

KENTSEL ISI ADASI VE AÇIK YEŞİL ALAN DESENİ

Doğa OĞUZ¹, Ebru ERSOY TONYALOĞLU^{2*}

¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Peyzaj Planlama Anabilim Dalı, Aydın, Turkey.

naturedoga@outlook.com, ORCID: 0009-0009-1033-4534

^{2*} Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Peyzaj Planlama Anabilim Dalı, Aydın, Turkey.

ebruersy@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2945-3885

Özet

Kentsel yeşil alanların varlığı, boyutu ve mekânsal düzenlemeleri, kentsel termal çevrenin dengelenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Birçok araştırma, yeşil alanların soğutma etkisi ile kentlerdeki ısıyı azalttığını ortaya koymaktadır. Bu kapsamda, bu çalışmanın amacı açık erişimli veriler yardımıyla Aydın ili Efeler ilçesi örneğinde Kentsel Isı Adası etkisi (KIA) ile açık yeşil alan deseni arasındaki ilişkinin belirlenerek, bu etkinin giderilebilmesine yönelik stratejilerin ortaya konulmasıdır. Çalışmada Copernicus Arazi Gözle Servisi'nden ücretsiz olarak temin edilen 2018 Kent Atlası ve USGS'den temin edilen Landsat 9 uydu görüntüleri kullanılarak ArcMap 10.5.1 yazılımında analiz edilmiştir. Landsat 9 verilerinden NDVI ve Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) hesaplamaları yapılarak yeşil alanların KIA üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Açık yeşil alanların mekânsal özelliklerinin belirlenmesinde FRAGSTATS v4.2.1 yazılımı sınıf düzeyi peyzaj metriklerinden, KIA etkisi ile açık yeşil alanların mekânsal özellikleri arasındaki ilişkilerin ortaya konmasında ise MatLab yazılımı Spearman Korelasyon analizinden yararlanılmıştır. Çalışmada, ormanlar ve doğal alanların KIA etkisini hafifletirken, yoğun kentsel ve yapısal alanların bu etkiyi artırdığı ortaya konmuştur. Sonuç olarak gelecek planlama ve tasarım çalışmalarında, daha bağlantılı açık yeşil alanlar ve koridorlar ile orman, su yüzeyleri ve sulak alanların entegrasyonunun, kentsel mikro iklimin iyileştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Açık Yeşil Alan, Alan Kullanımı, Kent Atlası, Peyzaj Metriği, Soğutma Etkisi

URBAN HEAT ISLAND AND THE PATTERN OF OPEN GREEN SPACES

Abstract

The presence, size and spatial arrangement of urban green spaces play an important role in stabilising the urban thermal environment. Many studies reveal that green spaces reduce heat in cities through cooling effect. In this context, the aim of this study is to determine the relationship between the Urban Heat Island effect (UHI) and open green space pattern in the case of Efeler district of Aydın province with the help of open access data and to reveal strategies to eliminate this effect. In the study, the 2018 Urban Atlas obtained free of charge from Copernicus Land Observation Service and Landsat 9 satellite images obtained from USGS were analysed in ArcMap 10.5.1 software. NDVI and Land Surface Temperature (LST) were calculated from Landsat 9 data and the effect of green areas on UHI was evaluated. FRAGSTATS v4.2.1 software class level landscape metrics were used to determine the spatial characteristics of open green areas, and MatLab software Spearman Correlation analysis was used to reveal the relationships between UHI effect and spatial characteristics of open green areas. The study revealed that forests and natural areas mitigate the KIA effect, while dense urban and built-up areas increase this effect. As a result, it is thought that the integration of forests, water surfaces and wetlands with more connected open green spaces and corridors in future planning and design studies will contribute to improving the urban microclimate.

Keywords: Open Green Space, Land Use, Urban Atlas, Landscape Metric, Cooling Effect

1. GİRİŞ

Kentleşme, insan faaliyetleri ve yapılı çevre ile ilgili faktörlerin birleşiminden kaynaklanan Kentsel Isı Adası (KIA) etkisi, kentsel alanların çevredeki kırsal veya doğal alanlara kıyasla daha yüksek sıcaklıklara maruz kaldığı durumu ifade etmektedir (Oke, 1973; Montávez vd., 2000; Streutker, 2003). KIA etkisi birçok faktörün bir araya gelmesi sonucunda oluşmakta ve artmaktadır. KIA etkisi, genellikle yoğun bina, asfalt yol, beton yapı ve sınırlı bitki örtüsü ile karakterize olan kentsel alanların, kırsal çevrelerinden daha fazla ısıyı emmesi ve tutması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu durum da kentsel ortamlarda yüksek sıcaklıklara yol açmaktadır (Atak ve Tonyaloğlu, 2020). Özellikle kentlerde doğal peyzaj elemanlarının yüksek ısı emme kapasitesine sahip malzemelerden yapılmış binalar ile beton ve asfalt yollar gibi geçirimsiz yüzeylerle değiştirilmesi, buharlaşma yoluyla çevreyi soğutabilen bitki örtüsünün azalmasına neden olmaktadır (Wong ve Yu, 2005; Liu vd., 2017). Bununla birlikte yapay yüzeylerin yoğunlukta olduğu kentsel alanlarda, doğal hava akışı engellenerek kırsal alanlarda ısının dağılmasına yardımcı olan doğal havalandırma kısıtlanmaktadır. Son olarak yoğun enerji tüketimi, endüstriyel üretim ve ulaşım gibi çeşitli insan faaliyetleri antropojenik ısı üretimine sebep olmaktadır (Berger vd., 2017; Kaplan vd., 2018).

KIA etkisi, başta klima ve soğutma talebinin artmasına neden olarak enerji tüketimi ve maliyetlerin artmasına neden olmakla birlikte kentlerde çeşitli olumsuzlara sebep olmaktadır. Bunlar arasında; ısı ile ilişkili sağlık problemleri ve ölümler, artan hava kirliliği, yüksek sera gazı emisyonları ile azalan hava kalitesi gibi olumsuz çevresel etkiler, azalan biyoçeşitlilik ve değişen ekosistem dinamikleri ile sosyal ve ekonomik eşitsizlikler vb. bulunmaktadır (Frumkin ve McMichael, 2008; Tomlinson vd., 2011; Berger vd., 2017). Bu nedenle KIA etkisinin anlaşılması ve azaltılmasına yönelik stratejilerin geliştirilmesi sürdürülebilir, dayanıklı ve yaşanabilir kentler yaratabilmek açısından büyük önem taşımaktadır.

