

Yer Yüzeyi Sıcaklıkları ile Kentsel Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi: Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin Örneği

Determining the Relationship Between Land Surface Temperatures and Urban Land Use: The Example of Şanlıurfa, Diyarbakır, and Mardin

Ömer Ünsal^{1*}, Vedat Avcı²

¹*İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya ABD, 34119, İstanbul/Türkiye.*

²*Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 12000, Bingöl/Türkiye.*

ARAŞTIRMA MAKALESİ

*Sorumlu yazar:

Ömer Ünsal
oomer.unsal@gmail.com

doi: 10.48123/rsgis.1195902

Yayın süreci

Geliş tarihi: 28.10.2022

Kabul tarihi: 14.04.2023

Basım tarihi: 28.09.2023

Özet

Çalışma, yer yüzeyi sıcaklıklarındaki (YYS) değişimlerin kent sınırları ve arazi kullanımı ile ilişkisinin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin kentlerinde ortaya konmasını amaçlamıştır. YYS'de en belirgin artış kent yüzeylerinde meydana gelmektedir. Bu nedenle kentler çevresine göre daha sıcak ortamlar (ısı adası) olarak belirlenmektedir. Kentlerde farklı arazi kullanımlarına göre YYS de değişmektedir. Bu çalışmada kullanılan veriler 2019 yılı için Landsat 8 (OLI-TIRS), 1990 yılı için Landsat TM 5 uydu görüntüleri, kentsel alan sınırları, CORINE ve kentsel arazi örtüsü/arazi kullanım (AÖ/AK) sınıflarıdır. Literatürde önerilen formüller kullanılarak YYS haritaları oluşturulmuştur. 1990-2019 yılları arasında YYS'de meydana gelen değişim üretilen fark haritaları ile bulunmuştur. YYS değerleri ile arazi kullanım sınıfları örneklem noktaları kullanılarak karşılaştırılmış, meydana gelen YYS değişiminin nedenleri irdelenmiştir. Diyarbakır kentsel alanının %50'sinde, Şanlıurfa'nın %36'sında, Mardin'in %54'ünde kente özgü YYS fark ortalamasının üzerinde YYS değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca üç kentte de 1990 yılı kent sınırının genel olarak YYS fark ortalamasının üstünde kaldığı saptanmıştır. Kente ve bölgeye özgü önerilerin yanı sıra aktif ve nitelikli yeşil altyapı çalışmaları ile kent çekirdeklerinde koruma-kullanma dengesi gözetilerek iklim projeksiyonlarına uygun ve yenilikçi çözümlerin uygulanması tavsiye edilmektedir.

Anahtar kelimeler: Yer yüzeyi sıcaklığı, Arazi kullanımı, Kentleşme, Kentsel ısı adası

Abstract

This study aims to reveal the relationship between changes in land surface temperatures (LST) and land use in Şanlıurfa, Diyarbakır, and Mardin urban boundary in the Southeastern Anatolia Region of Türkiye. The most significant increase in LST occurs on urban surfaces. For this reason, cities appear as warmer environments (heat island) compared to their surroundings. Also, LST changes according to different land usage in cities. The data used in this study are Landsat 8 for 2019, Landsat 5 satellite images for 1990, urban area boundaries, CORINE and urban land use/land cover (LU/LC) classes. LST maps were created using the formulas suggested in the literature. The change in LST was found with different maps between 2019-1990. LST values and land use classes were compared using sampling points, and the reasons for the LST change were examined. In 50% of the Diyarbakır urban area, 36% of Şanlıurfa, and 54% of Mardin, temperature values above the city-specific LST difference average were determined. Also, it was determined that the urban border of 1990 in all three cities was generally above the average of the LST difference. In addition to urban and region-specific suggestions, it is recommended to implement climate-smart and innovative solutions by considering the protection-utilization balance in urban cores with active and qualified green infrastructure works.

Keywords: Land surface temperature, Land use, Urbanization, Urban heat island

1. Giriş

Kent ve çevresinde yer alan kırsal alanlar arasındaki yüzey ve hava sıcaklığı farklılığı kentsel ısı adası olarak tanımlanmaktadır (Çiçek ve Doğan, 2005; Uğur ve Aliğaçoğlu, 2019). Kentsel ısı adası etkisi, kentlerde yaygın bir iklimsel olgu olarak kabul edilmektedir (Carnahan ve Larson, 1990). Kentsel ısı adasının oluşmasında en önemli etken yer yüzeyi sıcaklıklarındaki (YYS) artıştır. Kentleşmeye bağlı olarak güneş radyasyonunun yer yüzeyinde tutulumu daha fazla olmaktadır. Buna bağlı olarak kentlerde YYS artışı daha fazladır. Kent içerisinde arazi formlarına bağlı olarak YYS de değişmektedir. Bu nedenle şehrin farklı bölgelerinde YYS ve buna bağlı olarak kentsel ısı adası etkisi farklı olmaktadır. Konu ile ilgili yerli ve yabancı çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Özellikle 2016'dan itibaren artan sayıda yayın, konuya duyulan ilginin seviyesini doğrulamaktadır (Almeida vd., 2021).

Literatürde, YYS'deki değişim, gece-gündüze, aylara, mevsimlere ve yıllara göre değerlendirilmektedir. Bunun yanında literatürde YYS'nin değişimi kentsel ve kırsal alanlar karşılaştırılarak araştırıldığı gibi, bazı çalışmalarda sadece kırsal alanlarda, bazı çalışmalarda ise sadece kentsel alanları kapsayacak çalışmalar da mevcuttur. Gece-gündüze göre YYS'de meydana gelen değişime Peng vd. (2012) ile Karadoğan ve Kavak (2017) çalışmaları örnek verilebilir. Peng vd. (2012) çalışmasında; MODIS uydu görüntülerini kullanarak kentsel alan ile banliyö alanı yüzey sıcaklık farklılıklarını günlük ve mevsimsel olarak değerlendirmiştir. 419 adet küresel büyük şehir ölçeğinde yapılan çalışmada kentler ile banliyöler arasındaki ısı farkının sadece nüfus yoğunluğu ile ilişkili olmadığı ortaya konmuştur (Peng vd., 2012). Karadoğan ve Kavak (2017), Diyarbakır Havzası'nda iklim üzerinde, yer şekilleri ve litoloji etkisini MODIS uydu görüntüsü kullanarak gece-gündüz ölçeğinde değerlendirmiştir. Nisan ayı uydu görüntüsü kullanılarak yapılan çalışmada, havzada gece-gündüz arasındaki YYS farkının Karacadağ ve çevresinde en fazla olduğu belirlenmiştir. Li vd. (2019), gündüz kentsel ısı adası yoğunluğunun mekansal değişiminin, kentsel ve kırsal alanların suyu buharlaştırma kapasitesindeki değişimler tarafından daha fazla kontrol edildiğini ve yeşil altyapı gibi buharlaşma kapasitesini artıran stratejilerin kentsel ısıyı azaltmada etkili olduğunu göstermiştir (Li vd., 2019).

Ünal Çilek (2022), kentsel ısı adası etkisini Adana ölçeğinde mevsimsel (kış-yaz) olarak değerlendirmiştir. Bu çalışmada kentlerde geçirimsiz yüzeyler nedeniyle yüzey ısı dalgalarının ortaya çıktığı belirtilmiştir. Çalışmada, YYS sıcaklığının kış aylarında kesikli/sürekli orta yoğun kent yapısında, endüstriyel ve ticari birimler ile izole yapılarda, yaz aylarında ise endüstriyel ve ticari birimler, karayolları ve ilgili alanlar, spor ve eğlence alanları ve kent yapısı gibi kentsel alanlarda en yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Polat (2020) ve Mercan (2020) ise YYS'deki değişimin yıllara göre nasıl değiştiğini konu edinen çalışmalardır. Mardin kenti için uydu görüntüleri kullanılarak 1990-2019 aralığındaki YYS değişimi analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Mardin'de ortalama YYS'nin 25 °C den 37 °C' ye yükseldiği, güneybatıda sulamalı tarımın yapılması ile 2000 yılından itibaren YYS'de düşüşün dikkate değer olduğu ortaya konmuştur (Polat, 2020). Mercan (2020) Muş ilinde, 1990-2019 yılları arasında YYS'deki meydana gelen değişimleri değerlendirmiştir. Bu çalışmada YYS'de yılda ortalama olarak 0,3 °C artışın meydana geldiği belirlenmiştir.

Kentlerde YYS'nin yüksek olması kentleşme ile daha çok ilgilidir. İstanbul için yapılan bir çalışmada, kentleşme oranının yüksek olduğu bölgelerde YYS ve kentsel ısı adası etkisinin artacağı ortaya koyulmuştur (Bektaş Balçık, 2014). Oğuz (2015), ASTER görüntülerini kullanarak, Baltimore (ABD) için YYS haritası oluşturmuştur. Çalışmada maksimum YYS değerleri kentsel alanlarda, en düşük YYS değerleri ise su ve orman alanlarında tespit edilmiştir. İstanbul'un Anadolu yakasında CORINE AÖ/AK sınıflarının YYS değerlerini yıllara göre araştıran çalışmada yapay bölgelerde YYS'nin tarım ile orman ve yarı doğal alanlara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Kuşak ve Küçükali, 2020). Niğde il genelinde CORINE AÖ/AK sınıflarının YYS değerlerini yıllara (1989, 1999, 2009, 2019) göre araştıran başka bir çalışmada ise geçirimsiz yüzeyler diğer tüm sınıflara göre tüm yıllarda daha yüksek YYS değerine sahiptir (Soydan, 2020). Benzer şekilde Aksaray il genelinde CORINE AÖ/AK sınıflarının YYS değerlerinin incelendiği bir çalışmada sulak alan ve orman alanlarının yapay alanlara ve tarım alanlarına göre daha düşük YYS değerine sahip olduğu saptanmıştır (Kaçmaz ve Gürbüz, 2022). Bolu kent merkezindeki AÖ/AK sınıflarının YYS değerlerinin incelendiği bir çalışma da bulunmaktadır. Bu çalışmaya göre YYS değeri en yüksek olan sınıflar sırasıyla endüstri ve üretim alanları, spor ve eğlence alanları ile sürekli kentsel alanlardır (Kırkık Aydemir vd., 2022).

Kentsel ısı adasının oluşmasında jeolojik faktörlerin de etkili olduğu literatürde belirtilmiştir. Uysal ve Polat (2015), Afyon şehrinde kentsel ısı adasını, kentteki volkanik kayalardan oluşan tepeler ve kent çevresindeki jeotermal su kaynakları ile ilişkilendirmiştir. Orhan vd. (2014), 1984-2011 arası dönemde Tuz Gölü Havzasında kara yüzey sıcaklıklarında dramatik değişikliklerin (yaklaşık 2 °C) meydana geldiğini belirtmektedir. Orhan ve Yakar (2016), Konya Havzası için yaptıkları çalışmada, havzada YYS'nin 1984-2014 yılları arasında uzun dönemler halinde yaklaşık 5 °C, 2011-2014 yılları arasında ise kısa dönemler olarak 2-3 °C civarında arttığını ortaya koymuştur. Dihkan vd. (2018), "Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde yer alan İstanbul, Bursa, Ankara, İzmir, Gaziantep, Erzurum ve Trabzon olmak üzere yedi şehri YYS açısından incelemiş, kentsel ısı adasının kentleşmiş alanlarda önemli bir çevre sorunu olduğunu, çalışılan tüm lokasyonlarda hem atmosferik ısı adası hem de kent ısı adası tespit edildiğini ve bu sorunun 1984'ten 2011'e kadar hızla arttığını belirtmişlerdir.

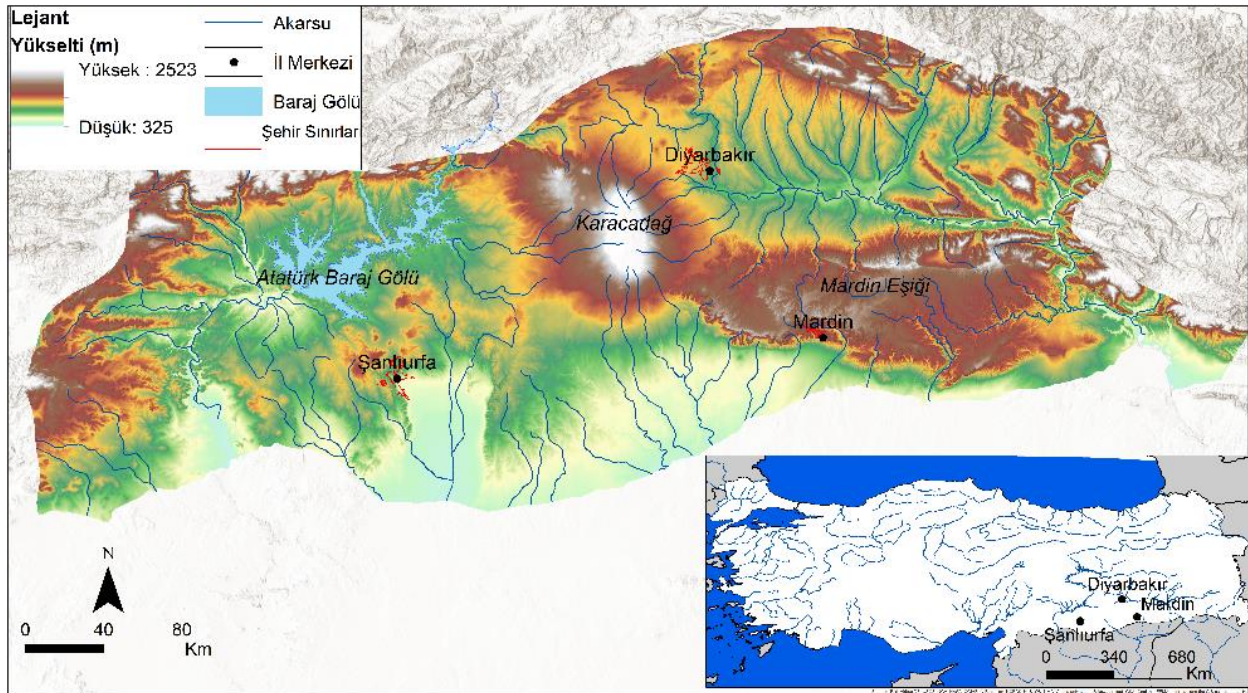
Türkiye'deki kentsel ısı adası sorunu, değişen arazi kullanımının yanı sıra, kent planlama geometrileri üzerindeki antropojenik baskı ve müdahalelerle ilişkilendirilmiştir". Ünal Çilek ve Çilek (2021) Landsat 8 ve ENVI-met yazılımını kullanarak yerel iklim zonu sınıflarında meydana gelen YYS farklarını karşılaştırmıştır. Bu çalışmada YYS desenleri, bina yoğunluğu, bina yükseklikleri, bitki örtüsü tipi ve yoğunluğu, su yüzeyi ve yüzey malzemesinin ışıma özelliklerinin etkilerine göre önemli ölçüde ayırt edilmiştir.

Bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin kentlerinde 1990-2019 yılları arasında meydana gelen YYS değişiminin kentsel arazi kullanımı ile ilişkisinin ortaya koyulması amaçlanmıştır. Literatürde Mardin (Polat, 2020) ve Diyarbakır (Karadoğan ve Kavak, 2017) illerindeki YYS değişimini inceleyen çalışmalar yer almakla birlikte bu çalışmalar, YYS'deki değişimi kent sınırı ve arazi kullanımı ölçeğinde ele almamışlardır. Yine bu çalışmalardan farklı olarak, YYS değerlerinin CORINE ve kentsel AÖ/AK sınıfları ile olan ilişkisini belirlemek ve farklı kent sınırlarındaki YYS farkını tespit etmek çalışmanın amaçları arasında yer almaktadır. Bu amaçla Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki CORINE ve kentsel AÖ/AK sınıflarındaki YYS değerleri araştırılmıştır. Çalışmanın, farklı kentsel karaktere sahip Mardin, Şanlıurfa ve Diyarbakır kentlerinin üçünü kapsaması ve YYS'de meydana gelen değişimin kentleşme ve arazi kullanımı ilişkisini sorgulaması özgün yönleridir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanı

Araştırmaya konu edilen Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin illeri, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır (Şekil 1). Mardin kent merkezi, 37.324088 kuzey enlemi ile 40.721515 doğu boylamı, Şanlıurfa kent merkezi 37.159738 kuzey enlemi ile 38.801431 doğu boylamı, Diyarbakır kent merkezi 37.915790 kuzey enlemi ile 40.225328 doğu boylamında yer almaktadır. Çalışma alanının belirlenmesinde iki faktör etkili olmuştur. Bunlardan birincisi çalışmaya konu olan üç kentin kent dokusu içerisinde farklı karakterde arazi dokularının bulunmasıdır. İkincisi ise Türkiye'nin en sıcak bölgelerinden biri olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki kentlerin uzun yıllar içerisinde kentsel arazi kullanımlarının değişmesi ile birlikte YYS değerlerinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi için uygun olmasıdır.



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası (altlık harita ESRI (2022)'den alınmıştır.)

