



# Alan Kullanım Türlerinin Yer Yüzey Sıcaklığı Verileri ile Zamansal Değişiminin Belirlenmesi (Erzurum Kenti Örneği)

Determining the Change of Land Use Types by Years with Land Surface Temperature Data (Erzurum City Case Study)

Ömer ÜNSAL<sup>1</sup>  Ali Can KUZULUGİL<sup>2</sup>  Başak AYATLI<sup>3</sup>  Nalan DEMİRCİOĞLU YILDIZ<sup>4</sup> 

## öz

*Çalışmada, Erzurum kenti 1991 ve 2020 yıllarına ait uydu görüntüleri incelenmiştir. 1991 yılında kentsel alan yaklaşık 15,5 km<sup>2</sup> iken, 2020 yılında 40,8 km<sup>2</sup>'ye ulaşmıştır. Kentin 1991 yılı ortalama Yer Yüzey Sıcaklık değeri 26,7 °C, 2020 yılı ortalama Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS) değeri 30,4 °C olarak bulunmuştur. 1991 yılına ait sıcaklık verileri üzerinden değerlendirme yapıldığında kent merkezinin %49'u ortalamanın üzerinde, 2020 yılında ise %55'i ortalamanın üzerinde olduğu bulunmuştur. 2020 yılında kentsel alanın 25003 yapının %71'i mesken amaçlı kullanılmaktadır. Buna göre nüfusun %58,8'i kentin YYS fark ortalamasının üzerinde yaşadığı tahmin edilmektedir. Alansal açıdan bakıldığında ise 2020 yılında kentsel alanının %52,58'i ortalamanın üstünde, %47,41'i ortalamanın altında kalmaktadır. Alan kullanım türü ve alan kullanım türündeki değişiklik kentsel ısı adasına etki etmektedir. 2019 yılı Urban Atlas verilerine göre alan kullanım türlerine bağlı olarak değişen sıcaklık durumlarına bakıldığında, işlenmemiş tarım alanları, bitki örtüsünün az ya da olmadığı alanlar, mevcut kullanımı olmayan alanlar, mera alanları, sanayi ve sürekli kentsel alanların YYS ortalamasının fazla olduğu bulunmuştur. Ormanlar, kent içindeki aktif ve pasif yeşil alanlar, maki veya otsu bitkiler ve sürekli ürün işlenen tarım alanları ise düşük sıcaklığa sahiptir.*

**Anahtar Kelimeler:** Alan Kullanım Türü, Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS), kentsel ısı adası (KIA), Erzurum

## ABSTRACT

*In this study, Satellite images of 1991 and 2020 were examined in Erzurum. While the urban area was approximately 15.5 km<sup>2</sup> in 1991, it reached 40.8 km<sup>2</sup> in 2020. The average land surface temperature of the city in 1991 was 26.7 °C, and the average land surface temperature in 2020 was 30.4 °C. The temperature data of 1991 found that 49% of the city center was above the average, and in 2020, 55% was above the average. 71% of 25.003 buildings in the 2020 urbanized area are used for residential purposes. According to this, 58.8% of the population is estimated to live above the city's land surface temperature difference average. From a spatial perspective, 52.58% of the 2020 urban area is above the average and 47.41% is below the average. The type of land use and the change affect the urban heat island. According to the Urban Atlas data of 2019, when the temperature conditions changing depending on the land use patterns are examined, unprocessed agricultural, areas with little or no vegetation, areas with no current use, pasture areas; it has been found that the average temperature of industrial and urban areas is higher. Forests, active and passive green areas in the city, scrubs or herbaceous plants and agricultural areas where crops are constantly processed have low temperatures.*

**Keywords:** Type of Land Use, Land Surface Temperature (LST), Urban Heat Island (UHI), Erzurum

<sup>1</sup> Coğrafya, Sosyal Bilimler Ens., İstanbul Üniversitesi, İstanbul Türkiye, [oomerunsal@gmail.com](mailto:oomerunsal@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-4500-2021>

<sup>2</sup> Peyzaj Mimarlığı, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum Türkiye, [ali.kuzulugil@atauni.edu.tr](mailto:ali.kuzulugil@atauni.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0003-2288-6749>

<sup>3</sup> Peyzaj Mimarlığı, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum Türkiye, [basakaytatli@atauni.edu.tr](mailto:basakaytatli@atauni.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0002-4039-293X>

<sup>4</sup> **Corresponding Author:** Peyzaj Mimarlığı, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum Türkiye, [yildiz@atauni.edu.tr](mailto:yildiz@atauni.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0002-4871-1579>



## GİRİŞ:

Kentleşme kavramı, geleneksel tarıma dayalı kırsal toplumun, tarıma dayalı olmayan modern kentsel topluma geçiş süreci olarak ifade edilmektedir. Kentleşmedeki bu süreç, demografik, coğrafik, sosyolojik, ekonomik açılardan açıklanabilir. Demografik açıdan bakıldığında kentleşme olgusu tüm dünyada hızla artmaktadır. Birleşmiş Milletler (BM) raporları dünya nüfusunun %55'inin kentlerde yaşadığını ve bu oranın 2050'de %68'e kadar yükseleceğini öngörmektedir (United Nations, 2014). Dünyadaki kentsel nüfusun oranı 1952 yılında %30, 2001 yılında %47, 2007 yılında %50 ve 2014 yılında %54 olmuştur (Krehbiel vd., 2015). Bu da yaklaşık 2,5 milyardan daha fazla insanın kentlerde yaşaması anlamına gelmektedir.

İnsan nüfusunun kırsal alanlardan kentsel alanlara doğru kayarak oluşturduğu kentleşme olgusu beraberinde pek çok çevre sorununu da beraberinde getirmektedir. Kentleşmenin artması ile beraber alan kullanım türleri değişmekte, özellikle yeşil alanlar ve boş araziler gibi alan kullanımları geçirimsiz kentsel alanlara dönüşmektedir (Priyankara vd., 2019). Bu dönüşüm, bitki örtüsündeki buharlaşmanın azalmasına, güneş radyasyonu emiliminin artmasına, yerel ve bölgesel iklimin değişimine neden olmakta, bu da kentsel ısı adası (KIA) oluşmasına, hava kirliliğinin artmasına, hidro sistem değişikliklerin meydana gelmesine neden olmaktadır (Peng vd., 2012; Zhou et al., 2015; Morabito vd., 2016; Yao vd., 2017).

KIA, kentsel alanlar ile kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkları olarak tanımlanmaktadır (Oke, 1982; Voogt ve Oke 2003; Hamada ve Ohta, 2010; Huang ve Lin, 2013). Nüfusu bir milyonu aşan kentlerde kırsal alanlara göre bu sıcaklık farkı gündüz 1-3 °C'yi aşmakta, özellikle gece saatlerinde 12°C'ye kadar ulaşmaktadır (EPA, 2018). Barbieri vd. (2018) ise kentsel ve kırsal arasındaki farkı 6 °C olarak belirlemiştir. Bu fark, atmosferik ortamın antropojen etkiler ile değiştirilmesinden oluşan en yaygın iklimsel etkilerden biridir (Wong ve Yu, 2005). KIA, arazi örtüsü tipi, meteorolojik koşullar, antropojenik ısı kaynakları ve kentsel alanın büyüklüğü ile yakından ilişkili olduğu için (Peng vd., 2012; Tan ve Li, 2015), geçirimsiz yüzeylerin artması, bitki örtüsünü giderek azalması ve kötü havalandırma gibi kentleşme süreçlerinin oluşması ile daha da artış gösterecektir (Dissanayake, 2019). Peng vd. (2012) KIA'yı belirlemeye yönelik çalışmada, dünyadaki 419 kent merkezini incelemişler ve bu merkezlerde oluşan KIA'nın gündüz vakti gece vaktinden ( $1,5 \pm 1,2$  °C) daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. KIA yalnızca yerel iklimi ve enerji tüketimini değil, su, karbon, enerji döngüsünü (Arsiso vd., 2018) değiştirerek aynı zamanda hava kalitesini, biyolojik çeşitliliği, ekosistem işlevini ve insan sağlığını da etkilemektedir (Zhou vd., 2015).

Ortaya çıkan doğa olayları ve sosyal olayların insan yaşamı üzerinde etkilerinin belirlenmesi için, kentleşme etkilerinin büyüklüğünü, değişimlerini incelemek gereklidir. Sıcaklığı etkileyen kentsel faktörleri anlamak, KIA'nın etkilerini azaltmak için de gereklidir (Buyantuyev ve Wu, 2012). Bu nedenle, KIA'ların hem büyüklüğü hem de zamansal eğilimleri kapsamlı bir şekilde incelenmelidir. Geçmişte KIA belirlemeye yönelik yapılan çalışmalar, meteorolojik gözlemlere dayanmakta, veriler analiz edilerek, kentsel ve kırsal alanlar arasındaki hava sıcaklığı belirlenmeye çalışılmaktaydı. Bu fark ise KIA olarak adlandırılmaktaydı (Arnfield, 2003). Ancak, gözlem noktalarının seyrek olması tam bir dağılımın elde etmesini zorlaştırmaktaydı. Son yıllarda uzaktan algılama teknolojinin gelişmesi ile, uydu görüntülerinden elde edilen Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS) (Land Surface Temperature-LST) haritalarının yapılmasını kolaylaştırmaktadır (Voogt ve Oke, 2003; Peng vd., 2012; Jun vd., 2014). Farklı uydu görüntüleri YYS haritaları üretmede kullanılmaktadır. YYS'nin arazi yüzeylerindeki değişimlerini tespit etmek için Zhu vd. (2013), Muster vd. (2015), MODIS, Buyantuyev ve Wu (2012), ASTER, Zhang vd. (2013) ve Zhao vd. (2016) LANDSAT uydu görüntülerini kullanmışlardır.

KIA'nın etkisinin büyüklüğü veya kapsamı, kentin büyüklüğü, sert yüzeylerin yoğunluğu, antropojenik etki, kentsel morfoloji ve meteorolojik koşullar gibi faktörlerden etkilenmektedir (Tran vd., 2006; Grimm vd., 2008; Bart, 2010; Jin vd., 2011). Bu etkilerin neler olabileceğine yönelik olarak yapılan çalışmalarda, Stabler vd. (2005), bitki örtüsündeki değişikliklerin, Gedzelman vd. (2003), rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, bulut örtüsü ve yüzey sıcaklığının, Elsayed (2012) ise nüfus yoğunluğu ile KIA'nın önemli

derecede ilişkili olduğunu bulmuşlardır. KIA ile şehir büyüklüğü arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Tran vd., 2006; Cai vd., 2011; Steeneveld vd., 2014; Zhou vd., 2013). Cai vd., (2011) Pekin, Zhang vd., (2010) Şanghai, Ferreira vd., (2013), Sao Paulo ve Jauregui, (1997) Mexico City gibi mega şehirlerdeki KIA yoğunluğu ve mevsimsel değişiklikleri de araştırmışlardır. Tran vd. (2006), Asya'da 6 büyük kentte yapmış olduğu çalışmada, nüfusu ve yüzölçümü en büyük olan Tokyo kentinin (12,8 °C'ye kadar) en şiddetli KIA etkisine sahip olduğu sonucuna varmıştır. Oke (1973), nüfusu 1000 ile 2 milyon arasında olan Kanada da yapmış olduğu çalışmada benzer sonuçlar elde etmiştir. Zhou vd. (2013) ise kümelenme ile şehir büyüklüğü arasındaki ilişkiyi istatistiksel bir yaklaşım ile belirlemeye çalışmışlardır. Lemonsu vd. (2015), KIA'nın kentin büyüklüğü, şekli, bileşimi ve mahallelerinin düzeninden etkilendiğini bulmuştur. Zhou vd. (2015), 2003-2012 yılları arasında, Çin'in 31 büyük şehri için KIA, gündüz ve gece boyunca ilgili şehrin alanından sırasıyla 2,3 ve 3,9 kat daha büyük olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmaların tümü, şehir büyüklüğünün KIA yoğunluğu üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Kentsel alanların büyüklüğünün yanı sıra KIA'yı etkileyen diğer bir etmen, kentsel alanlardaki kullanım türlerindeki değişiktir. Alan kullanımındaki değişimleri etkileyen faktörler ile geleceğe yönelik değişim modellerinin belirlenmesi de oldukça önemlidir. YYS ile alan kullanım türü arasındaki ilişkinin belirlenmesi, KIA tespiti ve azaltılmasına yönelik planlama çalışmaları için gereklidir (Peng vd., 2016).