KIA etkisini azaltabilecek/hafifletebilecek uygun stratejilerin geliştirilmesi ve uygulanması yoluyla kentsel alanlarda ısıyla ilgili risklerin azaltılması, enerji tasarrufunun sağlanması, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve kent sakinlerinin genel yaşam kalitesinin yükseltilebilmesi mümkün olacaktır. Kent peyzajı ve yeşil alan deseni ile yeşil alanların kent içindeki dağılımları ve kapladıkları alan, KIA etkisinin etkili biçimde azaltılmasında en önemli faktörleri oluşturmaktadır (Atak ve Tonyaloğlu, 2020). Stratejik olarak planlanmış ve iyi tasarlanmış bir peyzaj ve yeşil alan deseni, yeşil alanların sağladığı soğutma faydasını en üst düzeye çıkarmakta peyzaj mimarlarına yardımcı olan en önemli unsurlardan birisidir (Weng vd., 2004; Ersoy Tonyaloğlu, 2019).

Birçok çalışma birbirleri ile stratejik olarak bağlantılı olan yeşil alan ağlarının soğuk hava oluşumu ve akışına izin vererek, kentlerde doğal havalandırmaya destek olduğunu göstermektedir (Wong vd., 2007). Ayrıca yeşil alanların binalar ve yollar gibi kentsel ısı kaynaklarına ve birbirlerine olan yakınlıkları da önem KIA etkisinin azaltılması açısından önemlidir (Chen vd., 2006). Yeşil alanların kentsel ısı kaynaklarına yakın olması, ısının kesilmesine ve emilmesine yardımcı olarak çevredeki alanlara transferini engellemektedir (Du vd., 2017). Bununla ilişkili olarak yeşil alanların kent içindeki mekânsal dağılımı hem ısı stresine daha duyarlı olan ve genel KIA yoğunluğunu azaltan alanlara soğutma faydası sağlamakta, hem de sosyal ve ekonomik eşitsizliklerin önlenmesine yardımcı olmaktadır (Wong vd., 2007; Li vd., 2012). Son olarak, daha büyük yeşil alanların, daha fazla gölge, daha büyük ağaç çatısı ve evapotranspirasyon yoluyla daha fazla soğutma etkisi yarattığını unutmamak gerekmektedir (Zhou vd., 2017; Tonyaloğlu, 2019).

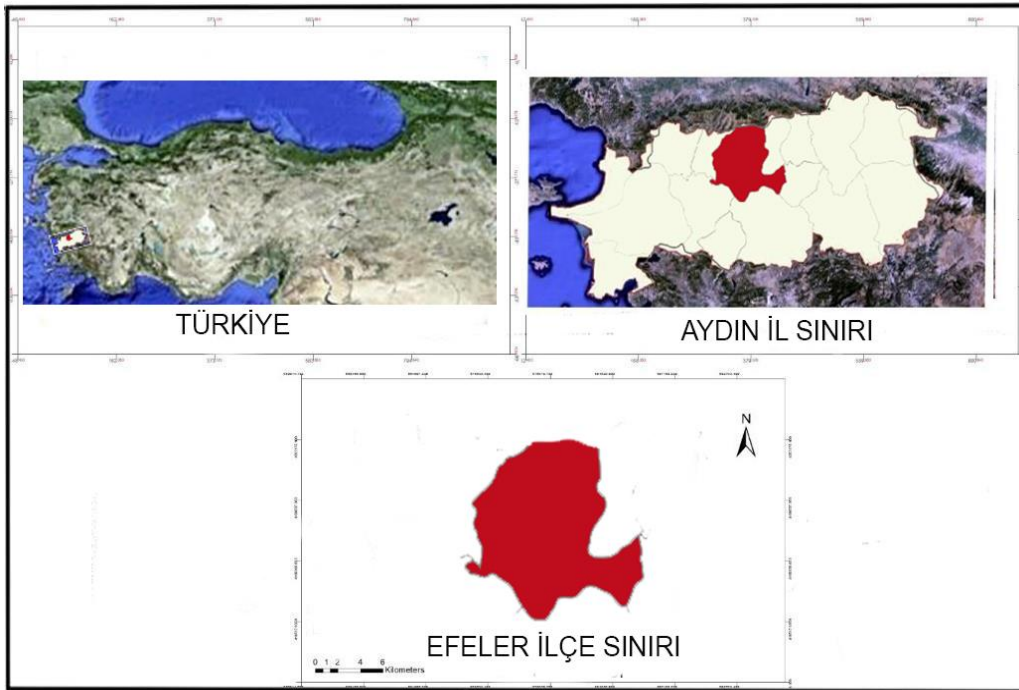
Günümüzde genel olarak kentlerde nüfus hızla artmakta ve bu artış ile birlikte de kentleşmenin gün geçtikçe tüm dünyada artacağı öngörülmektedir (Baker vd., 2004). Ayrıca iklim değişikliğine bağlı olarak özellikle sıcak ve kurak bölgelerde KIA etkisinde de artış olması beklenmektedir (Durack vd., 2012; Donat vd., 2016). Dolayısıyla, kentlerde yeşil alanların artırılması yoluyla KIA etkisinin azaltılması, birçok ülkede değişen iklim koşullarında ortak endişe konusu haline gelmiştir. Her ne kadar geçmişte yapılan çalışmalar, KIA etkisi ile arazi örtüsü ve özellikle yeşil alanlar arasında doğru orantılı bir ilişki kurmuş olsa da kentsel yeşil alanların mekânsal özelliklerinin KIA etkisini nasıl etkilediğine dair çok az çalışma bulunmaktadır (Maimaitiyiming vd., 2014; Du vd., 2017; Song vd., 2020).