Şanlıurfa, morfolojik bakımdan sade bir görünüm arz etmekte olup, ana yer şekilleri dağ, ova ve platolardır. Bazı platolar üzerinde kurulmuş Şanlıurfa (Güzel, 2020), Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin en büyük kentlerinden biridir. Şanlıurfa'da kentsel alanların yükseltisi 453-765 m arasında değişmektedir. Bu sahalarda için ortalama yükselti değeri 564 m'dir. Kuzeyde ve batıda kentsel alanların yükseltisi artmaktadır. Kentsel alanların eğim değerleri 0-32° arasında değişmekte olup, ortalama eğim değeri 4,3°'dir. Eğim değerleri batı ve kuzeyde maksimumdur.

Şanlıurfa'da uzun yıllar (1991-2020) sıcaklık ortalaması 19 °C, yıllık yağış toplamı ise 450,5 mm'dir (MGM, 2022). Diyarbakır, kenarlarında 1000 m yükseltiyeye sahip, tabanda ise yükseltinin 500 m'nin altına düştüğü bir çanak içerisinde yer almaktadır (Yücel, 1987). Diyarbakır'da kentsel alanların minimum yükseltisi 582 m, maksimum yükselti değeri 830 m, ortalama yükselti değeri ise 713 m'dir. Diyarbakır'da kentsel alanların yükselti değeri batıya ve kuzeybatıya doğru gidildikçe artmaktadır. Kentsel alanların eğim değerleri 0-28° arasında değişmektedir. Bu sahaların eğim değeri doğuda maksimumdur. Diyarbakır için yıllık ortalama sıcaklık 15,9 °C, yıllık yağış toplamı ise 498,4 mm'dir (MGM, 2022). Mardin ilinde kentsel alanlar için yükselti 855-1137 m arasında değişmektedir. Bu sahaların ortalama yükseltisi 949 m olup, yükselti güneydoğu istikametinde artmaktadır. Eğim değerleri 0-37° arasında değişmekte olup, güneydoğu doğrultusunda artmaktadır. Ortalama eğim değeri ise 9,7 °C'dir. Mardin'de ortalama sıcaklık 16,6°C, yıllık yağış toplamı ise 610,1 mm'dir. Çalışmaya konu edinilen illerden ortalama sıcaklık değeri en yüksek olan Şanlıurfa iken, yıllık yağış toplamı Mardin'de en fazladır. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre üç kent de kışı ılık, yazı çok sıcak ve kurak Akdeniz iklimine (Csa) sahiptir (MGM, 2022).

2.2. Veri

Bu çalışmada kullanılan temel veri kaynakları, Landsat uydu görüntüleri USGS (2022), CORINE AÖ/AK (Copernicus, 2022), kentsel AÖ/AK için Kent Atlası verileri (ÇŞİDB, 2019) ve Open Street Map veri tabanıdır (OSM, 2022). Çalışmada verilerin işlenmesi için ArcGIS for Desktop 10.8 yazılımı kullanılmıştır. USGS (2022) veri tabanından 1990 yılına ait Landsat 5 TM ve 2019 yılına ait Landsat 8 (OLI ve TIRS-2019) gündüz görüntüleri indirilmiştir (Tablo 1). Landsat 5 sensörünün termal bandı 120 metre, Landsat 8 sensörünün termal bandı ise 100 metre mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Bu bantlar yeniden örneklenerek 30 metre mekânsal çözünürlüğe getirilmiştir. Kent merkezlerinde bulutluluğun en az olduğu görüntülerin temini amacıyla yaz ayları tercih edilmiştir. 1990 ve 2019 yıllarındaki değişimi daha doğru ortaya koymak için aynı ay ve aynı günler olmasına özen gösterilmiştir.

Tablo 1. YYS çıkarımında kullanılan görüntü bilgileri

Görüntü Kaynağı	Bant	Mekânsal Çözünürlük	Görüntü Zamanı	Görüntü Yeri
Landsat 5 TM	Bant 6 (termal)	120 m	30/07/1990 09:23	Şanlıurfa
Landsat 5 TM	Bant 4 (yakın kızılötesi)	30 m	30/07/1990 09:23	Şanlıurfa
Landsat 5 TM	Bant 3 (kırmızı)	30 m	30/07/1990 09:23	Şanlıurfa
Landsat 8 (OLI ve TIRS)	Bant 10 (termal)	100 m	30/07/2019 10:03	Şanlıurfa
Landsat 8 (OLI ve TIRS)	Bant 5 (yakın kızılötesi)	30 m	30/07/2019 10:03	Şanlıurfa
Landsat 8 (OLI ve TIRS)	Bant 4 (kırmızı)	30 m	30/07/2019 10:03	Şanlıurfa
Landsat 5 TM	Bant 6 (termal)	120 m	08/08/1990 10:17	Diyarbakır ve Mardin
Landsat 5 TM	Bant 4 (yakın kızılötesi)	30 m	08/08/1990 10:17	Diyarbakır ve Mardin
Landsat 5 TM	Bant 3 (kırmızı)	30 m	08/08/1990 10:17	Diyarbakır ve Mardin
Landsat 8 (OLI ve TIRS)	Bant 10 (termal)	100 m	08/08/2019 10:56	Diyarbakır ve Mardin
Landsat 8 (OLI ve TIRS)	Bant 5 (yakın kızılötesi)	30 m	08/08/2019 10:56	Diyarbakır ve Mardin
Landsat 8 (OLI ve TIRS)	Bant 4 (kırmızı)	30 m	08/08/2019 10:56	Diyarbakır ve Mardin

Open Street Map veri tabanından indirilen karayolu, ilçe ve mahalle verileri çalışmada kullanılmıştır (OSM, 2022). 1990 ve 2019 yılı kentsel alanları Landsat uydu görüntüleri üzerinden sayısallaştırılarak elde edilmiştir. Sayısallaştırma sırasında Google Earth Engine'de sunulan 1990 ve 2019 yılı görüntülerinden de faydalanılmıştır (GEE, 2022).

Çalışmada iki tür AÖ/AK verisi kullanılmıştır. Bunlardan ilki CORINE projesi ile üretilen 1990 ve 2018 AÖ/AK verileridir (Copernicus, 2022). CORINE AÖ/AK verileri Avrupa Birliği üyesi ülkelere ek olarak Türkiye'nin de dahil olduğu 39 ülke için üretilmiştir. Bu veri çeşitli uydulara ait görüntüler kullanılarak 1990, 2000, 2006, 2012, 2018 yıllarına ait yapay bölgeler, tarımsal alanlar, orman ve yarı doğal alanlar, sulak alanlar ve su yapıları olmak üzere 5 üst AÖ/AK kategorisinden oluşmaktadır. Bu kategorilere bağlı 15 adet alt kategori ve 44 AÖ/AK sınıf bulunmaktadır (Copernicus, 2022). Her sınıfın ilgili olduğu üst başlıkla ilgili olmak üzere üç haneli bir kodu vardır. "1" ile başlayan sınıflar yapay bölgeler kategorisine ait olan sınıfları ifade eder. Çalışmamız kent sınırının içinde kalan CORINE AÖ/AK sınıflarıyla ilgilendiği için bu sınıflar hakkında açıklayıcı bilgiler verilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Kentsel AÖ/AK sınıfları ve açıklamaları (TOB, 2023)

CORINE AÖ/AK Sınıfı	Açıklama
111: Sürekli Kentsel Alan	Toplam yüzeyin %80'inden fazlasının bina, yol ve diğer yapay yüzeylerden oluşan geçirimsiz alanları ifade eder. Gösterilen alanın %20'sine kadar olan kısmı yeşil alan olsa bile bu sınıfa dahil edilir. Ayrıca 25 hektardan küçük olan üzerinde bitki örtüsü olup olmamasına bakmaksızın tüm mezarlık alanları bu sınıfa dahil edilir.
112: Süreksiz/Kesintili Kentsel Alan	Toplam yüzeyin %30 ile %80 arasındaki kısmının bina, yol ve diğer yapay yüzeylerden olduğu geçirimsiz alanları ifade eder. Müstakil konutlar, köy yerleşmeleri, dağınık bloklar, 25 hektardan küçük olan spor, kamu, eğitim, sağlık tesisi gibi alanlar bu sınıfa dahil edilir.
121: Endüstri ve Ticari Alanlar	Bitki örtüsü bulunmayan yapay ve/veya yeşil alanlardan oluşan alanları ifade eder. Cezaevleri, yaşlı bakım merkezleri, çeşitli tarım tesisleri, fuar alanları, askeri alanlar, üniversiteler, endüstriyel tesisler, çeşitli enerji üretim alanları ve telekomünikasyon ağlarıyla ilgili alanlar bu sınıfa dahil edilir.
124: Havaalanları	Sivil ve askeri olmak üzere havaalanı nizamıyesinin tümünü ifade eder. Havaalanı tampon bölgesindeki makilik fundalık gibi alanlar da bu sınıfa dahil edilir.
133: İnşaat Alanları	Temel kazıları, toprak işleri dahil olmak üzere inşaat halinde olan tüm yapılar ile kamu, endüstri, ulaşım ve enerji alanlarını ifade eder.
141: Kentsel Yeşil Alanlar	Park ve önemli oranda bitki örtüsü olan mezarlıklar dahil kentsel yeşil alanları ifade eder. Kent meydanları, botanik ve hayvanat bahçeleri bu sınıfa dahil edilir.

Diğer AÖ/AK sınıfı ise daha detaylı olup kent içindeki arazi kullanımını içermektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) tarafından üretilen kentsel AÖ/AK sınıflarının üretim yılları 2014-2016 yıllarına ait olup 2019 yılında yayınlanmıştır. Kentsel AÖ/AK (Kent Atlası) sınıflarının yorumlanmasında 10 cm mekânsal çözünürlüğe sahip gerçek ortofotolar kullanılmıştır (Ekinci Yelen, 2019). Türkiye, Avrupa Birliği tarafından başlatılan Kent Atlası projesine 2012 yılında katıldığı için 1990 yılına ait kentsel AÖ/AK verisi bulunmamaktadır. Buna ek olarak Avrupa Birliği'nin Kent Atlası projesinde yer almayıp ÇŞİDB tarafından oluşturulan yeni sınıflar eklenmiştir (ÇŞİDB, 2019). Türkiye'ye özgü bu sınıflar kamu, eğitim, sağlık, ibadet, ticaret ile sera, mezarlık, aktif ve pasif yeşil alanlar gibi çeşitli kentsel fonksiyonlardan oluşmaktadır (Tablo 3). Bunların dışında yapılı çevrenin miktarını veren sınıflar çalışma açısından oldukça önemlidir. Bu bakımdan 5 AÖ/AK sınıfı detaylı açıklamak gerekmektedir. Bunlardan ilki "Sürekli Kentsel Alan (> %80)" isimli sınıftır. Bu sınıfa atanmış alandaki geçirimsiz yüzeylerin miktarı %80'den fazla olduğunu ifade eder. Diğer bir ifade ile 1000 metrekarelik bir parselin 800 metrekaresinin geçirimsiz yüzeylerden oluştuğu anlamına gelir. "Yüksek yoğunluklu süreksiz kentsel alan (%50-%80)" sınıfı ise gösterilen alandaki geçirimsiz yüzeylerin %50 ile %80'i arasında yer kapladığını ifade eder. Diğer üç sınıf da aynı yapıda devam eder. Buradan anlaşılacağı üzere sınıfların ismindeki "yoğunluk" ifadesi yüksek katlı yoğun yapılaşmayı değil ilgili alandaki geçirimsiz yüzeylerin kapladığı alanı ifade eder. Çalışmanın devamında kentsel yoğunluk sınıfları olarak ifade edilecek sınıflar bahsedilen beş kentsel AÖ/AK sınıflarının tümünü ifade eder (Copernicus, 2012).

Tablo 3. Kentsel AÖ/AK sınıfları ve açıklamaları (Copernicus, 2012; Özmekik vd., 2022)

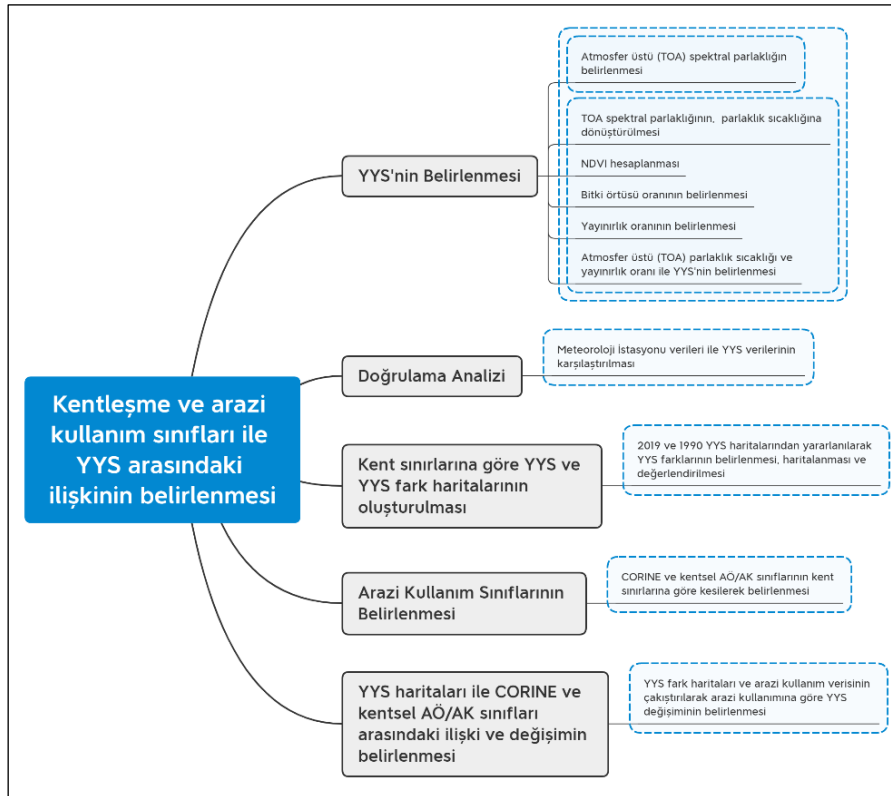
Kentsel AÖ/AK Sınıfı	Açıklama
Sürekli Kentsel Alan (> %80)	Binalar ve diğer yapay yüzeyleri içeren geçirimsizliği %80'in üzerinde olan alanlar
Yüksek Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (%50-%80)	Binalar ve diğer yapay yüzeyleri içeren geçirimsizliği %50-%80 arasında olan alanlar
Orta Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (%30-%50)	Binalar ve diğer yapay yüzeyleri içeren geçirimsizliği %30-%50 arasında olan alanlar
Düşük Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (%10-%30)	Binalar ve diğer yapay yüzeyleri içeren geçirimsizliği %30-%50 arasında olan alanlar
Çok Düşük Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (< %10)	Binalar ve diğer yapay yüzeyleri içeren geçirimsizliği %10'un altında olan alanlar
Askeri ve Özel birimler	Askeri ve özel birimlerce kullanılan alanlar
Bitki Örtüsü Az ya da Olmayan Alanlar	Yapay yüzeylerin yakınında bulunan kullanılması beklenen alanlar
Demiryolları ve ilgili Alanlar	Demiryolu tesislerine ait istasyon, kargo istasyonları ve servis alanları
Diğer Yollar ve İlgili Alanlar	Yol ve üzerinde yer alan geçişler, kavşaklar ve otopark alanları
Eğitim Alanları	Eğitim tesislerinin bulunduğu alanlar
Ekilebilir Alanlar	Üzerinde ürün tespit edil(e)memiş, ekilebilir boş tarım alanları
Havaalanları	Sivil ve askeri havaalanları ve bunlarla ilgili nizamiye alanları
Hızlı Transit Yollar ve İlgili Alanlar	Yüksek hızlarda karayolu ulaşımına imkân veren yollar ve kavşak alanları
İbadethane Alanları	Farklı dinlere mensup kişilerin kullandığı ibadethane alanları
İnşaat Alanları	İnşaatı devam eden yapı alanları
İzole Yapılar	Küçük, bireysel ve izole suni yapılar
Kamu Alanları	Eğitim ve sağlık dışındaki kamu kuruluşu alanları
Karışık Tarımsal Alanlar	Karmaşık yetiştirme modelleri ve esas amacı tarımsal üretim olan doğal bitki örtüsüne de sahip (agro-forestry) alanlar
Kent içindeki Yeşil Alanlar (Aktif)	Bu sınıf "yeşil alanlar içinde "kentlinin doğrudan kullanımına açık ve işlevsellikleri (eğlenme, dinlenme, sağlık) ön planda olduğu alan" olarak tanımlanmaktadır (Aksu ve Ulu, 2004).
Kent içindeki Yeşil Alanlar (Pasif)	İnsanların aktif olarak doğrudan kullanmadığı fakat ekosistem hizmeti yapan alanlar
Liman Alanları	Tüm limanlar, rıhtımlar, tersaneler, nakliye ve depolama alanları
Maden Ocağı ve Boşaltım Sahaları	Kum, taş ocakları, madenler, petrol ve gaz alanları ile hafriyat boşaltım, pasa sahası gibi alanlar
Maki veya Otsu Bitkiler	Maki formasyonu ile otsu çeşitli bitkilerin olduğu alanlar
Mera Alanları	Çayır, mera ve otlak alanları
Mevcut Kullanımı Olmayan Alanlar	Hala kullanılmayı veya yeniden kullanılmayı bekleyen yapay yüzeylere yakın geçiş konumundaki alanlar
Meyve Bahçeleri	1 hektardan büyük meyve bahçeleri
Mezarlık Alanları	Farklı dinlere mensup kişilerin defnedildiği mezarlık alanları
Ormanlar	Kentsel alanlardaki ve/veya yüksek insan baskısına maruz kalan ormanlar hariç olmak üzere yüksekliği 5 metreden, ağaç gölgesinin zemin kaplılığı (canopy) > 30'dan fazla olan geniş, iğne ve karışık orman alanlarıdır. Orman kenarındaki çalılık ve fundalıklar ile orman yenilemesi yapılan alanlar da bu sınıfta değerlendirilmektedir.
Otel/Tatil Köyü	Otel ve tatil köyü alanları
Sağlık Alanları	Kamu veya özel ayrımı olmaksızın tüm sağlık alanları
Sanayi ve Üretim Alanları	Sanayi, enerji santrali, anten, arıtma ve kanalizasyon tesisi alanları
Sera Alanları	Tarımsal üretim amaçlı kullanılan sera alanları

Tablo 3'ün devamı

Kentsel AÖ/AK Sınıfı	Açıklama
Spor ve Eğlence Alanları	Kamu veya özel kuruluşlarca yönetilen tüm spor ve eğlence tesislerini ifade eder. Golf, binicilik, kamp alanları, eğlence parkları, hipodromlar, lunaparklar, yüzme tesisleri, planör veya sportif amaçlı kullanılan havalimanları, marinalar bu sınıfta değerlendirilmektedir.
Su Alanları	1 hektarı aşan değişken ve sabit su alanlarını ifade eder. Bu sınıfa deniz, göl, doğal veya yapay balık çiftliği, kanal, baraj, gölet, su yüzeyi bitkiyle kaplı alanlar dahildir.
Sulak Alanlar	1 hektardan fazla kıyılardaki ve iç bölgelerdeki tüm sulak alanları kapsar. Çitle çevrili olup askeri amaçlı kullanılan tatbikat alanları ve seralar dahil değildir.
Sürekli Ürünler	Bağ, fidanlık, gül, zeytin, şerbetçiotu gibi sürekli ürün yetiştirilen tarımsal alanlar
Ticaret Alanları	İş hanı, AVM gibi büyük çoğunluğu ticari amaçlı kullanılan alanları ifade eder. Alt katların ticaret üst katların konut olarak kullanıldığı alanlar çoğunlukla yoğunluk belirtilen kentsel alan sınıflarında değerlendirilmektedir.

