



**KENTSEL ISI ADASI ETKİSİNİN YEREL İKLİM BÖLGELERİ
SINIFLANDIRMA SİSTEMİ KULLANILARAK İRDELENMESİ: ANKARA
KENT MERKEZİ ÖRNEĞİ**

Deniz Hilal SOMUNCU

**DOKTORA TEZİ
ŞEHİR VE BÖLGE PLANLAMA ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Deniz Hilal SOMUNCU

30/06/2021

KENTSEL ISI ADASI ETKİSİNİN YEREL İKLİM BÖLGELERİ SINIFLANDIRMA SİSTEMİ KULLANILARAK İRDELENMESİ: ANKARA KENT MERKEZİ ÖRNEĞİ

(Doktora Tezi)

Deniz Hilal SOMUNCU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2011

ÖZET

Artan nüfus ile birlikte yatay düzlemde genişleyen ve düşey düzlemde yükselen kentlerde iklim belirgin bir şekilde değişmektedir. Kentleşmenin beraberinde getirdiği yüksek yapılaşma, geçirimsiz yüzeylerin artışı, kullanılan malzemelerin ısıyı tutma kapasitelerinin yüksek olmasından kaynaklı kent merkezlerinde sıcaklık artışlarının meydana gelmesi kent iklimi konularına eğilimi arttırmıştır. Kentsel alanlardaki iklim değişikliği ve kentsel ısı adası oluşumu her kent için ortak bir olgu ve kentleşmenin ortak bir sonucudur. Bu nedenle dünyadaki farklı kentler için birçok farklı yöntemle çalışma yapılmaktadır. Stewart ve Oke tarafından oluşturulan “Yerel İklim Bölgeleri Sınıflandırma Sistemi” iklimsel gözlemleri standart hale getirmek adına tasarlanmıştır. Başkent olması ile başlayan süreçten bugüne kadar hep öngörülerin üstünde nüfus artışı ile büyüyen bir kent olan Ankara’nın, çeşitli planlama dönemlerinde mekansal yayılması çok hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir. Hızlı kentleşme sonucu Ankara kentinde meydana gelen ısı adası etkisi farklı çalışmalara konu olmuştur. Çalışma kapsamında Ankara kentinde oluşan ısı adası etkisi, kentsel ısı adaları konusunda yeni ve farklı bir yaklaşım olan yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sistemi kullanılarak ortaya konulmuştur. Bu bağlamda; çalışma alanında toplam 17 yerel iklim bölgesinden, sekiz yerel iklim bölgesi belirlenerek (YİB-2, YİB-3, YİB-4, YİB-5, YİB-7, YİB-8, YİB-A, YİB-E) yüzey sıcaklıkları ile yapıyı çevre arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Yapılan analizlere göre ortalama yüzey sıcaklığı en düşük yerel iklim bölgesi; YİB-A (ağaçlık alanlar; Altınpark, Gençlik Parkı, Gültepe Mezarlığı)’dır ve ortalama sıcaklığı 36,7°C’dir. Ortalama yüzey sıcaklığı en yüksek yerel iklim bölgesi alçak katlı yoğun yapılaşmanın gözlemlendiği YİB-3’tür ve ortalama sıcaklığı 40,0°C olarak ölçülmüştür. Kentin yapıyı çevresinin özellikleri ile kentsel ısı adası yoğunluğu arasında anlamlı bir ilişki bulunup bulunmadığını ortaya koyabilmek için yapılan analizler sonucunda yapıyı çevreye ilişkin bina yüzey alanı, bina yüksekliği, albedo, ısı akısı, NDVI, gökyüzü görüş faktörü ve geçirimsiz yüzey ölçümleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu ve bu özelliklerin yüzey sıcaklığının %52’sini açıkladığı istatistiksel olarak ortaya konulmuştur. Ayrıca kentsel doğal çevre özelliklerinden bakı ve yükseklik ile de anlamlı ilişki bulunmuştur.

Bilim Kodu : 80208

Anahtar Kelimeler : Kentsel ısı adası, yerel iklim bölgesi, uzaktan algılama

Sayfa Adedi : 171

Danışman : Doç. Dr. Ülkü DUMAN YÜKSEL

EXAMINATION OF THE URBAN HEAT ISLAND EFFECT USING THE LOCAL
CLIMATE ZONES CLASSIFICATION SYSTEM: THE CASE OF ANKARA
CITY CENTER

(Ph. D. Thesis)

Deniz Hilal SOMUNCU

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2021

ABSTRACT

With the increasing population, the climate changes significantly in the cities that expand horizontally and rise vertically. Brought along by the urbanization, the increase in temperature in the city centers due to the high construction, increase in impermeable surfaces, high heat holding capacity of the used materials has increased the tendency towards urban climate issues. Climate change and urban heat island formation in urban areas are a common phenomenon for every city and a common result of urbanization. For this reason, studies are carried out with many different methods for different cities in the world. The "Local Climate Zones Classification Scheme" developed by Stewart and Oke is designed to standardize climatic observations. The spatial expansion took place very quickly in various planning periods of Ankara, which has always been a growing city with a population increase above the predictions since the process that started with becoming the capital. The heat island effect that occurred in the city of Ankara because of rapid urbanization has been the subject of different studies. Within the scope of the study, the heat island effect in the city of Ankara has been revealed by using the local climate zone classification system, which is a new and different approach to urban heat islands. In this context; eight local climatic zones (LCZ-2, LCZ -3, LCZ -4, LCZ-5, LCZ-7, LCZ-8, LCZ-A, LCZ-E) out of 17 local climatic zones in the area of the study was determined and the relationship between the surface temperatures and the built environment was analyzed. According to the analyzes made, the local climate region with the lowest average surface temperature; LCZ-A (woody areas; Altınpark, Genç park, Gültepe cemetery) and its average temperature is 36.7°C. The local climate region with the highest average surface temperature is LCZ-3, where low-rise dense construction is observed, and its average temperature was measured as 40.0°C. As a result of the analyzes made to reveal whether there is a significant relationship between the characteristics of the built environment of the city and the density of the urban heat island, it has been statistically demonstrated that there is a significant relationship between the building surface area and building height, albedo, heat flux, NDVI, sky view factor and impermeable surface measurements; and these properties explain 52% of the surface temperature. In addition, a significant relationship was found with the aspect and height of the urban natural environment characteristics.

Science Code : 80208

Key Words : Urban heat island, local climate zone, remote sensing

Page Number : 171

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ülkü DUMAN YÜKSEL

TEŞEKKÜR

Tüm doktora sürecimde benden her zaman emeğini ve desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Ülkü DUMAN YÜKSEL'e sonsuz teşekkürü bir borç bilirim. Tez komisyonu izleme sürecinde fikir ve destekleri ile çalışmanın gelişmesinde katkıları büyük olan değerli hocalarım Prof. Dr. Ebru Vesile ÖCALIR AKÜNAL'a ve Prof. Dr. Mehmet Emin BARIŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma kapsamında teknik bilgileri ile bana destek olan Volkan DARENDE'ye (Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü) ve Şehir Plancısı Dr. Cem GÜLLÜOĞLU'na (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü), sevgili mesai arkadaşım Harita Mühendisi Tuğba BAYHAN'a (Ankara Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü), sevgili mesai arkadaşım Şehir Plancısı Sevcan YALÇIN'a (Ankara Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü) değerli eşi Levent YALÇIN'a (Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü) teşekkürlerimi sunarım.

Yoğun çalışma temposu içerisinde bana her zaman inanan, güvenen ve destek olan çok kıymetli ailem; canım babam Mustafa DENİZ'e, ablam Selcen Şima DENİZ'e, kardeşim Mehmet DENİZ'e, sevgili eşim Ebubekir SOMUNCU'ya ve gözümün bebeği doktora sürecinde dünyaya gelen kızım Ayşe Zeynep SOMUNCU ve oğlum Ömer SOMUNCU'ya sonsuz teşekkürlerimi, şükranlarımı sunarım. İyi ki varsınız.

