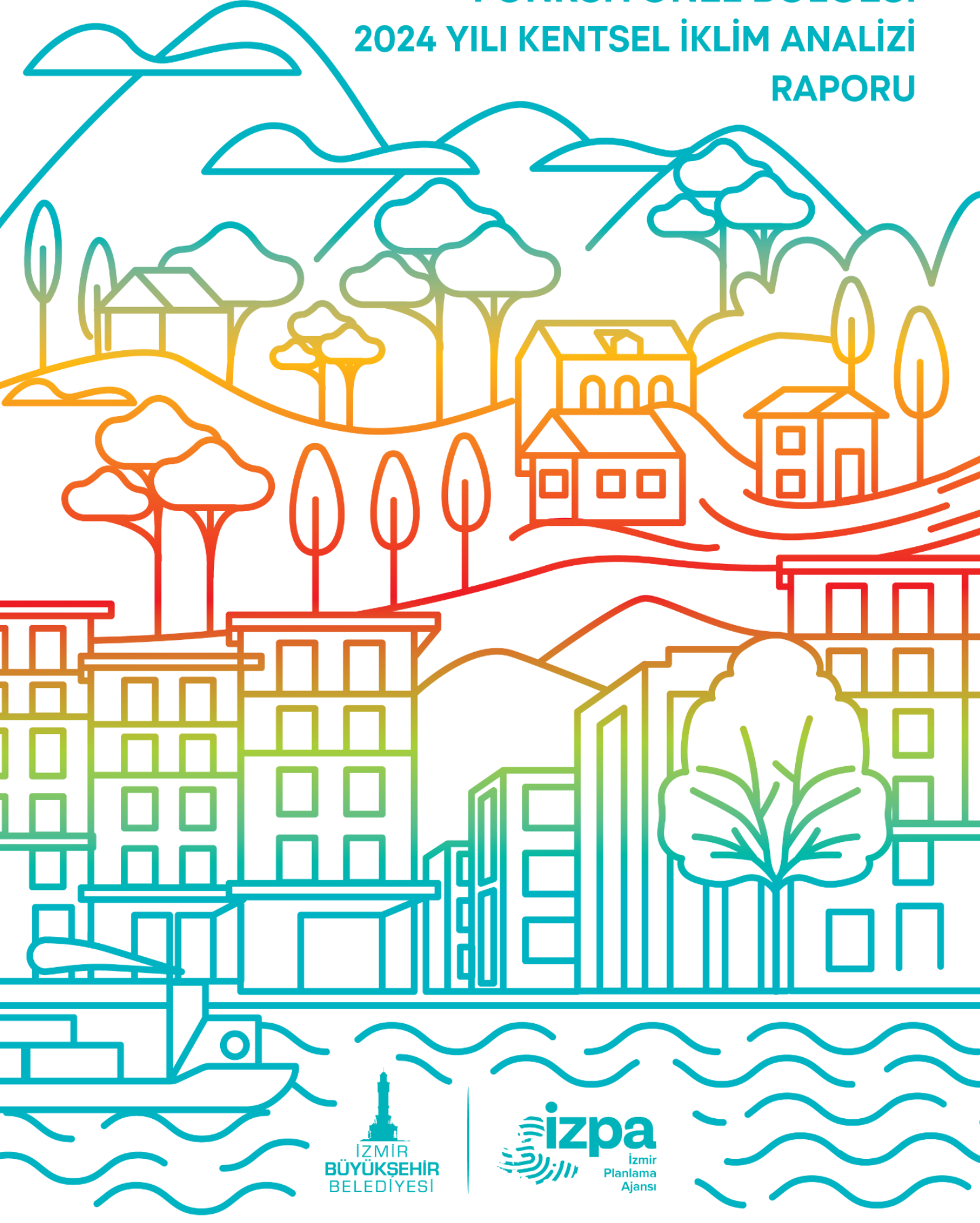


İZMİR KENTSEL
FONKSİYONEL BÖLGESİ
2024 YILI KENTSEL İKLİM ANALİZİ
RAPORU



İZMİR KENTSEL FONKSİYONEL BÖLGESİ

2024 YILI KENTSEL İKLİM ANALİZİ RAPORU

Süpervizör

Koray Velibeyoğlu, Prof. Dr.

Yazarlar

Mehmet Kaya
Burçak Karlı Ölmez
Fulya Çubukcuoğlu

Redaksiyon

Erkan Çınar

Grafik Tasarım

Betül Çeçen

Yönetim Yeri

İzmir Büyükşehir Belediyesi
İzmir Planlama Ajansı
Akdeniz Mahallesi, Atatürk Cad. No: 126, İç Kapı No: 61, Konak-İzmir

Kaynak Gösterim

Kaya, M., Karlı Ölmez, B., Çubukcuoğlu, F. (2025). *İzmir Kentsel Fonksiyonel Bölgesi 2024 Yılı Kentsel İklim Analizi Raporu*. İzmir Planlama Ajansı, İzmir Büyükşehir Belediyesi, İzmir.

© 2025

© İzmir Büyükşehir Belediyesi İzmir Kent Kitaplığı / İZELMAN A.Ş., 2024
e-ISBN: 978-625-6793-52-1

İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin ücretsiz yayınıdır. Tüm hakları saklıdır.

Tanıtım için yayımlanacak yazılar dışında, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz ve satılamaz.

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ.....	3
1. ÇALIŞMA ALANI VE SINIRLARI.....	4
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
2.1. Kentsel İklim Parametreleri.....	7
2.1.1. 2024 Yılı Yaz Mevsimi Arazi Yüzey Sıcaklığı.....	7
2.1.2. 2024 Yılı Yaz Mevsimi Hissedilen Ortalama Sıcaklığı.....	8
2.1.3. 2024 Yılı Bitki Örtüsü (Yeşillik Bileşeni).....	10
2.1.4. Kentsel Yoğunluk.....	11
2.1.5. Körfez Serinletici Etkisi.....	12
2.1.6. Gölge.....	14
2.1.7. Topografik Eğim.....	16
2.1.8. Su Kaynaklarına Mesafe.....	17
2.2. Ağırlıklandırma.....	18
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	20
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	23
KAYNAKLAR.....	26

GİRİŞ

Günümüz kentleri, iklim değişikliğinin etkileri ile giderek daha yoğun bir şekilde karşı karşıya kalmakta; bu etkilerden biri olan “Kentsel Isı Adası” olgusu, özellikle yaz aylarında kent yaşam kalitesini ve halk sağlığını tehdit eden önemli bir çevresel sorun olarak öne çıkmaktadır. Yoğun yapılaşma, geçirimsiz yüzeylerin artışı ve doğal alanların kaybı gibi faktörler, kentsel alanların kırsal çevreye kıyasla daha yüksek sıcaklık değerlerine sahip olmasına neden olmaktadır. Bu durum, yalnızca enerji tüketimi ve hava kalitesi üzerinde değil, aynı zamanda termal konfor, çevresel adalet ve kentsel ekosistem sağlığı üzerinde de doğrudan etkilidir.

Kentsel ısı adası etkisinin mekânsal olarak modellenmesi ve yönetsel planlamaya entegre edilebilmesi amacıyla geliştirilen yaklaşımlar arasında kentsel iklim analiz haritaları son yıllarda öne çıkmaktadır. Bu tür haritalar, uzaktan algılama verileri ile meteorolojik ölçümleri bir araya getirerek çok değişkenli bir değerlendirme sunmakta ve kentsel alanlarda termal baskının mekânsal dağılımını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda Madrid için geliştirilen ICU [Isla de Calor Urbana] çalışmaları (COTESA, 2023), disiplinlerarası yaklaşımı ve çok kriterli karar analizi yöntemleriyle dikkat çekici bir örnek sunmaktadır.

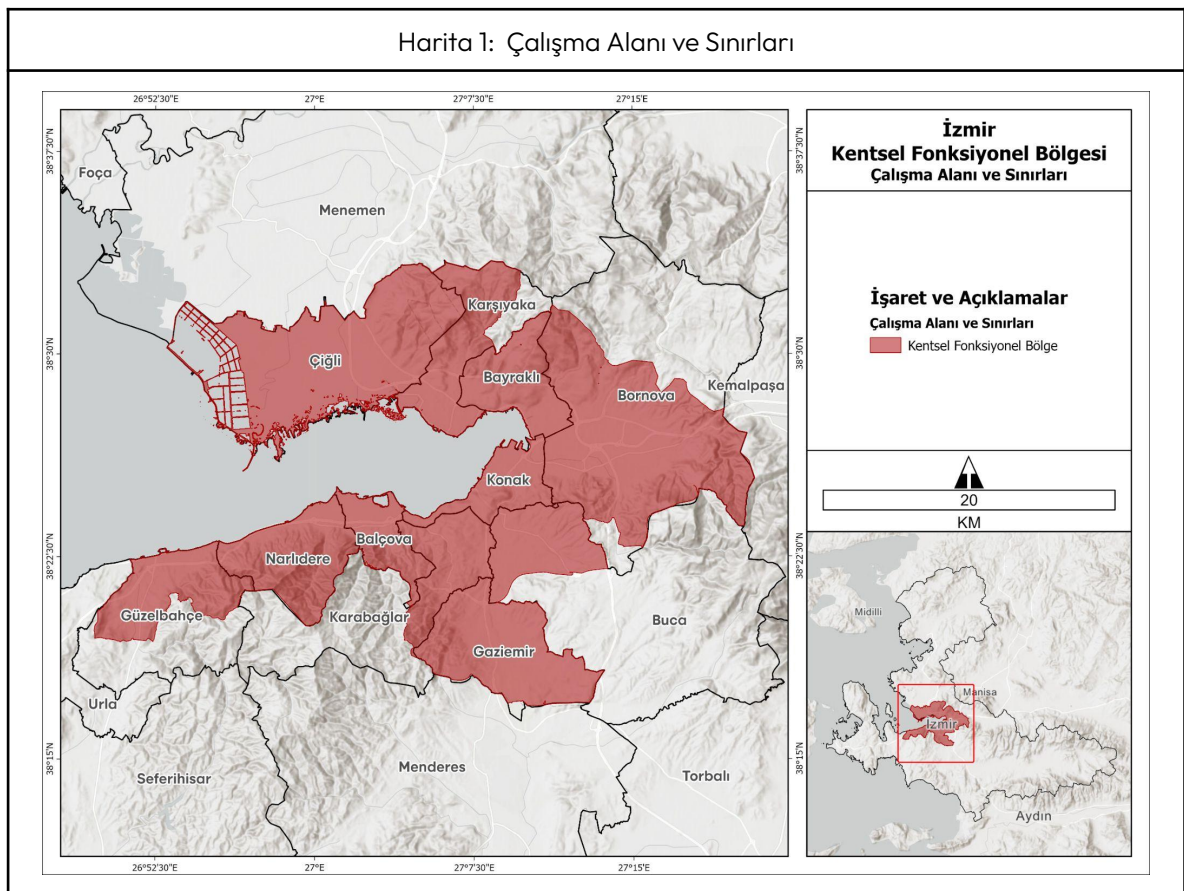
Madrid örneğinde, Landsat 8 verileri kullanılarak arazi yüzey sıcaklığı [Land Surface Temperature] haritaları üretilmiş; bu haritalar gölge durumu, bitki örtüsü varlığı, topoğrafik eğim, suya yakınlık, kentsel yoğunluk ve meteorolojik sıcaklık verileri ile birleştirilerek, ağırlıklı bindirme yöntemiyle değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kent genelinde sekiz sınıflı termal konfor düzeyi oluşturularak mekânsal analizlere olanak tanımıştır (COTESA, 2023).

