye)

Ölçme tekniklerinin ve uydu teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak, özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren Atmosferde, okyanuslarda, kriyosferde ve biyosferde gözlemlenen değişikliklerin, ısınan bir dünyanın kesin kanıtları olarak gösterilmektedir. Bu çerçevede gerçekleştirilen araştırmalar, Doğu Akdeniz Havzası'ndaki ülkelerin hava sıcaklıklarında önemli artışların gerçekleştiğini belirlemiştir. Meteoroloji istasyonlarının yetersizliği nedeniyle Türkiye'nin özelinde meydana gelen lokal sıcaklık değişimleri tam olarak araştırılmamıştır. Ayrıca hava sıcaklıklarıyla doğrudan ilişki içerisinde olan yüzey sıcaklıkları gözlemleri de yetersizdir. Türkiye'nin genelinde ve özelinde, farklı zaman periyotlarında meydana gelen yüzey sıcaklığı değişimlerini tespit etmek için 1 km çözünürlüklü MODIS (MOD11A2 ve MYD11A2) gündüz-gece uydu verileri kullanılmıştır. Yüzey sıcaklıklarındaki zamansal- mekansal eğilimleri ortaya koyabilmek için piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizi tercih edilmiştir. Kentsel ısı adaları kaynaklı kentsel-kırsal sıcaklık farklarını ortaya koyabilmek için 3 ve 5 km buffer modelleri uygulanmıştır. Vejetasyon fenolojisinde meydana gelen kentsel ve kırsal farklar, Dışbükey İkinci Dereceden (CxQ) Regresyon analiziyle modellenmiştir. Türkiye'nin genelinde ve kentsel-kırsal alanlarda önemli sıcaklık değişimleri belirlenmiştir. Özellikle büyük şehirlerin içerisinde bulunduğu birçok ilde, kentsel alanların kırsala kıyasla daha sıcak olduğu belirlenmiştir. Kentsel alanlarda meydana

gelen termal ısı birikimi, hem ormanlık hem de tarımsal alanlardaki vejetasyon fenolojisini değiştirmiştir. Kentlerdeki tarımsal alanlar, daha yüksek termal birikim nedeniyle daha erken fenolojik zirveye ulaşmaktadır. Çalışmada; geleneksel tahmin modellerine karşı uydu tabanlı, farklı çözünürlüklerdeki veri setlerini entegre edebilen ve heterojen alanlardaki yüzey mozaiğini tahmin edebilen model yaklaşımı önerilmiştir. Bu yaklaşımda sergilenen keşif analizinin, kentsel-kırsal yüzey fenolojisi metriklerinin mekânsal olarak kapsamlı haritalarını üretmek için MODIS yüzey sıcaklığı verileriyle birleştirilmiş MODIS-NDVI zaman serilerinin kullanımını otomatikleştirecek bir gelecek çalışma için uygun alt yapıda olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, Yüzey Sıcaklığı, Kentsel Isı Adası, Vejetasyon Fenolojisi

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM UNIVERSITY
INSTITUTE OF SOCIAL SCIENCES
DEPARTMENT OF GEOGRAPHY

ABSTRACT

PhD THESIS

**SURFACE TEMPERATURES AND PHENOLOGICAL
ACTIVITY FROM VARIOUS INDICES IN TURKEY
INVESTIGATION OF THE SITUATION IN RURAL AND
URBAN AREAS**

İlhami DOĞAN

Supervisor : Prof. Dr. Murat KARABULUT

Year : 2023, Pages: 224+XVII

Jury : Prof. Dr. Murat KARABULUT (Chairperson)
: Prof. Dr. Hakan OĞUZ (Member)
: Asst. Prof. Dr. Yıldız GÜNEŞ (Member)
: Asst. Prof. Dr. Ahmet KARAKOÇ (Member)
: Asst. Prof. Dr. Muhammet TOPUZ (Member)

Parallel to the development of measurement techniques and satellite technologies, the changes observed in the atmosphere, oceans, cryosphere and biosphere, especially since the second half of the 20th century, are shown as conclusive evidence of a warming world. Studies carried out in this context have determined that significant increases have occurred in the air temperatures of the countries in the Eastern Mediterranean Basin. Insufficient surface temperature observations make the studies on the changes of vegetation phenology realized under temperature control weak in urban and rural environments. 1 km resolution MODIS (MOD11A2 and MYD11A2) day-night satellite data were used to detect surface temperature changes in different time periods in Turkey in general and in particular. Pixel-based Mann-Kendall trend analysis was preferred to reveal the temporal-spatial trends in surface temperatures. In order to reveal the urban-rural temperature differences originating from urban heat islands, 3 and 5 km buffer models were applied. Urban and rural differences in vegetation phenology were modeled by Convex Second Order (CxQ) Regression analysis. Significant temperature changes have been determined throughout Turkey and in urban-rural areas. It has been

determined that urban areas are warmer than rural areas, especially in many provinces where large cities are located. Thermal heat accumulation in urban areas has changed the vegetation phenology in both forest and agricultural areas. Agricultural areas in cities reach their phenological peak earlier due to higher thermal accumulation. In the study; Against traditional prediction models, a satellite-based model approach that can integrate datasets of different resolutions and predict surface mosaic in heterogeneous areas is proposed. It was concluded that the exploratory analysis demonstrated in this approach is well-established for a future study that will automate the use of MODIS-NDVI time series combined with MODIS surface temperature data to produce spatially comprehensive maps of urban-rural surface phenology metrics.

Keywords: Turkey, Surface Temperature, Urban Heat Island, Vegetation Phenology

ÖN SÖZ

İklim değışikliğı, insan yaşamında meydana gelen diğeri çeşitli krizler nedeniyle soyut durumdaki küresel gündemin gölgesinde kalmaktadır. Küresel gündemin insan hayatını derin bir şekilde etkileyen çevresel değışimlere odaklanmaması, sürdürülebilir ekolojik yaşamın önündeki en temel sorunlardan birisidir. İklim değışikliğinin yeterince gündemde bulunmaması; olgununun tam olarak doğru ifade edilmemesi ve iyi derecede analiz edilmemesiyle de ilgilidir. Multidisipliner araştırma perspektifinin iklim değışikliğıne bağılı çevresel değışimlerle ilgili daha doğru sonuçlar ortaya koyacağı, çeşitli çalışmalar tarafından birçok kez ortaya koyulmuştur. Bu çalıştırmada, heterojen karakterdeki yüzey fenolojisi desenlerinin bölgesel ve lokal iklim değışimlerine karşı verdiği tepkiyi çok daha doğru bir şekilde modelleyebilmek için coğrafya disiplininin mekansal analiz yeteneğı kullanılmıştır. Böylece farklı disiplin ve tekniklerden sağlanan karmaşık veri setlerinin optimum seviyede değeriendirilmesi sağlanmıştır.

İlhami DOĞAN
KAHRAMANMARAŞ/HAZİRAN-2023

TEŞEKKÜR

Bana 30 yaşında baba parası yeme şansını tanıyan, çalışkanlığı ve azmiyle benim için büyük bir idol olan babama ve zorlu akademik yaşamımın her türlü zorluğunda yanımda olan aileme sonsuz teşekkürler.

Lisans, yüksek lisans ve doktora danışmanlıklarımı üstlenen Prof. Dr. Murat KARABULUT'a, uzun bir serüven olarak doktora tezimin çok önemli virajlarında yardımlarını esirgemeyen Ömer KAYA'ya, her türlü sıkıntılara rağmen benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili Mehmet ÖZCAN beye ve teknik becerileriyle dezavantajlarımı ortadan kaldıran karakteriyle çok önemli motivasyon kaynağım olan hocaların hocası saygıdeğer Gökay GÖKSU'ya ayrıca çok teşekkür ederim.

Kalitesiyle hayatıma kattığı değerlerin çok çok anlamlı olduğu Ahmet KARAKOÇ ve sevgisiyle mutluluklarıma mutluluk katan Muhammet TOPUZ hocalarıma, yüksek lisanstan bu yana her zaman yanımda olan Prof. Dr. Hakan OĞUZ'a ve doktora tezimin tikler ve savunma aşamasındaki katkılarıyla Dr. Öğr. Üyesi. Yıldız GÜNEŞ hocama da teşekkür ederim.

İlhami DOĞAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	I
ABSTRACT.....	III
ÖN SÖZ	V
TEŞEKKÜR.....	VI
İÇİNDEKİLER	VII
KISALTMALAR LİSTESİ	IX
TABLolar LİSTESİ.....	X
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problemin Tanımı	4
1.1.1. Küresel İklim Değişikliği ve Sıcaklıklardaki Eğilimler	8
1.1.1.1. Türkiye’de İklim Değişimi ve Sıcaklıklardaki Eğilimler	11
1.1.2. Küresel Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü (AKAÖ) Durumu	14
1.1.2.1. Türkiye’de Arazi Kullanım Durumu	18
1.1.3. Yüzey Sıcaklıklarının (YS) Uzaktan Algılanması.....	22
1.1.3.1. Kentsel ve Kırsal Alanlarda Yüzey Sıcaklıkları (YS).....	26
1.1.3.1.1. Kentsel Isı Adası (KIA)	27
1.1.4. Fenolojik Değişimlerde Uzaktan Algılamanın Kullanılması.....	28
1.1.4.1. Küresel İklim Değişikliğine Bağlı Fenolojik Değişimler.....	31
1.1.4.2. Kentsel ve Kırsal Yüzey Sıcaklıklarındaki (YS) Farklılıklara Göre Fenolojik Değişimler	31
1.2. Çalışmanın Amacı.....	34
1.3. Araştırma Soruları ve Objektifler	37
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	40
2.1. Sıcaklık Trendlerinin İzlenmesinde Hava İstasyonlarının Kullanımı.....	40
2.2. Sıcaklık (YS) ile Diğer Çevresel Değişimlerin İzlenmesinde Termal Uzaktan Algılamanın Kullanımı.....	41
2.3. Fenolojik Tahmin Modelleri	42
2.4. Fenolojik Tahmin Modellerinde Uzaktan Algılamanın Kullanımı.....	44
2.5. Kentsel ve Kırsal Alanlarda Fenolojik Değişimler	45
2.6. Türkiye’de Fenoloji Araştırmaları	46
3. ÇALIŞMA ALANININ GENEL İKLİM VE FENOLOJİK ÖZELLİKLERİ	48
3.1. Türkiye’nin Genel İklim Özellikleri	48
3.2. Türkiye’nin Genel Fenolojik Özellikleri	52
4. MATERYAL VE METOT	54
4.1. Materyal	54
4.2. Metot.....	55
4.2.1. Yüzey Sıcaklıklarının (YS) Oluşturulması ve Trendlerinin Belirlenmesi	56
4.2.2. Büyüme Derece Günleri (BDG) Metriğinin Oluşturulması ve Trendlerinin Belirlenmesi.....	57
4.2.2.1. Ortalama Yöntemi	59
4.2.3. Piksel Tabanlı Mann-Kendall Trend Analizi.....	59
4.2.4. YS ve BDG Fark Analizleri İçin Kentsel ve Kırsal Alanların Belirlenmesi	60

4.2.5.	Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon (CxQ) Modeliyle Kümülatif Büyüme Derece Günlerinin Bir Fonksiyonu Olarak Yüzey Fenolojisine Bağlı NDVI Değerlerinin Tahmini	62
5.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	64
5.1.	Türkiye’de Farklı Periyotlardaki Yüzey Sıcaklıklarının (YS) Ortalama Durumu	64
5.2.	Yüzey Sıcaklıklarında (YS) Meydana Gelen Değişim ve Eğilimler	68
5.2.1.	Türkiye’de Yüzey Sıcaklıklarında (YS) Meydana Gelen Değişim ve Eğilimler	70
5.2.1.1.	Günlük Ortalama Yüzey Sıcaklıkları (YS).....	70
5.2.1.2.	Gündüz 10:30 Yüzey Sıcaklıkları (YS).....	72
5.2.1.3.	Gündüz 13:30 Yüzey Sıcaklıkları (YS).....	74
5.2.1.4.	Gece 21:30 Yüzey Sıcaklıkları (YS)	76
5.2.1.5.	Gece 01:30 Yüzey Sıcaklıkları (YS)	78
5.2.2.	Türkiye’de Yüzey Sıcaklıklarının (YS) Profil Analizi	80
5.2.3.	Türkiye’de Yüzey Sıcaklıklarındaki (YS) Eğilimlerin Piksel Tabanlı Mann-Kendall Trend Analiziyle İncelenmesi	89
5.2.3.1.	Günlük Ortalama Yüzey Sıcaklıkları (YS).....	90
5.2.3.2.	Gündüz 10:30 Yüzey Sıcaklıkları (YS).....	91
5.2.3.3.	Gündüz 13:30 Yüzey Sıcaklıkları (YS).....	92
5.2.3.4.	Gece 21:30 ve 01:30 Yüzey Sıcaklıkları (YS)	93
5.2.4.	Yüzey Sıcaklıklarında (YS) Meydana Gelen Kentsel ve Kırsal Farklılıkların İncelenmesi.....	95
5.2.4.1.	Araştırmada Test Edilen Pilot İllerde Yüzey Sıcaklıklarının (YS) Mekânsal Durumu.....	99
5.3.	Yüzey Sıcaklığından (YS) Türetilen Kümülatif Büyüme Derece Günlerindeki (KBDG °C) Değişim ve Eğilimler	135
5.3.1.	Türkiye’de Kümülatif Büyüme Derece Günlerinde Meydana Gelen Değişim ve Eğilimler.....	137
5.3.1.1.	Türkiye’de Kümülatif Büyüme Derece Günlerinin (KBDG) Profil Analizi	139
5.3.2.	Türkiye’de Büyüme Derece Günlerinde Meydana Gelen Eğilimlerin Piksel Tabanlı Mann-Kendall Trend Analiziyle İncelenmesi	141
5.3.3.	Büyüme Derece Günlerinde Meydana Gelen Kentsel ve Kırsal Farklılıkların İncelenmesi.....	142
5.4.	Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon (CxQ) Modeliyle Büyüme Derece Günlerinin Bir Fonksiyonu Olarak Yüzey Fenolojisine Bağlı NDVI Değerlerinin Tahmini	152
5.4.1.	İstanbul İli Örneği	154
5.4.1.1.	Orman Pikselleri	154
5.4.1.2.	Tarım Alanı Pikselleri	160
5.4.2.	Bursa İli Örneği	166
5.4.2.1.	Orman Pikselleri	166
5.4.2.2.	Tarım Alanı Pikselleri	172
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	178
	KAYNAKLAR	187
	ÖZ GEÇMİŞ	

KISALTMALAR LİSTESİ

AKAÖ	: Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü
BDG	: Büyüme Derece Günleri
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CO ₂	: Karbondioksit
CORINE	: Coordination of Information on the Environment
EOS	: End of Season (Mevsim Sonu)
FAO	: Food and Agriculture Organization
GA	: Güven Aralığı
GDD	: Growing Degree Days (Büyüme Derece Günleri)
HS	: Hava Sıcaklığı
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
KBDG	: Kümülatif Büyüme Derece Günleri
KIA	: Kentsel Isı Adası
LSP	: Land Surface Phenology (Yüzey Fenolojisi)
LST	: Land Surface Temperature (Yüzey Sıcaklığı)
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MM	: Milimetre
MODIS	: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index
NOAA-AVHRR	: The Advanced Very High Resolution Radiometer
PYNDVI	: Pik NDVI Yüksekliği
SOS	: Start of Season (Mevsim Başlangıcı)
SPI	: Standardized Precipitation Index
TIR	: Termal İnfrared
TZ-KBDG °C	: Pik NDVI İçin Gerekli Termal Zaman Birikimi
WMO	: World Meteorological Organization
YS	: Yüzey Sıcaklığı

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablolar

Sayfa

Tablo 1.1. Türkiye CORINE arazi sınıflarının yüzdelik olarak değişimi 1990-2012 (Özşahin vd., 2020:33).....	19
Tablo 1.2. Türkiye’de 2018 yılı arazi sınıflarının yüzölçümü ve yüzdelikleri (02.08.2022, corinecbs.tarimorman.gov.tr)	19
Tablo 1.3. Fenolojik teknik altyapının tipleri (Jeanneret ve Rutishauser, 2010)	30
Tablo 4.1. Çalışmadaki pilot illerin nüfus ve yüz ölçümü bilgileri (Nüfus verileri 14.09.2022, data.tuik.gov.tr)	54
Tablo 4.2. Çeşitli tarım ve mera bitkileri için alt eşik sıcaklığı değerleri	58
Tablo 4.3. Ortalama yöntemine göre çeşitli tarihlerde BDG hesaplanması.....	59
Tablo 5.1. Türkiye geneli günlük ortalama, gündüz 10:30 – 13:30 ve gece 21:30 – 01:30 YS ortalamaları	70
Tablo 5.2. Mann-Kendall trend analizine göre Türkiye’de YS’lerde meydana gelen pozitif eğilimler ile toplam pozitif artışların (anlamli-anlamsız) alansal dağılımı	89
Tablo 5.3. Mann-Kendall trend analizine göre Türkiye’de YS’lerde meydana gelen negatif eğilimler ile toplam negatif azalışların (anlamli-anlamsız) alansal dağılımı.....	90
Tablo 5.4. İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa ve Antalya illerinde kentsel ve kırsal YS durumu (“G-ORT” günlük ortalama)	97
Tablo 5.5. Konya, Adana, Şanlıurfa, Gaziantep ve Kocaeli illerinde kentsel ve kırsal YS durumu (“G-ORT” günlük ortalama, “G.Antep” - Gaziantep).....	98
Tablo 5.6. Mersin, Diyarbakır, Hatay, Manisa ve Kayseri illerinde kentsel ve kırsal YS durumu (“G-ORT” günlük ortalama, “D. Bakır” - Diyarbakır)	99
Tablo 5.7. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda yıllık KBDG °C birikimlerinin değişimi, 2003-2010 ve 2011-2020 periyotlarının ortalaması ve farkları	137
Tablo 5.8. Çalışma alanında belirlenen pilot illerdeki KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	144
Tablo 5.9. İstanbul ili kentsel orman piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)	155
Tablo 5.10. İstanbul ili kente yakın orman piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)	156
Tablo 5.11. İstanbul ili kırsal orman piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)	157
Tablo 5.12. İstanbul ili kentsel tarım alanı piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)	161
Tablo 5.13. İstanbul ili kente yakın tarım alanı piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)	162
Tablo 5.14. İstanbul ili kırsal tarım alanı piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)	163
Tablo 5.15. Bursa ili kentsel orman piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)	167

Tablo 5.16. Bursa ili kente yakın orman piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)	168
Tablo 5.17. Bursa ili kırsal orman piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2).....	169
Tablo 5.18. Bursa ili kentsel tarım alanı piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)	173
Tablo 5.19. Bursa ili kente yakın tarım alanı piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)	174
Tablo 5.20. Bursa ili kırsal tarım alanı piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)	175

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekiller

Sayfa

Şekil 1.1. Çeşitli kurumlara ait küresel ortalama sıcaklık kayıtlarındaki değişimler (06.07.2022, www.wikimedia.commons.org)	2
Şekil 1.2. Küresel ortalama deniz yüzeyi sıcaklığı değişimi (06.07.2022, www.epa.gov)	2
Şekil 1.3. 1990-2010 periyodundaki sıcaklıkların 1901-1920 ortalamasından farkı (07.07.2022, www.climatedataguide.ucar.edu)	3
Şekil 1.4. Ocak-Aralık 2020 periyodunun 1981-2010 ortalama sıcaklıklarından farkı (11.06.2022, www.ncei.noaa.gov)	3
Şekil 1.5. Ocak-Aralık 2020 periyodunun kara ve deniz yüzey sıcaklığı yüzdelikleri (11.06.2022, www.ncei.noaa.gov)	4
Şekil 1.6. Dünya nüfusundaki değişimler (08.07.2022, www.en.wikipedia.org)	6
Şekil 1.7. Dünyada kentsel ve kırsal alanlarda yaşayan nüfus miktarının değişimi (08.07.2022, www.ourworldindata.org)	7
Şekil 1.8. Ülkelerin kentsel alanlarında yaşayan nüfusun yüzdesi- 2020 (08.07.2022, www.ourworldindata.org).....	7
Şekil 1.9. Atmosferik CO ² konsantrasyonu (ppm)- (Mauna Loa, Hawaii) (28.07.2022, www.metoffice.gov.uk 'dan değiştirilmiştir)	9
Şekil 1.10. Kara ortalama sıcaklığı ve anomaliler (06.07.2022, berkeleyearth.org)	10
Şekil 1.11. 1990-2010 periyodu sıcaklık ortalamasının 1901-1920 ortalamasından farkı (Berkeley Earth Project), (06.07.2022, www.climatedataguide.ucar.edu)	10
Şekil 1.12. Yakın dönem sıcaklık trendleri (28.07.2022, www.climate.gov)	11
Şekil 1.13. Dünyada ve Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklıklar 1971-2020 (01.08.2022, www.cevreselgostergeler.csb.gov.tr)	12
Şekil 1.14. Türkiye geneli yıllık alansal yağışları (MGM, 04.08.2022b, www.mgm.gov.tr).....	13
Şekil 1.15. Türkiye geneli 12 aylık (2022) kuraklık durumu (MGM, 01.01.2023, www.mgm.gov.tr).....	14
Şekil 1.16. 1982'den 2016'ya kadar küresel TC (≥ 5 m ağaç gölgesine sahip orman), SV (kısa bitki örtüsü-yıllık) ve BG (çıplak alan) kapsamının uydu tabanlı kaydı. (a) ortalama yıllık tahminler, (b) uzun vadeli değişim tahminleri. Hem anlamlılık hem de değişim tahminleri $0.05^\circ \times 0.05^\circ$ mekânsal çözünürlükteki piksel alanlarının yüzdesini ifade etmektedir. TC, SV ve BG'de istatistiksel olarak anlamlı bir eğilim gösteren pikseller ($n = 35$, iki taraflı Mann–Kendall testi, $P < 0.05$) değişiklik haritasında gösterilmektedir. Renk açıklamasında daire içine alınmış sayılar baskın değişiklik yönlerini belirtir: 1, SV kaybıyla TC kazancı; 2, SV kaybı ile BG kazancı; 3, BG kaybı ile TC kazancı; 4, TC kaybı ile BG kazancı; 5, BG kaybıyla birlikte SV kazancı; ve 6, TC kaybıyla birlikte SV kazancı. (Song vd., 2018'den alınmıştır).	16
Şekil 1.17. Her $1^\circ \times 1^\circ$ ızgara hücresi için yerleşik araziler ve bunların net değişimi. (A) Yerleşik araziler 2020, % hücre alanı. (B) Yerleşik araziler 2000–2020 % hücre alanının artışı. (Potapov vd., 2022'den alınmıştır)	17
Şekil 1.18. Her $1^\circ \times 1^\circ$ ızgara hücresi için orman kapsamı, yapısı ve dinamikleri. (A) Orman alanı 2020, % hücre alanı. ≥ 5 m gölgelik yüksekliğine sahip Landsat ARD pikselleri olarak tanımlanan orman. (B) Ortalama orman yüksekliği 2020, metre. (C) Net orman alanı değişimi 2000-2020 % hücre alanı. (D) Orman kaybı, bozulması ve bozulması 2000–2020, % 2000 yılı bir hücre içindeki orman alanı. (Potapov vd., 2022'den alınmıştır).....	17

Şekil 1.19. (A) 2000 yılı çok yıllık kar ve buz kapsamı ve her $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ ızgara hücresi için 2000–2020 periyodundaki azalma. (B) Kilimanjaro Dağı-Tanzanya; çok yıllık kar ve buz, 2000–2020 periyodundaki azalma (Potapov vd., 2022’den alınmıştır)	18
Şekil 1.20. Türkiye’de tarım alanlarının yıllara göre değişimi 1949-2015 (TÜİK, 2018)	18
Şekil 1.21. Türkiye’de yıllara göre arazi kullanım durumu 1990-2018 (Tarım Orman, 02.08.2022, cevresehgostergeler.csb.gov.tr)	20
Şekil 1.22. Orman alanlarının orman formuna göre dağılımı (OGM, 02.08.2022, www.ogm.gov.tr)	20
Şekil 1.23. Yerleşim alanlarının yıllara göre değişimi ve toplam alan içindeki yüzdesi (Tarım Orman, 02.08.2022, corinecbs.tarimorman.gov.tr)	21
Şekil 1.24. Türkiye’de yıllara göre mera alanlarının değişimi (02.02.2022, www.tarimorman.gov.tr)	21
Şekil 1.25. Meteoroloji istasyonlarının konumu (sol harita). MOD12Q1 arazi örtüsü veri seti (sağ harita), İğne Yapraklı Yaprak Dökmeyen Orman (ENF), Yaprak Dökmeyen Geniş Yapraklı Orman (EBF), Yaprak Döken İğne Yapraklı Orman (DNF), Yaprak Döken Geniş Yapraklı Orman (DBF), Karışık Ormanlar (MF), Kapalı-Açık Çalılıklar (Shrub), Odunsu Savanlar-Savan (W-Savan), Çayır-mera (Grass), Tarım Alanı (Crop) ve Çıplak Alan (Barren), Yerleşim Alanları (Urban), Su Yüzeyleri (Water) (Oyler vd., 2019’dan alınmıştır.)	22
Şekil 1.26. Türkiye’de meteoroloji istasyonlarının dağılımı	23
Şekil 1.27. Amerika Birleşik Devletleri – Montana’da, temmuz ayı günlük ortalama hava sıcaklığı ve YS döngüsü 2007-2013 (Diamond vd., 2013)	24
Şekil 1.28. Tipik yerküre YS aralığı (yangınlar ve volkanik lavlar hariç) için maksimum radyometrik emisyonun meydana geldiği iki kızılötesi spektral “pencere” bölgesi (Hulley vd., 2019:61)	25
Şekil 1.29. YS’nin uzaktan algılanması (Urqueta vd., 2018)	26
Şekil 1.30. Kent ve çevresinde YS ve HS değişimleri (Tozam ve Karaca, 2018)	28
Şekil 1.31. Amerika Birleşik Devletleri - Kansas’ta Tallgrass Prairie Ulusal Koruma Alanı içinde ilk çiçeklenme tarihleri (uzun boylu otlaklar için), (commons.wikimedia.org , 12.08.2022)	29
Şekil 1.32. Batı Amerika Birleşik Devletleri için MODIS YS ve Gelişmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI) verilerinin farklı arazi örtüsü gruplarındaki durumu (Mildrexler vd., 2007’den düzenlendi)	33
Şekil 1.33. Ocak, Haziran ve Ekim aylarında çeşitli arazi kullanım/razi örtüsü sınıflarının YS seviyeleri – Mumbai Şehri - 2015 (Sahana vd., 2019)	33
Şekil 1.34. Kentsel çekirdek alana göre belirlenmiş 3 km buffer (kentsel-kırsal) alanlarının hipotez modeli	38
Şekil 1.35. Kentsel çekirdek alana göre belirlenmiş 5 km buffer (kentsel-kırsal) alanlarının hipotez modeli	38
Şekil 1.36. Kentsel çekirdek alana göre belirlenmiş 3 ve 5 km buffer (kentsel-kırsal) alanlarının hipotez modeli	39
Şekil 3.1. Türkiye’nin ve araştırmada test edilen pilot illerin lokasyonları	48
Şekil 3.2. Dünya Köppen-Geiger iklim sınıflandırması (Peel vd., 2007)	49
Şekil 3.3. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye’nin ana iklim tipleri (Öztürk vd., 2017’den alınmıştır)	50
Şekil 3.4. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye’nin alt iklim tipleri (Öztürk vd., 2017’den alınmıştır)	51

Şekil 3.5. Türkiye’de ortalama sıcaklıkların mekânsal dağılımı (MGM, 2008’den alınmıştır).....	51
Şekil 4.1. Türkiye ve pilot illerin 2020 yılı arazi kullanım-arazi örtüsü dağılımı (15.09.2022,www.arcgis.com).....	55
Şekil 4.2. Araştırma sürecinde izlenen iş akış sürecinin şeması	56
Şekil 4.3. Sıcaklık koşullarına göre şekillenen BDG'nin basit bir modeli (taralı alanlar birikime uygun BDG birimleridir).....	57
Şekil 4.4. Marmara adası örnek piksel alanında 2020 yılı kümülatif BDG birikimi.....	58
Şekil 4.5. Kentsel-kırsal alanların belirlendiği buffer modelinin Bursa ili örneğinde gösterimi	61
Şekil 5.1. Gündüz 10:30 °C YS’lerinin 2003-2020 ortalaması	65
Şekil 5.2. Gündüz 13:30 °C YS’lerinin 2003-2020 ortalaması	65
Şekil 5.3. Gece 21:30 °C YS’lerinin 2003-2020 ortalaması.....	66
Şekil 5.4. Gece 01:30 °C YS’lerinin 2003-2020 ortalaması.....	67
Şekil 5.5. 10:30, 13:30, 21:30 ve 01:30 °C YS’lerinin ortalaması (2003-2020).....	68
Şekil 5.6. Türkiye’de günlük ortalama, gündüz ve gece (yıllık ortalama) YS’lerinin değişimi.....	69
Şekil 5.7. Türkiye’de günlük ortalama YS’lerde meydana gelen yıllık değişimler	71
Şekil 5.8. Türkiye’de gündüz 10:30 YS’lerinde meydana gelen yıllık değişimler	73
Şekil 5.9. Türkiye’de gündüz 13:30 YS’lerinde meydana gelen yıllık değişimler	75
Şekil 5.10. Türkiye’de gece 21:30 YS’lerinde meydana gelen yıllık değişimler	77
Şekil 5.11. Türkiye’de gece 01:30 YS’lerinde meydana gelen yıllık değişimler	79
Şekil 5.12. Türkiye’de batıdan doğuya - güneyden kuzeye YS profili konumları (KBDG °C için “d, e ve f” profilleri kullanılmıştır).....	80
Şekil 5.13. Türkiye’nin kuzey kısmında batıdan doğuya YS profili (Şekil 5.12 “a”)....	82
Şekil 5.14. Türkiye’nin merkez kısmında batıdan doğuya YS profili (Şekil 5.12 “b”)....	84
Şekil 5.15. Türkiye’nin güney kısmında batıdan doğuya YS profili (Şekil 5.12 “c”)....	86
Şekil 5.16. Türkiye’nin batı kısmında güneyden kuzeye YS profili (Şekil 5.12 “d”)....	87
Şekil 5.17. Türkiye’nin merkez kısmında güneyden kuzeye YS profili (Şekil 5.12 “e”)	88
Şekil 5.18. Türkiye’nin doğu kısmında güneyden kuzeye YS profili (Şekil 5.12 “f”)....	89
Şekil 5.19. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda günlük ortalama YS’lerin piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizi	91
Şekil 5.20. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda gündüz 10:30 YS’lerinin piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizi	92
Şekil 5.21. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda gündüz 13:30 YS’lerinin piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizi	93
Şekil 5.22. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda gece 21:30 YS’lerinin piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizi	94
Şekil 5.23. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda gece 01:30 YS’lerinin piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizi	95
Şekil 5.24. Pilot iller (İstanbul, Bursa, Ankara ve Diyarbakır) YS profil konumları....	101
Şekil 5.25. İstanbul ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	102
Şekil 5.26. İstanbul ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	102
Şekil 5.27. İstanbul ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı.....	103
Şekil 5.28. İstanbul ilinde batıdan-doğuya YS değişimlerinin profili.....	103

Şekil 5.29. Ankara ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	105
Şekil 5.30. Ankara ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	105
Şekil 5.31. Ankara ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı.....	106
Şekil 5.32. Ankara ilinde güneyden-kuzeye YS değişimlerinin profili.....	106
Şekil 5.33. İzmir ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	108
Şekil 5.34. İzmir ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	108
Şekil 5.35. İzmir ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı.....	109
Şekil 5.36. Bursa ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	110
Şekil 5.37. Bursa ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	110
Şekil 5.38. Bursa ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	111
Şekil 5.39. Bursa ilinde kuzeybatıdan-güneydoğuya YS değişimlerinin profili	111
Şekil 5.40. Bursa ilinde güneyden-kuzeye YS değişimlerinin profili	112
Şekil 5.41. Antalya ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	113
Şekil 5.42. Antalya ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	113
Şekil 5.43. Antalya ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı.....	114
Şekil 5.44. Konya ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	115
Şekil 5.45. Konya ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	115
Şekil 5.46. Konya ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı.....	116
Şekil 5.47. Adana ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	117
Şekil 5.48. Adana ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	117
Şekil 5.49. Adana ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	118
Şekil 5.50. Şanlıurfa ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	119
Şekil 5.51. Şanlıurfa ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	119
Şekil 5.52. Şanlıurfa ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı...	120
Şekil 5.53. Gaziantep ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	121
Şekil 5.54. Gaziantep ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	121
Şekil 5.55. Gaziantep ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı .	122
Şekil 5.56. Kocaeli ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	123
Şekil 5.57. Kocaeli ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	123
Şekil 5.58. Kocaeli ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	124

Şekil 5.59. Mersin ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	125
Şekil 5.60. Mersin ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	125
Şekil 5.61. Mersin ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	126
Şekil 5.62. Diyarbakır ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	127
Şekil 5.63. Diyarbakır ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	128
Şekil 5.64. Diyarbakır ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	128
Şekil 5.65. Diyarbakır ilinde güneyden-kuzeye YS değişimlerinin profili	129
Şekil 5.66. Hatay ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	130
Şekil 5.67. Hatay ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	130
Şekil 5.68. Hatay ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	131
Şekil 5.69. Manisa ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	132
Şekil 5.70. Manisa ili gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	132
Şekil 5.71. Manisa ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	133
Şekil 5.72. Kayseri ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	134
Şekil 5.73. Kayseri ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	134
Şekil 5.74. Kayseri ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı	135
Şekil 5.75. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda yıllık KBDG °C birikimlerinin lineer regresyon grafiği	136
Şekil 5.76. Türkiye’de KBDG °C birimlerinde meydana gelen yıllık değişimler	138
Şekil 5.77. Türkiye’nin batı kısmında güneyden kuzeye KBDG °C profili (Şekil 5.12 “d”)	140
Şekil 5.78. Türkiye’nin merkez kısmında güneyden kuzeye KBDG °C profili (Şekil 5.12 “e”)	140
Şekil 5.79. Türkiye’nin doğu kısmında güneyden kuzeye KBDG °C profili (Şekil 5.12 “f”)	141
Şekil 5.80. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda KBDG °C birikimlerinin piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizi	142
Şekil 5.81. İstanbul ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	145
Şekil 5.82. Ankara ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	145
Şekil 5.83. İzmir ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	146
Şekil 5.84. Bursa ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	146
Şekil 5.85. Antalya ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	147
Şekil 5.86. Konya ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	147
Şekil 5.87. Adana ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	148
Şekil 5.88. Şanlıurfa ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	148
Şekil 5.89. Gaziantep ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	149
Şekil 5.90. Kocaeli ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	149
Şekil 5.91. Mersin ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	150
Şekil 5.92. Diyarbakır ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	150

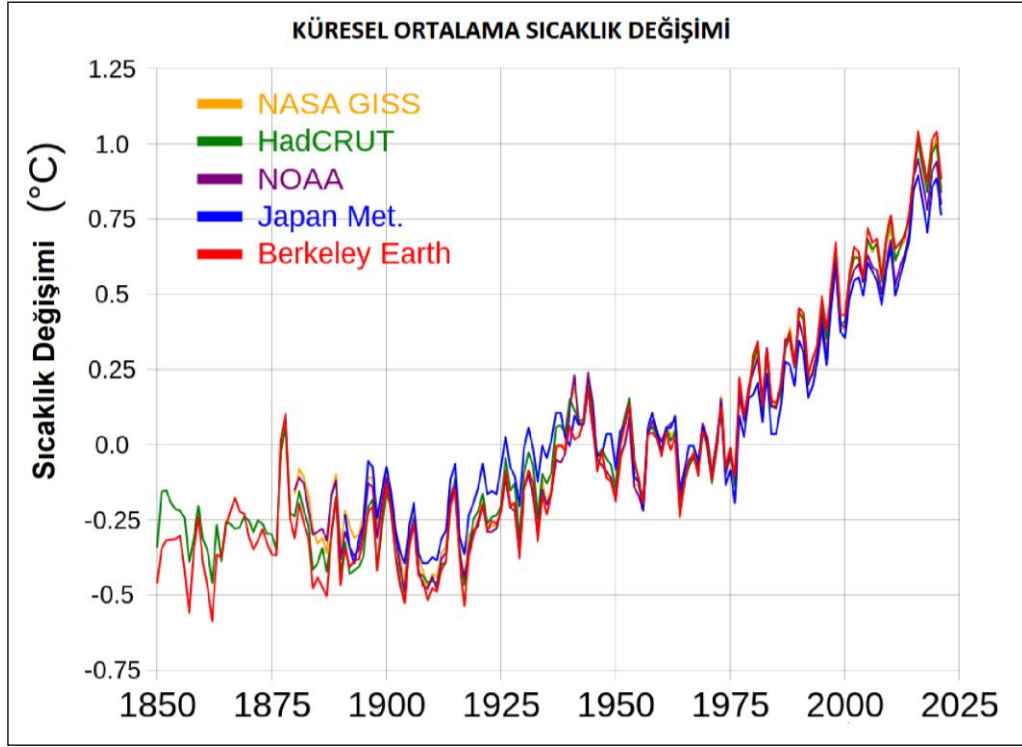
Şekil 5.93. Hatay ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	151
Şekil 5.94. Manisa ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	151
Şekil 5.95. Kayseri ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu	152
Şekil 5.96. Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinin örneği; İstanbul çalışma bölgesindeki orman pikseli için MODIS YS'den türetilmiş termal zamana (KBDG °C) karşı MODIS NDVI gözlemlerinin uygunluğu	154
Şekil 5.97. Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinin örneği; İstanbul çalışma bölgesindeki tarım alanı pikseli için MODIS YS'den türetilmiş termal zamana (KBDG °C) karşı MODIS NDVI gözlemlerinin uygunluğu.....	154
Şekil 5.98. CxQ regresyon modeline göre, İstanbul ili orman piksellerinin PYNDVI değerleri	158
Şekil 5.99. CxQ regresyon modeline göre, İstanbul ili orman piksellerinin PYNDVI seviyesine ulaşabilmesi için gerekli TZ-KBDG °C birikimi.....	159
Şekil 5.100. CxQ regresyon modeline göre, İstanbul ili tarım alanı piksellerinin PYNDVI değerleri	164
Şekil 5.101. CxQ regresyon modeline göre, İstanbul ili tarım piksellerinin PYNDVI seviyesine ulaşabilmesi için gerekli TZ-KBDG °C birikimi.....	165
Şekil 5.102. CxQ regresyon modeline göre, Bursa ili orman piksellerinin PYNDVI değerleri	170
Şekil 5.103. CxQ regresyon modeline göre, Bursa ili orman piksellerinin PYNDVI seviyesine ulaşabilmesi için gerekli TZ-KBDG °C birikimi.....	171
Şekil 5.104. CxQ regresyon modeline göre, Bursa ili tarım alanı piksellerinin PYNDVI değerleri	176
Şekil 5.105. CxQ regresyon modeline göre, Bursa ili tarım piksellerinin PYNDVI seviyesine ulaşabilmesi için gerekli TZ-KBDG °C birikimi.....	177

1. GİRİŞ

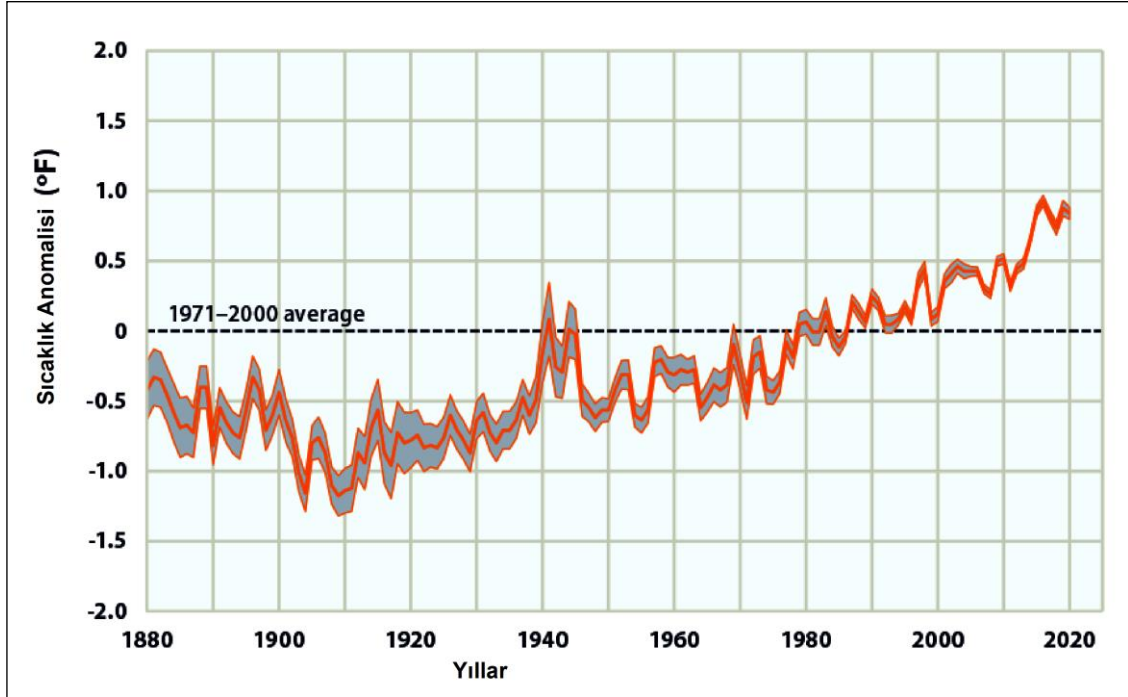
Ölçme tekniklerinin ve uydu teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak, özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren bilimsel çevrelerde; dünya ikliminin yavaş yavaş değiştiği belirtilmektedir (Hansen vd., 2006:14288; Potapov vd., 2022:17). Atmosferde, okyanuslarda, kriyosferde ve biyosferde gözlemlenen değişiklikler, ısınan bir dünyanın kesin kanıtları olarak gösterilmektedir. Bu değişimlere bağlı olarak kara ve deniz yüzeylerinin ortalama sıcaklıklarında artmalar ve bazı bölgelerdeki ortalama yağış miktarında azalmalar, kar örtüsü ve örtü buzullarındaki düşüşler, kuraklıklarda şiddetlenmeler ve deniz seviyesinde yükselmeler meydana gelmiştir (Gulev vd., 2021:4; Uzmen ve Arar, 2009:1; Şekil 1.1; Şekil 1.2).

İklim değişimini kontrol eden esas neden iklim sistemindeki enerji bilançosunu değiştiren süreç ve etmenlerdir. Bu sistemin dışarıdan tek girdisi güneşten gelen solar enerjidir. Dünyanın güneşten aldığı enerji ile uzaya geri verdiği enerji arasındaki fark, ışımsal etken (ışımsal zorlama) olarak tanımlanmaktadır. Pozitif yöndeki etkenler yerkürenin ısınmasına, negatif yöndeki etkenler ise soğumasına neden olmaktadır. Dünyanın güneş etrafındaki yörüngesinde, atmosferin bileşiminde, güneş etkinliklerinde (koronal kütle atımı) görülen değişimler, dünya atmosfer sisteminin enerji bilançosunu negatif veya pozitif yönde etkileyen ışımsal etkenleri ortaya çıkartan süreçler olarak tanımlanabilir (Aksay vd., 2005:35; Bershadskii, 2013:1; Erlat, 2013:49).

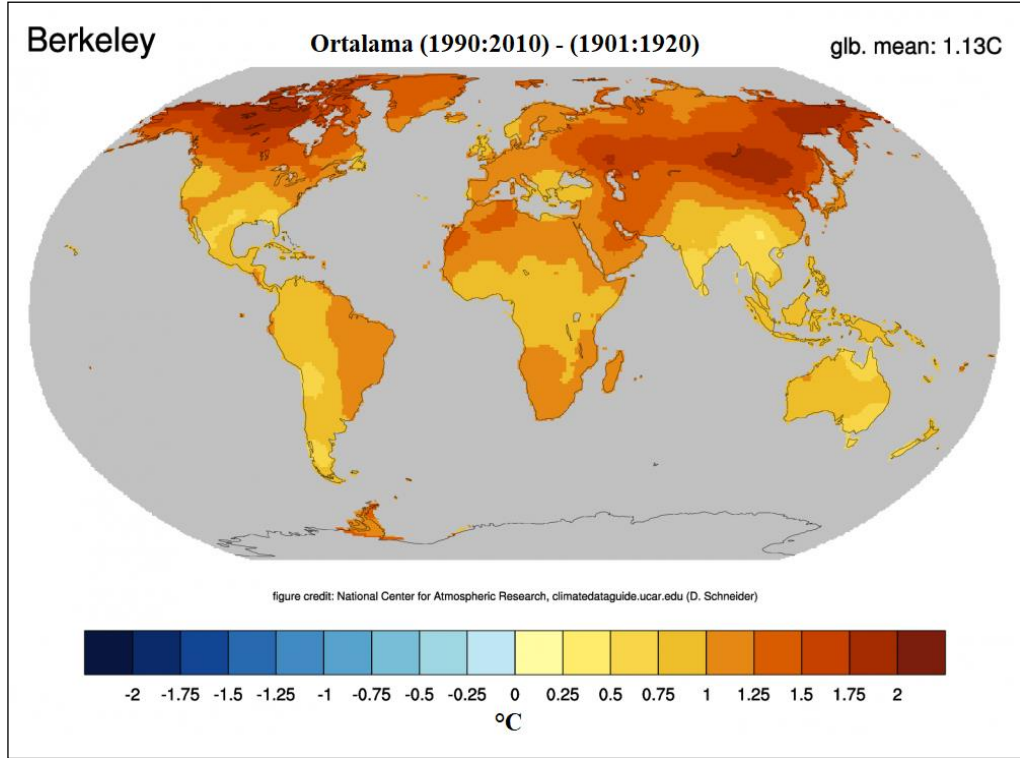
Endüstriyel devrimden bu yana, temel olarak insan etkinlikleri sonucunda çevresel değişim ve bozulmalar oldukça hızlanmıştır. Bu etkiler neticesinde; atmosferin bileşiminde meydana gelen önemli değişimler nedeniyle hava sıcaklıkları, 19. yüzyılın sonlarına doğru artmaya başlamıştır. 1980'li yıllarla birlikte daha da belirginleşen ısınma sürecinde, hemen her yıl bir önceki yıla göre daha sıcak olmak üzere, küresel sıcaklık rekorları kırılmıştır (Gulev vd., 2021:5; Houghton vd., 2001; Solomon vd., 2007:996; Türkeş, 2003:15; Türkeş, 2004:72; Şekil 1.1 – Şekil 1.4). Bu süreçte küresel ortalama hava sıcaklığı, 20. yüzyılın başından günümüze kadar yaklaşık olarak 0.7 °C artış göstermiştir. (Barriopedro vd., 2011:221; Gulev vd., 2021:5; NOAA, 2018a, 2018b, 2018c; Türkeş, 2003:16; Vogel vd., 2019:692).



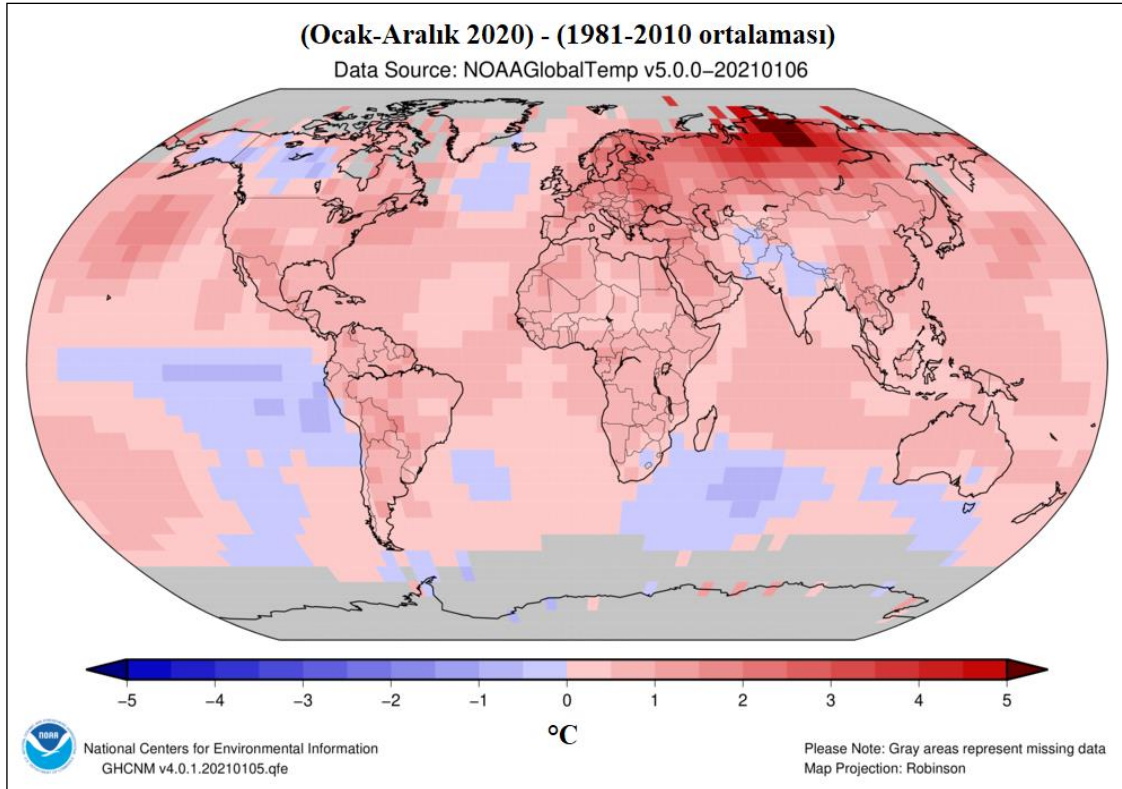
Şekil 1.1. Çeşitli kurumlara ait küresel ortalama sıcaklık kayıtlarındaki değişimler (06.07.2022, www.wikimedia.commons.org)



Şekil 1.2. Küresel ortalama deniz yüzeyi sıcaklığı değişimi (06.07.2022, www.epa.gov)

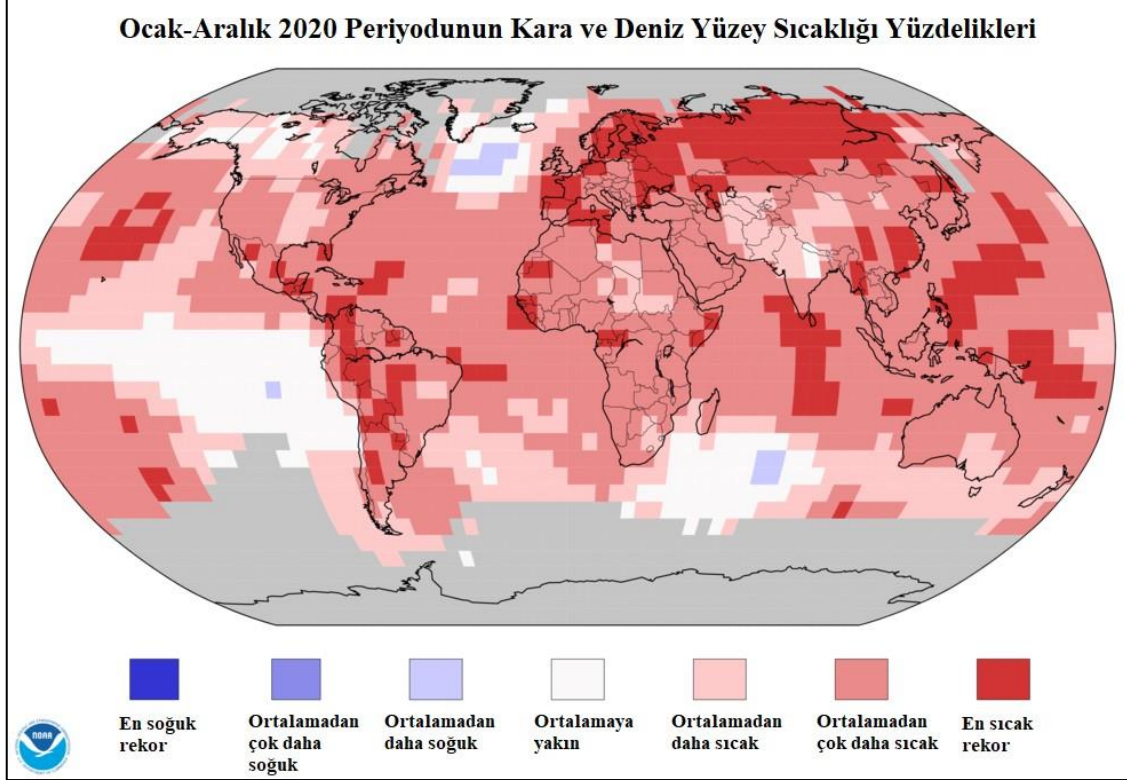


Şekil 1.3. 1990-2010 periyodundaki sıcaklıkların 1901-1920 ortalamasından farkı (07.07.2022, www.climatedataguide.ucar.edu)



Şekil 1.4. Ocak-Aralık 2020 periyodunun 1981-2010 ortalama sıcaklıklarından farkı (11.06.2022, www.ncei.noaa.gov)

Yerkürede meydana gelen antropojenik baskılar nedeniyle karalarda önemli sıcaklık artışları gerçekleşmiştir. Son yıllarda gerçekleştirilen yeni çalışmalar, karalarla birlikte denizlerin de ısındığını ortaya koymuştur (Deser vd., 2010; Shearman ve Lentz, 2010; Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Ocak-Aralık 2020 periyodunun kara ve deniz yüzey sıcaklığı yüzdelikleri (11.06.2022, www.ncei.noaa.gov)

1.1. Problemin Tanımı

Yüzey sıcaklığı (YS); çeşitli iklim, hidrolojik, ekolojik, biyofiziksel ve biyojeokimyasal olaylarda önemli bir değişken olması nedeniyle NASA (National Aeronautics and Space Administration – Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) ve diğer uluslararası kuruluşlar tarafından en önemli dünya sistemi veri kayıtlarından biri olarak tanımlanmıştır (Hansen vd., 2006; King, 1999; Mildrexler vd., 2009). YS, kara yüzeyi-atmosfer etkileşimleri ve enerji akışları tarafından belirlenmektedir (Dickinson, 2010).

Yüzey enerji dengesi bileşenleri içerisinde gizli ve hissedilir ısı, YS'nin güçlü fonksiyonlarından birisidir (Monteith, 1981). Gizli ve hissedilebilir ısı aralarındaki enerji dağılımı zeminin kuruluşu tarafından yönetilmektedir (Priestley ve Taylor, 1972). Bu nedenle YS, dünya yüzeyindeki enerji dengesinin iyi bir göstergesidir ve hem bölgesel hem de küresel ölçekteki kara yüzeyi dinamiklerinin fiziksel süreçleri için anahtar parametrelerden birisidir (Wan vd., 2004).

Klimatolojik veriler için iki tür sıcaklık ölçümü geliştirilmiştir. Bunlar, yüzeye yakın hava sıcaklığı (bu kısımdan sonra kısaltması "HS" kullanılacaktır) ve (bu

kısımdan sonra kısaltması “YS” kullanılacaktır) yüzey sıcaklığıdır (Jin ve Dickinson, 2010). HS; meteoroloji istasyonları tarafından zemin seviyesinden 1,5 m yükseklikte radyasyondan korunmuş ve yeterince havalandırılmış sensörlerle ölçülmektedir (MGM, 2013). YS ise, kara yüzeyinden gelen termal radyasyonun uydular ve diğer sistemler tarafından elde edilmektedir (Hansen vd., 2006). HS ile ilişkili olmasına rağmen YS; fiziksel özellikleri, büyüklüğü ve ölçüm teknikleri bakımından hava sıcaklığından farklıdır (Jin ve Dickinson, 2010).

Solar enerji bağlamında; yerelden küresel ölçeklere kadar organizmaları ve ekosistemleri etkileyen YS (Land Surface Temperature, LST-YS), iklim ve biyolojinin en temel yapı taşlarından birisidir (Hulley vd., 2019:65; Kadioğlu ve Şaylan, 2000:85; Körner, 2008:50; Körner, 2021:2; Körner ve Basler, 2010:1461; Piao vd., 2019:1923). Bu anlamda son yüzyıl içerisinde, zamansal ve mekânsal olarak çok fazla değişkenlik gösteren YS’ler ekosistem sağlığı ve sürdürülebilirliği bakımından sürekli olarak yüksek hassasiyetlerde gözlemlenmesi gerekmektedir (Hulley vd., 2019). Temelde sıcaklık koşullarına göre yaşam alanını belirleyen bitkilerin, YS değişkenliklerine göre fenolojik değişimler gösterdiği birçok çalışmada ortaya koyulmuştur (Krehbiel, 2015:65; Oke, 1987:25). YS, çeşitli çalışmalarda yüzey fenolojisi tahminleri için model girdisi olarak da kullanılmaktadır (Deilami vd., 2018:35; Krehbiel, 2015:65; Krehbiel ve Henebry, 2016:13). Yüzeye yansıyan solar enerjinin yansıtılması bakımından farklı yapısal özelliklere sahip kentsel ve kırsal peyzajın; yerküre üzerinde son 20 yıl içerisinde yaşadığı büyük değişimler dikkate alındığında, YS gözlemlerinin önemi daha da artmaktadır (Potapov vd., 2022:8).

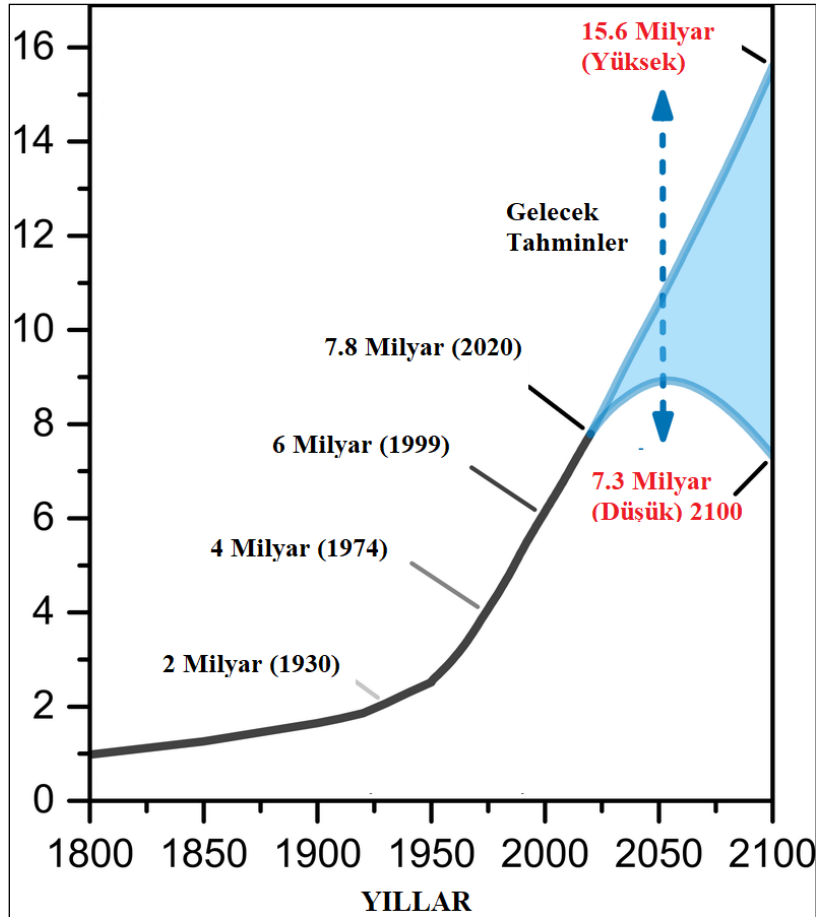
İnsanoğlu, ilkel aletleri ve ateşi kullanarak binlerce yılda dünyanın yüzeyini değiştirmiştir. Bu süreç, sonraki dönemlerde tarımın gelişmesine dolayısıyla birlikte yaşayan insan topluluklarının oluşmasına ve yoğunluklarının artmasına yol açmıştır (Childe 1950:4; Weisdorf, 2005:561; Şekil 1.6; Şekil 1.7). Yaklaşık 300 yıl önce temelde, insan nüfusunda büyük artışların yaşanması ve enerji gereksinimleri için fosil yakıtların kullanılmaya başlanmasıyla karakterize olan bir süreç, yerküre için oldukça dinamik bir dönemi meydana getirmiştir. Halen de devam eden bu süreç, bilimsel çevrede çoğunlukla Antroposen Çağı olarak isimlendirilmektedir (Light vd., 2017). Dönem içerisinde dünya yüzeyi, çok fazla çevresel dönüşüme ve değişime uğramıştır (Kates vd., 1990:2; Lai, 2020:6; Şekil 1.10; Şekil 1.16).

Dünya nüfusundaki artışların çoğu, kırsal alanlara göre büyük ölçüde kentsel alanlarda yoğunlaşmıştır. Küresel kentsel alanlar, 1900’de toplam küresel nüfusun sadece %13’ünü oluştururken 2021 yılında yaklaşık %57’lik kısmını kaplamaktadır (Habitat, 2013:25; 08.07.2022, data.worldbank.org; Şekil 1.6 - 1.8). Türkiye’de kentsel alanlarda yaşayan toplam nüfus 2020 yılında %80’in üzerindedir (Şekil 1.8).

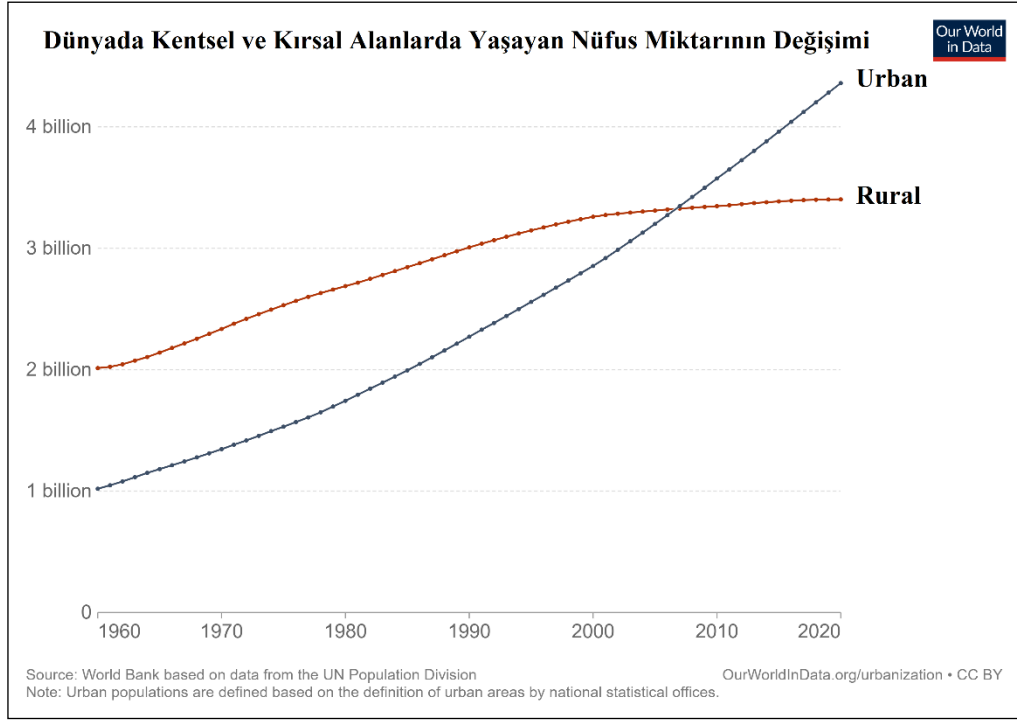
İnsan nüfusundaki hızlı artışlar ile bu artışların meydana getirdiği endüstrileşme, kent alanlarındaki artış hızlandırmıştır (Davis, 1955:429). Bu düzen sonucunda, çevreyi

soğutabilen yeşil alanların azaldığı çevreyi daha fazla ısıtan kentsel alanların ise hızlı bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir (Davis, 1955:429; Potapov vd., 2022:18; Şekil 1.16 – Şekil 1.20).

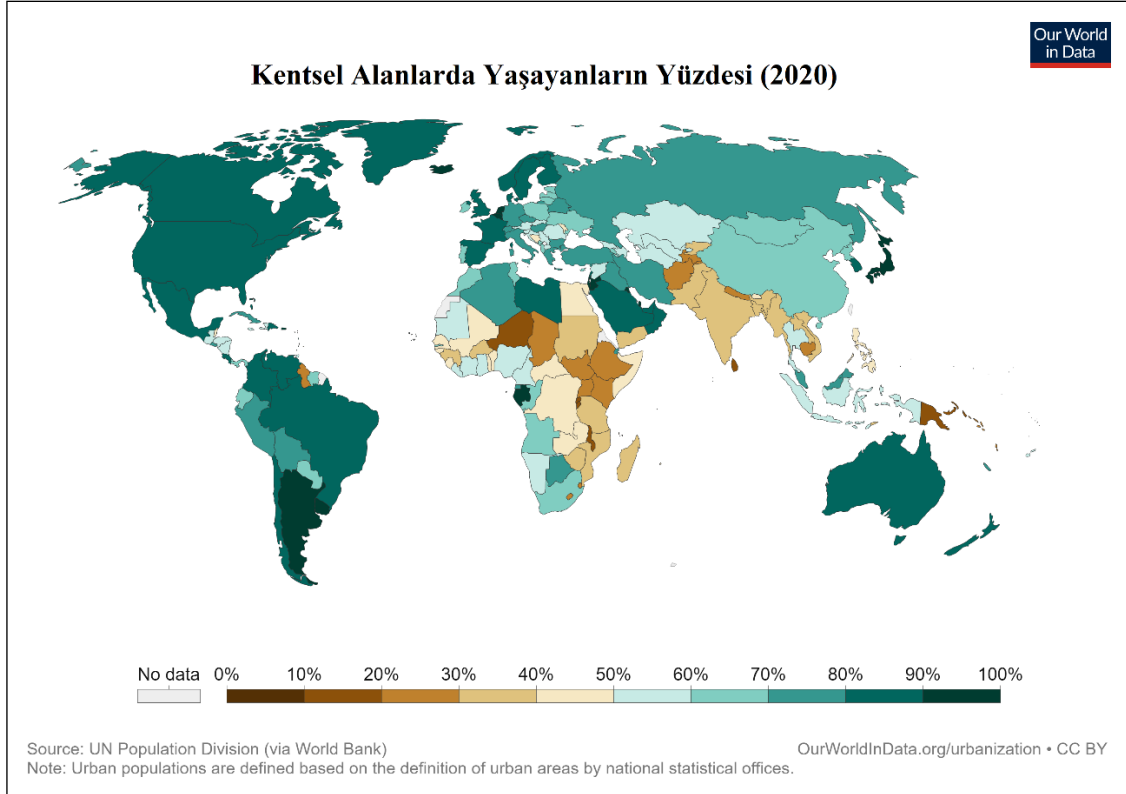
Kentsel alanlar; yapı malzemelerinin ısı tutma özellikleri nedeniyle, yüzey albedosunu dolayısıyla evapotranspirasyonu değiştirirken antropojenik ısı kaynakları yoluyla çevreye enerji salmakta ve atmosferik aerosolleri artırarak yerel iklim koşullarını değiştirmektedir (Imhoff vd., 2010). Bu etkileşim neticesinde şehirlerdeki sıcaklıklar, çevredeki kırsal alanlara kıyasla çok daha yüksek duruma gelmektedir. Araştırmacıların “kentsel ısı adası” (KIA) olarak tanımladığı olay nedeniyle kentsel ve kırsal ekolojide oldukça önemli değişimler yaşanmaktadır (Akbari vd., 2012:8; Arnfield, 2003:2; Imhoff vd., 2010:504; Streutker, 2003:282). Gelecekteki iklim değişikliği senaryolarına göre kentleşmenin, KIA sıcaklıklarını daha da artıracığı tahmin edilmektedir (Lauwaet vd., 2016:13; Voogt, 2002:661; Wilby, 2008:912).



Şekil 1.6. Dünya nüfusundaki değişimler (08.07.2022, www.en.wikipedia.org)



Şekil 1.7. Dünyada kentsel ve kırsal alanlarda yaşayan nüfus miktarının değişimi (08.07.2022, www.ourworldindata.org)



Şekil 1.8. Ülkelerin kentsel alanlarında yaşayan nüfusun yüzdesi- 2020 (08.07.2022, www.ourworldindata.org)

Dünya üzerinde kentsel ve kırsal ekolojide meydana gelen dinamik değişimler nedeniyle lokal iklim koşullarında önemli farklılıklar oluşmaktadır (Khanduri vd., 2008:144; Piao vd., 2019:1923; Potapov vd., 2022:8). Bu durum hem kentsel hem de

kırsal bölgeler için ekolojik bir öneme sahiptir (Arnfield, 2003:5; Oke, 1987:24). Özellikle geçirimsiz siyah yüzeylerin (ışığı absorbe eden ve zemindeki suyun direkt olarak akışa geçtiği) sürekli olarak arttığı kentlerde, lokal iklim koşullarını etkileyen solar ve hidrolojik döngüde önemli değişimler yaşanmaktadır (Chithra vd., 2015:28; Oke, 1987:25-28; Shuster vd., 2005:263; Yuan vd., 2007:375; Zhang vd., 2009:257). Kentsel ve kırsal alanların lokal iklim koşullarında önemli farklılıkların yaşanması, ekolojik dengeyi de büyük oranda değişime uğratmıştır. Kentsel ve kırsal alanlardaki bitkiler, değişen ekolojik şartlara göre fenolojik evrelerini farklılaştırmaya başlamışlardır (Jeanneret ve Rutishauser, 2010:159; Zhang vd., 2009:258). Özellikle kentsel alanlar, KIA etkisi yoluyla bitki fenolojisinde önemli kaymalar meydana getirmektedir. KIA etkisi, şehirdeki çiçek ve ağaçların daha erken tomurcuklanıp çiçek açmasına ve genellikle daha uzun büyüme mevsiminin yaşanmasına neden olmaktadır (Deilami vd., 2018:35; Krehbiel, 2015:65; Krehbiel ve Henebry, 2016:13; Oke, 1987:25; Tomaszewska vd., 2020:14).

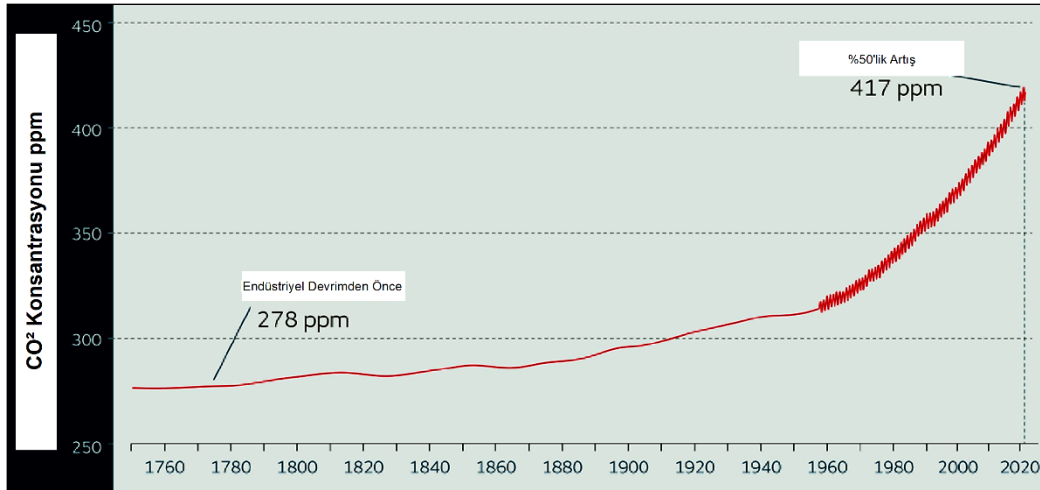
1.1.1. Küresel İklim Değişikliği ve Sıcaklıklardaki Eğilimler

Dünya iklimi, 18. yüzyıla kadar çoğunlukla kendi doğal bileşenlerinden oluşan bir sistemle şekillenmiş ve değişime uğramıştır. Fakat sanayi devrimiyle birlikte fosil yakıtların kullanılmaya başlanması ve hızlı nüfus artışının çevrede meydana getirdiği deformasyonlarla birlikte iklim sistemi içerisine antropojenik yapay bileşenler de dâhil olmuştur (Deser vd., 2010). 1960'lı yıllarda yaşayan tüm insan nüfusu miktarının (yaklaşık 4 milyar) şu an sadece kentlerde yaşaması, iklim üzerindeki antropojenik baskının günümüzde çok daha etkin hale geldiğini göstermektedir (Şekil 1.7). Süreç, özellikle 19. yüzyılın ikinci yarısında meydana gelen sıcaklık rekorlarıyla karakterize olmuştur (Davis, 1955:429; Erlat, 2010:239; Karabulut, 2008:184; Potapov vd., 2022:18; Şekil 1.10; Şekil 1.11).

İklim değişikliğiyle ilgili yapılan çalışmalar gösteriyor ki, daha önceleri doğal olarak atmosferde yavaş yavaş meydana gelen ısınma, özellikle endüstri çağından bu yana gittikçe artan insan faaliyetleriyle hızlanmıştır (IPCC, 2007; IPCC, 2013). 20. yüzyıl boyunca küresel ölçekte hava sıcaklıklarında (HS) $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$)'lik bir artış meydana gelmiştir (IPCC, 2013). Kutuplardaki ve kara içlerindeki buzulların erimesi, bu değişimin direkt olarak etkisiyle meydana gelmektedir. Buna karşılık bölgeden bölgeye niteliği değişmekle birlikte; deniz seviyelerindeki yükselmeler, ani ve sağanak yağışlar, sel ve kuraklık gibi olaylarda sıklık ve şiddet açısından meydana gelen artışlar da, iklim değişikliğinin dolaylı etkilerine örnek gösterilebilir (Akın, 2006:30; Aksay vd., 2005:36; Demirci ve Karakuyu, 2002:236; Hansen vd., 2006:14289).

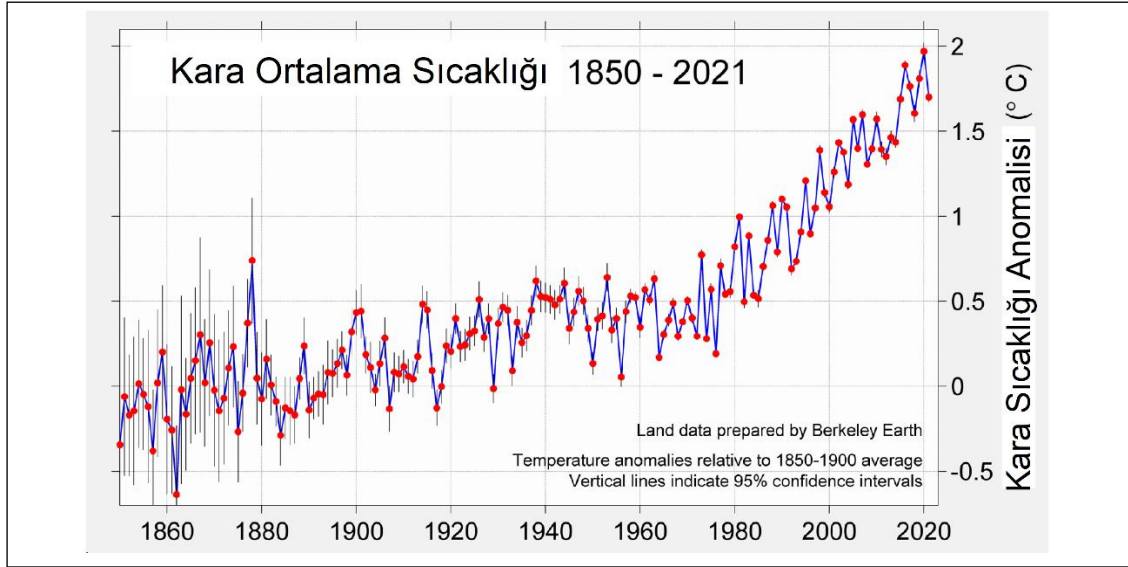
20. yüzyıl, küçük buzul çağından (1300- 1850) önce yaşanan sıcak koşullardan sonra en yüksek sıcaklıkların olduğu dönemi meydana getirmektedir (IPCC, 2007).

Sıcaklık artışı ilk önce 1900 ile 1940 yılları arasında yaklaşık 0,3– 0,4 °C'lik yükselmeye kendini göstermiştir (Şekil 1.10). Bu dönemdeki sıcaklık artışının sebebi bazı kuruluşlarca sera gazlarıyla ilişkilendirilirken diğer bazı bilim adamları bu artışın sera gazlarıyla ilişkilendirilemeyeceğini savunmuştur (Broecker, 1975). Çünkü bu yıllarda CO₂ konsantrasyonu 310 ppm (milyonda bir birim) gibi orta düzeydedir (Akın, 2006:30; Aksay vd., 2005:33; IPCC, 2013; MGM, 2013:12; Şekil 1.9). 1920'li yıllardaki ısınma eğilimi dünyanın her tarafında yaşanmamış bazı bölgeler (Yeni Zelanda gibi) soğuma trendi içerisine girmiştir. 1946-1975 yılları arasındaki sıcaklıklarda ise kuzey yarım kürede belirgin bir azalma (0,2 °C) meydana gelmiştir. Bu durumun nedeni olarak literatür; kömür yakılması ile kirliliğe neden olan sülfatların (SO₄²⁻) atmosferdeki miktarlarının artmasını göstermektedir. Burada sülfatlar yoğunlaşma çekirdeği görevi yapan sülfür aerosollerine dönüşerek bulutluluk oranını arttırmakta, dolayısıyla albedo etkisini güçlendirerek yerküre atmosferinden daha az solar radyasyon geçmesini sağlamaktadır (Karabulut, 2008:184; MGM, 2013:10; Türkeş, 2010a:16; Türkeş, 2010b:10).

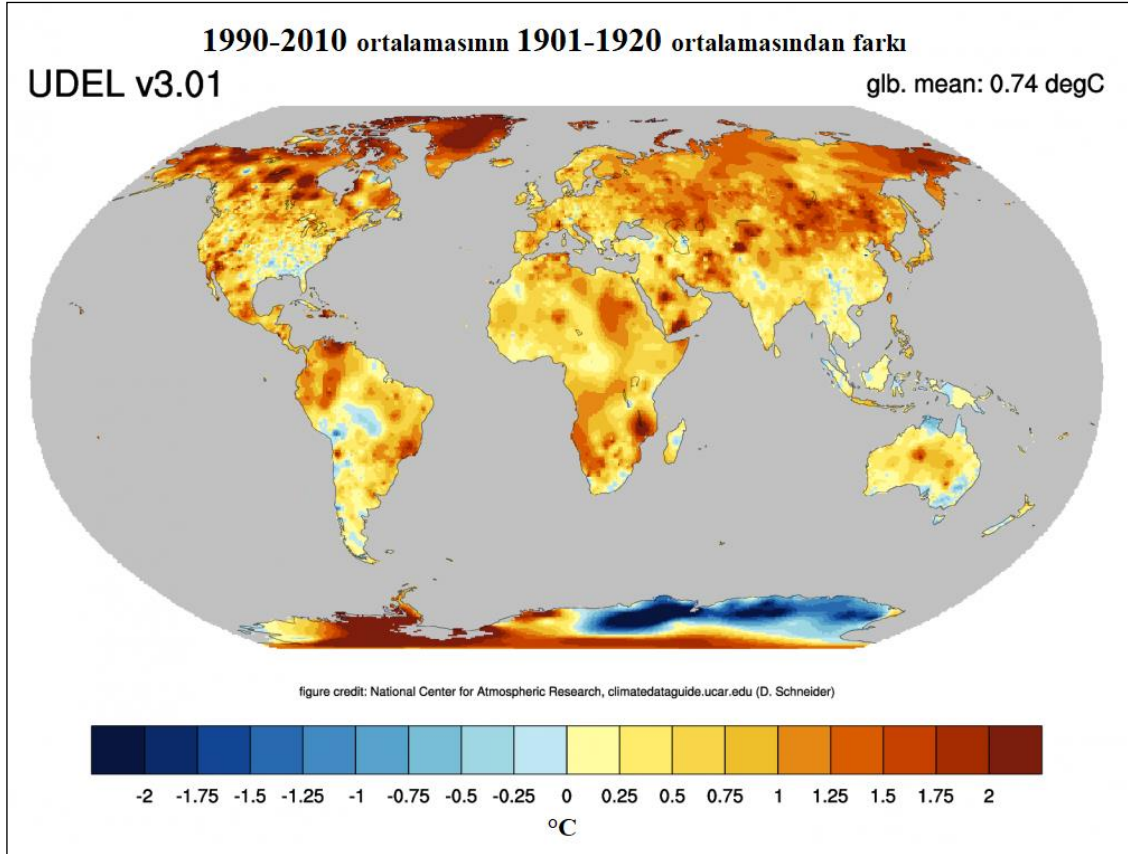


Şekil 1.9. Atmosferik CO₂ konsantrasyonu (ppm)- (Mauna Loa, Hawaii) (28.07.2022, www.metoffice.gov.uk'dan değiştirilmiştir)

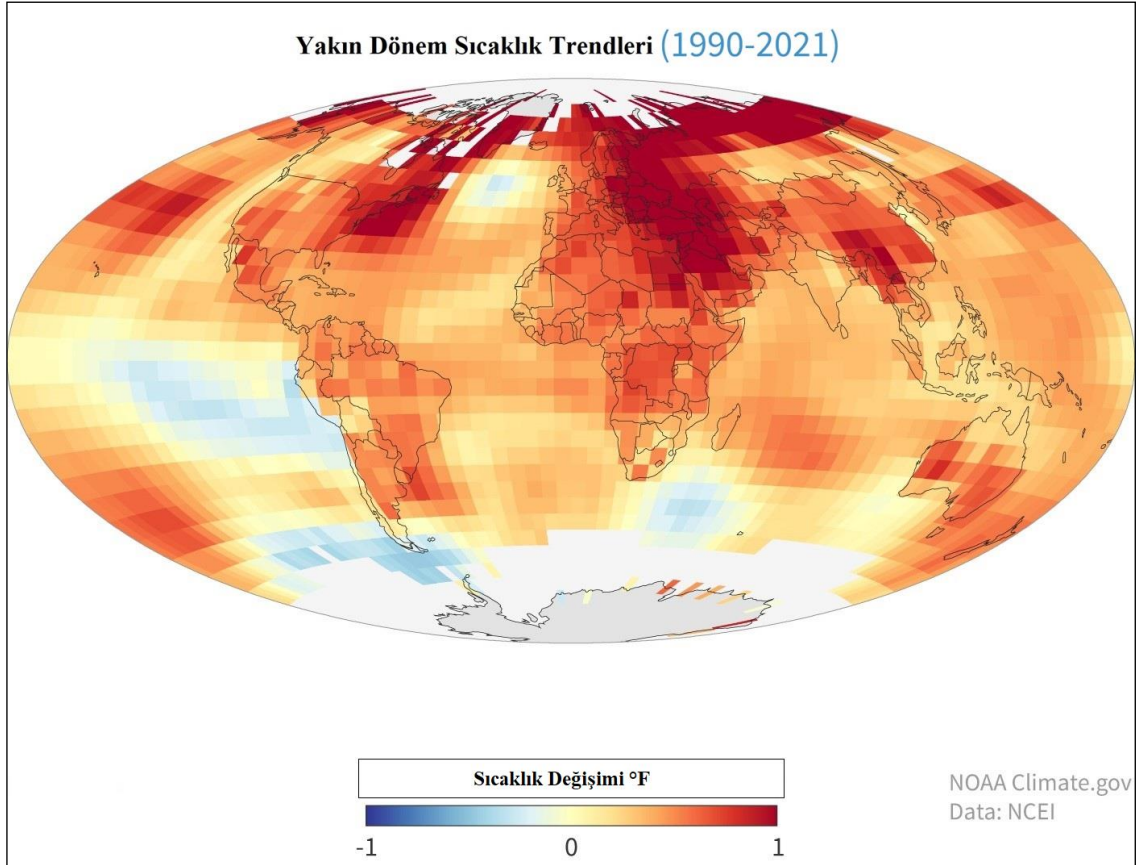
20. Yüzyılın son çeyreği itibarıyla yerkürenin büyük bir kısmında sıcaklık artışları ivme kazanmıştır. Dönem içerisindeki 1998 yılı, endüstriyel devrimin başladığı dönemden bu yana (+0,58 °C'lik anomali ile) en sıcak yıl olarak kayıtlara geçmiştir. Fakat 1998 yılının El Nino yılı olduğu dikkate alınmalıdır (IPCC, 2007; Lenart, 2006:4; Şekil 1.10). 2000-2021 yılları arasında ise, sıcaklıklardaki rekorlar artarak devam etmiştir. Bu dönemde birçok alanda sıcaklık rekorları kaydedilmiştir (Hansen vd., 2006:14289; IPCC, 2013; wordpress.com, 2015; www.climate.gov, 2022; Şekil 1.12).



Şekil 1.10. Kara ortalama sıcaklığı ve anomaliler (06.07.2022, berkeleyearth.org)



Şekil 1.11. 1990-2010 periyodu sıcaklık ortalamasının 1901-1920 ortalamasından farkı (Berkeley Earth Project), (06.07.2022, www.climatedataguide.ucar.edu)



Şekil 1.12. Yakın dönem sıcaklık trendleri (28.07.2022, www.climate.gov)

1.1.1.1. Türkiye’de İklim Değişimi ve Sıcaklıklardaki Eğilimler

Sıcaklık, doğrudan iklimsel değişimle ilişkilidir ve küresel ısınmayı kontrol eden temel çevresel göstergelerden birisidir. Yüzey-hava sıcaklığı, özellikle son yıllarda iklimsel değişikliklerle ilgili en net sinyalleri veren çevresel parametredir (Wan vd., 2004). Hem mutlak sıcaklık değişiklikleri hem de değişim oranı, iklimsel değişikliğin olası etkilerinin önemli belirleyicileridir. Bunlar, yükselen deniz seviyeleri, seller ve kuraklıklar, ekoloji ve gıda verimliliğindeki değişiklikler ve bulaşıcı hastalıklardaki artışları içermektedir (MGM, 02.08.2022a, www.mgm.gov.tr; NOAA, 02.08.2022, www.ncei.noaa.gov; 02.08.2022, www.cevreselgostergeler.csb.gov.tr).

Küresel ısınmaya bağlı sıcaklık değişimleri, dünyanın her bölgesinde aynı yönde ve aynı seviyede değildir. Bazı kuşaklar, görece fazla artışlar gösterirken bazı yerler de artış eğiliminin tersi yönünde eğilimler meydana getirmektedir (Falvey ve Garreaud, 2009:14; Yadav vd., 2004:4; Şekil 1.12). Bu bakımdan uzun süreli ısınma eğilimi daha çok 40° Kuzey ve 70° Kuzey enlemleri arasındaki ana karalarda gerçekleşmektedir (Bolle, 2003). Türkiye de sahip olduğu özel ve coğrafi konumu nedeniyle bu değişimden önemli derecede etkilenecek olan ülkeler arasında yer almaktadır (Karabulut: 2008:65; Şekil 1.12).

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change- IPCC), Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organization- WMO) gibi birçok kuruluş ve araştırma tarafından ortaya koyulan küresel sıcaklık yükselişlerine benzer olarak Türkiye’de de ortalama sıcaklıklarda artış eğilimleri gözlenmektedir (Agathangelidis vd., 2022:5; Aykır, 2017: 51; Demir vd., 2008:80; Karabulut 2008:66; Karabulut, 2012:37; Türkeş, 2012:11; Şekil 1.13).

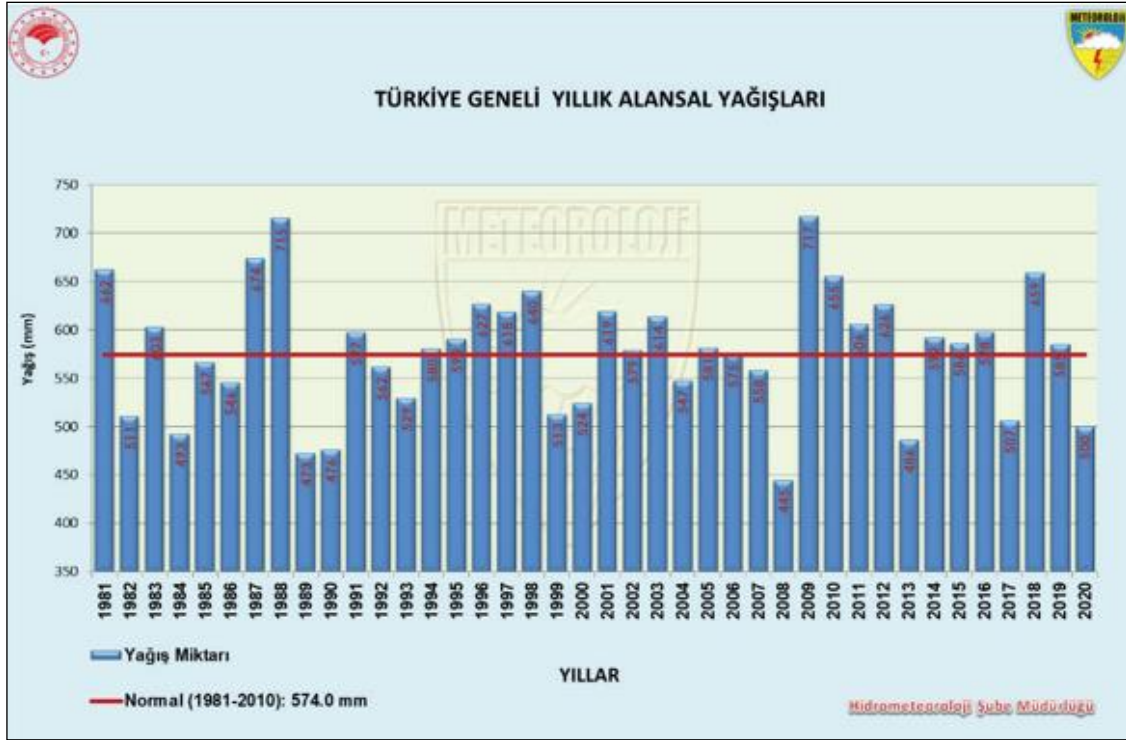
2020 yılı okyanus ve karaların küresel ortalama hava sıcaklıkları, 14,84 °C ile 1981-2010 ortalaması olan 14,30 °C’nin 0,54 °C üzerinde gerçekleşmiştir. 2020 yılı Türkiye ortalama hava sıcaklıkları ise, 14,9 °C ile 1981-2010 ortalaması olan 13,5 °C’nin 1,4 °C üzerine çıkmıştır. 2020 yılında en düşük sıcaklık gözlemi, -31.9 °C ile şubat ayında Erzurum’da, en yüksek sıcaklık ise 47.3 °C ile temmuz ayında Cizre’de kaydedilmiştir. 1971-2020 dönemine bakıldığında, Türkiye’de en yüksek yıllık ortalama sıcaklık 2010 yılında 15,5 °C, en düşük yıllık ortalama sıcaklık ise 1992 yılında 11,7 °C olarak kayıtlara geçmiştir. Türkiye yıllık ortalama sıcaklıklarında 1994 yılından bu yana (1997 ve 2011 yılları hariç) pozitif sıcaklık anomalileri mevcuttur (MGM, 02.08.2022a, www.mgm.gov.tr; NOAA, 02.08.2022, www.ncei.noaa.gov; 02.08.2022, www.cevreselgostergeler.csb.gov.tr; Şekil 1.13).



Şekil 1.13. Dünyada ve Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklıklar 1971-2020 (01.08.2022, www.cevreselgostergeler.csb.gov.tr)

Türkiye genelinde yıllık alansal yağış normali 574 mm civarındadır. 2020 yılında (01 Ocak–31 Aralık) ortalama 500 milimetre (mm) yağış kaydedilmiştir. Yağış normallerine ve geçen yıl yağışlarına göre azalma mevcuttur. Ülke geneli yıllık yağışlarda normaline göre %12.9, geçen yıl yağışlarına göre %14.5 azalma kaydedildi. 2008 yılı, son 40 yılın en kurak yılıdır. 2020 yılı ise, en az yağışlı 6'ncı yıl olmuştur. 2020 yılında Giresun ve Trabzon'un doğusundan itibaren Rize ve Artvin sahil kesimi 1000 mm'nin üzerinde yağış alırken; İç Anadolu'nun tamamı, Denizli, Afyonkarahisar, Gümüşhane, Erzurum'un kuzeyi, Şanlıurfa, Gaziantep'in güneyi, Malatya'nın batı kesimleri, Van ve Ağrı'nın doğusu ile Iğdır'da 200-400 mm aralığında yağış

gerçekleşti. İl geneli yağışlarda, Kırıkkale 272 mm ile en az, Rize 1710 mm ile en çok yağış alan ilimiz oldu. Amasya, Çorum, Kırıkkale ve Kırşehir illeri son 40 yılın en düşük yağışını aldı. 2020 yılı ekstrem yağışlar açısından da rekor yağışların görüldüğü bir yıl oldu. Bir günde gerçekleşen en yüksek yağış, 14.07.2020 tarihinde Rize Çayeli Bakır İşletmeleri’nde 272.6 mm olarak gerçekleşti. Gerçekleşen yağışın tekerrür periyodunun 200 yıldan fazla olduğu hesaplanmış ve aynı zamanda bu yağış miktarı, Türkiye geneli yeni temmuz ayı günlük maksimum yağış rekoru olarak kaydedilmiştir (MGM, 04.08.2022b, www.mgm.gov.tr; Şekil 1.14).

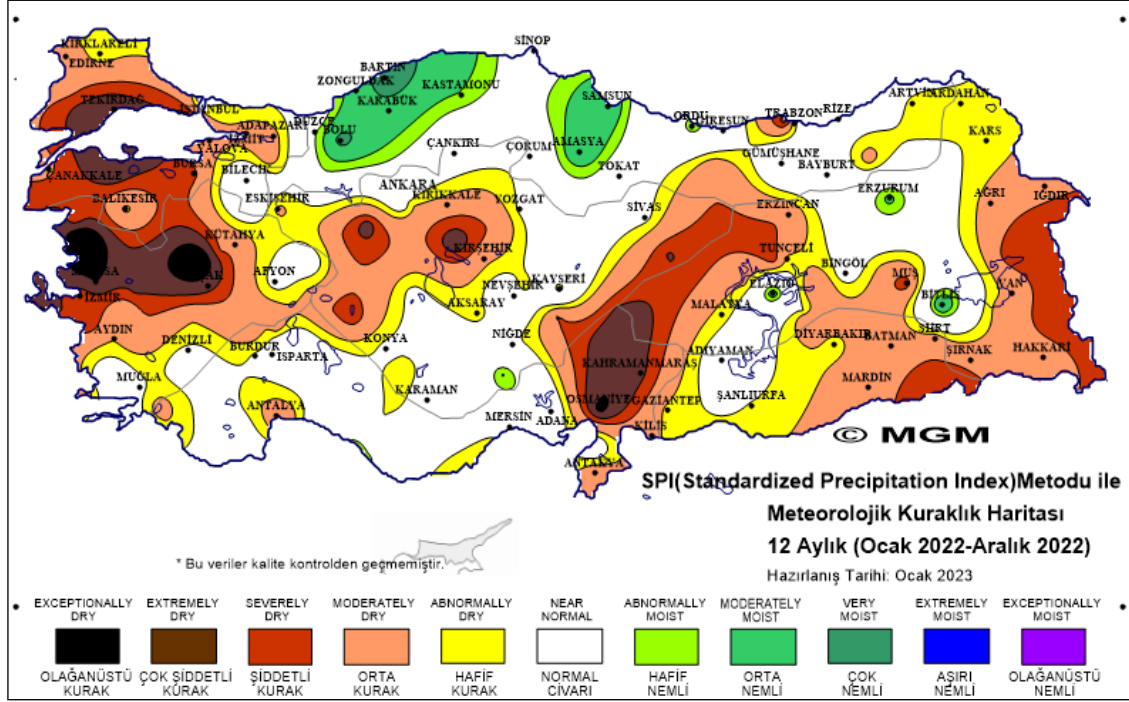


Şekil 1.14. Türkiye geneli yıllık alansal yağışları (MGM, 04.08.2022b, www.mgm.gov.tr)

Türkiye geneli 1981-2020 yılları arasında SPI (Standardized Precipitation Index - Standardize Yağış İndeksi) yöntemi ile yapılan kuraklık analizine göre, bu 40 yıl içinde kurak geçen yıl sayısı 11’dir. Bunlardan 2008 yılı ise en kurağı olmuştur. 16 yılın normal geçtiği süreçte, 13 yılda nemli koşullar meydana gelmiştir. 2009 senesi ise en nemli yıldır. 2020 yılı ise orta kurak bir dönemdir (Akbaş, 2014: 114; Turan, 2018:66; 05.08.2022, cevreselgostergeler.csb.gov.tr).

Türkiye’nin 2022 yılı 12 aylık kuraklık durumuna göre Ege, Marmara ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri, İç Anadolu’nun batı ve doğu kısımları, Akdeniz’de Hatay, Osmaniye ve Kahramanmaraş illeri ile Doğu Anadolu Bölgesi’nin doğu yarısı hafif kurak ve olağanüstü kurak arasında dağılım göstermektedir. Akdeniz Bölgesinin batı kısmında, Antalya ve Muğla illerinde ise hafif ve orta seviyede kuraklık mevcuttur. Kuraklığın hafif ve çok nemli arasında dağılım gösterdiği alanlar, Karadeniz’de

Samsun, Amasya, Kastamonu, Bartın, Zonguldak, Karabük ve Bolu illeridir (Şekil 1.15).



Şekil 1.15. Türkiye geneli 12 aylık (2022) kuraklık durumu (MGM, 01.01.2023, www.mgm.gov.tr)

1.1.2. Küresel Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü (AKAÖ) Durumu

Küresel ısınmanın olası sonuçlarıyla ilgili endişelerin başlangıcından bu yana; kara, deniz ve hava arasındaki hidrolojik döngünün, ekonominin, toplumun ve çevrenin birçok türevi üzerinde çok önemli etkiler göstereceği geniş çapta kabul görmüştür (Botkin vd., 2007; Demirci ve Karakuyu, 2002; Hansen vd., 2006). Değişen çevresel koşulların iklim değişikliği ve hidrolojik süreçler üzerindeki etkileri, araştırmacılar ve politikacılar için önemli bir endişe kaynağı ve aynı zamanda büyük bir zorluktur (Aggarwal1 vd., 2012:147). Bu bakımdan dünyanın enerji dengesi ve biyokimyasal döngüleri için çok önemli bir yere sahip olan küresel-lokal arazi kullanım değişikliklerinin tespiti ve niceliksel duruma getirilmesi oldukça temel bir gereksinimdir (Song vd., 2018).

Dünya üzerinde kentleşme; son bir iki yüzyılda, dünya tarihinde daha önce hiç olmadığı kadar hızlı ilerledi ve çok daha büyük oranlara ulaştı (Şekil 1.7). Bu dönemde dünya ticaretinde yaşanan muazzam büyüme, kentsel nüfusun daha geniş bir alandan beslenmesine neden olmuştur. Birçok gelişmiş ülke, kentsel gereksinimlerini kendi içinden ya da yakın çevresinden karşılayamadığı için küreselleşmek zorunda kaldığı söylenebilir. Örneğin Britanya, Hollanda ve Japonya gibi ülkelerde büyük şehirlerin hinterlandının tüm dünya olduğu söylenebilir (Davis, 1955:433). Bu bakımdan

hinterlandını giderek genişleten ülkelerin daha fazla üretim yapması, doğal kaynakların hızlıca tüketilmesine ve çevresel problemlerin artmasına neden olmaktadır (Almeida vd., 2017).

