

KENTSEL DOKUNUN MİKROKLİMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN YÜZEY SICAKLIKLARI İLE ÖLÇÜLMESİ: KONYA KENTİ ÖRNEĞİ

Merve ÇAKIR ¹, Hale ÖNCEL ²

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, mckr5523@gmail.com

² Konya Teknik Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, honcel@ktun.edu.tr

ÖZET

Küresel iklim değişikliği, hızlı kentleşme ve artan nüfus yoğunluğu, kentsel alanlarda "ısı adası etkisi" olarak bilinen olgunun giderek artmasına neden olmaktadır. Bu etki; yapı yoğunluğu, yol kaplamaları, enerji tüketimi ve doğal yeşil alanların azalması gibi faktörlerin birleşimiyle şehirlerde kırsal alanlara kıyasla daha yüksek sıcaklıkların oluşmasına yol açmaktadır. Yapı yüksekliği, yol genişliği ve sokak yönelimi gibi kentsel doku özellikleri, ısı adasının şiddetini belirlemede belirleyici unsurlardır. Özellikle geçirimsiz yüzeyler (beton, asfalt, vb.) gün boyunca güneş ışığını absorbe ederek gece ısı yayılımına neden olmakta, bu da kent içi sıcaklıkları artırmaktadır. Bu çalışmada, Konya il merkezinde farklı özelliklere sahip dört bölge seçilerek (bahçeli konut bölgesi, küçük sanayi sitesi, Kulesite AVM çevresi ve Yazır mahallesi) ısı adası etkisi CBS tabanlı analizlerle incelenmiştir. Arazi kullanımı ve bitki örtüsü analizleri için NDVI ve NDBI indeksleri, kentsel yoğunluk için TAKS, KAKS, kat yüksekliği ve yeşil alan oranı gibi parametreler kullanılmıştır. 2024 Temmuz ayı verilerine göre, Kulesite AVM çevresinde yüzey sıcaklığı 31 °C'ye ulaşırken, mezarlık ve park alanlarında 0,4-16 °C arasında ölçülmüştür. NDBI değerleri kent merkezinde +1'e yaklaşırken, çeperde -1'e yaklaşmıştır. NDVI sonuçları da yeşil alanların sıcaklık düşürücü etkisini doğrulamaktadır. Sonuç olarak, kent merkezindeki yoğun yapılaşmanın ısı adası etkisini artırdığı, yeşil alanların ise bu etkiyi azaltmada kritik rol oynadığı belirlenmiştir. Bu doğrultuda, Konya gibi kentlerde yeşil altyapı odaklı, iklim duyarlı planlama stratejilerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri), Kentsel Isı Adası, Kentsel Morfoloji, Küresel İklim Değişikliği, Sürdürülebilirlik.

1. GİRİŞ

Küresel ölçekte etkileri giderek daha belirgin hâle gelen iklim değişikliği, doğal sistemlerin yanı sıra insan yerleşimlerini ve kentsel çevreleri de derinlemesine etkilemektedir. Artan sera gazı salımları, kentleşme hızındaki yükselme ve doğal alanların yerini alan yapay yüzeyler, sıcaklık rejimlerinde önemli değişimlere neden olarak mikroklima koşullarını da dönüştürmektedir (Bulkeley, 2013). Mikroklima, belirli bir alan içerisindeki sıcaklık, nem, rüzgâr ve güneşlenme gibi iklimsel faktörlerin yerel ölçekte farklılaşmasını ifade etmekte olup, kentsel alanlarda bu farklılaşma genellikle "kentsel ısı adası" (Urban Heat Island - UHI) olarak ortaya çıkmaktadır. Isı adası etkisi, kent merkezlerinin çevre kırsal alanlara kıyasla daha yüksek sıcaklıklara sahip olmasına yol açmakta ve hem çevresel hem de kamusal sağlık açısından önemli riskler barındırmaktadır (Kim, 2018). Bu çalışma, Konya kent merkezinde farklı kentsel doku türlerinin kentsel ısı adası etkisine olan katkılarını belirlemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, yapı yoğunluğu, kat yüksekliği, yol genişliği, yeşil alan oranı gibi yapısal parametrelerin yanı sıra, bitki örtüsü yoğunluğu ve yüzey sıcaklıkları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak analiz edilmiştir. Ayrıca Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Normalize Edilmiş Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI) ve yeryüzü sıcaklığı verileri değerlendirilmiş; TAKS, KAKS, kat yüksekliği ve yol oranları gibi kentsel doku göstergeleri ile ilişkilendirilmiştir.

Çalışmanın kapsamı, Konya kentinde seçilen dört farklı kentsel bölge (kent çeperindeki düşük yoğunluklu konut alanı, küçük sanayi sitesi, kent merkezi ticaret alanı ve çoğunlukla kapalı sitelerin yer aldığı yeni gelişme bölgesi) ile sınırlıdır. Zaman serisi olarak 2014, 2019 ve 2024 yıllarına ait veriler değerlendirilmiş; Nisan, Temmuz, Ekim ve Ocak aylarını kapsayan dönemsel analizlerle mevsimsel etkiler de göz önünde bulundurulmuştur. Bu bağlamda, çalışma hem mevcut kentsel planlamaya veri temelli katkı sunmayı hem de iklim değişikliğine karşı dirençli kentsel tasarım ilkelerinin geliştirilmesine zemin oluşturmayı hedeflemektedir.

2. KENTSEL DOKU

Kentsel doku, bir kentin fiziksel, mekânsal ve işlevsel bileşenlerinin bütünlüğünü ifade eden temel bir kavramdır. Bu yapı, yapılaşma düzeni, sokak ağı, açık ve yeşil alanlar, bina yoğunluğu, yapı yüksekliği ve arsa kullanım biçimleri gibi birçok öğeyi kapsar (Bechtel, 2015). Kentsel doku yalnızca fiziksel yapılanmayı değil, aynı zamanda sosyal ve ekonomik işlevlerin kent mekânına nasıl yerleştiğini de yansıtan çok katmanlı bir sistemdir (Akbari, 2012). Bu nedenle, kentsel dokunun analizi, bir kentin mekânsal organizasyonunu anlamada ve sürdürülebilir planlama kararları üretmede kritik bir rol oynamaktadır.

Kentsel dokunun yapısal karakteristikleri; geçirimsiz yüzey oranları, bina bloklarının kompaktlığı, yol genişlikleri ve yönlendirmeleri ile birlikte değerlendirilerek çevresel etkilerin anlaşılmasına da olanak tanımaktadır. Özellikle kentsel ısı adası etkisi gibi iklimle ilişkili sorunlar bağlamında, yapı yoğunluğu, yeşil alanların dağılımı ve ulaşım altyapısı gibi bileşenler belirleyici olmaktadır (Brahimi, 2023). Kompakt, yüksek yoğunluklu dokular, hava sirkülasyonunu sınırlandırarak sıcaklık birikimine neden olurken; açık, düşük yoğunluklu ve yeşil alanlarla entegre olmuş dokular, mikroklimatik iyileşmeyi desteklemektedir (Pearlmutter, 1999).

Bu bağlamda, kentsel dokunun bileşenlerinin mekânsal analizler aracılığıyla detaylandırılması, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de iklim değişikliğine uyum açısından önemli bir zemin oluşturmaktadır (Yuan, 2008).

Özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile yapılan mekânsal analizler, kentsel dokunun çeşitli parametrelerinin sayısal olarak değerlendirilmesine imkân tanımakta; bu da kent planlaması süreçlerinde daha bütüncül ve veri temelli yaklaşımların geliştirilmesine olanak sağlamaktadır (Equere, 2021).

3. MİKROKLİMA VE KENTSEL ISI ADASI ETKİSİ

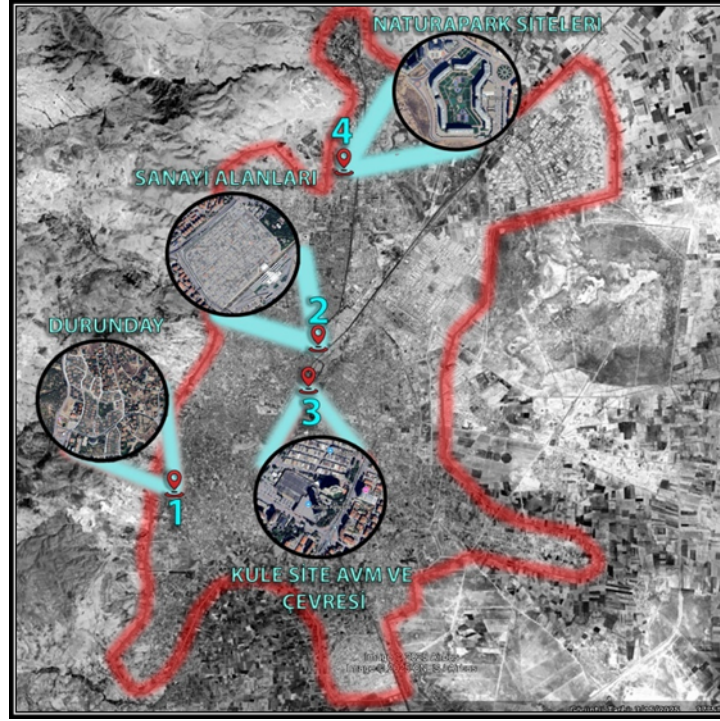
Mikroklima, belirli bir bölge içerisinde, genellikle birkaç metrekareden birkaç kilometrekareye kadar değişebilen ölçekte gözlemlenen yerel iklimsel koşulları ifade etmektedir. Bu kavram, geniş ölçekli iklim tipolojilerinden farklı olarak, topografya, arazi örtüsü, yapılaşma biçimi, su yüzeyleri ve bitki örtüsü gibi fiziksel çevre faktörlerinin etkisiyle ortaya çıkan yerel sıcaklık, nem, rüzgâr ve radyasyon farklılıklarını kapsar (Changnon, 1996). Özellikle kentleşme süreçleriyle birlikte doğal yüzeylerin yapay yüzeylerle yer değiştirmesi, mikroklimatik dengenin bozulmasına yol açmaktadır.

Kentsel alanlarda mikroklima değişimlerinin en belirgin örneklerinden biri, kentsel ısı adası (Urban Heat Island - UHI) etkisidir. Kentsel ısı adası, kent merkezlerinde çevre kırsal alanlara göre daha yüksek sıcaklıkların gözlemlenmesi durumudur (Oke, 1995). Bu olgu; asfalt, beton ve diğer geçirimsiz yüzeylerin güneş ışığını soğurması, bitki örtüsünün azalması, bina yoğunluğu ve yüksekliği nedeniyle hava dolaşımının sınırlanması, enerji tüketimi ve atık ısı salımı gibi etkenlerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır (Nichol, 2005). Gündüz saatlerinde yüzeyler güneş enerjisini soğurarak ısıyı depolamakta, gece ise bu ısıyı geri salarak sıcaklıkların düşmesini engellemektedir.

Kentsel ısı adası etkisi, yalnızca sıcaklık artışlarıyla sınırlı kalmayıp; hava kalitesinde bozulma, enerji tüketiminde artış, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler ve ekosistem hizmetlerinde kayıplar gibi çok boyutlu sonuçlar doğurmaktadır. (Poumadere, 2005) Bu bağlamda, mikroklima analizlerinin kent planlaması süreçlerine entegre edilmesi, iklim değişikliğine uyumlu, sürdürülebilir ve yaşanabilir kentlerin inşasında kritik bir rol üstlenmektedir (Yang, 2014). Özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak yapılan sıcaklık, bitki örtüsü ve arazi kullanımı analizleri, mikroklimatik değişimlerin tespit edilmesine ve uygun müdahale stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, Konya il merkezinde farklı kentsel dokuların kentsel ısı adası (KIA) oluşumu üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla tasarlanmıştır. Araştırma kapsamında, Konya kentinin mekânsal gelişimini ve kentsel sıcaklık dağılımını temsil edecek nitelikte dört farklı çalışma bölgesi seçilmiştir. Bu bölgeler sırasıyla: (1) kent çeperinde yer alan bahçeli, müstakil konutların bulunduğu mahalle, (2) kent içinde küçük sanayi sitesinin yer aldığı alan, (3) kent merkezinde yer alan yüksek yoğunluklu ticari bölge (Kulesite AVM çevresi), (4) kentin kuzeyinde yeni gelişen ve kapalı sitelerin yer aldığı Yazır Mahallesi'dir.



Şekil 1. Çalışma Alanlarının Konumu

Çalışmada, 2014, 2019 ve 2024 yıllarına ait Nisan, Temmuz, Ekim ve Ocak aylarının uydu verileri kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Uydu verileri, Landsat 5, Landsat 7 ve Landsat 8 platformlarına ait multispektral görüntülerdir. Tüm analizler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında gerçekleştirilmiş ve mekânsal analizlerde ArcGIS Pro 3.x sürümü tercih edilmiştir.

Çalışmada üç temel uzaktan algılama indeksi kullanılmıştır:

- NDVI (Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi): $NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$

Bu indeks, bitki örtüsü yoğunluğunu belirlemek amacıyla kullanılmış ve yeşil alanların mekânsal dağılımı analiz edilmiştir (Huang, 2021).

- NDBI (Normalize Edilmiş Yerleşim Alanı İndeksi): $NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$

Yerleşim alanlarının yoğunluğunu belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Pozitif değerlere yakın sonuçlar yerleşim baskısının yüksekliğini işaret etmektedir (Zha, 2003).

- YYS (Yeryüzü Sıcaklığı - LST): Kentsel sıcaklık dağılımının analizi için hesaplanmış ve LST (Land Surface Temperature) verileri aşağıda açıklanan yöntemle elde edilmiştir.

Arazi yüzey sıcaklığı (LST) hesaplaması, farklı yüzey türlerinin ısıyı emme ve yayma özelliklerini ortaya koyarak kentsel dokunun mikroklima üzerindeki etkilerini analiz etmede önemli bir araçtır (Deo, 2017). LST

verileri, kentsel ısı adası oluşumu, termal konfor düzeyi ve yüzey örtüsü değişimlerinin mekânsal etkilerini belirlemede kullanılır (He, 2020). Bu sayede, yapı yoğunluğu ve yeşil alan dağılımı gibi etmenlerin mikroklimatik etkileri değerlendirilerek, sürdürülebilir kent planlaması ve iklim uyum stratejilerine bilimsel temel sağlanır (Artis, 1982). Farklı yıllara ait uydu verileri kullanılarak radyans, parlaklık sıcaklığı ve yayıcılık düzeltmeleri yapılmıştır:

Landsat 8 Band 10 kullanılarak aşağıdaki formül ile TOA radyansı hesaplanmıştır:

$$\text{TOA Radyansı} = (\text{ML} \times \text{Dijital Sayı}) + \text{AL}$$

Burada ML, radyans çoklayıcısı (radiance multiplicative scaling factor); AL, radyans eklenti değeri (radiance additive scaling factor) olarak tanımlanır.

Sonrasında parlaklık sıcaklığı (Brightness Temperature, BT) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$\text{BT} = [\text{K}_2 / \ln(\text{K}_1 / \text{L} + 1)] - 273.15$$

Burada K1 ve K2 uyduya özgü termal kalibrasyon sabitleridir; L ise hesaplanan radyans değeridir.

LST hesaplamasında yayıcılık düzeltmesi yapılabilmesi için NDVI üzerinden bitki oranı (PV) belirlenmiş ve yüzey yayıcılığı (ϵ) şu denklem ile elde edilmiştir:

$$\epsilon = 0.004 \times \text{PV} + 0.986$$

Son olarak, arazi yüzey sıcaklığı (LST), aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$\text{LST} = \text{BT} / [1 + (\lambda \times \text{BT} / \rho) \times \ln(\epsilon)]$$

Burada:

- λ , dalga boyunu (termal bant için yaklaşık 11.5 μm),
- ρ , Planck sabiti ile Boltzmann sabitinin oranını,
- ϵ , yüzey yayıcılığını temsil etmektedir.
- Her çalışma alanı için kentsel dokuya ilişkin temel morfolojik oranlar hesaplanmıştır:

TAKS (Taban Alanı Kat Sayısı): Yapıların parsel içerisindeki oturma alanının parsel yüzeyine oranı.

KAKS (Kat Alanı Kat Sayısı): Toplam inşaat alanının parsel yüzeyine oranı.

Yol oranı, kat yüksekliği, yeşil alan yüzdesi ve yol genişliği gibi parametreler de mekânsal analizlere dâhil edilmiştir.

Bu parametrelerin değerlendirilmesi sonucunda, her bölgenin yapılaşma yoğunluğu, yeşil alan oranı ve kentsel formuna dair ayrıntılı veriler elde edilmiştir. Elde edilen LST, NDVI ve NDBI sonuçları bu yapısal özelliklerle birlikte değerlendirilerek kentsel ısı adası etkisinin mekânsal değişimleri ortaya konmuştur.

5. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

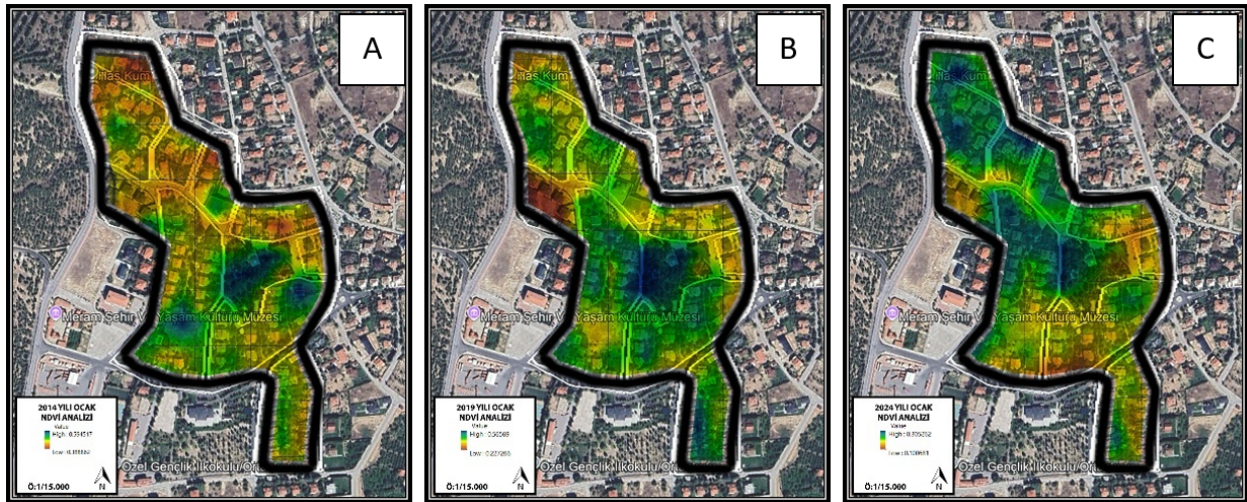
Bu çalışmada, Konya kent merkezine ait dört farklı dokudan kentsel bölgeler seçilerek bulgular ortaya konmuştur.

Kent Çeperindeki Müstakil Konut Alanı (Bahçeli Yerleşimler)

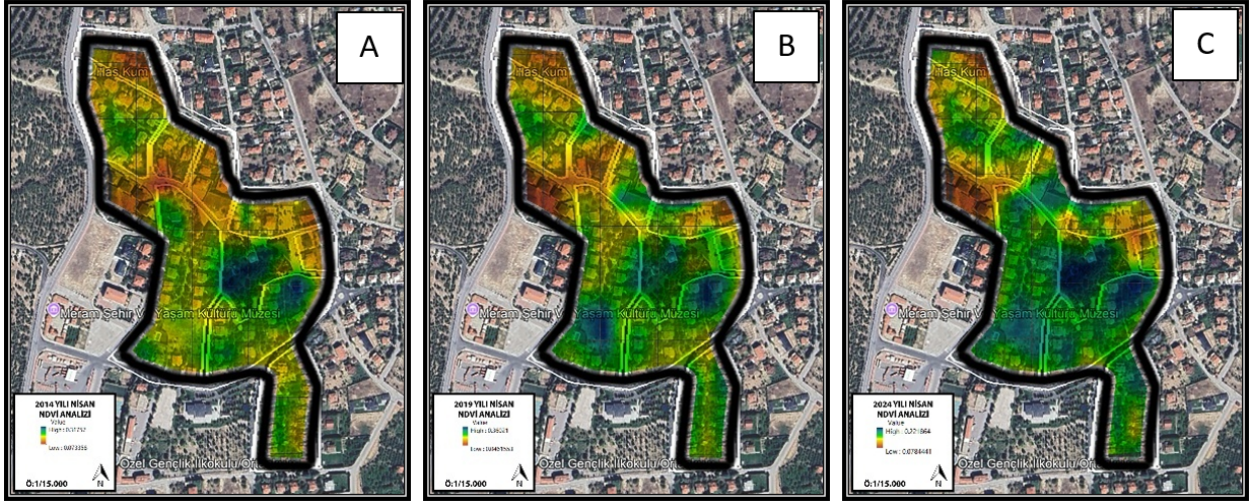
Bu bölge, Konya kentinin çeperinde yer almakta olup düşük yoğunluklu yerleşim örüntüsüne ve büyük parseller içinde konumlanmış müstakil konut yapılarına sahiptir. Söz konusu morfolojik yapı, geçirgen/emici yüzey oranını artırmakta ve doğal zemin örtüsünün korunmasına olanak tanımaktadır. Gerçekleştirilen NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) analizleri, yıllık ve mevsimsel bağlamda bitki örtüsünün durumuna dair önemli bulgular sunmaktadır.

Bu bölgede ortalama TAKS oranı 0,18 olup, KAKS değerleri de oldukça düşüktür. Yapılar genellikle tekil parseller üzerinde yer almakta ve ortalama kat yüksekliği en fazla üç kat ile sınırlı kalmaktadır. Yoğun bitki örtüsü ve geniş açık alanların varlığı dikkat çekerken, yapılaşma biçimi hava akımlarını engellemeyecek şekilde dağınık bir formda gelişmiştir. Bu fiziksel ve morfolojik nitelikler, bölgedeki yüzey sıcaklıklarının diğer kentsel alanlara kıyasla daha düşük düzeylerde seyretmesinde belirleyici rol oynamaktadır.

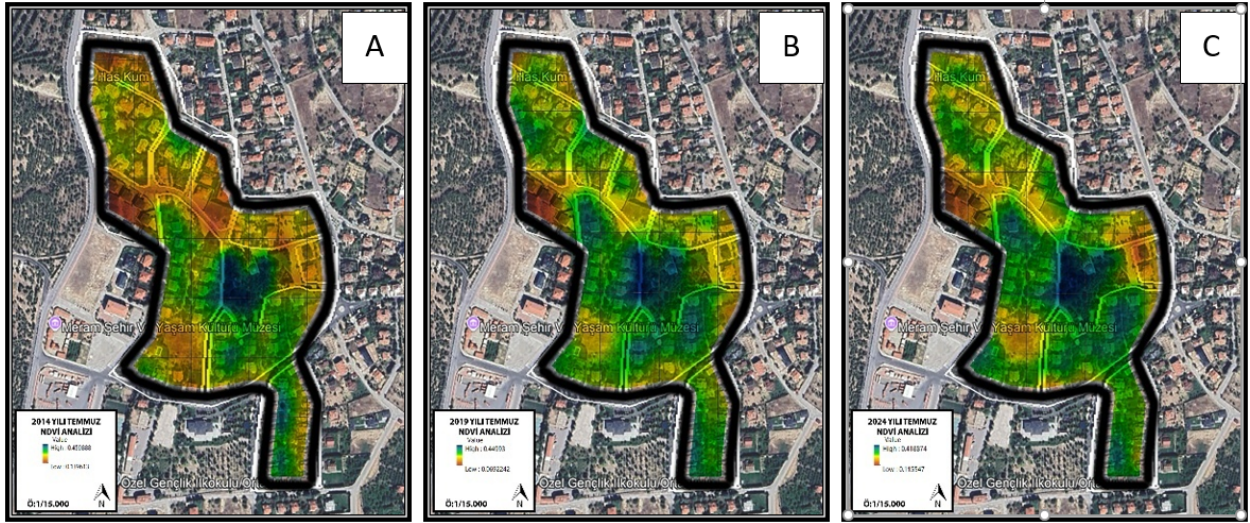
NDVI analizleri, 2014 yılında bitki örtüsünün mevsimsel olarak güçlü olduğunu göstermektedir; Ocak ayında 0,22, Nisan'da 0,58, Temmuz'da 0,47 ve Ekim'de 0,49 değerleri kaydedilmiştir. 2019 yılına gelindiğinde bu değerler sırasıyla 0,18, 0,44, 0,36 ve 0,39 olarak ölçülmüş; bu da bitki yoğunluğunda belirgin bir zayıflamaya işaret etmektedir. 2024 yılında ise Ocak ayında 0,15, Nisan'da 0,38, Temmuz'da 0,32 ve Ekim'de 0,34 düzeyine gerileyen NDVI değerleri, hem yapılaşmanın artması hem de kuraklık ve yetersiz sulama gibi çevresel baskıların etkisiyle bitki örtüsünün ciddi ölçüde azaldığını ortaya koymaktadır. Genel olarak, yeşil dokunun yıllar içinde zayıfladığı, ancak yine de bölge özelinde diğer kent parçalarına kıyasla daha dengeli bir seyir izlediği söylenebilir.



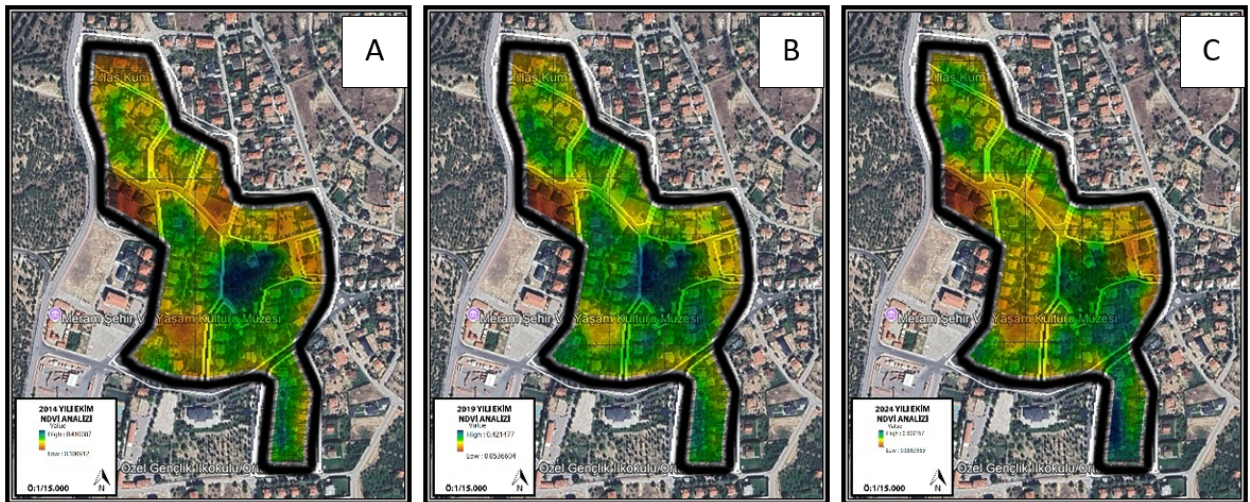
Şekil 3. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ocak Ayı NDVI Analizi



Şekil 4. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Nisan Ayı NDVİ Analizi

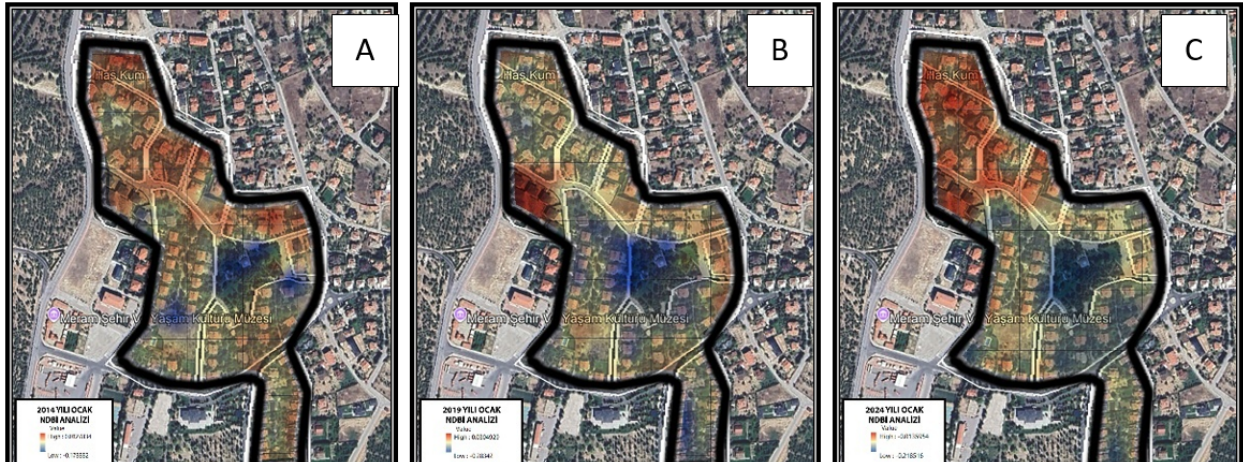


Şekil 5. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Temmuz Ayı NDVİ Analizi

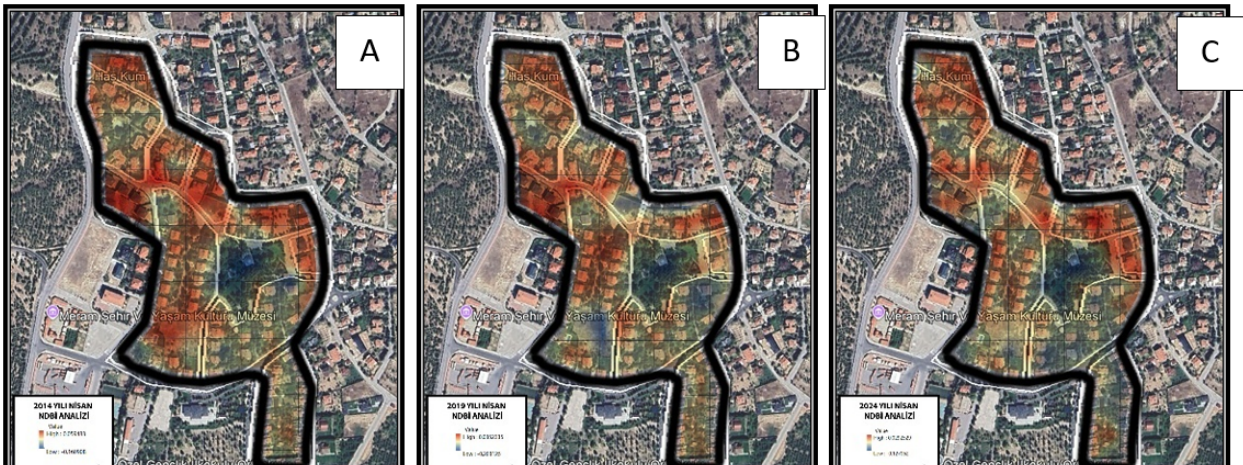


Şekil 6. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ekim Ayı NDVİ Analizi

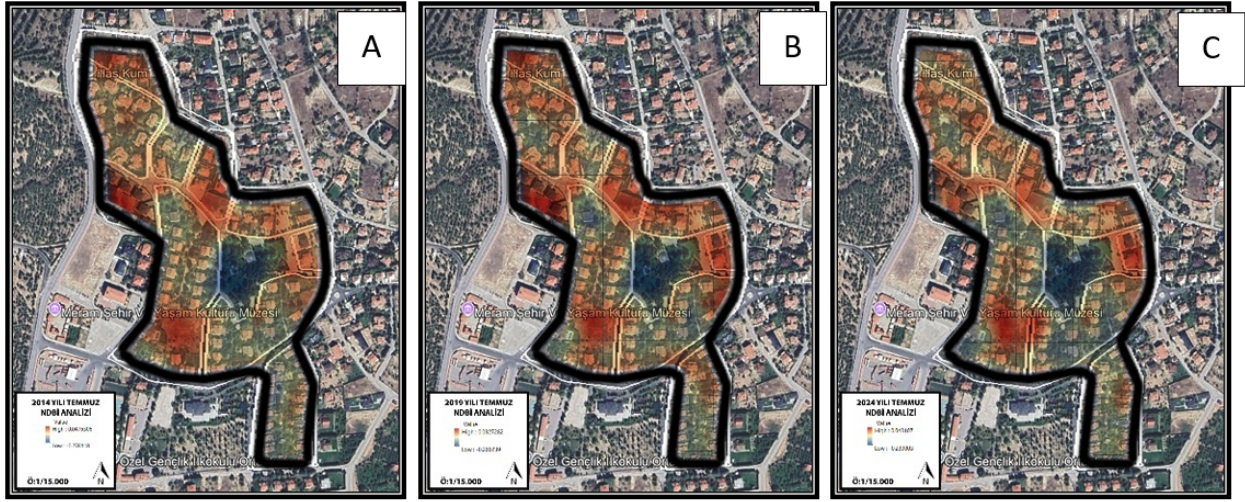
NDBI analizleri, Durunday Mahallesi'nde yapılaşmanın yıllar içinde arttığını ancak nispeten dengeli seyrettiğini göstermektedir. 2014 yılında Ocak ayında -0.05, Nisan ve Temmuz'da +0.05, Ekim'de ise yaklaşık 0.00 seviyelerinde ölçülen değerler, doğal yüzeylerin baskın olduğu ve geçirimsiz alanların sınırlı kaldığı bir yapıyı yansıtmaktadır. 2019 yılına gelindiğinde Ocak'ta +0.02, Nisan'da +0.08, Temmuz'da +0.12 ve Ekim'de +0.10 olarak ölçülen NDBI değerleri, yapılaşmanın hız kazandığını ve geçirimsiz yüzey oranının arttığını göstermektedir. 2024 yılında ise Ocak ayında +0.10, Nisan'da +0.17, Temmuz'da +0.22 ve Ekim'de +0.18 olarak belirlenen değerler, son on yıl içinde istikrarlı bir yapılaşma artışına işaret etmektedir. Bu artışa rağmen Durunday Mahallesi'nin NDBI değerleri, hâlen kent merkezine kıyasla daha düşük seviyelerde kalmakta ve yeşil alanların göreceli bütünlüğünü koruduğunu göstermektedir.