Aydın kentinin merkezinde yer alan Efeler ilçesi, nüfus artışının ve kentleşmenin en yoğun yaşandığı ilçelerden birisidir. Aydın nüfusunun yaklaşık %26'sının yaşadığı Efeler ilçesinin kent merkezindeki yakın yoğun yapı blokları, yoğun sanayi ve ticaret sahaları sıkışık bir kent dokusu niteliği göstermektedir. Geçmişten bugüne sürekli gelişmekte ve değişmekte olan kent dokusu artan beton yüzeyleri ve açık- yeşil alanların azalmasıyla bölgede KIA etkisinin oluşmasına olanak sağlamıştır. Bu nedenle bu çalışmanın amacı açık erişimli veriler

yardımla Aydın ili Efeler ilçesi örneğinde Kentsel Isı Adası etkisi (KIA) ile peyzaj ve yeşil alan deseni arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve bu etkinin giderilebilmesine yönelik stratejilerin ortaya koyulmasıdır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada örnek çalışma alanı olarak ele alınan Aydın ili Efeler merkez ilçesi, geniş tarım alanları ve alüvyal ovalarla çevrili olup, aktif fay hatları ve jeotermal alanları kapsayan bir yerleşim alanıdır (Çetin ve Yıldırım, 2021). 17 ilçeden oluşan Aydın ili nüfusunun yaklaşık %26'sı Efeler merkez ilçesinde yaşamaktadır (TÜİK, 2023). Aydın kentinin merkezinde yer alan Efeler ilçesi, nüfus artışının ve kentleşmenin en yoğun yaşandığı yerleşim alanlarından birisidir (Ersoy Tonyaloğlu, 2019; Atak ve Tonyaloğlu, 2020). Özellikle kent merkezindeki yakın yoğun yapı blokları, yoğun sanayi ve ticaret sahaları sıkışık bir kent dokusu niteliği göstermektedir. Geçmişten günümüze sürekli gelişmekte ve değişmekte olan kent dokusu artan yapay yüzeyler ile azalan açık-yeşil alanlar nedeniyle bölgede Kentsel Isı Adası (KIA) etkisinin oluşmasına neden olmaktadır. Tüm bunlar dikkate alındığında, Efeler ilçesinde KIA etkisini oluşumu ile yeşil alan varlığı ile deseninin bu etkiyi ne yönde etkilediğinin anlaşılabilmesi ve buna yönelik stratejilerin geliştirilebilmesi için, daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyonu

Çalışmanın yürütülebilmesi için gerekli verilerden 2018 yılına ait Kent Atlası (Urban Atlas 2018) haritası Copernicus Arazi Gözlem Servisi'nden (Copernicus, 2024), KIA etkisinin belirlenmesi için 2023 yılı yaz aylarına ait bulutsuz Landsat 9 uydu görüntüleri ise ABD Jeolojik Araştırmalar Kurumu (USGS, 2024) web sitesinden ücretsiz olarak temin edilmiştir (Çizelge 1). KIA etkisi değerlendirmesi için kullanılan NDVI ve AYS analizleri için Aydın ilinde vejetasyonun canlı olduğu ve sıcaklıkların en yüksek olduğu aylar tercih edilmiştir. İlk olarak, Kent Atlası haritası WGS 1984 UTM Zone 35N koordinat sistemine dönüştürülmüş, gerekli bölgelerde 2023 yılına revizyonlar yapılmış ve Kent Atlası ile Landsat 9 uydu görüntüleri çalışma alanı sınırlarına göre kesilmiştir.

KIA etkisinin belirlenebilmesi için NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) ve buna bağlı Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) değerleri, Landsat 9 uydu görüntülerinin Kırmızı (B4), Kıızılötesi (B5) ve termal (B10 ve B11) bantları kullanılarak hesaplanmıştır (Sobrino vd., 2004; Du vd., 2016; Du vd., 2017; Song vd., 2020).

Yeşil alanların mekânsal özellikleri, FRAGSTATS v4.2.1 yazılımı ile sınıf düzeyinde hesaplanan peyzaj metrikleri ile analiz edilmiştir. KIA etkisi ile peyzaj ve açık yeşil alan deseni arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi amacıyla ArcMap 10.5.1 Zonal Statistics aracı ile MatLab yazılımında Spearman korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir (Atak ve Tonyaloğlu, 2020; Song vd., 2020). Spearman korelasyon analizlerinde

yama sayısı az olan Havalimanları (NP:1), Açık Alanlar (Bitki Örtüsü Az veya Hiç Olmayan Alanlar) (NP: 3) ve Demiryolları ve İlişkili Araziler (NP: 2) alan kullanım sınıfları analizlere dahil edilmemiştir.

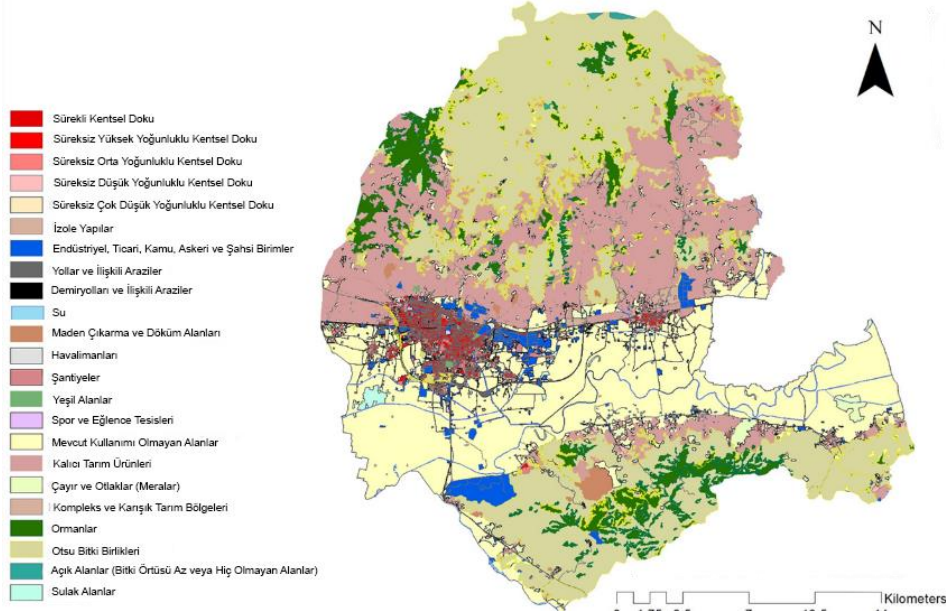
Çizelge 1. Çalışmada kullanılan veri setleri ve detay bilgileri

Uydu Görüntüleri	Tarih	Kullanılan Bantlar	Mekânsal Çözünürlük
Landsat 9 OLI/TIRS	26 Temmuz 2023	4-5, 10- 11	30-100 m
Landsat 9 OLI/TIRS	3 Ağustos 2023	4-5, 10- 11	30-100 m
Urban Atlas 2018	2018	-	2- 4 m

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Alan Kullanım Deseni

Efeler İlçesine ait güncellenmiş Kent Atlası Haritası Şekil 2’de verilmiştir. Çizelge 2’de ise Efeler ilçesine ait farklı alan kullanım tiplerine ait sınıf düzeyinde hesaplanan peyzaj metrikleri sonuçları sunulmuştur.