Canım annem Fazilet Nurcan DENİZ, sana teşekkür etmeye kelimeler yetmez. Ders çalışırken yavrularıma gözün gibi baktın, hep destek oldun, kendimi yalnız hissetmeyeyim diye benimle uykusuz kaldığın geceler oldu. Bu tezde emeğin büyük, iyi ki varsın ve iyi ki annemsin. Herşey için teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL TEMELLER.....	19
2.1. Kent İklimi	19
2.2. Kentsel Isı Adası	24
2.2.1. Kentsel ısı adası tipleri ve araştırma yöntemleri.....	26
2.2.2. Kentsel ısı adası oluşumunu etkileyen faktörler	28
2.2.3. Kentsel ısı adalarının etkileri	35
2.2.4. Kentsel ısı adasının belirlenmesinde kullanılan yöntemler.....	36
2.3. Yerel İklim Bölgesi Sınıflandırma Sistemi	41
2.3.1. Yerel iklim bölgelerinin sınıflandırılmasının tarihsel süreci	43
2.3.2. Yerel iklim bölgelerinin sınıflandırılmasına ilişkin temel kriterler	51
2.3.3. Yerel İklim Bölgeleri	52
2.3.4. Yerel iklim bölgesi sınıflandırma yöntemleri/yaklaşımları	66
2.3.5. Yerel iklim bölgesi sınıflandırma ölçekleri	67
2.2.6. Yerel iklim bölgesi sınıflandırmasına dünyadan örnekler	70
2.2.7. Dünya kentsel veri tabanı ve erişim portalı araçları (WUDAPT) ve yerel iklim bölgesi sınıflandırması.....	79

	Sayfa
3. MATERYAL VE METOD	81
3.1. Materyal	81
3.2. Metot	82
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	91
4.1. Çalışma Alanının Genel Tanıtımı	91
4.1.1. Konumu.....	91
4.1.2. İklimi.....	92
4.1.3. Kentleşme süreci	93
4.2. Yerel İklim Bölgelerinin ve Çalışma Alanının Doğal ve Yapılı Çevre Özelliklerinin Belirlenmesi	94
4.2.1. Bina yüzey alanı.....	94
4.2.2. Bina yükseklikleri	98
4.2.3. Geçirimsiz yüzeyler	101
4.2.4. Geçirimli yüzeyler.....	103
4.2.5. Gökyüzü görüş faktörü.....	105
4.2.6. Bakı	105
4.2.7. Yükseklik	108
4.2.8. NDVI.....	110
4.3. Çalışma Alanının Yüzey Sıcaklıkları	112
4.4. Çalışma Alanının Yerel İklim Bölgeleri	115
4.5. Yerel İklim Bölgelerine İlişkin İstatistiki Analizler.....	122
4.5.1. Kentin yapılı çevresinin özellikleri ile kentsel ısı adası arasındaki ilişki.....	122
4.5.2. Kentin doğal özellikleri ile kentsel ısı adası arasındaki ilişki.....	124
4.5.3. Yüzey sıcaklıklarının yerel iklim bölgelerine (YİB) göre irdelenmesi.....	127
4.5.4. Yerel iklim bölgeleri, yüzey sıcaklıkları ve yapılı çevre özellikleri arasındaki ilişki	129

Sayfa

4.5.5. Yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde yapılı çevreye ilişkin özelliklerin faktör analizi	145
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	149
KAYNAKLAR	161
ÖZGEÇMİŞ	171

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Türkiye’de kent nüfusu oranları	20
Çizelge 2.2. Kentsel ve kırsal alanların iklim değerleri karşılaştırması	23
Çizelge 2.3. Avrupa kentleri ve maksimum ısı adası etkisi	26
Çizelge 2.4. Yüzey ve atmosferik kentsel ısı adalarının temel özellikleri.....	28
Çizelge 2.5. Kentsel ısı adası oluşum nedenleri	29
Çizelge 2.6. Almanya’da kırsal ve kentsel alanlarda gözlenen hava kirletici emisyenlerin ortalaması.....	30
Çizelge 2.7. Gökyüzü görüş faktörü ile kent morfolojisi arasındaki ilişki	33
Çizelge 2.8. Kentsel ve kırsal alandaki materyallerin termal özellikleri	34
Çizelge 2.9. Termal kızılötesi algılama yapabilen uydular ve teknik özellikleri.....	38
Çizelge 2.10. Landsat 8 OLE uydusu özellikleri	41
Çizelge 2.11. Kentsel veriler ile ilgili problemler ve ihtiyaçlar.....	42
Çizelge 2.12. New York kenti için ısı adası azaltım senaryoları	50
Çizelge 2.13. Yerel iklim bölgesi sınıflandırma parametreleri ve değer aralıkları.....	64
Çizelge 2.14. WUDAPT Seviye 0, 1 ve 2 özellikleri ve potansiyel uygulamaları	70
Çizelge 4.1. Ankara’da uzun yıllar içinde ortalama sıcaklık ve yağış değerleri.....	92
Çizelge 4.2. Yerel iklim bölgelerinin çalışma alanındaki dağılımı	118
Çizelge 4.3. Yüzey sıcaklığı ile bina yüksekliği, bina yüzey fraksiyonu, albedo, geçirimsiz yüzey, GGF, ısı akısı, NDVI, yükseklik ölçümleri arasındaki ilişki analizi	123
Çizelge 4.4. Yüzey sıcaklığı ile Yükseklik ölçümleri arasındaki ilişki analizi	124
Çizelge 4.5. Bakı değişkenine göre yüzey sıcaklığı ölçümleri	125
Çizelge 4.6. Bakı değişkenine göre yüzey sıcaklığı ölçümleri arasındaki ilişki analizi.....	126
Çizelge 4.7. Yüzey sıcaklıklarının bakı değişkenine göre istatistiksel olarak farklılaşması.....	126
Çizelge 4.8. YİB değişkenine göre yüzey sıcaklık ölçümleri arasındaki ilişki	127

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.9. YİB ile Yüzey sıcaklığının anlamlı farklılık analizi.....	128
Çizelge 4.10. YİB-2 için ölçümlerin betimsel istatistikleri	129
Çizelge 4.11. YİB-2 bölgesi için çoklu regresyon analizi	130
Çizelge 4.12. YİB-3 için ölçümlerin betimsel istatistikleri	131
Çizelge 4.13. YİB-3 bölgesi için çoklu regresyon analizi	132
Çizelge 4.14. YİB-4 için ölçümlerin betimsel istatistikleri	133
Çizelge 4.15. YİB-4 bölgesi için çoklu regresyon analizi	134
Çizelge 4.16. YİB-5 için ölçümlerin betimsel istatistikleri	135
Çizelge 4.17. YİB-5 bölgesi için çoklu regresyon analizi	135
Çizelge 4.18. YİB-7 için ölçümlerin betimsel istatistikleri	136
Çizelge 4.19. YİB-7 bölgesi için çoklu regresyon analizi	137
Çizelge 4.20. YİB-8 için ölçümlerin betimsel istatistikleri	138
Çizelge 4.21. YİB-8 bölgesi için çoklu regresyon analizi	139
Çizelge 4.22. YİB-A için ölçümlerin betimsel istatistikleri	139
Çizelge 4.23. YİB-A bölgesi için çoklu regresyon analizi	140
Çizelge 4.24. YİB-E için ölçümlerin betimsel istatistikleri.....	141
Çizelge 4.25. YİB-E bölgesi için çoklu regresyon analizi.....	141
Çizelge 4.26. Tüm ölçümlere ilişkin betimsel istatistikler	142
Çizelge 4.27. Tüm ölçümlere ilişkin çoklu regresyon analizi	143
Çizelge 4.28. Ölçümlere ilişkin diskriminant analizi.....	144
Çizelge 4.29. Ölçümlere ilişkin yapısal fonksiyon katsayıları.....	145
Çizelge 4.30. Yerel iklim bölgelerinin sınıflamasına ilişkin kestirimlerin doğruluk oranı.....	145
Çizelge 4.31. Ölçümlerin faktör analizine uygunluğuna dair sonuçlar	146
Çizelge 4.32. Açıklayıcı faktör analizi varyansları.....	147
Çizelge 4.33. Her bir faktöre düşen ölçümlere ilişkin faktör yük değerleri	147

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. YİB-8 sınıfına giren bir kentsel alanda, kentsel yapı çevre elemanlarının değişiminin yüzey sıcaklıklarına etkisi.....	156

