

# KENTLEŞMENİN KENTSEL TERMAL ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ, EFELER VE İNCİRLİOVA (AYDIN) ÖRNEĞİ

Ebru ERSOY TONYALOĞLU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Aydın, Türkiye,  
ebru.ersoy@adu.edu.tr

## Özet

Kentlerde zaman içinde yapı yoğunluğunun artması ve bitki yüzeyinin azalması gibi etmenler, kentsel ısı adalarını oluşturmakta ve kentsel termal çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu kapsamda bu çalışma ile son zamanlarda hızla göç alan ve kentleşmenin yoğun olarak yaşandığı kentlerden biri olan Aydın ili, Efeler ve İncirliova ilçelerinde yapılaşmaya en çok maruz kalan merkez mahallelerde, 2005-2015 yılları arasında arazi yüzeyi sıcaklığı (LST), normalize edilmiş farksal bitki indeksi (NDVI) ve yapı yoğunluğu arasındaki ilişkiler incelenerek kentleşmenin kentsel termal çevre üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada LST ve NDVI değerlerinin hesaplanmasında 24 Temmuz 2005 yılına ait Landsat TM5 ve 20 Temmuz 2015 yılına ait Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır (USGS, 2018a). Ayrıca, Copernicus Arazi Gözlem Hizmetlerinin (Copernicus Land Monitoring Service-CLMS, 2018) web sitesinden elde edilen 2006 ve 2015 yıllarına ait geçirimsizlik derecesi / yapı yoğunluğu (Imperviousness degree-IMD) haritalarından da yararlanılmıştır. Çalışmada, Aydın ilinin en sıcak ve kurak olduğu Temmuz ayına ait Landsat uydu görüntülerinin termal bantlarından yüzey sıcaklık modelleri üretilmiş ve bunlar ile NDVI ve yapı yoğunluğu değerleri arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Aydın ili, Efeler ve İncirliova ilçelerinin merkez mahallelerinde 2005-2015 yılları arasında yapı alanları ile yoğunluğundaki artış ve sağlıklı bitki yüzey oranının azalması, arazi yüzey sıcaklığında 3.19°C artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Yüzey sıcaklıkları ile NDVI ve IMD değerleri arasındaki ilişkilerin de incelendiği çalışmada, yüzey sıcaklıkları ile NDVI değerleri arasındaki korelasyonun negatif, IMD ile ise pozitif olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, Efeler ve İncirliova ilçeleri merkez mahalleleri örneğinde kentsel ısı adası (UHI) etkisinin oluşumunun engellenmesi ve kentsel termal çevre üzerinde oluşturduğu olumsuz etkilerin azaltılabilmesine yönelik önlemler ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Aydın, kentsel ısı adası, NDVI, yapı yoğunluğu, bitki örtüsü

## THE EVALUATION OF THE IMPACT OF URBANISATION ON URBAN THERMAL ENVIRONMENT IN THE CASE OF AYDIN

### Abstract

In cities, factors like the increase of the density of the buildings together with the decrease of the vegetation surfaces form the urban heat islands and cause negative effects on the urban thermal environment. In this context, this study examines the relationship between land surface temperature (LST), normalized difference vegetation index (NDVI) and building density between the years 2005-2015 and evaluates their effects on urban thermal environment in the case of neighborhoods of Efeler and İncirliova districts of Aydın province, which are exposed to the rapid migration and urbanization recently. In the study, Landsat TM5 dated 24 July 2005 and Landsat 8 dated 20 July 2015 satellite images were used in the calculation of LST and NDVI values (USGS, 2018a). In addition, Imperviousness degree / building density maps (Imperviousness degree-IMD) for 2006 and 2015, obtained from the website of Copernicus Land Observation Services (Copernicus Land Monitoring Service-CLMS, 2018), were also used. In the study, surface temperature models were produced from the thermal bands of Landsat satellite images of July, which is the hottest and driest of Aydın province, and the relationships between these models and the values of NDVI and IMD were analysed. It was found that the increase in the density of the building areas and the decreasing vegetation surface ratio between the years of 2005 and 2015 caused an increase of 3.19°C in the land surface temperature in Efeler and İncirliova districts of Aydın province. Also, it was found that whilst the correlation between land surface temperature and NDVI was negative, the correlation between land surface temperature and IMD was positive. As a consequence, this study has made suggestions to prevent urban heat island (UHI) effect and to mitigate its negative influences on urban thermal environments in Efeler and İncirliova districts of Aydın province.

**Keywords:** Aydın, urban heat island, NDVI, building density, vegetation cover

## GİRİŞ

Günümüzde kentlerde yaşayan nüfusun hızla artması, alan kullanım/arazi örtüsünde önemli değişimlere neden olmakta ve özellikle kent merkezleri başta olmak üzere kent içi ve çevresinde çeşitli olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Bu olumsuz etkilerin en önemlilerinden birisi de, kentlerdeki sıcaklığın çevresindeki kırsal alanlara göre daha yüksek olmasıdır. Kentleşme, ormansızlaşma ve sanayileşme gibi değişimlere bağlı olarak sera gazlarının atmosferdeki birikimleri hızla artmakta ve bu da doğal sera etkisinin kuvvetlenmesine neden olmaktadır. Temelde, doğal sera etkisi yeryüzünün sıcaklık dengesinin sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ancak atmosferde insan kaynaklı sera gazı birikimlerinin son zamanlarda aşırı artışı ile beraber küresel iklim değişikliği ve küresel ısınma konuları sıklıkla gündeme gelmektedir (Kaplan vd., 2018). Kentlerde, değişen yapay yapı malzemelerinin kullanımına ve kent yapısına bağlı olarak oldukça ciddi problemlere neden olan küresel ısınma, Türkeş (2008) tarafından “doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi sonucunda, yeryüzünde ve atmosferin alt katmanlarında saptanan sıcaklık artışı” olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda, kentleşmenin kent iklimi ile ilgili önemli bir faktör olduğu ve kentsel alanlarda sıcaklığın kırsal alanlardan daha yüksek olduğu vurgulanmaktadır (Oke, 1973; Lee vd., 2009). Genellikle kentlerde alan kullanım/arazi örtüsünde meydana gelen değişimlere bağlı olarak oluşan ve kentsel ısı adası (urban heat island-UHI) olarak tanımlanan bu etki, insan kaynaklı lokal iklim değişikliğinin en iyi bilinen formlarından birisidir (Oke, 1973; Montávez vd., 2000).

Kentsel ısı adası kavramı ilk olarak 1820 yılında İngiltere'nin Londra kentinde Luke Howard tarafından tespit edilerek literatüre dahil edilmiştir (Streutker, 2003). Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde, kentsel ısı adalarının artan enerji tüketiminin (Tomlinson vd., 2011) yanı sıra bitki gelişimi, hava ve su kalitesi üzerinde de olumsuz etkilere neden olduğu (Guoxiang vd., 2010; Zhao vd., 2016) belirtilmektedir. Bununla birlikte, kent termal çevresinde meydana gelen değişimler kent termal konforunu olumsuz yönde etkilemekte ve kent halkının sağlığı üzerinde ciddi tehditler oluşturmaktadır (Frumkin ve McMichael, 2008). Diğer yandan, son zamanlardaki bazı çalışmalar ise kentsel alanlarda bitki örtüsü ile kaplı alanların çevrelerindeki geçirimsiz/çıplak yüzeyler ile yapısal alanlara göre daha düşük sıcaklığa sahip olduğuna işaret etmektedir (Oliveira vd., 2011; Chen vd., 2014). Bütün bunlar dikkate alındığında, kentsel ısı adalarının oluşumuna ilişkin faktörler ile bunlar arasındaki ilişkilerin anlaşılması, kentsel yaşam koşullarının iyileştirilmesi bakımından kritik bir öneme sahiptir. Bu nedenle, kentlerde kentsel ısı adası etkisinin önlenmesi ve azaltılmasına yönelik çalışmalar peyzaj planlama alanında önemli bir konu olarak dikkat çekmektedir (Ng vd., 2012; Xu vd., 2014).