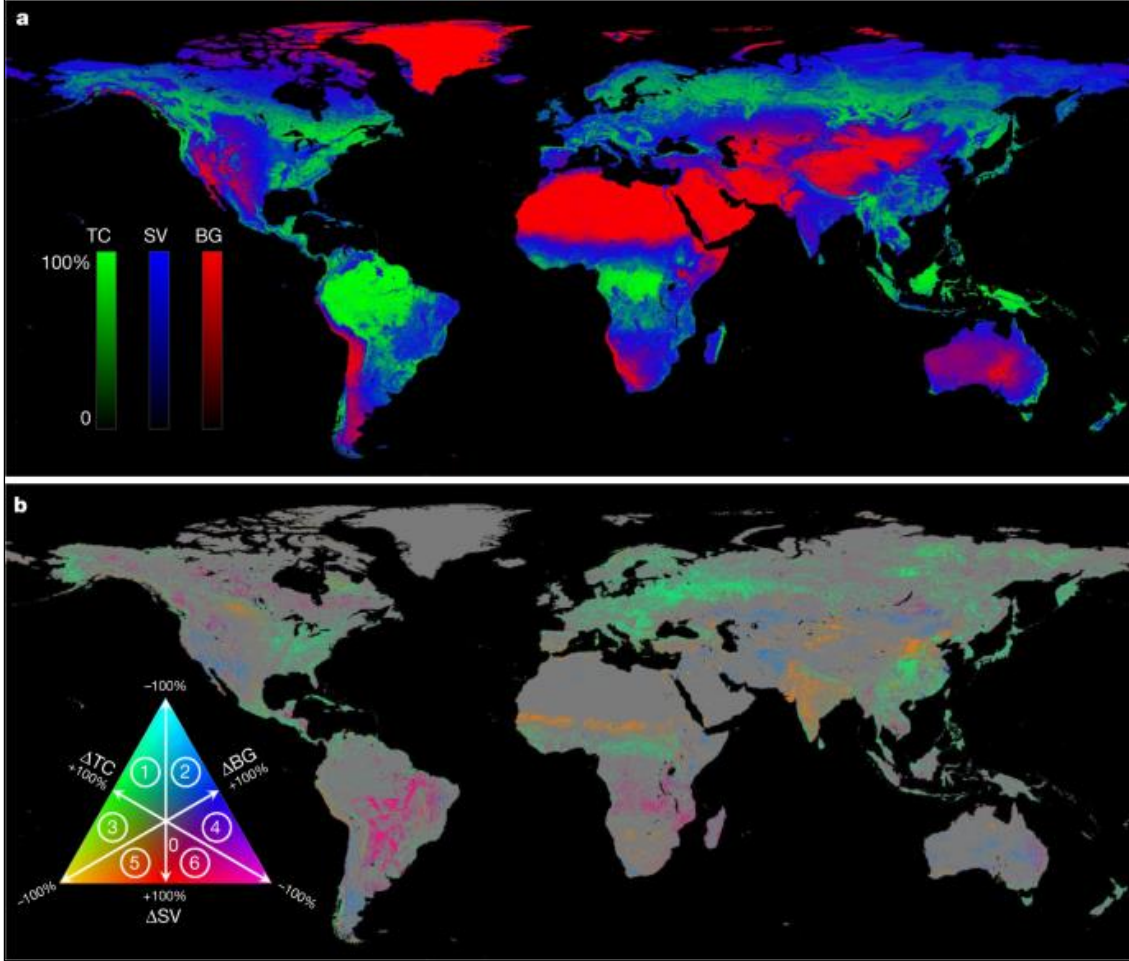
Giderek artan nüfusun, bir yandan da tüketici bir topluma dönüşmesi nedeniyle temel gıda kaynaklarının teknolojisiz ve verimsiz bir şekilde üretilmesine sebep olmuştur. Aynı zamanda, doğal kaynakların miktarı ve çeşitliliği arzı karşılayabilmesi adına büyük oranlarda arttırılmıştır (Camagni vd., 2002:200).

Dünyanın insan tarafından yeniden şekillendirilmesi, gerçek anlamda küresel bir ölçeğe ulaşmıştır (Almeida vd., 2017). Büyüklüğü ve hızı bakımından benzersiz olan bu süreç; biyosferi ayakta tutan bio-jeo kimyasal sistemler üzerinde giderek artan bir şekilde önemli etkiler içermektedir (Meyer ve Turner, 1992:40).

Küresel arazi kullanım değişimleri, ekosistem üzerinde oldukça etkin bir çevresel faktördür. Dolayısıyla arazi kullanım değişikliklerinin gözlemlenmesi kaçınılmaz bir zorunluluk haline gelmiştir (Forman, 2008:9). Bu noktada uzaktan algılamanın yetenekleri, bilimsel çevreye ve politikacılara oldukça fazla avantajlar sağlamaktadır. Teknolojideki hızlı gelişmelerle birlikte günümüzde uydu tabanlı jeofiziksel ölçümler, vektör ve raster formatta çok önemli çevresel gözlemlerde (arazi kullanımı ve örtü sınıfları, yağış, sıcaklık, toprak nemi, güneş radyasyonu, buhar basıncı, yaprak düzeyinde fotosentez, biyokimyasal süreçler, CO² değişimi, yaprak besin içeriği gibi) bulunmaktadır. Uydu sistemleri, birçok parametreyi çeşitli ölçeklerde gözlemleyebildiği gibi bu parametreleri maksimum ve optimum zamansal çözünürlüklerde kullanıcılara sunmaktadır (Hulley vd., 2019:116; Karabulut, 2014:415; Karakoç ve Karabulut, 2020; Oğuz, 2017).

Uydu görüntülerindeki zamansal serilerin mevcudiyeti; küresel ve bölgesel anlamda arazi kullanım ve örtü değişimlerini çok daha yakından takip edilmesini mümkün kılmıştır (Karabulut, 2006; Karabulut, 2014a; Karabulut, 2014b; Karabulut vd., 2006; Potapov vd., 2022:8; Song vd., 2018:640). Gelişmiş Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre (The Advanced Very High Resolution Radiometer - NOAA-AVHRR), Landsat Tematik Mapper Plus ve çok yüksek mekânsal çözünürlüklü çeşitli sensörler tarafından elde edilen optik gözlemlerin birleştirilmesiyle üretilen zamansal serilere göre 1982-2016 yılları arasında yerküre üzerinde önemli arazi kullanım ve örtü değişimleri meydana gelmiştir (Song vd., 2018). Toplam ağaç örtüsü alanı %90 güven aralığında (GA) 1982'den 2016'ya kadar 2,24 milyon kilometre kare (km²) artmıştır. Çıplak zemin alanı, 1982'ye göre %3.1'lik (%90 GA) bir düşüşle 1,16 milyon km² azalmıştır. Çok yıllık kısa bitki örtüsünün toplam alanı ise (%90 GA) 0,88 milyon km² düşüş göstermiştir. Ağaç gölgesindeki küresel net artış, uzun vadeli orman alanı değişimine ilişkin mevcut anlayışla çelişmektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütüne (FAO - Food and Agriculture Organization) göre, 1990 ve 2015 yılları arasında net bir orman kaybı söz konusudur. Ancak, brüt ağaç gölgelik kaybı (-1.33

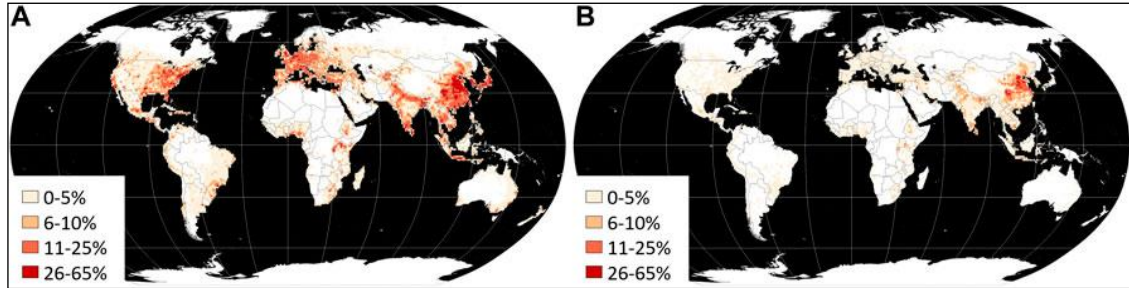
milyon km²) FAO'nun tahminlerine benzer sonuçlar vermiştir. İki araştırmaya göre, net orman alanı değişimi -1,29 milyon km² ile büyüklük olarak uyumludur (FAO, 2015; Song vd., 2018:641; Şekil 1.16).



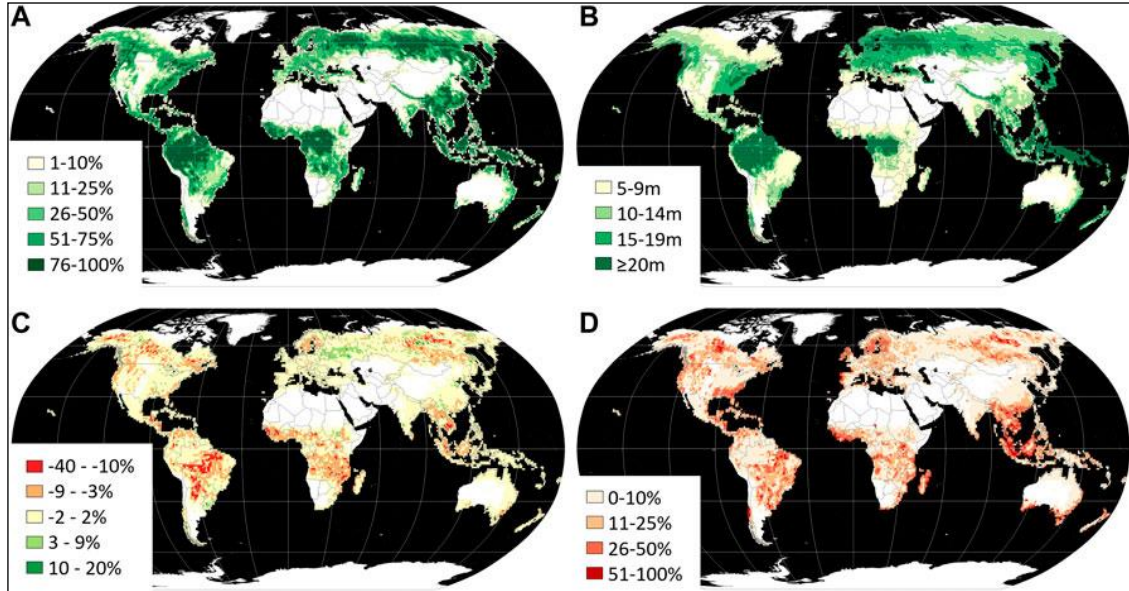
Şekil 1.16. 1982'den 2016'ya kadar küresel TC (≥ 5 m ağaç gölgesine sahip orman), SV (kısa bitki örtüsü-yıllık) ve BG (çıplak alan) kapsamının uydu tabanlı kaydı. (a) ortalama yıllık tahminler, (b) uzun vadeli değişim tahminleri. Hem anlamlılık hem de değişim tahminleri $0.05^\circ \times 0.05^\circ$ mekânsal çözünürlükteki piksel alanlarının yüzdesini ifade etmektedir. TC, SV ve BG'de istatistiksel olarak anlamlı bir eğilim gösteren pikseller ($n = 35$, iki taraflı Mann–Kendall testi, $P < 0.05$) değişiklik haritasında gösterilmektedir. Renk açıklamasında daire içine alınmış sayılar baskın değişiklik yönlerini belirtir: 1, SV kaybıyla TC kazancı; 2, SV kaybı ile BG kazancı; 3, BG kaybı ile TC kazancı; 4, TC kaybı ile BG kazancı; 5, BG kaybıyla birlikte SV kazancı; ve 6, TC kaybıyla birlikte SV kazancı. (Song vd., 2018'den alınmıştır).

Potapov vd., 2022'e göre; küresel arazi kullanımı ve örtü değişimlerinde, çok önemli sonuçlar elde edilmiştir. 30 metre mekânsal çözünürlükteki çalışmada; 2000 yılından 2020 yılına kadar orman kapsamı, orman yüksekliği, ekili alanlar, yerleşik alanlar, yüzey suyu, çok yıllık kar ve buz boyutundaki değişimler tespit edilmiştir. Sonuçlar, küresel ağaç örtüsü kapsamının azaldığını ve ekili alanların ve yerleşimlerin genişlediğini göstermektedir. Yüzey suyu dinamiklerindeki belirgin değişimler, hidroelektrik projeleri ve kuru iklim bölgelerindeki doğal göllerin tükenmesiyle

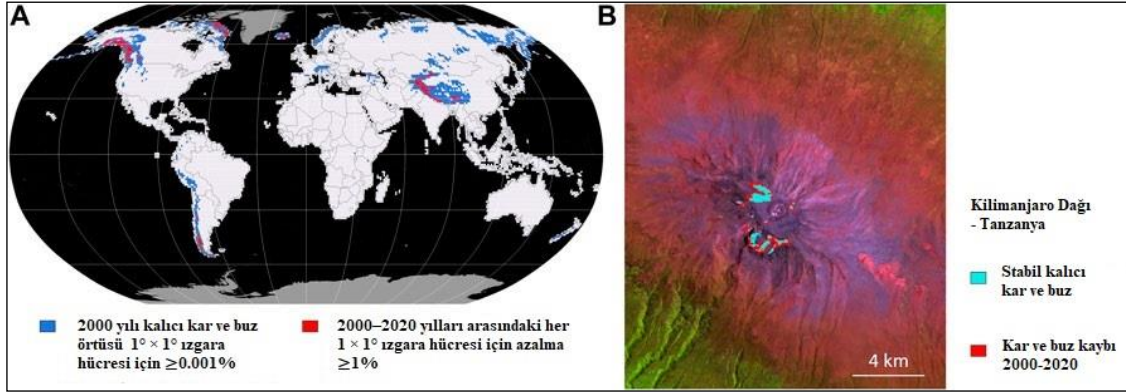
bağımlı alansal farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Çok yıllık kar ve buz alanları, küresel ısınmanın bir sonucu olarak önemli ölçüde azalmıştır (Şekil 1.17- 1.19; Potapov vd., 2022:13)



Şekil 1.17. Her $1^\circ \times 1^\circ$ ızgara hücresi için yerleşik araziler ve bunların net değişimi. (A) Yerleşik araziler 2020, % hücre alanı. (B) Yerleşik araziler 2000–2020 % hücre alanının artışı. (Potapov vd., 2022’den alınmıştır)



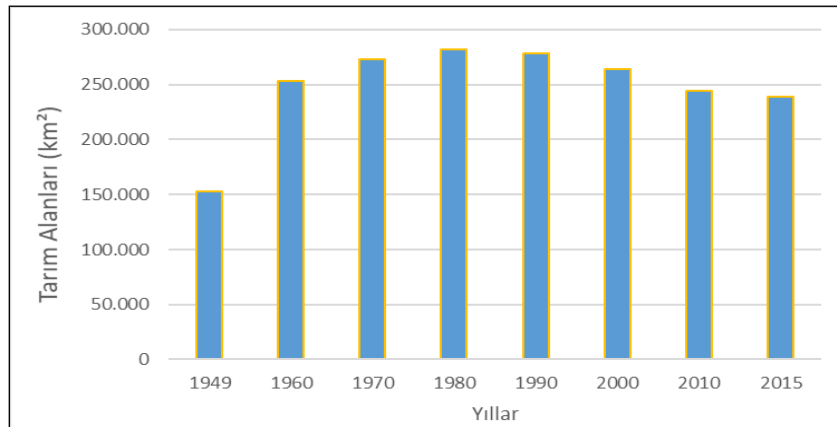
Şekil 1.18. Her $1^\circ \times 1^\circ$ ızgara hücresi için orman kapsamı, yapısı ve dinamikleri. (A) Orman alanı 2020, % hücre alanı. ≥ 5 m gölgelik yüksekliğine sahip Landsat ARD pikselleri olarak tanımlanan orman. (B) Ortalama orman yüksekliği 2020, metre. (C) Net orman alanı değişimi 2000-2020 % hücre alanı. (D) Orman kaybı, bozulması ve bozulması 2000–2020, % 2000 yılı bir hücre içindeki orman alanı. (Potapov vd., 2022’den alınmıştır)



Şekil 1.19. (A) 2000 yılı çok yıllık kar ve buz kapsamı ve her $1^\circ \times 1^\circ$ ızgara hücresi için 2000–2020 periyodundaki azalma. (B) Kilimanjaro Dağı-Tanzanya; çok yıllık kar ve buz, 2000–2020 periyodundaki azalma (Potapov vd., 2022’den alınmıştır)

1.1.2.1. Türkiye’de Arazi Kullanım Durumu

Tarımsal üretime önem veren bir ülke olarak Türkiye’de, tarımsal arazilerin genişlemesine her zaman öncelik verilmiştir. Bu perspektiften dolayı birçok bölgede verimli otlakların ya da bozulmakta olan ormanların tarım arazisine dönüştürüldüğü gözlemlenmektedir. Bu durum Osmanlı İmparatorluğundan günümüze kadar devam etmiştir. İmparatorluk döneminde; sanayinin gelişmemesi, ticaret, ulaştırma ve bankacılık gibi hizmet sektörünün çoğunlukla azınlık ve yabancı sermaye kontrolünde olması, tarımsal ekonomiyi ön plana çıkarmıştır. Cumhuriyetin kuruluşunda bu problemler için bazı önemler alınmış olsa da, az alandan yüksek verimin alınmasına yönelik değişimler yaşanmamıştır. 1950’li yıllarda artan nüfusun ihtiyaçlarıyla birlikte, traktörün kullanımı, teknolojik gelişmeler, sulama ve gübreleme imkânlarının gelişmesi tarım alanlarının daha da artmasına neden olmuştur. 1980’li yıllarda ise kentleşmedeki hızlı artış, toplam alan içindeki tarımsal araziye biraz düşürmeye başlamış ve günümüze kadar devam etmiştir (Bayar, 2004:45; Işık, 2005:58; Kepenek, 2016:10; Şekil 1.20).



Şekil 1.20. Türkiye’de tarım alanlarının yıllara göre değişimi 1949-2015 (TÜİK, 2018)

Küresel ve bölgesel ölçekteki AKAÖ değişimlerinin kontrolsüzlüğü, birçok çevresel problemin habercisidir. Ekonomik seviyesi yeterli düzeyde olmayan Türkiye

gibi gelişim sürecindeki ülkelerde, mekânsal planlamalarda ekonomik kaygılar baskın gelmektedir. Bu nedenle Türkiye ve benzeri ülkelerin mekânsal desenlerinin kullanımında, ekolojik hassasiyetler ve çevresel problemler yeterince dikkate alınmamaktadır. Söz konusu koşullar bağlamında Türkiye’de, 1950’li yıllar itibariyle AKAÖ değişimlerinde oldukça dinamik süreçler meydana gelmiştir (Bayar, 2018:188; Çakır vd., 2008:667; Güneş vd., 2016:192; Güre vd., 2009:43; Karabulut vd., 2006:14; Karabulut vd., 2013:447; Kaya ve Toroğlu, 2015:93; Kılıç vd., 2006:163; Kızılelma vd., 2013:28; Oğuz ve Zengin, 2011:27; Özşahin vd., 2020:32; Somuncu vd., 2010:111; Topuz ve Karabulut, 2018:423; Tablo 1.1; Tablo 1.2; Şekil 1.21 – Şekil 1.24).

Çevre Bilgi Koordinasyonu-Arazi Örtüsü Projesi (Coordination of Information on the Environment-CORINE) kullanılarak yapılmış AKAÖ sınıflandırmasına göre Türkiye’de; 1990-2012 yılları arasında, 1. seviyeye göre en büyük değişim orman ve yarı doğal alanlar (%-1,5) sınıfında gözlemlenmiştir. Orman ve yarı doğal alanlardaki genel azalmalara rağmen bazı orman sahalarında büyüme mevcuttur. Değişim analizlerine göre, artış yönünde yaşanan en yüksek alansal büyüme (%0.6)’ile tarımsal alanlar sınıfında belirlenmiştir. Orman vasfını kaybetmiş alanların tarımsal araziye dönüştürülmesi bu durumda oldukça etkilidir (Özşahin vd., 2020:33; Tablo 1.1).

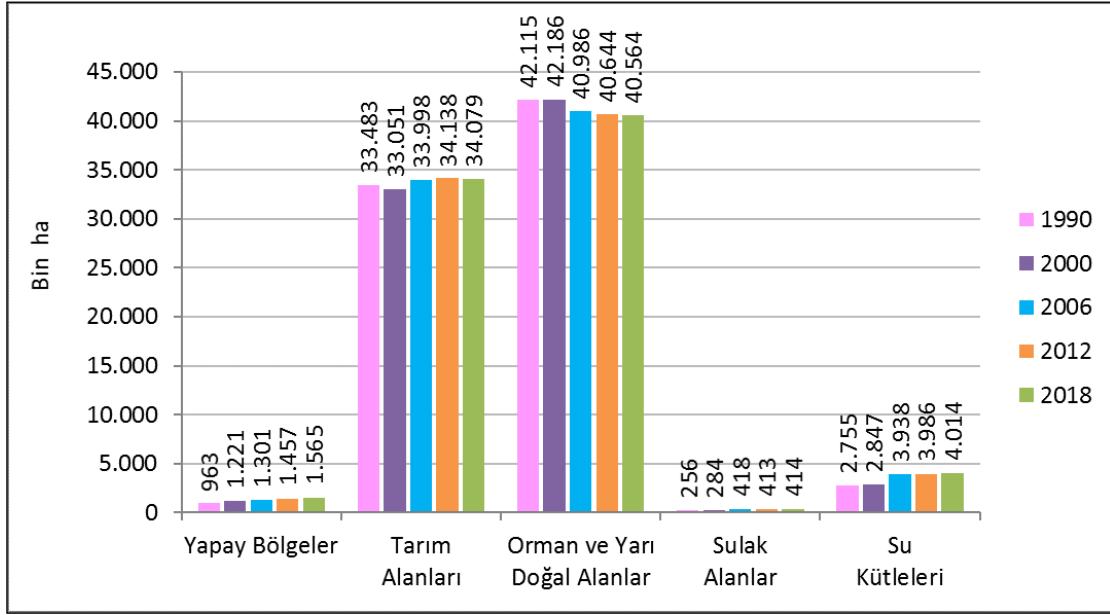
Tablo 1.1. Türkiye CORINE arazi sınıflarının yüzdelik olarak değişimi 1990-2012 (Özşahin vd., 2020:33)

<i>CORINE Arazi Örtüsü Sınıfları ve Kodları</i>	<i>Yıllar</i>		
1, Seviye	1990	2012	1990-2012
1, Yapay Bölgeler	1,21	1,75	0,54
2, Tarımsal Alanlar	42,94	43,52	0,58
3, Orman ve Yarı Doğal Alanlar	53,99	52,44	-1,55
4, Sulak Alanlar	0,33	0,53	0,2
5, Su Yapıları	1,54	1,76	0,22
Toplam	100	100	

Türkiye’de 1990-2018 yılları arasında orman-yarı doğal alanlar 1.550.586 ha azalırken, yapay alanlar 602.640 ha, tarımsal alanlar 596.041 ha, su kütleleri 1.258.936 ha ve sulak alanlar 157.479 ha artış göstermiştir. Artan nüfus, kentleşme ve sanayileşme tarım alanları ve doğal alanlar üzerinde baskı unsurdur. 2018 yılı CORINE verilerine göre; Türkiye’nin %1,94’ünü yapay bölgeler, %42,26’sını tarım alanları, %50,31’ini orman ve yarı doğal alanlar, %0,51’ini sulak alanlar ve %4,98’ini su kütleleri oluşturmaktadır (Tablo 1.2).

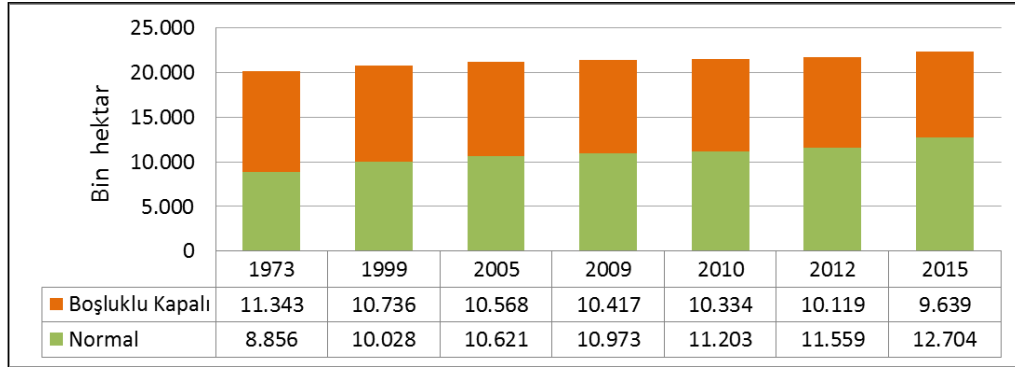
Tablo 1.2. Türkiye’de 2018 yılı arazi sınıflarının yüzölçümü ve yüzdelikleri (02.08.2022, corinecbs.tarimorman.gov.tr)

<i>Sınıflar</i>	<i>Alan (ha)</i>	<i>Yüzde (%)</i>
Yapay Bölgeler (1)	1565407,01	1,94
Tarımsal Alanlar (2)	34079354,82	42,26
Orman ve Yarı Doğal Alanlar (3)	40564303,45	50,31
Sulak Alanlar (4)	413786,96	0,51
Su Kütleleri (5)	4013668,63	4,98



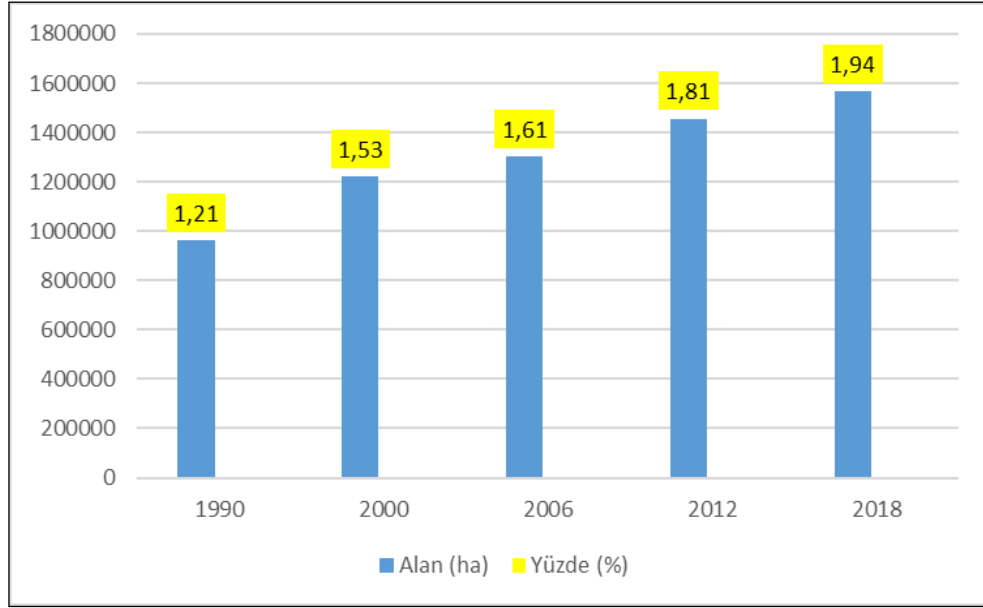
Şekil 1.21. Türkiye’de yıllara göre arazi kullanım durumu 1990-2018 (Tarım Orman, 02.08.2022, cevreselgostergeler.csb.gov.tr)

2018 yılı itibariyle Türkiye’nin toplam orman alanı 22.621.935 hektardır. Bu miktar, ülke geneli alan toplamının %29’u kadardır. Ancak bu alanın %57’si normal kapalı, %43’ü boşluklu (seyrek örtülü veya örtüsüz) kapalıdır. Türkiye’de 1999 yılında orman alan miktarı ülke yüzölçümünün %26,7’si iken, 2018 yılında bu oran %29’a yükselmiştir. Dünya Bankası verilerine göre, dünya orman alanlarının yüzölçümüne oranı 2000 yılında %31,2 iken 2016 yılında %30,7 olmuştur (OGM, 2019; World Bank, 02.08.2022, wdi.worldbank.org; Şekil 1.23).



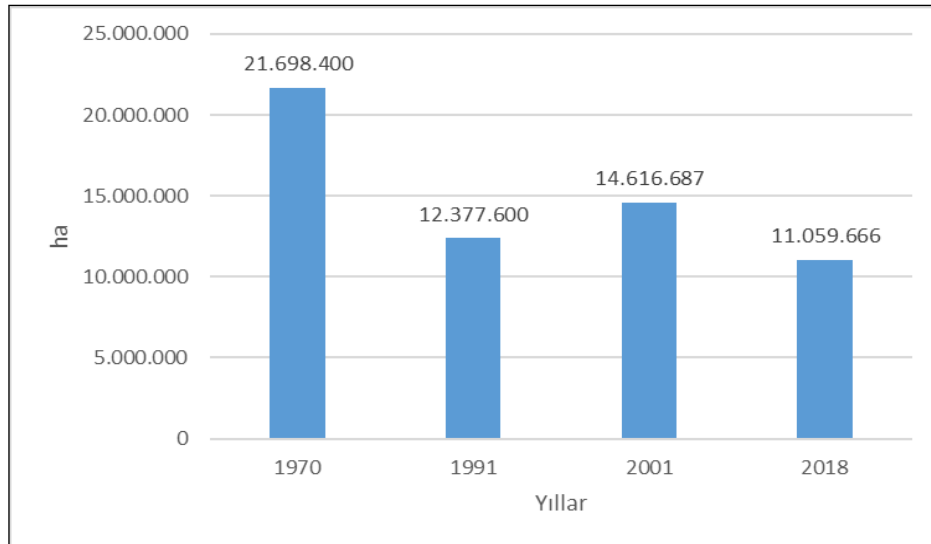
Şekil 1.22. Orman alanlarının orman formuna göre dağılımı (OGM, 02.08.2022, www.ogm.gov.tr)

Türkiye’de, 1950’li yıllardan itibaren şehirlere yaşanan göçler nedeniyle kentsel alanlar önemli ölçüde genişlemeye başlamıştır (Işık, 2005). Kent içerisinde giderek artan nüfusun, değişen süreçlerde yaşam şekilleri, ihtiyaçları ve dolayısıyla çevreye olan etkisi sürekli olarak değişime uğramıştır. Özellikle 1980’li yıllardan itibaren yeni bir ekonomik süreç olarak turizmin canlanması, Türkiye coğrafyası üzerinde önemli bir baskı oluşturmaya başlamıştır. Artan nüfusun değişen yaşam koşulları, yeni ekonomik kolların oluşmasına neden olmuştur. Bu gelişmelerle birlikte insan kontrolünde gelişen yapay bölgelerde, hızlı bir artış yaşanmıştır (Işık, 2005:58; Şekil 1.23).



Şekil 1.23. Yerleşim alanlarının yıllara göre değişimi ve toplam alan içindeki yüzdesi (Tarım Orman, 02.08.2022, corinecbs.tarimorman.gov.tr)

Otlaklar, tarihsel bağlamda geçim kültürünün en önemli doğal aktörlerinden birisi olarak karşımıza çıkar. Çoğu göçebe kültürde olduğu gibi otlakların büyüklüğü ya da niteliği mevsimsel göçlerin yönünü ve zamanını belirlemektedir. Ekonomik büyüme ve nüfusun genişlemesine bağlı olarak ortaya çıkan süreçler neticesinde tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’deki otlaklar üzerinde de önemli tahribatlar meydana gelmiştir. Türkiye’de çayır ve mera alanları 1920’li yıllarda 50 milyon hektar (ha) civarındayken günümüzde 11 milyon (ha) seviyesine düşmüştür (Ayan vd., 2020; Bayar, 2018:188; Güneş vd., 2016:192; Karakoç, 2019; Şen, 2010:1; Şekil 1.24).

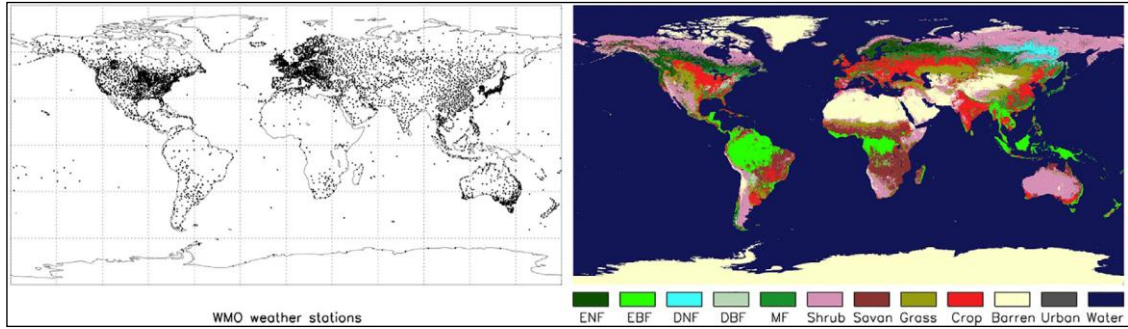


Şekil 1.24. Türkiye’de yıllara göre mera alanlarının değişimi (02.02.2022, www.tarimorman.gov.tr)

1.1.3. Yüzey Sıcaklıklarının (YS) Uzaktan Algılanması

Yüksek çözünürlüklü mekânsal sürekliliğe sahip HS tahminleri, çevreyle ilgili bilimsel araştırmalarda ve uygulamalarda oldukça gerekli bir parametredir. Ancak, günümüzde yerküre üzerindeki çevresel koşulların oldukça hızlı değişmesi, yüksek doğruluk oranına sahip gözlem ve analizlerin zorunluluğunu arttırmaktadır. Bu nedenle çok daha yüksek mekânsal çözünürlüklü hassas iklimsel verilere ihtiyaç duyulmaktadır. İklimsel olarak ızgaralı sıcaklık veri kümelerinin oluşturması için, nokta tabanlı yerinde sıcaklık ölçümleri ve istatistiksel enterpolasyon yöntemleri gereklidir. Meteoroloji istasyonunun bulunduğu alan dışındaki çevreyle ilgili sıcaklık göstergeleri tahmin yöntemleriyle öngörülmektedir (Oyler vd., 2016:1442). Bu nedenle istasyon tabanlı parametrelerin kullanıldığı araştırmaların doğruluğu ya da geçerliliği sürekli olarak tartışılmaktadır. Hava istasyonlarının yetersiz küresel dağılımı ve mekânsal enterpolasyonlarla ilgili zorluklar, bu tartışmaların yaşanmasına neden olan temel problemlerdir (Oyler vd., 2019:188, Şekil 1.25).

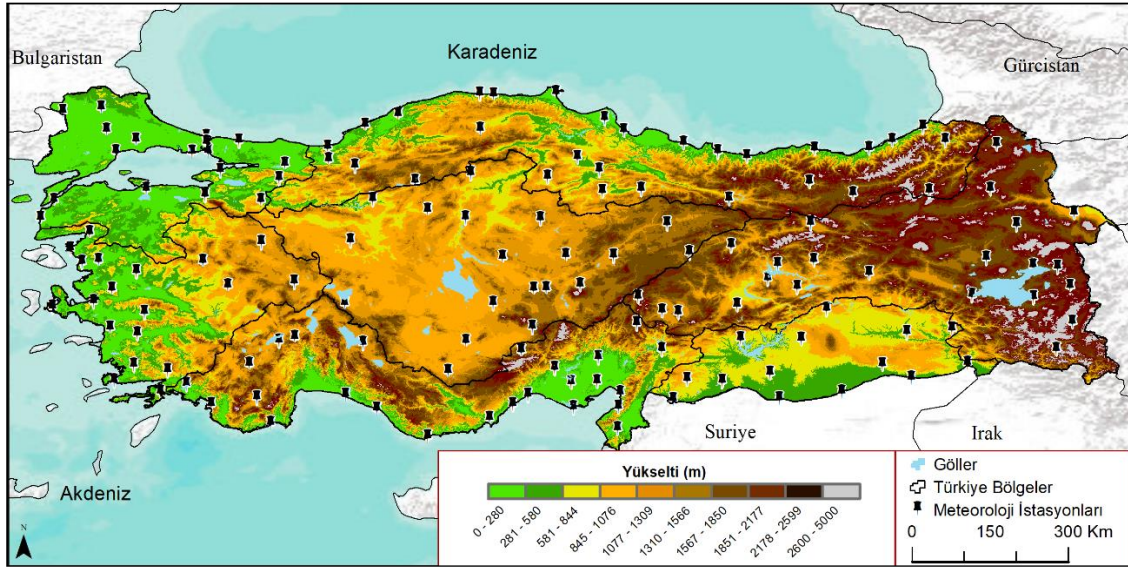
Meteoroloji istasyonlarının dağılımı, özellikle Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'da, kuzey yarımküre yoğunlukluken ve Güney Amerika, Afrika, Güneydoğu Asya ve Avustralya'nın tropikal bölgelerinde genel bir meteoroloji istasyonu azlığı vardır. Dünyada kara yüzeylerinin geniş alanları, nispeten az istasyona sahiptir. Ölçüm yoğunluğunun yetersiz olduğu bu alanlarda mekânsal enterpolasyon ihtiyacı önemli bir problemidir (Kogan, 1997:622; Li vd., 2015:2; Şekil 1.25).



Şekil 1.25. Meteoroloji istasyonlarının konumu (sol harita). MOD12Q1 arazi örtüsü veri seti (sağ harita), İğne Yapraklı Yaprak Dökmeyen Orman (ENF), Yaprak Dökmeyen Geniş Yapraklı Orman (EBF), Yaprak Döken İğne Yapraklı Orman (DNF), Yaprak Döken Geniş Yapraklı Orman (DBF), Karışık Ormanlar (MF), Kapalı-Açık Çalılıklar (Shrub), Odunsu Savanlar-Savan (W-Savan), Çayır-mera (Grass), Tarım Alanı (Crop) ve Çıplak Alan (Barren), Yerleşim Alanları (Urban), Su Yüzeyleri (Water) (Oyler vd., 2019'dan alınmıştır.)

Meteoroloji istasyonlarının düzensiz dağılımı ya da yetersizliği, Amerika Birleşik Devletleri gibi iyi donanımlı bölgeler de dahi bilimsel bir problemidir. Amerika'nın dağlık bölgeleri gibi karmaşık arazilerde, HS çok küçük mekânsal ölçeklerde değişebilir ve ölçüm istasyonları arasındaki enterpolasyonun doğruluğu ciddi şekilde sorgulanabilir (Daly vd., 2008:2035; Geiger vd., 2009). Türkiye de, istasyon

ağının zayıf olduğu ülkelerden birisidir. Yükseltinin 0 ile 5000 m arasında değiştiği Türkiye’de, topoğrafik koşullar kısa mesafelerde çok fazla değişkenlik göstermektedir. Denizel hava koşullarına açık alanların yanında kapalı havzalara ve karasal çevreye sahip birçok farklı bölge bulunmaktadır (Akengin ve Dölek, 2014; Şekil 1.26). Coğrafi koşulların çok fazla heterojen olduğu alanlardaki nokta tabanlı enterpolasyon yöntemlerinin yetersizliği birçok araştırmada ortaya koyulmuştur (Fabrizi vd., 2010:1401; Hofstra vd., 2008:1; Ren ve Ren, 2011:3182; Zhang vd., 2014:3172).



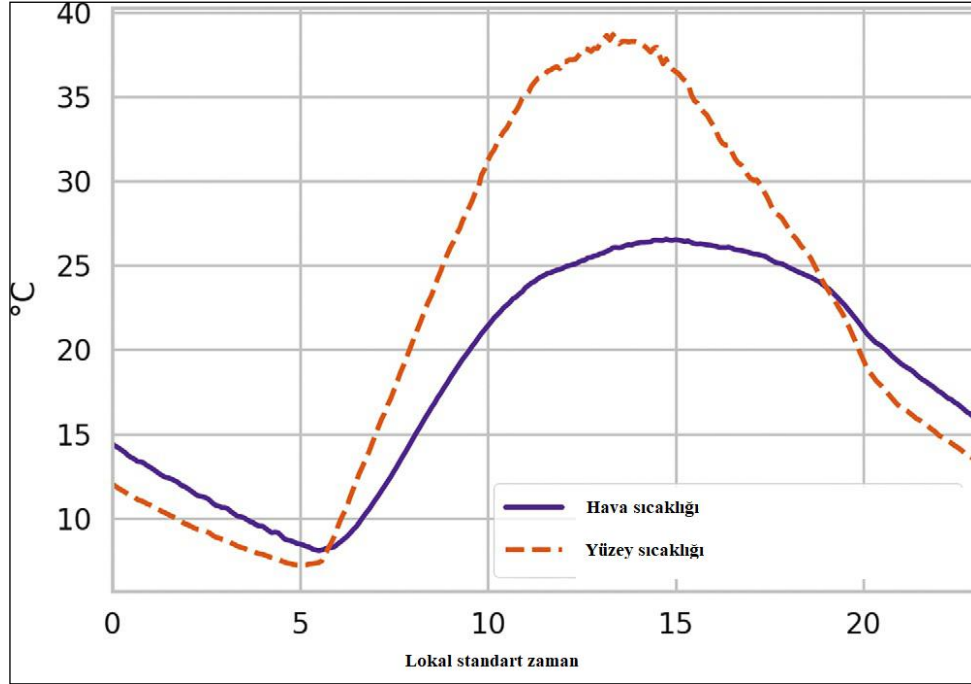
Şekil 1.26. Türkiye’de meteoroloji istasyonlarının dağılımı

İklim değişikliği modelleri ve fenolojiyle ilgili mevcut çalışmalar, bölgesel ekolojik değerlendirilmeler için daha yüksek çözünürlüklü verilere ihtiyaç duymaktadır. Bir tek optik algılayıcıdan binlerce km²’lik alanların yüksek mekânsal çözünürlükte verilerle takip edilmesi; uzaktan algılamayı, yersel gözlemlere karşı daha fazla avantajlı konuma getirmiştir (Karabulut, 2006; Karabulut, 2014a; Kasampalis vd., 2018; Kogan, 1997; Pasqualini vd., 1997).

Meteoroloji istasyonlarına bağlı HS’den farklı olarak YS, zeminin veya bitki örtüsü yüzeyinin radyometrik sıcaklığı ifade ederken aynı zamanda yüzeye temas edildiğinde hissedilen sıcaklıktır. Yüzeyden yayılan termal radyasyonun, yerinde veya uzak uydu tabanlı bir radyometre tarafından algılanması esasına dayanmaktadır (Li vd., 2013: 16; Prata vd., 1995:176; Tomlinson vd., 2011:296). YS, değişen yüzey koşullarına duyarlıdır. Bu temel özelliği ile, kara ve atmosferik enerji bölümlendirilmesinde önemli bir sınır görevi üstlenmektedir (Mildrexler vd., 2009).

Tekrarlayan bir günlük döngü içinde, gündüz YS’ler HS’den çok daha yüksektir, ancak geceleri birbirine benzerlik gösterirler (Wang vd., 2021:11; Şekil 1.27). Hava, karadan daha zayıf bir ısı iletkenidir. Yüksek güneş radyasyonu yükleri olan açık ve sakin bir yaz gününde, YS’ler HS’den daha hızlı artar. Bu durum özellikle öğlen saatlerinde daha belirgindir (Mildrexler vd., 2011:2). Buna karşılık, güneş radyasyonu olmayan gecelerde, aynı yerel ve orta ölçekli atmosferik süreçlere benzer yanıt verirler

(Nichol, 2005). Yüzeydeki güçlü ışımsal soğutma koşulları altında, gece YS'ler genellikle HS'den daha soğuktur (Oyler vd., 2019:196; Şekil 1.27).



Şekil 1.27. Amerika Birleşik Devletleri – Montana’da, temmuz ayı günlük ortalama hava sıcaklığı ve YS döngüsü 2007-2013 (Diamond vd., 2013)

Birkaç ana faktör, YS-HS ilişkisinin tipik günlük döngüden çıkmasına neden olabilmektedir. Bulut örtüsü, mevsim ve enlem ile ilgili olarak güneş radyasyonundaki değişiklikler, YS ve HS arasındaki farkı değiştirebilir (Good, 2016). YS, arazi yüzeyinin biyofiziksel özelliklerine daha yakından bağlı olduğundan; arazi örtüsü tipindeki, bitki örtüsü yoğunluğundaki, toprak nemindeki değişikliklerde, yoğun orman örtüsüne sahip alanlardaki evapotranspirasyonun birleşik etkisinde, zemin yüzeyine göre orman gölgesinin farklı termal özelliklerinde HS tahminlerine göre daha güçlü bir kontrol sağlamaktadır (Mildrexler vd., 2011; Oyler vd., 2016; Stisen vd., 2007; Tomlinson vd., 2011).

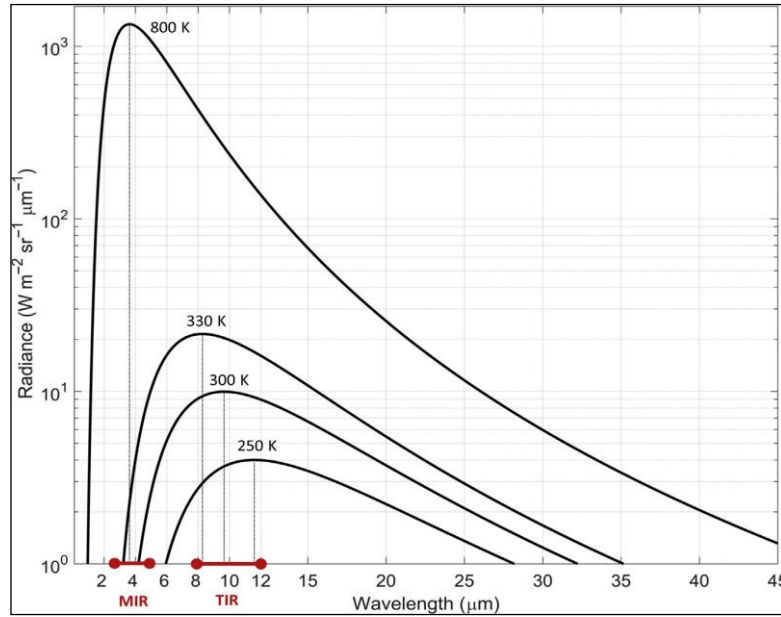
Uzaktan algılanan YS, HS'yi etkileyen topoklimatik ve biyofiziksel varyasyonları yakalamak için yeterince iyi olan mekânsal çözünürlüklerdeki bir veri gözlem kaynağıdır. YS, HS'nin doğrudan bir vekili değildir, ancak doğrudan ilişkilidir ve güçlü mekânsal-zamansal korelasyon sergileyebilir (Hulley vd., 2012; Jin ve Dickinson, 2010; Marzban vd., 2018; Tomlinson vd., 2011). Toprak sıcaklığı ve YS arasında da güçlü bir ilişki bulunmaktadır (Choudhury vd., 1982). Bu nedenle hem HS ve YS, hem de toprak sıcaklıkları dinamiklerinin gözlemlenmesi, ekosistem sürekliliği açısından önemli bir konudur (Cutforth ve Shaykewich, 1989). Toprak sıcaklıkları, HS ve YS parametrelerinde de olduğu gibi tarım ürünlerinin çeşitli fenolojik evreleri üzerinde belirgin etkilere sahiptir (Hayhoe ve Dwyer, 1990).

YS, dünya yüzeyindeki radyasyon enerjisi bütçesini belirlemede önemli bir rol oynayan kritik bir değişkendir. YS, kara ve atmosfer arasındaki bölümde; uzun dalga

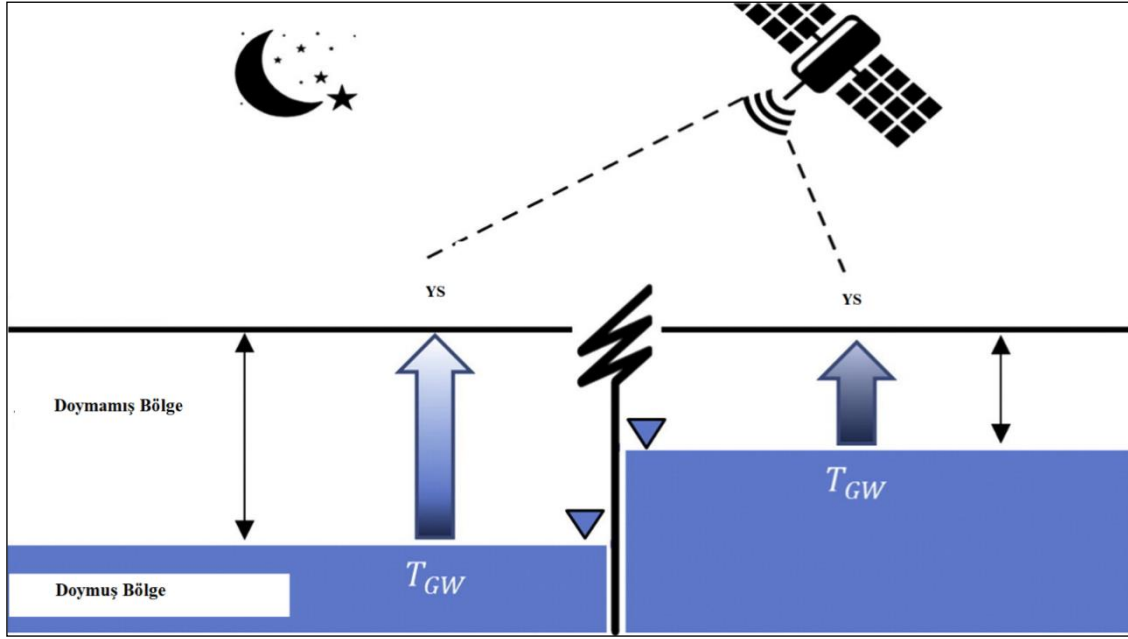
radyasyonu, türbülanslı ve ısı akışlarını yönlendirir. Bu avantajları nedeniyle rutin olarak kuraklık izleme, toprak nemi tahmini, evapotranspirasyon ve litolojik birimlerin tahminleri gibi konular için kara-yüzey modellerinde önemli bir girdi olarak kullanılmaktadır (Anderson vd., 2011; Hain vd., 2011; Küçükönder vd., 2014; Liu vd., 2016:754; Majumdar vd., 2012; Semmens vd., 2016:157; West vd., 2019:5). YS aynı zamanda, kentsel ısı adası, hava sıcaklığı ve troposferik su buharı gibi önemli iklim değişkenlerinin tahmin edilmesinde kullanılan önemli bir parametredir (Benali vd., 2012; Deilami vd., 2018; Fu vd., 2011; Imhoff vd., 2010; Krehbiel, 2015; Küçükönder vd., 2014; Moradizadeh vd., 2014; Seemann vd., 2008; Susskind ve Blaisdell, 2008; Yao vd., 2011; Zhang vd., 2014).

YS'nin uzaktan algılanmasının teorik temeli; Planck yasasına göre, yer yüzeyi tarafından yayılan toplam ışınım enerjisinin sıcaklık artışıyla kesin olarak artması gerçeğine dayanmaktadır (Czajkowski vd., 2004; Yıldız vd., 2010). YS, tipik olarak, sensör parlaklığının atmosferik olarak düzeltilmesiyle elde edilen yüzeyden yayılan parlaklığın tahmin edilmesi ve daha sonra, emisyon varyasyonunun etkileri hesaba katılarak Planck fonksiyonunun tersine çevrilmesiyle elde edilir (Jimenez vd., 2014; Küçükönder vd., 2014; Oğuz, 2017; Oğuz vd., 2019; Wan ve Li, 1997; Yıldız vd., 2010).

Tipik yerküre YS aralığı (yangınlar ve volkanik lavlar hariç) için maksimum radyometrik emisyon; atmosferik absorpsiyon ve saçılma etkilerine karşı minimum paraziteye sahip iki kızılötesi spektral “pencere” bölgesinde (orta dalga kızılötesi 3,5–5µm ve termal kızılötesi TIR, 8-13µm) meydana gelmektedir (Hulley vd., 2019:60; Şekil 1.28).



Şekil 1.28. Tipik yerküre YS aralığı (yangınlar ve volkanik lavlar hariç) için maksimum radyometrik emisyonun meydana geldiği iki kızılötesi spektral “pencere” bölgesi (Hulley vd., 2019:61)



Şekil 1.29. YS'nin uzaktan algılanması (Urqueta vd., 2018)

1.1.3.1. Kentsel ve Kırsal Alanlarda Yüzey Sıcaklıkları (YS)

“Kentsel” alanlar; nüfus yoğunluğunun, sosyal ve ekonomik organizasyonun kırsaldan farklılaştığı bölgeler olarak tanımlanabilir (Weeks, 2010:34). Doğal çevrenin yapıyı çevreye dönüştürülmesi peyzaj bakımından kenti, kırdan ayıran en temel fiziksel özelliktir (Yang ve Hillier, 2007). Araştırma bu perspektife göre modellenmiştir. Kırsal alanlar ise, kentsel yapı ve nüfus yoğunluğunun yeterli olmadığı bölgeler olarak ifade edilmektedir (Dax, 1996:3). Kentsel ve kırsal alanların kavramsal çerçevesinin çizilmesi ya da konseptinin belirlenmesi birçok bilim dalının tartışma konusudur. Bu nedenle kentsel ve kırsal alanların kavramsal tartışmasına girilmemiştir (Dax, 1996; Forman, 2008; Hall vd., 2006; Weeks, 2010)

Kentsel alanlardaki genel peyzaja bakıldığında; arazilerin miras özellikli yaşam alanlarından (ev) oluştuğu görülmektedir. Bu nedenle kentsel araziler, sürekli olarak bakılması gereken yaşam alanlarıdır. Aynı zamanda bu araziler, satın alınacak, kullanılacak, satılacak sermaye ve yatırım aracıdır (Forman, 2008:26). Bu nedenle, odak noktası bir kentsel bölge içindeki örüntüler ve süreçlere çevrildiğinde, dinamik bir insan ve doğa mozaiki ile karşılaşılacaktır (Forman ve Valicourt, 2004). Çevre, bazı nispeten büyük doğal alanlardan ya da yüksek düzeyde bozulmuş birçok bölgeden oluşmaktadır. Bölgeler; doğal, yapay ve karışık mozaikler boyunca akışlar ve hareketlerle canlı bir organizmaya benzer şekilde sürekli olarak değişen dinamik sistemlerden şekillenmektedir. Ayrıca, insan egemenliğindeki yapay mozaikler, özellikle insan nüfusunun kontrolsüz artışı ve toplumsal tüketimlerin genişlemesine bağlı olarak zamanla çevredeki doğal alanların küçülmesine neden olmaktadır (Camagni vd., 2002:200; Forman, 2008:8; Meyer ve Turner, 1992:40; Şekil 1.24).

Kentleşmenin belirli bir alanda yoğunlaşması durumunda, sürdürülebilir kent ekoloji sürekli olarak zayıflamaktadır. Aynı bölgeye yığılmış kentleşme sürecinde, trafik sıkışıklığı artmakta, enerji verimliliği düşmektedir. Temiz su kıtlası ve pahalı hale gelir. Karayolları, doğal habitatları bölerek yeni yapay alanların doğmasına sebep olur. Cazip rekreasyon ve turizm mekânları bozulur. Geçirimsiz sert yüzeyler genişlerken sel ve taşkınların çevreye verdiği deformasyonlar artar. Üretken tarım ve aile çiftlikleri küçülür. Ormanlık alanların sağlık durumları bozulurken kapsamı zayıflar. Biyoçeşitlilik tehdit altına girer ve erozyona uğrar (Forman, 2008: 29; Gluch ve Ridd, 2010: 93).

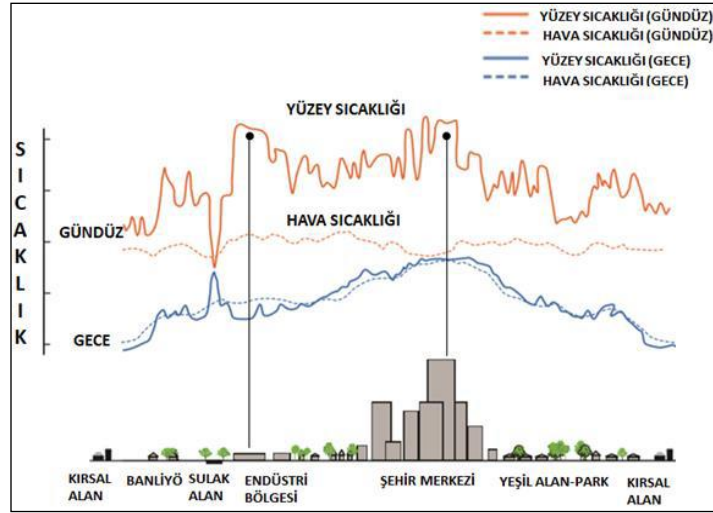
Sürdürülebilir kent ekolojisinin sağlanabilmesi için, insan kültürüne ait yapay alanların kapsamının minimize edilmesi gerekirken kent ekolojisini besleyen, zararlı materyallerin sistem çıkışını sağlayan doğal alanların ise kapsamının genişletilmesi gerekmektedir (Breuste vd., 2013:677; Çetinkaya, 2013:14; Tosun, 2017:179). İnsan yaşamına ait yapay alanlar, (yol, kaldırım, çatılar, siyah cam yüzeyler ve otoparklar vs.) güneş ısını ormanlar ve su kütleleri gibi doğal manzaradan daha fazla emerler (Lu ve Weng, 2006:157; Mohamed vd., 2017). Bünyelerinde daha fazla ısı tutan yapay malzemelerin çevredeki doğal alanlardan daha sıcak olması durumunda, kentsel ve kırsal bölgeler arasında önemli termal farklılıklar meydana gelmektedir. Bilimsel araştırmalarda bu durum, kentsel ısı adası olarak ifade edilmektedir (Adıgüzel, 2021; Alkan vd., 2017; Bornstein, 1968; Elif vd., 2021; Fabrizi vd., 2010; Işık, 2021; Küçükönder vd., 2014; Oğuz vd., 2009; Oğuz, 2017; Oğuz vd., 2019; Orhan, 2021; Yang vd., 2016; Şekil 1.30).

1.1.3.1.1. Kentsel Isı Adası (KIA)

KIA, kentsel peyzajın (kaldırımlar, çatılar ve yollar gibi) güneşten gelen kısa dalgalı ışıını emmesi ve bu enerjiyi ortak yüzeylerden uzun dalgalı ışıını olarak yeniden yayması olayıdır (Tozam ve Karaca, 2018). Kentsel yüzey malzemeleri, fiziksel özellikleri nedeniyle kırsal alanlardaki termal dengeden farklı koşullar oluşturmaktadır (Dousset vd., 2011). Kentsel alanların daha güçlü kısa dalga ışıını bünyesinde tutup daha zayıf olan uzun dalga boyunda tekrar yansıması, kırsal alanlara göre yüksek sıcaklıkların yaşanmasına neden olmaktadır (Li vd., 2015; Şekil 1.30). KIA, şehirlerdeki hava sıcaklıklarını çevredeki banliyö ve kırsal alanlara kıyasla yaklaşık 1-6 °C yükseltebilir. Bu etki şunlardan kaynaklanmaktadır: koyu kaplamalı yüzeyler ve binalar tarafından ısıının emilmesi, bitki örtüsü ve sulak alanların yetersizliği, binalardan, araçlardan ve klimalardan ısı yayılması ve binaların etrafındaki hava akışlarının azalması (EPA, 2014). Kentlerde oluşan ısı adalarının hem şehir içinde hem de şehir çevresindeki kırsal alanlarda doğrudan ya da dolaylı olarak birçok çevresel problem oluşturduğu çeşitli araştırmalarda belirlenmiştir (Ciu ve Foy, 2012; Rizwan vd., 2008;

Yang vd., 2017). Kentsel ısı adalarına bağlı olarak şehir alanlarında, çeşitli hastalıkların görülme oranı artmaktadır (Morin vd., 2015; Shahmohamadi vd., 2011; Tan vd., 2010).

İklim değişikliği, dünyanın birçok yerinde ısı dalgalarının sıklığını, yoğunluğunu ve süresini artırmaktadır (Hayhoe vd., 2010; Meehl ve Tebaldi, 2004; Tebaldi vd., 2006). Örneğin, 2015'ten 2017'ye kadar aşırı sıcak dalgalar Kuzey Amerika, Çin, Avrupa, Avustralya, Orta Doğu ve Hindistan'daki bölgeleri etkilemiş, sadece Haziran 2015'te 2500 insanın ölümüne sebep olmuştur (Wehner vd., 2016).



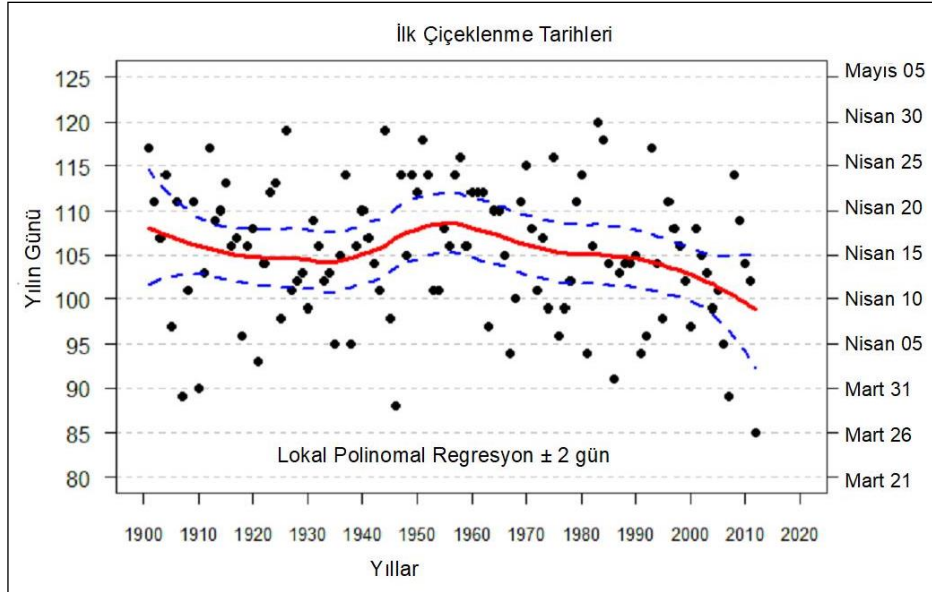
Şekil 1.30. Kent ve çevresinde YS ve HS değişimleri (Tozam ve Karaca, 2018)

1.1.4. Fenolojik Değişimlerde Uzaktan Algılamanın Kullanılması

Fenoloji, insanlık tarihi boyunca özellikle de tarımla ilgili olarak iklim ve hava durumu için bir vekil olarak kullanılmıştır. Ancak yalnızca son iki yüzyıl içinde kendi başına bir bilim olarak ortaya çıkmıştır. Fenoloji bilimi, yerelden küresel düzeye ölçeklenebilen iklim ve diğer çevresel değişikliklere karşı bitki ve hayvan tepkilerinin bütünsel bir ölçüsüdür (Schwartz, 2003:1). Yunanca göstermek veya görünmek anlamına gelen “phaino” kelimesinden türetilen fenoloji; tekrar eden bitki ve hayvan yaşam döngüsü aşamalarının, özellikle zamanlamalarının hava ve iklim ile ilişkilerinin incelenmesidir (Morren, 1849). İlkbaharda bitkilerin filizlenmesi ve çiçeklenmesi, sonbaharda yaprakların renk değişimi, kuşların göçü ve yuvalanması, böceklerin kuluçkalanması ve hayvanların kış uykusuna yatması fenolojik olayların örnekleridir (Dube vd., 1984). Burada verilen bazı fenolojik örnek olayların tarihsel kayıtları, 8. yüzyıla kadar uzanmaktadır. İlk fenolojik gözlemler Japonya’da (kraliyet bahçeleri) kayda geçirilirken sonraki süreçlerde Avrupa da benzer araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. 1300’lerde Fransa’da şarap hasadının yapılma zamanlaması ve ilkbahar başlangıç dönemleri gibi kayıtlar ilk gözlemlere birer örnektir (Chuine vd., 2004).

İklim değişikliği etkilerinin daha da fazla hissedilmeye başlandığı günümüzde, fenolojik araştırmalar oldukça fazla önem kazanmaya başlamıştır. Araştırma

kütüphanesi olarak sadece Google Akademik kayıtlarına göre, 2010 yılından 2023 yılı başına kadar 139.0000 (makale başlığında fenoloji kelimesi bulunan) fenolojik araştırma makalesi yayınlanmıştır (Google Akademik, 11.08.2022, scholar.google.com.tr). Fenolojinin önem kazanmasının bir nedeni, küresel ısınma ve küresel değişim konusunda bağımsız bir kayıt-delil olduğunu kanıtlamasıdır. Küresel ısınma nedeniyle dünyanın birçok yerinde baharın daha erken gerçekleştiği yaygın olarak belgelenmiştir (De Beurs ve Henebry, 2005; Gao vd., 2022; Menzel, 2001; Piao vd., 2019; Şekil 1.31).



Şekil 1.31. Amerika Birleşik Devletleri - Kansas'ta Tallgrass Prairie Ulusal Koruma Alanı içinde ilk çiçeklenme tarihleri (uzun boylu otlaklar için), (commons.wikimedia.org, 12.08.2022)

Günümüzde çevresel değişimlerin geçmişe göre çok daha hızlı gerçekleşmesi nedeniyle biyoçeşitlilik ve gıda kaynakları büyük risk altındadır. Ekolojik yaşamın bu şekilde dinamik bir yapıya bürünmesi, bilimsel ve toplumsal çevrede bir endişeye neden olmuştur. Bu koşullar, fenolojiyi daha popüler bir araştırma konusuna getirmiştir (Hellmann, 2002; Parmesan, 2006; Raiten ve Combs, 2019; Tuomisto vd., 2017).

Teknolojideki yeni gelişmeler, fenolojik çalışmaların ilerlemesine yardımcı olmaktadır. Dünyayı gözlemleyen uyduların fırlatılmasıyla, biyosferin yeşillenmesinde (yüzey fenolojisi - land surface phenology, LSP - YF) meydana gelen mekânsal ve zamansal değişikliklere karşı birçok avantaj elde edilmiştir (Göksu vd., 2015; Karabulut, 2018; Nasahara ve Nagai, 2015; Reed vd., 2009: 231).

YF, organizmaların fenolojisinin aksine uydu çözünürlüğünün boyutu ile tanımlanan bir alan üzerindeki bitki örtüsü gelişimini ölçer (de Beurs ve Henebry, 2005; Friedl vd., 2006; Henebry vd., 2005). YF; atmosferik sınır tabakasındaki meteorolojik süreçlerle ilgili mekânsal çözünürlüklerde ve uzantılardaki sinoptik sensörlerin, gözlemlenebilir bitki örtüsüne sahip arazi yüzeylerinin mekânsal-zamansal modellerinin incelenmesi olarak ifade edilebilir (de Beurs ve Henebry, 2005).

Uzaktan algılama, mekânsal ölçekte gölgeliği esas alarak yeşillenme, olgunluk, yaşlanma ve uyku hali gibi fazlarla ilgilenir. En başarılı şekilde ormanlar, çayır ve ekin alanları gibi nispeten homojen yüzeylere uygulanabilir (Zhang vd., 2003). Biyolojik olayların zamanlaması (veya yüzey fenolojisi, YF) ile ilgili ölçümleri türetmek için çeşitli uydulara ait uzaktan algılama ürünlerini kullanan birçok yaklaşım mevcuttur. Fenolojik uygulamalar için uzaktan algılamayı kullanmanın avantajları, peyzaj boyunca fenolojik modellerin sürekli olarak yakalanması ve arşivlenmiş uydu veri setlerinden (örneğin, Landsat, AVHRR, Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer - MODIS) fenolojinin geriye dönük olarak gözlemlenmesi yeteneğidir (Reed vd., 2009).

YF'yi ılıman iklimlerde izlemek için, yeşillenmenin başlangıcı (veya mevsim başlangıcı: SOS), yaşlanma (veya mevsim sonu: EOS), büyüme mevsiminin maksimum (tepe) zamanlaması ve yeşillik süresi gibi görüntü zaman serilerinden hesaplanan metrikler kullanılmaktadır (Stöckli ve Vidale, 2004; Reed vd., 2003).

YF, mekânsal çözünürlükte sınırlıdır. Belirli türlere ve diğer biyolojik aşamalara ait metrik bilgi veremez. Bu nedenle, uzaktan algılama; fenolojinin belirli yönleri için tek fazların veya türlerin değerlendirilmesi için uygun değildir, ancak küçük ölçekli haritalamaya katkıda bulunabilir (Jeanneret ve Rutishauser, 2010; Tablo 1.3). Bu durum, tek tek bitki veya türlerin gözlemlenmesine uygun olmayan mekânsal çözünürlükten kaynaklanmaktadır. Çünkü uzaydan yapılan gözlemler, piksel boyutundaki alanlar (genellikle 250 m ile 8 km arasında değişen) üzerindeki heterojen bitki örtüsü gelişiminin zamanlaması hakkında bilgi toplar. Bu kümelenme, genellikle peyzajın yanıt sinyalini bireysel türlerin sinyallerinden ayırır, ancak biyosfer-atmosfer etkileşimi ve diğer modellerde peyzaj ölçeğindeki süreçleri (örneğin su, enerji ve karbon akışları) temsil etmek için önemli bir noktadır (Friedl vd., 2006).

Tablo 1.3. Fenolojik teknik altyapının tipleri (Jeanneret ve Rutishauser, 2010)

	<i>Operator</i>	<i>Kullanıcılar</i>	<i>Süre</i>
Ulusal ve resmi ağlar	Devlet kurumları	Araştırmacılar	On yıllar
Özel ağlar	Araştırma merkezleri-üniversiteler	Araştırmacılar	Yıllar
Yer değerlendirmesi-göreceli haritalandırma	Araştırma merkezleri-üniversiteler	Planlama yetkilileri	Bir veya birkaç mevsimler
Genel ağlar	Özel-medya	Medya-kamu	Bilinmiyor

Yüzey fenolojisi araştırmaları, çevresel değişimlerden kaynaklanan biyolojik faz kaymalarının sentezlenmesine daha fazla katkıda bulunmayı vaat etmektedir. İklim değişikliğinin çevresel etkilerinin önemli bir erken göstergesi olarak daha da artacağı öngörülmektedir (Reed vd., 2009).

1.1.4.1. Küresel İklim Değişikliğine Bağlı Fenolojik Değişimler

Bitki fenolojisi; küresel ve bölgesel iklim sisteminin biyofiziksel ve biyokimyasal çıktıları olarak özetlenebilir. Bitkilerin fenofazları sıcaklıkla yakından ilişkilidir. Mevcut dinamik iklim değişikliği, bitki fenolojisinin ısınma eğilimine verdiği yanıtları ve bunun ekosistemler için sonuçlarını anlama ve modelleme konusundaki ilgiyi canlandırmıştır (Piao vd., 2019).

Fenoloji araştırmalarının son yıllardaki hızlı gelişimi, ekosistemlerin iklim değişikliğine nasıl tepki verebileceği konusunda kritik bilgiler sağlamıştır. Son iklim değişikliği, yaygın olarak belirlenmiş ilkbahar ilerlemesi ve sonbaharın ertelenmesi gibi büyük fenolojik olayların zamanlamasını büyük ölçüde değiştirmiştir (Gao vd., 2022; Gill vd., 2015; Menzel, 2001; Menzel vd., 2006; Piao vd., 2006). İklim değişikliği kontrolündeki bu tür önemli fenoloji değişiklikler, biyo-topluluk yapıları ve ekosistem işlevleri üzerinde güçlü etkilere sahip olabilir (Piao vd., 2019; Suttle vd., 2007; Yang ve Rudolf, 2010). Bitkiler ve hayvanlar arasındaki ısınmaya karşı farklı fenolojik tepkiler bu duruma örnek gösterilebilir. Değişen iklim şartları, kuş türlerinin maksimum besin arzı sırasında ürememesine neden olabilirken (Dunn ve Winkler, 2010; Matthysen vd., 2011; Merila vd., 2001; Møller vd., 2008) bazı ağaç türleri için tohum üretiminde azalmaya neden olabilir (Boucher vd., 2020; Kudo ve Ida, 2013; Singh vd., 2013).

Bitkiler, çevrelerinin mevsimselliğine hassas bir şekilde ayarlanmıştır ve bitki faaliyetinin (yani fenoloji) zamanlamasındaki değişimler, türlerin ve ekosistemlerin küresel çevresel değişimden etkilendiğine dair en ikna edici kanıtlardan bazılarını sağlamaktadır. Disiplinler arası araştırmacılar, çeşitli uzaktan algılama yöntemleriyle ilkbaharda bitkilerin daha erken çiçeklenmesini ya da farklı peyzaja sahip arazi türlerinde yeşillenmenin mevsimselliğini farklı mekânsal-zamansal ölçeklerde gözlemleyebilmektedir (Cleland vd., 2007; Körner ve Basler, 2010; Sanchez vd., 2003).

1.1.4.2. Kentsel ve Kırsal Yüzey Sıcaklıklarındaki (YS) Farklılıklara Göre Fenolojik Değişimler

Uzaktan algılama verileri, aynı alan için sık tekrarlanan görüntüler elde etme imkânı ile geniş alanları anlık olarak gözlemlene avantajı sağlamaktadır. Bu avantajlar, ekosistemin zamansal değişkenliği büyük ölçeklerde yakalanabildiği için fenolojik çalışmalarda oldukça önemlidir. Özellikle, yaprak döken orman alanlarını doğru bir şekilde karakterize etmek için yaprak fenolojisinin dikkate alınması önemlidir (Sanchez vd., 2003). Optik sensörler, yüzey yansımalarını ölçmelerinden dolayı, arazi örtüsü sınıflandırması ve karakterizasyonun belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Arazi kullanımındaki değişimler, uzun zaman ölçeklerinde iklimsel süreçleri kontrol etmektedirler. Bu nedenle farklı zamansal-mekânsal ölçeklerde sürekli olarak takip

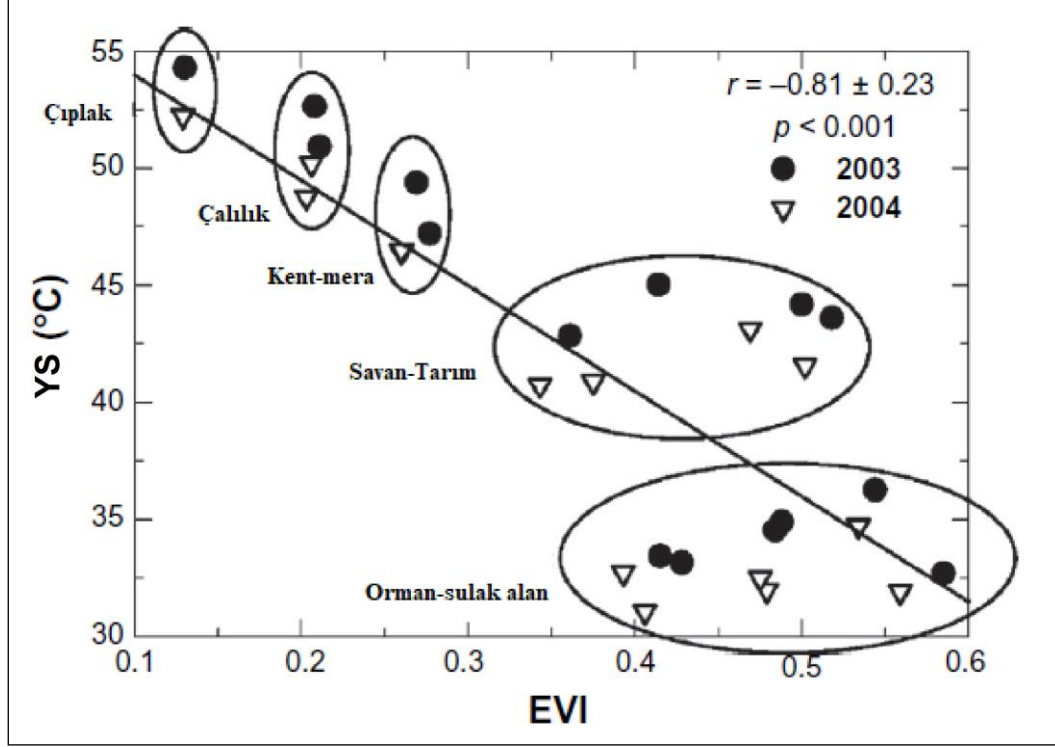
edilmesi gerekmektedir (Kuenzer vd., 2015). Değişen iklim koşulları ise, yeniden yeryüzü peyzajını şekillendiren unsurlardan birisi konumuna gelerek fenolojik evreleri dizayn etmektedir. Bu süreç, iklim-arazi kullanım ve fenoloji arasındaki bir döngüyü modellemektedir (Alemu ve Henebry, 2013; Sanchez vd., 2003; Tomaszewska vd., 2020; Tomaszewska ve Henebry, 2020; Walker vd., 2015).

Gelişen yöntem ve tekniklerle birlikte insanoğlunun, son iki asır içerisinde yeryüzü ekosisteminin üçte birinden daha fazlasına hâkim olduğu ortaya koyulmuştur (Song vd., 2018). Özellikle son birkaç on yıldaki araştırmalar; arazi kullanım ve arazi örtüsü değişimlerini, bitki örtüsü fenolojik eğilimlerini, küresel ve bölgesel olarak daha yüksek mekânsal-zamansal çözünürlükte incelenmiştir. Hem antropojenik süreçler hem de doğal süreçlerle birlikte, farklı arazi tiplerinde çok değişken sıcaklık koşulları oluşmaktadır. Bu nedenle yerel bir iklim operatörü olarak AKAÖ değişimlerinin, yerelden bölgeye vejetasyon tiplerinde ve tür kompozisyonunda önemli bozulmalara yol açacağı öngörülmektedir (Potapov vd., 2022; Song vd., 2018; Zhang vd., 2019).

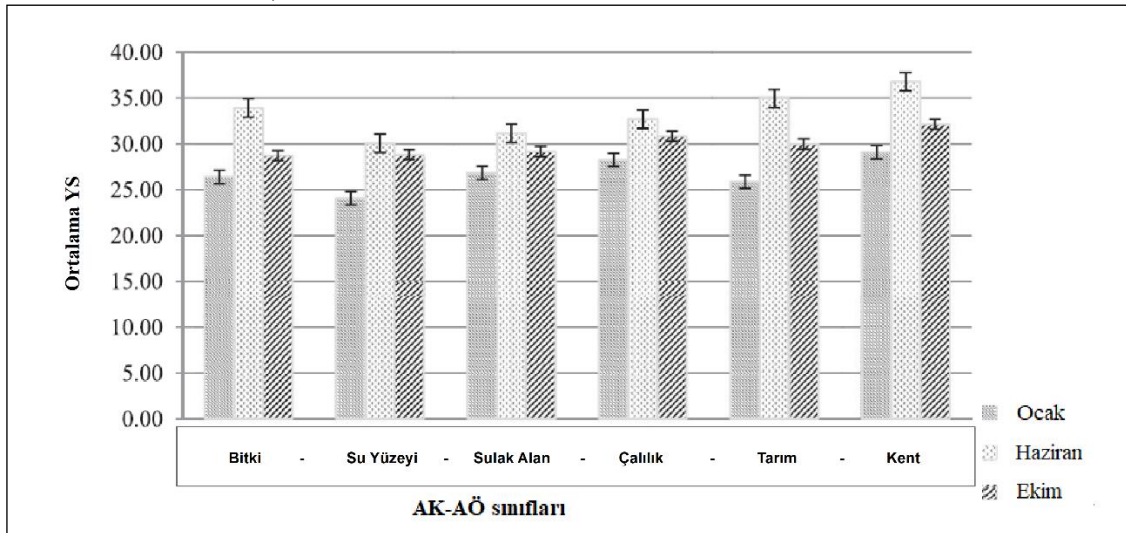
Sosyo-ekonomik dönüşüm, kentleşme, iklim değişkenliği ve doğal tehlikeler gezegenimizin çehresini şekillendiriyor. Sosyo-ekonomik dönüşüm, diğer sonuçların yanı sıra tarım ve ormancılığın yoğunlaştırılmasına, önceden ekilebilir olmayan arazilerin ekilmesine ve altyapının genişlemesine neden olur. Bunların tümü doğal ekosistemlerin azalmasına yol açar. Mono-kültür tarlaları veya meralar için alan sağlanması amacıyla yerkürenin son birincil ve ikincil ormanları yok edilmektedir (Broich vd., 2011; Kuemmerle vd., 2009; Leinenkugel vd., 2014; Song vd., 2015; Wang vd., 2009). Sulak alanlar, hayvan yetiştirme yerleri için kurutulmaktadır (Rebelo vd., 2009). Çeşitli enerji faaliyetleri nedeniyle nehirlerin akış hızları sürekli olarak azaltılmaktadır (Grumbine ve Pandit, 2013). Bu değişimler, mekânsal sıcaklık farklarının artmasına neden olmaktadır (Luvall vd., 2015).

Bitki örtüsü; fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler yoluyla iklimi etkiler (Bonan, 2008; Nemani vd., 1996; Hoffmann ve Jackson, 2000). Bitki yaprakları, buharlaşma yoluyla aktif olarak emilen güneş ışınımını değiştirir ve böylece gündüz gölgelik sıcaklıklarını hava sıcaklığına yakın tutabilir (Gates, 1965; Mildrexler vd., 2011; Nemani vd., 1993; Waring, 2002). Yeşil biyokütledeki bir artış genellikle buharlaşma-terlemeye karşı yüzey direncinde bir azalma, daha fazla terleme, daha büyük bir gizli ısı akışı ile ilişkilidir (Goward vd., 1985; Lambin ve Ehrlich, 1996). Gerçektende, çok çeşitli arazi örtüsü türleri üzerinde gündüz YS ile bitki örtüsü yoğunluğu arasında güçlü bir ilişki gözlemlenmiştir (Nemani vd., 1993; Şekil 1.32; Şekil 1.33). Albedo ve yüzey pürüzlülüğü gibi bitki örtüsünün diğer niteliklerinin de yüzey-atmosfer enerjileri üzerinde çok önemli etkileri vardır (Marland vd., 2003). Örneğin, yüzey pürüzlülüğündeki artışlar, yüzeyden atmosfere aktarılan hissedilir ısının verimini yükseltir (Raschke, 1960; Richardson vd., 2013).

Dünya yüzeyindeki arazi yüzeyi özellikleri ve bitki örtüsü yoğunluklarındaki farklılıklar, YS'nin benzersiz biyocoğrafik etkisinin mekânsal ifadesini verir. Farklı ekolojik koşullarda YS ve bitki yoğunluğu arasındaki ilişkinin iyi anlaşılması, çeşitli ekolojik uygulamalar için YS kullanımının temelini oluşturur (Hulley vd., 2019).



Şekil 1.32. Batı Amerika Birleşik Devletleri için MODIS YS ve Gelişmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI) verilerinin farklı arazi örtüsü gruplarındaki durumu (Mildrexler vd., 2007'den düzenlendi)



Şekil 1.33. Ocak, Haziran ve Ekim aylarında çeşitli arazi kullanım/arazi örtüsü sınıflarının YS seviyeleri – Mumbai Şehri - 2015 (Sahana vd., 2019)

1.2. Çalışmanın Amacı

Dünya'nın kara yüzeyindeki insan değişikliği ve modifikasyonu yeni bir fenomen değildir. Bilim adamları, yaklaşık 200 yıldır KIA etkisi gibi kentsel mikro iklimsel değişimleri gözlemlemektedir. Fakat ekosistem üzerindeki antropojenik baskının mekânsal ve zamansal boyutları tam olarak belli değildi. 1970'lerde uydu araçlarından gelen uzaktan algılama verilerinin ortaya çıkışı, kentsel alanların bitki örtüsünün mevsimsel gelişimi üzerindeki etkileri gibi insan-çevre etkileşimlerini incelemek için gelişmiş fırsatlar sağlamıştır (Karabulut, 2014a; Krehbiel, 2015).

Uzaktan algılamaya dayalı bölgesel iklim ve fenolojik tahmin modellerinin çoğu, Landsat, NOAA-AVHRR ve MODIS gibi uyduların görüntülerini kullanmaktadır. Landsat verileri, yüksek mekânsal-kaba zamansal çözünürlük sunması nedeniyle günlük hava ve fenolojik değişimlere karşı yetersizdir. AVHRR uydusu ise, günde iki adet veri sağlayarak Landsat'a göre daha yüksek zamansal çözünürlük sunmasına rağmen, MODIS uydusunun çok daha yüksek mekânsal-zamansal ölçeğine karşı dezavantajlıdır. Bu nedenle araştırmada, iklimsel ve fenolojik değişimlerin zamanlamasına karşı yüksek hassasiyet sağlayabilmek amacıyla günde dört adet gözlem verisi sağlayan MODIS (AQUA-TERRA) uydusu kullanarak temelde; bölgesel sıcaklık farklarını ve bu farkların vejetasyon üzerindeki etkisi daha az zamansal-mekânsal kayıpla incelenmeye çalışılmıştır (Melaas vd., 2013; Moulin vd., 1997; Nguyen ve Henebry, 2019; Schwartz vd., 2012; 18.08.2022, landsat.gsfc.nasa.gov; 10.08.2022, www.avl.class.noaa.gov; 05.08.2022, modis.gsfc.nasa.gov).

İklimsel parametreler olarak sıcaklık ortalamalarında ve anomalilerinde gözlemlenen ekstrem olaylar neticesinde küresel sıcaklıklarda olağanüstü artışlar yaşanmaktadır. Küresel sıcaklık artışlarının görece daha şiddetli yaşandığı bazı bölgeler, ekolojik anlamda hassas alanlara dönüşmüşlerdir. Bu çerçevede gerçekleştirilen çeşitli araştırmalar, Doğu Akdeniz Havzası'nda bulunan ülkelerin hava sıcaklıklarında önemli artışların meydana geldiğini ortaya koymuştur (Stoyanova vd., 2022).

Türkiye'de hava sıcaklıklarında meydana gelen varyasyonlar yeterli düzeyde araştırılmasına rağmen YS'deki zamansal-mekânsal değişimler ve bu değişimlerin kentsel-kırsal (doğal) ortam üzerindeki yansımaları tam olarak bilinmemektedir. Farklı ortamlardaki YS dinamiklerinin küçük ölçeklerde çalışılmış olması (Oğuz, 2017), sıcaklık kontrolünde gerçekleşen fenolojik değişimlerin de tam olarak anlaşılmamasına neden olmuştur. Kentlerin yarattığı çevresel baskılarla sıcaklık artışlarının oluşturduğu değişimler, vejetasyon davranışları üzerinde oldukça etken bir konumdadır. Sürekli değişen sıcaklık koşulları ve kentsel ortamlar nedeniyle vejetasyon davranışlarının gözlemlenmesi ve araştırılması, sürdürülebilir ekolojik planlamaların en önemli noktalarından birisini oluşturmaktadır (Krehbiel vd., 2015).

Türkiye'nin genelinde ve lokal alanlarında gerçekleştirilen iklimsel araştırmalar, daha çok meteoroloji istasyonları tarafından sağlanan hava sıcaklıklarıyla gerçekleştirilmektedir (Cosun ve Karabulut, 2009; Doğan ve Karabulut, 2022). Meteoroloji istasyonları üzerinden gerçekleştirilen çalışmalarda, zamansal çözünürlük bakımından önemli avantajlar elde edilse de istasyon ağının yetersiz olması nedeniyle çok fazla mekânsal detay göz ardı edilmektedir. Bu problem, özellikle Türkiye gibi heterojen arazi kullanımlarının ve yükselti değişimlerinin yoğun olduğu alanlarda önemli bir araştırma sorunsalıdır (Karabulut, 2008; Karabulut, 2012; Karabulut, 2014a).

Son yıllarda, iklimsel varyasyonları araştırırken mekânsal çözünürlük dezavantajını ortadan kaldırmak için uydu teknolojileri tercih edilmektedir. Spesifik alanlara göre farklı çözünürlüklerde iklimsel veriler sağlayan uydular, bu noktada yaşanan teknik altyapı sorunlarını azaltmaktadır. Ancak Landsat-Sentinel gibi uydular tarafından sağlanan yüksek mekânsal çözünürlüklü iklimsel veriler, bulutluluk ve benzeri çevresel etkenlerden dolayı zamansal olarak her dönemde sağlıklı görüntüler sunamamaktadır. Bu nedenle spesifik olarak ilgilenilen aylarda ya da mevsimlerde, istenilen düzeyde çalışmaların yapılması zorlaşmaktadır (Reed vd., 2009).

İstasyon ağının zayıflığı ve yüksek mekânsal çözünürlüklü uyduların zamansal dezavantajları nedeniyle, Türkiye'nin genelinde ve lokal alanlarında meydana gelen sıcaklık varyasyonlarına yönelik yeterince çalışma yoktur. Bölgesel ve lokal sıcaklık koşullarının yeterince araştırılmaması, YS varyasyonlarının kontrolünde gerçekleşen fenolojik değişimlerin yeterince anlaşılmamasına neden olmuştur (Krehbiel vd., 2015). Bu durumun bir sonucu olarak, YS varyasyonlarının önemli farklar barındırdığı düşünülen kentsel-kırsal alanlarda da zamansal yeterliliğe sahip çalışmaların zayıf kaldığı görülmektedir (Oyler vd., 2019).

Bu çalışmada, bölgesel ve lokal YS değişimlerini optimal mekânsal-zamansal çözünürlükte belirleyerek yukarıda bahsedilen dezavantajları en aza indirebilmek birincil amaçtır. Bölgesel-lokal alanlarda meydana gelen YS varyasyonlarını istenilen düzeyde belirleyen MODIS (1 km) verileriyle, heterojen karakterde özelliklere sahip kentsel-kırsal bölgelerin YS farkları ortaya koyulmaya çalışılmıştır (Şekil 1.34 - Şekil 1.36).

Araştırmanın ikinci aşamasında bölgesel, lokal, kentsel ve kırsal alanların YS değişkenliğiyle ilgili önemli bilgiler veren MODIS YS verilerinden, fenolojik bir gösterge olarak kümülatif büyüme derece günleri (KBDG °C) türetilmek istenmiştir. YS verilerinden türetilen KBDG °C değişkeniyle, farklı alanlardaki fenolojik değişimlerle ilgili tahminler oluşturulmaya çalışılmıştır. Böylece, yersel fenolojik ve meteorolojik gözlemler olmadan uydu tabanlı yaklaşımla, optimal düzeyde mekânsal detayların belirlenmesi hedeflenmiştir.

Çalışmanın son aşamasında, YS'de meydana gelen kentsel-kırsal farklılıkların; bitkisel fenoloji dönemlerinde önemli değişiklikler meydana getirip getirmediği

araştırılmıştır. Burada, farklı mekânsal çözünürlüklere sahip klimatolojik-fenolojik gözlemlerle, heterojen karakterdeki vejetasyon mozaığının karmaşık durumdaki yüzey fenolojisi yakalanmaya çalışılmıştır.

MODIS uydusu, gündüz 10:30 ve 13:30 ile gece 21:30 ve 01:30 saatlerinde veri sağlayabilmektedir. Bu nedenle gün içerisindeki görece soğuk ve sıcak dönemlerle ilgili gözlemlerin yapılması mümkün olmaktadır. Araştırmada, gün içerisindeki farklı ölçüm saatleri kullanılarak Türkiye'nin genelinde ve özelinde meydana gelen dönemsel YS farkları ve fenolojik değişimler değerlendirilmiştir.

Son birkaç on yıldaki bitki örtüsü fenolojik eğilimleri sıklıkla rapor edilmiştir ve bu eğilimlerin genellikle iklim değişikliğinden kaynaklandığı varsayılmaktadır. Bununla birlikte hem insan faaliyetlerinin hem de doğal süreçlerin yaygın etkisi ile meydana gelen lokal iklim koşullarının, kentsel-kırsal alanlarda vejetasyon tiplerini ve tür kompozisyonunu nasıl ve ne seviyede etkilediği yeterince araştırılmamıştır. Burada, AKAÖ değişimlerinin bir ekosistemde fenolojik eğilimleri önemli ölçüde etkileyebileceğini varsayılmaktadır. Çalışmada, 2003'ten 2020'ye kadar pilot illerdeki kentsel-kırsal ekosistemler üzerinde bu hipotez araştırılmıştır (Şekil 1.34 – Şekil 1.36).

Yerküreyle ilgili; kentleşme, KIA ile ilgili ısı dalgalarının artma olasılığı, insanlar üzerindeki bilinen olumsuz sağlık etkileri gibi çalışmalara rağmen mevcut klimatolojik ve meteorolojik modeller, kentsel alanların atmosferik koşullar üzerindeki etkisini tahmin etme konusunda çok güçlü değildir (Best, 2006; Blümel ve Chmielewski, 2012). Lokal iklim koşullarındaki bilgi yetersizliği, kentsel alanların içinde kalmış bitkilerdeki fenolojik değişimlerin de istenilen düzeyde öngörülememesine neden olmaktadır (Best ve Grimmond, 2014; Blümel ve Chmielewski, 2012).

Araştırma projesi; Türkiye'de meteoroloji istasyonlarının yetersizliğinden ve düzensiz dağılımından kaynaklanan zayıf düzeydeki iklim-fenoloji tahmin modellerine, daha yüksek doğrulukta öngörülere sahip alternatifler sunmaktadır. Çalışmanın ilk aşamasında; hava istasyonlarının göz ardı ettiği YS'nin, çok daha yüksek mekânsal çözünürlüklerde (1 km) sunulması ve eğilim istatistiklerinin haritalandırması hedeflenmiştir. Meteoroloji istasyonlarındaki sıcaklık gözlemleri, Excel ya da çeşitli makrolar üzerinde tablosal olarak Mann-Kendall testine tabi tutulmakta ve mekânsal değerlendirmelerde çeşitli enterpolasyon yöntemlerinin kullanımına ihtiyaç duymaktadır (Cosun ve Karabulut, 2009). Uydular tarafından sağlanan YS verilerinde; enterpolasyon yöntemlerine ihtiyaç duyulmadan her piksele Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) vasıtasıyla Mann-Kendall trend analizi uygulanabilmektedir (Doğan vd., 2021). Böylece, uydu gözlemlerinden daha fazla mekânsal detay elde edilerek meteorolojik verilere alternatif sunulmaktadır. Bu problemler nedeniyle çalışmada, YS eğilimlerinin mekânsal değişkenliği hakkında daha detaylı yorumlamalara olanak sağlayan piksel tabanlı (pixel based) Mann-Kendall trend testi uygulanmıştır. Türkiye'de uydulardan

elde edilen YS değişimleri belirlendikten sonra kentsel ve kırsal farklılıklar ortaya koyulmuştur. Çalışmanın ikinci aşamasında ise, YS'lerden fenolojik bir metrik olarak büyüme derece günleri (Growing Degree Days-Büyüme Derece Günleri, GDD-BDG) modellenmiştir. Böylece, Türkiye'de fenolojik değişimlerin uydular tarafından daha yüksek mekânsal çözünürlüklerde gözlemlenebilmesi ve modellenenebilmesi araştırılmıştır. Kentsel-kırsal YS farklarına göre fenolojinin mevsimsel gelişimi, yerelden bölgele mekânsal olarak kapsamlı verilerle analiz edilerek bu konudaki bilgi boşluğunun giderilmesi amaçlanmıştır.

Araştırmanın önemi, kentsel arazi yüzeyinin mekânsal heterojenliği ve mikroklimatik faktörlerden kaynaklanan yerel arazi yüzeyi fenolojisindeki farklılıklar gibi zor bir sorunla başa çıkmak için prosedürel bir çerçeve sunmasıdır. Araştırma bulguları, kentsel arazi yüzeyi fenolojisi analizleri yapmakla ilgilenen araştırmacıların yanı sıra kentsel arazi yüzeyi modelleyicileri, kentsel ekolojistler, kentsel politika yapımcılar, şehir planlamacıları ve geliştiricileri, meteorologlar ve klimatologlar da dâhil olmak üzere çeşitli ilgi alanlarını bilgilendirmek için kullanılabilir.

1.3. Araştırma Soruları ve Objektifler

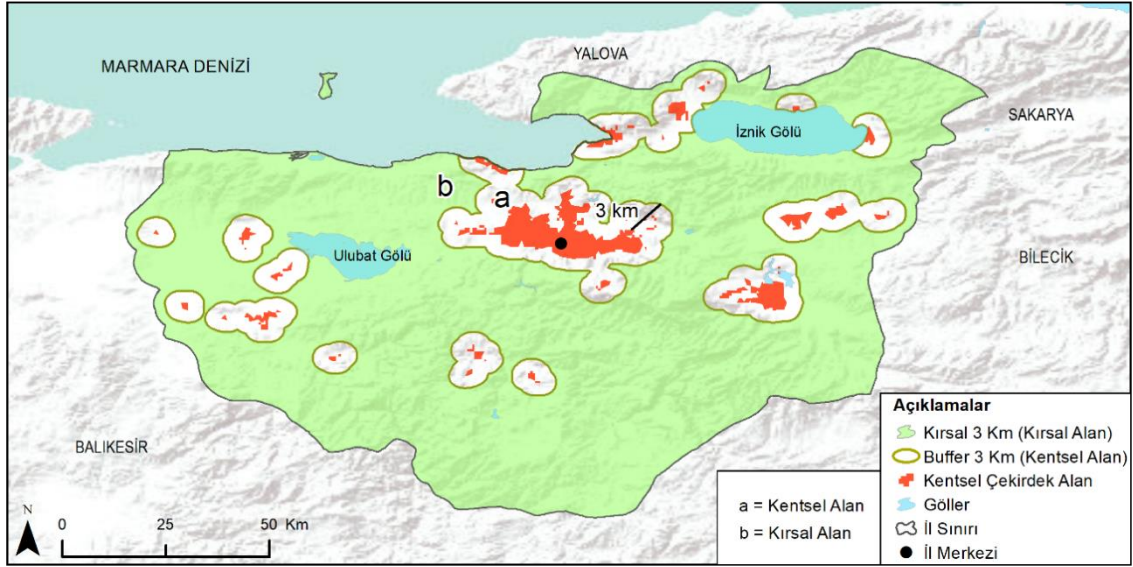
Araştırma, temel olarak iki hipotez etrafında şekillenmiştir. Birincisi, uzaktan algılamanın yararları ve limitleri göz önünde bulundurularak, uydu teknolojileri ve mekânsal analiz yöntemleri kullanımının bölgesel ölçekteki YS değişimleri tahmin modellemesinde büyük ölçüde fayda sağlayabileceği hipotezidir. İkicisi, AKAÖ değişimleri neticesinde kentsel-kırsal iklim koşullarından kaynaklanan fenolojik kaymaların farklı özelliklerdeki uzaktan algılama verileriyle modellenenebileceğidir.

Bu araştırmanın kapsayıcı soruları iki tanedir. Birincisi, uzaktan algılama yoluyla elde edilen YS verilerine göre, kentler ve yakın çevresindeki antropojenik etkiler neticesinde kentsel-kırsal alanlarda YS farkları var mıdır?

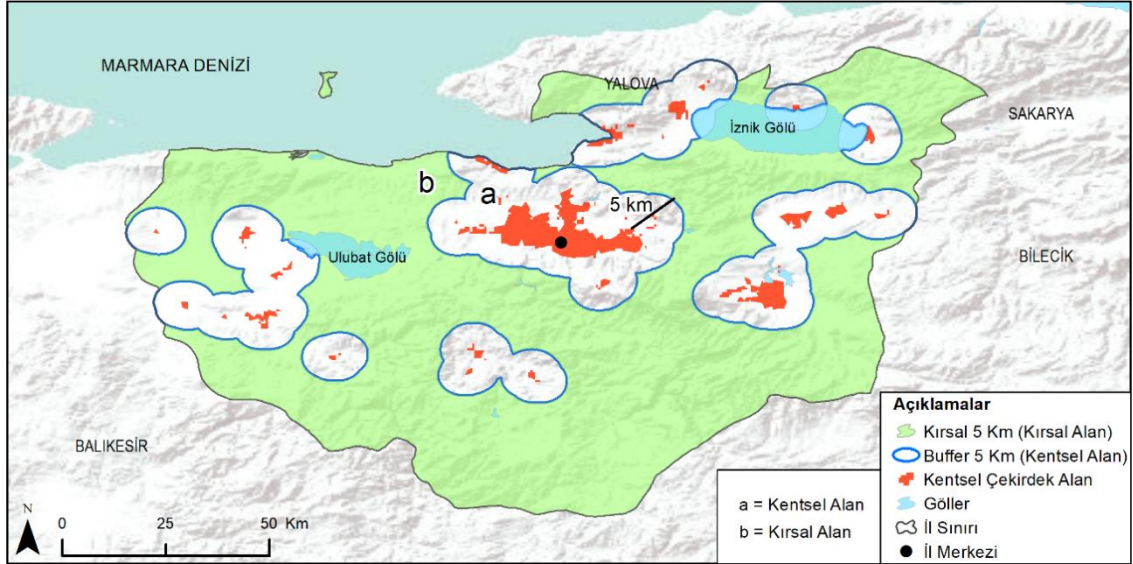
İkincisi, kentsel-kırsal YS farklarına bağlı olarak şehrsel alan içindeki ya da çevresindeki kırsal bölgelerde, bitki örtüsüyle kaplı arazi yüzeyinin mevsimsel gelişimlerinde farklar var mıdır?

Araştırmada analiz edilen hipotezler şunlardır:

I: Spesifik olarak ilgilenilen kentsel-kırsal alanlar arasında YS farklarının olmadığı varsayılmaktadır. Bu hipotez; Şekil 1.34 ve Şekil 1.35'e göre (H_0), $a = b$ olarak modellenenebilir. H_1 ise, kentsel-kırsal alanlar arasında YS farkının olduğunu varsayan ($a \neq b$) modeldir. Araştırmada, kentsel-kırsal alanlar arasında YS farklarının (H_1 , $a \neq b$) olduğu önerilmiştir (Şekil 1.34; Şekil 1.35).