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Kentsel alanlarda yaşayan nüfus ve artış trendi.....	20
Şekil 2.2. Küresel iklim, yerel iklim kent ve kamu sağlığı arasındaki ilişki	21
Şekil 2.3. Kent iklimin ilişkili olduğu ölçekler.....	22
Şekil 2.4. Kent ikliminin termal bileşenini etkileyen ısı kaynakları.....	22
Şekil 2.5. Kent ikliminin planlama açısından ilişkili olduğu ölçekler	24
Şekil 2.6. İklim değişikliğinin sıcaklıklara(a) ve kentsel ısı adasına(b) etkisi.....	25
Şekil 2.7. Kentsel sınır ve Kentsel örtü tabakalar	27
Şekil 2.8. Yüzey ve atmosferik sıcaklık değişimleri.....	27
Şekil 2.9. Hava kirliliği nedeniyle uzun ve kısa dalga boylu radyasyonun değişimi	30
Şekil 2.10. Kentsel/Sokak kanyonunda sıcaklık değişimi (üç: Rüzgar hızı, θ_c : Rüzgar yönü, Ri: Kanyon stabilitesi)	31
Şekil 2.11. Sokak /Kentsel kanyon geometrisi	32
Şekil 2.12. Balıkgözü lens ile saha çalışması	32
Şekil 2.13. Gökyüzü görüş faktörü karşılaştırması için balıkgözü lens ile çekilmiş fotoğraflar	33
Şekil 2. 14. Kentsel ısı adasını etkileyen faktörler.....	35
Şekil 2.15. Ocak-Nisan 1948 arasında yapılan 20 ölçümden elde edilen ortalama sıcaklıklara göre hazırlanmış izoterm haritası	44
Şekil 2.16. Chandler'ın Lonra kenti için iklim bölgesi sınıflandırması (I:Merkez, II:İç banliyö, III: Dış banliyö, IV:Düşük yoğunluklu yerleşim alanları.....	45
Şekil 2.17. Auer'in St. Louis kenti için a. iklim bölgesi sınıflandırması.....	46
Şekil 2.18. Auer'in St. Louis kenti için b. izoterm haritası	46
Şekil 2.19. 2001 yılı Freiburg kent iklim fonksiyon haritasındaki klimatoplar.....	47
Şekil 2.20. Ellefsen'in Kentsel arazi bölgeleri-yeniden geliştirilmiş çekirdek alan	48
Şekil 2.21. Oke'in Kentsel iklim bölgeleri	49

Şekil	Sayfa
Şekil 2.22. Evrensel sınıflandırma sistemi oluşturma'nın temel aşamaları (nesneler: binalar, bitkiler; nesnelerin yüksekliği: yüksek, orta, alçak, yok; nesnelerin yoğunluğu: Y= yoğun, A= açık; arazi örtüsü: X=geçirimsiz, Y=geçirimli)	52
Şekil 2.23. Yerel İklim Bölgesi sınıflandırma sistemi yükseklik değerleri	53
Şekil 2.24. Yerel İklim Bölgesi sınıflandırma sistemi açıklık değerleri.....	53
Şekil 2.25. Yüzey örtüsü özellikleri.....	54
Şekil 2.26. Yerel iklim bölgeleri sisteminin standart temelleri	55
Şekil 2.27. Yakın yüksek katlı bölgeler	56
Şekil 2.28. Yakın orta katlı bölgeler	57
Şekil 2.29. Yakın alçak katlı bölgeler	57
Şekil 2.30. Açık yüksek katlı bölgeler	58
Şekil 2.31. Açık orta katlı bölgeler	58
Şekil 2.32. Açık alçak katlı bölgeler	59
Şekil 2.33. Alçak katlı düzensiz bölgeler.....	59
Şekil 2.34. Alçak katlı geniş yapıli bölgeler	60
Şekil 2.35. Seyrek yapıli bölgeler	60
Şekil 2.36. Sanayi bölgeleri	61
Şekil 2.37. Yoğun ağaçlık bölgeler.....	61
Şekil 2.38. Aralıklı ağaçlık bölgeler	62
Şekil 2.39. Çalılık bölgeler	62
Şekil 2.40. Alçak bitkili bölgeler	63
Şekil 2.41. Kayalık, asfalt, beton zemin kaplamalı bölgeler	63
Şekil 2.42. Çıplak topraklı ya da kumlu bölgeler	64
Şekil 2.43. Su yüzeyleri	64
Şekil 2.44. Chikago Seviye 0 Haritası	68
Şekil 2.45. Seviye 2 Haritası Kowloon-Hong Kong, 3 D modelleme yapılarak uydu görüntüsüne entegre edilmiştir	69

Şekil	Sayfa
Şekil 2.46. YİB haritalandırılmasında 3 seviye	69
Şekil 2.47. Yerel iklim bölgesi sınıflandırma sisteminin dünyada uygulandığı bazı ülkeler	71
Şekil 2.48. Google maps üzerinden oluşturulan arazi kullanım şeması	72
Şekil 2.49. Heraklion şehri yerel iklim bölgeleri	73
Şekil 2.50. Singapur için seçilen üç örnek alan	74
Şekil 2.51. Hong Kong kenti yerel iklim bölgesi haritası	77
Şekil 2.52. Novi Sad arazi kullanımı şeması (a: Anayollar, b: Kırsal alan, c: Kentsel alan, d: Akarsu yüzeyleri e: Çalışma alanı sınırı, f: Hücre sınırı, g: toplam gridlerin tamamını içeren çerçeve)	78
Şekil 2.53. Novi Sad Yerel iklim bölgeleri haritası	78
Şekil 2.54. Novi Sad yapı yoğunluğu ve sıcaklık modellemesi	79
Şekil 2.55. Kentsel problemlerin ele alınmasında kullanılan verilerdeki karmaşa-Delhi-Hindistan kentine ait farklı haritaların WUDAPT Seviye O haritası ile karşılaştırılması	80
Şekil 3.1. 31.07.2015 tarihli, Ankara kentini kapsayan Landsat 8 uydu görüntüsü	83
Şekil 3.2. 10 numaralı termal bant için kullanılan radiance multi bant değeri	84
Şekil 3.3. 10 numaralı termal bant için kullanılan radiance add bant değeri	84
Şekil 3.4. Arc Gis programı raster hesaplayıcısı	85
Şekil 3.5. 10 numaralı termal bant için kullanılan K1-K2 Constant band değeri	85
Şekil 3.6. Çalışma akış şeması	90
Şekil 4.1. Çalışma alanının konumu	92
Şekil 4.2. Ankara Kentinin içinde bulunduğu jeomorfolojik çanak sınırı	93
Şekil 4.3. Çalışma alanı için sekiz farklı dokudan elde edilen fotoğraflar ve GGF değerleri	105
Şekil 4.4. Çalışma alanında YİB_2 ye ait yapılaşma dokusu	115
Şekil 4.5. Çalışma alanında YİB_3 ye ait yapılaşma dokusu	115
Şekil 4.6. Çalışma alanında YİB_4 ye ait yapılaşma dokusu	116
Şekil 4.7. Çalışma alanında YİB_5 ye ait yapılaşma dokusu	116

Şekil	Sayfa
Şekil 4.8. Çalışma alanında YİB_7 ye ait yapılaşma dokusu	116
Şekil 4.9. Çalışma alanında YİB_8'e ait yapılaşma dokusu	117
Şekil 4.10. Çalışma alanında YİB_A ya ait yapılaşma dokusu	117
Şekil 4.11. Çalışma alanında YİB_E ye ait yapılaşma dokusu.....	117
Şekil 4.12. Yerel iklim bölgelerinin çalışma alanındaki dağılımının grafiksel gösterimi	118
Şekil 4.13. Çalışma alanı içinde belirlenen yerel iklim bölgesi alanlarından doku örnekleri ve sıcaklık değerleri	121
Şekil 4.14. Bakıya göre yüzey sıcaklığı değişimi	125
Şekil 4.15. Yerel İklim Bölgelerine göre yüzey sıcaklığı değişimi	129
Şekil 5.1. Kentsel iklimi etkileyen kentsel tasarım unsurları.....	150
Şekil 5.2. Yerel iklim bölgeleri arasındaki sıcaklık farklılıkları.....	154
Şekil 5.3. Yerel iklim bölgeleri arasındaki sıcaklık farklılıkları.....	155

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 4.1. Çalışma alanındaki binalar.....	96
Harita 4.2. Bina yüzey alanı analizi (m ²).....	97
Harita 4.3. Bina yükseklik (m) analizi	99
Harita 4.4. Bina yükseklik analizi (m).....	100
Harita 4.5. Geçirimsiz yüzey analizi.....	102
Harita 4.6. Geçirimli yüzey analizi	104
Harita 4.7. Bakı analizi	107
Harita 4.8. Yükselti haritası	108
Harita 4.9. Arazi yükseklik analizi	109
Harita 4.10. NDVI analizi.....	111
Harita 4.11. Yüzey sıcaklık haritası.....	113
Harita 4.12. Yüzey sıcaklık analizi	114
Harita 4.13. Yerel iklim bölgesi sınıfları	119

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

CH	Hidrokarbon
CO	Karbonmonoksit
SO₂	Kükürtdioksit
NO	Azotmonoksit
NO₂	Azotdioksit
m²	Metrekare
O₃	Ozon

Kısaltmalar

Açıklamalar

ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
EEA	Europa Environmental Agency
GGF	Gökyüzü Görüş Faktörü
LCZ	Local Climate Zone
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NDBI	Normalized Difference Building Index
NDVI	Normalized Difference Vegetative Index
TIRS	Termal Infrared Scanner
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
USEPA	United States Environmental Protection Agency
UTZ	Urban Terrain Zone
WHO	World Health Organization
WMO	World Meteorological Organization
YİB	Yerel İklim Bölgesi

1. GİRİŞ

Küresel nüfusun hızla artması, küresel iklim değişikliği ve buna bağlı olarak yerel ölçekte ortaya çıkan etkiler nedeniyle kent iklimine olan ilgi artmıştır. Kent morfolojisine bağlı olarak iklim parametrelerindeki değişikliklerin belirlenmesi ve bu değişikliklerin kentsel ekosistem ve insanlar üzerindeki etkisinin ortaya konulması hem kent sakinleri hem de kent planlama çalışmaları için önem kazanmıştır.

