

# FOOTPRINTS OF THE NATURE IN CITIES; URBAN HEAT ISLAND EFFECTS AND THE ROLE OF AFFORESTATION EFFORTS IN REDUCTION OF THESE EFFECTS

Aynur GÜNEŞ YILMAZ - Onur BEYAZOĞLU  
Bayram HOPUR - Emre YAVUZ

Çevre ve Şehircilik Uzmanı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı  
Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü

Mail: aynurgunes.yilmaz@csb.gov.tr

 ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5744-9480>

Orman Yüksek Mühendisi, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı  
Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü

Mail: onur.beyazoglu@csb.gov.tr

 ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6467-0782>

Çevre ve Şehircilik Uzmanı, Orman Yüksek Mühendisi, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı  
Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü

Mail: bayram.hopur@csb.gov.tr

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7443-8051>

Daire Başkanı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı  
Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü

Mail: emre.yavuz@csb.gov.tr

 ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5992-1423>

## ABSTRACT

More than half of the world population, rapidly increasing, live in cities. According to the projections of the United Nations, the population living in cities will continue to increase in the future.

Regions where urbanization is intense have been effected intensely from global warming and climate change. Especially due to dense construction, change in urban morphology, decrease in green areas, increase in impermeable surfaces, effects of urban heat islands have been increased. The negative effects of urban heat islands on the environment and human health can lead to serious problems such as air pollution, increased energy consumption, water pollution, increased health problems and ecosystem imbalances. Therefore, it is of great importance to reduce urban heat islands and control their negative effects.

Urban Heat Island is one of the best-known forms of local anthropogenic climate change and is briefly defined as the temperature in the city being simultaneously higher than the surrounding rural area. Increases energy consumption as a result of the use of air conditioners, coolers, ventilation, etc., are effects negatively both natural resources and public health. This also causes economic costs. One of the best solutions for this problem is afforestation activities carried out in the urban environment. Trees have a strategic importance in reducing the Urban Heat Island effect with their benefits such as shading, cooling by evaporation and improving air quality.

In this study; formations and effects of urban heat islands and importance of afforestation studies, which are the most effective, natural and sustainable solutions in reducing the heat island effect, will be emphasized.

**Keywords:** Urban Heat Island, Afforestation, Climate Change

Makale Atıf Bilgisi: Yılmaz, A. G. – Beyazoğlu, O. – Hopur, B. – Yavuz, E. (2024). "Doğanın Şehirdeki Ayak İzleri: Kentsel Isı Adası Etkileri ve Bu Etkilerin Azaltılmasında Ağaçlandırma Çalışmalarının Rolü". *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, Yıl: 3, Çölleşme, Erozyon ve İklim Değişikliği Özel Sayısı, s. (241-257)

Makale Türü: Derleme  
Geliş Tarihi: 07.10.2024  
Kabul Tarihi: 03.11.2024  
Yayın Tarihi: 08.11.2024  
Yayın Sezonu: Kasım 2024

# DOĞANIN ŞEHİRDEKİ AYAK İZLERİ; KENTSEL ISI ADASI ETKİLERİ VE BU ETKİLERİN AZALTILMASINDA AĞAÇLANDIRMA ÇALIŞMALARININ ROLÜ

Aynur GÜNEŞ YILMAZ - Onur BEYAZOĞLU  
Bayram HOPUR - Emre YAVUZ

## ÖZ

Hızla artan dünya nüfusunun yarısından fazlası Şehirlerde yaşamaktadır. Birleşmiş Milletler'in projeksiyonlarına göre kentlerde yaşayan nüfus oranı gelecek dönemlerde artmaya devam edecektir.

Küresel ısınma ve iklim değişikliği, özellikle Şehirleşmenin yoğun olduğu bölgelerde çevresel ve mikroklimatik etkileri daha fazla hissettirmektedir. Özellikle yoğun yapılaşmaya bağlı olarak, kentsel morfolojinin değişmesi, yeşil alanların azalarak geçirimsiz yüzeylerin artması kentsel ısı adası oluşumunu artırmaktadır. Kentsel ısı adalarının çevresel ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri, hava kirliliği, artan enerji tüketimi, su kirliliği, artan sağlığ sorunları ve ekosistem dengesizlikleri gibi konularda ciddi sorunlara yol açaabilir. Bu nedenle, kentsel ısı adalarının azaltılması ve etkilerinin kontrol altına alınması büyük önem taŐımaktadır.

Kentsel Isı Adası, yerel antropojenik iklim değişikliğinin en iyi bilinen formlarından biridir ve kısaca kent içindeki sıcaklığın eşzamanda, çevresindeki kırsal alandan daha yüksek olması olarak tanımlanmaktadır. Bu durum klima vb. soğutucuların, havalandırmaların kullanılması neticesinde enerji tüketimini artırarak hem doğal kaynaklara hem de halk sağlığına zarar vermektedir. Aynı zamanda ekonomik maliyetlere neden olmaktadır. Bu soruna çözümler arayışında karşımıza çıkan çözümlerden bir tanesi de kentsel çevrede gerçekteŐtirilen ağaçlandırma faaliyetleridir. AĞaçlar, gölgeleme, buharlaşma yoluyla soğutma ve hava kalitesini artırma gibi faydalarıyla Kentsel Isı Adası Etkisini azaltmada stratejik bir öneme sahiptir.

ÇalıŐmada, kentsel ısı adaları, oluŐum nedenleri ve ısı adası etkisini azaltmada en etkili, doğal ve sürdürülebilir çözümlerden olan ağaçlandırma çalışmalarının önemine dikkat çekilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Kentsel Isı Adası, AĞaçlandırma, İklım Değişikliği

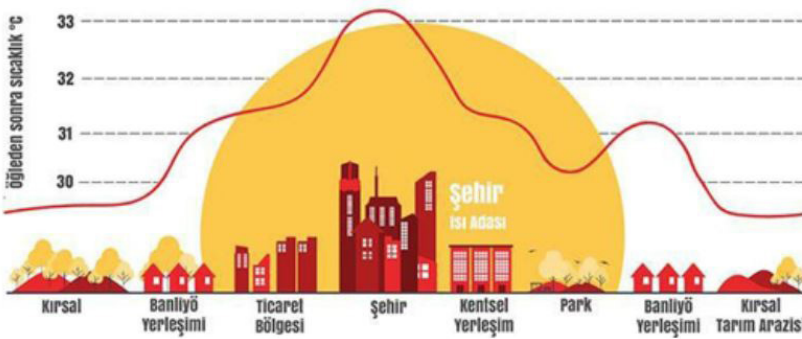
## 1. Giriş

Dünya Nüfus Durumu Raporu 2023 verilerine göre 8 milyarı bulan dünya nüfusunun yaklaşık olarak yüzde 56'sı şehirlerde yaşamaktadır. Bu oran, Birleşmiş Milletler 'in projeksiyonlarına göre hızla artmaya devam edecek ve 2050 yılına kadar dünya nüfusunun yaklaşık %68'inin şehirlerde yaşayacağı öngörülmektedir (UNFPA, 2023).