2.3. Yöntem

Çalışma 5 aşama ile yürütülmüştür. İlk olarak YYS, 1990-2019 YYS fark haritaları oluşturulmuştur. İkinci aşamada YYS haritası meteoroloji istasyonlarından alınan hava sıcaklığı verisiyle doğrulanmıştır. Daha sonra 1990-2019 kent sınırları çizilmiştir. Çizilen sınırların YYS fark haritalarına göre YYS fark ortalamaları bulunmuş, ortalamanın üstünde, altında kalan alanlar haritalanmıştır. Dördüncü aşamada CORINE ile kentsel AÖ/AK sınıfları kent sınırlarına göre kesilerek belirlenmiştir. Son aşamada ise CORINE ile kentsel AÖ/AK sınıflarının YYS değerleri hesaplanmış ve değerlendirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışmanın iş akış şeması

Landsat görüntülerinden YYS'nin çıkarımı için termal bantların dijital sayıları (DN) kullanılarak spektral ışıma veya atmosfer üstü (TOA) spektral parlaklık elde edilmektedir. Landsat 5 görüntülerinden atmosfer üstü spektral radyans değerinin hesaplanması için Eşitlik (1), Landsat 8 görüntüsünden hesaplanması için ise Eşitlik (2) kullanılmıştır (Chander ve Markham, 2003; Sobrino vd., 2004; Sobrino vd., 2008; Barsi vd., 2014; Giannini vd., 2015; Kaçmaz ve Gürbüz, 2022).

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{CAL} + A_L \quad (1)$$

$$L_{\lambda} = \frac{L_{max} - L_{min}}{Q_{CAL_{max}} - Q_{CAL_{min}}} (Q_{CAL} - Q_{CAL_{min}}) + L_{min} \quad (2)$$

Formülde; watt (watt/m²*sr) cinsinden Atmosfer üstü spektral parlaklık L_{λ} , banda özgü çarpımsal yeniden ölçeklendirme faktörü M_L , banda özgü ilave yeniden ölçeklendirme faktörü A_L , Q_{cal} ise düzeltilmiş DN değerine karşılık gelmektedir (Chander ve Markham, 2003; Ünal Çilek, 2022). Atmosfer üstü spektral parlaklık elde edildikten sonra termal bant verisi ve uydu termal sabitleri kullanılarak TOA spektral parlaklığı, parlaklık sıcaklığına dönüştürülmelidir (Chander ve Markham, 2003; Coll vd., 2010). Parlaklık sıcaklığı (TB) değerleri, dünya yüzeyinin kara cisim olarak kabul edildiği spektral parlaklık haritasından ve Landsat veri setinin K_1 ve K_2 kalibrasyon sabitleri kullanılarak tahmin edilmektedir (USGS, 2021; Ünal Çilek, 2022).

$$TB = (K_2 / \ln(K_1 / L) + 1)) - 273.15 \quad (3)$$

Formülde BT, TOA parlaklık sıcaklığı iken, K_1 ve K_2 kalibrasyon sabitleridir (Avdan ve Jovanovska, 2016). Dördüncü aşamada NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) hesaplanmaktadır (Tucker, 1979). Landsat 8 için Eşitlik (4) kullanılmıştır. Landsat 5 TM sensörüne ait kırmızı (bant 3) ve yakın kızılötesi (bant 4) kullanılmıştır.

$$NDVI = (Band\ 5(IR) - Band\ 4(R)) / (Band\ 5(IR) + Band\ 4(R)) \quad (4)$$

Dördüncü aşamada, NDVI ile yüksek oranda ilişki bulunan bitki örtüsü oranı (P_v) ve beşinci aşamada P_v ile ilişkili olan yayırlılık (emissivity) oranı (ϵ) aşağıdaki denklemlerden elde edilmektedir (Sobrino vd., 2004; Sobrino vd., 2008; Ünal Çilek, 2022).

$$P_v = ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))^2 \quad (5)$$

$$\epsilon = 0.004 * P_v + 0.986 \quad (6)$$

En son işlem aşamasında kullanılan formülde Atmosfer üstü (TOA) parlaklık sıcaklığı ve yayırlılık oranı ile YYS hesaplanmaktadır (Sobrino vd. 2004; Sobrino vd. 2008):

$$YYS = (BT / (1 + 0.0015 * BT / 1.4388) * \ln(\epsilon)) \quad (7)$$

İlk aşamada elde edilen YYS verisinin doğruluğunu değerlendirmek amacıyla görüntü zamanına en yakın zamandaki çeşitli meteoroloji istasyonların hava sıcaklığı değerleri (MGM, 2022) ve istasyonun bulunduğu koordinatın YYS değerleri kullanılmıştır. Karşılaştırma için meteoroloji istasyonunun bulunduğu hücrenin YYS değeri kullanılmıştır. Farklı çalışma alanlarına katkı sunması açısından YYS değerleri toprak üstü minimum sıcaklık ve 5 cm derinlikteki toprak sıcaklığı değerleri ile bir tabloda sunulmuştur. Üçüncü aşamada Landsat ve Google Earth Engine'de sunulan Google uydu görüntüleri üzerinden 1990 ve 2019 yıllarına ait kent sınırları çizilmiştir. Sonra 2019 YYS haritasından 1990 YYS haritası çıkarılarak YYS fark haritası elde edilmiştir. Ardından YYS fark haritaları ve çizilen kent sınırları kullanılarak YYS fark ortalamaları bulunmuş, ortalamanın üstünde, altında kalan alanlar haritalanmıştır. Fark ortalaması, 2019 kent sınırına göre YYS fark haritası kesildikten sonra raster verinin meta verisinden elde edilmiştir. Dördüncü aşamada CORINE AÖ/AK verileri kent sınırlarına göre kesilerek sınıflar belirlenmiş ve alansal değerleri elde edilmiştir. 1990 ve 2018 yıllarına ait CORINE AÖ/AK verileri kullanılarak kentlerin ve yakın çevresindeki AÖ/AK değişimi ortaya konmuştur. Aynı yıla ait CORINE AÖ/AK verisi ve YYS haritası ArcGIS for Desktop Spatial Analyst modülündeki Zonal Statistics aracında işlenerek CORINE AÖ/AK sınıflarının ortalama YYS değerleri elde edilmiştir. Zonal Statistics aracı ile AÖ/AK sınıflarıyla kesişen tüm YYS hücrelerinin ortalaması alınmıştır. Bu sayede daha doğru ve güvenilir sonuçlara ulaşılmıştır. 1990 ile 2019 karşılaştırmasına imkân veren CORINE AÖ/AK sınıfları, kent içindeki detaylı arazi kullanımı göstermede yetersiz kalmaktadır. Bu sorunu aşmak için kentsel AÖ/AK sınıfları kullanılmıştır. Son aşamada ise sadece 2019 yılına ait olan kentsel AÖ/AK sınıflarının 2019 yılı minimum, ortalama ve maksimum YYS değerleri Zonal Statistics aracı kullanılarak elde edilmiştir. Ardından elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

3. Bulgular

Bu bölümde her kent merkezi için elde edilen bulgular ayrı ayrı analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. YYS haritaları elde edildikten sonra YYS verisinin doğrulaması için hava sıcaklığı verisi kullanılmıştır. Ayrıca toprak üstü minimum sıcaklık ve 5 cm derinlikteki toprak sıcaklığı değerleri karşılaştırılmıştır (Tablo 4). Buna göre hava sıcaklığı ile YYS arasındaki asgari farkın 0,4°C, azami farkın ise 4,5°C olduğu görülmüştür. Bu farklar Şanlıurfa ve Diyarbakır'daki istasyonlarda 1°C'den az iken Mardin'de 3-4°C civarındadır.

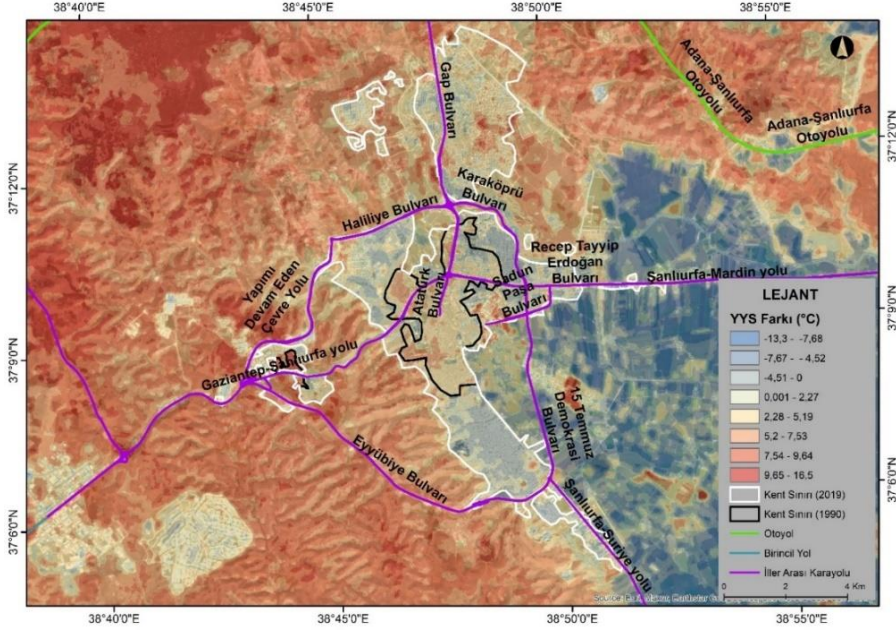
YYS ile toprak üstü minimum sıcaklıklar arasındaki fark 9 ile 13°C arasında değişmektedir. 5 cm derinlikteki toprak sıcaklığı ile YYS arasındaki fark 2 ile 17,3°C arasında değiştiği tespit edilmiştir. YYS verilerinin doğrulanmasında çoğunlukla meteoroloji istasyonlarındaki hava sıcaklığı parametresi kullanılmaktadır. Çalışmamızda YYS ile hava sıcaklığı arasındaki farklar literatürdeki çalışmalarla genel olarak örtüşmektedir (Uysal ve Polat, 2015; Avdan ve Jovanovska, 2016; Good, 2016). 1990-2019 arasında aynı istasyonlardaki hava sıcaklığı farkına bakıldığında Şanlıurfa istasyonunda 7,4°C ve Mardin'de 6,2°C pozitif bir fark varken, Diyarbakır'da yılın aynı gününde 0,5°C'lik pozitif bir fark bulunmaktadır. YYS haritalarının doğrulamasından sonra şehir şehir bulgulara yer verilmiştir.

Tablo 4. YYS verisinin doğrulamasında kullanılan istasyonların YYS, hava ve toprak üstü sıcaklık değerleri (MGM, 2022)

Görüntü Yeri	Görüntü Kaynağı ve Zamanı	Uydu Görüntüsünden Hesaplanan YYS Değeri (°C)	Meteoroloji İstasyonu					
			Hava Sıcaklığı Ölçüm Zamanı	Hava sıcaklığı değeri (°C)	Toprak Üstü Minimum Sıcaklık Ölçüm Zamanı	Toprak Üstü Minimum Sıcaklık (°C)	Saatlik 5 cm Derinlikteki Toprak Sıcaklığı Ölçüm Zamanı	Saatlik 5 cm Derinlikteki Toprak Sıcaklığı (°C)
Şanlıurfa	Landsat 5 TM 30/07/1990 09:23	32	Şanlıurfa (17270) 30/07/1990 09:00	31	Şanlıurfa (17270) 30/07/1990	-	Şanlıurfa (17270) 30/07/1990 11:00	45,5
Şanlıurfa	Landsat 8 (OLI ve TIRS) 30/07/2019 10:03	37,3	Şanlıurfa (17270) 30/07/2019 10:00	38,4	Şanlıurfa (17270) 30/07/2019 12:00	49,9	Şanlıurfa (17270) 30/07/2019 10:00	33,7
Diyarbakır	Landsat 5 TM 08/08/1990 10:17	36,8	Sur/Ünal Erkan Heliport (17283) 08/08/1990 10:00	39,3	Sur/Ünal Erkan Heliport (17283) 08/08/1990	-	Sur/Ünal Erkan Heliport (17283) 08/08/1990	-
Diyarbakır	Landsat 8 (OLI ve TIRS) 08/08/2019 10:56	38,4	Sur/Ünal Erkan Heliport (17283) 08/08/2019 11:00	38,8	Sur/Ünal Erkan Heliport (17283) 08/08/2019 12:00	49,5	Sur/Ünal Erkan Heliport (17283) 08/08/2019 11:00	40,4
Mardin	Landsat 5 TM 08/08/1990 10:17	34,5	Mardin (17275) 08/08/2019 10:00	30	Mardin (17275) 08/08/2019	-	Mardin (17275) 08/08/1990 11:00	51,8
Mardin	Landsat 8 (OLI ve TIRS) 08/08/2019 10:56	40,1	Mardin (17275) 08/08/2019 11:00	36,2	Mardin (17275) 08/08/2019 11:00	49	Mardin (17275) 08/08/2019 11:00	54,5

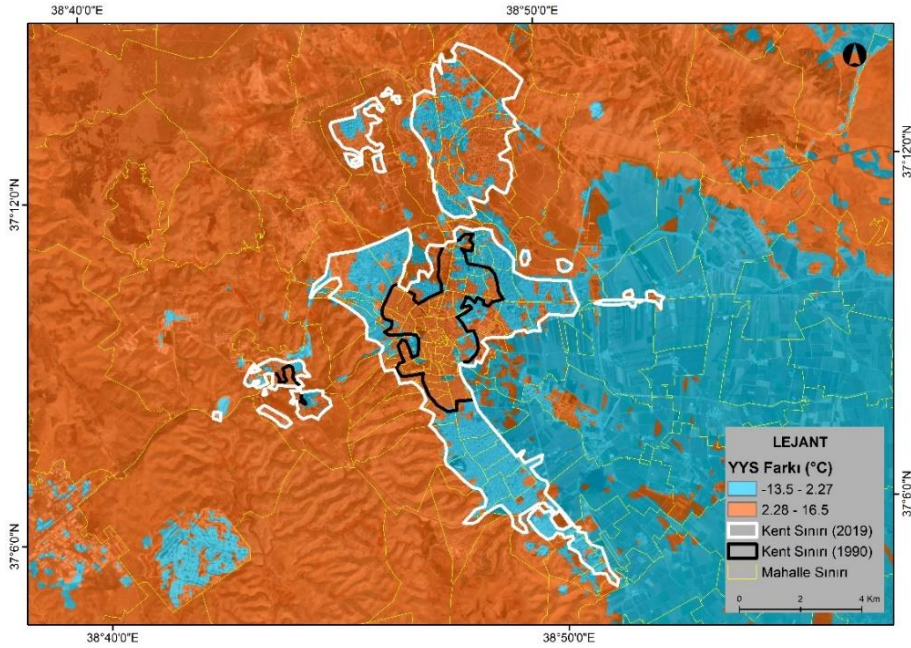
Şanlıurfa

Doğudan ve güneyden Harran ovası ile sınırlanan Şanlıurfa kent merkezinde 1990 yılında kentleşmiş alanların neredeyse tümünün 2019 yılında daha yüksek YYS değerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). TUREF_TM39 (EPSG 5257) koordinat sistemine göre, Şanlıurfa’da 1990 yılı kentleşmiş alan 10,9 km² iken 2019’da 52,9 km² olarak tespit edilmiştir. Bant istatistiği ile Şanlıurfa 2019 kent sınırının YYS fark ortalaması 2,27 °C, YYS minimum farkı - 8,09 °C, YYS maksimum farkı 13,74 °C olarak tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Şanlıurfa şehri ve çevresinin YYS fark haritası

2019 kentsel alanının %51,89’u YYS fark ortalamasının üstünde iken, %48,10’u fark ortalamasının altında kalmıştır. Bu ortalama değerın üstünde ve altında kalan alanlar haritalandığında kent çekirdeği ile 1990 yılı kent sınırının özellikle batı yarısının ortalamasının üstünde kaldığı tespit edilmiştir. 1990 yılı kent sınırına göre fark ortalaması ayrıca üretildiğinde YYS artışının 3,78 °C olarak bulunmuştur (Şekil 4).