Bu çalışmada, Madrid modelinden ilham alınarak, İzmir kenti için benzer bir kentsel iklim analitik haritası oluşturulması hedeflenmiştir. Çalışmada, yaz mevsiminde termal konfor üzerinde etkili olan sekiz temel parametre değerlendirilmiştir: Yaz Mevsimi Arazi Yüzey Sıcaklığı (LST), Yaz Mevsimi Ortalama Hissedilen Sıcaklığı, Yaz Mevsimi Bitki Örtüsü (Yeşillik Bileşeni), Kentsel Yoğunluk, Gölge, Körfez Serinletici Etkisi, Topografik Eğim ve Su Kaynaklarına Mesafe. Bu parametrelerin ağırlıkları, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi (Saaty, 1990) ile belirlenmiş ve tutarlılık oranı %2 seviyesinde hesaplanarak yöntemin istatistiksel güvenilirliği doğrulanmıştır.

Ağırlıklandırılmış parametreler, çok kriterli karar analizi yaklaşımı ile bir araya getirilmiştir ve elde edilen nihai raster veri, İzmir metropolitan alanında termal konfor düzeylerini çok yüksekten çok düşüğe olmak üzere sekiz sınıfta göstermektedir. Bu bulgular, İzmir’de kentsel ısı adası etkisinin mekânsal dağılımını ortaya koyarken aynı zamanda kentsel iklim adaptasyonu ve planlama çalışmaları açısından yönlendirici nitelikte veri sağlamaktadır.

1. ÇALIŞMA ALANI VE SINIRLARI

Bu çalışma, İzmir'in Kentsel Fonksiyonel Bölgesi (Functional Urban Area-FUA) sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir (Harita 1). Kentsel Fonksiyonel Bölge, bir şehir merkezi ile bu merkeze günlük olarak işe gidip gelenlerin yoğun olduğu çevre bölgelerden oluşan, ekonomik ve mekânsal olarak bütünleşmiş kentsel alanlardır. Yalnızca idari sınırları değil; aynı zamanda kentsel merkez ile çevresindeki ulaşım ve iş gücü bağlantılarının yüksek olduğu alanları kapsayan bir mekânsal yapıdır (OECD & Avrupa Komisyonu, 2012; Eurostat, 2021). Dolayısıyla, analizlerin mekânsal temsiliyetini artırmak ve daha bütüncül bir iklim stratejisi geliştirebilmek amacıyla İzmir Kentsel Fonksiyonel Bölge sınırı tercih edilmiştir.



2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, İzmir kentsel fonksiyonel bölgesi için “2024 Yılı Kentsel İklim Analizi Haritası” üretmek amacıyla uzaktan algılama ve mekânsal analiz tekniklerinden yararlanılmıştır. Analiz süreci, yaz mevsiminde kentsel ısı adası etkisinin en yoğun biçimde hissedildiği Haziran–Ağustos 2024 dönemini kapsamaktadır. Termal konforun gündüz saatlerinde yoğunlaştığı zaman aralığını yakalayabilmek amacıyla, çalışmada kullanılan uydu görüntüleri, UTC 08.00–08.59 saatleri arasında elde edilen sahnelerden seçilmiştir. Bu zaman dilimi, İzmir yerel saatiyle 11.00–11.59 saatlerine denk gelmekte olup, gün ortasına yaklaşan saatlerde kentsel yüzeylerdeki ısınmanın belirgin olduğu hâline işaret etmektedir.

Kentsel ısı adası etkisinin gün boyunca sürekli değişkenlik gösterdiği bilinmektedir. Gece saatlerinde yüzey sıcaklığı farkları daha belirgin hâle gelirken, gündüz saatlerinde bu farklar azalmakta ve çevresel faktörlere bağlı olarak büyük çeşitlilik göstermektedir. Özellikle kentsel yüzeylerin absorbe ettiği enerjinin, kırsal alanlara kıyasla daha yavaş salınması, kentsel ısı adası etkisinin maksimuma ulaşmasının çoğu zaman güneşin batışını izleyen saatlerde gerçekleşmesine neden olmaktadır (Coral vd., 2013). Bu çalışma ise, gün ortasına yakın gerçekleşen termal stres durumunu temsil etmek üzere yapılandırılmıştır.

Arazi yüzey sıcaklığına ilişkin verilerin elde edilmesinde, Landsat 9 uydusunun TIRS-2 sensörünü içeren yapısından yararlanılmış olup çalışmada, Google Earth Engine (GEE) platformu üzerinden sağlanan USGS Landsat 9 Level 2, Collection 2, Tier 1 veri seti kullanılmıştır. Optik bantlar (2–7), LaSRC algoritması ile atmosferik olarak düzeltilmiş yüzey yansımaları değerlerini sunarken, termal bant 10 ise Rochester Teknoloji Enstitüsü (RIT) ve NASA Jet İtke Laboratuvarı (JPL) tarafından geliştirilen tek kanallı algoritma (Single Channel Algorithm) ile işlenmiş yüzey sıcaklığı verilerini içermektedir (Google Earth Engine, t.y.).

Veri kalitesini güvence altına almak amacıyla, bulut örtüsü oranı %30’un altında olan ve çalışma alanının tamamını kapsayan sahneler değerlendirmeye alınmıştır. Bu kapsamda, 2024 yaz dönemi için toplam 16 adet Landsat 9 görüntüsü analiz edilmiştir (Tablo 1). GEE üzerinde gerçekleştirilen radyometrik düzeltme, bulut maskesi uygulaması ve bant hesaplamalarının ardından, analizde kullanılacak yüzey yansımaları [surface reflectance] ve sıcaklık verileri elde edilmiştir.

Tablo 1: Analizde kullanılan görüntüler.			
Görüntü ID	Görüntü Tarihi (YYYY-AA-GG)	Görüntü Saati (UTC)	Görüntü Saati (İzmir)
LC09_180033_20240602	2024-06-02	08:45:33	11:45:33
LC09_180033_20240618	2024-06-18	08:45:20	11:45:20
LC09_180033_20240720	2024-07-20	08:45:38	11:45:38
LC09_180033_20240805	2024-08-05	08:45:42	11:45:42
LC09_180033_20240821	2024-08-21	08:45:54	11:45:54
LC09_180034_20240602	2024-06-02	08:45:57	11:45:57
LC09_180034_20240618	2024-06-18	08:45:44	11:45:44
LC09_180034_20240720	2024-07-20	08:46:02	11:46:02
LC09_180034_20240805	2024-08-05	08:46:06	11:46:06
LC09_180034_20240821	2024-08-21	08:46:18	11:46:18
LC09_181033_20240609	2024-06-09	08:51:42	11:51:42
LC09_181033_20240625	2024-06-25	08:51:25	11:51:25
LC09_181033_20240711	2024-07-11	08:51:46	11:51:46
LC09_181033_20240727	2024-07-27	08:51:48	11:51:48
LC09_181033_20240812	2024-08-12	08:51:57	11:51:57
LC09_181033_20240828	2024-08-28	08:52:09	11:52:09

Bu temel iş akışı doğrultusunda, kentsel ısı adası etkisini şekillendiren sekiz temel parametre belirlenmiştir. Bu parametreler, hem literatürdeki örneklerden (COTESA, 2023) hem de İzmir'in yerel coğrafi dinamikleri göz önüne alınarak seçilmiş; her biri mekânsal raster verisi hâline dönüştürülmüş, normalizasyon işlemlerine tabi tutulmuş ve ağırlıklı bindirme sürecine hazırlanmıştır.

2.1. Kentsel İklim Parametreleri

2.1.1. 2024 Yılı Yaz Mevsimi Arazi Yüzey Sıcaklığı

Arazi yüzey sıcaklığı, çalışmada kullanılan temel parametrelerden biri olup, kentsel ısı adası etkisinin mekânsal dağılımını belirlemede kilit rol oynamaktadır. Arazi yüzey sıcaklığı verileri, Landsat 9 uydusunun termal bandı yardımıyla hesaplanmıştır. Bu yöntemde, yüzeyden yayılan radyasyon değerleri, yüzey emisivitesi dikkate alınarak yüzey sıcaklığına dönüştürülmektedir.