Aslında kentsel alanlarda ortaya çıkan iklimsel koşulların araştırılması kentler için yeni bir konu değildir. Kent iklimi Roma kentlerinden sanayi dönemi kentlerine kadar farklı konulara odaklanarak gelmiş, 19. Yüzyılda kentsel ısı adası konusu Avrupa'daki pekçok kentte (Londra-Howard,1833; Paris-Renou,1855; Viyana-Schmidt-1917; Münih-Schmauss, 1927; Karlsruhe- Peppier, 1929) çalışılmaya başlamıştır. Howard'ın Londra kentine ilişkin araştırması kentsel ısı adalarının sadece gözleme dayalı olarak değil bilimsel bir zemine oturtularak ölçümlere ve nicel verilere dayalı olarak araştırılmasına öncülük etmiştir.

Kentsel ısı adası, yapay bir teknoekosistem olan kentin (Odum ve ark., 2016) çevresindeki doğal-yarı doğal ve kırsal alanlara göre daha sıcak olmasını tanımlamaktadır. Kent ve çevresi arasındaki sıcaklık farkı yoğun yapılaşmanın olduğu, geçirimsiz yüzeylerin fazla, bitki örtüsünün az olduğu kent merkezinde daha yüksek; düşük yoğunluklu yapılaşmanın, geçirimli yüzeyin ve bitki örtüsünün fazla olduğu alanlarda daha düşüktür.

Kent ikliminin, kentsel ısı adasının ve kentsel ısı takımadalarının (urban heat archipelago-UHA) oluşumunda pekçok faktör rol oynamaktadır (Matzarakis, Meyer 2009). Kent morfolojisine ve yüzey materyallerinin değişimine bağlı olarak kentler güneşten gelen radyasyonu daha fazla tutmakta ve radyasyonu tekrar tekrar geri yansıtarak olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Kentler çevrelerine göre hem dikey hem de yatay görüş oranının azaldığı bölgeler olarak karşımıza çıkmakta, kentin dikey gelişimi kentsel kanyonlar üreterek kentsel ısı adası yoğunluğunu arttırmaktadır. Kentlerde geçirimsiz yüzeyler nedeniyle hidrolojik döngü kesintiye uğrayarak nem azalmakta, evapotranspirasyon sırasında harcanan enerjinin azalması sıcaklığı arttırıcı etki yapmaktadır.

2000'li yılların başından beri kent iklimi araştırmaları, kent morfolojisinin kentsel ısı adası gelişimi üzerindeki etkilerini ortaya koymuş ve meteoroloji, klimatoloji, çevre, mühendislik,

sağlık, planlama, tasarım ve mimari gibi pekçok disiplini ilgilendiren bir konuda disiplinler arası iletişim ve bilgi alışverişinin önemini vurgulamış olsa da kent iklimi verilerinin planlama alanında kullanımı hala sınırlı bir düzeyde olabilmektedir. İklim verilerinin planlama politika, strateji ve uygulamalarına aktarılamaması özellikle sürdürülebilirlik, kentlilerin sağlığı ve yaşam kalitesinin sağlanmasının önündeki en büyük engeller olarak karşımıza çıkmaktadır. Küresel iklim değişikliği, pandemi gibi kentlerin gündemindeki yeni olgular kent iklimini ve kentsel ısı adalarını kritik ve stratejik konular haline getirmektedir. Bu nedenlerle, planlama ve tasarım sürecinde iklim ve kent morfolojisinin etkin bir biçimde kullanımını sağlayacak veri altlığı oluşturmak, meteorolojik elemanlar, planlama ve tasarım parametreleri arasındaki korelasyonu analiz ederek hem nitel hem de nicel planlama önerileri sunabilmek için yeni araçlar geliştirmek gerekmektedir.

Son yıllarda kent iklim verilerinin kentsel planlama sürecine entegrasyonunun sağlanması için yeni bir yöntemden faydalanılmaya başlanmıştır. Yerel iklim bölgesi sınıflandırma sistemi olarak tanımlanan bu yöntem Stewart ve Oke tarafından geliştirilmiştir. Yerel İklim Bölgesi (YİB) sistemi, iklim araştırmaları ve kent planlaması için kapsamlı bir arazi ve yapıli çevre sınıflandırma sistemidir. Yapılar ve arazi örtüsü tipleri olmak üzere iki alt bileşene göre sınıflandırılan sistem, toplamda 17 temel YİB'den oluşmaktadır.

Kentsel ısı adasının belirlenmesi açısından kent-kır farkından ziyade kent içerisindeki farklılıkları daha net ortaya koyması sebebiyle Ng (2015), yerel iklim bölgesi sınıflandırma sistemini daha kullanışlı bir yöntem olarak tanımlamaktadır. Meteorolojik gözlemleri ve kentsel ısı adası araştırmalarını karşılaştırılabilir hale getirmek için standart bir yaklaşım oluşturmak amacı ile başlayan bu sınıflandırma, bileşenlerinin niteliğinden ötürü planlama açısından beklenen ortak dili de oluşturmuş ayrıca, Köppen sınıflandırma sistemi aracılığıyla da Dünya çapında benzer/farklı gruptaki kentlerinde yapılan iklim çalışmalarının karşılaştırılmasını ve iletişimin kolaylaşmasını sağlamıştır.

Kenti farklı iklim bölgelerine bölme fikri, kentsel iklim alanında uzun bir geçmişe sahiptir (Wicki and Parlow, 2017). 60'larda Chandler'ın Londra (İngiltere) kentini 4 iklim bölgesine ayırması ile başlayan süreç 70'lerde Auer'in St. Louis (ABD), Stock'un Hagen (Almanya)'ı arazi kullanımına göre farklı iklim bölgelerine ayırması, 80'lerde Almanya'da arazi kullanımı ve örtüsüne göre klimatop haritalarının geliştirilmesi, 90'larda Ellefsen, 2000'lerde Oke'un kent morfolojisi ve iklim arasındaki ilişkiyi kurgulaması ile devam

etmiştir. Stewart 2011’de yerel iklim bölgesi sınıflandırma sistemini yayınlamıştır. 2011’den günümüze yerel iklim bölgesi araştırmaları Avrupa’da Toulouse-Fransa (Houet ve Pigeon, 2011), Olomouc-Çek Cumhuriyeti (Lehnert ve ark., 2015), Novi Sad-Sırbistan (Savić ve ark., 2013); Szeged-Macaristan (Unger ve ark., 2014), Nancy-Fransa (Leconte ve ark., 2015), Dublin-İrlanda (Alexander ve Mills, 2014) kentlerinde, Asya’da Nagano-Japonya (Stewart ve Oke, 2009), Hong Kong (Zheng ve ark. 2018) ve Colombo-Sri Lanka (Perera ve Emmanuel, 2016) kentlerinde yapılmıştır. Çoğunlukla kentsel ısı adasının belirlenmesine yönelik olan çalışmalar arasında kent planlama ile ilişkilendirenlerin sayısı (Perera ve Emmanuel, 2016) oldukça azdır.

Bu tez çalışması kapsamında, Türkiye’nin nüfus bakımından ikinci büyük kenti ve başkenti olan Ankara Kentindeki kentsel ısı adası, yerel iklim bölgeleri sınıflandırması kullanılarak incelenmiş ve sıcaklık değerleri ile kent morfolojisi arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye’nin kentleşme düzeyi yüksektir ve ülke nüfusunun %92,3’ü kentsel alanlarda yaşamaktadır. Üç büyükşehir arasında Ankara’nın nüfus artış hızı %1,43 ile en yüksektir ve 2013’ten bu yana nüfusunun %100’ü kentsel alanlarda yaşamaktadır (TÜİK 2019).. Bu nedenle, kent gün geçtikçe genişleyerek yayılmakta ve açık alanlar yapılaşmış alanlara dönüşmekte ve özellikle şehir merkezinde, düşük katlı binalar kentsel dönüşüm veya kentsel yenileme projeleriyle yüksek katlı binalara dönüşmektedir. Bu dönüşüm Ankara’yı topografik dezavantajı nedeniyle kentsel ısı adasının etkilerinden daha fazla zarar görebilir (vulnerable) hale getirmektedir. Ankara kenti üç tarafı tepelerle çevrili bir platoda gelişmiş ve 2000’li yıllardan sonra kentin temiz ve soğuk hava koridorları yapılaşmış alanlara dönüşmüş ve hava koridoru açısından kentin tek açılımı olan batı koridorunda yüksek katlı binalar yapılmıştır.