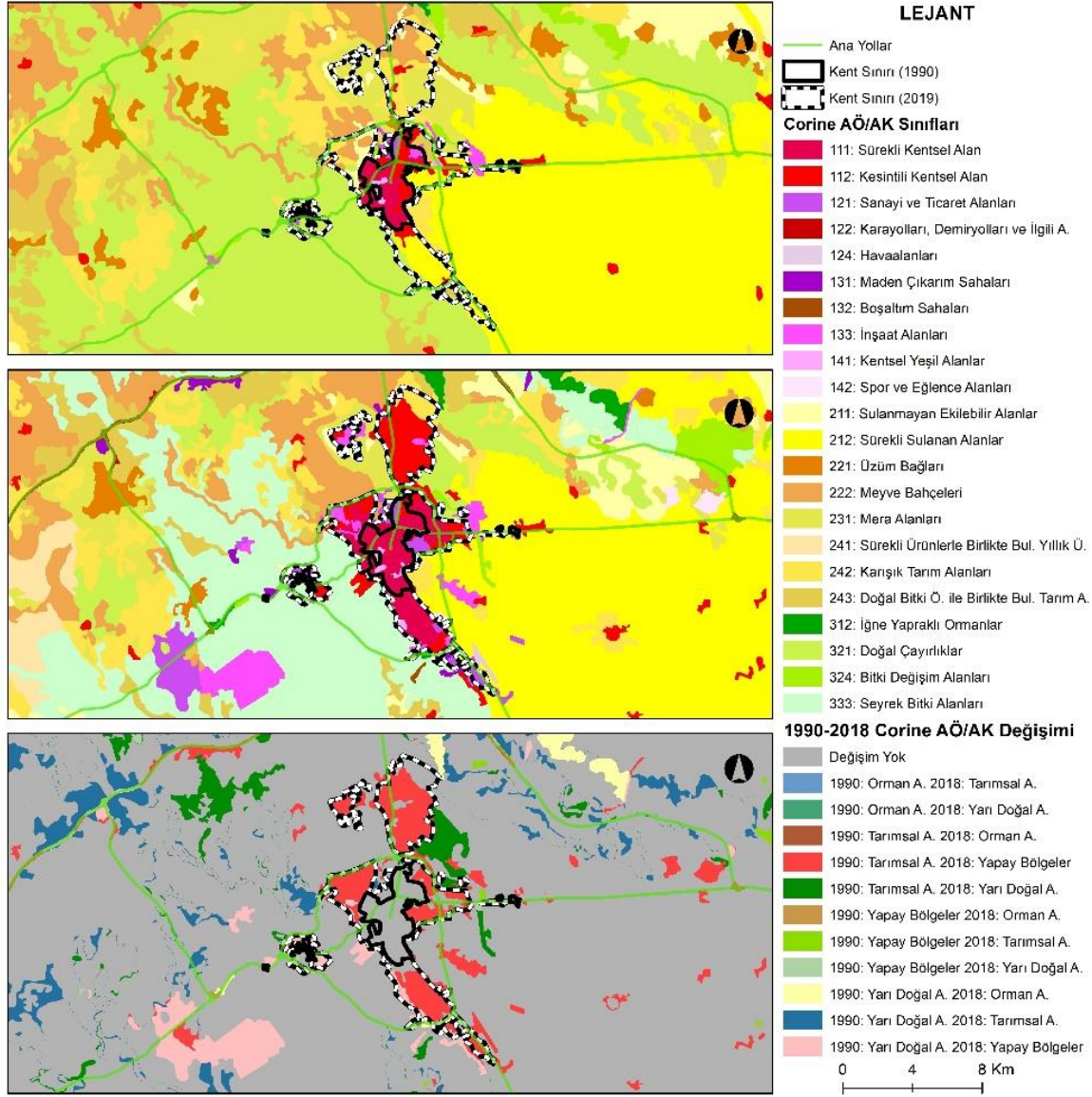
Şekil 4. Şanlıurfa 2019 yılı kentsel alan sınırına göre YYS fark ortalamasının üstünde ve altında olan alanlar

Şanlıurfa'nın 1990 ve 2019 kent sınırlarındaki CORINE AÖ/AK sınıflarının alanları ve ortalama YYS değerleri incelenmiştir. 1990 kent sınırına göre kesilmiş 1990 yılı CORINE AÖ/AK alanları değerlendirildiğinde kent sınırının %93'ünün geçirimsiz alanlardan oluştuğu görülmüştür. Toplam alanın %78,6'sı süreksiz ve sürekli kentsel alanlardan oluşmaktadır. Bu sınıflardaki YYS değerleri incelendiğinde inşaat sahalarının sürekli kentsel alanlardan daha yüksek YYS değerine sahip olduğu saptanmıştır. Süreksiz kentsel alanların sürekli kentsel alanlardan daha yüksek YYS değeri bulunmaktadır. Ayrıca kentsel yeşil alanlar ile sürekli kentsel alanların birbirine çok yakın YYS değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Diğer bulgu ise sürekli sulanan alanlar ile karışık tarım alanların inşaat alanları kadar YYS değerine sahip olduğudur (Tablo 5).

2019 kent sınırındaki 2018 yılı CORINE AÖ/AK alanları incelendiğinde sınırın %89,6'sının geçirimsiz yüzeylerden oluştuğu tespit edilmiştir. Süreksiz kentsel alanların 4,9 kat, inşaat alanlarının 8 kat, kentsel yeşil alanların 2,7 kat büyüdüğü tespit edilmiştir. 1990 yılından 2019 yılına kadar kent sınırının 4,8 kat büyüdüğü düşünüldüğünde süreksiz kentsel alanların bu değerle uyumlu olduğu saptanmıştır. Diğer iki sınıf ise kentleşen alan miktarıyla uyumsuzdur. Kentsel yeşil alanların tüm sınıflar içinde en düşük YYS değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Süreksiz kentsel alanların ise 1990 yılında olduğu gibi sürekli kentsel alanlardan daha yüksek YYS değeri olduğu görülmüştür (Tablo 4). Ayrıca 1990 yılından 2019 yılına kadar kentleşen yaklaşık 42 kilometrekarelik alanın %63,8'inin tarım alanlarından yapay alanlar sınıfına geçtiği (Şekil 5) ve bu alanların YYS fark ortalamasının 1,16 °C olduğu saptanmıştır.

Tablo 5. Şanlıurfa'nın 1990 ve 2019 yılı kent sınırında kalan 1990 ve 2018 yıllarına ait CORINE AÖ/AK sınıflarının alanları ve YYS değerleri

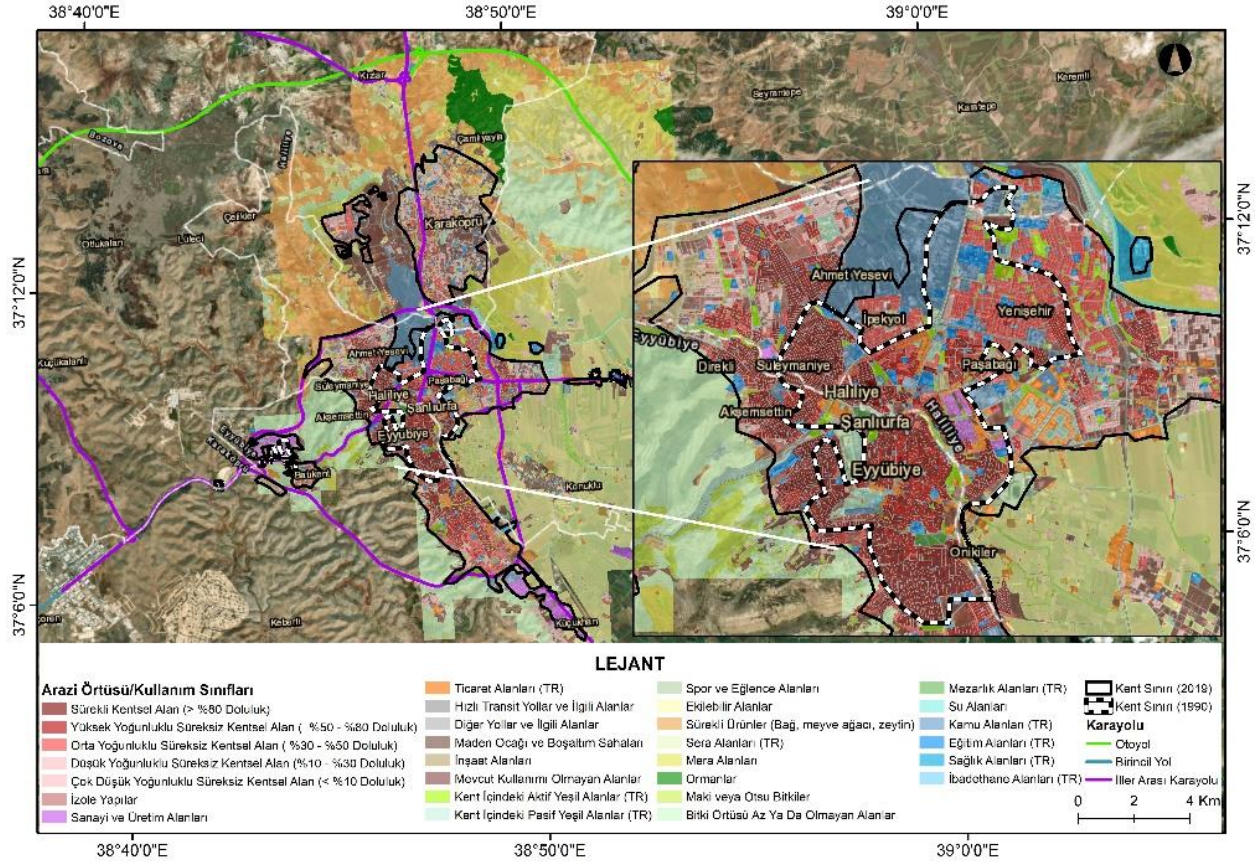
CORINE AÖ/AK	1990			2019		
	Ortalama YYS (°C)	Alan (Ha)	Alan Oranı (%)	Ortalama YYS (°C)	Alan (Ha)	Alan Oranı (%)
111: Sürekli kentsel alan	33,11	527,59	48,18	37,77	1945,19	36,74
112: Süreksiz/Kesintili kentsel alan	35,08	332,73	30,38	39,23	1656,16	31,29
121: Endüstri ve ticari alanlar	33,16	111,73	10,20	39,43	609,13	11,50
133: İnşaat alanları	36,24	47,58	4,34	40,18	380,44	7,19
141: Kentsel yeşil alanlar	33,45	41,58	3,79	36,34	112,99	2,13
242: Karışık tarım alanları	36,48	19,43	1,77	40,21	245,12	4,63
333: Seyrek bitki alanları	-	-	-	40,15	106,74	2,02
Diğer sınıflardaki alanlar	34,28	14,38	1,31	40,82	168,80	4,34



Şekil 5. Şanlıurfa şehri ve çevresinin CORINE AÖ/AK sınıfları ve değişimleri (Copernicus, 2022)

1990 ile 2019 karşılaştırmasına imkân veren CORINE AÖ/AK sınıfları, kent içindeki detaylı arazi kullanımı göstermede yetersiz kaldığı için kentsel AÖ/AK sınıfları kullanılmıştır. Bu sınıfların alanları ve 2019 YYS değerlerinden çeşitli bulgulara ulaşılmıştır.

2019 kent sınırı içindeki kentsel AÖ/AK sınıflarının kapladığı alanlara ait çeşitli bulgular tespit edilmiştir. Buna göre kentin %38,15'i sürekli ve süreksiz kentsel alanlardan oluşmaktadır. Kentte orta (%11,63) ve düşük (%11,24) yoğunluklu süreksiz kentsel alanlar hâkimdir. Buna ek olarak transit ve diğer karayolları kentin %15,5'ini kaplamaktadır. Ticaret, endüstri ve donatı alanlarıyla birlikte kentin %74,20'si geçirimsiz yüzeylerden oluşmaktadır. Aktif ve pasif yeşil alanların oranı ise %6,76'dır. Kentte sanayi ve üretim alanları ile ticaret alanları toplam alanın %7,27'sini kaplamaktadır. Alansal bulgulara ek olarak kentsel AÖ/AK ile 2019 yılı YYS değerlerinin ilişkisi incelenmiştir. Çok düşük yoğunluklu süreksiz kentsel alan sınıfı hariç tutulacak olursa, Şanlıurfa'da kentsel yoğunluk içeren sınıflar (sürekli, süreksiz kentsel alanlar) ile 2019 yılı ortalama YYS değerleri arasında negatif ilişki görülmüştür. Diğer bir ifade ile Şanlıurfa kentinde kentsel yoğunluk arttıkça ortalama YYS değeri düşmektedir. Bununla tutarlı olarak sürekli kentsel alan (37,53 °C) ve yüksek yoğunluklu süreksiz kentsel alanların (37,67 °C) ortalama YYS değerleri aktif yeşil alanların (37,28 °C) değerine çok yakındır. İnşaat alanlarının (40,15 °C) ortalama YYS değerleri ise geçirimsiz yüzeyler arasında ilk sıradadır. Kentsel AÖ/AK sınıflarının maksimum YYS değerleri de incelenmiştir. Buna göre sırasıyla mevcut kullanımı olmayan alanlar, diğer yollar ve ilgili alanlar ile inşaat alanları en yüksek YYS değerlerine sahip olan sınıflardır. Maksimum ile minimum YYS arasındaki farkın en fazla olduğu sınıflar ise sırasıyla diğer yollar ve ilgili alanlar, mevcut kullanımı olmayan alanlar ve ekilebilir alanlardır (Şekil 6, Tablo 6).