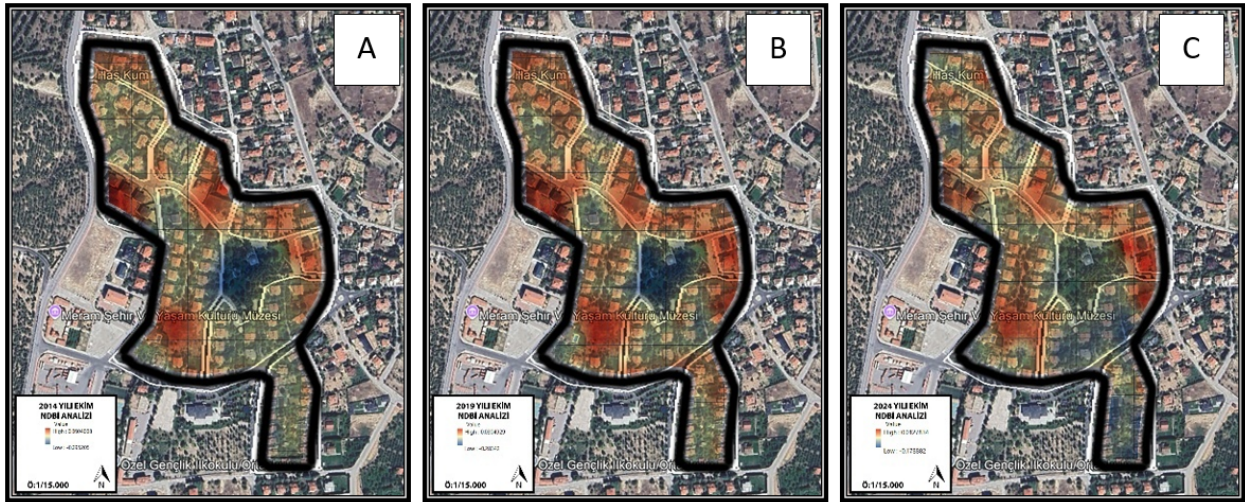
Şekil 7. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ocak Ayı NDBİ Analizi



Şekil 8. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Nisan Ayı NDBİ Analizi

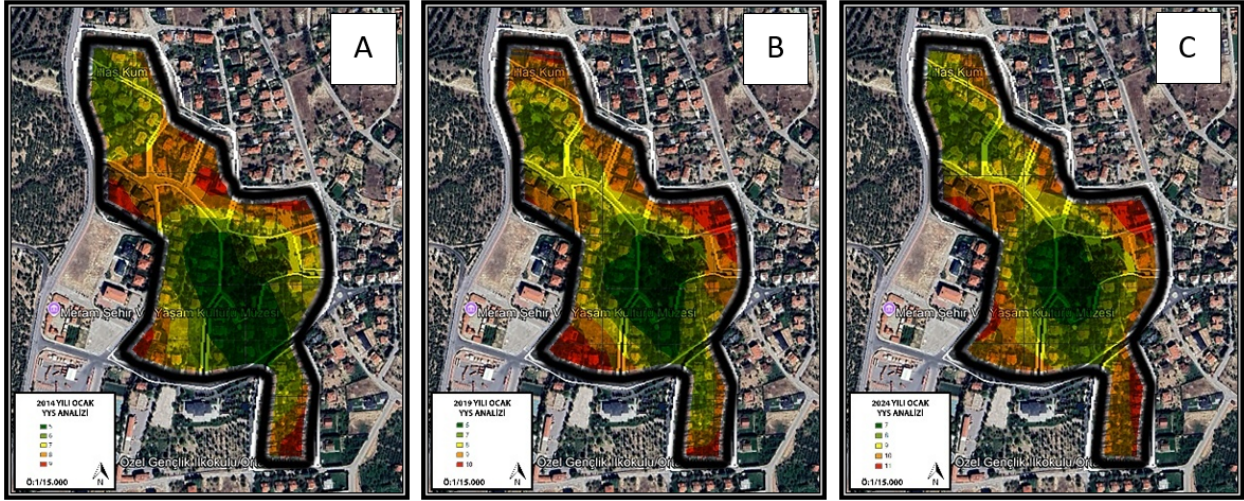


Şekil 9. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Temmuz Ayı NDBİ Analizi

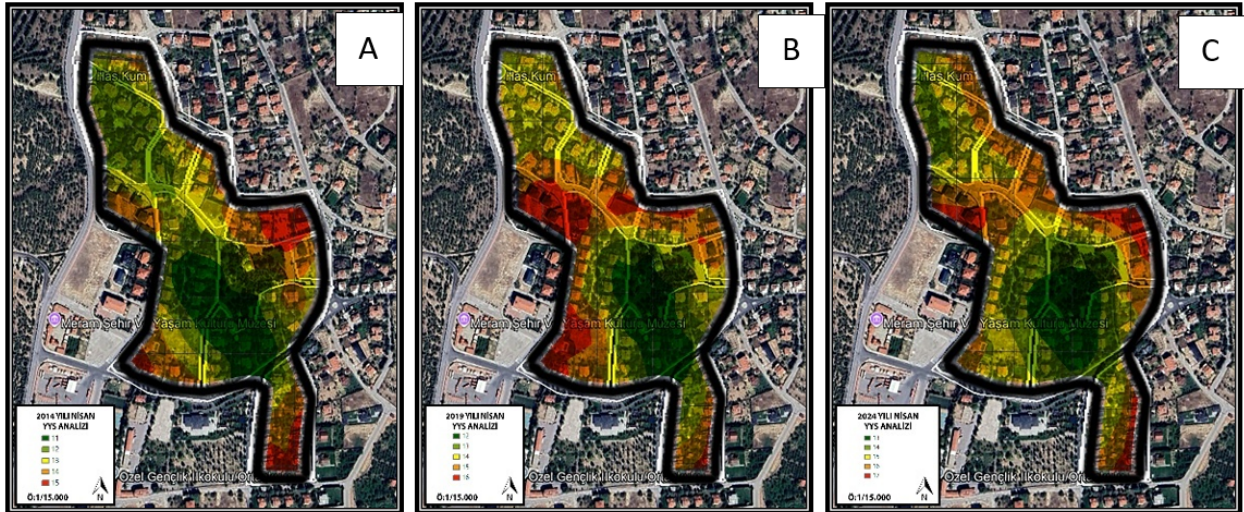


Şekil 10. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ekim Ayı NDBİ Analizi

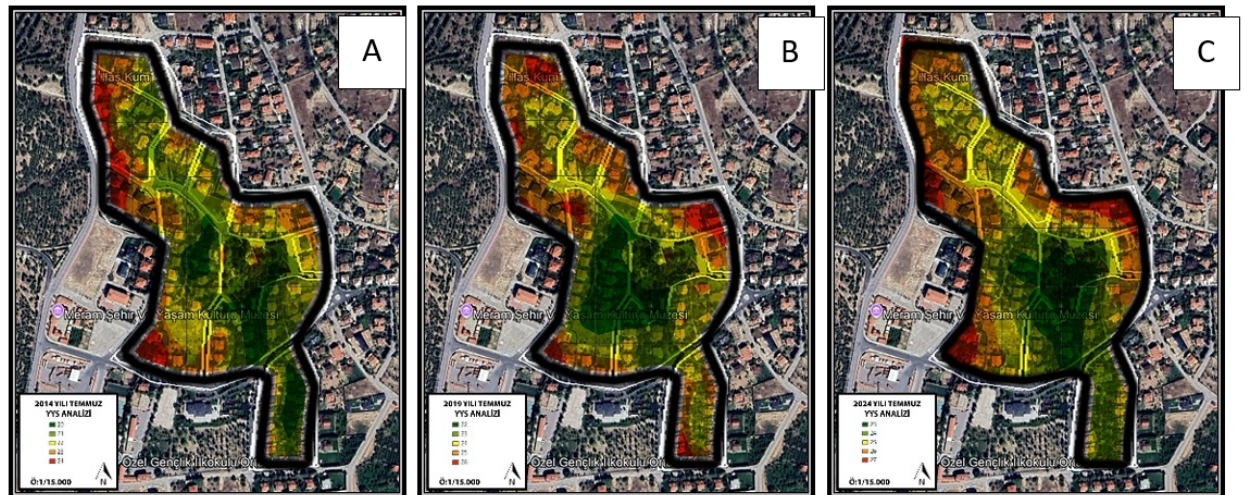
LST analizleri, Durunday Mahallesi'nde yüzey sıcaklıklarının son on yıl içinde düzenli biçimde arttığını göstermektedir. 2014 yılında Ocak'ta 4.2 °C, Nisan'da 13.8 °C, Temmuz'da 20.5 °C ve Ekim'de 14.9 °C olarak ölçülen sıcaklıklar, 2019'da sırasıyla 5.1 °C, 15.3 °C, 22.7 °C ve 16.5 °C'ye yükselmiş; 2024 yılında ise bu değerler Ocak'ta 5.6 °C, Nisan'da 16.7 °C, Temmuz'da 23.4 °C ve Ekim'de 17.1 °C olarak kaydedilmiştir. Bu artış eğilimi, geçirimsiz yüzeylerin artması ve yeşil alanların azalmasıyla doğrudan ilişkilendirilmekte, mikroklimatik koşullarda önemli bir bozulmayı yansıtmaktadır. Durunday Mahallesi gibi düşük yoğunluklu yerleşim alanlarında dahi yapılaşmanın yüzey sıcaklığını anlamlı biçimde artırdığı; bu nedenle yeşil altyapının korunmasının yalnızca çevresel değil, aynı zamanda termal konfor açısından da hayati olduğu görülmektedir.



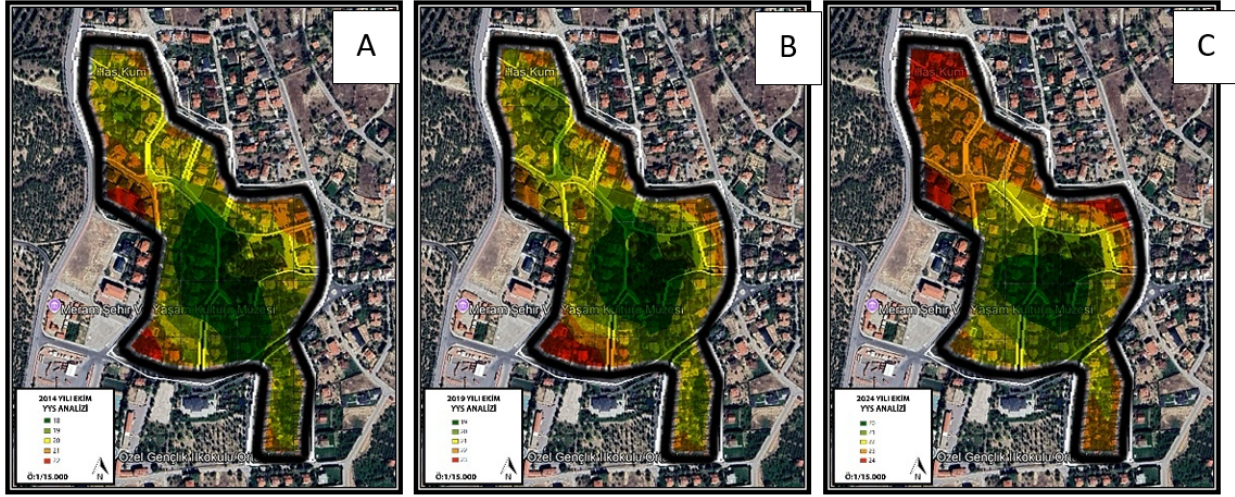
Şekil 11. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ocak Ayı YYS Analizi



Şekil 12. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Nisan Ayı YYS Analizi



Şekil 13. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Temmuz Ayı YYS Analizi



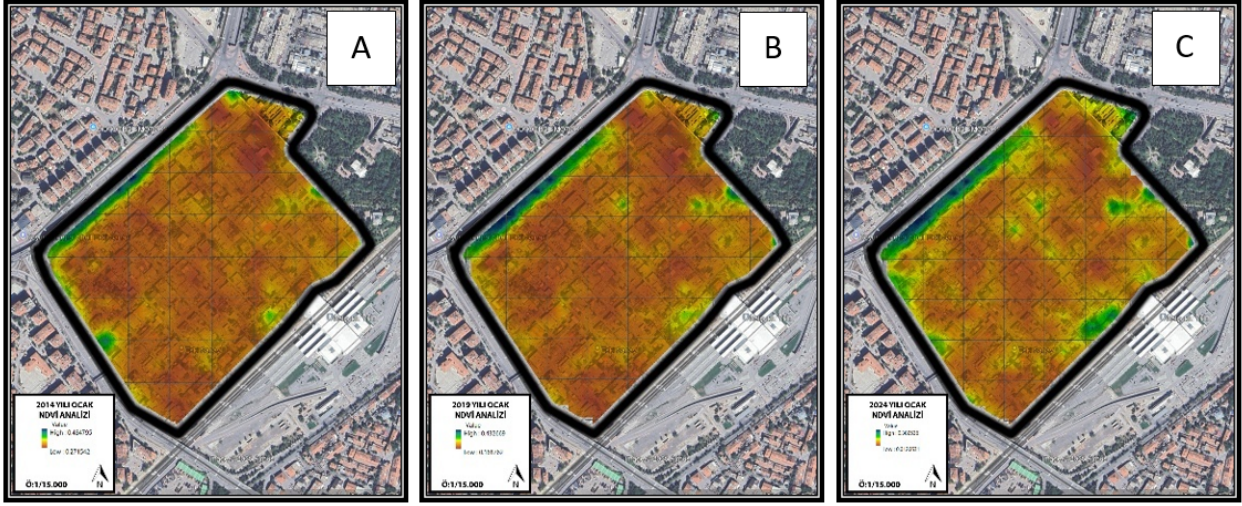
Şekil 14. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ekim Ayı YYS Analizi

Küçük Sanayi Sitesi

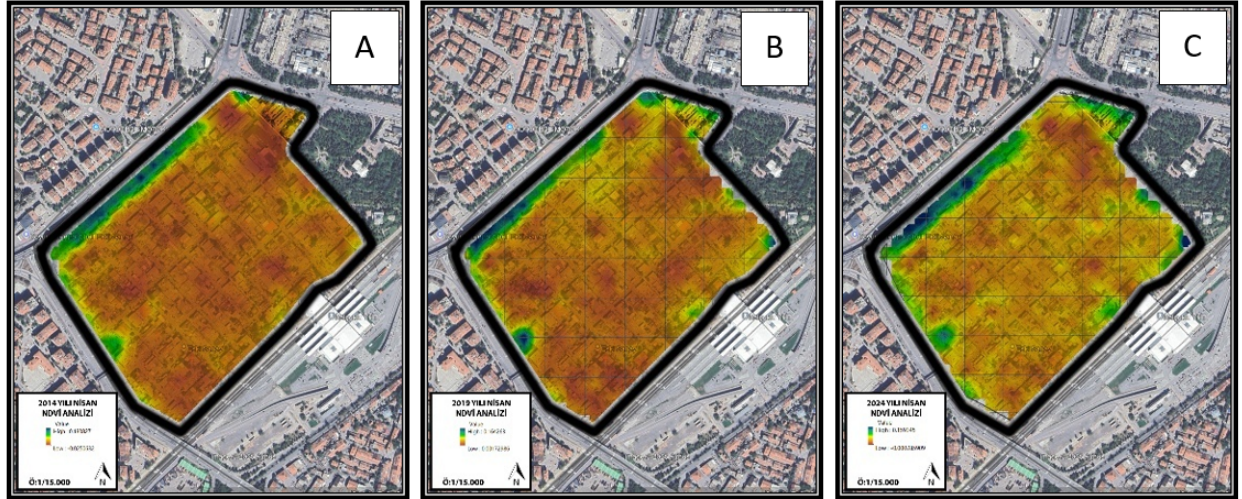
Konya kent merkezine yakın konumlanan bu alan, sanayi dokusunun karakteristik bir örneğini oluşturmaktadır. Küçük sanayi sitesi olarak tanımlanan bu bölgede, yapı yoğunluğu oldukça yüksektir ve yüzeyler büyük ölçüde asfalt, beton gibi geçirimsiz malzemelerle kaplıdır. Bu fiziksel yapı, bitki örtüsünün gelişimini ciddi şekilde sınırlandırmakta ve bu durum hem NDVI analizleri hem de diğer spektral ve termal göstergeler aracılığıyla açıkça ortaya konmaktadır.

Bölgede yer alan yapıların büyük bölümü, atölye ve küçük ölçekli işletmelere hizmet veren işyerlerinden oluşmakta olup, ortalama kat yüksekliği 2 ila 3 kat arasında değişmektedir. Sanayi işlevli bu yapılaşma tipi, geniş parsel oturmalarına sahip binalar ve sınırlı yeşil alan varlığı ile karakterize edilmektedir. Alanda TAKS değerleri genellikle 0,40 civarında seyretmekte, KAKS oranı ise yaklaşık 0,80 ile 1,00 arasında değişmektedir. Bu durum, yapıların taban alanı bakımından yaygın, ancak düşey yönde sınırlı bir gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bölgedeki yoğun sert zemin kullanımı ve yeşil alan eksikliği, yüzey sıcaklıklarının artmasına zemin hazırlamakta ve kentsel ısı adası etkisini artırıcı bir rol oynamaktadır.