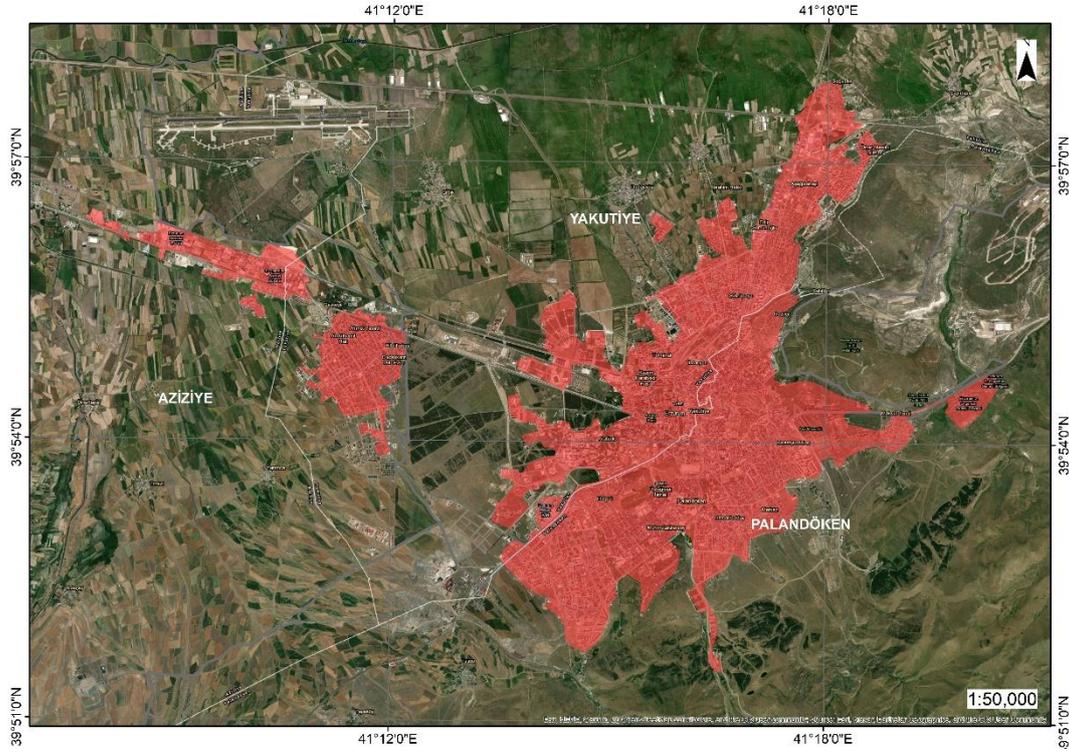
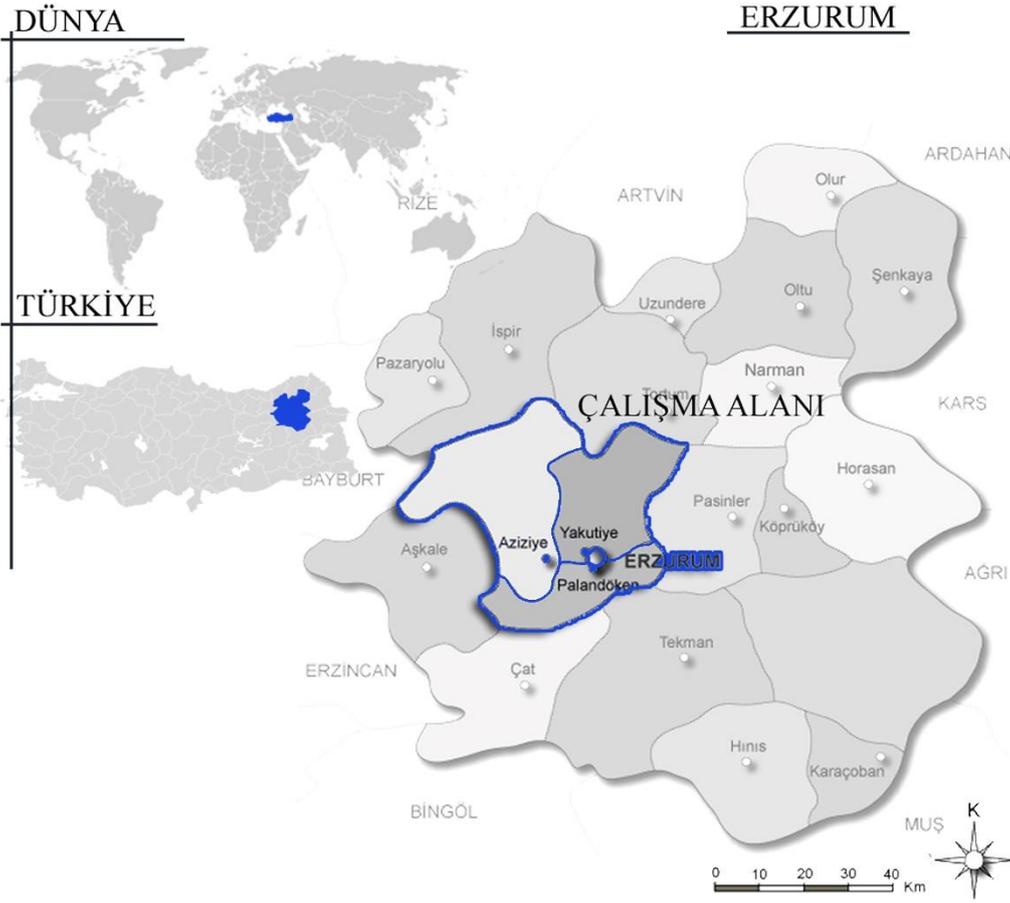
Çalışmalar, farklı alan kullanım türlerinin KIA üzerinde heterojen etkiler oluşturabileceğini göstermiştir (Zhou vd., 2011, Lin ve Lin, 2016; Hau vd.2022; Xiang vd.2022). Dos Santos vd., (2017) geçirimsiz yüzeylerin KIA'yı artırdığını, Dimoudi ve Nikolopoulou, (2003), Li vd., (2013), Chang ve Li (2014), Doick vd. (2014), Gunawardena vd., 2017; Park vd., (2017) ise, yeşil alanların KIA etkisini azalttığını bulmuşlardır. Li vd., (2011) çalışmalarında, yeşil alanın %10 artırılmasının, sıcaklığı 0,86 °C düşürdüğü, Streiling ve Matzarakis (2003) yeşil alan ile geçirimsiz alan arasındaki sıcaklık farkının yaklaşık 1 °C olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu çalışma ile Erzurum kent merkezi YYS değişimi ve yıllara göre farkının belirlenmesi istenmektedir. Bu bağlamda, çalışmanın amacı alanın farklı yıllara ait YYS görüntülerini, mevcut alan kullanım türlerine göre değişimlerinin belirlenmesi ile KIA'nın etkisi ve büyüklüğünün belirlenmesidir. Bu çalışmada, Erzurum kent merkezi, çalışma alanı olarak tanımlanmıştır. Zamansal kapsam açısından yüzey sıcaklık haritalarının oluşturulmasında 1991 ve 2020 yılları alınmıştır. Alan kullanım haritası olarak 2019 yılına ait Urban Atlas verisi kullanılmıştır. Yüzey sıcaklığı ve alan kullanımı arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve geleceğe yönelik kentsel planlanmanın yapılması çalışmanın önemini ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın, gelecekteki projelerde karar vericiler için çalışmanın altlık oluşturacağı düşünülmektedir.

## 1. Materyal ve Yöntem

### 1.1. Materyal

Çalışma alanı Erzurum kent merkezi olarak belirlenmiştir. Türkiye'nin kuzeydoğusunda bulunan kent, 40° 15 10 ile 42° 35 35 doğu boylamları ve 40° 57 25 ve 39° 10 25 kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Kent merkezinin deniz seviyesinden yüksekliği 1800 m civarında olup, şehir merkezi 40,8 km<sup>2</sup> yüz ölçümüne sahiptir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, kent merkezindeki toplam nüfus 428.302 kişiden oluşmaktadır. Çalışma alanı olan Erzurum kent merkezi Aziziye, Palandöken ve Yakutiye merkez ilçelerinden oluşmaktadır. Kent, yüksek dağlarla çevrili bir ovada yer almaktadır. Topografik yapı, coğrafik konum ve rakımı nedeniyle sert karasal iklime sahiptir. Geçmişten günümüze kadar önemli medeniyetlere ev sahipliği yapmış olan kent, doğal ve kültürel zenginlikleriyle ön plana çıkmaktadır (Dengiz vd., 2019). Özellikle kış şartlarının zorlu olduğu kentte yaşayan insanlar için, kentsel mekân konforunu artıracak yaşanabilir kamusal alanlar ve konut dokusunu oluşturmak önem arz etmektedir. Bu bağlamda kent merkezinin 1991-2020 yılları arasındaki YYS verileri incelenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alan konum haritası (ArcGIS 10.7 yazılımı temel altlık haritasından yararlanılmıştır.)

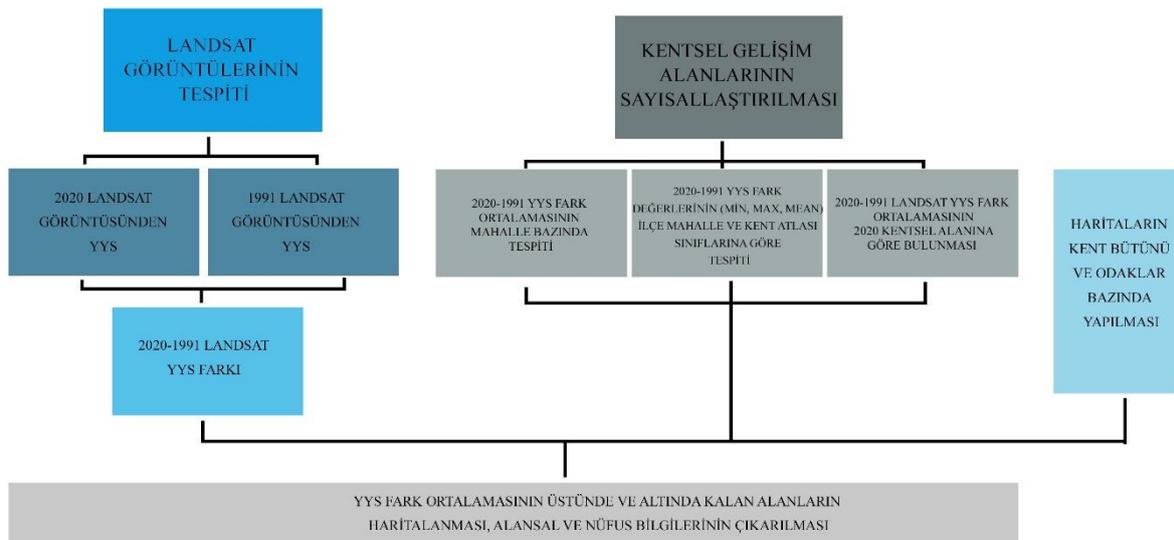
## 1.2. Yöntem

Bu çalışma kapsamında Erzurum kentinin yıllar içerisindeki sıcaklık değişimini belirlemek amacıyla, YYS haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar oluşturulurken temel veriler 1991 (Landsat 5 TM) ve 2020 (Landsat 8 OLI-TIRS) yıllarına ait uydu görüntüleridir. Çalışma yöntemi 6 aşamadan oluşmaktadır.

1. Aşama: Öncelikle çalışma konusu ve Erzurum kenti hakkında detaylı bir literatür taraması yapılmıştır.
2. Aşama: YYS haritaları elde etmek için 1991 ve 2020 yıllarına ait uydu görüntüleri <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites> internet adresinden elde edilmiştir. YYS ile alan kullanımı arasındaki ilişkiyi irdeleyebilmek için Urban Atlstan kentsel alan kullanım haritaları elde edilmiştir. Haritalar elde edilirken bulutluluk oranının %10' dan düşük olduğu ve 1991-2020 yıllarında sıcaklık değerleri yakın günler tercih edilmiştir (Tablo 1).
3. Aşama: YYS haritaları uydu görüntüsünün termal band (10.45-12.42  $\mu\text{m}$ ) verisi kullanılarak oluşturulmuştur.
4. Aşama: 1991 ve 2020 yıllarına ait YYS haritaları arasındaki sıcaklık farkı haritaları oluşturulmuştur.
5. Aşama: Çalışmada belirlenen tarihler arasında sıcaklık farkları ortaya konulmuştur. Bu durum sonucunda kentin mahalle bazındaki sıcaklık değişimleri ve nüfusla olan ilişkisi irdelemiştir.
6. Aşama: Son olarak, 1991 ve 2020 yılları arasındaki sıcaklık farkı haritalarından 5 önemli odak noktası belirlenmiş ve bu alanlardaki kentsel ısınma ve soğumaların nedenleri irdelenmiştir. Çalışmada uygulanan süreçler Şekil 2' de verilmiştir.

Tablo 1. 1991-2020 uydu görüntülerine ait tarihler

İl Adı	Landsat 8 Termal Bant (Bant 10)		Landsat 5 Termal Bant (Bant 6)	
Erzurum	Tarih	Saat	Tarih	Saat
	26.08.2020	10:56	27.08.1991	09:19
	LC08_L1TP_172032_20200826_20200905_01_T1		LT05_L1TP_172032_19910827_20171208_01_T1	



Şekil 2. Yöntem akış şeması

### 1.2.1. Yer Yüzey Sıcaklık (YYS) Haritası

YYS, arazi yüzeylerinin ısı enerjisi dengesini ve termal akışını analiz etmek için kullanılan temel parametrelerden biridir. İklim değişikliği, KIA oluşumu, su kaynakları yönetimi ve çevre çalışmaları yapmak için de kullanışlıdır. YYS analizi, üç basamaklı işlem olarak yapılmaktadır. İlk aşamada spektral radyans haritası elde edilen uydu görüntülerinden oluşturulur. Bir sonraki aşamada, radyans haritasından elde edilen veriler kullanılarak sıcaklık haritası üretilir. Üçüncü ve son aşamada ise, elde edilen sıcaklık haritası Kelvin cinsinden olduğu için, haritanın °C olarak YYS elde edilir (Amir vd. 2022). Bu işlemlerin yapılmasında ArcGIS for Desktop 10.7 paket programına ait Raster Calculator aracı ile indirilen uydu görüntülerindeki meta veri dosyaları kullanılmıştır.

#### - **Spektral radyans değerlerinin üretilmesi**

Spektral radyans ( $L\lambda$ ) değerlerinde kullanılan denklem (Athick vd., 2019) aşağıda verilmiştir.

$$L\lambda = 'gain' * DN + 'bias' \quad 1$$

Yani;  $L\lambda = MLQcal + AL$  şeklinde olmalıdır. Buna göre; belirtilen eşitlikteki,

$$L\lambda = \text{Spektral radyans}(\text{Watts}/(\text{m}^2 * \text{srad} * \mu\text{m})) \quad 2$$

ML= Banda özgü ölçekleme çarpan faktörü

AL= Banda özgü ölçekleme toplama faktörü

Qcal=Kuantize ve kalibrasyonu yapılmış standart hücre değeri” (Gazi vd., 2021) şeklinde tanımlanmaktadır. Aşağıdaki denklem gibi formülize edilerek anlamlı hale gelebilmektedir:

$$L\lambda = LMAX\lambda - LMINL\lambda / (Qcal\ max - Qcal\ min) * (Qcal\ max - Qcal\ min) + LMIN\lambda \quad 3$$

#### - **Kelvin cinsinden parlaklık sıcaklığının üretilmesi**

Spektral radyans değeri oluşturulduktan sonra parlaklık sıcaklığının elde edilebilmesi için denklem (Gazi vd. 2021);

$$Tb = K2 / \ln(K1 / (L\lambda + 1)) \quad 4$$

Formülde yer alan;

Tb: Kelvin cinsinden sensöre giden parlaklık sıcaklığı.

Lλ: Spektral radyans(Watts/(m<sup>2</sup> \* srad \* μm))

K1: Kullanılan termal banda özgü termal dönüşüm sabiti

K2: Kullanılan termal banda özgü termal dönüşüm sabiti” (Gazi vd., 2021) olarak tanımlanır.