Şekil 6. Şanlıurfa şehri ve çevresinin kentsel AÖ/AK sınıfları (Kent Atlası, ÇŞİDB, 2019)

Tablo 6. Şanlıurfa şehrinin 2019 yılı kent sınırı içindeki AÖ/AK sınıflarına ait alan ve YYS değerleri

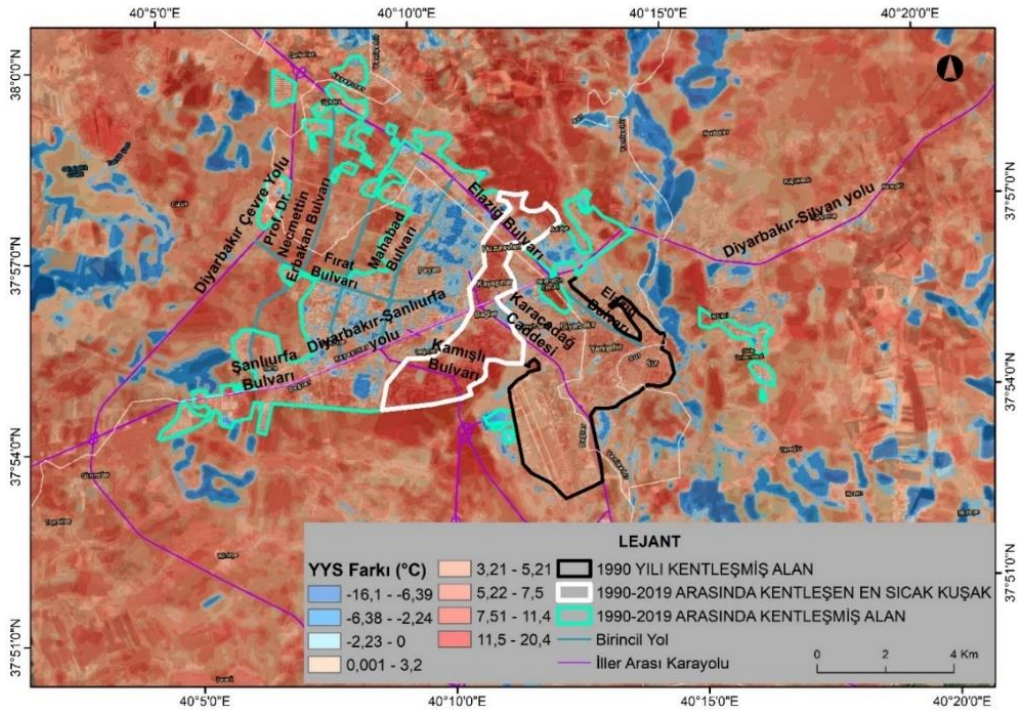
Kentsel AÖ/AK Sınıfı	Nesne Sayısı	Alan (%)	2019 Ortalama YYS (°C)	2019 Minimum YYS (°C)	2019 Maksimum YYS (°C)
Sürekli Kentsel Alan (> %80)	2468	8,44	37,53	35,02	41,42
Yüksek Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (%50 - %80)	1244	6,78	37,67	34,35	41,84
Orta Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (%30 - %50)	1268	11,63	38,15	34,80	46,37
Düşük Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (%10 - %30)	1093	11,24	39,05	32,62	46,18
Çok Düşük Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (< %10)	11	0,06	38,14	36,65	41,31
Bitki Örtüsü Az ya da Olmayan Alanlar	19	0,63	41,08	37,01	45,34
Diğer Yollar ve İlgili Alanlar	911	13,83	38,32	31,72	46,75
Eğitim Alanları	196	3,50	39,14	33,55	44,32
Ekilebilir Alanlar	115	2,34	40,12	31,08	45,13
Hızlı Transit Yollar ve İlgili Alanlar	34	1,66	38,98	33,58	45,42
İbadethane Alanları	226	0,69	37,95	33,43	42,63
İnşaat Alanları	199	2,68	40,15	35,94	46,82
Kamu Alanları	130	4,67	39,62	33,11	44,82
Kent İçindeki Yeşil Alanlar (Aktif)	258	2,81	37,28	31,84	41,96

Tablo 6'nın devamı

Kentsel AÖ/AK Sınıfı	Nesne Sayısı	Alan (%)	2019 Ortalama YYS (°C)	2019 Minimum YYS (°C)	2019 Maksimum YYS (°C)
Kent İçindeki Yeşil Alanlar (Pasif)	960	3,95	38,58	31,77	45,36
Maden Ocağı ve Boşaltım Sahaları	2	0,13	39,86	38,34	41,75
Maki veya Otsu Bitkiler	54	0,39	38,96	33,82	43,71
Mera Alanları	9	0,38	41,85	37,83	45,26
Mevcut Kullanımı Olmayan Alanlar	1013	12,53	40,29	33,18	47,39
Mezarlık Alanları	16	0,25	36,53	34,22	39,31
Sağlık Alanları	41	0,59	39,30	35,22	43,42
Sanayi ve Üretim Alanları	202	4,04	39,11	32,85	43,62
Spor ve Eğlence Alanları	67	1,03	39,21	33,65	45,68
Su Alanları	76	0,20	37,42	31,99	41,56
Sürekli Ürünler	124	2,20	40,53	34,56	45,19
Ticaret Alanları	247	3,23	38,85	33,42	43,19

Diyarbakır

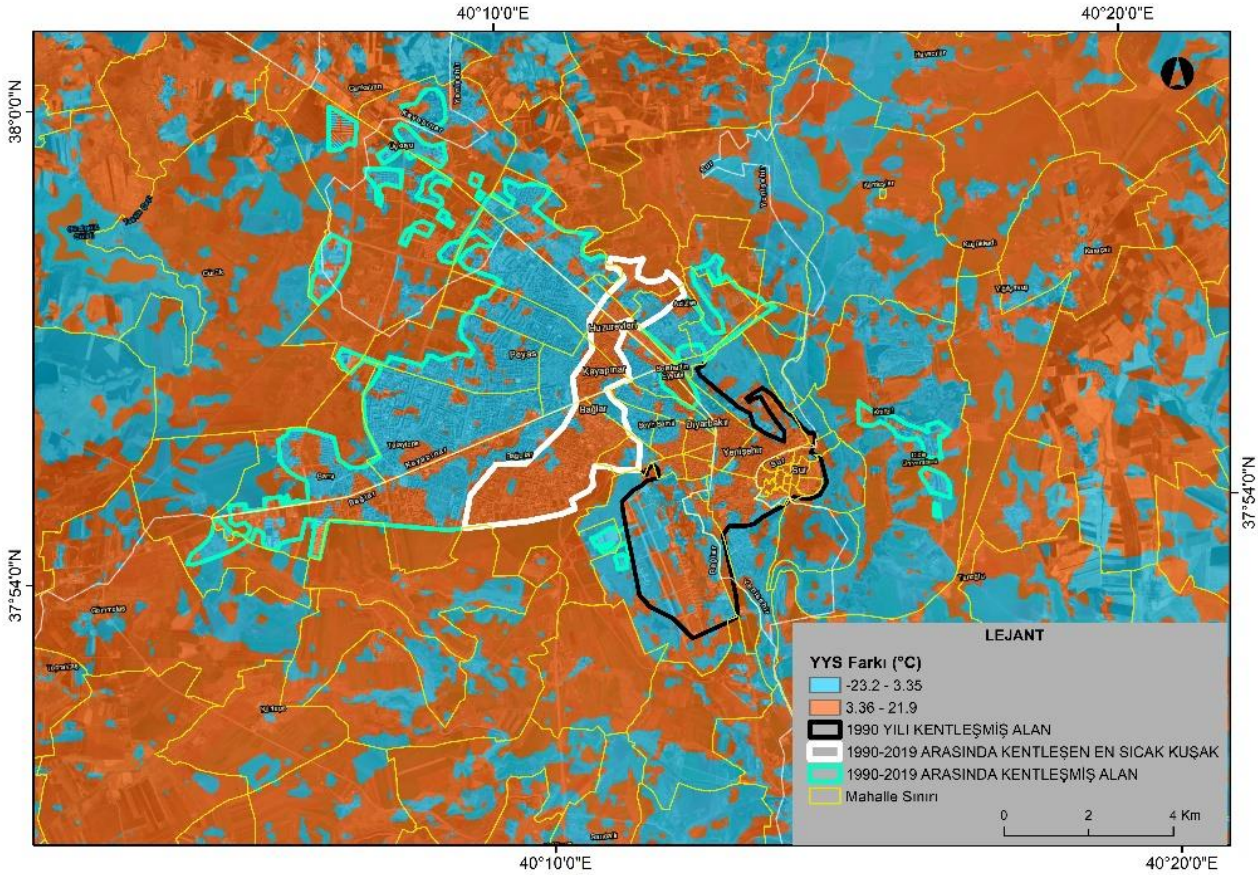
Diyarbakır kent merkezi doğudan Dicle Nehri ve tarım alanları, güneyden ise Diyarbakır Havalimanı ile sınırlandırılmaktadır. 1990 ve 2019 yılları arasında çoğunlukla batıya ve kuzeye doğru genişlemiştir. TUREF_TM39 (EPSG 5257) koordinat sistemine göre, Diyarbakır'ın 1990 yılı kentleşmiş alanı 18,9 km², 2019 yılı kentleşmiş alan 77,6 km² olarak tespit edilmiştir. 1990 yılında kentleşmiş alanın (siyah sınır) yaklaşık olarak YYS artışı 3,46 °C'dir. 2019 yılında kentleşmiş alanların (turkuaz sınır) yaklaşık olarak YYS artışı ise 3,3 °C'dir. Fakat batıya ve kuzeye doğru genişleyen ilk kuşağın (beyaz sınır) yaklaşık YYS artışı 7,8 °C'dir (Şekil 7).



Şekil 7. Diyarbakır şehri ve çevresinin YYS fark haritası

2019 kent sınırında YYS fark ortalaması 3,35 °C'dir. YYS minimum farkı -9 °C, maksimum farkı ise 20,2 °C'dir. 2019 kentsel alanının %46,38'i YYS fark ortalamasının üstünde kalırken, %53,61'i altında kalmıştır.

Bu ortalama değer in üstünde ve altında kalan alanlar haritalandığında kent çekirdeği ve hemen sonrasında gelişen ilk kuşağın (beyaz) bu sınırın üstünde kaldığı tespit edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Diyarbakir 2019 yılı kentsel alan sınırına göre YYF fark ortalamasının üstünde ve altında olan alanlar

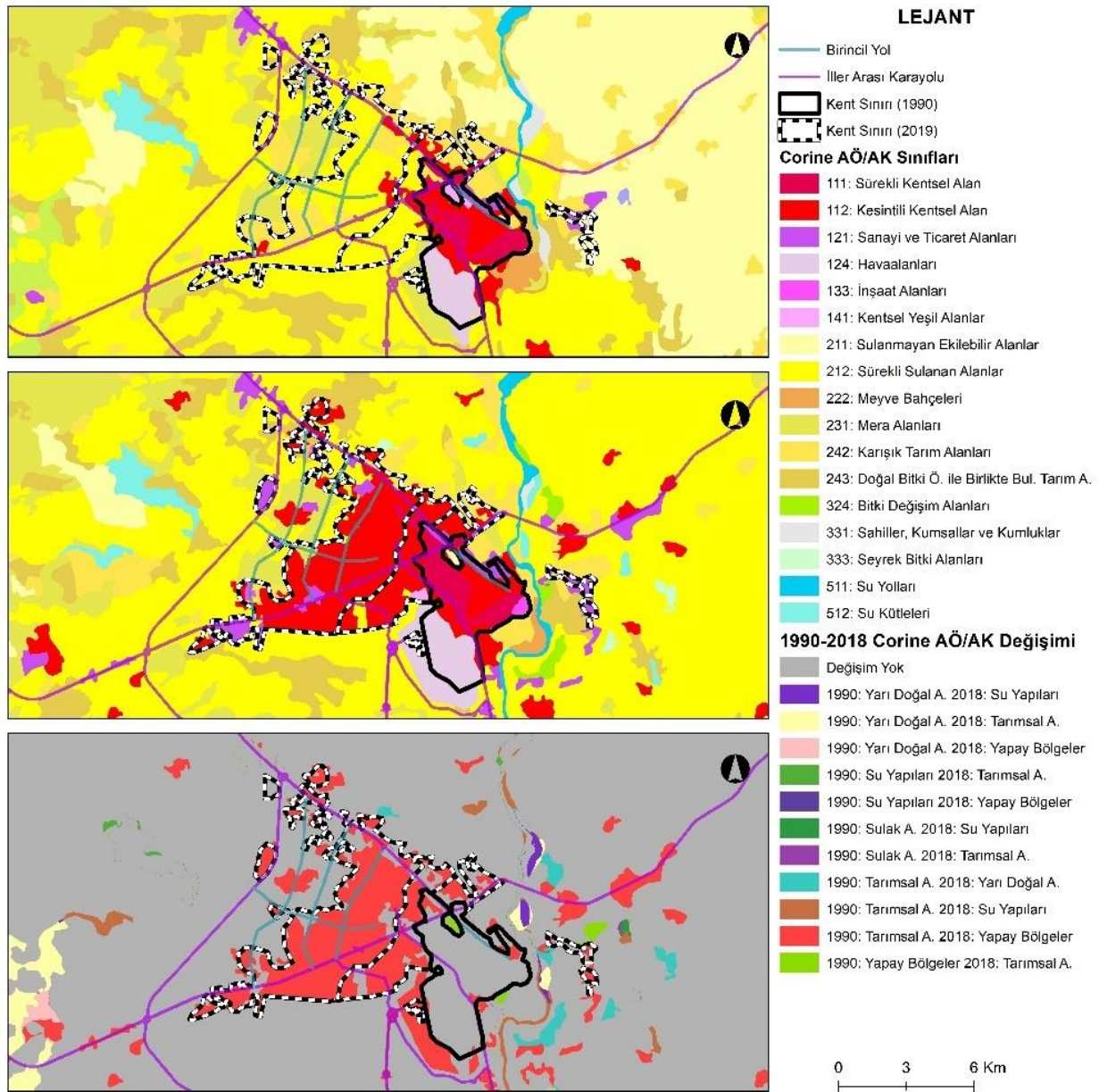
1990 yılı kentleşmiş alanının 2019 yılı ortalama YYF değeri 40 °C iken, 1990 yılı ortalama YYF değeri 36,9 °C'dir. 1990-2019 arasında kentleşen ve en sıcak olan kuşağın 2019 yılı ortalama YYF değeri 40,2 °C iken, 1990 yılı ortalama YYF değeri 32,3 °C'dir. Bu kuşak bitki örtüsünden planlı gelişim gösteren kentsel alana dönüşmüştür. Bu bağlamda kent bütününe göre neden daha fazla YYF artışı olduğunun sebebi araştırılmıştır. 1990 yılında şehrin daha batısındaki bölgede, bu kuşaktaki kadar bitki örtüsü bulunmamaktadır. Çünkü yüksek NDVI değerinden kentsel alana dönüşen alanlarda daha fazla YYF artışı yaşanırken düşük NDVI değerinden kentsel alana dönüşen alanlarda görece daha az YYF artışı tespit edilmiştir.

1990 kent sınırına göre kesilmiş 1990 yılı CORINE AÖ/AK sınıflarının alanları değerlendirildiğinde kent sınırının %91,6'sının geçirimsiz alanlardan oluştuğu görülmüştür. Havaalanı sınıfının diğer AÖ/AK türlerinden daha yüksek YYF değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Süreksiz kentsel alanlar sürekli kentsel alanlardan 0,9 °C daha yüksek YYF değerine sahiptir. Kentsel yeşil alanların sürekli ve süreksiz kentsel alanlardan daha yüksek YYF ortalaması olduğu ve endüstri, ticaret alanlarıyla neredeyse aynı YYF değerine sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca 1990 yılında Diyarbakir kent sınırı içinde ve yakın çevresinde hiç inşaat alanı bulunmadığı görülmüştür (Tablo 6).

2019 kent sınırına göre kesilmiş 2018 yılı CORINE AÖ/AK sınıfları değerlendirildiğinde kent sınırının %89,6'sının geçirimsiz yapay alanlardan oluştuğu görülmüştür. İnşaat alanları sınıfının 1990 yılında bulunmayıp 2018 yılında 123,65 ha alan kapladığı saptanmıştır. 1990 yılından 2019'a kadar kent alanının 4,1 kat büyüdüğü düşünüldüğünde sürekli kentsel alanların buna göre çok az arttığı fakat süreksiz kentsel alanın 6,92 kat arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca endüstri ve ticaret alanlarının 9,67 kat arttığı saptanmıştır. Bunun yanında kentsel yeşil alanların 26,4 hektardan 33,7 hektara çıktığı görülmüştür. Havaalanı sınıfı diğer türlere göre daha yüksek bir YYF değerine sahiptir. 2019 yılında süreksiz kentsel alanların sürekli kentsel alanlardan 1,19 °C daha yüksek YYF değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Kentsel yeşil alanların YYF değerinin sürekli kentsel alanlardan daha yüksek olduğu saptanmıştır. İnşaat alanları sınıfı sürekli ve süreksiz kentsel alanlardan daha yüksek YYF değerine sahiptir (Tablo 7). Ayrıca 1990 yılından 2019 yılına kadar kentleşen yaklaşık 59 kilometrekarelik alanın %76,7'sinin tarım alanlarından yapay alanlar sınıfına geçtiği (Şekil 9) ve bu alanların YYF fark ortalamasının 3,12 °C olduğu saptanmıştır.