Amaç – Kapsam

Çalışmanın temel amacı Ankara kentindeki ısı adası oluşumunu yerel iklim bölgeleri sınıflandırması aracılığıyla kent morfolojisi ile ilişkilendirerek nicel olarak ortaya koymaktır. Bu çalışmanın alt amaçlarını Ankara kentinde (1) Yerel İklim Bölgesi sistemini kentsel yapılı çevrenin ve arazinin özelliklerini sınıflandırmak için kullanmak, (2) yerel iklim bölgeleri ile kent morfolojisi ve yerel iklim koşulları arasındaki ilişkiyi sorgulamak, (3) yerel iklim bölgeleri ve planlama parametreleri arasındaki ilişkileri nicel olarak

anlamaktır ve (4) Ankara kentindeki kentsel ısı adası etkisinin azaltılabilmesi için planlama stratejileri geliştirmek olarak sıralamak mümkündür.

Bu amaç doğrultusunda Ankara kentinde yerel iklim bölgesi sınıflandırma sisteminin temel analizleri olan, geçirimli yüzey fraksiyonu, geçirimsiz yüzey fraksiyonu, gökyüzü görünüş faktörü, en/boy oranı, bina yüksekliği, bina yüzey alanı analizleri yapılmıştır. Ayrıca uydu görüntüsü üzerinden araştırma alanındaki termal yük durumu tespit edilmiş ve yüzey sıcaklık haritası oluşturulmuştur. Analizler sonucu oluşturulan yerel iklim bölgeleri haritası ile yüzey sıcaklık haritası karşılaştırılarak, belirlenen yerel iklim bölgelerinin morfolojik özellikleri ve ısı adası arasındaki ilişkiler istatistiki testlerle ortaya konulmuştur.

Çalışma, zamansal ölçek bakımından kentsel ısı adası etkisinin yoğun ve daha yüksek hava sıcaklığının yaşandığı yaz aylarını ve kentsel örtü tabakası ısı adasını kapsamaktadır. Çalışmanın mekânsal ölçeği ise Ankara kent merkezinde yer alan ve pilot çalışmalar sonucunda belirlenen, yüksek yerel iklim bölgesi çeşitliliğine sahip olan 13 mahalleyi kapsamaktadır.

Hipotezler

Çalışma ana hipotezleri şunlardır:

1. Kent planlama yerel iklim koşullarını etkilemekte ve planlama sonucu ortaya çıkan kentin yapılı çevresinin özellikleri ile kentsel ısı adası yoğunluğu arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır
2. Kentin doğal özellikleri ile yüzey sıcaklıkları arasında anlamlı bir ilişki vardır.
3. Kentteki yüzey sıcaklıkları ile yerel iklim bölgeleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Birinci ve ikinci hipotezi test etmek için oluşturulan alt hipotezler ise şunlardır

1. Kentin yapılı çevresinin özellikleri ile kentsel ısı adası yoğunluğu arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Yapılı çevrenin özellikleri ile yüzey sıcaklıkları arasında bir ilişki vardır
 - i. Bina yükseklikleri ile yüzey sıcaklıkları arasında anlamlı bir ilişki vardır.
 - ii. Bina yüzey alanı ile yüzey sıcaklıkları arasında anlamlı bir ilişki vardır.

- iii. Kentteki geçirimsiz yüzey miktarı ile yüzey sıcaklıkları arasında anlamlı bir ilişki vardır.
- iv. Kentteki bitki örtüsü miktarı ile yüzey sıcaklıkları arasında anlamlı bir ilişki vardır.
- v. Gökyüzü görüş faktörü ile yüzey sıcaklıkları arasında anlamlı bir ilişki vardır.
- vi. Isı akısı (heat flux) ile yüzey sıcaklıkları arasında anlamlı bir ilişki vardır.
- vii. Albedo/yansıtılabilirlik ile yüzey sıcaklıkları arasında anlamlı bir ilişki vardır.

2. Kentin doğal özellikleri ile yüzey sıcaklıkları arasında anlamlı bir ilişki vardır.

- i. Bakı ile yüzey sıcaklıkları arasında anlamlı bir ilişki vardır.
- ii. Arazi yüksekliği ile yüzey sıcaklıkları arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Literatür özeti

Hızlı gelişen kentlerde termal koşulların canlı yaşamını olumsuz yönde etkileyecek boyutlarda değişmesi sonucunda dünyada ve ülkemizde kentsel ısı adası konusunda birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Tez konusunun, kapsamının, yönteminin belirlenmesi vb süreçlerde incelenen ulusal ve uluslararası literatürdeki çalışmalardan bir kısmı aşağıda sunulmaktadır.

Kentsel ısı adasına ilişkin çalışmalar;

- Kolumbiya Üniversitesi İklim Sistemleri Araştırma Merkezi, Nasa ve Goddard Enstitüsü (2006) tarafından yapılan “Mitigating New York City’s heat island with urban forestry, living roofs, and light surfaces” isimli çalışmada New York kentinde; yolların, binaların, geçirimsiz yüzeylerin güneş radyasyonunu emmesi ve onu ısı şeklinde yeniden yayması sonucu ortaya çıkan kentsel ısı adası etkisi nedeniyle çevredeki alanlardan daha sıcak olduğu belirtilmiştir. Isı adası oluşumu enerji talebi, hava kalitesi ve halk sağlığı üzerinde bölgesel ölçekte etkilere sahiptir. Kentsel yeşil alanlar, yeşil çatılar ve açık renkli yüzeyler gibi ısı adası azaltma stratejileri, New York kentinde topluluk düzeyinde uygulanabilir, ancak etkilerinin karşılaştırılabilir yöntemlerle test edilmesi gerekir. Isı adası etkisi yıl boyunca meydana gelmektedir ancak yaz aylarında oluşması, klima ihtiyacının artması, dolayısıyla enerji ihtiyaçlarının artması, yüksek hava kirliliği ve ısı stresine bağlı ölüm ve hastalıklara neden olması sebebi ile bir kamu politikası konusudur.

Bu projenin genel amacı, çalışma sonuçlarına göre kanun koyuculara kentsel ısı adası azaltımı hakkında bilgi vermektir. Projenin özel hedefleri:

1. New York'taki ısı adası etkisini analiz etmek ve modellemek;
2. Kentsel yeşil alanlar, yeşil çatılar ve açık renkli yüzeylerin ısı adası üzerine etkilerini kent genelinde ve altı inceleme alanında potansiyel ısı adası azaltma stratejileri olarak analiz etmek;
3. Kentsel ısı adası azaltma stratejilerinin New York'un yüzey ve yüzeye yakın hava sıcaklıklarını nasıl etkilediğine ilişkin bilimsel anlayışın geliştirilmesi;
4. Arazi kullanımı, elektrik kullanımı, hava kalitesi, özellikle sağlık üzerine etkilerine dikkat ederek ısı adası azaltım stratejileriyle ilişkili potansiyel etkileşimli sonuçları değerlendirmek;
5. Sıcaklık azaltımının enerji talebi üzerindeki etkisini analiz etmek;
6. Her bir stratejinin maliyet etkinliğini tespit etmektir.

Bu amaçlardan yola çıkarak, 6 adet çalışma alanında yüzey sıcaklıklarını analiz etmek için farklı tarihlerde; 3 tane Landsat, 1 MODIS, 1 ASTER görüntüsü kullanılmıştır. Çalışma alanları 250 metrelik gridlere bölünmüştür ve 3 bağımsız değişken grubu tanımlanmıştır. Arazi yüzeyi (NDVI, albedo), kentsel form (yol yoğunluğu, bina yaşı, ortalama bina yüksekliği), kentsel yoğunluk (nüfus yoğunluğu, enerji kullanımı, bina yüzey alanları). Regresyon analizi sonuçlarına göre yüzey sıcaklığının en güçlü yordayıcısı NDVI faktörü olmuştur. NDVI ile yüzey sıcaklığı ile negatif yönde bir ilişkisi bulunmaktadır. İkinci en güçlü etkili faktör ise albedodur.

Bu araştırmada yüzey sıcaklıkları ile kentin yapıları çevresinin özellikleri ve arazi yüzeyinin özellikleri arasındaki ilişkiye bakılmış olması bu tez çalışmasının amacı ile uyumludur. Araştırma, tezin yönteminin belirlenmesi ve bulguların karşılaştırılması anlamında katkı koyması açısından önem taşımaktadır.