#### - **Kelvin parlaklık sıcaklığından Santigrad (°C) sıcaklık haritası oluşturulması**

Son adımda Kelvin cinsinden elde edilen YYS değerinin Santigrad’ a dönüştürülmesi için;

$C = K - 273.15$  formülü kullanılmaktadır (Athick vd., 2019).

- **Yayınrlık Değerinin Hesaplanması**

Yayınrlık, toplam ışın enerjisinin, emilen ışın enerjisine oranı olarak tanımlanır. Piksel değeri olarak tanımlanan yayınrlık değeri řu şekilde hesaplanır;

$$\varepsilon\lambda = \varepsilon\nu\lambda P\nu + \varepsilon s\lambda(1 - P\nu) + C\lambda \quad 5$$

$\varepsilon\nu$  ve  $\varepsilon s$ : Bitki ve toprak yayılım değeri

$P\nu$ : Bitki örtüsü oranı

$C\lambda$ : Ortalama arazi pürüzlülüęü olarak ifade edilir (Sobrino vd., 2004).

- **YYS'nin Üretilmesi**

Denklem 3' de sıcaklık değeri arazideki gerçek sıcaklık değeri göstermemektedir. Bir sonraki aşamada, sensör parlaklığı sıcaklık değeri, yer yüzey emisyon doğrulaması yapılarak YYS üretilmektedir (Zhang vd., 2006; Polat, 2020).

$$T_s = T_b/1 + (\lambda \times T_b/h \times c/b) \times \ln \varepsilon\lambda \quad 6$$

$T_s$ : Sensör parlaklık sıcaklığı.

$\lambda$ : Gelen termal bant dalga boyu

$h$ : Planck sabit değeri ( $6.626 \times 10^{-34}$ J.s)

$b$ : Boltzmann sabit değeri ( $1.38 \times 10^{-23}$ J/K-1)

$c$ : Işık hızı ( $2.998 \times 10^8$ m/s)

$\varepsilon\lambda$ : Piksele karşılık gelen yayınrlık olarak tanımlanır (Sobrino vd., 2004).

- **Normalize Edilmiş Bitki Varlığı**

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) bir sonraki aşamada, normalize edilmiş bitki varlığını hesaplamak için;

$$NDVI : (Band 5 - Band 4) / (Band 5 + Band 4) \quad 7$$

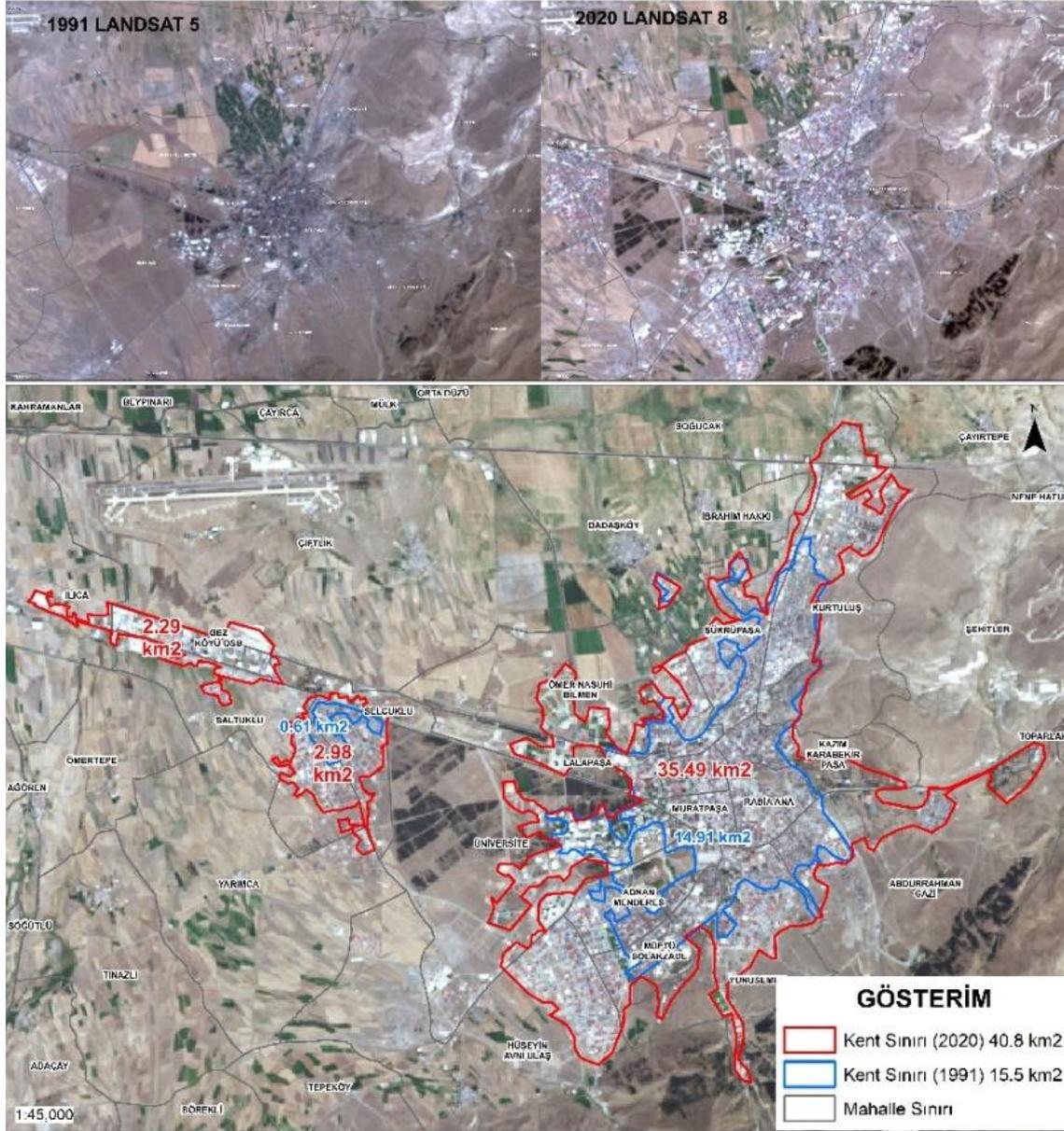
$P\nu$  bitki örtüsü oranı hesaplanırken, NDVI'in bitki ve toprak değeri kullanılmaktadır. Bu hesaplama yeryüzü yayınrlık değeri ( $\varepsilon$ ) hesaplanmasında da kullanılmaktadır (Sobrino vd., 2004; Giannini vd., 2015; Akyürek, 2020)

$$P\nu : ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))^2 \quad 8$$

$$\varepsilon_{TM6} = 0.986 + 0.004 P\nu \quad 9$$

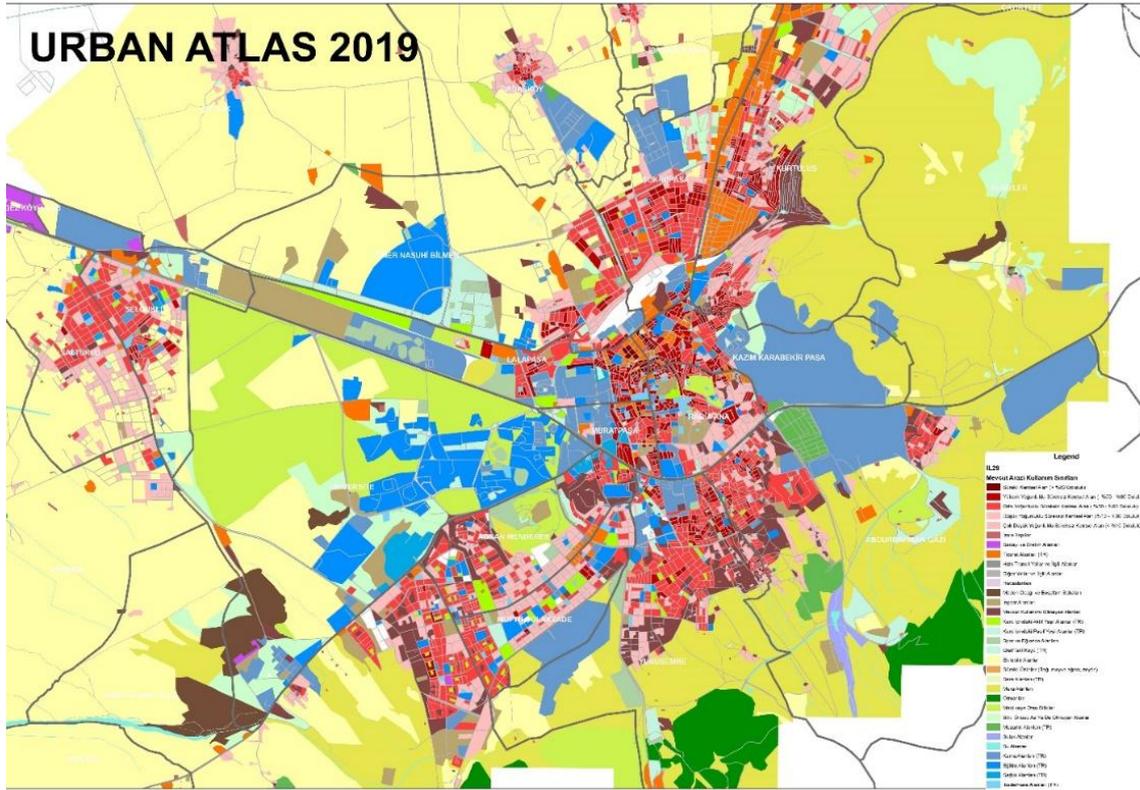
## 2. Bulgular

Çalışmada, 1991 ve 2020 yıllarına ait uydu görüntüleri incelenmiştir. WGS 1984 Zone 37N koordinat sistemine göre 1991 yılında yaklaşık 15,5 km<sup>2</sup> olan kent merkezi, 2020 yılında 40,8 km<sup>2</sup>'ye ulaşmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Erzurum kent merkezine ait 1991 ve 2020 uydu görüntüleri

Erzurum kenti alan kullanımları açısından irdelendiğinde, kentin kuzey, batı ve güney kısımlarını çeper gibi saran ekilebilir tarım arazileri mevcuttur. Palandöken ilçesine bağlı Müftü Solakzade, Adnan Menderes ve Hüseyin Avni Ulaş Mahalleleri farklı yoğunluklarda yerleşim bölgeleridir. Aziziye ilçesinde yerleşim hâkim olup, batı tarafında 1. Organize sanayi ve üretim alanları vardır. Yakutiye ilçesi, kamu kurum kuruluşları, Atatürk ve Erzurum Teknik Üniversitelerinin de yer aldığı birçok eğitim kurumu, kent dokusu ve ticaret alanları ile öne çıkmaktadır. Kentin doğu sınırlarında mera alanları bulunmaktadır. Erzurum ve Abdurrahman Gazi olarak bilinen 2 adet kent ormanı Palandöken ilçesinde yer almaktadır. Kent içi aktif ve pasif yeşil alan miktarı artırılmalıdır (Şekil 4).



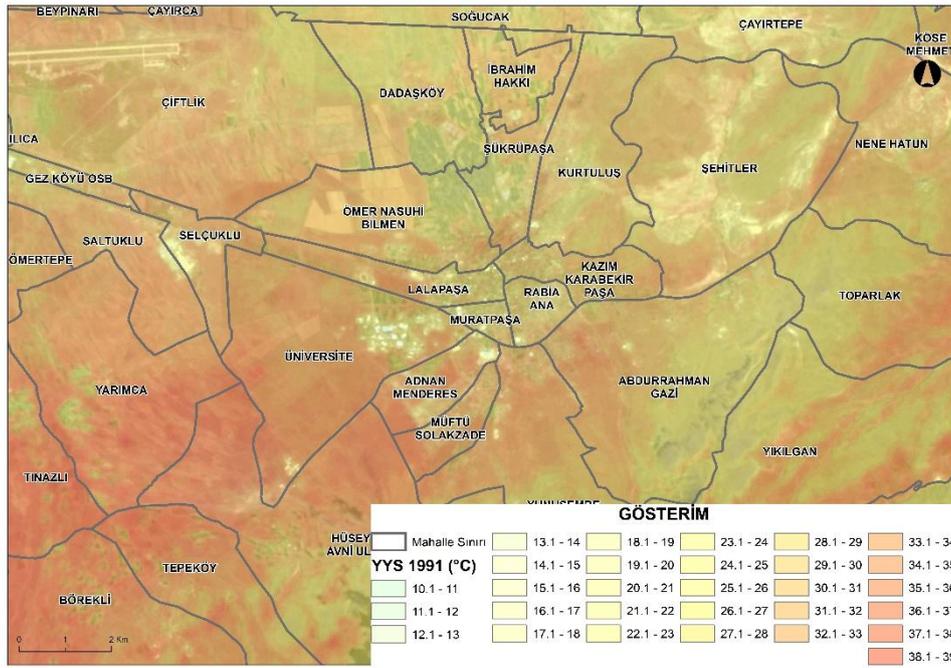
Şekil 4. Erzurum kent merkezi alan kullanımları

Erzurum Aziziye, Palandöken ve Yakutiye merkez ilçeleri için 1991 yılı kentleşmiş alanında Data Management/Create Random Points isimli araçla asgari 10 metre aralıklarla 47.805 adet örneklem noktası oluşturulmuş ve bunlara Spatial Analyst/Extract Values to Points isimli araçla 1991 yılı YYS değerleri yazdırılmıştır. Buna göre, kentin 1991 yılı ortalama YYS değeri 26,7 °C, minimum YYS değeri 10,4 °C ve maksimum YYS değeri 34 °C olarak tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. 1991 Erzurum kent merkezi YYS haritası verileri