Şekil 2. Efeler İlçesi Güncellenmiş Kent Atlası Haritası

Efeler ilçesinde toplam alanın %79,89’u Otsu Bitki Birlikleri, Kalıcı Tarım Ürünleri ve Yıllık Tarım Ürünleri’nden oluşmaktadır. Bu sınıflar içinde Otsu Bitki Birlikleri 19642,51 ha toplam alan (tüm Efeler ilçesinin %33,60’ı) ile en büyük alana sahiptir. Ayrıca NP, ENN_MN ve MESH değerleri birlikte değerlendirildiğinde bu sınıfın yamalarının nispeten birbirlerine yakın konumlandığı ve bağlantılı durumda olduğunu ifade etmektedir. Bu sınıfı takiben Kalıcı Tarım Ürünleri ve Yıllık Tarım Ürünleri Efeler ilçesinde geniş alan kaplamaktadır (sırasıyla 12354,61 ha ve 14700,37 ha). Bu sınıflarda NP, AREA_MN ve AREA_AM değerleri parçalanmanın az ve yamaların büyük parçalar halinde peyzajda dağıldığını göstermektedir. Diğer yandan Ormanlarda ise yüksek parçalanma düzeyi ve daha küçük parçalı yamaların varlığı söz konusudur (NP: 366 ve AREA_MN: 10,49 ha, AREA_AM: 179,26 ha). Tüm bunlar MESH (0,78 ha) değeri ile birlikte ele alındığında Ormanlarda ekolojik bağlantının zayıf olduğunu görülmektedir.

Kentsel doku içinde Süreksiz Yoğun Kentsel Dokuların (0,93% PLAND) yaygın ancak parçalı ve dağınık (NP, AREA_MN ve AM ile MESH) bir yayılıma sahip olduğu görülmektedir. Sürekli Kentsel Doku Efeler ilçesinin sadece %0,63'ünü kaplarken, Sürekli Kentsel Doku yamaları az sayıda ama belirli yerlerde yoğunlaşmış durumdadır (MESH: 0,05 ha ve ENN_MN: 132,19 m). Her ne kadar nispeten büyük yamaların etkisi olan bölgeler bulunsa da Sürekli Kentsel Doku yamalarının ortalama boyutları genel olarak küçüktür. Endüstriyel, Ticari, Kamu, Askeri ve Şahsi Birimler (1478 ha) geniş alana yayılmış ancak parçalı ve dağınık bir yapıya sahiptir.

KIA oluşumunun önlenmesi bakımından büyük önem taşıyan Spor ve Eğlence Tesisleri (37,26 ha) ile Yeşil Alanlar (55,25 ha, %0,15) gibi kullanımlar ilçenin toplam boyutu (58455,65 ha) ile karşılaştırıldığında çok küçük bir alan kaplamaktadır. ENN_MN ve MESH değerleri, bu alanların birbirinden uzak ve izole durumda olduğunu ifade etmektedir. Benzer şekilde Su ve Sulak Alanlara ait yamalar da Efeler ilçesinin sadece %0,73'ünü kaplamakta ve birbirinden uzak, parçalı ve izole bir yapı sergilemektedir.

Çizelge 2. Sınıf Düzeyi Peyzaj Metrikleri Sonuçları

Alan Kullanımı Sınıfı	CA	PLA ND	NP	AREA_ MN	AREA_ AM	ENN_ MN	MES H
Otsu Bitki Birlikleri	19642,51	33,60	196	100,22	7737,12	126,88	2599,86
Açık Alanlar (Bitki Örtüsü Az veya Hiç Olmayan Alanlar)	61,07	0,10	3	20,36	24,41	1882,03	791,83
Kalıcı Tarım Ürünleri	12354,61	21,14	186	66,42	3746,52	213,42	11,78
Ormanlar	3840,62	6,57	366	10,49	179,26	120,57	0,78
Kompleks ve Karışık Tarım Bölgeleri	939,99	1,61	51	18,43	48,24	450,76	2,42
Yollar ve İlişkili Araziler	960,13	1,64	112	0,09	147,33	24,17	0,67
Çayır ve Otlaklar (Meralar)	892,67	1,53	173	5,16	43,78	363,87	0,01
Spor ve Eğlence Tesisleri	37,26	0,06	19	1,96	3,40	2405,44	476,17
Yıllık Tarım Ürünleri	14700,37	25,15	215	68,37	1893,49	167,89	0,054
Süreksiz Düşük Yoğunluklu Kentsel Doku	433,44	0,74	199	2,18	7,21	192,30	0,03
Süreksiz Orta Yoğunluklu Kentsel Doku	328,15	0,56	203	1,62	4,73	170,99	0,08
Süreksiz Yüksek Yoğunluklu Kentsel Doku	542,67	0,93	235	2,31	8,10	160,53	0,10
Sürekli Kentsel Doku	370,78	0,63	140	2,65	16,00	132,19	0,05
Süreksiz Çok Düşük Yoğunluklu Kentsel Doku	557,01	0,95	305	1,83	5,02	178,59	3,64
Endüstriyel, Ticari, Kamu, Askeri ve Şahsi Birimler	1478,48	2,53	351	4,21	144,03	261,09	0,01
İzole yapılar	141,83	0,24	226	0,63	0,82	301,77	0,01
Yeşil Alanlar	55,25	0,09	34	1,63	5,96	804,37	0,21
Su	253,46	0,43	84	3,02	48,15	147,11	0,026
Mevcut Kullanımı Olmayan Alanlar	156,4	0,27	100	1,56	6,88	218,45	0,02
Şantiyeler	88,25	0,15	43	2,05	4,34	975,14	0,01
Maden Çıkarma ve Döküm Alanları	337,81	0,58	23	14,69	156,04	1531,89	0,90
Demiryolları ve İlişkili Araziler	36,1	0,06	2	18,05	26,09	80,00	0,02
Sulak alanlar	175,47	0,30	19	9,24	74,28	298,05	0,22
Havalimanları	71,32	0,12	1	71,32	71,32	N/A	0,09

CA: Toplam alan (ha), PLAND: Peyzaj Yüzdesi (%), NP: Toplam Yama Sayısı; AREA_MN: Ortalama Yama Alanı (ha); AREA_AM: Alan Ağırlıklı Ortalama Yama Alanı (ha); ENN_MN: Öklid En Yakın Komşuluk Mesafesi (m); MESH: Efektif Ağ Alanı (ha)

3.2. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

Aydın ilinde vejetasyonun canlı olduğu ve sıcaklıkların en yüksek olduğu Temmuz ve Ağustos aylarına ait NDVI haritaları Şekil 3'de sunulmuştur. 26 Temmuz ve 3 Ağustos 2023 yılı için oluşturulmuş NDVI haritaları analiz edildiğinde, 26 Temmuz 2023 yılına ait NDVI minimum değeri -0,24 maksimum değeri ise 0,81 olarak elde edilmiştir. 3 Ağustos 2023 NDVI değeri ise minimum değeri -0,59 maksimum değeri 0,85 olarak elde edilmiştir.