Emisivite değeri, Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) üzerinden hesaplanmış ve bitki örtüsünün yayılımına göre farklılaştırılmıştır. NDVI değerlerinin minimum ve maksimum sınırları arasındaki dağılım kullanılarak bitki örtüsü fraksiyonu (fv) elde edilmiş; ardından yüzey emisivitesi hesaplanmıştır. Bu emisivite değeri, termal bandın radyans değerleriyle birlikte aşağıdaki formülde kullanılmıştır:

$$LST = \frac{BT}{(1 + (\lambda * BT / c2) * \ln(E))}$$

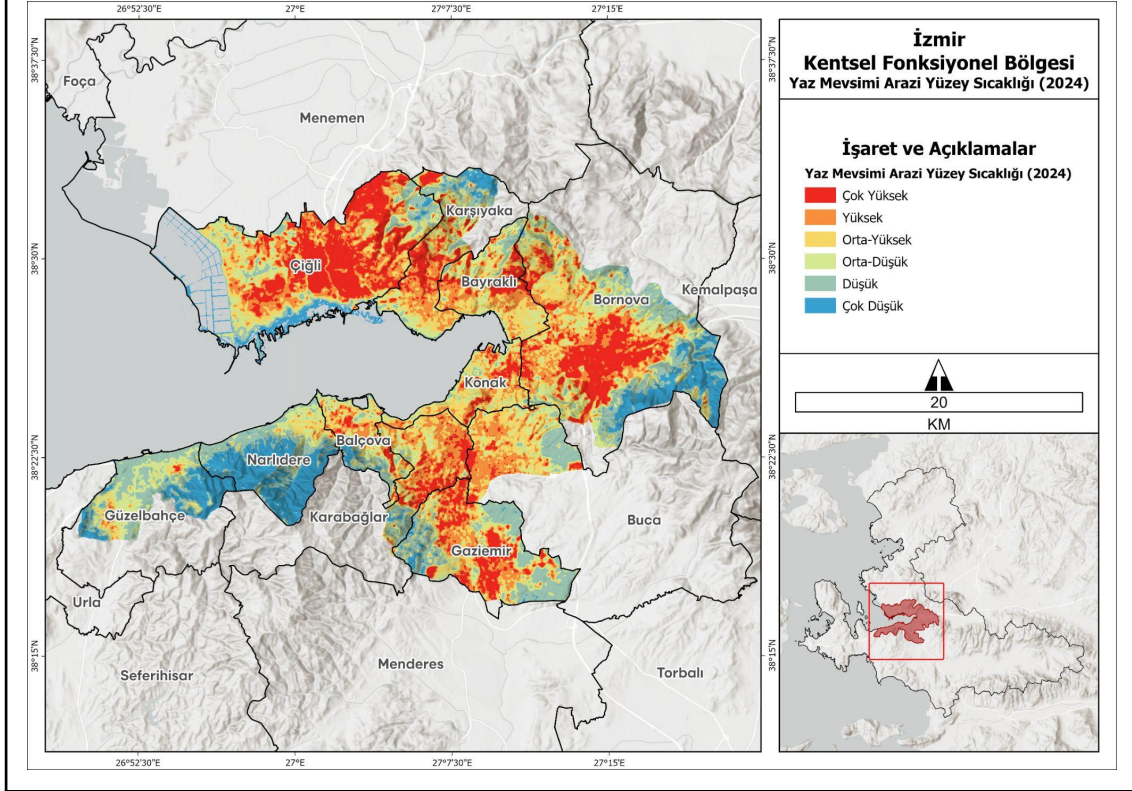
Formülde:

- BT = Atmosferik parlaklık maksimum sıcaklığı (Celsius derece)
- λ = Yayılan radyasyon dalga boyu
- E = Yüzeyin emisivite değeri
- $c2 = h \times c / s = 14388 \text{ mK}$
 - h = Planck sabiti ($6,626 \times 10^{-34}$)
 - s = Boltzmann sabiti ($1,38 \times 10^{-23}$)
 - c = Işık hızı ($2,998 \times 10^8$)

Elde edilen sürekli sıcaklık verisi, daha sonra Madrid çalışmasında kullanılan metodolojiye uygun biçimde altı sınıfa ayrılarak kategorize edilmiştir (COTESA, 2023). Bu sınıflandırma, sıcaklık değerlerinin istatistiksel dağılımına göre eşit aralıklı eşiklerle yapılmış ve her kategoriye 1 (çok yüksek sıcaklık, olumsuz etki) ile 6 (çok düşük sıcaklık, olumlu etki) arasında bir değer atanmıştır. Böylece, termal baskı seviyeleri mekânsal olarak yorumlanabilir hâle getirilmiştir (Harita 2):

- Çok Yüksek - Etki Faktörü: 1
- Yüksek - Etki Faktörü: 2
- Orta-Yüksek - Etki Faktörü: 3
- Orta-Düşük - Etki Faktörü: 4
- Düşük - Etki Faktörü: 5
- Çok Düşük - Etki Faktörü: 6

Harita 2: 2024 Yılı Yaz Mevsimi Arazi Yüzey Sıcaklığı



2.1.2. 2024 Yılı Yaz Mevsimi Hissedilen Ortalama Sıcaklığı

Hissedilen sıcaklık [apparent temperature], yalnızca termometre ile ölçülen hava sıcaklığını değil, aynı zamanda bağıl nem, rüzgâr hızı ve kısa dalga güneş ışınlamı gibi çevresel faktörlerin insan vücudu üzerindeki birleşik etkisini ifade etmektedir. Bu parametre, ortam koşullarının insanlar tarafından algılanma biçimini daha gerçekçi yansıttığından, kent iklimi çalışmalarında kullanılmaya uygun bir veri seti oluşturmaktadır.

Bu çalışmada hissedilen sıcaklık verileri, Harita Genel Müdürlüğü; Türkiye ve Çevresi Coğrafi Ad Dizini (HGM, 2024) kullanılarak belirlenen 835 coğrafi nokta temelinde oluşturulmuş ve Open-Meteo platformundan temin edilmiştir (Muñoz-Sabater, 2019; Schimanke vd., 2021; Hersbach vd., 2023; Zippenfenig, 2023). Open-Meteo, hissedilen sıcaklığı doğrudan ERA5 veya benzeri bir veri setinden almaz; bunun yerine 2 m hava sıcaklığı, 2 m bağıl nem, 10 m rüzgâr hızı (logaritmik yöntemle 2 m'ye indirgenmiş) ve kısa dalga güneş ışınlamı verilerini kullanarak kendi sunucularında hesaplar (Zippenfenig, 2023). Hesaplama, Steadman (1979a; 1979b) tarafından geliştirilen hissedilen sıcaklık formülünün uyarlanmış bir versiyonuna dayanmaktadır. Modelde, güneş ışınlamının doğrudan etkisini temsil eden ek bir terim bulunmakta, bu sayede açık hava koşullarında daha gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir (Zippenfenig, 2023).

2.1.3. 2024 Yılı Bitki Örtüsü (Yeşillik Bileşeni)

Bitki örtüsü varlığı, kentsel mikroiklimin düzenlenmesinde ve ısı adası etkisinin azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, yeşil alanların mekânsal dağılımını temsil eden bu parametre, Landsat 9 uydu görüntülerinden Tasseled Cap dönüşümü aracılığıyla elde edilen "Yeşillik [Greenness]" bileşeni kullanılarak hesaplanmıştır. Söz konusu dönüşüm, Landsat verilerinin 2 ile 7 numaralı bantlarına uygulanarak yeşillik miktarını yansıtan bir indeks üretmektedir.

"Yeşillik" bileşeni, aşağıdaki Tasseled Cap dönüşüm katsayılarıyla hesaplanmıştır (Insaurrealde, 2019):

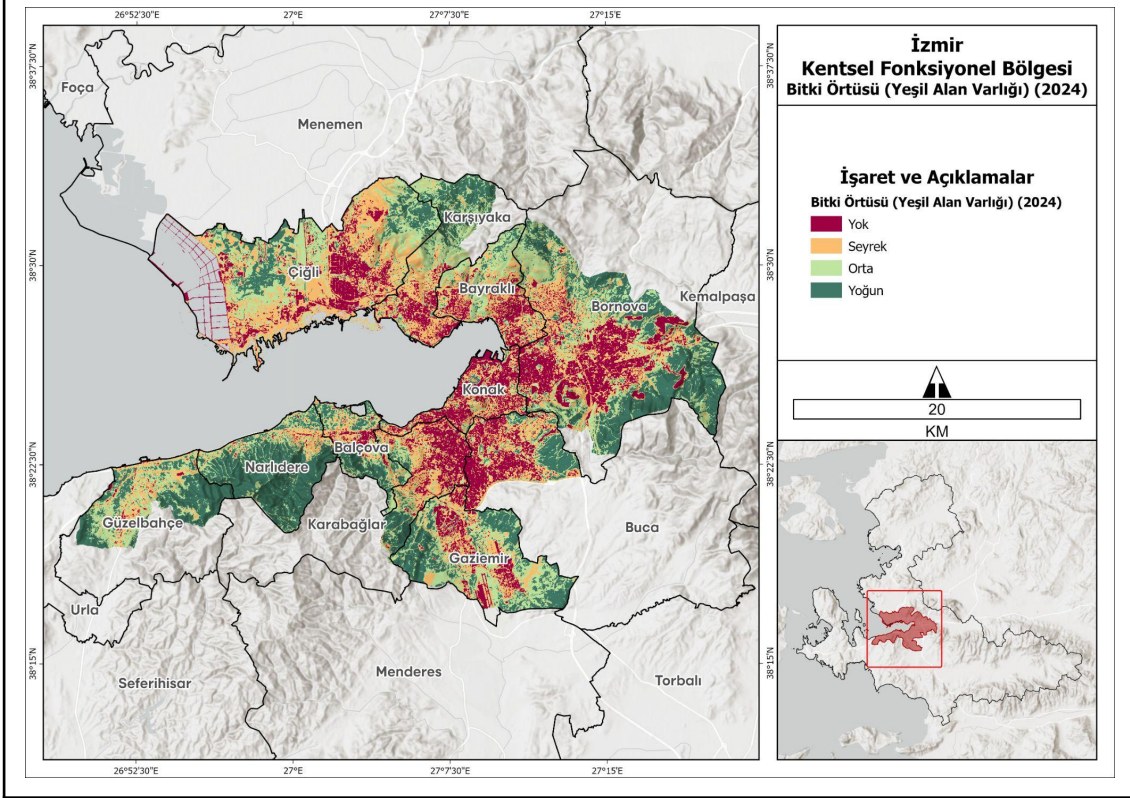
$$B2 \times (-0.2941) + B3 \times (-0.2430) + B4 \times (-0.5424) + B5 \times (0.7276) + B6 \times (0.0713) + B7 \times (-0.1608)$$

Bu formül, Landsat 8 uydusunun optik bantlarına özgü katsayılar içermekte olup, Madrid kentinde gerçekleştirilen çalışmalarda başarıyla uygulanmıştır (COTESA, 2023). Bu çalışmada ise Landsat 8 ve Landsat 9 için ayrı ayrı üretilen "Yeşillik" bileşeni karşılaştırılmış ve her iki uydunun da çok benzer sonuçlar verdiği görülerek Landsat 9 ile üretilen bileşenin kullanılması tercih edilmiştir.