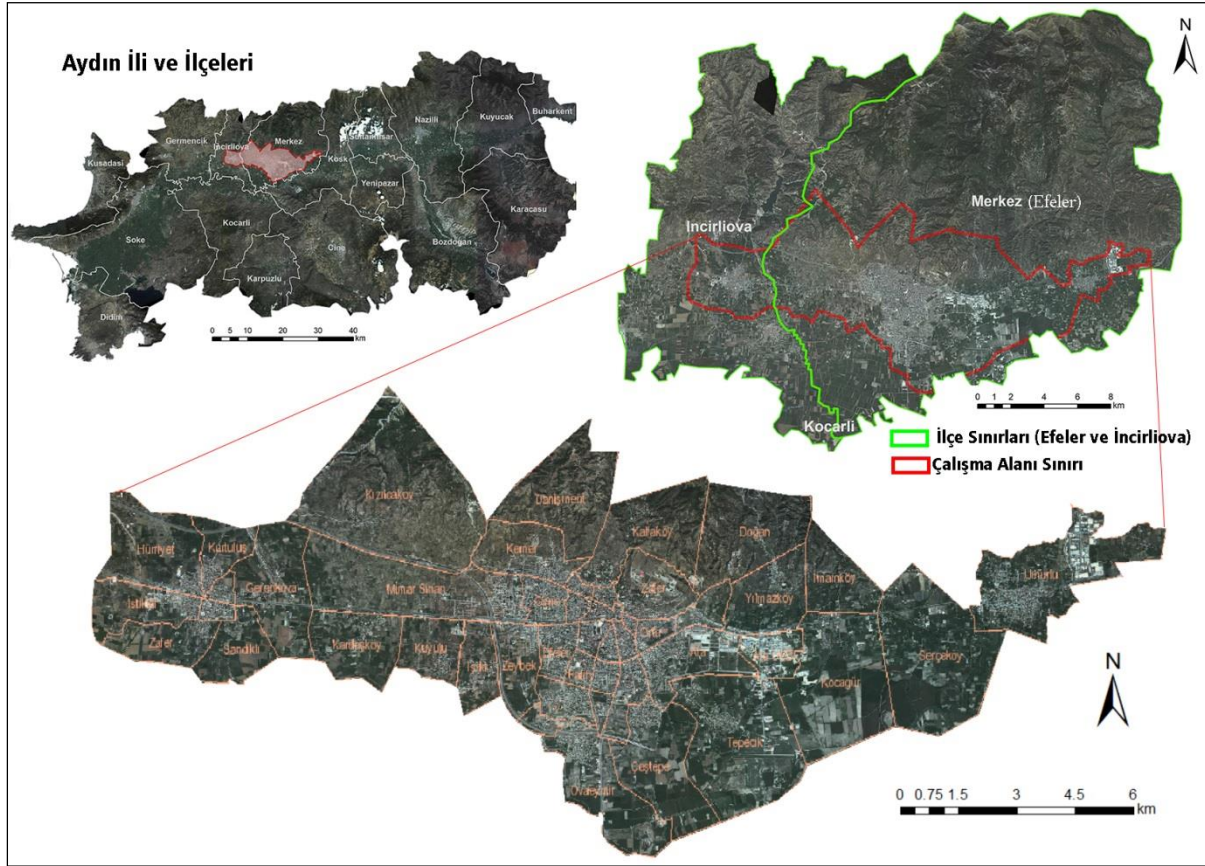
Bu çalışmanın amacı, Aydın ili, Efeler ve İncirliova ilçeleri örneğinde; arazi yüzeyi sıcaklığı (LST), normalize edilmiş farksal bitki indeksi (NDVI) ve yapı yoğunluğu arasındaki ilişkilerin incelenerek, kentleşmenin kentsel termal çevre üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesidir. Bu amaçla, Efeler ve İncirliova ilçelerinde yapılaşmaya en çok maruz kalan merkez mahallelerde 2005 ve 2015 yılları arasında geçirimsiz yüzeyler ile bitki örtüsünde meydana gelen değişimlere bağlı olarak ortaya çıkan yüzey sıcaklığı farklılıkları ve kentteki ısı adalarının bu yıllar arasındaki değişimi tespit edilmiştir. Çalışmada şu sorulara cevap aranmıştır; (1) Aydın ili Efeler ve İncirliova ilçeleri örneğinde zaman içinde bitki örtüsü ve yapı yoğunluğunda meydana gelen değişimlerin kent ısı adası oluşumu üzerinde etkileri nelerdir? (2) Bu etkiler göz önünde bulundurulduğunda, kentsel termal çevre üzerinde yaratılan olumsuz etkilerin azaltılabilmesine yönelik önlemler neler olabilir?

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Çalışma Alanı ve Materyal

Aydın ili, Ege Bölgesi'nin kıyı bölümünde ve güneybatı kesiminde yer almaktadır. Toplam 17 ilçeden oluşan Aydın ili, doğuda Denizli, batıda Ege Denizi, kuzeyde İzmir, kuzeybatıda Manisa, güneyde Muğla illeri ile komşudur. Aydın ilinde kent nüfusunun hızla artışının yanısıra düzensiz yapılaşma, yaz aylarındaki sıcaklıkları etkilemekte ve olumsuz yaşam şartları yaratmaktadır (Kızıroğlu, 2017; Reçber ve Şengül, 2018). Aydın ilinde kentleşme, yapılaşmanın en yoğun olduğu Efeler merkez ilçesinden İncirliova ilçesine doğru batı yönünde gelişim göstermektedir. 2017 yılında en yüksek nüfusa sahip ilçe 287.518 kişi ile Efeler iken, İncirliova'nın nüfusu ise 50340'dür (TÜİK, 2019). Bu nedenle, çalışma

alanı olarak İncirliova ve Efeler ilçelerinde batı-doğu yönünde yapılaşmanın en yoğun olduğu merkez mahalleler seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Alanı

Çalışmada NDVI değerlerinin hesaplanması ve LST değerlerinin modellenmesi için, Aydın ilinin en sıcak ve kurak olduğu Temmuz ayına ait iki adet bulutsuz Landsat görüntüsünden yararlanılmıştır. Bunlar; 24 Temmuz 2005 tarihli Landsat TM5 ve 20 Temmuz 2015 tarihli Landsat 8 uydu görüntüleridir. Landsat uydu görüntüleri USGS web sitesinden ücretsiz olarak temin edilmiştir (USGS, 2018a). Ayrıca, Copernicus Arazi Gözlem Hizmetlerinin (Copernicus Land Monitoring Service-CLMS, 2018) web sitesinden elde edilen 2006 ve 2015 yıllarına ait geçirimsizlik derecesi/yapı yoğunluğu (Imperviousness degree-IMD) haritalarından da yararlanılmıştır. Çalışmada verilerin işlenmesi, verilerin elde edilmesi ve analizlerin gerçekleştirilmesinde ArcGIS 10.5 ve SPSS 16.0 (SPSS Inc, 2007) yazılımlarından yararlanılmıştır.

