



Bozok Journal of Engineering and Architecture

e-ISSN: 3023-4298

Araştırma Makalesi/Research Article

Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Kentsel Yüzey Sıcaklıklarının Haritalanması, Yozgat Kenti Örneği

Beyza Naciye SAKA¹, İlker ATMACA^{1*}¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Yozgat, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihleri:

Geliş tarihi
03.05.2023
Kabul tarihi
12.12.2023
Yayın tarihi
29.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Kentsel ısı adası
Kent iklimi
Landsat
Uzaktan algılama
LST

ÖZET

Yoğun kentleşme ve imar faaliyetleri ile bitki yüzeylerinin azalması gibi etmenler, kentsel ısı adalarının oluşmasına sebep olmakta ve mikroklima üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu çalışmada kentleşmenin özellikle son 10 yıllık süreç içerisinde ivme kazandığı ve zengin bitki örtüsüne sahip olan kentlerden birisi olan Yozgat ili, Merkez ilçesinde yapılaşmanın en yoğun olduğu alanlarda, 2012-2022 yılları arasında arazi yüzey sıcaklığı (LST) ve normalize edilmiş fark bitki indeksi (NDVI) değerleri incelenerek kentleşmenin kentsel termal çevre üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Bu çerçevede LST ve NDVI değerlerinin hesaplanmasında 3 Ağustos 2012 ve 12 Ağustos 2022 tarihlerine ait Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Yozgat ilinin en sıcak ve kurak olduğu Ağustos ayına ait uydu görüntüleri Landsat uydusunun termal bantları kullanılarak işlenmiş, yüzey sıcaklık modelleri üretilmiş ve bunlar ile NDVI değerleri arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Buna göre Yozgat ili merkez ilçesinde 2012-2022 yılları arasında yaşanan imar faaliyetleri sonucundaki yapı yoğunluğundaki artış ve sağlıklı bitki yüzey oranındaki azalışlar, arazi yüzey sıcaklığının yaklaşık 1.18°C artışına sebep olmuştur. Sonuç olarak, Yozgat ili merkez ilçesi örneğinde kentsel ısı adası (KIA) etkisinin oluşumunun önlenmesi ve kent iklimi üzerinde oluşturduğu olumsuz etkilerin azaltılabilmesine yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Mapping Urban Surface Temperatures with Remote Sensing Methods, The Case of Yozgat City

ARTICLE INFO

Article history:

Received
03.05.2023
Accepted
12.12.2023
Published
29.12.2023

Keywords:

Urban heat island
Urban microclimate
Landsat
Remote sensing
LST

ABSTRACT

Factors such as dense urbanization and development activities and reduction of vegetation surfaces cause the formation of urban heat islands and have negative impacts on the microclimate. Within the scope of this study, the effects of urbanization on the urban thermal environment were evaluated by examining the land surface temperature (LST) and normalized difference vegetation index (NDVI) values between 2012 and 2022 in the areas with the most intense construction in the central district of Yozgat province, which is one of the cities with rich vegetation cover and where urbanization has gained momentum especially in the last 10 years. In this framework, Landsat 8 satellite images of August 3, 2012 and August 12, 2022 were used to calculate LST and NDVI values. Satellite images of August, the hottest and driest month of

Yozgat province, were processed using the thermal bands of Landsat satellite, surface temperature models were produced and the relationships between these models and NDVI values were analyzed. According to the results, the increase in building density as a result of the development activities in the central district of Yozgat province between 2012 and 2022 and the decrease in the healthy plant surface ratio caused an increase of approximately 1.18 °C in the land surface temperature. Finally, some suggestions were made to prevent the occurrence of urban heat island effect in the central city of Yozgat province and to reduce the negative effects on urban microclimate.

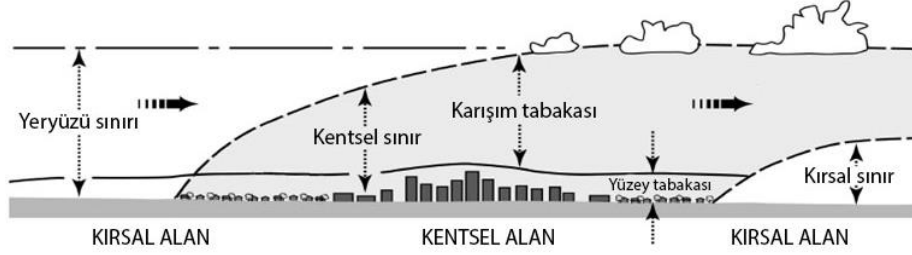
ORCID: İlker ATMACA: 0000-0001-9950-2833

*Sorumlu yazar(lar)/Corresponding author(s): Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Yozgat, Türkiye
E-mail: ilker.atmaca@yobu.edu.tr

Bu makaleye atıfta bulunmak için/To cite this article: B. N. Saka, İ. Atmaca, "Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Kentsel Yüzey Sıcaklıklarının Haritalanması, Yozgat Kenti Örneği", Bozok Journal of Engineering and Architecture, vol. 2, no. 2, pp. 38-43, December 2023.