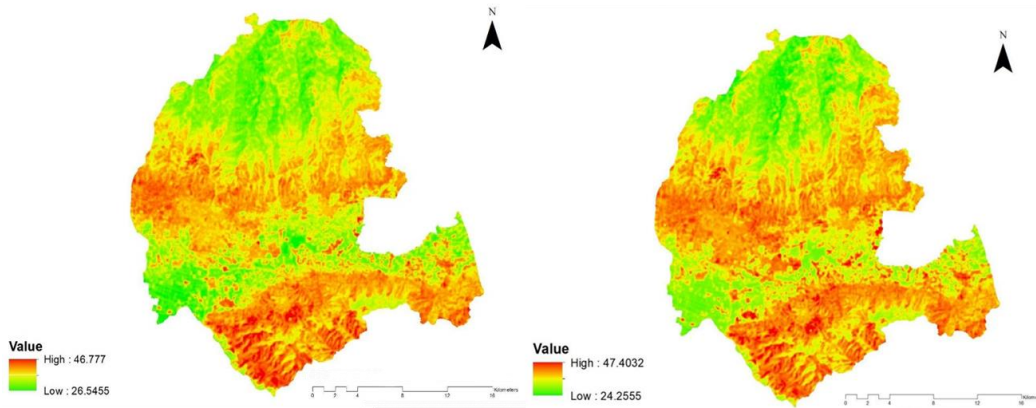


Şekil 3. 26 Temmuz 2023 ve 3 Ağustos 2023 Tarihli NDVI Haritaları

2023 yılına ait 2 ayın NDVI haritaları değerlendirildiğinde, 2 ayda da NDVI değerinin en yüksek olduğu alan kullanım sınıfları sırasıyla: Yıllık Tarım Ürünleri, Kompleks ve Karışık Tarım Bölgeleri, Ormanlar, Otsu Bitki Birlikleri, Çayır ve Otlaklar (Meralar), Kalıcı Tarım Ürünleri'nden oluşmaktadır.

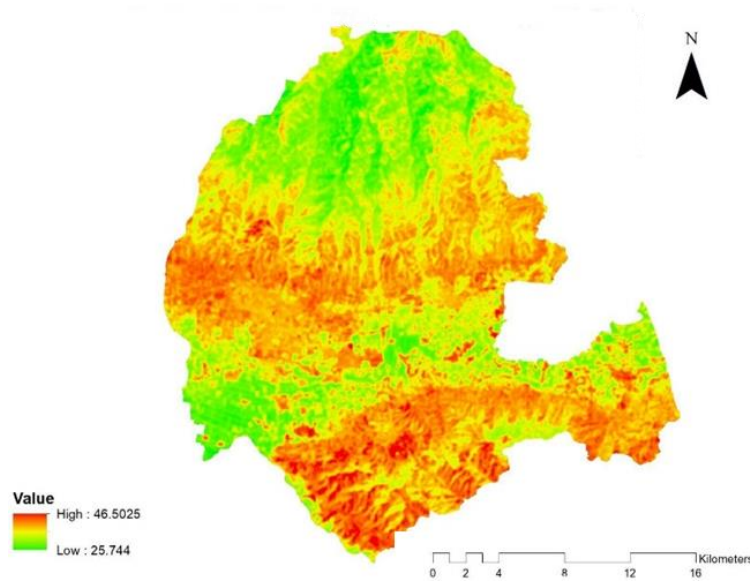
3.3. Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) / KIA Etkisi

26 Temmuz 2023 tarihli AYS haritasında minimum sıcaklık değeri 26,54°C maksimum sıcaklık değeri 46,77°C, 3 Ağustos 2023 tarihinde ise minimum sıcaklık değeri 24,25°C maksimum değeri 47,40°C olarak hesaplanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. 26 Temmuz 2023 ve 3 Ağustos 2023 Tarihli AYS Haritaları

KIA etkisini değerlendirebilmek amacıyla 26 Temmuz 2023 ve 3 Ağustos 2023 AYS haritaları ArcMap 10.5.1 kullanılarak birleştirilmiş ve Zonal Statistics aracı ile elde edilen her bir alan kullanım sınıfına ait değerler Çizelge 3'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre maksimum sıcaklık değeri 46,50°C minimum değeri 25,74°C olarak hesaplanmıştır (Şekil 5). 2023 yılına ait 2 ayın AYS haritaları değerlendirildiğinde, 2 ayda da LST değerinin en düşük olduğu alan kullanım sınıfları: Su, Ormanlar, Yıllık Tarım Ürünleri, Kompleks ve Karışık Tarım Bölgeleri, Sulak Alanlar ve Otsu Bitki Birlikleri'nden oluşmaktadır. Kent ısısının hafifletilmesine destek olan en önemli alan kullanım tiplerinden olan Yeşil Alanlar ile Spor ve Eğlence Tesisleri'nin Efeler ilçesinde yoğun kent dokusu içinde kalmış olduğu ve bu nedenle bunlara ait ortalama AYS değerleri ise sırasıyla 36,77°C ve 38,03°C olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5. Ortalama AYS Haritası