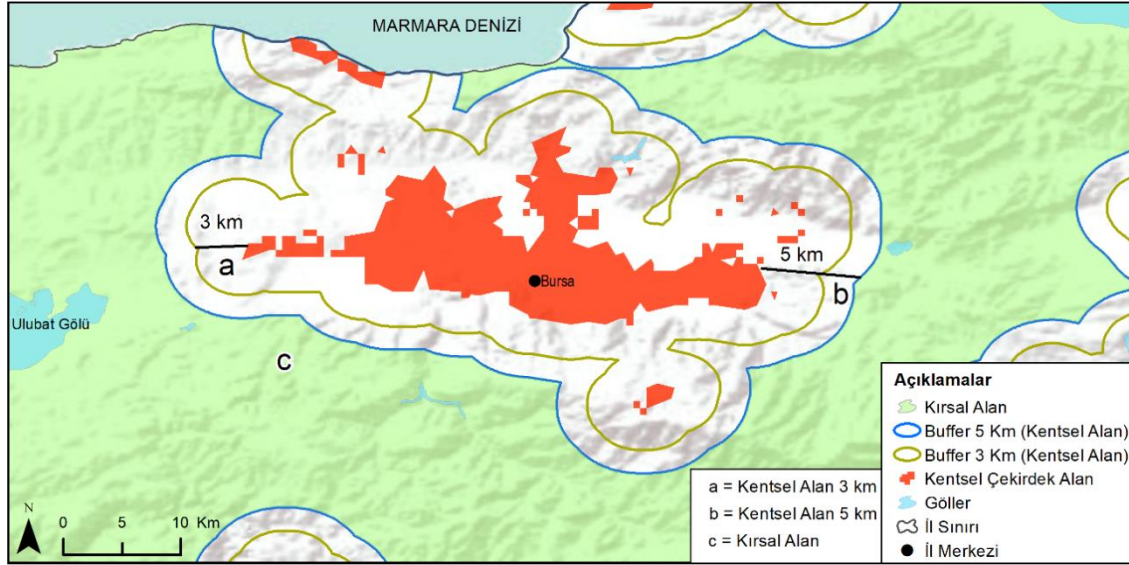


Şekil 1.34. Kentsel çekirdek alana göre belirlenmiş 3 km buffer (kentsel-kırsal) alanlarının hipotez modeli



Şekil 1.35. Kentsel çekirdek alana göre belirlenmiş 5 km buffer (kentsel-kırsal) alanlarının hipotez modeli

II: Kentsel 3 km buffer alanları ile daha az kentsel yoğunluğu ifade eden kentsel 5 km buffer bölgeleri arasında YS farkı ($H_0, a = b$) yoktur (Şekil 1.36). Bu hipotezde, kentsel 3 km buffer alanları ile kentsel 5 km buffer bölgeleri arasında YS farkının olduğu ($H_1, a \neq b$) öngörülmektedir (Şekil 1.36).



Şekil 1.36. Kentsel çekirdek alana göre belirlenmiş 3 ve 5 km buffer (kentsel-kırsal) alanlarının hipotez modeli

III: Kentsel ve kırsal alanlardaki YS farklarına bağlı olarak; kentsel alana yakınlık faktörü, daha fazla ısı birikimiyle birlikte çevredeki vejetasyonların pik NDVI (PYNDVI – NDVI değerinin pik yüksekliği - Normalized Difference Vegetation Index – Normalize Edilmiş Bitki Fark İndeksi) için gerekli termal zaman (TZ-KBDG °C) seviyesini (H_0 , $a = b = c$) etkilememektedir. Çalışmada; kentsel alanlardaki görece daha fazla ısı birikimine göre kentsel alana yakınlık faktörünün, çevredeki vejetasyonların PYNDVI için gerekli TZ-KBDG °C seviyesini (H_1 , $a \neq b \neq c$) etkilediği varsayılmaktadır (Şekil 1.36).

IV: Kentsel alanlara daha yakın olan vejetasyonlar, kentsel alandaki görece fazla ısı birikiminden etkilenmeyerek çevredeki kırsal bölgelere benzer PYNDVI değerlerini (H_0 , $a = b = c$) göstermektedir. Araştırmada, kentsel yüksek YS'lerin çevredeki vejetasyon örtüsünü etkilediği tahmin edilerek PYNDVI seviyelerinin kentsel alana yakınlık faktörüne göre değiştiği (H_1 , $a \neq b \neq c$) düşünülmektedir (Şekil 1.36).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İklim değişimi araştırmalarında parametrelerin kullanımı; çalışmanın amacı, ölçeği vb. faktörler tarafından belirlense de zaman içerisinde gelişen teknoloji, teknolojinin değiştirdiği bilgi boyutları ve değişen bilimsel paradigmaların da kullanılan yöntemler üzerindeki etkisi büyüktür. Benzer bir durum fenolojik tahmin modelleri için de söz konusudur. Bu çalışma için oluşturulan literatür özeti de, günümüzde yaygın olarak kullanılan hakim bilgi boyutları içerisindeki yaklaşımlar çerçevesinde ele alınmıştır. Geçmiş dönemleri içine alan tarihsel bir analize gidilmemiştir.

2.1. Sıcaklık Trendlerinin İzlenmesinde Hava İstasyonlarının Kullanımı

Çeşitli IPCC raporları; iklim değişikliğinin, 21.yy boyunca etkisini giderek arttıracağını öngörmektedir (IPCC, 2007; IPCC, 2013). İklim değişikliği araştırmalarındaki belirgin sıcaklık artışları ve ileriye yönelik yapılan projeksiyon modellerinde gözlemlenen sonuçlar IPCC raporlarını doğrulamaktadır (Goubanova ve Li, 2007). Mevcut ve gelecek küresel karbon emisyonları da bu tahminleri destekler niteliktedir (Kumagai, 2004). İklim değişikliğinden kaynaklanan çevresel değişimler göz önünde bulundurulduğunda, küresel ısınmanın ve dolaylı olarak sıcaklık varyasyonlarının gözlemlenmesi, sürdürülebilir bir ekolojik yaşamın en temel gereksinimlerinden birisini oluşturmaktadır (Ming vd., 2014).

Küresel sıcaklıkların ortalamasında gözlemlenen artış eğilimi, dünyanın her yerinde aynı seviyede değildir. Karasal alanların çoğunlukta olduğu 40° - 70° kuzey enlemleri arası, uzun süreli ısınma eğilimlerinin daha fazla gerçekleştiği kuşaktır. Bu durum, iklim değişiminden daha çok orta ve yüksek enlemlerdeki ülkelerin etkileneceğini göstermektedir (Hansen vd., 2006; Karabulut ve Cosun, 2009).

İklim değişikliği araştırmalarındaki en temel referans gösterge, sıcaklık parametresindeki varyasyonlardır. Sıcaklığın ölçümü konuma, amaca ve teknolojik yeterliliğe göre farklı şekillerde yapılabilmektedir. Bu konudaki en eski ve güvenilir yöntemlerden birisi hava istasyonlarıdır. Hava istasyonu kayıtlarının 1800'lü yıllardan günümüze kadar devam etmesi, çeşitli araştırma grupları için karşılaştırmalı referans dönemleri oluşturmaktadır. Özellikle endüstriyel devrimin başladığı dönemden bu yana; değişen sıcaklık koşullarının kıyaslanabilir bir şekilde sunulması, iklim değişikliğinin küresel ve bölgesel etkilerini çok daha iyi modellenmesine olanak sağlamaktadır (Aksoy ve Yeşilirmak, 2022; Cosun ve Karabulut, 2009; Çelik, 2010; Demir vd., 2017; Kadioğlu ve Sonu, 2009; Karabulut, 2012; Karabulut ve Cosun, 2009; Kızılelma vd., 2015a; Kızılelma vd., 2015b; Macana, 2014; Terzi ve İlker, 2020; Türkeş, 2010b; Yeşilata vd., 2004).

2.2. Sıcaklık (YS) ile Diğer Çevresel Değişimlerin İzlenmesinde Termal Uzaktan Algılamanın Kullanımı

Hava istasyonları yer koşullarının doğru ölçümelerini verse de, gözlemlerin eksik olduğu yerlerde interpolasyon gerektiren düzensiz modellere bağımlıdır. Buna karşılık uydular, çeşitli parametrelerin tam mekânsal kapsamını sağlarlar. Uydu sıcaklık ölçümleri, interpolasyonlu yer istasyonu verilerinden biraz daha iyi performans gösterir. Küresel ekosistemin daha iyi anlaşılması için, dünya yüzeyi ve atmosfer arasındaki temel biyosferik-jeosferik etkileşimleri kontrol eden anahtar değişkenlerle ilgili yüksek mekânsal-zamansal çözünürlüklü gözlemlere ihtiyaç vardır (Brunsell ve Gillies, 2003; Prata vd., 1995; Zhang vd., 2008).

YS verileri, çeşitli ekoloji araştırmalarında kullanılan en temel çevresel değişkenlerden birisidir. Ayrıca YS'ler, yağış ve nem kontrolünde gerçekleşen evapotranspirasyonun modellenmesinde hava sıcaklığına göre daha doğru sonuçlar vermektedir (Bussieres vd., 1990; Kalma vd., 2008; Serafini, 1987; Su, 2002). YS'lerin diğer kullanım alanları; toprak nemi tahmini (Price, 1990), kentsel iklim, hidroloji, bitki örtüsü izleme, çevre çalışmaları (Arnfield, 2003; Bastiaanssen vd., 1998; Deilami vd., 2018; Hansen vd., 2010; Herb vd., 2008; Hu ve Brunsell, 2013; Imhoff vd., 2010; Kogan, 2001; Polydoros vd., 2018; Srivastava vd., 2013; Tomlinson vd., 2012; Voogt ve Oke, 2003; Weng vd., 2004; Weng, 2009) biyojeokimyasal çalışmalar (Running vd., 1994; Schmugge ve André, 1991), yüzey denge (termal balans) durumunun zamansal ve mekânsal varyasyonları (Kerr vd., 2000) ve orman rejenerasyonudur (Geçen ve Topuz, 2021). YS'ler, Uluslararası Jeosfer ve Biyosfer Programının (International Geosphere-Biosphere Programme-IGBP) yüksek öncelikli parametrelerinden birisi olarak kabul edilmiştir (Townshend vd., 1994).

Bitki örtüsü, topografya ve topraktaki arazi yüzeyi özelliklerinin yüksek heterojenliği nedeniyle YS'ler, hem mekânsal hem de zamansal olarak çok fazla değişkenlik gösterir (Frey ve Kuenzer, 2015; Liu vd., 2006; Neteler, 2010; Prata vd., 1995). Bu nedenle, YS dağılımının ve zamansal gelişiminin yeterli bir karakterizasyonu, ayrıntılı ölçümler gerektirir. Bu ölçümler, geleneksel YS ölçümlerinin karmaşıklığı, yanlışlığı ile yetersiz örnekleme ve yanlış ölçekleme yöntemlerinden kaynaklanan mekânsal ölçeklemedeki hatalar nedeniyle yer tabanlı sistemler kullanılarak elde edilemez. Uzaktan algılamanın gelişmesiyle birlikte uydu verileri, YS'yi yeterli yüksek zamansal çözünürlükle ve nokta değerlerinden ziyade tam mekânsal ortalamayla ölçmek için tek çözüm noktasıdır (Hansen vd., 2010).

Termal balans koşulları, doğal etkilerin yanı sıra antropojenik etkenlerle de değişkenlik gösterebilmektedir. Isı transferinde aktif rol oynayan arazi örtülerindeki (albedo koşullarını şekillendiren orman-kent-çıplak alan vb.) değişimler bu varyasyonların asıl sebebidir (Ingram vd., 1989; Ridgwell vd., 2009). Günümüzde

çevresel koşulların çok hızlı değişmesi nedeniyle YS dinamikleri, yerelden bölgesel farklı mekânsal çözünürlüklerde gözlemlenmekte ve araştırılmaktadır (Jiménez-Muñoz vd., 2014). Bu konuda mevsimsel YS değişkenliği bilgisinin zayıf olduğu Landsat uydu serisi, yüksek mekânsal çözünürlüklü çalışmalarda en çok kullanılan araçlardan birisidir (Fu ve Weng, 2016; Jiménez-Muñoz vd., 2014; Li vd., 2004; Mallick vd., 2008; Oğuz, 2017; Oğuz vd., 2019; Qin vd., 2001; Parastatidis vd., 2017; Sobrino vd., 2004). Landsat Tematik Mapper gibi uydulardan elde edilen YS verilerinin hesaplanmasında, bazı atmosferik parametrelere ihtiyaç duyulmaktadır (Jiménez-Muñoz ve Sobrino, 2003).

YS araştırmalarında, yaygın olarak kullanılan diğer bir araç ise NOAA-AVHRR uydusudur. AVHRR, Landsat uydu serisine göre mevsimsel YS değişimleri hakkında daha fazla bilgi sağlamaktadır. Mekânsal çözünürlüğü ise hem MODIS'den hem de Landsat'dan daha zayıftır. Bu uydu gözlemlerinin kullanıldığı araştırmalar, daha çok bölgesel-küresel ölçektedir. Küresel ısınma bağlamındaki çalışmalar, geniş alanlarda sıcaklık varyasyonları ile ilgilidir (Al-Rashidi vd., 2009; Gačić vd., 1997; Hardman-Mountford ve McGlade, 2003; Liu vd., 2019; Pinheiro vd., 2004; Pinheiro vd., 2006; Reynolds vd., 2007; Shaltout ve Omstedt, 2014; Wang vd., 2020).

MODIS uydusu, YS gözlemlerinde en çok kullanılan araçlardan birisidir. Günde dört adet gözlem verisiyle, mevsimsel YS değişimi araştırmalarına birçok avantaj sağlamaktadır. Özellikle, gündüz-gece YS varyasyonları karşılaştırması için en uygun araçtır (Aguilar-Lome vd., 2019; Eleftheriou vd., 2018; Frey ve Kuenzer, 2015; Heck vd., 2019; Liu vd., 2020; Luintel vd., 2019; Pepin vd., 2019; Sobrino ve Julien, 2013; Wongsai vd., 2017; Zhao vd., 2019; Zhao vd., 2020). Gece YS'lerinin, gündüz döneminden farklarını ortaya koyabilmek için gün içerisinde birden fazla gözleme ihtiyaç vardır. MODIS uydusu gece gözlem avantajlarıyla, geceleri daha net hissedilen kentsel ısı adası olayı araştırmalarına önemli katkılar sağlamaktadır (Agathangelidis vd., 2022; Deilami vd., 2018; Hu ve Brunsell, 2013; Imhoff vd., 2010; Polydoros vd., 2018; Schwarz vd., 2011; Streutker, 2003; Tomlinson vd., 2012).

2.3. Fenolojik Tahmin Modelleri

Bitkiler, çevrelerinin mevsimselliği ile etkileşime girer ve bitki fenolojisindeki değişiklikler, uzun zamandır iklim değişikliğinin hassas göstergeleri olarak kabul edilir. Bitki fenolojisi modellemesinin, feno-iklim değişimlerini değerlendirmek için en basit ve en kullanışlı araç olduğu birçok araştırmada ortaya koyulmuştur (Bradley vd., 1999; Day, 2006). Sıcaklık, güneş radyasyonu ve su mevcudiyeti alanlarının bitki fenolojisini kontrol eden kilit faktörler olduğu varsayılmıştır (Fenner, 1998; Kadioğlu ve Şaylan, 2000; Miller, 2001; Swenson, 2013).

Genel olarak, bitki fenolojisinin (öncelikle ağaç türleri) mekânsal varyasyonları, yüksek enlemlerdeki düşük sıcaklıklar, çöl ve kurak bölgelerdeki su eksiklikleri ile sınırlıdır (Beaubien ve Freeland, 2000; Moser vd., 2010; Visser vd., 2010; Wilczek vd., 2010). Bununla birlikte, ağaç fenolojisinin fotoperiyodik rolü büyük ölçüde ağaç türlerinin tipine ve konumuna (orta ve yüksek enlemler) bağlıdır (Borchert ve Rivera, 2001). Bölgesel sınırlamalar, büyüme mevsimi boyunca büyüme üzerindeki etki derecelerine göre değişir (Miller-Rushing vd., 2007; Sparks vd., 2000).

Bitki fenolojisindeki zamansal (mevsim içi ve yıllar arası) değişikliklerle ilgili olarak güneş radyasyonu, sıcaklık ve su mevcudiyeti gibi temel çevresel etkenler geniş çapta incelenmiştir (Badeck vd., 2004; Chmielewski vd., 2004; Cleland vd., 2007; Forrest ve Miller-Rushing, 2010; Forrest vd., 2010; Kramer vd., 2000).

İstatistiksel, mekanik ve deneysel yaklaşımlar, genellikle bitki fenoloji modellerinin parametreleştirilmesi için kullanılan yöntemlerdir. İstatistiksel yaklaşımlar, fenolojik olayların zamanlamasını çevresel faktörler veya ısı birimi birikimleriyle ilişkilendirir. Burada modeller; basitleştirilmiş hesaplama prosedürlerine, doğru fenolojik mekanizma varsayımlarına dayanır. İstatistiksel modeller, sınırlı uygulamalara ve tahmin yeteneklerine sahiptir. Mekanik yaklaşımlar ise, bitki fenolojisini biyolojik süreçler ve temel itici değişkenler arasındaki bilinen veya varsayılan "neden-sonuç ilişkileri" ile tanımlar. Geliştirilmiş parametre süreçlerine, gerçekçi varsayımlara, geniş uygulamalara ve etkili tahminlere sahiptir. Deneysel yaklaşım, her seferinde bir mekanizma olmak üzere, fenolojik tepkilerin altında yatan sistemi analiz etmek için gerçekleştirilen deneylerden oluşur. Bu yöntemler, küresel iklim değişikliğinin ve insan faaliyetlerinin potansiyel etkilerini ve sonuçlarını yakalama ve ölçme yeteneğine sahiptir (Chuine vd., 2013; de Beurs ve Henebry, 2010; Zhao vd., 2013).

Mekanistik fenoloji modelleriyle ilgili kritik sorun, belirli aşamaların temel biyokimyası ve biyofiziğinin bazen tam olarak anlaşılmamasıdır. Bu özellikle çiçeklenme durgunluğu aşaması için geçerlidir. Bu nedenle model parametre değerlerinin doğrudan ölçümü söz konusu değildir. Doğrudan ölçülemeyen değerleri tahmin etmek için iki yaklaşım kullanılır: kontrollü koşullar altında büyüme ve gelişmenin sıcaklık tepkisini analiz eden deneysel yaklaşım ve istatistiksel model üretme tekniklerini kullanan sayısal yaklaşım (Caffarra vd., 2011a; Caffarra vd., 2011b; Chuine vd., 2013; de Beurs ve Henebry, 2010; Hanninen, 1990; Morissette vd., 2009; Porter and Gawith, 1999; Pouget, 1972; Sarvas, 1972; Sarvas, 1974; Wang ve Engel, 1998; Worner, 1992; Zhao vd., 2013).

İstatistiksel yaklaşım, parametre değerlerini istatistiksel model geliştirme teknikleri ile tahmin eder. Bu yaklaşımda, herhangi bir fenolojik olay zamanlamasının saha veya deneysel gözlemleri, olaydan önce aynı yerde toplanan meteorolojik verilerle ilişkilendirilir (Chatfield, 1995; Chuine vd., 1998; Chuine vd., 1999; Dose ve Menzel,

2004; Fu vd., 2012; Hakkinen, 1999; Kramer, 1994; Press vd., 1989; Stone, 1977; Thorsen ve Hoglind, 2010; Yan ve Hunt, 1999).

Farklı fiziksel koşulların oluşturduğu coğrafi şartlara bağlı olarak iklim değişiminin derecesi ve süresi bölgesel olarak farklılık göstermektedir. BDG, Aktüel iklim parametrelerinden birisi olarak günlük sıcaklık kayıtlarındaki değişkenliği gözlemleyen ve kullanan istatistiksel bir yaklaşımdır. Kullanım alanları oldukça geniş olan BDG; bitki gelişiminde sıcaklığın rolünü ortaya koyarak çeşitli araştırma gruplarına bilgi sağlayan, zirai faaliyetlerdeki hava değişkenliğine bağlı riskleri azaltan ve bina yapılarında optimum enerji verimliliğini sağlayan bir modeldir (Aslam vd., 2017; Cayton vd., 2015; Day, 2006:15; Doğan ve Karabulut, 2022; Fatima vd., 2020; Hodgson vd., 2011; Irmak vd., 2013; Jafari vd., 2022; Kadioğlu ve Şaylan, 2000; Kiran ve Chimmad, 2018; Piao vd., 2019; Suresh vd., 2021).

2.4. Fenolojik Tahmin Modellerinde Uzaktan Algılamanın Kullanımı

Dinamik çevresel değişimler nedeniyle yersel gözlemlerin önemi giderek artmaktadır. Günümüzde farklı amaç ve ölçeğe hizmet eden birçok araç, yeryüzündeki farklı değişkenlerle ilgili yersel veri sağlamaktadır. AVHRR ve MODIS gibi uydular, kıta ölçeğinde mevsimsel bitki örtüsü dinamiklerini yakalamayı mümkün kılarken Landsat ile Sentinel uydu serileri ise, daha bölgesel ve lokal çalışmaların yapılmasına olanak sağlamıştır (Caparros-Santiago vd., 2021; Ehrlich vd., 1994; Ganguly vd., 2010; Goward vd., 1985; Justice vd., 1985; Justice vd., 1986; Justice vd., 2002; Lloyd, 1990; Loveland vd., 1995; Misra vd., 2020; Moulin vd., 1997; Reed vd., 1994; Tucker vd., 1985; White vd., 1997; Zhang vd., 2003).

Uydu gözlemleri, mekân ve zaman içindeki çevresel değişikliklere karşı fenolojik ve ekolojik tepkilerin incelenmesinde çok önemli bir yere sahiptir. Fakat gözlemlerin mekânsal ve zamansal olarak limitleri vardır. Uydu görüntülerinde çiçeklenme ve meyve verme gibi belirli fenofazlar ayırt edilemese de, bunların kapsamlı yer deseni ve düzenli olarak tekrarlanan gözlemlerin kombinasyonu, başka hiçbir kaynakla mümkün olmayan küresel fenolojiyi izleme fırsatı sunmaktadır (Göksu vd., 2015; Karabulut, 2006). Uydu verilerinden türetilen çeşitli fenolojik ölçümler mevcuttur. Bu ölçümler, farklı fenomenleri temsil ederler. Fenolojik araştırmalar için bitkilerin yeşillik ölçüsünde bir gösterge olarak kullanılan bazı indisler mevcuttur. Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), çıplak toprağın bitki örtüsünden NDVI'ye göre ayrımını iyileştiren Gelişmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI) gibi modeller bu indislerin en yaygın olanlarıdır (Cleland vd., 2007; Henebry ve de Beurs, 2013; Wang ve Zhu, 2019; Xu vd., 2021; Yang vd., 2012).

Uzaktan algılama uydularını kullanarak kara yüzeyi fenolojisini gözlemleme süreci, belirli organizmaların fenofaz geçişinin yer seviyesinde gözlemlenmesinden

temel olarak farklıdır. Organizmaların mekânsal kapsamı ile sensörün mekânsal çözünürlüğü arasındaki ölçek farkı, kötü tanımlanmış bir hedef ve arka plan veya sinyal ve gürültü karışımına yol açar. Bu nedenle, fenoloji ya da kara yüzeyi fenolojisi araştırmalarında uyduların yetenek ve kapsamlarının iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Çalışmalarda küresel, bölgesel, lokal ya da tür bazlı hedeflerine göre araç seçimi, yüksek mekânsal doğruluk oranı için en temel gereksinimdir. Araştırma sahasındaki mekânın heterojenliği, bu gereksinimin temel sebebidir. Uyduların limitleri ya da spesifik coğrafi şartlar nedeniyle optimum verimlilikteki fenolojik tahminler, basit ya da karmaşık modellere ihtiyaç duymaktadır. Yaklaşık son yirmi yılda, uzaktan algılamadaki yeni gelişmeler vasıtasıyla arazi yüzeyi fenolojilerinin izlenmesi ve modellenmesinde çok önemli ilerleme kaydedilmiştir (de Beurs ve Henebry, 2004; de Beurs ve Henebry, 2010; Ganguly vd., 2010; Helman, 2018; Henebry ve de Beurs, 2013; Julien ve Sobrino, 2009; Misra vd., 2020; Reed vd., 2009; Xiao vd., 2009).

Çalışmaların spesifik hedeflerine göre değişkenlik gösterse de, birçok kara yüzey fenolojisi araştırmasında üretilen ya da türetilen belli başlı fenometrik veriler şunlardır; sezonun başlama zamanı, sezon sonu zamanı, sezon uzunluğu, temel seviye (sezon dışı minimumların ortalaması), sezon ortası zamanı, sezon boyunca uyarlanan fonksiyon için en büyük veri değeri, mevsimsel genlik, sezon başındaki artış oranı, sezon sonundaki düşüş oranı, sezon uzunluğu boyunca sıfırdan genliğin integrali ve sezon uzunluğu boyunca taban arasındaki genlikle sınırlandırılmış integral. Yıllık sinyal genliğini yakalamak için de üç ek değişken tahmin edilmektedir; yıllık maksimum, yıllık minimum ve yıllık ortalama (Broich vd., 2015; Caparros-Santiago vd., 2021; Cleland vd., 2007; de Beurs ve Henebry, 2010; Henebry ve de Beurs, 2013; Karabulut, 2006; Krehbiel vd., 2017).

2.5. Kentsel ve Kırsal Alanlarda Fenolojik Değişimler

Fenolojinin iklim değişikliğini izlemek için uygun bir biyo-gösterge olduğu bilinmektedir. Fenoloji ve sıcaklık arasındaki güçlü istatistiksel ilişkiye dayalı fenolojik gözlemler, kentsel ısı adasının zamansal ve mekânsal analizi için ucuz bir araç sağlar (Jochner ve Menzel, 2015). Ilıman bölgelerde, bahar fenolojisi ve hava sıcaklığı arasında ilişki çok daha belirgindir. Yaprak açılması, çiçeklenme, meyve olgunlaşması, yaprak renklenmesi ve düşmesi gibi doğal tekrara sahip olayların gözlemlenmesi iklim değişikliğiyle ilgili önemli bilgiler vermektedir. İnsan faaliyetleri, atmosferik gazların bileşimini bozarak yalnızca küresel ölçekte iklim koşullarını değiştirmez; aynı zamanda çok daha yerel bir fenomen olarak, şehirlerdeki nispeten yüksek sıcaklıklarla ilişkilendirilen kentsel ısı adalarını da artırır (Adıgüzel, 2021; Alkan vd., 2017; Bornstein, 1968; Elif vd., 2021; Fabrizi vd., 2010; Işık, 2021; Küçükönder vd., 2014; Oğuz vd., 2009; Oğuz, 2017; Oğuz vd., 2019; Orhan, 2021; Yang vd., 2016).

Kentlerde meydana gelen yüksek sıcaklıklara bağlı olarak, şehir içinde bulunan ormanlarda, tarım alanlarında ya da şehre yakın bahçeliklerde bitkilerin fenofazları değişmektedir. Bazı bitkiler erken çiçeklenirken, bazıları da erken yeşillenmektedir. Yıllık sıcaklık koşullarının artmasıyla birlikte, bitkilerin yıllık aktif fotosentez ya da yaşam süreleri de artış göstermektedir (Alemu ve Henebry, 2013; Dallimer vd., 2016; Krehbiel vd., 2017; Li vd., 2019; Nguyen vd., 2020; Tomaszewska vd., 2020; Tomaszewska ve Henebry, 2020; Walker vd., 2015).

Kentsel fenoloji üzerine yapılan çalışmaların çok önemli faydaları vardır. Öncelikle, kentsel ısı adalarının tespitinde gösterge rolünü üstlenirler. Ayrıca, fenoloji üzerindeki iklim değişikliği etkilerinin değerlendirilmesi için kullanılabilirler. Küresel iklim değişikliğinin popüler kısmını oluşturduğu için, ekolojik süreçlerdeki insan etkisine dayalı farkındalığı arttırmaktadır (Butler ve MacGregor, 2003; Gazal vd., 2008; Jochner ve Menzel, 2015).

2.6. Türkiye’de Fenoloji Araştırmaları

Akdeniz Havzası, bulunduğu coğrafi konum özelliklerine göre küresel iklim değişikliğinden en çok etkilenen kuşak içerisinde bulunmaktadır. Farklı mevsimlerde birçok hava kütesinin etkisi altında kalan Türkiye’de küresel iklim değişikliğine karşı Akdeniz Havzası içerisinde oldukça hassas bir konumdadır (Karabulut ve Cosun, 2009; Stoyanova vd., 2022). Bu özellikleri nedeniyle Türkiye’de fenolojik değişimlerin yüksek çözünürlüklerde devamlı olarak izlenmesi gerekmektedir. Bu konuda yapılan ilk detaylı araştırmalar, 2000’li yılların başlarına denk gelmektedir. Uzaktan algılamanın pek fazla kullanılmadığı bu araştırmalar, daha çok tür fenolojisi üzerine odaklanmıştır. İlerleyen süreçlerde pek fazla metodolojik değişime uğramayan bu çalışmalar, meteoroloji verilerine bağımlı halde olan ve belirli zaman aralıklarında gerçekleştirilen lokal gözlemlere dayanmaktadır (Abacı ve Asma, 2010; Akçay ve Tosun, 2005; Atlı, 2019; Edizer ve Bekar, 2007; Efe vd., 2009; Kaleci ve Günay, 2006; Oktay ve Temel, 2015; Sivük, 2002; Şensoy, 2015; Tıgılı ve Fakir, 2017; Türkoğlu vd., 2016; Yaşasın vd., 2006).

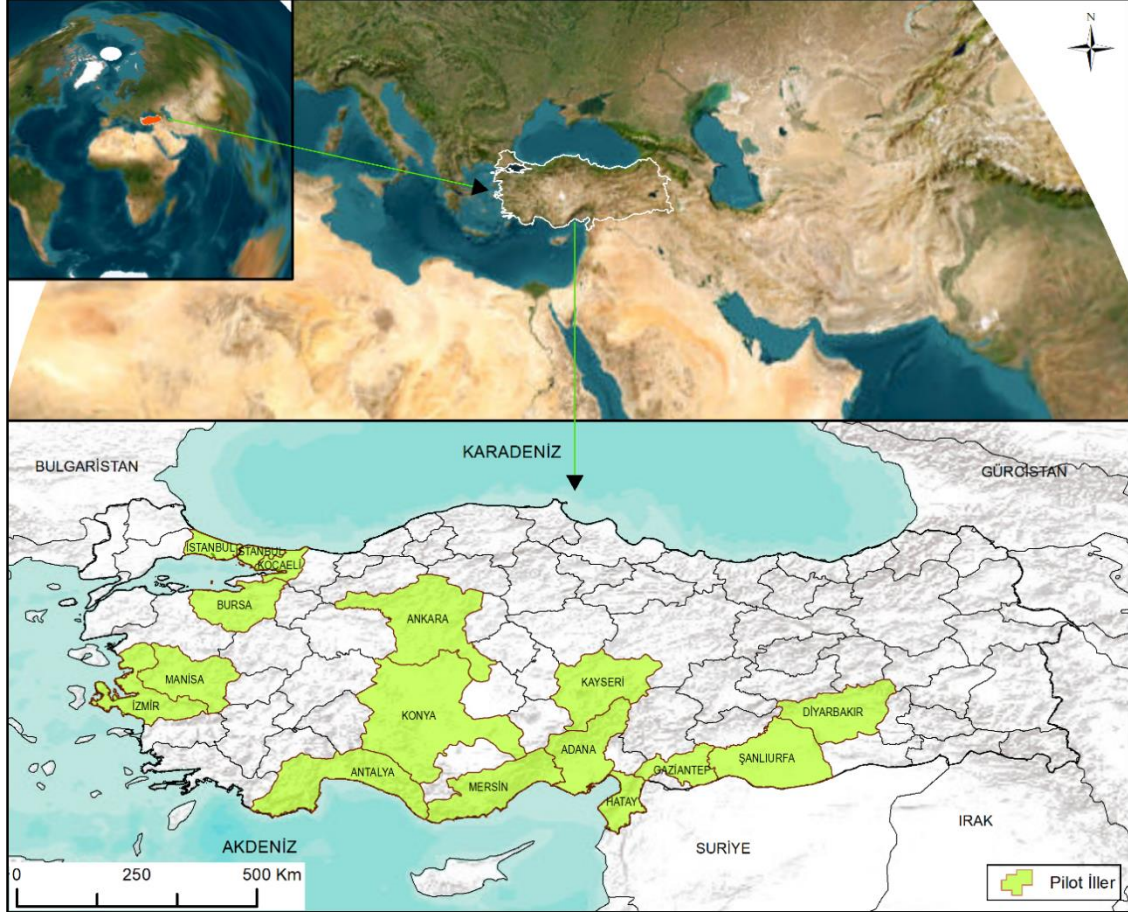
Meteorolojik hava sıcaklığı değişimlerine bağımlı olarak modellenen fenolojik göstergelerin zamansal ve mekânsal değişkenliği bölgesel anlamda pek fazla araştırılmamıştır (Doğan ve Karabulut, 2022; Kadioğlu ve Şaylan, 2000).

Türkiye, dikkate değer ölçüde biyolojik çeşitliliğe sahip bir ülkedir (Avcı, 2012). Ana bitkisel formasyonlar orman ve otsu türlerden meydana gelmektedir. Bunların yanında birçok diğer tipe de ev sahipliği yapmaktadır. Bitkisel formasyonlar, ülke genelinde iklim ve topoğrafik koşulların etkisinde farklılaşmakta ve çeşitlenmektedir (Atalay, 1994). Akdeniz Havzası içerisindeki ülkelerde orman alanları, makilikler ve otsu formasyonlar; küresel ısınma ve nüfus artışının yaratmış olduğu baskı nedeniyle

önemli ölçüde tehlike altındadır (Stoyanova vd., 2022). Bu etkenler nedeniyle, doğal ve yarı doğal özellik taşıyan alanlardaki bitki türlerinin ekolojik yapılarının belirlenmesi, arazi kullanımında meydana gelen değişikliklerin etkilerinin tespit edilmesi ve bu alanların gelecekte nasıl kullanabileceklerinin ve korunabileceklerinin ortaya konulması sürdürülebilir bir planlama için gerekli bir ihtiyaçtır. Türkiye’de, bitki örtüsü ile ilgili bilgiler ya da fenolojik gözlemler, geleneksel örneklem metotları kullanılarak yapılmaktadır. Bu tür ölçümler, doğru ve güvenilir olmalarına karşın geniş alanlarda örnek toplamada karşılaşılan sorunlar ve iklimsel zorlamalara karşı kısa sürede bitki örtüsünde meydana gelebilecek değişimleri tahmin edemedikleri için dezavantajlıdır. Geniş alanlardaki bitki örtüsü incelemeleri, iklimsel varyasyonlardaki fenolojik tepkiler, heterojenliğin baskın olduğu mekânsal örtülerdeki yüzey gözlemleri ve kentsel-kırsal ortamlarda farklılaşan bitkisel davranışların gözlemlenmesi uzaktan algılama vasıtasıyla çok daha verimli ve ekonomiktir. Bu anlamda biyolojik çeşitliliğin yüksek olduğu, ekolojik risk ve hassasiyetlerin giderek arttığı Türkiye’de, uzaktan algılama temelli bitki ve çevresel gözlemlerin artırılması gerekmektedir. Ancak, fenolojik gözlemlerle ilgili uzaktan algılama çalışmaları sınırlı sayıda kalmış ve kapsamaları farklı ekolojik modellere göre güncellenememiştir (Bulut ve Yılmaz, 2016; Göksu vd., 2015; Karabulut, 2003; Karabulut, 2006; Karabulut, 2008; Karabulut, 2014a; Karakoç ve Karabulut, 2019; Karakoç ve Karabulut, 2021; Okçu, 1999; Yıldız vd., 2012).

3. ÇALIŞMA ALANININ GENEL İKLİM VE FENOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz ekosistemlerinin, küresel ısınma ve çevresel değişimlerin itici güçlerinden en çok etkilenebilecek alanlardan birisi olabileceği çeşitli araştırmalarda belirtilmiştir (IPCC, 2007; Karabulut ve Cosun, 2009; Sala vd., 2000; Stoyanova vd., 2022; Şekil 3.1; Şekil 3.2).



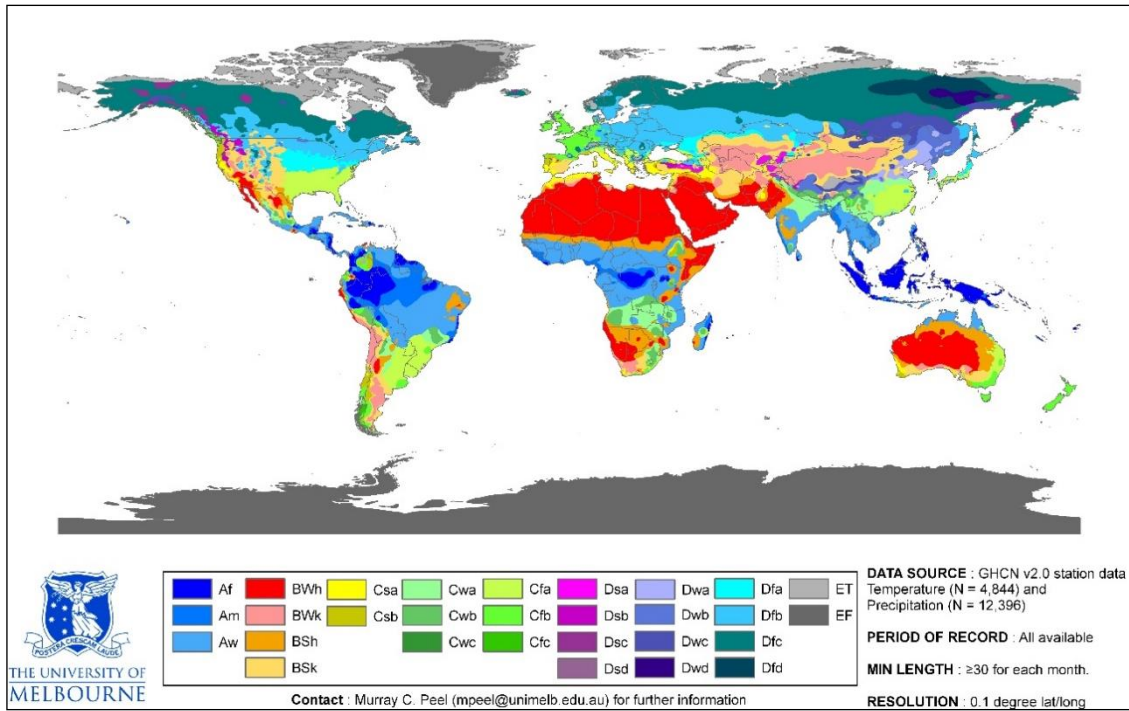
Şekil 3.1. Türkiye'nin ve araştırmada test edilen pilot illerin lokasyonları

3.1. Türkiye'nin Genel İklim Özellikleri

Akdeniz ekosistemleri kuru, tropik ve ılıman bölgeler arasında bir geçişe denk gelen iklime sahiptir (Peel vd., 2007). Temel özellikleri; değişken kış yağışları, değişken uzunlukta yaz kuraklıkları, yoğun yaz güneş ışığı, ılıman ila sıcak yazlar ve serin ila soğuk kışlardan oluşmaktadır. Genellikle, havayı güçlü bir şekilde etkileyen Akdeniz iklimine sahip bölgelerin batı kıyılarında soğuk bir okyanus akıntısı vardır. Yaz ve kış sıcaklıklarının aralığı esas olarak okyanusa veya denize yakınlığa bağlıdır. Daha soğuk dönemlerde kıyıya yakın yerlerde daha yüksek sıcaklıklar ve daha sıcak dönemlerde iç kısımlarda daha yüksek sıcaklıklar mevcuttur. Sıcaklıklar ayrıca dağlarda sürekli olarak daha soğuk sıcaklığa sahip olan yükseklik ile değişir. Toprak ve iklimin

her ikisi de doğal bitki örtüsünün gelişimini etkiler (Joffre vd., 1999; Özalp ve Avcı, 2017).

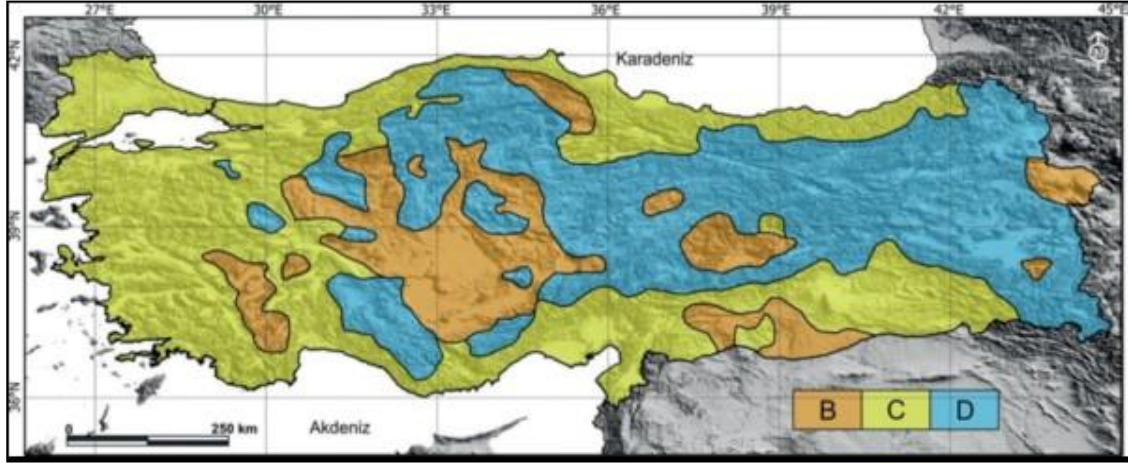
Türkiye, ılıman kuşak ile subtropikal kuşak arasında yer alan, üç tarafının denizlerle çevrili, yıl boyunca farklı hava kuvvetlerinden etkilenen ve topografik çeşitliliğinin fazla olduğu bir kara parçasıdır (Şekil 3.2). Bu özellikleri nedeniyle Türkiye'nin genelinde, farklı iklim tipleri gözlemlenebilmektedir. Diğer bir ifadeyle Türkiye, bulunduğu matematik ve özel konuma bağlı olarak kısa mesafede değişen çeşitli iklim tiplerine sahiptir (Şensoy ve Ulupınar, 2008:3; Şekil 3.2). 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, 1993:1).



Şekil 3.2. Dünya Köppen-Geiger iklim sınıflandırması (Peel vd., 2007)

Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye’de ana iklim tiplerinden nemli tropikal (A) ve polar (E) iklim türleri bulunmaz. Türkiye’de belirlenen ana iklim tipleri ise kurak (B), kışları ılıman nemli orta enlem iklimi (C) ve kışları soğuk nemli orta enlem iklim tipi (D)’dir (Şekil 3.3). Köppen-Geiger iklim sınıflandırması haritasına göre iç kesimlerde kurak iklim (B) tipi hâkimdir (Şekil 3.3). Bu alanların en temel özellikleri, deniz etkisinden uzak olmaları nedeniyle kuru sıcak yaz ve kuru soğuk kış şartlarıdır (Şekil 3.3). Türkiye’deki en yaygın iklim tipi olan kışları ılıman nemli orta enlem iklim tipi (C), tüm kıyı şeridini ve Güneydoğu Anadolu’nun büyük kısmını kapsamaktadır. Karadeniz Bölgesi ile Orta Toroslar Kuşağı’nda dar bir şerit halinde uzanan bu iklim tipine Marmara, Ege, Orta Karadeniz Bölgeleri ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin geniş alanları dâhildir (Şekil 3.3). Kışları soğuk nemli orta enlem iklim tipi (D) ya da karasal iklim; İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu’nun dağlık alanlarında,

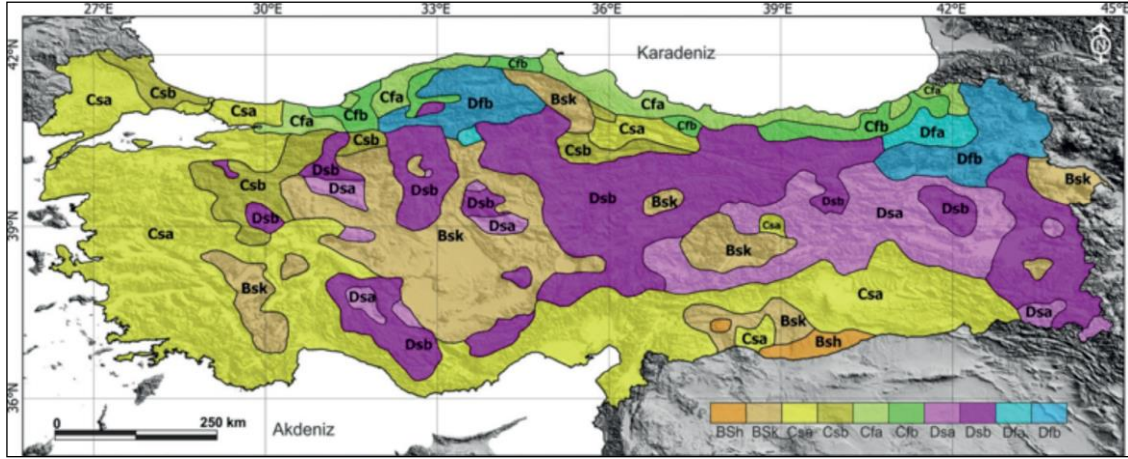
Doğu Anadolu'nun genelinde, Orta Toroslar üzerinde ve Karadeniz Bölgesi'nin iç kesimlerindeki dağlık alanlar üzerinde görülmektedir (Kızılelma, 2021:50; Öztürk vd., 2017:21; Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin ana iklim tipleri (Öztürk vd., 2017'den alınmıştır)

Türkiye'de kurak iklimin görüldüğü yerlerin büyük bölümü, soğuk yarı kurak ya da orta enlem step (BSh) iklim tipi içerisinde yer alırken sadece Güneydoğu Anadolu'nun en güney kesiminde sıcak yarı kurak ya da subtropikal step iklim tipi (BSk) görülmektedir (Şekil 3.4). Csa, tipik Akdeniz iklimine karşılık gelen kışları ılık, yazları çok sıcak iklim tipidir. Bu iklim tipi Güneydoğu Anadolu, Akdeniz, Ege, Marmara bölgelerinde ve Orta Karadeniz Bölümü'nün iç kesimlerinde bulunmaktadır. Yazları ılık iklim tipi (Csb) Güney Marmara Bölümü'nün doğu kesimi ile İç Batı Anadolu'nun kuzey kesiminde, Trakya'da Yıldız Dağları üzerinde ve Orta Karadeniz'in en iç kesiminde görülür. Yazları sıcak (Cfa) ve ılık (Cfb) her mevsim yağışlı alt iklim tipleri, Karadeniz kıyı kuşağı boyunca gözlemlenmektedir (Erlat, 2013; Kızılelma, 2021:50; Öztürk vd., 2017:21; Şekil 3.4).

Yazları çok sıcak iklim tipi (Dsa) genel olarak Doğu Toroslar üzerinde ve Yukarı Fırat Bölümü'nde gözlenirken, bu bölgeden doğu ve batıya doğru gidildikçe yazları ılık (Dsb), kuzeydoğuya doğru gidildikçe her mevsim yağışlı alt iklim tiplerine (Dfa, Dfb) geçilmektedir. Yazları ılık iklim tipi (Dsb) genel olarak İç Anadolu'yu çevreleyen yüksek kütleler üzerinde, Doğu Anadolu'nun güney kesimlerinde ve Kızılırmak Vadisi boyunca doğuya doğru sokularak Kelkit ve Çoruh nehirlerinin yukarı havzaları boyunca yayılmaktadır (Kızılelma, 2021:50; Öztürk vd., 2017:21; Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin alt iklim tipleri (Öztürk vd., 2017'den alınmıştır)

Türkiye'de yukarıda belirlenen iklim tiplerinin oluşmasında, sıcaklık koşullarının dağılışı önemli rol oynamaktadır. Bu bakımdan sıcaklık koşullarının mekânsal özellikleri, farklı etkenlerin kontrolü neticesinde oldukça fazla değişkenlik göstermektedir. Ortalama sıcaklıkların alansal dağılımına göre, en düşük sıcaklıklar Kars, Ardahan, Hakkâri, Kangal, Çerkeş ve Uludağ'da; en yüksek sıcaklıklar ise Çukurova ve Cizre civarında gerçekleşmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Türkiye'de ortalama sıcaklıkların mekânsal dağılımı (MGM, 2008'den alınmıştır)

Türkiye geneli 1981-2020 yılları arasında SPI yöntemi ile yapılan kuraklık analizine göre, bu 40 yıl içinde kurak geçen yıl sayısı 11'dir. 2008 yılı, en kurak dönemdir. 16 yılın normal geçtiği süreçte, 13 yılda nemli koşullar belirlenmiştir. 2009 senesi ise en nemli yıldır. 2020 yılı ise orta kurak bir dönemdir (Akbaş, 2014: 114; Turan, 2018: 66; 05.08.2022, cevreselgostergeler.csb.gov.tr).

3.2. Türkiye'nin Genel Fenolojik Özellikleri

İlman kuşak içerisindeki Türkiye, sahip olduğu bitki çeşitliliği açısından çevresindeki ülkelerden farklı özellikleri ile dikkat çekmektedir. Türkiye, üzerinde yetişen bitki türlerinin çeşitliliği nedeniyle Avrupa kıtası ile karşılaştırılmaktadır. Bu durumun nedeni, son yıllardaki keşiflerle birlikte Türkiye'nin 12000'den fazla bitki taksonuna ev sahipliği yapmasıdır. Sahip olduğu bitkilerin 1/3 kadarının endemik olması nedeniyle Türkiye, endemizm açısından özel bir alanı oluşturmaktadır. Türkiye'de endemizm açısından en zengin alanlar Toros dağlarının batı ve orta kısımları, İç Anadolu ile Doğu Anadolu arasındaki geçiş bölgeleridir (Avcı, 2005).

Akdeniz topraklarının çoğu; önemli ölçüde erozyon, alüvyon birikimi, sınırlı profil gelişimi ve artan yükseklikle birlikte azalan toprak gelişimi özelliklerini sergiler. Bazı bölgelerde kireçtaşı eksik olduğundan, bu topraklarda genellikle su sızma sorunları olur (Joffre ve Rambal, 2002).

Akdeniz ekosistemleri, bitki örtüsünün büyümesini ve üreme faaliyetlerini etkileyen kaynak mevcudiyetinde mevsimsel değişiklikler gösterir. Kaynak dalgalanmaları, sadece bitki örtüsünün yapısı ve bileşimi üzerinde değil, aynı zamanda türlerin mevsimsel davranış modeli üzerinde de güçlü bir etkiye sahiptir. Örneğin, sklerofil ormanı (yıl boyunca yeşil kalan çalılıklar) yıllık döngü boyunca aktif kalabilir, ancak fotosentez kuraklık ve besinlerle sınırlı olduğu için belirgin bir yıllık büyüme ritmi vardır. Bununla birlikte, diğer bazı türler yaz kuraklığı döneminde yaprak dökmektedir (Atalay, 1994).

Akdeniz Havzası, Güney Afrika ve Avustralya'daki (Akdeniz ekosisteminin gözlemlendiği bölgeler) ekosistemlerin fenolojisi hakkında daha fazla araştırma yapıldıkça, Akdeniz bölgelerinde yıl boyunca vejetatif büyümede belirgin bir mevsimsel ritmin olduğu kaydedilmiştir. Bununla birlikte, Şili, Kaliforniya (Akdeniz ekosisteminin gözlemlendiği diğer alanlar) ve Akdeniz Havzası ile Güney Afrika ve Avustralya karşılaştırıldığında fenolojik modelde daha az benzerlik bulunmuştur (Cody ve Mooney, 1978; Specht, 1973; Specht, 1979, Specht, 1981).

Belirgin bir mevsimselliğe sahip iklimlerde, bitki örtüsü fenolojisi bu mevsimselliğe uyum sağlar. Özellikle ılıman iklimlerde bu durum daha belirgindir (Leith, 1974). İlkbaharda vejetatif birincil büyümenin meydana gelmesi, Kuzey Yarımkürenin Akdeniz iklim bölgelerinde ve Şili'de görülmektedir (Orshan, 1989). Önemli bir iklim değişikliği meydana gelirse, bitki türleri bu yeni iklime daha az adapte olacaktır. Bu, özellikle ağaçlar için geçerli bir durumdur. Çünkü, ağaçlar uzun ömürleri nedeniyle iklimsel adaptasyonu hızlı aktaramazlar (Kramer vd., 2000).

Bir iklim indisi araştırmasında Türkiye'de büyüme sezonu uzunluğunun yüz yılda ortalama 21 gün arttığı belirlenmiştir (Şensoy vd., 2013). Başka bir iklim indisi çalışmasına göre, Türkiye'nin genelinde büyüme sezonu uzunlukları önemli ölçüde

artmaktadır (Doğan ve Karabulut, 2022). Sıcaklık artışları, orta ve kuzey enlemlerde bitki gelişiminin hızlanmasına katkı sağlamaktadır (Kadioğlu ve Şaylan, 2000). Türkiye’de 1990’lardan sonra görülen belirgin sıcaklık artışlarının tarla ve bahçe bitkilerinin fenolojik dönemlerini öne kaydırduğu çeşitli araştırmalarca ortaya koyulmuştur (Şensoy, 2015; Türkoğlu vd., 2014; Türkoğlu vd., 2016). Türkoğlu vd., 2014’nin araştırmalarında; Mann-Kendall trend analizine göre, bitki gelişiminin başladığı şubat-mayıs dönemi sıcaklıklarındaki on yılda 0,5 °C seviyesindeki bir artış, (%95 seviyesinde önemli) fenolojik olayların tarihlerinde negatif eğilim olarak adlandırılabilir ve erkene kayma ile sonuçlanacak değişikliklere sebep olmuştur.

4. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, temel olarak üç ayrı aşamada şekillenmiştir. İlk aşamada, MODIS (AQUA-TERRA) uydularından elde edilmiş 1 kilometre çözünürlüklü YS görüntülerine göre, Türkiye geneli YS'lerin zamansal-mekânsal trendleri belirlendikten sonra pilot illerdeki kentsel-kırsal farklılıklar ortaya koyulmuştur. Daha sonra, YS verilerinden BDG fenolojik göstergeleri türetilerek Türkiye geneli BDG değişimleri belirlenmiş ve pilot illerdeki kentsel-kırsal farkları analiz edilmiştir. Son aşamada ise, kentsel-kırsal YS farkları nedeniyle vejetasyon fenolojisinde meydana gelen değişimleri belirleyebilmek için BDG metriklerinden NDVI tahmin modeli kurulmuştur (Şekil 4.1).

Araştırmada YS ve BDG değişimleri, Türkiye geneli olarak analiz edildikten sonra 2021 yılı nüfus miktarlarına göre en kalabalık 15 ilde (İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Antalya, Konya, Adana, Şanlıurfa, Gaziantep, Kocaeli, Mersin, Diyarbakır, Hatay, Manisa ve Kayseri) kentsel-kırsal anlamda da değerlendirilmiştir (14.09.2022, data.tuik.gov.tr; Tablo 4.1; Şekil 3.1). BDG metriklerinden NDVI tahmin modelinin kurulması ve kentsel-kırsal fenolojik farkların belirlenmesi ise literatüre uygunluk sağlayan test alanlarında uygulanmıştır (Şekil 5.98; Şekil 5.102).

Tablo 4.1. Çalışmadaki pilot illerin nüfus ve yüz ölçümü bilgileri (Nüfus verileri 14.09.2022, data.tuik.gov.tr)

<i>İller</i>	<i>Nüfus Miktarı</i>	<i>Nüfus Yüzdesi %</i>	<i>Yüz Ölçümü km²</i>
İstanbul	15.840.900	18,71%	5461
Ankara	5.747.325	6,79%	25632
İzmir	4.425.789	5,23%	11891
Bursa	3.147.818	3,72%	10813
Antalya	2.619.832	3,09%	20177
Konya	2.277.017	2,69%	40838
Adana	2.263.373	2,67%	13844
Şanlıurfa	2.143.020	2,53%	19242
Gaziantep	2.130.432	2,52%	6803
Kocaeli	2.033.441	2,40%	3397
Mersin	1.891.145	2,23%	16010
Diyarbakır	1.791.373	2,12%	15168
Hatay	1.670.712	1,97%	5524
Manisa	1.456.626	1,72%	13339
Kayseri	1.434.357	1,69%	16970

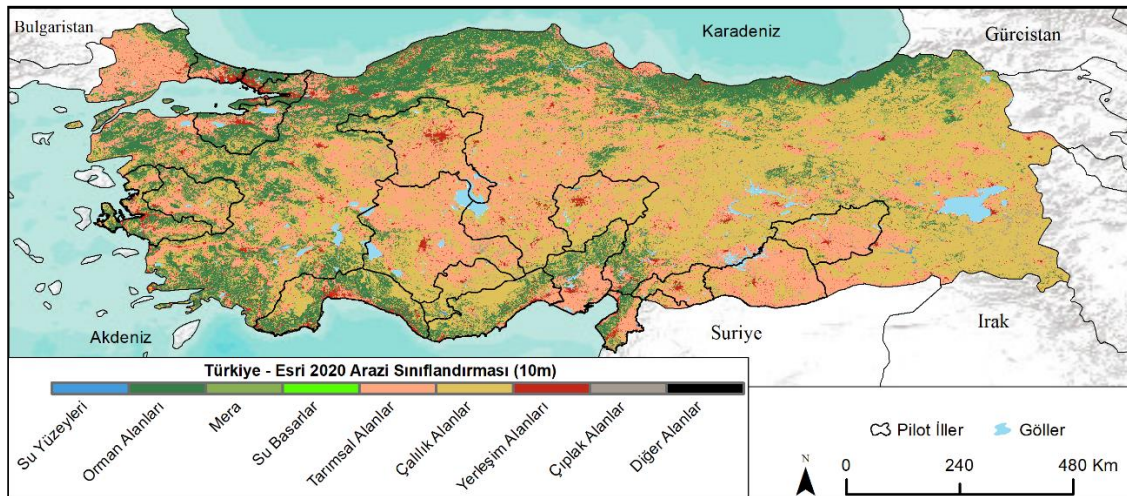
4.1. Materyal

YS verilerinin doğruluğu, T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü bünyesindeki seçili istasyonların günlük minimum ve maksimum sıcaklık gözlemleriyle değerlendirilmiştir (MGM, 2021).

Türkiye’de, YS parametresinin zamansal-mekânsal trendlerini belirlemek için MODIS (AQUA-TERRA) uydularına ait 1 km çözünürlüklü 8 günlük kompozit veriler kullanılmıştır. AQUA uydusuna ait veri paketi MYD11A2 ismiyle, TERRA’ya ait ürünler MOD11A2 adıyla kodlanmaktadır. AQUA ve TERRA uyduları, iki gündüz ve iki gece olmak üzere günde dört adet YS verisine sahiptir. AQUA, gündüz yaklaşık olarak 13:30 (sıcak periyot) ve gece 01:30’da (soğuk periyot) gözlem yaparken TERRA, gündüz yaklaşık olarak 10:30 (soğuk periyot) ve gece 21:30’da (sıcak periyot) veri sağlamaktadır (15.09.2022, lpdaac.usgs.gov).

YS, BDG ve NDVI metriklerinin kentsel-kırsal farklarını belirlemek için 500m MODIS-MCD12Q1 ve ESRI-2020 küresel 10 m çözünürlüklü arazi örtüsü verileri kullanılmıştır (15.09.2022, lpdaac.usgs.gov; 15.09.2022, www.arcgis.com; Şekil 4.1).

Türkiye'nin 2020 yılı arazi kullanım ve arazi örtüsü dağılımı, Çevre Sistemleri Araştırma Enstitüsü (ESRI) tarafından sunulan veri setinden elde edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen çıktı (Şekil 4.1), Türkiye geneli meydana gelen değişimlerin ve kentsel-kırsal farklılıkların yorumlanmasında kullanılmıştır (Şekil 4.1). 2020 AKAÖ çıktısına göre, Türkiye'de YS ve fenolojik farklılıkların test edildiği pilot illerdeki genel AKAÖ durumu gözlemlenebilmektedir. Pilot illerdeki AKAÖ durumu, kentsel-kırsal genel YS karakterlerinin öngörülmesine katkı sağlamaktadır (Şekil 4.1).



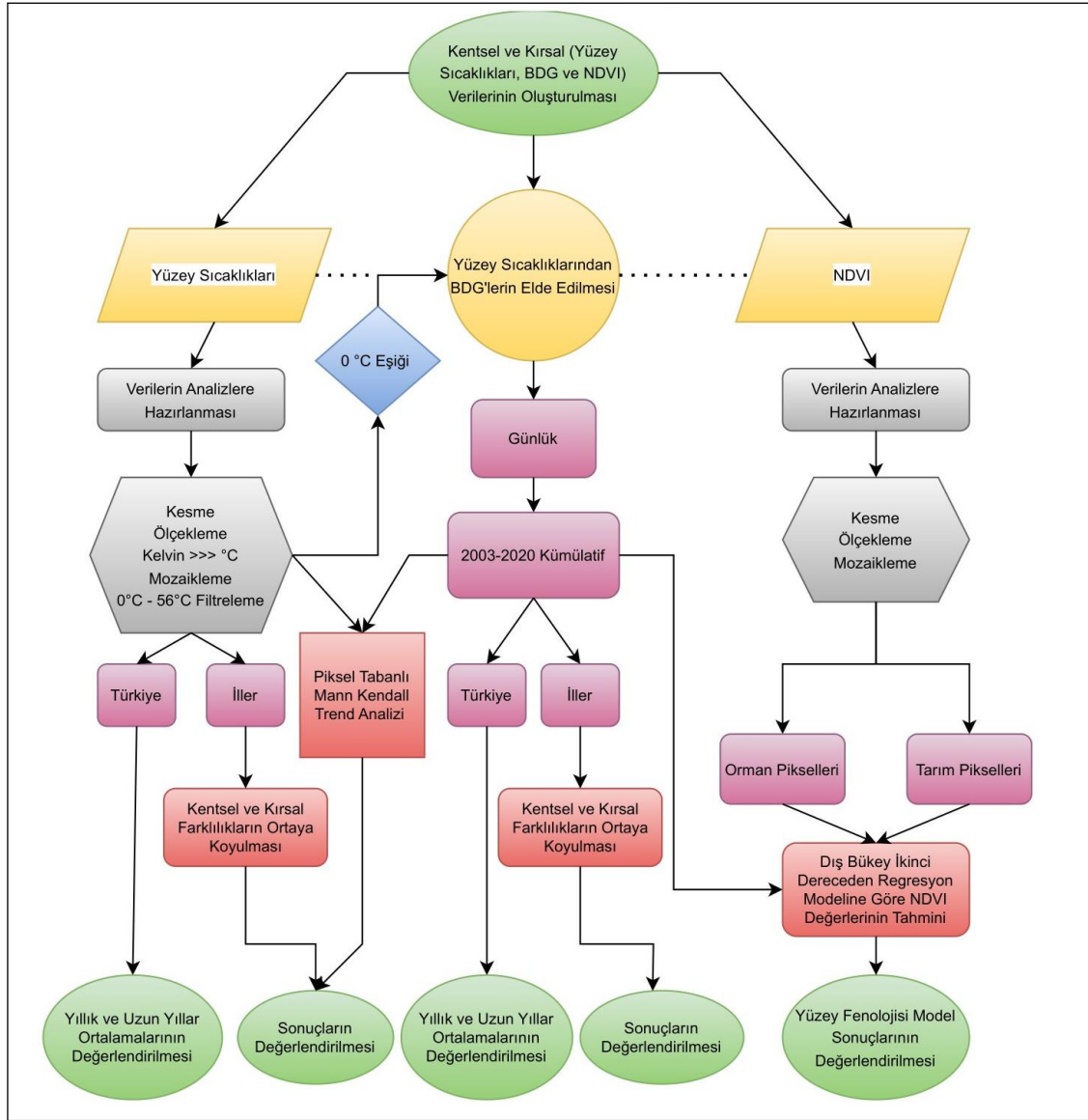
Şekil 4.1. Türkiye ve pilot illerin 2020 yılı arazi kullanım-arazi örtüsü dağılımı (15.09.2022, www.arcgis.com)

BDG ve NDVI temelli fenolojik tahmin modelin de ise analizler, 250m mekânsal çözünürlüğe sahip 16 günlük kompozit MODIS-MOD13Q1, MYD13Q1 vejetasyon indisleri veri paketleri ile gerçekleştirilmiştir (05.08.2022, modis.gsfc.nasa.gov).

4.2. Metot

Araştırmada YS ve BDG değişim analizleri, 2003-2020 periyodu içerisinde gerçekleştirilmiştir. İki değişkenin hem Türkiye geneli hem de pilot illerdeki kentsel-

kırsal fark haritaları uzun yılların ortalamasına göre çıkarılmıştır. Araştırmanın son aşamasında, YS verilerinden türetilen BDG'lerin ikinci dereceden bir fonksiyonu olan NDVI değerlerinin tahmin modeli kurulmuştur (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Araştırma sürecinde izlenen iş akış sürecinin şeması

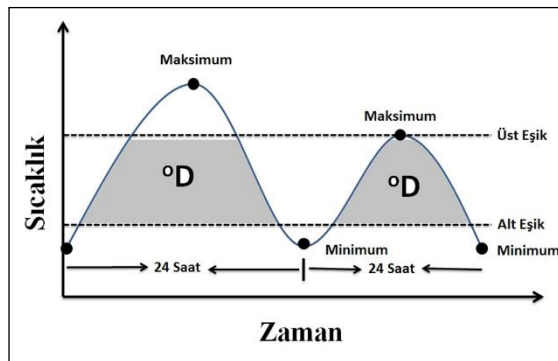
4.2.1. Yüzey Sıcaklıklarının (YS) Oluşturulması ve Trendlerinin Belirlenmesi

YS verileri, (<https://search.earthdata.nasa.gov/search>) adresi üzerinden HDF (Hiyerarşik data formatı) dosya uzantısında elde edilmiştir. Ham haldeki YS verilerine ilk aşamada; Coğrafi Bilgi Sistemlerine (CBS) uygun dosya dönüşümü, kalitesiz dataların çıkarılması, değersiz alanların tahmini ve ölçeklendirme yapılmıştır. İkinci aşama olarak birim dönüşümü (Kelvin'den Celsius'a) esnasında YS verileri, donma noktasının altındaki 0 °C veya makul olmayan derecede yüksek 56,85 °C seviyelerdeki gözlemleri hariç tutmak için ek olarak filtrelenmiştir. Son olarak, mozaikleme ve kesme

işlemleri uygulanarak günlük dört adet gözlem verisinden oluşan sekiz günlük kompozitlenmiş 18 yıllık aralığa sahip 3312 adet görüntü elde edilmiştir. Uygun kronolojide dosyalanan YS'lerin zamansal-mekânsal eğilimlerini belirlemek için, CBS üzerinde piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizi uygulanmıştır (Şekil 4.2).

4.2.2. Büyüme Derece Günleri (BDG) Metriğinin Oluşturulması ve Trendlerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada, temel fenolojik gösterge olarak sıcaklığın baz alındığı BDG metriği modeli kullanılmıştır. BDG, bitkilerin yıl içerisinde; fotosentez aktivitesini başlattığı ve sonlandırdığı, yeşillenme, çiçeklenme, çiçek dökme, olgunlaşma ya da yaprak dökme gibi fenofaz dönemlerinin sıcaklık ve ısı birikimiyle ilişkilendirildiği büyüme modelidir. Modele göre; yeterli BDG biriminin biriktiği dönemde fotosentez, yeşillenme gibi büyüme fazları başlarken BDG'nin bitki ihtiyacını karşılayamadığı seviyede ise olgunlaşma, yaprak yeşilliği gibi evreler son bulmaktadır. 24 saatlik bir birimdeki birikimi ifade eden model; tek bir gün için hesaplanabileceği gibi sıcaklığın canlı gelişimi için uygun aralıklarda kaldığı periyotlar için de kullanılabilir. Günlük hesaplanan BDG birimleri; mevsimlik, yıllık ya da uzun yıllar zaman dilimlerine göre yorumlanabilmesi için toplanması gerekmektedir. Bu durumda, bir güne ait BDG birimiyle bir sonraki günün BDG birikimi kümülatif bir şekilde toplanmaktadır (Murray, 2008:1; Şekil 4.3; Şekil 4.4). Örneğin 2020 yılı için, nisan ayının ilk gününde mevcut BDG birikiminin 10 birim olduğu kabul edilir ve bir sonraki gün (2 Nisan) 15 birimlik BDG mevcut ise nisan ayının üçüncü gününde toplamda 25 birimlik BDG birikimi oluşmaktadır. Eğer 3'üncü günde de BDG birikimi mevcut ise yine önceki periyotta birikmiş olan BDG değeriyle son güne ait BDG birimi toplanarak bir sonraki güne devredilir. Bu birikim büyüme için uygun sıcaklıkların meydana gelmediği döneme kadar kümülatif bir şekilde devam etmektedir (Şekil 4.3).



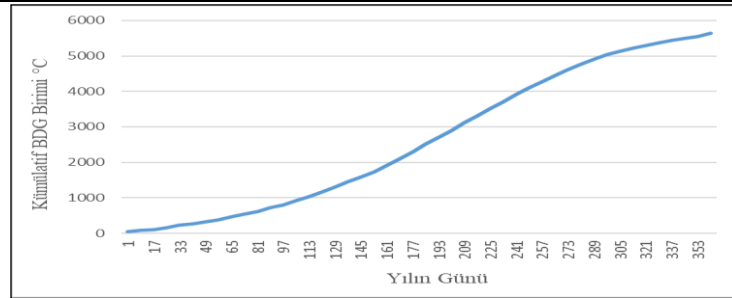
Şekil 4.3. Sıcaklık koşullarına göre şekillenen BDG'nin basit bir modeli (taralı alanlar birikime uygun BDG birimleridir)

BDG fenolojik modelinin önemli kısımlardan birisi alt ve üst eşik noktalarıdır. Eşik seviyeleri; üzerinde çalışılan bölgenin genel bitki örtüsü özelliklerine, tür temelli bitki araştırmalarına veya tarımsal çalışmalara göre değişmektedir. BDG araştırmalarına

göre; eğer çalışma genel bitki örtüsüyle ilgiliyse, alt eşik sıcaklığı için 0°, 5°, 10° ve 15 °C birimleri kullanılmaktadır. Bu durum, bitkilerin genel anlamda 0°, 5°, 10° ve 15 °C eşik sıcaklıklarında vejetatif fenofazlarını başlattığı ya da devam ettirdiği anlamına gelmektedir (McMaster ve Wilhelm, 1997: 290). Araştırma, tek tür (örneğin kenevir, mısır, buğday ve arpa gibi tarımsal ürünler ya da kızılçam (*Pinus Brutia*), karaçam (*Pinus Nigra*), kayın (*Fagus Orientalis*), sedir (*Cedrus Libani*) ve göknar (*Abies Cilicica*) gibi doğal türler) üzerinde gerçekleştiriliyorsa BDG birimlerinin hesaplanmasında tür özelliklerine göre özel alt ve üst eşik seviyesi belirlenmektedir. Örneğin tarımsal anlamda büyük önem arz eden mısır için büyüme başlangıç seviyesinde 10 °C eşiği kullanılırken marul için 4,4 °C eşiği temel alınmaktadır (McMaster ve Wilhelm, 1997: 291; Miller vd., 2001:1; Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Çeşitli tarım ve mera bitkileri için alt eşik sıcaklığı değerleri

<i>Tür</i>	<i>Eşik</i>	<i>Tür</i>	<i>Eşik</i>
Fasulye	10 °C	Yonca	10 °C
Marul	4,4 °C	Mısır	10 °C
Kabak	13 °C	Çayır	4 °C
Bezelye	5,5 °C	Domates	10 °C



Şekil 4.4. Marmara adası örnek piksel alanında 2020 yılı kümülatif BDG birikimi

BDG yönteminin hesaplanması kullanım amacına göre farklılık göstermektedir. Bu çerçevede BDG birimlerinin hesaplanmasında ortalama, modifiye edilmiş ortalama ve sinüs dalgası metodu kullanılmaktadır (Murray, 2008:5). Model kurulumunda çalışmanın amacına göre hem günlük ortalama sıcaklık hem de günlük maksimum ve minimum sıcaklık kayıtları girdi parametresi olabilmektedir. Bazı durumlarda günlük maksimum sıcaklık değerleri üst eşik (canlının yaşamsal aktivitesini sonlandırdığı veya yüksek sıcaklık stresine girdiği seviye) sıcaklığından fazla olurken günlük minimum sıcaklık değerleri de alt eşik (canlının büyüme aktivitelerini başlatabildiği evre) seviyesinden daha az olmaktadır. Bu tür durumlarda günlük minimum ile maksimum sıcaklık değerleri alt ve üst eşik değerleriyle modifiye edilmektedir (Sharpe ve Boyd, 2019).

BDG modeli kurulmadan önce hava sıcaklıkları yerine YS'nin kullanılması nedeniyle alt eşik seviyesi olarak 0°C üst eşik için ise 56,85°C baz alınarak YS verileri filtrelenmiştir (Krehbiel, 2015).

4.2.2.1. Ortalama Yöntemi

BDG modeli için çalışmada kullanılan ortalama yöntemi şu şekilde hesaplanmaktadır: ortalama gündüz $((YS_{10:30} + YS_{13:30}) / 2)$ ile ortalama gece $((YS_{22:30} + YS_{01:30}) / 2)$ görüntülerinin ikiye bölünüp eşik 0°C sıcaklığından çıkarılmasıdır. Burada verilerin önceden filtrelenmiş olması nedeniyle model aşamasında üst eşik etkeni devreye girmemektedir. Böylece ortalama yöntemi sayesinde hesaplama kolaylığı sağlanmaktadır (Formül I; Tablo 4.3).

Formül I:

$$BDG = Ort \left\{ \left[\frac{(Ort \text{ gündüz } (YS_{10:30} + YS_{13:30})) + (Ort \text{ gece } (YS_{22:30} + YS_{01:30}))}{2} \right] - Eşik \ 0^{\circ}\text{C} \right\}$$

Tablo 4.3. Ortalama yöntemine göre çeşitli tarihlerde BDG hesaplanması

Tarih	Gündüz		Gece		BDG= ((Ort gündüz + Ort gece) / 2) - 0°C	Sonuç BDG
	YS $_{10:30}^{\circ}\text{C}$	YS $_{13:30}^{\circ}\text{C}$	YS $_{22:30}^{\circ}\text{C}$	YS $_{01:30}^{\circ}\text{C}$		
1.04.2020	25,2	28,1	21,4	19,8	$((26,65 + 20,6) / 2) - 0$	23,625
2.04.2020	25,3	28,3	21,6	20	$((26,8 + 20,8) / 2) - 0$	23,8
3.04.2020	26,1	29,5	22,3	21,1	$((27,8 + 21,7) / 2) - 0$	24,75
4.04.2020	25,9	29,4	22,2	21	$((27,65 + 21,6) / 2) - 0$	24,625
5.04.2020	26,8	30,4	23,6	22,6	$((28,6 + 23,1) / 2) - 0$	25,85

Günlük BDG birimleri bir önceki günle toplanarak analiz edilen yıla ait kümülatif sonuçlar elde edilir. Uygun kronolojide sıralanan yıllık BDG’lerin zamansal-mekânsal eğilimlerini belirlemek için, YS eğilimlerinde olduğu gibi CBS üzerinde piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizi uygulanmıştır. Ayrıca en son aşamada, tüm yıllardan uzun yıllar BDG ortalaması da alınmaktadır.

4.2.3. Piksel Tabanlı Mann-Kendall Trend Analizi

YS ve BDG değişkenlerindeki zamansal ve mekânsal eğilimleri ortaya koyabilmek için non-parametrik testlerden birisi olan Mann-Kendall trend analizi kullanılmıştır. Bu yöntem, trend analizleri içerisinde en sık kullanılanlardan bir tanesidir (Hamed, 2009; Yıldırım, 2015:32). Yöntem, Kendall’ın Tau olarak bilinen testinin özel bir uygulamasıdır. Analiz verilerinin büyük olmasından çok sıralarını esas alan bir uygulamadır (Karabulut ve Cosun, 2009). Ayrıca trend testi, eksik verilerin varlığına müsaade ettiği ve verilerde belirli bir dağılıma uyma zorunluluğu aramadığı için oldukça kullanışlıdır (Yu vd., 1993:65). Çalışmada 18 yıllık YS ve BDG değerleri; meteoroloji istasyonlarındaki verilerden değil de piksel tabanlı uydu görüntülerinden elde edildiği için formül II, III ve IV işlemleri CBS üzerinde modellenmiştir. Bu yöntemde zamana göre sıralanmış $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ serileri, H_0 hipotezine göre zamandan bağımsız ve benzer dağılmış rasgele değişkenlerdir. H_1 alternatif hipotezine göre ise $(k \neq j)$ ve $n \geq k, j$ (n , veri kayıt uzunluğu) olmak üzere seride X_k ve X_j ardışık veri

değerlerinin dağılımı benzer değildir. Yani seride linear bir trend söz konusudur (Kalaycı ve Kahya, 1998:507).

Mann-Kendall trend testi istatistiği (S), formül II ve formül III eşitliklerinden hesaplanmaktadır.

Formül II:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(X_j - X_k)$$

Formül III:

$$\text{sgn}(X_j - X_k) = \begin{cases} +1 & \text{eğer } (X_j - X_k) > 0 \text{ ise} \\ 0 & \text{eğer } (X_j - X_k) = 0 \text{ ise} \\ -1 & \text{eğer } (X_j - X_k) < 0 \text{ ise} \end{cases}$$

Asimptotik olarak normal bir dağılıma sahip ve ortalaması sıfır olan test istatistiği S'nin varyansı $\text{Var}(S) = n(n-1)(2n+5)/18$ şekilde ifade edilir. Eğer verilerde benzer değerler (bağ durumları) mevcutsa, bu işlemin payından $\sum t(t-1)(2t+5)$ değeri çıkartılır. Burada t herhangi bir bağ durumundaki benzer x'lerin sayısını ve $\sum t$ bütün bağ durumları üzerinden alınan toplamı ifade eder.

Süreklilik düzeltme birimi (formül IV' deki paylarda bulunan 1 değeri) kullanılırsa, $n \leq 10$ olmak üzere S istatistiğinin teorik olasılık dağılımı için normal dağılım daha uygundur. Hesaplanan S (Sen-Slope) değeri trendin yönünü belirler. S değeri, pozitif ise artan negatif ise azalan bir trend mevcuttur. P (P-value) değeri ise hesaplanan trendin güven aralığını göstermektedir (Şekil 5.19).

Formül IV:

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{v(s)}}, & \text{Eğer } S > 0 \text{ ise} \\ 0, & \text{Eğer } S = 0 \text{ ise} \\ \frac{s+1}{\sqrt{v(s)}}, & \text{Eğer } S < 0 \text{ ise} \end{cases}$$

CBS vasıtasıyla modellenen piksel tabanlı Mann-Kendall trend sonuçları (YS ve KBDG °C), yeniden sınıflandırma (reclassify) yöntemiyle vektör formata dönüştürülmüştür. Böylece YS ve KBDG °C değişkenlerinde meydana gelen trendlerin, Türkiye'deki alansal ve yüzdesel sonuçları elde edilmiştir (Tablo 5.2; Tablo 5.3).

4.2.4. YS ve BDG Fark Analizleri İçin Kentsel ve Kırsal Alanların Belirlenmesi

Heterojen kentsel-kırsal peyzajların mekânsal düzenlemesini karakterize etmek için, dört adet spesifik ilgi alanı (Kentsel 5 km, Kentsel 3 km, Kırsal 5 km ve Kırsal 3 km) tanımlanmıştır. Spesifik ilgi alanlarının belirlenme aşamasında, 500m MODIS-MCD12Q1 (2020) ve ESRI-2020 küresel 10m çözünürlüklü arazi örtüsü verilerinden yararlanılmıştır. Bu veri paketlerine göre belirlenen ilgi alanları; kentsel çekirdek alana göre belirlenen kentsel 3 ve 5 km buffer zonları ile kırsal (kentsel çekirdek alana göre belirlenen 3 ve 5 km çaplarındaki kentsel zonların dışında kalan alanlar) bölgelerdir.

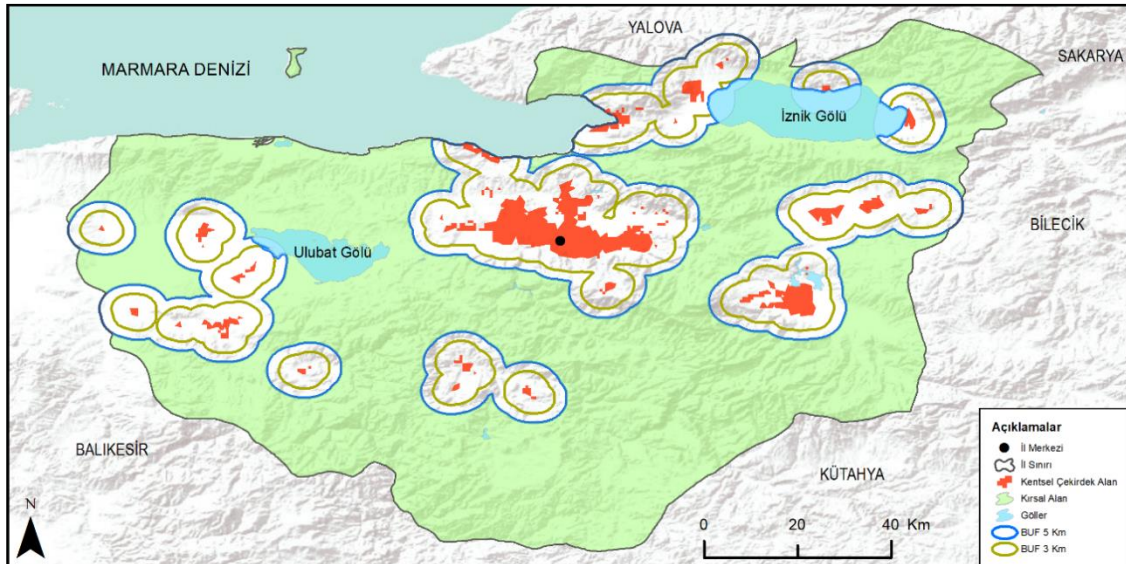
Kentsel çekirdek alanlar; arazi kullanım ve örtü sınıflarına göre kentsel yapıların yer aldığı fiziki sınırlardır. Kentsel alanlar (3-5) ise; kentsel çekirdek alanlara CBS üzerinde tanımlanmış 3 ve 5 km’lik buffer zonlarıdır (Şekil 4.5).

Kentsel alanlar; kentsel faaliyetlerin meydana getirdiği ısı birikimi ve kırsal alanlardaki yüzeylerden görece fazla ısı tutması nedeniyle çevrelerinden daha yüksek sıcaklıklara ulaşmaktadır. Kentsel alanlardaki sıcaklık farkını belirleyebilmek ve bu farkın, farklı mesafelerdeki durumunu değerlendirebilmek amacıyla 3 ve 5 km buffer alanları oluşturulmuştur. İl sınırları içerisinde, 3 km²’den fazla alana sahip kent sınırlarına (Şekil 4.5 -kırmızı alanlar) 3 ve 5 km buffer bölgeleri oluşturularak kentsel alanlar (Buffer 3 ve 5 km) belirlenmiştir. Buffer 3 km’nin dışında kalan alanlar kırsal 3 km, buffer 5 km’nin dışında kalanlar ise kırsal 5 km bölgeleri (Şekil 4.5 – yeşil) ya da zonları olarak kabul edilmiştir (Şekil 4.5).

Kentsel çekirdek alanlar belirlenirken minimum kentsel alan değeri 3 km² olarak alınıp bu değerin altındaki alanlar analizlerde kullanılmamıştır (Şekil 4.5).

Kentsel çekirdek alanlar, kentsel-kırsal 3 ve 5 km buffer zonları belirlendikten sonra analizlerde ve harita çıktılarında kullanılmamıştır. Bu aşamadan sonra, kentsel 3-5 km buffer zonları kentsel alan, kırsal 3-5 km buffer zonları ise kırsal alan olarak kabul edilmiştir (Şekil 4.5).

Kentsel 3-5 km ve kırsal 3-5 km buffer alanları belirlendikten sonra; ilgi alanları içerisinde kalan piksellerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri alınarak kentsel-kırsal fark analizleri uygulanmıştır. Fark analizleri aşamasında belirlenen ilgi alanları içerisindeki piksellere ait istatistiksel göstergeler, YS gözlem periyotlarına göre (gündüz, gece ve günlük ortalama) tablo olarak sunulmuştur (Tablo, 5.4 – Tablo 5.6).



Şekil 4.5. Kentsel-kırsal alanların belirlendiği buffer modelinin Bursa ili örneğinde gösterimi

4.2.5. Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon (CxQ) Modeliyle Kümülatif Büyüme Derece Günlerinin Bir Fonksiyonu Olarak Yüzey Fenolojisine Bağlı NDVI Değerlerinin Tahmini

YF dinamiklerini analiz etmek için NDVI'yı kümülatif büyüme derece günlerinin (KBDG °C) bir fonksiyonu olarak tanımlayan dışbükey ikinci dereceden bir regresyon modeli (Convex Quadratic-CxQ) kullanılmıştır (de Beurs ve Henebry, 2004; Krehbiel vd., 2015; Krehbiel vd., 2015; Walker vd., 2015). CxQ YF, bir parabolün parçası olarak tanımlanır. YF'nin (CxQ) dışbükey ikinci dereceden modeli şu şekilde tanımlanır:

Formül V:

$$NDVI = \alpha + \beta KBDG - \gamma KBDG^2$$

Burada NDVI; belirli bir periyot için tüm NDVI (birimsiz; -1 ila 1) değerlerini ifade ederken KBDG (°C) ise, ilgili periyot için tüm KBDG değerlerini içermektedir. Formül V'de α , β ve γ (sırasıyla alfa, beta ve gama) uygulanacak parametre katsayılarıdır. Gama (γ) üzerindeki negatif işaret; büyüme mevsimi boyunca NDVI değerleri yukarı ve sonra aşağı ineceğinden, aşağı doğru kavisli uygun bir eğri arandığını göstermektedir. Bu şekli yalnızca negatif bir gama katsayısı üretecektir. Bu nedenle, sadece bir negatif gama katsayısı ile ilgili uyumluluklar korunmuştur. Bazen, bitki örtüsü olmayan pikseller (kent veya çorak alanlar) için pozitif gama katsayısına sahip model uyumları mevcut olabilir. Ancak, bu uyumlar hem çok düşük miktardadır hem de başarısız model uyumu olarak kabul edilmiştir.

CxQ YF modeli, ilgili ekolojik yorumlarla birlikte yalnızca iki model parametre katsayısı tahmini gerektirir (Formül VI ve VII). Modelin önemi, belirleme katsayısı veya R^2 olarak ifade edilen NDVI'daki varyansı açıklama yeteneği tarafından belirlenir (de Beurs ve Henebry, 2005). CxQ YF modeli, örnek test pikselleri için NDVI ve KBDG °C gözlemlerinin on sekiz yıllık zaman serisine uygulanıp aşağıdaki YF ölçümleri elde edilmiştir:

Formül VI:

$$NDVI\text{'da pik yüksekliği } (PY_{NDVI}) = \alpha - \beta^2 / 4\gamma$$

Formül VII:

$$Pik\ NDVI\ (PY_{NDVI})\ için\ gerekli\ termal\ zaman\ (TZ-KBDG\ °C) = -\beta / 2\gamma$$

NDVI < 0,2 değerinin altı bitki örtüsünün olmadığı ya da zayıf olduğu gözlemleri hariç tutmak için filtrelenmiştir. Uygun olmayan modelleri hariç tutmak için R^2 'de < 0,5'lik bir belirleme eşiği katsayısı kullanıldı.

Çalışmada CxQ YF modelinin uygulandığı test noktaları, ormanlar (kışın yaprak döken geniş yapraklı ormanlık alanlar) ve tarım alanlarından oluşmaktadır. Hem orman alanları hem de tarım alanları için kentsel alana yakınlığa bağlı olarak üçer grupta bölgeler oluşturulmuştur. Bu gruplar sadece, kentsel alana belirli mesafede yakınlığı

veya uzaklığı temsil etmektedir. Bunlar; kentsel (kırmızı üçgen), kente yakın (bej üçgen) ve kırsal (yeşil üçgen) alanlardır. Burada her bir grup için 25'er adet test noktası mevcuttur (Tablo 5.9; Şekil 5.87).

Araştırmada her pikselin il merkezine olan mesafesi belirlenmiştir. Daha sonra bu piksellerdeki PYNDVI ve TZ-KBDG °C model parametreleri kullanılarak kentsel alan üzerindeki yüksek YS'lerin, vejetasyon fenolojisini etkileyip etkilemediği araştırılmıştır (Tablo 5.9).

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

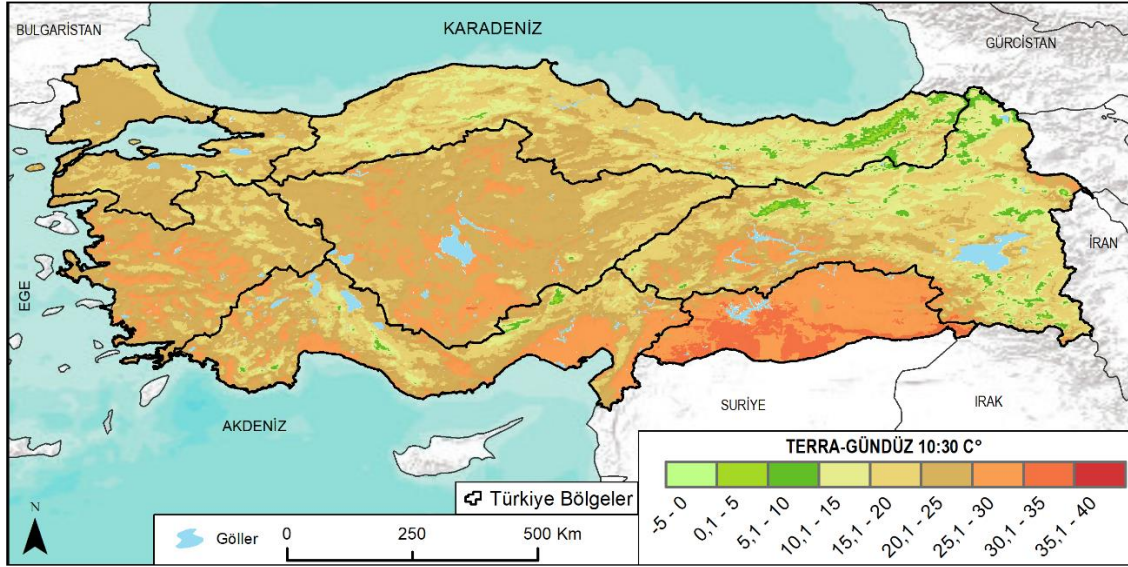
Çeşitli araştırmalar; bitkisel gelişimin sıcaklık, kuraklık ve kentsel ortam kaynaklı çevresel değişimlerden önemli ölçüde etkilendiğini belirlemiştir (Çelik ve Karabulut, 2017; Dallimer vd., 2016; Körner ve Basler, 2010; Kramer vd., 2000). Burada belirtilen parametrelerin Türkiye’de, zamansal ve mekânsal olarak nasıl bir desen ortaya koyduğu ekolojik anlamda kritik bir noktadır. Hem Türkiye genelinde hem de çalışmada nüfus miktarlarına göre belirlenen pilot illerde hava sıcaklığı, kuraklık ve kentleşme anlamında ciddi değişimler yaşanmıştır. Yakın geçmişte Türkiye’de, hem denizel hem de karasal hava sıcaklıklarında oldukça yüksek artışlar meydana gelmiştir (Aksoy ve Yeşilirmak, 2022; Cosun ve Karabulut, 2009; Çelik, 2010; Demir vd., 2017; Karabulut, 2012; Karabulut ve Cosun, 2009; Kızılelma vd., 2015a; Kızılelma vd., 2015b; Macana, 2014; Pastor vd., 2019; Şişman, 2019; Terzi ve İlker, 2020; Türkeş, 2012).

5.1. Türkiye’de Farklı Periyotlardaki Yüzey Sıcaklıklarının (YS) Ortalama Durumu

Araştırmada; 10:30, 13:30, 21:30 ve 01:30 saatlerinde gözlemlenen YS verileriyle 2003-2020 arası uzun yıllar sıcaklık ortalamaları elde edilmiştir (Şekil 5.1 – Şekil 5.4). Ayrıca bu dört adet ölçüm saati kullanılarak günlük ortalamalar da belirlenmiştir. Günlük ortalamaların uzun yıllar ortalaması da Şekil 5.5’te belirtilmiştir.

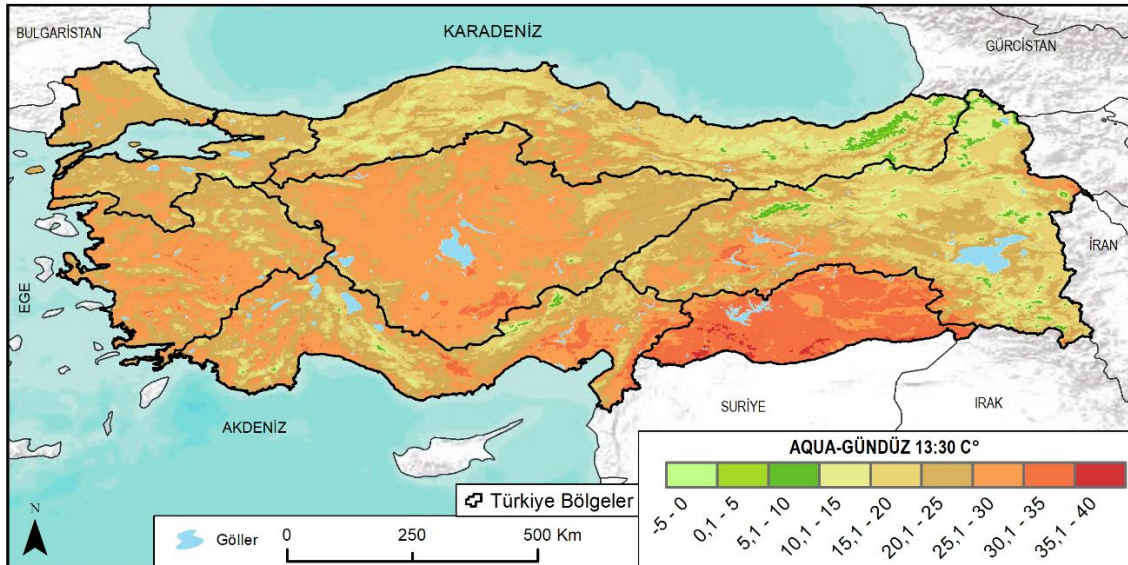
Gündüz 10:30 YS gözlemleri, gündüz 13:30 periyoduna göre daha soğuk dönemi temsil etmektedir. Gündüz 10:30 YS değişim analizlerine göre; Türkiye’nin 2003-2020 YS ortalaması 20,55 °C’dir (Tablo 5.1; Şekil 5.1; Şekil 5.2).

10:30 gözlemlerine göre, Türkiye’de YS’lerin en yüksek olduğu bölge Güneydoğu Anadolu’dur. Görece yüksek YS’lerin belirlendiği diğer alanlar ise Akdeniz’in doğusu, İç Anadolu’nun güneyi, Ege ve Doğu Anadolu’nun daha çok batı kısımlarıdır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Gündüz 10:30 °C YS'lerinin 2003-2020 ortalaması

Gündüz 13:30 YS'leri, 10:30 gözlemlerine göre daha sıcak bir periyodu ifade etmektedir. Bu periyoda göre, 10:30 gözlemlerinde de olduğu gibi en sıcak bölge Güneydoğu Anadolu'dur. İç Anadolu'daki yüksek YS'ler, bölgenin hemen her yerine yayılmış durumdadır. 13:30 gözlemlerine göre yüksek YS'lerin görüldüğü diğer alanlar Akdeniz'in doğusu, Ege'nin batısı ve Marmara Bölgesidir (Şekil 5.1; Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Gündüz 13:30 °C YS'lerinin 2003-2020 ortalaması

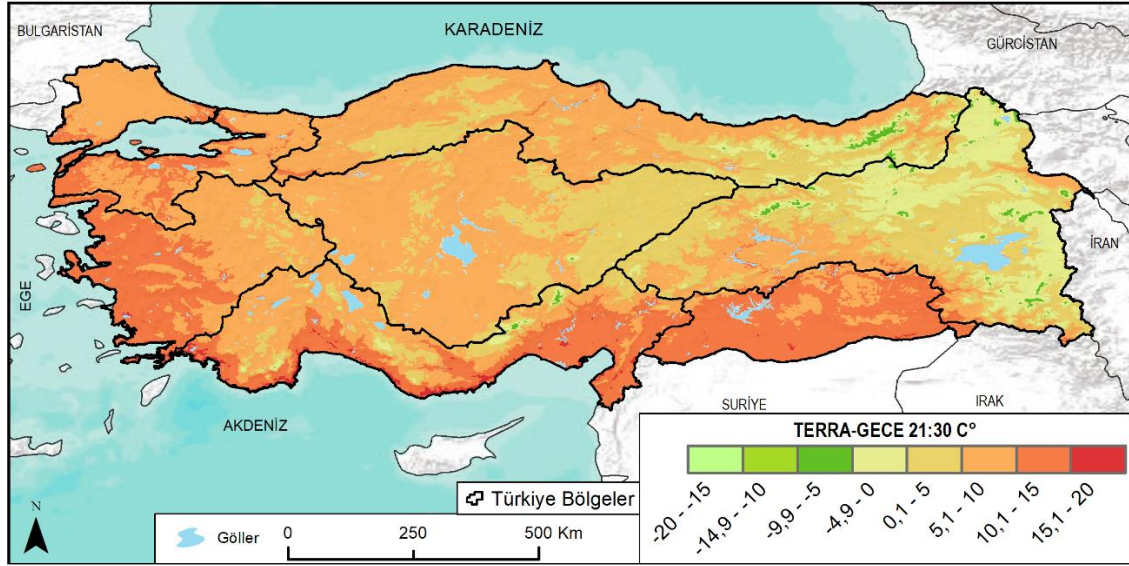
Gece 21:30 gözlemleri, gece 01:30 periyoduna göre daha sıcak bir dönemi temsil etmektedir. 21:30 YS gözlemlerine göre; üç tarafı denizlerle çevrili Türkiye'ye yarım adasının en yüksek sıcaklıkları Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz kıyı kesimlerinde yoğunlaşmıştır. İç kesimler ile kıyı şeridi arasında oluşan YS farkları, Akdeniz ve Ege Bölgesi'nde belirgin durumdadır. Kıyı kesimleri dışında en sıcak yer Güneydoğu Anadolu Bölgesidir (Şekil 5.3; Şekil 5.4).

İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde görece yüksek YS'ler, daha çok batı kesimlerde bulunmaktadır (Şekil 5.3).

Marmara Bölgesi'nde, kıyı kesimlerine benzer olarak İstanbul ve Bursa illeri civarında da yüksek YS'ler mevcuttur (Şekil 5.3).

Karadeniz Bölgesi'nde yüksek YS'ler, Orta ve Batı Karadeniz Bölümlerinde dağılmaktadır (Şekil 5.3).

Doğu Anadolu Bölgesi batı kesimler haricindeki yüksek YS'ler, kuzeydoğuda Iğdır Ovası civarında görülmektedir. Bölge genelindeki YS'ler, daha çok 0 ile 5 °C arasında dağılım gösterirken Iğdır Ovası civarında mikroklimatik koşullar nedeniyle 5 ile 10 °C seviyelerine yükselmektedir (Şekil 5.3; Şekil 5.4).



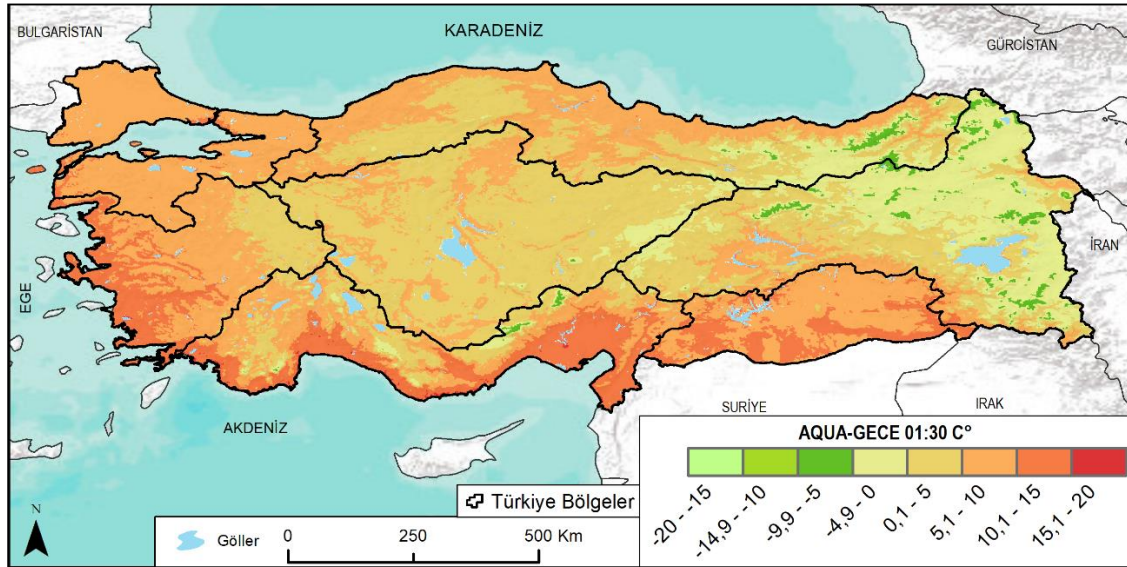
Şekil 5.3. Gece 21:30 °C YS'lerinin 2003-2020 ortalaması

Gece 21:30 YS'lerine göre; Türkiye'nin tüm kıyı şeridinde gözlemlenen yüksek YS'ler, 01:30 gözlemlerine göre daha çok Akdeniz ve Ege Bölgeleri'nin kıyı kesimlerinde bulunmaktadır (Şekil 5.3; Şekil 5.4).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki görece yüksek YS'ler, güney kesimlerde yoğunlaşmaktadır (Şekil 5.4).