1. GİRİŞ

Kentsel klimatoloji çalışmalarında yüzey sıcaklığı hayati öneme sahiptir. Yüzey sıcaklığı kent sıcaklığının alt katmanlarındaki hava sıcaklığını değiştirir [1]. Mevcut bitki örtüsünün ve toprak yapısının, kentsel alanlardaki, binalar ve yollarla değiştirilmesini içeren imar çalışmalarının bir sonucu olarak, kentsel alanlar çevresindeki kırsal alanlardan daha yüksek bir sıcaklığa sahip olma eğilimindedir. Bina yüzeyleri ve yollar çevresindeki alanlara göre daha fazla güneş radyasyonu emdiğinde, ısınırlar ve ısı enerjisini havaya yansıtırlar. Bu olay kısaca “Kentsel Isı Adası” olarak adlandırılır (Şekil 1) [1,2].



Şekil 1. Kentsel ısı adası [3]

Kentsel alanlarda bulunan ısı, güneş radyasyonu, binalar ve otomobiller gibi çeşitli kaynaklardan gelir. Kentsel yapılar (cepheler, çatılar), yüzey kaplama malzemeleri ve yeşil alanlar gün boyunca radyasyonu emer ve depolarlar. Depolanan ısı enerji miktarı malzemenin yapısına bağlı olarak farklılık gösterir. Gece saatlerinde çevre soğumaya başlar ve yapılarda depolanan termal enerji ısı akışı şeklinde ortama salınır. Kentsel alanlardaki hava kirliliği ve yüksek ozon seviyeleri de kentsel ısı adasında artışa neden olur [4]. Büyük ölçekli kentlerde bol miktarda bulunan aerosol parçacıkları uzun dalga radyasyonu emebilir ve yayabilir, bu da kentsel yapılarda doğrudan radyasyon toplar, şehirde bir sera etkisi yaratır ve buna bağlı olarak kentsel sıcaklıkta bir artış meydana gelir [5].

Yer yüzeyi sıcaklıklarının haritalanması, iklim değişikliği ve hava tahmini gibi konularda kullanılan önemli bir araçtır. Bu sıcaklık haritaları, genellikle yeryüzündeki belirli noktalardan toplanan verilerin bir analizi yapılarak, daha geniş bir bölgeye yayılmasıyla oluşturulur [6]. Atmosferik ısı transferlerinin sıcaklık haritalarına dönüştürülmesi, uydu tabanlı termal görüntüleme teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu teknolojiler, yeryüzünün tüm bölgelerinde, hava koşulları ile bile temas etmeksizin sıcaklık verileri toplayabilir [7-9].

Yer yüzeyi sıcaklıklarının haritalanması, termal kamera sistemleri veya uydular tarafından gerçekleştirilir. Gözlem uydularına yerleştirilen geniş spektrumlu elektromanyetik sensörler ile radyan enerjisi tespit ederek dünyanın yüzeyinden bilgiler toplamaktadır. LANDSAT TM; LANDSAT ETM +; AVHRR; MODIS ve ASTER gibi uyduların her biri çok sayıda dijital ürün sunmakta ve elektromanyetik spektrumun belirli bir dalga boyunda radyan enerjisi tespit etmektedir.

Bu çalışmanın amacı, Yozgat ili, Merkez ilçesi örneğinde; arazi yüzey sıcaklığı (LST), normalize edilmiş fark bitki indeksi (NDVI) arasındaki ilişkilerin incelenerek, kentsel termal çevrenin değerlendirilmesidir. Bu amaçla, merkez ilçede 2012 ve 2022 yılları arasında meydana gelen değişimlere bağlı olarak ortaya çıkan yüzey sıcaklığı farklılıkları ve kentsel ısı adasının bu yıllar arasındaki değişimi tespit edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Arazi yüzey sıcaklığı (LST) ve normalize edilmiş fark bitki indeksi (NDVI) kentsel ısı adasının gözlemlenmesi ve ölçülmesi çalışmalarında kullanılan yöntemlerdir.