Elde edilen raster veri, Madrid metodolojisine benzer biçimde dört sınıfa ayrılarak normalize edilmiştir. Sınıflar, 1 (yok) ile 4 (yoğun) arasında olacak şekilde kodlanmıştır. Bu yöntem, farklı parametrelerin karşılaştırılabilirliğini sağlamak ve yeşillik etkisinin kentsel ısı adası analizine entegrasyonunu kolaylaştırmaktadır (Harita 4):

- Yok - Etki Faktörü: 1
- Seyrek - Etki Faktörü: 2
- Orta - Etki Faktörü: 3
- Yoğun - Etki Faktörü: 4

Harita 4: 2024 Yılı Bitki Örtüsü (Yeşillik Bileşeni)



2.1.4. Kentsel Yoğunluk

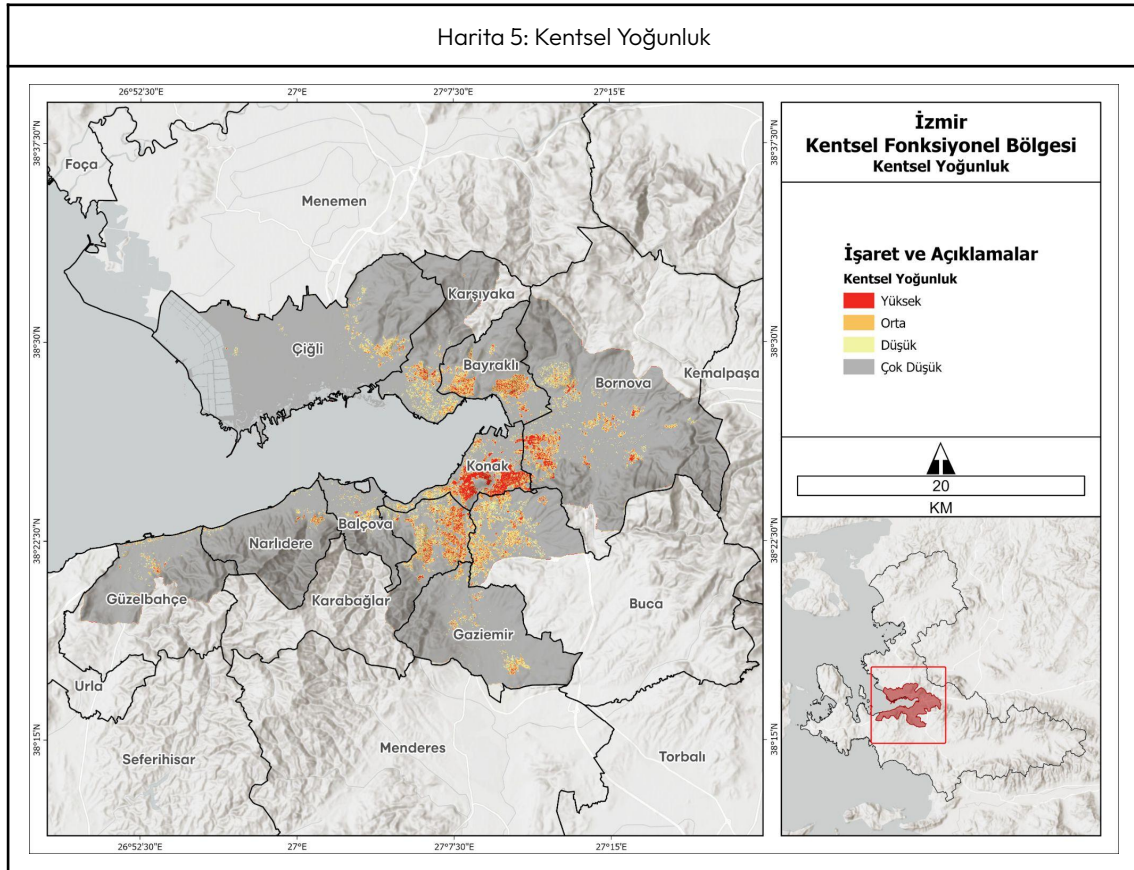
Kentsel yoğunluk, yapıların yerleşim biçimi ve dağılımına bağlı olarak kentsel alanlarda ısının tutulma düzeyini belirleyen önemli bir faktördür. Yoğun yapılaşma, altyapı ve yapı malzemeleri kaynaklı ısı depolamasını artırırken, düşük yoğunluklu bölgeler bu etkiyi azaltarak kentsel ısı adasının şiddetini düşürebilir. Bu çalışmada kentsel yoğunluk, “kentsel kompaktlık” [urban compactness] göstergesi üzerinden değerlendirilmiştir. Kentsel kompaktlık, belirli bir yüzey alanında bulunan bina sayısının ve binalar arası mesafenin nicel olarak ölçülmesine dayanır. Bu analiz, Madrid metodolojisi temel alınarak yapılandırılmıştır (COTESA, 2023).

Analiz kapsamında, çalışma sınırları içerisinde yer alan bina verileri kullanılmış, her bir binanın merkez noktaları [centroid] hesaplanmıştır. Bu merkez noktalarına göre Thiessen [Voronoi] poligonları oluşturulmuştur. Thiessen poligonları, her bir merkez noktanın etki alanını belirleyen geometriler olup, kompaktlık ile ters orantılıdır. Binaların merkezleri birbirine ne kadar yakınsa, kentsel kompaktlık o kadar yüksek olur (COTESA, 2023).

Elde edilen büyük alanlı poligonlar, yapılar arasındaki mesafenin fazla olduğunu ve dolayısıyla düşük kompaktlık olduğunu gösterirken; küçük alanlı poligonlar, yapılar arasındaki mesafenin az olduğu yüksek kompaktlık bölgelerini temsil eder (COTESA, 2023).

Oluşturulan Thiessen poligonlarının alanı hesaplanmış ve bu değerlere göre dört sınıflı bir yeniden sınıflandırma yapılmıştır (Harita 5):

- Yüksek - Etki Faktörü: 1
- Orta - Etki Faktörü: 2
- Düşük - Etki Faktörü: 3
- Çok Düşük - Etki Faktörü: 4



2.1.5. Körfez Serinletici Etkisi

Körfezlerin kıyı kentleri üzerindeki serinletici etkisi, kentsel ısı adası olgusunu hafifletmede kritik bir doğal mekanizma olarak tanımlanmaktadır. Özellikle yaz aylarında, körfezler ve diğer büyük su kütleleri, karayla deniz arasındaki sıcaklık farkına bağlı olarak gelişen deniz meltemi dolaşımı yoluyla serinletici etki yaratmaktadır (Sakaida vd., 2011; Kawamoto vd., 2012). Deniz meltemleri, serin deniz havasını kara içine taşıyarak gün ortasında hava sıcaklığının yükselmesini sınırlamakta, aynı zamanda yüksek binaların bulunduğu kentsel alanlarda dikey karışımı artırarak serin havanın yaya seviyesine ulaşmasını kolaylaştırmaktadır (Sakaida vd., 2011).

Bunun yanı sıra, körfezler buharlaşma ve ısı soğurma mekanizmaları aracılığıyla da serinletici etki göstermektedir. Su yüzeyleri, günlük güneş enerjisinin en az %14'ünü absorbe edebilmekte, buharlaşma süreci ise çevreden gizli ısı çekerek su yüzeyi çevresinde lokal serinleme yaratmaktadır (Wu & Zhang, 2019; Qureshi vd., 2023).

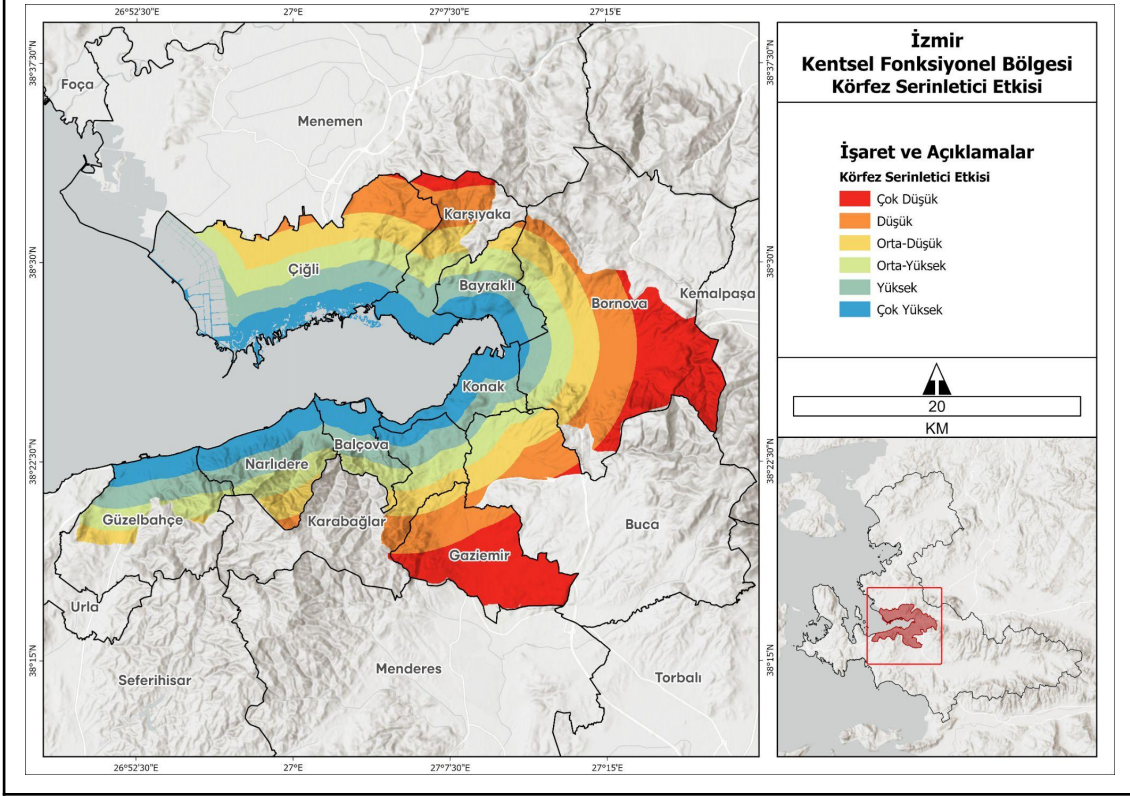
Körfez serinletici etkisinin büyüklüğü, mesafeye ve mevsime bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, Sendai'de yapılan çalışmalarda deniz meltemi kaynaklı serinletme etkisinin 5 km'ye kadar güçlü olduğu, sıcaklık artışını hafifletme etkisinin ise 7 km'ye kadar devam ettiği saptanmıştır (Peng vd., 2022). Su kütlelerinin doğrudan soğutma etkisi, yaz koşullarında ortalama hava sıcaklığında 3,4 °C'ye kadar, evrensel termal iklim indeksi (UTCI) ise 10,7 °C'ye kadar düşüş sağlayabilmektedir (Qureshi vd., 2023).