İç Anadolu Bölgesi'ndeki yüksek YS'ler, Kızılırmak Havası civarında dağılmaktadır (Şekil 5.4).

Gece 21:30 gözlemlerine göre Marmara Bölgesi'nin İstanbul ve Bursa illerinde belirlenen görece yüksek YS'ler, gece 01:30 periyodunda daha zayıf bir dağılım göstermektedir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Gece 01:30 °C YS'lerinin 2003-2020 ortalaması

Günlük ortalama YS'ler, gündüz 10:30 – 13:30 ve gece 21:30 – 01:30 gözlemlerini ortalamasında elde edilmiştir (Şekil 5.1 – Şekil 5.5).

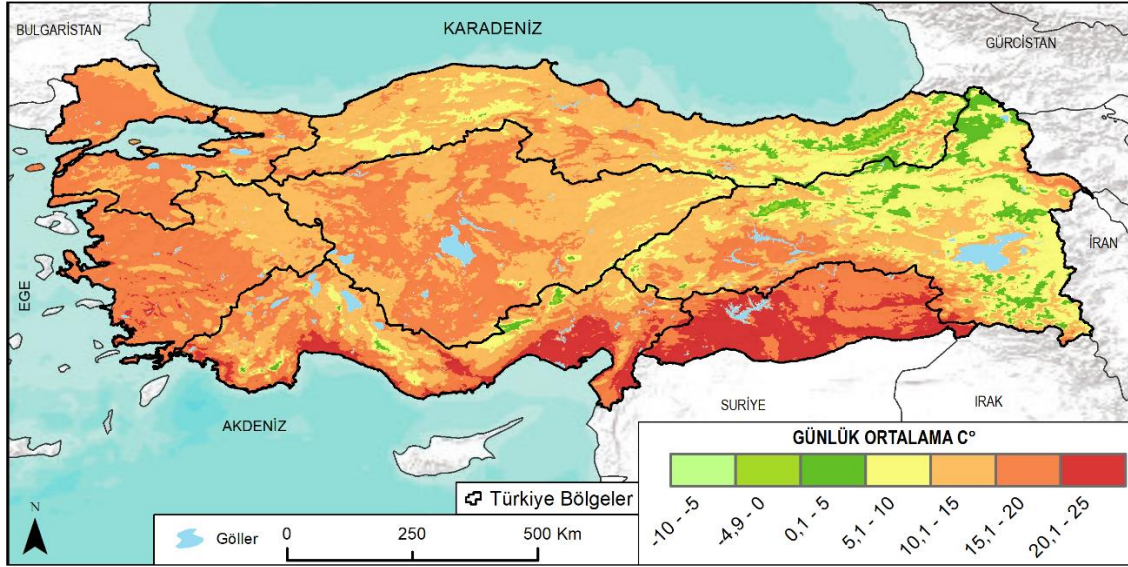
Günlük ortalama YS'lere göre, Türkiye'de en sıcak alanlar Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin güney ve batı kesimleri ile Akdeniz'in kıyı şeridinde dağılmaktadır. Bu bölgeler dışında Türkiye'de yüksek YS'lerin görüldüğü diğer alanlar ise İç Anadolu'nun güneyi, batısı ve kuzeyi, Ege'nin orta ve batı kesimleri, Marmara'nın büyük bir bölümü, Orta Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin batısıdır (Şekil 5.5).

Marmara Bölgesi'nde görece daha düşük YS'lerin görüldüğü alanlar Yıldız Dağları ve Çatalca-Kocaeli Bölümünün Karadeniz'e yakın ormanlık kesimleridir (Şekil 5.5).

Ege Bölgesi'nin iç ve kuzey kesimleri diğer alanlara kıyasla daha soğuk bölgelerdir. Bu bölgelerin ortalama yükseltisi Sündiken, Sivrihisar ve Emir gibi Dağlar nedeniyle fazladır (Şekil 5.5).

Karadeniz Bölgesi'ndeki soğuk alanlar, daha çok Doğu Karadeniz Bölümü'nde dağılım göstermektedir. Bu bölümdaki en soğuk alanlar Doğu Karadeniz (Kaçkar) Dağlarıdır (Şekil 5.5).

Doğu Anadolu Bölgesi'nde en düşük YS'ler Cilo, Süphan, Tendürek, Ağrı ve Yalnızçam Dağlarında görülmektedir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. 10:30, 13:30, 21:30 ve 01:30 °C YS'lerinin ortalaması (2003-2020)

Araştırma bulgularına göre; gece 21:30 ve 01:30 YS'lerinin gündüz 10:30 ve 13:30 gözlemlerinden mekânsal olarak belirgin farklılıklar içermesi, gece ve gündüz sıcaklık koşullarını belirleyen etkenlerin önemli değişimlere uğradığını göstermektedir. Gündüz gözlemlerinde daha çok iç kesimlerde görülen yüksek YS'lerin, gece periyodunda ise kıyı kesimlerinde yoğunlaşmasının kıyı şeridindeki kentleşme ve denizel sıcaklık artışlarıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.1; Şekil 5.1 - Şekil 5.4).

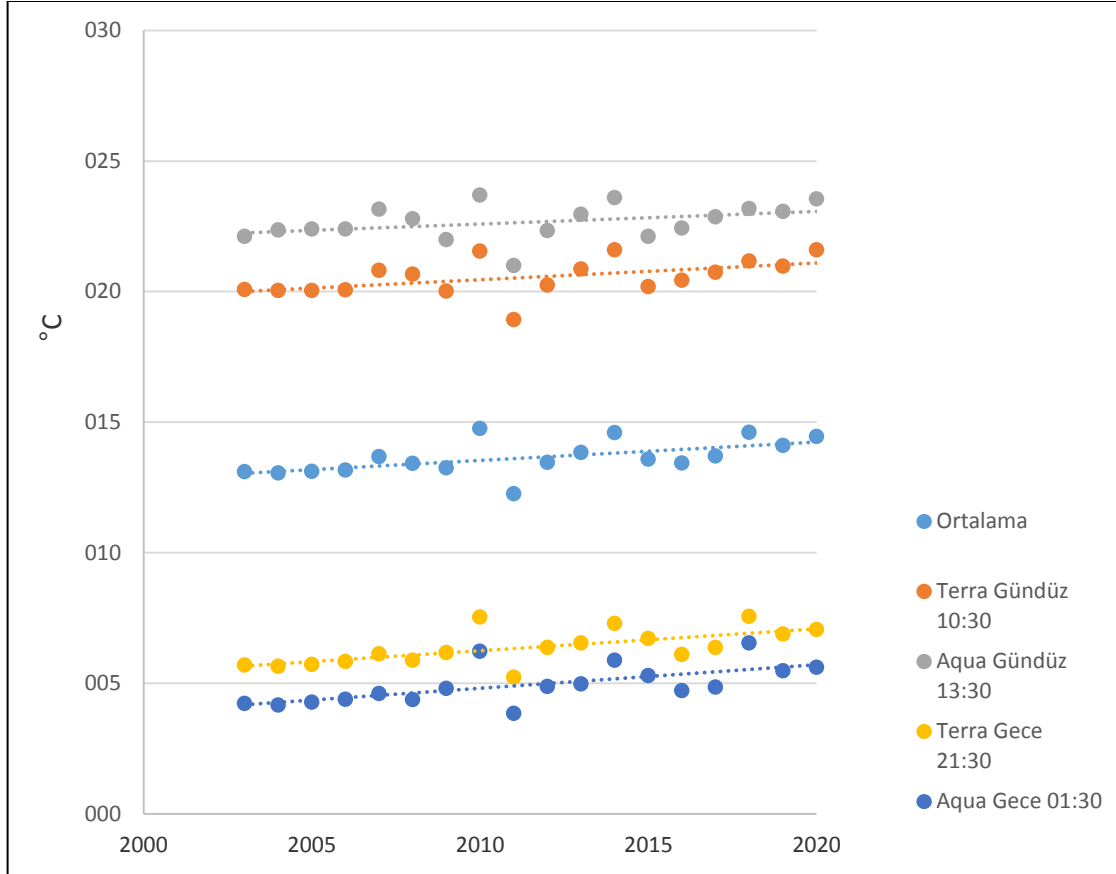
5.2. Yüzey Sıcaklıklarında (YS) Meydana Gelen Değişim ve Eğilimler

Türkiye'nin genel yıllık ortalama YS'lerindeki değişimler incelendiğinde, 2003 yılından 2020 yılına kadar önemli artışlar yaşanmıştır. 2003'lü yıllarda 13 °C derece civarında olan günlük ortalama YS, 2018 itibariyle 14 °C'nin üzerine çıkmıştır. 2010, ortalama YS'de 14,75 °C ile en sıcak yıl olurken hemen ardından 2011, 12,25 °C ile en soğuk dönem olmuştur. 2003-2010 periyodunun ortalaması 13,44 °C'yken 2011-2020 ortalaması 13,80 °C'ye çıkmıştır (Tablo 5.1). Bu sonuçlar, Türkiye'de meteoroloji istasyonlarından elde edilen yıllık ortalama sıcaklık artışlarına benzer niteliktedir (MGM, 2021; Şekil 1.13; Şekil 5.6).

Türkiye'nin genel yıllık gündüz ortalama YS'leri ile ilgili iki ölçüm periyodu mevcuttur. Bunlar, 10:30 ve 13:30 saatleridir. 10:30 periyoduna bakıldığında; 2009 yılına kadar 20 °C civarında olan YS'ler, 2010 itibariyle genel olarak 21 °C'nin üzerinde seyretmiştir. 10:30 periyodu sıcaklıklarında en yüksek dönem 21,60 °C ile 2020 yılıdır. 13:30 dönemine göre 2003-2010 periyodu içerisinde 2007 ve 2010 yılı hariç YS ortalamaları genel olarak 22 °C yakınlarındadır. 2003-2010 periyodunda 22,60 °C olan ortalama YS, 2011-2020 periyodunda 22,70 °C'ye yükselmiştir. 2010 yılı, 23,68 °C ile en sıcak yıl olurken 2011 20,99 °C ile en soğuk yıl olmuştur. 2010 ve 2011

yılında meydana gelen 2,69 °C'lık fark gözlemlenen tüm periyot ve yıllar arasındaki en önemli değişimdir (Tablo 5.1).

Türkiye’de yıllık gece YS’lerinde gözlemlenen saatler 21:30 ve 01:30’dur. Ortalama ve gündüz YS’lerinde en yüksek yıllar 2010 ve 2020 yıllarıken gece YS’lerinde 2018 yılıdır. 2003-2010 ile 2011-2020 periyot farklarına bakıldığında ortalama ve gündüz YS’lerinden daha büyük farklar, gece YS’lerinde meydana gelmiştir. Tüm gözlem parametrelerindeki en soğuk yıl 2011 olarak belirlenmiştir (Tablo 5.1; Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Türkiye’de günlük ortalama, gündüz ve gece (yıllık ortalama) YS’lerinin değişimi

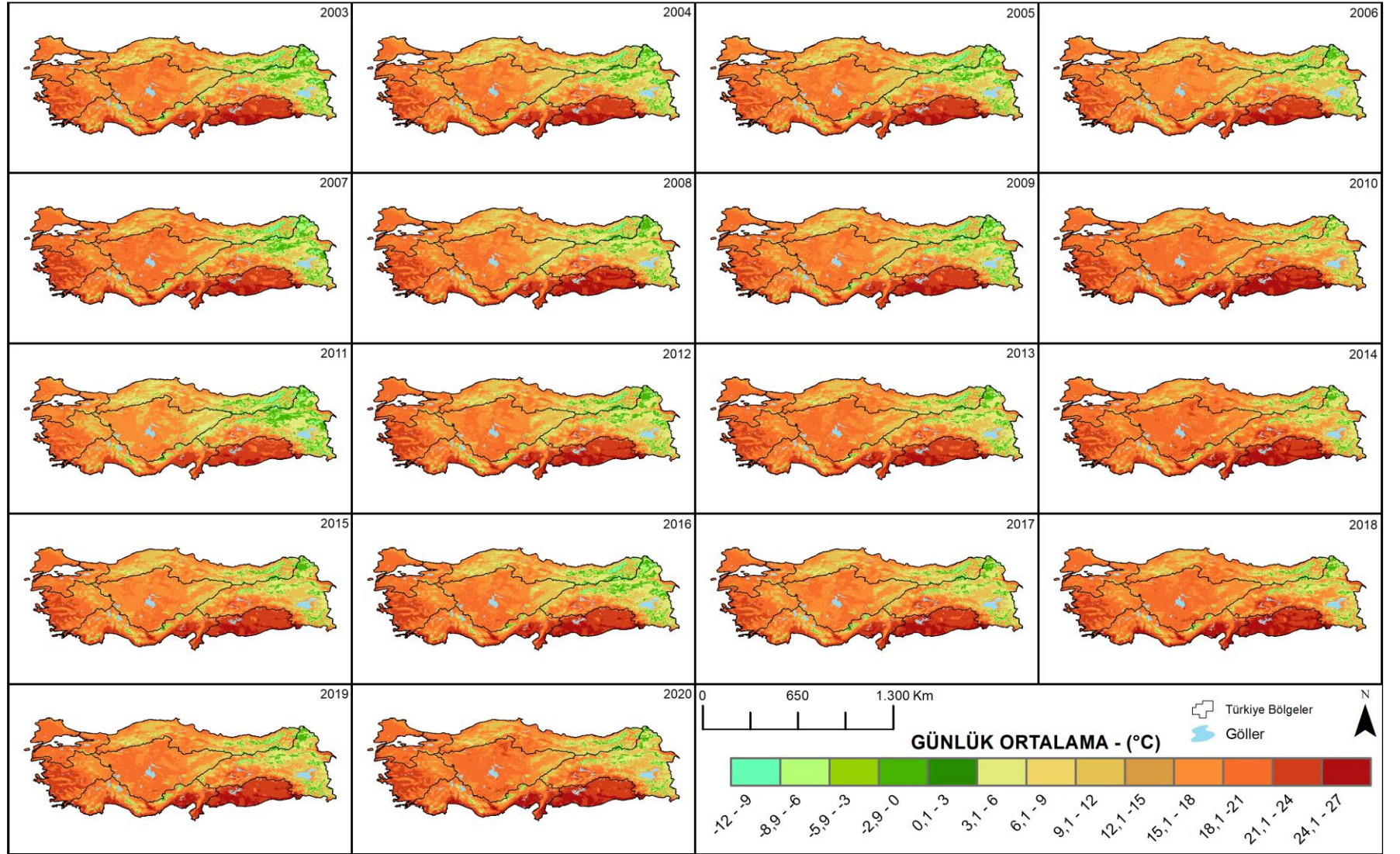
Tablo 5.1. Türkiye geneli günlük ortalama, gündüz 10:30 – 13:30 ve gece 21:30 – 01:30 YS ortalamaları

<i>Yıllar</i>	<i>Günlük Ortalama</i>	<i>Gündüz 10:30</i>	<i>Gündüz 13:30</i>	<i>Gece 21:30</i>	<i>Gece 01:30</i>
2003	13,09	20,08	22,11	5,69	4,22
2004	13,05	20,03	22,35	5,65	4,16
2005	13,10	20,03	22,39	5,71	4,27
2006	13,16	20,06	22,39	5,83	4,38
2007	13,67	20,81	23,15	6,12	4,60
2008	13,42	20,66	22,78	5,87	4,37
2009	13,24	20,02	21,98	6,17	4,80
2010	14,75	21,54	23,68	7,54	6,21
2011	12,25	18,92	20,99	5,23	3,84
2012	13,45	20,24	22,33	6,37	4,87
2013	13,83	20,86	22,95	6,53	4,97
2014	14,59	21,59	23,59	7,28	5,87
2015	13,57	20,18	22,11	6,71	5,29
2016	13,43	20,43	22,43	6,10	4,72
2017	13,70	20,74	22,86	6,36	4,84
2018	14,61	21,16	23,18	7,55	6,53
2019	14,10	20,97	23,06	6,88	5,47
2020	14,45	21,60	23,55	7,05	5,61
Ortalama °C	13,64	20,55	22,66	6,37	4,94
2003-2010 Ort °C	13,44	20,40	22,60	6,07	4,63
2011-2020 Ort °C	13,80	20,67	22,70	6,61	5,20
(2003-2010) - (2011-2020) Farkı °C	0,36	0,27	0,10	0,54	0,57

5.2.1. Türkiye’de Yüzey Sıcaklıklarında (YS) Meydana Gelen Değişim ve Eğilimler

5.2.1.1. Günlük Ortalama Yüzey Sıcaklıkları (YS)

Türkiye’de günlük ortalama YS’lerin 2003 yılından 2020 yılına kadarki değişimine göre, önemli artışların daha çok Ege, İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgelerinde meydana geldiği belirlenmiştir. Ege Bölgesi’nin doğusunda yaşanan ısınma, 2003 yılından 2011 yılına kadar devam etmiştir. 2011 yılında bu bölgede önemli bir soğuma yaşanmıştır. İç Anadolu Bölgesinde meydana gelen ısınmada, belirgin artışlar daha çok Ege’de olduğu gibi doğu kısımdadır. 2011 yılında İç Anadolu Bölgesinin tamamında belirgin bir soğuma gözlemlenmiştir. Türkiye’de ortalama yükseltinin en fazla olduğu Doğu Anadolu Bölgesinde gözlemlenen YS artışları, 2010 yılında 2003-2010 periyodunun en yüksek noktasına ulaşmıştır. 2011’de bölge genelindeki soğumadan sonra YS artışları, 2020’ye kadar devam etmiştir. Doğu Anadolu Bölgesi için en sıcak yıl, 2011-2020 periyoduna göre 2018’de gerçekleşmiştir (Şekil 5.7).



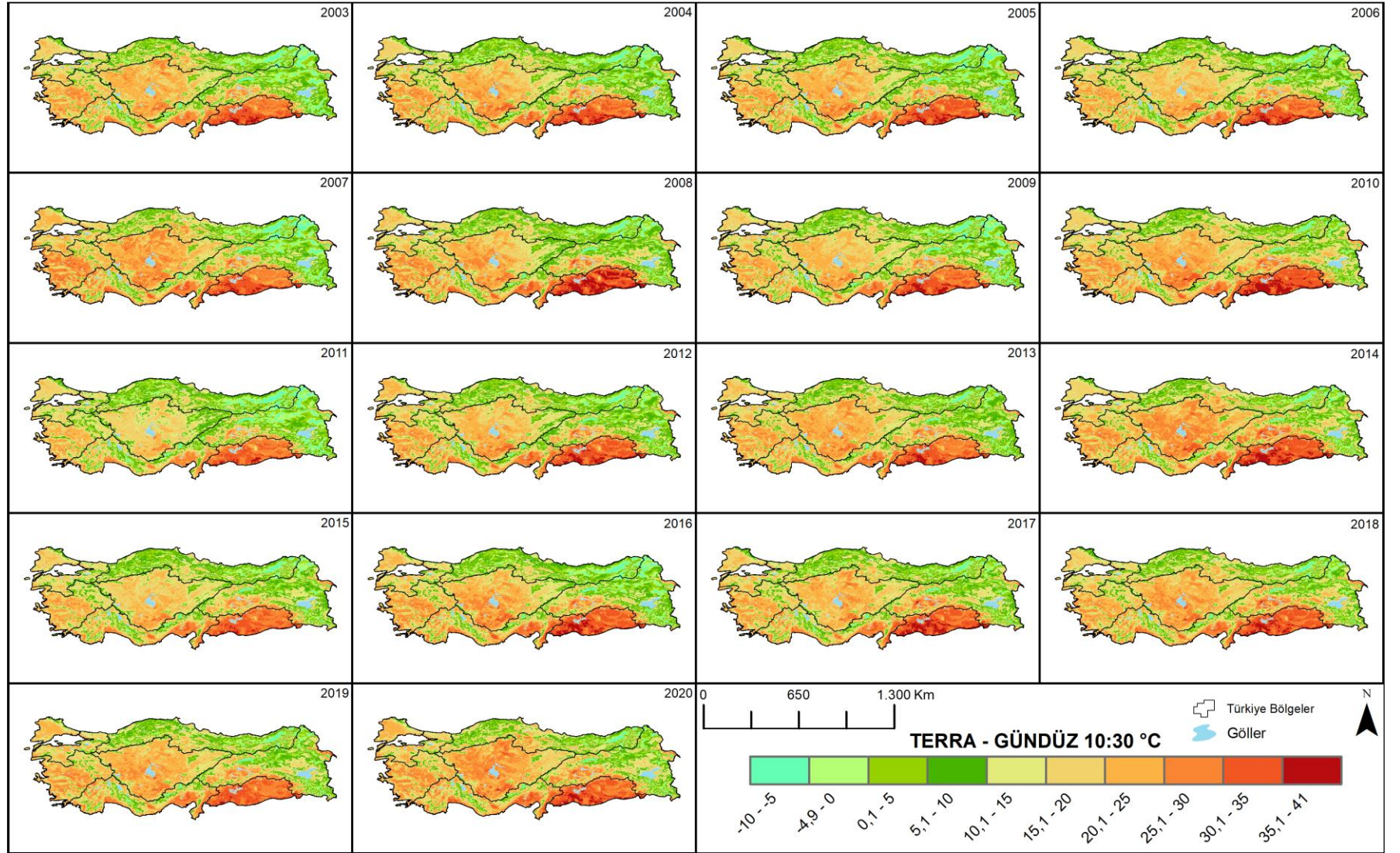
Şekil 5.7. Türkiye’de günlük ortalama YS’lerde meydana gelen yıllık değişimler

5.2.1.2. Gündüz 10:30 Yüzey Sıcaklıkları (YS)

Gündüz 10:30 YS'lerine göre belirgin yükselmeler Trakya Yarımadası, İç Anadolu, Orta Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgesi'ndedir. Belirtilen bölgelerdeki değişimler, 2019 ve 2020 yılında oldukça yüksektir. İncelenen yıllar içerisinde en soğuk yıl Türkiye genelinde 2011'dir (Şekil 5.8).

Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki ısınma, genel olarak 2011 yılı dışında hemen her yılda devam etmiştir. 2010 ise, tüm bölgelerde belirgin artışların yaşandığı bir yıldır (Şekil 5.8).

Doğu Anadolu Bölgesi'nde YS'ler, genel olarak 2010'a kadar 0 ile 10 °C arasında değişirken 2010 yılındaki güçlü ısınmayla birlikte 10 °C'nin üzerine çıkmıştır. 2011 yılında tekrar bir düşüş olsa da, bölgede 2018'den itibaren 5 °C'nin üzerindeki YS'ler yaygın bir dağılışı göstermektedir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Türkiye’de gündüz 10:30 YS’lerinde meydana gelen yıllık değişimler

5.2.1.3. Gündüz 13:30 Yüzey Sıcaklıkları (YS)

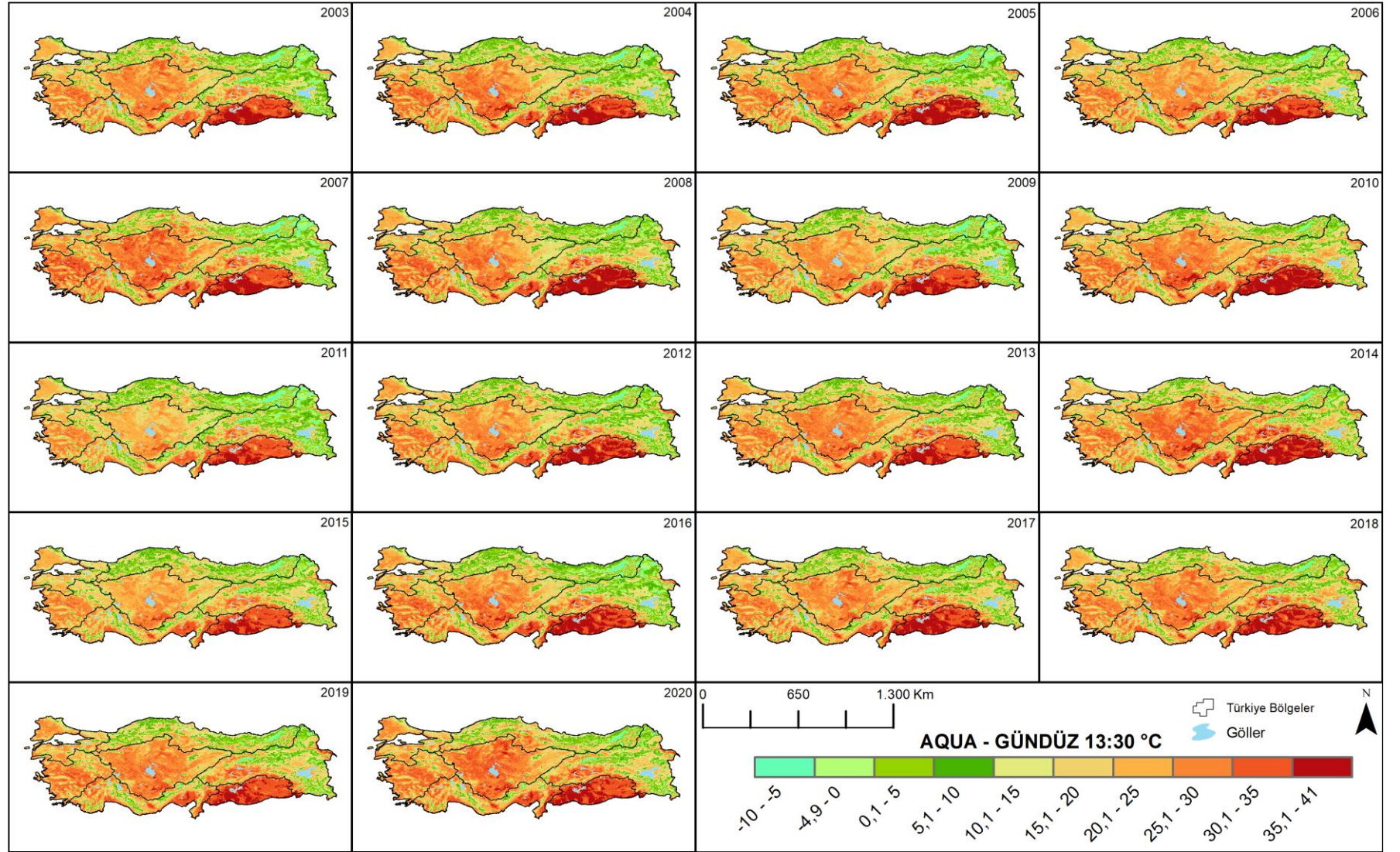
Gündüz 13:30 YS'lerinde 2010, 2014 ve 2020 yıllarında ülke genelinde önemli artışlar meydana gelmiştir (Şekil 5.9).

2011 yılında, diğer ölçüm periyotlarında da gözlemlenen soğuma Ege, İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde oldukça yüksektir (Şekil 5.9).

İç Anadolu Bölgesi'nin doğusunda Sivas civarında, en soğuk yıllar 2008 ve 2011'dir. 2014 yılında meydana gelen ısınmayla birlikte bölgenin en sıcak yılı yaşanmıştır (Şekil 5.9).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 2008 ve 2010 yılı YS'lerinde, oldukça fazla artışlar yaşanmıştır (Şekil 5.9).

Doğu Anadolu Bölgesi'nde 2010 yılında, kuzeydeki Yalnızçam Dağları dışında hemen her yerde 5 °C'nin üzerinde YS'ler mevcuttur. Bölgede 2003, 2004 ve 2009 yıllarında 5 °C'nin altındaki YS'ler oldukça yaygındır. 2011 yılındaki düşüşten sonra bölgede YS artışları yaşanmaya devam etmiş ve 2016 yılı hariç hemen her yılda YS'ler, 5 °C'nin üzerinde seyretmiştir (Şekil 5.9).



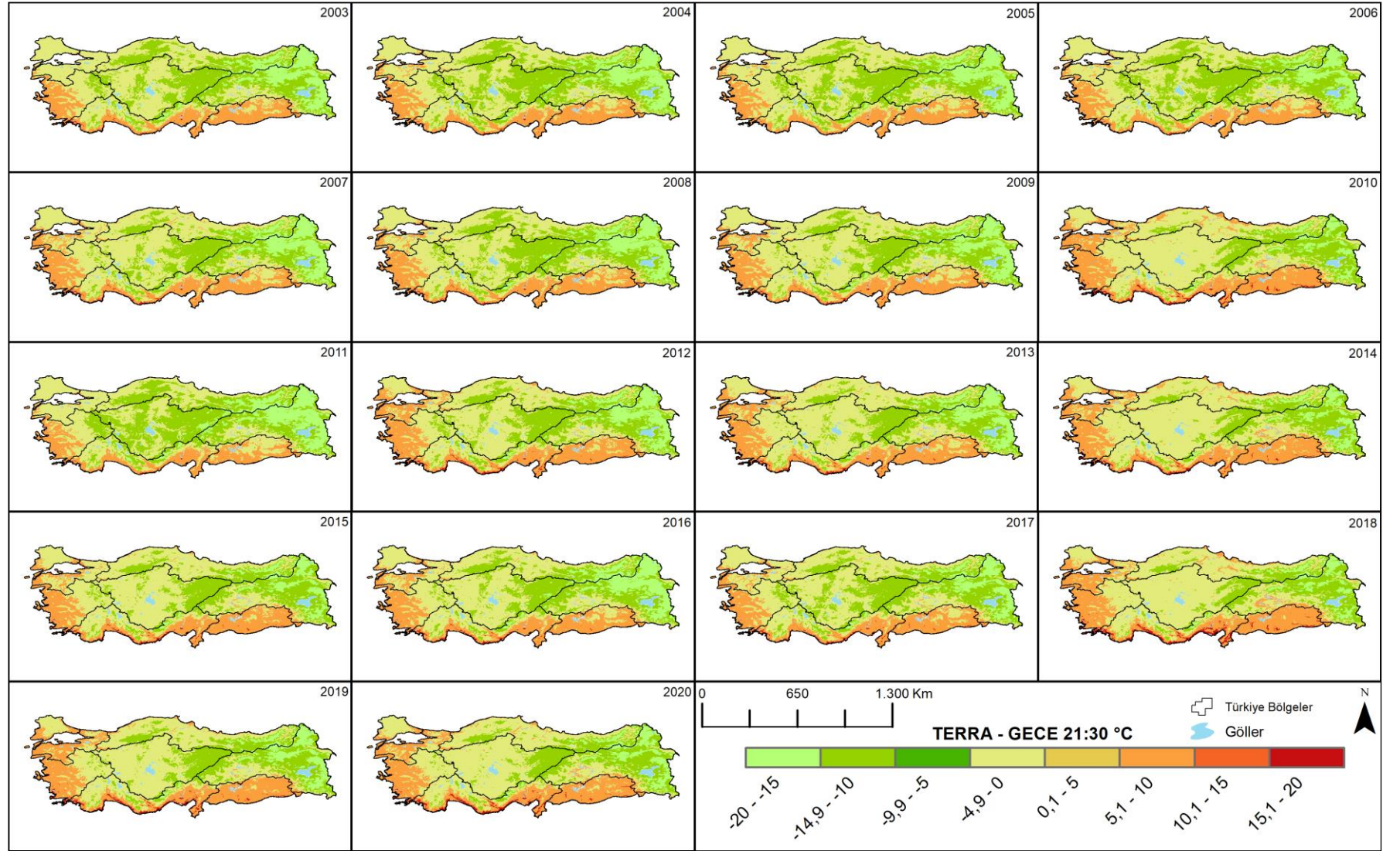
Şekil 5.9. Türkiye’de gündüz 13:30 YS’lerinde meydana gelen yıllık değişimler

5.2.1.4. Gece 21:30 Yüzey Sıcaklıkları (YS)

Günlük ortalama ve gündüz YS'lerine kıyasla, gece YS'lerinde bölgesel değişimler oldukça farklıdır. Ortalama YS'lerdeki artışlar, daha çok İç Anadolu Bölgesinin doğu kısmında meydana gelirken gece 21:30 periyodundaki artışlar ise, orta ve batı kısımda yoğunlaşmıştır. İç Anadolu Bölgesi'nde 2003-2010 periyodu için en yüksek YS'ler, 2010 yılında gözlemlenirken 2011-2020 periyodunda 2018 ve 2020'de belirlenmiştir. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki artışlar daha çok batı kısımdadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki YS artışları, 2011-2020 periyoduyla daha fazla belirginleşmiştir. 2011 yılında, bölgenin büyük çoğunluğu için YS'ler 0 – 5 °C arasında değişirken daha sonraki yıllarda 5 – 10 °C seviyelerine yükselmiştir. Karadeniz Bölgesi YS artışları, 2003-2020 yılları arasında daha çok orta ve batı kısımda bulunmaktadır (Şekil 5.10).

Marmara'daki YS artışları bölgenin güneyinde, batısında ve İstanbul ili üzerinde gerçekleşmiştir. 2018'den itibaren doğu kısımda da belirgin bir YS artışı yaşanmıştır. Akdeniz Bölgesi YS yükselmeleri, 2003-2010 periyodundan sonra belirginleşmiştir. Bu değişimler daha çok denize yakın alanlarda yoğunlaşmıştır (Şekil 5.10).

Ege Bölgesi'ndeki en önemli değişim, doğu kısımda 2011 ve 2017 yılında meydana gelmiştir. Gözlem periyodunun başlangıcı itibariyle gece 21:30 YS'lerinde artışların yaşandığı bölgede bu yıllarda önemli seviyede azalmalar belirlenmiştir (Şekil 5.10).



Şekil 5.10. Türkiye’de gece 21:30 YS’lerinde meydana gelen yıllık değişimler

5.2.1.5. Gece 01:30 Yüzey Sıcaklıkları (YS)

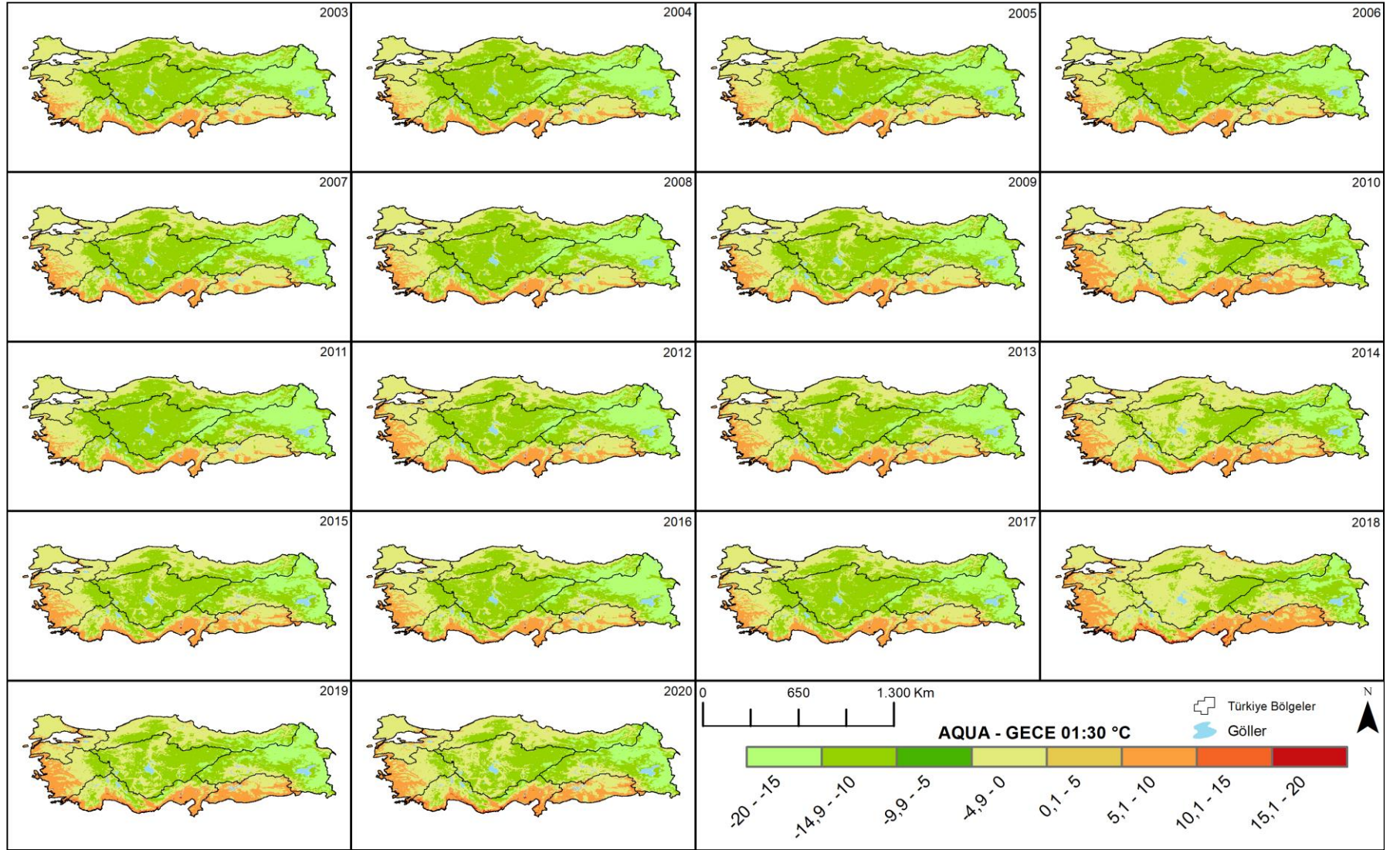
Gece 01:30 YS'lerine göre, Marmara Bölgesi'nde 21:30 periyodunda gözlemlenen değişimler bu periyotta İstanbul ve batı Marmara'daki lokal alanlar dışında belirgin değildir. Batı Marmara ve İstanbul'daki lokal artışlar ise 2010'dan sonra belirgindir. Karadeniz Bölgesi'ndeki YS artışları daha çok orta Karadeniz'de yoğunlaşmıştır (Şekil 5.11).

YS ortalaması genel olarak 2003 yılından 2009 yılına kadar -10 °C ile -5 °C arasında seyreden İç Anadolu Bölgesi'nde 2010'dan itibaren önemli artışlar meydana gelmiştir. Özellikle bölgenin orta ve batı kısmı için 2010, 2014, 2018, 2019 ve 2020 yıllarında gece 01:30 YS'leri -5 °C ile 0 °C arasına yükselmiştir. İç Anadolu'nun doğu yarısında ise YS'ler, 2009 yılına kadar -15 °C ile -10 °C arasında değişirken 2010 yılı itibarıyla -10 °C ile -5 °C civarına yükselmiştir (Şekil 5.11).

YS'lerin hemen her yıl değişim gösterdiği Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde önemli artışlar daha çok güney ve batı kısımda yoğunlaşmıştır. Doğu Anadolu Bölgesi YS artışları ise daha çok batı kısımda Güneydoğu Anadolu'ya yakın alanlarda belirlenmiştir (Şekil 5.11).

2010 yılı gözlemlerine göre, Doğu Anadolu Bölgesinin bazı alanları ile Doğu Karadeniz'in bir kısmı dışında tüm Türkiye'de gece 01:30 YS'leri -10 °C'nin üzerinde seyretmiştir (Şekil 5.11).

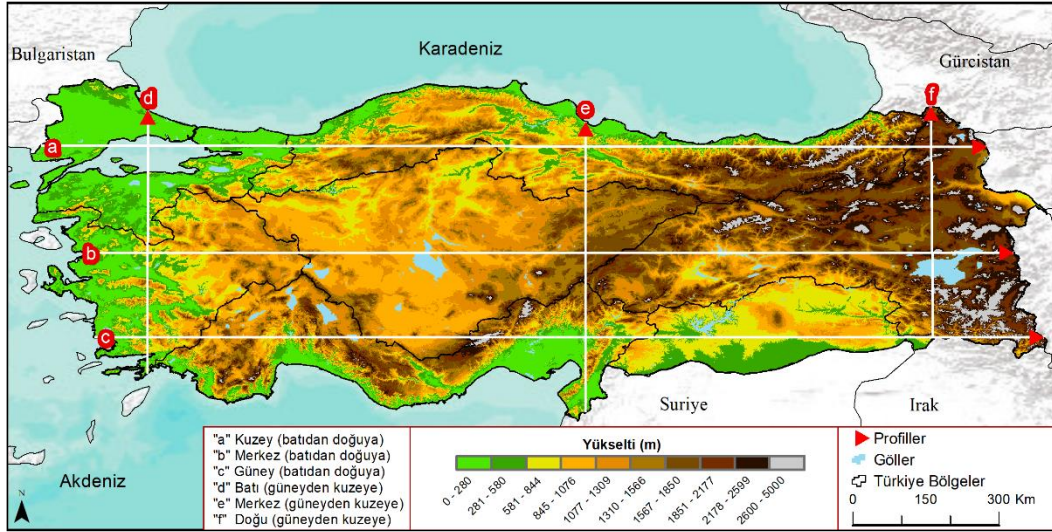
Ege Bölgesi YS artışlarının yoğunlaştığı alanlar, batı kısımlar olarak belirlenmiştir. Batı kısımda 2009 yılına kadar 0 °C ile 10 °C arasında değişen YS'ler, 2010 yılı itibarıyla 5 °C ile 10 °C civarında yoğunlaşmıştır (Şekil 5.11).



Şekil 5.11. Türkiye’de gece 01:30 YS’lerinde meydana gelen yıllık değişimler

5.2.2. Türkiye’de Yüzey Sıcaklıklarının (YS) Profil Analizi

Türkiye’de YS’ler, çok çeşitli coğrafi koşulların etkisi altında kalması nedeniyle fazla değişkenlik göstermektedir. Özellikle bu durum, batıdan doğuya - güneyden kuzeye doğru enlemsel, denizel-karasal ve topoğrafik değişimlerden dolayı oldukça belirgindir. Bu nedenle Türkiye’den altı farklı konumda YS profilleri oluşturulmuştur. Profiller günlük ortalama, gündüz (10:30 – 13:30) ve gece (21:30 – 01:30) periyotlarının uzun yıllar (2003-2020) ortalamasına göre çıkarılmıştır (Şekil 5.12).



Şekil 5.12. Türkiye’de batıdan doğuya - güneyden kuzeye YS profili konumları (KBDG °C için ‘d, e ve f’ profilleri kullanılmıştır)

Türkiye’nin kuzey profiline göre YS’ler, batıdan doğuya doğru (Orta Karadeniz ve Doğu Karadeniz’deki birkaç alan dışında) nispi bir şekilde düştüğü görülmektedir (Şekil 5.13).

Tüm gözlem periyotlarında en soğuk koşullar Doğu Karadeniz Dağları üzerinde meydana gelmiştir. Bu alanda gündüz YS’ler, 5 °C’nin altına kadar düşmektedir. Ortalama YS’lerin 0 °C’ye kadar yaklaştığı alanda gece YS’lerinin ise 0 °C ile -10 °C arasında bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 5.12; Şekil 5.13).

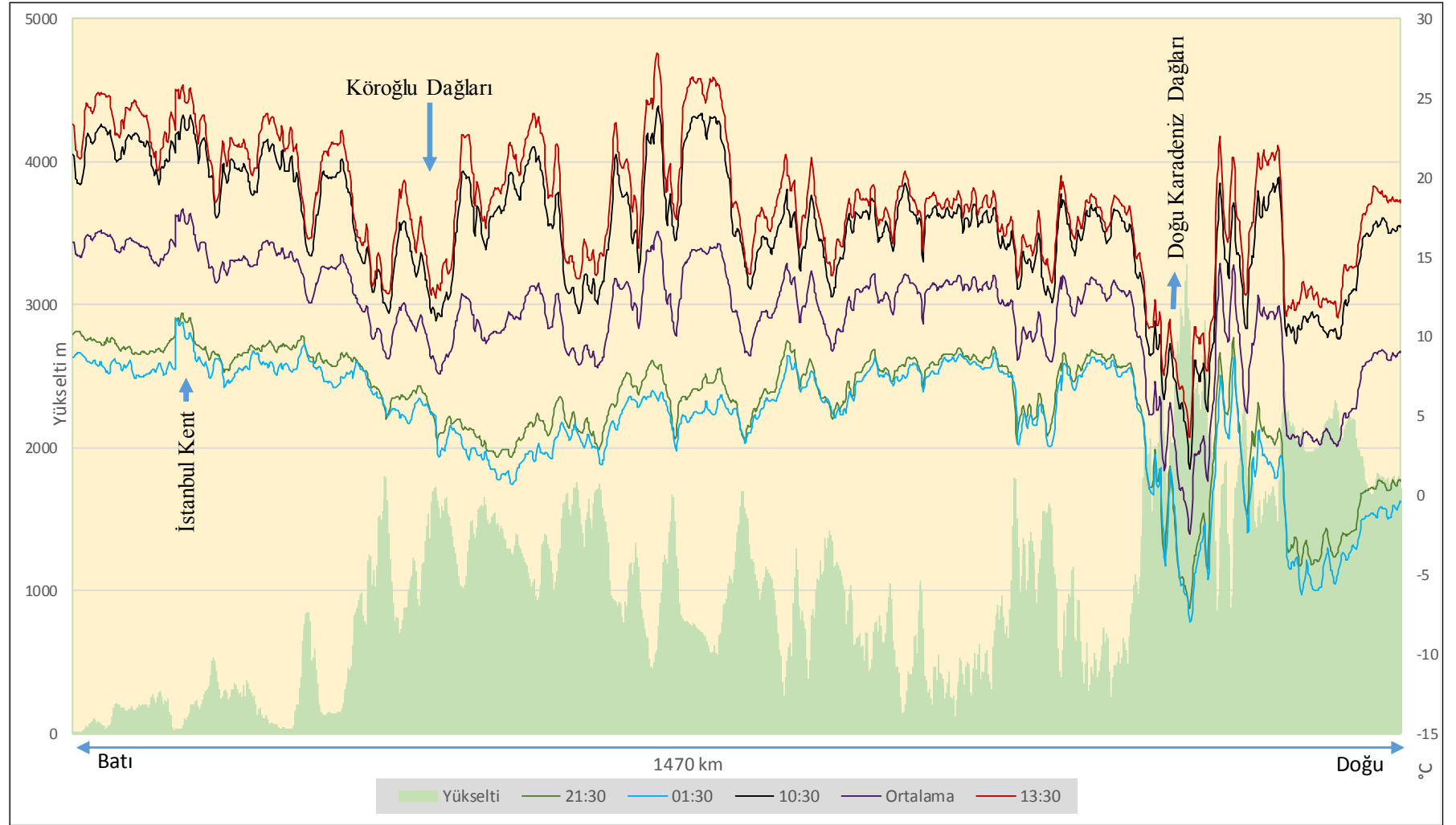
Profilin batı kısmındaki düşük YS’ler, Köroğlu Dağları civarında gerçekleşmiştir. Bu bölgedeki günlük ortalama YS’ler, 10 °C’nin altına kadar düşmektedir (Şekil 5.13).

Topoğrafik koşulların daha stabil olduğu batı kısımda, bölgesel YS farkları oldukça azalmıştır. Bu kesimdeki önemli YS değişimi, topoğrafik koşullar ve diğer doğal etmenlerden ziyade kentsel alan kaynaklıdır. İstanbul kenti üzerinde gerçekleşen belirgin artışlara göre, günlük ortalama YS’ler, 20 °C’ye kadar yaklaşmaktadır. İstanbul kentsel alanının çevresindeki kısımlarda ise, günlük ortalama YS’ler, 15 °C’ye kadar düşmektedir. Aynı bölgedeki gündüz YS’lerine göre, kentsel alanın çevredeki kısımlardan günlük ortalama olduğu gibi daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak

kentsel alan ve çevresi arasında oluşan bu YS farkı, günlük ortalama ve gece gözlemlerindeki kadar belirgin değildir (Şekil 5.13).

İstanbul kentsel alanı ve çevresindeki gündüz gözlemlerine göre, kentsel alanda YS'ler 25 °C'nin üzerine kadar çıkmaktadır (Şekil 5.13).

Kentsel alanlar ve çevresi arasındaki YS farkları, gözlem periyotları içerisinde gece döneminde çok daha belirgindir. Çevredeki alanlarda 6 °C'ye kadar düşen gece YS'leri, kentsel alan üzerinde 12 °C'nin üzerine kadar yükselmektedir (Şekil 5.13).



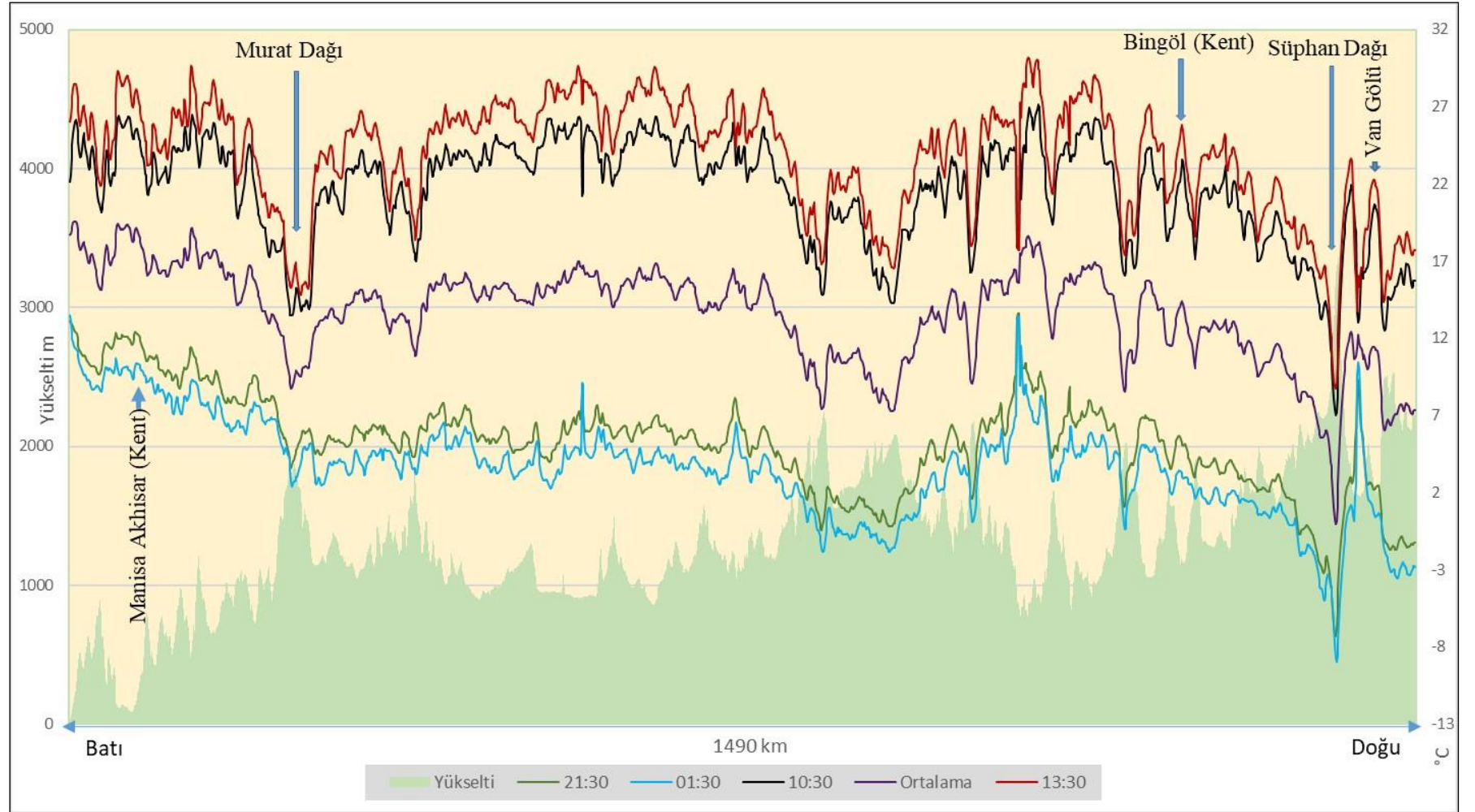
Şekil 5.13. Türkiye'nin kuzey kısmında batıdan doğuya YS profili (Şekil 5.12 "a").

Türkiye'nin merkez profiline göre, YS'lerin batıdan doğuya doğru göreceli düşüşünü İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin batı kısmı bozmaktadır. Tüm gözlem periyotlarındaki en önemli YS düşüşü, Van Gölünün kuzeyinde bulunan Süphan Dağı'nda gerçekleşmiştir. Dağlık alanda yükselti çoğu yerde 3000 metrenin üzerindedir. Süphan Dağı'ndaki YS koşulları; ortalama 2 °C'ye, gece YS'lerinde ise -9 °C'ye kadar düşmektedir (Şekil 5.12; Şekil 5.14).

Profilin batı kısmındaki en yüksek düşüş ise Murat Dağı'nın güneyinde Uşak ili kısmındadır. Gündüz YS'lerinin 12 °C'ye kadar düştüğü alanda, ortalama ise 7 °C civarındadır. Gece YS'lerinin durumu incelendiğinde en düşük seviyenin 2 °C olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.12; Şekil 5.14).

Türkiye'nin merkezinde batıdan doğuya doğru çekilen profil çizgisine göre kentsel alan ve yakın çevresindeki yüksek YS'ler, Manisa'nın Akhisar ilçesi ve Bingöl il merkezinde görülmektedir. Manisa'nın Akhisar ilçesinde kentsel aktivitenin meydana getirdiği görece yüksek YS'ler, gündüz ve günlük ortalama ölçümlerinde belirgin değildir. Akhisar İlçesi ve yakın çevresindeki yüksek YS'ler, daha çok gece gözlemlerinde mevcuttur (Şekil 5.14).

Profil çizgisinin doğu kısmında bulunan Bingöl kent merkezinde gündüz YS'ler, 26 °C'ye kadar çıkmaktadır. Günlük ortalama YS'ler ise 15 °C'ye yaklaşmaktadır. Aynı konumdaki gece YS'leri, 5 °C civarındadır. Bingöl kentsel alanından sonra YS'ler, doğuya doğru yükseltinin artmasına bağlı olarak göreceli bir şekilde düşmektedir. Bu durum, Süphan Dağı'nın doğusundaki Van Gölüne kadar devam etmektedir. Süphan Dağı üzerinde -9 °C'ye kadar düşen gece YS'leri, Van Gölü civarında 10 °C'ye kadar çıkmaktadır. Geniş alanları kaplayan su kütlelerinin geceleri, karalara kıyasla geç soğuması nedeniyle çevresinden daha sıcak koşullar oluşturduğu Van Gölü civarında net bir şekilde gözlemlenmektedir (Şekil 5.14).



Şekil 5.14. Türkiye'nin merkez kısmında batıdan doğuya YS profili (Şekil 5.12 "b").

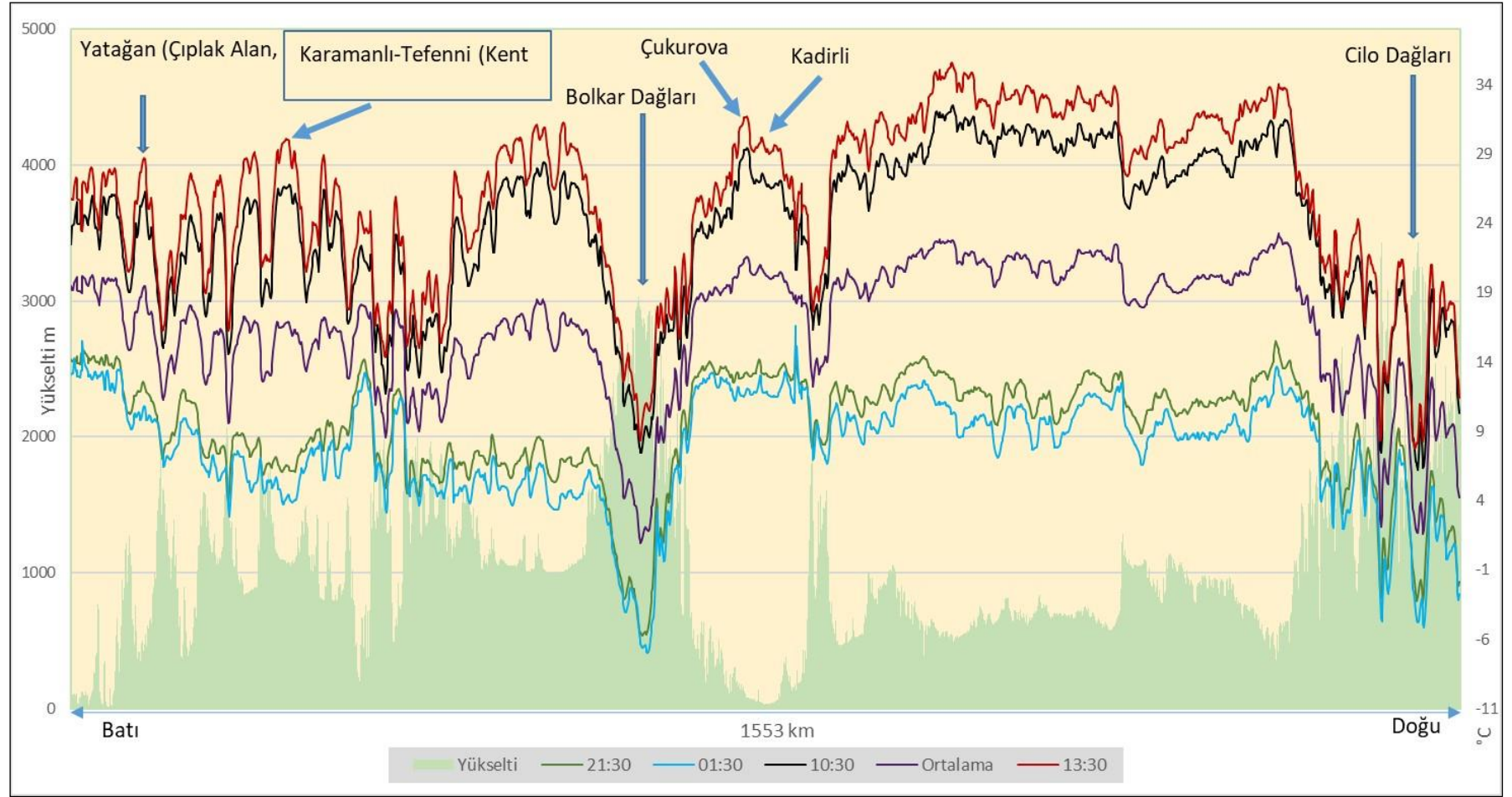
Kuzey ve merkezden farklı olarak güney profilinde batıdan doğuya doğru nispi bir düşüş mevcut değildir. YS'ler, Toros Dağlarının farklı noktalarında gözlemlenen belirgin düşüşler dışında Doğu Anadolu Bölgesinin güney kısmına kadar belirli bir seviyede seyretmiştir. Doğu Anadolu Bölgesinin güney kısmında (Cilo Dağları ve çevresinde) yükseltinin artması ve denizel hava koşullarının iyice zayıflamasıyla birlikte tüm periyotlardaki YS'ler, profilin en düşük seviyelerinden birine gerilemiştir (Şekil 5.12; Şekil 5.15).

Akdeniz Bölgesi'nde Bolkar Dağları ile birlikte Cilo Dağları'ndaki gece YS'ler, -5 °C'ye kadar düşmektedir. İki alanda da gündüz YS'ler, 9 °C civarındadır (Şekil 5.12; Şekil 5.15).

Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki görece daha yüksek ve stabil YS koşulları, yükseltinin çok fazla değişmemesiyle, ormanlık alanlardan ziyade seyrek çalılık alanların (çıplak alanla karışık) bulunmasıyla ve tarım alanlarının varlığıyla ilgilidir (Şekil 4.1; Şekil 5.12; Şekil 5.15).

Güney profilin doğu yarısında, denizel hava koşullarına bağlı etkilerin zayıflamasıyla ve yükseltinin artmasıyla birlikte gece 21:30 ve 01:30 ölçümleri arasındaki YS farklarının görece azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.12; Şekil 5.15).

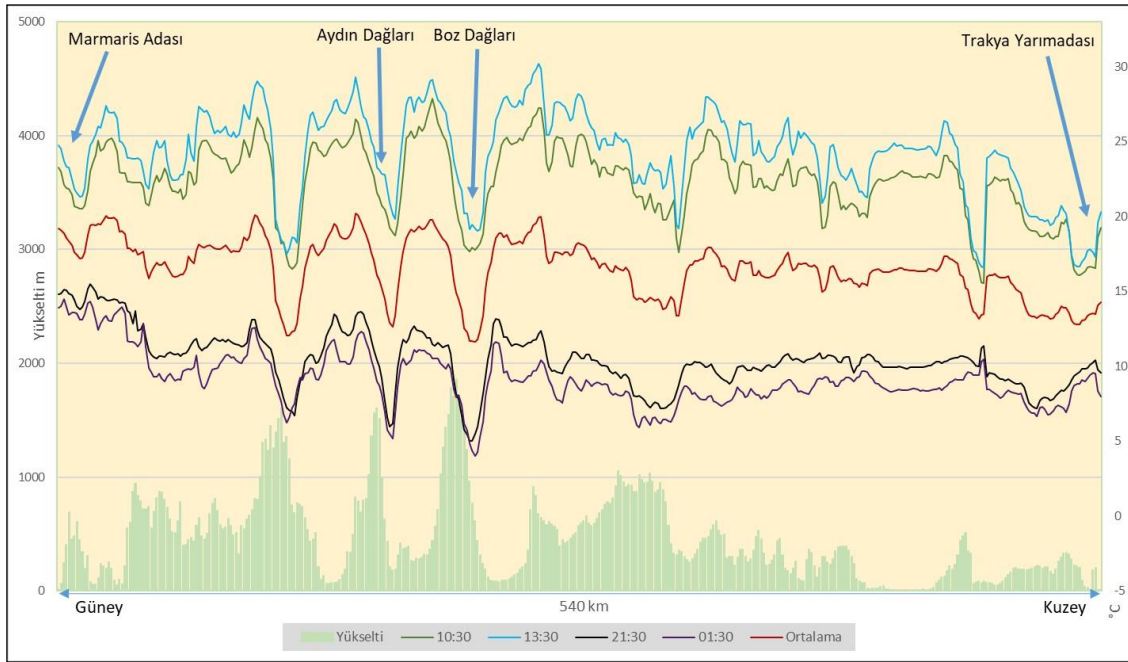
Kentsel alanların, kentsel aktiviteye bağlı tarımsal alanların ve çıplak alanların meydana getirdiği görece yüksek YS'ler, profil üzerindeki çeşitli yerleşim alanlarıyla belirtilmiştir. Bu yerleşim alanları batıdan doğuya doğru Yatağan, Karamanlı, Tefenni, Çukurova ve Kadirli'dir (Şekil 5.15).



Şekil 5.15. Türkiye'nin güney kısmında batıdan doğuya YS profili (Şekil 5.12 "c").

Türkiye'nin batı kısmında güneyden kuzeye doğru çekilen YS profiline göre enlemsel etki belirgin bir şekilde gözlemlenmektedir. Güneyde Marmaris çevresinde 15 °C seviyelerinden başlayan gece YS'leri, kuzeyde Trakya Yarım Adasının Karadeniz'e bakan kısmında 7 °C civarına kadar düşmektedir. Aynı hatta göre güneyde, 24 °C'den başlayan gündüz YS'ler, kuzeyde 20 °C seviyesine inmiştir. Günlük ortalama gözlemlerine bakıldığında; güneyde YS'lerin, 20 °C'ye kadar yükseldiği kuzeyde 14 °C'ye kadar düştüğü görülmektedir (Şekil 5.12; Şekil 5.16).

Batı profilinde YS'lerin önemli düşüşler gösterdiği alanlar, Aydın ve Boz Dağları'dır (Şekil 5.16).

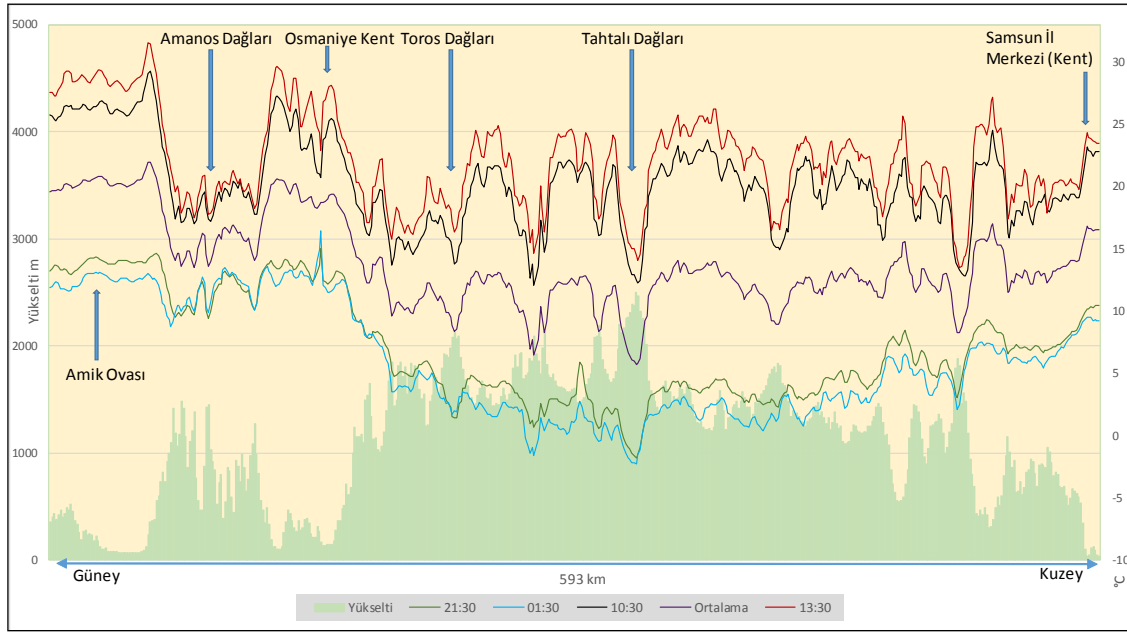


Şekil 5.16. Türkiye'nin batı kısmında güneyden kuzeye YS profili (Şekil 5.12 "d").

Merkez kısımda güneyden kuzeye doğru çekilen profile göre, Amanos Dağlarının güneyindeki Amik Ovası'nda gündüz YS'leri 25 °C'nin üzerindedir. Amanos Dağlarına gelindiğinde ise belirgin bir düşüş mevcuttur. Toros Dağlarıyla birlikte güneyden kuzeye doğru, yükseltiden kaynaklanan değişimler dışında önemli bir azalma mevcut değildir. Benzer koşullar hem günlük ortalama hem de gece YS'lerinde oluşmuştur. Kuzey kısımda Karadeniz'e yakın Samsun il merkezinde, kentsel alan kaynaklı ısı artışı nedeniyle gündüz YS'ler 25 °C'ye kadar çıkmıştır. Aynı konumda günlük ortalama YS'ler, 15 – 16 °C civarındayken gece YS'leri 10 °C seviyesindedir (Şekil 5.12; Şekil 5.17).

Güneyden kuzeye doğru YS'lerin önemli düşüşler gösterdiği alanlar, sırayla Amanos, Toros ve Tahtalı Dağlarıdır (Şekil 5.12; Şekil 5.17).

Kuzeydeki Samsun kentsel alanından sonra YS'lerin çevresine kıyasla daha yüksek olduğu bölge, Osmaniye kentsel alanıdır. Bölgenin çevresindeki gece YS'leri, 11 °C'ye kadar düşerken kentsel alanda 16'ye kadar yükselmektedir (Şekil 5.17).

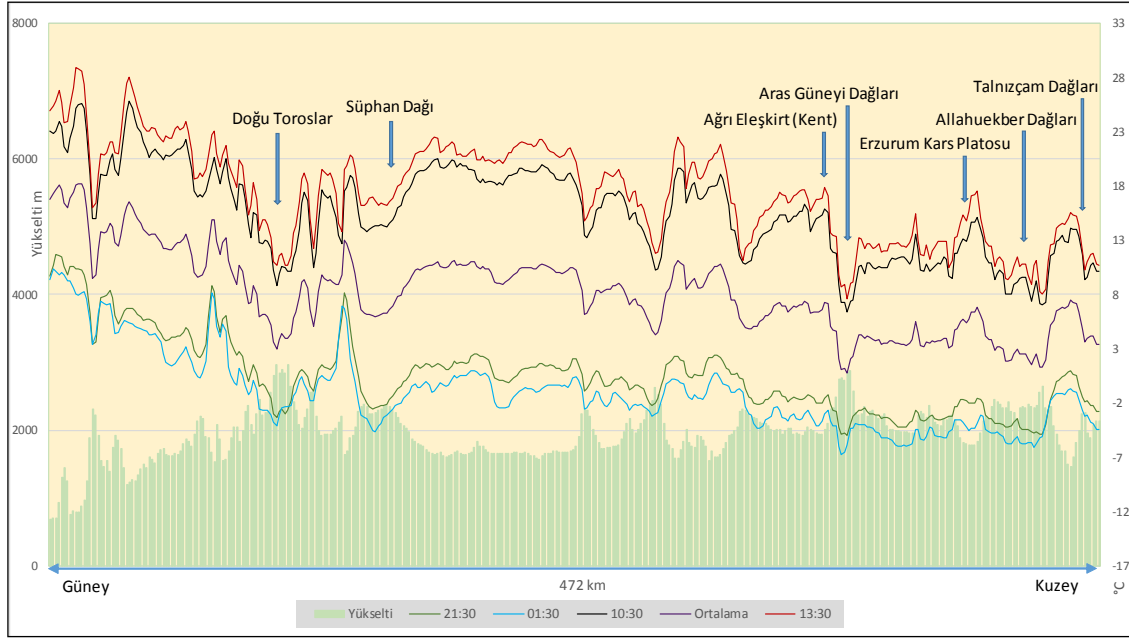


Şekil 5.17. Türkiye'nin merkez kısmında güneyden kuzeye YS profili (Şekil 5.12 "e")

Enlemsel artışla birlikte, güneyden kuzeye YS düşüşünün en belirgin olduğu profil doğu kısmıdır. Güney-kuzey yönlü doğu profilinde, 30 °C seviyelerinden başlayan gündüz YS'leri kuzeyde 10 °C'ye kadar gerilemiştir. Yaklaşık 15 °C'den başlayan ortalama YS'ler ise en kuzeyde 3 °C'ye düşmüştür (Şekil 5.18).

Gece YS'leri değişimlerine bakıldığında, 10 °C – 11 °C seviyelerinden Gürcistan sınırına doğru -4 °C civarına kadar bir azalma mevcuttur (Şekil 5.18).

Tüm profil analizlerine göre; özellikle gece 21:30 – 01:30 ölçüm periyotları için yükseltinin arttığı topoğrafik alanlarda YS farkları oldukça düşüktür. Yine tüm profillerde; YS'lerin denizel – karasal alanlarla, yükseltiyle ve enlemsel değişimlerle olan ilişkisi belirgin bir şekilde ortaya koyulmuştur (Şekil 5.12 - Şekil 5.18).



Şekil 5.18. Türkiye'nin doğu kısmında güneyden kuzeye YS profili (Şekil 5.12 "f")

5.2.3. Türkiye'de Yüzeysel Sıcaklıklarındaki (YS) Eğilimlerin Piksel Tabanlı Mann-Kendall Trend Analiziyle İncelenmesi

Türkiye'de çeşitli ölçüm periyotlarındaki YS artışları, istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. İstatistiksel olarak anlamlı ve anlamsız artışların toplamı, tüm ölçüm periyotlarında %79'un üzerindedir. Bu alanda en düşük artış oranları sırasıyla gündüz 13:30 ve 10:30 gözlemlerinde belirlenmiştir. En yüksek artış oranı ise %99'un üzerinde gece 01:30 periyodunda gözlemlenmiştir (Tablo 5.2; Tablo 5.3).

Gece YS'lerindeki artışın büyük çoğunlukta istatistiksel anlamlılık içermesi oldukça önemlidir. Gündüz ve gece YS'lerinin bir kombinasyonu olan ortalama YS'lerde gece gözlemlerine benzer artışlar mevcuttur. Burada gece YS'lerinden farklı olarak sadece anlamsız artış oranı yüksektir (Tablo 5.2; Tablo 5.3).

Tablo 5.2. Mann-Kendall trend analizine göre Türkiye'de YS'lerde meydana gelen pozitif eğilimler ile toplam pozitif artışların (anlamlı-anlamsız) alansal dağılımı

Periyotlar	%99 (+) km ²	%99-95 (+) km ²	%95-90 (+) km ²	Anlamsız (+) km ²	Toplam (+) km ²
Gündüz	(12,97%) 99401	(21,63%)	(8,51%) 65213	(45,01%)	(88,12%)
10:30		165710		344843	675167
Gündüz	(6,76%) 51812	(17,63%)	(8,16%) 62524	(46,9%) 359324	(79,45%)
13:30		135091			608751
Gece 21:30	(43,33%)	(33,23%)	(8,35%) 64006	(13,44%)	(98,35%)
	332011	254608		102971	753596
Gece 01:30	(49,22%)	(40,88%)	(5,72%) 43817	(4,11%) 31529	(99,93%)
	377115	313198			765658
Ortalama	(23,26%)	(35,17%)	(11,77%)	(27,66%)	(97,85%)
	178186	269454	90155	211971	749766

Pozitif trendlerde önemli artışların yaşandığı Türkiye’de, negatif trendlerin alansal dağılımı çok düşük seviyededir. Gece YS’lerindeki pozitif trend artışlarının bir yansıması olarak anlamlı negatif gece trendlerinin alansal dağılımı %1’in altında kalmıştır (Tablo 5.2; Tablo 5.3).

Anlamlı ve Anlamsız negatif trend toplamının en yüksek olduğu parametreler sırasıyla gündüz 13:30 ve 10:30 gözlemleridir. Gündüz 13:30 periyodundaki toplam anlamlı-anlamsız azalma yaklaşık %20 civarındadır. Gündüz 10:30’da ise bu oran yaklaşık %12’dir (Tablo 5.3).

Anlamlı azalmaların en yüksek olduğu kısım %2,64’lük bir değerle gündüz 13:30’dur (Tablo 5.3).

Tablo 5.3. Mann-Kendall trend analizine göre Türkiye’de YS’lerde meydana gelen negatif eğilimler ile toplam negatif azalışların (anlamlı-anlamsız) alansal dağılımı

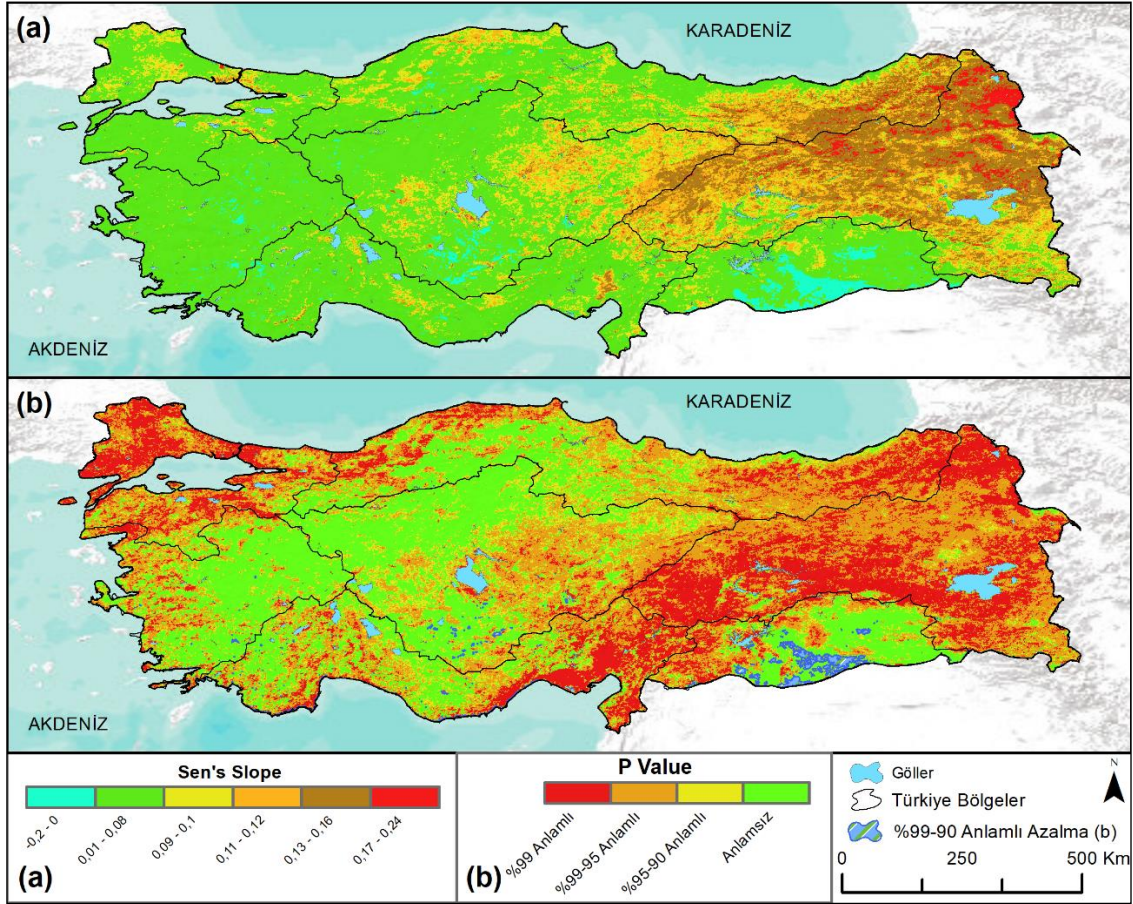
<i>Periyotlar</i>	<i>%99-90 (-) km²</i>	<i>Anlamsız (-) km²</i>	<i>Toplam (-) km²</i>	<i>Toplam (+-) km²</i>
Gündüz 10:30	(1,81%) 13880	(10,07%) 77174	(11,88%) 91055	766222
Gündüz 13:30	(2,64%) 20195	(17,92%) 137277	(20,55%) 157471	766222
Gece 21:30	(0,49%) 3746	(1,16%) 8880	(1,65%) 12626	766222
Gece 01:30	(0,01%) 44	(0,07%) 519	(0,07%) 564	766222
Ortalama	(0,52%) 4009	(1,62%) 12447	(2,15%) 16456	766222

5.2.3.1. Günlük Ortalama Yüzey Sıcaklıkları (YS)

Günlük ortalama YS’lerdeki piksel tabanlı trend analizine göre, anlamlı artışların daha çok Doğu Anadolu Bölgesinde meydana geldiği belirlenmiştir. Anlamlı artışların yaşandığı diğer alanlar Güneydoğu Anadolu Bölgesinin batısı, Karadeniz Bölgesi’nin büyük çoğunluğu, Marmara Bölgesi, İç Anadolu’nun doğusu, Ege Bölgesinin denize yakın alanları, Akdeniz’in batı ve doğu kısımlarıdır. Bu alanlar içerisinde Doğu Karadeniz, Trakya ve Akdeniz’in doğusundaki artışların istatistiksel güvenilirliği oldukça yüksektir (Şekil 5.19).

İstatistiksel olarak anlamsız artışların yoğunlaştığı alanlar İç Anadolu Bölgesinin kuzey ve kuzey batısı, Ege ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinin doğu kısımlarıdır (Şekil 5.19).

Günlük ortalama YS’lerdeki negatif trendlerin olduğu alanlar birkaç küçük bölge dışında İç Anadolu ile Güneydoğu Bölgesinin güneyinde yoğunlaşmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki negatif trendler, büyük oranda anlamlıyken İç Anadolu Bölgesi içinde bulunanlar çoğunlukla anlamsızdır (Şekil 5.19).



Şekil 5.19. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda günlük ortalama YS’lerin piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizi

5.2.3.2. Gündüz 10:30 Yüzey Sıcaklıkları (YS)

Gündüz 10:30 YS’lerine göre istatistiksel olarak anlamlı artışların yaşandığı en belirgin bölge, günlük ortalama YS’lerde de olduğu gibi Doğu Anadolu Bölgesinde meydana gelmiştir. Karadeniz Bölgesindeki anlamlı artışların Doğu Karadeniz Bölgesinde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Orta Karadeniz’deki artışların istatistiksel anlamda bir önemi yoktur. Karadeniz Bölgesinde, Doğu Karadeniz’den sonra anlamlı artışlar daha çok Batı Karadeniz’de mevcuttur (Şekil 5.19; Şekil 5.20).

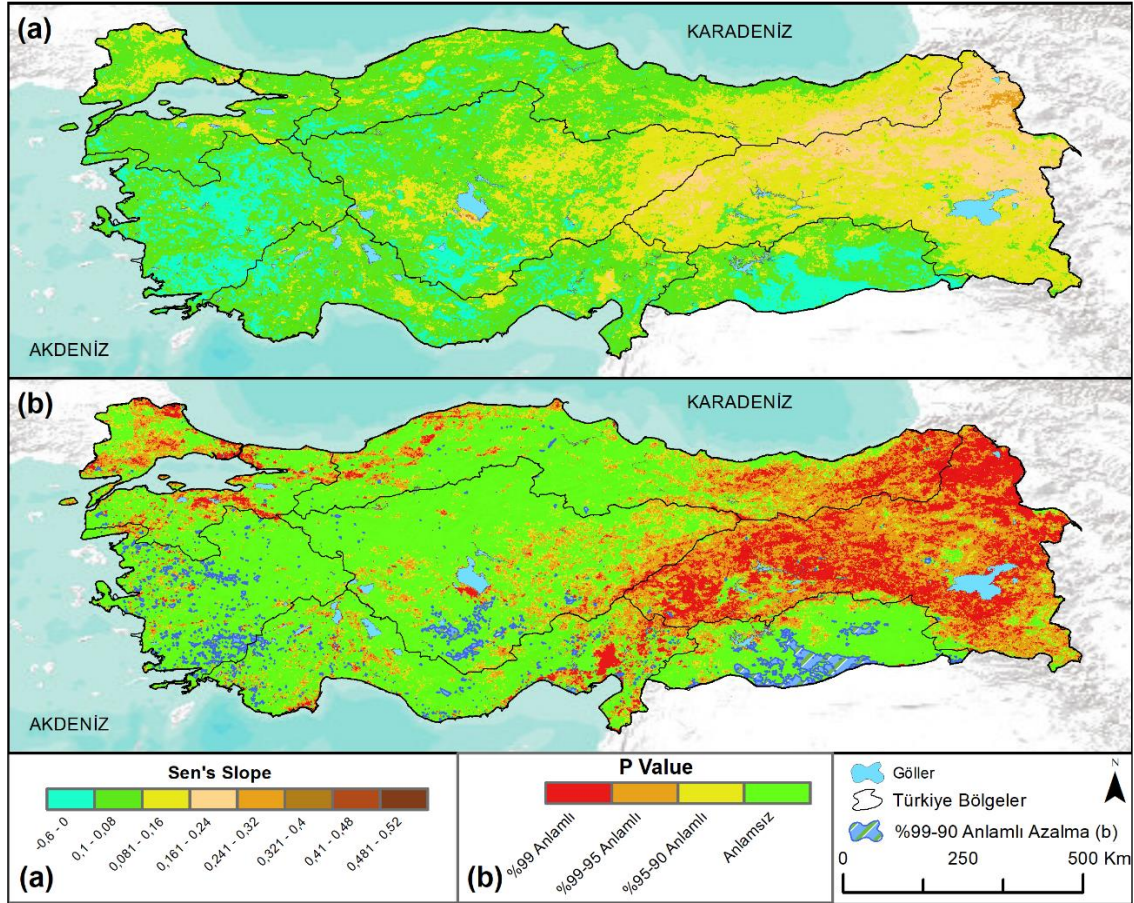
Anlamlı artışların en belirgin olduğu diğer bölge ise Marmara’dır. Burada İstanbul ili üzerindeki artışların tamamına yakını istatistiksel olarak anlamlıdır (Şekil 5.20).

İç Anadolu Bölgesindeki anlamlı artışlar, büyük oranda doğu kısmında mevcuttur. Diğer kısımdaki anlamlı artışlar Tuz Gölü’nün güneyi dışında belirgin bir alanda yoğunlaşmamıştır (Şekil 5.20).

Ege Bölgesinin denize yakın kısımlarında; günlük ortalama YS periyodunda gözlemlenen anlamlı artışlar, gündüz 10:30’da mevcut değildir. Aynı durum Akdeniz’in batı kısmı için de geçerlidir. Akdeniz Bölgesinin doğusundaki anlamlı artışlar, günlük

ortalama YS'lerde olduğu gibi gündüz 10:30'da da devam etmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde, batı ve kuzeydeki birkaç küçük alan dışında anlamlı bir artış yoktur (Şekil 5.19; Şekil 5.20).

Günlük ortalama YS periyodu trend analizlerine göre, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu'da gözlemlenen anlamlı azalmaların gündüz 10:30 periyodunda artış gösterdiği bulunmuştur. Bu bölgelerdeki anlamlı negatif trend artışlarına ilaveten Batı Akdeniz ile Ege Bölgesinde YS'lerin azaldığı alanlar ortaya çıkmıştır (Şekil 5.19; Şekil 5.20).



Şekil 5.20. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda gündüz 10:30 YS’lerinin piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizi

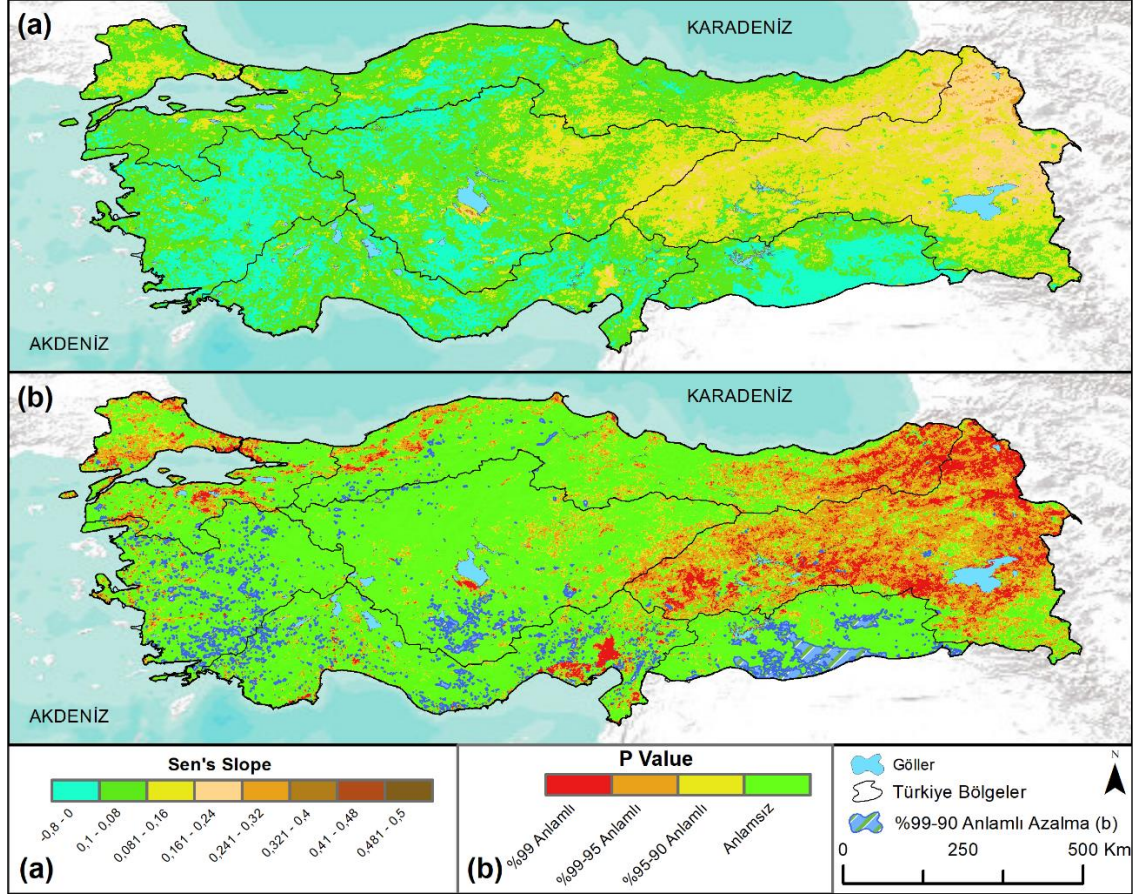
5.2.3.3. Gündüz 13:30 Yüzey Sıcaklıkları (YS)

Gündüz 10:30 ile 13:30 YS’lerindeki anlamlı artışlar, mekânsal olarak birbirlerine benzer alanlardadır. Gündüz 13:30 periyodundaki anlamlı artışlar, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 10:30’a göre büyük oranda azalmıştır (Şekil 5.20; Şekil 5.21).

Ege Bölgesindeki anlamlı azalmalar, 10:30 periyoduna kıyasla genişlemiştir. Aynı durum Akdeniz Bölgesinin batısı için de geçerlidir. Gündüz 10:30 YS’lerinden farklı olarak 13:30 periyodunda Akdeniz’in orta kısmında önemli değişimler vardır. Bu

bölgedeki anlamlı azalmalar 13:30 YS’lerinde belirgin artışlar göstermiştir (Şekil 5.20; Şekil 5.21).

Doğu Akdenizde, Adana ili üzerindeki 10:30 periyodunda gözlemlenen anlamlı YS artışları 13:30’da da bulunmaktadır (Şekil 5.20; Şekil 5.21).



Şekil 5.21. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda gündüz 13:30 YS’lerinin piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizi

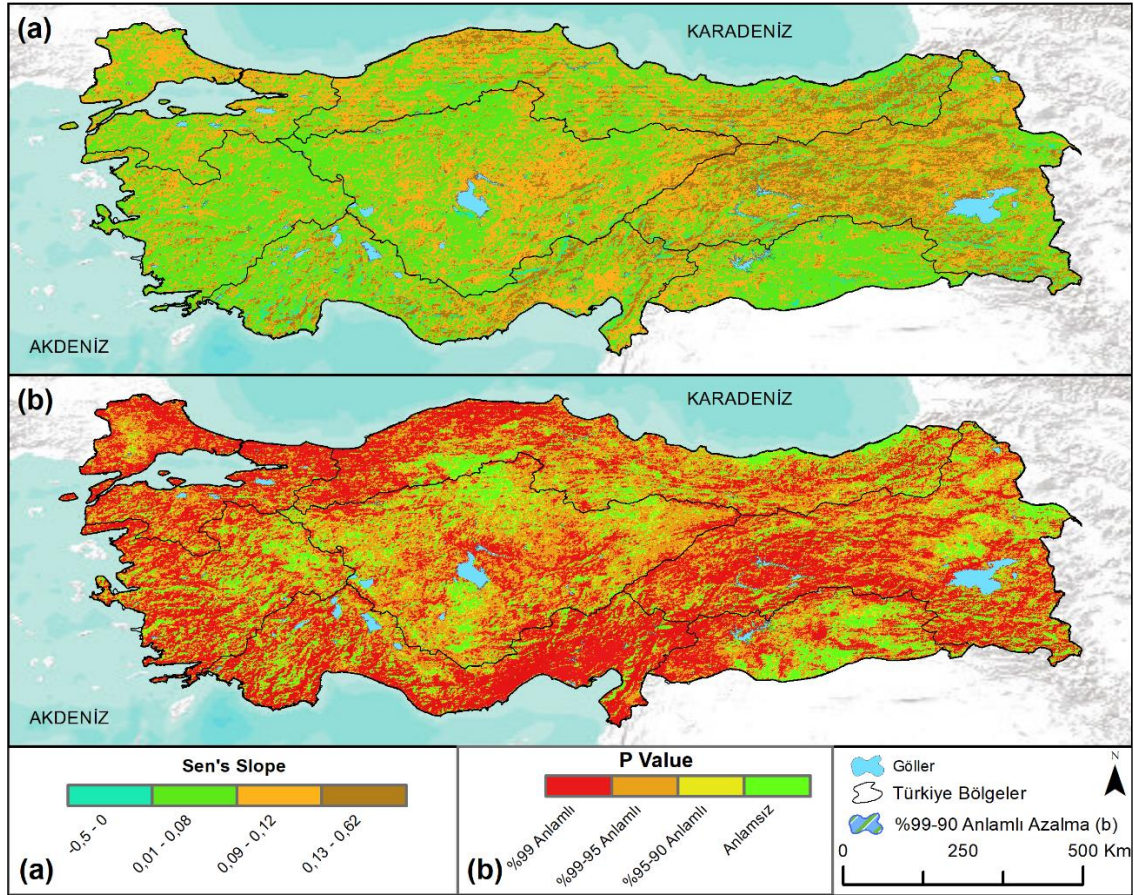
5.2.3.4. Gece 21:30 ve 01:30 Yüzey Sıcaklıkları (YS)

Türkiye’nin gece 21:30 ve 01:30 YS’leri, mekânsal olarak günlük ortalama ve gündüz YS’lerinden istatistiksel anlamda çok farklı sonuçlar içermektedir. Gece 21:30 ve 01:30 periyodlarına göre, bazı alanlar dışında Türkiye’nin hemen hemen her bölgesinde oldukça anlamlı YS artışları yaşanmıştır. Her iki gözlem periyodunda da, anlamsız artışların diğer bölgelere kıyasla biraz daha fazla olduğu bölge Güneydoğu Anadolu Bölgesidir (Tablo 5.2; Tablo 5.3; Şekil 5.19 - Şekil 5.23).

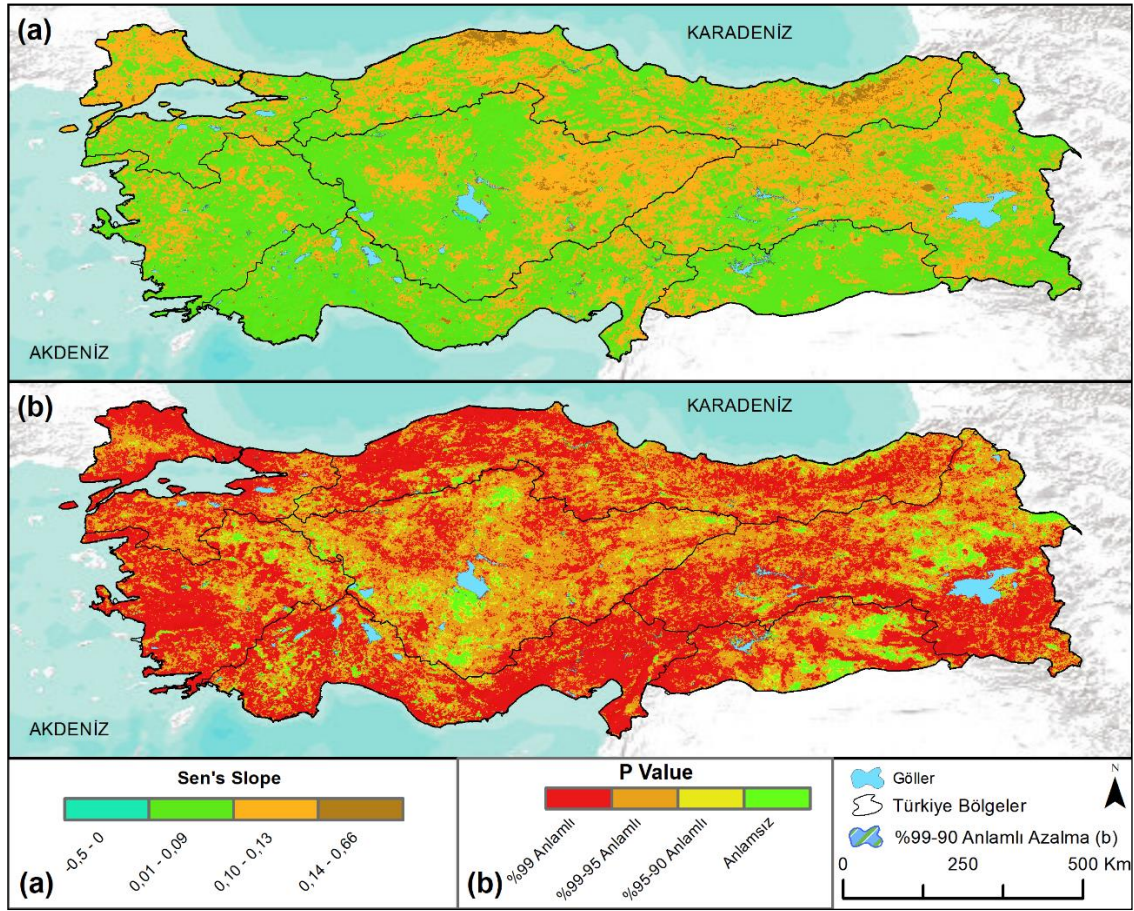
Günlük ortalama ve gündüz ölçümlerinde anlamlı YS artışlarının mevcut olduğu Tuz Gölünün güneyinde, gece YS’lerine göre istatistiksel olarak anlamsız artışlar belirlenmiştir (Şekil 5.19 - Şekil 5.23).

Günlük ortalama ve gündüz YS’lerindeki negatif yönlü anlamlı azalmaların durumu gece YS’lerinde belirgin bir şekilde değişmiştir. Bu alanlardaki negatif

trendlerin yerini, gece YS'lerinde istatistiksel olarak anlamsız da olsa pozitif eğilimler almıştır. Gece gözlemlerinin her ikisinde de, herhangi bir alanda yoğunlaşan YS azalması mevcut değildir (Tablo 5.2; Tablo 5.3; Şekil 5.19 - Şekil 5.23).



Şekil 5.22. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda gece 21:30 YS’lerinin piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizi



Şekil 5.23. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda gece 01:30 YS’lerinin piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizi

5.2.4. Yüzey Sıcaklıklarında (YS) Meydana Gelen Kentsel ve Kırsal Farklılıkların İncelenmesi

Kentsel alanlar; kentsel faaliyetlerin meydana getirdiği ısı birikimi ve kırsal alanlardaki yüzeylerden görece fazla ısı tutması nedeniyle çevrelerinden daha yüksek YS’lere ulaşmaktadır. Kentsel alanlardaki YS farkını belirleyebilmek ve bu farkın farklı mesafelerdeki durumunu değerlendirebilmek amacıyla 3 ve 5 km buffer alanları oluşturulmuştur. İl sınırları içerisinde, 3 km²’den fazla alana sahip kent sınırlarına (Şekil 4.5 - kırmızı alanlar) 3 ve 5 km buffer bölgeleri oluşturularak kentsel alanlar (Buffer 3 ve 5 km) belirlenmiştir. Buffer 3 km’nin dışında kalan alanlar kırsal 3 km, buffer 5 km’nin dışında kalanlar ise kırsal 5 km bölgeleri (Şekil 4.5 – yeşil) ya da zonları olarak kabul edilmiştir (Şekil 4.5).

3 km ile 5 km buffer alanlarında gerçekleştirilen istatistiksel gösterge analizlerinin sonuçları Tablo 5.4 - Tablo 5.6’da gösterilmektedir.

Türkiye’de 2021 yılı nüfus miktarlarına göre en kalabalık 15 il üzerinde gerçekleştirilen YS değişim analizlerinde, kentsel-kırsal alanlar arasında belirgin YS farkları belirlenmiştir (Tablo 5.4 - Tablo 5.6).

Kent sınırlarına 3 ve 5 km mesafede buffer alanları oluşturularak, kentsel alandan belirli mesafelerde uzaklaştıkça YS farklarının değişimi incelenmiştir (Şekil 4.5; Tablo 5.4 - Tablo 5.6).

YS'lerdeki kentsel-kırsal farklar; ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma parametreleriyle ortaya koyulmuştur. Kentsel ısı adaları nedeniyle kentler ve yakın çevrelerinde, kırsal alanlardan daha fazla YS artışları yaşanmıştır (Tablo 5.4 - Tablo 5.6).

Bazı illerin kentsel alanlarında, kırsal alanlara kıyasla yüksek YS'ler mevcut değildir. Çıplak alanlar ve lokal iklim koşulları nedeniyle birkaç ilin kentsel kısımlarında çevresine kıyasla daha düşük YS'ler belirlenmiştir (Tablo 5.4 - Tablo 5.6).

Araştırmada değerlendirilen minimum YS parametresine göre; kentsel ortam ve yakın çevrelerinde kırsal alanlardan daha yüksek değerlerde YS'ler gözlemlenmiştir. Minimum YS'lerde oluşan bu mekânsal farklılık maksimum ve ortalama YS'lerde daha nettir (Tablo 5.4 - Tablo 5.6).

Çalışmada incelenen illere göre kentsel alanlar; daha stabil YS koşulları meydana getirerek çevresindeki kırsal alanlara kıyasla düşük standart sapmaların oluşmasını sağlamıştır (Tablo 5.4 - Tablo 5.6).