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden biri olan "Sürdürülebilir Şehir ve Topluluklar Hedefi"nde kentleşmeyi katılımcı, bütünleşik, sürdürülebilir yerleşim planlaması ve yönetimi doğrultusunda ele alarak iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında şehirlerdeki yeşil alanlara erişimin artırılması hususuna dikkat çekmektedir.

Küresel ısınma ve iklim değişikliği, özellikle şehirleşmenin yoğun olduğu bölgelerde çevresel ve mikroklimatik etkileri daha fazla hissettirmektedir. Özellikle yoğun yapılaşmaya bağlı olarak, kentsel morfolojinin değişmesi, yeşil alanların azalarak geçirimsiz yüzeylerin artması kentsel ısı adası oluşumunu artırmaktadır.

Kentsel Isı Adası, yerel antropojenik iklim değişikliğinin en iyi bilinen formlarından biridir ve kısaca kent içindeki sıcaklığın eşzamanda, çevresindeki kırsal alandan daha yüksek olması olarak tanımlanmaktadır (Yüksel ve Yılmaz, 2008). KIA nedeniyle şehir merkezlerinin çevresindeki kırsal alanlara göre daha sıcak olması durumu ortaya çıkmaktadır. Bu durum klima vb. soğutucuların, havalandırmaların kullanılması neticesinde enerji tüketimini artırarak hem ekonomik maliyetlere hem de halk sağlığına zarar vermektedir. Bu soruna çözüm arayışında karşımıza çıkan çözümlerden bir tanesi de kentsel çevrede gerçekleştirilen ağaçlandırma faaliyetleridir. Ağaçlar, gölgeleme, buharlaşma yoluyla soğutma ve hava kalitesini artırma gibi faydalarıyla Kentsel Isı Adası etkisini azaltmada stratejik bir öneme sahiptir (Şekil 1).



Şekil 1. Arazi kullanımı – Sıcaklık değişimi ilişkisi (Civelek, 2024)

Şehirleşmenin artmasıyla birlikte, sayıca artan binalar, asfalt yollar ve diğer mühendislik yapıları, doğal alanlardan daha fazla ısıyı tutar. Bu durum, şehirlerdeki sıcaklık farklarının oluşmasına yol açar (Akbari vd., 2001). G Kentsel Isı Adası oluşumunda yoğun kentleşme nedeniyle arazinin yüzey enerji dengesinin değişmesi ve kentleşen bölgede yer yüzeyinin daha fazla ısı enerjisi tutması durumu da (Şekil1,2) gözlemlenmektedir (Duran, 2018).



Şekil 2. Kentsel Isı Adası Simülasyonu (Yazar tarafından üretilmiştir).

Bu çalışma ile Kentsel Isı Adası olgusu irdelenmiş, örnek oluşturması açısından Konya ili özelinde, "Google Earth Engine" uygulaması kullanılarak KIA oluşumu grafiklerle ortaya konulmuş, KIA'nın bazı olumsuz etkilerine değinilmiş ve KIA'nın olumsuz etkilerinin azaltılması yöntemlerinden biri olan ağaçlandırma çalışmaları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca, kentsel ısı adalarının olumsuz etkilerinden yaşam üzerinde daha stratejik önem ve etkiye sahip olan halk sağlığı ve su kaynakları üzerindeki etkiler ele alınmıştır.

## 2. Kentsel Isı Adası Oluşumu, Sebepleri ve Etkileri

Kentsel ısı adalarını atmosferik ısı adaları ve yüzeysel ısı adaları olmak üzere iki grupta değerlendirmek mümkündür. Atmosferik ısı adaları, kentsel alanların çevresindeki doğal alanlara göre daha yüksek hava sıcaklıklarına sahip olması durumunu ifade eder. Bu durum özellikle yaz aylarında, şehirlerin çevresine göre daha fazla ısınmasıyla kendini gösterir. Şehirlerdeki yapılaşma ve insan aktiviteleri, hava sıcaklıklarını artıran önemli faktörlerdir. Kentsel alanlarda, bitki örtüsünün azalması ve insan aktivitelerinin artması, hava sıcaklıklarının yükselmesine neden olmaktadır (Yılmaz vd., 2019).

Atmosferik Isı Adası'nın incelenmesinde meteoroloji istasyonlarından veya mobil ölçüm cihazlarından elde edilen hava sıcaklığı verileri kullanılabilir. Atmosferik ısı adasının oluşumunda yoğun yapılaşma, hava akımı engelleri ve sanayi ve trafik emisyonları etkilidir. Yoğun yapılaşma, beton, asfalt gibi malzemeler güneş ışığını emerek ısıyı tutmaktadır (Tamer, 2020). Hava akımı engelleri oluşturan yüksek binalar, rüzgâr akımlarını engelleyerek sıcak havanın birikmesine yol açmaktadır (Karakaya ve Kızılkaya, 2020). Sanayi ve araçlardan kaynaklanan emisyonlar sıcaklıkları artırarak KIA etkisini güçlendirmektedir (Öztürk vd., 2021).