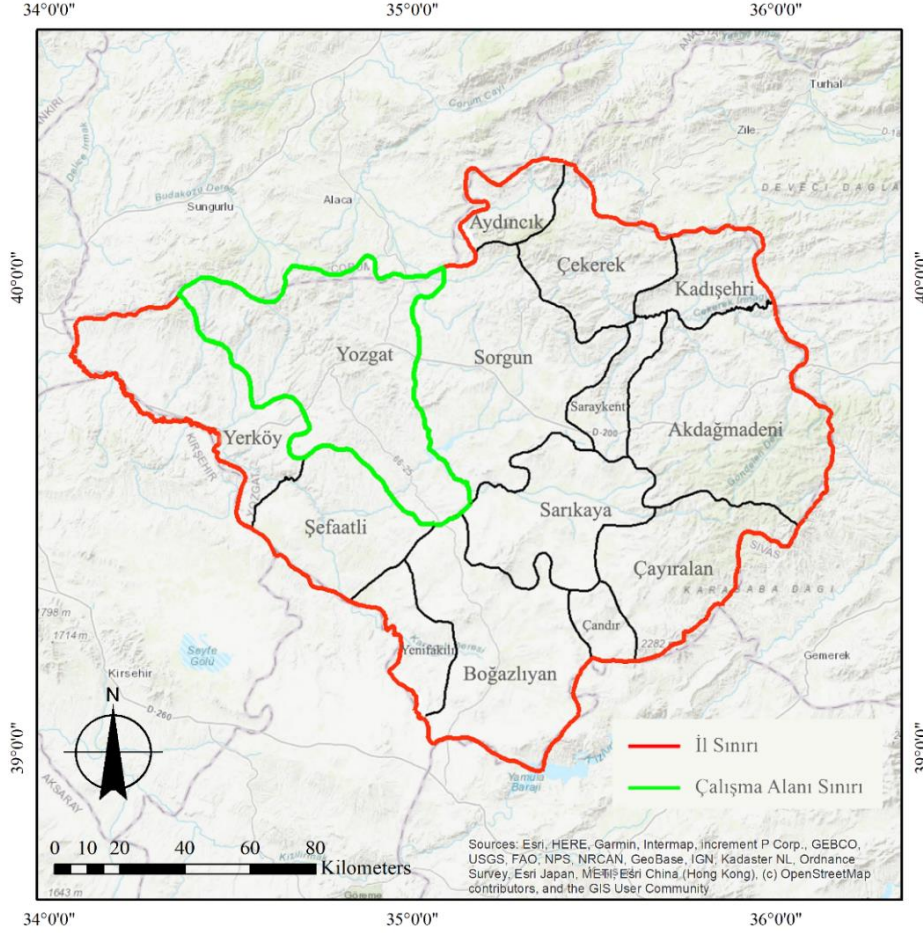
NDVI değerleri bitki sağlığının yüksek olduğu yaz aylarında arazi yüzey sıcaklıkları da daha yüksek değerlere ulaşmaktadır [10]. LST ise kentleşme, imar faaliyetleri ve çevre arasındaki ilişkilerin termal olarak değerlendirilmesinde kullanılacak önemli bir belirteç olarak karşımıza çıkmaktadır [11,4]. Çalışma kapsamında, 3 Ağustos 2012 ve 12 Ağustos 2022 tarihli Landsat 8 uydu görüntülerinin termal bantları (bant 10 ve bant 11) LST değerlerinin belirlenmesinde, yakın kızılötesi (bant 4 ve bant 5) ve kırmızı bantları ise NDVI değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

2.1. Çalışma Alanı

Yozgat ili toplam 14 ilçeden oluşmaktadır, doğuda Sivas, batıda Kırıkkale, kuzeyde Çorum ve güneyde Kayseri'dir. Çalışmaya konu olan alan Yozgat ilinin merkez ilçesi, kent merkezidir. Çalışma alanı 39°49'15,259" kuzey enlemi ve 34°48'30,035" doğu

boyununun kesişim noktasında bulunmaktadır. Yüzölçümü 1.849,647 km² olan ilçe 2022 yılı Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) verilerine göre yaklaşık 2.8 km² yerleşik alana sahiptir. 2012 yılı nüfusu 97.094 olan merkez ilçenin 2022 yılı nüfusu Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 109.197'dir. 2022 yılı itibarıyla Yozgat il nüfusunun %26.1'i merkez ilçede yaşamaktadır. TÜİK verileri incelendiğinde merkez ilçe nüfusunun 2012 ile 2022 yılları arasındaki 10 yıllık süre içerisinde yaklaşık % 11 oranında artış gösterdiği görülmektedir. Bu durum merkez ilçedeki kentleşme ve yapılaşma baskının yüksek olduğunu ve hızlı bir imar süreci geçirdiğini göstermektedir [12,13].