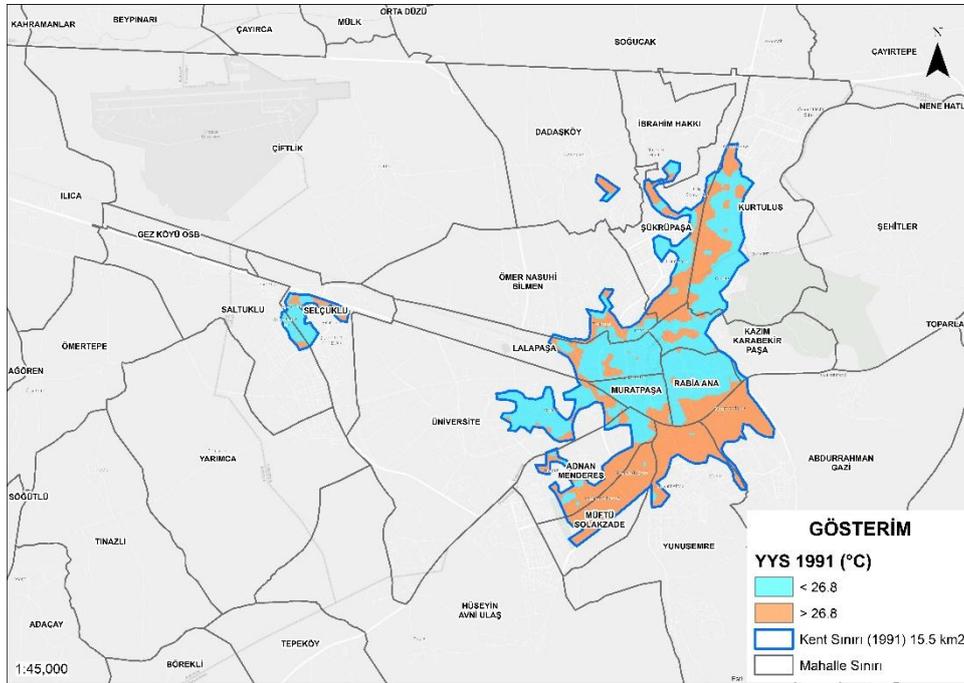
Örneklem Sayısı	Minimum Sıcaklık (°C)	Maksimum Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Standart Sapma
47.805	10,4	34	26,7	2.49

Kent merkezine ait 1991 yılı YYS haritasına bakıldığında, Dadaşköy Mahallesi'nin kuzey, Şükrüpaşa Mahallesi'nin batı ve Ömer Nasuhi Bilmen Mahallesi'nin kuzey batı mahalle sınırlarının kesişim bölgesi genel kent ortalamasından daha düşük değere sahiptir. Bu durum, o bölgede daha çok ekili tarım arazilerinin bulunduğu ve bitki varlığının kent iklimine olan olumlu etkisini göstermektedir. Yine merkezi konumda yer alan Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi planlı bir konuma sahiptir. Yerleşke düzenlemesinde yeşil alan ve yapı yoğunluğu dengeli olarak tasarlandığı için ortalama sıcaklığın altındadır. Ayrıca KIA'dan etkilenmemiş ve termal konforu yüksek bölge olarak nitelendirilebilir. Fakat kent merkezindeki Sanayi Bölgesi, Kurtuluş, Muratpaşa, Rabia Ana ve Lalapaşa Mahalleleri yoğun kentsel yerleşim dokusuna sahiptir. Yine, Adnan Menderes, Müftü Solakzade, Saltuklu ve Selçuklu Mahalleleri de düşük yoğunlukta yerleşim bölgeleri olup, tüm bu mahallelerin YYS değerleri ortalamanın üstündedir. Ayrıca, kentsel alanda yer alan diğer işlenmemiş tarımsal alanları YYS değerine göre yüksek sıcaklığa sahiptir (Şekil 5).



Şekil 5. 1991 Erzurum kent merkezi YYS haritası

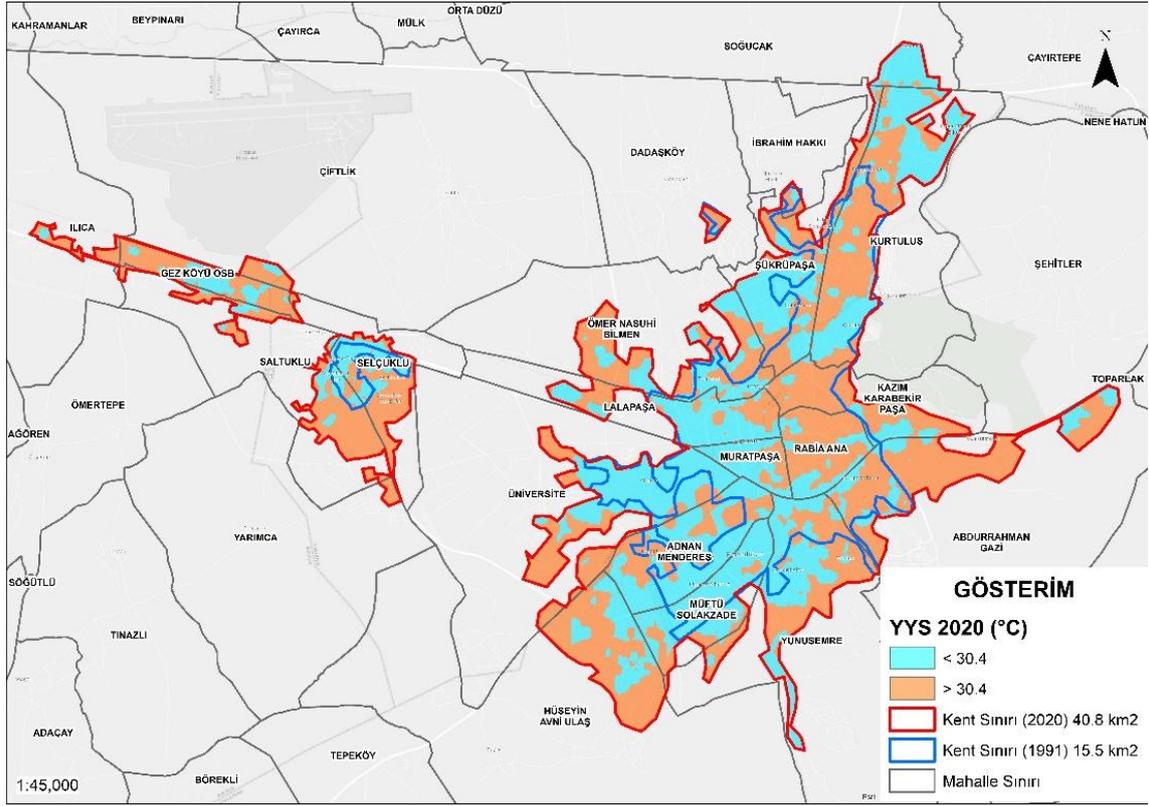
1991 yılına ait sıcaklık verileri üzerinden değerlendirme yapıldığında kent merkezinin 7.6 km<sup>2</sup> 'si YYS değeri bakımından ortalamanın (26,8 °C) üzerindedir. 7.9 km<sup>2</sup>'si ise ortalamanın altında kalmaktadır. Özellikle, Palandöken İlçesinde yer alan, Adnan Menderes, Solak Müftüzade ve Kazım Yurdalan Mahalleleri ile Yakutiye İlçesi, Şükrüpaşa Mahallesinin bazı bölgeleri yüksek oranda sıcaklığa sahiptir (Şekil 6).



Şekil 6. 1991 yılı YYS ortalama sıcaklık değerinden fazla olan mahalleler

2020 yılı Erzurum kentsel alanına ait 10 m aralıklarla, 125.559 örneklem noktası oluşturulmuş ve 2020 YYS değerleri yazdırılmıştır. Buna göre kentin 2020 yılı ortalama YYS değeri 30,4 °C, minimum YYS değeri 14,7 °C, maksimum YYS değeri ise 38,9 °C derece bulunmuştur (Tablo 3).



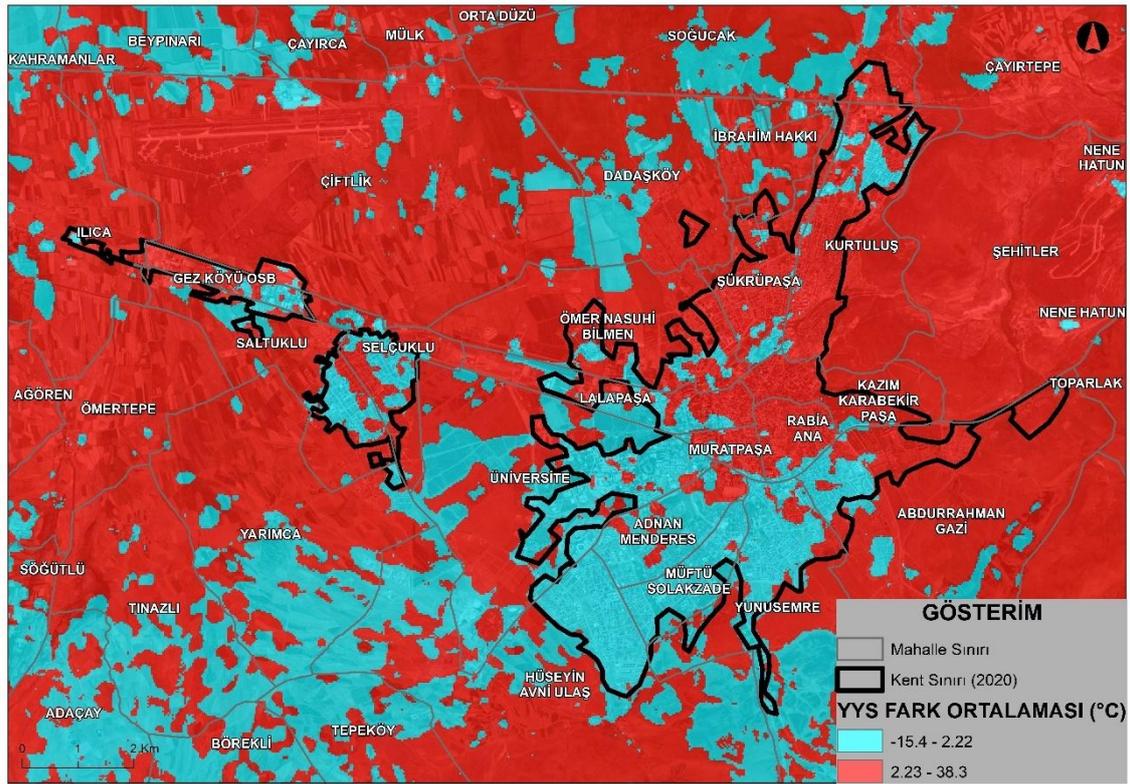


Şekil 8. 2020 yılı YYS ortalama sıcaklık değerinden fazla olan mahalleler

Sıcaklık farkının yıllara göre değişimini ortaya koymak için Erzurum 2020 yılı kentsel alanına ait örneklem noktalarına 2020-1991 yılı YYS fark değeri yazdırılmıştır. Buna göre elde edilen bulgular sıcaklık farklarının minimum -15,4 °C, maksimum 19,5 °C ve ortalama 2,2 °C değere sahip olduğunu göstermiştir (Tablo 4). Yani kent genelinde 1991 ve 2020 yılları karşılaştırıldığında, hava sıcaklığı çok yakın olmasına rağmen 2020 yılında ortalama 2,2 °C daha fazla YYS değerine sahiptir. Erzurum kentinin her iki yıla ait ortalama YYS farkı 2,2 °C derece olarak bulunduktan sonra bu değer üstünde ve altında olan yerler haritalanmıştır (Şekil 9).

Tablo 4. 1991-2020 Erzurum kent merkezi YYS farkı haritası verileri

Nokta Sayısı	Minimum Farkı(°C)	Sıcaklık	Maksimum Farkı(°C)	Sıcaklık	Ortalama Sıcaklık Farkı (°C)	Standart Sapma
125.559	-15,4		19,5		2,2	3.26

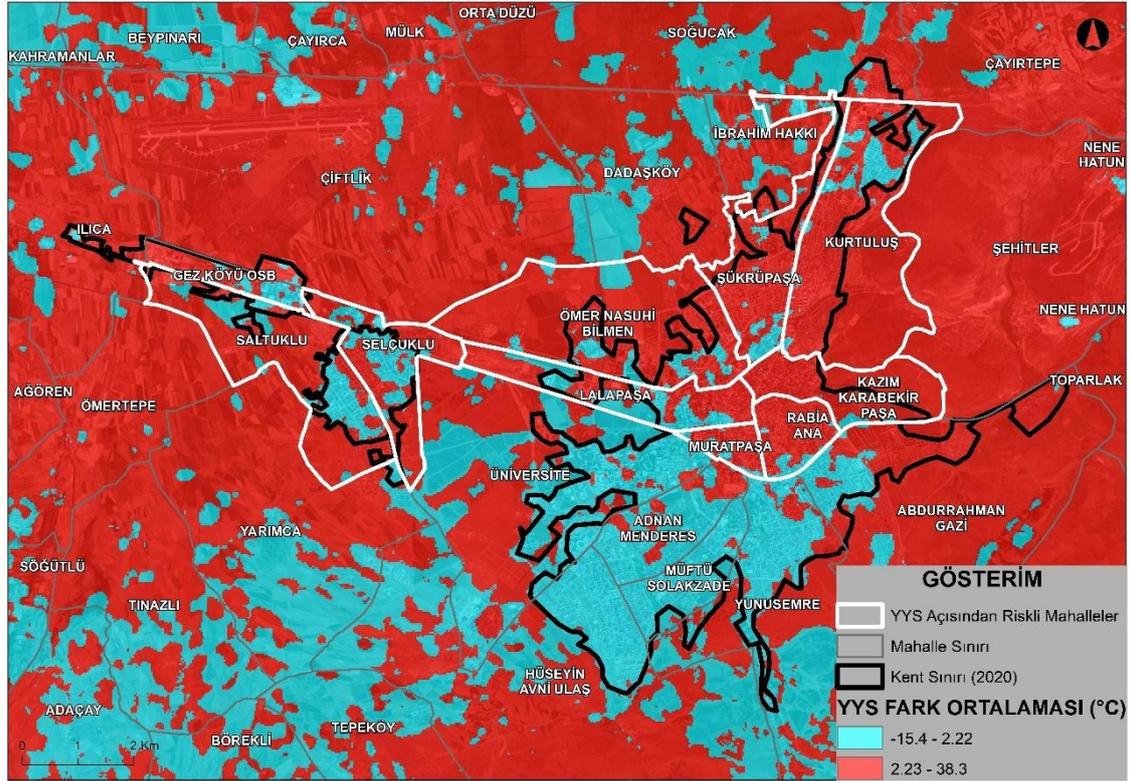


Şekil 9. 1991- 2020 Erzurum kent merkezi YYS fark haritası

Mahallelerin ortalamasının üstünde ve altında kalan alanları çıkarılmıştır. Bu işlem için YYS fark ortalama verisi raster formattan vektör formata dönüştürülerek mahalle ile kesleştirilmiş ve alan değerine ulaşılmıştır. Buna göre çoğunluğu 2020 kent sınırı içinde kalan ve ortalamasının üzerinde kalan oranı %50'nin üzerinde kalan 9 riskli mahalle Tablo 5' te gösterilmektedir (Şekil 10).