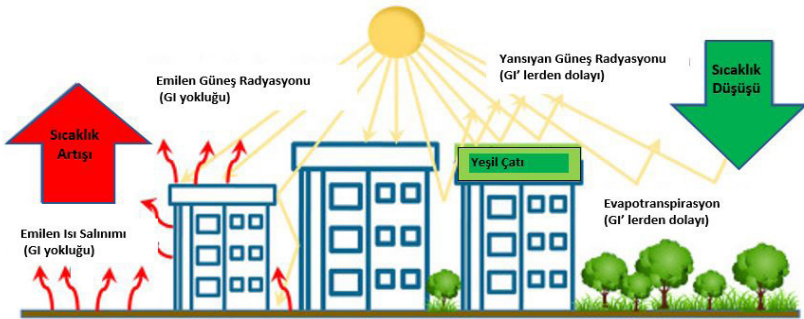
Yüzeysel ısı adaları; belirli bir alandaki yüzey sıcaklıklarının çevresine göre daha yüksek olduğu durumu ifade eder. Şehirlerin yüzeylerinde, doğal yüzeylere göre ısıyı daha fazla tutan malzemelerin bulunması nedeniyle ortaya çıkarlar (Duran, 2018).

Yüzeysel ısı adasının oluşumunu etkileyen başlıca faktörler aşağıda sıralanmıştır:

- Malzeme özellikleri: Asfalt ve beton gibi yapılar, güneş ışığını daha fazla absorbe edip depolar. (Yazıcı ve Akbıyık, 2020).
- Yeşil alan miktarındaki azalma: Şehirleşme ile birlikte yeşil alanların azalması, güneş ışığını absorbe ederek dağıtan bitki örtüsü kaybı yüzey sıcaklıklarını artırır. (Kurtuluş ve Arkadaşları, 2017).
- Şehir planlaması: Kentleşme, doğal yüzeylerin yok olmasına neden olur ve ısıyı daha fazla tutan yüzeylerin yaygınlaşmasına yol açar. (Çetinkaya, 2019).

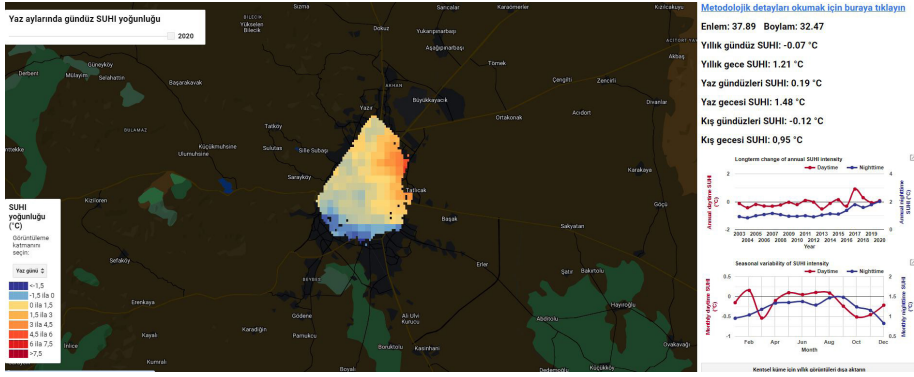
Yüzeysel Isı Adası ise Atmosferik Isı Adasından farklı olarak sadece hava sıcaklığındaki artışı değil, aynı zamanda yüzey sıcaklığındaki artışı da ifade eder. Hem hava hem de yüzey sıcaklığındaki artış olmak üzere iki değişkene odaklanır ve uzaktan algılama yöntemleriyle incelenir (Tamer, 2020).

Artan bina yoğunluğu, rüzgâr yönüne bağlı olarak azalan hava sirkülasyonuna neden olan sokak kanyonu düzenleri ve daha az yeşil bitki örtüsü, buharlaşma-terleme sürecini engeller ve böylece atmosferin ısınmasına ve hava sıcaklığının artmasına katkıda bulunur (Tiwari vd., 2021 (Şekil 3).

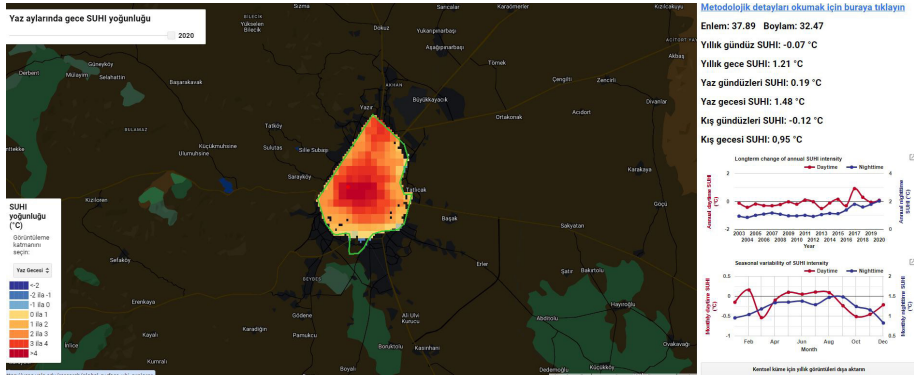


Şekil 3. Yeşil Altyapı Senaryolarının Kentsel Isı Adası Oluşumu Üzerine Etkisi  
(Tiwari vd., 2021)

Kentsel Isı Adasının yüzeysel sıcaklık verilerine dayanarak uzaktan algılama yöntemleri ile haritalandığı Konya iline ait aşağıdaki örnekler (Şekil 4-5) incelendiğinde; gün içerisinde güneş ışınlarının bina malzemeleri, kiremit çatılar, asfalt ve kaldırımdan oluşan yollar tarafından daha fazla absorbe edildiğini ve ortamın sıcaklık değerlerini arttırdığını, gece olduğunda ise, emilen ısının ortama yayılmaya başlayarak gece ile gündüz arasında sıcaklık farkları oluşturduğunu gözlemlemek mümkündür. Bununla birlikte, yağış suları geçirimsiz kent yüzeylerinde hızla drene olur ve böylelikle toplam buharlaşmayı ("evapotranspirasyon") azaltır. Bunun sonucunda, evapotranspirasyon azaldığından dolayı ısı kaybı kısıtlanmış olur ve ısı döngüsünü azalttığı için kentlerdeki hava sıcaklığını arttıran bir etken hâline gelir.



Şekil 4. Konya ilinde uzaktan algılama yöntemleriyle elde edilen yaz gündüzü yüzey sıcaklık haritası (EEA, 2024)



Şekil 5. Konya ilinde uzaktan algılama yöntemleriyle elde edilen yaz gecesi yüzey sıcaklık haritası (EEA, 2024)

Bir diğer önemli faktör ise, atmosfere yoğun karbon salımıdır. Bacalardan, araba egzozlarından vb. yayılan karbon gazları sadece küresel düzeyde değil yerel düzeyde de sıcaklığı arttıran ciddi bir unsurdur. Üstelik, yüksek ve yoğun yapılaşmaların olduğu kentlerde doğal hava koridorları engellenmekte ve kirleticilerin dağılmasını olanaksız hale getirmektedir.