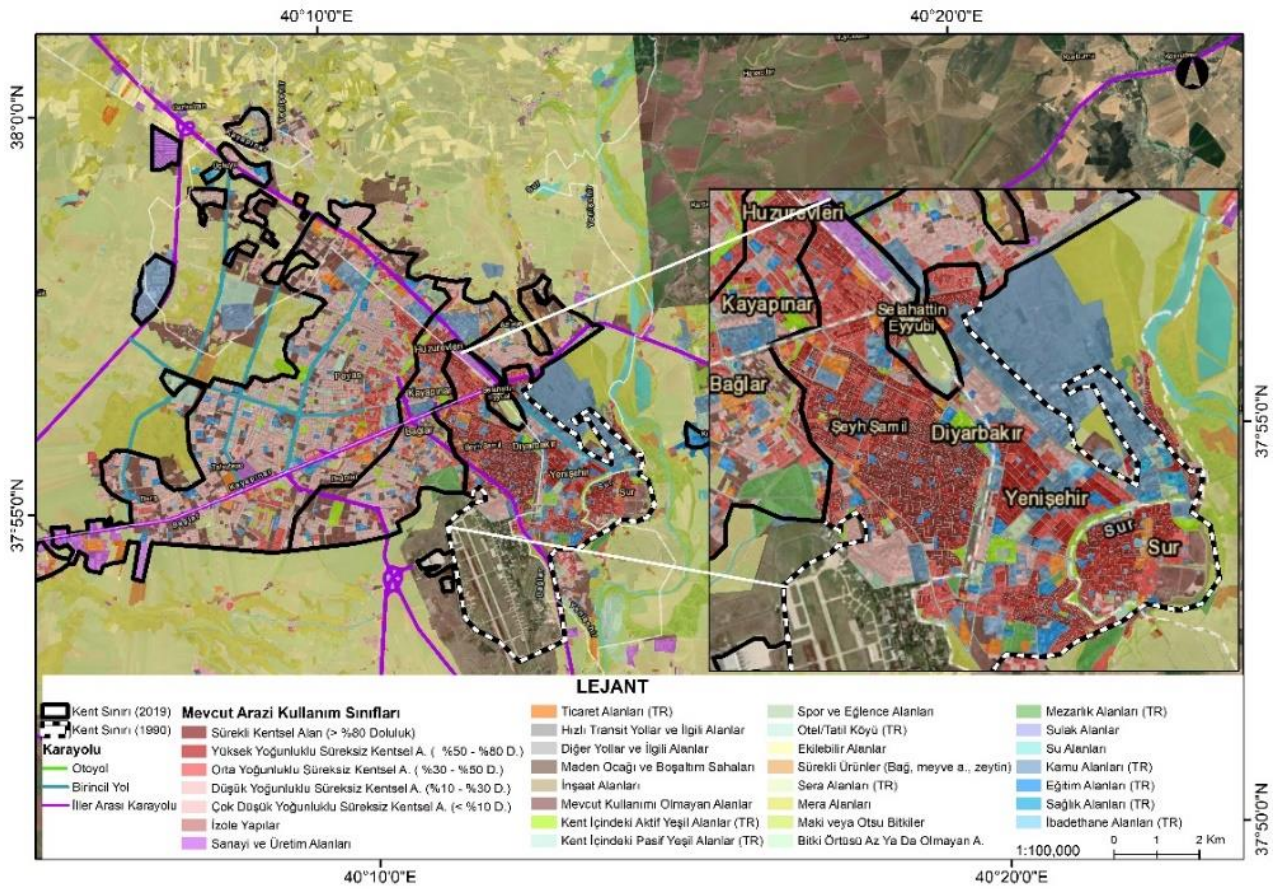
Tablo 7 Diyarbakır'ın 1990 ve 2019 yılı kent sınırında kalan 1990 ve 2018 yıllarına ait CORINE AÖ/AK sınıflarının alanları ve YYS değerleri

CORINE AÖ/AK	1990			2019		
	Ortalama YYS (°C)	Alan (Ha)	Alan Oranı (%)	Ortalama YYS (°C)	Alan (Ha)	Alan Oranı (%)
111: Sürekli kentsel alan	34,98	565	29,92	38,52	701,57	10,33
112: Süreksiz/Kesintili kentsel alan	35,92	579,84	30,71	39,71	4009,06	59,03
121: Endüstri ve ticari alanlar	37,33	65,89	3,49	40,72	629,38	9,26
124: Havaalanları	39,08	518,69	27,47	42,36	590,25	8,69
133: İnşaat Alanları	-	-	-	41,14	123,65	1,82
141: Kentsel yeşil alanlar	37,48	26,40	1,40	39,52	33,74	0,49
Diğer sınıflardaki alanlar	36,31	132,38	7,01	41,72	703,49	10,35



Şekil 9. Diyarbakır şehri ve çevresinin CORINE AÖ/AK sınıfları ve değişimleri (Copernicus, 2022)

1990 ile 2019 karşılaştırmasına imkân veren CORINE AÖ/AK sınıfları, kent içindeki detaylı arazi kullanımı göstermede yetersizdir. Bu sorunu gidermek için kentsel AÖ/AK sınıfları kullanılmıştır. Bu sınıfların alanları ve 2019 YYS değerlerinden çeşitli bulgulara ulaşılmıştır. 2019 kent sınırının içindeki kentsel AÖ/AK sınıflarının kapladıkları alanlar incelenmiştir. Ticaret, endüstri ve donatı alanlarıyla birlikte geçirimsiz yüzeyler kentin %76,3'ünü kaplamaktadır. Düşük yoğunluklu süreksiz kentsel alanlar %22,96'lık oran ile kentte hâkim sınıftır. Hızlı transit karayolları ve diğer yollar sınıfı şehrin %11,12'sini kaplamaktadır. Şehrin %5,88'i aktif ve pasif yeşil alanlardan oluşmaktadır. Kentte sanayi ve üretim alanları ile ticaret alanları toplam alanın %5,57'sini kaplamaktadır. Buna ek olarak kentsel AÖ/AK ile 2019 yılı YYS değerlerinin ilişkisi incelenmiştir. Diyarbakır şehrinde kentsel yoğunluk içeren sınıflar ile 2019 yılı ortalama YYS değerleri arasında negatif ilişki görülmüştür. Bununla tutarlı olarak sürekli kentsel alanların (38,12 °C) ortalama YYS değerleri aktif yeşil alanların (37,97 °C) değerine çok yakındır. Tüm sınıflar arasında ortalama YYS değeri en düşük olan sınıf aktif yeşil alandır. Havaalanı sınıfının (42,11 °C) ortalama YYS değerleri geçirimsiz yüzeyler arasında ilk sıradadır. Kentsel AÖ/AK sınıflarının maksimum YYS değerleri incelenmiştir. Buna göre sırasıyla ekilebilir alanlar, mevcut kullanımı olmayan alanlar ile diğer yollar ve ilgili alanlar en yüksek YYS değerlerine sahiptir. Maksimum ile minimum YYS arasındaki farkın en fazla olduğu sınıflar ise sırasıyla sanayi ve üretim alanları, diğer yollar ve ilgili alanlar ile spor ve eğlence alanlarıdır (Şekil 10, Tablo 8).



Şekil 10. Diyarbakır şehri ve çevresinin kentsel AÖ/AK sınıfları (Kent Atlası, ÇŞİDB, 2019)

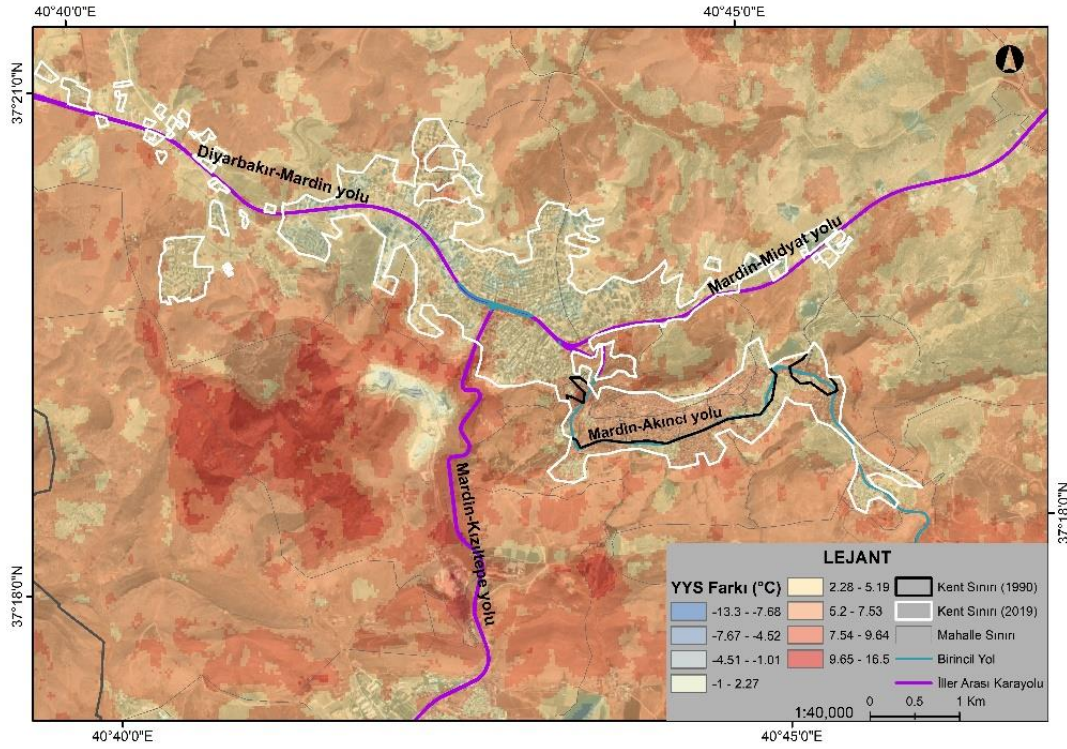
Tablo 8. Diyarbakır şehrinin 2019 yılı kent sınırı içindeki kentsel AÖ/AK sınıflarına ait alan ve YYS değerleri

Kentsel AÖ/AK Sınıfı	Nesne Sayısı	Alan (%)	2019 Ortalama YYS (°C)	2019 Minimum YYS (°C)	2019 Maksimum YYS (°C)
Sürekli Kentsel Alan (> %80)	902	1,88	38,12	36,21	41,38
Yüksek Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (%50 - %80)	873	3,89	38,43	34,44	43,86
Orta Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (%30 - %50)	798	7,22	38,98	34,95	44,69
Düşük Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (%10 - %30)	1247	22,96	39,42	35,15	45,92
Çok Düşük Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (< %10)	2	0,05	40,46	36,86	44,41
Demiryolları ve İlgili Alanlar	30	0,35	40,66	36,02	44,91
Diğer Yollar ve İlgili Alanlar	883	9,25	39,59	32,79	47,14
Eğitim Alanları	187	4,37	39,89	34,31	45,72
Ekilebilir Alanlar	140	3,70	42,52	35,72	48,13
Havaalanları	3	9,29	42,11	34,78	46,62
Hızlı Transit Yollar ve İlgili Alanlar	37	1,87	40,16	35,48	46,42
İbadethane Alanları	91	0,44	39,44	36,48	44,61
İnşaat Alanları	19	0,57	40,66	36,27	44,67
Kamu Alanları	113	6,75	40,04	33,51	44,55
Kent İçindeki Yeşil Alanlar (Aktif)	117	2,47	37,97	32,96	44,01
Kent İçindeki Yeşil Alanlar (Pasif)	783	3,41	40,06	34,59	47,12
Maden Ocağı ve Boşaltım Sahaları	7	0,16	40,96	34,42	43,55
Maki veya Otsu Bitkiler	60	0,35	39,62	34,68	43,28
Mera Alanları	22	0,53	41,02	35,12	45,48
Mevcut Kullanımı Olmayan Alanlar	610	11,47	41,98	36,12	48,11
Mezarlık Alanları	21	0,72	39,33	37,36	42,11
Otel/ Tatil Köyü	9	0,03	39,21	37,69	41,38
Sağlık Alanları	30	0,53	39,42	36,70	43,08
Sanayi ve Üretim Alanları	149	2,58	40,88	25,96	44,76
Spor ve Eğlence Alanları	70	1,39	39,96	31,12	44,65
Sürekli Ürünler	45	0,60	40,97	37,14	44,15
Ticaret Alanları	230	3,16	40,86	32,43	44,81

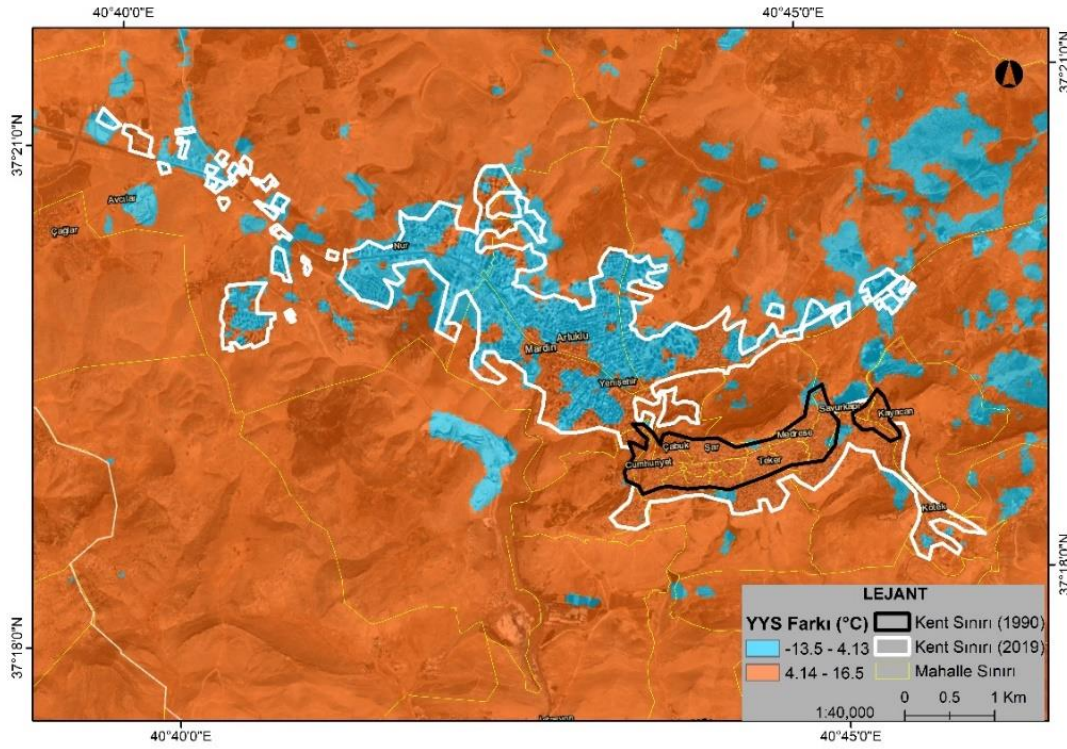
Mardin

Mardin kent çekirdeği 1200 metre civarında bir tepenin (Mardin Kalesi) güney yamacında kurulmuştur. Potansiyel bir gelişim yönünün olmayışı kentin Diyarbakır-Mardin ile Mardin-Midyat karayolu civarında ayrı bir parça (Yeni Mardin) olarak genişlemesini sağlamıştır (Şekil 11). Kent çekirdeğinde diğer Güneydoğu kentlerine benzer geleneksel mimari ve dar sokaklı bir görünüm hâkimdir. Bölgedeki diğer kentlere göre bu çekirdek daha eğimli biçimde yapılaşmıştır. TUREF_TM42 (EPSG 5258) koordinat sistemine göre, 1990 yılı kentleşmiş alanı 1,36 km² iken 2019'da 9,6 km²'dir. 1990 yılındaki kent sınırının YYS fark ortalaması 5,8 °C, YYS minimum farkı 3, YYS maksimum farkı 8,36 °C olarak tespit edilmiştir. 2019 kent sınırının YYS fark ortalaması 4,17 °C, minimum farkı -2,82 °C, maksimum farkı 9,47 °C'dir. 2019 kentsel alanının %52,24'ü YYS fark ortalamasının üstünde kalırken, %47,75'i bu ortalamasının altında kalmıştır. Ortalama YYS değerinin üstünde ve altında kalan alanlar haritalandığında tarihi kent çekirdeği ve çeperinin ortalamasının üstünde kaldığı tespit edilmiştir (Şekil 12).

1990 yılı kentsel alan YYS fark ortalaması 5,8 °C, 2019 yılı kentsel alanların YYS fark ortalaması ise 4,17 °C'dir. 2019 yılı kentsel alanına Diyarbakır-Mardin karayolunun devamındaki üniversite kampüsü ve daha seyrek yapılaşmış alanlar ile Mardin-Kızıltepe karayolundaki organize sanayi bölgesi, askeri alanlar dâhil edilmemiştir. Mardin-Kızıltepe karayolundaki bu bölgelerde kentsel AÖ/AK verisi bulunmamaktadır (Şekil 14).



Şekil 11. Mardin şehri ve çevresinin YYS fark haritası



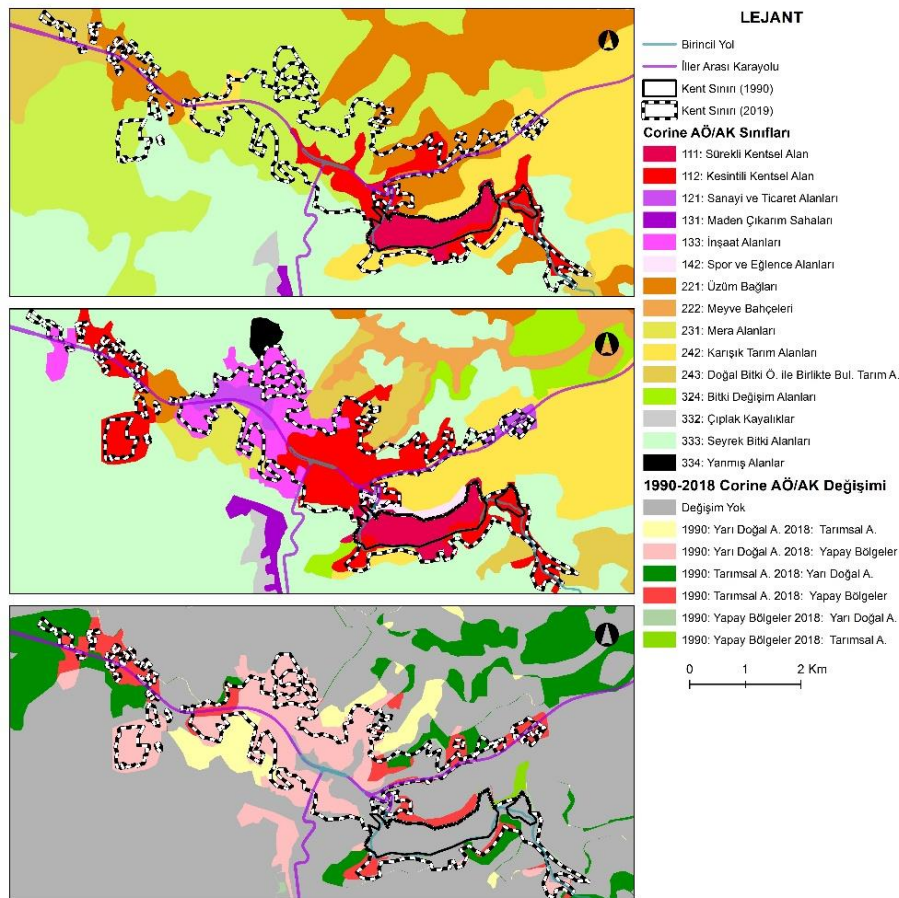
Şekil 12. Mardin 2019 yılı kentsel alan sınırına göre YYS fark ortalamasının üstünde ve altında olan alanlar

1990 kent sınırına göre kesilmiş 1990 yılı CORINE AÖ/AK sınıfları değerlendirildiğinde kent sınırının %98'inin geçirimsiz yapay alanlardan oluştuğu görülmüştür. Kent sınırının %74'ü sürekli, %24'ü süreksiz kentsel alanlardan meydana gelmiştir. Süreksiz kentsel alanlar sürekli kentsel alanlardan 1,2 °C daha yüksek YYS değerine sahiptir (Tablo 8).