Tablo 5. Erzurum kent merkezi YYS farkı bakımından riskli mahalleler

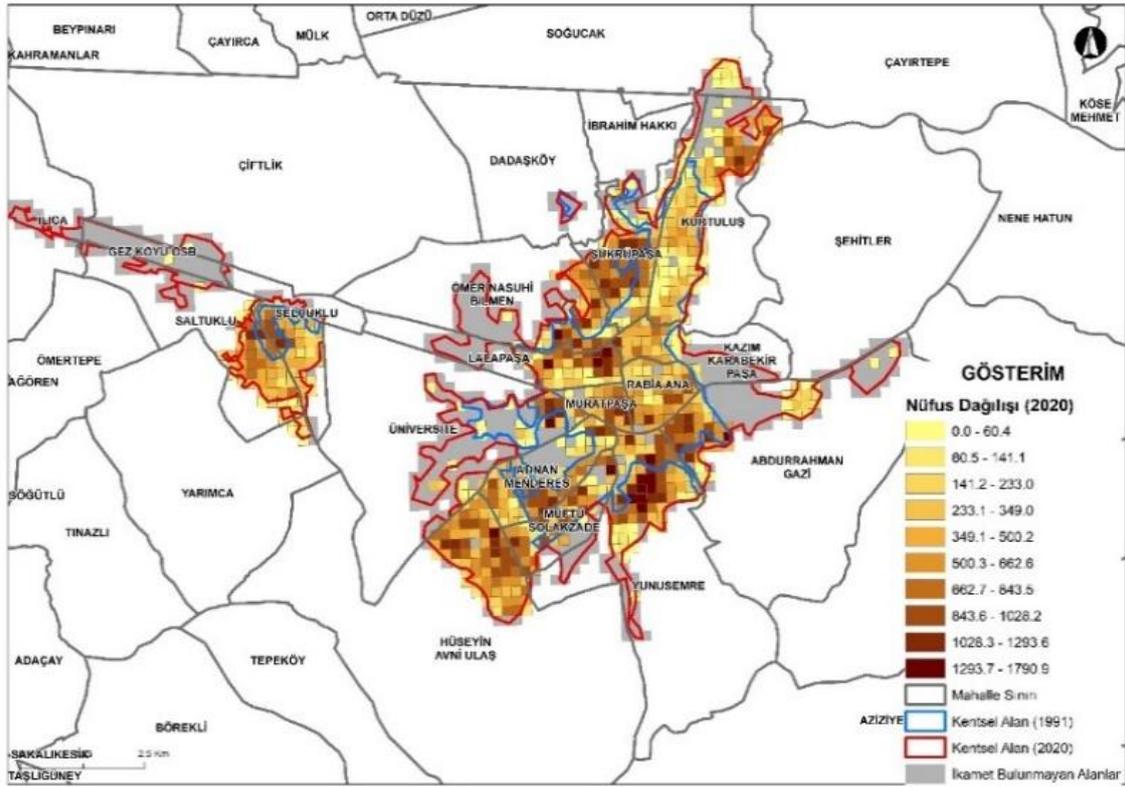
İlçe Adı	Mahalle Adı	Ortalamanın Üstünde Kalan Alan Oranı
Yakutiye	Kazım Karabekir Paşa	96.3
Yakutiye	Kurtuluş	89.1
Yakutiye	Ömer Nasuhi Bilmen	88.2
Yakutiye	Rabia Ana	86.9
Yakutiye	Şükrüpaşa	83.9
Aziziye	Saltuklu	75.7
Yakutiye	Muratpaşa	74.5
Aziziye	Selçuklu	67.7
Yakutiye	Lalapaşa	61.9



Şekil 10. 1991- 2020 Erzurum kent merkezi YYS fark bakımından riskli mahalleler

Bunlardan özellikle Rabia Ana, Muratpaşa, Kazım Karabekir Paşa, Kurtuluş ile 1991 yılından sonra yoğun kentleşen Şükrüpaşa Mahallesi YYS açısından daha riskli durumdadır. Şükrüpaşa Mahallesi kentsel tarım arazilerinin bulunduğu bölge iken, zamanla yoğun kent dokusuna dönüşmüştür. Rabia Ana, Muratpaşa, Kurtuluş ve Kazım Karabekir Mahalleleri eski yerleşim bölgesi olduğu için yoğun, sık dokulu ve koyu renkli malzemelerle yapılmış kentsel mekân olarak bilinmektedir. Yine bu Mahallelerde boş toprak arazilerinin de yer alması YYS değerinin yüksek çıkma nedenini oluşturmaktadır.

2020 kentsel alanda 25003 yapı bulunmaktadır. Bu yapıların 17808 tanesinin mesken amaçlı olduğu ve bu binalarda yaklaşık olarak 358.035 nüfus yaşadığı tahmin edilmektedir (Şekil 11). YYS ortalama fark değerinin 2,22°C ve üzerinde kalan alanda toplam 6014 yapı bulunduğu ve bunlarda da 210.724 nüfus yaşadığı tahmin edilmektedir. Buna göre nüfusun %58,8'i kentin YYS fark ortalamasının üzerinde yaşadığı tahmin edilmektedir. Alansal açıdan bakıldığında ise 2020 kentsel alanının %52,58'i ortalamanın üstünde, %47,41'i ortalamanın altında kalmaktadır.

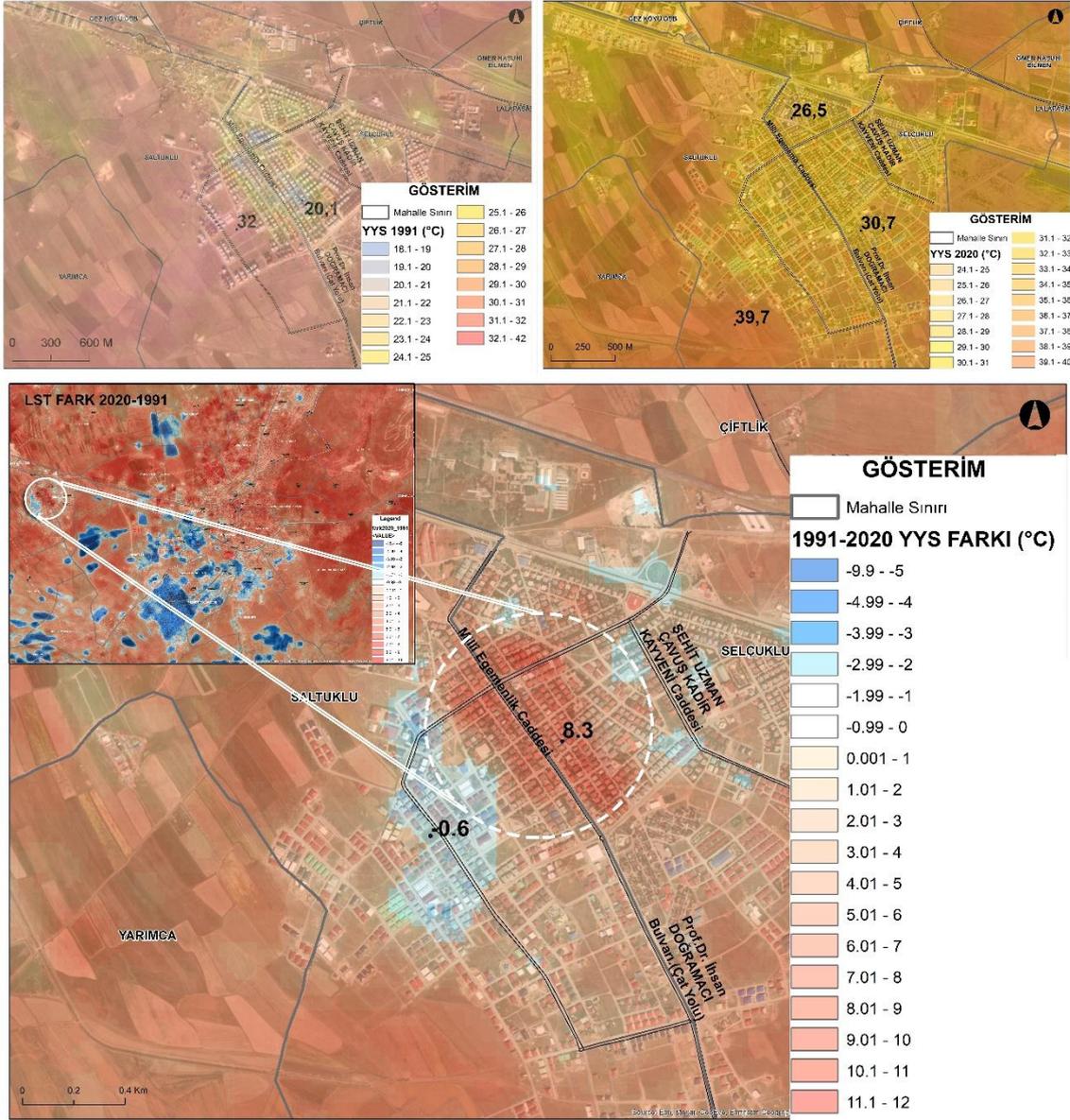


Şekil 11. 2020 Erzurum kent merkezi nüfus dağılışı

## 2.1. YYS değerlerinin odaklar bazında incelenmesi

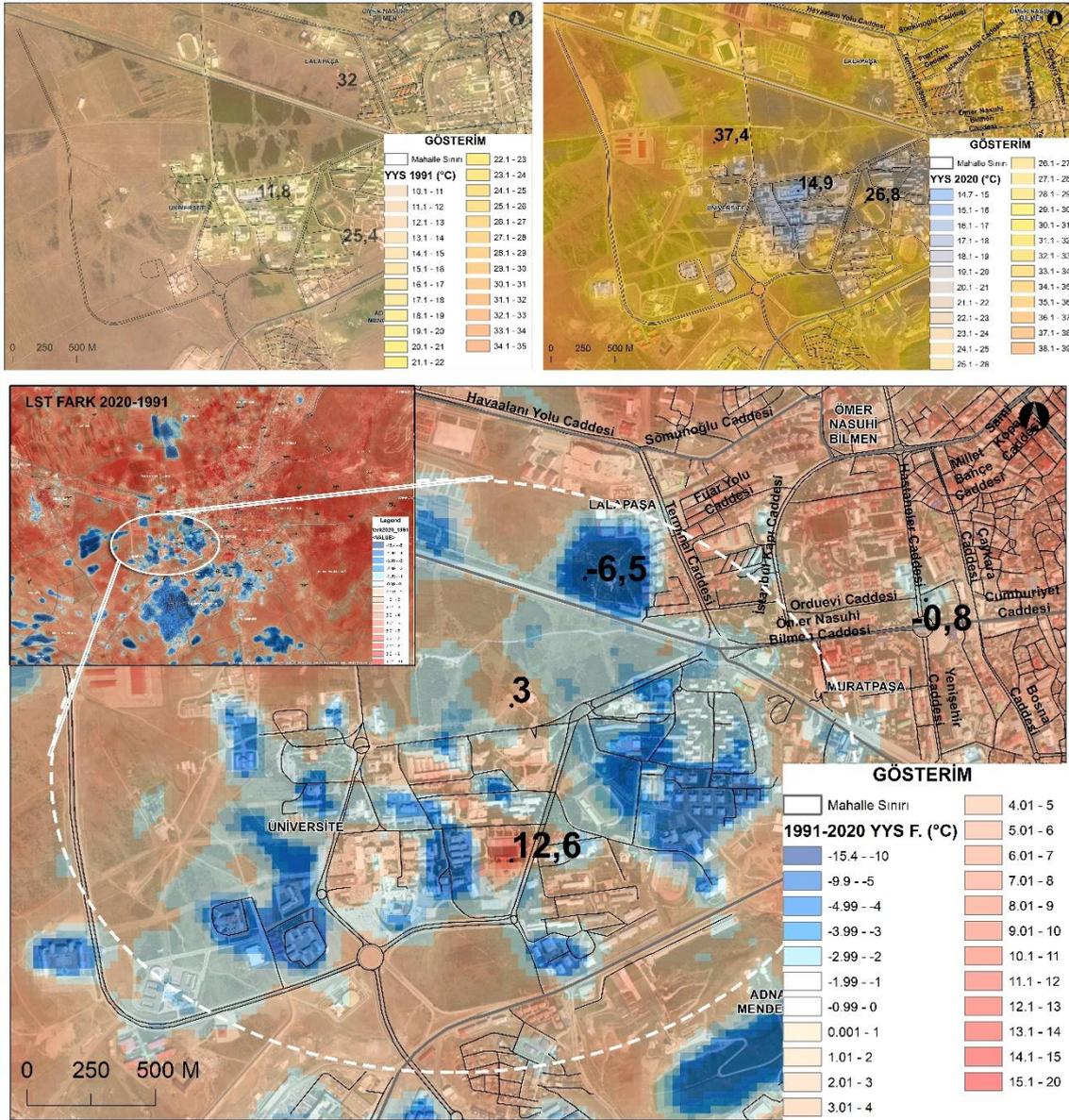
Kent merkezi YYS değerleri incelendiği zaman, 1991-2020 yılları arasında 5 farklı odak noktada sıcaklık değişimleri tespit edilmiştir. Nüfusun yoğun olduğu Palandöken ve Yakutiye İlçeleri ile nüfusu artmakta olan Aziziye İlçelerinde önemli sonuçlar elde edilmiştir.

1. Odak bölgesi olan Aziziye İlçesinde 1991 ve 2020 yıllarına ait haritalara bakıldığında yerleşim bölgesinin çıplak tarım arazilerine göre daha serin olduğun ortaya çıkmıştır. Fakat bu odak noktasında Aziziye İlçesi, Saltuklu ve Selçuklu Mahallelerinin ayırım çizgisini oluşturan Milli Egemenlik Caddesi ve bu caddeye paralel caddelerde kentsel ısınma hissedilir seviyede gözlemlenmektedir. Yıllar arası YYS farkı 8,3 °C sıcaklık artışı olduğunu göstermektedir (Şekil 12).