Kentsel Isı Adası etkisinin önemi, birçok çevresel, ekonomik ve sosyal faktör üzerinde olumsuz etkisinin söz konusu olmasından kaynaklanmaktadır. Bu etkilerin başlıcaları aşağıda sıralanmıştır;

- **Enerji tüketiminde artış:** Kentsel Isı Adası, özellikle yaz aylarında klimaların kullanımını artırarak enerji tüketimini yükseltir (Bowler vd., 2010).
- **Halk sağlığı üzerindeki olumsuz etkiler:** Yüksek sıcaklıklar, kalp krizi, solunum yolu hastalıkları, kronik hastalıklar ve diğer sağlık sorunlarını tetikleyebilir (Pataki vd., 2011).
- **Çevresel etkiler:** Kentsel Isı Adaları, su kaynakları ve ekosistemler üzerinde baskı oluşturur ve biyolojik çeşitliliği azaltır (Yadsıman, K., 2023).

Bu etkilerden halk üzerinde doğrudan etkiye sahip olan sağlık ve çevre ile ilgili etkiler aşağıda irdelenmiştir.

## 2.1. Kentsel Isı Adası Etkisinin Halk Sağlığı Üzerindeki Etkisi

Sıcaklığın bir yerleşim alanında değişimi, o alandaki arazi yüzeyindeki çeşitli varyasyonlardan anlaşılabilir. Kentsel ısı adası yoğunluğunun daha fazla hissedildiği yerler insanların genellikle yoğun olarak yaşadıkları merkezi konumlu yerler, sanayi yoğun alanlar vb. bölgeler olarak ortaya çıkmaktadır. Betonarme yapılar, asfalt yüzeyler, ağaç yoğunluğunun az olması ve insan kaynaklı faaliyetlerin meydana getirdiği enerji yoğunluğu nedeniyle ortaya çıkan bir olgu olan Kentsel Isı Adası halk sağlığı üzerindeki etkileri oldukça ciddi ve çeşitli şekillerde ortaya çıkabilir (Yadsıman, 2023).

İnsan kaynaklı iklim değişikliğine bağlı meydana gelen ortalama sıcaklıklardaki artışı, bölgesel ve zamansal sıcaklık dengelerinin değişime uğramasına, mevsimler arasındaki sıcaklık farklarının artmasına ve belirli bir alanda aşırı sıcak iklim şartları oluşumuna, başka bir bölgede soğuk ve yağışlı iklim koşullarının meydana gelmesine neden olmaktadır. Böylelikle hem sıcak hem de soğuk değerler arasında büyük farklılıklar ortaya çıkmaktadır. İklim koşullarında meydana gelen bu tür değişimler ise insan sağlığı üzerinde doğrudan etkilidir (Yadsıman, 2023).

Aşırı sıcakların sağlığa doğrudan etkileri ve sebep olduğu muhtemel hastalıklar aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Tablo 1).



Tablo 1: Aşırı sıcakların sağlığa doğrudan etkileri ve sebep olduğu muhtemel hastalıklar

Sıcaklık Kaynaklı Sağlık Sorunları	<b>Sıcak Stresi:</b> KIA, yaz aylarında aşırı sıcaklık artışlarına neden olabilir. Bu durum, özellikle yaşlılar, çocuklar ve kronik hastalığı olan bireyler için sıcak stresi, bayılma, dehidrasyon gibi sağlık sorunlarına yol açabilir. <b>Sıcak Çarpması:</b> Yüksek sıcaklıklar, vücudun kendini soğutma mekanizmalarını aşarak sıcak çarpmasına neden olabilir. Sıcak çarpması tedavi edilmezse ölümcül olabilir (Luber & McGeehin, 2008).
Solunum Yolu Hastalıkları	<b>Hava Kirliliği:</b> KIA etkisi, şehirlerde hava kirliliğini artırabilir. Sıcaklık yükseldikçe, ozon ve diğer zararlı gazların oluşumu artar. Bu da astım, bronşit ve diğer solunum yolu hastalıklarını tetikleyebilir. <b>Partikül Madde Kirliliği:</b> Daha sıcak şehir atmosferi, havadaki partikül maddelerin (PM2.5 ve PM10) konsantrasyonunu artırarak, solunum ve kardiyovasküler hastalık riskini yükseltebilir (Bell vd., 2004).
Kardiyovasküler Hastalıklar	KIA'nın neden olduğu yüksek sıcaklıklar, kalp krizi ve felç gibi kardiyovasküler olayların riskini artırır. Aşırı sıcaklar, kalp üzerinde ekstra stres yaratır ve bu da özellikle yaşlılar ve kalp hastalığı olan bireyler için tehlikelidir (Basu & Samet, 2002).
Bulaşıcı Hastalıkların Yayılması	Yüksek sıcaklıklar, vektör kaynaklı hastalıkların yayılmasını teşvik edebilir. Özellikle sivrisinekler, sıcak iklimlerde daha fazla çoğalır ve bu da sıtma, Zika virüsü ve dengue gibi hastalıkların yayılma riskini artırır. KIA'nın yüksek sıcaklıkları, bu hastalıkların daha yaygın hale gelmesine neden olabilir (Hopp & Foley, 2001).
Uyku Bozuklukları ve Psikolojik Etkiler	Yüksek gece sıcaklıkları, insanların yeterince serinlemelerini zorlaştırarak uyku kalitesini olumsuz etkileyebilir. Kalitesiz uyku, hem fiziksel hem de zihinsel sağlık üzerinde olumsuz sonuçlar doğurur. <b>Psikolojik Stres ve Depresyon:</b> Aşırı sıcaklıklar, anksiyete, depresyon ve diğer ruh sağlığı sorunlarını artırabilir. Özellikle uzun süreli sıcak hava dalgaları sırasında psikolojik stres seviyesi önemli ölçüde yükselebilir (Smolander, 2002).
Sağlık Eşitsizlikleri	KIA etkisi, genellikle düşük gelirli toplulukları daha fazla etkiler. Çünkü bu bölgelerde daha az yeşil alan, daha fazla beton yapı ve enerji verimliliği düşük konutlar bulunur. Bu da bu toplulukların aşırı sıcaklardan daha fazla etkilenmelerine yol açar (Reid vd., 2009).