Yozgat ili tarım alanı ve orman varlığı açısından ülkemizin sayılı illerinden birisidir. Yozgat il yüzölçümünün %42'si (588.004 ha) tarım arazisi, %17'si (240.000 ha) orman, %11'i (160.000 ha) mera ve %1'i bahçe (9329 ha) arazisinden oluşmaktadır. Çalışmaya konu olan merkez ilçe kent merkezi ise 1728 ha orman, 36 ha mera arazisi ve 53 ha tarım arazisi ile komşudur.



Şekil 2. Çalışma alanı

2.2. LST Analizi

LST, atmosferin alt tabakasında meydana gelir ve esas olarak kentsel yüzeylerden gelen radyasyon ve enerji alışverişinden (ısı) oluşur Voogt ve Oke (2003) uydu uzaktan algılama sistemleri ile ısı adası algılama olasılığını ilk değerlendiren kişilerdir. O zamandan beri, KIA etkisini belirlemek için çok çeşitli uydular kullanılmış ve teknolojinin ilerlemesi, uydu sensörlerinin uzamsal, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlüğünde iyileştirmelere neden olmuştur.

LST gözlemi için birkaç yöntem bulunmaktadır. Bir veya birkaç spektral bant ile gözlemlenerek LST kataloglanabilir. Radyan (ışınım) enerjisini LST'ye dönüştürmek için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir, ancak radyan enerjisi belirli bir dalga boyunda gözlemlendiğinden ve çalışmada kullanılan uyduya bağlı olduğundan evrensel olarak kabul edilmiş bir yöntem bulunmamaktadır.

LST bir salınım gücü değerine dayanmaktadır, bu anlamda salınımların sınıflandırılması ile kentsel yüzeylerin emisyonunun hesaplanmasında kullanılan denklem şu şekildedir:

$$LST = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} - 273.15 \quad [1]$$

Denklemden L_λ spektral ışım, K_1 ve K_2 ise uydu platformu sensörüne bağlı kalibrasyon sabitidir.

2.3. NDVI Analizi

Kentsel alanlarda bitki örtüsü, KIA etkisinin azaltılmasında kullanılır ve vejetasyon ile kentsel arazi arasındaki radyan sıcaklıktaki farklılıklar arazi yüzey sıcaklığını (Land Surface Temperature) etkiler [14]. Bitki örtüsü olmayan alanlar için, arazi yüzey sıcaklığı (LST) ölçümleri tipik olarak çıplak toprak gibi güneşli yüzeylerin radyometrik sıcaklıkları ile belirlenir. Bitki örtüsü miktarı arttığında, algılayıcı tarafından kaydedilen ışıma enerjisi yeşil yaprakların sıcaklığına daha yakın olur.