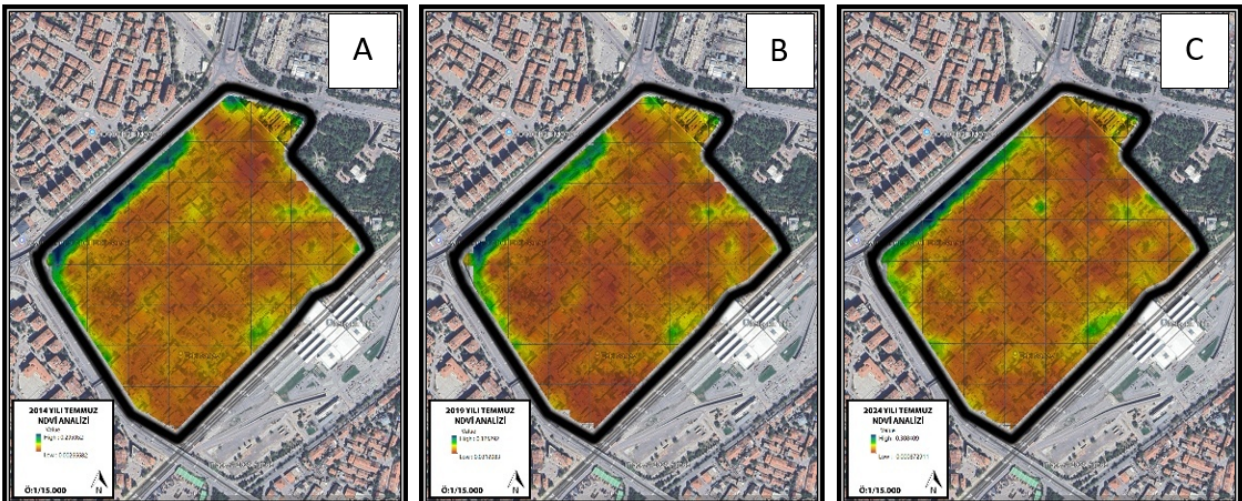
2014 yılı NDVI değerleri, sanayi alanında sınırlı da olsa bitki örtüsü varlığına işaret etmektedir. Ocak ayında 0.10 olan değer, Nisan'da 0.21'e çıkarak ilkbaharda kısıtlı yeşil dokunun varlığını göstermiştir. Ancak Temmuz'da 0.13'e, Ekim'de ise 0.11'e düşerek yaz ve sonbahar aylarında bitki örtüsünün zayıfladığını ortaya koymuştur. 2019 yılında NDVI değerleri Ocak'ta 0.08, Nisan'da 0.17, Temmuz'da 0.10 ve Ekim'de 0.09 olarak ölçülmüş; bu da yeşil dokunun mevsimsel toparlanma gösteremediğini ve genel olarak gerilediğini göstermektedir. 2024 yılına gelindiğinde ise Ocak 0.06, Nisan 0.11, Temmuz 0.08 ve Ekim 0.07 değerleri, alanın vejetasyon açısından ciddi kayıplar yaşadığını ve neredeyse tamamen yeşil dokudan yoksun kaldığını ortaya koymaktadır.



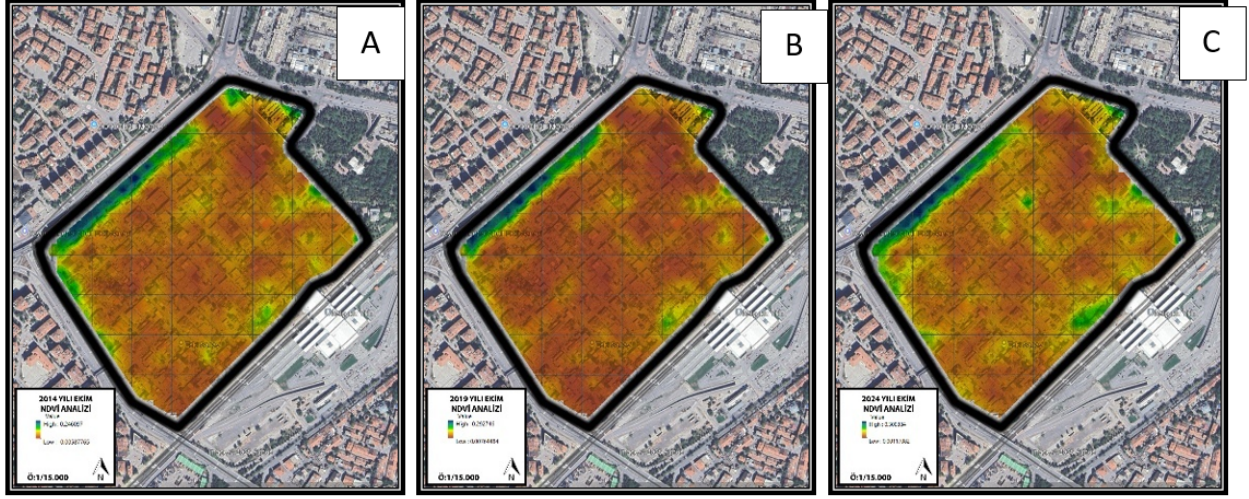
Şekil 15. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ocak Ayı NDVİ Analizi



Şekil 16. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Nisan Ayı NDVİ Analizi

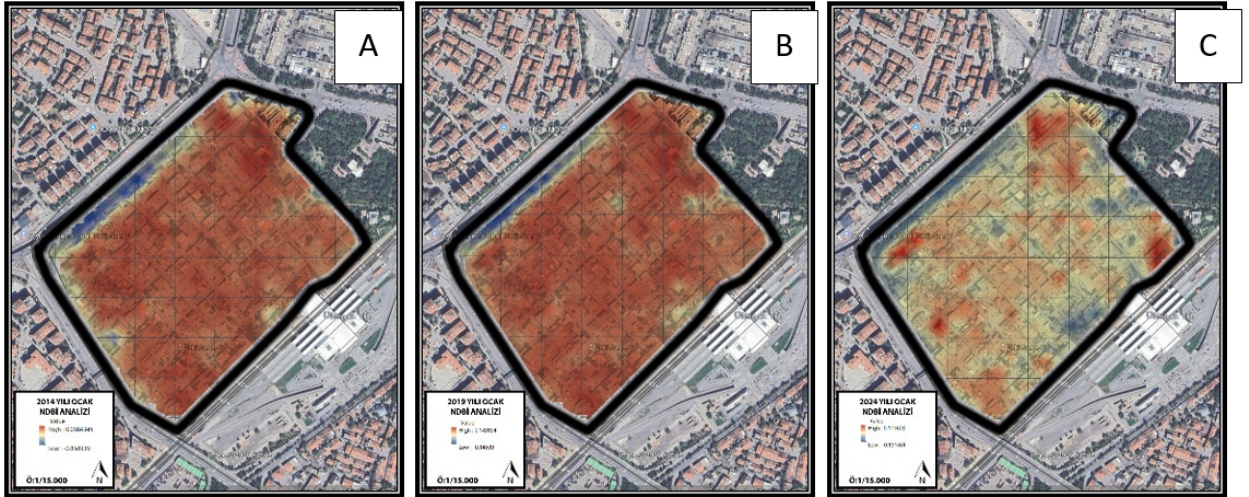


Şekil 17. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Temmuz Ayı NDVİ Analizi

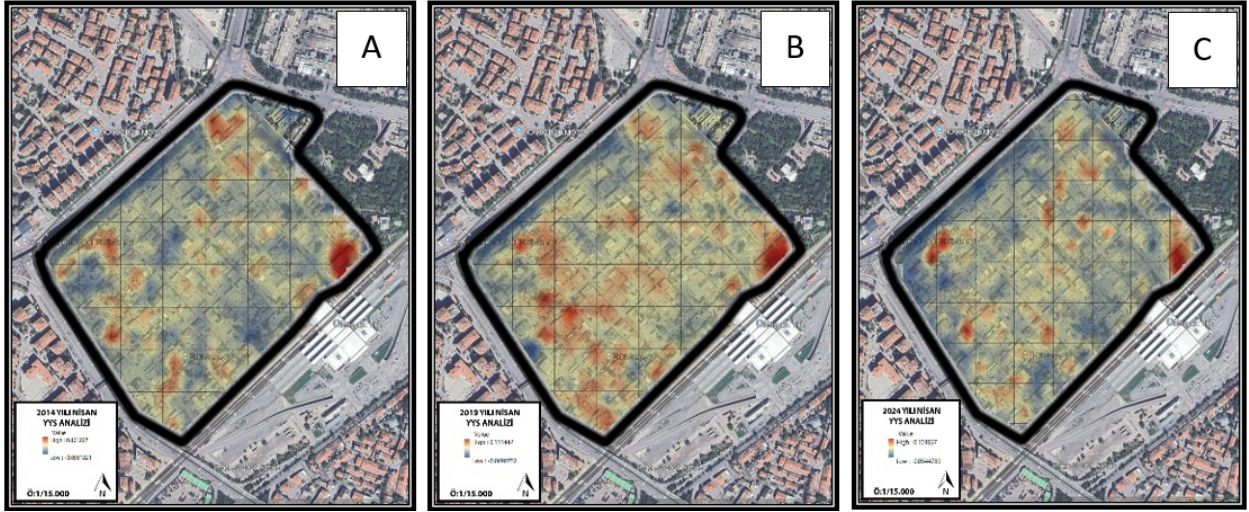


Şekil 18. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ekim Ayı NDVİ Analizi

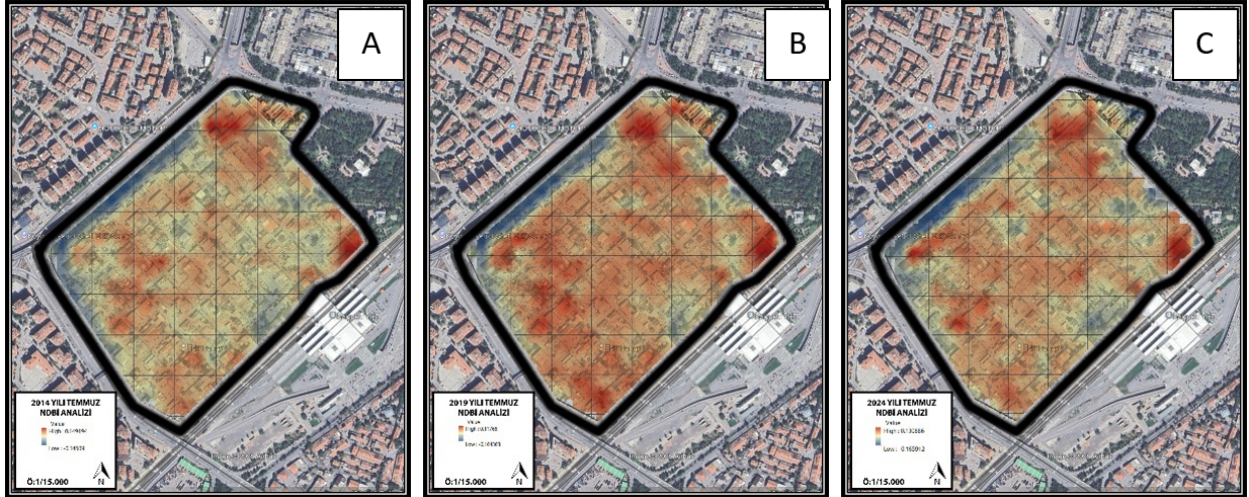
NDBI analizleri, sanayi alanında geçirimsiz yüzeylerin yüksekliğini ve yapı yoğunluğundaki artışı net biçimde ortaya koymaktadır. 2014 yılında NDBI değerleri +0.39 ile +0.44 arasında değişmiş, bu da alanın başından itibaren yüksek sert zemin oranına sahip olduğunu göstermiştir. 2019 yılında bu değerler +0.48-+0.53 aralığına yükselmiş, özellikle yaz aylarında yüzeyin ısıyı daha fazla tuttuğu anlaşılmıştır. 2024 yılına gelindiğinde ise NDBI değerleri Ocak'ta +0.57, Temmuz'da +0.61 gibi yüksek seviyelere ulaşmıştır. Bu artış, geçirimsiz yüzey oranındaki ciddi yükselişi ve doğal zemin örtüsünün hızla kaybını yansıtarak, kentsel ısı adası etkisinin güçlendiğini göstermektedir.



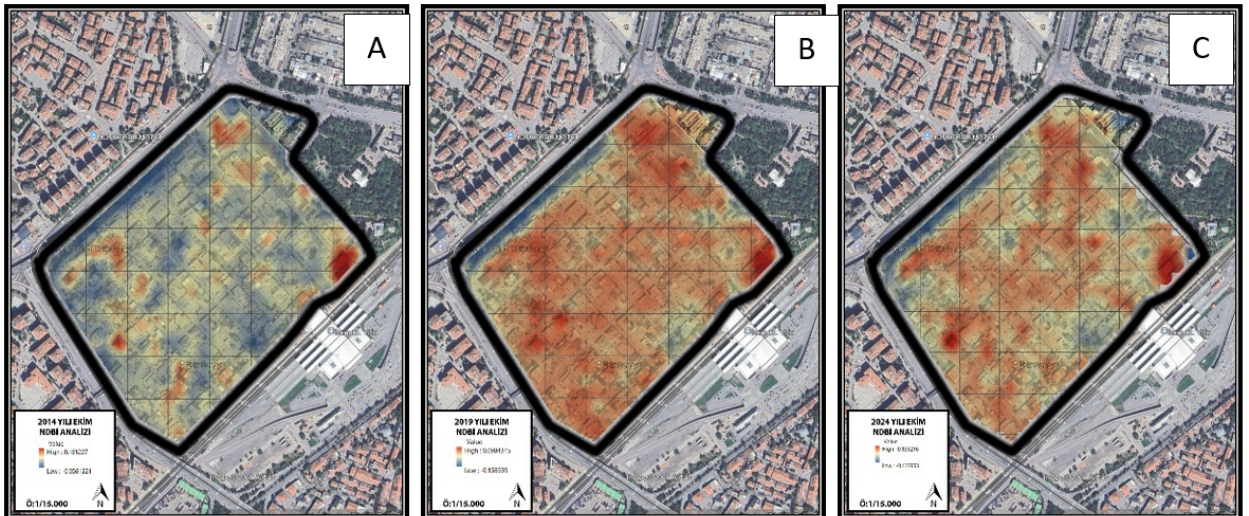
Şekil 19. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ocak Ayı NDBİ Analizi



Şekil 20. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Nisan Ayı NDBİ Analizi

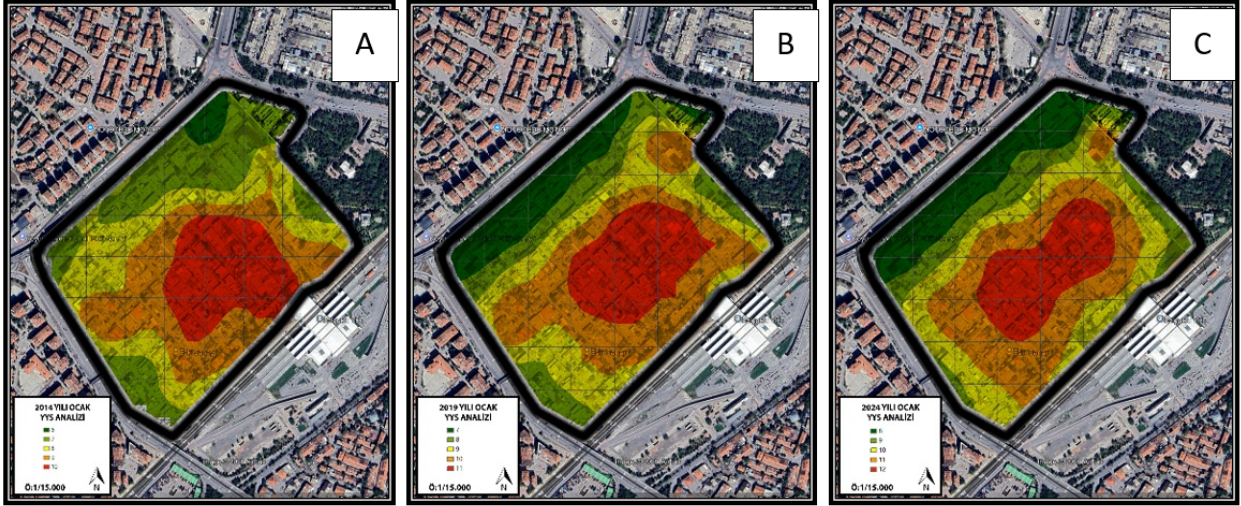


Şekil 21. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Temmuz Ayı NDBİ Analizi

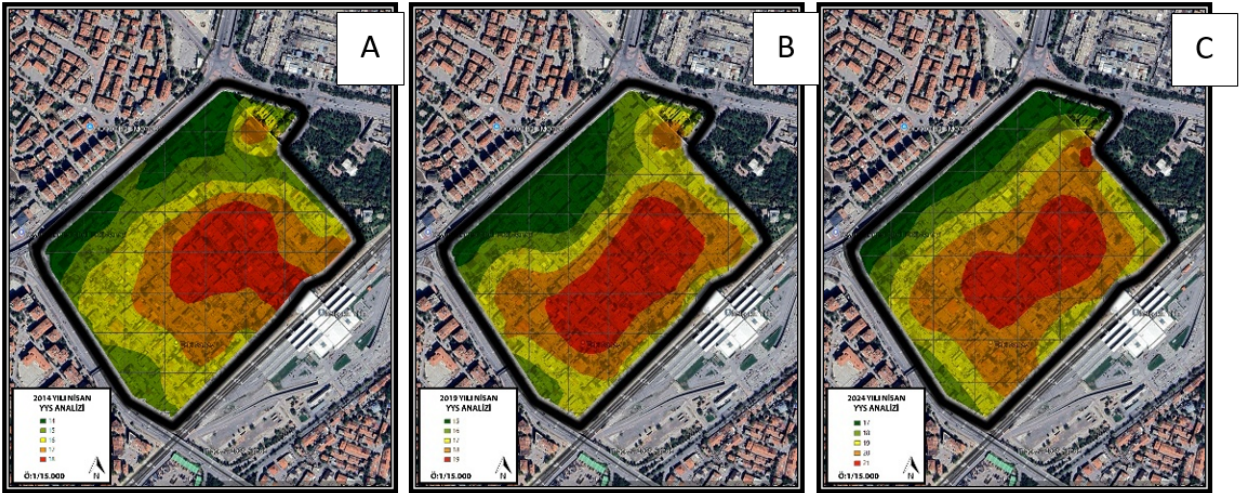


Şekil 22. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ekim Ayı NDBİ Analizi

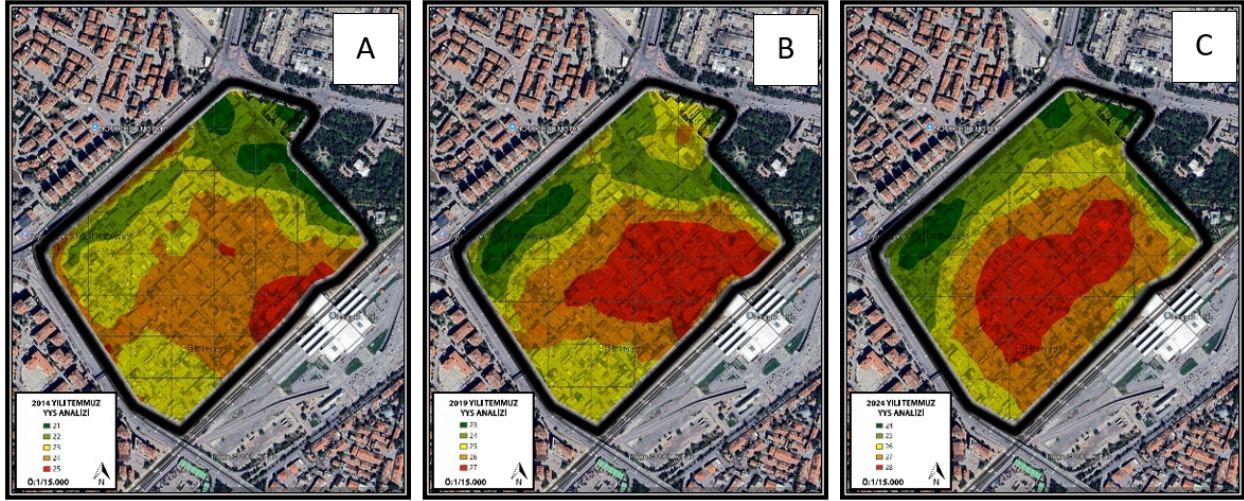
LST analizleri, sanayi bölgesinde yıllar içinde artan yüzey sıcaklıklarını ve kentsel ısı adası etkisini açıkça ortaya koymaktadır. 2014 yılında sıcaklıklar Ocak'ta 4.7°C, Nisan'da 17.9°C, Temmuz'da 25.1°C, Ekim'de ise 16.2°C olarak ölçülmüş, henüz belirgin bir ısı adası etkisi gözlenmemiştir. 2019 yılında sıcaklıklar yükselerek Temmuz'da 26.8°C'ye ulaşmış ve geçirimsiz yüzey artışının etkileri hissedilmeye başlanmıştır. 2024 yılına gelindiğinde ise Temmuz sıcaklığı 28.7°C'ye çıkarak, 10 yılda yaklaşık 3.6°C'lik bir artış göstermiştir. Bu durum, yoğun yapılaşma ve azalan yeşil alanların bölgenin mikro iklimini olumsuz etkilediğini ortaya koymaktadır.