- Kaya ve arkadaşlarının (2012) “Assessment of Urban Heat Islands Using Remotely Sensed Data” başlıklı çalışmada” İstanbul’da kentsel ısı adası ve kentleşme arasındaki ilişki Landsat 5 TM uydu görüntüleri ve İstanbul’un çevresinde bulunan meteorolojik istasyonlardan elde edilen sıcaklık verileri kullanılarak incelenmiştir. Landsat 5 TM uydu görüntülerinin termal bantı kullanılarak kent ve çevresindeki yüzey sıcaklıklarının

mekânsal dağılımı analiz edilmiştir. Çalışmada 25 Eylül 1987, 18 Temmuz 1997 ve 28 Haziran 2007 tarihlerinde elde edilen Landsat 5 TM uydu görüntüsü kullanılmıştır. Görüntüler kentsel alanlardaki arazi kullanımı ve yüzey sıcaklığının karakteristiği arasındaki ilişkinin saptanması için sınıflandırılmıştır.

Çalışma sonuçlarında, kent içinde yerleşim alanlarındaki artışın yüzey sıcaklığının artmasının temel nedeni olduğu belirtilmektedir.

- Şimşek ve Şengezer'in (2012) İstanbul Metropoliten Alanında Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi, adlı çalışmasında geleceğe ilişkin sağlıklı kentlerin yapılaşmasına yön vermek adına İstanbul metropolünde, yeşil alan/bitki örtüsünün sıcaklık üzerine etkisi araştırılmıştır. Yüzey sıcaklıkları ve normalize edilmiş bitki indeksi farkı (NDVI) değerleri uzaktan algılama yöntemi ile analiz edilmiştir. Sıcaklık bağımlı değişkeni ile bitki örtüsü bağımsız değişkeni olmak üzere regresyon analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları yüksek anlamlılık düzeyine sahiptir. İstanbul kentsel alanı için bitki örtüsünün en az olduğu küme ile en yoğun olduğu kümenin beklenen sıcaklık değeri arasındaki fark 4.24 °C hesaplanmıştır.

Çalışma ile benzer olarak bu tez kapsamında kentsel yapılı çevrenin bileşenlerinden olan NDVI faktörü uzaktan algılama yöntemi ile analiz edilmiştir. NDVI ile yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelendiğinde NDVI faktörünün artması yani bitki örtüsü miktarının artması yüzey sıcaklığının azaltılmasında yüksek bir etkiye sahiptir.

- Balçık ve Ergene'nin (2016), Yer Yüzey Sıcaklığının Termal Uzaktan Algılama Verileri İle Belirlenmesi: İstanbul Örneği, başlıklı çalışmasında uydu görüntüleri ile yüzey sıcaklığı ile yapay alanlar arasındaki istatistiksel ilişkinin ortaya koyulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda çalışma alanı olan İstanbul kenti için Landsat-8 OLI uydu görüntülerinden ve meteorolojik istasyonların eş zamanlı verilerinden faydalanılmıştır.

İstatistiksel sonuçlar yeryüzü sıcaklıkları ile kentleşme sonucu oluşan yapay alanlar arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir. Ortaya çıkan sonuçlar İstanbul kenti için yapay yüzey oranlarının artması yeryüzü sıcaklık değerlerinde artışa neden olduğunu ortaya koymuştur. Tez kapsamında benzer şekilde kentsel yapılı çevre ile yüzey sıcaklığı arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

- Aslan'ın (2016) Analysis of Seasonal Variation in Urban Heat Island Effect for West Mediterranean Region of Turkey Using Landsat 8 OLI/TIRS Data başlıklı çalışmasında Antalya, Isparta ve Burdur kentlerinde kentsel ve bitki örtüsü ile kaplı alanlardaki yüzey sıcaklık değerleri hesaplanmış ve kent büyüklüğü ile kentsel ısı adası arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Antalya nüfus yönünden Isparta ve Burdur'a göre oldukça büyük bir kenttir. Bu üç ilin farklı özellikleri mevcuttur. Çalışmada kış (23 Aralık 2013), yaz (17 Haziran 2014) ve sonbahar (7 Ekim 2014) tarihlerinde Landsat 8 OLI/TIRS görüntüleri kullanılmıştır. Yüzey sıcaklık değerleri termal bantlardan elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek yüzey sıcaklık değeri tüm mevsimlerde Antalya ilinde görülmüştür. İkinci yüksek sıcaklık Isparta ve en düşük sıcaklık değeri Burdur kentinde tespit edilmiştir. Çalışma üç farklı büyüklükteki kent üzerinden kentleşmenin yüksek olduğu bölgelerde yüzey sıcaklığının arttığı ortaya koymaktadır. Kent büyüklüğü ve kentsel ısı adası etkisi incelendiğinde kentsel ısı adası etkisinin büyüklüğünün kentin büyüklüğü ile doğrudan etkili olduğu söylenebilir. Tez kapsamında yüzey sıcaklıklarının analiz yöntemi belirlenirken çalışma ile benzer şekilde landsat 8 uydu görüntüsünün termal bantları kullanılmıştır.
- Canan'ın (2017), Kent Geometrisine Bağlı Olarak Kentsel Isı Adası Etkisinin Belirlenmesi: Konya Örneği" başlıklı çalışmasında Konya kentinde dört farklı özellikteki (1. Bölge: Geleneksel kent merkezi, az katlı binalar, ticari faaliyetler, 2. Bölge: modern kent merkezi, katlı binalar, 3. Bölge: Yüksek yoğunluklu yapılaşma ticaret, iş merkezi, konut alanı, 4. Bölge: yüksek yoğunluklu konut blokları) kentsel dokuda gökyüzü açıklık değerleri analizleri Townscope yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Seçilen bölgelerde gökyüzü açıklıklarının ortalama değerlerine bağlı olarak oluşabilecek maksimum kentsel ısı adası değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kentin yapısı binalar ve bina gruplarının oluşturduğu açık alanlardan oluşan hacimsel oluşumlar olarak basite indirgenerek ele alınmıştır. Kentsel ısı adası etkisi gün boyunca sabit değere sahip olmayıp zamana bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Kent içindeki dağılımı da eşit düzeyde olmamaktadır. Isı adası etkisi gün batımından itibaren yüksek değerlere ulaşmaktadır. Gece saatlerindeki etkisi gündüz saatlerine göre çok daha yüksek olmaktadır. Kentsel ısı adasının şiddeti; sert zeminlerin ve yeşil alanların dağılımına, yüzey malzemelerinin termofiziksel özelliklerine, kent geometrisine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Özellikle kentin geometrik yapısı kent ortamının atmosferle olan etkileşiminin belirlenmesinde rolü büyüktür. Yoğun kentsel ortamlarda, birbirine yakın binalar kendi aralarında gökyüzü açıklığını belli miktarlarda engelledikleri için

gündüz saatlerinde depoladıkları ısıyı, gece saatlerinde atmosfere yaymaları zorlaşmaktadır.

Çalışma sonucunda ısı adası etkisinin yoğun yapılaşmaya sahip alanlarda daha yoğun olduğu ve ısı adası etkisi ile kentsel geometri arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu ortaya konulmuştur. Tez kapsamında da gökyüzü görüş faktörü ile yüzey sıcaklığı arasındaki anlamlı ilişki istatistiksel açıklanmıştır.

- Alkan ve arkadaşlarının (2017) “Batman Kentinde Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi” isimli çalışmalarında, kentsel mekanların hızla büyümesi ile kentlerin mikro iklimsel yapısında da değişimler meydana gelerek kentsel ısı adalarının oluştuğu belirtilmiştir. Çalışma kapsamında yeşil alanların sıcaklık üzerine etkileri araştırılmıştır. Batman yerleşim alanı içinde bitki örtüsünün en yoğun olduğu alanlar ile en az olduğu alanlar arasındaki sıcaklık değeri hesaplanmıştır. Çalışmada 1985 ve 2015 yıllarına ait landsat uydu görüntüleri (30 metre mekânsal çözünürlükte) kullanılmıştır. En çok benzerlik sınıflandırma yöntemi kullanılarak kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Kontrollü sınıflandırma ile belirlenen arazi örtüsü alanları hektar olarak tespit edilmiştir. Yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde Landsat uydu görüntülerinin termal bantlarından faydalanılmıştır. Çalışmada yeşil alanların fazla olduğu alanlarda yüzey sıcaklıklarının daha düşük, yerleşim alanlarının olduğu bölgelerde yüzey sıcaklıklarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar yapılan tezdeki bulguları desteklemekte; yeşil alanlar ve kentsel ısı adası arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır.
- Santos ve arkadaşlarının (2017) “Kentsel Isı Adası Etkisinin Zamansal ve Mekansal Dağılımı” (Spatial And Temporal Distribution Of Urban Heat Islands) isimli çalışmasında, kentsel ısı adasının oluşumu, kentleşme sürecinin en yaygın etkilerinden biri olduğu belirtilmiştir. Kentsel ısı adasının etkilerini azaltmak için, kentsel yeşil alanların planlanması (örneğin parkların, ormanların ve ağaçlandırılmış caddelerinin oluşturulması) bu bağlamda uygulanan başlıca araç olmuştur. Çalışmanın amacı, Brezilya, Vila Velha'da ısı adasının mekansal ve zamansal dağılımını değerlendirmektir.