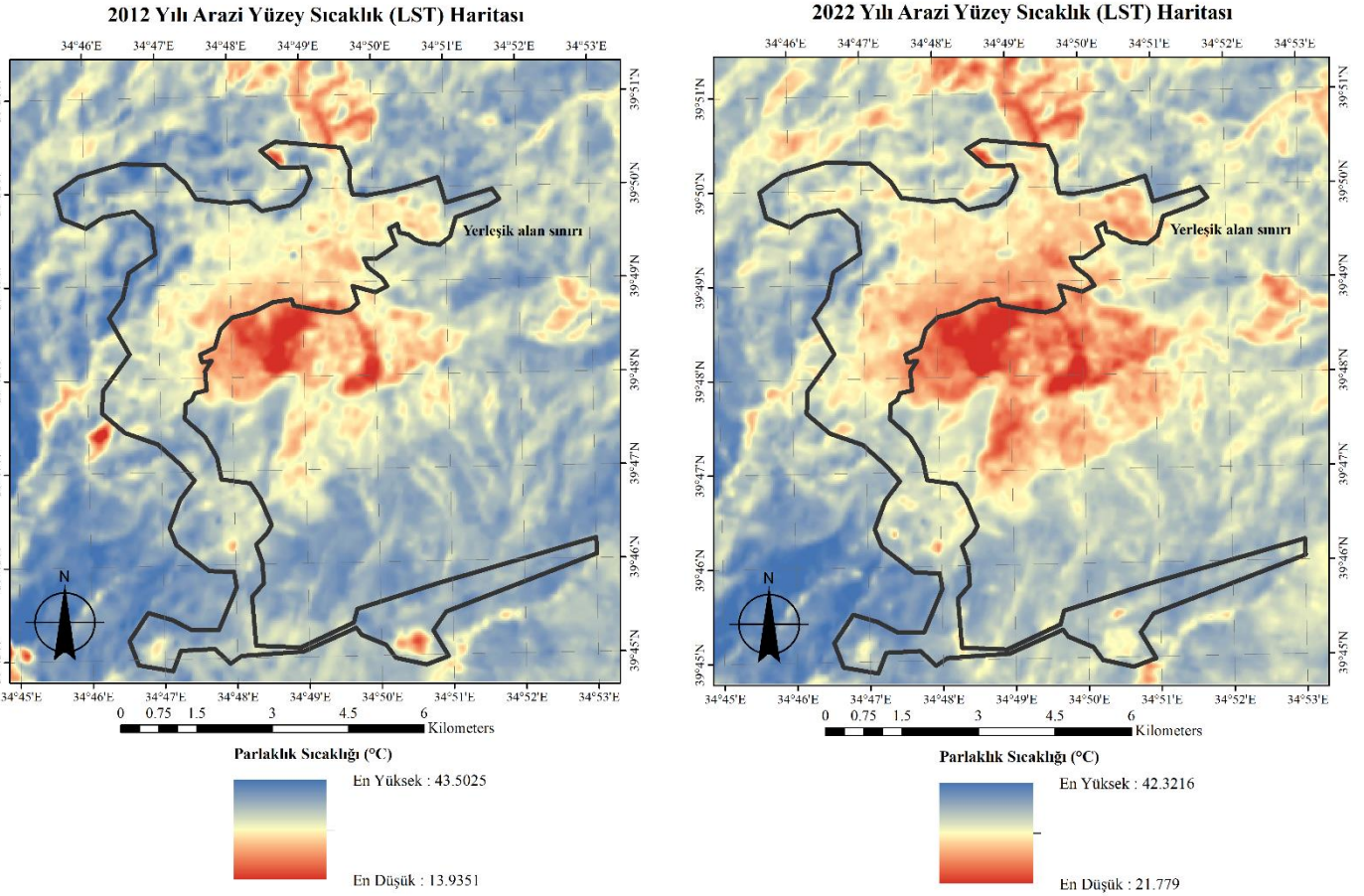
LST ve bitki örtüsü arasındaki ilişkiyi ölçmek için en temel endekslerden biri normalleştirilmiş fark bitki örtüsü endeksidir (NDVI). NDVI ölçümleri görünür ve yakın kızılötesi bantların yansıma değerlerinin bir fonksiyonudur.

$$NDVI = \frac{NIR - VIS_R}{NIR + VIS_R} \quad [2]$$

Normalize edilmiş fark bitki indeksi (NDVI) formülünde; NIR, yakın kızılötesi bandı, R, kırmızı bandı ifade etmektedir. NDVI değerleri -1.0 ile 1.0 arasındadır. Yoğun ve canlı bitki örtüsü olan alanlarda değer 1.0'e yakındır, seyrek ve cansız bitki örtüsü olan alanlarda ise değer -1.0'e yakındır.