Etkinin gücü, körfezin büyüklüğü ve şekli, çevresindeki yapı yoğunluğu, mesafe ve meteorolojik koşullara bağlı olarak değişmektedir. Basit şekilli ve geniş alanlı körfezler daha uzun mesafelerde etkili olurken, karmaşık şekilli su kütleleri daha yüksek soğutma gradyanları üretebilmektedir (Du & Zhou, 2022). Kentsel morfoloji, körfezlerin serinletici etkisini belirgin biçimde şekillendirir. Çevredeki binaların yoğunluğu ve ortalama yüksekliği, serinletici etkinin mekânsal dağılımını ve enerji tasarrufu potansiyelini doğrudan etkiler; bu etki, kimi durumlarda ortalama bina yüksekliğinin üzerine kadar çıkabilmektedir (Meng vd., 2024).

Bu çalışmada "Körfez Serinletici Etkisi" parametresi, İzmir Körfezi'nin kentsel alan üzerindeki potansiyel serinletici etkisini yansıtmak amacıyla kıyı çizgisine olan mesafe temelli olarak modellenmiştir (Harita 6). Buna göre:

- Çok Yüksek - Etki Faktörü: 1 (Kıyıya en yakın bölgeler)
- Yüksek - Etki Faktörü: 2
- Orta-Yüksek - Etki Faktörü: 3
- Orta-Düşük - Etki Faktörü: 4
- Düşük - Etki Faktörü: 5
- Çok Düşük - Etki Faktörü: 6 (Kıyıya en uzak bölgeler)

Harita 6: Körfez Serinletici Etkisi



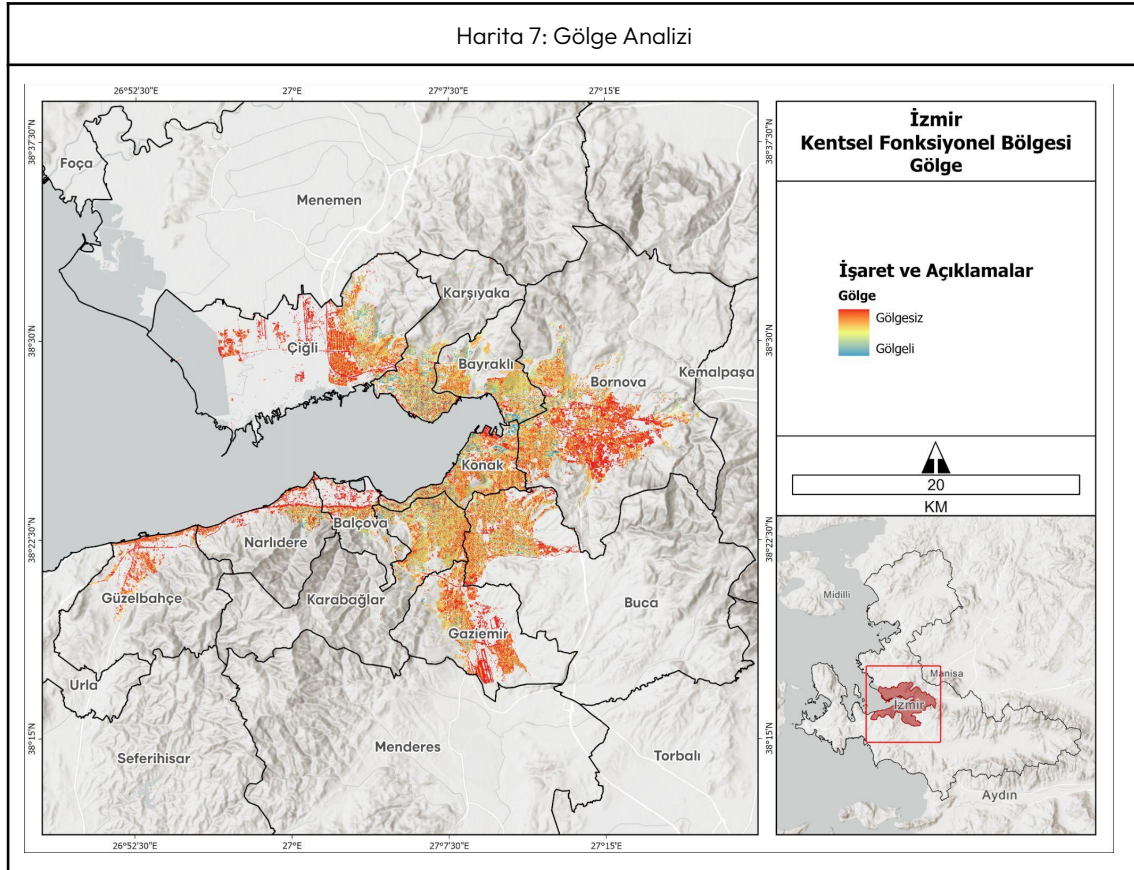
2.1.6. Gölge

Gölge, yüzeyin aldığı güneş radyasyonunu azaltarak çevreye ısı yayılmasını engeller. Kentsel alanlarda binaların ve ağaçların oluşturduğu gölgeler, çıplak topraklı periferik alanlara kıyasla kentsel ısı adası etkisini daha fazla hafifletir. Madrid kenti için gölge verisi Sayısal Yükselti Modeli (DEM) kullanılarak elde edilmiştir (COTESA, 2023).

Bu çalışmada, İzmir kenti için kentsel ısı adası analizinde gölge faktörünü belirlemek amacıyla, Madrid metodolojisinden farklı olarak UMEP (Urban Multi-scale Environmental Predictor) eklentisi kullanılmıştır. UMEP, QGIS ortamında çalışan açık kaynaklı bir kentsel iklim analiz aracıdır (Lindberg vd., 2018; 2019).

Analiz sürecinde DEM ve bina kat adetleri verileri birleştirilerek Sayısal Yüzey Modeli (DSM) oluşturulmuş, öğle saatleri için uygun güneş konum parametreleri tanımlanarak toplu (tek zamanlı) gölge rasteri üretilmiştir. UMEP aracı, her pikselin gölgede olup olmadığını belirten ikili (binary) bir raster üretmiş; bu veri Madrid metodolojisine göre yeniden sınıflandırılarak çok kriterli analizde kullanılmak üzere aşağıdaki etki değerleri atanmıştır:

Bu sınıflandırma, kentsel alanlardaki gölgeliliğin ısı adası etkisini azaltıcı rolünü analiz sürecine entegre etmeyi amaçlamaktadır.



Bununla birlikte, DSM yalnızca yapı yüksekliklerine dayalı olarak üretildiği için, ağaçlar, yol üstü gölgelikler ve diğer mikro ölçekli gölgeleme unsurları modele dâhil edilememiştir. Bu durum, özellikle sokak düzeyinde termal konforu etkileyen doğal gölgeleme kapasitesinin analiz dışında kalmasına yol açmış; değişkenin mekânsal etkisi yalnızca binalar üzerinden hesaplanmıştır.

İzmir'in merkez ilçelerinde yürütülen bu çalışmaya ek olarak, Urla ilçesi için Urla Termal Konfor Analizi (Karlı Ölmez ve Kaya, 2025) gerçekleştirilmiş; burada mikroklimatik unsurlar daha ayrıntılı ele alınarak kentsel tasarım kararlarının yerel ölçekteki serinletici etkileri daha hassas biçimde değerlendirilmiştir.

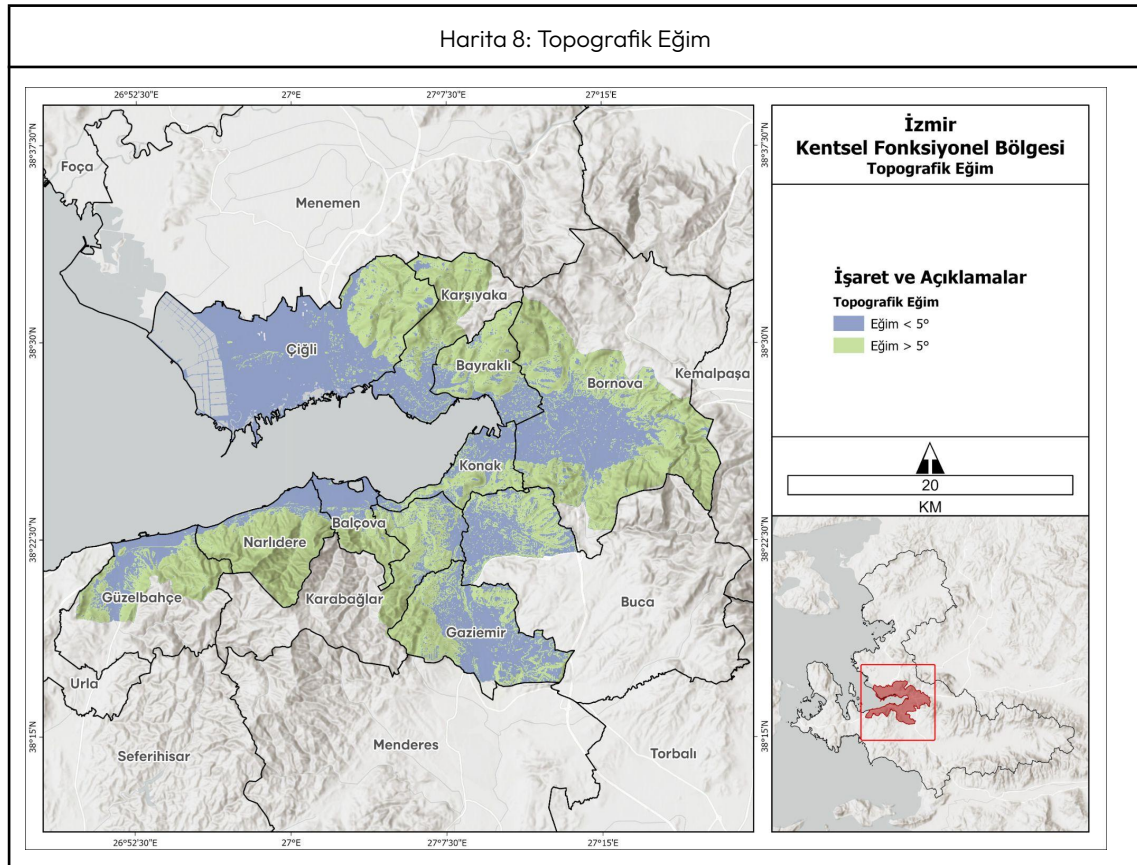
2.1.7. Topoğrafik Eğim

Topoğrafik eğim, bir arazideki yükselme oranını gösteren ve yüzeyin ne kadar dik olduğunu belirten mekânsal bir değişkendir. Kentsel iklim çalışmalarında eğim, sıcak ada etkisi ve hâkim rüzgâr etkisini değerlendirmek için kullanılan parametrelerden biridir (COTESA, 2023).