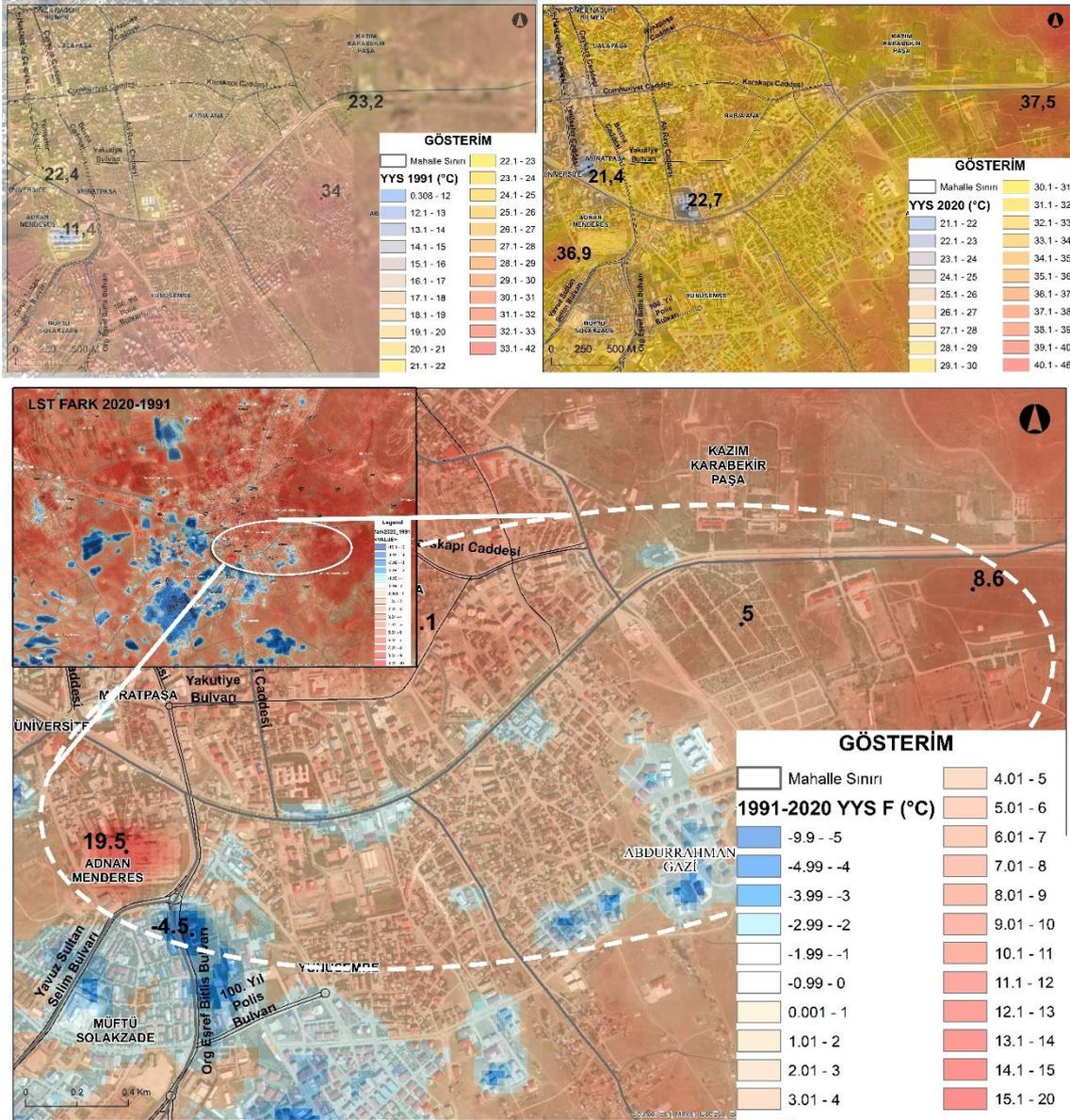
Şekil 12. 1991 ve 2020 yılları arasındaki YYS farkı odak-1

2.Odak noktası Yakutiye İlçesine bağlı olan, Atatürk Üniversitesi kampüsüdür. 1991 yılında, kampüs içi daha serin görülmektedir. 2020 yılında bitkilerin ve yerleşkenin planlı gelişimi sayesinde soğuma etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir. Kampüs planlı yapıya sahip olması nedeni ile zaman içinde YYS değeri bakımından soğuduğu görülmektedir. Sarıçam ve Huş koruluklarının zamanla büyümesi, kampüs içi bitkilerin gelişmesi, yol genişlikleri, yeşil alan ile sert zemin dengesi bu bölgede KIA oluşumunu engellemektedir (Şekil 13).



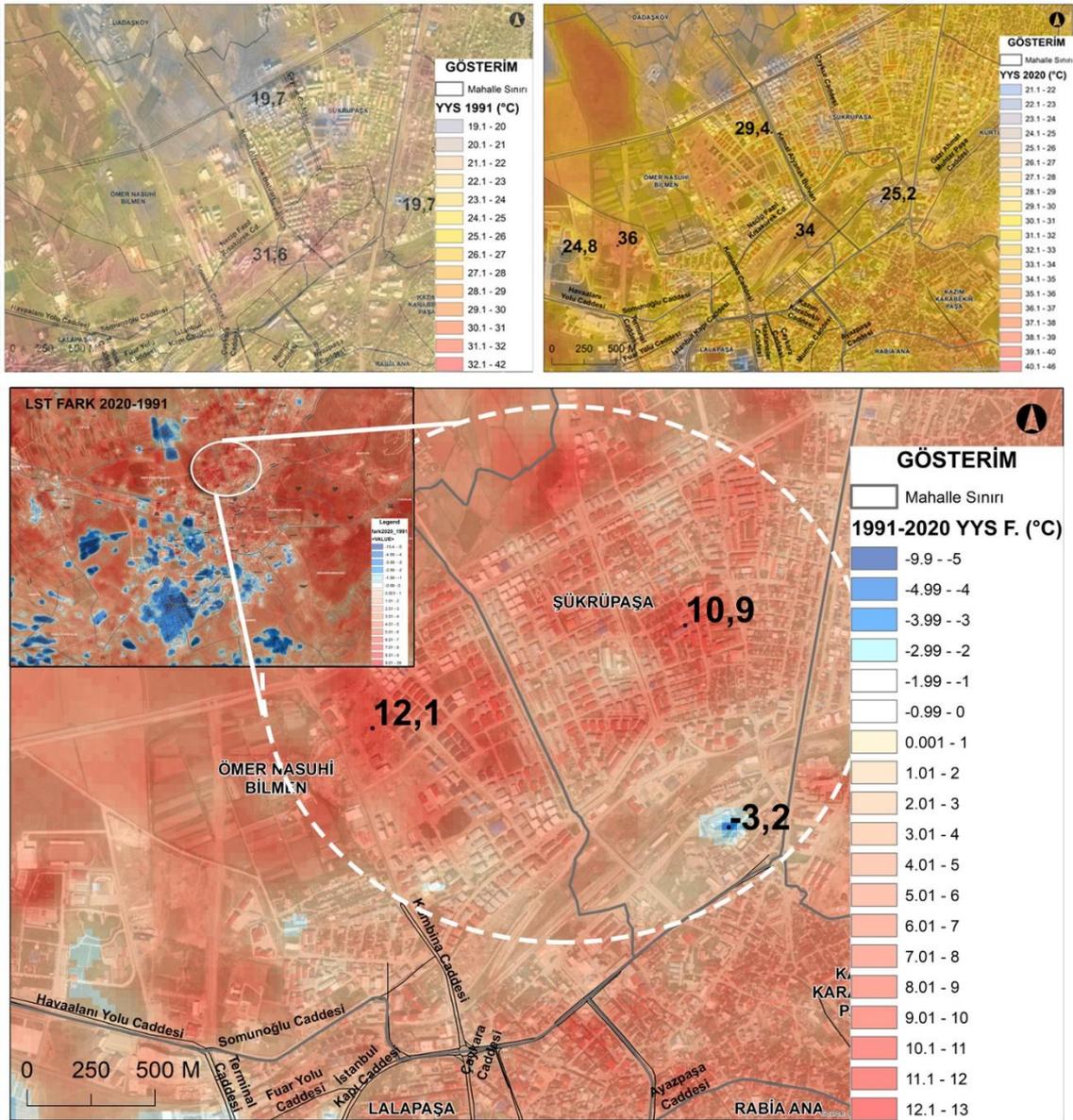
Şekil 13. 1991 ve 2020 yılları arasındaki YYS farkı odak-2

3. Odak, Yakutiye İlçesi sınırlarında yer almaktadır. 1991 yılında Adnan Menderes Mahallesi daha serin iken, 2020 yılında daha sıcak olduğu görülmektedir. Bu odakta, Muratpaşa ve Kazım Karabekir Paşa Mahallelerinde ısınma tespit edilmiştir. Muratpaşa bölgesi eski yerleşim yeridir. Dolayısıyla, bölge yoğun kentsel dokuya sahiptir. Ayrıca bu bölgede dar yollar ve koyu malzeme kullanımı ile önemli bir etken olan yeşil alan ve bitki varlığının az olması bölgede 19,5°C derecelik sıcaklık artışına neden olmuştur. Yine 3. Odak sınırlarında bulunan Abdurrahman Gazi Mahallesinde sıcaklığın azaldığı tespit edilmiştir. Bu soğumanın nedeni çıplak tarım arazilerinin, konut dokusuna dönüşmesiyle açıklanabilir. Hem konut cephelerinin açık renkli olması hem de yeşil alan miktarının artması bölgede YYS değerinin azalmasına neden olmuştur (Şekil 14).



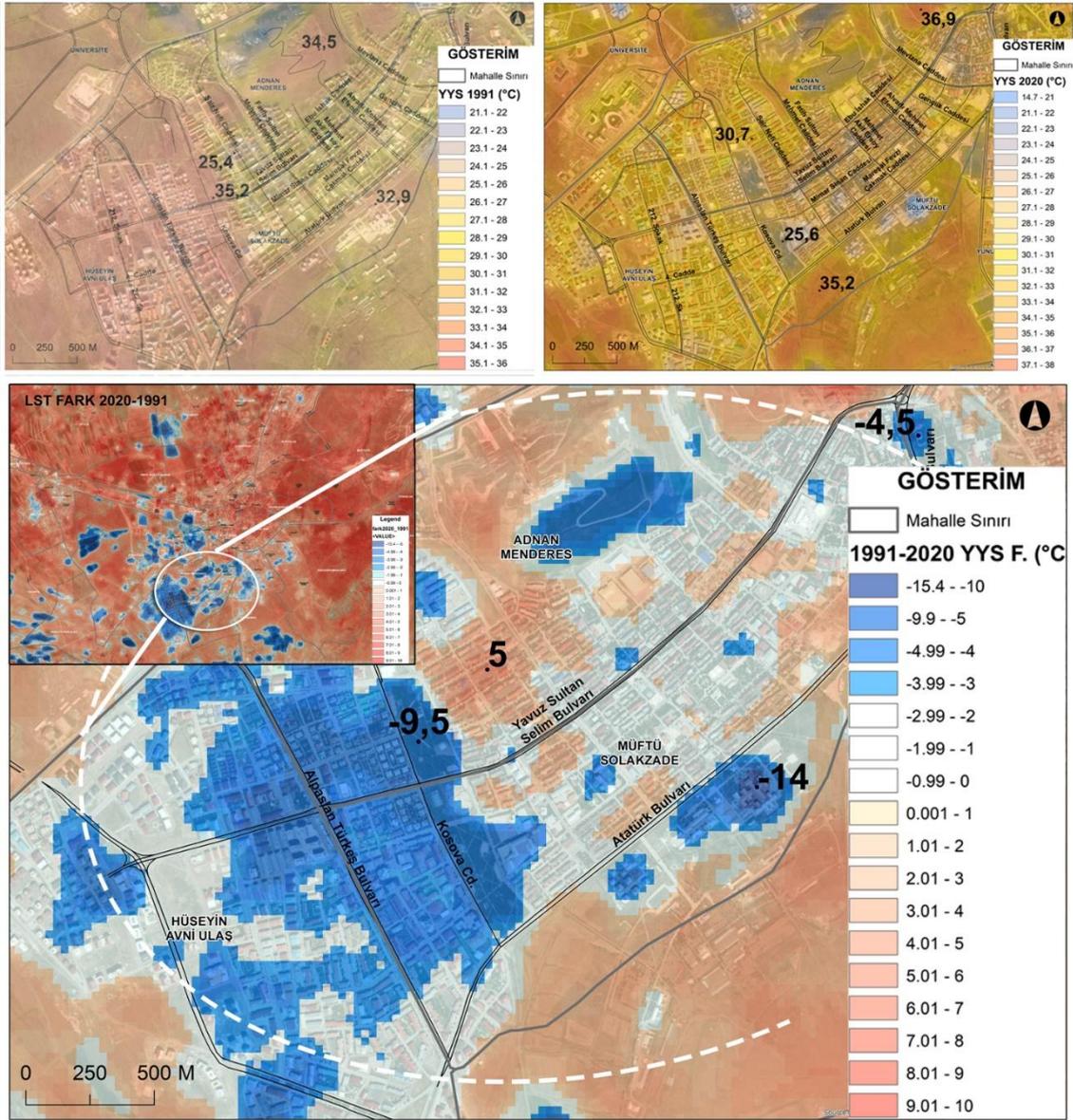
Şekil 14. 1991 ve 2020 yılları arasındaki sıcaklık farkı odak-3

Yakutiye İlçesi, Şükrüpaşa ve Ömer Nasuhi Bilmen Mahalleleri 4. Odak noktası olarak belirlenmiştir. 1991 yılında, bölgenin kuzey kısmında ekili tarımsal arazinin olması KIA oluşumunu engellemekte, hatta soğuduğu gözlenmektedir. 2020 yılına bakıldığında, aktif tarım arazisinin kentsel konut bölgesine dönüşümü KIA'nın oluşumunda etkili rol oynamaktadır. Bölgede aktif tarım yapılan arazinin konut dokusuna dönüşmesi sıcaklık artışına neden olmuştur. Sıcaklık farkının genel olarak arttığı tespit edilen bu odakta, Şükrüpaşa Mahallesi'nin merkezinde 10,9 °C ve Ömer Nasuhi Bilmen Mahallesi'nin Batı kısmında ise 12,1 °C' lik artış tespit edilmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. 1991 ve 2020 yılları arasındaki YYS farkı odak-4

Son ve 5.Odak noktası ise, Palandöken ilçesinde yer alan Hüseyin Avni Ulaş, Adnan Menderes ve Müftü Solakzade Mahallelerini içeren bölgedir. 1991 yılından 2020 yılına kadar çıplak tarım arazisinin planlı konut dokusuna dönüşümü KIA etkisinin azaldığını göstermektedir Hüseyin Avni Ulaş Mahallesinde -9,5 °C soğuma tespit edilmiştir. Özellikle bu bölgede kentin merkezine doğru ilerleyen yeşil kama şeklinde ve ekolojik koridor oluşturacak nitelikte bir park alanı bulunmaktadır. Bu durum, yeşil alanların ve bitkilerin KIA oluşumunu engellemede ne denli etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Alparslan Türkeş Bulvarı, geniş yollar, refüj, yaya bölgesi ve planlı bitkilendirme çalışmalarının yapıldığı bölge olup YYS değerinin azalması ile, planlı kent gelişimin doğru orantılı olduğunu kanıtlamaktadır (Şekil 16).