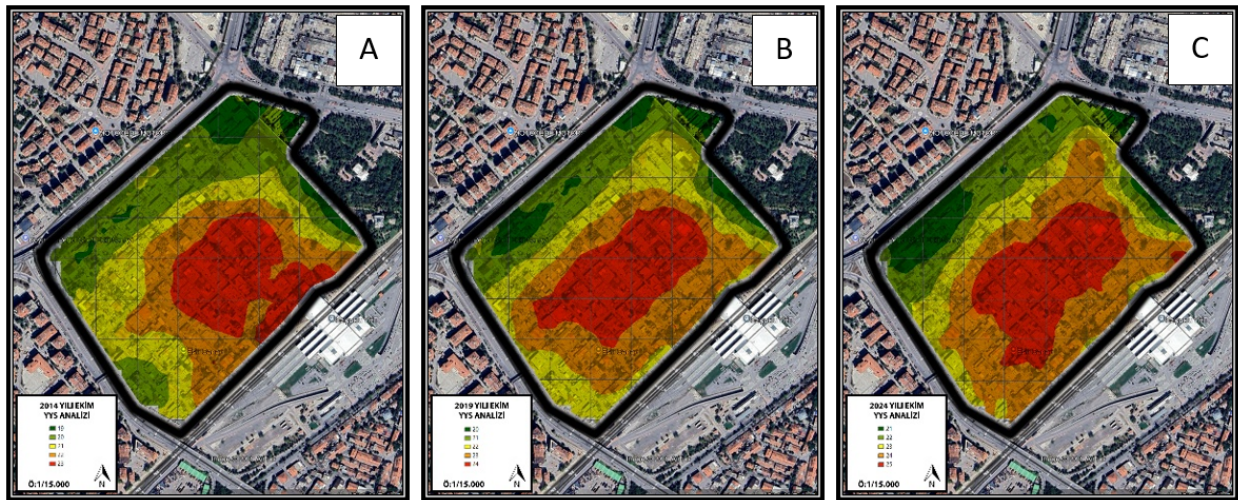
Şekil 23. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ocak Ayı YYS Analizi



Şekil 24. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Nisan Ayı YYS Analizi



Şekil 25. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Temmuz Ayı YYS Analizi



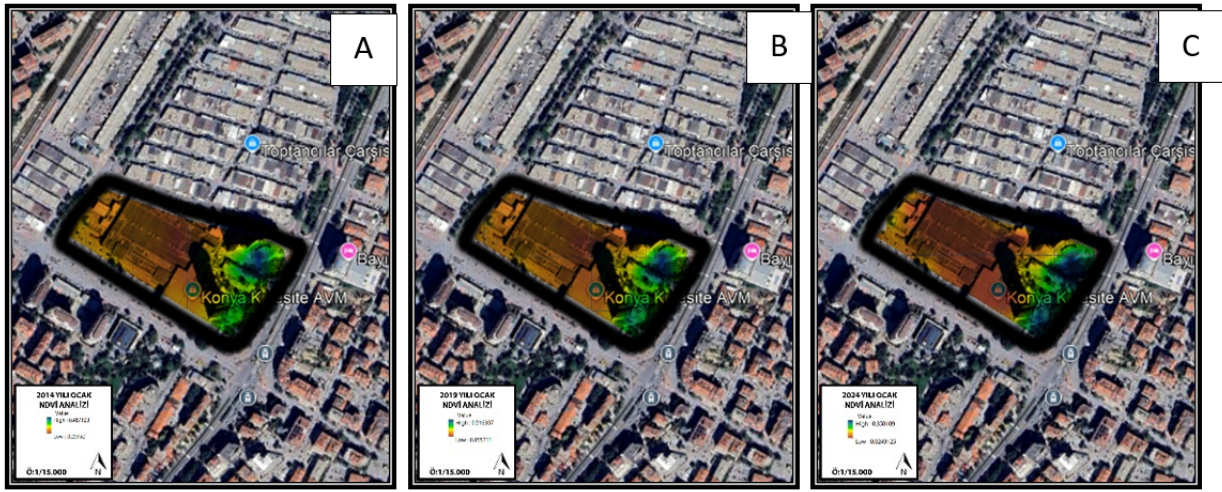
Şekil 26. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ekim Ayı YYS Analizi

Kulesite AVM Çevresi (Kent Merkezi)

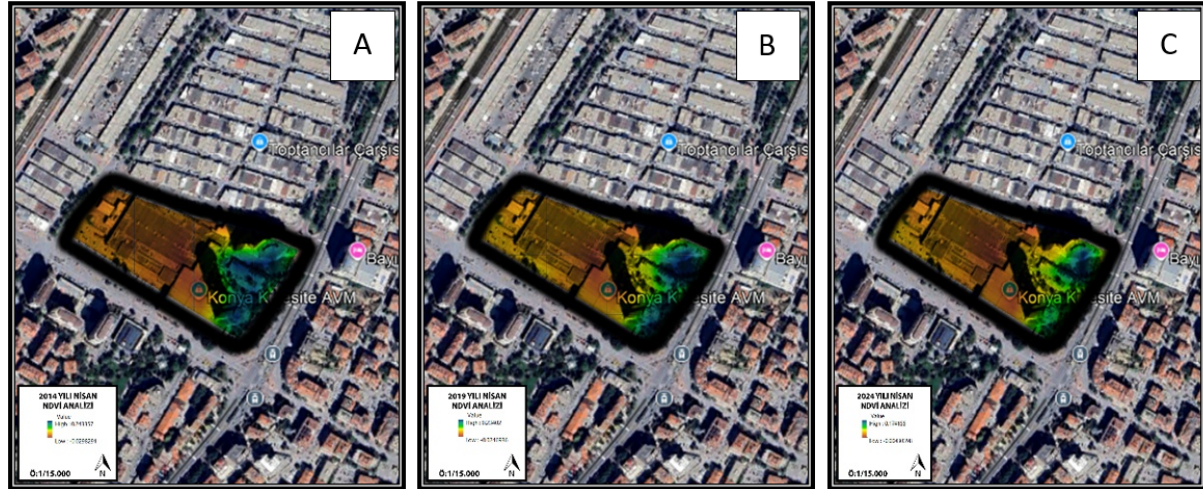
Konya kent merkezinin yoğun yapılaşmaya sahip en önemli odak noktalarından biri olan bu alanda, kentsel ısı adası etkisi en belirgin biçimde gözlemlenmektedir. Alan, yüksek katlı konutlar, alışveriş merkezleri ve ticari yapılar ile karakterize olmuş, geçirimsiz yüzeylerin büyük bir kısmı asfalt, beton ve cam gibi yüksek ısı tutma kapasitesine sahip malzemelerle kaplanmıştır. Bu morfolojik yapı, hem bitki örtüsünün azalmasına hem de termal dengenin bozulmasına neden olmaktadır.

Bölgede yapıların taban alanını tanımlayan TAKS oranı yaklaşık 0,50 civarındadır; bu da yapıların parsellerin yarısını kapladığını göstermektedir. Kat alanı katsayısını ifade eden KAKS değerleri ise genellikle 2,00 ile 2,50 arasında değişmektedir. Bu yüksek KAKS oranı, çok katlı ve yoğun kullanımlı yapılaşmanın varlığına işaret etmektedir. Ticari ve konut işlevlerinin iç içe geçtiği bu alanda, yapı yoğunluğu ile yüzey sıcaklıkları arasında güçlü bir ilişki gözlemlenmiştir.

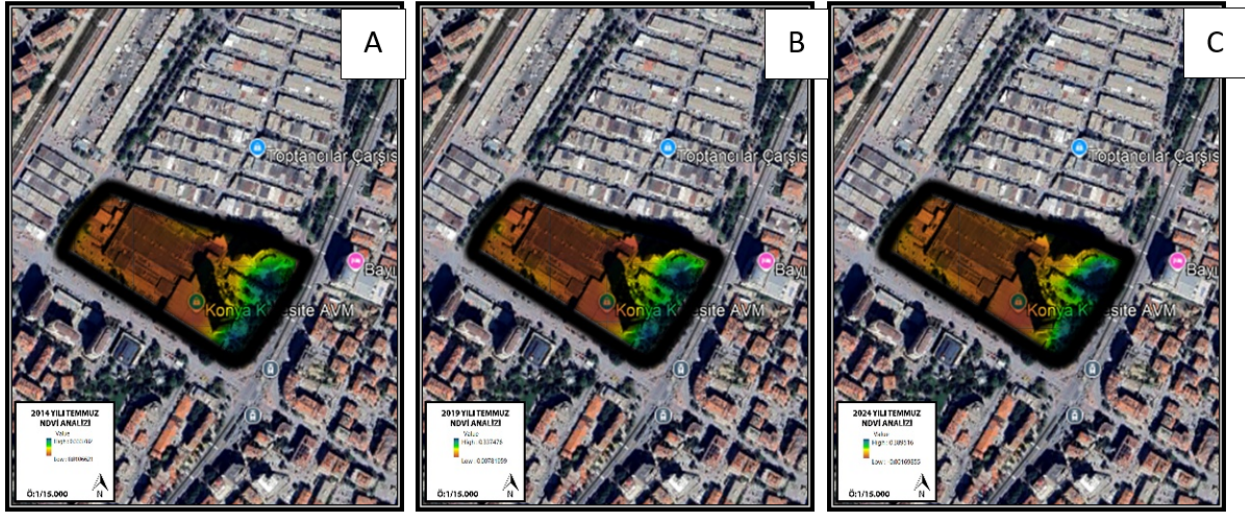
2014 yılı NDVI analizlerine göre, Ocak ayında değer 0.11, Nisan ayında 0.23, Temmuz ayında 0.18 ve Ekim ayında 0.16 olarak ölçülmüştür. Bu durum, ilkbaharda sınırlı da olsa yeşil doku varlığını, yaz aylarında ise sıcaklık stresi nedeniyle azalma eğilimini yansıtmaktadır. 2019 yılında NDVI değerleri Ocak'ta 0.09, Nisan'da 0.20, Temmuz'da 0.15 ve Ekim'de 0.13 seviyelerine gerilemiş; bu düşüş, bitki örtüsünün zaman içinde zayıfladığını göstermiştir. 2024 yılına gelindiğinde ise Ocak ayında 0.08, Nisan'da 0.17, Temmuz'da 0.12 ve Ekim ayında 0.10 olarak ölçülen NDVI değerleri, sanayi alanındaki yeşil dokunun ciddi şekilde kayba uğradığını ve ekolojik işlevselliğin giderek zayıfladığını ortaya koymaktadır.



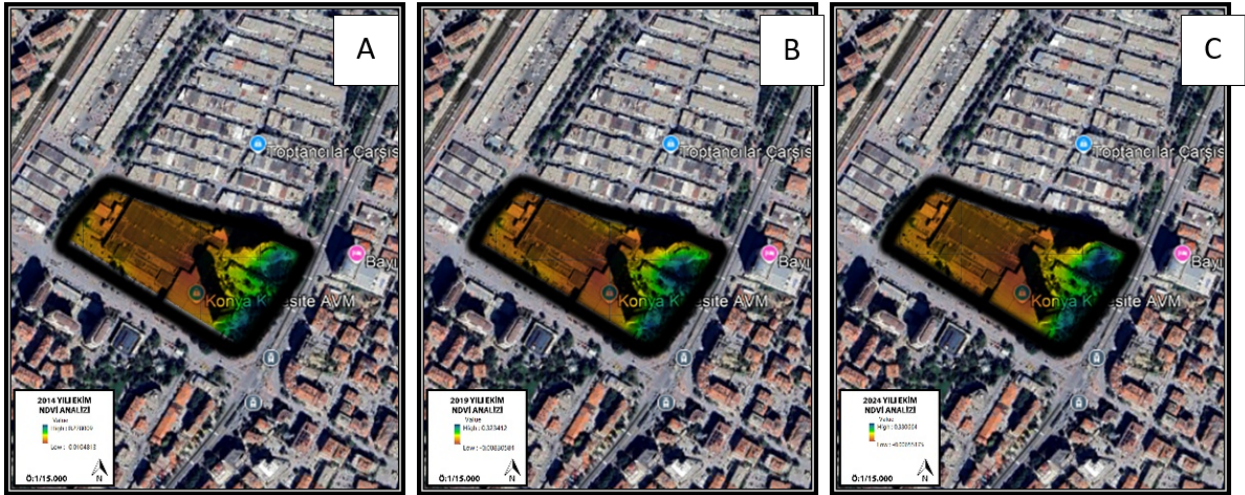
Şekil 27. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ocak Ayı NDVI Analizi



Şekil 28. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Nisan Ayı NDVI Analizi

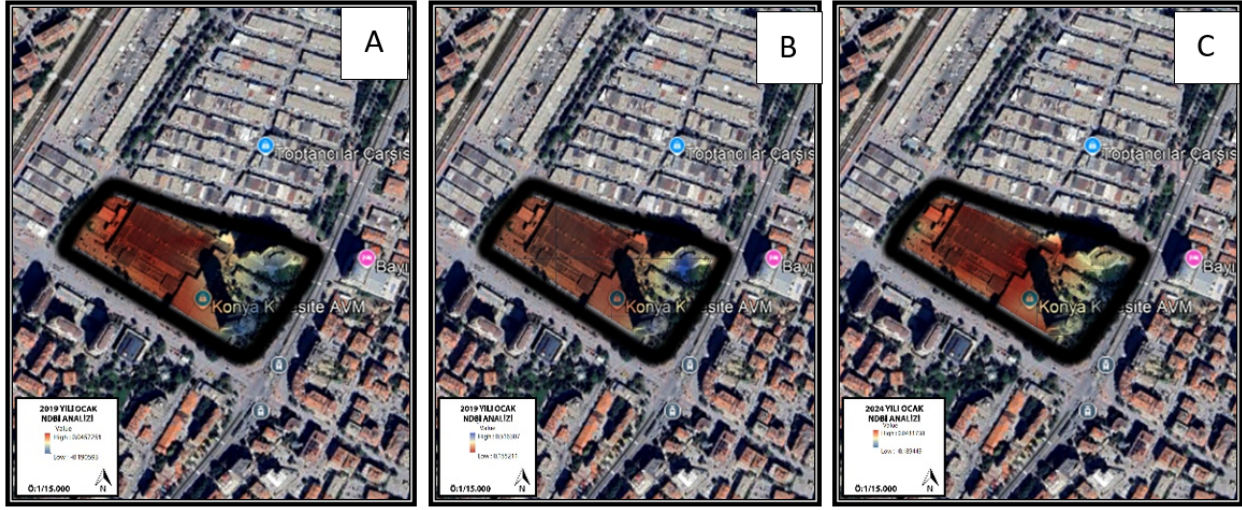


Şekil 29. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Temmuz Ayı NDVİ Analizi