Bu çalışmada, İzmir Kentsel Fonksiyonel Bölgesi'nde yer alan tüm yerleşim yerleri ve çevresel alanlar için Dijital Yükseklik Modeli (DEM) kullanılarak eğim verisi üretilmiştir. Eğim değerleri derece cinsinden hesaplanmış, ardından iki kategoride sınıflandırılmıştır (Harita 8):

- Eğim < 5° (düşük eğimli alanlar) – Etki faktörü: 1
- Eğim > 5° (yüksek eğimli alanlar) – Etki faktörü: 2

Literatürde, eğimin düşük olduğu alanların rüzgâr etkisinin zayıf olması nedeniyle ısı birikimine daha yatkın olduğu; bu nedenle bu bölgelerde hava hareketliliğinin sınırlı kaldığı belirtilmektedir (Coral, 2013; Rizwan vd., 2008).



2.1.8. Su Kaynaklarına Mesafe

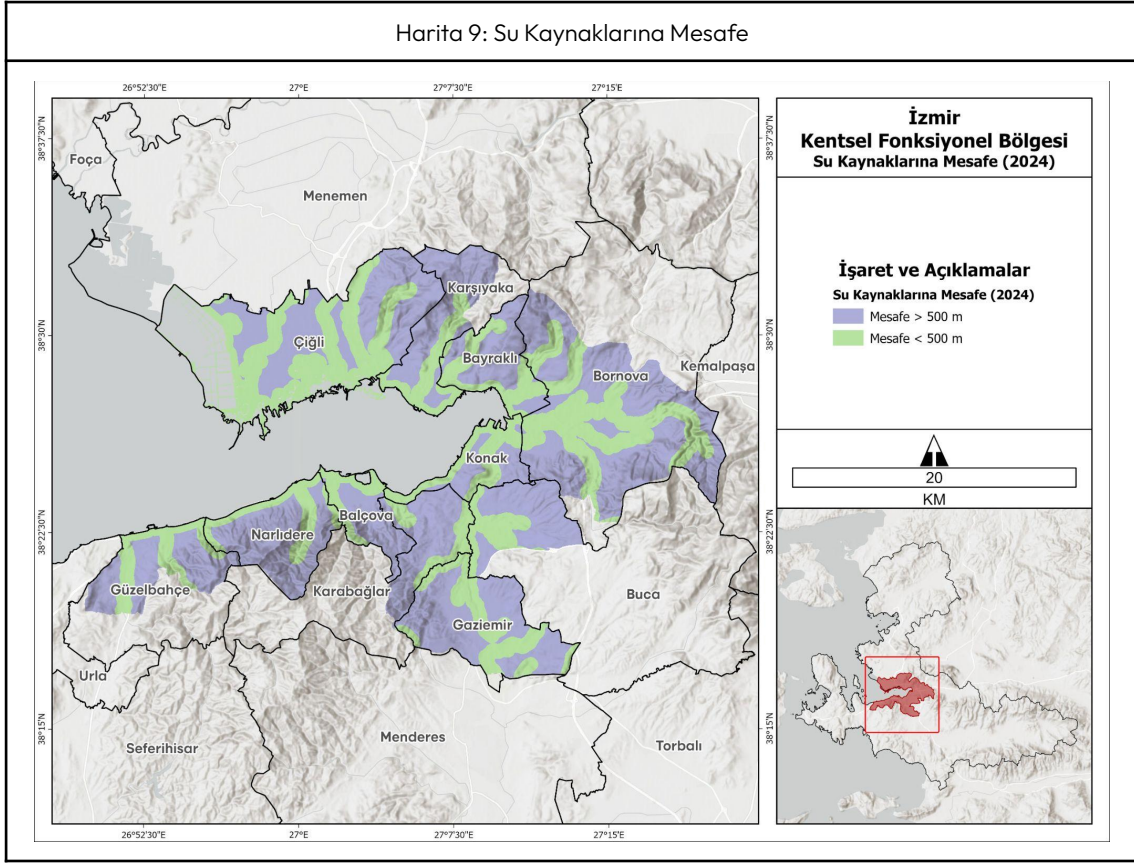
Su k t leleri (akarsular, g ller), kentsel alanlardaki mikroiklim koşullarını etkileyen doğal düzenleyicilerdir. Yüksek  zg l ısı kapasiteleri sayesinde çevrelerine göre daha yavaş ısınıp so uyarak, özellikle yaz aylarında gündüzleri serinletici etkileriyle sıcaklık dalgalanmalarını azaltır ve termal konforu artırır (Rizwan vd., 2008).

Analiz kapsamında, İzmir Kentsel Fonksiyonel Bölgesi içerisinde yer alan tüm akarsu ve g llere olan mesafe vektörel olarak tanımlanmıştır. Her bir su elemanına 500 metrelik bir tampon [buffer] alanı uygulanarak raster verisi elde edilmiştir. Ardından, alanlar su varlıklarına olan mesafeye göre iki sınıfa ayrılmıştır (Harita 9):

- Mesafe < 500 m (yakın mesafe, yüksek serinletici etki) – Etki faktörü: 2
- Mesafe > 500 m (uzak mesafe, düşük serinletici etki) – Etki faktörü: 1

Akarsu çevresinde veya ona en yakın konumda yer alan alanların, daha yüksek dinamik rüzgâr potansiyeline sahip olduğu ve bu durumun kentsel ısı adası (ICU) etkisini azaltabileceği görülmektedir (COTESA, 2023). Bununla birlikte, su k t lelerinin serinletici etkisinin büyüklüğü, su ögesinin fiziksel özelliklerine bağlıdır. İzmir  rne inde, körfeze dökülen derelerin çoğu mevsimsel akışlı ve doğal kesitli olmadığından; buharlaşma, nem üretimi ve hava sirkülasyonu gibi etkiler görece sınırlıdır. Bu nedenle, analizde akarsulara verilen etki katsayısı düşük tutulmuştur.

Ayrıca, analizde esas alınan kriter yalnızca su varlıklarına olan mesafe olup, doğal veya yapay nitelik ayrımı yapılmamıştır. Dolayısıyla, bu parametrenin etkisi potansiyel düzeyde değerlendirilmiştir; gerçek etki ise yerel morfoloji ve mühendislik müdahalelerine bağlı olarak de i ebilmektedir.



2.2. Ağırlıklandırma

Bu çalışmada, her bir parametrenin kentsel ısı adası etkisi ve termal konfor üzerindeki göreceli önemine bağlı olarak ağırlıklandırılması yoluyla çok kriterli mekânsal analiz gerçekleştirilmiştir. Kullanılan ağırlıklar, Madrid şehri özelinde geliştirilen uygulamanın metodolojik yaklaşımı temel alınarak benimsenmiş ve çalışmanın yapısına uyarlanmıştır (COTESA, 2023). Madrid metodolojisinden farklı olarak, körfezin serinletici etkisi bu çalışmada ayrı bir parametre olarak ele alınmıştır. Parametrelerin kentsel ısı adası etkisi ve termal konfor üzerindeki göreceli önemini belirlemek amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi uygulanmıştır. Saaty (1980) tarafından geliştirilen bu yöntem, parametrelerin ikili karşılaştırma matrisleri aracılığıyla birbirleriyle göreceli önemlerinin sistematik biçimde değerlendirilmesine dayanır. Süreçte, öncelikle literatür taraması, uzman görüşleri ve yerel bağlam dikkate alınarak analizde kullanılacak parametreler belirlenmiştir. Ardından her bir parametre, kentsel ısı adası üzerindeki etkisi açısından diğer parametrelerle tek tek karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda elde edilen matrisler üzerinden ağırlık katsayıları hesaplanmış; tutarlılık oranı ise 0,1'in altında tutularak değerlendirmelerin güvenilirliği sağlanmıştır. Böylece, her bir parametreye atanan ağırlıklar hem bilimsel literatür hem de yerel koşullara özgü değerlendirmelere uyumlu olacak şekilde belirlenmiş ve nihai mekânsal analizde kullanılmıştır.

Ng ve arkadaşları (2009) ile Acero (2011) tarafından da vurgulandığı üzere, bu tür analizlerde mutlak objektiflik sağlamak güç olmakla birlikte, çok kriterli değerlendirmede literatürle birlikte uzman görüşü ve bağlama özgü ağırlıkların kullanımı yaygın bir yaklaşımdır.

Kentsel ısı adası etkisinin başlıca nedenleri üzerine yapılan araştırmalar, bu olgunun temelinde yüzey albedosundaki değişimler ile yapılı çevrede depolanan enerjinin yattığını ortaya koymaktadır. Özellikle bina ve sert zeminlerin güneş enerjisini absorbe etmesi, yüzey sıcaklığının artmasına doğrudan katkıda bulunmaktadır. Bitki örtüsünün azalması ise evapotranspirasyon oranlarını düşürerek doğal soğutma mekanizmalarını zayıflatmakta ve termal baskıyı artırmaktadır. Buna ek olarak, enerji tüketimi, ulaşım faaliyetleri ve sanayi gibi insan kaynaklı süreçler, hava sıcaklığını doğrudan etkileyebilecek düzeyde ek ısı üretmektedir. Literatürde, bu faktörlerin yanı sıra topoğrafya, rüzgâr hızı, bulutluluk, hava kirliliği, ozon düzeyleri, arazi kullanımı ve kentleşme yoğunluğu gibi unsurların da kentsel ısı adası etkisinin şiddeti ve mekânsal dağılımı üzerinde belirleyici olduğu vurgulanmaktadır (Nasrallah vd., 1990; Correa vd., 2003; Villanueva-Solis vd., 2013; Sarricolea Espinoza vd., 2014; García vd., 2016; Mirzaei, 2015; COTESA, 2023).

Madrid örneği (COTESA, 2023) esas alınarak belirlenen yedi parametreye ek olarak, İzmir Körfezi'nin serinletici etkisini de değerlendirmek amacıyla toplam sekiz parametre tanımlanmış ve her biri için ağırlık katsayıları atanmıştır (Tablo 2):

1. Landsat uydu verilerinden elde edilen yüzey sıcaklığı,
2. Aynı görüntülerden hesaplanan bitki örtüsü yoğunluğu [verdor],
3. Yaz mevsimi ortalama hissedilen hava sıcaklığı,
4. Kentsel yoğunluk (kompaktlık),
5. Körfez serinletici etkisi,
6. Gölgeleme koşulları,
7. Eğim,
8. Su kütlelerine olan yakınlık.