Şekil 16. 1991 ve 2020 yılları arasındaki YYS farkı odak-5

Alan kullanım türü ve alan kullanım türündeki değişiklik KIA'ya etki etmektedir (Zhou vd., 2013). 2019 yılı Urban Atlas verilerine göre alan kullanım türlerine bağlı olarak değişen sıcaklık durumlarına bakıldığında ise işlenmemiş tarım alanları, bitki örtüsünün az ya da olmadığı alanlar, mevcut kullanımı olmayan alanlar, mera alanları, sanayi ve sürekli kentsel alanların ortalama sıcaklığının fazla olduğu bulunmuştur. Ormanlar, kent içindeki aktif ve pasif yeşil alanlar, maki veya otsu bitkiler ve sürekli ürün işlenen tarım alanları ise düşük sıcaklığa sahiptir (Tablo 6).

Tablo 6. 2019 yılı Urban Atlas sınıflarının 2020 yılı ortalama, minimum ve maksimum YYS değerleri

Alan Kullanım Türü	Ortalama °C	Min°C	Mak°C
Havaalanları	27,0	26,8	27,3
Otel/ Tatil Köyü	27,5	24,4	30,7
Eğitim Alanları	28,9	14,7	38,2
İbadethane Alanları	29,8	21,8	33,3

Çok Düşük Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (< 10%)	29,8	25,6	36,5
Hızlı Transit Yollar ve İlgili Alanlar	30,0	24,0	36,7
Diğer Yollar ve İlgili Alanlar	30,3	16,8	38,0
Orta Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (30% - 50%)	30,3	23,8	36,5
Düşük Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (10% - 30%)	30,4	23,5	37,5
Ticaret Alanları	30,6	21,7	35,9
Yüksek Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (50% - 80%)	30,7	25,4	34,4
Sağlık Alanları	30,7	21,3	34,5
<b>Kamu Alanları</b>	<b>31,0</b>	17,4	39,0
<b>İnşaat Alanları</b>	<b>31,2</b>	22,3	35,4
<b>Sanayi ve Üretim Alanları</b>	<b>31,3</b>	25,2	37,5
<b>Sürekli Kentsel Alan (&gt; 80%)</b>	<b>31,4</b>	28,9	34,3
<b>Demiryolları ve ilgili Alanlar</b>	<b>31,6</b>	26,4	37,4
<b>İzole Yapılar</b>	<b>32,4</b>	30,5	35,4
Ormanlar	25,6	25,0	26,3
Kent İçindeki Yeşil Alanlar (Aktif)	28,5	24,0	33,9
Maki veya Otsu Bitkiler	28,6	20,0	36,4
Kent İçindeki Yeşil Alanlar (Pasif)	28,9	17,2	38,4
Sürekli Ürünler	29,1	28,9	29,2
Sera Alanları	29,6	29,2	30,0
Spor ve Eğlence Alanları	29,6	22,1	36,1
Askeri ve Özel birimler	30,0	26,9	32,8
Mezarlık Alanları	30,9	26,8	34,4
<b>Ekilebilir Alanlar</b>	<b>31,5</b>	23,8	37,0
<b>Bitki Örtüsü Az Ya da Olmayan Alanlar</b>	<b>31,6</b>	25,1	35,7
<b>Mevcut Kullanımı Olmayan Alanlar</b>	<b>31,8</b>	26,3	36,9
<b>Su Alanları (Sulak alan)</b>	<b>31,9</b>	30,0	34,1
<b>Mera Alanları</b>	<b>32,6</b>	26,6	36,4

## SONUÇ:

Artan nüfusun kırsal alanlardan kentsel alanlara yayılması ile beraber oluşan kentleşme olgusu pek çok çevre sorununun da oluşmasına neden olmuştur. Kentleşmenin artmasıyla beraber, alan kullanım türlerini değiştirmektedir. Alan kullanım türlerinde gerçekleşen değişim yerel ve bölgesel ikliminde

değişimine neden olmaktadır. Oluşan KIA beraberinde pek çok çevre sorununu getirmekte, bu da kentte yaşayan insanların yaşam kalitesine etki etmektedir.

Alan kullanımında meydana gelen dönüşüm ve buna bağlı olarak gerçekleşen YYS değişimini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma, Erzurum kent merkezinde yürütülmüş ve bu kapsamda 1991 ve 2020 yıllarına ait uydu görüntüleri incelenmiştir. Erzurum da gerçekleştirilen bu çalışmada olduğu gibi YYS hesabı yapılarak birçok farklı çalışma ortaya konmuştur (Şekertekin ve Marangoz, 2019; Akyürek, 2020; Mercan, 2020; Polat, 2020; Kimothi 2023). 1991 yılında kentsel alan yaklaşık 15.5 km<sup>2</sup> iken, 2020 yılında 40,8 km<sup>2</sup>'ye ulaşmıştır. Kentin 1991 yılı ortalama YYS değeri 26,7 °C, minimum YYS değeri 10,4 °C ve maksimum YYS değeri 34 °C olarak tespit edilmiştir. 1991 yılına ait sıcaklık verileri üzerinden değerlendirme yapıldığında kent merkezinin %49'u sıcaklık ortalamasının üzerinde olduğu bulunmuştur. Kentin 2020 yılı ortalama YYS değeri 30,4 °C, minimum YYS değeri 14,7 °C, maksimum YYS değeri ise 38,9 °C derece olarak tespit edilmiş, 2020 yılına ait sıcaklık verileri üzerinden değerlendirme yapıldığında kent merkezinin %55'i ortalamasının üzerinde olduğu bulunmuştur. Alkan vd. (2017) yaptıkları çalışmada, Batman iline ait 1985 YYS değerinin temmuzda 26-56 °C arasında değiştiğinin ve 2015 yılında ise aynı ayda ise sıcaklığın 28-59 °C arasında değiştiğini bildirmiştir. Erzurum'da yapılmış olan bu çalışmada da yıllar arası değişime bakıldığında Batman ilindeki gibi sıcaklık artışı olduğu tespit edilmiştir. Mercan (2022) Muş ilinde yaptığı çalışmada, 29 yıllık farkı değerlendirmiş, 1990 ve 2019 yılları arasında yıllık 0,3 °C artışın olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca kentin kuzeydoğu bölgelerinde oluşan YYS artışının küresel ısınmadan kaynaklı olabileceğini vurgulamıştır. Erzurum'da yapılan bu çalışmada ise 0,1 °C yıllık artış olduğu tespit edilmiştir. Yine, Polat (2020) Mardin ili YYS değerlerini elde ettiği çalışmada 1990 yılı eylül ayında 10,17 °C - 38,58 °C arasında ve 2018 yılı Eylül ayında ise 24,82 °C - 49,91 °C arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Bu çalışmayı destekler nitelikte bulguların elde edilmesi yıllar arasında YYS artışının olduğunu net bir şekilde ifade eder.

Erzurum kent merkezinde 15 adet mahalle bulunmaktadır. Buna göre çoğunluğu 2020 kent sınırı içinde bulunan ve ortalama YYS'nin üzerinde kalan alan oranı % 50'nin üzerinde tespit edilen Kazım Karabekir Paşa, Kurtuluş, Ömer Nasuhi Bilmen, Rabia Ana, Şükrüpaşa, Saltuklu, Muratpaşa, Selçuklu, Lalapaşa Mahalleleri YYS açısından riskli alanlar olarak tespit edilmiştir. Riskli alanlar tüm kent merkezinin %52,5'nin oluşturmaktadır.

2020 yılında kentsel alanda 25.003 yapının %71'i mesken amaçlı kullanılmaktadır. Bu binalarda yaklaşık olarak 358.035 nüfus yaşadığı tahmin edilmektedir YYS ortalama fark değerinin üzerinde kalan alanda toplam 6014 yapı bulunmakta ve bunlarda da 210.724 nüfus yaşadığı tahmin edilmektedir. Buna göre nüfusun %58,8'i kentin YYS fark ortalamasının üzerinde yaşadığı tahmin edilmektedir. Alansal açıdan bakıldığında ise 2020 kentsel alanının %52,58'i ortalamasının üstünde, % 47,41'i ortalamasının altında kalmaktadır.

Zhou vd., (2013) alan kullanım türlerindeki değişimin KIA'yı etkilediğini belirtmişlerdir. 2019 yılı Urban Atlas verilerine göre, işlenmemiş tarım alanları, bitki örtüsünün az ya da olmadığı alanlar, mevcut kullanımı olmayan alanlar, mera alanları, sanayi ve sürekli kentsel alanların ortalama sıcaklığının fazla, ormanlar, kent içindeki aktif ve pasif yeşil alanlar, maki veya otsu bitkiler ve sürekli ürün işlenen tarım alanlarının ise sıcaklığı düşüktür. Su alanları olarak gösterilen alanlar, Erzurum kent merkezinde yer alan geçici sulak alanlardır. Çalışmanın yapıldığı ağustos ayında; Erzurum Ovası sulak alanı, işlenmemiş tarım alanı vasfına sahiptir. Aslında su yüzeyleri kentsel sıcaklığı azaltan alan kullanımlarıdır. Demircioğlu Yıldız vd., (2014) ve Xu vd., (2010), bunu tespit etmek için yapmış oldukları çalışmalarda; su yüzeylerini diğer alan tiplerine göre daha soğuk olduğunu, sudan uzaklaştıkça sıcaklığın artış gösterdiğini bulmuşlardır.

Estoque vd. (2014), ortalama yüzey sıcaklığının geçirimsiz yüzeylerle pozitif, yeşil alanlar ise negatif olarak bir korelasyona sahip olduğunu ve kentin büyüklük ve şekline göre değişiklik gösterdiğini tespit etmiştir. Dos Santos vd. (2017), benzer şekilde, yüzey sıcaklığı ile kentsel alanın pozitif korelasyona

sahip olduğunu, KIA'nın geçirimsiz yüzeylerde yüksek, bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda düşük olduğunu bulmuştur.

Yüksel ve Yılmaz (2008) çalışmalarında, kent merkezlerinde yer alan geçirimsiz yüzeylerin sıcaklığının yüksek, yeşil alanların ise sıcaklığının düşük olduğunu, bu sıcaklık farkının 15 °C'ye kadar çıkabileceğini bulmuştur. Kentsel alanlardaki sıcaklık artışına engel olmak için, yeşil alanlar oluşturmak ya da yeşil alanlardaki vejetasyon dokusunun artırılması önemlidir (Gill vd., 2007; Feyisa vd., 2014). Li vd., (2012). Bunu tespit etmek için yapmış oldukları çalışmada, yeşil dokuda meydana gelen %10'luk bir artış, sıcaklığı yaklaşık 0,86 °C düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Kong vd. (2014), yeşil alanlardaki soğuma etkisinin, bitkilerin yoğunluğu ve mekânsal düzenlemeleri açısından farklılık gösterdiğini bulmuştur.

Kentsel iklimin nasıl etkilendiğinin belirlenmesi, sağlıklı ve yaşanabilir kentlerin planlanmasında önemlidir. Yapılan çalışmanın, arazi kullanım planlaması konusunda daha iyi kararlar alınması yönünde faydalı olacağı düşünülmektedir.

### **Etik Standart ile Uyumluluk**

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar, kendileri ve / veya diğer üçüncü kişi ve kurumlarla çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

**Etik Kurul İzni:** Bu çalışma için etik kurul iznine gerek yoktur.

**Finansal Destek:** Bu çalışma için herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

### **KAYNAKÇA:**

- Akyürek, Ö., (2020). Termal uzaktan algılama görüntüleri ile yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi: Kocaeli örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2), 377-390.
- Alkan, A., Adıgüzel, F., Kaya, E. (2017). Batman Kentinde Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi. *Coğrafya Dergisi*, (34), 62-76.
- Amir, S., Iqbal, K. M. J., Shah, A. A., Saqib, Z., Akhtar, N., Ullah, W., ve Tariq, M. A. U. R. (2022). Analysis of Land Surface Temperature Dynamics in Islamabad by Using MODIS Remote Sensing Data. *Sustainability*, 14(16), 1-15.
- 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*, 23(1), 1-26.
- Arsiso, B. K., Tsidu, G. M., Stoffberg, G. H., ve Tadesse, T. (2018). Influence of urbanization-driven land use/cover change on climate: The case of Addis Ababa, Ethiopia. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 105, 212-223.
- Athick, A. M. A., Shankar, K., ve Naqvi, H. R. (2019). Data on time series analysis of land surface temperature variation in response to vegetation indices in twelve Wereda of Ethiopia using mono window, split window algorithm and spectral radiance model. *Data in brief*, 27, 104773.
- Barbieri, T., Despini, F., ve Teggi, S. (2018). A multi-temporal analyses of Land Surface Temperature using Landsat-8 data and open source software: The case study of Modena, Italy. *Sustainability*, 10(5), 1678.
- Bart, I. L. (2010). Urban sprawl and climate change: A statistical exploration of cause and effect, with policy options for the EU. *Land use policy*, 27(2), 283-292.