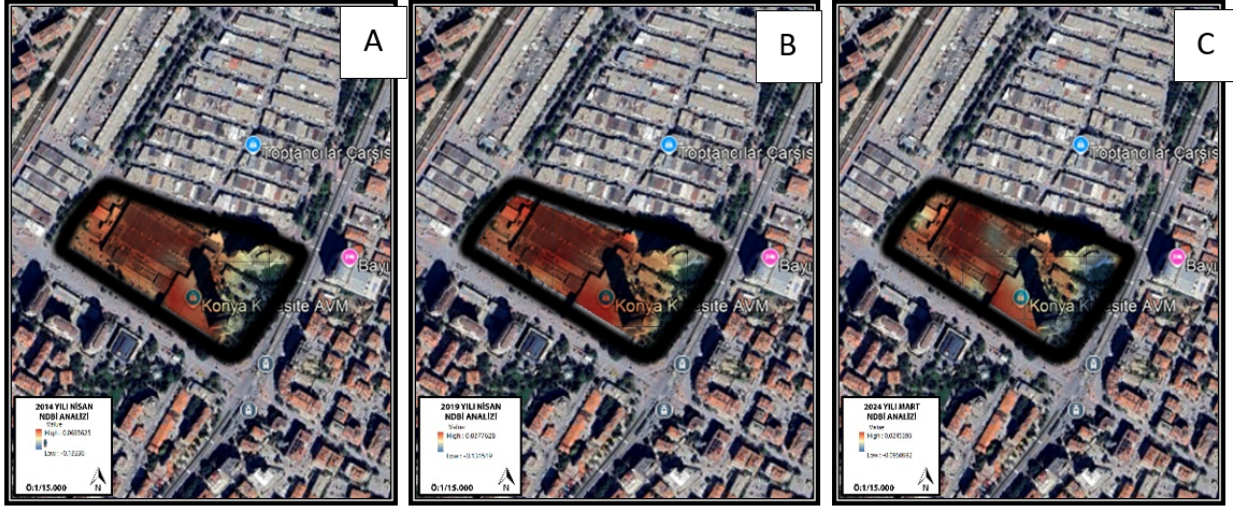


Şekil 30. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ekim Ayı NDVİ Analizi

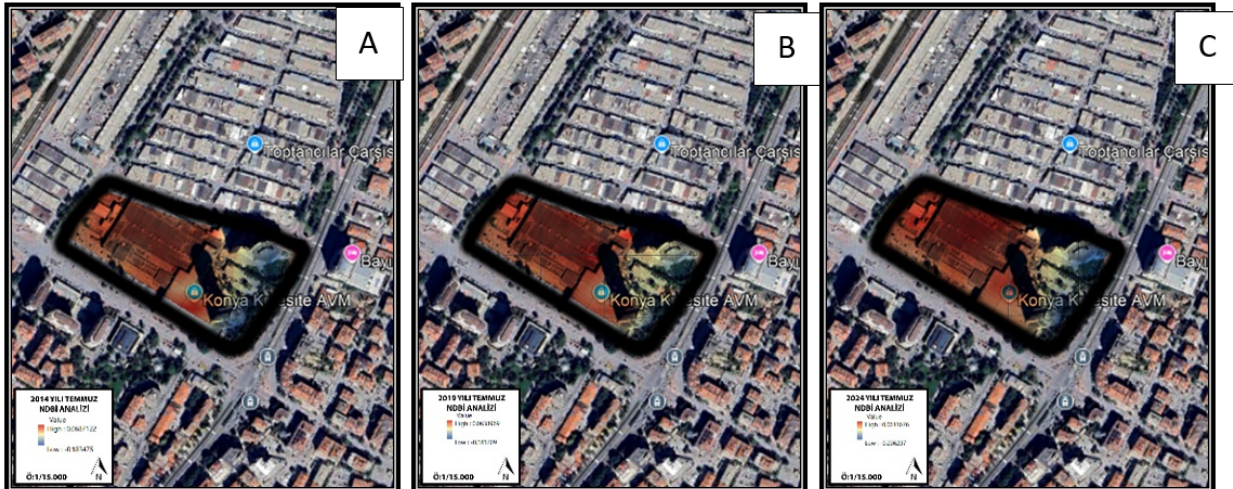
2014 yılında NDBI değerleri Ocak'ta +0.42, Nisan'da +0.44, Temmuz'da +0.45 ve Ekim'de +0.43 olarak ölçülmüş; bu dönemde yapılaşma sınırlı, geçirimsiz yüzey oranı düşüktür. 2019 yılında ise Ocak'ta +0.56, Nisan'da +0.58, Temmuz'da +0.60 ve Ekim'de +0.57 değerlerine ulaşılmış; yapı yoğunluğu artmış, geçirimsiz yüzeylerin yaygınlaştığı görülmüştür. 2024 yılında Ocak'ta +0.68, Nisan'da +0.70, Temmuz'da +0.71 ve Ekim'de +0.69 olarak ölçülen NDBI değerleri, yoğun yapılaşma ve düşük yansıtıcı yüzey malzemelerinin kent merkezinde baskın hale geldiğini göstermektedir. Bu eğilim, yüzeylerin daha fazla ısı biriktirerek gece boyunca çevreye yaydığı ve kentsel ısı adası etkisini güçlendirdiğini ortaya koymaktadır.



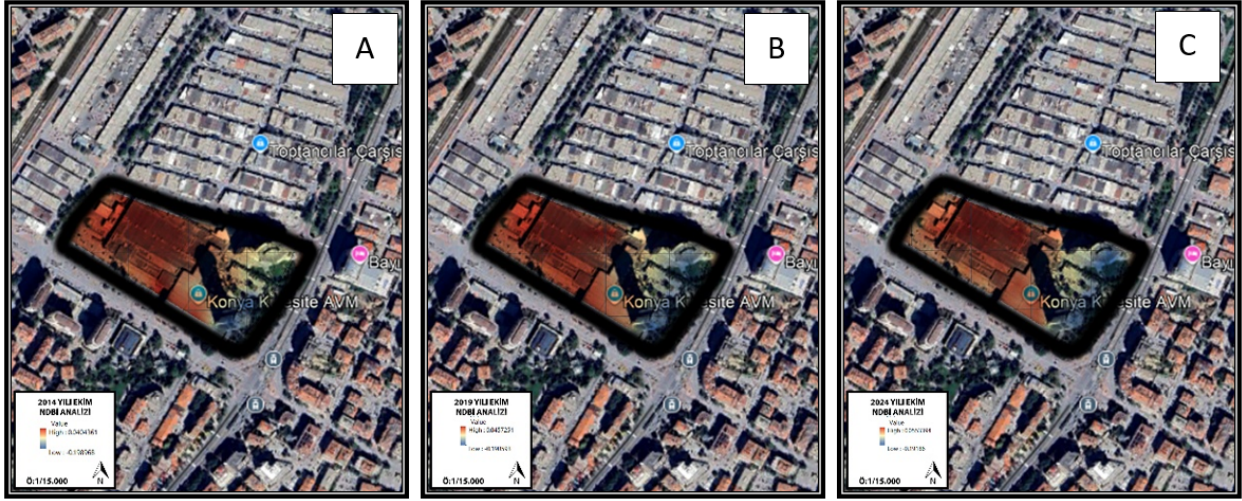
Şekil 31. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ocak Ayı NDBİ Analizi



Şekil 32. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Nisan Ayı NDBİ Analizi

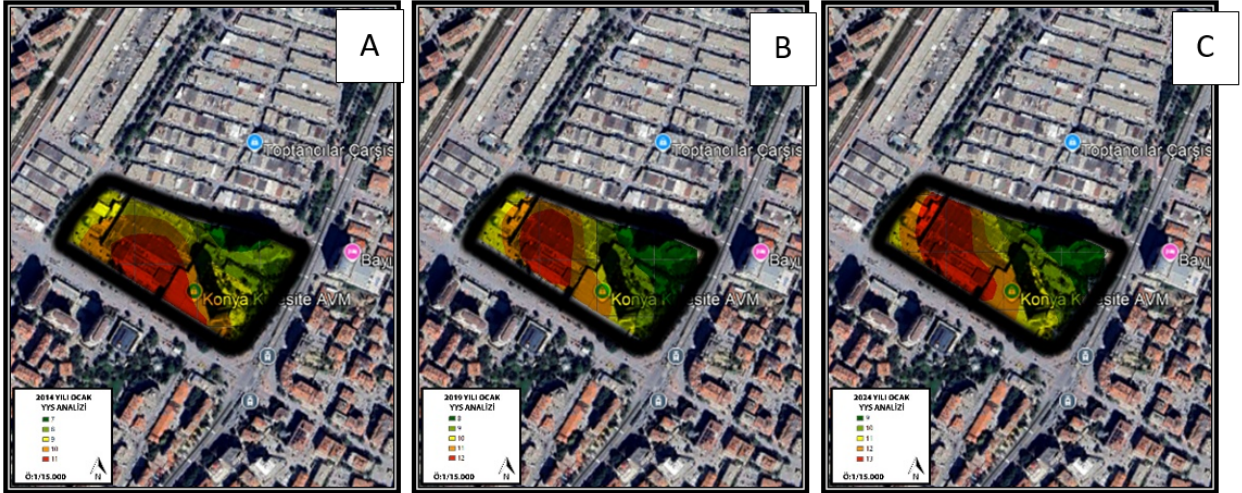


Şekil 33. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Temmuz Ayı NDBİ Analizi

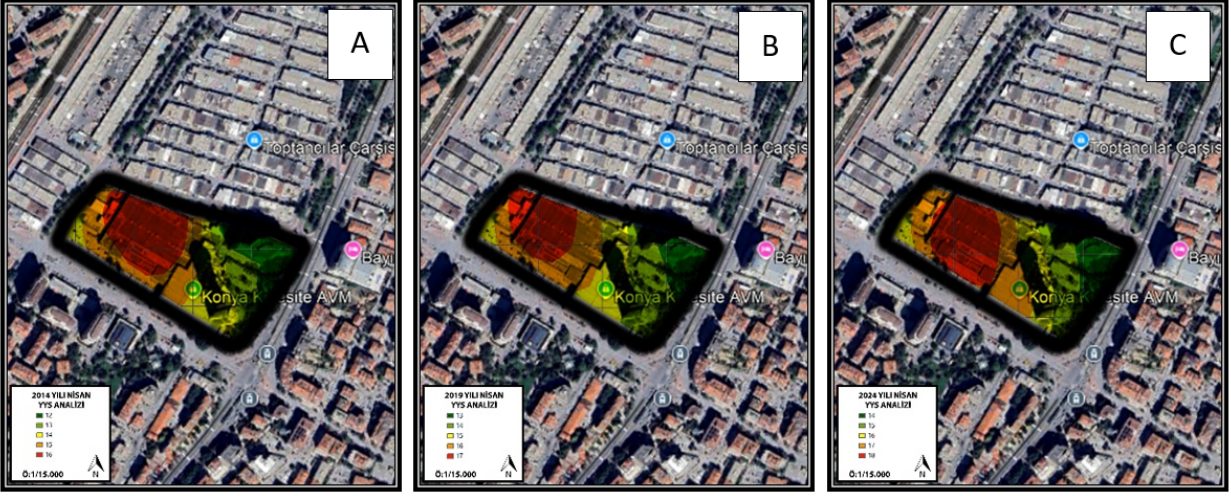


Şekil 34. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ekim Ayı NDBİ Analizi

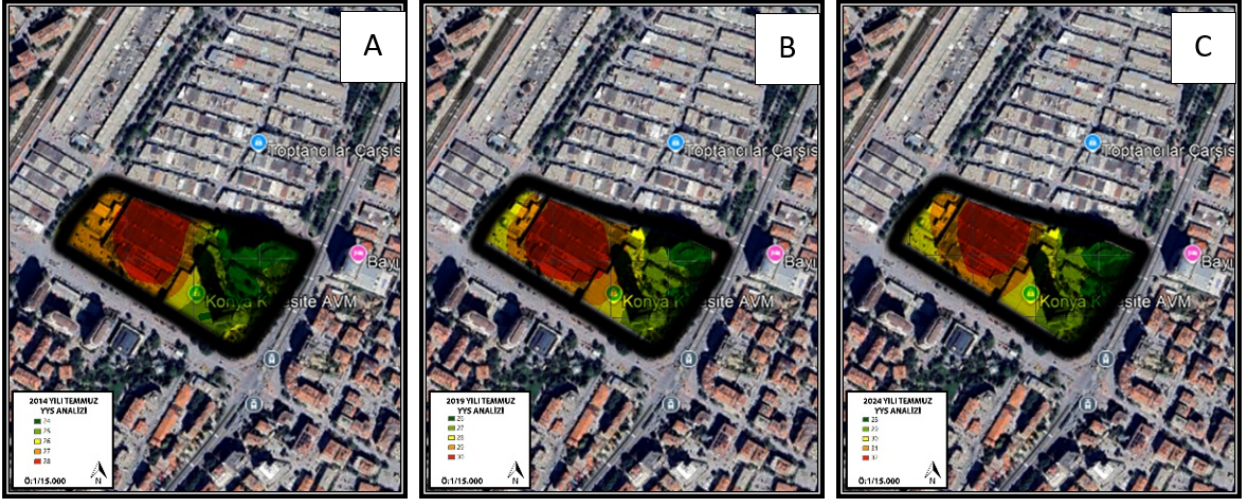
Arazi yüzey sıcaklığı (LST) analizleri yıllar içinde belirgin bir artış göstermektedir. 2014 yılında Ocak ayında ortalama LST 8.1°C, Nisan'da 18.7°C, Temmuz'da 28.3°C, Ekim'de ise 21.5°C olarak ölçülmüştür. 2019'da bu değerler sırasıyla 9.2°C, 20.3°C, 29.7°C ve 22.8°C'ye yükselmiştir. 2024 yılına gelindiğinde ise Ocak'ta 10.4°C, Nisan'da 22.1°C, Temmuz'da 31.2°C ve Ekim'de 24.5°C gibi daha yüksek sıcaklık değerleri kaydedilmiştir. Bu artış eğilimi, özellikle yaz aylarında termal yük birikiminin arttığını, kış aylarında ise yapı malzemelerinin gece boyunca ısıyı tutarak yüzey sıcaklıklarını yüksek tuttuğunu göstermektedir. Sürekli artan yüzey sıcaklıkları, enerji tüketimini yükseltmekte ve kent merkezini iklim değişikliği karşısında daha kırılgan hale getirmektedir.



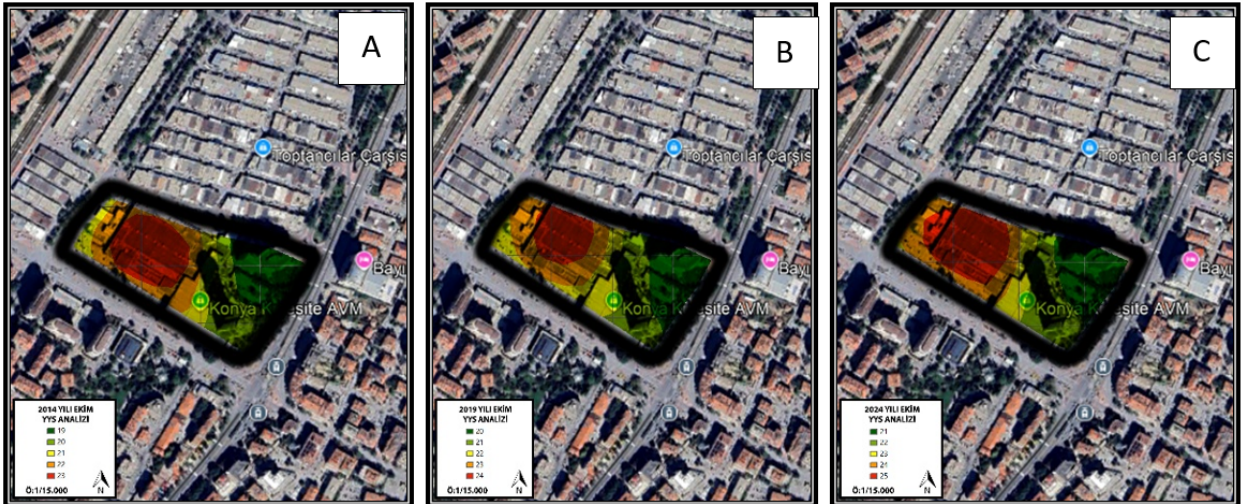
Şekil 35. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ocak Ayı YYS Analizi



Şekil 36. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Nisan Ayı YYS Analizi



Şekil 37. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Temmuz Ayı YYS Analizi



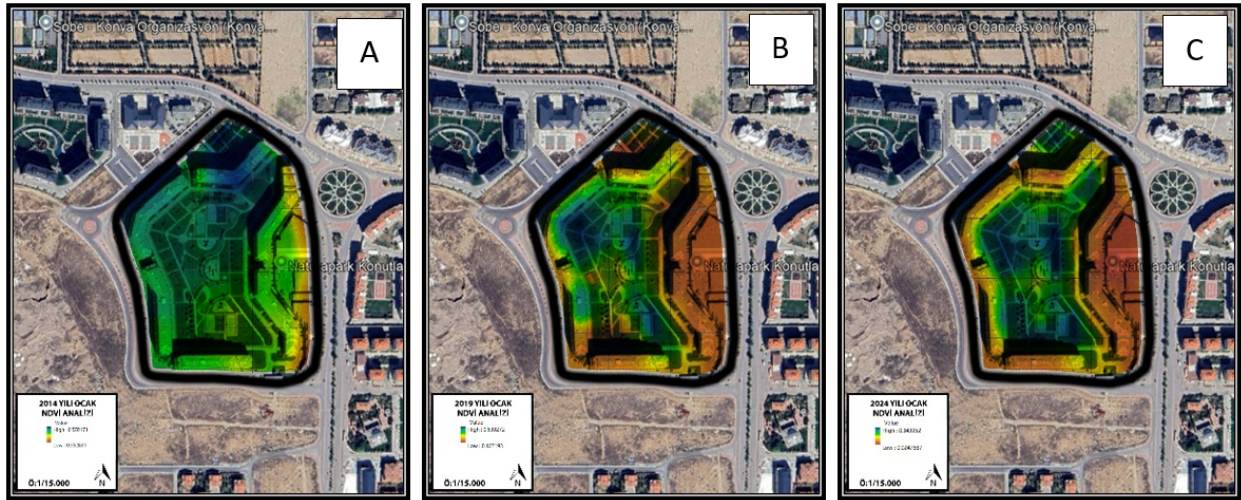
Şekil 38. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ekim Ayı YYS Analizi