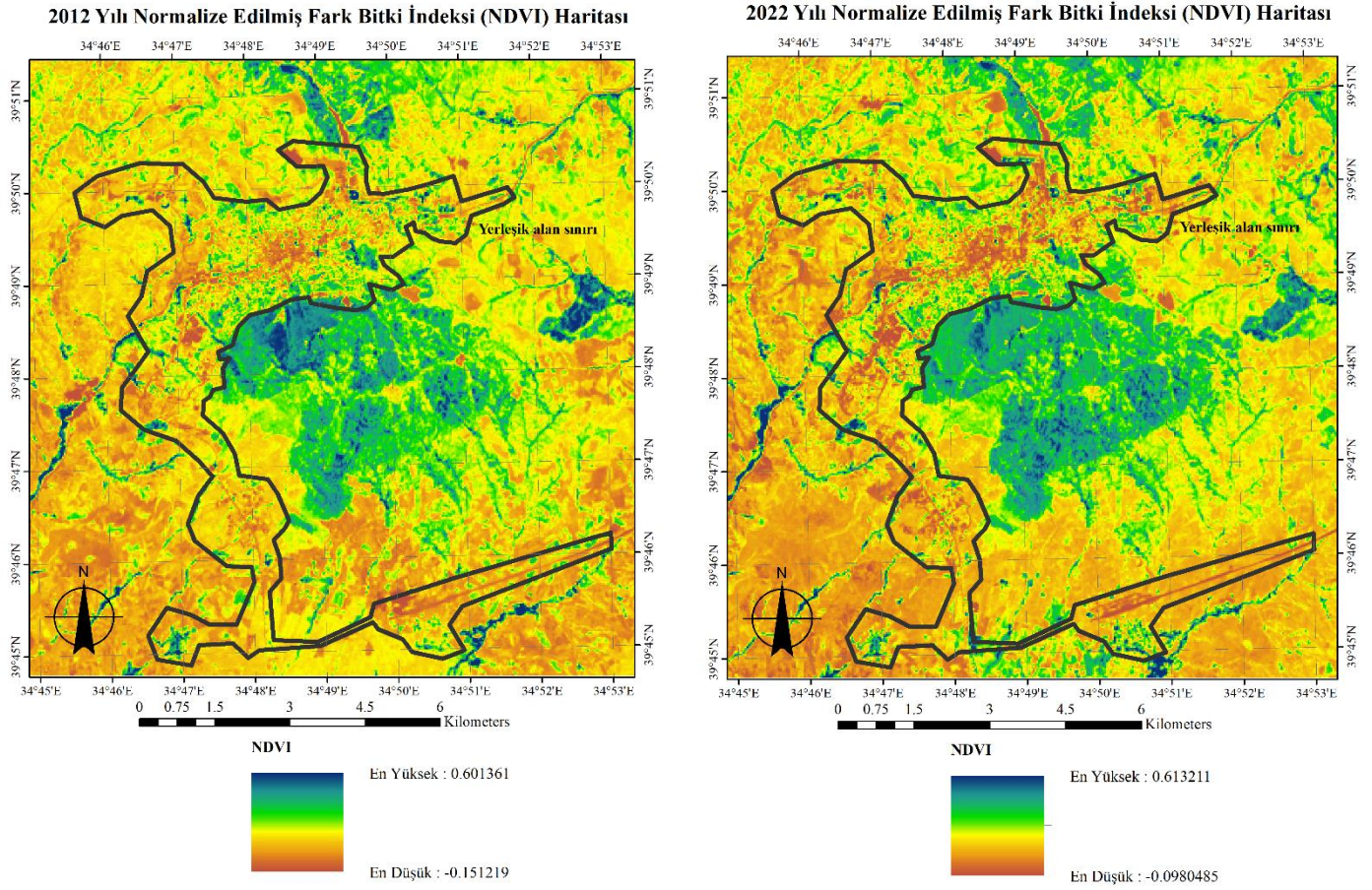
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanı olan Yozgat ili Merkez ilçesine ait 2012 ve 2022 yılları için oluşturulan LST değerleri Şekil 3'de görülmektedir. Oluşturulmuş olan modeller çalışmaya konu olan yıllardaki parlaklık sıcaklık değerlerini ortaya koymakla birlikte ısı adası oluşumu hakkında da çıkarım yapmaya da olanak sağlamaktadır. Buna göre 2012 yılı için belirlenmiş en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri 43.5°C ile 13.9 °C arasında değişmekte olup ortalama parlaklık sıcaklığı ise 28.7°C'dir. 2022 yılı için belirlenmiş en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri ise 42.3°C ile 21.7 °C arasında değişmekte olup ortalama parlaklık sıcaklığı ise 32°C'dir. Ortaya çıkan bu değerler 2012 ile 2022 yılları arasındaki 10 yıllık sürede imar faaliyetleri ve kentsel yerleşik alanın genişlemesine bağlı olarak yüzey sıcaklıklarında 3.3°C'lik bir artışın yaşandığını ve ısı adasının artış gösterdiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 3. 2012 ve 2022 Yıllarına Ait Arazi Yüzey Sıcaklığı (LST) Haritaları