## Yöntem

Arazi yüzeyi sıcaklığı (LST) son yıllarda kentsel ısı adası çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Saaroni ve Ziv, 2003; Streutker, 2003; Cao vd., 2010; Klein ve Coffman, 2015; Du vd., 2016). Kentsel ısı adası çalışmalarında genellikle normalize edilmiş farksal bitki indeksi (NDVI) ve geçirimsiz yüzey oranından yararlanılmaktadır. Yaz aylarında yüksek NDVI değerleri (kış aylarına göre daha yüksek sağlıklı bitki örtüsü varlığı ve transpirasyona bağlı soğutma etkisi ile) daha düşük arazi yüzey sıcaklıklarına karşılık gelmektedir (Julien vd., 2006; Karnieli vd., 2010). Diğer yandan, genellikle ulaşım ağları (caddeler, otoyollar, vb.) ve bina çatıları ile ilişkilendirilmekte olan geçirimsiz yüzeyler ise bir alandaki kentleşme oranı olarak değerlendirilmektedir (Jennings vd., 2004; Xian ve Crane, 2006). Geçirimsiz yüzey oranı, peyzajdaki mevsimsel değişimlerden daha az etkilendiğinden; LST, kentleşme ve termal çevre arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde kullanılabilir önemli bir indeks olarak karşımıza çıkmaktadır (Zhang vd., 2009; Kaplan vd., 2018). Bu çalışma ile Aydın ili Efeler ve İncirliova ilçelerinde yapılaşmaya en çok maruz kalan merkez mahallelerde 2005 ve 2015 yılları arasında



geçirimsiz yüzeyler ile bitki örtüsünde meydana gelen değişimlere bağlı olarak ortaya çıkan yüzey sıcaklığı farklılıkları ve kentteki ısı adalarının bu yıllar arasındaki değişimi tespit edilmiştir.

Çalışmada, 24 Temmuz 2005 tarihli Landsat TM5 ve 20 Temmuz 2015 tarihli Landsat 8 uydu görüntülerinin termal bantları LST değerlerinin belirlenmesinde, yakın kızılötesi ve kırmızı bantları ise NDVI değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Landsat TM5 uydu görüntüsünün kırmızı ve yakın kızılötesi bantları (bant 3 ve 4) 30 m, termal bantı (bant 6) ise 120 m yersel çözünürlüğe sahiptir. Diğer yandan Landsat 8 uydu görüntüsünün kırmızı ve yakın kızılötesi bantları (bant 4 ve 5) 30 m çözünürlüğe, iki adet 100 m yersel çözünürlüklü termal banta (bant 10 ve 11) sahiptir. Analiz ve değerlendirmelerin aynı yersel çözünürlükte yapılabilmesi için Landsat TM5 ve Landsat 8 uydu görüntülerinin termal bantları en yakın komşuluk (Nearest neighbor) algoritması kullanılarak 30 m yersel çözünürlükle yeniden örneklendirilmiştir. Landsat uydu görüntülerinin analizlerde kullanılacak olan bantları ile IMD haritası aynı koordinat sistemine dönüştürülmüştür (WGS 1984 UTM Zone 35N) ve çalışma alanı sınırlarına göre kesilmiştir. Ayrıca, analiz ve değerlendirmelerde kullanılacak olan 20 m yersel çözünürlükte elde edilen geçirimsizlik derecesi/yapı yoğunluğu haritalarının yersel çözünürlüğü de en yakın komşuluk algoritması kullanılarak 30 m yersel çözünürlükle yeniden örneklendirilmiştir.

### LST ve NDVI değerlerinin hesaplanması

LST ölçümlerine dayalı çalışmalar uydu görüntüleri kullanılarak termal uzaktan algılama verileri ile sağlanmaktadır (Chudnovsky vd., 2004; Jin vd., 2011). LST verileri, daha büyük alanlar için bir arazi yüzeyinden elde edilen ışınimsal sıcaklığına ilişkin eşzamanlı ve sürekli veri sağlamaktadır (Xiao vd., 2007; Du vd., 2016). Bu çalışmada uydu görüntülerden arazi yüzey sıcaklığı bilgisinin elde edilebilmesi için aşağıdaki işlemler uygulanmıştır.

a. Parlaklık değerlerinin spektral radyans değerlerine dönüştürülmesi: Parlaklık değerlerinin radyans değerlerine dönüştürülmesi için (1) eşitliğinden yararlanılmıştır (Chander vd., 2007; USGS, 2018b,c). Birinci formül, Landsat TM5, ikinci formül ise Landsat 8 uydu görüntüsünden parlaklık değerlerinin spektral radyans değerlerine dönüştürülmesinde kullanılmıştır.

$$L_{\lambda} = \left( \frac{L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda}}{Q_{calMAX} - Q_{calMIN}} \right) (Q_{cal} - Q_{calMIN}) + L_{MIN\lambda} \quad (1)$$

$L_{\lambda}$  = Sensördeki spektral radyans,  $L_{MAX\lambda}$  =  $Q_{calMAX}$ 'a göre ölçeklendirilen spektral radyans,  $L_{MIN\lambda}$  =  $Q_{calMIN}$ 'e göre ölçeklendirilen spektral radyans,  $Q_{calMIN}$ : minimum parlaklık değeri,  $Q_{calMAX}$ : Maximum parlaklık değeri ve  $Q_{cal}$ =parlaklık değerini ifade etmektedir.

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

$L_{\lambda}$  = sensördeki spektral radyans,  $M_L$ = hesaplanan bant için radyans çarpımsal ölçeklendirme faktörü,  $Q_{cal}$ =parlaklık değeri,  $A_L$ = hesaplanan bant için radyans ilave ölçeklendirme faktörünü ifade etmektedir.

b. Spektral radyans değerlerinin yansıtım değerlerine dönüştürülmesi: Spektral radyans değerlerinin yansıtım değerlerine dönüştürülmesi işlemi yalnızca NDVI hesaplanmasında kullanılacak olan kırmızı ve yakın kızılötesi bantlar üzerinde uygulanmıştır.

$$\rho_p = \frac{\pi * L_{\lambda} * d^2}{E_{sun\lambda} * \cos\theta_{\lambda}} \quad (3)$$

$\rho_p$ = sensördeki yansıtım değerleri,  $L_{\lambda}$ = sensördeki spektral radyans,  $d$ = dünya ile güneş arasındaki mesafe,  $E_{sun\lambda}$ = ortalama atmosferik solar irradyans,  $\theta_s$ = solar zenit açısını ifade etmektedir.

c. Radyans değerlerinin parlaklık sıcaklığı değerlerine dönüştürülmesi: Landsat TM 5 uydusu için bant 6, Landsat 8 uydu görüntüsü için bant 10 ve 11 için bu dönüşüm uygulanarak, radyans değerleri parlaklık sıcaklığı değerlerine dönüştürülmüştür. Orijinal fomülde °K olarak hesaplanan parlaklık değeri, °C'a dönüştürülmüştür. Landsat 8 uydu görüntüsünün her iki termal bantı için dönüşüm uygulandıktan sonra, bunların ortalama değeri hesaplanmıştır.

$$T_B = \left( \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}}\right)} + 1 \right) - 273.15 \quad (4)$$

$T_B$ = sensördeki parlaklık sıcaklığı ( $^{\circ}C$ ),  $K_1$ = birinci kalibrasyon sabiti,  $K_2$ = ikinci kalibrasyon sabiti,  $L_{\lambda}$ : sensördeki spektral radyans değerlerini göstermektedir.

d. Yer yüzeyi yayınlık değeri hesabı: Çalışmada yer yüzeyi yayınlık ( $\epsilon$ ) değerlerini belirlemek için normalize edilmiş farksal bitki indeksi methodundan yararlanılmıştır (Sobrino vd., 2004).