Yazır Mahallesi (Yeni Gelişen Kapalı Siteler)

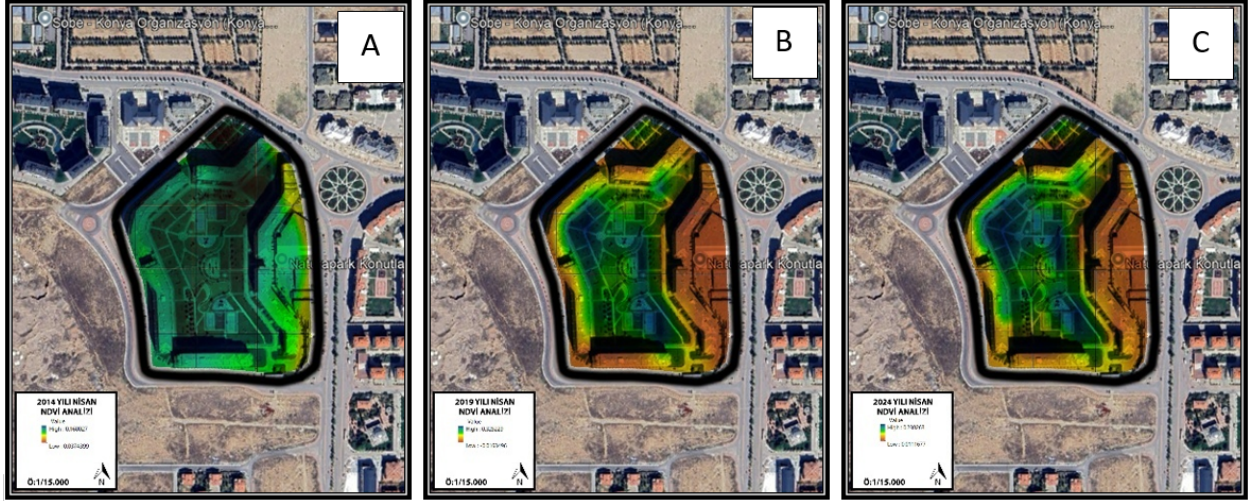
Yazır Mahallesi, Konya kent bütünü içerisinde son yıllarda gelişen ve planlı kentsel yerleşim örneği olarak öne çıkan bir alandır. Bölgedeki mekânsal düzenlemeler, modern konut siteleri, toplu yaşam alanları ve görece geniş tutulmuş yeşil alan entegrasyonu ile karakterize edilmektedir. Bu planlama yaklaşımı, kentsel büyümeye rağmen çevresel sürdürülebilirliğin ve mikroklimatik dengenin belirli ölçüde korunabilmesini sağlamıştır.

Bölgede yapılaşma, genellikle 8 ila 14 kat arasında değişen güvenlikli/kapalı site tipi çok katlı konutlardan oluşmaktadır. Buna karşın, yapı adaları içerisinde geniş yeşil alanlar bırakılmış ve yapılar arası mesafeler korunmuştur. Bu durum, yapı yoğunluğunu sınırlandıran planlama kararlarının etkisini ortaya koymaktadır. Ortalama TAKS değeri 0,20, KAKS değeri ise yaklaşık 1,64'tür. Bu oranlar, yapıların yatayda sınırlı kalıp, düşeyde ise yoğunlaştığını, ancak çevresel boşlukların korunduğunu göstermektedir.

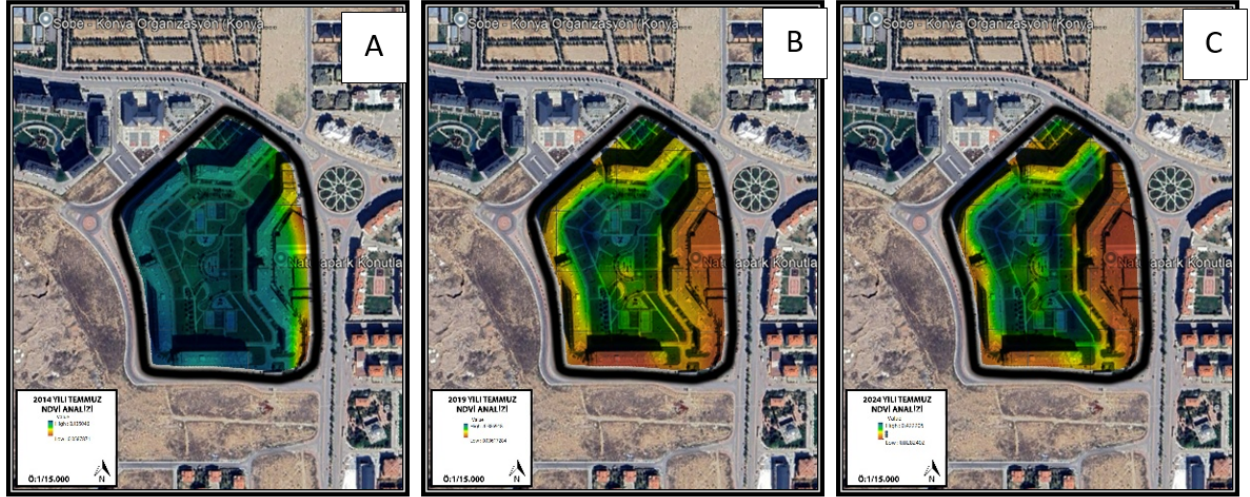
NDVI analizleri, Yazır Mahallesi'nde 2014 yılında özellikle Nisan ayında 0.55, Temmuz'da 0.48, Ekim'de 0.42 ve Ocak'ta 0.30 civarındaki değerlerle sağlıklı bir bitki örtüsünü işaret etmektedir. 2019 yılında bu değerler Nisan'da 0.50, Temmuz'da 0.41, Ekim'de 0.39 ve Ocak'ta 0.28 düzeyinde gerçekleşmiştir. 2024 yılına gelindiğinde ise Nisan ayında NDVI 0.44, Temmuz'da 0.34, Ekim'de 0.36 ve Ocak'ta 0.26 olarak ölçülmüştür. Zaman içinde görülen bu azalma, artan yapılaşma ve yaz aylarındaki sulama yetersizliğinin bitki örtüsü üzerindeki olumsuz etkilerini ortaya koymaktadır. Buna rağmen Yazır Mahallesi, NDVI değerleri bakımından kent merkezi ve sanayi bölgesine göre daha yüksek seviyelerde kalmaya devam etmiş, bu da bölgedeki peyzaj düzenlemelerinin ve yeşil alanların mikroklimayı olumlu yönde etkilemeyi sürdürdüğünü göstermektedir.



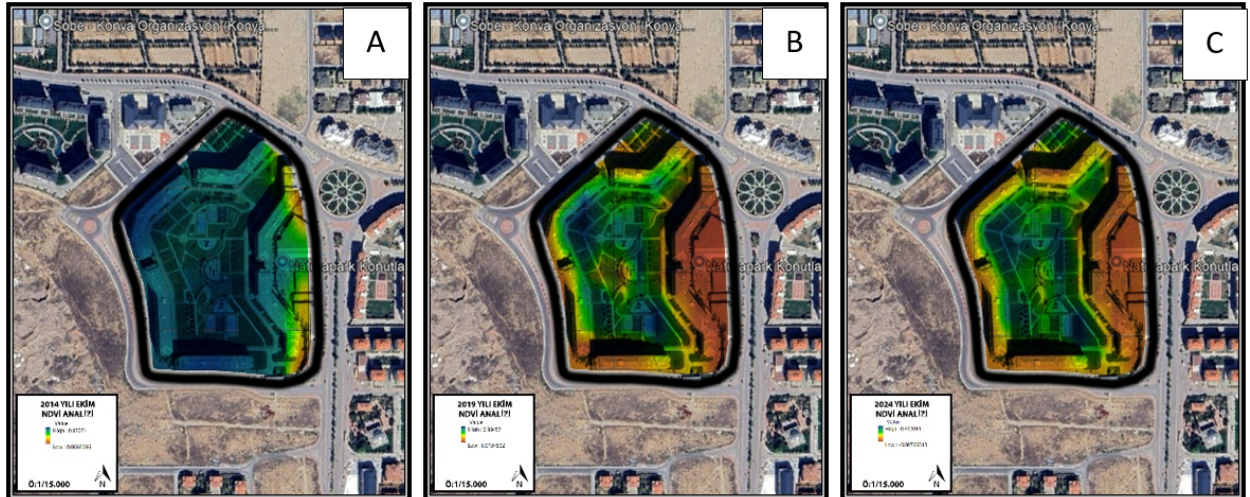
Şekil 39. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ocak Ayı NDVI Analizi



Şekil 40. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Nisan Ayı NDVİ Analizi

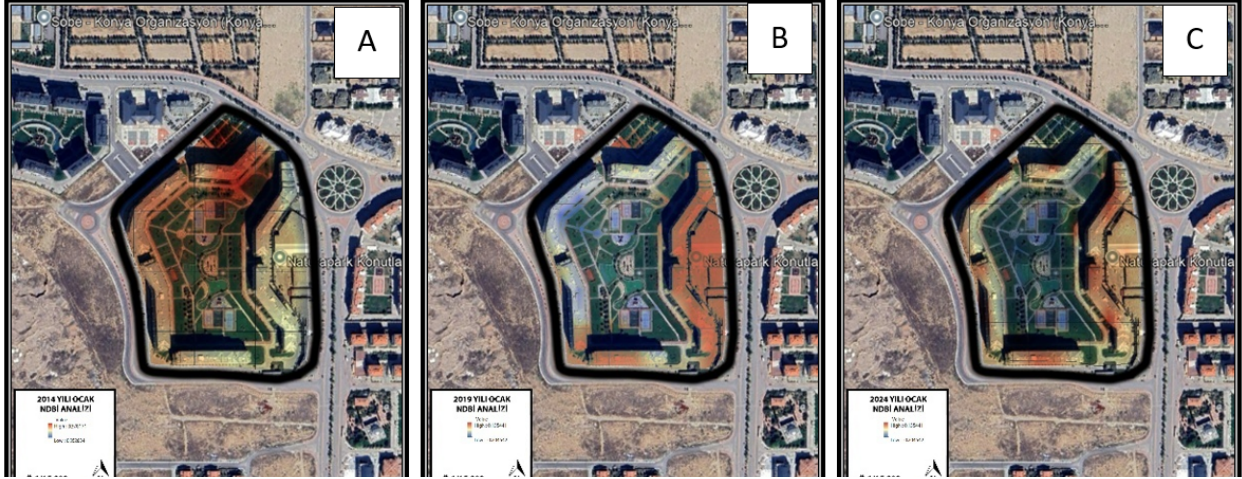


Şekil 41. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Temmuz Ayı NDVİ Analizi

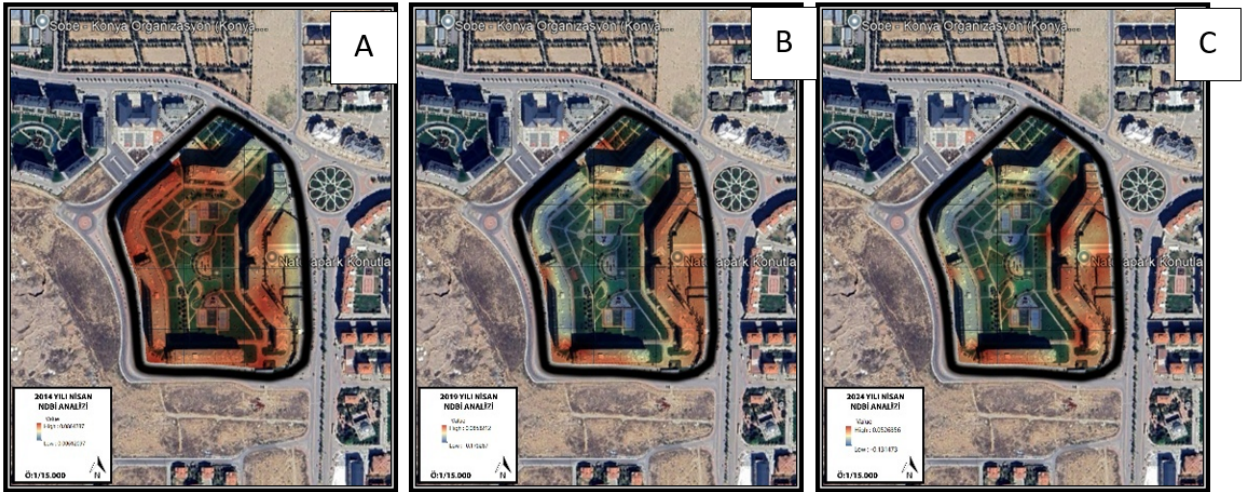


Şekil 42. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ekim Ayı NDVİ Analizi

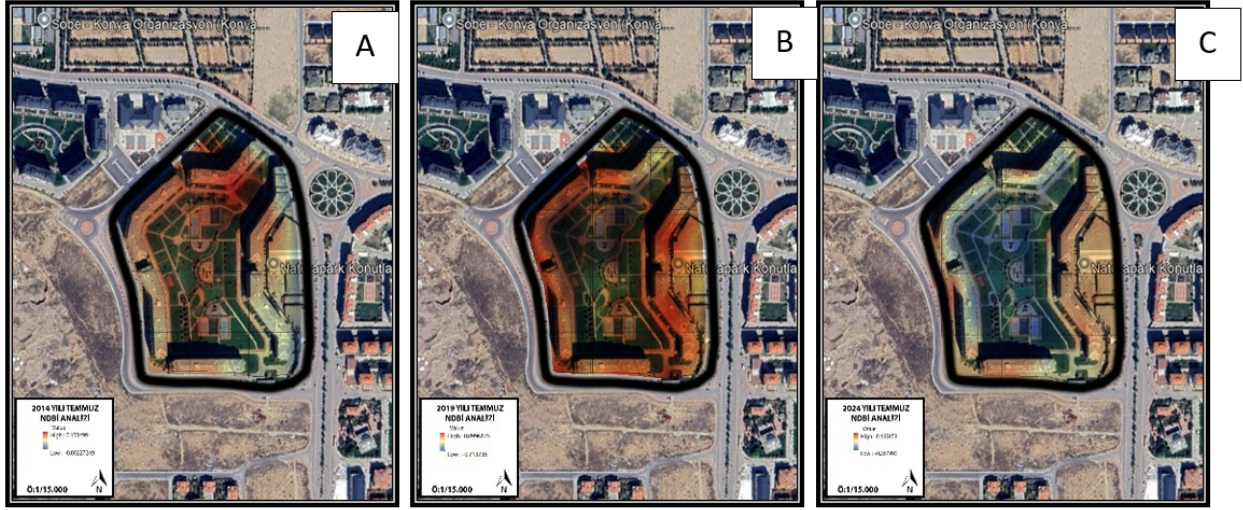
NDBI analizlerine göre, 2014 yılında Yazır Mahallesi'nde ortalama değerler Ocak'ta +0.16, Nisan'da +0.17, Temmuz'da +0.18 ve Ekim'de +0.17 civarında ölçülmüştür. 2019 yılında bu değerler sırasıyla +0.22, +0.25, +0.26 ve +0.24 seviyelerine yükselmiş; 2024 yılında ise Ocak'ta +0.32, Nisan'da +0.34, Temmuz'da +0.35 ve Ekim'de +0.33 olarak kaydedilmiştir. Bu artış, yapılaşmanın son on yılda düzenli şekilde ilerlediğini göstermektedir. NDBI değerlerinin diğer bölgelere kıyasla daha sınırlı yükselmesi, yapı yoğunluğundaki artışın planlama ilkeleri doğrultusunda gerçekleştiğini ve yeşil alanların büyük ölçüde korunabildiğini ortaya koymaktadır.