Çalışma alanı olan Yozgat ili Merkez ilçesine ait 2012 ve 2022 yılları için oluşturulan NDVI değerleri ise Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. 2012 ve 2022 Yıllarına Ait Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) Haritaları

LST ve NDVI modelleri birlikte incelendiğinde, çalışma alanında bitki örtüsü yoğunluğu ve yer yüzeyi sıcaklığının mekânsal dağılımları ve birbirleri ile etkileşimleri net bir şekilde görülmektedir. Buna göre LST değerlerinin yüksek olduğu alanlarda NDVI değerlerinin genellikle düşük olduğu ve bitki örtüsü az ya da hiç olmayan alanlarda ise çıplak yüzeylerin ve ağırlıklı olarak yoğun yapılaşmanın olduğu görülmektedir.

Kentsel alanlardaki yapılaşma baskısının bir sonucu olarak doğal alanların yapılaşmaya açılması, nüfustaki hızlı ve kontrolsüz artış artışı ve buna bağlı mobilitenin bir sonucu olarak karbon monoksit gazı salınımının artması, beton, asfalt gibi geçirimsiz yüzey kaplama malzemelerinin kullanıldığı alanlarda artış yerel ve bölgesel ölçekte sıcaklık değişimlerine neden olmaktadır. Kentsel ısı adasının yoğun yerleşim bölgelerinde, kent yakınında bulunan tarım alanları, orman alanı gibi doğal alanlara göre daha fazla olması şeklinde sonuçlanmaktadır. Çalışmada elde edilen bulgular literatürdeki benzer çalışmalarla [16][17][18][19] karşılaştırıldığında kentsel yüzey sıcaklıklarının ve kentsel ısı adası oluşum süreçlerinin de benzer oldukları görülmüştür.

4. SONUÇLAR

Kentsel ısı adaları yapıları, büyüklükleri ve etki alanları bakımından karakteristik özellikler göstermektedir ve her kentin kendine özgü bir iklimi ve bu iklimi etkileyen bir ısı adası bulunmaktadır. Bir başka deyişle kentsel ısı adalarının bir kentin fiziki ya da mekânsal özellikleri ve morfolojisi başta olmak üzere, arazi örtüsü ve alan kullanım biçimleri ile bunlarla ilişkili diğer demografik ve sosyo-ekonomik özelliklere bağlı olarak şekillenmektedir. Bununla birlikte kentsel ısı adalarının şiddeti, yoğunluğu ve etki alanlarının artmasında yapı yoğunluğundaki artışın ve bitki örtüsü yoğunluğundaki azalmanın önemli bir faktör olduğu da göz ardı edilemez.

Bu bağlamda çalışma alanı, 2012 ile 2022 yıllarını kapsayan 10 yıllık süreç içerisinde kentsel gelişim anlamında değişikliğe uğramıştır. Merkez ilçe nüfusu 10 yıllık süre içerisinde %11 artış göstermiş, kentsel yerleşik alan ise 10 yılda %9,4 büyüme kaydetmiştir. Bu durum çalışma alanındaki kentleşme ve yapılaşma baskısının yüksek olduğunu ve hızlı bir imar süreci geçirdiğini göstermektedir.

LST ve NDVI modelleri ile de ortaya konulduğu gibi kentsel alandaki bitki örtüsü yoğunluğu yaşanan kentsel gelişim faaliyetlerinin sonucunda azaldığı ve yer yüzeyi sıcaklığının arttığı alanların kentin gelişim aksları ve kentsel dönüşüm alanları üzerinde yoğunlaştığı sonucunu ortaya koymuştur.

Sonuç olarak kentsel alandaki yer yüzey sıcaklıklarını kontrol altında tutulması kentsel ısı adası oluşumu açısından büyük önem arz etmektedir. Yer yüzey sıcaklıklarının kontrol altında tutulabilmesi için ise uzaktan algılama görüntüleri, coğrafi bilgi sistemleri ve deneysel ölçümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yöntemlerle elde edilen konut, donatı ve sanayi binaları tarafından yayılan ısı değerleri, yerleşik alanda bulunan geçirimsiz yüzey kaplamaları, trafik kaynaklı enerji tüketimi gibi verileri coğrafi bilgi sistemleri ile analiz edilerek karar vericiler için kentsel gelişimi yönlendirebilecek ve kentsel ısı adasını kontrol altında tutmaya yardımcı olacak kararların üretilmesinde kullanılabilir.