2019 kent sınırına göre kesilmiş 2018 yılı CORINE AÖ/AK sınıfları değerlendirildiğinde kent sınırının %90,5'inin geçirimsiz yapay alanlardan oluşmaktadır. İnşaat alanları ve endüstri alanları sınıfının 1990 yılında bulunmayıp 2018 yılında toplamda 221,24 ha alan kapladığı saptanmıştır. Buna ek olarak 1990 yılında bulunmayan spor ve eğlence alanları 2018 yılında 6,86 ha alan kaplamaktadır. 1990 yılından 2019'a kent alanının 7 kat büyüdüğü düşünüldüğünde sürekli kentsel alanların buna göre çok az (%25) arttığı fakat süreksiz kentsel alanın 12 kat arttığı tespit edilmiştir. Tüm sınıfların YYS değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür (Tablo 9). Ayrıca 1990 yılından 2019 yılına kadar kentleşen yaklaşık 8,24 kilometrekarelik alanın %52,9'unun tarım ve yarı doğal alanlardan yapay alanlar sınıfına geçtiği ve bu alanların YYS fark ortalamasının 3,4 °C olduğu saptanmıştır (Şekil 13).

Tablo 9. Mardin'in 1990 ve 2019 yılı kent sınırında kalan 1990 ve 2018 yıllarına ait CORINE AÖ/AK sınıflarının alanları ve YYS değerleri

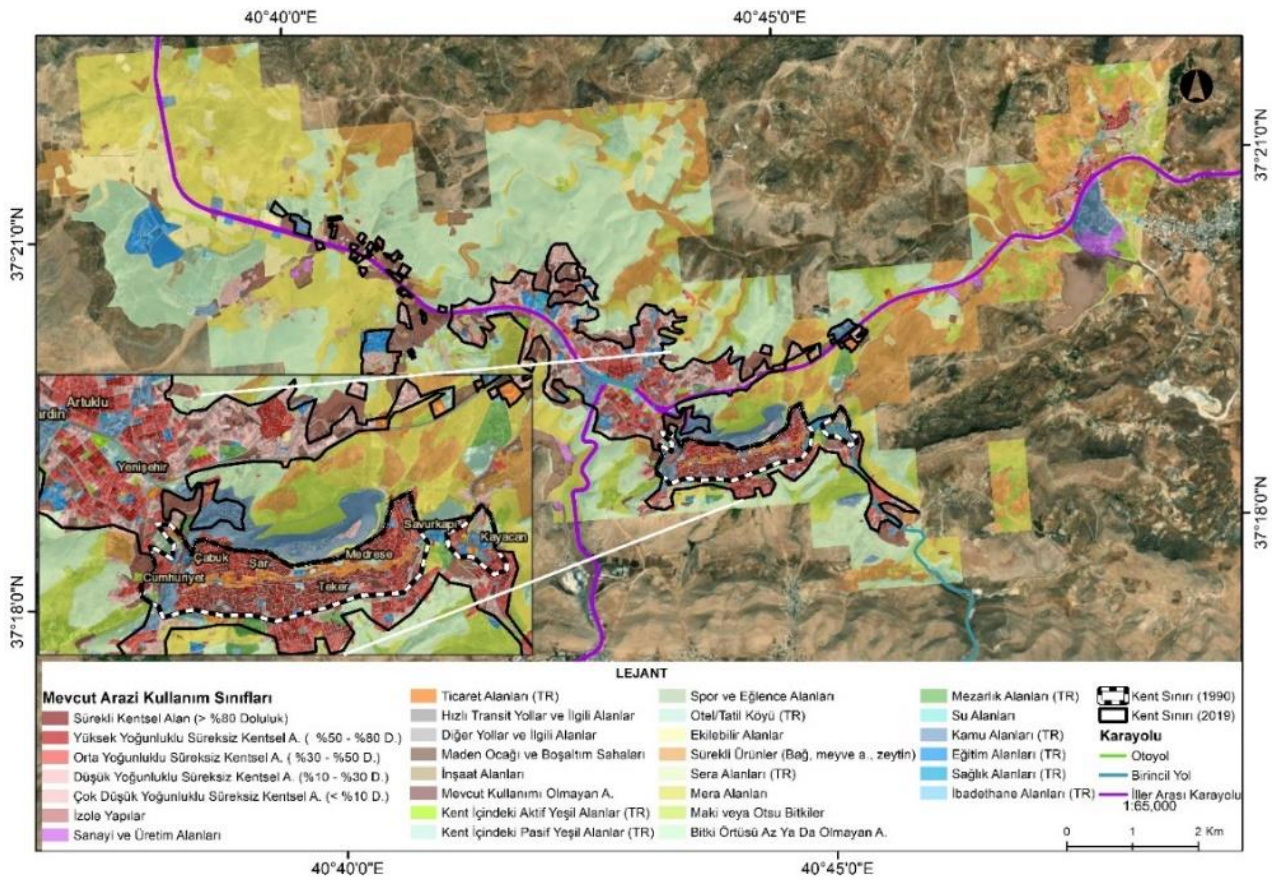
1990 CORINE AÖ/AK	1990			2019		
	Ortalama YYS (°C)	Alan (Ha)	Alan Oranı (%)	Ortalama YYS (°C)	Alan (Ha)	Alan Oranı (%)
111: Sürekli kentsel alan	32,23	100,7	74	38,11	125,34	15,19
112: Süreksiz/Kesintili kentsel alan	33,41	32,68	24	38,46	392,7	47,61
121: Endüstri ve ticari alanlar	-	-	-	38,41	72,14	8,74
133: İnşaat alanları	-	-	-	38,36	149,1	18,1
142: Spor ve eğlence alanları	-	-	-	38,95	6,86	0,83
Diğer sınıflardaki alanlar	33,46	2,67	1,96	39,04	78,55	9,52



Şekil 13. Mardin şehri ve çevresinin CORINE AÖ/AK sınıfları ve değişimleri (Copernicus, 2022)

1990 ile 2019 karşılaştırmasına imkân veren CORINE AÖ/AK sınıfları, kent içindeki detaylı arazi kullanımı göstermek için genel seviyede kalmaktadır. Daha fazla detay için kentsel AÖ/AK sınıfları kullanılmıştır. Bu sınıfların alanları ve 2019 YYS değerlerinden çeşitli bulgulara ulaşılmıştır.

2019 kent sınırının içindeki kentsel AÖ/AK sınıflarının kapladıkları alanlar incelenmiştir. Ticaret, endüstri ve donatı alanlarıyla birlikte geçirimsiz yüzeyler kentin %81,47'sini kaplamaktadır. Orta ve düşük yoğunluklu süreksiz kentsel alanlar %37,50'lik oran ile kentte hâkim sınıftır. Hızlı transit karayolları ve diğer yollar sınıfı şehrin %12,47'sini kaplamaktadır. Şehrin %2,49'u aktif ve pasif yeşil alanlardan oluşmaktadır. Buna ek olarak kentsel AÖ/AK ile 2019 yılı YYS değerlerinin ilişkisi incelenmiştir. Mardin şehrinde kentsel yoğunluk içeren sınıflar ile 2019 yılı ortalama YYS değerleri arasında bir ilişki görülmemiştir. Sürekli kentsel alanların (38,21 °C) ortalama YYS değerleri aktif yeşil alanların (37,78 °C) değerine çok yakındır. Tüm sınıflar arasında ortalama YYS değeri en düşük olan sınıf aktif yeşil alandır. Ticaret alanı sınıfının (39,98 °C) ortalama YYS değerleri geçirimsiz yüzeyler arasında ilk sıradadır. Kentsel AÖ/AK sınıflarının maksimum YYS değerleri incelenmiştir. Buna göre sırasıyla bitki örtüsü az ya da olmayan alanlar, orta yoğunluklu süreksiz kentsel alanlar ile mevcut kullanımı olmayan alanlar en yüksek YYS değerlerine sahip olan sınıflardır. Maksimum ile minimum YYS arasındaki farkın en fazla olduğu sınıflar ise sırasıyla bitki örtüsü az ya da olmayan alanlar, orta yoğunluklu süreksiz kentsel alanlar ile mevcut kullanımı olmayan alanlardır (Şekil 14, Tablo 10).



Şekil 14. Mardin şehri ve çevresinin kentsel AÖ/AK sınıfları (Kent Atlası, ÇŞİDB, 2019)

Tablo 10. Mardin şehrinin 2019 yılı kent sınırı içindeki AÖ/AK sınıflarına ait alan ve YYS değerleri

Kentsel AÖ/AK Sınıfı	Nesne Sayısı	Alan (%)	2019 Ortalama YYS (°C)	2019 Minimum YYS (°C)	2019 Maksimum YYS (°C)
Sürekli Kentsel Alan (> %80)	268	3,46	38,21	34,96	40,33
Yüksek Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (%50 - %80)	232	7,29	38,19	35,26	41,29
Orta Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (%30 - %50)	259	14,69	38,23	35,03	42,68
Düşük Yoğunluklu Süreksiz Kentsel Alan (%10 - %30)	233	22,82	38,53	35,43	41,95
Bitki Örtüsü Az ya da Olmayan Alanlar	15	2,34	39,52	35,72	43,09
Diğer Yollar ve İlgili Alanlar	128	10,21	38,45	34,91	42,39
Eğitim Alanları	47	4,60	38,38	35,72	41,54
Ekilebilir Alanlar	4	0,18	38,51	37,19	39,52
Hızlı Transit Yollar ve İlgili Alanlar	5	2,26	38,77	36,12	41,44
İbadethane Alanları	35	0,85	38,26	35,81	40,77
İnşaat Alanları	18	2,38	38,41	35,15	40,98
Kamu Alanları	46	7,55	38,50	34,96	41,72
Kent İçindeki Yeşil Alanlar (Aktif)	20	1,03	37,78	35,99	40,84
Kent İçindeki Yeşil Alanlar (Pasif)	70	1,46	38,64	35,38	41,43
Maki veya Otsu Bitkiler	16	0,65	40,71	40,64	40,73
Mera Alanları	19	1,25	38,56	36,06	41,19
Mevcut Kullanımı Olmayan Alanlar	146	10,42	39,76	35,04	42,77
Mezarlık Alanları	17	1,06	38,90	35,41	42,46
Otel/ Tatil Köyü	8	0,52	39,44	36,29	41,63
Sağlık Alanları	16	0,66	38,91	35,76	41,54
Spor ve Eğlence Alanları	10	0,98	38,32	36,66	40,48
Sürekli Ürünler	7	0,13	39,56	35,77	42,66
Ticaret Alanları	85	3,20	39,98	38,86	41,55

4. Tartışma

Çalışma sahasında ele alınan Mardin kentsel alanı 7,8 kat, Şanlıurfa kentsel alanı 4,8 kat, Diyarbakır kentsel alanı ise 4,1 kat büyümüştür. Üç kentin de orta ve düşük yoğunluklu bir biçimde kentleştiği ortaya konmuştur. 1990 yılından 2019 yılına kadar üç kentin de nüfusunun bu kadar artmadığı bilinmektedir. Bu durum kentsel AÖ/AK sınıflarını gösteren haritalardan anlaşılmaktadır. 1990 kent sınırından hemen sonra gelen tarım alanlarının yerleşmeye açılması üç kentte de ortak durumdur. Bu bulgu CORINE AÖ/AK değişimiyle ortaya konmuştur. 1990-2019 arası kentleşen alanların en az üçte ikisi tarımdan yerleşmeye dönen alanlardan oluşmaktadır.

Üç kentin 1990 yılı kent sınırının büyük kısmı YYS fark ortalamasının üstünde kalmaktadır. Diğer bir ifade ile kent çekirdeklerinin YYS değerleri 1990 sonrasında kentleşen bölgelere göre daha yüksektir. Şanlıurfa kentinin 1990 yılı kentsel alanının YYS fark ortalaması 3,78 °C, 2019 yılı kentsel alanların YYS fark ortalaması ise 2,27 °C'dir. Mardin kentinin 1990 yılı kentsel alan YYS fark ortalaması 5,8 °C, 2019 yılı kentsel alanların YYS fark ortalaması ise 4,17 °C'dir. Diyarbakır kentinin 1990 yılı kentsel alan YYS fark ortalaması 3,46 °C'dir. Diyarbakır kentinin 2019 yılı kentsel alan fark ortalaması ise 3,3 °C'dir. Fakat 1990 kent sınırından sonra batıya ve kuzeye doğru genişleyen ilk kuşağın YYS artışı 7,8 °C'dir. Diyarbakır şehrinin doğudan ve güneyden sınırlanması şehrin kuzey ve batısını saran bitki örtüsü kuşağının yok edilerek büyümesi ile Şekil 7 ve 8'deki en sıcak kuşak oluşmuştur. Bu kuşakta, 2019 kent sınırı YYS fark ortalamasının iki katı kadar daha fazla YYS artışı meydana gelmiştir. Ayrıca kentin 1990 sonrası ilk yapılaştığı alan olan bu en sıcak kuşakta daha batı ve kuzeye göre daha az yeşil alan bulunması YYS artışını destekleyen bir diğer faktördür. Bu kuşağın yaklaşık olarak 966,4 ha olduğu, içinde aktif yeşil alanların ise 44 ha (%4,55) alan kapladığı, bir yeşil altyapı kurgusuyla yapılandırılmadığı, şehrin batısına göre yeşil alanların daha seyrek ve az olduğu tespit edilmiştir. CORINE AÖ/AK sınıflarının alanları üzerinden bir karşılaştırma yapmak gerekirse üç kentin de tüm yıllardaki geçirimsiz yüzey oranı kentin yaklaşık %90'ını oluşturmaktadır. Bu oran kentsel AÖ/AK verilerine göre %75 ile %81 arasında değişmektedir. Bu durumun kentsel AÖ/AK verilerinin detay seviyesinin daha iyi olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Mardin ve Diyarbakır kentlerinde 1990 yılında hiç inşaat alanı bulunmazken 2018 yılına gelindiğinde Mardin’de şehrin %18’ini, Diyarbakır’da ise %2’sini kapladığı görülmektedir. Şanlıurfa şehrinde ise 1990 yılına kıyasla 2018 yılında inşaat alanlarının 8 kat büyüdüğü bulunmuştur.

CORINE AÖ/AK ve YYS ilişkisi üzerinden kentler ele alındığında ise sürekli kentsel alanlar süresiz kentsel alanlara göre daha düşük YYS ortalamasına sahiptir. Bu durum üç kentten 1990 ve 2019 kent sınırlarında da aynıdır. Bu bulgu kentsel AÖ/AK’deki kentsel yoğunluk içeren sınıflar ile 2019 yılı ortalama YYS değerleri arasında negatif ilişki görülmesiyle tutarlıdır. Şanlıurfa’da bulunan 2018 yılı kentsel yeşil alan sınıfının diğer sınıflara göre daha düşük YYS değerine sahip olması literatürdeki diğer çalışmalarla uyumludur (Kuşak ve Küçükali, 2020; Soydan, 2020). 2019 yılında Diyarbakır şehrinde havaalanı sınıfının YYS değeri diğer sınıflara göre daha yüksek çıkmıştır. Bu bulgu 2019 yılı kentsel AÖ/AK’deki havaalanı sınıfının (42,11 °C) ortalama YYS değerlerinin diğer geçirimsiz yüzeylerden daha yüksek olmasıyla tutarlıdır.