Çalışma 4 metodolojik adım izlenmiştir.

1. Kentsel yeşil alanların haritalanması;
2. Kara yüzeyi sıcaklığının mekansal ve zamansal modellerinin oluşturulması

3. Yüzey sıcaklığı ile normalleştirilmiş fark bitki indeksi (NDVI) ve normalleştirilmiş fark yapı indeksi (NDBI) arasındaki korelasyonu;
4. Ekolojik değerlendirme endeksinin uygulanması.

Çalışmanın sonucunda kentsel alanlardaki ortalama yüzey sıcaklık değerinin, kırsal alanlardan en az 2,34 ila 7,19° C daha yüksek olduğunu göstermiştir. Ayrıca, yüzey sıcaklığı ve NDBI arasındaki pozitif korelasyon, kentsel ısı adası oluşumunda yapılaşmanın güçlendirici bir etkisini gösterirken, bitki örtüsünün baskın olduğu alanlar ısı adasının etkisini zayıflattığı sonucu elde edilmiştir. Son olarak, ısı adalarının etkisini azaltmak ve kentsel alanlarda termal konfor sağlamak için kentsel merkezlerde kent ormanı planlaması gibi önlemlerin alınması gerektiği öneri olarak sunulmuştur.

Çalışma kentsel alanlardaki yeşil alanların sıcaklığı düşürücü etkisini ortaya koymaktadır. Kentsel ısı adası çalışmalarında klasik bir yöntem olan kent-kır arasındaki sıcaklık farkı üzerinden kentsel ısı adası olgusunu açıklamıştır.

Ankara kentinde kentsel ısı adasına ilişkin çalışmalar;

- Çiçek'in (2005) "Ankara'da Şehir ve Kırsal Sıcaklık Farklarındaki Değişiklikler (1970-2002)" çalışmasında kentleşmenin sıcaklık üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla kent merkezinde bulunan Ankara Meteoroloji İstasyonu (AMİ) ve kent merkezi dışında kalan Esenboğa Meteoroloji İstasyonlarının (EMİ) 1970-2002 yılları arasına ait saatlik verileri incelenmiştir. Buna göre gündüz saatlik sıcaklık farklarında azalma, akşam sıcaklık farklarında artma eğilimleri saptanmıştır. Aylık ortalama sıcaklık farkları incelendiğinde Ankara'da yaz ve sonbahar mevsimlerinde kentsel ısı adalarının olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte kış aylarında da kentsel ısı adası oluşmaktadır. Bu durumda Ankara'nın jeomorfolojisi yani çanak yapısının önemli etkisi vardır. Saatlik sıcaklık farklarının sıklık dağılımlarında bütün sıklıklarda pozitif tarafa yönelimler saptanmıştır. Bu durum sıcaklık farklarında kentleşme etkisini kanıtlayan önemli bir bulgu olduğu sonucu elde edilmiştir.
- Çiçek ve Doğan'ın (2005) "Ankara'da Şehir Isı Adasının İncelemesi" çalışmasında Ankara kentindeki ısı adası oluşumunun büyüklüğünü ve mekânsal dağılımını saptamak için farklı şehir dokusunu yansıtan bölgelerde (Yenikent (kırsal), Şeker (Banliyö), AOÇ (şehir park), Yenimahalle (şehir), Emek (şehir), Gar (şehir), Keçiören (şehir)) 7 adet

istasyon kurulmuş ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışmada şubat ayı sonuçları incelenmiştir. Ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde Ankara’da maksimum ısı adası 9.0°C dir. İncelenen dönemde gündüz zayıf olan kentsel ısı adası akşam saatlerinde artarak şehir ve kırsal alanlar arasında sıcaklık farklılığı ($\Delta(kent - kır)$) $7,7^{\circ}\text{C}$ ’ye ulaşmıştır. Araştırma kentsel ısı adası çalışmalarında en yaygın ve en eski yöntemlerden birini kullanmış; meteorolojik istasyonlarda ölçülen sıcaklıklara dayalı olarak kent ve kır arasındaki sıcaklık farkını ortaya koymuştur.

- Yüksel’in (2005) “Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi Üzerinde Bir Araştırma” başlıklı doktora tezinde Ankara kentinde meydana gelen ısı adası etkisi uzaktan algılama yöntemi ile tespit edilmiştir. 1985, 1995, 2002 yıllarına ait Landsat görüntülerden, arazi örtüsü analizi, bitki örtüsü (NDVI) analizi, yüzey sıcaklık analizi yapılmıştır. Ankara kenti için öncelikle bölge ölçeğinde 1985 yılından 2005 yılına kadar yapılaşmış alanların artması sonucu oluşan alan kullanımlarındaki ve arazi örtüsündeki değişimlere bağlı olarak ortaya çıkan yüzey sıcaklığı açısından farklılıklar ve kentteki ısı adalarının bu yıllar arasındaki değişimi tespit edilmiş; ayrıca bu tespitlere bağlı olarak seçilen farklı arazi örtüsüne ve farklı yüzey sıcaklığına sahip 3 alanda (Migros, Bahçelievler ve Anıtkabir) sıcaklık ve nem parametreleri açısından sabit meteorolojik ölçüm aletleri ile ölçümler yapılarak yapı yoğunluğu, yeşil alanlar ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Sonuç olarak Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisi oluşumunun engellenmesi ve etkinin azaltılabilmesi için alınabilecek önlemler ortaya konulmuştur.
- Yılmaz’ın (2013) “Ankara Şehrinde kentsel ısı adası oluşumu” başlıklı doktora tezinde Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin saptanması ve bu konuda yaşanan sorunların tespit edilmesini amaçlamıştır. Yaşanan olumsuz hava koşullarının insanların yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir. Karar vericilerin, planlama aşamasında, sorun yaratabilecek hava koşullarını oluşturması muhtemel uygulamalardan kaçınmak için bu olumsuzlukları yaratan nedenleri bilmeleri gerekliliğinin üzerinde durulmuştur.

Çalışmada, Ankara kenti ve kent içinde hem kırsal hem de kentsel alanların bulunduğu, kuzeyden güneye uzanan bir hat mekansal olarak kullanılmıştır. Çalışma zamansal olarak üç ölçekte değerlendirilebilir. Bunlardan ilki uzun yıllık değişimlerdir. Çalışmada kullanılan ana materyal termal uydu görüntüleridir. Çalışmada uzun yıllık dönem 1984-2010 yılları arasını kapsamaktadır.

Zamansal ölçeklerden ikincisini bir yıl içerisindeki aylar oluşturmaktadır. Bu değişimler ay ölçeğinde incelenmiştir. Fakat uydu görüntülerinin özellikle bulutlu olan dönemde alındığında kullanılamaması yüzünden çalışmada bir yılı oluşturan 12 ay yerine, 12 aya ait uydu görüntülerin elde edilebildiği birbirine yakın yıllara ait dönem seçilmiştir. Bu uydu görüntülerin tüm aylara dağılımı sağlanabilecek şekilde, 2007- 2011 yılları arasındaki zaman dilimi ikinci zaman ölçeğini oluşturmaktadır.

Zamansal ölçeğin üçüncüsü yine bir yılı kapsamaktadır. Bu ölçekte de kent içi ve çevresindeki sıcaklık şartları, mobil ölçümlerle araştırılmıştır. Bu araştırma 2011 yılı şubat ayında başlamış, 2012 ocak ayında bitirilmiştir. Bu dönemde her ayda 1 gece ve onu takip eden gündüzde 1 ölçüm olmak üzere toplam 24 (12 çift) mobil ölçüm yapılmıştır.

Çalışma kapsamında termal görüntülerden elde edilen yüzey ısı adası ile mevcut sabit istasyonlardan ve mobil ölçümlerden elde edilen hava sıcaklıkları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Tez kapsamında termal görüntülerden yüzey sıcaklığı verisi elde edilmesi konusunda çalışmadan faydalanılmıştır.