NDVI çok temel olarak, sağlıklı bitki örtüsünden yansıyan radyasyonun, diğer tüm kaynaklardan yansıyan radyasyona oranıdır (Aygün vd., 2016). NDVI değeri bir alandaki bitki örtüsünün yakın kızılötesi ve kırmızı bantlardaki farklı yansıtma değerlerine göre +1 ile -1 arasında değişir. NDVI sağlıklı bitki örtüsü varlığı için +1, hiç bitki örtüsü olmayan alanlar için -1 değerlerine sahip bir indekstir. Yer yüzeyi yayınlık değerlerinin bulunabilmesi için öncelikle NDVI değeri belirlenmiş, sonra ise her bir görüntü için vejetasyon oranı (proportion of vegetation) hesaplanmıştır.

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad (5)$$

NDVI= normalize edilmiş farksal bitki indeksi, NIR= yakın kızılötesi bant, R= kırmızı bantı ifade etmektedir.

$$P_v = \left( \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (6)$$

$P_v$ = vejetasyon oranı,  $NDVI_{min}$ = normalize edilmiş farksal bitki indeksi minimum değeri,  $NDVI_{max}$ = normalize edilmiş farksal bitki indeksi maximum değeri.

Son olarak her bir görüntü için aşağıdaki formül yardımıyla yer yüzey yayınlık değerleri hesaplanmıştır (Sobrino vd., 2004).

$$\epsilon = 0.004 * P_v + 0.986 \quad (7)$$

$\epsilon$ =yer yüzeyi yayınlık değerini ifade etmektedir.

e. Yüzey sıcaklık değerlerinin hesaplanması: 2005 ve 2015 yıllarına ait arazi yüzey sıcaklıkları yer yüzeyi yayınlık değerine göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$LST = \frac{T_B}{1 + \left( \frac{w * T_B}{p} \right) * \ln(\epsilon)} \quad (8)$$

LST= Yüzey sıcaklık değeri ( $^{\circ}C$ ), w= yayılan ışığın dalga boyu (USGS, 2018d'ye göre Landsat TM5 için 11.45  $\mu m$  ve Landsat 8 için 10.89  $\mu m$ ), p=  $h * c / s$  (p= 14380, h=Planck sabiti ( $6.626 * 10^{-34}$  Js), c= Boltzmann sabiti ( $1.38 * 10^{-23}$  J/K) ve c= ışık hızı ( $2.998 * 10^8$  m/s) olmak üzere).

### IMD haritasının analizler için hazırlanması

Copernicus Arazi Gözlem Hizmetlerinin web sitesinden elde edilen 2006 ve 2015 yıllarına ait 20 m yersel çözünürlüklü geçirimsizlik derecesi/yapı yoğunluğu (Imperviousness degree-IMD) haritaları WGS 1984 UTM Zone 35N koordinat sisteminde kaydedilip, çalışma alanı sınırlarına göre kesildikten sonra 30 m yersel çözünürlükle yeniden örneklendirilmiştir. IMD haritasında her piksel 1 ve 101 arasında değerlerle temsil edilmekte olup, 1 değeri tüm geçirimsiz olmayan veya geçirgen yüzeyler yüzeyleri (bitki örtüsü, çıplak geçirgen toprak yüzeyi gibi) göstermektedir, 2 ile 101 arasındaki değerler ise farklı oranlarda geçirimsizlik derecesi/yapı yoğunluğunu temsil etmektedir. Analizlerde daha anlamlı sonuçlar elde edilebilmek tüm geçirgen yüzeyleri ifade eden 1 değeri tek bir sınıf altında toplanmıştır, 2 ile 101 arasındaki değerler ise yapı yoğunluğunun az olduğu alanlar, orta yapı yoğunluklu alanlar ve çok yoğun yapı yoğunluklu alanlar olarak 3 sınıf altında toplanmıştır.

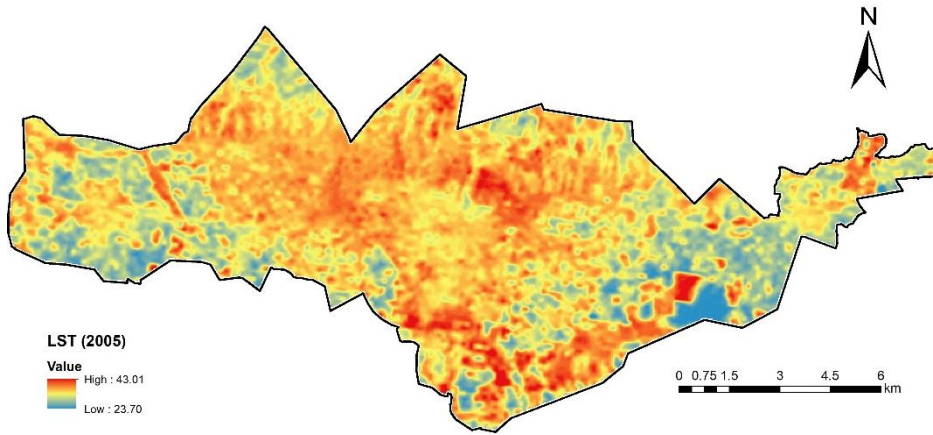
### Korelasyon analizi

LST, NDVI ve IMD arasındaki korelasyon değerlendirmeleri SPSS 16.0 yazılımında Pearson korelasyon analizi ile gerçekleştirilmiştir. Korelasyon analizleri için öncelikle 2005 ve 2015 yıllarına ait raster tabanlı LST, NDVI ve IMD modelleri noktasal veriye dönüştürülerek birleştirilmiş ve her bir piksele denk gelen değer saptanmıştır. Daha sonra LST, NDVI ve IMD değerleri SPSS yazılımına aktarılarak Pearson korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. LST, NDVI ve IMD arasındaki bağlantı/ilişki Cohen standartlarına göre değerlendirilmiştir. Cohen standartlarına göre 0.10 ve 0.29 arasındaki