Tablo 5.4. İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa ve Antalya illerinde kentsel ve kırsal YS durumu (“G-ORT” günlük ortalama)

<i>KENTSEL 5 KM (°C)</i>					<i>KIRSAL 5 KM (°C)</i>				<i>KENTSEL 3 KM</i>				<i>KIRSAL 3 KM</i>				<i>İL (°C)</i>	
İstanbul	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
10:30	16,0	24,8	21,1	1,9	15,1	22,8	19,2	1,4	16,0	24,5	21,2	1,8	15,1	23,2	19,3	1,5	20,3	1,9
13:30	16,7	27,0	22,5	2,2	15,6	24,4	20,3	1,6	16,7	26,8	22,6	2,2	15,6	24,8	20,4	1,7	21,5	2,2
21:30	8,5	12,7	10,4	0,9	7,1	11,9	9,2	0,7	8,7	12,7	10,5	0,9	7,1	11,9	9,3	0,7	9,9	1,0
01:30	7,5	12,5	9,5	1,0	5,9	12,5	8,4	0,8	7,5	12,5	9,7	1,0	5,9	12,5	8,4	0,8	9,0	1,1
G-ORT	13,5	18,9	15,9	1,2	12,8	16,3	14,3	0,7	13,5	18,7	16,0	1,2	12,8	16,6	14,4	0,8	15,2	1,3
Ankara	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
10:30	12,9	26,6	22,9	1,9	10,7	26,6	22,0	3,1	13,5	26,6	22,9	1,7	10,7	26,6	22,1	3,0	22,3	2,8
13:30	14,5	29,6	25,3	2,0	11,7	30,1	24,4	3,4	16,0	29,3	25,3	1,8	11,7	30,1	24,5	3,3	24,8	3,1
21:30	3,6	11,5	6,4	1,2	-0,3	11,6	5,9	1,5	4,1	11,5	6,4	1,2	-0,3	11,6	5,9	1,5	6,1	1,4
01:30	1,9	11,5	4,5	1,1	-1,0	11,4	4,3	1,4	1,9	11,5	4,5	1,2	-1,0	11,4	4,3	1,4	4,3	1,3
G-ORT	8,7	18,3	14,8	1,3	6,7	18,0	14,2	2,1	9,6	18,4	14,8	1,1	6,7	18,3	14,2	2,1	14,4	1,9
İzmir	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
10:30	15,6	29,2	24,1	2,1	14,5	28,0	22,4	2,3	16,6	29,2	24,4	1,9	14,5	28,7	22,6	2,3	23,1	2,4
13:30	17,1	32,0	26,4	2,3	15,3	30,0	24,1	2,6	17,8	32,0	26,7	2,1	15,3	31,7	24,4	2,7	25,0	2,7
21:30	8,2	15,2	12,5	1,0	4,4	15,1	11,3	1,7	9,0	15,2	12,7	0,9	4,4	15,1	11,5	1,6	11,8	1,6
01:30	7,1	16,2	11,5	1,2	3,0	15,9	9,7	1,8	8,4	16,2	11,6	1,2	3,0	15,9	10,0	1,7	10,4	1,8
G-ORT	12,5	21,2	18,4	1,2	10,1	20,7	17,1	1,8	12,5	21,2	18,7	1,1	10,1	20,8	17,2	1,8	17,6	1,7
Bursa	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
10:30	8,1	25,5	21,1	2,6	7,8	24,4	19,0	2,7	9,1	25,5	21,4	2,5	7,8	24,5	19,2	2,8	19,6	2,9
13:30	9,5	27,5	23,0	2,9	9,2	26,5	20,6	3,1	10,2	27,5	23,3	2,7	9,2	26,7	20,9	3,1	21,4	3,2
21:30	-1,0	13,9	9,7	1,6	-2,2	13,9	8,5	1,7	-1,0	13,1	9,9	1,5	-2,3	13,8	8,6	1,7	8,9	1,8
01:30	-3,6	15,1	8,3	1,5	-3,6	14,0	7,4	1,7	-1,3	15,1	8,4	1,5	-3,6	14,2	7,5	1,7	7,7	1,7
G-ORT	3,0	18,4	15,5	1,8	2,8	17,5	13,9	2,0	4,4	18,4	15,8	1,8	2,9	17,5	14,1	2,0	14,4	2,1
Antalya	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
10:30	7,4	29,5	23,4	3,6	4,8	28,6	19,2	4,4	11,0	29,5	24,0	3,4	4,8	28,6	19,6	4,3	20,9	4,5
13:30	10,3	31,2	24,9	3,8	6,9	30,6	20,9	4,4	12,4	31,2	25,6	3,5	6,9	30,6	21,2	4,4	22,6	4,5
21:30	-2,7	17,4	12,3	3,3	-5,3	17,7	8,4	4,5	0,1	17,3	12,8	3,0	-5,3	17,7	8,7	4,5	9,8	4,5
01:30	-5,1	18,2	11,4	3,6	-6,5	18,8	7,4	4,8	-2,8	18,2	11,9	3,3	-6,5	18,8	7,8	4,8	8,9	4,7
G-ORT	2,6	23,0	18,0	3,2	0,6	21,4	14,0	4,1	5,8	23,0	18,6	2,9	0,6	21,4	14,4	4,1	15,6	4,2

Tablo 5.5. Konya, Adana, Şanlıurfa, Gaziantep ve Kocaeli illerinde kentsel ve kırsal YS durumu (“G-ORT” günlük ortalama, “G.Antep” - Gaziantep)

<i>KENTSEL 5 KM (°C)</i>					<i>KIRSAL 5 KM (°C)</i>				<i>KENTSEL 3 KM</i>				<i>KIRSAL 3 KM</i>				<i>İL (°C)</i>	
Konya	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
10:30	11,3	31,1	23,9	2,2	7,1	31,2	22,7	3,3	11,2	30,1	23,9	2,0	6,6	30,8	22,9	3,3	23,0	3,2
13:30	13,2	34,5	26,5	2,3	8,1	34,5	25,2	3,5	13,3	33,6	26,9	2,0	8,0	33,3	25,4	3,5	25,6	3,4
21:30	1,7	10,1	6,0	0,9	-5,9	11,6	5,7	1,3	2,4	10,1	6,4	0,9	-6,1	11,0	5,4	1,4	5,6	1,4
01:30	0,1	10,5	4,7	1,0	-7,8	11,9	3,8	1,3	0,1	10,1	4,8	1,0	-7,6	11,7	4,0	1,4	4,1	1,4
G-ORT	6,9	19,3	15,4	1,2	0,8	19,1	14,3	2,1	6,9	18,9	15,4	1,0	0,9	18,9	14,5	2,1	14,6	2,0
Adana	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
10:30	13,7	30,4	26,6	2,7	3,3	30,0	22,2	4,4	14,1	30,4	26,8	2,4	3,3	30,0	22,5	4,5	23,0	4,5
13:30	15,6	32,8	28,8	2,8	5,7	33,2	24,3	4,6	15,6	33,1	29,1	2,5	5,7	33,0	24,6	4,6	25,1	4,6
21:30	2,6	17,3	13,3	1,7	-5,5	16,6	10,0	3,8	4,8	17,3	13,5	1,5	-5,5	16,6	10,3	3,8	10,6	3,8
01:30	-0,9	17,3	12,1	1,9	-6,9	16,9	8,8	4,0	1,8	16,9	12,4	1,7	-6,9	16,3	9,1	3,9	9,5	3,9
G-ORT	8,0	23,1	20,2	2,1	-0,9	22,6	16,3	4,0	9,9	23,1	20,4	1,9	-0,9	22,6	16,6	4,0	17,0	4,0
Şanlıurfa	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
10:30	20,8	33,2	30,2	1,4	19,6	33,2	29,5	1,8	23,9	33,0	30,0	1,3	21,0	33,5	30,0	1,7	30,0	1,7
13:30	20,4	36,6	32,9	1,6	21,1	36,2	32,2	1,8	22,5	36,5	32,6	1,6	22,0	36,8	32,7	1,8	32,7	1,8
21:30	10,2	16,2	12,2	1,1	4,8	14,7	11,1	1,2	9,9	15,7	12,2	1,1	5,2	15,7	11,7	1,3	11,7	1,3
01:30	7,8	14,8	10,2	1,2	3,7	15,3	9,3	1,3	7,5	14,1	10,3	1,2	4,6	14,1	9,8	1,3	9,9	1,3
G-ORT	17,9	24,0	21,4	1,0	13,3	23,3	20,5	1,3	18,0	23,7	21,3	1,0	13,8	24,2	21,1	1,3	21,1	1,3
G. Antep	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
10:30	18,3	33,2	27,7	2,2	15,3	34,0	28,3	2,5	22,4	33,0	28,3	1,8	15,8	34,0	28,8	2,5	28,7	2,4
13:30	20,9	36,2	30,0	2,1	17,1	37,0	31,0	2,7	25,0	36,0	30,8	1,9	18,4	37,0	31,4	2,7	31,3	2,6
21:30	9,0	15,4	11,8	1,1	8,5	15,2	11,9	1,1	9,0	15,2	11,6	1,2	8,5	15,2	12,0	1,1	11,9	1,1
01:30	7,1	13,6	10,1	1,1	6,6	14,5	10,2	1,1	6,9	13,4	10,0	1,1	6,9	13,8	10,2	1,0	10,2	1,1
G-ORT	14,5	23,4	19,9	1,2	12,3	23,6	20,3	1,5	17,6	23,3	20,2	1,1	12,9	23,6	20,6	1,5	20,5	1,4
Kocaeli	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
10:30	11,7	24,6	20,0	2,2	12,2	22,7	19,8	1,7	13,1	24,6	20,4	2,1	11,7	22,8	19,6	2,0	20,0	2,1
13:30	12,6	26,8	21,4	2,4	12,8	24,5	21,1	2,0	13,3	26,8	21,8	2,3	12,6	24,5	20,8	2,2	21,3	2,3
21:30	5,6	12,1	9,4	0,9	6,1	11,1	8,9	0,7	6,1	12,1	9,6	0,8	5,6	12,1	8,9	0,7	9,2	0,8
01:30	5,4	12,1	8,6	0,9	5,3	10,0	8,2	0,7	6,6	11,3	8,7	0,9	5,3	12,1	8,2	0,7	8,5	0,8
G-ORT	9,0	18,6	14,9	1,4	9,1	16,1	14,5	1,0	9,9	18,6	15,1	1,4	9,0	16,1	14,4	1,2	14,8	1,3

Tablo 5.6. Mersin, Diyarbakır, Hatay, Manisa ve Kayseri illerinde kentsel ve kırsal YS durumu (“G-ORT” günlük ortalama, “D. Bakır” - Diyarbakır)

<i>KENTSEL 5 KM (°C)</i>					<i>KIRSAL 5 KM (°C)</i>				<i>KENTSEL 3 KM</i>				<i>KIRSAL 3 KM</i>				<i>İL (°C)</i>	
Mersin	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
10:30	13,6	30,3	23,9	2,9	5,3	29,9	20,8	4,3	14,4	30,2	24,2	2,8	5,3	29,8	21,1	4,2	21,7	4,2
13:30	14,8	33,3	25,6	3,1	6,7	32,9	22,8	4,6	15,8	33,5	26,0	3,0	6,7	33,4	23,1	4,5	23,6	4,4
21:30	2,7	17,3	12,5	2,8	-6,1	17,1	8,3	5,0	4,6	17,3	12,8	2,8	-6,1	17,0	8,7	4,9	9,5	4,9
01:30	-0,5	17,7	11,3	3,1	-7,8	17,4	6,9	5,2	2,3	17,6	11,7	3,0	-7,8	17,2	7,4	5,1	8,2	5,1
G-ORT	7,7	22,9	18,5	2,8	-0,1	22,1	14,7	4,6	9,9	22,9	18,9	2,7	-0,1	22,1	15,1	4,5	15,7	4,5
D. Bakır	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
10:30	21,0	30,7	27,6	1,6	9,1	30,0	26,1	3,2	22,6	30,7	27,9	1,3	9,1	30,2	26,2	3,1	26,3	3,0
13:30	23,9	33,7	30,3	1,7	9,5	32,9	28,5	3,4	25,2	33,7	30,5	1,4	9,5	32,9	28,6	3,4	28,8	3,3
21:30	7,6	14,2	10,3	0,8	-0,8	13,5	9,6	1,6	8,5	14,2	10,5	0,9	-0,8	13,5	9,6	1,6	9,7	1,6
01:30	5,3	13,0	8,8	0,9	-2,7	12,8	7,5	1,5	6,3	12,9	8,9	0,9	-2,7	13,0	7,5	1,5	7,6	1,5
G-ORT	15,0	21,3	19,3	0,9	4,0	21,0	17,9	2,3	16,1	21,3	19,5	0,8	4,0	21,0	18,0	2,3	18,1	2,2
Hatay	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
10:30	15,9	32,0	24,1	3,1	13,6	31,7	23,8	4,6	16,1	30,7	24,4	2,7	13,6	32,0	23,7	4,3	24,0	3,8
13:30	16,8	36,0	26,4	3,5	14,6	35,2	25,8	5,1	16,8	34,7	26,6	3,1	14,6	36,0	25,8	4,9	26,1	4,3
21:30	9,2	17,1	13,9	1,4	6,8	16,1	12,7	1,8	9,3	17,1	14,2	1,3	6,8	16,3	12,9	1,7	13,4	1,7
01:30	7,6	18,5	12,7	1,5	5,8	16,9	11,7	1,5	8,3	18,5	13,1	1,4	5,8	17,2	11,8	1,5	12,3	1,6
G-ORT	12,6	24,2	19,4	2,1	10,6	24,1	18,7	3,1	13,0	24,0	19,7	1,8	10,6	24,1	18,7	2,9	19,1	2,6
Manisa	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
10:30	15,5	28,8	24,5	2,0	13,3	27,9	23,2	2,5	15,2	28,7	24,6	1,9	13,6	28,2	23,5	2,4	23,7	2,4
13:30	16,7	31,7	27,1	2,3	14,4	30,9	25,6	2,8	16,5	31,4	27,2	2,0	14,6	31,1	25,9	2,8	26,1	2,7
21:30	6,6	14,5	11,6	1,1	4,4	13,6	10,4	1,4	7,1	14,2	11,7	1,1	4,3	13,3	10,4	1,4	10,7	1,4
01:30	5,3	12,8	9,4	1,1	3,0	12,8	8,8	1,3	6,3	12,6	9,8	1,1	3,0	12,4	8,7	1,2	9,0	1,2
G-ORT	12,1	20,8	18,2	1,3	9,7	20,3	16,9	1,8	12,3	20,6	18,3	1,1	10,0	20,4	17,2	1,7	17,4	1,7
Kayseri	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
10:30	10,7	27,0	22,2	2,2	1,8	27,0	19,9	3,6	14,4	26,8	22,6	2,0	1,8	26,1	20,1	3,6	20,5	3,5
13:30	13,1	30,1	24,7	2,3	4,0	30,0	22,2	3,8	16,0	30,0	25,0	2,1	4,0	30,0	22,2	3,7	22,8	3,6
21:30	-2,6	10,9	4,8	1,6	-8,4	10,6	3,1	2,3	-0,2	9,4	5,0	1,4	-8,4	10,7	3,2	2,3	3,6	2,3
01:30	-3,0	10,4	3,0	1,5	-9,7	10,1	1,4	2,3	-0,9	7,7	3,4	1,4	-9,7	8,7	1,6	2,2	1,8	2,2
G-ORT	4,6	17,1	13,9	1,7	-3,0	17,0	11,5	2,7	7,2	17,3	14,2	1,5	-3,0	17,0	11,9	2,7	12,2	2,7

5.2.4.1. Araştırmada Test Edilen Pilot İllerde Yüzey Sıcaklıklarının (YS) Mekânsal Durumu

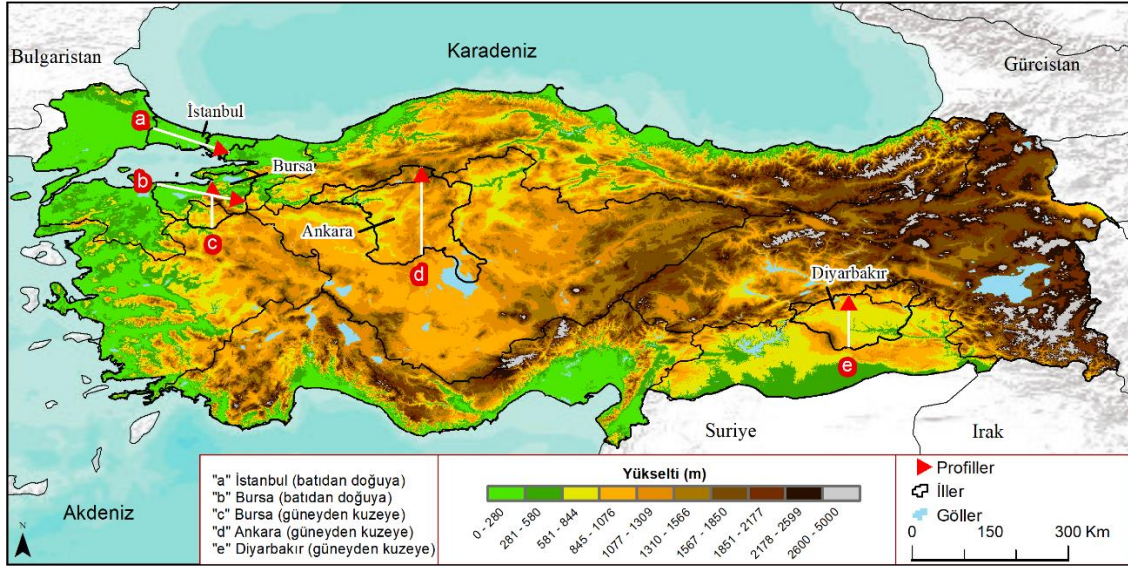
İnsan yaşamına ait yapay alanlar, (yol, kaldırım, çatılar, siyah cam yüzeyler ve otoparklar vs.) güneş ısını ormanlar ve su kütleleri gibi doğal manzaradan daha fazla emerler (Lu ve Weng, 2006:157). Bünyelerinde daha fazla ısı tutan yapay malzemelerin çevredeki doğal alanlardan daha sıcak olması durumunda, kentsel ve kırsal bölgeler arasında önemli termal farklılıklar meydana gelmektedir. Kentsel alanlardaki yüksek

YS artışları, özellikle kentsel yoğunluk ve geçirimsizliğin fazla olduğu kent merkezlerinde gerçekleşmektedir. Bilimsel araştırmalarda bu durum, kentsel ısı adası olarak ifade edilmektedir (Alkan vd., 2017; Bornstein, 1968; Elif vd., 2021; Fabrizi vd., 2010; Işık, 2021; Küçükönder vd., 2014; Oğuz vd., 2009; Oğuz, 2017; Oğuz vd., 2019; Şekil 1.30).

Araştırmanın bu bölümünde, kentsel alanlar ve çevresindeki doğal ortam arasındaki sıcaklık farklarını ortaya koyabilmek için kentsel-kırsal 3-5 km buffer alanlarının istatistiksel göstergeleri ve mekânsal durumu kullanılmıştır. Kentsel yoğunluğun daha fazla olduğu il merkezleri üzerinde, belirgin sıcaklıkları görselleştirmek için kentsel-kırsal fark haritalarında il merkezlerinin konumları görselleştirilmiştir.

Çalışmada kentsel yoğunluğun, geçirimsizliğin ve nüfusun fazla olduğu illerin kentsel-kırsal alanlarında önemli YS farkları belirlenmiştir. Kentsel YS farkları özellikle, geniş orman örtüleriyle büyük kentsel bölgelerin birbirlerinden iyi derecede ayrıldığı alanlarda bulunmaktadır. İstanbul, Kocaeli, İzmir, Bursa ve Manisa gibi iller bu durumun belirlendiği alanlardır. Isı tutma kapasitesinin kentlerden daha güçlü olduğu çıplak alanlar, kentsel-kırsal sıcaklık dinamiklerinde etken rol oynamaktadır. Bu çerçevede, soğutucu özellikteki ormanların ve su kaynaklarının zayıf olduğu illerde çıplak alanların; kentsel sıcaklıklardan daha baskın olduğu belirlenmiştir. Bunlar Ankara, Konya, Gaziantep, Şanlıurfa ve Diyarbakır gibi çıplak alanların geniş yer kapladığı illerdir.

Kentsel 3-5 km ile kırsal 3-5 km buffer alanlarında yapılan istatistiksel gösterge analizlerine göre YS farkları, daha çok ölçüm periyotlarının ortalamalarında kendini göstermektedir. İstanbul ilindeki kentsel-kırsal istatistiksel göstergelere göre gündüz 10:30 periyodunun ortalaması, kentsel aktivitenin daha yoğun olduğu kentsel 3 km buffer alanında 21,2 °C ile test edilen bölgelerdeki (kentsel 5 km, kırsal 5 km, kentsel 3 km ve kırsal 3 km) en yüksek değerdir. Kentsel aktivitenin 3 km buffer bölgesine göre daha zayıf olduğu 5 km’de ise, 21,1 °C’lik ikinci en yüksek 10:30 periyodu ortalama YS belirlenmiştir. 3 ve 5 km kentsel buffer modelleriyle kentsel alandan uzaklaştıkça YS’lerin görece azalması belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 4.5; Tablo 5.4). Çalışmada, birbirlerinden farklı coğrafi koşullara ve konumlara sahip bazı illerin (İstanbul, Bursa, Ankara ve Diyarbakır) YS profilleri ayrıca çıkarılmıştır (Şekil 5.24).



Şekil 5.24. Pilot iller (İstanbul, Bursa, Ankara ve Diyarbakır) YS profil konumları

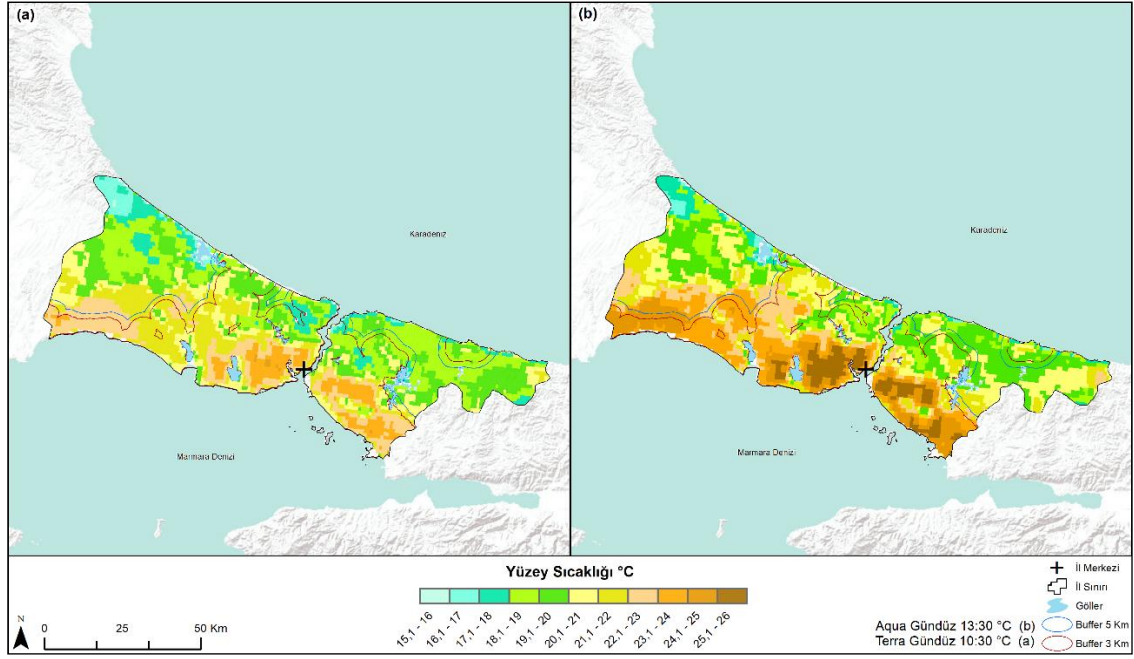
Kentsel yoğunluk ve büyüklüğün oldukça yüksek olduğu İstanbul ilinde, kentsel alanlardaki yüksek YS; test edilen parametrelerin hepsinde (minimum, maksimum ve ortalama) ortaya koyulmuştur (Tablo 5.4).

Gündüz ölçümlerinde kentsel alanlardaki yüksek YS'ler, 10:30 gözlemlerine kıyasla 13:30 periyodunda belirgindir (Şekil 5.25).

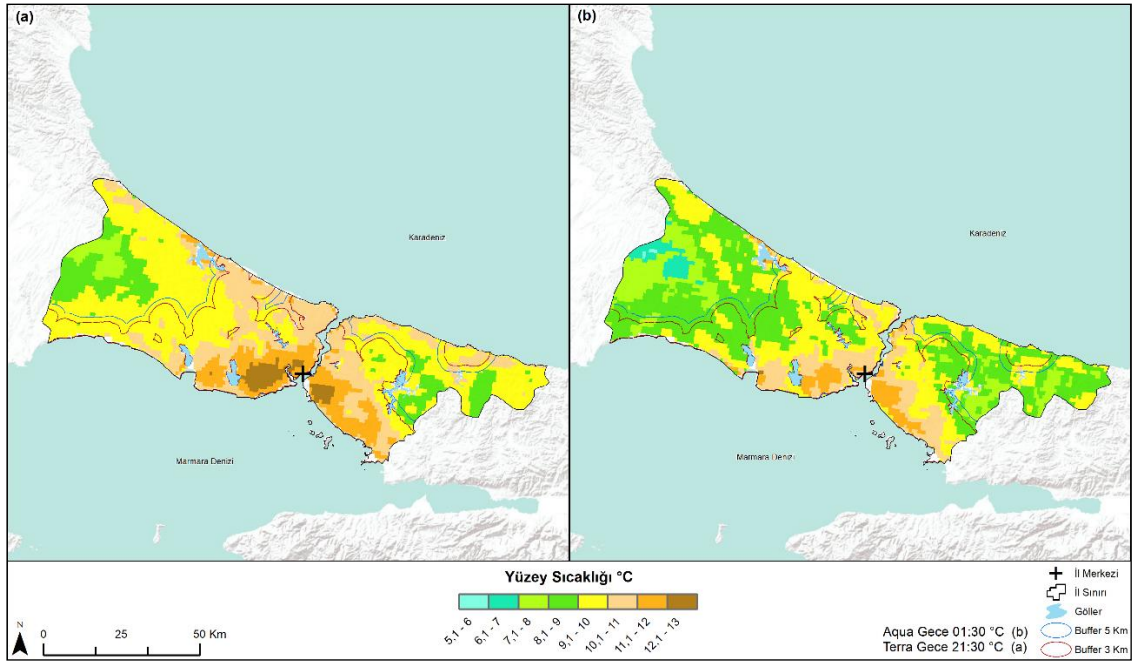
13:30 gözlemlerine göre, kuzeydoğu kısımdaki Şile'de kentsel YS artışları oldukça yüksektir (Şekil 5.25).

Kırsala kıyasla kentsel alanlardaki yüksek YS'ler, gece ölçümlerinde de mevcuttur. Kentsel yoğunluğun fazla olduğu il merkezi ve yakın çevresindeki günlük ortalama yüksek YS'ler, kentsel ısı adasını net bir şekilde ortaya koymaktadır (Şekil 5.25 – Şekil 5.27).

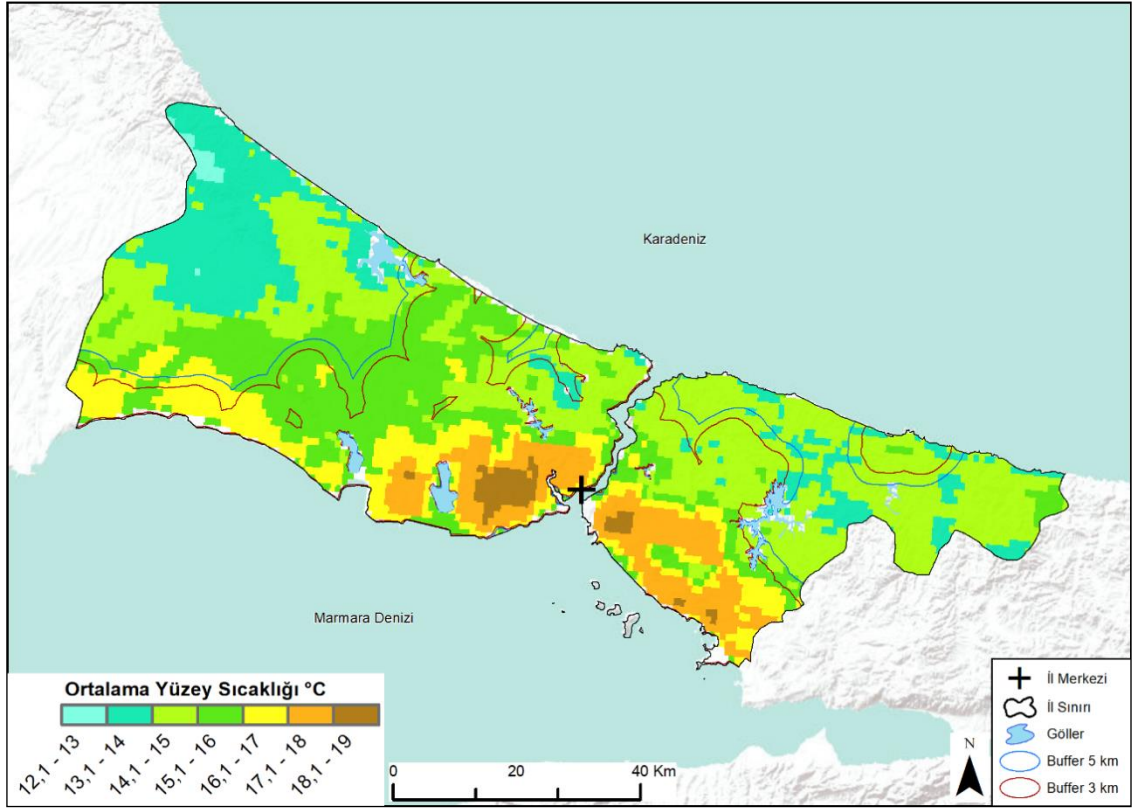
İstanbul ilinde batıdan doğuya doğru çekilen profil sıcaklıklarına göre, kentsel alanlar ile kırsal alanlar arasındaki YS farkları oldukça belirgindir. Çatalca, Başakşehir ve Pendik ilçelerindeki ormanlık alanlar; görece düşük YS'ler gösterirken il merkezi ve Tuzla-Kocaeli sınırı gibi kentsel yoğun alanlar en yüksek YS'leri oluşturmaktadır. Ormanlık alanların soğutucu etkisi, gündüz YS ölçümlerinde çok daha belirgin durumdadır (Şekil 5.28).



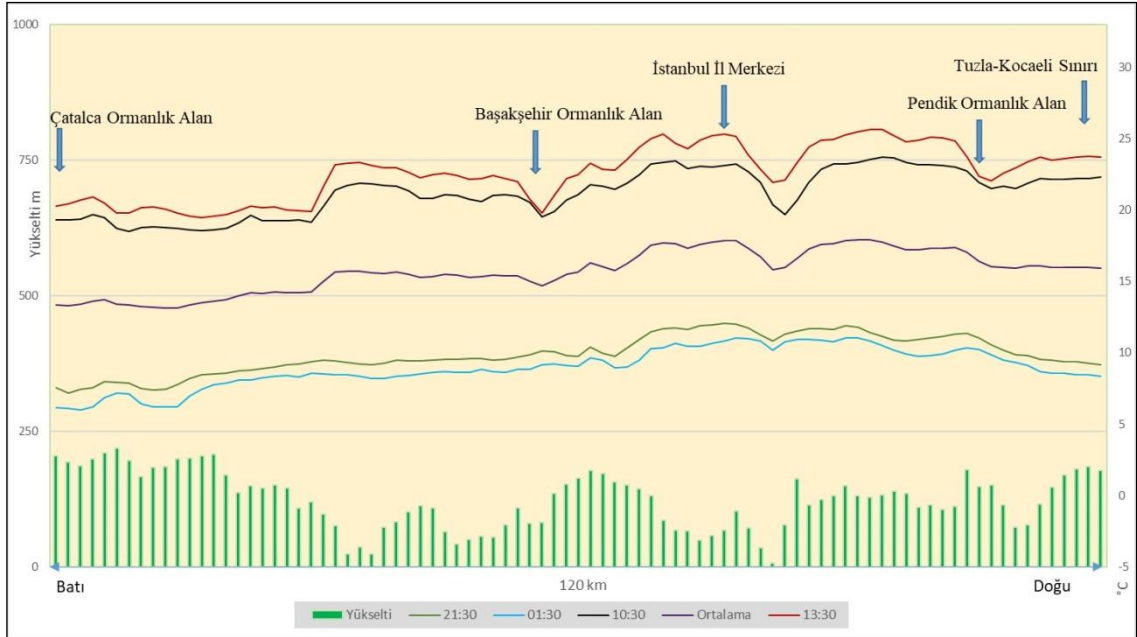
Şekil 5.25. İstanbul ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.26. İstanbul ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.27. İstanbul ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.28. İstanbul ilinde batıdan-doğuya YS değişimlerinin profili

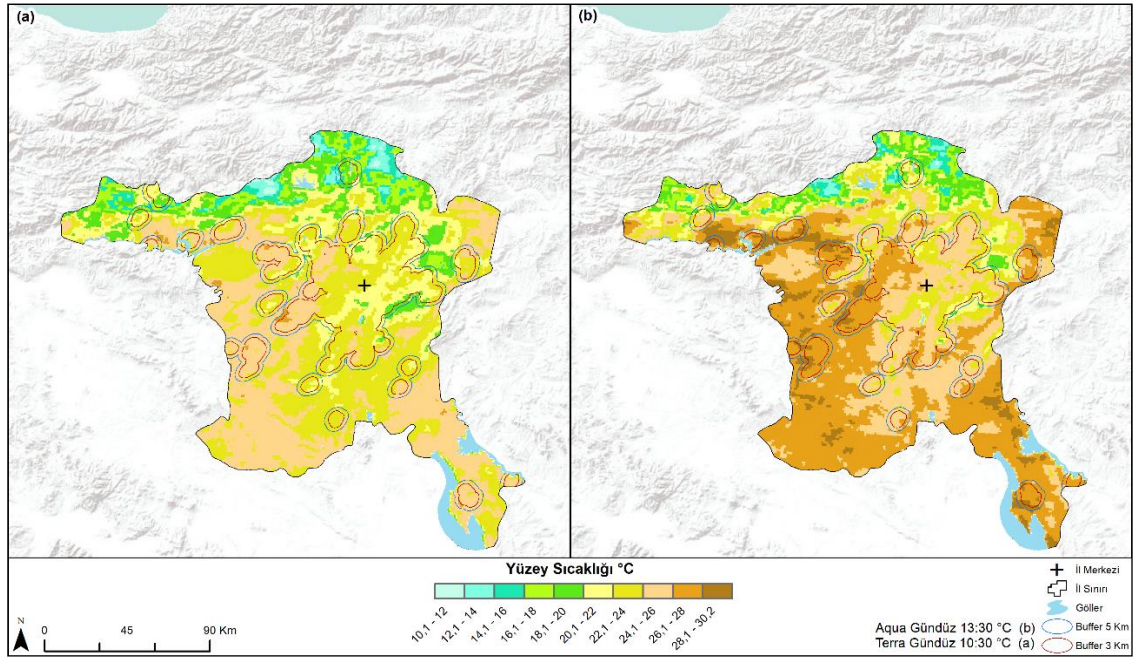
Ankara ilinde yapılan istatistiksel gösterge analizlerine göre YS farkları, gündüz-gece ve günlük ortalama YS'lerinin ortalamalarında oldukça belirgindir. Ankara ilindeki kentsel-kırsal istatistiksel göstergelere göre günlük ortalama YS'lerinin ortalaması, kentsel 3 ve 5 km buffer alanlarında 14,8 °C'dir. Kırsal 3 ve 5 km buffer bölgelerin de ise günlük ortalama YS'lerin ortalaması 14,2 °C'dir (Tablo 5.4).

Ankara ili kentsel-kırsal buffer modeline göre gündüz ortalama YS'lerde, kentsel alanlar kırsaldan daha sıcak olsa da mekânsal olarak belirgin bir fark yoktur. Ancak gece YS'lerinde, kentlerdeki yüksek YS'ler net bir şekilde gözlemlenmektedir (Tablo 5.4; Şekil 5.29; Şekil 5.30).

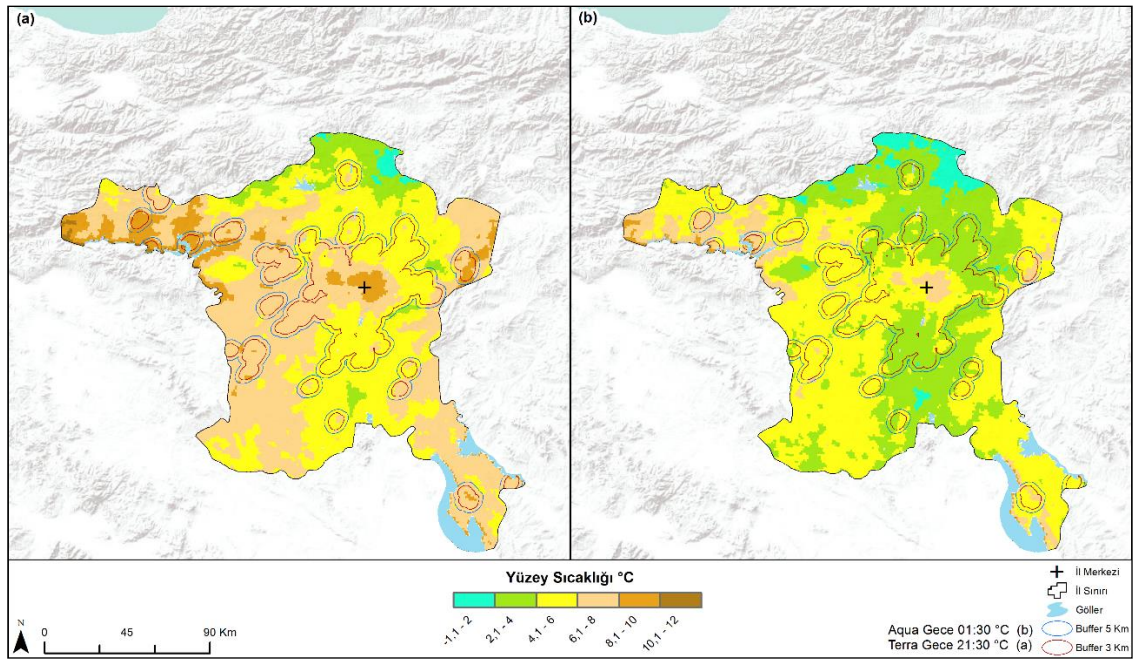
Günlük ortalama YS'lerin mekânsal dağılımında da kentsel alanlar üzerinde kırsaldan fazla YS'ler mevcut değildir. Ankara'nın kuzeybatısındaki alanlar kentlerden daha yüksek YS'lere sahiptir (Şekil 5.31).

Test alanlarındaki yüksek kentsel YS'ler, maksimum göstergelerde değil de minimum YS'lerde belirgindir (Tablo 5.4).

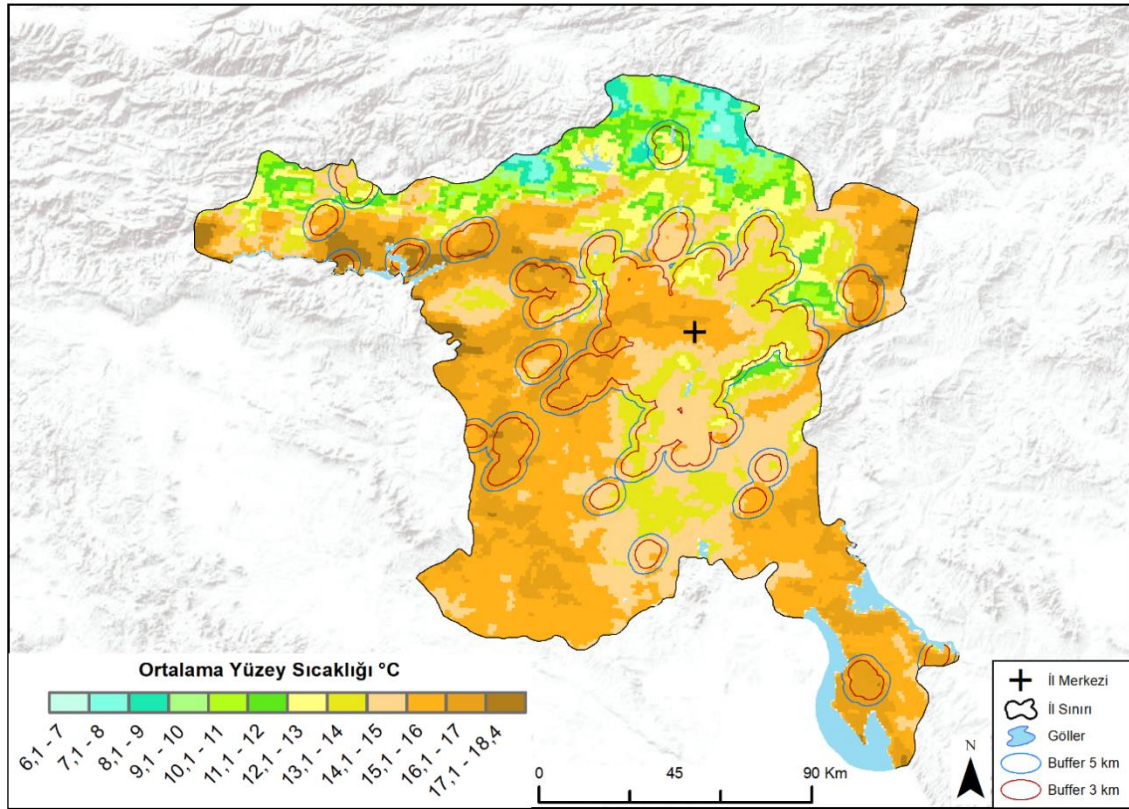
Ankara ilindeki profil sıcaklıklarına göre, çeşitli arazi örtüsü ve arazi kullanımları arasında önemli sıcaklık farkları meydana gelmiştir. Güneyden kuzeye doğru çekilen profillerde; çalılık alan, çıplak alan ve tarım alanlarının varlığı nedeniyle kentsel ısı adası kaynaklı yüksek sıcaklıkların zayıf kaldığı belirlenmiştir. Kazan ilçesinde tarım alanları, yüksek sıcaklıklar gösterirken Kızılcahamam-Bolu sınırındaki ormanlık alanların, düşük sıcaklıklar göstermesi farklı yüzey özelliklerine sahip alanların meydana getirdiği sıcaklık farklarına uygun bir örnektir (Şekil 5.32).



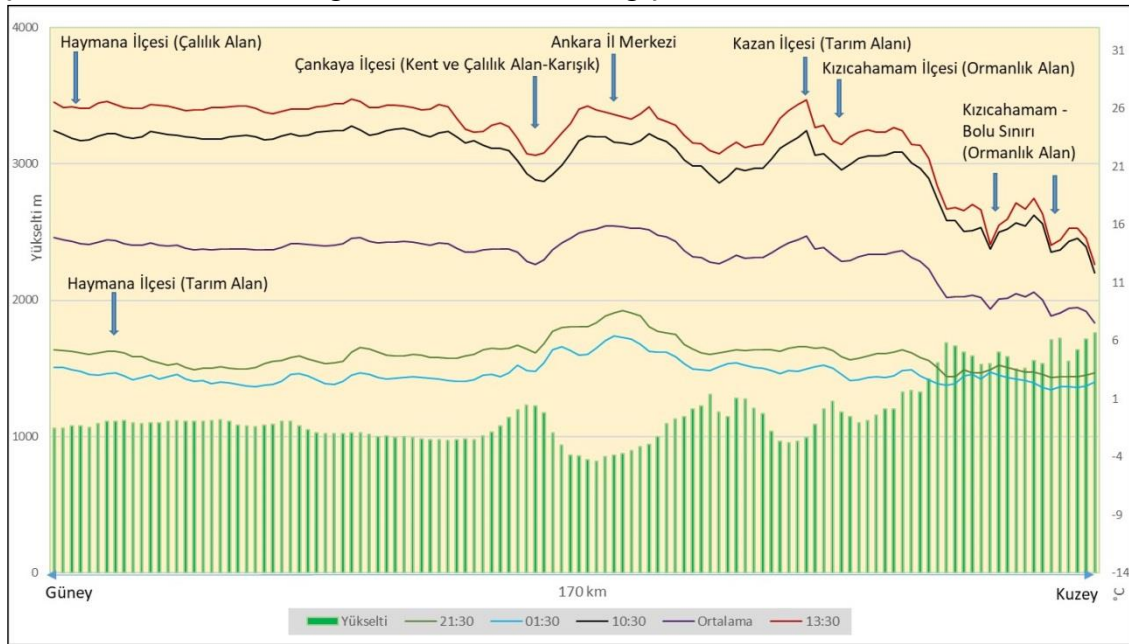
Şekil 5.29. Ankara ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.30. Ankara ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.31. Ankara ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.32. Ankara ilinde güneyden-kuzeye YS değişimlerinin profili

İzmir ilindeki kentsel-kırsal istatistiksel göstergelere göre günlük ortalama YS'lerin ortalaması, kentsel 3 ve 5 km buffer alanlarında 18,7 ile 18,4 °C'dir. Kırsal 3 ve 5 km buffer bölgelerin de ise günlük ortalama YS'lerin ortalaması 17,2 ile 17,1 °C'dir (Tablo 5.4).

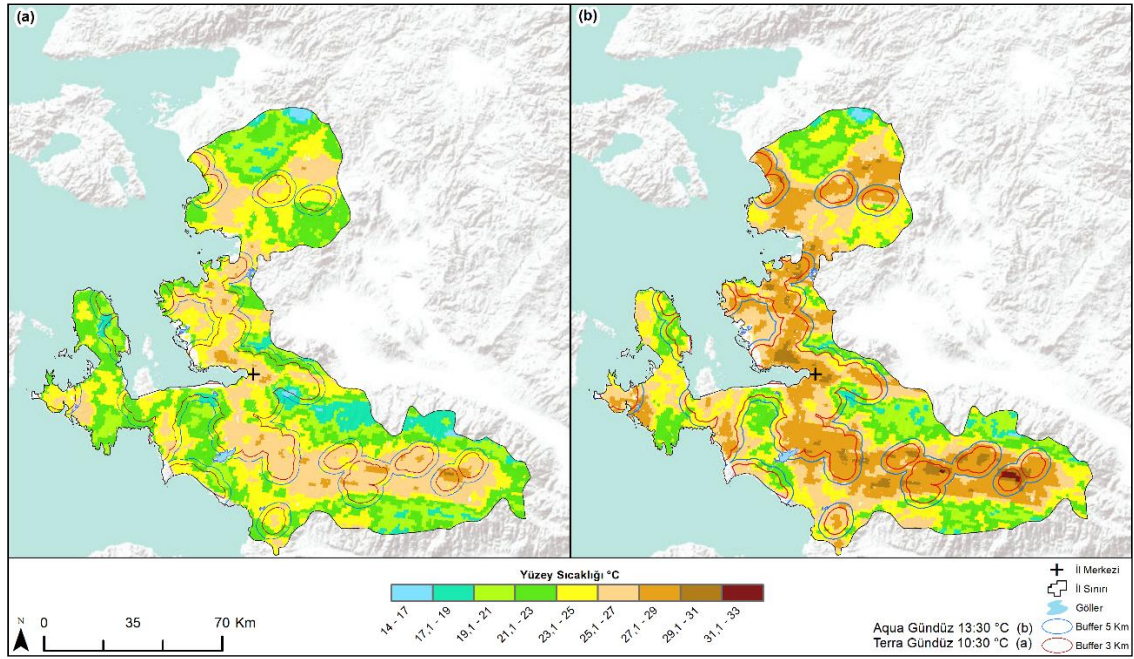
İzmir ili kentsel-kırsal buffer modeline göre gündüz ortalama YS'lerde, kentsel alanlar kırsaldan daha sıcak olsa da mekânsal olarak belirgin bir fark yoktur. Ancak

gece YS'lerinde, kentlerdeki yüksek YS'ler mekânsal olarak net bir şekilde gözlemlenmektedir (Tablo 5.4; Şekil 5.33; Şekil 5.34).

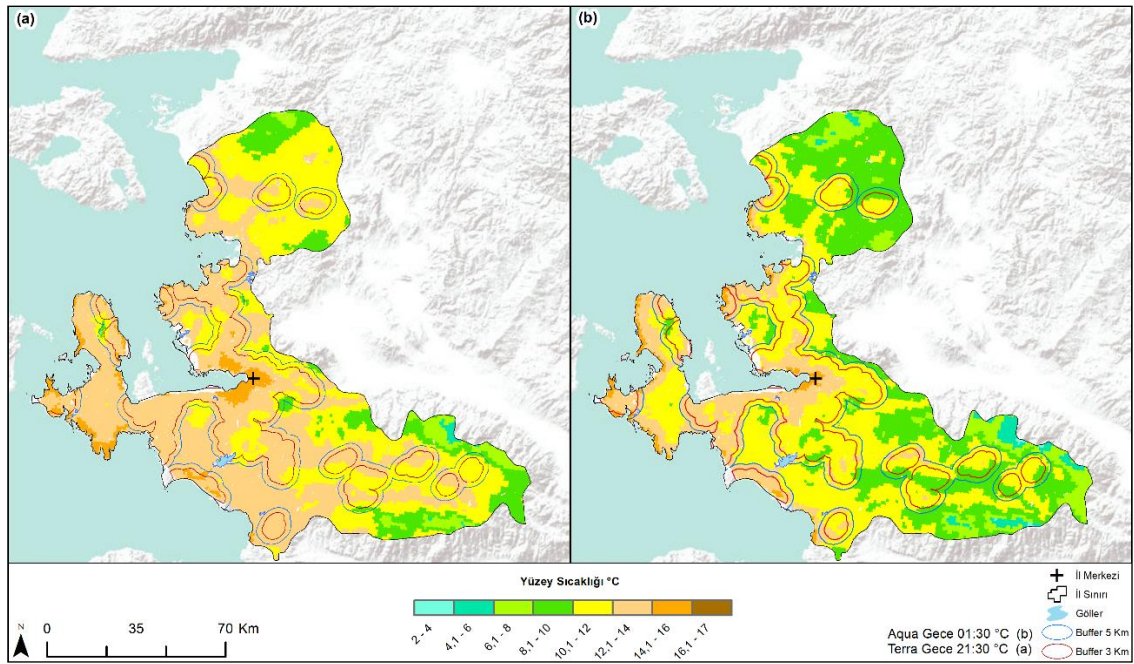
Ege Denizi kıyısında bulunan İzmir ilinde, kentsel-kırsal YS değişimlerinde belirgin farklar mevcuttur. İl genelinde en yüksek YS'ler, il merkezi ve çevresindeki daha küçük kent alanlarında gözlenmektedir (Tablo 5.4; Şekil 5.33 - Şekil 5.35).

Urla, Çeşme ve Karaburun ilçelerindeki kıyılar dışında gece YS'leri, kırsal alanlara kıyasla kentsel alanlar üzerinde daha yüksek seviyelerdedir. Gece ölçümlerinde kentsel YS'ler, 16 °C'ye kadar çıkarken kırsalda 2 °C'ye kadar düşmektedir (Şekil 5.34).

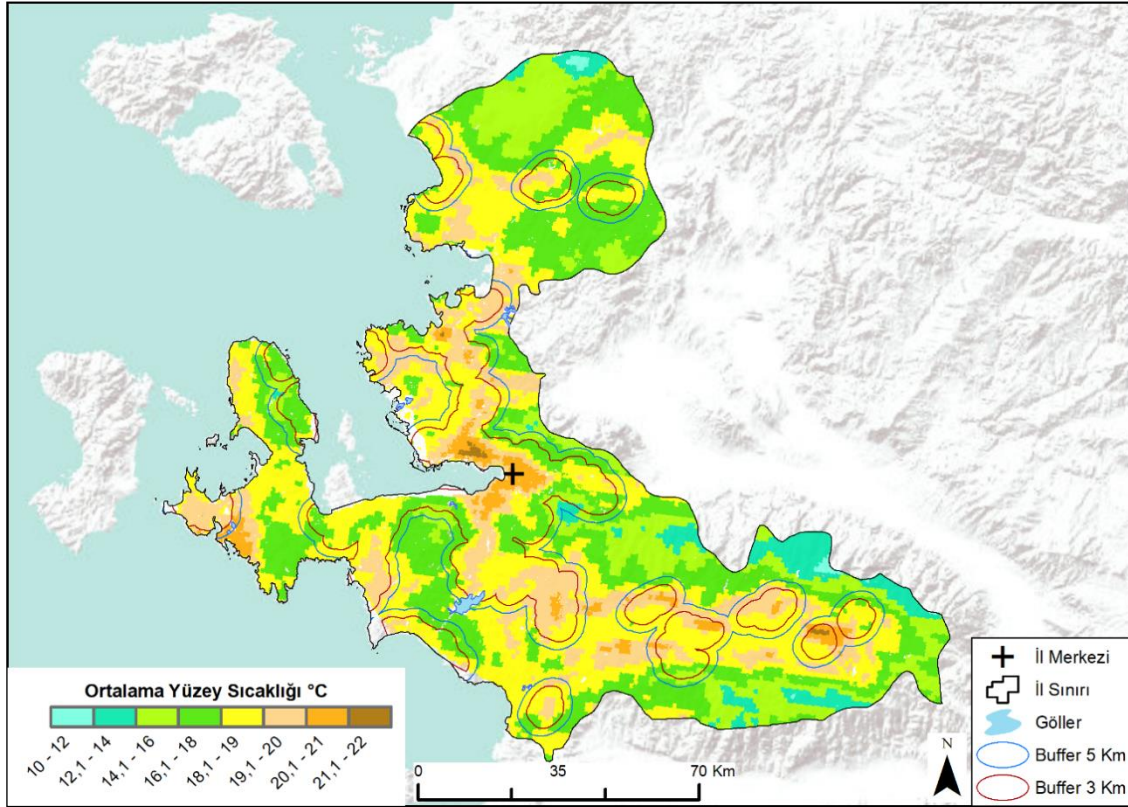
Gündüz ve gece ölçümlerindeki kentsel yüksek YS'lere benzer olarak günlük ortalama YS'ler de kırsaldan daha yüksektir. İl merkezi ve Ödemiş ilçesi kentsel alanlarında 21 °C'nin üzerine kadar çıkan gece YS'leri, kırsalda 10 °C'ye kadar düşmektedir (Şekil 5.35).



Şekil 5.33. İzmir ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.34. İzmir ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.35. İzmir ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı

Bursa ilinde, kentsel 3-5 km ile kırsal 3-5 km buffer alanlarında yapılan analizlere göre YS farkları, gündüz-gece ve günlük ortalama YS'lerin ortalamalarında belirgin durumdadır. Bursa ilindeki kentsel-kırsal istatistiksel göstergelere göre günlük ortalama YS'lerin ortalaması, kentsel 3 ve 5 km buffer alanlarında 15,8 ile 15,5 °C'dir. Kırsal 3 ve 5 km buffer bölgelerin de ise günlük ortalama YS'lerin ortalaması 14,1 ile 13,9 °C'dir (Tablo 5.4).

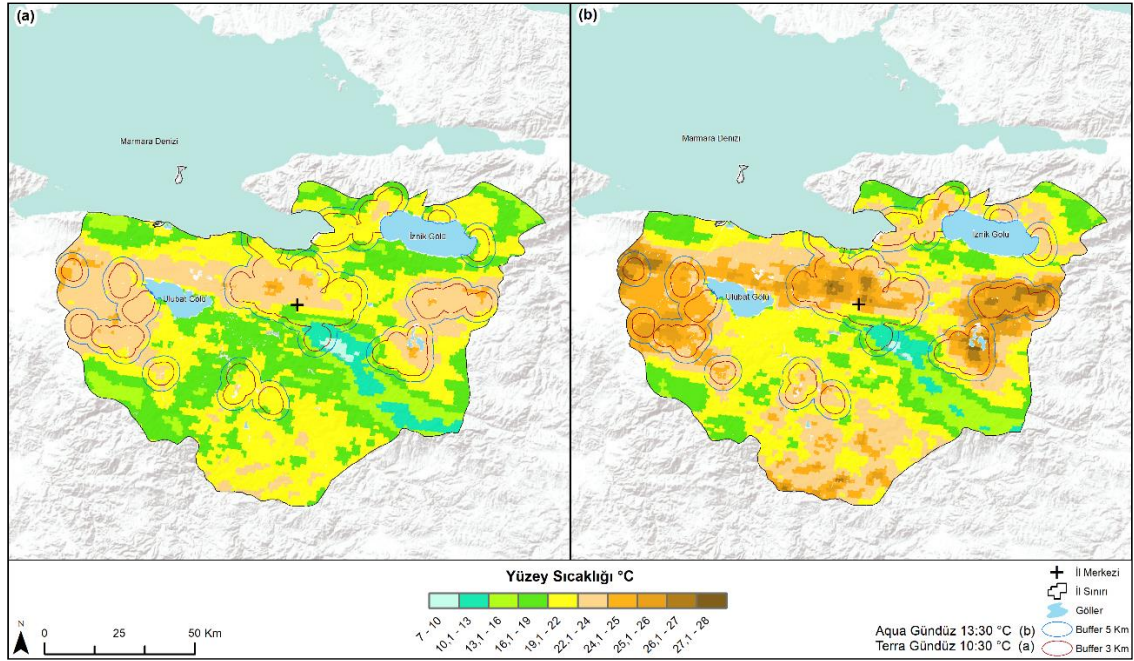
Gündüz 10:30 ve 13:30 YS'lerine göre mekânsal olarak kentsel alanlarda, çevrelerindeki kırsal bölgelerden oldukça yüksek YS'ler bulunmaktadır. Gündüz YS'lerinde kentsel-kırsal farklar il merkezi, İnegöl ve Yenişehir kentsel alanlarında belirgin durumdadır (Şekil 5.36).

Gece ölçümlerinde Marmara Denizi, Ulubat ve İznik Gölü'ndeki kıyıya yakın alanlar dışında gündüz ölçümlerine benzer YS farkları mevcuttur. Kentsel alanlar, kıyıya yakın alanlarla birlikte il genelindeki yüksek YS'lere sahip bölgeleri oluşturmaktadır. Geceleri, 15 °C'ye kadar çıkan kentsel YS'lerle birlikte kırsal alanların -4 °C seviyelerine kadar düştüğü gözlemlenmektedir (Şekil 5.36; Şekil 5.37).

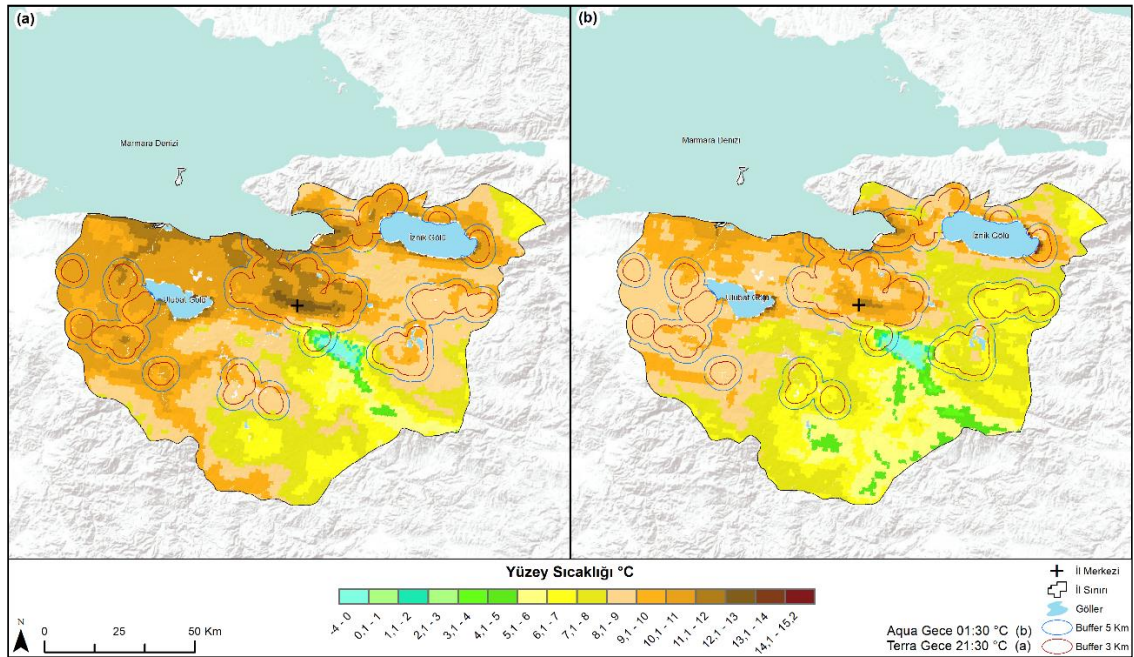
Kentsel alanların kırsala kıyasla daha yüksek YS'lere sahip olduğu gündüz ve gece YS'lerinin bir sonucu olarak günlük ortalama YS'lerde de belirgin farklar mevcuttur. Özellikle Bursa il merkeziyle birlikte kentsel alanlar, günlük ortalama YS'lere göre çevrelerinden yüksek YS dağılımına sahiptir (Şekil 5.36 - Şekil 5.38).

Bursa ilinde kuzeybatıdan güneydoğuya ve güneyden kuzeye çekilen profil sıcaklıklarına göre, kentsel ve kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkları önemli oranda

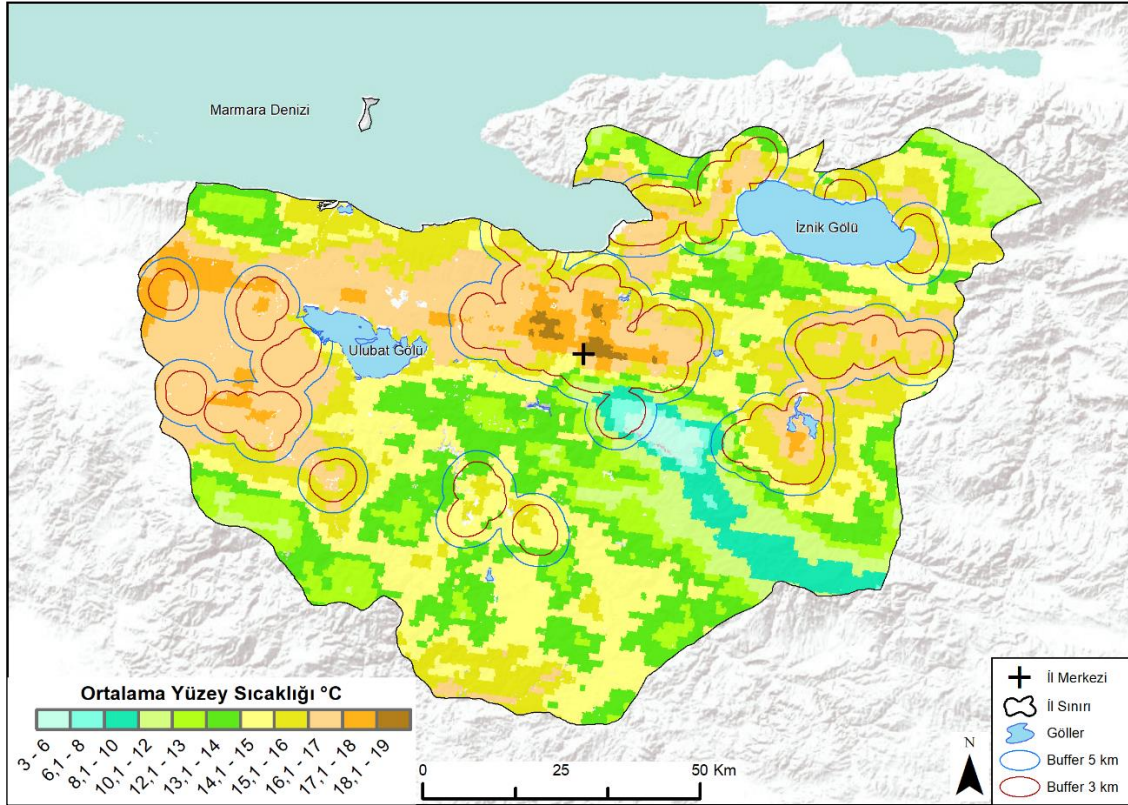
fazladır. Karacabey, İnegöl, Harmancık, Keleş, Osmangazi ilçeleri ve Uludağ ormanlık alanları üzerindeki YS'ler; çevrelerindeki kentsel alanlara kıyasla daha düşük seviyededir (Şekil 5.39; Şekil 5.40).



Şekil 5.36. Bursa ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



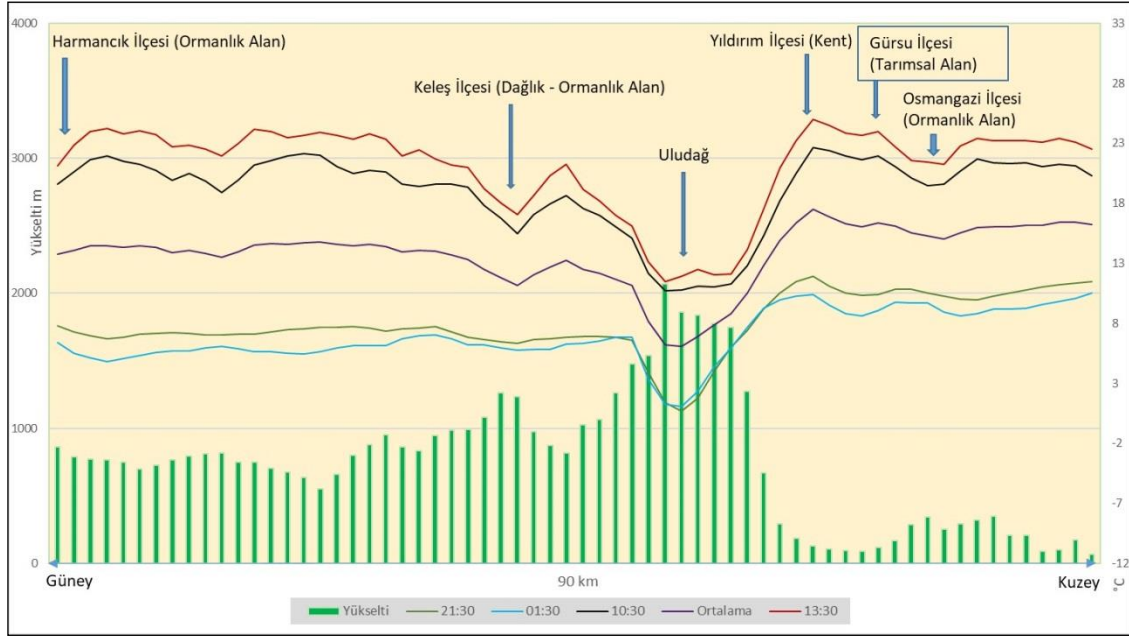
Şekil 5.37. Bursa ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.38. Bursa ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.39. Bursa ilinde kuzeybatıdan-güneydoğuya YS değişimlerinin profili



Şekil 5.40. Bursa ilinde güneyden-kuzeye YS değişimlerinin profili

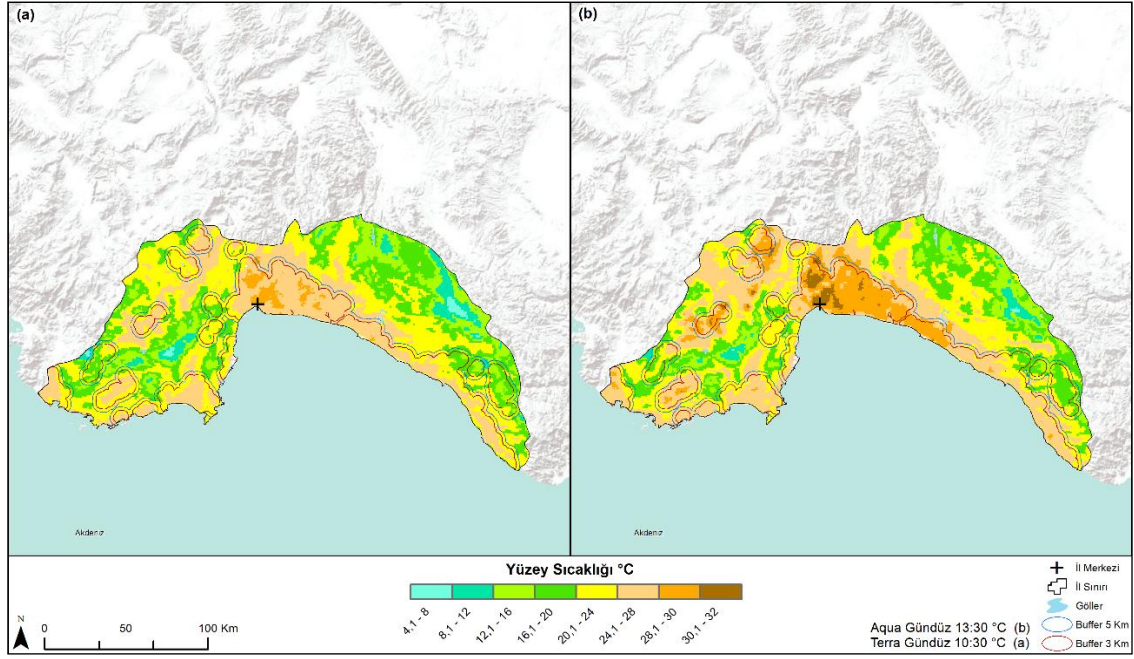
Araştırmada değerlendirilen tüm parametrelerde, kentsel-kırsal alanlardaki YS farkının ortalama göstergelerde belirgin olduğu gözlemlenmiştir. Antalya ilindeki kentsel-kırsal istatistiksel göstergelere göre günlük ortalama YS'lerin ortalaması, kentsel 3 ve 5 km buffer alanlarında 18,6 ile 18 °C'dir. Kırsal 3 ve 5 km buffer bölgelerin de ise günlük ortalama YS'lerin ortalaması 14,4 ile 14 °C'dir (Tablo 5.4).

2021 yılı nüfusuna göre en kalabalık beşinci il olarak Antalya, kentsel alanlar üzerinde kırsaldan daha yüksek YS'lerin bulunduğu bir bölgedir (Tablo 5.4).

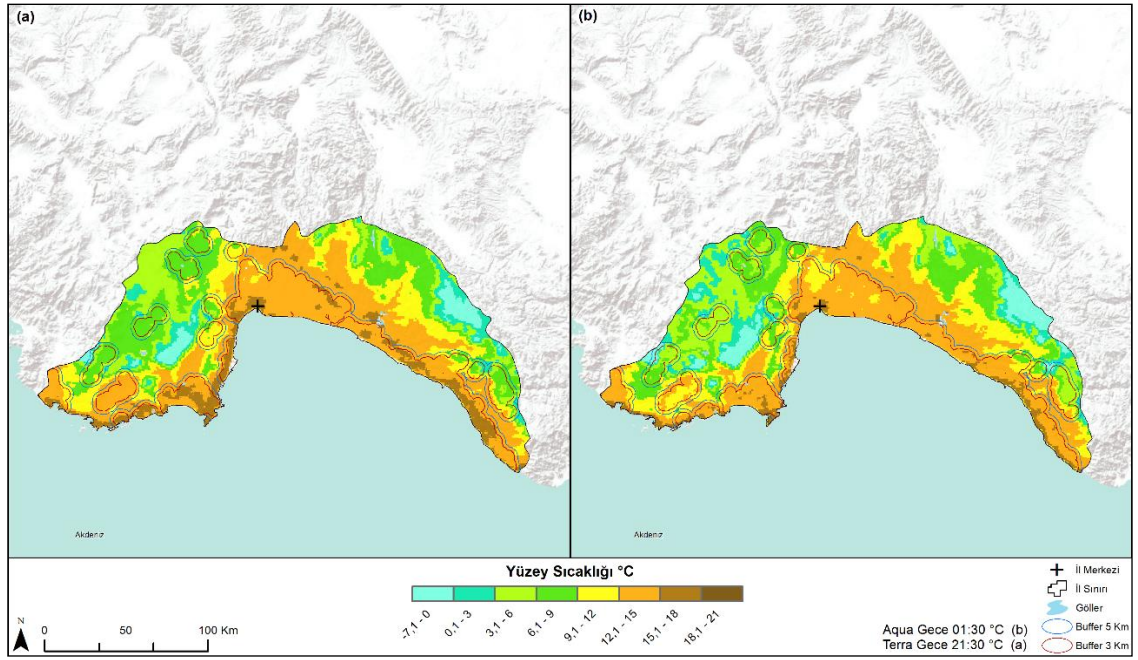
Gündüz 10:30 ve 13:30 ölçümlerine göre; il merkezinin içerisinde bulunduğu kentsel alan, çevredeki kırsal bölgelere kıyasla oldukça yüksek YS'lere sahiptir. İl merkezinde, gündüz YS'leri 30 °C'nin üzerine kadar çıkmaktadır. Buna ilaveten kırsal bölgelerde ki YS'ler ise 4 °C'ye kadar düşmüştür (Şekil 5.41).

Gece 21:30 ve 01:30 ölçümlerine göre Antalya ilinde kentsel YS'ler, kırsala kıyasla gündüz ölçümlerinde olduğu gibi daha yüksektir. Kentsel ve kırsal alanlar arasındaki bu YS farkı, Akdeniz'e yakın kıyı şeridindeki kent alanlarında oldukça belirgindir. Kıyı şeridindeki kentsel kaynaklı YS artışlarına ek olarak geceleri, denizel sıcaklıkların da katkı sağladığı düşünülmektedir (Şekil 5.42).

Günlük ortalama YS'lerin mekânsal dağılımına göre il merkezi ve yakın çevresindeki kentsel alanlar ile kırsal bölgeler arasındaki YS'ler, belirgin bir şekilde farklılaşmamaktadır. Bu bölgelerdeki kentsel YS'ler, günlük ortalama ölçümlerine göre 21 °C'nin üzerine çıkmaktadır (Şekil 5.43).

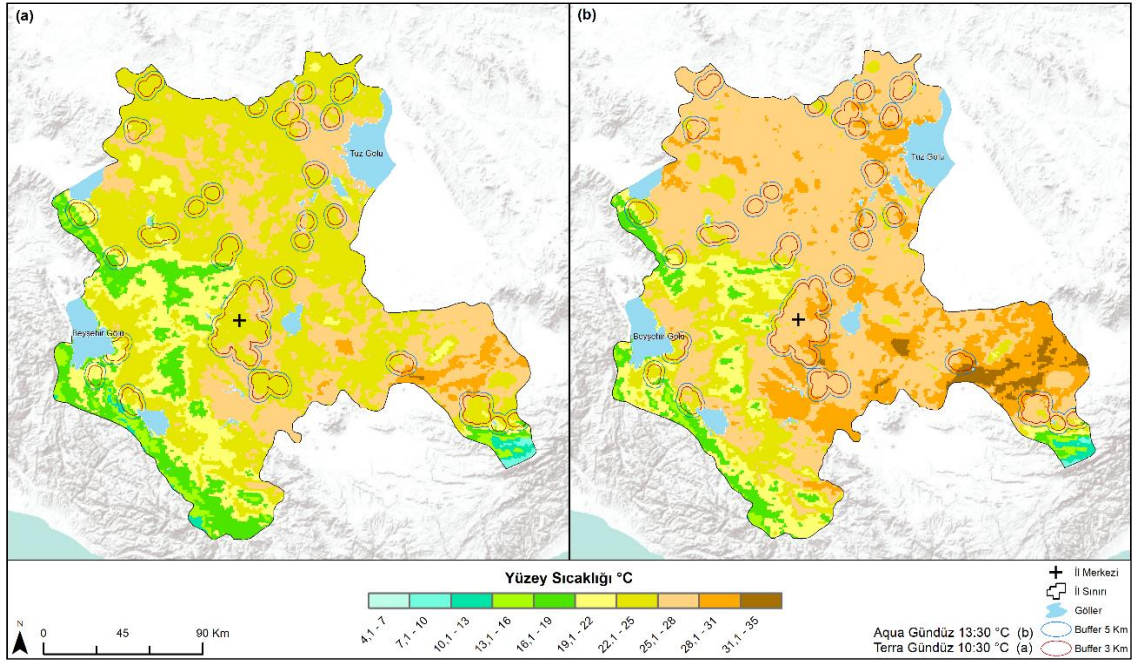


Şekil 5.41. Antalya ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı

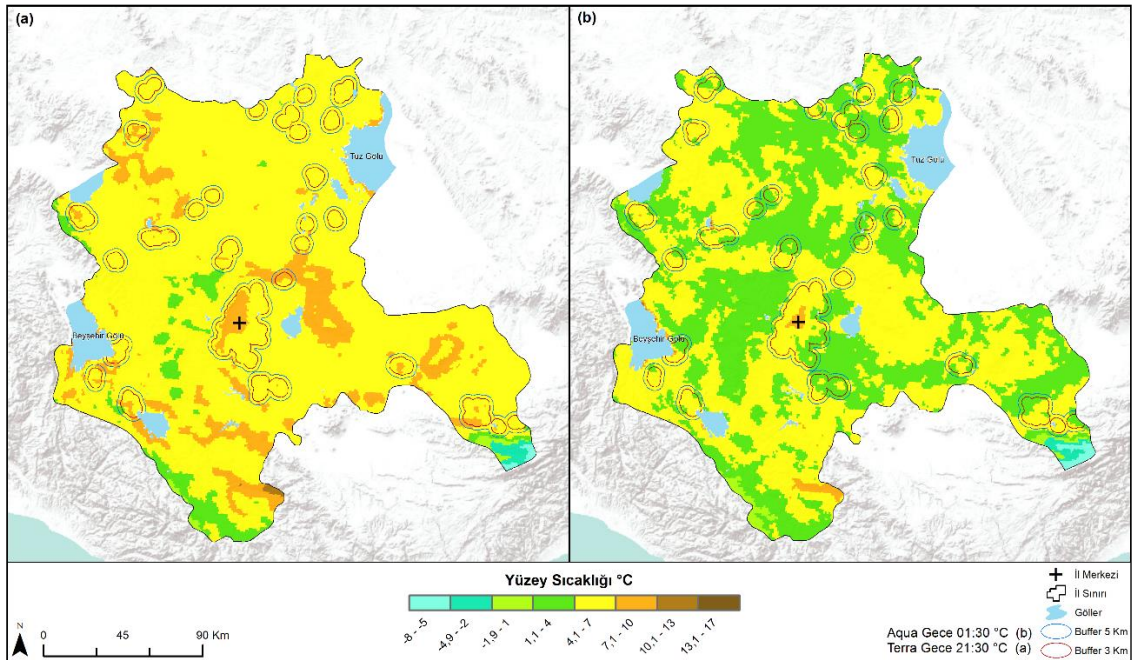


Şekil 5.42. Antalya ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı

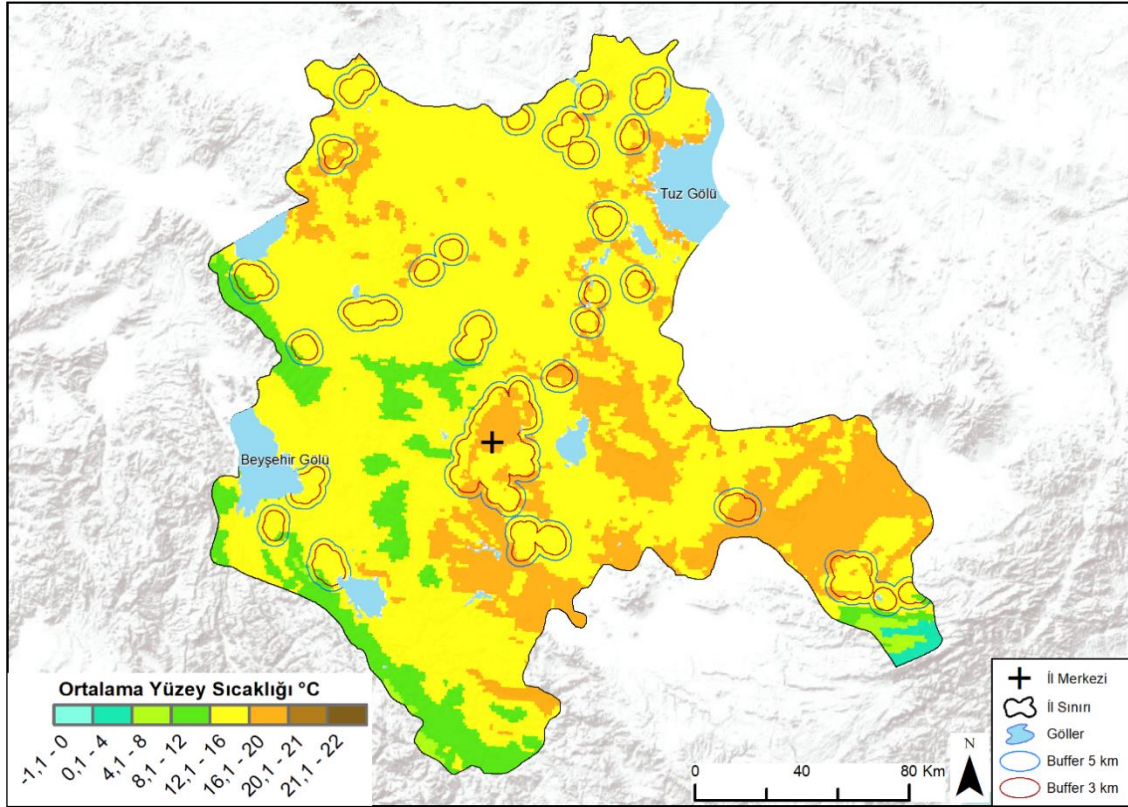
alan, günlük ortalama YS'lerde Konya ilinin en sıcak bölgelerini meydana getirmektedir. İl merkezinin dışındaki küçük kentsel alanlarda, çevrelerindeki kırsal bölgelere kıyasla belirgin yüksek YS'ler mevcut değildir (Şekil 5.46).



Şekil 5.44. Konya ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.45. Konya ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.46. Konya ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı

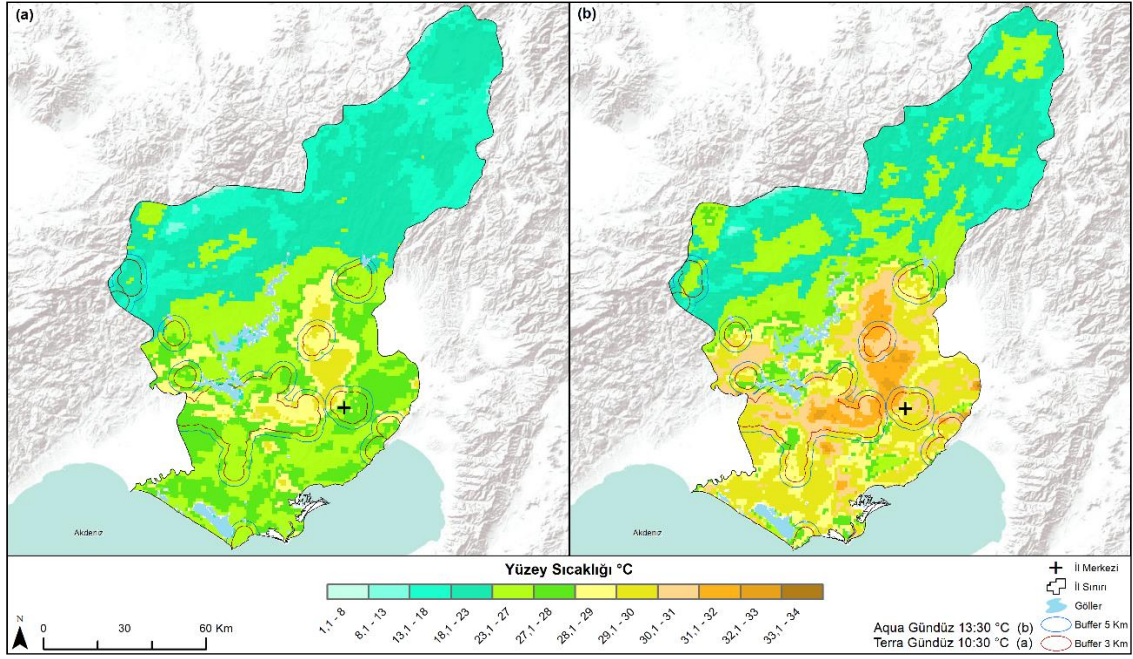
Adana ilindeki kentsel-kırsal istatistiksel göstergelere göre günlük ortalama YS'lerin ortalaması, kentsel 3 ve 5 km buffer alanlarında 20,4 ile 20,2 °C'dir. Kırsal 3 ve 5 km buffer bölgelerin de ise günlük ortalama YS'lerin ortalaması 16,6 ile 16,3 °C'dir (Tablo 5.5).

Adana, 2021 yılı nüfusuna göre en kalabalık yedinci ildir. Hem minimum-maksimum hem de ortalama YS'lerde kentsel alanlar, kırsaldan daha yüksek YS'lere sahiptir (Tablo 5.5).

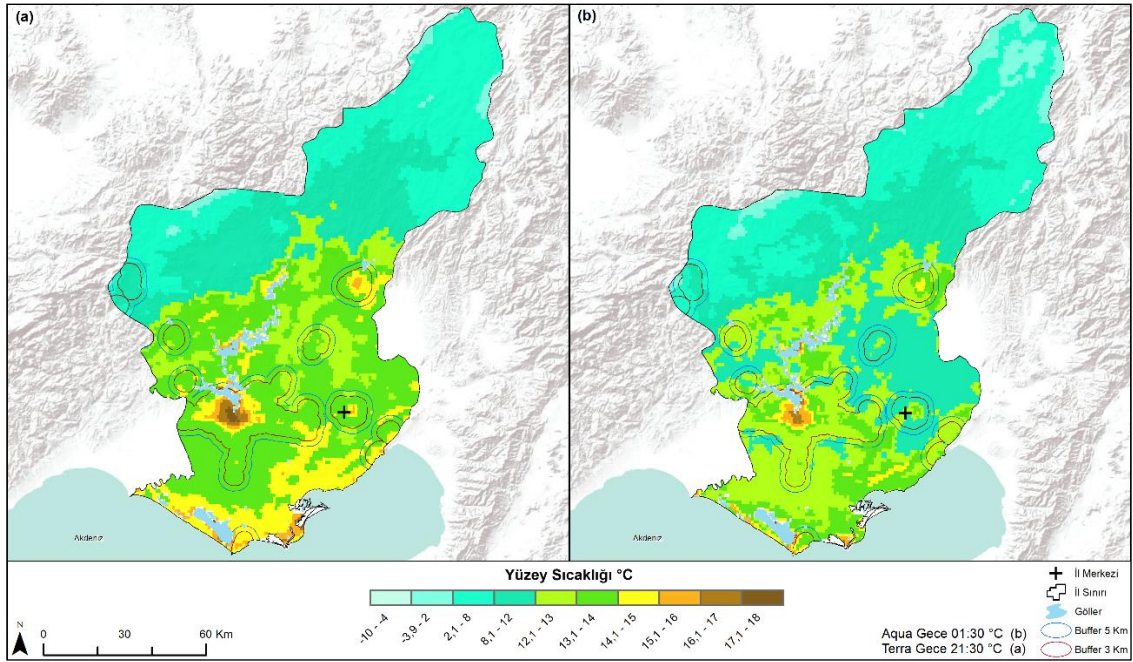
Gündüz 10:30 ve 13:30 ölçümlerine göre; kentsel alanlar ve yakın çevresi kırsal bölgelere kıyasla oldukça yüksek YS'lere sahiptir. Kentsel alanlarda, gündüz YS'leri 33 °C'nin üzerine kadar çıkmaktadır. Buna ilaveten kırsal bölgelerdeki YS'ler ise 1 °C'ye kadar düşmüştür (Şekil 5.47).

Gece 21:30 ve 01:30 ölçümlerine göre Adana ilindeki kentsel YS'ler, kırsala kıyasla gündüz ölçümlerinde olduğu gibi daha yüksektir. Kentsel ve kırsal alanlar arasındaki bu YS farkı Yüreğir, Seyhan merkez ilçeleri ile Kozan ve Ceyhan kent alanlarında oldukça belirgindir (Şekil 5.48).

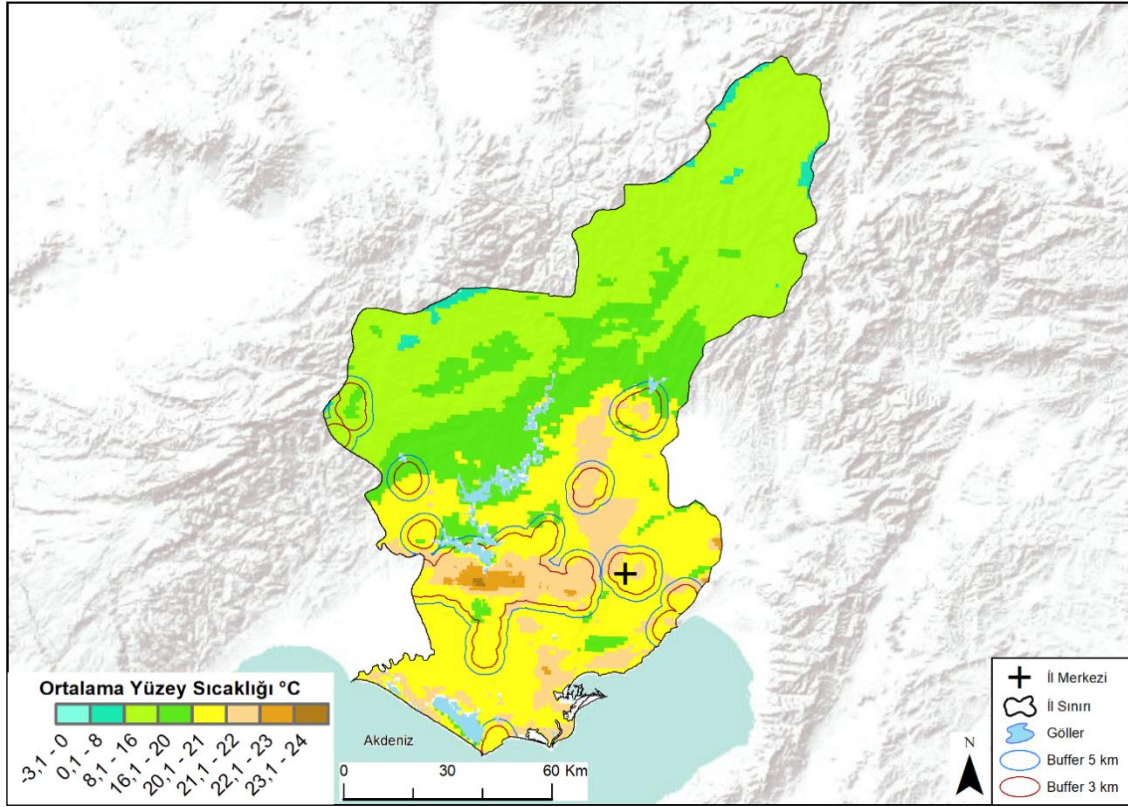
Günlük ortalama YS'lerin mekânsal dağılımına göre, merkez ilçeler Yüreğir ve Seyhan kentsel alanları ile kırsal bölgeler arasında belirgin bir fark oluşmaktadır. Bu bölgelerdeki kentsel YS'ler, günlük ortalama ölçümlerine göre 24 °C'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 5.49).



Şekil 5.47. Adana ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.48. Adana ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



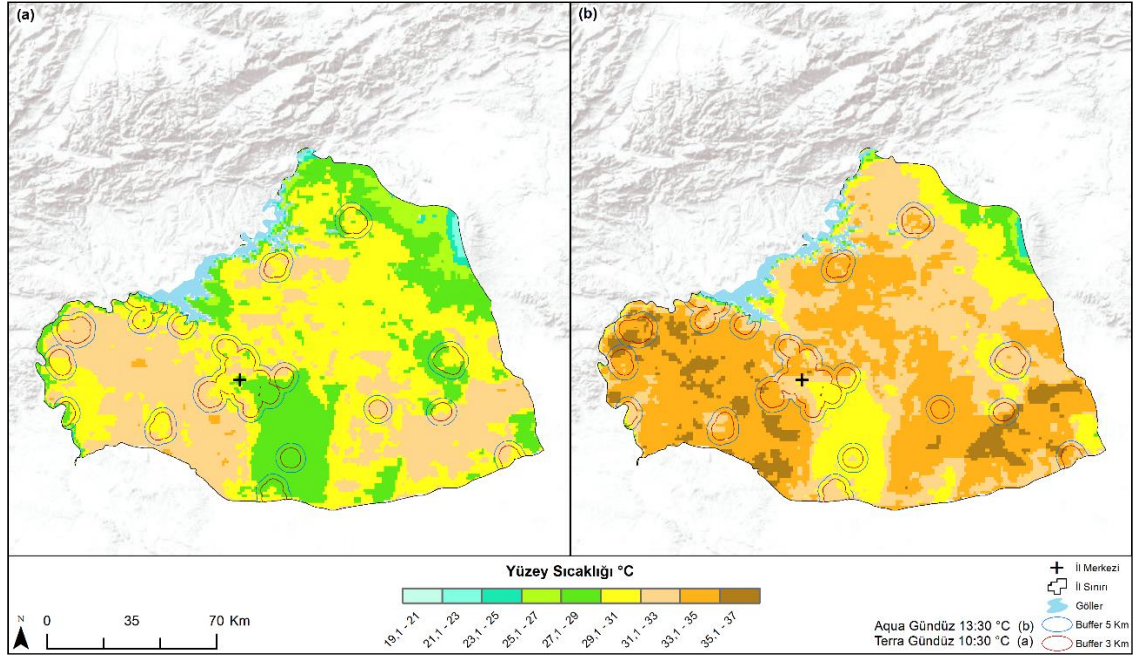
Şekil 5.49. Adana ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı

Şanlıurfa ilindeki kentsel-kırsal istatistiksel göstergelere göre günlük ortalama YS'lerin ortalaması, kentsel 3 ve 5 km buffer alanlarında 21,3 ile 21,4 °C'dir. Kırsal 3 ve 5 km buffer bölgelerin de ise günlük ortalama YS'lerin ortalaması 21,1 ile 20,5 °C'dir (Tablo 5.5).

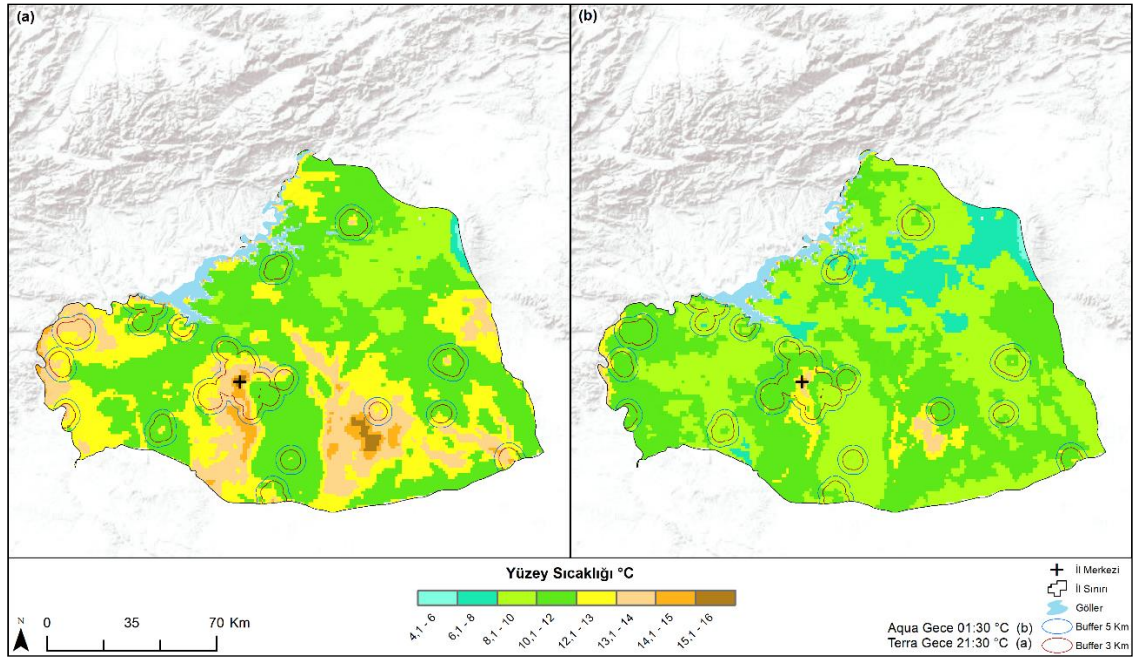
Şanlıurfa ilinin kentsel ve kırsal alanlarındaki gündüz YS'lerine bakıldığında, kırsal alanların daha yüksek sıcaklıklara ulaştığı görülmektedir. Kırsal yüksek YS'lerin özellikle belirgin olduğu alanlar, Şanlıurfa ilinin doğusu ve batısıdır. Bu bölgelerdeki gündüz YS'leri, 35 °C'nin üzerine kadar çıkmaktadır (Şekil 5.50).

Gece YS'lerine göre, il merkezinin de içerisinde bulunduğu kentsel alanda kırsal bölgelere kıyasla daha yüksek YS'ler gözlenmektedir. Özellikle 01:30 ölçümlerinde, kentsel alanların kırsal bölgelere göre oldukça yüksek YS'lere sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.51).

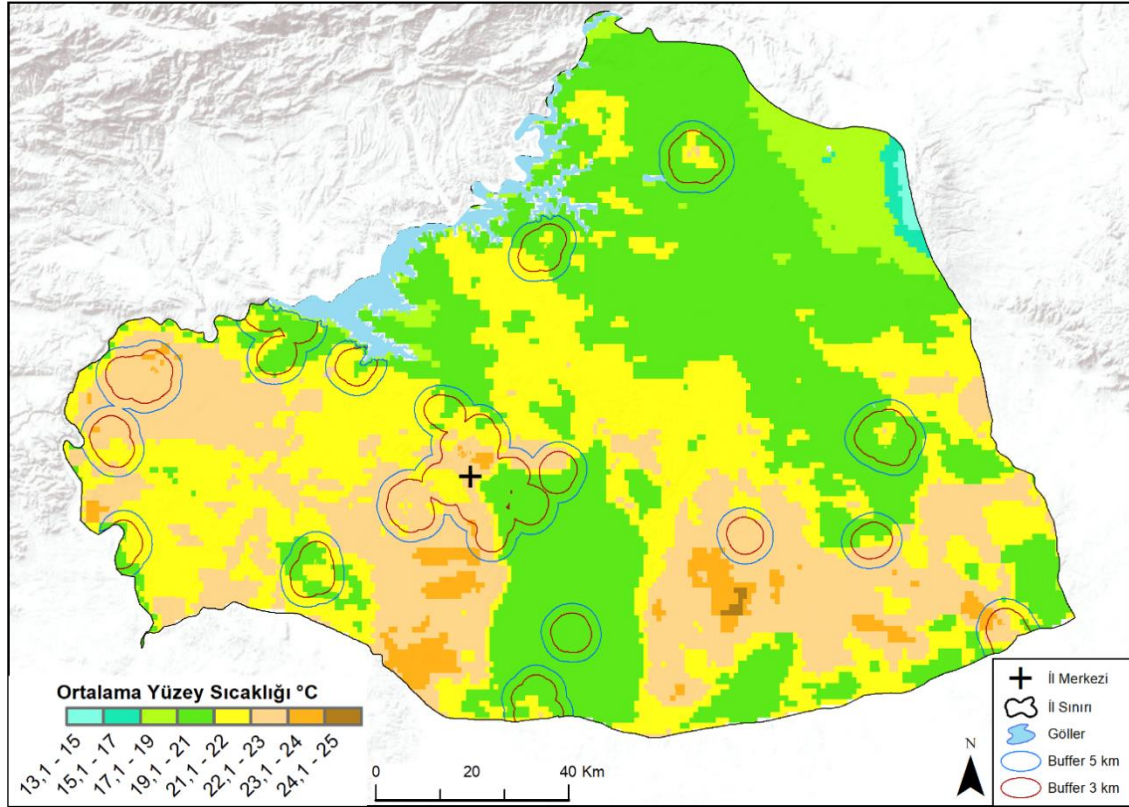
Gündüz ölçümlerinde olduğu gibi günlük ortalama YS'lerinde de bazı kırsal alanların kentsel bölgelerden daha yüksek YS'lere sahip olduğu görülmektedir. Bu anlamda gündüz, gece ve günlük ortalama YS'lere göre kentsel alanların çevredeki kırsal bölgelerden daha yüksek YS'lere sahip olduğu ölçüm periyodu sadece gece sıcaklıklarıdır (Şekil 5.50 - Şekil 5.52).