Tablo 2: Analizde kullanılan parametreler.	
Parametre	Ağırlık (%)
Yaz Mevsimi Arazi Yüzey Sıcaklığı	29,00
Yaz Mevsimi Ortalama Hissedilen Sıcaklığı	19,80
Yaz Mevsimi Bitki Örtüsü (Yeşillik Bileşeni)	16,70
Kentsel Yoğunluk	9,60
Körfez Serinletici Etkisi	9,60
Gölge	9,60
Topoğrafik Eğim	3,50
Su Kaynaklarına Mesafe	2,20

Normalleştirilmiş raster katmanlar, bu ağırlıklar doğrultusunda çarpılarak Ağırlıklı Toplam [Weighted Sum] yöntemi ile nihai analiz haritası üretilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

İzmir Kentsel Fonksiyonel Bölgesi'nde yürütülen bu kentsel iklim analizi kapsamında, çok kriterli karar analizi (ÇKKA) yöntemi ile termal konforu etkileyen sekiz temel parametre değerlendirilmiş ve ağırlıklandırılmış toplam üzerinden de nihai harita üretilmiştir. Arazi yüzey sıcaklığı, yaz mevsimi ortalama hissedilen sıcaklığı, bitki örtüsü bileşeni, kentsel yoğunluk, körfez serinletici etkisi, gölge durumu, eğim ve su kaynaklarına mesafe parametreleri, hem fiziksel çevrenin hem de mikroklimatik koşulların mekânsal dağılımını bütüncül bir şekilde yansıtmaktadır (Harita 10).

Analiz sonuçları, İzmir genelinde yüksek termal stres potansiyeline sahip bölgelerin özellikle Çiğli, Karşıyaka, Bornova, Konak, Buca, Karabağlar ve Gaziemir ilçelerinin merkez kısımlarında yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Bu bölgeler, yüksek kentsel yoğunluk, sınırlı yeşil alan varlığı ve yetersiz gölgeleme koşulları ile karakterize edilmekte; gün içerisinde yüzey sıcaklıklarının en yüksek değerlere ulaştığı alanları temsil etmektedir. Özellikle Çiğli, Konak, Bornova ve yakın çevresinde gözlenen kentsel sıcak nokta [urban heat hotspot] oluşumları, termal konfor açısından öncelikli müdahale gerektiren alanlar olarak öne çıkmaktadır.

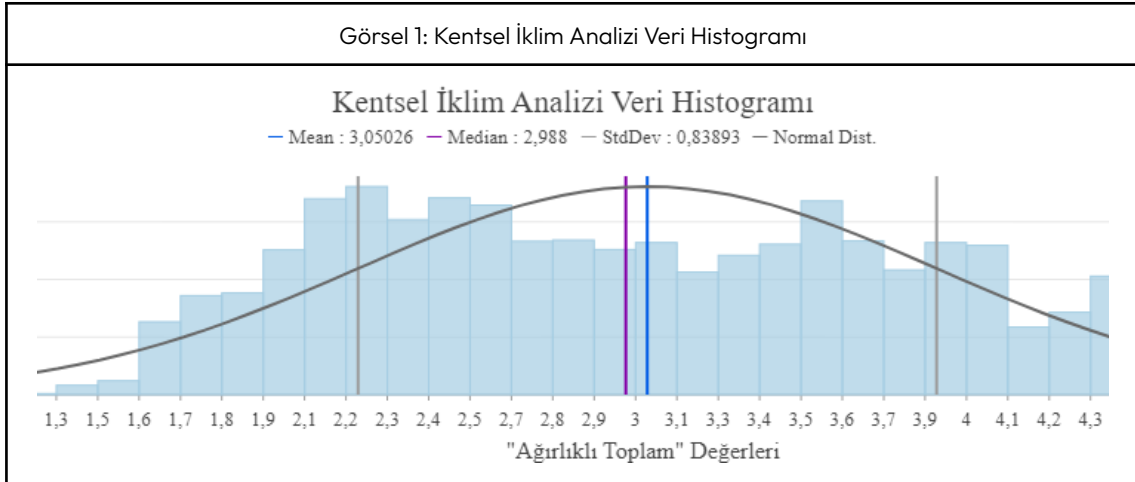
Harita 10: İzmir Kentsel Fonksiyonel Bölgesi 2024 Yılı Kentsel İklim Analizi

Nihai analiz sonuçları sekiz sınıfa ayrılmış olup, her bir sınıf termal yük düzeyi ile mikroklimatik dinamik potansiyel birlikte değerlendirilerek yorumlanmıştır. “Çok Yüksek”, “Yüksek” ve “Orta-Yüksek” kategorilerindeki alanlar, hem yüksek termal baskı altında olan hem de düşük düzeyde dinamik potansiyele sahip bölgeler olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, söz konusu alanlarda sıcaklık birikiminin fazla olduğunu ve doğal hava sirkülasyonunun sınırlı kaldığını ortaya koymaktadır.

21

Buna karşılık “Nötr”, “Düşük” ve “Çok Düşük” kategorilerindeki bölgeler, görece negatif termal yük etkisine sahip olup, aynı zamanda iyi düzeyde hava hareketi ve mikroklimatik denge potansiyeli taşıyan alanlar olarak değerlendirilmektedir. Bu alanlar, kent bütününde termal konforun sağlandığı bölgeler olarak kabul edilmektedir (Tablo 3).

Tablo 3: Termal Konfora Etki Sınıfları	
Termal Konfora Etki Sınıfı	Açıklama
Çok Yüksek	Çok yüksek termal yük ve düşük dinamik potansiyel.
Yüksek	Yüksek termal yük ve düşük dinamik potansiyel.
Orta-Yüksek	Orta-yüksek termal yük ve düşük dinamik potansiyel.
Orta	Orta düzeyde termal yük ve düzensiz dinamik potansiyel.
Hafif	Düzensiz termal yük ve düzensiz dinamik potansiyel.
Nötr	Düşük termal yük ve iyi dinamik potansiyel.
Düşük	Hafif negatif termal yük ve iyi dinamik potansiyel.
Çok Düşük	Orta düzeyde negatif termal yük ve iyi dinamik potansiyel.



Sonuç raster veri histogramı, genel olarak normal dağılıma yakın bir yapı sergilemektedir (Görsel 1). Ağırlıklandırılmış analiz değerlerinin dağılımını gösteren histogram incelendiğinde, ortalama (3,05) ve medyan (2,99) değerlerinin birbirine oldukça yakın olması, verilerin belirgin bir merkezi eğilim gösterdiğini ve sınıflandırma yapısının dengeli bir dağılıma sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Standart sapmanın (~0,84) düşük olması, verilerin ortalama etrafında görece homojen bir yayılım sergilediğini göstermektedir.

1-6 arasındaki skalada ortalama değerin yaklaşık 3 olması, İzmir metropolitan alanında termal konfor koşullarının orta düzeyde olduğuna ve aşırı değerlerin dengeli biçimde dağıldığına işaret etmektedir. Bu istatistiksel bulgular, uygulanan ağırlıklandırılmış karşılaştırma analizinin beklenen şekilde çalıştığını ve elde edilen sonuçların sayısal tutarlılık taşıdığını ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda, çalışma bulguları hem mevcut kentsel iklim dinamiklerinin mekânsal karakterini ortaya koymakta hem de gelecekte geliştirilecek termal konfor odaklı mekânsal planlama stratejilerine yön verebilecek nitelikte veriler sunmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, İzmir Kentsel Fonksiyonel Bölgesi'nde kentsel ısı adası etkisi ve termal konfor potansiyelini değerlendirmeyi amaçlayan kapsamlı bir analiz sunmaktadır. Uydu tabanlı arazi yüzey sıcaklığı verileri ile meteorolojik ve mekânsal parametrelerin entegre edildiği, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) temelli çok kriterli karar analizinde, 2024 yılı yaz mevsimine ait sekiz farklı parametre ağırlıklandırılmış ve sonuçlar mekânsal olarak sınıflandırılmıştır.

Elde edilen bulgular, kent merkezine yakın ve yoğun yapılaşmaya sahip bölgelerde termal yükün yüksek olduğunu; buna karşın yeşil alanların yaygınlaştığı ve kıyıya yakın alanlarda mikroklimatik koşulların görece daha olumlu seyrettiğini göstermektedir. Özellikle Çiğli, yer yer Karşıyaka, Bornova, Konak, Karabağlar, Buca ve Gazimir'in merkez bölgeleri, "çok yüksek" ve "yüksek" düzeyde ısı stresi potansiyeline sahip alanlar olarak dikkat çekmektedir. Buna karşılık, Güzelbahçe, Narlıdere ve Çiğli kıyı kuşağı, kentteki en elverişli mikroklimatik özellikleri barındıran bölgeler arasında yer almaktadır.

İzmir 3+30+300 Analizi (Karlı Ölmez ve Kaya, 2025) sonuçlarında da benzer şekilde Bornova, Bayraklı, Çiğli, Karabağlar ve Konak ilçeleri düşük skorlar elde etmiştir. Merkez ilçelerde yer alan birçok mahalle, üç bileşenin birden yetersiz olduğu bir kentsel çevreye işaret etmektedir.

3+30+300 ilkesi, bireyin günlük yaşamında doğayla temasını güçlendirmeyi hedefleyen, en az üç ağaca görsel erişim, en az %30 mahalle yeşil örtüsü ve 300 metre mesafede bir kamusal yeşil alana erişim prensiplerine dayalı bütüncül bir yaklaşımdır. Bu ilke, yalnızca fiziksel yeşil altyapının varlığını değil, aynı zamanda bireysel ve toplumsal düzeyde erişilebilirlik ve faydalanabilirliği de esas alır (Karlı Ölmez ve Kaya, 2025).

Kentsel termal konforun artırılmasına yönelik stratejilerde 3+30+300 ilkesi; bireysel düzeyde gölge erişimi, mahalle ölçeğinde yeşil doku yoğunluğu ve kamusal serinleme alanlarına erişim gibi kritik mikroklimatik faktörleri entegre eden bütüncül bir çerçeve sunmaktadır. Bu bağlamda, çalışma bulgularının 3+30+300 ilkesiyle birlikte ele alınması, mekânsal önceliklendirme stratejilerinin yalnızca ısı yüküne değil, aynı zamanda mikroklimatik direnç potansiyeline göre de yapılandırılmasını mümkün kılmakta; böylece termal risklere karşı kentsel ölçekte adaptif kapasite oluşturulmasına katkı sağlamaktadır.