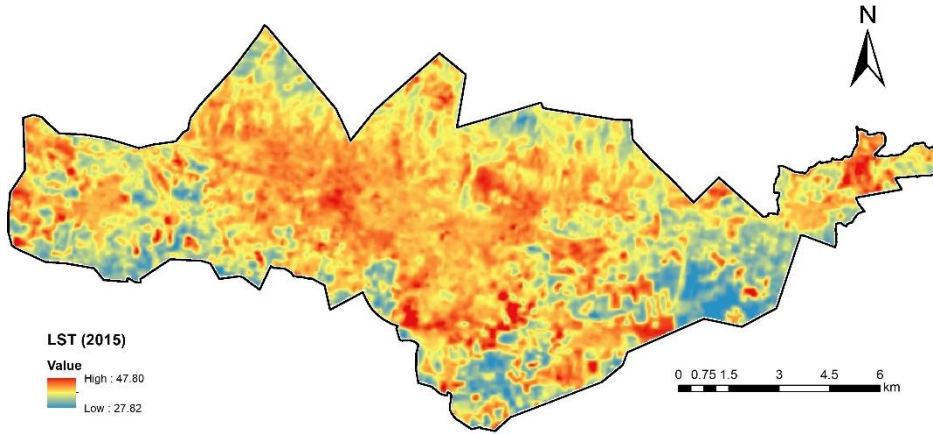
korelasyon katsayıları değerleri zayıf, 0.30 ve 0.49 arasındaki korelasyon katsayıları değerleri orta ve 0.50'den yüksek korelasyon katsayıları değerleri güçlü bağlantı/ilişkiyi ifade etmektedir (Cohen, 1988).

## BULGULAR

2005 ve 2015 yılları için elde edilen LST modelleri Şekil 2 ve 3'de verilmiştir. Bu modeller bize yalnızca seçilmiş yıllar için yer yüzeyi sıcaklıklarının büyüklüğü değil, aynı zamanda yer yüzeyi ısı adası oluşumu hakkında da mekansal bir çıkarım sağlamaktadır. 2005 yılında en yüksek ve en düşük yer yüzeyi sıcaklığı değerleri 43.01°C ile 23.70°C arasında değişirken, ortalama yer yüzeyi sıcaklığı 33.52°C olarak belirlenmiştir. 2015 yılı Temmuz ayında ise en yüksek ve en düşük yer yüzeyi sıcaklığı değerleri 47.80°C ve 27.82°C arasında değişirken, ortalama yer yüzeyi sıcaklığının 3.63°C artarak 37.15°C'ye çıktığı gözlemlenmiştir. Bu durum, çalışma alanında 2005 ve 2015 yılları arasında yapılaşmanın yoğun olduğu merkezlerde yer yüzeyi sıcaklık dağılımının gittikçe daha kompakt bir yapı aldığını ve ısı adası etkisinin arttığını göstermektedir.

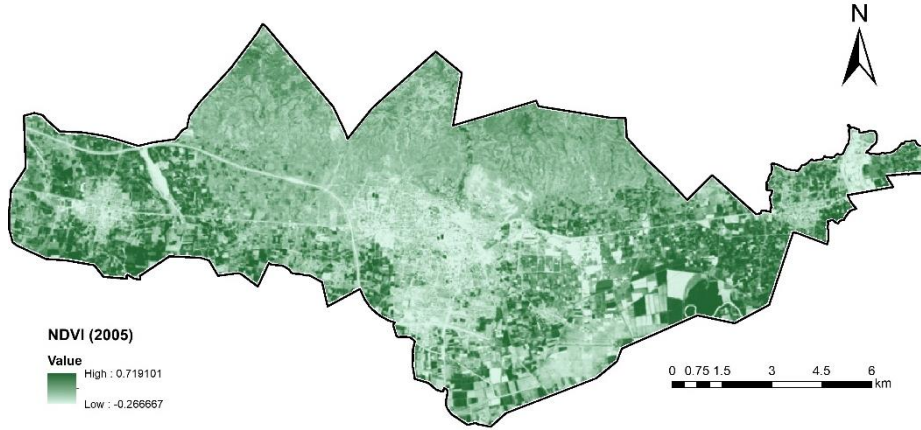


Şekil 2. 2005 Yılına Ait Arazi Yüzey Sıcaklığı (LST) Modeli

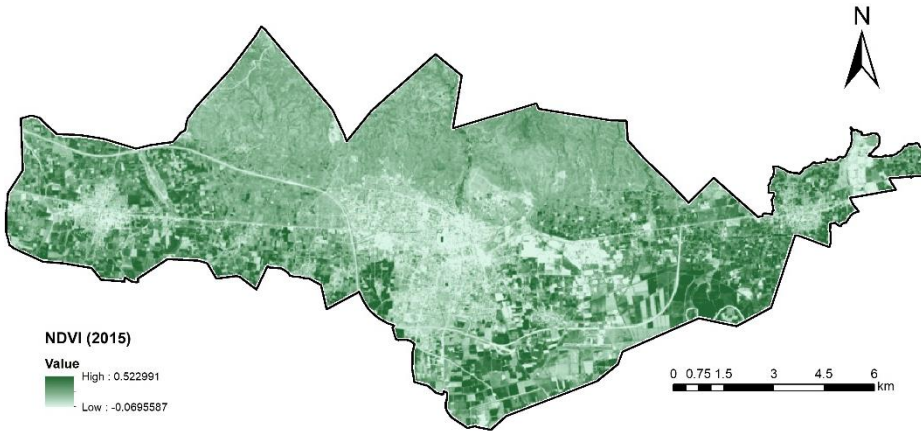


Şekil 3. 2015 Yılına Ait Arazi Yüzey Sıcaklığı (LST) Modeli

2005 ve 2015 yılları için elde edilen NDVI modelleri Şekil 4 ve 5'de verilmiştir. NDVI değeri 0.1 ve daha düşükse bu alanlar su, kayalık veya kentsel alanlar, 0.2 ve 0.3 arasındaki alanlar bitki örtüsünün olduğu ama çok zengin olmadığı alanlar, 0.4 ile 1 arasındaki değerler ise yoğun ve sağlıklı bitki örtüsüne sahip alanlar olarak değerlendirilebilir (Sobrino vd., 2004). 2005 yılı Temmuz ayı için NDVI değerleri en yüksek 0.72, en düşük -0.27 ve ortalama 0.24 değerlerini göstermektedir. Diğer yandan 2015 Temmuz ayına ait NDVI değerleri ise ortalama 0.20 olmak üzere, en yüksek 0.52 ve en düşük -0.07 değerlerini vermektedir. 2005 ve 2015 yılları için NDVI indeksinin en yüksek, en düşük ve ortalama değerleri arasındaki fark dikkate alındığında, çalışma alanının özellikle yapı yoğunluğunun yüksek olduğu bölümlerinde bitki yoğunluğunun azaldığı görülmektedir.