Kentsel Isı Adası etkisi halk sağlığı üzerinde kalıcı ve geniş kapsamlı etkiler yaratabilir. Bu nedenle, şehir planlaması ve mimari düzenlemelerle KIA etkisinin azaltılması, sağlıklı kent yaşamı için kritik önemdedir. KIA'nın neden olduğu çevresel ve sağlık üzerindeki olumsuz etkilerin hafifletilmesine yönelik yaklaşımlar, yalnızca şehir sakinlerinin yaşam kalitesini yükseltmekle kalmaz, aynı zamanda iklim değişikliğinin etkilerine karşı da dirençli kentlerin oluşumunu destekler.

## 2.2. Kentsel Isı Adasının Su Kaynaklarına Etkisi

Isı adasının olduğu bölgelerdeki sıcaklık farklılıkları, iklimden kaynaklı oluşan küresel ısınmadan dolayı daha da artma eğilimindedir.

Isı adasının oluştuğu bölgelerdeki sıcaklık farklılıkları, iklimden kaynaklı oluşan küresel ısınmadan dolayı daha da artma eğilimindedir. Giderek artan nüfus yoğunluğu, yerleşim alanlarındaki hızlı yapılaşma ve yeşil dokunun azalması ısı adalarının oluşumuna ve etkilerinin büyümesine yol açmaktadır. Nüfus oranındaki artış ve su kaynaklarının yanlış kullanımı ile tarımsal sulamadaki kaynakların verimsiz kullanımı nedeniyle hem kentlerde hem kırsal alanlarda suya duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır (TMMMO, 2023).

Yeraltı sularının seviyesindeki azalma neticesinde suyun gittikçe daha derinlerden elde edilmesi zorunda kalınmaktadır. Betonarme mimarideki artış eve asfalt malzemelerinden kullanım artışı ve yağmur suyu geçirimsiz malzeme kullanılması, teknik konularda kapasite eksikliği, çeşitli nedenlerle beton içeren özömlere olan yatkınlık, yağmur suyunun, minerallerin toprak ile buluşmasına engel olmakta ayrıca yeraltı sularının beslenememesine neden olmaktadır (TMMMO, 2023).

Küresel ısınmanın etkisi ile kentsel ısı adası etkisi de şiddetlenecek ve suya olan istek artacaktır. Suyun azalması, kuraklığa ve tarım ve hayvancılıkta sıkıntılar yaşanmasına ve bunun sonucunda gıdaya ulaşmada da zorlukları beraberinde getirecektir (Santamouris, 2015).

Yetişkin bir ağaç, topraktan bir günde 1.650 kg suyu transpo-evaporasyon (bitkinin su tüketimi ve buharlaşma ile yitirdiği su toplamı) yolu ile alır ve buharlaştırır. Böylece bulunduğu çevreyi 2-3 C soğutabilir, gölgeleme etkisi ile beton ve taş yüzeylerin serin kalmasını sağlar. Yeşil alanların azalması, enerji tüketiminin artması ve motorlu taşıtların yaydığı ısı, kentsel ısı adasını tetikleyen başlıca faktörlerdir (Santamouris, 2015). Bu bağlamda Kentsel Isı Adasının Su Kaynakları Üzerindeki Etkileri aşağıdaki tabloda sıralanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2: Kentsel Isı Adasının Su Kaynakları Üzerindeki Etkileri

Artan Su Tüketimi	Kentsel ısı adasının sıcaklıkları yükseltmesiyle birlikte suya olan talep artar. Özellikle sıcaklıkların aşırı derecede arttığı yaz aylarında soğutma sistemlerinin kullanımı, peyzaj sulaması ve kişisel su tüketimi artış gösterir. Bu durum, yerel su kaynakları üzerindeki baskıyı artırır (Oke, 1982). Kurak bölgelerde bu etki, su kaynaklarının daha hızlı tükenmesine neden olabilir.
Yağış ve Su Döngüsü	Kentsel ısı adası, yerel iklimin özelliklerini değiştirerek yağış modellerini etkileyebilir. Artan sıcaklıklar, buharlaşmayı hızlandırarak su döngüsünde bozulmalara yol açar. Ayrıca kentsel bölgelerde daha yoğun yağışlara sebep olabilir. Yoğun yağışlar, ani sel olaylarına yol açabilir ve şehir altyapısının zarar görmesine neden olabilir (Grimmond, 2007). Bu süreç, su kaynaklarının sağlıklı şekilde yönetilmesini zorlaştırır.

Su Kalitesi Üzerinde Olumsuz Etkiler	Kentsel bölgelerdeki yüksek sıcaklıklar, yüzey sularının ısınmasına neden olabilir. Sıcak suyun oksijen tutma kapasitesi azaldığından, nehirler ve göller gibi yüzey su kaynaklarında ekosistem bozulmaları görülebilir. Yüksek sıcaklık aynı zamanda su kirliliğini artırarak suyun kalitesini olumsuz yönde etkiler (Kaushal vd, 2010). (24) Ayrıca sıcaklık artışı, su kaynaklarında alg patlamalarına yol açabilir.
Altyapı Üzerindeki Baskı	Kentsel ısı adasının etkisiyle birlikte artan sıcaklıklar, şehirlerdeki su dağıtım altyapısına ek yükler bindirir. Özellikle eski boru sistemleri, genişleme ve daralma nedeniyle zarar görebilir, bu da su sızıntılarına ve su kayıplarına yol açar (Rosenfeld vd., 1995). Ayrıca, yüksek sıcaklıkların suyun buharlaşma hızını artırmasıyla birlikte su rezervleri daha hızlı tükenebilir.