Kentsel AÖ/AK verileri ve Landsat uydu görüntülerine göre çalışma sahasındaki üç kentten sadece Şanlıurfa’da kentle ilişkili bir orman sınıfı bulunmaktadır. Diyarbakır ve Mardin kent merkezleriyle ilişkili ve erişilebilir bir orman alanı bulunmamaktadır. Ayrıca çalışma sahasında tüm kentlerin çekirdeğinde çok az aktif yeşil alan bulunduğu veya hiç olmadığı tespit edilmiştir. 2019 kent sınırına göre üç kentte de geçirimsiz yüzeylerin %75’ten fazla alan kapladığı bulunmuştur. Diyarbakır şehrinde havaalanı (%9,29) ile birlikte bu oran %76,30’dur. Şanlıurfa’da sürekli kentsel alanlar kentin %8,44’ünü, Mardin’in %3,46’sını, Diyarbakır’ın %1,88’ini kaplamaktadır. Aktif ve pasif yeşil alanların Şanlıurfa’da şehrin %6,76’sını, Diyarbakır’da şehrin %5,88’ini, Mardin’de ise şehrin %2,49’unu kapladığı tespit edilmiştir. Ek olarak Şanlıurfa ve Diyarbakır kentlerinde kentsel yoğunluk içeren sınıflar ile 2019 yılı ortalama YYS değerleri arasında negatif ilişki görülmüştür. Bolu kentinde ise kentsel yoğunluk sınıfları ile ortalama YYS değerleri arasında pozitif bir ilişki çıkmıştır. Bu açıdan Diyarbakır ve Şanlıurfa’daki bulgumuz Bolu kentindeki durumla uyumsuzdur (Kırkık Aydemir vd. 2022). Mardin şehrinde ise kentsel yoğunluk içeren sınıflar ile 2019 yılı ortalama YYS değerleri arasında bir ilişki görülmemiştir. Son olarak kentsel AÖ/AK sınıfları arasındaki ortalama YYS farkının (2,74 °C) en az olduğu kent Mardin’dir. Diğer iki kentte bu fark 5 °C’nin üzerindedir. Diyarbakır ve Mardin kentlerinde en düşük ortalama YYS değeri aktif yeşil alanlara aittir. Şanlıurfa’da en düşük ortalama YYS değeri mezarlık alanlarındadır. Bu bulgu literatürdeki pek çok çalışma ile uyumludur (Rosenfeld vd., 1995; Akbari vd., 2001; Oğuz, 2015; Schwaab vd., 2021).

Çalışmamızda kentsel AÖ/AK sınıfları için kullanılan kent atlası verilerinin 1990 yılında bulunmaması, kent içindeki YYS değerlerinin karşılaştırılmasını sınırlamıştır. Bu durumdan dolayı da kentsel AÖ/AK sınıflarının 1990-2019 yıllarındaki YYS değerleri karşılaştırılamamıştır. Bunun yerine daha genel seviyede kalan CORINE AÖ/AK verisi kullanılmıştır.

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin kent merkezlerinin gelişimi ile CORINE ve kentsel AÖ/AK sınıflarının YYS ile arasındaki ilişki ele alınmıştır. 1990 ve 2019 yılındaki kent sınırları ve arazi kullanım türlerinin YYS değerleri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Bu kapsamda önce kentlerden ayrı ayrı elde edilen bulgular sunulmuş, sonrasında arasındaki benzerlik ve farklılıklar incelenmiştir. Bunların sonucunda çeşitli öneriler ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar ortaya konmuştur. Üç kentte de 1990 yılı kent sınırının genel olarak YYS fark ortalamasının üstünde kaldığı tespit edilmiştir. Diğer yandan Diyarbakır ve Şanlıurfa’da kentsel yoğunluk arttıkça ortalama YYS değerinin düştüğü görülmüştür. Bu iki kentte kentsel yoğunluğun arttığı bölgeler daha çok 1990 yılı kent sınırının içinde kalan geleneksel mimariye sahip olan yerlerdir. Bu nedenle söz konusu durumu oluşturan nedenlerin araştırılması gerekmektedir.

Fahmy vd. (2017), bu çalışma alanına göre daha güney enlemlerde yer alan Kahire’deki çalışmalarında dış ve iç mekandaki iklimik konforu farklı bitki türleri ve enerji tasarrufuyla ilişkili biçimde ölçmüş ve simülasyonunu oluşturmuştur. Ayrıca Yıldırım (2020), sıcak ve kuru iklime sahip Şanlıurfa’nın geleneksel mimarinin hâkim olduğu kent çekirdeğindeki 10 tarihi geçit ile yüksek duvarlı ve dar sokakların açık hava gölgelendirmesi sağlayarak konforlu sosyal alanlar oluşturduğunu tespit etmiştir. Bu kapsamda çalışma sahasında yüzey sıcaklığı ile ilişkilendirilerek geleneksel mimari (yüksek yoğunluklu) ile planlı gelişim gösteren (orta ve düşük yoğunluklu) bölgelerdeki yapıların içindeki iklimik konforu karşılaştıran araştırmalar yapılabilir.

IPCC’nin +3°C’lik iklim projeksiyonlarına göre art arda gelen sıcak günlerin sayısının artacağı öngörülmektedir (IPCC, 2022). Çalışma sahasında yakın kentlerden Gaziantep’te 40 °C’nin üzerindeki gün sayısına fazladan 41 gün daha ekleneceği tespit edilmiştir (World Bank Group, 2022). Bu kapsamda iklim değişikliğini önleme ve uyum sağlamada kentlerdeki ısı adası etkisini azaltmak için dünyada çeşitli kentlerinde farklı çözümler uygulanmaktadır. En sık kullanılan yöntemler çatılar ve güneşlenen yüzeylerin özel yansıtıcı kaplamalarla boyanması, mavi ve yeşil altyapı çalışmalarıdır. Üç kentte de alansal yeterlilik ve erişilebilirlik dikkate alınarak bir yeşil altyapı kurgusu ile çeşitli yapı ve çatı çözümlerinin uygulanması tavsiye edilmektedir (Costanzo vd., 2016; Sharma vd., 2016; Shao ve Kim, 2022). YYS fark ortalamasının üstünde kalan üç kentten çekirdek alanlarında gelecek yıllarda YYS artışına bağlı olarak yansıtıcı veya yeşil çatı, yeşil altyapı ve bölgeye özgü mimari çözümler ile bölgenin yaşam kalitesinin artırılması tavsiye edilmektedir.

Çalışma sonuçları yeşil dokuya sahip alanların daha düşük YYS değerine sahip olduğunu ve bu alanlarda yıllara göre YYS fark değerinin diğer arazi kullanımlarından daha düşük olduğunu göstermiştir. Ağaç çeşitliliği arttıkça ısı adası etkisinin azaldığı ortaya koyulmuştur (Wang vd., 2021). Bu yüzden çalışma sahasındaki kentlerde yeşil alanların miktarının ve ağaç çeşitliliğinin artırılması ve korunması önemlidir.

Genel olarak yenilikçi ve iklim değişikliğine uyum sağlayacak yapıların test edilmesi, yenileme ve dönüşüm projelerinin işbirlikçi ve katılımcı biçimde oluşturulması tavsiye edilmektedir. Bu kapsamda akıllı şehir, sürdürülebilir enerji ve iklim eylem planlarının (SECAP) hayata geçirilmesi önerilebilir. Geçmişte sanayileşme ve motorlu araçlara göre şekillenen kentlerin en ekonomik ve kendine özgü yöntemlerle kentsel ısı adası etkisiyle ilgili çalışmalar yapması önemlidir.

Teşekkür

Çalışmamızda emeği geçen dergi kuruluna ve tüm hakemlere teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy*, 70(3), 295-310.
- Aksu, V., & Ulu, F. (2004). *Kentsel mekanlarda açık ve yeşil alanların önemi ve Trabzon kenti ölçeğinde değerlendirilmesi* (DKOA Yayın No: 21). Trabzon: Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü.
- Almeida C. Rd., Teodoro A. C., & Gonçaves A. (2021). Study of the Urban Heat Island (UHI) using remote sensing data/techniques: A systematic review. *Environments*, 8(10), 105. doi: 10.3390/environments8100105.
- Avdan, U., & Jovanovska G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of Sensors*, 2016, 1480307. doi: 10.1155/2016/1480307.
- Barsi, J. A., Schott, J. R., Hook, S. J., Raqueno, N. G., Markham, B. L., & Radocinski, R. G. (2014). Landsat 8 thermal infrared sensor (TIRS) vicarious radiometric calibration. *Remote Sensing*, 6(11), 11607-11626.
- Bektaş Balçık, F., (2014). Determining the impact of urban components on land surface temperature of Istanbul by using remote sensing indices. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, 859-872.
- Carnahan, W. H., & Larson, R. C. (1990). An analysis of an urban heat sink. *Remote Sensing of Environment*, 33(1), 65-71.
- Chander, G., & Markham, B. (2003). Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11), 2674-2677.
- Coll, C., Galve, J. M., Sánchez, J. M., & Caselles, V. (2010). Validation of Landsat-7/ETM+ thermal band calibration and atmospheric correction with ground-based measurements. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(1), 547-555.
- Copernicus. (2012, Ocak 27). *Urban atlas supplement I*. Retrieved from <https://acp.copernicus.org/preprints/acp-2019-127/acp-2019-127-supplement.pdf>.
- Copernicus. (2022, Kasım 15). *CORINE land cover*. Retrieved from <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>.
- Costanzo, V., Evola, G., & Marletta, L. (2016). Energy savings in buildings or UHI mitigation? Comparison between green roofs and cool roofs. *Energy and Buildings*, 114(2016), 247-255.
- Çiçek, İ., & Doğan, U. (2005). Ankara'da şehir ısı adasının incelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3(1), 57-72.
- ÇŞİDB. (2019, Aralık 24). *Urban atlas*. Retrieved from http://ecbsservis.csb.gov.tr/arcgis/rest/services/YAYIN/urbanatlas_ondokuz/MapServer.
- Dihkan, M., Karsli, F., Guneroglu, N., & Guneroglu, A. (2018). Evaluation of urban heat island effect in Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 11, 186. doi: 10.1007/s12517-018-3533-3.
- Ekinci Yelen, K. (2019, Kasım 28). *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı CBS Genel Müdürlüğü kentsel alanlarda arazi kullanım haritası*. Retrieved from <https://www.basarsoft.com.tr/download/konferans2019/kubra-ekinci-konferans-2019-sunum.pdf>.
- ESRI. (2022, Aralık 12). *Environmental Systems Research Institute*. Retrieved from <https://www.esri.com/en-us/home>.
- Fahmy, M. El-Hady, H., Mahdy, M., & Abdelalim, M. F. (2017). On the green adaptation of urban developments in Egypt; predicting community future energy efficiency using coupled outdoor-indoor simulations. *Energy and Buildings*, 153(2017), 241-261.
- Giannini, M.B., Belfiore, O.R., Parente, C., & Santamaria, R. (2015). Land surface temperature from landsat 5 TM images: comparison of different methods using airborne thermal data. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 8(3), 83-90.

- Good, E. J. (2016). An in situ-based analysis of the relationship between land surface “skin” and screen-level air temperatures. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121(15), 8801-8819.
- GEE. (2022, Ekim 16). *Google Earth Engine*. Retrieved from <https://earthengine.google.com/timelapse/>
- Güzel, A. (2020). Şanlıurfa ili doğal coğrafya özellikleri. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(71), 195-215.
- IPCC. (2022, Şubat 27). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Retrieved from https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf
- Kaçmaz, G., & Gürbüz, E. (2022). Arazi örtüsü değişiminin arazi yüzey sıcaklığına etkisinin uzaktan algılama ve CBS entegrasyonu ile belirlenmesi: Aksaray ili örneği. *Harita Dergisi*, 88(167), 38-54.
- Karadoğan, S., & Kavak, M. T. (2017). Diyarbakır havzasında iklim üzerinde etkili olan yer şekilleri ve litolojik faktörlerin MODIS uydu görüntüsü verileri ile incelenmesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 60(4), 557-568.
- Kırkık Aydemir, K. P., Kazancı Altınok, G., & Ünsal, Ö. (2022). Determining UHI effect by remote sensing method in Bolu city centre, Turkey. *International Journal of Architecture and Planning*, 10(2), 735-758.
- Kuşak, L., & Küçükali, U. F. (2020, November). Evaluation of the change of Istanbul Anatolian Side land surface temperature values with CORINE data. In *1st Intercontinental Geoinformation Days, 2020. Proceedings*. (pp. 64-67).
- Mercan, Ç. (2020). Yer yüzey sıcaklığının termal uzaktan algılama görüntüleri ile araştırılması: Muş ili örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2), 42-49.
- MGM. (2022). *Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin illerinin sıcaklık ve yağış verileri*. Retrieved from <https://mevbis.mgm.gov.tr/mevbis/ui/index.html#/Workspace>.
- Li, D., Liao, W., Rigden, A. J., Liu, X., Wang, D., Malyshev, S., & Shevliakova, E. (2019). Urban heat island: Aerodynamics or imperviousness?. *Science Advances*, 5(4). Eaaau4299. doi: 10.1126/sciadv.aau4299.
- Oğuz, H. (2015). ASTER uydu görüntüsünden yer yüzey sıcaklığını hesaplayan bir yazılım aracı geliştirilmesi. *Journal of Agricultural Sciences*, 21(4), 471-482.
- OSM. (2022, Ekim 12). *Open Street Map*. Retrieved from <https://www.openstreetmap.org/#map=14/37.8972/41.1272>
- Orhan, O., Ekercin, S., & Dadaşer Çelik, F. (2014). Use of Landsat land surface temperature and vegetation indices for monitoring drought in the Salt Lake Basin Area, Turkey. *The Scientific World Journal*, 2014, 142939. doi: 10.1155/2014/142939.
- Orhan, O. & Yakar, M. (2016). Investigating land surface temperature changes using Landsat data in Konya, Turkey. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI-B8, 285–289.
- Özmekik İ. M., Ersoy Tonyaloğlu E., & Göktuğ T.H. (2022). Kent atlası verilerinden kentsel saçaklanmanın belirlenmesi: Samsun ili örneği. *Turkish Journal of Landscape Research*, 5(2), 102-111.
- Peng, S., Piao, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Ottle C., Bréon, F. M., Nan, H., Zhou, L., & Myneni, R. B. (2012). Surface urban heat island across 419 global big cities. *Environmental Science & Technology*, 46(2), 696-703.
- Polat, N. (2020). Mardin ilinde uzun yıllar yer yüzey sıcaklığı değişiminin incelenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(1), 10-15.
- Rosenfeld, A. H., Akbari, H., Bretz, S., Fishman, B. L., Kurn, D. M., Sailor, D., & Taha, H. (1995). Mitigation of urban heat islands: materials, utility programs, updates. *Energy and Buildings*, 22(3), 255-265.
- Schwaab, J., Meier, R., Mussetti, G., Seneviratne, S., Bürgi, C., & Davin, E. L. (2021). The role of urban trees in reducing land surface temperatures in European cities. *Nature Communications*, 12(1), 6763. doi: 10.1038/s41467-021-26768-w.
- Shao, H., & Kim, G. (2022). A Comprehensive Review of Different Types of Green Infrastructure to Mitigate Urban Heat Islands: Progress, Functions, and Benefits. *Land*, 11(10), 1792. doi: 10.3390/land11101792.
- Sharma, A., Conry, P., Fernando, H. J. S., Hamlet, A. F., Hellman, J. J., & Chen, F. (2016). Green and cool roofs to mitigate urban heat island effects in the Chicago metropolitan area: evaluation with a regional climate model. *Environmental Research Letters*, 11(6), 064004. doi: 10.1088/1748-9326/11/6/064004.
- 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.
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., Guillem, Sòria, M., Luis Guanter, R., Moreno J., Plaza, A., & Martínez, P. (2008). Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46(2), 316-327.
- Soydan, O. (2020). Effects of landscape composition and patterns on land surface temperature: Urban heat island case study for Nigde, Turkey. *Urban Climate*, 34, 100688. doi: 10.1016/j.uclim.2020.100688
- TOB. (2023, Nisan 8). *CORINE projesi*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Retrieved from <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/araziortususuniflari.html>.
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127-150.
- Uğur, A., & Aliğaçoğlu, A. (2019). *Şehir coğrafyası*. İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık.

- USGS. (2021, Aralık 9). *United states geological survey using the USGS Landsat level-1 data product*. Retrieved from <https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product>.
- USGS. (2022, Ekim 12). *Earth explorer*. Retrieved from <https://earthexplorer.usgs.gov>.
- Uysal, M., & Polat, N. (2015). An Investigation of the relationship between land surface temperatures and biophysical indices retrieved from Landsat TM in Afyonkarahisar (Turkey). *Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette*, 22(1), 177-182.
- Ünal Çilek, M., & Çilek, A. (2021). Analyses of land surface temperature (LST) variability among local climate zones (LCZs) comparing Landsat-8 and ENVI-met model data. *Sustainable Cities and Society*, 69, 102877. doi: 10.1016/j.scs.2021.102877.
- Ünal Çilek, M. (2022). Kentsel yüzey ısı adalarının belirlenmesinde yer yüzey sıcaklık verilerinin kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 33, 213-222. doi: 10.31590/ejosat.1039572.
- Wang, X., Dallimer, M., Scott, C. E., Shi, W., & Gao, J. (2021). Tree species richness and diversity predicts the magnitude of urban heat island mitigation effects of greenspaces. *Science of The Total Environment*, 770, 145211. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.145211.
- World Bank Group. (2022, Ekim 18). *Türkiye country climate and development report*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10986/37521>.
- Yıldırım, M. (2020). Shading in the outdoor environments of climate-friendly hot and dry historical streets: The passageways of Sanliurfa, Turkey. *Environmental Impact Assessment Review*, 80(2020), 106318. doi: 10.1016/j.eiar.2019.106318.
- Yücel, T. (1987). *Türkiye coğrafyası*. Ankara: Türk Kültürünü Araştırma Enstitüsü.