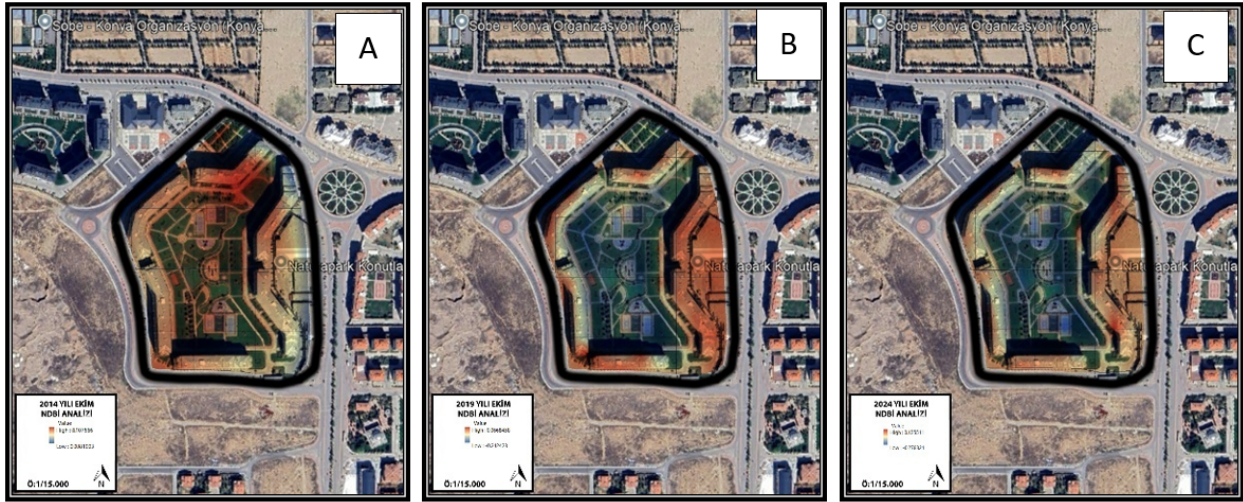
Şekil 43. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ocak Ayı NDBİ Analizi



Şekil 44. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Nisan Ayı NDBİ Analizi

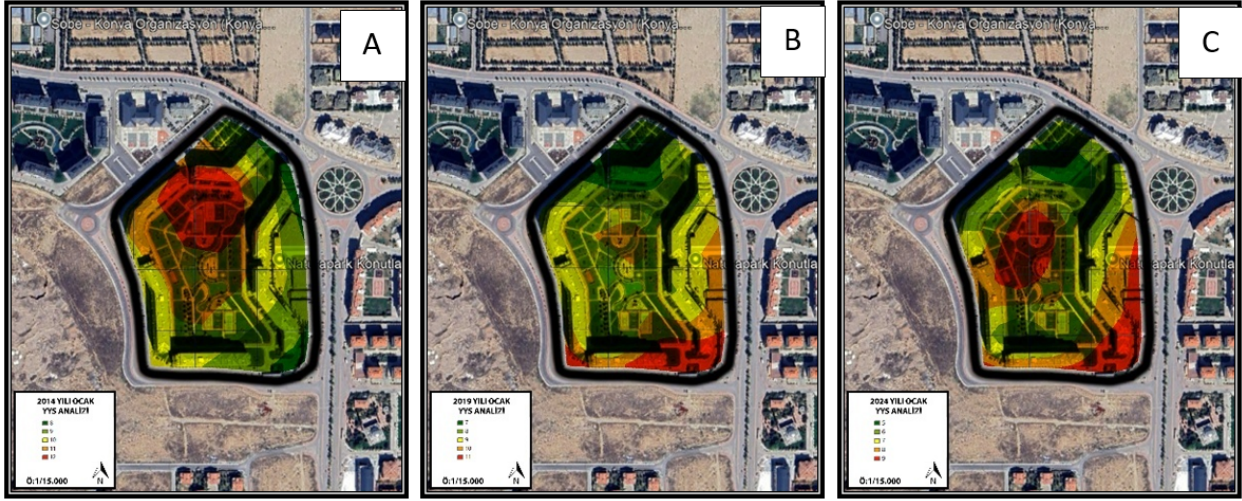


Şekil 45. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Temmuz Ayı NDBİ Analizi

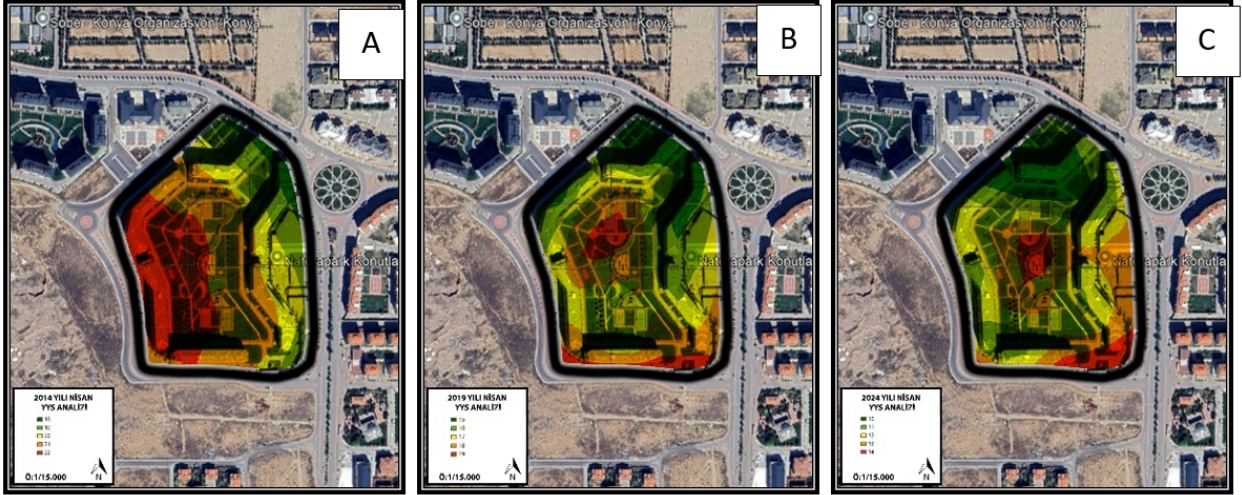


Şekil 46. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ekim Ayı NDBİ Analizi

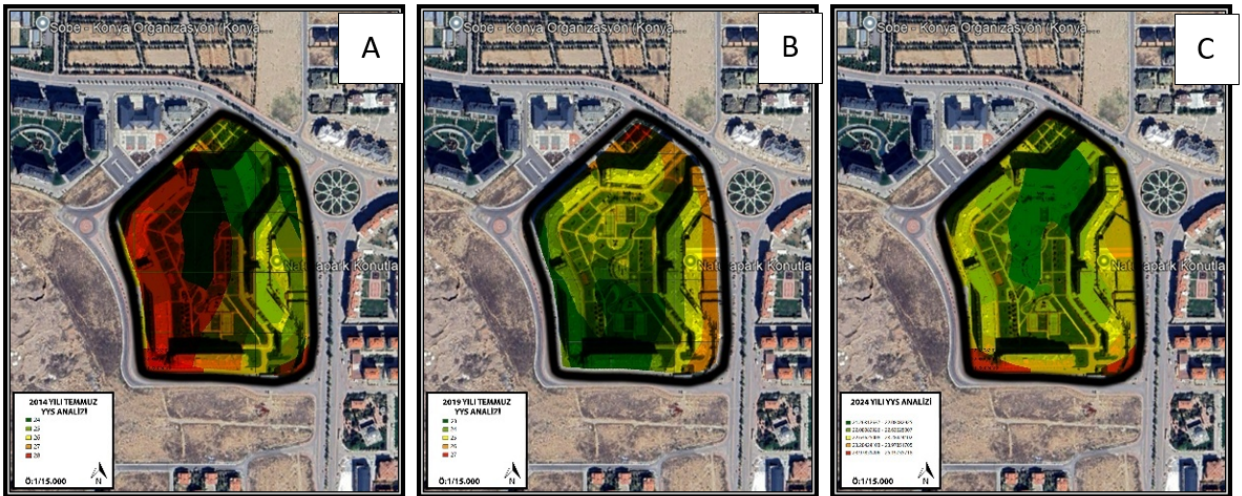
LST analizleri, Yazır Mahallesi'nde diğer bölgelere kıyasla daha düşük yüzey sıcaklıkları gözlemlendiğini ortaya koymaktadır. 2014 yılında Ocak'ta 5.6 °C, Nisan'da 14.2 °C, Temmuz'da 20.8 °C ve Ekim'de 16.9 °C olarak ölçülen sıcaklıklar, 2019'da sırasıyla 6.3 °C, 15.5 °C, 21.7 °C ve 17.6 °C'ye yükselmiş; 2024 yılında ise Ocak'ta 7.1 °C, Nisan'da 17.1 °C, Temmuz'da 22.6 °C ve Ekim'de 18.4 °C seviyelerine ulaşmıştır. Yüzey sıcaklıklarındaki artış oranı düşük düzeyde kalmış, bu da yeşil alan varlığı, geçirgen/emici yüzeylerin kullanımı ve planlı kentsel dokunun, Yazır Mahallesi'nde termal stresin artmasını önlediğini göstermektedir. Özellikle yaz aylarında bitki örtüsünün buharlaşma yoluyla sağladığı soğutma etkisi ve gölgelik alanların fazlalığı, kentsel ısı adası etkisinin baskılanmasında önemli rol oynamıştır.



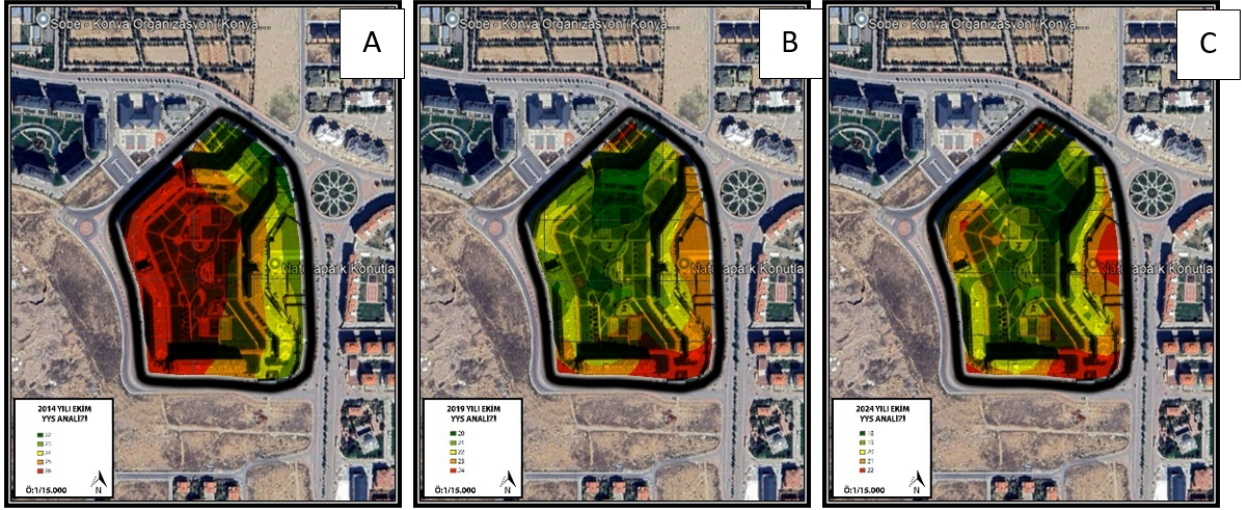
Şekil 47. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ocak Ayı YYS Analizi



Şekil 48. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Nisan Ayı YYS Analizi



Şekil 49. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Temmuz Ayı YYS Analizi



Şekil 50. (A) 2014 Yılı, (B) 2019 Yılı, (C) 2024 Yılı Ekim Ayı YYS Analizi

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Konya ili özelinde seçilmiş dört farklı kentsel doku tipine sahip bölgede, 2014, 2019 ve 2024 yıllarına ait Nisan, Temmuz, Ekim ve Ocak aylarını kapsayacak şekilde NDVI, NDBI ve YYS (LST) analizlerinin gerçekleştirilmesiyle, kentleşmenin mikroklima üzerindeki etkilerini mekânsal ve zamansal boyutlarıyla değerlendirmeyi amaçlamıştır. Elde edilen bulgular, kentsel doku özellikleri ile mikroklimatik koşullar arasında güçlü ve sistematik bir ilişkinin var olduğunu açık biçimde ortaya koymaktadır.

Doğal zemin örtüsünün nispeten korunabildiği, düşük yoğunluklu ve planlı yapılaşmanın görüldüğü alanlarda (örneğin düşük yoğunluklu konut alanı ve Yazır Mahallesi), NDVI değerlerinin yüksek, NDBI ve LST değerlerinin ise daha düşük seyrettiği tespit edilmiştir. Buna karşın, sanayi bölgesi ve kent merkezi gibi yüksek yapı yoğunluğuna, düşük yeşil alan oranına ve yaygın geçirimsiz yüzey kaplamalarına sahip alanlarda NDVI değerlerinde belirgin düşüşler; NDBI ve LST değerlerinde ise dikkat çekici artışlar gözlemlenmiştir. Özellikle yaz aylarında, kent merkezi ve sanayi bölgesinde ölçülen LST değerlerinin 30 °C'nin üzerine çıktığı ve ısı adası etkisinin şiddetlendiği anlaşılmıştır. Kış aylarında ise bu bölgelerde ısıyı depolayan yapay yüzeylerin etkisiyle LST değerlerinin diğer bölgelere göre daha yüksek kaldığı saptanmıştır.

Yapılan karşılaştırmalar, kentsel planlamanın mikroklimatik koşulları doğrudan etkileyen temel bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Planlı kentsel gelişme modeliyle şekillenmiş Yazır Mahallesi, yeşil alan entegrasyonu ve yapı yoğunluğunun kontrollü tutulması sayesinde, diğer bölgelere kıyasla hem daha düşük yüzey sıcaklığı hem de daha yüksek NDVI değerleri ile mikroklimatik dengeyi görece olarak koruyabilmiştir. Buna karşılık, kontrolsüz yapılaşma ve yetersiz yeşil alan planlaması, kentsel ısı adası etkisini artırmış ve yerel termal konfor koşullarını olumsuz etkilemiştir.

Bu bulgular doğrultusunda aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

- **Yeşil Altyapının Güçlendirilmesi:** Kentsel alanlarda yeşil alanların artırılması, sürdürülebilir peyzaj planlamasıyla birlikte kent dokusuna bütüncül biçimde entegre edilmesi, mikroklimayı iyileştirici etkisi nedeniyle öncelikli bir planlama unsuru olmalıdır.
- **Geçirimsiz Yüzeylerin Azaltılması:** Sert zemin kaplamalarının yoğun olduğu bölgelerde geçirgen/emici malzeme kullanımının yaygınlaştırılması ve doğal su döngüsünü destekleyen çözümlerin uygulanması hem yüzey sıcaklığını azaltacak hem de kent ekosistemini destekleyecektir.
- **Kompakt ve Dengeli Kentsel Gelişme:** Yüksek yoğunluklu yapılaşmanın yerine, daha dengeli TAKS ve KAKS oranlarıyla planlanmış, yeşil altyapıyla desteklenmiş kompakt kentsel modeller benimsenmelidir.
- **Isı Adası Etkisini Azaltıcı Tasarımlar:** Yeşil çatı, dikey bahçe, çatı bahçesi gibi doğa tabanlı çözümler teşvik edilerek kentsel yüzeylerin termal yükü düşürülmeli; özellikle sanayi bölgeleri ve merkezî alanlarda bu tür uygulamalar zorunlu hale getirilmelidir.
- **CBS ve Uzaktan Algılama Destekli İzleme Sistemleri:** Kentsel gelişimin iklimsel etkilerini izleyebilmek adına Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama tekniklerinin belediyeler ve ilgili planlama birimleri tarafından aktif biçimde kullanılması gerekmektedir. Bu sayede, kentsel dönüşüm ve yapılaşma süreçleri bilimsel verilere dayalı olarak yönlendirilebilir.

Sonuç olarak, kentsel doku ve mikroklima arasındaki ilişkinin kent planlaması süreçlerine entegre edilmesi, hem iklim değişikliğinin yerel düzeydeki etkilerinin azaltılması hem de daha yaşanabilir, sağlıklı ve dirençli şehirlerin inşası açısından hayati bir öneme sahiptir. Bu çalışma, kentsel planlama kararlarının yalnızca fiziksel çevreyi değil, aynı zamanda iklimsel konforu ve halk sağlığını doğrudan etkilediğini ortaya koymakta ve doğa ile uyumlu bir kentleşmenin gerekliliğine bilimsel bir zemin sunmaktadır.

7. KAYNAKÇA

- Akbari, H. M. (2012, April 12). The long-term effect of increasing the albedo of urban areas. *Environmental Research Letters*, 7(2), 1-11.
- Artis, D. A. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote sensing of Environment*, 12(4), 313-329.
- Bechtel, B. A. (2015, Şubat 2). Mapping local climate zones for a worldwide database of the form and function of cities. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(1), 200-2019.
- Boyko, C. T. (2011). Clarifying and re-conceptualising density. *Progress in planning*, 76(1), 1-61.
- Brahimi, M. B. (2023, November 28). Enhancing urban microclimates: Potential benefits of greenery strategies in a semi-arid environment. *Sustainability*, 15(23), 1-22.
- Bulkeley, H. (2013). *Cities and climate change*. London, İngiltere: Routledge.
- Changnon, S. A. (1996). Impacts and responses to the 1995 heat wave: A call to action. *Bulletin of the American Meteorological society*, 77(7), 1497-1506.
- Deo, R. C. (2017). Forecasting long-term global solar radiation with an ANN algorithm coupled with satellite-derived (MODIS) land surface temperature (LST) for regional locations in Queensland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 828-848.
- Equere, V. M. (2021, June). Integration of topological aspect of city terrains to predict the spatial distribution of urban heat island using GIS and ANN. *Sustainable Cities and Society*, 69, 1-17.
- He, B. J. (2020). Relationships among local-scale urban morphology, urban ventilation, urban heat island and outdoor thermal comfort under sea breeze influence. *Sustainable Cities and Society*, 60, 1-20.

- Huang, S. T. (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research*, 32(1), 1-6.
- Kim, H. G. (2018, August). Effects of Urban Heat Island mitigation in various climate zones in the United States. *Sustainable Cities and Society*(41), 841-852.
- Nichol, J. &. (2005). Modeling urban environmental quality in a tropical city. *Landscape and urban planning*, 73(1), 49-58.
- Oke, T. R. (1995). The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects. *Wind climate in cities*, 81-107.
- Pearlmutter, D. B. (1999). Microclimatic analysis of "compact" urban canyons in an arid zone. *Atmospheric Environment*, 33(24-25), 4143-4150.
- Poumadere, M. M. (2005). The 2003 heat wave in France: dangerous climate change here and now. *Risk Analysis: an International Journal*, 25(6), 1483-1494.
- Yang, X. C. (2014). A framework for assessment of the influence of China's urban underground space developments on the urban microclimate. *Sustainability*, 6(12), 8536-8566.
- Yin, C. Y. (2018). Effects of urban form on the urban heat island effect based on spatial regression model. *Science of the Total Environment*, 634, 696-704.
- Yuan, F. (2008, December 21). Land-cover change and environmental impact analysis in the Greater Mankato area of Minnesota using remote sensing and GIS modelling. *International Journal of Remote Sensing*, 29(4), 1169-1184.
- Zha, Y. G. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International journal of remote sensing*, 24(3), 583-594.