Şekil 4. 2005 Yılına Ait Normalize Edilmiş Farksal Bitki İndeksi (NDVI) Modeli

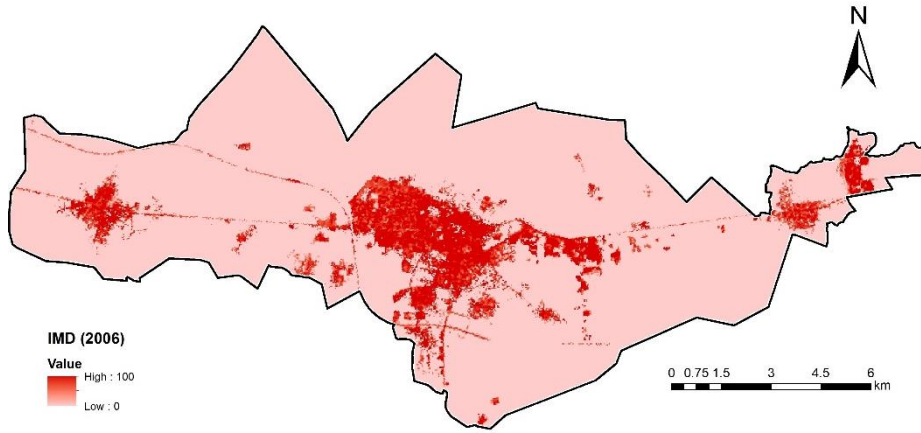


Şekil 5. 2015 Yılına Ait Normalize Edilmiş Farksal Bitki İndeksi (NDVI) Modeli

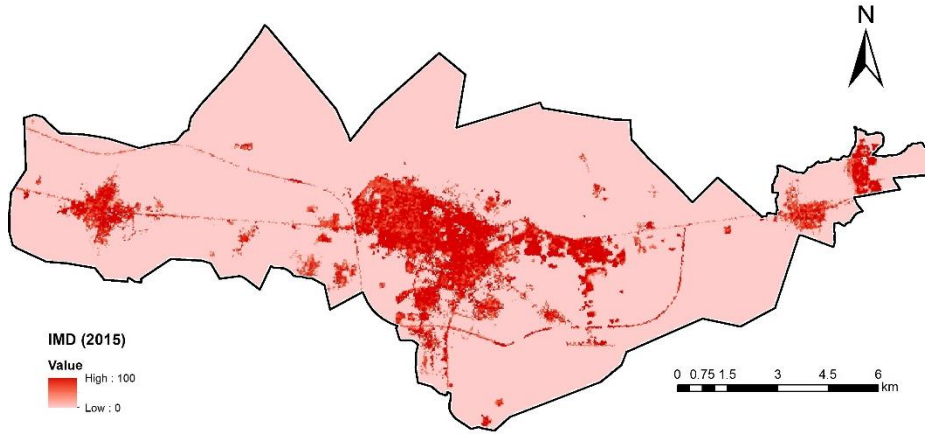
LST ve NDVI modelleri birlikte incelendiğinde, çalışma alanında yer yüzeyi sıcaklığı ile bitki örtüsü yoğunluğunun mekansal dağılımları ve birbirleri ile ilişkilerine ilişkin bilgilendirici bir görsel tasvir sunmaktadır. Bu modeller bize, LST değerlerinin yüksek olduğu alanların genellikle NDVI değerlerinin düşük olduğu, bitki örtüsü az yada hiç olmayan yoğun yapılaşmanın ve çıplak yüzeylerin görüldüğü alanlara işaret etmektedir.

Diğer yandan, 2006 ve 2015 yılları arasında geçirimsizlik derecesi/yapı yoğunluğunun arttığı görülmektedir (Şekil 6 ve 7). Ortalama IMD değeri 2006-2015 yılları arasında 10.24'den 11.05'e artmıştır. Bu artış, mevcut geçirimsiz yüzeylerin/yapı yoğunluğunda yaşanan genişlemenin yanı sıra, farklı alanlarda yeni geçirimsiz yüzey/yapılaşma şeklinde de kendini göstermektedir. Geçirgen yüzeyler 2006 ve 2015 yılları arasında %1.07 azalarak geçirimsiz yüzey/yapılaşmış alanlara dönüşmüş ve çok yoğun yapı yoğunluğunda %0.73 artışa neden olmuştur. Diğer yandan az ve orta yapı yoğunluklu alanlarda da az miktarda artış yaşanmıştır.





Şekil 6. 2006 Yılına Ait Geçirimsizlik Derecesi/Yapı Yoğunluğu (Imperviousness degree-IMD) Haritası



Şekil 7. 2015 Yılına Ait Geçirimsizlik Derecesi/Yapı Yoğunluğu (Imperviousness degree-IMD) Haritası

Tüm modeller birlikte incelendiğinde, bitki yoğunluğunun az ve yapılaşmanın fazla olduğu bölümlerde kentsel ısı ada etkisinin yoğunluk gösterdiği, ve ısı adası etkisinin hem alansal hem de yoğunluk bakımından arttığı görülmektedir.

Tablo 1 ve 2, 2005 ve 2015 yılları için LST, NDVI ve IMD arasındaki korelasyon matrislerini göstermektedir. Cohen standartlarına göre her iki yıl için LST ve NDVI için hesaplanan güçlü korelasyon katsayıları, yer yüzeyi sıcaklığı ve bitki örtüsü arasındaki ilişkinin negatif olduğunu ifade etmektedir. Benzer şekilde NDVI ve IMD arasında negatif orta güçlü ilişki olduğu görülmektedir. Diğer yandan, LST ile IMD arasında ise pozitif yönde zayıf ilişki olduğu olduğu saptanmıştır.



Tablo 1. 2005 Yılı LST, NDVI ve IMD Arasındaki Korelasyon Matrisi

		LST_2005	NDVI_2005	IMD_2005
LST_2005	Pearson Correlation	1	-.720**	.132**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000
	N	161411	161411	161411
NDVI_2005	Pearson Correlation	-.720**	1	-.428**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000
	N	161411	161411	161411
IMD_2006	Pearson Correlation	.132**	-.428**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	
	N	161411	161411	161411

\*\* . Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır (2-tailed).

Tablo 2. 2015 Yılı LST, NDVI ve IMD Arasındaki Korelasyon Matrisi

		LST_2015	NDVI_2015	IMD_2015
LST_2015	Pearson Correlation	1	-.687**	.239**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000
	N	161411	161411	161411
NDVI_2015	Pearson Correlation	-.687**	1	-.487**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000
	N	161411	161411	161411
IMD_2015	Pearson Correlation	.239**	-.487**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	
	N	161411	161411	161411

\*\* . Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır (2-tailed).

Korelasyon matrisleri karşılaştırıldığında, 2005 yılında LST ve NDVI ile NDVI ve IMD arasındaki negatif ilişkinin 2015 yılına göre daha güçlü olduğu görülmektedir. Diğer yandan, LST ve IMD arasındaki pozitif ilişki 2005 yılında 2015 yılına göre zayıftır. Bu durum literatürde de belirtildiği gibi kentleşme ile birlikte artan geçirimsiz yüzeyler ve yoğun yapılaşmış alanların yüksek ısı tutma kapasitesine işaret etmektedir (Türkeş vd., 2002; Yang vd., 2011). 2005-2015 yılları arasında LST ile IMD arasındaki pozitif korelasyonun güçlenmesi ve LST ile NDVI arasındaki negatif ilişkinin zayıflaması, önceki çalışmalarda da belirtildiği gibi, geçirimsiz yüzeylerin/yapı yoğunluğunun sürekli genişlemesinin artan yer yüzey sıcaklığına olan etkisini göstermektedir. Bu araştırmanın sonuçları literatürdeki çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Bu çalışma sonucunda LST değerinin yeşil alanlarda daha düşük, yapısal alanlarda ise daha yüksek olduğu saptanmıştır (Zhang vd., 2009; Kaplan vd., 2018). Bu kapsamda, bitki örtüsü varlığının, özellikle de bitki örtüsü bolluğu ve yoğunluğunun, kentsel ısı adalarının olumsuz etkilerinin azaltılmasında/giderilmesinde en önemli etmenlerden biri olduğu düşünülmektedir (Weng vd., 2004; Chen vd., 2006).