Şekil 5.50. Şanlıurfa ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.51. Şanlıurfa ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



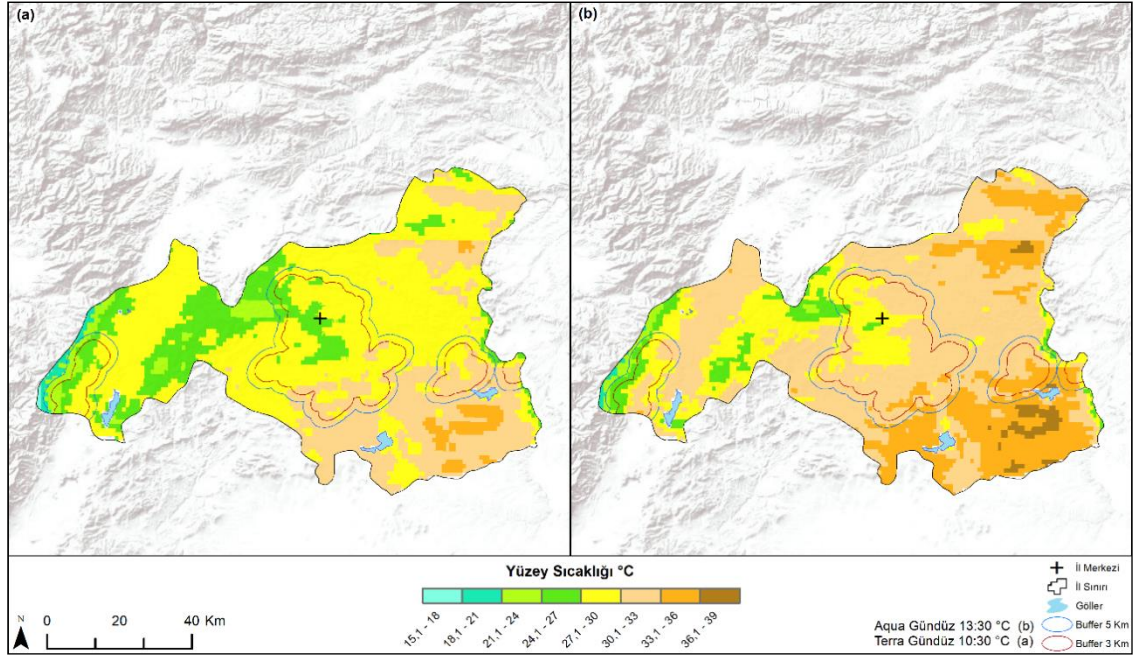
Şekil 5.52. Şanlıurfa ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı

Gaziantep ilindeki kentsel-kırsal istatistiksel göstergelere göre günlük ortalama YS'lerin ortalaması, kentsel 3 ve 5 km buffer alanlarında 20,2 ile 19,9 °C'dir. Kırsal 3 ve 5 km buffer bölgelerin de ise günlük ortalama YS'lerin ortalaması 20,6 ile 20,3 °C'dir (Tablo 5.5).

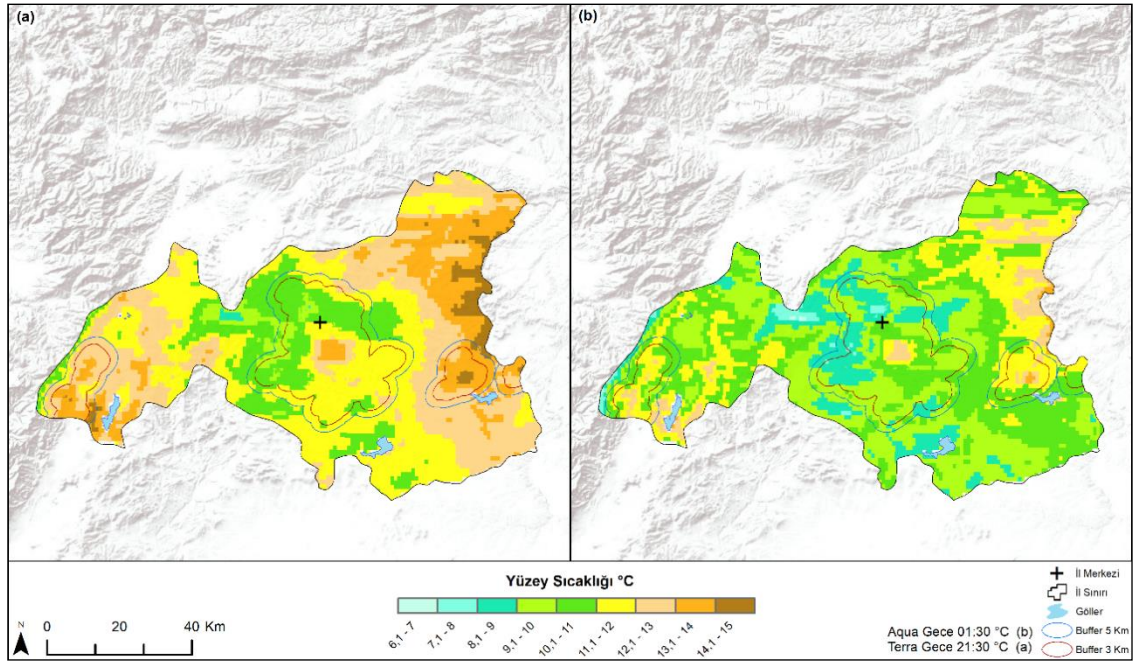
Gaziantep ilinin kentsel ve kırsal alanlarındaki gündüz YS'lerine bakıldığında, kırsal alanların daha yüksek sıcaklıklara ulaştığı görülmektedir. Kırsal yüksek YS'lerin özellikle belirgin olduğu alanlar, Gaziantep ilinin güneydoğusu ile kuzeydoğusudur. Bu bölgelerdeki gündüz YS'leri 39 °C'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 5.53).

Gece yüzey sıcaklıklarına göre, il merkeziyle birlikte Nizip kentsel alanlarında çevredeki kırsal bölgelere kıyasla yüksek sıcaklıklar oluşmuştur ancak yine de gece sıcaklıklarında, doğu ve kuzeydoğu kırsal alanlarının kentsel alanlardan çok daha yüksek sıcaklıklara sahip olduğu gözlenmektedir (Şekil 5.54).

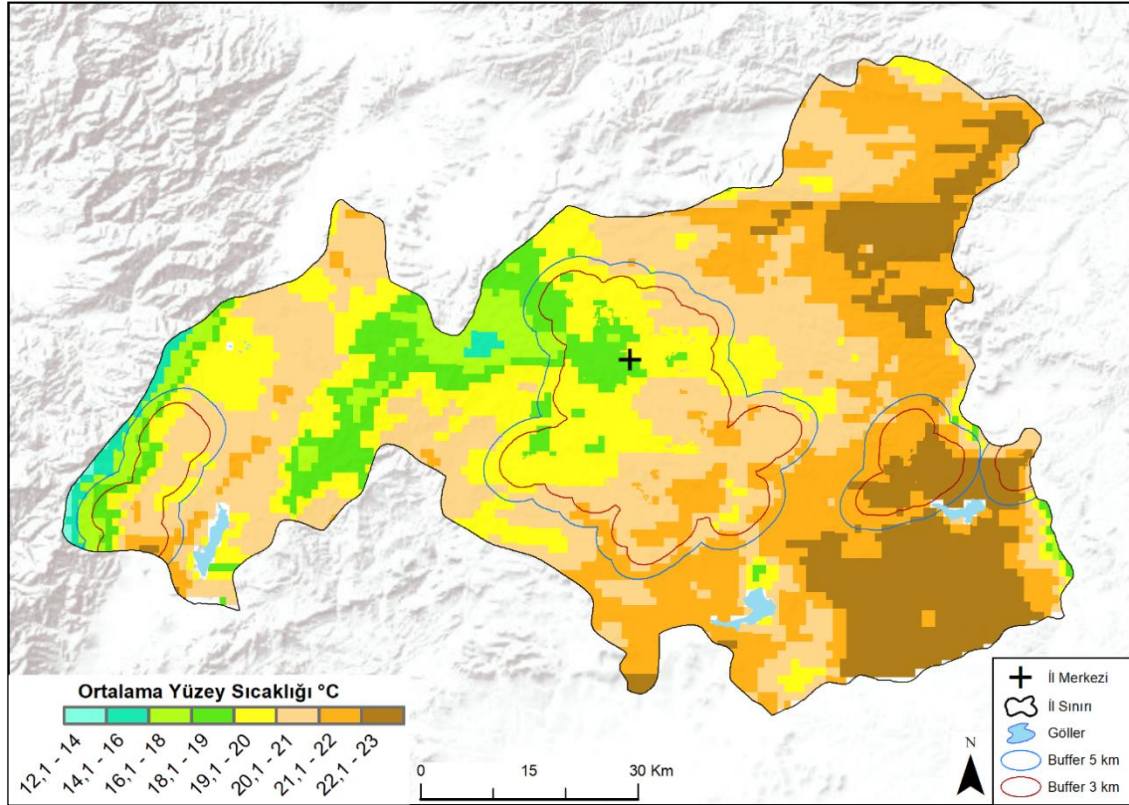
Gündüz ve gece YS'lerindeki kentsel-kırsal farklılıkların bir sonucu olarak günlük ortalama yüzey YS'lerde, genel olarak kırsal alanların kentsel bölgelerden daha yüksek sıcaklıklara sahip olduğu görülmektedir. Bu bakımdan gündüz, gece ve günlük ortalama YS'lere göre kentsel alanların çevredeki kırsal bölgelerden daha yüksek sıcaklıklara sahip olduğu belirgin bir ölçüm periyodu yoktur (Şekil 5.53 - Şekil 5.55).



Şekil 5.53. Gaziantep ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.54. Gaziantep ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.55. Gaziantep ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı

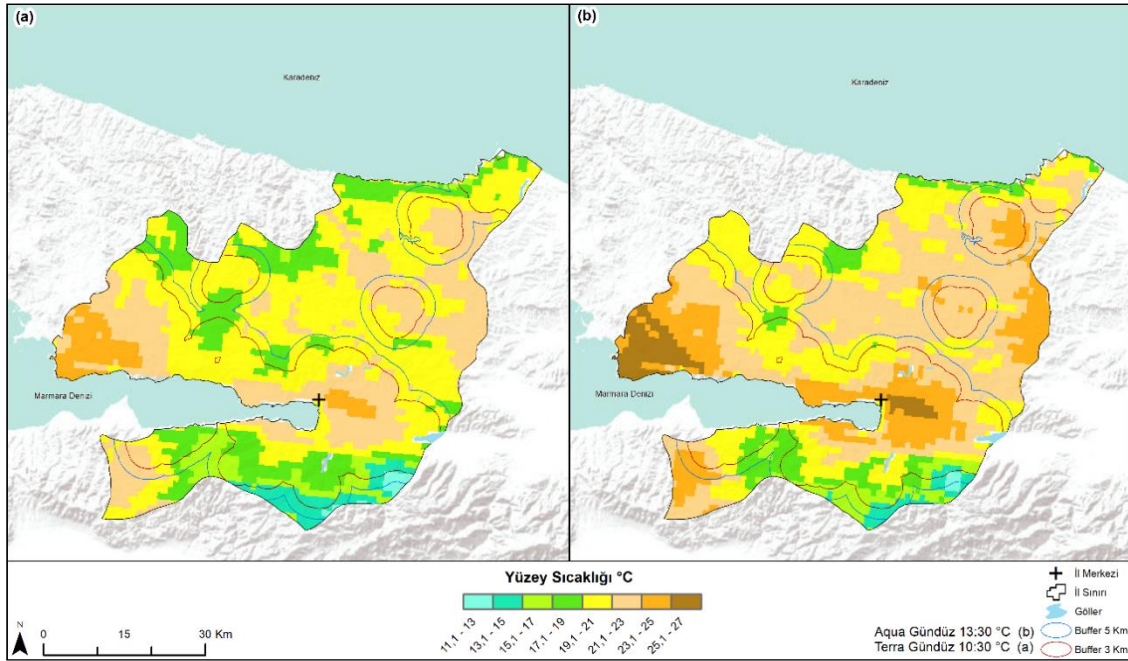
Kocaeli ilindeki kentsel-kırsal istatistiksel göstergelere göre günlük ortalama YS'lerin ortalaması, kentsel 3 ve 5 km buffer alanlarında 15,1 ile 14,9 °C'dir. Kırsal 3 ve 5 km buffer bölgelerin de ise günlük ortalama YS'lerin ortalaması 14,4 ile 14,5 °C'dir (Tablo 5.5).

Kocaeli, 2021 nüfus sayımlarına göre en kalabalık onuncu ildir. Kentsel aktivitelerin yoğun olduğu önemli şehirlerden birisi olarak Kocaeli il merkezi ve Gebze ilçelerinde çevredeki kırsal alanlara kıyasla çok belirgin YS artışları mevcuttur (Şekil 5.56 - Şekil 5.58).

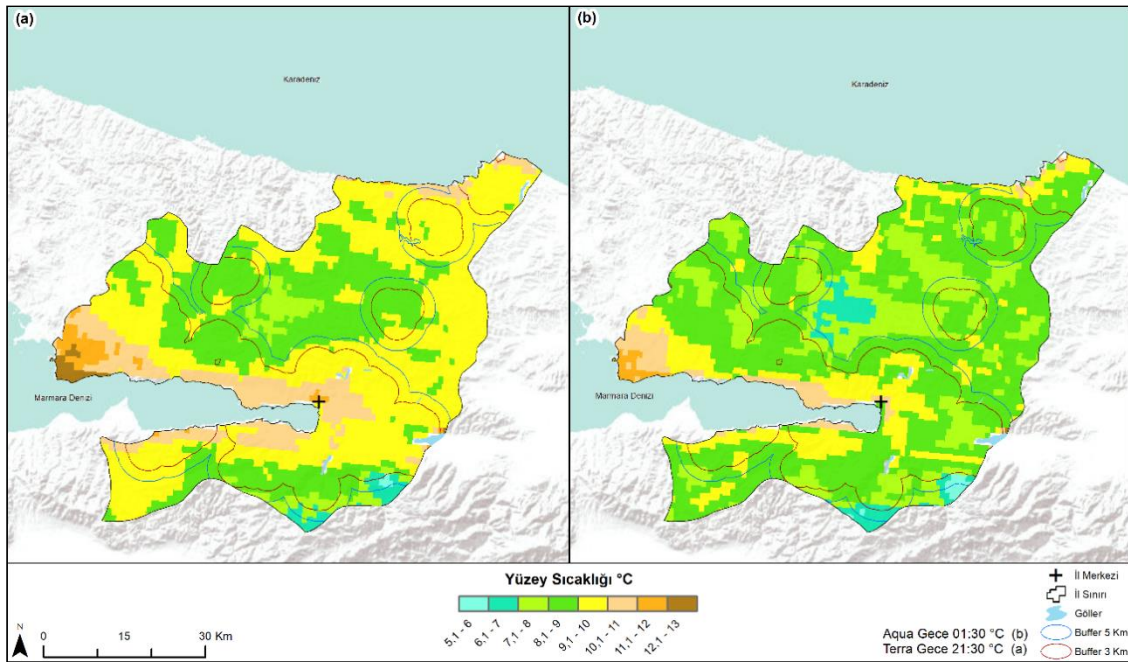
Gündüz YS'lerine göre kentsel alanlar, 27 °C'ye kadar çıkmaktadır. Kırsal alanlar ise 11 °C'ye kadar düşmektedir (Şekil 5.56).

Gece YS'lerine göre, Kocaeli il merkezi ve Gebze ilçesi kentsel alanlarında sıcaklıkların kırsaldan çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu bölgelerde gece YS'leri, 13 °C'ye kadar çıkarken çevredeki kırsal alanlarda 5 °C'ye kadar gerilemiştir (Şekil 5.57).

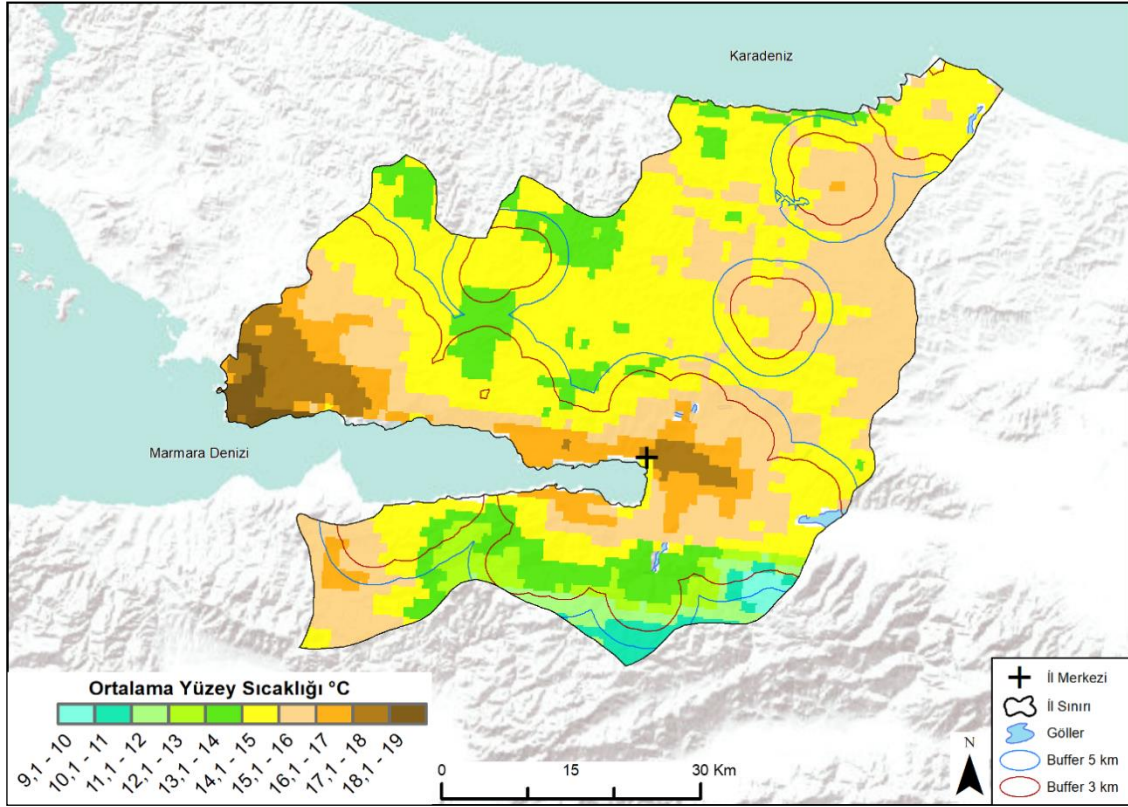
Kocaeli ilinde, gündüz ve gece gözlemlerinde meydana gelen kentsel sıcaklık artışları neticesinde günlük ortalama YS'lerde belirgin farklar oluşmuştur. Gündüz ve gece YS'lerinde görece yüksek sıcaklıklar bulunan il merkezi ve Gebze kentsel alanları, günlük ortalama YS'lere göre il içerisindeki en sıcak bölgeleri oluşturmaktadır. İl merkezinde 18 °C'ye kadar çıkan YS'ler, Gebze ilçesinde 19 °C'ye ulaşmaktadır (Şekil 5.58).



Şekil 5.56. Kocaeli ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.57. Kocaeli ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



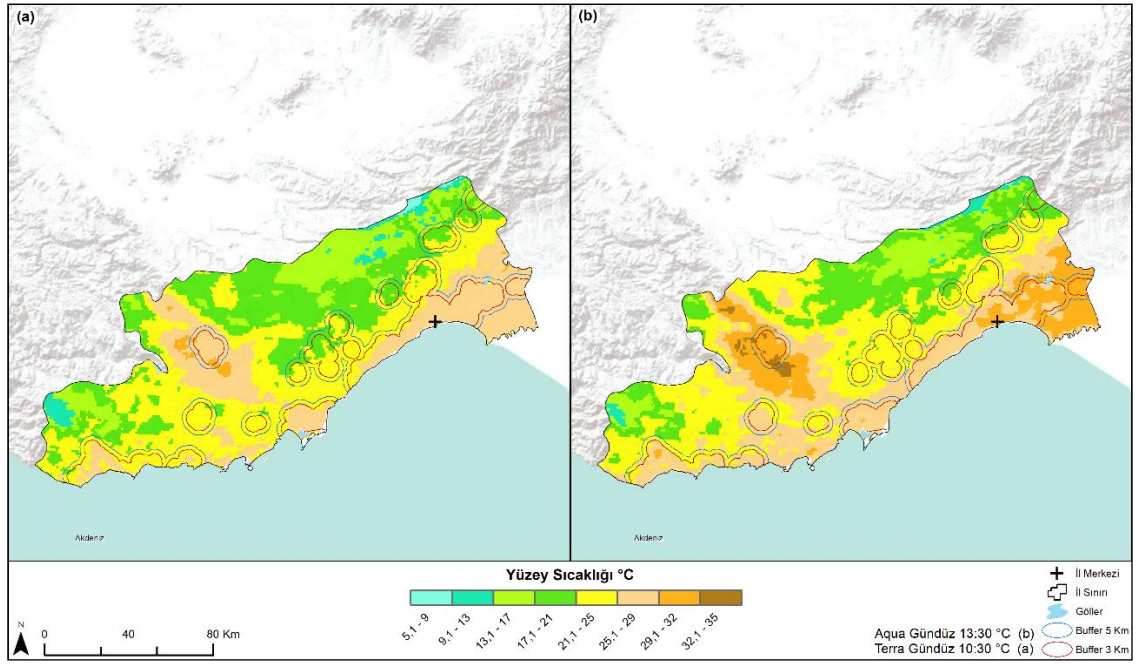
Şekil 5.58. Kocaeli ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı

Mersin ilindeki kentsel-kırsal istatistiksel göstergelere göre günlük ortalama YS'lerin ortalaması, kentsel 3 ve 5 km buffer alanlarında 18,9 ile 18,5 °C'dir. Kırsal 3 ve 5 km buffer bölgelerin de ise günlük ortalama YS'lerin ortalaması 15,1 ile 14,7 °C'dir (Tablo 5.6).

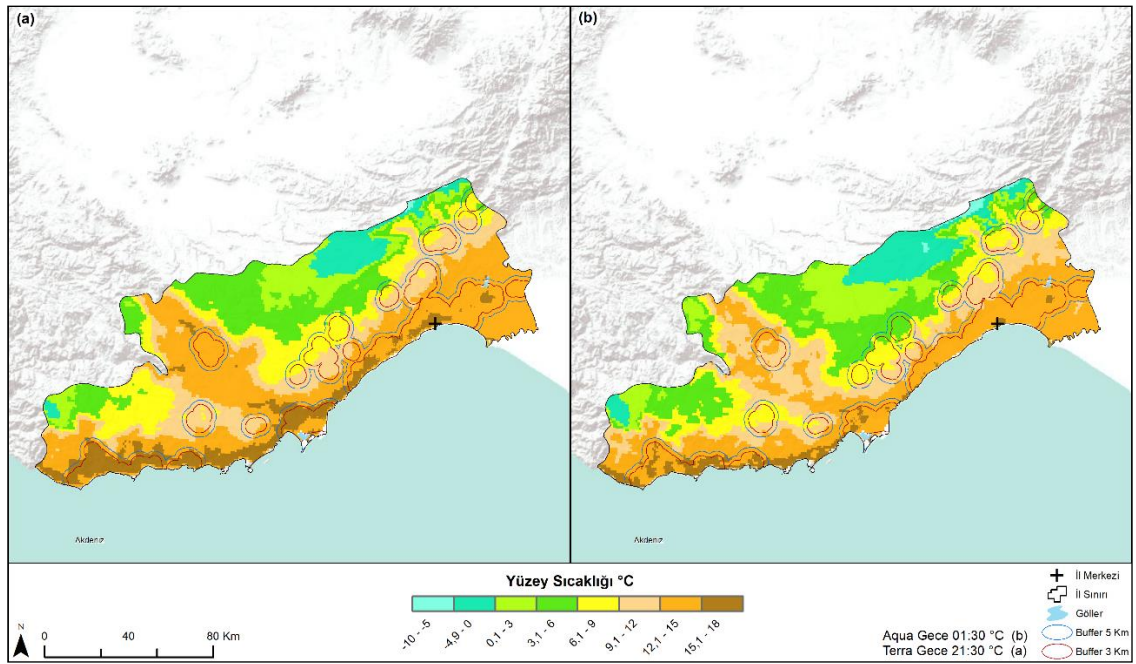
Mersin ili gündüz ölçümlerine göre kentsel YS'ler genel olarak, Mut ilçesi dışındaki alanlarda kırsal bölgelere göre daha yüksektir. Mut ilçesindeki kırsal yüksek YS'ler, aynı zamanda gündüz ölçümlerine göre Mersin ilindeki en yüksek noktaları oluşturmaktadır (Şekil 5.59).

Kırsal alanlara kıyasla kentsel alanların yüksek YS'lere sahip olduğu bölgeler gece sıcaklıklarında daha belirgin durumdadır. Akdeniz kıyıları boyunca uzanan kentsel alanlarda daha kuzeydeki kırsal bölgelere göre oldukça yüksek YS'ler gözlemlenmektedir. Bu bakımdan kentsel-kırsal alanlar arasındaki YS genliğinin geceleri oldukça fazla olduğu belirlenmiştir. Kentsel alanlarda 18 °C'ye kadar çıkan YS'ler, kırsal bölgelerde -10 °C'ye kadar düşmektedir (Şekil 5.60).

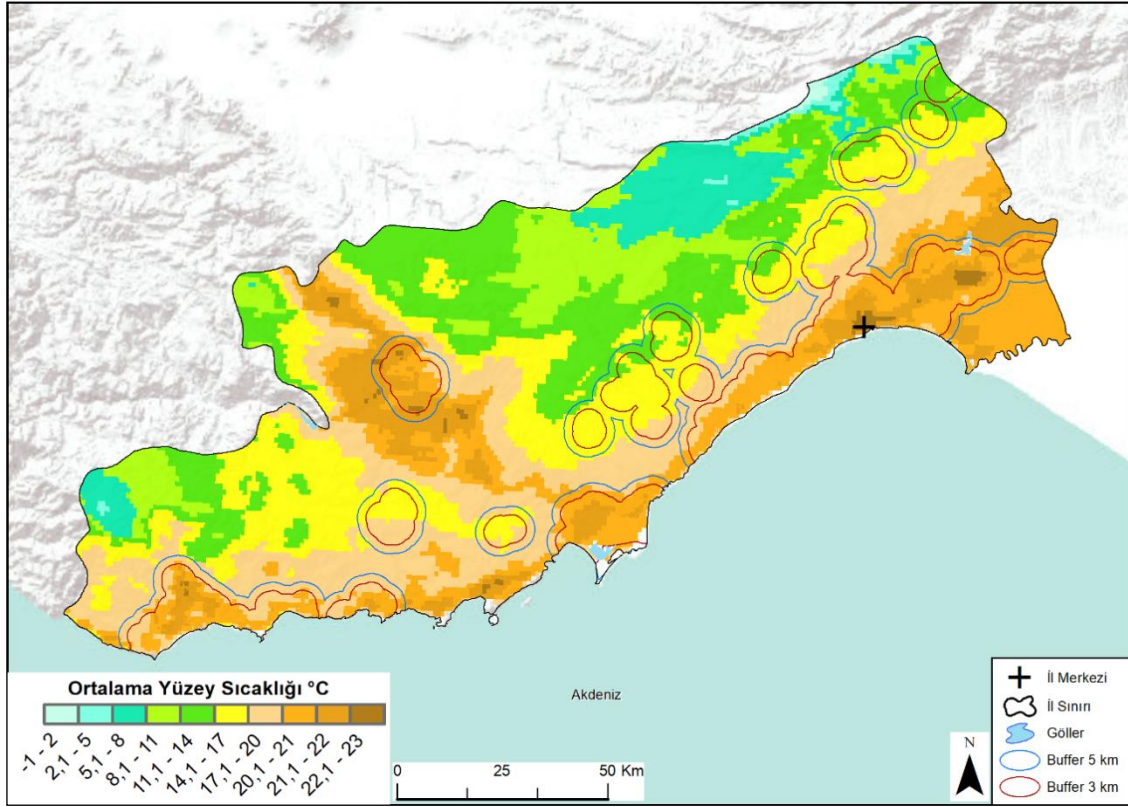
Günlük ortalama gözlemlerine göre YS'ler, gece periyodunda belirlenen mekânsal dağılışa benzerlik göstermektedir. Akdeniz kıyıları boyunca gözlemlenen kentsel yüksek YS'ler, il merkezi ve Tarsus ilçesi üzerinde en yüksek noktaya ulaşmaktadır (Şekil 5.61).



Şekil 5.59. Mersin ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.60. Mersin ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.61. Mersin ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı

Diyarbakır ilinde, kentsel 3-5 km ile kırsal 3-5 km buffer alanlarında yapılan istatistiksel gösterge analizlerine göre YS farkları, gündüz-gece ve günlük ortalama YS'lerin ortalamalarında oldukça belirgindir. Diyarbakır ilindeki kentsel-kırsal istatistiksel göstergelere göre günlük ortalama YS'lerin ortalaması, kentsel 3 ve 5 km buffer alanlarında 19,5 ile 19,3 °C'dir. Kırsal 3 ve 5 km buffer bölgelerin de ise günlük ortalama YS'lerin ortalaması 18 ile 17,9 °C'dir (Tablo 5.6).

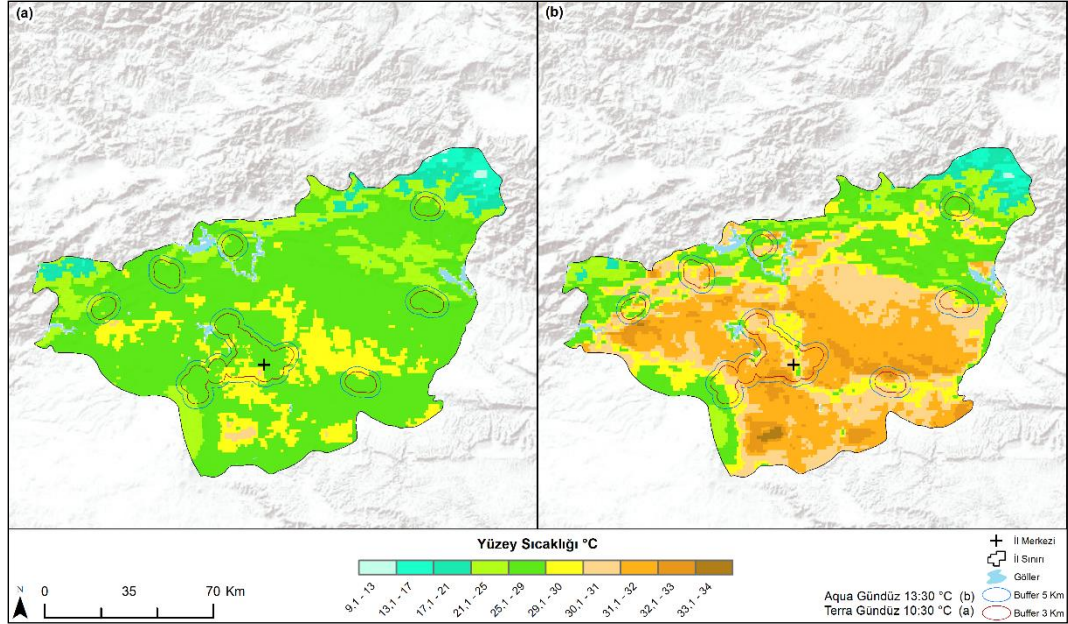
Gündüz ölçümlerine göre Diyarbakır ili kentsel alanlarında, çevrelerindeki kırsal bölgelerden daha yüksek YS'ler bulunmamaktadır. İl sınırları içerisinde gündüzleri en sıcak bölge, güneybatıdaki Karacadağ volkanik alanıdır (Şekil 5.62).

Gündüz ölçümlerinde çevredeki kırsal alanlara kıyasla daha soğuk olan kentsel bölgeler, gece ölçümlerinde de ise kırsal alanlardan önemli oranda daha sıcak hale gelmiştir. İl merkeziyle birlikte kuzeybatı ve doğudaki küçük kentsel alanlar, gece ölçümlerine göre çevrelerinden daha sıcak durumda oldukları gözlemlenmektedir (Şekil 5.62; Şekil 5.63).

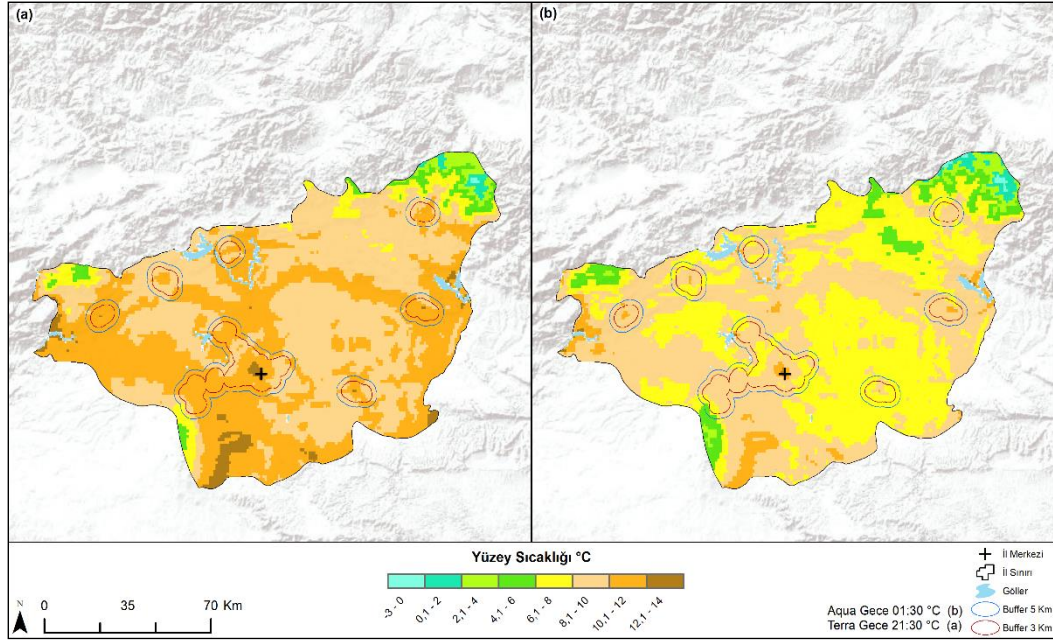
Diyarbakır ilinde gündüz gözlemlerinde meydana gelen lokal boyuttaki kırsal yüksek YS'ler nedeniyle, kentsel bölgelerin günlük ortalama YS'leri çevredeki bazı lokal alanlardan daha soğuk oldukları görülmektedir. Ancak güneydeki yüksek YS'lere sahip bölge dikkate alınmadığında, kentsel alanlar genel anlamda il üzerindeki en sıcak bölgeleri oluşturmaktadır (Şekil 5.64).

Lokal iklim koşulları ve çıplak alanların varlığı nedeniyle bazı illerde kentsel alanlar çevrelerinden daha sıcak bir durumda değildir. Bunlardan bir tanesi de

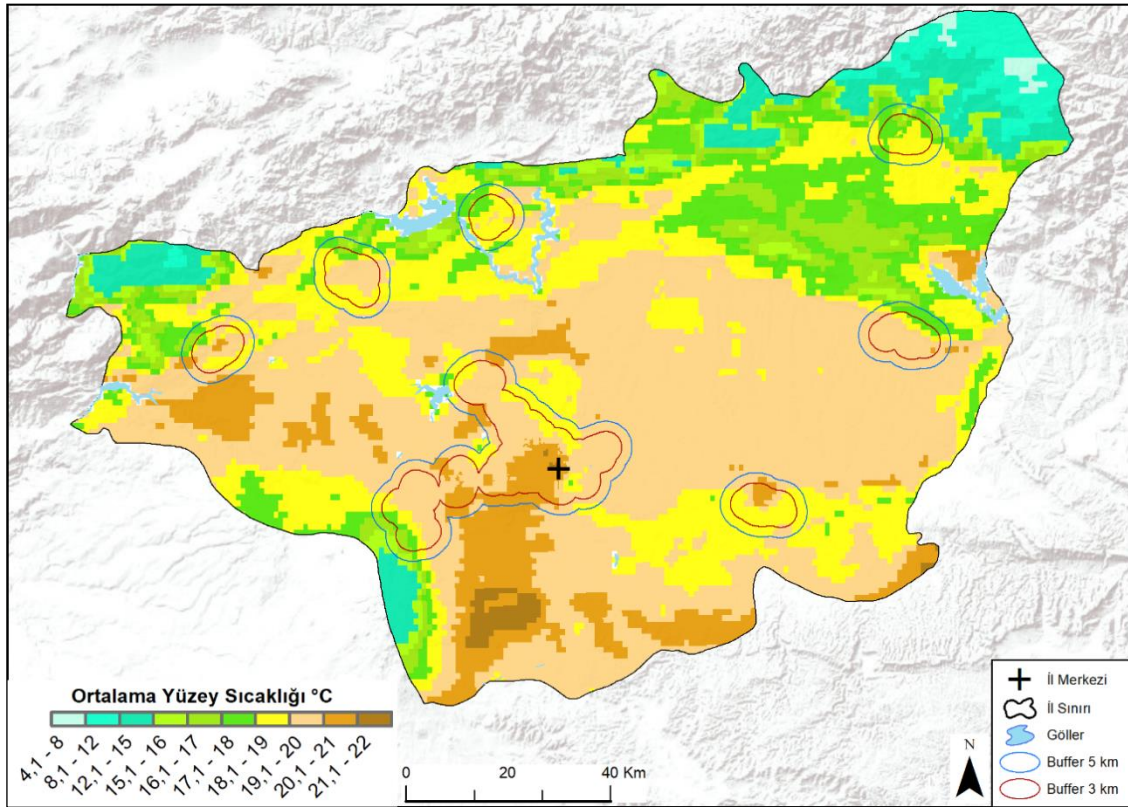
Diyarbakır ilidir. Volkanik alanlar, tarım alanları (Bağlar ilçesi) ve çalılık alanlar (Eğil ilçesi); il içerisindeki en sıcak noktaları oluşturmaktadır. Dicle Nehri ve Dicle-Elazığ sınırındaki ormanlık-çalılık alanlar ise il içerisindeki önemli soğuk noktalardır (Şekil 5.65).



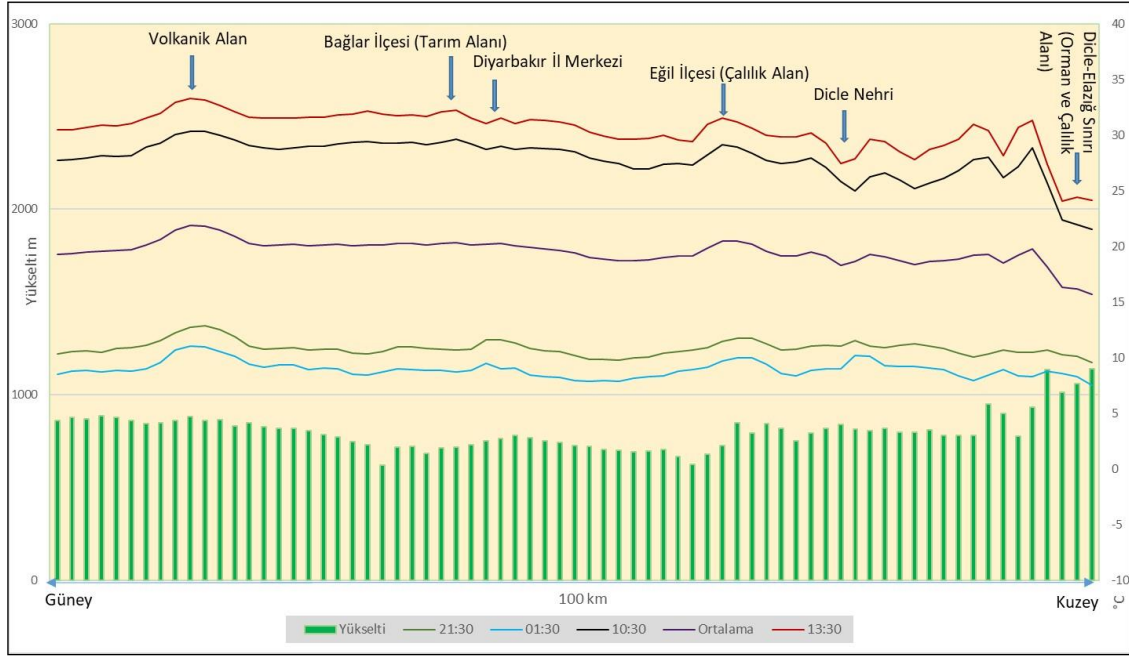
Şekil 5.62. Diyarbakır ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.63. Diyarbakir ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.64. Diyarbakir ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



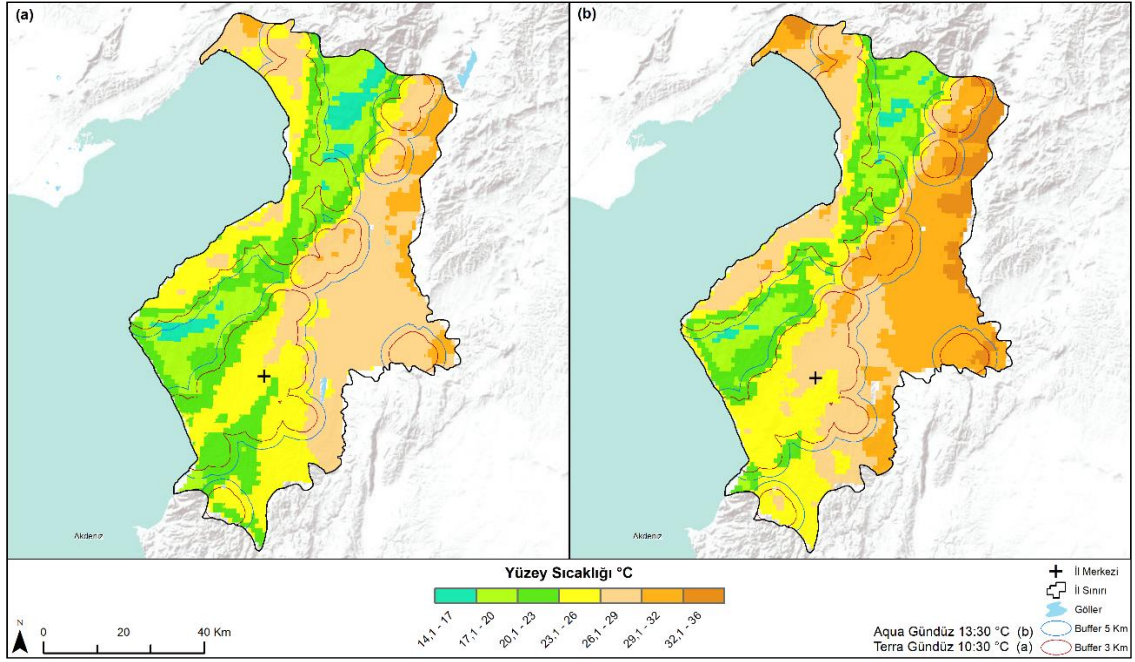
Şekil 5.65. Diyarbakır ilinde güneyden-kuzeye YS değişimlerinin profili

Hatay ilindeki kentsel-kırsal istatistiksel göstergelere göre günlük ortalama YS'lerin ortalaması, kentsel 3 ve 5 km buffer alanlarında 19,7 ile 19,4 °C'dir. Kırsal 3 ve 5 km buffer bölgelerin de ise günlük ortalama YS'lerin ortalaması 18,7 °C'dir (Tablo 5.6).

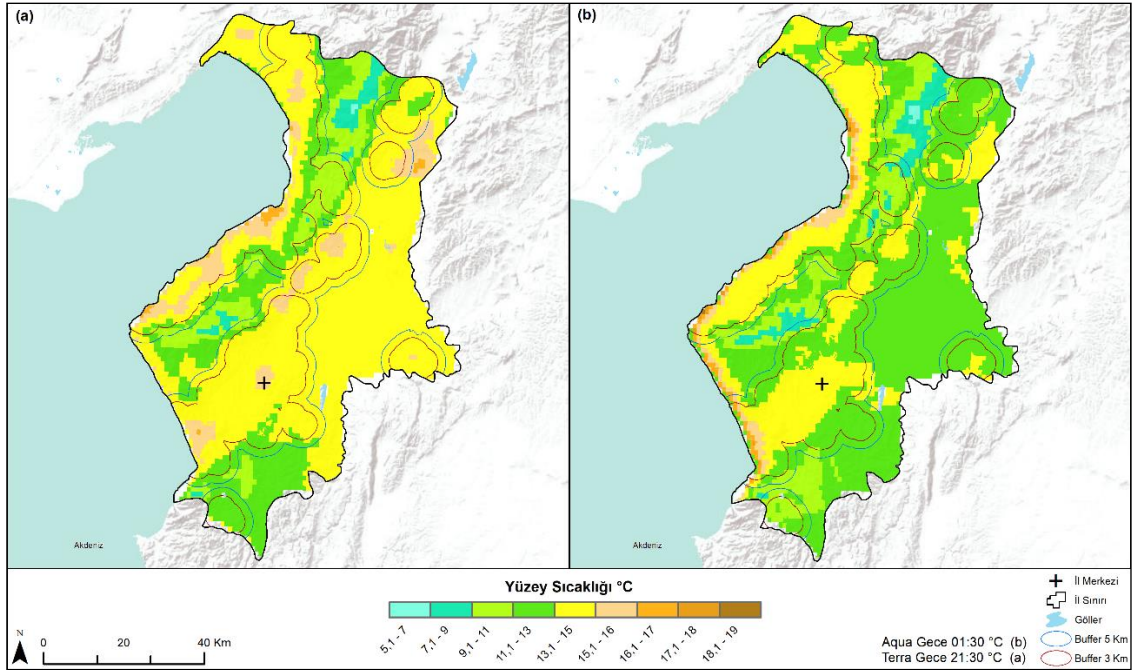
Gündüz ölçümlerine göre Hatay ili kentsel alanlarında, çevrelerindeki kırsal bölgelerden daha yüksek YS'ler bulunmamaktadır. İl sınırları içerisinde, gündüzleri en sıcak bölgeler kuzeybatı ve kuzeydoğu kısımlardır (Şekil 5.66).

Gündüz ölçümlerinde kuzeybatı ve kuzeydoğu kısımdaki kırsal alanlara kıyasla daha soğuk olan kentsel bölgeler, gece ölçümlerinde ise kırsal alanlardan önemli oranda daha sıcak duruma gelmiştir. İl merkeziyle birlikte Akdeniz kıyılarındaki diğer kentsel alanlar, gece ölçümlerine göre çevrelerinden daha sıcak durumdadır (Şekil 5.66; Şekil 5.67).

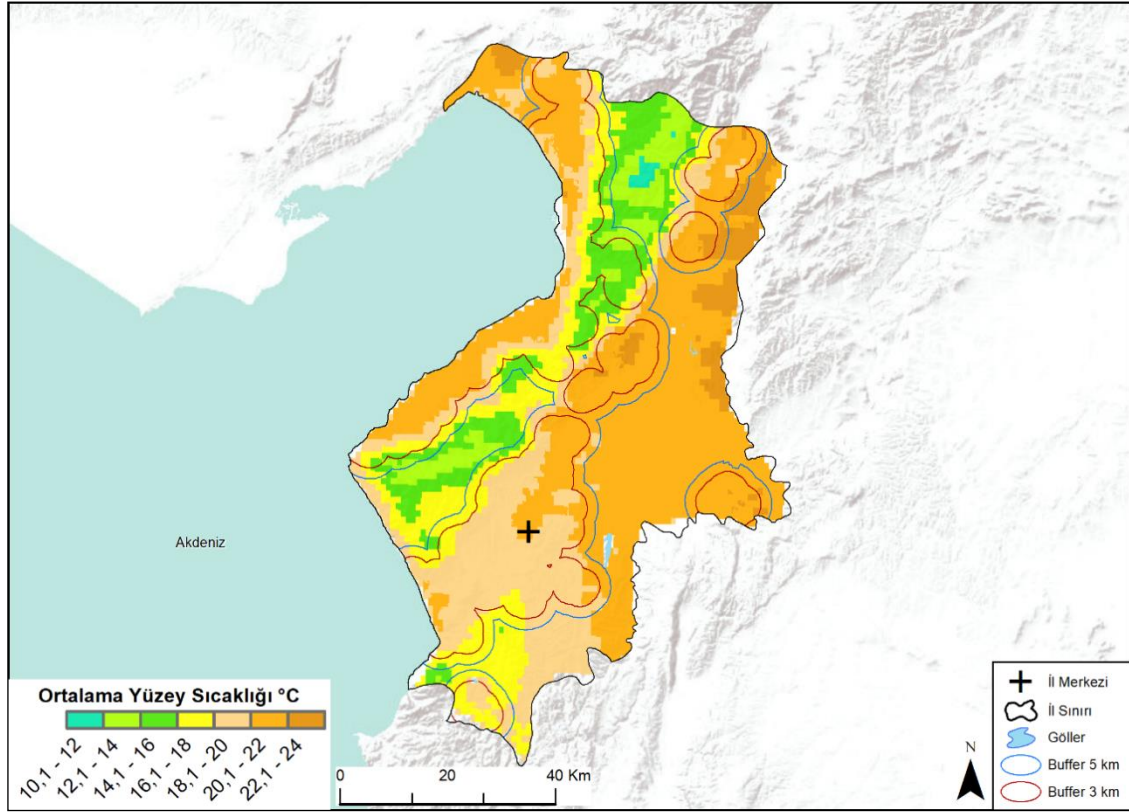
Hatay ili gündüz gözlemlerinde meydana gelen lokal boyuttaki kırsal yüksek YS'ler nedeniyle, kentsel bölgelerin günlük ortalama YS'lerinin çevredeki bazı lokal alanlardan (kuzeydoğu ve kuzeybatı) daha soğuk oldukları görülmektedir. Ancak lokal yüksek YS'lere sahip kırsal bölgeler dışında, kentsel alanlar genel anlamda Hatay ilindeki en sıcak bölgeleri oluşturmaktadır (Şekil 5.68).



Şekil 5.66. Hatay ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.67. Hatay ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



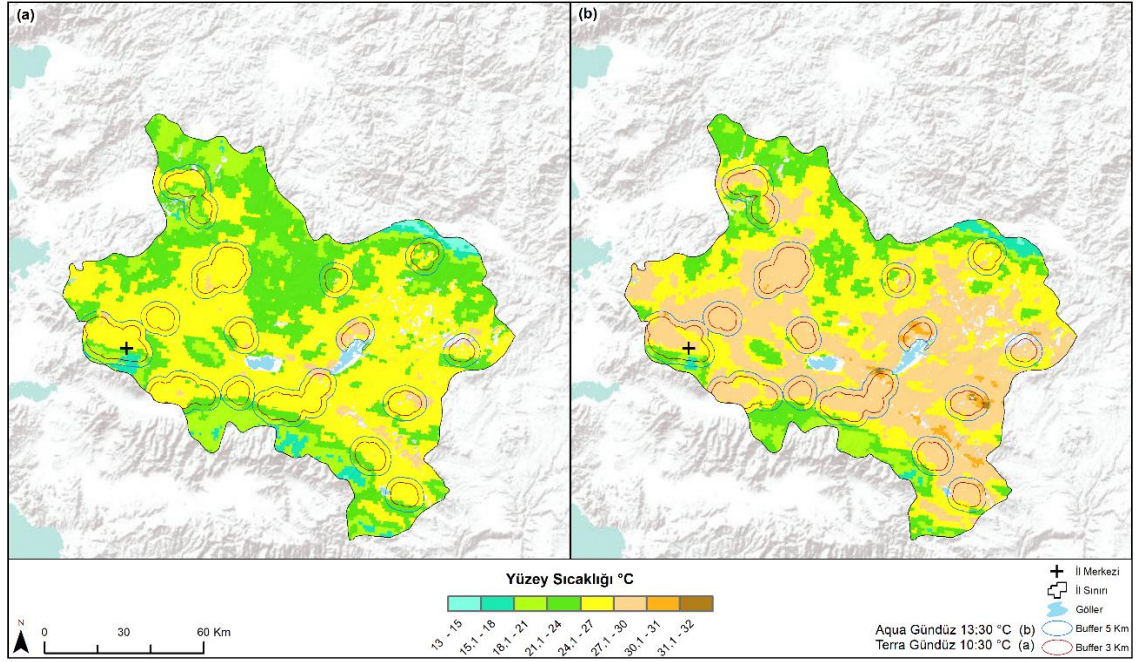
Şekil 5.68. Hatay ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı

Manisa ilindeki kentsel-kırsal istatistiksel göstergelere göre günlük ortalama YS'lerin ortalaması, kentsel 3 ve 5 km buffer alanlarında 18,3 ile 18,2 °C'dir. Kırsal 3 ve 5 km buffer bölgelerin de ise günlük ortalama YS'lerin ortalaması 17,2 ile 16,9 °C'dir (Tablo 5.6).

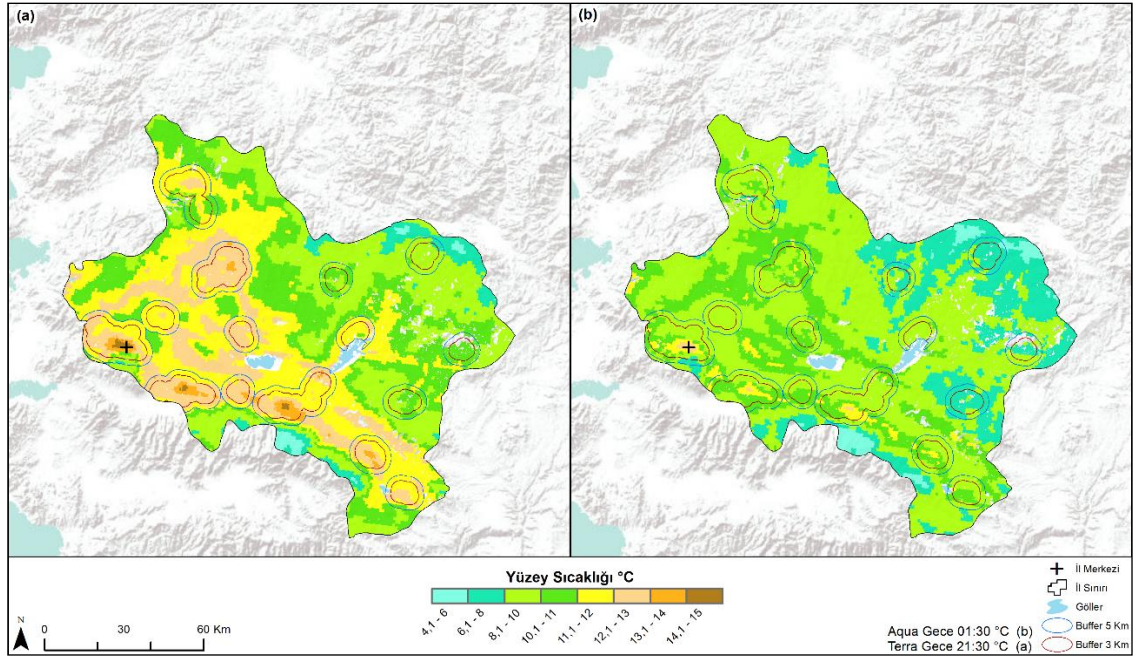
Gündüz ölçümlerine göre Manisa ili kentsel alanlarında, çevrelerindeki kırsal bölgelerden daha yüksek YS'ler bulunmamaktadır (Şekil 5.69).

Gündüz ölçümlerinde çevredeki kırsal alanlara kıyasla daha soğuk olan kentsel bölgeler, gece ölçümlerinde de ise kırsal alanlardan önemli oranda daha sıcak duruma gelmişlerdir. İl merkeziyle birlikte Akhisar, Salihli ve Turgutlu ilçelerinin kentsel alanları, gece ölçümlerine göre belirgin bir şekilde çevrelerinden daha sıcak durumdadır (Şekil 5.69; Şekil 5.70).

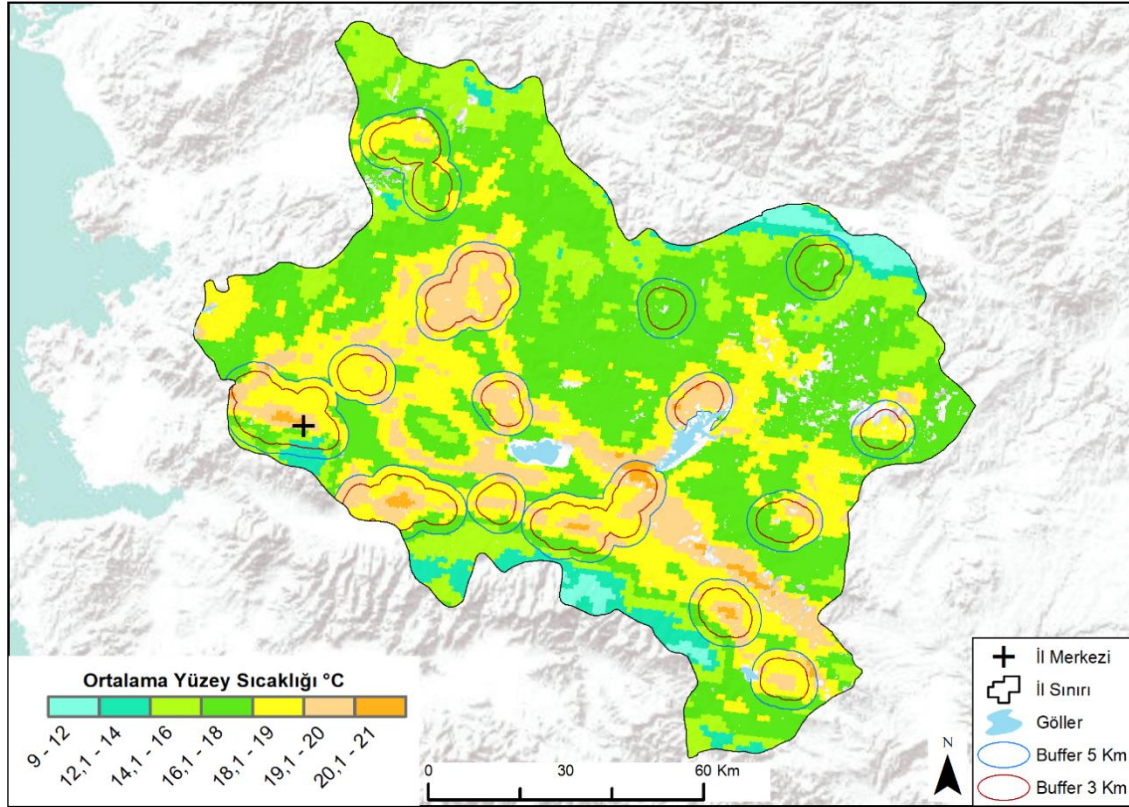
Manisa ili gece gözlemlerinde meydana gelen kentsel yüksek YS'ler nedeniyle kırsal bölgelerin, günlük ortalama YS'lerde çevredeki kentsel alanlardan daha soğuk oldukları görülmektedir. Özellikle Soma, Alaşehir, Salihli, Turgutlu, Köprübaşı, Akhisar ilçeleriyle birlikte il merkezi; genel anlamda Manisa ilindeki en sıcak bölgelerdir (Şekil 5.71).



Şekil 5.69. Manisa ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.70. Manisa ili gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.71. Manisa ilinde günlük ortalama YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı

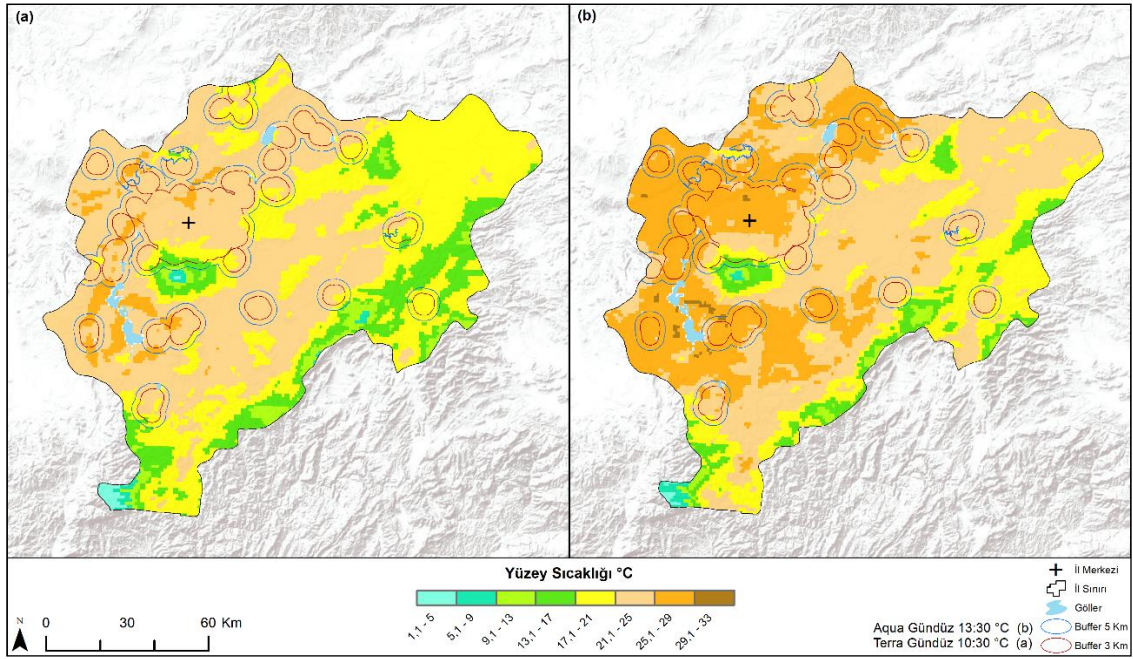
Kayseri ilindeki kentsel-kırsal istatistiksel göstergelere göre günlük ortalama YS'lerin ortalaması, kentsel 3 ve 5 km buffer alanlarında 14,2 ile 13,9 °C'dir. Kırsal 3 ve 5 km buffer bölgelerin de ise günlük ortalama YS'lerin ortalaması 11,9 ile 11,5 °C'dir (Tablo 5.6).

Gündüz ölçümlerine göre Kayseri ili kentsel alanlarında, çevrelerindeki kırsal bölgelerden daha yüksek YS'ler bulunmamaktadır. İl sınırları içerisinde gündüzleri görece sıcak bölgeler daha çok batı kısımda yoğunlaşmıştır (Şekil 5.72).

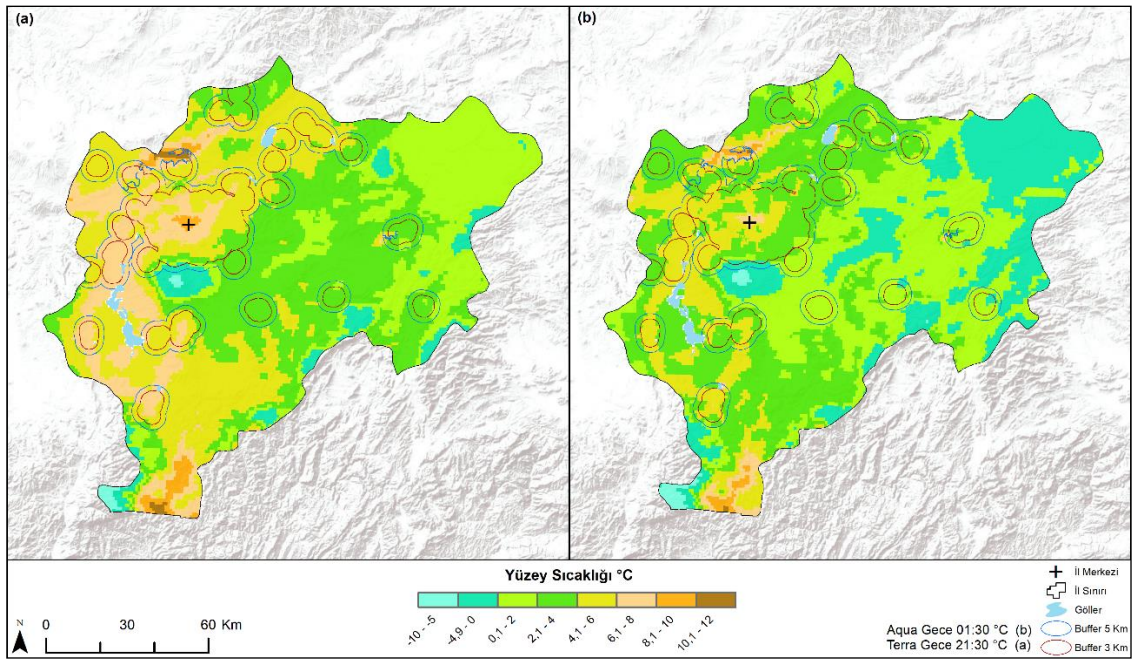
Gündüz ölçümlerinde çevredeki bazı lokal kırsal alanlara kıyasla daha soğuk olan kentsel bölgeler, gece ölçümlerin de ise kırsal alanlardan (en güneydeki sıcak bölge dışında) daha sıcak durumdadır. Bu durum özellikle Kayseri il merkezi üzerinde belirgindir (Şekil 5.72; Şekil 5.73).

Kayseri ilinde günlük ortalama YS gözlemlerine göre kentsel bölgeler, çevredeki bazı lokal kırsal alanlarla birlikte görece sıcak kısımları meydana getirmektedir (Şekil 5.74).

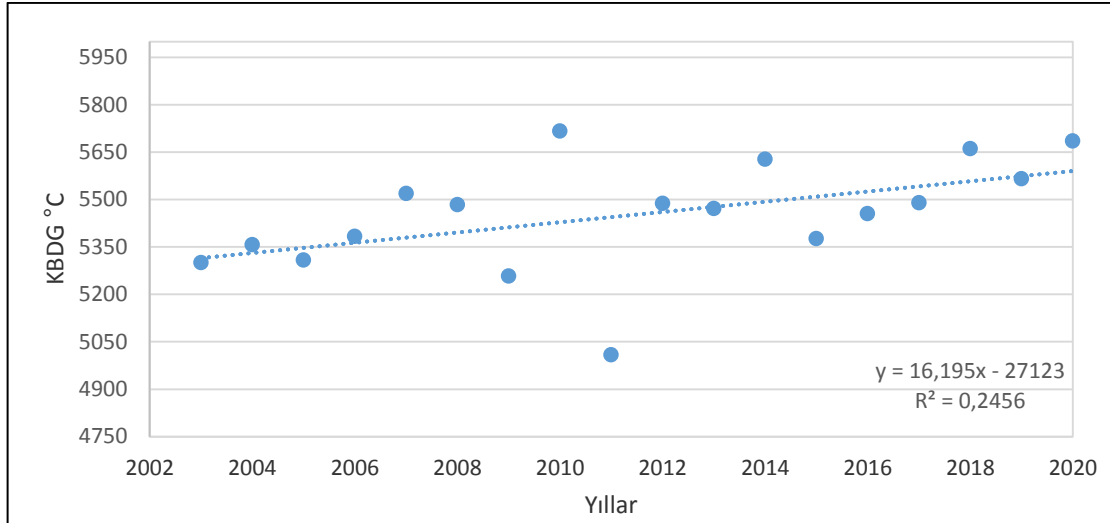
Gündüz, gece ve günlük ortalama gözlem periyotlarına göre Erciyes Dağı, il genelindeki soğuk alandır (Şekil 5.72 – Şekil 5.74).



Şekil 5.72. Kayseri ilinde gündüz 10:30 ve 13:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.73. Kayseri ilinde gece 21:30 ve 01:30 saatlerindeki YS değişimlerinin kentsel-kırsal farkı



Şekil 5.75. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda yıllık KBDG °C birikimlerinin lineer regresyon grafiği

2003-2020 periyodunun yıllık KBDG °C ortalaması 5453 birimdir. Ancak, 2003-2010 periyot ortalaması ise 5416 birimdir. YS değişim analizlerine göre, 2003-2010 periyodundan daha sıcak bir dönem olduğu belirlenen 2011-2020 periyodunun KBDG °C ortalaması ise 5483 birimdir (Tablo 5.7).

2011-2020 periyodundan 2003-2010 döneminin farkına bakıldığında 67 birimlik bir değişim mevcuttur (Tablo 5.7).

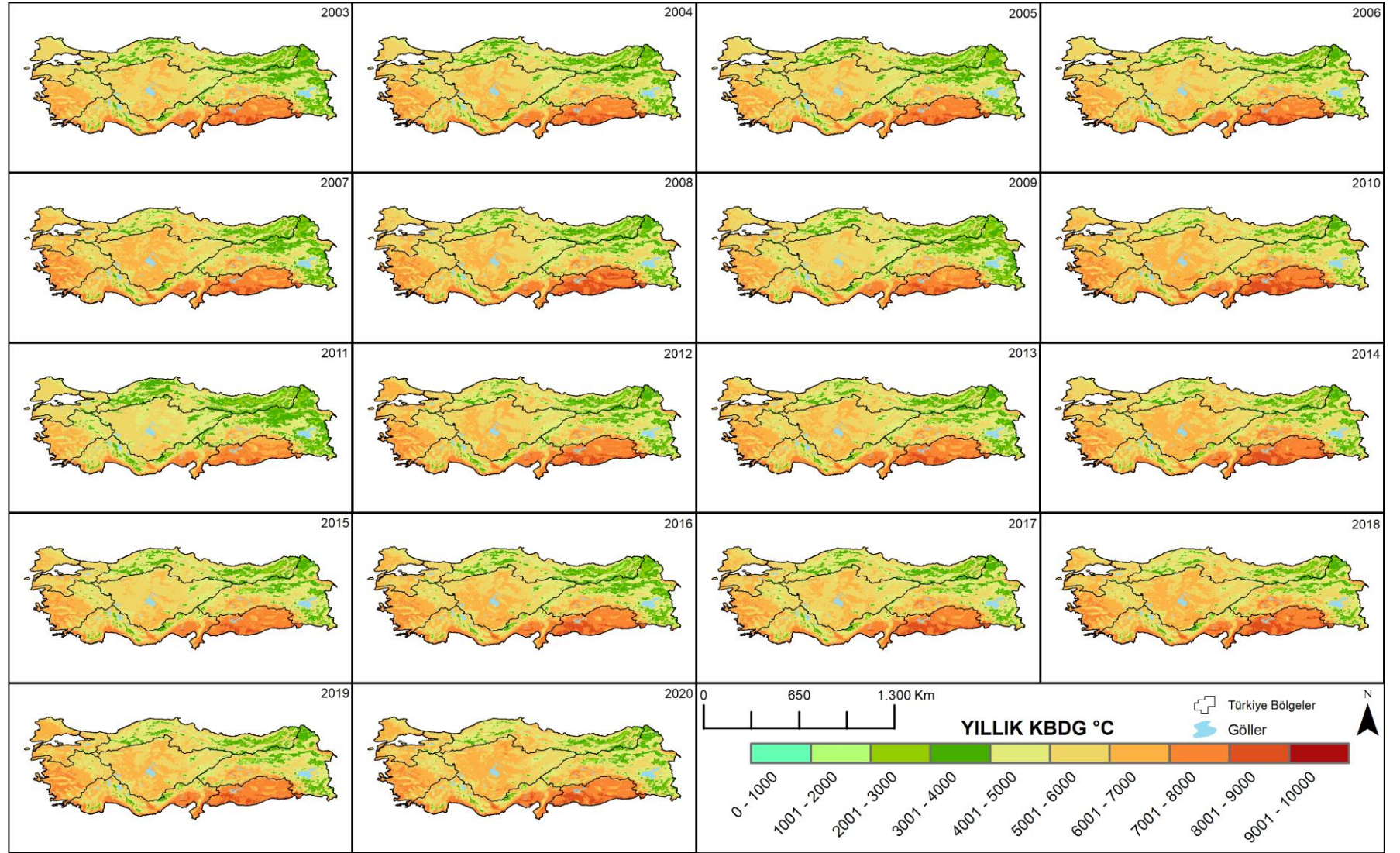
Tablo 5.7. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda yıllık KBDG °C birikimlerinin değişimi, 2003-2010 ve 2011-2020 periyotlarının ortalaması ve farkları

<i>Yıllar</i>	<i>KBDG °C</i>
2003	5300
2004	5357
2005	5308
2006	5383
2007	5519
2008	5484
2009	5258
2010	5716
2011	5008
2012	5488
2013	5472
2014	5627
2015	5376
2016	5455
2017	5490
2018	5660
2019	5566
2020	5685
Ortalama	5453
2003-2010 Ortalaması	5416
2011-2020 Ortalaması	5483
(2003-2010) - (2011-2020) Farkı	67

5.3.1. Türkiye’de Kümülatif Büyüme Derece Günlerinde Meydana Gelen Değişim ve Eğilimler

Türkiye’de KBDG °C birimlerinin 2003 yılından 2020 yılına kadarki değişimine göre, önemli artışların daha çok Marmara, İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesinin batı kısmında meydana geldiği belirlenmiştir. 2011 yılında İç Anadolu Bölgesinin tamamında belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. Türkiye’de ortalama yükseltinin en fazla olduğu Doğu Anadolu Bölgesinde gözlemlenen KBDG °C artışları, 2010 yılında 2003-2010 periyodunun en yüksek noktasına ulaşmıştır. 2011’de bölge genelindeki KBDG °C düşüşünden sonra, birikim 2020’ye kadar devam etmiştir. 2011-2020 periyodunda ise birikimin en fazla olduğu yıllar, tüm bölgeler için 2018, 2019 ve 2020 dönemleridir (Şekil 5.76).

Karadeniz Bölgesinde, KBDG °C birikimlerinin belirgin artış yaşadığı kısım Orta Karadeniz’dir (Şekil 5.76).



Şekil 5.76. Türkiye’de KBDG °C birimlerinde meydana gelen yıllık değişimler

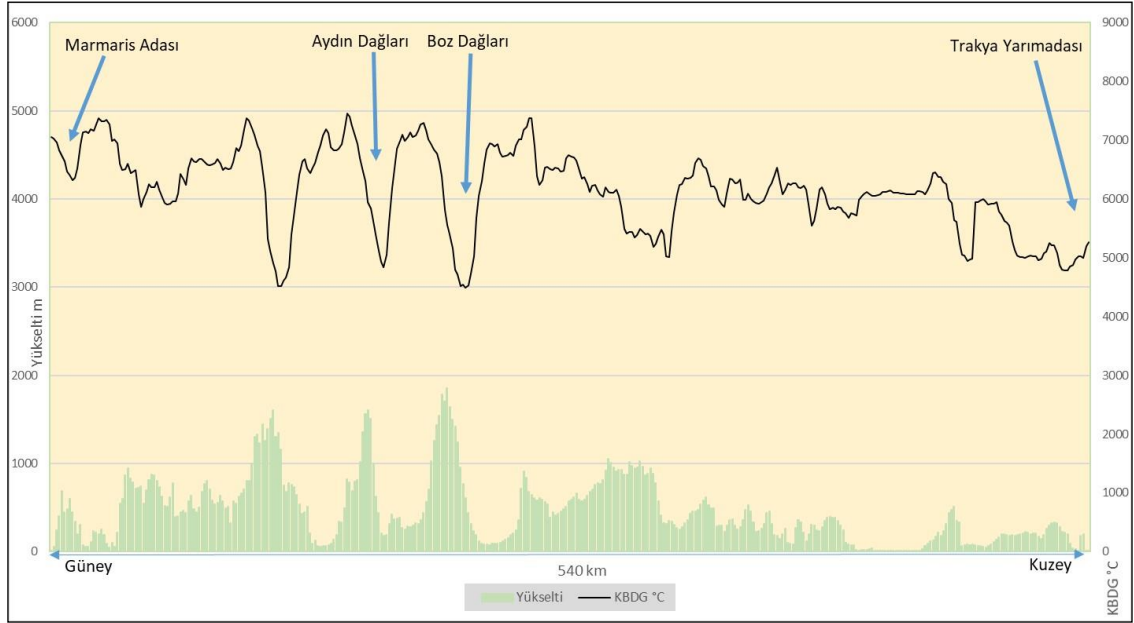
5.3.1.1. Türkiye’de Kümülatif Büyüme Derece Günlerinin (KBDG) Profil Analizi

Türkiye’de KBDG °C birikimleri, daha çok yükselti ve enlemsel değişimlerin kontrolü altındadır. Bu nedenle, Türkiye’de güneyden kuzeye üç farklı konumda KBDG °C profilleri oluşturulmuştur (Şekil 5.12 “d, e ve f”).

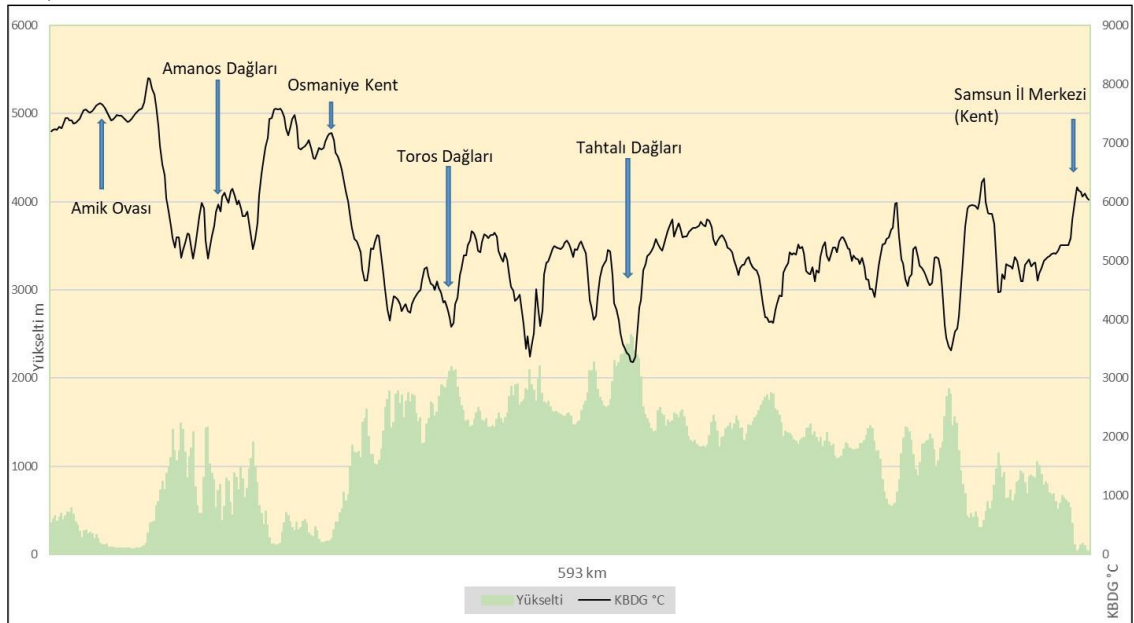
Batı kısmında güneyden kuzeye doğru çekilen profile göre, yükseltinin etkisiyle gerçekleşen düşüşler dışında KBDG °C birikimi enlemsel etkiye bağlı olarak kuzeye doğru azalmıştır. En güneyde (Marmaris), 7000 KBDG °C birikimi mevcutken en kuzeyde (Karadeniz kıyısında) yaklaşık 5000 KBDG °C birikimi bulunmaktadır. Batı profili, merkez ve doğu profiline kıyasla ortalama yükseltinin en az olduğu kesimdir. Doğru profili ise üç profil içinde ortalama yükseltinin en yüksek olduğu hattır (Şekil 5.77; Şekil 5.12 “d, e ve f”).

Merkez profili (güneyden kuzeye), enlemsel etkinin yanı sıra yükselti ve denizel-karasal koşulların da kontrolü altındadır. Merkez profili üzerinde KBDG °C birikimlerinin en yüksek olduğu alanlar, Amik Ovası ve Adana ilinin kuzeyidir. Bu bölgelerdeki KBDG °C birikimleri, yaklaşık 7500 birim seviyesindedir (Şekil 5.78).

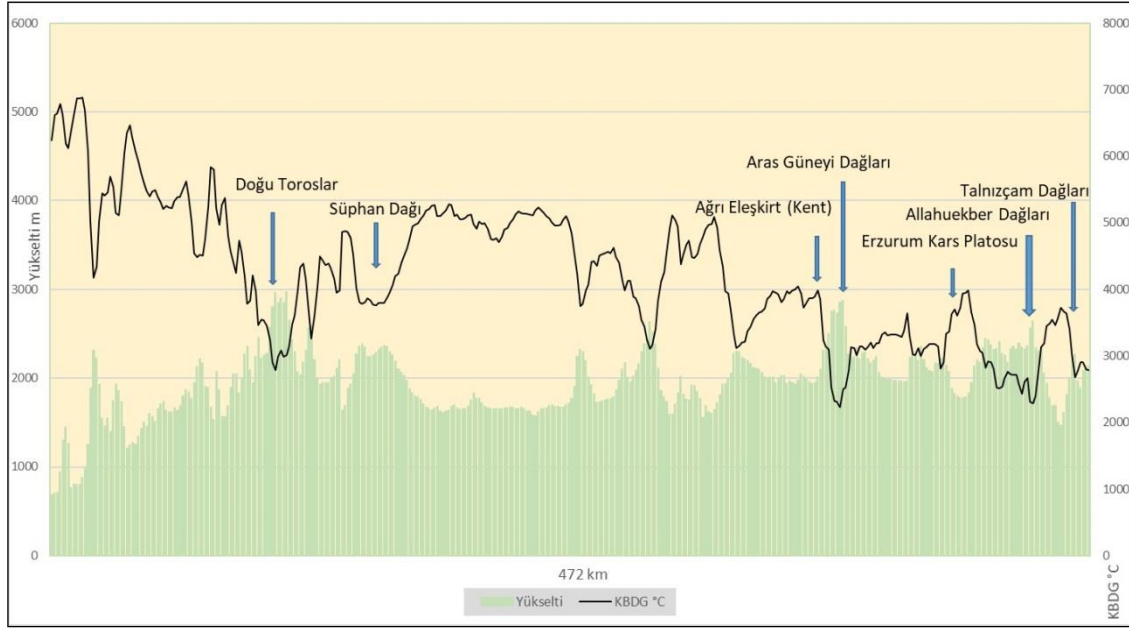
Yükselti baskısının en belirgin olduğu kısım olarak doğu profilinde, KBDG °C değişkenliği oldukça yüksektir. Güney kısmında 6500’ün üzerindeki KBDG °C birikimleri, kuzeye doğru azalarak 3000 birimin altına gerilemiştir (Şekil 5.79).



Şekil 5.77. Türkiye'nin batı kısmında güneyden kuzeye KBDG °C profili (Şekil 5.12 "d").



Şekil 5.78. Türkiye'nin merkez kısmında güneyden kuzeye KBDG °C profili (Şekil 5.12 "e").



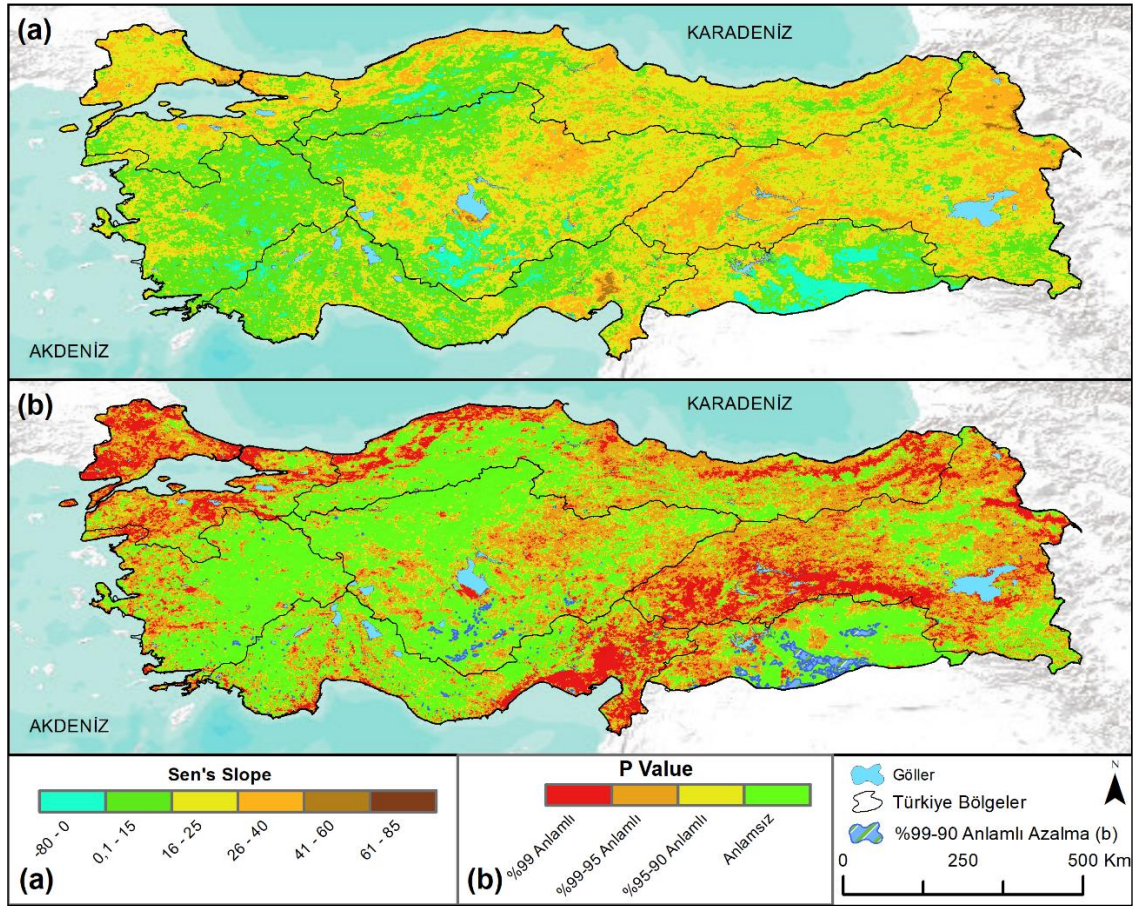
Şekil 5.79. Türkiye'nin doğu kısmında güneyden kuzeye KBDG °C profili (Şekil 5.12 "f").

5.3.2. Türkiye’de Büyüme Derece Günlerinde Meydana Gelen Eğilimlerin Piksel Tabanlı Mann-Kendall Trend Analiziyle İncelenmesi

Gündüz ve gece YS ortalamasından türetilen KBDG °C, YS'nin artış gösterdiği alanlarda önemli yükselmeler göstermiştir. KBDG °C'deki anlamlı artışların en belirgin olduğu alanlar, Marmara ve Doğu Anadolu Bölgesidir. Bu bölgelere ilaveten KBDG °C birikimlerinin güvenilir artış gösterdiği diğer alanlar Doğu Karadeniz, Orta ve Batı Karadeniz'in kuzeyi, Ege Bölgesinin batısı, İç Anadolu'nun batısı ve doğusu, Akdeniz'in batısı ve doğusu ile Güneydoğu Anadolu'nun batısıdır (Şekil 5.80).

KBDG °C birikimlerinin negatif trend gösterdiği alanlar, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinin güney kısımlarıdır. Bu kısımlardaki azalmaların büyük çoğunluğu istatistiksel anlamda güvenilirdir (Şekil 5.80).

YS trendlerinde pozitif yönde anlamlı artışlar gösteren Tuz Gölü'nün güneyi, İstanbul ve Adana illeri; KBDG °C birikimlerinde de istatistiksel anlamda güvenilir yükselmeler mevcuttur (Şekil 5.80).



Şekil 5.80. Türkiye’de 2003-2020 periyodunda KBDG °C birikimlerinin piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizi

5.3.3. Büyüme Derece Günlerinde Meydana Gelen Kentsel ve Kırsal Farklılıkların İncelenmesi

Fenolojik bir gösterge olarak KBDG °C, gündüz ve gece YS ortalamasından türetilen fenometrik bir parametredir. Bu bakımdan KBDG °C modeli, zamansal olarak sıcaklık artışının gerçekleştiği alanlarda ısı birikimi nedeniyle bitkilerin normal fenolojik döngülerinin değiştiğini varsaymaktadır. Herhangi bir bitkinin kendine has fizyolojik ihtiyaçlarına göre şekillenen fenolojik dönemler, farklı bitki türlerine göre değişim göstermektedir (Swenson, 2013). Ancak temelde genel olarak tüm bitkilerin; habitat desenlerini ve yaşamsal döngülerini daha çok sıcaklığa göre şekillendirdikleri bilinmektedir. Bu yüzden KBDG °C gibi klimatolojik parametrelerden türetilen fenolojik göstergeler, bitkisel türlerden ziyade vejetasyon mozaığının mekânsal-zamansal olarak nasıl bir desen ortaya koyduğu hakkında önemli bilgiler vermektedir (Miller, 2001).

Kentsel alanlarda insan aktivitelerinin yoğun olması nedeniyle çevrelerindeki kırsal bölgelere göre daha yüksek YS’ler gözlemlenmektedir. Kentsel-kırsal alanlarda meydana gelen YS farklarıyla birlikte vejetasyon mozaığının fenolojik dönemlerinde

önemli kaymalar gerçekleşmektedir. Kentsel-kırsal YS farkları nedeniyle fenolojik kaymaların yaşandığı orman ve tarım alanları üzerinde, pik NDVI ve pik NDVI zirvesine ulaşılması için gereken termal zaman (TZ-KBDG °C) birikimlerinde önemli değişimler bulunmaktadır. Termal zaman birikiminin mekânsal olarak farklı mozaikler göstermesi nedeniyle değişen fenolojik göstergeler, bölüm 5.3'te açıklanmıştır. Bu bölümde termal zaman birikimlerinin (KBDG °C), 2021 nüfusuna göre Türkiye'nin en kalabalık on beş ilinde belirlenen kentsel-kırsal 3-5 km buffer zonlarındaki istatistiksel göstergeleri ve mekânsal desenleri gösterilmektedir (Tablo 5.8; Şekil 5.81 – Şekil 5.95).

Mekânsal olarak bazı lokal koşullar dışında kentsel alanlar üzerinde, ısı birikimi nedeniyle kırsal bölgelerden daha fazla termal birikim KBDG °C meydana gelmektedir. İstatistiksel göstergelere göre analiz edilen bütün illerde, kentsel 3-5 km buffer alanlarının KBDG °C ortalaması kırsaldaki 3-5 km buffer bölgelerinden fazladır (Tablo 5.8).

Kentsel-kırsal 3-5 km buffer alanlarının istatistiksel göstergelerine göre, bazı illerin kentsel 3-5 km KBDG °C ortalaması kırsal 3-5 km alanlarına yakındır. Bunlar Ankara, Konya, Şanlıurfa, Gaziantep, Kocaeli, Diyarbakır, Hatay ve Manisa illeridir. Kocaeli ilinde mekânsal olarak kentsel alanlarda oldukça fazla KBDG °C birikimleri bulunmasına rağmen bu durumun istatistiksel göstergelerde belirgin olmaması şehir yüzölçümünün küçük olmasıyla ilgili olabilir (Tablo 4.1; Tablo 5.8; Şekil 5.90).

Kentsel 3 km buffer alanları, kentsel 5 km bölgesine kıyasla kent sınırına daha yakındır (Şekil 4.5). Bu nedenle kentsel 3 km buffer alanlarında, genel olarak daha yüksek YS ortalamaları ve KBDG °C birikimleri gözlemlenmektedir (Tablo 5.8).

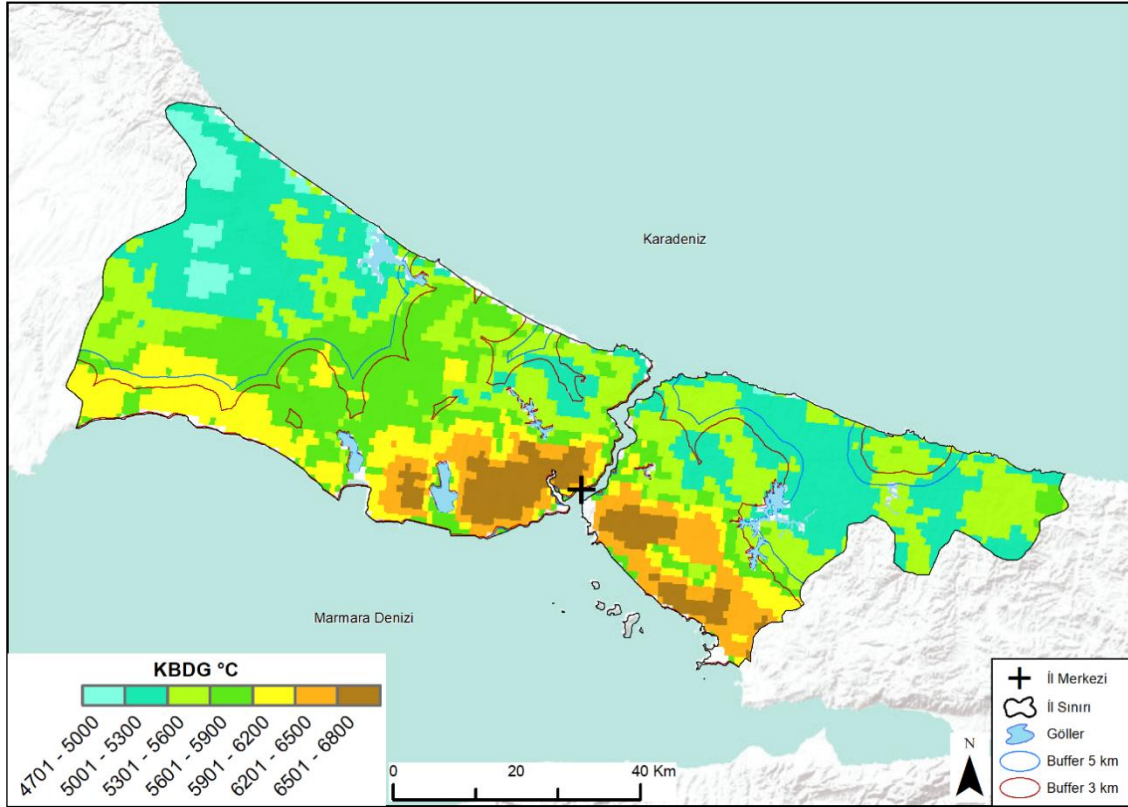
Araştırmada test edilen illerin tamamında, kentsel 3 km buffer bölgeleri; kentsel 5 km ile kırsal 3-5 km buffer alanlarından daha fazla KBDG °C birikimine sahiptir (Tablo 5.8).

KBDG °C birikimlerinin mekânsal dağılımına göre Adana, Antalya, Bursa, Hatay, İstanbul, İzmir, Kocaeli, Manisa ve Mersin illerinin kentsel alanlarında çevredeki kırsal bölgelere kıyasla daha yüksek KBDG °C birikimleri mevcuttur (Şekil 5.81; Şekil 5.83 - Şekil 5.85; Şekil 5.87; Şekil 5.90; Şekil 5.91; Şekil 5.93; Şekil 5.94). Bölüm 5.1.4'de, buradaki illerin kentsel alanlarında önemli YS farkları belirlenmiştir.

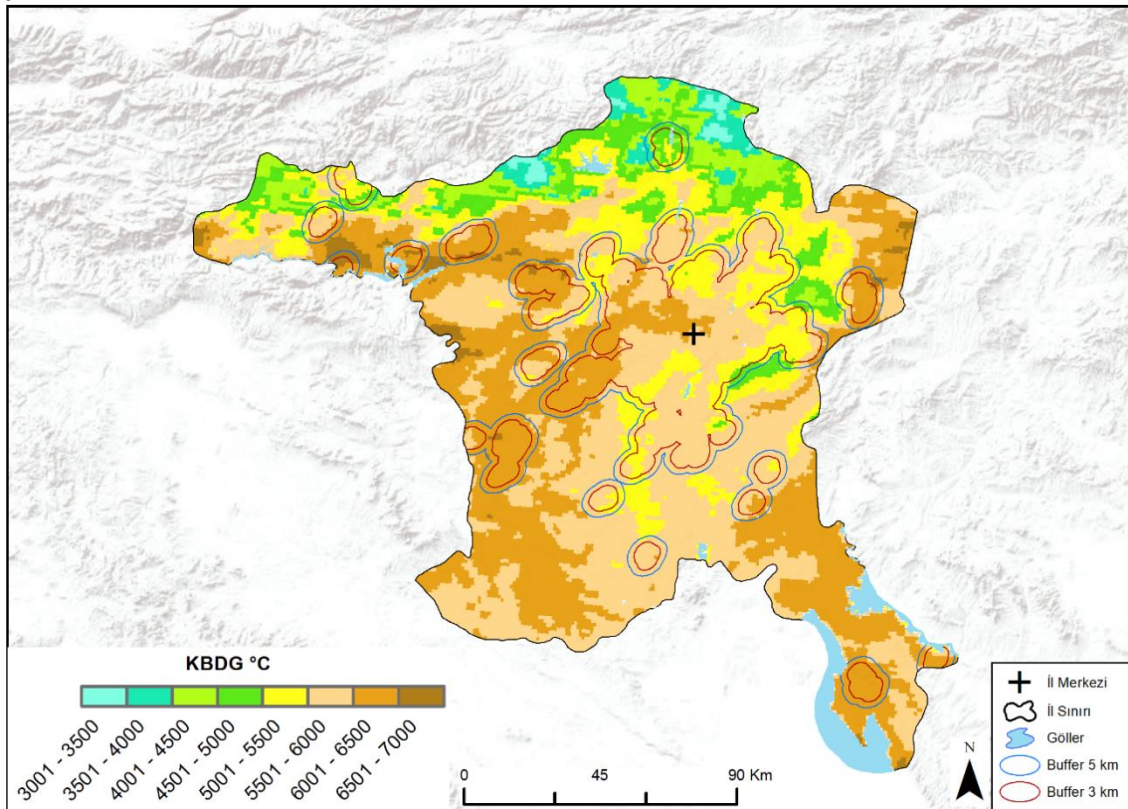
Bazı illerin kentsel alanlarında, çevredeki kırsal bölgelere göre yüksek KBDG °C birikimleri mevcut değildir. Bu iller Ankara, Konya, Şanlıurfa, Gaziantep, Diyarbakır ve Kayseridir (Şekil 5.71; Şekil 5.75; Şekil 5.77; Şekil 5.78; Şekil 5.81; Şekil 5.84).