KIA, şehir içindeki sıcaklıkları artırarak buharlaşmayı hızlandırır, bu da yüzey sularında kuruma ve göl ile akarsu seviyelerinde düşüşe yol açabilir. Aynı zamanda artan sıcaklıklar, suyun doğal döngüsünü etkileyerek su sıcaklığını yükseltir ve su kalitesini düşürür. Su sıcaklığındaki artış, özellikle şehir içinde yer alan göletler ve nehirlerde oksijen seviyelerini azaltarak su ekosisteminde yaşayan bitki ve hayvan türlerinin yaşamını zorlaştırır. KIA etkisi, şehirlerde daha fazla su tüketimi ve klima gibi soğutma sistemlerine bağımlılık yaratarak su kaynaklarına olan talebi de artırır; bu durum, özellikle kurak dönemlerde şehirlerin su güvenliğini tehdit edebilir. Bu sebeplerle KIA'nın su kaynakları üzerindeki etkilerini yönetmek, sürdürülebilir bir su politikası ve kentlerin uzun vadeli su güvenliği açısından büyük için büyük önem taşır.

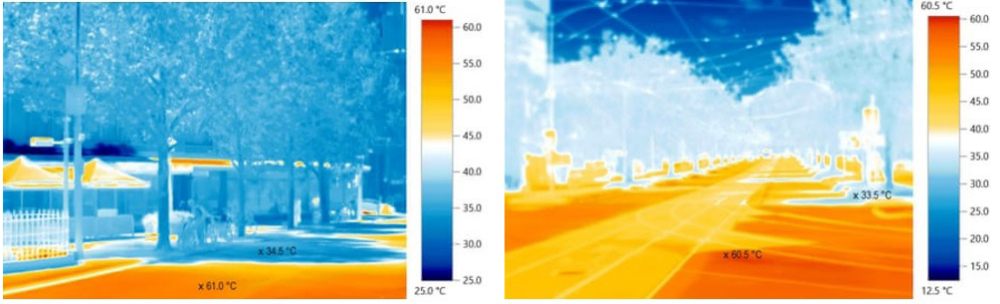
### 3. Kentsel Isı Adası Etkisini Azaltmada Ağaçlandırma Faaliyetlerinin Rolü

Kentsel ısı adalarının yarattığı olumsuz etkiler, şehirlerde artan sıcaklıklar, hava kalitesinde düşüş, enerji tüketiminde artış ve halk sağlığına yönelik tehditlerle kendini göstermektedir. Bu etkileri bertaraf etmenin en etkili ve sürdürülebilir çözüm yöntemlerinden biri de ağaçlandırma çalışmalarıdır. Ağaçlar, kentsel alanlarda gölge sağlayarak ve buharlaşma yoluyla sıcaklıkları düşürerek doğal bir soğutma sistemi işlevi görür. Ayrıca, havadaki karbonu tutma yetenekleri sayesinde sera gazlarını azaltarak iklim değişikliğine karşı mücadelede kritik bir rol oynarlar.

Ağaçlandırma çalışmalarının bu bağlamda sağladığı faydalar, yalnızca termal rahatlık ve enerji tasarrufu ile sınırlı kalmaz; aynı zamanda biyoçeşitliliği artırır, hava kirliliğini azaltır ve toplum sağlığını olumlu yönde etkiler. Özellikle

stratejik olarak güney ve batı cephelerine yerleştirilen ağaçlar, binaları aşırı güneş ışığından koruyarak enerji tüketimini optimize eder ve yaşam alanlarını daha konforlu hale getirir. Bu yüzden, kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasında ağaçlandırma hem doğayla uyumlu hem de uzun vadeli bir çözüm sunar. Bu noktada, ağaçlandırmanın çok yönlü etkilerine ve kentsel planlamada ne kadar önemli bir unsur olduğuna daha yakından bakmamız gerekir (Akınar ve Külekçi 2017).

Kentsel Isı Adası Etkisine çözüm üretebilmek amacıyla binalarda yeşil çatı, serin çatı, yeşil duvar uygulamaları, albedo etkisi yaratmaya yönelik yansıtıcı ve açık renkli yüzey malzemeleri kullanımıyla serin yollar, kent merkezlerinde ve kenti çevreleyen zonlarda park, bahçe ve yeşil kuşak ağaçlandırma alanlarının tesisi gibi de pek çok uygulama geliştirilmiştir. Ancak Ağaçlandırma, Kentsel Isı Adası etkisini azaltmada en etkili ve sürdürülebilir yöntemlerden biridir (Akınar ve Külekçi 2017). (Şekil 6).



Şekil 6: Melbourne'deki Queen Victoria Market'in karşısındaki Royal Parade ısı kamerasından bir görüntü. (The Guardian, 2017)

Araştırmalara göre, gölgeleme ile yüzey sıcaklıkları %20'ye kadar düşürülebilmektedir (Luber, G. ve McGeehin, M., 2008). Yapılan çalışmalar neticesinde meşcere kapalılık oranı %5 olduğunda alandaki soğutma etkisinin 0,5 °C, %30 olduğunda soğutma derecesinin 4 °C olduğu ve kapalılık oranının %50 olduğu durumda da soğutma etkisinin 6 °C'ye çıktığına dair bulgulara ulaşılmıştır (Yin, Y., vd, 2024).

KIA etkisini azaltmada etkili bir yöntem olan ağaçlandırmanın sağladığı başlıca faydalar aşağıda sıralanmıştır.

- Gölgeleme Sağlama: Bir araştırma ile şehir içi bir ağaçlandırma alanının çevre yer alan ağaçlandırma yapılmamış bir alana göre sıcaklık farkı karşılaştırılmış ve bunun sonucunda evopotranspirasyon ve gölgeleme etkisinin ortak sonucu olarak sıcaklıkların 9 °F (5 °C)'a kadar daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Akbari ve Davis, 2012).