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Kentlerde yaşayan nüfusun zaman içinde hızla artması sonucunda kent dokusunda ve alan kullanım/arazi örtüsü özelliklerinde önemli değişimler meydana gelmektedir (Kesgin ve Nurlu, 2009). Bu değişimler özellikle kent merkezlerinde sıcaklığın çevresindeki kırsal alanlara göre daha sıcak olmasına neden olmaktadır. Yerel ölçekte küresel iklim değişikliğinin bir yansıması olarak değerlendirilen kentsel ısı adası oluşumu, özellikle büyük kentlerde ciddi bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır (Streutker, 2003). Kentlerde artan enerji tüketimine neden olmasının yanısıra bitki gelişimi, hava ve su kalitesi üzerinde olumsuz etkilere neden olmakta; kent termal konforunu olumsuz yönde etkileyerek kent halkının sağlığı üzerinde ciddi tehditler oluşturmaktadır (Frumkin ve McMichael, 2008; Zhao vd., 2016). Bu çalışma ile Aydın ili örneğinde yapılaşmaya en çok maruz kalan merkez mahallelerde 2005 ve 2015 yılları arasında bitki örtüsü ile geçirimsiz yüzeylerde meydana gelen değişimlere bağlı olarak ortaya çıkan yüzey sıcaklığı farklılıkları ve kentteki ısı adalarının bu yıllar arasındaki değişimi tespit edilmiştir. Kentsel ısı adalarının etki alanı ve şiddeti sıcak ve kurak dönemlerde artış göstermektedir (Cui ve de Foy, 2012). Bu nedenle Aydın ilinin en sıcak ve kurak olduğu Temmuz ayına ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışma sonucunda 2005-2015 yılları arasında Efeler ve İncirliova ilçelerinde yapı yoğunluğunda yaşanan artış ve bitki örtüsü yoğunluğundaki azalmanın Temmuz ayı ortalama yer yüzeyi sıcaklığında 3.63°C artışa neden olduğu ve bu etmenlere bağlı olarak da kentsel ısı adası etkisinin şiddetlendiği tespit edilmiştir.

1965-2014 yılları arasında illerin nüfusa bağlı kentleşme hızlarını inceleyen Kızıroğlu (2017), Aydın ilinde 2014 yılından itibaren nüfusa bağlı kentleşme oranının %100 olduğunu ve kentlerde yaşayan nüfusun tamamının il/ilçe merkezlerinde yaşadığını ifade etmektedir. Aydın ilinde 2000 ve 2014 yılları toplam nüfus ile kentli nüfus sayıları karşılaştırıldığında ise kentli nüfusun toplam nüfusa oranı % 51.87'den %100'e, nüfusa bağlı kentleşme oranı ise %51.9'dan %100'e ulaşmıştır (Kızıroğlu, 2017). Bu kentleşme süreci, kent içinde kalmış olan boş/kullanılmayan alanlarda yapılaşmanın artmasına ve doğu-batı yönünde İzmir-Aydın-Denizli karayolu boyunca tarım alanlarının yerleşim, sanayi ve ticaret alanlarına dönüştürülmesine neden olmuştur (Deniz vd., 2005). Bu süreçte, yapı yoğunluğu hem yatayda hem de düşeyde artış gösterirken, kent içi ve yakın çevresinde yeşil alan miktarında azalmalara neden olmuş ve Aydın ili kentsel termal çevre ve çevre kalitesi bakımından ciddi sorunlar oluşturmuştur. Bu çalışma ile ortaya koyulan, 2005-2015 yılları arasında yer yüzey sıcaklığı ve kentsel ısı adası etkisinin yoğunluğunda meydana gelen artış yerel ölçekte bu sorunların en önemlilerinden birini oluşturmaktadır.

Kentsel ısı adaları yapı, büyüklük ve etki alanları bakımından her kentte kendine özgü karakteristik özellikler göstermektedir. Kentsel ısı adalarının etki alanı ve şiddeti bir kentin fiziki özellikleri ve morfolojisi başta olmak üzere, arazi örtüsü ve alan kullanım biçimleri ile bunlarla ilişkili diğer kültürel ve sosyo-ekonomik özellikler temelinde şekillenmektedir. Ancak, önceki çalışmalar da göz önünde bulundurulduğunda, kentsel ısı adalarının etki alanı ve şiddetinin artmasında yapı yoğunluğundaki artış ve bitki örtüsü yoğunluğundaki azalmanın önemli bir faktör olduğu göze çarpmaktadır (Streiling ve Matzarakis, 2003; Kaplan vd., 2018). Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular doğrultusunda Aydın ili Efeler ve İncirliova ilçelerinde kentsel ısı adası etkisinin oluşumunun engellenmesi ve kentsel termal çevre üzerinde yarattığı olumsuz etkilerin azaltılabilmesine yönelik önlemlerin başında açık yeşil alan sistemlerinin yeniden değerlendirilmesi bulunmaktadır. Örneğin, konut alanları ve kamu binalarının çevrelerinde yer alan bitki yüzeylerde bitki çeşitliliği, yoğunluğu ve miktarının artırılması, bu alanlarda geçirimsiz sert zemin malzemelerinin kullanımının azaltılması basit ancak çok etkili olabilecek önlemlerin başında yer almaktadır. Diğer yandan kenti ağ gibi saran yaya yolları/kaldırımlarda mutlaka yol bitkilendirme çalışmaları yapılmalıdır. Böylece, özellikle yaz aylarının çok sıcak ve kurak geçtiği Aydın ili örneğinde olduğu gibi, kent termal konforunun desteklenmesinin yanısıra; yayaların kent içi dolaşımında gölgeli ve korunaklı alanlarda yürüyüşü teşvik edilmiş olacaktır. Ayrıca, mevcut yapı alanlarının kent termal konforu üzerinde oluşturduğu etkilerin giderilmesine yönelik olarak, yeşil çatı ve yeşil duvar uygulamalarının desteklenmesi ve teşvik edilmesi, kentsel termal çevre üzerinde yaratacağı olumlu etkilerle birlikte mevcut açık ve yeşil alan sisteminin de güçlendirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu önlemlerin desteklenmesi amacıyla, farklı bitki türlerinin farklı bölgelerde termal çevre üzerinde yarattığı etki araştırılmalı ve kentsel tasarım çalışmalarında bitkilerin farklı özelliklerinden yararlanılmalıdır.