Çizelge 3. Alan Kullanımına Göre AYS Değerleri

Alan Kullanımı Sınıfı	MIN	MAX	RANG E	MEA N
Otsu Bitki Birlikleri	25.74	45.11	19.37	34.86
Açık Alanlar (Bitki Örtüsü Az veya Hiç Olmayan Alanlar)	28.47	38.40	9.93	35.05
Kalıcı Tarım Ürünleri	26.98	43.89	16.91	37.04
Ormanlar	26.74	42.11	15.37	33.48
Kompleks ve Karışık Tarım Bölgeleri	26.34	41.49	15.15	34.59
Yollar ve İlişkili Araziler	27.14	43.29	16.15	37.19
Çayır ve Otlaklar (Meralar)	28.08	44.88	16.81	38.62
Spor ve Eğlence Tesisleri	33.19	42.34	9.15	38.03
Yıllık Tarım Ürünleri	27.07	46.50	19.43	33.99
Sürekli Düşük Yoğunluklu Kentsel Doku	32.26	42.18	9.92	37.41
Sürekli Orta Yoğunluklu Kentsel Doku	32.89	40.84	7.95	37.26
Sürekli Yüksek Yoğunluklu Yoğun Kentsel Doku	31.51	41.03	9.52	37.43
Sürekli Kentsel Doku	35.32	40.70	5.38	37.63
Sürekli Çok Düşük Yoğunluklu Kentsel Doku	27.69	41.76	14.07	36.83
Endüstriyel, Ticari, Kamu, Askeri ve Şahsi Birimler	28.33	43.68	15.35	38.09
İzole yapılar	29.58	42.15	12.57	36.03
Yeşil Alanlar	33.78	40.24	6.47	36.77
Su	26.81	41.17	14.35	33.13
Mevcut Kullanımı Olmayan Alanlar	32.35	41.21	8.86	38.01
Şantiyeler	30.49	41.28	10.79	37.66
Maden Çıkarma ve Döküm Alanları	31.88	45.12	13.24	40.67
Demiryolları ve İlişkili Araziler	35.19	41.36	6.17	37.81
Sulak alanlar	28.28	42.24	13.96	34.66
Havalimanları	34.66	39.85	5.19	38.32

Diğer yandan 2023 yılında AYS değerinin en yüksek olduğu alan kullanım sınıfları ise sırasıyla; Maden Çıkarma ve Döküm Alanları, Çayır ve Otlaklar (Meralar), Havaalanları, Endüstriyel, Ticari, Kamu, Askeri ve Şahsi Birimler, Spor ve Eğlence Tesisleri, Mevcut Kullanımı Olmayan Alanlar ve Sürekli Kentsel Doku olarak belirlenmiştir. Burada her ne kadar Spor ve Eğlence Tesisleri'ne ait AYS değerlerinin düşük olması beklense de yapay çim futbol sahası ve yapısal alanlar gibi kullanımlar AYS değerlerinin yükselmesine neden olmuştur. Çayır ve Otlaklar (Meralar) alan kullanım sınıfı da yer yüzeyinde seyrek bitki örtüsü oluşturduğundan ve ilgili aylarda genellikle bitki örtüsü kurduğundan yüksek AYS değerleri ile karakterize olmuştur. Spor ve Eğlence Tesisleri ve Çayır ve Otlaklar (Meralar) dışındaki alan kullanım sınıflarının ise genellikle yapay yüzeylerden oluştuğu görülmektedir.

Çizelge 4 farklı alan kullanım sınıflarına ait yamaların alanları (AREA), çevre uzunlukları (PERIM), yama içi bağlantılılığı (GYRATE), şekli (FRAC) ve birbirlerine olan en yakın komşuluk mesafeleri (ENN) ile ortalama AYS değerleri arasındaki Spearman korelasyon katsayılarını göstermektedir. Katsayılar -1 ile +1 arasında değişmekte; 1, pozitif yönde mükemmel bir ilişkiyi, -1 negatif yönde mükemmel bir ilişkiyi ve 0 ise, ilişki olmadığını ifade etmektedir (Field, 2017).

Çizelge 4. Spearman Korelasyon Sonuçları

	AREA- uLST	PERIM- uLST	GYRATE- uLST	FRAC- uLST:	ENN- uLST:
Yıllık Tarım Ürünleri	-0.0215	-0.0156	-0.0121	-0.0397	-0.1025
Kompleks ve Karışık Tarım Bölgeleri	0.202	0.1198	0.1529	-0.1214	0.2584
Şantiyeler	-0.2067	-0.1752	-0.1933	0.0761	0.2056
Sürekli Kentsel Doku	0.0826	0.0951	0.0926	0.0968	-0.5621
Süreksiz Yüksek Yoğunluklu Yoğun Kentsel Doku	-0.0348	-0.0496	-0.0315	-0.0245	-0.4559
Süreksiz Düşük Yoğunluklu Kentsel Doku	0.0554	0.0372	0.0613	0.0357	-0.1686
Süreksiz Orta Yoğunluklu Kentsel Doku	-0.1841	-0.1709	-0.1384	-0.0268	-0.1693
Süreksiz Çok Düşük Yoğunluklu Kentsel Doku	0.125	0.0751	0.1031	0.0267	-0.049
Ormanlar	-0.0673	-0.1244	-0.06	-0.1535	-0.1802
Yeşil Alanlar	-0.0975	-0.1381	-0.1242	-0.1329	0.2307
Otsu Bitki Birlikleri	0.1908	0.1839	0.2106	0.0787	-0.0911
Endüstriyel, Ticari, Kamu, Askeri ve Şahsi Birimler	0.154	0.1457	0.1415	0.0961	-0.1224
İzole yapılar	0.1018	0.1089	0.1353	0.1024	-0.0227
Mevcut Kullanımı Olmayan Alanlar	0.2019	0.1248	0.1837	-0.0365	-0.3353
Maden Çıkarma ve Döküm Alanları	0.7619	0.8039	0.7747	0.5262	-0.1665
Yollar ve İlişkili Araziler	-0.1566	-0.142	-0.3356	-0.1514	-0.3971
Çayır ve Otlaklar (Meralar)	0.1075	0.0826	0.0957	0.0458	-0.1334
Kalıcı Tarım Ürünleri	0.0427	0.0401	0.0498	-0.0882	-0.0683
Spor ve Eğlence Tesisleri	0.1596	0.0904	0.1439	-0.2325	0.1886
Su	0.3177	0.3475	0.3456	0.377	-0.333
Sulak alanlar	0.0816	0.0789	0.1132	-0.1588	-0.05

Spearman korelasyon analizi sonuçlarına göre genel olarak ormanlar ve yeşil alan yamalarına ait yama büyüklüğü, kenar uzunluğu, iç bağlantılılık, şekil ve en yakın komşu mesafesi değerleri ile AYS değerleri negatif korelasyon göstermiştir. Özellikle Orman alanlarının büyüklüğü, çevresel yapısı ve bağlantılılığı arttıkça AYS düşmektedir. Ormanlar ve benzeri yoğun bitki örtüsüne sahip alanlar gölgeleme, terleme (evapotranspirasyon) ve hava akımını artırarak sıcaklıkları düşürmektedir (Wong ve Yu, 2005). Otsu bitki örtüsü birlikleri (doğal otlaklar, bozkırlar) genel anlamda her ne kadar düşük ortalama LST değerleri ile

karakterize olsa da kent yakın çevresinde kent ısını artırarak olumsuz etkiler sergilediğini ortaya koymaktadır.