- Evapotranspirasyon yoluyla doğal soğutma: Ağaçlar yaprakları aracılığıyla su buharlaştırarak çevredeki havayı soğutma etkisi oluşturur (Demirbaş, 2009). Yoğun ağaçlandırma ile sıcaklıkların 2-8 °C arasında düşmesi sağlanabilir (Matzarakis ve Endler, 2010).
- Hava kalitesini iyileştirme: Ağaçlar havadaki karbondioksiti emer ve hava kalitesini artırır (Dwyer vd. (1992). Ayrıca büyük bir ağaç yılda yaklaşık 22 kg karbondioksiti absorbe edebilir (Nowak vd., 2014)

Ancak sıcaklık düşüşü, ağaç türü, yoğunluğu, yerleşim şekli ve iklim koşulları gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Kentsel Isı Adası etkilerini azaltmaya yönelik çalışmalarda etkili sonuçlar alabilmek için ağaçlandırma uygulamalarında aşağıda sıralanan hususların dikkate alınması önemlidir:

- Ağaçlandırma yapılacak bölgenin iklimine uyum sağlamış yerel ağaç türlerinin seçilmesi (Yıldız ve Avdan 2023),
- Tek tür ile ağaçlandırma yerine çeşitli türlerin bir arada kullanılmasıyla elde edilecek karışık meşcerelerin tesisi, uygun dikim aralıklarının kullanılarak dikim yapılması ve bakım süreçlerinin planlanması (Üstündağ vd.,2023),
- Daha fazla gölge sağlama ve terleme yoluyla çevreyi soğutma kapasitelerinin yüksek olması sebebiyle hızlı büyüyen ve geniş yapraklı türlerin tercih edilmesi (Akpınar ve Külekçi 2017),
- Güneşin öğleden sonra batıya ve güneye dönmesiyle birlikte binaların bu cepheleri günün en sıcak saatlerinde en çok güneş ışığına maruz kalır. Bina yoğun alanlarda binaları doğal olarak gölgelemek ve yüzey sıcaklıklarını düşürmek için ağaçların öncelikli olarak bu cephelere yerleştirilmesi bu tür uygulamalarda dikkat edilmesi gereken hususlardandır (Akpınar ve Külekçi 2017).

Bu nedenle, şehir planlamasında diğer önleyici önlemlerin yanında mümkün olduğunca şehirlerin etrafında ve içinde yeşil kuşak ağaçlandırma faaliyetlerinin teşvik edilmesi, kentsel ısı adası oluşumunu engelleyeceği gibi mevcut etkiyi azaltma konusunda da büyük bir potansiyele sahiptir. Şehirlerin iklim değişikliğine uyum sürecinde sürdürülebilir ve yeşil altyapı çalışmalarının mavi altyapı çalışmaları ile entegre olarak planlanması kentsel ısı adası etkilerinin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Yüksel ve Hepcan 2023).

Ekolojik ve topografik olarak uygun şehir çevrelerindeki ağaçlandırma, rüzgâr bariyeri oluşturur ve evapotranspirasyonu artırarak şehir merkezlerinin ısı konforunu yükseltir (Gül ve Küçük, 2001). Alansal açıdan daha büyük ve geniş alanlarda ağaçlandırma yapıldığında uzun vadeli çözümler elde edilir ve geniş bir alanda iklim düzenlenir. Bu nedenle kentsel ısı adası etkisiyle mücadele etme amaçlı ağaçlandırma çalışmalarının şehir merkezinde ve

çevresindeki alanlarda eş zamanlı olarak yapılması, farklı meslek disiplinlerinin ortak önerileri ve planlamalarıyla merkezi yönetim yerel yönetim işbirliğiyle kurgulanması önerilmektedir.

## 4. Değerlendirme

Betonarme yapılar, nüfus ve trafik yoğunluğundaki artış vb. diğer nedenlerle kentsel alanlardaki iklim etkisi kırsal alanlara göre farklılık arz edebilmektedir. Bu farklılıklar arasında en öne çıkan faktör sıcaklık değişimidir. Kent içi ağaçlandırma ve diğer bitkilendirme çalışmaları sıcaklık değişiminden kaynaklı olumsuzlukların azaltılmasına katkı sağlar. Bu tür yeşil alanlar yüksek sıcaklıkları azaltıcı etkiye sahiptir. Yapılan bir araştırmaya göre şehir içi bir ağaçlandırma alanının çevresinde yer alan ağaçlandırma yapılmış bir alana göre sıcaklık farkı karşılaştırılmış ve bunun sonucunda evopotranspirasyon ve gölgeleme etkisinin ortak sonucu olarak sıcaklıkların 9 °F (5 °C)'a kadar daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Akbari ve Davis, 2012).

Kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasına yönelik ağaçlandırma projelerinin etkisinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi, saha çalışmalarıyla periyodik olarak toplanan nicel verilerin analiz edilmesini ve bu verilerin kullanıldığı simülasyon modellerinin geliştirilmesini gerektirir. Bu süreçlerin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü tarafından yürütülecek projeler ile de desteklenmesi planlanmaktadır. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü bu tür çalışmalar ile iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi ve şehirlerin iklim uyumlu hale getirilmesine katkı sunmayı hedeflemektedir.

Bu tarz çalışmaların yaygınlaştırılmasıyla 2030 yılı Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarından 11.'si olan "sürdürülebilir şehirler ve topluluklar" hedefine ulaşılmasında kentlerin karşılaştığı sorunlara doğa tabanlı, sürdürülebilir çözümler sunulmasına ve kentleşmenin çevresel etkilerinin azaltılmasına yönelik önemli adımlar atılmış olacaktır (UN, 2015).

## Kaynakça

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.

Akbari, H., & Davis, S. (2012). "Cooling our communities: A guidebook on tree planting and green roofs." U.S. Environmental Protection Agency.

Akpınar Külekçi, E. (2017) *Peyzaj Tasarım Çalışmalarında Kullanılan Yeşil Çatıların*

Sürdürülebilir Yapı Sistemleri Açısından Değerlendirilmesi/Green Roof Used in Landscape Design Studies Evaluation of Sustainable Construction Systems., XIII. Congress of Ecology and Environment with International Participation UKECEK 2017, Edirne, Türkiye, 12 - 15 Eylül, ss.72

Anyanwu, E.C., & Kanu, I. (2006). The role of urban forest in the protection of human environmental health in geographicallyprone unpredictable hostile weather conditions. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 3(2), 197-201.

Basu, R., & Samet, J. M. (2002). Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. *Epidemiologic Reviews*, 24(2), 190-202

Bell, M. L., et al. (2004). Ozone and short-term mortality in 95 US urban communities, 1987-2000. *JAMA*, 292(19), 2372-2378.

Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). "Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence." *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147-155.

Civelek, G., 2024. Kentsel Isı Adası. <https://www.cevremuhendisligi.org/index.php/79-haberler/yazar-gc/1549-kentsel-isi-adasi>

Çetinkaya, A. (2019). «Kentleşmenin İklim Üzerindeki Etkileri.» *Uluslararası Çevre Bilimleri Dergisi*, 11(4), 90-97.