Ayrıca günümüzde peyzaj planlama çalışmalarında çok önemli araçlar haline gelen uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak bir “kentsel termal çevre bilgi sistemi” oluşturulmalıdır. Böylece, kentlerde alan kullanım/arazi örtüsü değişimlerine bağlı olarak kent ikliminde meydana gelen değişimler aktif olarak izlenebilecek ve öncelikli önlem alınması gereken alanlar hızlı bir şekilde tespit edilebilecektir. Örneğin, kentsel ısı adalarının zaman içinde büyüklüğü ile şiddetinde meydana gelen değişimlerin sürekli olarak izlenmesi ve acil önlem alınması gereken alanların belirlenmesi uzun vadede kentsel termal konforun sağlanması ve kent halkı sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerin önceden giderilebilmesinde önemli bir rol oynayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Aygün, C., Sever, A. L., İsmail, K. A. R. A., Erdoğan, İ., & Atalay, A. K. (2016). Eskişehir Meralarında Otlatmanın Planlamasında NDVI Verilerinin Kullanılması. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(1).
- Cao, X., Onishi, A., Chen, J., & Imura, H. (2010). Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. *Landscape and urban planning*, 96(4), 224-231.
- Chander, G., Markham, B. L., & Barsi, J. A. (2007). Revised Landsat-5 thematic mapper radiometric calibration. *IEEE Geoscience and remote sensing letters*, 4(3), 490-494.
- Chen, A., Yao, X. A., Sun, R., & Chen, L. (2014). Effect of urban green patterns on surface urban cool islands and its seasonal variations. *Urban forestry & urban greening*, 13(4), 646-654.
- Chen, X. L., Zhao, H. M., Li, P. X., & Yin, Z. Y. (2006). Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote sensing of environment*, 104(2), 133-146.
- Chudnovsky, A., Ben-Dor, E., & Saaroni, H. (2004). Diurnal thermal behavior of selected urban objects using remote sensing measurements. *Energy and Buildings*, 36(11), 1063-1074.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd.
- Copernicus Land Monitoring Service (CLMS). (2018). Imperviousness. <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness/status-maps> adresinden erişildi.
- 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.
- Deniz, B., Tunçay, H. E., Küçükerbaş, E. V. (2005). Determination of the Land Use Change Pattern: The Case of City of Aydın, Turkey. X. *European Ecological Congress*, Kuşadası, Türkiye, 08/11/2005.
- Du, H., Wang, D., Wang, Y., Zhao, X., Qin, F., Jiang, H., & Cai, Y. (2016). Influences of land cover types, meteorological conditions, anthropogenic heat and urban area on surface urban heat island in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration. *Science of the Total Environment*, 571, 461-470.
- Frumkin, H., & McMichael, A. J. (2008). Climate change and public health: thinking, communicating, acting. *American journal of preventive medicine*, 35(5), 403-410.
- Inc, S. P. S. S. Released 2007. SPSS for Windows, version 16.0. *Chicago, SPSS inc.*
- Jennings, D. B., Jarnagin, S. T., & Ebert, D. W. (2004). A modeling approach for estimating watershed impervious surface area from National Land Cover Data 92. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 70(11), 1295-1307.
- Jin, M. S., Kessomkiat, W., & 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.

- Julien, Y., Sobrino, J. A., & Verhoef, W. (2006). Changes in land surface temperatures and NDVI values over Europe between 1982 and 1999. *Remote Sensing of Environment*, 103(1), 43-55.
- Kaplan, G., Avdan, U., & Avdan, Z. Y. (2018, March). 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, p. 358).
- Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R. T., Anderson, M., Imhoff, M. L., Gutman, G. G., ... & Goldberg, A. (2010). Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations. *Journal of climate*, 23(3), 618-633.
- Kesgin, B., & Nurlu, E. (2009). Land cover changes on the coastal zone of Candarli Bay, Turkey using remotely sensed data. *Environmental monitoring and assessment*, 157(1-4), 89-96.
- Kızıroğlu, A. M. (2017). Türkiye'nin Nüfus Değişimine Göre İl Bazında Kentleşmesine Bir Bakış (1965-2014). *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(16), 153-183.
- Klein, P. M., & Coffman, R. (2015). Establishment and performance of an experimental green roof under extreme climatic conditions. *Science of the Total Environment*, 512, 82-93.
- Lee, S. H., Song, C. K., Baik, J. J., & Park, S. U. (2009). Estimation of anthropogenic heat emission in the Gyeong-In region of Korea. *Theoretical and Applied Climatology*, 96(3-4), 291-303.
- Montávez, J. P., Rodríguez, A., & Jiménez, J. I. (2000). A study of the urban heat island of Granada. *International journal of climatology*, 20(8), 899-911.
- Ng, E., Chen, L., Wang, Y., & Yuan, C. (2012). A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. *Building and Environment*, 47, 256-271.
- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* (1967), 7(8), 769-779.
- Oliveira, S., Andrade, H., & Vaz, T. (2011). The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. *Building and Environment*, 46(11), 2186-2194.
- Reçber, N., & Şengül, H. (2018). Türkiye'de Hızlı Kentleşen 10 İlin Kentleşme Seviyesi Tespiti Çalışması. *Sosyoekonomi*, 26.
- Saaroni, H., & Ziv, B. (2003). The impact of a small lake on heat stress in a Mediterranean urban park: the case of Tel Aviv, Israel. *International journal of Biometeorology*, 47(3), 156-165.
- 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.
- Streiling, S., & 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.
- Streutker, D. R. (2003). *A study of the urban heat island of Houston, Texas* (Doctoral dissertation, Rice University).
- The United States Geological Survey (USGS). (2018a). EarthExplorer – Home. <https://earthexplorer.usgs.gov/> adresinden erişildi.
- The United States Geological Survey (USGS). (2018b). Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. [https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/L5\\_TM\\_Cal\\_2003.pdf](https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/L5_TM_Cal_2003.pdf) adresinden erişildi.
- The United States Geological Survey (USGS). (2018c). Landsat 8 Data Users Handbook - Section 5. <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-18-data-users-handbook-section-5> adresinden erişildi.
- The United States Geological Survey (USGS). (2018d). What are the band designations for the Landsat satellites? Retrieved July 7, 2018, USGS (2018d) <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites> adresinden erişildi.



- Tomlinson, C. J., Chapman, L., Thornes, J. E., & Baker, C. J. (2011). Including the urban heat island in spatial heat health risk assessment strategies: a case study for Birmingham, UK. *International journal of health geographics*, 10(1), 42.
- Türkeş, M. (2008). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1(1), 26-37.
- Türkeş, M., Sümer, U. M., Demir, İ. (2002). Re-evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929–1999. *International Journal of Climatology*, 22(8), 947-977.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2019). İstatistik Göstergeler. İl Göstergeleri, Toplam Nüfus. 2017 yılı İl ve İlçe Nüfusları. <https://biruni.tuik.gov.tr/ilgosterge/?locale=tr> adresinden erişildi.
- 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.
- Xian, G., & Crane, M. (2006). An analysis of urban thermal characteristics and associated land cover in Tampa Bay and Las Vegas using Landsat satellite data. *Remote Sensing of environment*, 104(2), 147-156.
- Xiao, R. B., Ouyang, Z. Y., Zheng, H., Li, W. F., Schienke, E. W., & Wang, X. K. (2007). Spatial pattern of impervious surfaces and their impacts on land surface temperature in Beijing, China. *Journal of Environmental Sciences*, 19(2), 250-256.
- Yang, G., Bowling, L. C., Cherkauer, K. A., Pijanowski, B. C., & Niyogi, D. (2010). Hydroclimatic response of watersheds to urban intensity: an observational and modeling-based analysis for the White River Basin, Indiana. *Journal of Hydrometeorology*, 11(1), 122-138.
- Yang, X., Hou, Y., Chen, B. (2011). Observed surface warming induced by urbanization in east China. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116(D14), 1-12.
- Yue, W., Xu, J., Tan, W., & Xu, L. (2007). The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat 7 ETM+ data. *International Journal of Remote Sensing*, 28(15), 3205-3226.
- Zhao, W., Li, A. N., & Zheng, J. (2016). A study on land surface temperature terrain effect over mountainous area based on Landsat 8 thermal infrared data. *Remote Sensing Technology and Application*, 31(1), 63-73.