Tablo 5.8. Çalışma alanında belirlenen pilot illerdeki KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu

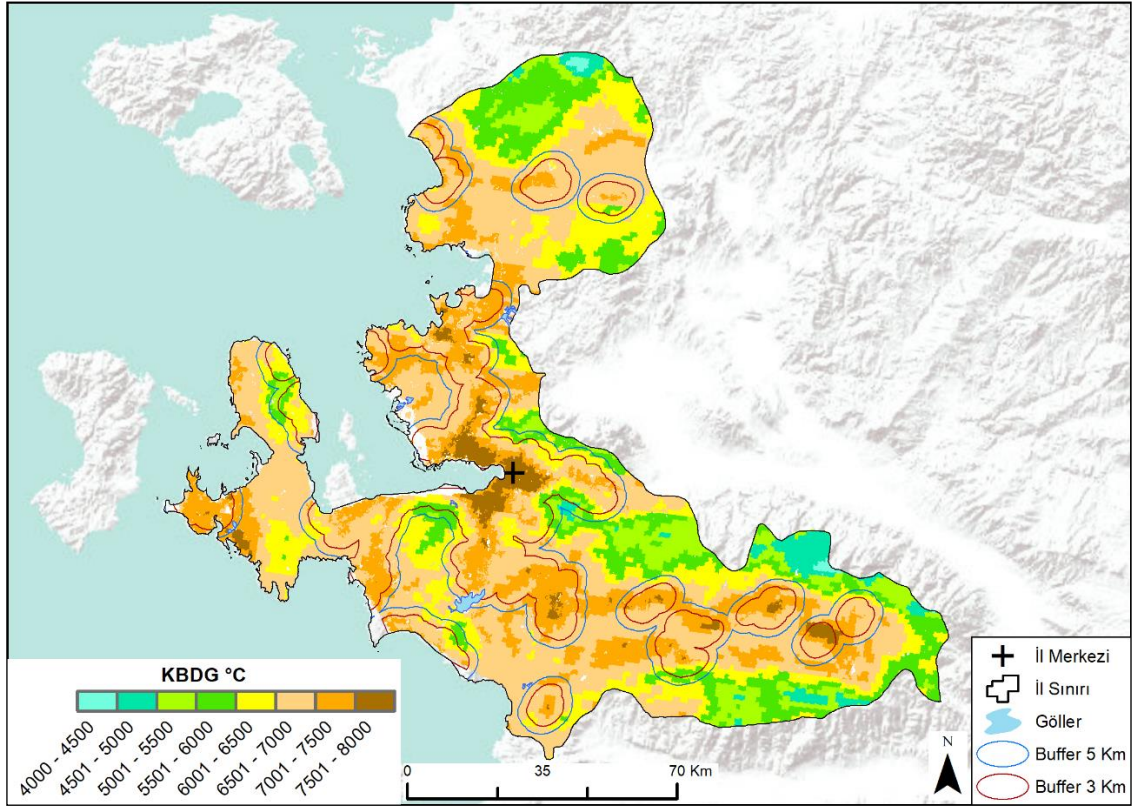
<i>KENTSEL 5 KM °C</i>					<i>KIRSAL 5 KM °C</i>				<i>KENTSEL 3 KM °C</i>				<i>KIRSAL 3 KM °C</i>				<i>İL °C</i>	
İller	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	min	mak	ort	std	ort	std
İstanbul	5059	7203	5977	532	4777	6143	5319	255	5059	7129	6040	532	4777	6181	5355	274	5702	545
Ankara	3664	6856	5792	420	3083	6837	5573	699	3932	6856	5815	373	3083	6841	5594	681	5649	629
İzmir	4700	8032	6835	464	4007	7619	6313	645	4890	7837	6864	370	4007	7644	6377	629	6509	610
Bursa	2343	7040	5826	638	2329	6688	5235	656	2630	7040	5932	623	2329	6688	5302	670	5419	692
Antalya	2223	8690	6708	1076	1679	7995	5394	1282	3032	8690	6923	992	1679	7878	5492	1283	5878	1341
Konya	3220	7346	5932	427	2112	7412	5653	678	3220	7346	5972	426	2112	7512	5653	688	5783	656
Adana	3690	8742	7487	708	1489	8349	6191	1278	4069	8742	7577	641	1489	8349	6275	1283	6424	1290
Şanlıurfa	6639	9056	7926	382	5268	8672	7689	445	6689	9056	7986	382	5368	8782	7700	445	7712	448
Gaziantep	5430	7645	7645	438	4587	8808	7558	540	6782	8846	7718	396	4793	8808	7672	539	7681	514
Kocaeli	3553	6903	5572	513	3549	5980	5425	362	3874	6903	5639	486	3549	6001	5372	415	5504	470
Mersin	3474	8395	6787	958	1863	8172	5675	1397	3574	8395	6887	958	1863	8272	5695	1397	5992	1382
Diyarbakır	5801	8084	7206	340	2856	7764	6798	707	6143	8084	7276	307	2856	7764	6816	696	6850	685
Hatay	4696	8877	7071	767	4002	8780	6817	1123	4696	8689	7174	682	4002	8877	6818	1062	6964	942
Manisa	4460	7721	6660	475	3958	7593	6377	622	4560	7721	6760	475	3958	7693	6477	622	6486	602
Kayseri	3021	6582	5540	510	1245	6710	4969	793	3659	6582	5595	462	1245	6710	5025	785	5115	772



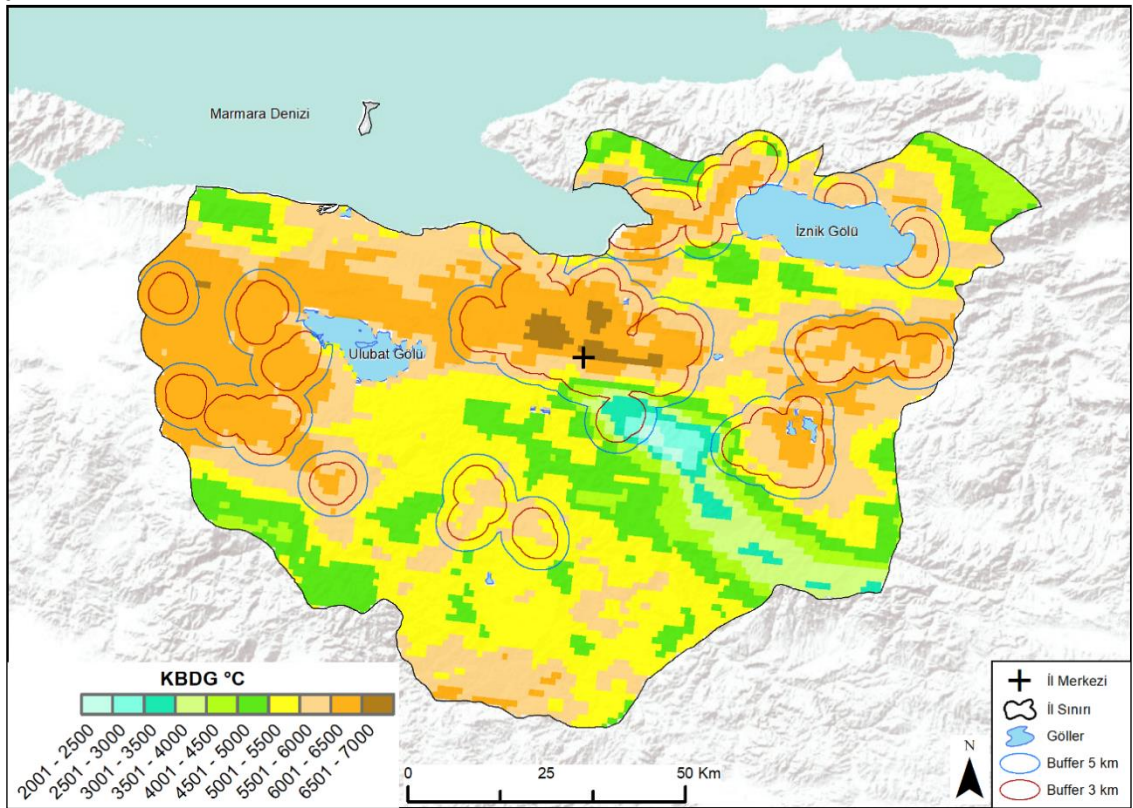
Şekil 5.81. İstanbul ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu



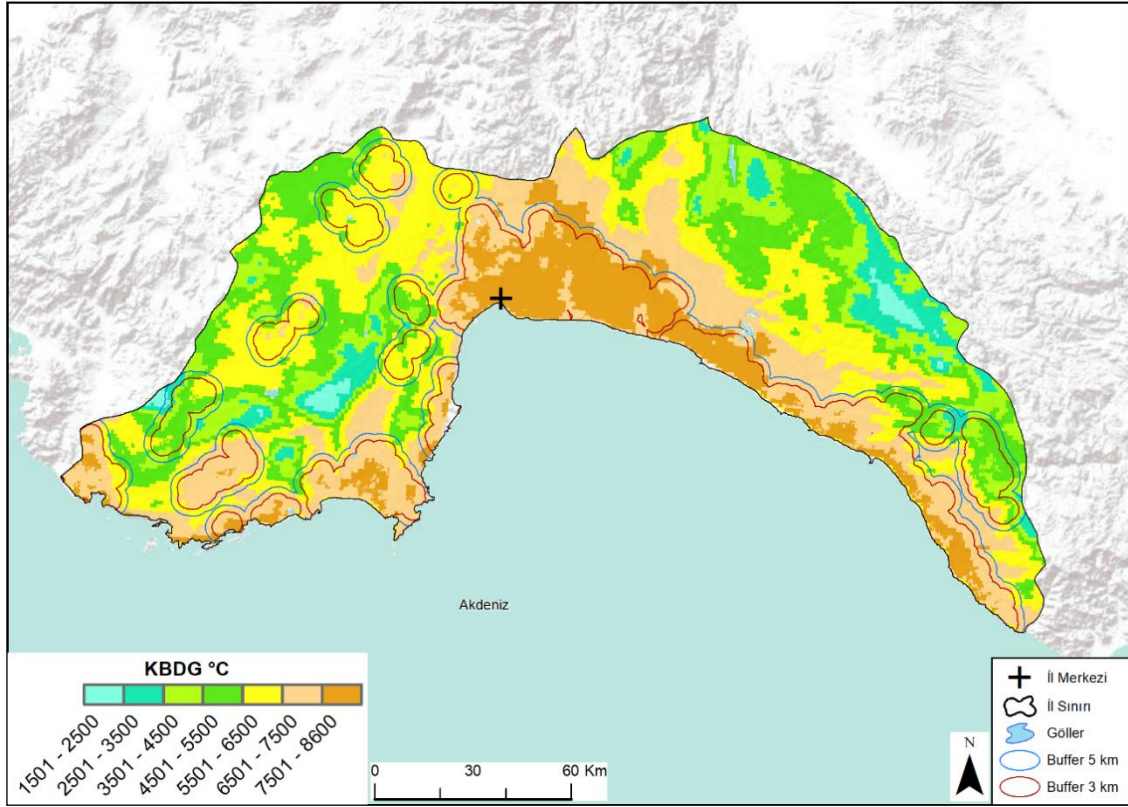
Şekil 5.82. Ankara ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu



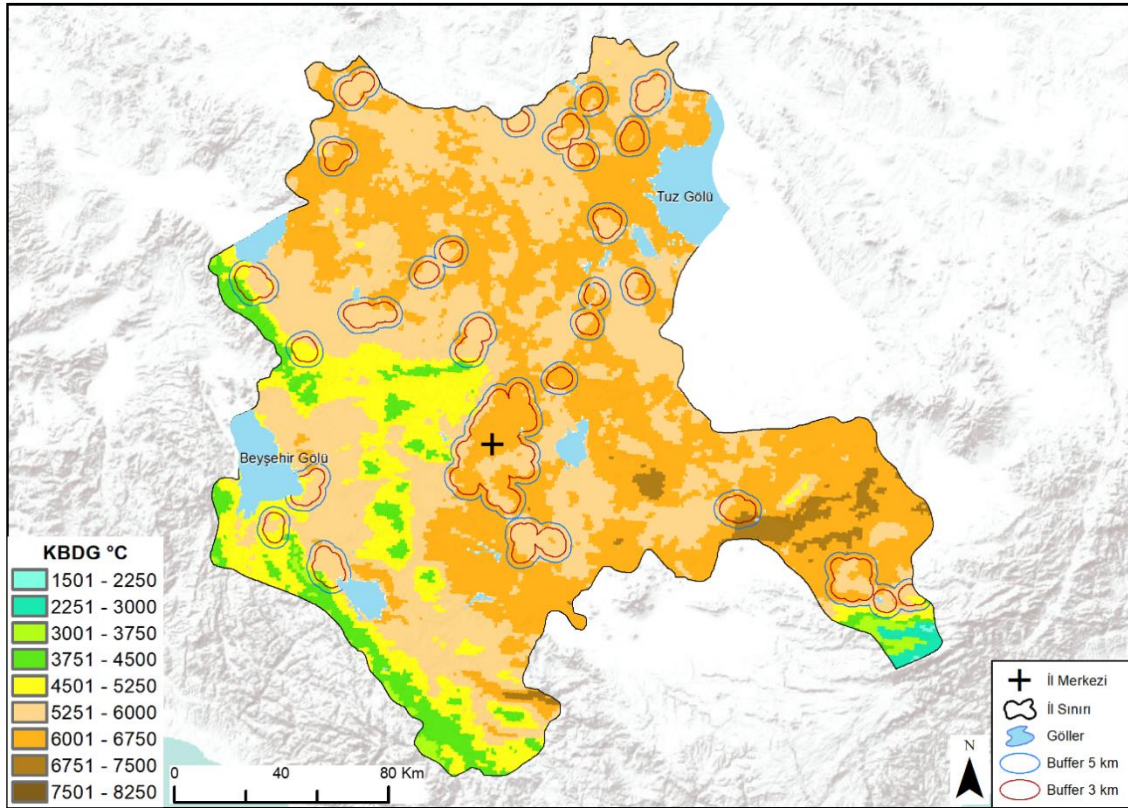
Şekil 5.83. İzmir ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu



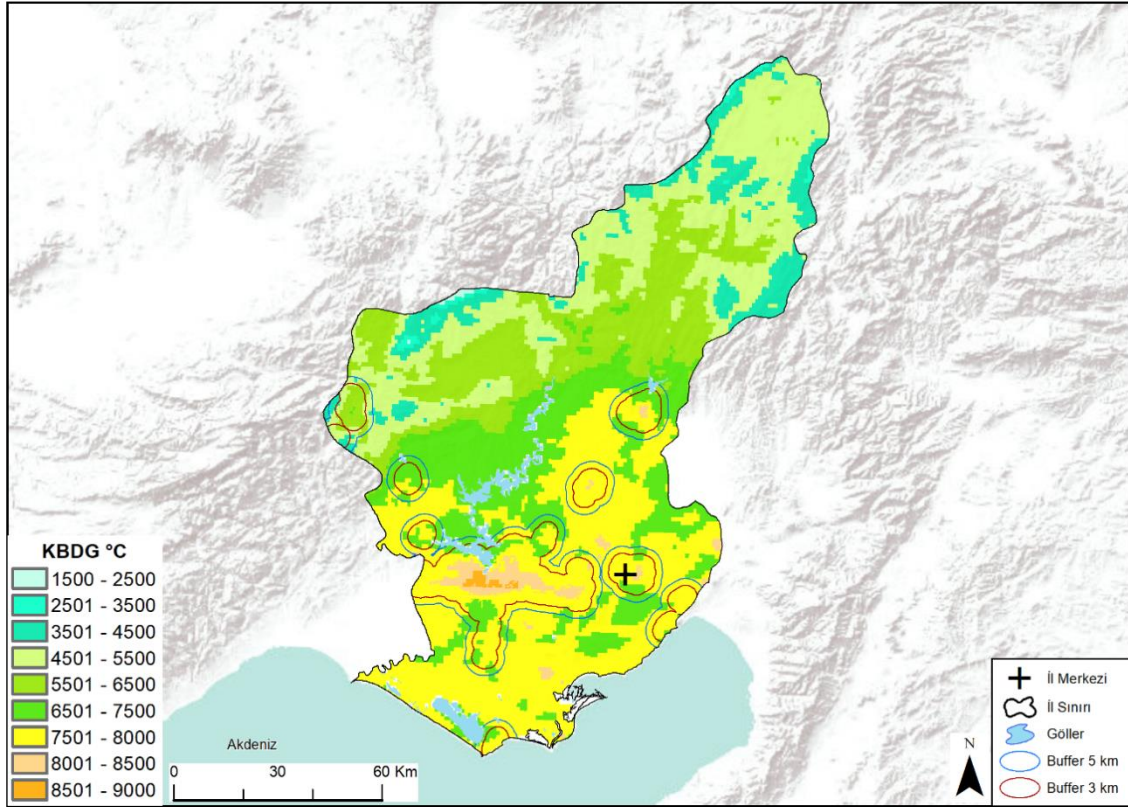
Şekil 5.84. Bursa ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu



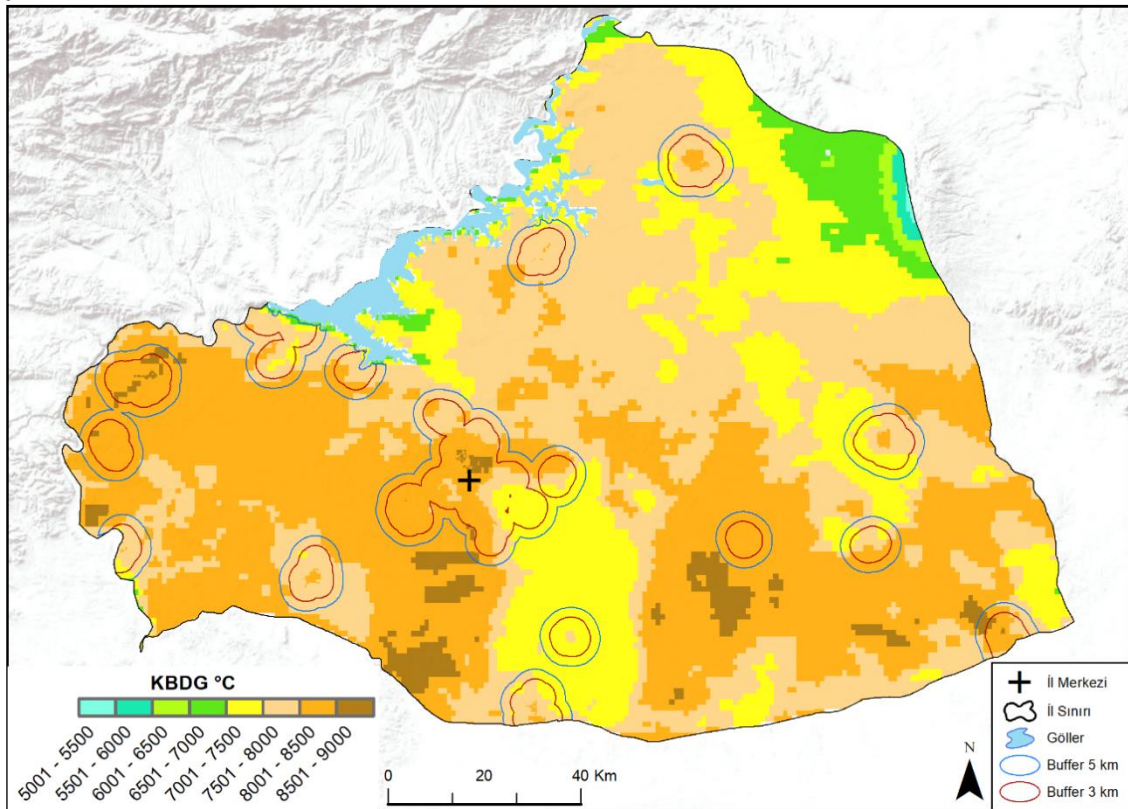
Şekil 5.85. Antalya ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu



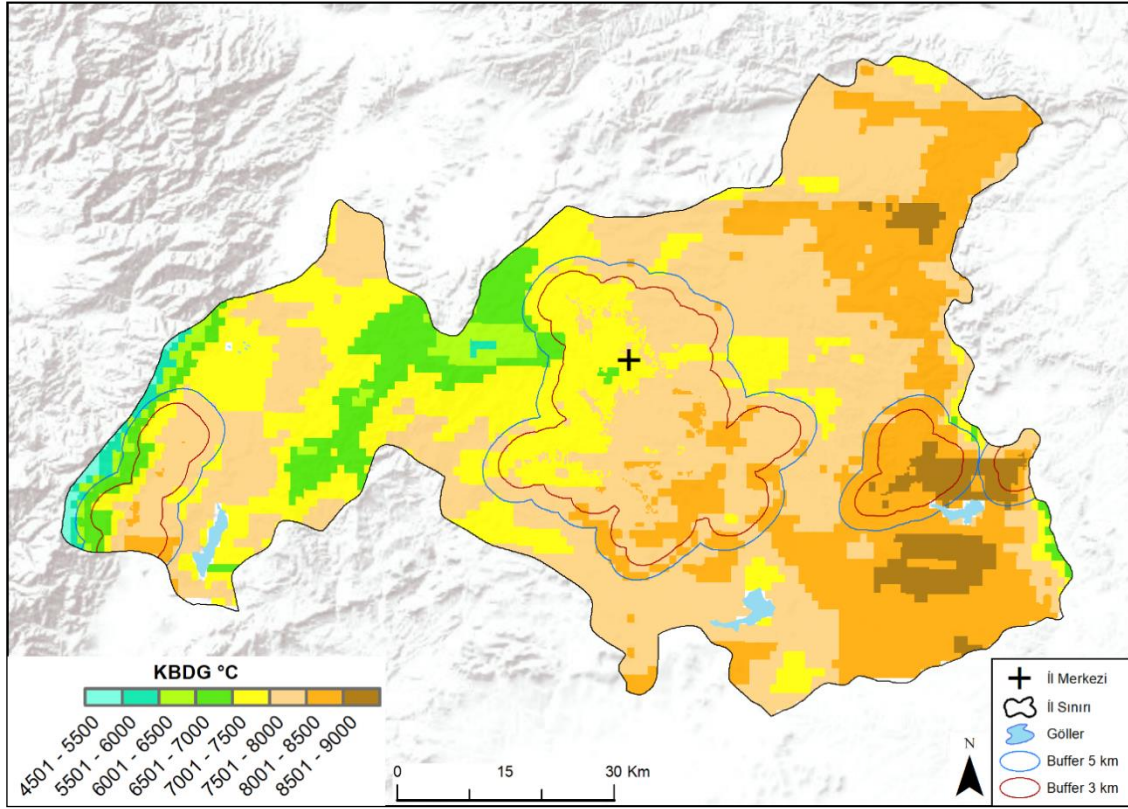
Şekil 5.86. Konya ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu



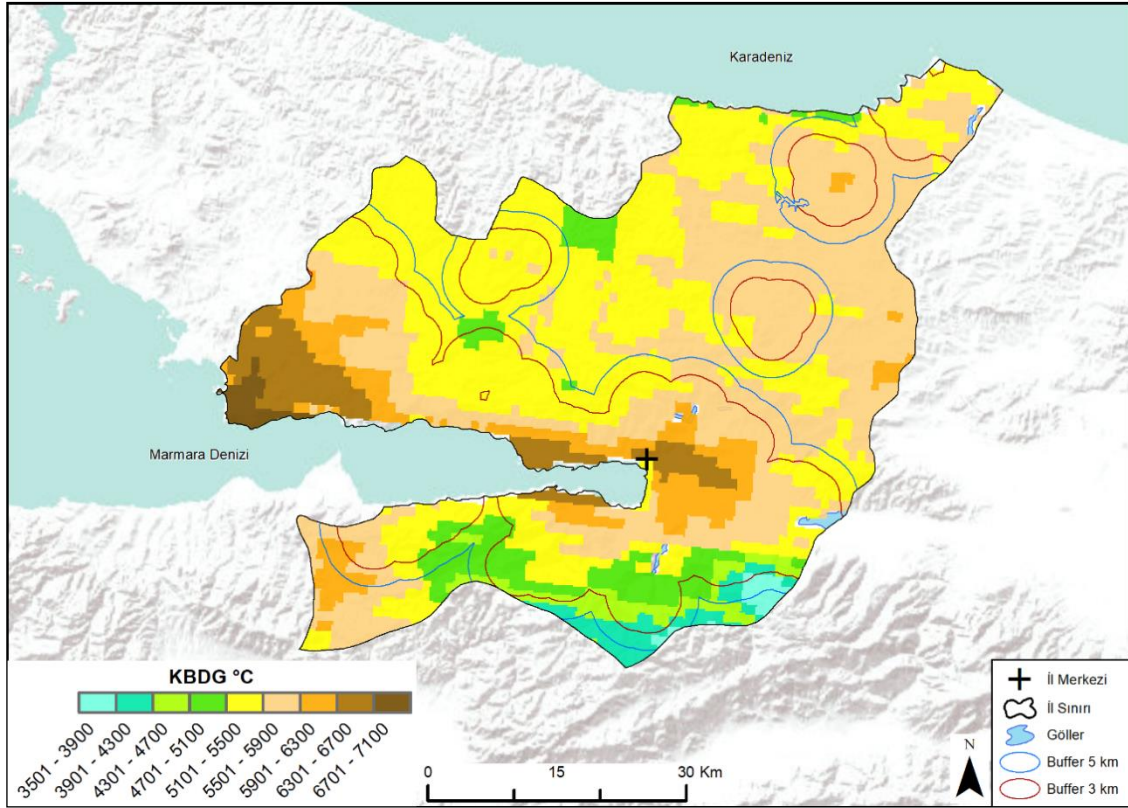
Şekil 5.87. Adana ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu



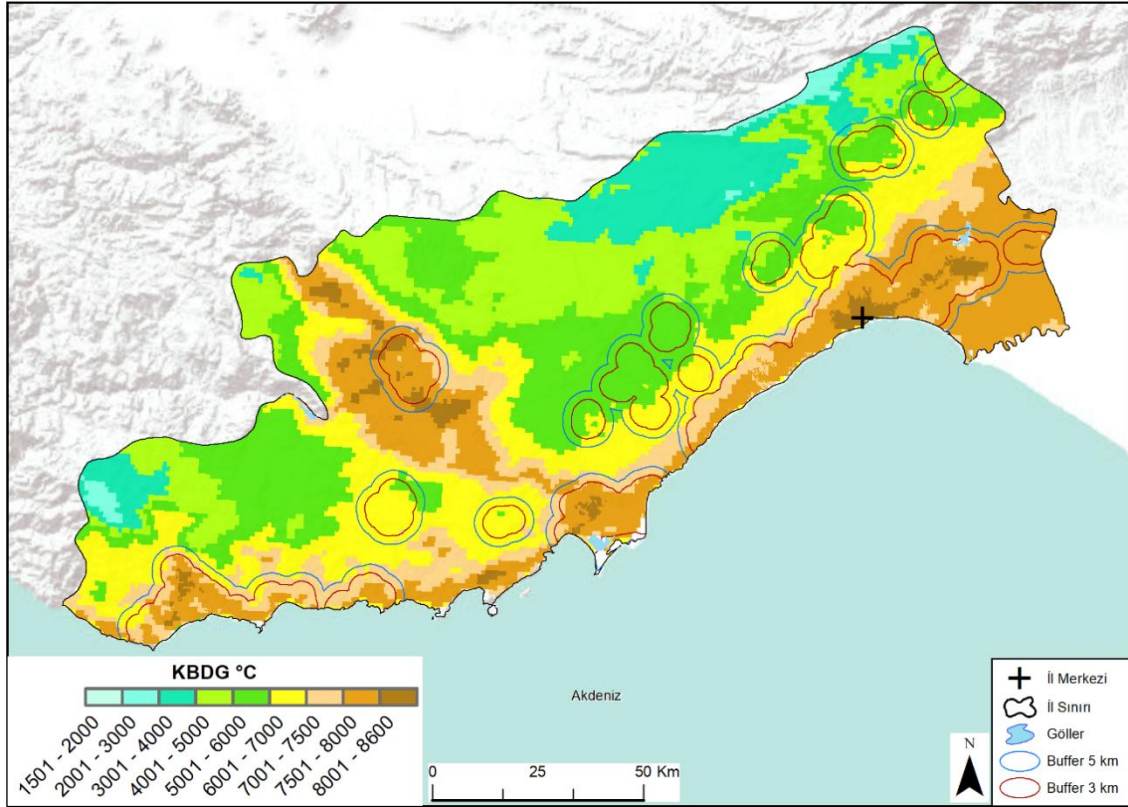
Şekil 5.88. Şanlıurfa ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu



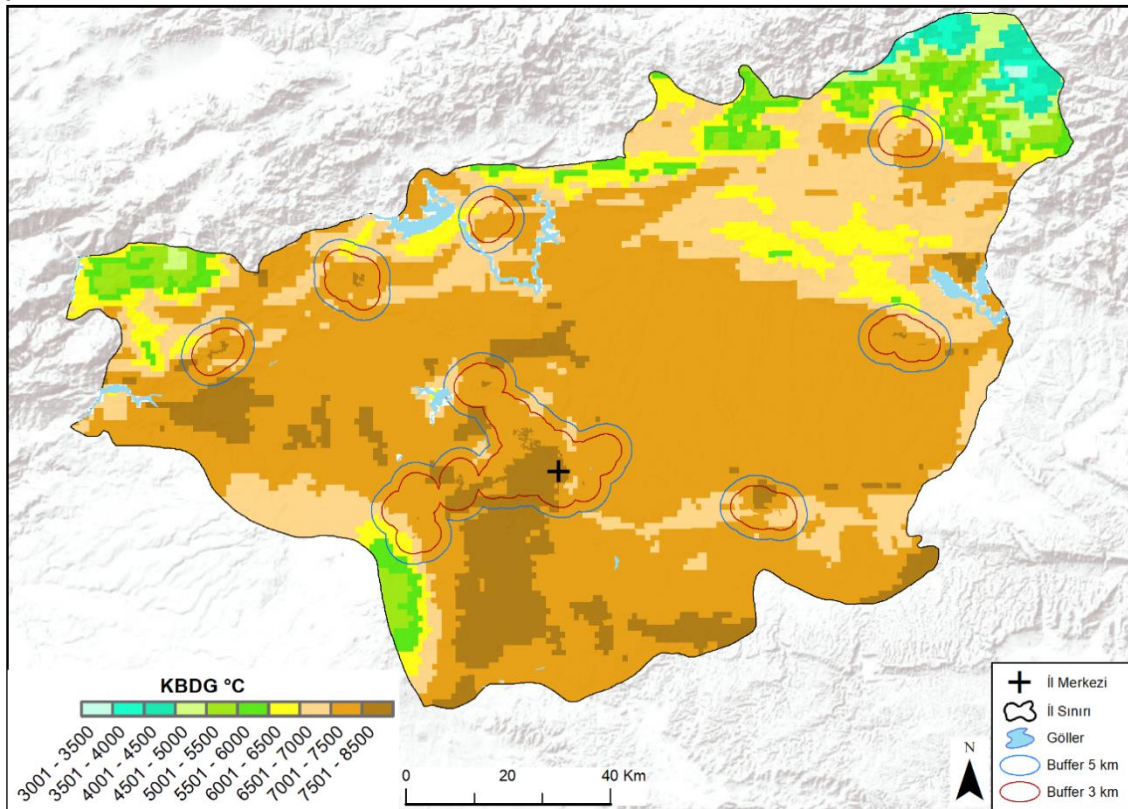
Şekil 5.89. Gaziantep ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu



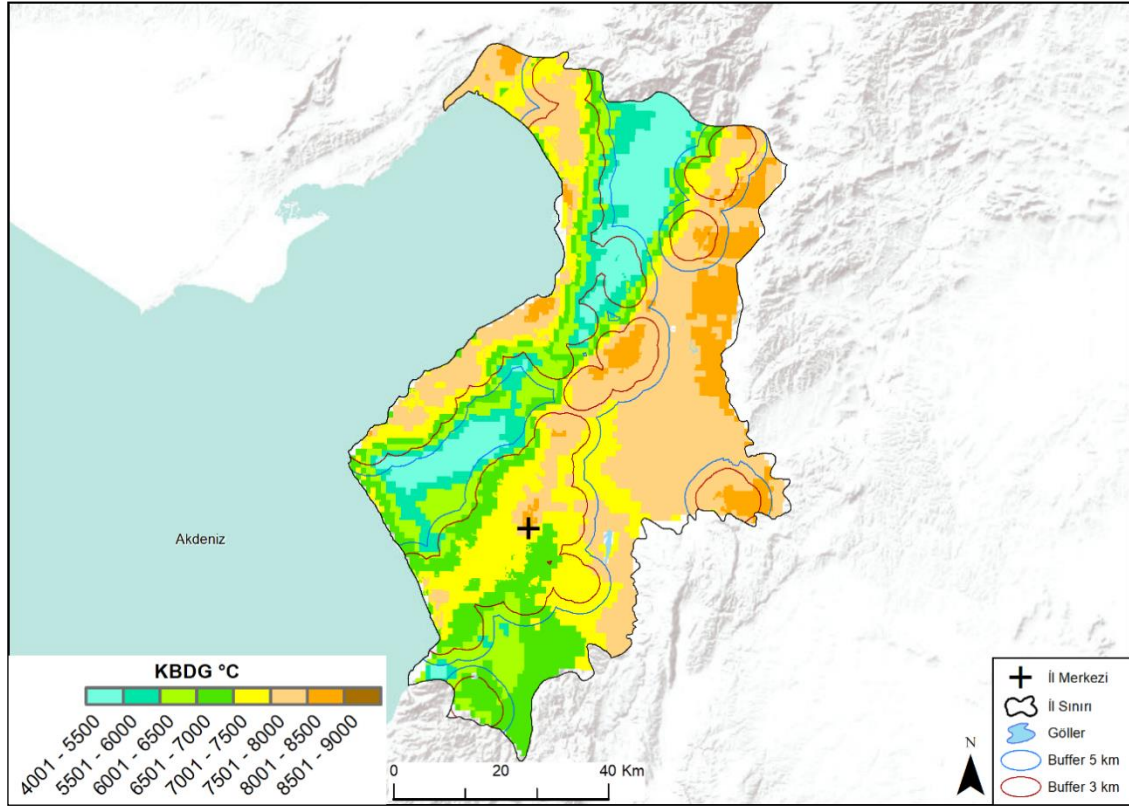
Şekil 5.90. Kocaeli ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu



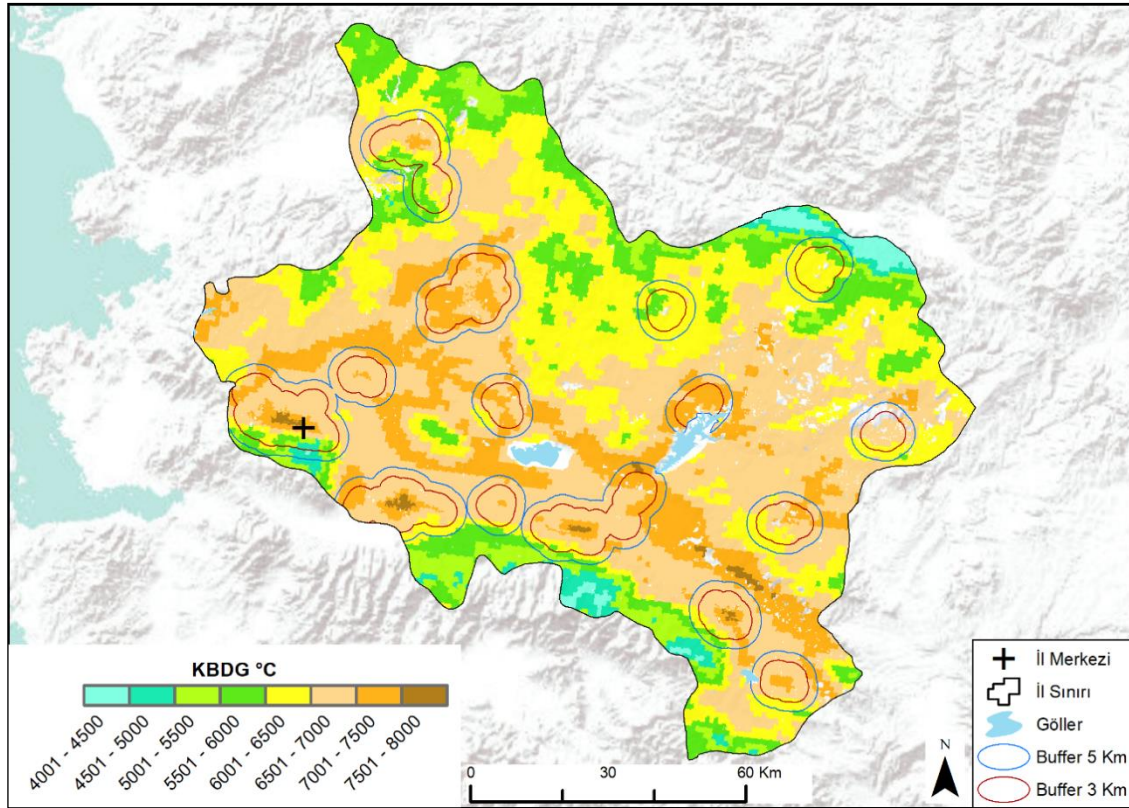
Şekil 5.91. Mersin ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu



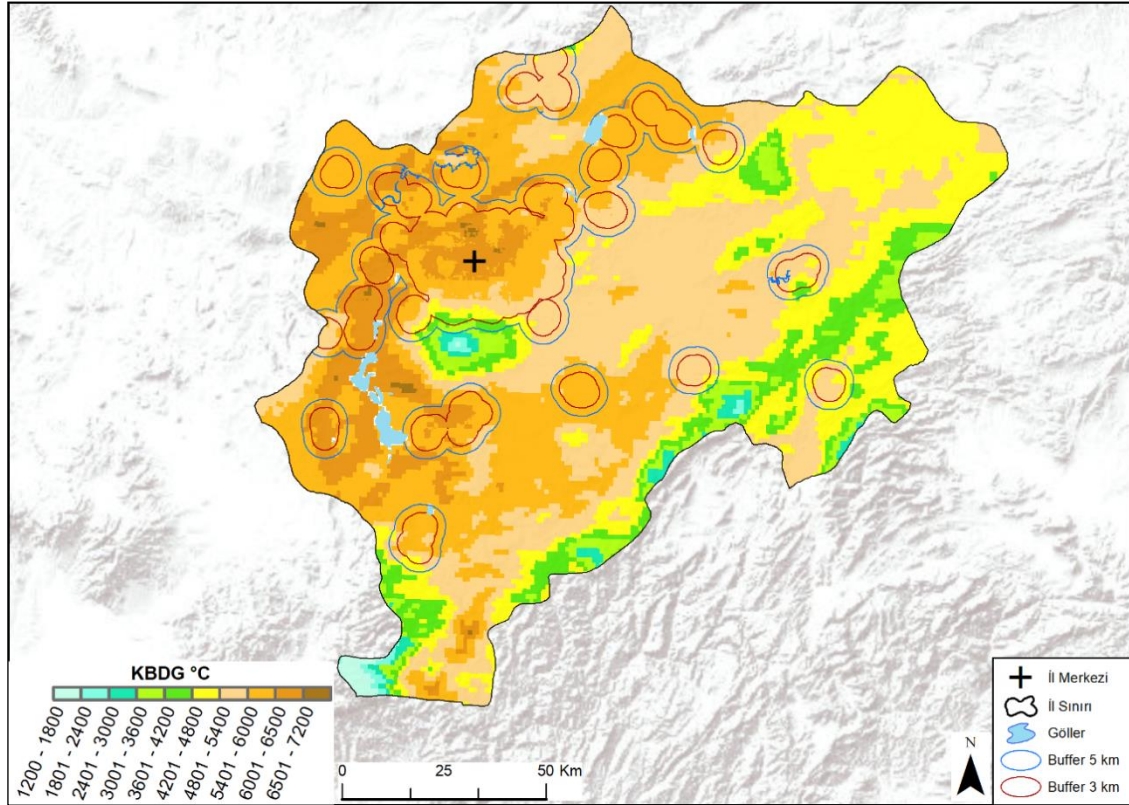
Şekil 5.92. Diyarbakır ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu



Şekil 5.93. Hatay ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu



Şekil 5.94. Manisa ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu



Şekil 5.95. Kayseri ilinde KBDG °C birikiminin kentsel ve kırsal durumu

5.4. Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon (CxQ) Modeliyle Büyüme Derece Günlerinin Bir Fonksiyonu Olarak Yüzey Fenolojisine Bağlı NDVI Değerlerinin Tahmini

CxQ yüzey fenoloji modeli, ılıman bölgelerdeki fenolojik dinamikleri analiz etmek için önceki çalışmalarda başarıyla kullanılmıştır. Bu araştırmalar, CxQ yüzey fenolojisi modelinin bitki örtüsü dinamiklerini mekânsal-zamansal karakterize etme ve miktarını belirleme yeteneğini göstermiştir (Krehbiel, 2015; Krehbiel vd., 2015; Walker vd., 2015).

Düşük kaliteli veya bitkisel olmayan NDVI gözlemlerini hariç tutmak için $NDVI < 0,2$ 'lik bir temel eşik değeri kullanılmıştır. Şekil 5.96 ve Şekil 5.97; CxQ yüzey fenolojisi modelinin, NDVI ve KBDG °C gözlemlerinin on sekiz yıl için İstanbul çalışma bölgesinden seçilen orman ve tarım alanı piksellerine uydurulmasını göstermektedir.

Hem İstanbul hem de Bursa çalışma bölgesinde kentsel, kente yakın ve kırsal alanlar için 25'er adet test pikselleri seçilmiştir (Şekil 5.98 - Şekil 5.105).

MODIS YS verilerinden türetilen KBDG °C'nin bir fonksiyonu olarak her piksel için on sekiz yıllık (2003-2020) NDVI gözlemlerine CxQ modeli uydurularak yüzey fenolojisi ölçümlerinden (NDVI, PYNDVI ve TZ-KBDG °C) hesaplanmıştır (Şekil 5.96; Şekil 5.97).

Bitki örtüsünün kentleşmeye tepkisini analiz etmek için, her pikselin il merkezine olan mesafesi belirlenmiştir. Daha sonra; kentten uzaklaştıkça çeşitli gruplardaki (kentsel-kırmızı üçgen, kente yakın-bej üçgen ve kırsal-yeşil üçgen) orman ve tarım alanı piksellerinin PYNDVI ile TZ-KBDG °C değişimleri analiz edilmiştir (Tablo 5.9 - Tablo 5.20; Şekil 5.98 - Şekil 5.105).

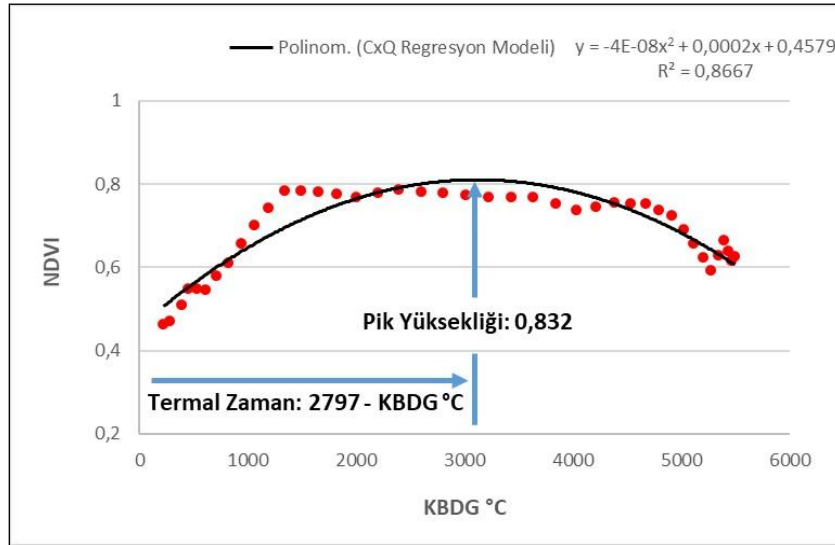
Daha kuzeyde yer alan İstanbul kentsel orman piksellerinin pik NDVI için gerekli TZ-KBDG °C birikimi güneyde yer alan Bursa'dan yüksektir. Bu durum hem enlemsel koşullarla hem de İstanbul'daki kentsel yoğunluk ve büyüklükten kaynaklı ısı birikimiyle ilgilidir. Bununla birlikte İstanbul kentsel orman pikselleriyle kırsal orman pikselleri arasındaki termal fark, Bursa'dan daha yüksektir. İstanbul'da seçilen kırsal orman piksellerin il merkezine uzaklığının daha fazla olması, Bursa'daki görece az farkı açıklamaktadır (Tablo 5.9; Tablo, 5.11; Tablo 5.15; Tablo 5.17; Şekil 5.99; Şekil 5.103).

Bursa ilinde seçilen kırsal orman piksellerindeki termal zaman genliği, test noktalarından kaynaklanan enlemsel genlikten dolayı İstanbul'dan daha fazladır. Kırsal orman piksellerine göre, Bursa'daki en kuzey ve en güney test noktaları arasındaki enlem farkı 0,79'ken İstanbul'da 0,66'dır. Enlemsel genliğin bir sonucu olarak Bursa'da, en kuzeyle (3019 TZ-KBDG °C) en güney (1861 TZ-KBDG °C) arasındaki termal zaman genliği 1158 KBDG °C olurken İstanbul'da (3079-2493) 586 KBDG °C'dir (Tablo 5.11; Tablo 5.17; Şekil 5.99; Şekil 5.103).

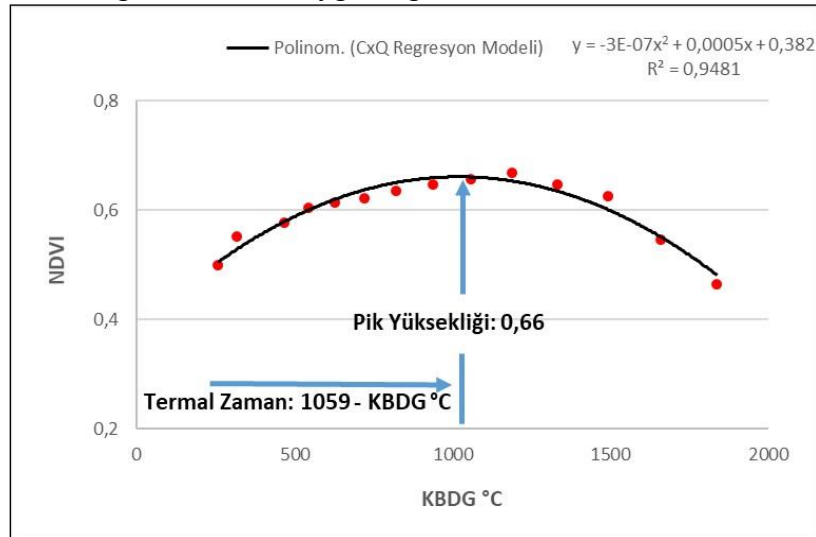
PYNDVI zirveleri, kentsel orman alanlarından kırsala doğru gidildikçe daha yüksek değerlere çıkmaktadır (Tablo 5.9 - Tablo 5.11; Tablo 5.15 - Tablo 5.17; Şekil 5.98; Şekil 5.102).

Her iki çalışma bölgesinin tarım alanı piksellerinde PYNDVI zirveleri, il merkezinden uzaklaştıkça pek fazla değişmemektedir. Ancak zirve NDVI yüksekliği için gerekli termal zaman birikiminde (TZ-KBDG °C) il merkezinden uzaklaşılmasıyla birlikte önemli farklar oluşmaktadır. Kentsel alanlardaki yüksek YS'ler neticesinde daha erken PYNDVI zirvesine ulaşan ekili alanlar, kırsala kıyasla düşük termal zaman birikimine ihtiyaç duymaktadır. Bununla birlikte kırsaldaki ekili alanlar, il merkezinden uzakta görece daha soğuk koşullarda bulundukları için PYNDVI zirvesine kadar daha fazla termal zaman birikimine bağımlıdır (Tablo 5.12 - Tablo 5.14; Tablo 5.18 - Tablo 5.20; Şekil 5.100; Şekil 5.101; Şekil 5.104; Şekil 5.105).

Bursa ilinde TZ-KBDG °C gereksinimleri, enlemsel etkiden dolayı İstanbul'dan daha düşüktür (Tablo 5.12 – Tablo 5.14; Tablo 5.18 – Tablo 5.20).



Şekil 5.96. Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinin örneği; İstanbul çalışma bölgesindeki orman pikseli için MODIS YS'den türetilmiş termal zamana (KBDG °C) karşı MODIS NDVI gözlemlerinin uygunluğu



Şekil 5.97. Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinin örneği; İstanbul çalışma bölgesindeki tarım alanı pikseli için MODIS YS'den türetilmiş termal zamana (KBDG °C) karşı MODIS NDVI gözlemlerinin uygunluğu

5.4.1. İstanbul İli Örneği

5.4.1.1. Orman Pikselleri

İstanbul ili kentsel orman pikselleri PYNDVI zirveleri ortalaması 0,85'dir. Kente yakın orman alanlarında ise 0,87 seviyesindeyken il merkezinden uzak kırsal orman piksellerinde 0,92 ile en yüksek değere ulaşmaktadır. Aynı alanlarda il merkezinden uzaklığa göre ortalama TZ-KBDG °C değişimi 3048, 2853 ve 2754 KBDG °C'dir. Üç farklı test alanındaki en kuzey ve en güney test noktaları enlemsel

genliği, kentsel orman alanında 0,36, kente yakın ormanlarda 0,48 ve kırsalda ise 0,66'dır (Tablo 5.9 – Tablo 5.11; Şekil 5.98; Şekil 5.99).

Tablo 5.9. İstanbul ili kentsel orman piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)

<i>Kentsel Orman (İstanbul)</i>						
<i>Test Noktaları</i>	<i>Enlem</i>	<i>Boylam</i>	<i>Mesafe (m)</i>	<i>PYNDVI</i>	<i>TZ-KBDG °C</i>	<i>r²</i>
60	40,939185	29,25853	10237	0,83	3115	0,83
65	40,939666	29,26025	10385	0,84	2870	0,85
66	40,940264	29,25796	10396	0,85	2870	0,84
59	40,939981	29,25682	10454	0,83	3115	0,83
58	40,945724	29,33472	10591	0,83	3115	0,83
67	40,817562	29,5182	10655	0,87	2870	0,85
56	40,79228	29,48459	10722	0,88	2912	0,86
49	40,793813	29,48534	10727	0,75	3153	0,73
50	40,795069	29,48677	10803	0,81	3153	0,80
69	41,054985	29,13096	10825	0,89	3070	0,84
55	41,057719	29,13132	10913	0,85	2970	0,84
52	41,058072	29,13314	10961	0,80	3153	0,75
53	41,059626	29,13288	10968	0,80	2946	0,73
54	41,065275	29,13188	11017	0,85	2970	0,84
70	41,065239	29,13062	11102	0,90	2870	0,86
71	41,064743	29,12844	13096	0,92	2834	0,86
16	41,064323	29,12697	24052	0,88	3031	0,76
15	41,064924	29,1251	24122	0,88	3031	0,78
10	41,064194	29,12267	24220	0,88	3031	0,78
11	41,135002	29,01471	24323	0,88	3031	0,77
21	41,134815	29,01856	29760	0,82	2971	0,91
31	41,137208	29,018	48980	0,89	3483	0,87
32	41,138461	29,02127	49001	0,89	3256	0,89
30	41,141034	29,02064	49024	0,81	3030	0,81
29	41,15959	29,0123	49920	0,89	3355	0,86
Ortalama PYNDVI	0,85					
Ortalama TZ-KBDG °C	3048					

Tablo 5.10. İstanbul ili kente yakın orman piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)

<i>Kente Yakın Orman (İstanbul)</i>						
<i>Test Noktaları</i>	<i>Enlem</i>	<i>Boylam</i>	<i>Mesafe (m)</i>	<i>PYNDVI</i>	<i>TZ-KBDG °C</i>	<i>r²</i>
74	41,15585	29,15171	14026	0,88	3034	0,88
75	41,13878	29,11151	17242	0,83	2893	0,87
71	41,14035	29,32395	17780	0,91	2794	0,88
77	41,18647	29,01351	18260	0,93	2848	0,89
78	41,20497	28,97763	19433	0,90	2771	0,83
62	41,10585	29,34163	20079	0,92	3011	0,91
65	41,10979	29,23969	20729	0,93	2799	0,91
79	41,21253	28,95371	20970	0,93	2773	0,93
80	41,22154	28,92794	21567	0,95	2766	0,88
81	41,2239	28,91523	22254	0,92	2740	0,89
84	41,20653	28,81601	24567	0,90	2801	0,85
85	41,21073	28,81562	25274	0,92	2935	0,88
90	41,23544	28,7466	28831	0,83	2974	0,84
61	41,10172	29,35756	29209	0,97	2781	0,91
91	41,23724	28,77847	35475	0,82	3017	0,80
93	41,28405	28,66866	40146	0,79	2847	0,69
36	40,95702	29,47887	40251	0,82	2890	0,71
95	41,28552	28,63912	41499	0,91	2945	0,87
96	41,28631	28,63055	42274	0,88	2934	0,84
18	40,80404	29,56593	53781	0,80	2841	0,74
17	40,80105	29,56644	54162	0,81	2841	0,76
19	40,80427	29,56092	54288	0,81	2841	0,76
23	40,81124	29,60635	56379	0,80	2549	0,83
22	40,80634	29,6071	56793	0,82	2697	0,75
20	40,80565	29,56881	57301	0,84	3005	0,65
Ortalama PYNDVI	0,87					
Ortalama TZ-KBDG °C	2853					

Tablo 5.11. İstanbul ili kırsal orman piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)

<i>Kırsal Orman (İstanbul)</i>						
<i>Test Noktaları</i>	<i>Enlem</i>	<i>Boylam</i>	<i>Mesafe (m)</i>	<i>PYNDVI</i>	<i>TZ-KBDG °C</i>	<i>r²</i>
63	41,32074	28,58504	41599	0,90	2566	0,90
61	41,30924	28,54397	46883	0,90	2659	0,93
60	41,31336	28,50297	48736	0,90	2751	0,94
58	41,35532	28,48338	53876	0,89	2718	0,94
138	41,13616	29,75084	63109	0,91	2951	0,93
123	41,12517	29,90677	66868	0,92	2868	0,90
127	41,0026	29,82903	69747	0,98	2718	0,89
53	41,43769	28,25763	72707	0,89	2524	0,83
49	41,47781	28,23939	78247	0,91	2606	0,84
48	41,47756	28,17759	80338	0,92	2493	0,85
50	41,47128	28,26422	80367	0,91	2623	0,83
119	41,10084	29,93838	80368	0,95	3020	0,85
101	40,93421	30,20003	84035	0,97	2858	0,82
45	41,38959	28,06524	85832	0,94	2676	0,93
111	41,14992	30,22982	86090	0,96	2912	0,90
37	41,53779	28,10661	91328	0,91	2558	0,83
113	41,11469	30,04731	93788	0,94	3080	0,91
108	41,1275	30,16845	103657	0,93	2773	0,93
109	41,11622	30,18878	104339	0,93	2968	0,84
6	41,59542	27,78815	118939	0,90	2523	0,87
5	41,55664	27,70518	122902	0,94	2896	0,95
4	41,57277	27,69742	124305	0,90	2975	0,91
3	41,57852	27,68281	125681	0,91	2640	0,88
2	41,59819	27,68024	126905	0,93	2870	0,95
1	41,58708	27,652	128396	0,90	2626	0,97
Ortalama PYNDVI	0,92					
Ortalama TZ-KBDG °C	2754					





Şekil 5.99. CxQ regresyon modeline göre, İstanbul ili orman piksellerinin PYNDVI seviyesine ulaşabilmesi için gerekli TZ-KBDG °C birikimi

5.4.1.2. Tarım Alanı Pikselleri

İstanbul ili tarım alanları üzerinde gerçekleştirilen dışbükey ikinci dereceden regresyon modeline göre PYNDVI değerleri, kent merkezinden kırsala doğru gidilmeye bağlı olarak önemli bir değişim göstermemiştir. Kentsel tarım alanı piksellerinin ortalama (örnek olarak seçilmiş 25 adet pikselin ortalaması) PYNDVI değeri, 0,62 seviyelerindeyken kırsal tarım alanı piksellerininki ise 0,59 gibi yaklaşık bir değerdedir (Tablo 5.12 – Tablo 5.14; Şekil 5.100).

Tarım alanı piksellerinin PYNDVI seviyesine ulaşabilmesi için gerekli TZ-KBDG °C gereksinimlerine bakıldığında, mesafeyle ters orantılı bir ilişki söz konusudur. Kent merkezinden kırsala doğru bitkilerin TZ-KBDG °C gereksinimleri önemli oranda artmaktadır. Kent merkezi ve yakın çevresindeki yüksek sıcaklıklar neticesinde biriken ısı nedeniyle bitkilerin daha düşük TZ-KBDG °C gereksinimleri gösterdiği belirlenmiştir. Bu durumun tersi olarak, kırsal çevrenin kente oranla görece daha soğuk olması nedeniyle bitkilerdeki TZ-KBDG °C gereksinimlerin daha yüksek olduğu ortaya koyulmuştur (Tablo 5.12 – Tablo 5.14; Şekil 5.101).

İstanbul ilinde kentsel tarım alanı piksellerinin PYNDVI için gerekli TZ-KBDG °C ortalaması 1106 birimken kırsal tarım alanı piksellerinin ortalaması ise 1514 birimdir (Tablo 5.12; Tablo 5.14).

Tablo 5.12. İstanbul ili kentsel tarım alanı piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)

<i>Kentsel Tarım (İstanbul)</i>						
<i>Test Noktaları</i>	<i>Enlem</i>	<i>Boylam</i>	<i>Mesafe (m)</i>	<i>PYNDVI</i>	<i>TZ-KBDG °C</i>	<i>r²</i>
27	41,041013	29,19086	15665	0,63	1275	0,92
35	41,031211	28,78243	18712	0,62	1405	0,94
34	41,029169	28,7804	18899	0,65	1277	0,93
33	41,024471	28,77904	19059	0,52	1109	0,81
32	41,020399	28,77848	19157	0,58	997	0,88
31	41,018398	28,77416	19546	0,63	1444	0,95
2	41,121134	28,75425	22801	0,63	906	0,9
1	41,110247	28,73545	23855	0,6	885	0,93
102	41,002608	29,29281	24632	0,59	915	0,84
101	41,006608	29,29538	24770	0,65	958	0,86
30	40,996695	28,69234	26730	0,63	995	0,89
28	40,993775	28,69161	26854	0,64	1053	0,6
29	40,995296	28,69023	26934	0,53	966	0,68
4	41,097276	28,68883	27238	0,63	868	0,86
5	41,098171	28,67978	28001	0,6	1094	0,71
3	41,076572	28,6597	29240	0,6	1338	0,87
6	41,094249	28,66103	29450	0,66	1321	0,84
25	40,964839	29,34025	29508	0,7	1401	0,91
7	41,102574	28,65216	30371	0,64	895	0,85
26	40,967153	29,35589	30699	0,67	933	0,68
8	41,105337	28,64568	30970	0,61	955	0,98
103	40,92301	29,37737	34036	0,62	1212	0,86
106	40,907344	29,42581	38473	0,62	1185	0,85
104	40,898427	29,43051	39231	0,63	1087	0,84
105	40,905948	29,43549	39285	0,64	1169	0,85
Ortalama PYNDVI	0,62					
Ortalama TZ-KBDG °C	1106					

Tablo 5.13. İstanbul ili kente yakın tarım alanı piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)

<i>Kente Yakın Tarım (İstanbul)</i>						
<i>Test Noktaları</i>	<i>Enlem</i>	<i>Boylam</i>	<i>Mesafe (m)</i>	<i>PYNDVI</i>	<i>TZ-KBDG °C</i>	<i>r²</i>
101	41,02999	29,27987	23189	0,60	1265	0,8
102	41,0281	29,2826	23431	0,57	1350	0,81
103	41,02736	29,28839	23923	0,54	1304	0,83
10	41,12786	29,27673	24787	0,63	1396	0,84
104	41,00309	29,29488	24794	0,69	1280	0,82
9	41,10485	29,30228	25983	0,53	1601	0,73
8	41,09782	29,3216	27364	0,58	1264	0,84
11	41,15397	28,6972	28665	0,62	1036	0,88
109	40,96629	29,34195	29599	0,62	1204	0,75
105	40,96777	29,34268	29612	0,71	1198	0,78
12	41,16368	28,68483	30072	0,60	1040	0,75
108	40,95845	29,35345	30780	0,57	1258	0,79
110	40,96411	29,35785	30951	0,6	1355	0,81
106	40,96615	29,36036	31092	0,64	1445	0,8
13	41,17279	28,67324	31399	0,61	1282	0,92
107	40,96036	29,36921	31986	0,59	1495	0,8
14	41,18783	28,66337	32922	0,57	1146	0,85
15	41,16364	28,64659	32970	0,54	1197	0,81
19	41,11046	28,61494	33615	0,69	899	0,73
16	41,17931	28,63398	34666	0,71	1593	0,78
23	41,14704	28,59849	36057	0,64	1345	0,54
18	41,09753	28,58114	36115	0,59	1823	0,9
20	41,11076	28,5724	37111	0,59	1524	0,84
40	41,20634	28,61847	37212	0,63	1560	0,85
17	41,08791	28,56516	37280	0,6	1563	0,86
Ortalama PYNDVI	0,61					
Ortalama TZ-KBDG °C	1337					

Tablo 5.14. İstanbul ili kırsal tarım alanı piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)

<i>Kırsal Tarım (İstanbul)</i>						
<i>Test Noktaları</i>	<i>Enlem</i>	<i>Boylam</i>	<i>Mesafe (m)</i>	<i>PYNDVI</i>	<i>TZ-KBDG °C</i>	<i>r²</i>
53	41,2926	28,51696	41026	0,6	1295	0,8
54	41,2524	28,60296	41349	0,68	1775	0,87
62	41,1646	28,20604	47927	0,69	1217	0,95
52	41,07767	30,00439	49492	0,64	966	0,9
63	41,25187	28,50576	53643	0,62	1300	0,88
55	41,23545	28,58383	55029	0,59	945	0,92
57	41,16774	28,32169	56757	0,54	1353	0,88
58	41,17881	28,35346	58967	0,59	1322	0,94
56	41,25153	28,41054	59032	0,67	1823	0,85
7	40,86664	29,74018	64924	0,72	1783	0,92
11	40,90309	29,75475	65003	0,63	1724	0,97
9	40,87399	29,75204	65638	0,67	1693	0,96
10	40,88485	29,76002	65949	0,58	1993	0,83
61	41,16899	28,25233	68438	0,58	1998	0,81
13	40,85922	29,78733	68965	0,64	1606	0,77
20	40,92188	29,82806	70581	0,52	1234	0,62
64	41,31834	28,48026	77272	0,62	1649	0,87
26	40,888	29,90865	78010	0,53	1416	0,86
66	41,18821	28,06649	79097	0,55	1494	0,82
24	40,91753	29,93076	79174	0,45	1441	0,75
102	40,8937	29,9603	82126	0,54	1588	0,84
67	41,21159	28,0896	82295	0,49	1396	0,53
101	40,91898	30,00796	85554	0,55	1550	0,85
103	41,18838	27,91479	92943	0,53	1625	0,83
104	41,3195	27,82984	103252	0,52	1655	0,84
Ortalama PYNDVI	0,59					
Ortalama TZ-KBDG °C	1514					



Şekil 5.100. CxQ regresyon modeline göre, İstanbul ili tarım alanı piksellerinin PYNDVI değerleri



Şekil 5.101. CxQ regresyon modeline göre, İstanbul ili tarım piksellerinin PYNDVI seviyesine ulaşabilmesi için gerekli TZ-KBDG °C birikimi

5.4.2. Bursa İli Örneği

5.4.2.1. Orman Pikselleri

Bursa ili kentsel orman pikselleri PYNDVI zirveleri ortalaması 0,87'dir. Kente yakın orman alanlarında ise 0,88 seviyesindeyken il merkezinden uzak kırsal orman piksellerinde 0,94 ile en yüksek değere ulaşmaktadır. Aynı alanlarda il merkezinden uzaklığa göre ortalama TZ-KBDG °C değişimi 2724, 2650 ve 2555 KBDG °C'dir. Burada kente yakın orman alanlarında kentsel termal birikim nedeniyle yüksek TZ-KBDG °C birikimleri mevcuttur. Kente yakın orman alanlarında kırsala kıyasla daha düşük PYNDVI değerlerinin bulunmasının, kentsel ısı adalarından kaynaklanan termal stresle ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Tablo 5.15 – Tablo 5.17; Şekil 101; Şekil 102).

Üç farklı test alanındaki en kuzey ve en güney test noktalarının enlemsel genliği; kentsel orman alanında 0,32, kente yakın ormanlarda 0,51 ve kırsalda ise 0,79'dur (Tablo 5.15 – Tablo 5.17; Şekil 101; Şekil 102). TZ-KBDG °C değişimlerinin kente yakın alanlarda daha çok kentsel ısı adaları kontrolünde olduğu ve kırsala doğru ise daha çok enlemsel etkilerin kontrolünde olduğu düşünülmektedir (Tablo 5.15 – Tablo 5.17; Şekil 102).

Tablo 5.15. Bursa ili kentsel orman piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)

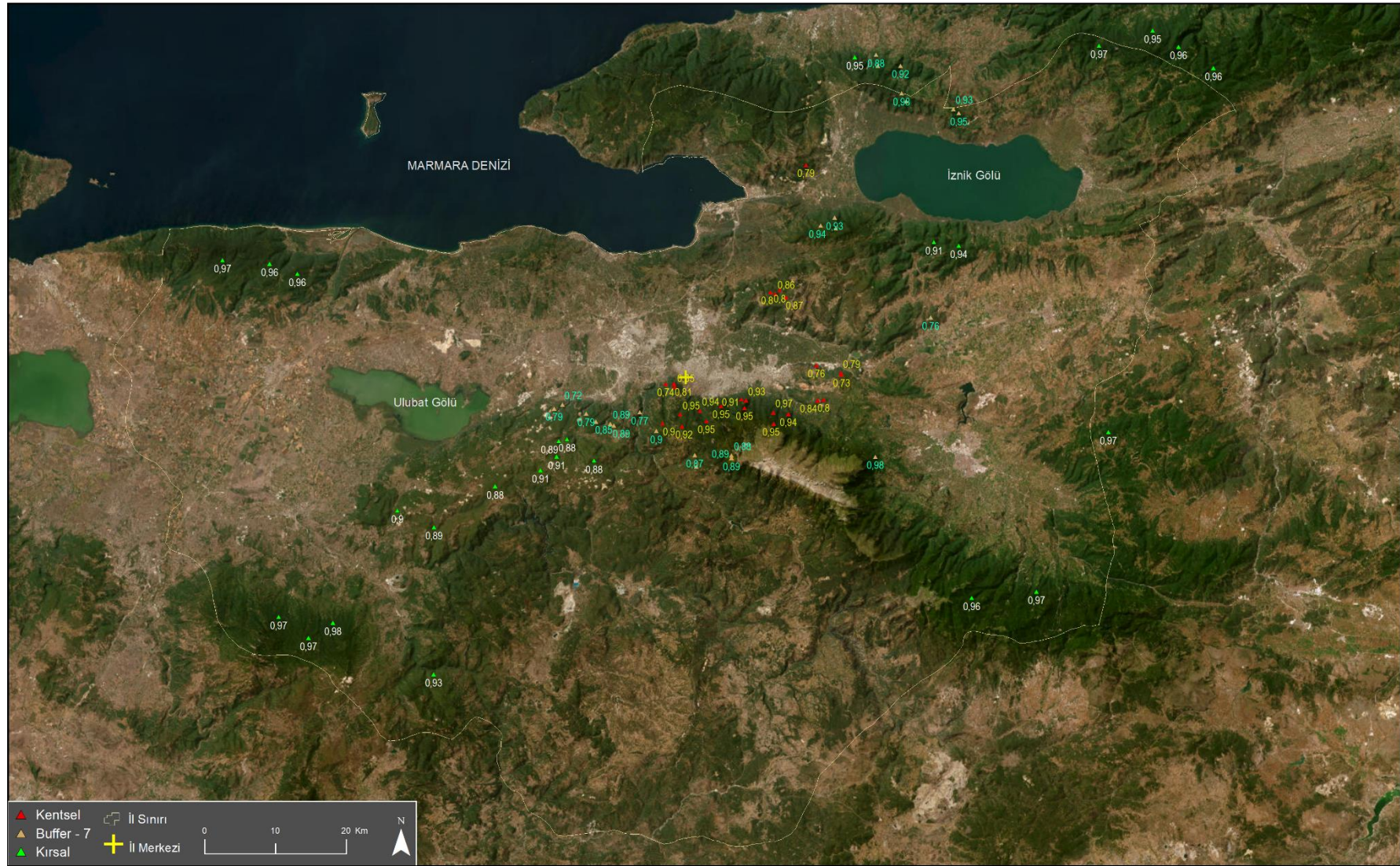
<i>Kentsel Orman (Bursa)</i>						
<i>Test Noktaları</i>	<i>Enlem</i>	<i>Boylam</i>	<i>Mesafe (m)</i>	<i>PYNDVI</i>	<i>TZ-KBDG °C</i>	<i>r²</i>
1	40,188102	29,02825	1908	0,81	3217	0,87
2	40,184003	29,02951	2073	0,85	3008	0,89
3	40,187887	29,01466	2990	0,74	3003	0,77
8	40,153332	29,07003	5096	0,94	2686	0,90
9	40,14914	29,0376	5284	0,95	2397	0,92
7	40,158408	29,10572	6444	0,95	2583	0,92
12	40,139605	29,08055	6848	0,95	2294	0,93
11	40,134231	29,03964	6901	0,92	2295	0,93
10	40,138408	29,00796	7256	0,90	2474	0,90
4	40,166423	29,13915	8421	0,91	2864	0,91
5	40,16485	29,14687	9095	0,93	2809	0,91
6	40,155414	29,14415	9340	0,95	2468	0,94
13	40,148804	29,19165	13303	0,97	2116	0,93
14	40,134307	29,19193	14038	0,95	1911	0,94
15	40,146226	29,21691	15405	0,94	2370	0,93
21	40,301568	29,19195	16943	0,80	2941	0,79
22	40,299155	29,19976	17250	0,86	2878	0,83
24	40,303694	29,20721	18058	0,80	2789	0,82
23	40,294428	29,21795	18115	0,87	2874	0,88
29	40,20727	29,26531	18534	0,76	3125	0,83
16	40,162812	29,26629	18944	0,84	2980	0,81
17	40,163582	29,27563	19709	0,80	2990	0,83
30	40,19659	29,3052	21890	0,79	2851	0,81
31	40,194413	29,30684	22031	0,73	2851	0,69
27	40,461746	29,25626	34400	0,79	3319	0,82
Ortalama PYNDVI	0,87					
Ortalama TZ-KBDG °C	2724					

Tablo 5.16. Bursa ili kente yakın orman piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)

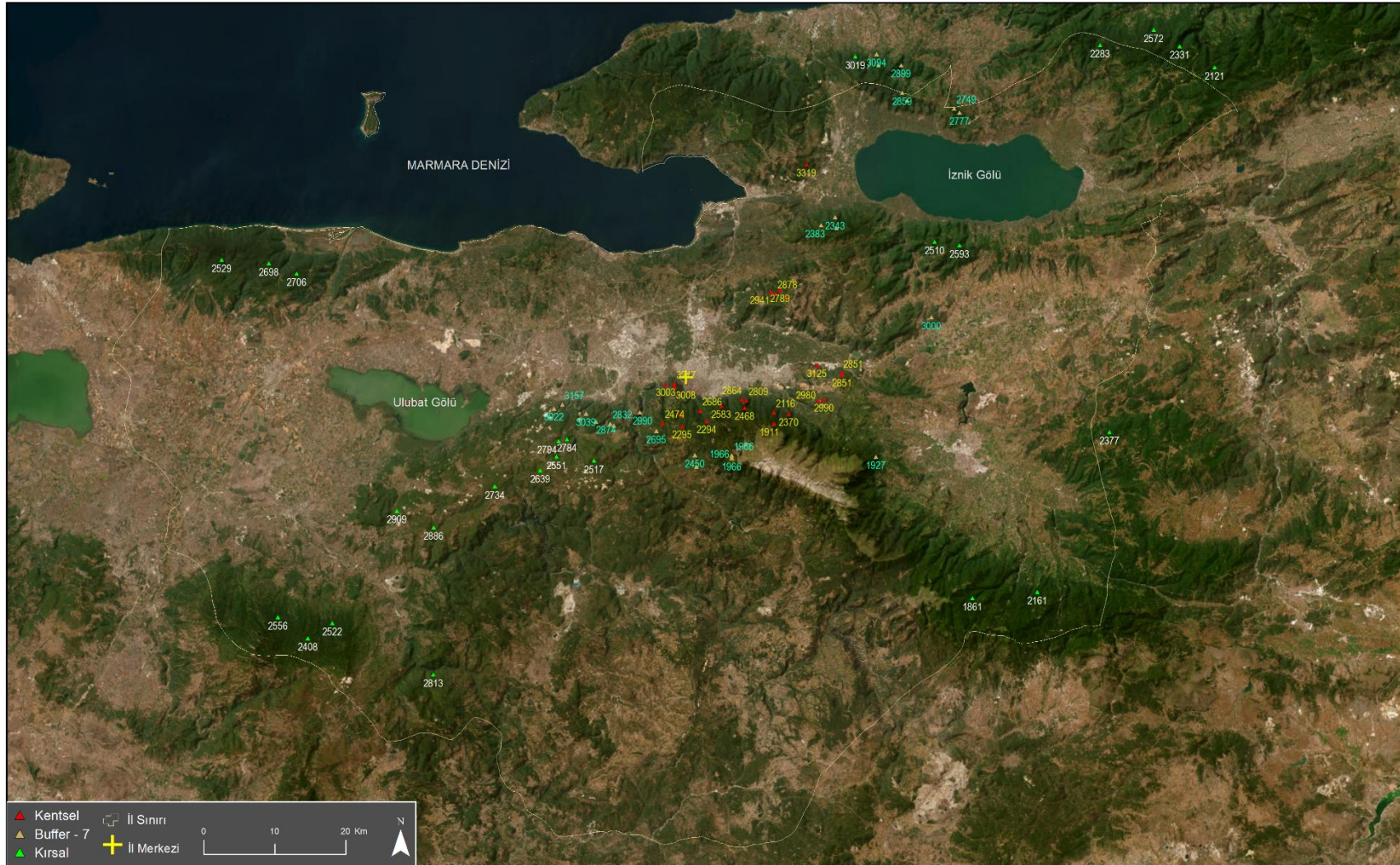
<i>Kente Yakın Orman (Bursa)</i>						
<i>Test Noktaları</i>	<i>Enlem</i>	<i>Boylam</i>	<i>Mesafe (m)</i>	<i>PYNDVI</i>	<i>TZ-KBDG °C</i>	<i>r²</i>
39	40,15309	28,97048	8153	0,77	2990	0,75
38	40,12879	28,99735	8629	0,90	2695	0,91
37	40,09701	29,06021	11043	0,87	2450	0,91
40	40,13704	28,92704	12219	0,89	2832	0,86
41	40,13942	28,92164	12474	0,89	2832	0,85
36	40,08256	29,06194	12655	0,88	2455	0,92
35	40,09556	29,12099	12768	0,88	1966	0,97
34	40,09235	29,12058	13065	0,89	1966	0,96
57	40,09235	29,12058	13065	0,89	1966	0,96
43	40,14249	28,89738	14150	0,85	2874	0,81
44	40,15265	28,882	14946	0,79	3039	0,68
46	40,16492	28,84257	17843	0,73	3157	0,62
47	40,16016	28,8289	19091	0,79	3022	0,78
58	40,38438	29,27854	28657	0,94	2383	0,91
32	40,08923	29,35871	29004	0,98	1927	0,93
60	40,38031	29,30333	29827	0,98	2330	0,94
61	40,39404	29,30224	30826	0,93	2343	0,92
33	40,26399	29,45706	35613	0,76	3000	0,78
51	40,53911	29,42626	49829	0,86	2870	0,87
52	40,54928	29,41882	50298	0,98	2859	0,88
53	40,58487	29,38071	51592	0,95	2783	0,87
56	40,59922	29,37809	52813	0,88	3094	0,81
55	40,58432	29,4182	53353	0,92	2899	0,86
49	40,52768	29,50424	53455	0,93	2749	0,90
50	40,52224	29,5131	53595	0,95	2777	0,87
Ortalama PYNDVI	0,88					
Ortalama TZ-KBDG °C	2650					

Tablo 5.17. Bursa ili kırsal orman piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)

<i>Kırsal Orman (Bursa)</i>						
<i>Test Noktaları</i>	<i>Enlem</i>	<i>Boylam</i>	<i>Mesafe (m)</i>	<i>PYNDVI</i>	<i>TZ-KBDG °C</i>	<i>r²</i>
65	40,09284	28,89335	17471	0,88	2517	0,87
64	40,120662	28,84949	18878	0,88	2784	0,85
63	40,118799	28,83547	20044	0,89	2794	0,86
66	40,0989	28,83144	21382	0,91	2551	0,87
67	40,082047	28,80423	24334	0,91	2639	0,89
69	40,062941	28,72849	30991	0,88	2734	0,91
83	40,359365	29,46605	39905	0,91	2510	0,89
71	40,012579	28,62609	41346	0,89	2886	0,92
84	40,354195	29,50698	42798	0,94	2593	0,90
72	40,034262	28,56613	44840	0,90	2909	0,87
90	39,906984	29,51179	50949	0,96	1861	0,94
54	40,596851	29,34236	51039	0,95	3019	0,85
78	39,825821	28,62144	54921	0,93	2813	0,90
82	40,337067	28,40655	56768	0,96	2706	0,89
93	39,912481	29,61878	57989	0,97	2161	0,92
85	40,112187	29,74578	60173	0,97	2377	0,92
73	39,893562	28,45655	60628	0,98	2522	0,90
81	40,350483	28,36103	60895	0,96	2698	0,88
74	39,874995	28,41593	64661	0,97	2408	0,89
75	39,901804	28,36696	66668	0,97	2556	0,88
79	40,35567	28,28262	67465	0,97	2529	0,88
95	40,602501	29,74997	74756	0,97	2283	0,91
99	40,619383	29,84011	82042	0,95	2572	0,87
98	40,597826	29,88296	83760	0,96	2331	0,91
97	40,569223	29,93986	86332	0,96	2121	0,93
Ortalama PYNDVI	0,94					
Ortalama TZ-KBDG °C	2555					



Şekil 5.102. CxQ regresyon modeline göre, Bursa ili orman piksellerinin PYNDVI değerleri



Şekil 5.103. CxQ regresyon modeline göre, Bursa ili orman piksellerinin PYNDVI seviyesine ulaşabilmesi için gerekli TZ-KBDG °C birikimi

5.4.2.2. Tarım Alanı Pikselleri

Bursa ili tarım alanları üzerinde gerçekleştirilen dışbükey ikinci dereceden regresyon modeline göre (CxQ) PYNDVI değerleri, kent merkezinden kırsala doğru gidilmeye bağlı olarak bir düşüş göstermiştir. Kentsel tarım alanı piksellerinin ortalama (örnek olarak seçilmiş 25 adet pikselin ortalaması) PYNDVI değeri, 0,63 seviyelerindeyken kırsal tarım alanı piksellerininki ise 0,59 civarındadır (Tablo 5.18 – Tablo 5.20; Şekil 5.104).

Tarım alanı piksellerinin PYNDVI seviyesine ulaşabilmesi için gerekli TZ-KBDG °C gereksinimlerine bakıldığında, mesafeyle ters orantılı bir ilişki söz konusudur. Kent merkezinden kırsala doğru bitkilerin TZ-KBDG °C gereksinimleri önemli oranda artmaktadır. Kent merkezi ve yakın çevresindeki yüksek sıcaklıklar neticesinde biriken ısı nedeniyle bitkilerin daha düşük TZ-KBDG °C gereksinimleri gösterdiği belirlenmiştir. Bu durumun tersi olarak, kırsal çevrenin kente oranla görece daha soğuk olması nedeniyle bitkilerdeki TZ-KBDG °C gereksinimlerin daha yüksek olduğu ortaya koyulmuştur (Tablo 5.18 – Tablo 5.20; Şekil 5.105).

Bursa ilinde kentsel tarım alanı piksellerinin PYNDVI için gerekli TZ-KBDG °C ortalaması 1045 birimken kırsal tarım alanı piksellerinin ortalaması ise 1434 birimdir (Tablo 5.18; Tablo 5.20).

Tablo 5.18. Bursa ili kentsel tarım alanı piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)

<i>Kentsel Tarım (Bursa)</i>						
<i>Test Noktaları</i>	<i>Enlem</i>	<i>Boylam</i>	<i>Mesafe (m)</i>	<i>PYNDVI</i>	<i>TZ-KBDG °C</i>	<i>r²</i>
0	40,24943	28,9055	13509	0,64	1104	0,92
8	40,18452	28,88131	14262	0,63	1284	0,94
1	40,25718	28,89825	14449	0,66	1168	0,95
5	40,32796	29,13131	16268	0,52	1021	0,81
106	40,23751	29,24539	17412	0,63	1001	0,84
6	40,31258	28,89171	18561	0,59	825	0,89
7	40,24829	28,82833	19586	0,65	1275	0,95
105	40,2223	29,28212	20133	0,65	987	0,86
104	40,22307	29,30421	22007	0,61	920	0,89
103	40,21481	29,30925	22329	0,63	1059	0,81
10	40,39061	29,1202	22457	0,64	888	0,91
101	40,25193	29,31091	23212	0,64	1089	0,88
102	40,25265	29,3202	23995	0,62	1125	0,82
24	40,39166	29,17584	24285	0,61	801	0,95
9	40,39981	29,16413	24682	0,66	886	0,89
26	40,4731	29,1223	31403	0,67	938	0,6
11	40,42879	29,31128	34182	0,52	854	0,68
18	40,50673	29,35442	43214	0,64	812	0,86
19	40,52405	29,32442	43331	0,61	1015	0,71
22	40,51903	29,347	43943	0,61	1218	0,87
21	40,54171	29,33377	45409	0,67	1212	0,84
20	40,55069	29,31593	45478	0,71	1344	0,91
17	40,51583	29,39026	45889	0,65	987	0,85
16	40,51588	29,41641	47332	0,67	958	0,68
15	40,04397	29,57149	47706	0,62	1359	0,99
Ortalama PYNDVI	0,63					
Ortalama TZ-KBDG °C	1045					

Tablo 5.19. Bursa ili kente yakın tarım alanı piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)

<i>Kente Yakın Tarım (Bursa)</i>						
<i>Test Noktaları</i>	<i>Enlem</i>	<i>Boylam</i>	<i>Mesafe (m)</i>	<i>PYNDVI</i>	<i>TZ-KBDG °C</i>	<i>r²</i>
27	40,179257	28,84903	17056	0,62	1401	0,86
28	40,183573	28,80207	20998	0,52	1570	0,71
103	40,275119	28,82187	21160	0,59	1301	0,82
104	40,323837	28,86274	21213	0,60	1298	0,76
29	40,192303	28,79251	21768	0,57	1280	0,82
105	40,332366	28,86044	21999	0,61	1188	0,79
33	40,327464	28,83719	23127	0,61	1040	0,87
35	40,358032	28,86336	23883	0,59	1037	0,75
30	40,227443	28,75618	25095	0,60	1237	0,90
31	40,242690	28,75829	25207	0,56	1050	0,86
32	40,268152	28,76702	25226	0,53	1140	0,79
101	40,233038	28,7374	26765	0,58	1204	0,79
102	40,270964	28,73557	27867	0,62	1254	0,81
41	40,491235	29,06829	32823	0,68	901	0,74
42	40,562743	29,29503	45801	0,70	1617	0,78
43	40,53158	29,36893	46161	0,63	1302	0,49
109	40,19714	29,59746	46779	0,55	1326	0,77
108	40,20926	29,63056	49615	0,54	1336	0,75
110	40,17381	29,66927	52961	0,6	1425	0,83
54	40,24136	29,76792	61483	0,58	1689	0,9
107	40,30522	29,75725	61545	0,62	1488	0,89
106	40,28408	29,76417	61717	0,59	1425	0,71
51	40,30431	29,78169	63568	0,58	1469	0,81
50	40,29163	29,79538	64471	0,62	1510	0,85
52	40,27258	29,80746	65185	0,58	1509	0,84
Ortalama PYNDVI	0,59					
Ortalama TZ-KBDG °C	1320					

Tablo 5.20. Bursa ili kırsal tarım alanı piksellerinde, Dışbükey İkinci Dereceden Regresyon modelinden tahmin edilen PYNDVI değerleri, PYNDVI için gereken TZ-KBDG °C birikimi ve NDVI tahminlerinin belirleme katsayısı (r^2)

<i>Kırsal Tarım (Bursa)</i>						
<i>Test Noktaları</i>	<i>Enlem</i>	<i>Boylam</i>	<i>Mesafe (m)</i>	<i>PYNDVI</i>	<i>TZ-KBDG °C</i>	<i>r²</i>
73	40,290341	28,72484	29431	0,60	1185	0,80
74	40,308403	28,70186	31990	0,70	1715	0,88
80	40,211407	28,65979	33103	0,70	1163	0,96
76	40,349758	28,70991	33446	0,58	891	0,90
75	40,333647	28,68357	34567	0,58	1201	0,88
77	40,362840	28,70186	34785	0,60	890	0,94
78	40,329916	28,62298	39097	0,52	1282	0,88
101	40,253660	28,59256	39294	0,55	1403	0,88
79	40,336048	28,58574	42288	0,59	1267	0,95
102	40,243244	28,55219	42532	0,49	1480	0,80
103	40,278986	28,49886	47634	0,62	1450	0,84
56	39,993518	29,6214	53816	0,66	1761	0,85
104	40,264774	28,39649	55973	0,62	1400	0,84
55	39,973831	29,64788	56797	0,77	1706	0,92
58	40,025097	29,67762	56931	0,63	1670	0,98
59	40,023591	29,82869	69258	0,67	1638	0,97
65	40,252184	29,8899	71928	0,56	1937	0,81
60	39,998092	29,85889	72556	0,58	1987	0,81
61	39,980569	29,89391	76007	0,60	1534	0,77
68	40,423452	29,90785	77334	0,52	1180	0,60
62	39,99534	29,94456	79638	0,62	1595	0,87
63	40,13497	30,05508	86063	0,49	1361	0,86
64	40,08887	30,08508	89180	0,55	1439	0,82
66	40,24275	30,09975	89681	0,41	1366	0,73
71	40,47805	30,07683	92869	0,48	1338	0,48
Ortalama PYNDVI	0,59					
Ortalama TZ-KBDG °C	1434					



Şekil 5.104. CxQ regresyon modeline göre, Bursa ili tarım alanı piksellerinin PYNDVI değerleri



Şekil 5.105. CxQ regresyon modeline göre, Bursa ili tarım piksellerinin PYNDVI seviyesine ulaşabilmesi için gerekli TZ-KBDG °C birikimi

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanlığın son iki yüz yılda doğal çevreye karşı kurduğu baskının, oldukça etkin ve yıkıcı sonuçları olmuştur. Giderek artan antropojenik baskı nedeniyle doğal ortam dinamikleri hızlı bir şekilde bozulmaya başlamıştır. Doğal ortamda meydana gelen mekânsal bozulmalar ve değişimler, küresel ekosistemde geri dönüşü olmayan tahribatlar meydana getirmiştir. Ekosistemdeki bozulmalar, sıcaklık ve yağış gibi iklimsel parametrelerin zamansal ve mekânsal varyasyonlarını önemli oranda değiştirmiştir. Bu problem, özellikle son yirmi yılda daha da derinleşerek insanlığın karşılaştığı en büyük sorunlardan birisini oluşturmuştur.

İklimsel parametreler olarak sıcaklık ortalamalarında ve anomalilerinde gözlemlenen ekstrem olaylar neticesinde küresel sıcaklıklarda muazzam artışlar yaşanmaktadır. Küresel sıcaklık artışlarının görece daha şiddetli yaşandığı bazı bölgeler, ekolojik anlamda hassas alanlara dönüşmüşlerdir. Bu çerçevede gerçekleştirilen çeşitli araştırmalar, Doğu Akdeniz Havzası'nda bulunan ülkelerin hava sıcaklıklarında önemli artışların meydana geldiğini ortaya koymuştur.

Türkiye'de hava sıcaklıklarında meydana gelen varyasyonlar yeterli düzeyde araştırılmasına rağmen YS'lerdeki zamansal-mekânsal değişimler ve bu değişimlerin kentsel-kırsal (doğal) ortam üzerindeki yansımaları tam olarak bilinmemektedir. Farklı ortamlardaki sıcaklık dinamiklerinin yeterince gözlemlenmemesi, YS kontrolünde gerçekleşen fenolojik değişimlerin de tam olarak anlaşılmamasına neden olmaktadır. Kentlerin yarattığı çevresel baskılarla YS artışlarının oluşturduğu değişimler, vejetasyon davranışları üzerinde oldukça etken bir konumdadır. Sürekli değişen YS koşulları ve kentsel ortamlar nedeniyle vejetasyon davranışlarının gözlemlenmesi ve araştırılması, sürdürülebilir ekolojik planlamaların en önemli noktalarından birisini oluşturmaktadır.

Son yıllarda, iklimsel varyasyonları araştırırken mekânsal çözünürlük dezavantajını ortadan kaldırmak için uydu teknolojileri tercih edilmektedir. Spesifik alanlara göre farklı çözünürlüklerde iklimsel veriler sağlayan uydular, bu noktada yaşanan teknik altyapı sorunlarını azaltmaktadır. Ancak Landsat-Sentinel gibi uydular tarafından sağlanan yüksek mekânsal çözünürlüklü iklimsel veriler, bulutluluk ve benzeri çevresel etkenlerden dolayı zamansal olarak her dönemde sağlıklı görüntüler sunamamaktadır. Bu nedenle spesifik olarak ilgilenilen aylarda ya da mevsimlerde, istenilen düzeyde çalışmaların yapılması zorlaşmaktadır.

İstasyon ağının zayıflığı ve yüksek mekânsal çözünürlüklü uyduların zamansal dezavantajları nedeniyle, Türkiye'nin genelinde ve lokal alanlarında meydana gelen YS varyasyonları yeterince iyi araştırılmamıştır. Bölgesel ve lokal YS koşullarının iyi araştırılmaması, YS varyasyonlarının kontrolünde gerçekleşen fenolojik değişimlerin yeterince anlaşılmamasına neden olmuştur. Bu durumun bir sonucu olarak, YS

varyasyonlarının önemli farklar barındırdığı düşünülen kentsel-kırsal alanlarda da zamansal yeterliliğe sahip çalışmaların zayıf kaldığı görülmektedir.

MODIS uydusu, gündüz 10:30 ve 13:30 ile gece 21:30 ve 01:30 saatlerinde veri sağlayabilmektedir. Bu nedenle gün içerisindeki görece soğuk ve sıcak dönemlerle ilgili gözlemlerin yapılması mümkün olmaktadır. Araştırmada, gün içerisindeki farklı ölçüm saatleri kullanılarak Türkiye'nin genelinde ve özelinde meydana gelen dönemsel sıcaklık farkları ve fenolojik değişimler değerlendirilmiştir.

Küresel sıcaklık artışlarındaki yükselmenin daha belirgin olduğu 2000'li yıllardan bu yana meydana gelen değişimleri belirleyebilmek için çalışmada, 2003-2020 dönemi araştırılmıştır. Çeşitli çalışmalar tarafından ortaya koyulan küresel ve bölgesel sıcaklık artışlarına benzer olarak Türkiye'nin genelinde ve özelinde de önemli YS artışları belirlenmiştir. Gündüz, gece ve günlük ortalama YS gözlemlerine göre Türkiye'nin genel ortalama YS göstergesi sürekli olarak artış göstermiştir. Analizlerde değerlendirilen tüm gözlem periyotlarına göre, 2011 yılındaki belirgin azalma dışında hemen her yıl önemli YS artışları yaşanmıştır. Çalışma yılları, 2003-2010 ve 2011-2020 periyodu olarak ikiye ayrıldığında 2011-2020 gözlem periyodunun önceki dönemden çok daha sıcak olduğu görülmektedir. Bu dönemde 2018, 2019 ve 2020 yılı YS artışları oldukça yüksektir. Gözlem periyotları içerisinde en belirgin YS artışı, gece döneminde kendini göstermektedir.

Gündüz YS gözlemlerine göre Türkiye'nin yıllık bölgesel YS artışları, Trakya yarımadası, İç Anadolu, Orta Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleridir. Bu bölgelerde 2011 yılında belirgin azalmalar görülse de diğer yıllarda önemli artışlar yaşanmıştır. Gece YS gözlemleri, gündüz ve günlük ortalama dönemlerinden daha farklı sonuçlar içermektedir. 21:30 ve 01:30 ölçümlerine göre, İç Anadolu'nun orta ve batısı, Doğu Anadolu'nun daha çok batısı, Güneydoğu Anadolu, Orta ve Batı Karadeniz, Marmara'nın güneyi, batısı ve İstanbul ili ile Akdeniz Bölgesi'nin denize yakın alanları sıcaklık artışlarının yaşandığı alanlardır.

Türkiye'de YS'ler, çok çeşitli coğrafi koşulların etkisi altında kalması nedeniyle fazla değişkenlik göstermektedir. Bu durumun oluşmasında, batıdan doğuya - güneyden kuzeye doğru enlemsel, denizel-karasal ve topoğrafik değişimler etken rol oynamaktadır. Bu nedenle Türkiye'den altı farklı konumda YS profilleri oluşturulmuştur. Profiller, ortalama, gündüz (10:30 – 13:30) ve gece (21:30 – 01:30) periyotları uzun yıllar 2003-2020 ortalamasına göre çıkarılmıştır.

Türkiye'nin merkez profiline göre, YS'lerin batıdan doğuya doğru göreceli düşüşünü İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin batı kısmı bozmaktadır. Kuzey ve merkezden farklı olarak güney profilinde, batıdan doğuya doğru nispi bir düşüş mevcut değildir. YS'ler; Toros Dağlarının farklı noktalarında gözlemlenen belirgin düşüşler dışında, Doğu Anadolu Bölgesinin güney kısmına kadar belirli bir seviyede seyretmiştir. Doğu Anadolu Bölgesinin güney kısmında (Cilo Dağları ve çevresinde)

yükseltinin artması ve denizel hava koşullarının iyice zayıflamasıyla birlikte tüm periyotlardaki YS'ler, profilin en düşük seviyelerine gerilemiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki görece daha yüksek ve stabil YS koşulları, yükseltinin çok fazla değişmemesiyle ilgilidir.

Güney profilin doğu yarısında, muhtemelen denizel hava koşullarına bağlı etkilerin zayıflamasıyla birlikte gece 21:30 ve 01:30 ölçümleri arasındaki YS farklarının görece azaldığı gözlemlenmiştir.

Merkez kısımda güneyden kuzeye doğru çekilen profilde ise, Amanos Dağlarının güneyindeki Amik Ovası'nda gündüz YS'leri, 25 °C'nin üzerindedir. Amanos Dağlarına gelindiğinde ise belirgin bir düşüş mevcuttur. Toros Dağlarıyla birlikte güneyden kuzeye doğru, yükseltiden kaynaklanan değişimler dışında önemli bir azalma mevcut değildir. Benzer koşullar hem ortalama hem de gece YS'lerinde de oluşmaktadır.

Tüm profil analizlerine göre; özellikle gece 21:30 – 01:30 ölçüm periyotları için, yükseltinin arttığı topoğrafik alanlarda YS farkları oldukça düşüktür. Yine tüm profillerde; YS'nin denizel – karasal alanlarla, yükseltiyle ve enlemsel değişimlerle olan ilişkisi belirgin bir şekilde gözlemlenmektedir.

Türkiye'de çeşitli ölçüm periyotlarındaki YS değişimlerinin istatistiksel anlamlılık testlerine göre, önemli artış oranları bulunmaktadır. Bu bakımdan bölgesel anlamda Türkiye, karasal YS olarak pozitif yönde komple (bütünsel) bir artış göstermiştir. İstatistiksel olarak anlamlı ve anlamsız artışların toplamı, tüm ölçüm periyotlarında %79'un üzerindedir. Bu alanda en düşük artış oranları sırasıyla gündüz 13:30 ve 10:30 gözlemlerinde belirlenmiştir. En yüksek artış oranı ise %99'un üzerinde gece 01:30 periyodunda gözlemlenmiştir.

Gece YS'lerindeki artışın büyük çoğunlukta istatistiksel anlamlılık içermesi oldukça önemlidir. Gece gözlemlerindeki belirgin YS artışları, küresel ve bölgesel iklim değişikliği araştırma sonuçlarını destekler niteliktedir. Birçok araştırmada, özellikle de kentsel ısı adası çalışmalarında YS artışlarının daha çok gece dönemlerinde meydana geldiği belirlenmiştir.

Pozitif trendlerde önemli artışların yaşandığı Türkiye'de, negatif trendlerin alansal dağılımı çok düşük seviyededir. Gece YS'lerindeki pozitif trend artışlarının bir yansıması olarak anlamlı negatif gece trendlerinin alansal dağılımı %1'in altında kalmıştır.

Gündüz, gece ve günlük ortalama gözlem periyotlarının piksel tabanlı trend analizlerine göre Türkiye'de, genel olarak istatistiksel anlamda güvenilir pozitif eğilimler oldukça belirgindir.

Gündüz 10:30 YS'lerine göre istatistiksel olarak anlamlı artışların yoğun olduğu alanlar Doğu Anadolu, Doğu Karadeniz, Batı Karadeniz, Doğu Akdeniz ve Marmara

Bölgeleriyle İç Anadolu'nun doğu yarısıdır. Marmara Bölgesinde, İstanbul ili üzerinde meydana gelen YS artışlarının büyük çoğunluğu istatistiksel anlamda güvenilirdir.

İstanbul ili gibi, Tuz Gölünün hemen güneyinde de istatistiksel anlamda güvenilir yüksek YS artışları mevcuttur. Bu bakımdan bazı lokal alanlarda meydana gelen belirgin arazi örtüsü ve arazi kullanım değişikliklerinin YS koşullarını önemli oranda etkilediği düşünülmektedir.

Gündüz 10:30 ile 13:30 YS'lerindeki anlamlı artışlar, mekânsal olarak birbirlerine benzer alanlardadır. Ancak gündüz 13:30 periyodundaki anlamlı artışlar, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 10:30'a göre büyük oranda azalmıştır.

13:30 gözlemlerine göre Ege Bölgesindeki anlamlı azalmalar, 10:30 periyoduna kıyasla genişlemiştir. Aynı durum Akdeniz Bölgesinin batısı için de geçerlidir. Gündüz 10:30 YS'lerinden farklı olarak 13:30 periyodunda Akdeniz'in orta kısmında önemli değişimler vardır. Bu bölgedeki anlamlı azalmalar 13:30 YS'lerinde belirgin genişleme göstermiştir.

Türkiye'nin gece 21:30 ve 01:30 YS'leri, mekânsal olarak günlük ortalama ve gündüz YS'lerinden istatistiksel anlamda çok farklı sonuçlar içermektedir. Gece 21:30 ve 01:30 periyodlarına göre, bazı alanlar dışında Türkiye'nin hemen hemen her bölgesinde oldukça anlamlı YS artışları yaşanmıştır. Her iki gözlem periyodunda da anlamsız artışların diğer bölgelere kıyasla biraz daha fazla olduğu bölge Güneydoğu Anadolu Bölgesidir.

Günlük ortalama ve gündüz ölçümlerinde anlamlı YS artışlarının mevcut olduğu Tuz Gölünün güneyinde gece YS'leri, istatistiksel olarak anlamsız artışlar göstermiştir. Tuz Gölü üzerinde gündüzleri daha fazla YS artışlarının yaşanması, su varlığının 2000'li yıllardan sonra hızla azalmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Su kaynaklarının azaldığı alanlarda çorak çıplak arazilerin meydana çıkması, gündüzleri daha fazla ısı birikimine neden olmaktadır.

Günlük ortalama YS'lerindeki piksel tabanlı trend analizine göre, anlamlı artışlar Doğu Anadolu Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesinin batısı, Karadeniz Bölgesi'nin büyük çoğunluğu, Marmara Bölgesi, İç Anadolu'nun doğusu, Ege Bölgesinin denize yakın alanları, Akdeniz'in batı ve doğu kısımlarında yoğunlaşmıştır. Bu alanlar içerisinde Doğu Karadeniz, Trakya ve Akdeniz'in doğusundaki artışların istatistiksel güvenilirliği oldukça yüksektir.

Türkiye'de 2021 yılı nüfus miktarlarına göre en kalabalık 15 il üzerinde gerçekleştirilen YS değişim analizlerinde, kentsel-kırsal alanlar arasında belirgin YS farkları bulunmaktadır.

YS'lerdeki kentsel-kırsal farklar, istatistiksel olarak ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma göstergeleriyle ortaya koyulmuştur. İstatistiksel göstergelere göre; kentsel ısı adaları nedeniyle kentler ve yakın çevrelerinde, kırsal alanlardan daha fazla YS artışları yaşanmıştır.

Bazı illerin kentsel alanlarında, kırsal alanlara kıyasla yüksek YS'ler mevcut değildir. Çıplak alanlar ve lokal iklim koşulları nedeniyle birkaç ilin kentsel kısımlarında çevresine kıyasla daha düşük YS'ler belirlenmiştir.

Çalışmada incelenen illere göre kentsel alanlar, daha stabil YS koşulları meydana getirerek çevresindeki kırsal alanlara kıyasla düşük standart sapmaların oluşmasını sağlamıştır.

Türkiye'nin genel yıllık KBDG °C değişimleri incelendiğinde, 2003 yılından 2020 yılına kadar önemli artışlar yaşanmıştır. 2003'lü yıllarda 5300 civarında olan KBDG °C, 2020 itibarıyla 5700 seviyelerine çıkmıştır. 2010 yılı KBDG °C değeri, 5700 birimin üzerine çıkarak birikimin en yüksek olduğu dönem olmuştur. Hemen ardından 2011 dönemi ise, 5000 KBDG °C seviyelerine gerileyerek birikimin en düşük olduğu yıldır. KBDG °C birikimlerinin 2003 - 2020 yılları arasındaki lineer regresyon değişimine bakıldığında, 0,24 değerindeki tahmin gücüyle önemli bir artış belirlenmiştir.

Türkiye'de KBDG °C birimlerinin 2003 yılından 2020 yılına kadarki değişimine göre, önemli artışların daha çok Orta Karadeniz, Marmara, İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesinin batı kısmında meydana geldiği belirlenmiştir. 2011 yılında İç Anadolu Bölgesinin tamamında belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. Türkiye'de ortalama yükseltinin en fazla olduğu Doğu Anadolu Bölgesinde gözlemlenen KBDG °C artışları, 2010 yılında 2003-2010 periyodunun en yüksek noktasına ulaşmıştır. 2011'de bölge genelindeki KBDG °C düşüşünden sonra, birikim 2020'ye kadar devam etmiştir. 2011-2020 periyodunda ise birikimin en fazla olduğu yıllar, tüm bölgeler için 2018, 2019 ve 2020 dönemleridir.

Türkiye'de KBDG °C birikimleri, daha çok yükselti ve enlemsel değişimlerin kontrolü altındadır. Bu nedenle, Türkiye'de güneyden kuzeye üç farklı konumda KBDG °C profilleri oluşturulmuştur. Batı kısmında güneyden kuzeye doğru çekilen profile göre, yükseltinin etkisiyle gerçekleşen düşüşler dışında KBDG °C birikimi enlemsel etkiye bağlı olarak kuzeye doğru azalmıştır. En güneyde (Marmaris), 7000 KBDG °C birikimi mevcutken en kuzeyde (Karadeniz kıyısında) yaklaşık 5000 KBDG °C birikimi bulunmaktadır. Batı profili, merkez ve doğu profiline kıyasla ortalama yükseltinin en az olduğu kesimdir. Doğu profili ise üç profil içinde ortalama yükseltinin en yüksek olduğu hattır.

Merkez profili (güneyden kuzeye), enlemsel etkinin yanı sıra yükselti ve denizel-karasal koşulların da kontrolü altındadır. Merkez profili üzerinde KBDG °C birikimlerinin en yüksek olduğu alanlar, Amik Ovası ve Adana ilinin kuzeyidir. Bu bölgelerdeki KBDG °C birikimleri, yaklaşık 7500 birim seviyesindedir.