- Buyantuyev, A., ve Wu, J. (2012). Urbanization diversifies land surface phenology in arid environments: interactions among vegetation, climatic variation, and land use pattern in the Phoenix metropolitan region, USA. *Landscape and Urban Planning*, 105(1-2), 149-159.
- Cai, G., Du, M., ve Xue, Y. (2011). Monitoring of urban heat island effect in Beijing combining ASTER and TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 32(5), 1213-1232.
- Chang, C. R., ve Li, M. H. (2014). Effects of urban parks on the local urban thermal environment. *Urban Forestry and Urban Greening*, 13(4), 672-681.
- Dengiz, O., Turan, İ. D., Özkan, B. (2019). Erzurum ili temel coğrafi özellikleri ve potansiyel işlemeli tarım alanı varlığı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(2), 136-152.
- Dimoudi, A., ve Nikolopoulou, M. (2003). Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and buildings*, 35(1), 69-76.
- Dissanayake, D. M. S. L. B., Morimoto, T., Murayama, Y., ve Ranagalage, M. (2019). Impact of landscape structure on the variation of land surface temperature in sub-saharan region: A case study of Addis Ababa using Landsat data (1986–2016). *Sustainability*, 11(8), 2257.
- Doick, K. J., Peace, A., ve Hutchings, T. R. (2014). The role of one large greenspace in mitigating London's nocturnal urban heat island. *Science of the total environment*, 493, 662-671.
- Dos Santos, A. R., de Oliveira, F. S., da Silva, A. G., Gleriani, J. M., Gonçalves, W., Moreira, G. L., ... ve Mota, P. H. S. (2017). Spatial and temporal distribution of urban heat islands. *Science of the Total Environment*, 605, 946-956.
- Elsayed, I. S. (2012). Effects of population density and land management on the intensity of urban heat islands: A case study on the city of Kuala Lumpur, Malaysia. *Application of geographic information systems*, 267-283.
- EPA (Environmental Protection Agency), (2018). Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Heat Island Reduction Activities; EPA: Washington, DC, USA,
- Estoque, R. C., ve Murayama, Y. (2014). Measuring sustainability based upon various perspectives: A case study of a hill station in Southeast Asia. *Ambio*, 43(7), 943-956.
- Ferreira, M. J., de Oliveira, A. P., ve Soares, J. (2013). Diurnal variation in stored energy flux in São Paulo city, Brazil. *Urban Climate*, 5, 36-51.
- Feyisa, G. L., Dons, K., ve Meilby, H. (2014). Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa. *Landscape and urban planning*, 123, 87-95.
- Gazi, M., Rahman, M., Uddin, M., ve Rahman, F. M. (2021). Spatio-temporal dynamic land cover changes and their impacts on the urban thermal environment in the Chittagong metropolitan area, *Bangladesh. GeoJournal*, 86(5), 2119-2134.
- Gedzelman, S. D., Austin, S., Cermak, R., Stefano, N., Partridge, S., Quesenberry, S., ve Robinson, D. A. (2003). Mesoscale aspects of the urban heat island around New York City. *Theoretical and applied climatology*, 75(1), 29-42.
- Giannini, M.B., Belfiore, O.R., Parenta, C., Santamaria, R. (2015). Land surface temperature from landsat 5 tm images: comparison of different methods using airborne thermal data. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 8(3), 83-90
- Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., ve Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built environment*, 33(1), 115-133.

- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., ve Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *science*, 319(5864), 756-760.
- Gunawardena, K. R., Wells, M. J., ve Kershaw, T. (2017). Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. *Science of the Total Environment*, 584, 1040-1055.
- Hamada, S., ve Ohta, T. (2010). Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas. *Urban forestry and urban greening*, 9(1), 15-24.
- Hou, H., Su, H., Liu, K., Li, X., Chen, S., Wang, W., ve Lin, J. (2022). Driving forces of UHI changes in China's major cities from the perspective of land surface energy balance. *Science of The Total Environment*, 829, 154710.
- Huang, C. H., ve Lin, P. Y. (2013). The influence of evapotranspiration by urban greenery on thermal environment in urban microclimate. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, 1(4), 1-12.
- Jauregui, E. (1997). Heat island development in Mexico City. *Atmospheric Environment*, 31(22), 3821-3831.
- Jin, M. S., Kessomkiat, W., ve Pereira, G. (2011). Satellite-observed urbanization characters in Shanghai, China: Aerosols, urban heat island effect, and land-atmosphere interactions. *Remote Sensing*, 3(1), 83-99.
- Jun, C., Ban, Y., ve Li, S. (2014). Open access to Earth land-cover map. *Nature*, 514(7523), 434-434.
- Kimothi, S., Thapliyal, A., Gehlot, A., Aledaily, A. N., Bilandi, N., Singh, R., ve Akram, S. V. (2023). Spatio-temporal fluctuations analysis of land surface temperature (LST) using Remote Sensing data (LANDSAT TM5/8) and multifractal technique to characterize the urban heat Islands (UHIs). *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 55, 102956.
- Kong, F., Yin, H., James, P., Hutyra, L. R., ve He, H. S. (2014). Effects of spatial pattern of greenspace on urban cooling in a large metropolitan area of eastern China. *Landscape and Urban Planning*, 128, 35-47.
- Krehbiel, C. P., Jackson, T., ve 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.
- Lemonsu, A., Viguie, V., Daniel, M., ve Masson, V. (2015). Vulnerability to heat waves: Impact of urban expansion scenarios on urban heat island and heat stress in Paris (France). *Urban Climate*, 14, 586-605.
- Li, X., Zhou, W., ve Ouyang, Z. (2013). Relationship between land surface temperature and spatial pattern of greenspace: What are the effects of spatial resolution?. *Landscape and Urban Planning*, 114, 1-8.
- Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X., ve Wu, J. (2011). Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. *Remote sensing of environment*, 115(12), 3249-3263.
- Lin, B. S., ve Lin, C. T. (2016). Preliminary study of the influence of the spatial arrangement of urban parks on local temperature reduction. *Urban Forestry and Urban Greening*, 20, 348-357.
- Mercan, Ç. (2020). Yer yüzey sıcaklığının termal uzaktan algılama görüntüleri ile araştırılması: Muş ili örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2), 42-49.
- Morabito, M., Crisci, A., Messeri, A., Orlandini, S., Raschi, A., Maracchi, G., ve Munafò, M. (2016). The impact of built-up surfaces on land surface temperatures in Italian urban areas. *Science of the Total Environment*, 551, 317-326.

- Muster, S., Langer, M., Abnizova, A., Young, K. L., ve Boike, J. (2015). Spatio-temporal sensitivity of MODIS land surface temperature anomalies indicates high potential for large-scale land cover change detection in Arctic permafrost landscapes. *Remote sensing of environment*, 168, 1-12.
- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment (1967)*, 7(8), 769-779.
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.
- Park, J., Kim, J. H., Lee, D. K., Park, C. Y., ve Jeong, S. G. (2017). The influence of small green space type and structure at the street level on urban heat island mitigation. *Urban forestry and urban greening*, 21, 203-212.
- Peng, J., Xie, P., Liu, Y., ve Ma, J. (2016). Urban thermal environment dynamics and associated landscape pattern factors: A case study in the Beijing metropolitan region. *Remote Sensing of Environment*, 173, 145-155.
- Peng, S., Piao, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Ottle, C., Bréon, F. M., ... ve Myneni, R. B. (2012). Surface urban heat island across 419 global big cities. *Environmental science ve technology*, 46(2), 696-703.
- Polat, N. (2020). Mardin ilinde uzun yıllar yer yüzey sıcaklığı değişiminin incelenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2 (1), 10-15.
- Priyankara, P., Ranagalage, M., Dissanayake, D. M. S. L. B., Morimoto, T., ve Murayama, Y. (2019). Spatial process of surface urban heat island in rapidly growing Seoul metropolitan area for sustainable urban planning using Landsat data (1996–2017). *Climate*, 7(9), 110.
- Sobrino, J. A., Jimenez-Munoz, J. C., Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4), 434-440.
- Stabler, L. B., Martin, C. A., ve Brazel, A. J. (2005). Microclimates in a desert city were related to land use and vegetation index. *Urban forestry and urban greening*, 3(3-4), 137-147.
- Steenefeld, G. J., Koopmans, S., Heusinkveld, B. G., ve Theeuwes, N. E. (2014). Refreshing the role of open water surfaces on mitigating the maximum urban heat island effect. *Landscape and Urban Planning*, 121, 92-96.
- Streiling, S., ve Matzarakis, A. (2003). Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: a case study. *Journal of Arboriculture*, 29(6), 309-316.
- Şekertekin, A., Marangoz, A. M. (2019). Zonguldak Metropolitan Alanındaki Arazi Kullanımı Arazi Örtüsünün Yer Yüzey Sıcaklığına Etkisi. *Geomatik*, 4(2), 101-111.
- Tan, M., ve Li, X. (2015). Quantifying the effects of settlement size on urban heat islands in fairly uniform geographic areas. *Habitat International*, 49, 100-106.
- Tran, H., Uchiyama, D., Ochi, S., ve Yasuoka, Y. (2006). Assessment with satellite data of the urban heat island effects in Asian mega cities. *International Journal of applied Earth observation and Geoinformation*, 8(1), 34-48.
- United Nations, U. N. (2014). World urbanization prospects, the 2011 revision. *Population Division, department of economic and social affairs, United Nations Secretariat*.
- Voogt, J. A., ve Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote sensing of environment*, 86(3), 370-384.
- Wong, N. H., ve Yu, C. (2005). Study of green areas and urban heat island in a tropical city. *Habitat international*, 29(3), 547-558.

- Xiang, Y., Ye, Y., Peng, C., Teng, M., ve Zhou, Z. (2022). Seasonal variations for combined effects of landscape metrics on land surface temperature (LST) and aerosol optical depth (AOD). *Ecological Indicators*, 138, 108810.
- Xu, J., Wei, Q., Huang, X., Zhu, X., ve Li, G. (2010). Evaluation of human thermal comfort near urban waterbody during summer. *Building and environment*, 45(4), 1072-1080.
- Yao, R., Wang, L., Huang, X., Niu, Z., Liu, F., ve Wang, Q. (2017). Temporal trends of surface urban heat islands and associated determinants in major Chinese cities. *Science of the Total Environment*, 609, 742-754.
- Yildiz ND, Avdan U, Yilmaz S (2013) Analyze of climate features with thermal band in Çoruh River's Valley Base. In: 6th atmospheric science symposium – ATMOS, 24–26 April. Oral Presentation, ITU, İstanbul
- Yüksel, Ü., ve Yılmaz, O. (2008). A study on determining and evaluating summertime urban heat islands in Ankara at regional and local scale utilizing remote sensing and meteorological data. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 23(4).
- Zhang, H., Qi, Z. F., Ye, X. Y., Cai, Y. B., Ma, W. C., ve Chen, M. N. (2013). Analysis of land use/land cover change, population shift, and their effects on spatiotemporal patterns of urban heat islands in metropolitan Shanghai, China. *Applied Geography*, 44, 121-133.
- Zhang, J. Q., Wang, Y. P., Li, Y. (2006). A C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat TM/ETM+ band6. *Computers & Geosciences*, 32(10), 1796-1805.
- Zhang, K., Wang, R., Shen, C., ve Da, L. (2010). Temporal and spatial characteristics of the urban heat island during rapid urbanization in Shanghai, China. *Environmental monitoring and assessment*, 169(1), 101-112.
- Zhao, M., Cai, H., Qiao, Z., ve Xu, X. (2016). Influence of urban expansion on the urban heat island effect in Shanghai. *International Journal of Geographical Information Science*, 30(12), 2421-2441.
- Zhou, B., Rybski, D., ve Kropp, J. P. (2013). On the statistics of urban heat island intensity. *Geophysical research letters*, 40(20), 5486-5491.
- Zhou, D., Zhao, S., Zhang, L., Sun, G., ve Liu, Y. (2015). The footprint of urban heat island effect in China. *Scientific reports*, 5(1), 1-11.
- Zhou, W., Huang, G., ve Cadenasso, M. L. (2011). Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. *Landscape and urban planning*, 102(1), 54-63.
- Zhu, W., Lú, A., ve Jia, S. (2013). Estimation of daily maximum and minimum air temperature using MODIS land surface temperature products. *Remote Sensing of Environment*, 130, 62-73.

## EXTENDED SUMMARY

### Research Problem:

With the increase in urbanization, land use forms are transforming, and this transformation causes changes in the local and regional climate. The resulting urban heat islands affect the quality of life of people living in cities. In this study, it has been tried to determine the effect of the transformation in the use of space on the temperature change and to determine where the urban heat islands are formed in the city.

### Research Questions:

According to the the study, does the change in the use of space and the resulting temperature change cause urban heat island formation? Which area use causes more urban heat island? How does it change over the course of years? Attempts were made to answer these questions.

### **Literature Review:**

The aim of the literature review has started to be on the concept of urbanization and its causes. In the continuation of the study, it was tried to reveal the urban heat island formation, how it was formed and how it changed with the literature.

### **Methodology:**

Within the scope of this study, Land Surface Temperature (LST) maps were created in order to determine the temperature change of Erzurum city over the years.

In the 1st stage, a detailed literature review was made about the study subject and the city of Erzurum. To obtain LST maps in stage 2, satellite images for the years 1991 and 2020 are available at <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>. In order to examine the relationship between LST and land use, urban area use maps were obtained from Urban Atlas. In step 3, LST maps were created using the thermal band data of the satellite image. In Stage 4, temperature difference maps between the LST maps for the years 1991 and 2020 were created. In the 5th stage, the temperature differences between the dates determined in the study were revealed. As a result of this situation, the temperature changes of the city on the basis of the neighborhood and its relationship with the population were examined.6. In this stage, 5 important focal points were determined from the temperature difference maps between 1991 and 2020, and the causes of urban warming and cooling in these areas were examined.

### **Results and Conclusions:**

While the urban area was approximately 15.5 km<sup>2</sup> in 1991, it reached 40.8 km<sup>2</sup> in 2020. The average land surface temperature of the city in 1991 was 26.7 °C, and the average land surface temperature in 2020 was 30.4 °C. the temperature data of 1991, it was found that 49% of the city center was above the average, and in 2020, 55% was above the average. 71% of 25.003 buildings in the 2020 urbanized area are used for residential purposes. According to this, it is estimated that 58.8% of the population lives above the land surface temperature difference average of the city. From a spatial perspective, 52.58% of the 2020 urban area is above the average and 47.41% is below the average. The type of land use and the change affect the urban heat island. According to the Urban Atlas data of 2019, when the temperature conditions changing depending on the land use patterns are examined, unprocessed agricultural, areas with little or no vegetation, areas with no current use, pasture areas, it has been found that the average temperature of industrial and urban areas is higher. Forests, active and passive green areas in the city, scrubs or herbaceous plants and agricultural areas where crops are constantly processed have low temperatures.