Sınıflandırılan sekizli yapı sayesinde, değerlendirme yalnızca ısı yüküne odaklanmakla kalmamış, aynı zamanda hava sirkülasyonu, gölgeleme ve nem kapasitesi gibi dinamik potansiyeli temsil eden mikroklimatik unsurları da kapsamıştır. Bu bütüncül yaklaşım, yalnızca yüksek sıcaklığa sahip bölgelerin değil, aynı zamanda ısı riskle başa çıkma potansiyeli bulunan alanların da ayırt edilmesine olanak tanımıştır.

Bu çerçevede, aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

- Yüksek termal yük ve düşük dinamik potansiyele sahip bölgelerde (ör. Konak-Bayraklı aksı), yeşil altyapının artırılması, geçirgen zemin uygulamalarının yaygınlaştırılması ve gölgelik çözümlerinin planlanması gerekmektedir.
- Yoğun ısı baskıya maruz kalan kentsel alanlarda uygulanabilecek soğutma müdahaleleri, hem yapısal hem de doğa tabanlı çözümleri içeren bütüncül stratejilerle ele alınmalıdır. Bu kapsamda, yeşil koridorlar ve park sistemleri aracılığıyla termal baskının kırılması; dikey bahçeler, yeşil çatı uygulamaları ve geçirgen yüzeylerin yaygınlaştırılması gibi doğa bazlı çözümlerle kentsel ısı adası etkisinin azaltılması mümkündür.
- Yeni gelişen konut alanlarında bina boşluk oranları, yaya alanları ve yeşil donatı yüzdesi gibi mikroklimaya duyarlı yapılaşma kriterlerinin zorunlu tutulması, özellikle kentsel dönüşüm bölgelerinde imar planlarına “mikroklima hassasiyetli” notların eklenmesiyle desteklenmelidir.
- Termal konfor açısından avantajlı bölgelerin (ör. Balçova, Narlıdere) korunması ve bu alanların kent içi serinletici koridorlar olarak entegre edilmesi teşvik edilmelidir.
- Bu bağlamda, "mikroklima koruma alanları" tanımlanarak bu bölgelerde yüksek katlı yapılaşma sınırlandırılmalı; ağaç kesimi, geçirimsiz yüzey artışı gibi olumsuz müdahaleler sıkı denetim altına alınmalıdır. Özellikle kıyı kuşağında, deniz meltemi etkisinin sürdürülebilmesi adına yapı yoğunluğu kontrol edilmeli ve mevcut su varlıkları (örneğin dere yatakları, lagünler) doğal halleriyle korunmalıdır.
- Kentsel planlama süreçlerinde, bu tür mekânsal analizler rehber olarak kullanılmalı, yeni yapılaşma kararları çevresel eşiklere göre şekillendirilmelidir.

- Yerel yönetim politikaları, termal konfor eşitsizliklerini azaltmaya yönelik hedefler içermeli ve müdahale alanlarını önceliklendirmelidir.
- Ayrıca, bu analiz çıktıları; nüfus yoğunluğu, kamusal kullanım sıklığı, sosyal kırılganlık göstergeleri ve kentsel ısı kaynaklarının mekânsal dağılımıyla karşılaştırılarak, noktasal düzeyde hedeflenmiş müdahalelerin tasarlanmasına olanak sağlamaktadır. Böylece, özellikle kamusal açık alanlar gibi termal riskin insan sağlığı ve yaşam kalitesi üzerindeki etkisinin en kritik olduğu alanlar önceliklendirilerek, mikro-müdahale ölçeğinde serinletici çözümler geliştirilebilir.

Sonuç olarak, bu analiz İzmir özelinde kentsel iklim adaptasyonuna yönelik, veri temelli ve mekânsal olarak hedeflenebilir stratejilerin geliştirilmesi için güçlü bir temel sunmaktadır. Benzer metodolojiler, diğer büyükşehirlerde kentsel iklim risklerinin belirlenmesi ve yeşil dönüşüm planlarının yönlendirilmesinde de etkin biçimde uygulanabilir.

KAYNAKLAR

Acero, J. A. (2011). Urban climate modeling: Development of urban climate evaluation methods for urban planning purposes (Doktora tezi). University of Kassel, Faculty of Architecture, Urban and Landscape Planning.

Centro de Observación y Teledetección Espacial, S.A.U. (COTESA). (2023). Metodología para la generación del Mapa Analítico de Clima Urbano: Análisis y obtención de variables físicas y geoespaciales determinantes en la elevación de la temperatura local para el área urbana de la ciudad de Madrid. Grupo TECOPY.

Coral, D. S. (2013). Metodología de evaluación de la isla de calor urbana y su utilización para identificar problemáticas energéticas y de planificación urbana. Universidad de Zaragoza.

Correa, É. N., Flores Larsen, S., & Lesino, G. (2003). Isla de calor urbana: Efecto de los pavimentos (informe de avance). Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 7.

Du, H., & Zhou, F. (2022). Mitigating extreme summer heat waves with the optimal water-cooling island effect based on remote sensing data from Shanghai, China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(15), 9149.

Eurostat. (2021). Territorial typologies manual – Functional urban areas (FUAs).

García, M. D. C. M., & Pardo, J. A. S. (2016). El estudio de la isla de calor urbana en el ámbito mediterráneo: Una revisión bibliográfica. Biblio3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales.

Google Earth Engine. (t.y.). USGS Landsat 9 Level 2, Collection 2, Tier 1 [Veri kümesi]. Google. https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/LANDSAT_LC09_C02_T1_L2#description

Harita Genel Müdürlüğü (HGM). (2024). Türkiye ve Çevresi Coğrafi Ad Dizini [Veri dosyası].

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., ... Thépaut, J.-N. (2023). ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present [Data set]. ECMWF. <https://doi.org/10.24381/cds.adbb2d47>

Insaurralde, J. A. (2019). Aplicación de la transformación Tasseled Cap en la generación de información temática a partir de las imágenes satelitales del Landsat 8 (OLI). Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, 24, 3-?

Karlı Ölmez, B., & Kaya, M. (2025). Urla Termal Konfor Raporu. İzmir Planlama Ajansı, İzmir Büyükşehir Belediyesi.

Karlı Ölmez, B., & Kaya, M. (2025). İzmir 3+30+300 Analizi. İzmir Planlama Ajansı, İzmir Büyükşehir Belediyesi.

Kawamoto, Y., Yoshikado, H., Ooka, R., Hayami, H., Huang, H., & Khiem, M. (2012). Sea breeze blowing into urban areas: Mitigation of the urban heat island phenomenon. In *Urban Climate and Global Environmental Change* (pp. 25–47). Springer.

Lindberg, F., Grimmond, C. S. B., Gabey, A., Huang, B., Kent, C. W., Sun, T., ... Zhang, Z. (2018). Urban Multi-scale Environmental Predictor (UMEP): An integrated tool for city-based climate services. *Environmental Modelling & Software*, 99, 70–87. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.09.020>

Lindberg, F., Grimmond, C. S. B., Bernard, J., Gabey, A., Järvi, L., Kent, C. W., ... Ward, H. C. (2019). Urban Multi-scale Environmental Predictor (UMEP) Manual. University of Reading; University of Gothenburg; SIMS.

Meng, Q., Gao, J., Zhang, L., Hu, X., Qian, J., & Jancso, T. (2024). Coupled cooling effects between urban parks and surrounding building morphologies based on a microclimate evaluation framework integrating remote sensing data. *Sustainable Cities and Society*, 105, 105235.

Mirzaei, P. A. (2015). Recent challenges in modeling of urban heat island. *Sustainable Cities and Society*, 19, 200–206.

Muñoz-Sabater, J. (2019). ERA5-Land hourly data from 2001 to present [Data set]. ECMWF. <https://doi.org/10.24381/cds.e2161bac>

Nasrallah, H. A., Brazel, A. J., & Balling Jr, R. C. (1990). Analysis of the Kuwait City urban heat island. *International Journal of Climatology*, 10(4), 401–405.

Ng, E., Ren, C., & Katschner, L. (2009). Urban climatic studies for a hot and humid tropical coastal city: Hong Kong. [Yayın/Etkinlik bilgisi eklenecek].

OECD & Avrupa Komisyonu. (2012). Redefining “urban”: A new way to measure metropolitan areas.

Peng, S., Kon, Y., & Watanabe, H. (2022). Effects of sea breeze on urban areas using computational fluid dynamics: A case study of the range of cooling and humidity effects in Sendai, Japan. *Sustainability*, 14(3), 1074.

- Rizwan, A. M., Dennis, L. Y. C., & Liu, C. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120–128. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)60019-4](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)60019-4)
- Saaty, T. L. (1990). The analytic hierarchy process (AHP). *Journal of the Operational Research Society*, 41(11), 1073–1076.
- Sakaida, K., Egoshi, A., & Kuramochi, M. (2011). Effects of sea breezes on mitigating urban heat island phenomenon: Vertical observation results in the urban center of Sendai. *Journal of Geography*, 120(2), 382–395.
- Sarricolea Espinoza, P., & Martín-Vide, J. (2014). El estudio de la isla de calor urbana de superficie del área metropolitana de Santiago de Chile con imágenes Terra-MODIS y análisis de componentes principales. *Revista de Geografía Norte Grande*, 57, 123–141.
- Schimanke, S., Ridal, M., Le Moigne, P., Berggren, L., Undén, P., Randriamampianina, R., ... Wang, Z. Q. (2021). CERRA sub-daily regional reanalysis data for Europe on single levels from 1984 to present [Data set]. ECMWF. <https://doi.org/10.24381/cds.622a565a>
- Steadman, R. G. (1979a). The assessment of sultriness. Part I: A temperature–humidity index based on human physiology and clothing science. *Journal of Applied Meteorology*, 18(7), 861–873.
- Steadman, R. G. (1979b). The assessment of sultriness. Part II: Effects of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature. *Journal of Applied Meteorology*, 18(7), 874–885.
- Qureshi, A. M., Bartlett, D., & Rachid, A. (2023). Quantifying the cooling effect of urban heat stress interventions. *International Journal of Global Warming*, 29(1), 1–25.
- Villanueva-Solis, J., Ranfla, A., & Quintanilla-Montoya, A. L. (2013). Isla de calor urbana: Modelación dinámica y evaluación de medidas de mitigación en ciudades de clima árido extremo. *Información Tecnológica*, 24(1), 15–24.
- Wu, Z., & Zhang, Y. (2019). Water bodies' cooling effects on urban land daytime surface temperature: Ecosystem service reducing heat island effect. *Sustainability*, 11(3), 787.
- Zippenfenig, P. (2023). Open-Meteo.com weather API [Computer software]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7970649>