Yükselti baskısının en belirgin olduğu kısım olarak doğu profilinde, KBDG °C değişkenliği oldukça yüksektir. Güney kısmında 6500'ün üzerindeki KBDG °C birikimleri, kuzeye doğru azalarak 3000 birimin altına gerilemiştir. KBDG °C

birikiminin 3000'e kadar düştüğü alanlar, tarımsal uygulamalarda gerekli termal zaman birikiminin yetersiz olduğunu göstermektedir. Termal zaman birikiminin zayıf olduğu alanlar, tarımsal ürünlerin spesifik isteklerine göre şekillenen ısı birikiminin yeterince karşılanamadığını göstermektedir. Bu bölümde, KBDG °C değişimleri bölgesel ya da lokal alanlarda zamansal ve mekânsal olarak değerlendirilmiştir. Herhangi bir tarımsal ürünün spesifik termal isteğine göre değerlendirme yapılmamıştır.

KBDG °C'ler; piksel tabanlı Mann-Kendall trend analizine göre, YS'lerin artış gösterdiği alanlarda önemli yükselmeler göstermiştir. KBDG °C'deki anlamlı artışların en belirgin olduğu alanlar, Marmara ve Doğu Anadolu Bölgesidir. Bu bölgelere ilaveten KBDG °C birikimlerinin güvenilir artış gösterdiği diğer alanlar Doğu Karadeniz, Orta ve Batı Karadeniz'in kuzeyi, Ege Bölgesinin batısı, İç Anadolu'nun batısı ve doğusu, Akdeniz'in batısı ve doğusu ile Güneydoğu Anadolu'nun batısıdır.

YS trendlerinde pozitif yönde anlamlı artışlar gösteren İstanbul ve Adana illeri ile Tuz Gölü'nün güneyinde; KBDG °C birikimlerinde de istatistiksel anlamda güvenilir yükselmeler mevcuttur.

Fenolojik bir gösterge olarak KBDG °C, gündüz ve gece YS ortalamasından türetilen fenometrik bir parametredir. Bu bakımdan KBDG °C modeli, zamansal olarak YS artışının gerçekleştiği alanlarda ısı birikimi nedeniyle bitkilerin normal fenolojik döngülerinin değiştiğini varsaymaktadır. Herhangi bir bitkinin kendine has fizyolojik ihtiyaçlarına göre şekillenen fenolojik dönemler, farklı bitki türlerine göre değişim göstermektedir. Ancak temelde genel olarak tüm bitkilerin; habitat desenlerini ve yaşamsal döngülerini daha çok sıcaklığa göre şekillendirdikleri bilinmektedir. Bu yüzden KBDG °C gibi klimatolojik parametrelerden türetilen fenolojik göstergeler, bitkisel türlerden ziyade vejetasyon mozaığının mekânsal-zamansal olarak nasıl bir desen ortaya koyduğu hakkında önemli bilgiler vermektedir.

Kentsel alanlarda insan aktivitelerinin yoğun olması nedeniyle çevrelerindeki kırsal bölgelere göre daha yüksek YS'ler gözlemlenmektedir. Kentsel-kırsal alanlarda meydana gelen YS farklarıyla birlikte vejetasyon mozaığının fenolojik dönemlerinde önemli kaymalar gerçekleşmektedir. Kentsel-kırsal YS farkları nedeniyle fenolojik kaymaların yaşandığı orman ve tarım alanları üzerinde, PYNDVI ve PYNDVI zirvesine ulaşılması için gereken TZ-KBDG °C birikimlerinde önemli değişimler bulunmaktadır.

Mekânsal olarak bazı lokal koşullar dışında kentsel alanlar üzerinde, ısı birikimi nedeniyle kırsal bölgelerden daha fazla KBDG °C birikimi meydana gelmektedir. İstatistiksel göstergelere göre analiz edilen bütün illerde, kentsel 3-5 km buffer alanlarının KBDG °C ortalaması kırsaldaki 3-5 km buffer bölgelerinden fazladır.

Kentsel-kırsal 3-5 km buffer alanlarının istatistiksel göstergelerine göre, bazı illerin kentsel 3-5 km KBDG °C ortalaması kırsal 3-5 km alanlarına yakındır. Bunlar Ankara, Konya, Şanlıurfa, Gaziantep, Kocaeli, Diyarbakır, Hatay ve Manisa illeridir. Kocaeli ilinde mekânsal olarak kentsel alanlarda oldukça fazla KBDG °C birikimleri

bulunmasına rağmen bu durumun istatistiksel göstergelerde belirgin olmaması şehir yüzölçümünün küçük olmasıyla ilgili olabilir. Kentsel 3 km buffer alanları, kentsel 5 km bölgesine kıyasla kent sınırına daha yakındır. Bu nedenle kentsel 3 km buffer alanlarında, genel olarak daha yüksek YS ortalamaları ve KBDG °C birikimleri gözlemlenmektedir. Araştırmada test edilen illerin tamamında, kentsel 3 km buffer bölgeleri; kentsel 5 km ile kırsal 3-5 km buffer alanlarından daha fazla KBDG °C birikimine sahiptir.

KBDG °C birikimlerinin mekânsal dağılımına göre Adana, Antalya, Bursa, Hatay, İstanbul, İzmir, Kocaeli, Manisa ve Mersin illerinin kentsel alanlarında çevredeki kırsal bölgelere kıyasla daha yüksek KBDG °C birikimleri mevcuttur. YS değişimi analizlerinde, buradaki illerin kentsel alanlarında önemli YS farkları belirlenmiştir.

Çalışmada, kentsel ortamdaki YS artışlarının doğal ortam ve tarımsal alanlarda meydana getirdiği değişimleri ortaya koyabilmek için CxQ yüzey fenolojisi modeli kullanılmıştır.

Hem İstanbul hem de Bursa çalışma bölgesinde kentsel, kente yakın ve kırsal alanlar için 25'er adet test pikselleri seçilmiştir. MODIS YS verilerinden türetilen KBDG °C'nin bir fonksiyonu olarak her piksel için on sekiz yıllık (2003-2020) NDVI gözlemlerine CxQ modeli uydurularak yüzey fenolojisi ölçümlerinden NDVI, PYNDVI ve TZ-KBDG °C fenometrilere hesaplanmıştır.

Bitki örtüsünün kentleşmeye tepkisini analiz etmek için, her pikselin il merkezine olan mesafesi belirlenmiştir. Daha sonra; kentten uzaklaştıkça çeşitli gruplardaki orman ve tarım alanı piksellerinin PYNDVI ile TZ-KBDG °C değişimleri analiz edilmiştir.

Daha kuzeyde yer alan İstanbul kentsel orman piksellerinin PYNDVI için gerekli TZ-KBDG °C birikimi güneyde yer alan Bursa'dan yüksektir. Bu durum hem enlemsel koşullarla hem de İstanbul'daki kentsel yoğunluk ve büyüklükten kaynaklı ısı birikimiyle ilgilidir. Bununla birlikte İstanbul kentsel orman pikselleriyle kırsal orman pikselleri arasındaki termal fark, Bursa'dan daha yüksektir. İstanbul'da seçilen kırsal orman piksellerinin il merkezine uzaklığının daha fazla olması, Bursa'daki görece az farkı açıklamaktadır.

Bursa ilinde seçilen kırsal orman piksellerindeki termal zaman genliği, test noktalarından kaynaklanan enlemsel genlikten dolayı İstanbul'dan daha fazladır. Kırsal orman piksellerine göre, Bursa'daki en kuzey ve en güney test noktaları arasındaki enlem farkı 0,79'ken İstanbul'da 0,66'dır. Enlemsel genliğin bir sonucu olarak Bursa'da, en kuzeyle (3019 TZ-KBDG °C) en güney (1861 TZ-KBDG °C) arasındaki termal zaman genliği 1158 TZ-KBDG °C olurken İstanbul'da (3079-2493) 586 TZ-KBDG °C'dir.

PYNDVI zirveleri, kentsel orman alanlarından kırsala doğru gidildikçe daha yüksek değerlere çıkmaktadır. Kentsel alana yakın ormanların daha düşük seviyede PYNDVI göstermesi, termal stres koşullarından kaynaklanan bir durumdur.

Her iki çalışma bölgesinin tarım alanı piksellerinde PYNDVI zirveleri, il merkezinden uzaklaştıkça pek fazla değişmemektedir. Ancak PYNDVI yüksekliği için gerekli TZ-KBDG °C birikiminde il merkezinden uzaklaşılmasıyla birlikte önemli farklar oluşmaktadır. Kentsel alanlardaki yüksek YS'ler neticesinde daha erken PYNDVI zirvesine ulaşan ekili alanlar, kırsala kıyasla düşük TZ-KBDG °C birikimine ihtiyaç duymaktadır. Bununla birlikte kırsaldaki ekili alanlar, il merkezinden uzakta görece daha soğuk koşullarda bulundukları için PYNDVI zirvesine kadar daha fazla TZ-KBDG °C birikimine bağımlıdır.

Çalışma sonuçları, kentlerin meydana getirdiği yüksek sıcaklık koşullarının vejetasyon fenolojilerini önemli ölçüde değiştirdiğini ortaya koymaktadır. Bu değişimler, bazı durumlarda bitki konforu için avantaj sağlasa da dezavantajlı koşulları da meydana getirmektedir. Mevcut durumda ve ileriki süreçlerde, bitki yönetimi ve planlama süreçlerinde iklimsel bağımlılık daha da artacaktır. Kent alanları içerisinde kalmış vejetasyonların termal stres koşullarını yönetebilmek için ekstra enerji gereksinimleri oluşacak ya da avantajlı koşullar sayesinde enerji tasarrufu da meydana gelebilecektir. Bu durum ilerleyen zamanlarda, kent içi ve kent dışı ortamlardaki vejetasyon desenlerinin iklimsel bağımlılıktaki artışla birlikte sürekli olarak değişime uğrayacağını göstermektedir. Kentsel ortam ve çevrelerindeki alanlarda fiziki koşulların dinamik olarak sürekli değişimler göstermesi; sürdürülebilir tarım-doğal ortam planlamalarını ve kentsel yönetimi olumsuz yönde etkileyecektir. Bu nedenle doğal ortam ve tarım konusundaki planlayıcıların ya da kentsel yönetimdeki karar vericilerin iklimsel bağımlılık konusundaki çalışmalarını genişletmeleri gerekmektedir. Ayrıca politikacı ve yöneticilerin, doğal ortamlar ile tarımsal alanlardaki iklimsel bağımlılığı azaltacak ya da bitirecek izole teknikler üzerine çok daha fazla ar-ge geliştirmeleri gerekmektedir.

En kötümser iklim değişikliği senaryosu olan RCP 8.5 model projeksiyonlarına göre, Akdeniz Havzası ortalama sıcaklıklarının 2100 yılına kadar 6 °C'ye kadar çıkması oldukça muhtemeldir. Sıcaklıklardaki yüksek artış tahminleri dikkate alındığında, çevresel planlamalardaki iklimsel bağımlılık ya da iklimden bağımsız izole teknikler, muhtemelen önümüzdeki süreçte en önemli araştırma konularından bazılarını oluşturacaklardır.

Araştırmada; heterojen yapıdaki karmaşık yüzey özelliklerinin optimal seviyede tahmin edilmesinde ve kentsel ortamların çevredeki vejetasyon üzerindeki baskılarının belirlenmesinde kompleks yapıdaki entegre bir modelden yararlanılmıştır.

Aynı zamanda bu çalışma, şu anda mevcut olan uzun süreli kayıtlarla; zamansal ve mekânsal çözünürlüklerden kaynaklanan problemleri çözmek için birden çok

sensörden gelen birden çok veri kümesini entegre ederek karmaşık bir kentsel-kırsal uzaktan algılama problemini araştırmanın uygulanabilirliğini değerlendirmek için yapılmıştır.

Hem YS'ler hem de fenolojik göstergeler, piksel tabanlı Mann-Kendall trend analiziyle değerlendirilmiştir. Burada; iklimsel-fenolojik ve heterojen yapılı yüzeylerin tahmininde kullanılan meteorolojik istasyon temelli geleneksek yaklaşıma, karmaşık yapıdaki problemlerin çözümünü kolaylaştıran uzaktan algılama temelli yaklaşım önerilmiştir. Piksel tabanlı trend yaklaşımıyla, YS ve fenolojik tahminlerdeki mekânsal kayıplar minimal seviyeye indirilmiştir.

Bu çalışmada; geleneksel tahmin modellerine karşı uydu tabanlı, farklı çözünürlüklerdeki veri setlerini entegre edebilen ve heterojen alanlardaki yüzey mozağını tahmin edebilen model yaklaşımı önerilmiştir. Bu yaklaşımda sergilenen keşif analizinin, kentsel-kırsal yüzey fenolojisi metriklerinin mekânsal olarak kapsamlı haritalarını üretmek için MODIS YS verileriyle birleştirilmiş MODIS-NDVI zaman serilerinin kullanımını otomatikleştirecek bir gelecek çalışma için uygun alt yapıda olduğu sonucuna varılmıştır.

Araştırma çıktıları, yüzey-atmosfer süreçlerini incelemek için model girdileri olarak faydalı olacaktır. Bu bakımdan araştırmada üretilen ve türetilen bilgilerin; coğrafyacılar, kentsel ekolojistler, kentsel karar vericiler, şehir planlamacıları ve geliştiriciler, meteorologlar, iklimbilimciler ve kentsel arazi yüzeyi modelleyicileri dâhil olmak üzere multidisipliner alanlardaki çeşitli araştırma konularını bilgilendirme potansiyeline sahiptir.

KAYNAKLAR

- Abacı, Z. T., & Asma, B. M. (2010). Bazı kayısı çeşitlerinin farklı ekolojik alanlardaki biyolojik özelliklerinin analizi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1), 165-168.
- Adıgüzel, F. (2021). *Yeşil Alanların Kentsel Yaşam Kalitesine Etkisinin CBS İle İncelenmesi: Çukurova Örneği. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya (Dr) Tezi.*
- Agathangelidis, I., Cartalis, C., Polydoros, A., Mavrakou, T., & Philippopoulos, K. (2022). Can satellite-based thermal anomalies be indicative of heatwaves? an investigation for MODIS land surface temperatures in the Mediterranean region. *Remote Sensing*, 14(13), 3139.
- Aggarwal, S. P., Garg, V., Gupta, P. K., Nikam, B. R., & Thakur, P. K. (2012). Climate and LULC change scenarios to study its impact on hydrological regime. *International Archives of the Photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 39(B8), 147-152.
- Aguilar-Lome, J., Espinoza-Villar, R., Espinoza, J. C., Rojas-Acuña, J., Willems, B. L., & Leyva-Molina, W. M. (2019). Elevation-dependent warming of land surface temperatures in the Andes assessed using MODIS LST time series (2000–2017). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 77, 119-128.
- Akbari, H., Matthews, H. D., & Seto, D. (2012). The long-term effect of increasing the albedo of urban areas. *Environmental Research Letters*, 7(2), 024004.
- Akbaş, A. (2014). Türkiye üzerindeki önemli kurak yıllar. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 101-118.
- Akçay, M. E., & Tosun, İ. (2005). Bazı geç çiçek açan yabancı badem çeşitlerinin Yalova ekolojik koşullarındaki gelişme ve verim davranışları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(1), 1-5.
- Akengin, H., & Dölek, İ. (2014). *Türkiye fiziki coğrafyası*. Pegem Akademi Yayınları.
- Akın, G. (2006). Küresel ısınma, nedenleri ve sonuçları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 46(2), 29-43.
- Aksay, C. S., Ketenoglu, O., & Kurt, L. (2005). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 1(25), 29-42.

- Aksoy, S., & Yeşilırmak, E. (2022). Batı Anadolu'da Ekstrem Sıcaklıklardaki Zamansal Değişimler. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 93-101.
- Alemu, W. G., & Henebry, G. M. (2013). Land surface phenologies and seasonalities using cool earthlight in mid-latitude croplands. *Environmental Research Letters*, 8(4), 045002.
- Alkan, A., Adıgüzel, F., & Kaya, E. (2017). Batman Kentinde Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi. *Coğrafya Dergisi*, (34), 62-76.
- Al-Rashidi, T. B., El-Gamily, H. I., Amos, C. L., & Rakha, K. A. (2009). Sea surface temperature trends in Kuwait bay, Arabian Gulf. *Natural Hazards*, 50, 73-82.
- Anderson, M. C., Kustas, W. P., Norman, J. M., Hain, C. R., Mecikalski, J. R., Schultz, L., ... & Gao, F. (2011). Mapping daily evapotranspiration at field to continental scales using geostationary and polar orbiting satellite imagery. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(1), 223-239.
- Arnfield, A. J. (2003). Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology: a Journal of the Royal Meteorological Society*, 1-26.
- Aslam, M. A., Ahmed, M., Stöckle, C. O., Higgins, S. S., Hassan, F. U., & Hayat, R. (2017). Can growing degree days and photoperiod predict spring wheat phenology?. *Frontiers in Environmental Science*, 5, 57.
- Atalay, İ. (1994). *Türkiye Vejetasyon Coğrafyası*. Ege Üniversitesi Basımevi.
- Atlı, H. S. (2019). Bazı badem çeşitlerinin fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 222-229.
- Avcı, M. (2005, 29-30 Eylül). *Türkiye bitki örtüsünün çeşitlilik ve endemizm açısından bir değerlendirmesi*. Ulusal Coğrafya Kongresi 2005 (Prof Dr. İsmail Yalçınlar Anısına (s. 73-85). Bildiri Kitabı.
- Avcı, M. (2012). Çeşitlilik Ve Endemizm Açısından Türkiye'nin Bitki Örtüsü. *Coğrafya Dergisi*.1-14.
- Ayan, İ., Acar, Z., Mut, H., Can, M., Kaymak, G., & Tunalı, U. (2020). Çayır ve mera alanlarında mevcut durum sürdürülebilirlik ve gelecek. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi.
- Aykır, D. (2017). Türkiye'de ekstrem sıcaklık indislerinin eğilimlerinde şehirleşmenin etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 47-57.

- Barriopedro, D., Fischer, E. M., Luterbacher, J., Trigo, R. M., & García-Herrera, R. (2011). The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe. *Science*, 332(6026), 220-224.
- Bastiaanssen, W. G., Menenti, M., Feddes, R. A., & Holtslag, A. A. M. (1998). A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation. *Journal of hydrology*, 212, 198-212.
- Bayar, R. (2004). Cumhuriyet Döneminde Türkiye'nin Arazi Bölünüşü ve Tarım Alanlarındaki Değişmeler. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 41-55.
- Bayar, R. (2018). Arazi Kullanımı Açısından Türkiye'de Tarım Alanlarının Değişimi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 187-200.
- Beaubien, E. G., & Freeland, H. J. (2000). Spring phenology trends in Alberta, Canada: links to ocean temperature. *International Journal of Biometeorology*, 44, 53-59.
- Benali, A., Carvalho, A. C., Nunes, J. P., Carvalhais, N., & Santos, A. (2012). Estimating air surface temperature in Portugal using MODIS LST data. *Remote Sensing of Environment*, 124, 108-121.
- Bershanskii, A. (2013). Nonlinear problems of complex natural systems: Sun and climate dynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 371(1982), 20120168.
- Best, M. J. (2006). Progress towards better weather forecasts for city dwellers: from short range to climate change. *Theoretical and Applied Climatology*, 84, 47-55.
- Blümel, K., & Chmielewski, F. M. (2012). Shortcomings of classical phenological forcing models and a way to overcome them. *Agricultural and Forest Meteorology*, 164, 10-19.
- Bolle, H. J. (2003). Climate, climate variability, and impacts in the Mediterranean area: an overview. *Mediterranean climate: variability and trends*, 5-86.
- Bonan, G. (2008). Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*.
- Borchert, R., & Rivera, G. (2001). Photoperiodic control of seasonal development and dormancy in tropical stem-succulent trees. *Tree Physiology*, 21(4), 213-221.
- Bornstein, R. D. (1968). Observations of the urban heat island effect in New York City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 7(4), 575-582.
- Botkin, D. B., Saxe, H., Araújo, M. B., Betts, R., Bradshaw, R. H., Cedhagen, T., ... & Stockwell, D. R. (2007). Forecasting the effects of global warming on biodiversity. *Bioscience*, 57(3), 227-236.

- Boucher, D., Gauthier, S., Thiffault, N., Marchand, W., Girardin, M., & Urli, M. (2020). How climate change might affect tree regeneration following fire at northern latitudes: a review. *New Forests*, 51(4), 543-571.
- Bozdogan Sert, E., Kaya, E., Adiguzel, F., Cetin, M., Gungor, S., Zeren Cetin, I., & Dinc, Y. (2021). Effect of the surface temperature of surface materials on thermal comfort: a case study of Iskenderun (Hatay, Turkey). *Theoretical and Applied Climatology*, 144(1-2), 103-113.
- Bradley, N. L., Leopold, A. C., Ross, J., & Huffaker, W. (1999). Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(17), 9701-9704.
- Breuste, J., Qureshi, S., & Li, J. (2013). Applied urban ecology for sustainable urban environment. *Urban Ecosystems*, 16, 675-680.
- Broecker, W. S. (1975). Climatic change: are we on the brink of a pronounced global warming?. *Science*, 189(4201), 460-463.
- Broich, M., Hansen, M. C., Potapov, P., Adusei, B., Lindquist, E., & Stehman, S. V. (2011). Time-series analysis of multi-resolution optical imagery for quantifying forest cover loss in Sumatra and Kalimantan, Indonesia. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(2), 277-291.
- Broich, M., Huete, A., Paget, M., Ma, X., Tulbure, M., Coupe, N. R., ... & Held, A. (2015). A spatially explicit land surface phenology data product for science, monitoring and natural resources management applications. *Environmental Modelling & Software*, 64, 191-204.
- Brunsell, N. A., & Gillies, R. R. (2003). Length scale analysis of surface energy fluxes derived from remote sensing. *Journal of Hydrometeorology*, 4(6), 1212-1219.
- Bulut, B., & Yılmaz, M. T. (2016). Türkiye'deki 2007 ve 2013 Yılı Kuraklıklarının NOAA Hidrolojik Modeli ile İncelenmesi. *Teknik Dergi*, 27(4), 7619-7634.
- Bussieres, N., Louie, P. Y. T., & Hogg, W. (1990, February). Progress report on the implementation of an algorithm to estimate regional evapotranspiration using satellite data. *In Proceeding of the workshop on applications of remote sensing in hydrology*.
- Butler, D. M., & MacGregor, I. D. (2003). GLOBE: Science and education. *Journal of Geoscience Education*, 51(1), 9-20.
- Caffarra, A., Donnelly, A., & Chuine, I. (2011a). Modelling the timing of *Betula pubescens* budburst. II. Integrating complex effects of photoperiod into process-based models. *Climate research*, 46(2), 159-170.

- Caffarra, A., Donnelly, A., Chuine, I., & Jones, M. B. (2011b). Modelling the timing of *Betula pubescens* budburst. I. Temperature and photoperiod: a conceptual model. *Climate Research*, 46(2), 147-157.
- Camagni, R., Gibelli, M. C., & Rigamonti, P. (2002). Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion. *Ecological economics*, 40(2), 199-216.
- Caparros-Santiago, J. A., Rodriguez-Galiano, V., & Dash, J. (2021). Land surface phenology as indicator of global terrestrial ecosystem dynamics: A systematic review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 171, 330-347.
- Cayton, H. L., Haddad, N. M., Gross, K., Diamond, S. E., & Ries, L. (2015). Do growing degree days predict phenology across butterfly species?. *Ecology*, 96(6), 1473-1479.
- Chatfield, C. (1995). *Problem solving: a statistician's guide*. CRC Press.
- Childe, V. G. (1950). The urban revolution. *The town planning review*, 21(1), 3-17.
- Chithra, S. V., Nair, M. H., Amarnath, A., & Anjana, N. S. (2015). Impacts of impervious surfaces on the environment. *International Journal of Engineering Science Invention*, 4(5), 27-31.
- Choudhury, B. J., Schmugge, T. J., & Mo, T. (1982). A parameterization of effective soil temperature for microwave emission. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 87(C2), 1301-1304.
- Chuine, I., Cour, P., & Rousseau, D. D. (1998). Fitting models predicting dates of flowering of temperate- zone trees using simulated annealing. *Plant, Cell & Environment*, 21(5), 455-466.
- Chuine, I., Cour, P., & Rousseau, D. D. (1999). Selecting models to predict the timing of flowering of temperate trees: implications for tree phenology modelling. *Plant, Cell & Environment*, 22(1), 1-13.
- Chuine, I., de Cortazar-Atauri, I. G., Kramer, K., & Hänninen, H. (2013). Plant development models. *Phenology: an integrative environmental science*, 275-293.
- Chuine, I., Yiou, P., Viovy, N., Seguin, B., Daux, V., & Ladurie, E. L. R. (2004). Grape ripening as a past climate indicator. *Nature*, 432(7015), 289-290.
- Cleland, E. E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H. A., & Schwartz, M. D. (2007). Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in ecology & evolution*, 22(7), 357-365.

- Cody, M. L., & Mooney, H. A. (1978). Convergence versus nonconvergence in Mediterranean-climate ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 9(1), 265-321.
- Cosun, F., & Karabulut, M. (2009). Kahramanmaraş'ta ortalama, minimum ve maksimum sıcaklıkların trend analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (53), 41-50.
- Cui, Y. Y., & De Foy, B. (2012). Seasonal variations of the urban heat island at the surface and the near-surface and reductions due to urban vegetation in Mexico City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51(5), 855-868.
- Cutforth, H. W., & Shaykewich, C. F. (1989). Relationship of development rates of corn from planting to silking to air and soil temperature and to accumulated thermal units in a prairie environment. *Canadian Journal of Plant Science*, 69(1), 121-132.
- Czajkowski, K. P., Goward, S. N., Mulhern, T., Goetz, S. J., Walz, A., Shirey, D., ... & Dubayah, R. O. (2004). Estimating environmental variables using thermal remote sensing. In *Thermal remote sensing in land surface processes* (pp. 10-32). CRC Press.
- Çakır, G., Ün, C., Baskent, E. Z., Köse, S., Sivrikaya, F., & Keleş, S. (2008). Evaluating urbanization, fragmentation and land use/land cover change pattern in Istanbul city, Turkey from 1971 to 2002. *Land Degradation & Development*, 19(6), 663-675.
- Çelik, A. (2010). *Gediz Havzasında yağış ve sıcaklık trendleri ile akarsu akımları arasındaki ilişkilerin incelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çelik, M. A., & Karabulut, M. (2017). Uydu Tabanlı Kuraklık İndisi (SVI) Kullanılarak Yarı Kurak Akdeniz İkliminde (Kilis) Buğday Bitkisinin Kurak Koşullara Verdiği Tepkinin İncelenmesi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(1), 111-130.
- Çetinkaya, Ç. (2013). Eko-kentler: kent ve doğa ilişkisinde yeni bir sistem tasarımı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1), 12-16.
- Dallimer, M., Tang, Z., Gaston, K. J., & Davies, Z. G. (2016). The extent of shifts in vegetation phenology between rural and urban areas within a human- dominated region. *Ecology and Evolution*, 6(7), 1942-1953.
- Daly, C., Halbleib, M., Smith, J. I., Gibson, W. P., Doggett, M. K., Taylor, G. H., ... & Pasteris, P. P. (2008). Physiographically sensitive mapping of climatological temperature and precipitation across the conterminous United States.

- International Journal of Climatology: a Journal of the Royal Meteorological Society*, 28(15), 2031-2064.
- das Neves Almeida, T. A., Cruz, L., Barata, E., & García-Sánchez, I. M. (2017). Economic growth and environmental impacts: An analysis based on a composite index of environmental damage. *Ecological Indicators*, 76, 119-130.
- Davis, K. (1955). The origin and growth of urbanization in the world. *American Journal of Sociology*, 429-437.
- Dax, T. (1996). Defining rural areas—International comparisons and the OECD indicators1. *Rural Society*, 3-18.
- Day, T. (2006). Degree-Days: Theory and Application. (K. Butcher, Dü.) London, England: *The Chartered Institution of Building Services Engineers*.
- De Beurs, K. M., & Henebry, G. M. (2004). Land surface phenology, climatic variation, and institutional change: Analyzing agricultural land cover change in Kazakhstan. *Remote sensing of environment*, 89(4), 497-509.
- De Beurs, K. M., & Henebry, G. M. (2005). Land surface phenology and temperature variation in the International Geosphere–Biosphere Program high- latitude transects. *Global Change Biology*, 11(5), 779-790.
- De Beurs, K. M., & Henebry, G. M. (2010). Spatio-temporal statistical methods for modelling land surface phenology. *Phenological research: methods for environmental and climate change analysis*, 177-208.
- Deilami, K., Kamruzzaman, M., & Liu, Y. (2018). Urban heat island effect: A systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 67, 30-42.
- Demir, A. D., Demir, Y., Şahin, Ü., & Meral, R. (2017). Bingöl İlinde Sıcaklık Ve Yağışların Trend Analizi Ve Tarıma Etkisi. *Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(3), 284-291.
- Demir, İ., Kılıç, G., Coşkun, M., & Sümer, U. M. (2008). *Türkiye’de maksimum, minimum ve ortalama hava sıcaklıkları ile yağış dizilerinde gözlenen değişiklikler ve eğilimler*. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 69, 84.
- Demirci, A., & Karakuyu, M. (2002). *Küresel İklim Değişimi ve Türkiye’nin Fiziki ve Beşeri Coğrafyası Üzerindeki Olası Etkileri*. Klimatoloji Çalıştay (s. 235-245): Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.

- Deser, C., Alexander, M. A., Xie, S. P., & Phillips, A. S. (2010). Sea surface temperature variability: Patterns and mechanisms. *Annual review of marine science*, 2, 115-143.
- Diamond, H. J., Karl, T. R., Palecki, M. A., Baker, C. B., Bell, J. E., Leeper, R. D., ... & Thorne, P. W. (2013). US Climate Reference Network after one decade of operations: Status and assessment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(4), 485-498.
- Doğan, İ., & Karabulut, M. (2022). Türkiye’de Büyüme Derece Günlerinin Zamansal ve Mekânsal Trendinin İncelenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*(8 (1)), 122-133.
- Doğan, İ. Kaya, Ö., & Özcan. M. (2021). *Taymir Yarımadası’nın Modis Verilerine Göre 2002-2021 Yılları Arası Yüzey Sıcaklıkları Değişimlerinin Ve Belirsizliğinin Analizi*. International Congresses on Geographical Education (UCEK 2021), (s. 821-838).
- Dose, V., & Menzel, A. (2004). Bayesian analysis of climate change impacts in phenology. *Global Change Biology*, 10(2), 259-272.
- Dousset, B., Gourmelon, F., Laaidi, K., Zeghnoun, A., Giraudet, E., Bretin, P., ... & Vandenborren, S. (2011). Satellite monitoring of summer heat waves in the Paris metropolitan area. *International Journal of Climatology*, 31(2), 313-323.
- Dubé, P. A., Perry, L. P., & Vittum, M. T. (1984). Instructions for phenological observations: Lilac and honeysuckle, *Vermont Agricultural Experiment Station Bulletin* 692.
- Dunn, P. O., Winkler, D. W., Møller, A. P., Fiedler, W., & Berthold, P. (2010). Effects of climate change on timing of breeding and reproductive success in birds. *Effects of climate change on birds*, 11, 17.
- Edizer, Y., & Bekar, T. (2007). Tokat merkez ilçede yetiştirilen bazı yerel elma (*Malus communis* L.) çeşitlerinin fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2007(1), 1-8.
- Efe, R., Soykan, A., Sönmez, S., & Cürebal, İ. (2009). Sıcaklık şartlarının Türkiye’de zeytinin (*Olea europea* L. subs. *europaea*) yetişmesine, fenolojik ve pomolojik özelliklerine etkisi. *Ekoloji*, 17-26.
- Ehrlich, D., Estes, J. E., & Singh, A. (1994). Applications of NOAA-AVHRR 1 km data for environmental monitoring. *Remote Sensing*, 15(1), 145-161.
- Eleftheriou, D., Kiachidis, K., Kalmintzis, G., Kalea, A., Bantasis, C., Koumadoraki, P., ... & Gemitzi, A. (2018). Determination of annual and seasonal daytime and

- nighttime trends of MODIS LST over Greece-climate change implications. *Science of the Total Environment*, 616, 937-947.
- EPA. (2014). Climate Change Indicators in the United States,. third ed EPA 430-R-14-004: *US Environmental Protection Agency*.
- Erlat, E. (2013). *İklim Sistemi ve İklim Değişimleri (4 b.)*.Ege Üniversitesi Basımevi.
- Fabrizi, R., Bonafoni, S., & Biondi, R. (2010). Satellite and ground-based sensors for the urban heat island analysis in the city of Rome. *Remote sensing*, 2(5), 1400-1415.
- Falvey, M., & Garreaud, R. D. (2009). Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the southeast Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979–2006). *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D4).
- FAO. (2015). Global Forest Resources Assessment 2015. *Rome: UN Food and Agriculture Organization*.
- Fatima, Z., Ahmed, M., Hussain, M., Abbas, G., Ul-Allah, S., Ahmad, S., ... & Hussain, S. (2020). The fingerprints of climate warming on cereal crops phenology and adaptation options. *Scientific Reports*, 10(1), 1-21.
- Fenner, M. (1998). The phenology of growth and reproduction in plants. Perspectives in *Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 78-91.
- Forman, R. (2008). *Urban regions: ecology and planning beyond the city*: Cambridge university press.
- Forman, R. T., & de Valicourt, C. S. (2004). *Mosaico territorial para la región metropolitana de Barcelona*. Editorial Gustavo Gili.
- Frey, C. M., & Kuenzer, C. (2015). Analysing a 13 years MODIS land surface temperature time series in the Mekong Basin. *Remote sensing time series: Revealing land surface dynamics*, 119-140.
- Friedl, M. H. (2006). Land Surface Phenology. *A Community White Paper requested by NASA*.
- Fu, G., Shen, Z., Zhang, X., Shi, P., Zhang, Y., & Wu, J. (2011). Estimating air temperature of an alpine meadow on the Northern Tibetan Plateau using MODIS land surface temperature. *Acta Ecologica Sinica*, 31(1), 8-13.
- Fu, P., & Weng, Q. (2016). A time series analysis of urbanization induced land use and land cover change and its impact on land surface temperature with Landsat imagery. *Remote sensing of Environment*, 175, 205-214.

- Fu, Y. H., Campioli, M., Demarée, G., Deckmyn, A., Hamdi, R., Janssens, I. A., & Deckmyn, G. (2012). Bayesian calibration of the Unified budburst model in six temperate tree species. *International journal of biometeorology*, 56, 153-164.
- Gačić, M., Marullo, S., Santoleri, R., & Bergamasco, A. (1997). Analysis of the seasonal and interannual variability of the sea surface temperature field in the Adriatic Sea from AVHRR data (1984–1992). *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 102(C10), 22937-22946.
- Ganguly, S., Friedl, M. A., Tan, B., Zhang, X., & Verma, M. (2010). Land surface phenology from MODIS: Characterization of the Collection 5 global land cover dynamics product. *Remote sensing of environment*, 114(8), 1805-1816.
- Gao, S., Liang, E., Liu, R., Babst, F., Camarero, J. J., Fu, Y. H., ... & Peñuelas, J. (2022). An earlier start of the thermal growing season enhances tree growth in cold humid areas but not in dry areas. *Nature ecology & evolution*, 6(4), 397-404.
- Gates, D. (1965). Energy, plants, and ecology. *Ecology*, 1-13.
- Gazal, R., White, M. A., Gillies, R., Rodemaker, E. L. I., Sparrow, E., & Gordon, L. (2008). GLOBE students, teachers, and scientists demonstrate variable differences between urban and rural leaf phenology. *Global Change Biology*, 14(7), 1568-1580.
- Geçen, R., & Topuz, M. Hatay'da 2013-2021 Yılları Arasında Meydana Gelen Orman Yangınlarının Uydu Görüntülerinden Tespiti ve Değerlendirilmesi. *Turkish Studies*, 1987-2009.
- Geiger, R., Aron, R. H., & Todhunter, P. (2009). *The climate near the ground*. Rowman & Littlefield.
- Gill, A. L., Gallinat, A. S., Sanders-DeMott, R., Rigden, A. J., Short Gianotti, D. J., Mantooth, J. A., & Templer, P. H. (2015). Changes in autumn senescence in northern hemisphere deciduous trees: a meta-analysis of autumn phenology studies. *Annals of botany*, 116(6), 875-888.
- Gluch, R. M., & Ridd, M. K. (2010). The VIS model: quantifying the urban environment. *Remote sensing of urban and suburban areas*, 85-116.
- Good, E. J. (2016). An in situ- based analysis of the relationship between land surface “skin” and screen- level air temperatures. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121(15), 8801-8819.
- Goubanova, K., & Li, L. (2007). Extremes in temperature and precipitation around the Mediterranean basin in an ensemble of future climate scenario simulations. *Global and Planetary Change*, 57(1-2), 27-42.

- Goward, S. N., Cruickshanks, G. D., & Hope, A. S. (1985). Observed relation between thermal emission and reflected spectral radiance of a complex vegetated landscape. *Remote sensing of Environment*, 18(2), 137-146.
- Goward, S. N., Tucker, C. J., & Dye, D. G. (1985). North American vegetation patterns observed with the NOAA-7 advanced very high resolution radiometer. *Vegetatio*, 64(1), 3-14.
- Göksu, G., Karabulut, M., & Karakoç, A. (2015). *Türkiye'de bitki örtüsünün spot vegetation verileri ile incelenmesi*. Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi, 21(23), 55-65.
- Grumbine, R. E., & Pandit, M. K. (2013). Threats from India's Himalaya dams. *Science*, 339(6115), 36-37.
- Gulev, S. K. (2021). *Changing state of the climate system. P. Z. In V. Masson- Delmotte içinde, Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change* (s. 1-136). Cambridge University Press.
- Güneş, Y., Reif, A., & Huss, J. (2016). Türkiye Orta Toroslar bölgesinde peyzaj ve arazi kullanımı değişikliği. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(1), 184-197.
- Güre, M., Özel, M. E., & Özcan, H. (2009). Corine arazi kullanımı sınıflandırma sistemine göre Çanakkale ili. *HR.Ü.Z.F.Dergisi*, 37-48.
- Habitat, U. N. (2013). *State of the world's cities 2012/2013: Prosperity of cities*. Routledge: United Nations Human Settlements Programme.
- Hain, C. R., Crow, W. T., Mecikalski, J. R., Anderson, M. C., & Holmes, T. (2011). An intercomparison of available soil moisture estimates from thermal infrared and passive microwave remote sensing and land surface modeling. *Journal of geophysical research: atmospheres*, 116(D15).
- Hakkinen, R. (1999). Statistical evaluation of bud development theories: application to bud burst of *Betula pendula* leaves. *Tree Physiol*, 613-618.
- Hall, S. A., Kaufman, J. S., & Ricketts, T. C. (2006). Defining urban and rural areas in US epidemiologic studies. *Journal of urban health*, 83, 162-175.
- Hamed, K. H. (2009). Exact distribution of the Mann-Kendall trend test statistic for persistent data. *Journal of hydrology*, 365(1-2), 86-94.
- Hanninen, H. (1990). Modelling bud dormancy release in trees from cool and temperate regions. *Acta For Fenn*.

- Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M., & Lo, K. (2010). Global surface temperature change. *Reviews of Geophysics*, 48(4).
- Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D. W., & Medina-Elizade, M. (2006). Global temperature change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(39), 14288-14293.
- Hayhoe, H. N., & Dwyer, L. M. (1990). Relationship between percentage emergence and growing degree days for corn. *Canadian journal of soil science*, 70(3), 493-497.
- Hayhoe, K., Sheridan, S., Kalkstein, L., & Greene, S. (2010). Climate change, heat waves, and mortality projections for Chicago. *Journal of Great Lakes Research*, 36, 65-73.
- Heck, E., de Beurs, K. M., Owsley, B. C., & Henebry, G. M. (2019). Evaluation of the MODIS collections 5 and 6 for change analysis of vegetation and land surface temperature dynamics in North and South America. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 156, 121-134.
- Hellmann, J. J. (2002). The effect of an environmental change on mobile butterfly larvae and the nutritional quality of their hosts. *Journal of Animal Ecology*, 71(6), 925-936.
- Helman, D. (2018). Land surface phenology: What do we really ‘see’ from space?. *Science of the Total Environment*, 665-673.
- Henebry, G., De Beurs, K., & Gitelson, A. (2005). Land surface phenologies in uzbekistand and Turkmenistan between 1982 and 1999. *Аридные экосистемы*, 11(26-27), 25-32.
- Henebry, G. M., & de Beurs, K. M. (2013). Remote sensing of land surface phenology: A prospectus. *Phenology: An integrative environmental science*, 385-411.
- Herb, W. R., Janke, B., Mohseni, O., & Stefan, H. G. (2008). Ground surface temperature simulation for different land covers. *Journal of Hydrology*, 356(3-4), 327-343.
- Hodgson, J. A., Thomas, C. D., Oliver, T. H., Anderson, B. J., Brereton, T. M., & Crone, E. E. (2011). Predicting insect phenology across space and time. *Global Change Biology*, 17(3), 1289-1300.
- Hoffmann, W. A., & Jackson, R. B. (2000). Vegetation–climate feedbacks in the conversion of tropical savanna to grassland. *Journal of climate*, 13(9), 1593-1602.

- Hofstra, N., Haylock, M., New, M., Jones, P., & Frei, C. (2008). Comparison of six methods for the interpolation of daily, *European climate data*. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D21).
- Houghton, J. T. (2001). *Climate change 2001: the scientific basis. Contributions of Working Group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*: Cambridge University Press.
- Hu, L., & Brunsell, N. A. (2013). The impact of temporal aggregation of land surface temperature data for surface urban heat island (SUHI) monitoring. *Remote Sensing of Environment*, 134, 162-174.
- Hulley, G. C., Hughes, C. G., & Hook, S. J. (2012). Quantifying uncertainties in land surface temperature and emissivity retrievals from ASTER and MODIS thermal infrared data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117(D23).
- Hulley, G. C., Ghent, D., Göttsche, F. M., Guillevic, P. C., Mildrexler, D. J., & Coll, C. (2019). Land surface temperature. *In Taking the Temperature of the Earth* (pp. 57-127). Elsevier.
- Imhoff, M. L., Zhang, P., Wolfe, R. E., & Bounoua, L. (2010). Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. *Remote sensing of environment*, 114(3), 504-513.
- Ingram, W. J., Wilson, C. A., & Mitchell, J. F. B. (1989). Modeling climate change: An assessment of sea ice and surface albedo feedbacks. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 94(D6), 8609-8622.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007; Synthesis report, contribution of Working Groups I, II and III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. IPCC.
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013 The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 1-1552.
- Irmak, S., Odhiambo, L. O., Specht, J. E., & Djaman, K. (2013). Hourly and daily single and basal evapotranspiration crop coefficients as a function of growing degree days, days after emergence, leaf area index, fractional green canopy cover, and plant phenology for soybean. *Transactions of the ASABE*, 56(5), 1785-1803.
- Işık, C. (2021). *Uzaktan Algılama ve CBS ile Kentsel Isı Adası Etkilerinin Araştırılması ve Sonuçların Planlama Yaklaşımında Değerlendirilmesi*. In International Geoinformatics Student Symposium (IGSS), 4-7.

- Işık, Ş. (2005). Türkiye’de Kentleşme ve Kentleşme Modelleri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 57-71.
- Jafari, R., Ansari, M., & Tarkesh, M. (2022). Mapping phenological stages of two rangeland species using MODIS growing degree days in Chaharmahal and Bakhtiari Province. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*.
- Jeanneret, F., & Rutishauser, T. (2010). Phenology for topoclimatological surveys and large-scale mapping. *Phenological research: methods for environmental and climate change analysis*, 159-175.
- Jiménez- Muñoz, J. C., & Sobrino, J. A. (2003). A generalized single- channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *Journal of geophysical research: atmospheres*, 108(D22).
- Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., Skoković, D., Mattar, C., & Cristobal, J. (2014). Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data. *IEEE Geoscience and remote sensing letters*, 11(10), 1840-1843.
- Jin, M., & Dickinson, R. E. (2010). Land surface skin temperature climatology: Benefitting from the strengths of satellite observations. *Environmental research letters*, 5(4), 044004.
- Jochner, S., & Menzel, A. (2015). Urban phenological studies–Past, present, future. *Environmental Pollution*, 203, 250-261.
- Joffre, R., Rambal, S., & Ratte, J. P. (1999). The dehesa system of southern Spain and Portugal as a natural ecosystem mimic. *Agroforestry systems*, 45, 57-79.
- Joffre, R., R. S. (2002). Mediterranean ecosystems. W. Chichester. içinde, In: *Encyclopedia of life sciences*. Macmillan Publishers Ltd: Nature Publishing Group.
- Julien, Y., & Sobrino, J. A. (2009). Global land surface phenology trends from GIMMS database. *International Journal of Remote Sensing*, 30(13), 3495-3513.
- Justice, C. O., Townshend, J. R. G., Holben, B. N., & Tucker, E. C. (1985). Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 6(8), 1271-1318.
- Justice, C. O., Holben, B. N., & Gwynne, M. D. (1986). Monitoring East African vegetation using AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 7(11), 1453-1474.
- Justice, C. O., Townshend, J. R. G., Vermote, E. F., Masuoka, E., Wolfe, R. E., Saleous, N., ... & Morisette, J. T. (2002). An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote sensing of Environment*, 83(1-2), 3-15.

- Kadioğlu, M. &. (2009). *Küresel İklim Değişimi ve Türkiye*. Güncel Yayıncılık AŞ.
- Kadioğlu, M., & Şaylan, L. (2000). Trends of Growing Degree-Days in Turkey. *Water, Air and Soil Pollution*, 83-96.
- Kalaycı, S., & Kahya, E. (1998). Susurluk havzası nehirlerinde su kalitesi trendlerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science*, 22, 503-514.
- Kaleci, N., & Günay, S. (2006). Çanakkale Koşullarında Yetiştirilen Bazı Çilek Çeşitlerinin Fenolojik, Pomolojik Ve Verim Özelliklerinin Belirlenmesi. *Bahçe*, 35(1), 47-54.
- Kalma, J. D., McVicar, T. R., & McCabe, M. F. (2008). Estimating land surface evaporation: A review of methods using remotely sensed surface temperature data. *Surveys in Geophysics*, 29, 421-469.
- Karabulut, M. (2003). An examination of relationships between vegetation and rainfall using maximum value composite AVHRR-NDVI data. *Turkish Journal of Botany*, 93-101.
- Karabulut, M. (2006). NOAA AVHRR Verilerini Kullanarak Türkiye’de Bitki Örtüsünün İzlenmesi ve İncelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 29-42.
- Karabulut, M. (2008). *An Examination Of Relationships Between Vegetation And Climate Conditions Using Spot-Vegetation Data*. 5th International Conference on Geographic Information Systems (ICGIS-2008)
- Karabulut, M. (2008). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. Ö. Çınar içinde, *Çevre Kirliliği ve Kontrolü* (s. 165-193): Nobel Yayınevi.
- Karabulut, M. (2012). Doğu Akdeniz’de Ekstrem Maksimum ve Minimum Sıcaklıkların Trend Analizi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi (Özel Sayı)*, 37-44.
- Karabulut, M. (2014a). Uzaktan Algılama Teknikleri. Y. Arı, & İ. Kaya içinde, *Coğrafya Araştırma Yöntemleri* (s. 405-420): Coğrafyacılar Derneği.
- Karabulut, M. (2014b). Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Coğrafi Araştırmalarda Kullanımı. Arı.Y & Kaya, İ. içinde, *Coğrafya Araştırma Yöntemleri* (s. 435-450): Coğrafyacılar Derneği.
- Karabulut, M. (2018). An examination of spectral reflectance properties of some wetland plants in Göksu Delta, Turkey. *Journal of International Environmental Application and Science*, 194-203.
- Karabulut, M., Küçükönder, M., & Topuz, M. (2013). *Farklı Uzaktan Algılama Yöntemleri Kullanarak Gâvur Gölü’nde (Kahramanmaraş) Yüzey*

- Değişimlerinin Belirlenmesi*.(s. 442-449). İstanbul: Türkiye Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi Bildiriler Kitabı.
- Karabulut, M., & Cosun, F. (2009). Kahramanmaraş İlinde Yağışların Trend Analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 65-83.
- Karabulut, M., Küçükönder, M., Gürbüz, M., & Sandal, E. (2006). *Kahramanmaraş Şehri ve Çevresinin Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama ve Cbs Kullanılarak İncelenmesi*. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilisim Günleri (s. 2-8): Fatih Üniversitesi.
- Karakoç, A., & Karabulut, M. (2019). Ratio-based vegetation indices for biomass estimation depending on grassland characteristics. *Turkish Journal of Botany*, 43(5), 619-633.
- Karakoç, A., & Karabulut, M. (2021). Hiperspektral Vejetasyon İndeksleri Kullanarak Otlaklarda Kanopi Düzeyinde Klorofil İçeriğinin Tahmin Edilmesi. *Coğrafya Dergisi*, (43), 77-91.
- Karakoç, A. (2019). *Otlaklardaki Biyofiziksel Ve Biyokimyasal Özelliklerin Hiperspektral Uzaktan Algılama Verileri İle İncelenmesi*. KSU- sosyal Bilimler Enstitüsü (s. 1-154). Yayınlanmamış Doktora Tezi.
- Karakoç, A., & Karabulut, M. (2020). Otlakların İzlenmesinde Hiperspektral Uzaktan Algılama: Değişen Bilgi Boyutları, Ölçme Yöntemleri ve Ölçülen Temel Parametreler. F. Akbaş, & E. Atış içinde, *21. Yüzyılda Türkiye Coğrafyası Araştırmaları* (s. 25-42): Gazi Kitabevi.
- Kasampalis, D. A., Alexandridis, T. K., Deva, C., Challinor, A., Moshou, D., & Zalidis, G. (2018). Contribution of remote sensing on crop models: a review. *Journal of Imaging*, 4(4), 52.
- Kepenek, Y. (2016). *Türkiye Ekonomisi*. Remzi Kitabevi.
- Kerr, Y. H., Lagouarde, J. P., Nerry, F., & Ottlé, C. (2004). Land surface temperature retrieval techniques and applications: Case of the AVHRR. *In Thermal remote sensing in land surface processes* (pp. 33-109). CRC Press.
- Khanduri, V. P., Sharma, C. M., & Singh, S. P. (2008). The effects of climate change on plant phenology. *The Environmentalist*, 28, 143-147.
- Kilic, S., Evrendilek, F., Berberoglu, S. Ü. H. A., & Demirkesen, A. C. (2006). Environmental monitoring of land-use and land-cover changes in a Mediterranean region of Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 114, 157-168.
- King, M. D. (1999). *EOS science plan: the state of science in the EOS program*.

- Kiran, B. O., & Chimmad, V. P. (2018). Climatic impact on phenology, growing degree days and seed yield in chickpea cultivars. *Environment and Ecology*, 36(1), 38-42.
- Kızılelma, Y. (2021). *Farklı Metotlar Kullanılarak Türkiye İklim Bölgelerinin Belirlenmesi*. KSU-Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, (s. 1-170).
- Kızılelma, Y., Çelik, M., & Karabulut, M. (2015a). İç Anadolu Bölgesinde sıcaklık ve yağışların trend analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (64), 1-10.
- Kızılelma, Y., Karabulut, M., Gürbüz, M., Topuz, M., & Ceylan, E. (2013). Niğde şehri ve yakın çevresinin zamansal değişiminin uzaktan algılama ve CBS kullanılarak incelenmesi. *Zeitschrift für die Welt der Türken-Journal of World of Turks*, 5(3), 21-34.
- Kızılelma, Y., Karabulut, M., & Çetinkaya, S. (2015b). *Antakya-Kahramanmaraş Grabeninde Tropik ve Yazıgünü Sayılarındaki Değişim ve Eğilimler*. Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi Bildiriler Kitabı (s. 175-183): Coğrafyacılar Derneği.
- Koçman, A. (1993). *Türkiye iklimi*: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Kogan, F. N. (1997). Global drought watch from space. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(4), 621-636.
- Kogan, F. N. (2001). Operational space technology for global vegetation assessment. *Bulletin of the American meteorological society*, 82(9), 1949-1964.
- Körner, C., & Basler, D. (2010). Phenology under global warming. *Science*, 327(5972), 1461-1462.
- Körner, C. (2008). Significance of temperature in plant life. J. I. Morison içinde, *Plant growth and climate change* (s. 49-66). Blackwell Publishing.
- Körner, C. (2021). *Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems*: Springer Nature.
- Kramer, K. (1994). Selecting a model to predict the onset of growth of *Fagus sylvatica*. *Journal of Applied ecology*, 172-181.
- Krehbiel, C., & Henebry, G. M. (2016). A comparison of multiple datasets for monitoring thermal time in urban areas over the US Upper Midwest. *Remote Sensing*, 8(4), 297.
- Krehbiel, C. (2015). *Impacts of urban areas on vegetation development along rural-urban gradients in the upper midwest: 2003-2012*. South Dakota State University, Unpublished PhD Thesis, 1-106

- Krehbiel, C. P., Jackson, T., & Henebry, G. M. (2015). Web-enabled Landsat data time series for monitoring urban heat island impacts on land surface phenology. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 9(5), 2043-2050.
- Krehbiel, C., Zhang, X., & Henebry, G. M. (2017). Impacts of thermal time on land surface phenology in urban areas. *Remote Sensing*, 9(5), 499.
- Kudo, G., & Ida, T. Y. (2013). Early onset of spring increases the phenological mismatch between plants and pollinators. *Ecology*, 94(10), 2311-2320.
- Kuemmerle, T., Chaskovskyy, O., Knorn, J., Radeloff, V. C., Kruhlov, I., Keeton, W. S., & Hostert, P. (2009). Forest cover change and illegal logging in the Ukrainian Carpathians in the transition period from 1988 to 2007. *Remote Sensing of Environment*, 113(6), 1194-1207.
- Kuenzer, C., Dech, S., & Wagner, W. (2015). *Remote sensing time series revealing land surface dynamics: Status quo and the pathway ahead*. Springer International Publishing.
- Kumagai, T. O., Katul, G. G., Porporato, A., Saitoh, T. M., Ohashi, M., Ichie, T., & Suzuki, M. (2004). Carbon and water cycling in a Bornean tropical rainforest under current and future climate scenarios. *Advances in Water Resources*, 27(12), 1135-1150.
- Küçükönder, M., Karabulut, M., & Çelik, M. A. (2014). *Afşin-Elbistan termik santral çevresinde yer yüzeyi sıcaklıklarının değişimi*. Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi Bildiriler Kitabı, 445-452.
- Lai, F. (2020). L'Antropocene e il problema dei mutamenti socio-ambientali nelle scienze sociali contemporanee. *Palaver*, 5-34.
- Lambin, E. F., & Ehrlich, D. (1996). The surface temperature-vegetation index space for land cover and land-cover change analysis. *International journal of remote sensing*, 17(3), 463-487.
- Lauwaet, D., De Ridder, K., Saeed, S., Brisson, E., Chatterjee, F., Van Lipzig, N. P. M., ... & Hooyberghs, H. (2016). Assessing the current and future urban heat island of Brussels. *Urban Climate*, 15, 1-15.
- Leinenkugel, P., Wolters, M. L., Oppelt, N., & Kuenzer, C. (2015). Tree cover and forest cover dynamics in the Mekong Basin from 2001 to 2011. *Remote Sensing of Environment*, 158, 376-392.
- Leith, H. (1974). Phenology and Seasonality Modeling. *Ecological Studies. Analysis and synthesis*. Verlag: Springer.

- Lenart, M. (2006). El Niño: a wild card for climate change impacts. *Southwest Climate Outlook*, 1-3.
- Li, D., Stucky, B. J., Deck, J., Baiser, B., & Guralnick, R. P. (2019). The effect of urbanization on plant phenology depends on regional temperature. *Nature Ecology & Evolution*, 3(12), 1661-1667.
- Li, F., Jackson, T. J., Kustas, W. P., Schmugge, T. J., French, A. N., Cosh, M. H., & Bindlish, R. (2004). Deriving land surface temperature from Landsat 5 and 7 during SMEX02/SMACEX. *Remote sensing of environment*, 92(4), 521-534.
- Li, Y., Zhao, M., Motesharrei, S., Mu, Q., Kalnay, E., & Li, S. (2015). Local cooling and warming effects of forests based on satellite observations. *Nature communications*, 6(1), 6603.
- Li, Z. L., Tang, B. H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., ... & Sobrino, J. A. (2013). Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote sensing of environment*, 131, 14-37.
- Light, A., Powell, A., & Shklovski, I. (2017, June). Design for existential crisis in the anthropocene age. In *Proceedings of the 8th International Conference on Communities and Technologies* (pp. 270-279).
- Liu, J., Hagan, D. F. T., & Liu, Y. (2020). Global land surface temperature change (2003–2017) and its relationship with climate drivers: AIRS, MODIS, and ERA5-land based analysis. *Remote Sensing*, 13(1), 44.
- Liu, X., Tang, B. H., Yan, G., Li, Z. L., & Liang, S. (2019). Retrieval of global orbit drift corrected land surface temperature from long-term AVHRR data. *Remote Sensing*, 11(23), 2843.
- Liu, X., Zhu, X., Pan, Y., Li, S., Liu, Y., & Ma, Y. (2016). Agricultural drought monitoring: Progress, challenges, and prospects. *Journal of Geographical Sciences*, 26, 750-767.
- Liu, Y., Hiyama, T., & Yamaguchi, Y. (2006). Scaling of land surface temperature using satellite data: A case examination on ASTER and MODIS products over a heterogeneous terrain area. *Remote Sensing of Environment*, 105(2), 115-128.
- Lloyd, D. (1990). A phenological classification of terrestrial vegetation cover using shortwave vegetation index imagery. *REMOTE SENSING*, 11(12), 2269-2279.
- Loveland, T. R., Merchant, J. W., Brown, J. F., Ohlen, D. O., Reed, B. C., Olson, P., & Hutchinson, J. (1995). Seasonal land- cover regions of the United States. *Annals of the Association of American Geographers*, 85(2), 339-355.

- Lu, D., & Weng, Q. (2006). Spectral mixture analysis of ASTER images for examining the relationship between urban thermal features and biophysical descriptors in Indianapolis, Indiana, USA. *Remote Sensing of Environment*, 104(2), 157-167.
- Luintel, N., Ma, W., Ma, Y., Wang, B., & Subba, S. (2019). Spatial and temporal variation of daytime and nighttime MODIS land surface temperature across Nepal. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, 12(5), 305-312.
- Luvall, J. C., Quattrochi, D. A., Rickman, D. L., & Estes Jr, M. G. (2015). Urban heat islands. *Encyclopedia of atmospheric sciences*, 1, 310-318.
- Macana, E. (2014). *Büyük menderes havzasında ortalama, maksimum ve minimum sıcaklıklarda 1970 sonrasında gözlenen eğilimler*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi: Adnan Menderes Üniversitesi.
- Majumdar, T. J., Pal, S. K., & Bhattacharya, A. K. (2012). Generation of emissivity and land surface temperature maps using MODIS TIR data for lithological mapping over the Singhbhum-Orissa Craton. *Journal of the Geological Society of India*, 80, 685-699.
- Mallick, J., Kant, Y., & Bharath, B. D. (2008). Estimation of land surface temperature over Delhi using Landsat-7 ETM+. *J. Ind. Geophys. Union*, 12(3), 131-140.
- Marland, G., Pielke Sr, R. A., Apps, M., Avissar, R., Betts, R. A., Davis, K. J., ... & Xue, Y. (2003). The climatic impacts of land surface change and carbon management, and the implications for climate-change mitigation policy. *Climate policy*, 3(2), 149-157.
- Marzban, F., Sodoudi, S., & Preusker, R. (2018). The influence of land-cover type on the relationship between NDVI–LST and LST–T air. *International Journal of Remote Sensing*, 39(5), 1377-1398.
- Matthysen, E., Adriaensen, F., & Dhondt, A. A. (2011). Multiple responses to increasing spring temperatures in the breeding cycle of blue and great tits (*Cyanistes caeruleus*, *Parus major*). *Global Change Biology*, 17(1), 1-16.
- McMaster, G. S., & Wilhelm, W. W. (1997). Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agricultural and forest meteorology*, 87(4), 291-300.
- Meehl, G. A., & Tebaldi, C. (2004). More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science*, 305(5686), 994-997.
- Melaas, E. K., Friedl, M. A., & Zhu, Z. (2013). Detecting interannual variation in deciduous broadleaf forest phenology using Landsat TM/ETM+ data. *Remote Sensing of Environment*, 132, 176-185.

- Menzel, A. (2001). Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. *Int. J. Biometeorol.*, 76-81.
- Menzel, A., Sparks, T. H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., ... & Züst, A. N. A. (2006). European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global change biology*, 12(10), 1969-1976.
- Merilä, J., Kruuk, L. E. B., & Sheldon, B. C. (2001). Cryptic evolution in a wild bird population. *Nature*, 412(6842), 76-79.
- Meyer, W. B., & Turner, B. L. (1992). Human population growth and global land-use/cover change. *Annual review of ecology and systematics*, 23(1), 39-61.
- MGM. (2008). *Türkiye İklim Atlası: Meteoroloji Genel Müdürlüğü*.
- MGM. (2013). *Yeni Senaryolar ile Türkiye için İklim Değişikliği Projeksiyonları: Meteoroloji Genel Müdürlüğü*.
- Mildrexler, D. J., Zhao, M., Heinsch, F. A., & Running, S. W. (2007). A new satellite-based methodology for continental- scale disturbance detection. *Ecological Applications*, 17(1), 235-250.
- Mildrexler, D. J., Zhao, M., & Running, S. W. (2009). Testing a MODIS global disturbance index across North America. *Remote Sensing of Environment*, 113(10), 2103-2117.
- Mildrexler, D. J., Zhao, M., & Running, S. W. (2011). A global comparison between station air temperatures and MODIS land surface temperatures reveals the cooling role of forests. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 116(G3).
- Miller, P. L. (2001). Using Growing Degree Days to Predict Plant Stages. *Montana: Ag/Extension Communications Coordinator, Communications Services, Montana State University-*.
- Miller- Rushing, A. J., Katsuki, T., Primack, R. B., Ishii, Y., Lee, S. D., & Higuchi, H. (2007). Impact of global warming on a group of related species and their hybrids: cherry tree (Rosaceae) flowering at Mt. Takao, Japan. *American Journal of Botany*, 94(9), 1470-1478.
- Ming, T., Liu, W., & Caillol, S. (2014). Fighting global warming by climate engineering: Is the Earth radiation management and the solar radiation management any option for fighting climate change?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 792-834.
- Misra, G., Cawkwell, F., & Wingler, A. (2020). Status of phenological research using Sentinel-2 data: A review. *Remote Sensing*, 12(17), 2760.

- Mohamed, A. A., Odindi, J., & Mutanga, O. (2017). Land surface temperature and emissivity estimation for Urban Heat Island assessment using medium-and low-resolution space-borne sensors: A review. *Geocarto international*, 32(4), 455-470.
- Møller, A. P., Rubolini, D., & Lehikoinen, E. (2008). Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(42), 16195-16200.
- Monteith, J. L. (1981). Evaporation and surface temperature. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 107(451), 1-27.
- Moradzadeh, M., Momeni, M., & Saradjian, M. R. (2014). Estimation and validation of atmospheric water vapor content using a MODIS NIR band ratio technique based on AIRS water vapor products. *Arabian Journal of Geosciences*, 7, 1891-1897.
- Morin, C. W., Monaghan, A. J., Hayden, M. H., Barrera, R., & Ernst, K. (2015). Meteorologically driven simulations of dengue epidemics in San Juan, PR. *PLoS neglected tropical diseases*, 9(8), e0004002.
- Morisette, J. T., Richardson, A. D., Knapp, A. K., Fisher, J. I., Graham, E. A., Abatzoglou, J., ... & Liang, L. (2009). Tracking the rhythm of the seasons in the face of global change: phenological research in the 21st century. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(5), 253-260.
- Morren, C. (1849). Principes d'horticulture. Des phénomènes periodiques de la végétation. *Les Annales de la Société royale d'agriculture et de botanique de Gand*, 441-450.
- Moser, L., Fonti, P., Büntgen, U., Esper, J., Luterbacher, J., Franzen, J., & Frank, D. (2010). Timing and duration of European larch growing season along altitudinal gradients in the Swiss Alps. *Tree physiology*, 30(2), 225-233.
- Moulin, S., Kergoat, L., Viovy, N., & Dedieu, G. (1997). Global-scale assessment of vegetation phenology using NOAA/AVHRR satellite measurements. *Journal of Climate*, 10(6), 1154-1170.
- Murray, M. S. (2008). Using Degree Days to Time Treatments for Insect Pests. *Utah Pests Fact Sheet*, 1-5.
- Nasahara, K. N., & Nagai, S. (2015). Development of an in situ observation network for terrestrial ecological remote sensing: the Phenological Eyes Network (PEN). *Ecological Research*, 30, 211-223.

- Nemani, R., Pierce, L., Running, S., & Goward, S. (1993). Developing satellite-derived estimates of surface moisture status. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 32(3), 548-557.
- Nemani, R. R., Running, S. W., Pielke, R. A., & Chase, T. N. (1996). Global vegetation cover changes from coarse resolution satellite data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 101(D3), 7157-7162.
- Neteler, M. (2010). Estimating daily land surface temperatures in mountainous environments by reconstructed MODIS LST data. *Remote sensing*, 2(1), 333-351.
- Nguyen, L. H., & Henebry, G. M. (2019). Characterizing land use/land cover using multi-sensor time series from the perspective of land surface phenology. *Remote Sensing*, 11(14), 1677.
- Nguyen, L. H., Joshi, D. R., Clay, D. E., & Henebry, G. M. (2020). Characterizing land cover/land use from multiple years of Landsat and MODIS time series: A novel approach using land surface phenology modeling and random forest classifier. *Remote sensing of environment*, 238, 111017.
- Nichol, J. (2005). Remote sensing of urban heat islands by day and night. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 71(5), 613-621.
- NOAA. (2018a). *Global climate report for July 2018*. National Centers for Environmental Information.
- NOAA. (2018b). *Global climate report for June 2018*. National Centers for Environmental Information.
- NOAA. (2018c). *Global climate report for May 2018*. National Centers for Environmental Information.
- Oğuz, H., & Zengin, M. (2011). *Peyzaj patern metrikleri ve landsat 5 tm uydu görüntüleri kullanılarak arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimi analizi (1984-2010): Kahramanmaraş Örneği*. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26(28), 22-29.
- Oğuz, H. (2017). Automated Land Surface Temperature Retrieval From Landsat 8 Satellite Imagery: A Case Study Of Diyarbakır - Turkey. *Turkish Journal Of Forest Science*, 33-43.
- Oğuz, H., Doygun, H., & Zengin, M. (2009). *İklim Koşullarını İyileştirici Özellikleri Yönünden Ormanların Kent Peyzajına Katkılarının Araştırılması: K.Maraş Örneği*. I.Ulusal Batı Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı, 224-231.

- Oguz, H., Doygun, N., Kısakürek, S., Özcalık, M. (2019). Calculating surface temperature of Izmir, Turkey. *Journal of Architecture, Engineer and Fine Arts*, 1(2):36-46
- Okçu, D. (1999). *Türkiye’de Bitki Örtüsü İndeksi Değerlerinin Değişimi Ve Meteorolojik Parametrelerle İlişkilendirilmesi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Oke, T. R. (1987). *Boundary Layer Climates*: Methuen and Co.
- Oktay, G., & Temel, S. (2015). Otlatma idaresi açısından Ebu Cehil (*Calligonum polygonoides* L. ssp. *comosum* (L’hér.)) çalışının fenolojik seyrinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2), 1-6.
- Orhan, O. (2021). Mersin ilindeki kentsel büyümenin yer yüzey sıcaklığı üzerine etkisinin araştırılması. *Geomatik*, 6(1), 69-76.
- Orsham, G. (Ed.). (2012). Plant pheno-morphological studies in Mediterranean type ecosystems (Vol. 12). *Springer Science & Business Media*.
- Oyler, J. W., Dobrowski, S. Z., Holden, Z. A., & Running, S. W. (2016). Remotely sensed land skin temperature as a spatial predictor of air temperature across the conterminous United States. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 55(7), 1441-1457.
- Oyler, J. W., Mildrexler, D. J., Comiso, J. C., & Hulley, G. C. (2019). Surface temperature interrelationships. *In Taking the temperature of the earth* (pp. 185-202). Elsevier.
- Ömer, K. & Toroğlu, E. (2015). Kayseri’nin şehirselleşiminin izlenmesi ve değişim analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 87-96.
- Özalp, İ., & Avcı, M. (2017, 12-14 Ekim). *Akdeniz Ekosisteminde Yayılış Gösteren Ağaç Türlerinin Topoğrafik Unsurlara Bağlı Gösterdiği Değişimin İncelenmesi: Akçalı Dağları Örneği (Orta Toroslar)*. UJES 2017, Türkiye, ss.124
- Özşahin, E., Sarı, H., & Eroğlu, İ. (2020). *Türkiye’de Arazi Kullanımı-Arazi Örtüsü (Akaö) Değişiklikleri (1990-2012)*. Bahçe. II. Uluslararası Tarım Kongresi (s. 31-34)
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., & Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye’nin iklim tipleri. *Coğrafya Dergisi*, (35), 17-27.
- Parastatidis, D., Mitrika, Z., Chrysoulakis, N., & Abrams, M. (2017). Online global land surface temperature estimation from Landsat. *Remote sensing*, 9(12), 1208.
- Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 637–669.

- Pasqualini, V., Pergent-Martini, C., Fernandez, C., & Pergent, G. (1997). The use of airborne remote sensing for benthic cartography: advantages and reliability. *International Journal of Remote Sensing*, 18(5), 1167-1177.
- Pastor, F., Valiente, J. A., & Palau, J. L. (2019). Sea surface temperature in the Mediterranean: Trends and spatial patterns (1982–2016). *Meteorology and climatology of the Mediterranean and Black Seas*, 297-309.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and earth system sciences*, 11(5), 1633-1644.
- Pepin, N., Deng, H., Zhang, H., Zhang, F., Kang, S., & Yao, T. (2019). An examination of temperature trends at high elevations across the Tibetan Plateau: the use of MODIS LST to understand patterns of elevation- dependent warming. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(11), 5738-5756.
- Piao, S., Fang, J., Zhou, L., Ciais, P., & Zhu, B. (2006). Variations in satellite- derived phenology in China's temperate vegetation. *Global change biology*, 12(4), 672-685.
- Piao, S., Liu, Q., Chen, A., Janssens, I. A., Fu, Y., Dai, J., ... & Zhu, X. (2019). Plant phenology and global climate change: Current progresses and challenges. *Global change biology*, 25(6), 1922-1940.
- Pinheiro, A. C., Privette, J. L., Mahoney, R., & Tucker, C. J. (2004). Directional effects in a daily AVHRR land surface temperature dataset over Africa. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 42(9), 1941-1954.
- Pinheiro, A. C. T., Mahoney, R., Privette, J. L., & Tucker, C. J. (2006). Development of a daily long term record of NOAA-14 AVHRR land surface temperature over Africa. *Remote Sensing of Environment*, 103(2), 153-164.
- Polydoros, A., Mavrakou, T., & Cartalis, C. (2018). Quantifying the trends in land surface temperature and surface urban heat island intensity in mediterranean cities in view of smart urbanization. *Urban Science*, 2(1), 16.
- Porter, J. R., & Gawith, M. (1999). Temperatures and the growth and development of wheat: a review. *European journal of agronomy*, 10(1), 23-36.
- Potapov, P., Hansen, M. C., Pickens, A., Hernandez-Serna, A., Tyukavina, A., Turubanova, S., ... & Kommareddy, A. (2022). The global 2000-2020 land cover and land use change dataset derived from the Landsat archive: first results. *Frontiers in Remote Sensing*, 3, 18.
- Pouget, R. (1972). Considérations gé'ne'rales sur le rythme ve'ge'tatif et la dormance des bourgeons de la vigne. *Vitis*, 198–217.

- Prata, A. J., Caselles, V., Coll, C., Sobrino, J. A., & Otle, C. (1995). Thermal remote sensing of land surface temperature from satellites: Current status and future prospects. *Remote sensing reviews*, 12(3-4), 175-224.
- Press, W. F. (1989). *Numerical recipes in Pascal*: Cambridge University Press.
- Price, J. C. (1990). The potential of remotely sensed thermal infrared data to infer surface soil moisture and evaporation. *Water Resources*, 787–795.
- Priestley, C. H. B., & Taylor, R. J. (1972). On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly weather review*, 100(2), 81-92.
- Qin, Z., Karnieli, A., & Berliner, P. (2001). A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *International journal of remote sensing*, 22(18), 3719-3746.
- Raiten, D. J., & Combs, G. F. (2019). Nutritional ecology: understanding the intersection of climate/environmental change, food systems and health. In *Agriculture for improved nutrition: Seizing the momentum* (pp. 68-80). Wallingford UK: CAB International.
- Raschke, K. (1960). Heat transfer between the plant and the environment. *Annual Review of Plant Physiology*, 111-126.
- Rebelo, L. M., Finlayson, C. M., & Nagabhatla, N. (2009). Remote sensing and GIS for wetland inventory, mapping and change analysis. *Journal of environmental management*, 90(7), 2144-2153.
- Reed, B. C., White, M., & Brown, J. F. (2003). Remote sensing phenology. *Phenology: an integrative environmental science*, 365-381.
- Reed, B. C., Brown, J. F., VanderZee, D., Loveland, T. R., Merchant, J. W., & Ohlen, D. O. (1994). Measuring phenological variability from satellite imagery. *Journal of vegetation science*, 5(5), 703-714.
- Reed, B. C., Schwartz, M. D., & Xiao, X. (2009). Remote sensing phenology: status and the way forward. *Phenology of ecosystem processes: applications in global change research*, 231-246.
- Ren, Y., & Ren, G. (2011). A remote-sensing method of selecting reference stations for evaluating urbanization effect on surface air temperature trends. *Journal of Climate*, 24(13), 3179-3189.

- Reynolds, R. W., Smith, T. M., Liu, C., Chelton, D. B., Casey, K. S., & Schlax, M. G. (2007). Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature. *Journal of climate*, 20(22), 5473-5496.
- Richardson, A. D., Keenan, T. F., Migliavacca, M., Ryu, Y., Sonnentag, O., & Toomey, M. (2013). Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. *Agricultural and Forest Meteorology*, 169, 156-173.
- Ridgwell, A., Singarayer, J. S., Hetherington, A. M., & Valdes, P. J. (2009). Tackling regional climate change by leaf albedo bio-geoengineering. *Current biology*, 19(2), 146-150.
- Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., & Chunho, L. I. U. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of environmental sciences*, 20(1), 120-128.
- Running, S. W., Justice, C. O., Salomonson, V., Hall, D., Barker, J., Kaufmann, Y. J., ... & Carneggie, D. (1994). Terrestrial remote sensing science and algorithms planned for EOS/MODIS. *International journal of remote sensing*, 15(17), 3587-3620.
- Sala, O. E., Stuart Chapin, F. I. I., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., ... & Wall, D. H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287(5459), 1770-1774.
- Sanchez-Azofeifa, A., Kalacska, M. E., Quesada, M., Stoner, K. E., Lobo, J. A., & Arroyo-Mora, P. (2003). Tropical dry climates. *Phenology: an integrative environmental science*, 121-137.
- Sarvas, R. (1972). Investigations on the annual cycle of development on forest trees active period. Commun Inst For Fenn.
- Sarvas, R. (1974). Investigations on the annual cycle of development of forest trees. Autumn dormancy and winter dormancy. Commun Inst For Fenn.
- Schmugge, T. J., & André, J. C. (Eds.). (2012). *Land surface evaporation: measurement and parameterization*. Springer Science & Business Media.
- Schwartz, M. D. (2003). *Phenology: An Integrative Environmental Science*. Springer, 1-610.
- Schwartz, M. D., Betancourt, J. L., & Weltzin, J. F. (2012). From Caprio's lilacs to the USA national phenology network. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), 324-327.

- Schwarz, N., Lautenbach, S., & Seppelt, R. (2011). Exploring indicators for quantifying surface urban heat islands of European cities with MODIS land surface temperatures. *Remote Sensing of Environment*, 115(12), 3175-3186.
- Seemann, S. W., Borbas, E. E., Knuteson, R. O., Stephenson, G. R., & Huang, H. L. (2008). Development of a global infrared land surface emissivity database for application to clear sky sounding retrievals from multispectral satellite radiance measurements. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47(1), 108-123.
- Semmens, K. A., Anderson, M. C., Kustas, W. P., Gao, F., Alfieri, J. G., McKee, L., ... & Vélez, M. (2016). Monitoring daily evapotranspiration over two California vineyards using Landsat 8 in a multi-sensor data fusion approach. *Remote Sensing of Environment*, 185, 155-170.
- Serafini, V. V. (1987). Estimation of the evapotranspiration using surface and satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 1547-1562.
- Shahmohamadi, P., Che-Ani, A. I., Etesam, I., Maulud, K. N. A., & Tawil, N. M. (2011). Healthy environment: the need to mitigate urban heat island effects on human health. *Procedia Engineering*, 20, 61-70.
- Shaltout, M., & Omstedt, A. (2014). Recent sea surface temperature trends and future scenarios for the Mediterranean Sea. *Oceanologia*, 56(3), 411-443.
- Sharpe, S. M., & Boyd, N. S. (2019). Black medic (*Medicago lupulina*) germination response to temperature and osmotic potential, and a novel growing degree-day accounting restriction for heat-limited germination. *Weed Science*, 67(2), 246-252.
- Shearman, R. K., & Lentz, S. J. (2010). Long-term sea surface temperature variability along the US East Coast. *Journal of Physical Oceanography*, 40(5), 1004-1017.
- Shuster, W. D., Bonta, J., Thurston, H., Warnemuende, E., & Smith, D. R. (2005). Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review. *Urban Water Journal*, 2(4), 263-275.
- Singh, R. P., Prasad, P. V., & Reddy, K. R. (2013). Impacts of changing climate and climate variability on seed production and seed industry. *Advances in Agronomy*, 118, 49-110.
- Sivük, H. (2002). *Türkiye’de Tarım Bölgeleri İtibariyle Fenolojik Verilere Göre Tarla Çalışma Günlerinin Tespiti Üzerine Bir Araştırma*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Sobrino, J. A., & Julien, Y. (2013). Trend analysis of global MODIS-Terra vegetation indices and land surface temperature between 2000 and 2011. *IEEE Journal of*

- Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 6(5), 2139-2145.
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of environment*, 90(4), 434-440.
- Solomon, S. D. (2007). *Technical Summary. In: Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*: Cambridge University Press.
- Somuncu, M., Akpınar, N., Kurum, E., Kaya, N. Ç., & Ecerel, T. Ö. (2010). Gümüşhane İli Yaylalarındaki Arazi Kullanımı ve İşlev Değişiminin Değerlendirilmesi: Kazıkbeli ve Alistire Yaylaları Örneği. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2(2), 107-127.
- Song, X. P., Huang, C., Saatchi, S. S., Hansen, M. C., & Townshend, J. R. (2015). Annual carbon emissions from deforestation in the Amazon Basin between 2000 and 2010. *PloS one*, 10(5), e0126754.
- Song, X. P., Hansen, M. C., Stehman, S. V., Potapov, P. V., Tyukavina, A., Vermote, E. F., & Townshend, J. R. (2018). Global land change from 1982 to 2016. *Nature*, 560(7720), 639-643.
- Sparks, T. H., Jeffree, E. P., & Jeffree, C. E. (2000). An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological records from the UK. *International Journal of Biometeorology*, 44, 82-87.
- Specht, R. L. (1979). *Ecosystems of the world: heathlands and related shrublands*. Elsevier.
- Specht, R. L. (1973). Structure and functional response of ecosystems in the Mediterranean climate of Australia. *Mediterranean type ecosystems: origin and structure*, 113-120.
- Specht, R. L. (1981). Mallee ecosystem in southern Australia. *G. D. In: Castri F içinde, Mediterranean-type shrublands*: Elsevier.
- Srivastava, P. K., Han, D., Ramirez, M. R., & Islam, T. (2013). Machine learning techniques for downscaling SMOS satellite soil moisture using MODIS land surface temperature for hydrological application. *Water resources management*, 27, 3127-3144.
- Stisen, S., Sandholt, I., Nørgaard, A., Fensholt, R., & Eklundh, L. (2007). Estimation of diurnal air temperature using MSG SEVIRI data in West Africa. *Remote sensing of Environment*, 110(2), 262-274.

- Stone, M. (1977). An asymptotic equivalence of choice of model by cross-validation and Akaike's criterion. *J R Stat Soc B*, 44–47.
- Stoyanova, J. S., Georgiev, C. G., & Neytchev, P. N. (2022). Satellite Observations of Fire Activity in Relation to Biophysical Forcing Effect of Land Surface Temperature in Mediterranean Climate. *Remote Sensing*, 14(7), 1747.
- Stöckli, R., & Vidale, P. L. (2004). European plant phenology and climate as seen in a 20-year AVHRR land-surface parameter dataset. *International Journal of Remote Sensing*, 25(17), 3303-3330.
- Streutker, D. R. (2003). Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston, Texas. *Remote Sensing of Environment*, 282-289.
- Su, Z. (2002). The Surface Energy Balance System (SEBS) for estimation of turbulent heat fluxes. *Hydrology and Earth System Sciences*, 85-100.
- Suresh, K., Behera, S. K., Manorama, K., & Mathur, R. K. (2021). Phenological stages and degree days of oil palm crosses grown under irrigation in tropical conditions. *Annals of applied biology*, 178(1), 121-128.
- Susskind, J., & Blaisdell, J. (2008). Improved surface parameter retrievals using AIRS/AMSU data. In *Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XIV SPIE*. Vol. 6966, pp. 240-251.
- Suttle, K. B., Thomsen, M. A., & Power, M. E. (2007). Species interactions reverse grassland responses to changing climate. *Science*, 315(5812), 640-642.
- Swenson, N. Y. (2013). Modeling changes in the length of the agricultural growing season in interior Alaska. *University of Alaska Fairbanks*.
- Şen, Ç. (2010). *Kilis İlinin Bazı Köylerindeki Meralarda Vejetasyon Yapısı Üzerine Bir Araştırma*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sensoy, S., Türkoğlu, N., Akçakaya, A., Ekici, M., Demircan, M., Ulupinar, Y., ... & Demirbaş, H. (2013). Trends in Turkey climate indices from 1960 to 2010. In *6th Atmospheric science symposium* (Vol. 24, p. 26).
- Şensoy, S. (2015). *Türkiye'de İklim Değişikliğinin Meyve Ağaçları Ve Buğdayın Fenolojik Dönemleri Üzerine Etkisi*. Ankara Üniversitesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi.
- Sensoy, S., & Ulupinar, U. (2008). İklim sınıflandırmaları, *Turkish State Meteorological Service [online] http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari.pdf* (accessed 18 June 2015).

- Şişman E. (2019). Ege ve Akdeniz kıyılarında deniz suyu sıcaklıkları için soğuma döneminde trend analizleri. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 291-304.
- Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Li, L., Song, G., ... & Chen, H. (2010). The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. *International journal of biometeorology*, 54, 75-84.
- Tebaldi, C., Hayhoe, K., Arblaster, J. M., & Meehl, G. A. (2006). Going to the extremes: an intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events. *Climatic change*, 79(3-4), 185-211.
- Terzi, Ö., & İlker, A. (2020). Kızılırmak Havzası'nda Sıcaklık Değerlerinin Trend Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(3), 626-634.
- Thorsen, S. M., & Höglind, M. (2010). Modelling cold hardening and dehardening in timothy. Sensitivity analysis and Bayesian model comparison. *Agricultural and forest meteorology*, 150(12), 1529-1542.
- Tıgılı, E. H., & Fakir, H. (2017). Bucak (Burdur) yöresindeki bazı doğal orkide türlerinin yayılış alanları, morfolojik ve fenolojik özellikleri. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 18(4), 289-294.
- Tomaszewska, M. A., & Henebry, G. M. (2020). How much variation in land surface phenology can climate oscillation modes explain at the scale of mountain pastures in Kyrgyzstan?. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 87, 102053.
- Tomaszewska, M. A., Nguyen, L. H., & Henebry, G. M. (2020). Land surface phenology in the highland pastures of montane Central Asia: Interactions with snow cover seasonality and terrain characteristics. *Remote Sensing of Environment*, 240, 111675.
- Tomlinson, C. J., Chapman, L., Thornes, J. E., & Baker, C. (2011). Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: A review. *Meteorological Applications*, 18(3), 296-306.
- Tomlinson, C. J., Chapman, L., Thornes, J. E., & Baker, C. J. (2012). Derivation of Birmingham's summer surface urban heat island from MODIS satellite images. *International Journal of Climatology*, 32(2), 214-224.
- Topuz, M., & Karabulut, M. (2018). Sarıkum Gölü'nde (Sinop) Meydana Gelen Zamansal Değişimlerin Ve Ekolojik Etkilerinin İncelenmesi. *Journal Of International Social Research*, 11(60).
- Tosun, E. K. (2017). Sürdürülebilirlik Bağlamında Ekolojik Kent Söylemi. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 169-189.

- Townshend, J. R. G., Justice, C. O., Skole, D., Malingreau, J. P., Cihlar, J., Teillet, P., ... & Ruttenberg, S. (1994). The 1 km resolution global data set: needs of the International Geosphere Biosphere Programme. *International Journal of Remote Sensing*, 15(17), 3417-3441.
- Tozam, İ., & Karaca, Ü. B. (2018). Kentsel Isı Adası Etkisi ve Serin Çatılar. *TC İstanbul Kültür Üniversitesi*, 9, 12-13.
- Tucker, C. J., Townshend, J. R., & Goff, T. E. (1985). African land-cover classification using satellite data. *Science*, 227(4685), 369-375.
- Tuomisto, H. L., Scheelbeek, P. F., Chalabi, Z., Green, R., Smith, R. D., Haines, A., & Dangour, A. D. (2017). Effects of environmental change on agriculture, nutrition and health: A framework with a focus on fruits and vegetables. *Wellcome open research*, 2.
- Turan, E. S. (2018). Türkiye'nin iklim değişikliğine bağlı kuraklık durumu. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 63-69.
- Turner, B. L., Clark, W. C., Kates, R. W., Richards, J. F., Mathews, J. T., & Meyer, W. B. (Eds.). (1993). *The earth as transformed by human action: global and regional changes in the biosphere over the past 300 years*. Cambridge University Press.
- Türkeş, M. (2012). Türkiye'de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 1-32.
- Türkeş, M. (2003). *Küresel İklim Değişikliği ve Gelecekteki İklimimiz*. 23 Mart Dünya Meteoroloji Günü Kutlaması Gelecekteki İklimimiz Paneli, Bildiriler Kitabı (s. 12-37). Ankara: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
- Türkeş, M. (2004). Küresel iklim değişikliği ve olası sonuçları. *Hava kuvvetleri Dergisi*, 70-77.
- Türkeş, M. (2010a). *Klimatoloji ve Meteoroloji: Kriter Yayıncılık*.
- Türkeş, M. (2010b). *Küresel İklim Değişikliği: Başlıca Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler ve Etkileri*. 1. Meteoroloji Sempozyumu Bildiri Kitabı (s. 9-38): Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Türkoğlu, N., Çiçek, İ., & Şensoy, S. (2014). *Türkiye'de iklim değişikliğinin meyve ağaçları ve tarla bitkilerinin fenolojik dönemlerine etkileri*. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu Kitabı, 60-71.
- Türkoğlu, N., Şensoy, S., & Aydın, O. (2016). Effects of climate changes on phenological periods of apple, cherry and wheat in Turkey Türkiye'de iklim

- değişikliğinin elma, kiraz ve buğdayın fenolojik dönemlerine etkileri. *Journal of Human Sciences*, 13(1), 1036-1057.
- Urqueta, H., Jódar, J., Herrera, C., Wilke, H. G., Medina, A., Urrutia, J., ... & Rodríguez, J. (2018). Land surface temperature as an indicator of the unsaturated zone thickness: a remote sensing approach in the Atacama Desert. *Science of the Total Environment*, 612, 1234-1248.
- Uzmen, R., & Arar, A. A. (2009). 21. Yüzyılda Enerji Kullanımı ve İklim Değişikliği. *Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi*, 1.
- Visser, M. E., Caro, S. P., Van Oers, K., Schaper, S. V., & Helm, B. (2010). Phenology, seasonal timing and circannual rhythms: towards a unified framework. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1555), 3113-3127.
- Vogel, M. M., Zscheischler, J., Wartenburger, R., Dee, D., & Seneviratne, S. I. (2019). Concurrent 2018 hot extremes across Northern Hemisphere due to human-induced climate change. *Earth's future*, 7(7), 692-703.
- Voogt, J. A. (2002). *Urban heat island: In Encyclopedia of Global Environmental Change*: John Wiley & Sons.
- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote sensing of environment*, 86(3), 370-384.
- Walker, J. J., De Beurs, K. M., & Henebry, G. M. (2015). Land surface phenology along urban to rural gradients in the US Great Plains. *Remote Sensing of Environment*, 165, 42-52.
- Wan, Z., & Li, Z. L. (1997). A physics-based algorithm for retrieving land-surface emissivity and temperature from EOS/MODIS data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 35(4), 980-996.
- Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q., & Li, Z. L. (2004). Quality assessment and validation of the MODIS global land surface temperature. *International journal of remote sensing*, 25(1), 261-274.
- Wang, C., & Zhu, K. (2019). Misestimation of growing season length due to inaccurate construction of satellite vegetation index time series. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 16(8), 1185-1189.
- Wang, E., & Engel, T. (1998). Simulation of phenological development of wheat crops. *Agricultural systems*, 58(1), 1-24.
- Wang, J., Chagnon, F. J., Williams, E. R., Betts, A. K., Renno, N. O., Machado, L. A., ... & Bras, R. L. (2009). Impact of deforestation in the Amazon basin on cloud

- climatology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(10), 3670-3674.
- Wang, Z., Lu, Z., & Cui, G. (2020). Spatiotemporal variation of land surface temperature and vegetation in response to climate change based on NOAA-AVHRR data over China. *Sustainability*, 12(9), 3601.
- Wang, Z., Vivoni, E. R., Bohn, T. J., & Wang, Z. H. (2021). A multiyear assessment of irrigation cooling capacity in agricultural and urban settings of central Arizona. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 57(5), 771-788.
- Waring, R. H. (2002). Temperate coniferous forests. *Encyclopedia of global environmental change*, 2, 560-565.
- Weeks, J. R. (2010). Defining urban areas. T. Rashed, C. Jürgens, & (eds) içinde, *Remote sensing of urban and suburban areas* (s. 33-45). Springer.
- Wehner, M. F., Stone, D. A., Krishnan, H., Achuta Rao, K., & Castillo, F. (2016). The deadly combination of heat and humidity in India and Pakistan in summer 2015, *B. Am. Meteorol. Soc.*, 97, S81–S86.
- Weisdorf, J. L. (2005). From foraging to farming: explaining the Neolithic Revolution. *Journal of Economic surveys*, 561-586.
- Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 335–344.
- Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote sensing of Environment*, 89(4), 467-483.
- West, H., Quinn, N., & Horswell, M. (2019). Remote sensing for drought monitoring & impact assessment: Progress, past challenges and future opportunities. *Remote Sensing of Environment*, 232, 111291.
- White, M. A., Thornton, P. E., & Running, S. W. (1997). A continental phenology model for monitoring vegetation responses to interannual climatic variability. *Global biogeochemical cycles*, 11(2), 217-234.
- Wilby, R. L. (2008). Constructing climate change scenarios of urban heat island intensity and air quality. *Environment and planning B: Planning and Design*, 902-919.
- Wilczek, A. M., Burghardt, L. T., Cobb, A. R., Cooper, M. D., Welch, S. M., & Schmitt, J. (2010). Genetic and physiological bases for phenological responses

- to current and predicted climates. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1555), 3129-3147.
- Wongsai, N., Wongsai, S., & Huete, A. R. (2017). Annual seasonality extraction using the cubic spline function and decadal trend in temporal daytime MODIS LST data. *Remote Sensing*, 9(12), 1254.
- Worner, S. P. (1992). Performance of phenological models under variable temperature regimes: consequences of the Kaufmann or rate summation effect. *Environmental entomology*, 689-699.
- Xiao, X., Zhang, J., Yan, H., Wu, W., & Biradar, C. (2009). Land surface phenology: convergence of satellite and CO₂ eddy flux observations. *Phenology of ecosystem processes: Applications in global change research*, 247-270.
- Xu, X., Tang, Y., Qu, Y., Zhou, Z., & Hu, J. (2021). Global Vegetation Photosynthetic Phenology Products Based on MODIS Vegetation Greenness and Temperature: Modeling and Evaluation. *Remote Sensing*, 13(24), 5080.
- Yadav, R. R., Park, W. K., Singh, J., & Dubey, B. (2004). Do the western Himalayas defy global warming?. *Geophysical Research Letters*, 31(17).
- Yan, W., & Hunt, L. A. (1999). An equation for modelling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. *Annals of Botany*, 84(5), 607-614.
- Yang, L. H., & Rudolf, V. H. W. (2010). Phenology, ontogeny and the effects of climate change on the timing of species interactions. *Ecology letters*, 13(1), 1-10.
- Yang, L., Qian, F., Song, D. X., & Zheng, K. J. (2016). Research on urban heat-island effect. *Procedia engineering*, 169, 11-18.
- Yang, T., & Hillier, B. (2007). *The fuzzy boundary: the spatial definition of urban areas*. In Proceedings, 6th International Space Syntax Symposium, 2007 (pp. 091-01). Istanbul Technical University.
- Yang, X., Mustard, J. F., Tang, J., & Xu, H. (2012). Regional- scale phenology modeling based on meteorological records and remote sensing observations. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 117(G3).
- Yao, Z., Li, J., Li, J., & Zhang, H. (2011). Surface emissivity impact on temperature and moisture soundings from hyperspectral infrared radiance measurements. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50(6), 1225-1235.
- Yaşasın, A. S., Burak, M., Emin Akçay, M., Türkeli, Y., & Büyükyılmaz, M. (2006). Marmara Bölgesi İçin Ümitvar Elma Çeşitleri-V. *Bahçe*, 35(1), 75-82.

- Yeşilata, B., Bulut, H., & Yeşilnacar, M. İ. (2004). Gap Bölgesinde Sıcaklık Ve Nem Parametrelerindeki Baraj Gölü Kaynaklı Değişim Trendinin Araştırılması. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 83(21-31).
- Yıldırım, A. (2015). *Trend Analizi Yöntemleri : Orta Fırat Havzası Uygulaması*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yıldız, B., Şenkal, O., & Peştemalçı, V. Split-Window Algoritması Kullanarak Uydu Görüntülerinden Yer Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması. *Harran Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 14(1), 57-66.
- Yıldız, H., Mermer, A., Ediz, Ü., & Akbaş, F. (2012). Türkiye Bitki Örtüsünün Ndvı Verileri İle Zamansal Ve Mekânsal Analizi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 50-56.
- Yu, Y. S., Zou, S., & Whittemore, D. (1993). Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, 150(1), 61-80.
- Yuan, F., & Bauer, M. E. (2007). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. *Remote Sensing of environment*, 106(3), 375-386.
- Zhang, D., Tang, R., Zhao, W., Tang, B., Wu, H., Shao, K., & Li, Z. L. (2014). Surface soil water content estimation from thermal remote sensing based on the temporal variation of land surface temperature. *Remote Sensing*, 6(4), 3170-3187.
- Zhang, R., Tian, J., Su, H., Sun, X., Chen, S., & Xia, J. (2008). Two improvements of an operational two-layer model for terrestrial surface heat flux retrieval. *Sensors*, 8(10), 6165-6187.
- Zhang, X., Friedl, M. A., Schaaf, C. B., Strahler, A. H., Hodges, J. C., Gao, F., ... & Huete, A. (2003). Monitoring vegetation phenology using MODIS. *Remote sensing of environment*, 84(3), 471-475.
- Zhang, X., Liu, L., & Henebry, G. M. (2019). Impacts of land cover and land use change on long-term trend of land surface phenology: a case study in agricultural ecosystems. *Environmental Research Letters*, 14(4), 044020.
- Zhang, Y., Odeh, I. O., & Han, C. (2009). Bi-temporal characterization of land surface temperature in relation to impervious surface area, NDVI and NDBI, using a sub-pixel image analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11(4), 256-264.
- Zhao, B., Mao, K., Cai, Y., Shi, J., Li, Z., Qin, Z., ... & Guo, Z. (2020). A combined Terra and Aqua MODIS land surface temperature and meteorological station data product for China from 2003 to 2017. *Earth System Science Data*, 12(4), 2555-2577.

- Zhao, M., Peng, C., Xiang, W., Deng, X., Tian, D., Zhou, X., ... & Zhao, Z. (2013). Plant phenological modeling and its application in global climate change research: overview and future challenges. *Environmental Reviews*, 21(1), 1-14.
- Zhao, W., He, J., Wu, Y., Xiong, D., Wen, F., & Li, A. (2019). An analysis of land surface temperature trends in the central Himalayan region based on MODIS products. *Remote Sensing*, 11(8), 900.
- Berkeley, E. (2022, 06 Temmuz). Global Temperature. <https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2021/> (t.y.)
- CLIMATE, (2022, 28 Temmuz). Climate. <https://www.climate.gov/media/12884> (t.y)
- Common, W. (2022, 06 Temmuz). Temperature. <https://commons.wikimedia.org/> (t.y.)
- Commons, W. (2022, 02 Ağustos). First blomm. <https://commons.wikimedia.org/> (t.y.)
- Dataguide, C. (2022, 06 Temmuz). Global surface temperature of condition. <https://Climatedataguide.Ucar.Edu/Climate-Data/Global-Surface-Temperatures-Best-Berkeley-Earth-Surface-Temperatures> (t.y)
- EPA, (2022, 06 Temmuz). Sea Surface Temperature. <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-sea-surface-temperature> (t.y.)
- Göstergeler, Ç. (2022, 05 Ağustos). Yağış. https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/yagis-i-85728#_edn1 (t.y.)
- Göstergeler, Ç. (2022, 01 Ağustos). https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/sicaklik-i-85727#_edn1 (t.y.)
- Göstergeler, Ç. (2022, 02 Ağustos). Genel arazi dağılımı. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/genel-arazi-ortusu-dagilimi-i-85766> (t.y.)
- Göstergeler, Ç. (2022, 02 Ağustos). Ormanlık alanların dağılımı-Türkiye (CBS). <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ormanlik-alanlarin-dagilimi-i-85782> (t.y.)
- METOFFİCE, (2022, 28 Temmuz). Global climate change-carbondioksit levels. <https://www.metoffice.gov.uk/research/news/2021/record-co2-levels-despite-lower-emissions-in-2020> (t.y.)
- MGM, (2023, 01 Ocak). Kuraklık Analizi. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx> (t.y)
- MGM, (2022, 02 Ağustos). Sıcaklık. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx> (t.y.)
- MGM, (2022, 04 Ağustos). Yağış. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis> (t.y.)

- NASA, (2022, 05 Ağustos). Data production MODIS.
<https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php> (t.y.)
- NASA, (2022, 05 Ağustos). MODIS-MOD, MYD. <https://modis.gsfc.nasa.gov/> (t.y.)
- NASA, (2022, 18 Ağustos). Landsat data production. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/> (t.y.)
- NOAA, (2022, 11 Haziran). <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202013> (t.y.)
- NOAA, (2022, 02 Ağustos). Global surface temperature-monthly report.
<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthlyreport/global/202113#:~:text=Overall%2C%20the%20global%20annual%20temperature,the%20sixth%20highest%20on%20record.> (t.y.)
- NOAA, (2022, 10 Ağustos). NOAA-AVHRR index.
https://www.avl.class.noaa.gov/release/data_available/avhrr/index.htm (t.y.)
- Orman, T. (2022, 02 Şubat). <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Cayir-Mera-ve-Yem-Bitkileri> (t.y.)
- OURWORLDİNDATA, (2022, 08 Temmuz). Word urbanization-urban and rural.
<https://ourworldindata.org/urbanization#:~:text=As%20of%202018%20we%20see,3.4%20billion%20in%20rural%20areas.> (t.y.)
- Scholar, G. (2022, 11 Ağustos). Phonology research.
https://scholar.google.com.tr/scholar?q=phenology&hl=tr&as_sdt=2007&as_ylo=2010&as_yhi=adresinden (t.y.)
- TUIK, (2022, 02 Ağustos). http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 (t.y.)
- TUIK, (2022, 14 Eylül). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr> (t.y.)
- WİKİPEDIA, (2022, 08 Temmuz). Word population growth.
https://en.wikipedia.org/wiki/Population_growth#/media/File:Human_population_since_1800.png (t.y.)
- WORLDBANK, (2022, 08 Temmuz). Word population.
<https://Data.Worldbank.Org/İndicator/Sp.Rur.Totl.Zs> (t.y.)
- WORLDBANK, (2022, 02 Ağustos). <https://wdi.worldbank.org/table/3.1> (t.y.)
- USGS, (2022, 15 Eylül). <https://lpdaac.usgs.gov/products/> (t.y.)
- USGS, (2022, 15 Eylül). <https://lpdaac.usgs.gov/products/mcd12q1v006/> (t.y.)