Diğer yandan Su alan kullanım sınıfı incelendiğinde bu alanların genişlemesinin AYS'yi artırdığı saptanmıştır. Bu durum, büyük göller gibi geniş su yüzeylerinin sıcaklık birikimi yapabilmesiyle açıklanmaktadır (Manteghi vd., 2015). Ancak, su yüzeylerinin birbirine yakın olması (ENN'nin düşmesi), AYS'yi düşürmektedir. Bu da küçük ve yakın su yüzeylerinin kentsel alanlarda serinletici etki yaratma kapasitesine işaret etmektedir. Sulak Alanlarda ise, yama şekil karmaşıklığı arttıkça AYS'nin azaldığı saptanmıştır. Ancak geniş Sulak Alanların AYS ile pozitif korelasyonu, bazı Sulak Alanların yüksek buharlaşma nedeniyle sıcaklıkların artmasına neden olabileceğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, Su ile Sulak Alan yamalarının kent ısını olumlu etkileyebilmesi için, birbirleri ile yakın konumlandırılmış olması gerekmektedir. Tüm bunlar doğal/doğala yakın veya yoğun bitki örtüsü içeren alan kullanımlarının yama büyüklüğü, kenar uzunluğu, iç bağlantılılık, şekillerine ait değerlerin artması, en yakın komşu mesafesinin ise azalmasının (geniş, karmaşık şekilli ve birbirlerine yakın konumlanmış) kent ısını düşürme eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Özellikle Maden Çıkarma ve Döküm Alanları gibi geniş alana yayılmış olan ve düzenli şekle sahip alan kullanımlarına ait yamaların birbirine yakın konumlanmasının ise kent ısını artırma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Kentsel alanların (genel anlamda sürekli ve süreksiz) büyüklüğü ve yoğunluğu arttıkça AYS değerleri de artma eğilimindedir, ancak bu etki Süreksiz Kentsel Dokularda daha zayıftır. Sürekli Kentsel Doku, yama alanı, kenar uzunluğu, yama içi bağlantılılık ve şekli pozitif korelasyon gösterirken, en yakın komşu mesafesi negatif korelasyon göstermektedir. Bu, yoğun kentsel dokunun düzenli şekillerde kent ısını artırdığını, ancak yoğun yapısal dokuya sahip kentsel bölgelerin birbirinden uzak konumlanması durumunda kent ısı üzerinde olumlu etkiye sahip olabileceğini ifade etmektedir. Diğer yandan Endüstriyel, Ticari, Kamu, Askeri ve Şahsi Birimlerin alansal olarak büyümesi, AYS değerlerinin artmasına neden olurken, şantiyeler AYS ile negatif korelasyon göstermektedir. Bu durum, yapısal faaliyetlerin geçici veya kalıcı olmasının AYS üzerindeki etkilerini vurgulamaktadır.

Farklı tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği tarım alanları incelendiğinde, Yıllık Tarım Ürünleri'nin tüm metriklerle zayıf negatif korelasyon, Kalıcı Tarım Ürünleri'nin yama alan ve çevre uzunluğu ile düşük pozitif, yama şekli ile negatif korelasyon, Kompleks Tarım Bölgeleri'nin ise tüm metriklerle pozitif korelasyon gösterdiği saptanmıştır. Bu durum tarım alanlarının yama alanı, kenar uzunluğu, içi bağlantılılığı ve şekli bakımından zayıf da olsa kent ısını azaltmak yönünde olumlu etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, farklı alan kullanım tipleri ile açık yeşil alanların KIA etkisi ile ilişkileri analiz edilerek değerlendirilmiştir. Aydın ili Efeler ilçesi örneğinde gerçekleştirilen çalışmada farklı alan kullanım tipleri arasında doğal alanlar (ormanlar, su yüzeyleri ve sulak alanlar) ile yapısal ve kentsel alanlar (kentsel dokular, endüstriyel alanlar, tarım bölgeleri) ile AYS arasındaki ilişkilerin farklı biçimlerde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Çalışmanın bulguları, Ormanların gölgeleme ve evapotranspirasyon yoluyla yerel sıcaklıkları düşürdüğünü ve KIA etkisini hafiflettiğini, yapısal ve yoğun kentsel alanların ise KIA etkisini artırma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Otsu Bitki Birlikleri alan kullanımı yamalarının biçimsel karmaşıklığı arttıkça AYS'yi düşürmektedir. Bu bulgular, orman ve bitki örtüsü yoğunluğunun sıcaklık kontrolü üzerindeki etkilerini önceki çalışmalarla uyumlu hale getirmektedir (Weng, 2009; Ersoy Tonyaloğlu, 2020; Atak ve Tonyaloğlu, 2020).

Buna ek olarak kent içi Yeşil Alanların büyüklüğü, çevresel uzunlukları ve yapısal karmaşıklıkları ile AYS arasında zayıf ama anlamlı negatif korelasyonlar tespit edilmiştir. Negatif korelasyonların varlığı, yeşil alanların büyüklüğünün ve karmaşık yapısının yerel yüzey sıcaklıklarını düşürdüğünü göstermektedir. Yeşil alanlar, bitki örtüsü varlığı ile yoğunluğuna bağlı olarak ormanlar ile benzer biçimde evapotranspirasyon yoluyla hava sıcaklığını düşürerek ve gölgeleme etkisi sağlayarak mikro iklimi iyileştirici etkiye sergilemektedir (Weng, 2009). Ancak Efeler ilçesinde zayıf korelasyon katsayıları, mevcut Yeşil Alanların yeterli büyüklükte ve uygun yerleşimde olmadığını ve bu nedenle etkilerinin sınırlı kaldığını göstermektedir.

Literatürde küçük ve izole parkların, ısı adası etkisini yeterince dengeleyemediği vurgulanmaktadır (Peng vd., 2016). Bu bağlamda çalışma bulguları birbirleri ile yakın konumlanmış ve karmaşık / düzensiz Yeşil Alan yamalarının KIA azaltımı üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu işaret etmektedir. Bu nedenle Efeler ilçesinde gelecekte tesis edilecek açık yeşil alan sistemlerinde, daha düzensiz (doğala yakın), daha fazla bitki çeşitliliği

içeren ve geniş yüzey alanına sahip yeşil alanların KIA etkisinin azaltılmasında daha etkili olacağı düşünülmektedir.