ETİK

Bu makalenin yayınlanmasında herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] J.A. Voogt, T.R. Oke, "Thermal Remote Sensing of Urban Climates. Remote Sensing of the Environment", *Remote Sensing of Environment*, pp, 370-384, 2003.
- [2] C. Rosenzweig, W.D. Solecki, L. Paschall, M. Chopping, "Characterizing The Urban Heat Island In Current and Future Climates New Jersey", *Environmental Hazards*, pp, 51-62, 2005.
- [3] D.R. Streutker, "A Study of The Urban Heat Island of Houston, Texas", Doctoral dissertation, Rice University, 2003
- [4] G. Kaplan, U. Avdan, Z.Y. Avdan, "Urban Heat Island Analysis Using the Landsat 8 Satellite Data: A Case Study in Skopje, Macedonia", In *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings Vol. 2, No. 7*, pp, 358, 2022.
- [5] A.H. Rosenfeld, H. Akbari, J.J. Romm, "Cool Communities: Strategies For Heat Island Mitigation and Smog Reduction", *Energy and Buildings*, pp, 57-62, 1998.
- [6] Ö. Akyürek, "Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesi: Kocaeli Örneği", *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 2020.
- [7] Ö. Alkan, H.G. Coşkun, H. Çelik, M.N. Alkan, S. Kandil, Y. Okur, E. Eraydın, "Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Potansiyel Jeotermal Alanların Belirlenmesi", *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, pp, 171-182, 2017.
- [8] A. Şekertekin, H. Kutoğlu, Ş. Kaya, A.M. Marangoz, "Uydu Verileri ile Arazi Örtüsündeki Yer Yüzey Sıcaklığı Değişimlerinin Analizi: Zonguldak Örneği", *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, Mart 2015.
- [9] Ş.M. Kaymaz, "İklim Değişikliğine Bağlı Deniz Yüzey Suyu Sıcaklığının Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yöntemleri ile İzlenmesi ve Modellenmesi", *Doktora Tezi*, Muğla, 2017.
- [10] Y. Julien, J.A. Sobrino, W. Verhoef, "Changes in Land Surface Temperatures and NDVI Values Over Europe Between 1982 and 1999", *Remote Sensing of Environment*, pp, 43-55, 2006.
- [11] W. Zhao, A.N. Li, J. Zheng, "A Study On Land Surface Temperature Terrain Effect Over Mountainous Area Based On Landsat 8 Thermal Infrared Data", *Remote Sensing Technology and Application*, pp, 63-73, 2016.
- [12] TKGm, "Yozgat İli Merkez İlçe Yüz Ölçümü", <https://parselorgu.tkgm.gov.tr/> [Erişim Tarihi: 01.04.2023].
- [13] TÜİK, "Yozgat İli 2012 ve 2022 Nüfus Verileri", <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr> [Erişim Tarihi: 31.03.2023].
- [14] I. Sandholt, K. Rasmussen, J. Andersen, "A Simple Interpretation of The Surface Temperature/Vegetation Index Space for Assessment of Surface Moisture Status", *Remote Sensing of Environment*, pp, 213-224, 2002.
- [15] M. Ünal Çilek, "Kentsel Yüzey Isı Adalarının Belirlenmesinde Yer Yüzey Sıcaklık Verilerinin Kullanımı", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, pp. 213-222, Ocak 2022.
- [16] B. Khorrami ve O. Gündüz, "Uzaktan Algılama ve CBS'nin Yüzey Sıcaklığı ve Kentsel Isı Adası Tespit ve Analizinde Uygulanması", *Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu (UZALMET 2019)*, Antalya, 2019.
- [17] Ö. Akyürek, "Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesi: Kocaeli Örneği", *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 2020.
- [18] M. K. Özkök, E. Tok, H. M. Gündoğdu ve G. Demir, "Arazi Yüzey Sıcaklığı Farklılaşmalarının Kentsel Gelişim ve Planlama Süreçleri Açısından Uzaktan Algılama Verileri ile Değerlendirilmesi: Çorlu/Çerkezköy/Ergene/Kapaklı Alt Bölgesi Örneği", *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, pp. 69-79, 2017.
- [19] B. Yamak, Z. Yağcı, B. B. Bilgilioğlu ve R. Çömert, "Kentleşmenin Arazi Yüzey Sıcaklıklarına Etkisinin Araştırılması Bursa İli Örneği", *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB)'ın, X. Teknik Sempozyumu*, Aksaray, 2019.