Demirbaş, A. (2009). "Global warming and the role of green plants." *International Journal of Energy Research*, 33 (12), 1107-1120.

Duran, D. (2018). "Yüzeysel Isı Adası ve Enerji Tüketimi." *Mimarlık ve Çevre Bilimleri*, 6(2), 12-18.

EEA (Earth Engine Apps), 2024, <https://yceo.users.earthengine.app/view/uhimap>

Grimmond, C. S. B. (2007). Urbanization and global environmental change: Local effects of urban warming. *The Geographical Journal*, 173(1), 83-88.

Gül, A., & Küçük, V. (2001). Kentsel açık-yeşil alanlar ve ısparta kenti örneğinde irdelenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 2(1), 27-48. <https://doi.org/10.18182/tjf.23277>

Hopp, M. J., & Foley, J. A. (2001). "Global-scale relationships between climate and the dengue fever vector, *Aedes aegypti*." *Climatic Change*, 48(2-3), 441-463.

John F. Dwyer, E. et al., (1992). Assessing the benefits and costs of the Urban Forest, *Journal of Arboriculture* 18(5): 228

Karakaya, N., & Kızılkaya, E. (2020). "Kentsel Isı Adası Oluşumunun Analizi." *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 15(1), 1-10.

- Kaushal, S. S., Groffman, P. M., Likens, G. E., Belt, K. T., Stack, W. P., Kelly, V. R., ... & Fisher, G. T. (2010). Increased salinization of fresh water in the northeastern United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(48), 21796-21801
- Kurtuluş, M., & Arkadaşları. (2017). "Yeşil Alanların Kentsel Isı Adasına Etkisi." *Yeşil Şehirler Dergisi*, 3(2), 22-29.
- Luber, G., & McGeehin, M. (2008). Climate change and extreme heat events. *American Journal of Preventive Medicine*, 35(5), 429-435.
- Matzarakis, A., & Endler, C. (2010). "The role of urban green spaces in air quality improvement." *Environmental Pollution*, 158 (3), 719-727.
- Nowak, D. J. et al. (2014). "Tree and forest effects on air quality." *Journal of Arboriculture*, (40 (6), 147-155.
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.
- Öztürk, S., vd., (2021). "Kentsel Hava Kirliliği ve Isı Adası Etkisi." *Şehir ve Çevre Bilimleri Dergisi*, 12(3), 45-55.
- Pataki, D. E., et al. (2011). "Urban ecosystems and the North American carbon cycle." *Global Change Biology*, 17(2), 775-789.
- Reid, C.E., et al. (2009). Mapping community determinantsof heat vulnerability. *Environmental Health Perspectives*, 117 (11), 1730-1736.
- Rosenfeld, A. H., Akbari, H., Romm, J. J., & Pomerantz, M. (1995). Cool communities: Strategies for heat island mitigation and smog reduction. *Energy and Buildings*, 22(3), 255-265
- Santamouris, M. (2015). Analyzing the heat island magnitude and characteristics in one hundred Asian and Australian cities and regions. *Science of the Total Environment*, 512, 582-598
- Smolander, J. (2002). Effect of temperature on cardiorespiratory responses to physical activity. *Sports Medicine*, 32(10), 701-713
- Tamer, A. (2020). "Kentsel Isı Adası ve İklim Değişikliği." *İklim ve Değişim*, 5(2), 15-22.
- Tiwari, A., Kumar, P., Kalaiarasan, G., Ottosen, T. 2021. The impacts of existing and hypothetical green infrastructure scenarios on urban heat island formation. *Environmental Pollution*, Volume 274, 115898
- The Guardian, (2017). Urban-heat-islands-cooling-things-down-with-trees-green-roads-and-fewer-cars. : <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2017/feb/21/urban-heat-islands-cooling-things-down-with-trees-green-roads-and-fewer-cars>



Türkiye Makine ve Mühendisleri Odası (TMMOB) Kentsel Isı Adası Etkisi, 39-44,  
[https://samsun.mmo.org.tr/sites/default/files/015\\_6.pdf](https://samsun.mmo.org.tr/sites/default/files/015_6.pdf)

United Nations Population Fund (UNFPA), State of World Population Report 2023, 12.

United Nations (UN), 2015 the 2030 agenda for sustainable development..18.

USDA Forest Service. (2021). "Benefit of urban trees." Retrieved from USDA Forest Service Official Website.

Üstündağ, ., Karataş, Ő. İ., Parıldar, N. N., Artar, M. (2023). Kentsel ısı adalarının azaltılmasında yeşil altyapı sistemlerinin önemi. *Peyzaj*, 5(2), 124-134. <https://doi.org/10.53784/peyzaj.1406139>

Yasdıman, K. (2023). Kentsel ısı adası, sıcaklık dalgaları ve halk sağlığı ilişkisi. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 18(67), 53-65.

Yazıcı, A., & Akbıyık, A. (2020). "Yüzeysel Isı Adası Oluşumunu Etkileyen Faktörler." *Sürdürülebilir Şehirler Dergisi*, 4(1), 30-39.

Yıldız, N. D., Avdan, U., Kuzulugil, A. G. A. C., ve Avcı, Y. Ö. E. (2019). Sivas Kenti Örneğinde Kent Parklarının Kentsel Isı Adasına Etkisinin Belirlenmesi. *Ubak Uluslararası Bilimler Akademisi. Uygulamalı Bilimler Kongre Kitabı*, 147-157

Yılmaz, A., vd., (2019). "Kentsel Isı Adası Etkisi ve özüm Önerileri." *Journal of Environmental Science and Engineering*, 8(4), 23-30.

Yin, Y.; Li, S.; Xing, X.; Zhou, X.; Kang, Y.; Hu, Q.; Li, Y. Cooling Benefits of Urban Tree Canopy: A Systematic Review. *Sustainability* 2024, 16, 4955. <https://doi.org/10.3390/su16124955>

Yüksel, A. T., & Coskun Hepcan, . (2023). Kentsel Yüzeysel Sıcaklığı ve Mavi-Yeşil Altyapı İlişkisi: Karşıyaka Örneği. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 91-98. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.1214763>

Yüksel, Ü. D., ve Yılmaz, O. (2008). Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin yaz aylarında uzaktan algılama ve meteorolojik gözlemlere dayalı olarak saptanması ve değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(4), 938.