Buna karşın, Su yüzeyleri ve Sulak Alanların, kent içinde alansal olarak genişlemesi AYS değerlerinde beklenen aksine bir artışa neden olmuştur. Bu durum, özellikle büyük su yüzeylerinin ısı birikimi yapması nedeniyle, geniş ölçekte serinletici etkiler yaratma beklentisinin her zaman sağlanamayacağını göstermektedir (Li vd., 2017). Ancak yine de Su yüzeylerinin küçük yamalar halinde ve birbirine yakın olduğu durumlarda, kentlerde yerel serinletici etkinin arttığı saptanmıştır. Bu sonuç, su ile ilişkili alan kullanımlarının doğru planlama ile mikro iklim yönetiminde etkili olabileceğini vurgulamaktadır.

Çalışma sonuçları, ormanların ve diğer doğal alanların yerel ölçekte KIA etkisini hafiflettiğini, yapısal ve yoğun kentsel alanların ise KIA etkisini artırma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Açık yeşil alanlar her ne kadar AYS üzerinde olumlu etkiler yaratarak KIA etkisinin azaltılmasına yardımcı olsa da bu alanların Aydın ili Efeler ilçesinde mevcut durumda dağınık ve birbirinden kopuk bir şekilde yerleşmeleri, olumlu etkilerini sınırlamaktadır.

Bu kapsamda, gelecek peyzaj planlama ve tasarım çalışmalarında daha bağlantılı, geniş ve bitki çeşitliliği içeren açık yeşil alanlar ile yeşil koridorlar oluşturulması hem kentsel mikro iklimin iyileştirilmesine hem de biyolojik çeşitliliğin artırılmasına katkı sağlayacaktır (Weng, 2009). Özellikle, yeşil koridorlar ile orman, su yüzeyleri ve sulak alanların bağlantılı hale getirilmesi ve yoğun kentsel dokuların hava akımını sağlayacak şekilde planlanması gibi stratejik adımlar, sıcaklık artışlarının / yapay yüzeylerde depolanmasının neden olduğu KIA etkisinin önlenmesinde etkili olacaktır (Peng vd., 2016). Ayrıca, kompleks tarım alanlarının çeşitlendirilmiş ürün desenleriyle dönüştürülmesi, su yüzeylerinin ekolojik işlevlerle desteklenmesi gibi uygulamalar da sürdürülebilir peyzaj yönetimi açısından önemli taşımaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK "2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı"nın 2023 Yılı 1. Dönem Başvurusu kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Atak, B. K., & Tonyaloğlu, E. E. (2020). Alan kullanım/arazi örtüsü ve bitki örtüsündeki değişimin arazi yüzey sıcaklığına etkisinin değerlendirilmesi: Aydın ili örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 21(4), 489-497.
- Baker, L. A., Brazel, A. T., & Westerhoff, P. (2004). Environmental consequences of rapid urbanization in warm, arid lands: case study of Phoenix, Arizona (USA). *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 72.
- Berger, C., Rosentreter, J., Voltersen, M., Baumgart, C., Schullius, C., & Hese, S. (2017). Spatio-temporal analysis of the relationship between 2D/3D urban site characteristics and land surface temperature. *Remote sensing of environment*, 193, 225-243.
- 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.
- Çetin, H. & Yıldırım, S. (2021). Aydın İli Efeler İlçesi Çevresindeki Jeotermal Alanların Çevresel Etkileri. *Türkiye Coğrafya Dergisi*, 36(1), 45-60.
- Donat, M. G., Lowry, A. L., Alexander, L. V., O’Gorman, P. A., & Maher, N. (2016). More extreme precipitation in the world’s dry and wet regions. *Nature Climate Change*, 6(5), 508-513.
- Du, H., Cai, W., Xu, Y., Wang, Z., Wang, Y., & Cai, Y. (2017). Quantifying the cool island effects of urban green spaces using remote sensing Data. *Urban Forestry & Urban Greening*, 27, 24-31.
- 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.
- Durack, P. J., Wijffels, S. E., & Matear, R. J. (2012). Ocean salinities reveal strong global water cycle intensification during 1950 to 2000. *science*, 336(6080), 455-458.

- Field, A. (2017). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics: North American edition*. sage.
- Frumkin, H., & McMichael, A. J. (2008). Climate change and public health: thinking, communicating, acting. *American journal of preventive medicine*, 35(5), 403-410.
- 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 *Proceedings* (Vol. 2, No. 7, p. 358). MDPI.
- Li, X., Zhou, Y., Asrar, G. R., Imhoff, M., & Li, X. (2017). The surface urban heat island response to urban expansion: A panel analysis for the conterminous United States. *Science of the Total Environment*, 605, 426-435.
- Liu, L., Lin, Y., Wang, L., Cao, J., Wang, D., Xue, P., & Liu, J. (2017). An integrated local climatic evaluation system for green sustainable eco-city construction: A case study in Shenzhen, China. *Building and Environment*, 114, 82-95.
- Maimaitiyiming, M., Ghulam, A., Tiyp, T., Pla, F., Latorre-Carmona, P., Halik, Ü., Sawut, M. & Caetano, M. (2014). (2014). Effects of green space spatial pattern on land surface temperature: Implications for sustainable urban planning and climate change adaptation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 89, 59-66.
- Manteghi, G., bin Limit, H., & Remaz, D. (2015). Water bodies an urban microclimate: A review. *Modern Applied Science*, 9(6), 1.
- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* (1967), 7(8), 769-779.
- Peng, S., Feng, Z., Liao, H., Huang, B., Peng, S., & Zhou, T. (2019). Spatial-temporal pattern of, and driving forces for, urban heat island in China. *Ecological indicators*, 96, 127-132.
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of environment*, 90(4), 434-440.
- Song, Y., Song, X., & Shao, G. (2020). Effects of green space patterns on urban thermal environment at multiple spatial-temporal scales. *Sustainability*, 12(17), 6850.
- 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, 1-14.
- Tonyaloğlu, E. E. (2019). Kentleşmenin kentsel termal çevre üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi, efeler ve İncirliova (Aydın) örneği. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 1-13.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2023). *Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2023*. <https://www.tuik.gov.tr>
- Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 64(4), 335-344.
- Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote sensing of Environment*, 89(4), 467-483.
- Wong, N. H., & Yu, C. (2005). Study of green areas and urban heat island in a tropical city. *Habitat international*, 29(3), 547-558.
- Wong, N. H., Jusuf, S. K., La Win, A. A., Thu, H. K., Negara, T. S., & Xuchao, W. (2007). Environmental study of the impact of greenery in an institutional campus in the tropics. *Building and environment*, 42(8), 2949-2970.
- Zhou, W., Wang, J., & Cadenasso, M. L. (2017). Effects of the spatial configuration of trees on urban heat mitigation: A comparative study. *Remote Sensing of Environment*, 195, 1-12.