- Gümüş'ün (2015), “Ankara Kenti Isı Adası Oluşumunun Saptanması ve Değerlendirilmesi” başlıklı doktora tezinde meteorolojik parametrelerden sıcaklık ve nem parametreleri kentsel ısı adası olgusu içerisinde incelenmiş, bu parametrelerden biyoklimatik konfor ve ısıtma-soğutma gün derece parametreleri türetilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesinden temin edilen verilerden 1980-2009 ve 2007-2009 dönemleri için veri setleri hazırlanmış ve bu dönemler için Arcgis yazılımı içerisinde yeni parametreler türetilmiştir.
- Sakar'ın (2018) “Kentsel Isı Adası Etkisinin Azaltılması İçin Parametrik Modelleme: Bir Model Önerisi” adlı yüksek lisans tezinde; uzun vadeli planlama kararlarının bir sonucu olarak kentsel yerleşimlerin morfolojik özelliklerinin şehirlerin mikroklimatik koşullarını etkilediği, yaşam ortamında pek çok istenmeyen koşul oluşturan kentsel ısı adası etkisini tetiklediği belirtilmiştir. Kentsel geometri, ısı adası oluşumunda çok önemli bir parametredir. Isı adasının tasarım yoluyla azaltılabilmesi daha fazla araştırma yapılması gereken bir konudur. Çalışmanın amacı kentsel alanların morfolojik bileşenlerini analiz ederek kentsel ısı adası yoğunluğunu azaltmak için alternatif kentsel doku tipolojileri araştırmaktır. Kentsel ısı adası oluşumu, gökyüzü görüş faktörü değeri ile güçlü bir korelasyona sahip olduğu için çalışmanın temelini gökyüzü görüş faktörü üzerinden

kentsel ısı adası yoğunluğunun tespit edilmesi oluşturmaktadır. Bina yükseklikleri, kaplama alanı, birbirine göre konumlanmalarını ele alarak kentsel ısı adası yoğunluklarını tespit etmeye çalışılmıştır. Çalışma alanı olarak Ankara kenti Mustafa Kemal Mahallesi örneklem alan olarak seçilmiştir. Kentsel ısı adası etkisi odaklı form ve alternatifler oluşturulmuştur.

Bu çalışma kentsel yapıyla çevre ile yüzey sıcaklıklarının ilişkisini ortaya koyması açısından tez çalışması ile benzerlik taşımaktadır. Ancak bu tez çalışması kapsamında modelleme yapılmamış, mevcut durumla yapıyla çevre arasındaki korelasyon ve kentsel doğal çevre ile yüzey sıcaklıklarının ilişkisi analiz edilmiştir.

- Yılmaz'ın (2019) "Mobil ölçümlerle Ankara Şehir Isı Adası" başlıklı çalışmasında Ankara'nın morfolojik olarak bir çanak içerisinde yer almasının olumsuz hava koşulları yarattığı, bazı dönemlere bu kalitesiz hava koşullarının kentsel ısı adası etkisi ile arttığını belirtilmiştir. Çalışma kapsamında kentsel ısı adası özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Ankara kentinde kuzeyden güneye, kırsal, kentsel ve geçiş özelliklerine sahip alanlardan bir güzergah oluşturulmuştur. 12 ay boyunca her ay 1 gece ve 1 gündüz mobil ölçümler yapılmıştır. Mobil ölçüm sonuçlarına göre kent içinde sıcaklık çukurları ve sıcaklık tepeleri olduğu ve bu durumun kentsel arazi kullanımı, trafik yoğunluğu ve kentin yapısal özelliklerinden kaynaklandığı istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Kentsel ısı adası etkisinin yaz aylarında daha belirgin olduğu ve kent merkezinden uzaklaştıkça gündüzleri 0,2, geceleri 0,4 °C azaldığı tespit edilmiştir.

Çalışmada mobil ölçümlerle yapılan analizlere ek gökyüzü görüş oranı ile sıcaklık değerinin ilişkisini analiz etmiş, gökyüzü görüş oranı değerlerinin arttığı sahalarda sıcaklıkların düştüğü sonucunu ortaya koymuştur.

Yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sistemine ilişkin çalışmalar;

- Stewart'ın (2011), "Redefining the Urban Heat Island" başlıklı doktora tezinde, kentsel büyümenin yerel iklim üzerindeki etkisinin bilimsel literatürde birçok kez çalışıldığını ancak bu tez kapsamında kentsel ısı adasına farklı bir açıdan yaklaşıldığı belirtilmiştir. On dokuzuncu yüzyıldan bu yana, dünya genelinde yüzlerce şehir için "kentsel-kırsal"

hava sıcaklığı farklılıkları (Δ kent-kır) veya kentsel ısı adası büyüklükleri gözlemlenmiştir.

Isı adası araştırmacıları tarafından “kentsel” ve “kırsal” ayrım gözetmeksizin çalışma alanlarını tanımlamak özel bir endişe kaynağıdır. Bu çalışma ile birlikte ısı adası literatüründeki kentsel ve kırsal alanların fiziksel ve kültürel özelliklerini tanımlayan karşılıklar oluşturulmuştur.

Bu tez kapsamında literatür iki yaklaşımla değerlendirilmektedir. İlk yaklaşımda 1950'den 2007'ye kadar olan 190 gözlemsel ısı adası çalışmasını sentezler ve değerlendirir. Sentez, her bir çalışmanın deneysel kalitesini eleştirel olarak değerlendirmek için dokuz bilimsel kriter kullanır. Sonuçlara göre literatür örneğinin ortalama kalite puanı sadece yüzde 50'dir ve rapor edilen ısı adası büyüklüklerinin yaklaşık yarısının, eksik veya yetersiz raporlama nedeniyle bilimsel olarak savunulamaz olduğuna karar verilmiştir. İkinci yaklaşım, tüm şehirlerdeki ısı adası alanlarının ve sıcaklıklarının raporlanmasını standartlaştırmak için bir arazi örtüsü sınıflandırma sistemi geliştirmektedir.

Yerel iklim bölgesi (LCZ) sistemi 17 bölgeden oluşur ve ısı adası araştırmacıları için kentsel ve kırsal alanların ilk kapsamlı iklim tabanlı sınıflandırmasıdır. Her bölge, yerel ölçekte, arazi örtüsü, bina morfolojisi ve termal iklim açısından farklı bir alanı temsil eder. Sonuçlar, yeni sınıflandırma ile belirlenen ısı adası büyüklüğünün ($\Delta YİB$ olarak) daha amaca uygun bir yorumlamayı oluşturduğunu, Δ kent-kır'ın kullanımının iklimsel olarak tanımlanmış kentsel ve kırsal bölgelerle sınırlandırıldığını göstermektedir. Tez kapsamında Stewart'ın (2011) doktora tezinden özellikle kavramsal konuların anlaşılmasında, yerel iklim bölgelerinin tanımlanması ve belirlenmesi konularında faydalanılmıştır. Ayrıca tez kapsamında, çalışmadan farklı olarak NDVI ve bakı analizleri de yapılarak yüzey sıcaklıkları ile kentsel yapılı ve doğal çevre özellikleri ile olan ilişkinin ortaya konulmasına çalışılmıştır.

- Unger ve arkadaşlarının (2014), “Szeged'de CBS yöntemlerini kullanarak Yerel İklim Bölgesi haritası” (Local Climate Zone mapping using GIS methods in Szeged) başlıklı çalışmada, Stewart, I.D. ve Oke, T.R. (2012) tarafından iklimsel verileri standart hale getirilmesini amaçlayan yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sistemi kullanılarak Macaristan'ın Szeged kenti için yerel iklim bölgeleri belirlenmiştir. Kentsel alanda altı

adet YİB tipi belirlenmiş ve haritalanmıştır. Çalışmada CBS kullanılmıştır. Araştırmanın diğer adımları için Novi Sad'ın (Sırbistan) YİB haritalamasında geliştirilen yöntem uygulanmıştır.

Bu çalışmadan tezdeki YİB temel analizlerinin yapılma yöntemleri ve YİB'nin gridler üzerinden belirlenmesinde faydalanılmıştır.

- Alexander ve Mills in (2014), Yerel İklim Sınıflaması ve Dublin'in Kentsel Isı Adası (Local Climate Classification and Dublin's Urban Heat Island) başlıklı çalışmasında Dublin'de (İrlanda) kentsel alanı YİB ile eşleştiren ve bunları bir kentsel ısı adası çalışması yürütmek için temel olarak kullanılmasını açıklamaktadır. Kentsel ısı adası çalışmalarının yeniden değerlendirilmesi, kentsel etkinin, karakteristik boyutları farklı olan alanlar olarak tanımlanan Yerel İklim Bölgeleri sınıflandırma sistemi ile daha anlamlı bir şekilde ifade edilebileceğini düşündürmektedir. Geleneksel kentsel ve kırsal hava sıcaklıklarını karşılaştırma yönteminden daha belirleyici olacağı düşünülmüştür.

Dublin için YİB haritası üretilirken temel olarak arazi kullanımı haritası oluşturulmuştur. Dublin genelinde farklı Yyerel iklim bölgelerine istasyon ağı yerleştirildi ve Ağustos 2010'da 1 haftalık bir süre boyunca YİB'in termal özelliklerini incelemek için ölçümler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada binaların bulunduğu yerel iklim bölgesinin geçirgen yerel iklim bölgelerine göre ortalama 4°C daha sıcak olduğu sonucu elde edilmiştir. Çalışmadan yerel iklim bölgelerinin tanımlanması ve belirlenmesi konusunda faydalanılmıştır.

- Verdonck ve Coillie (2016) tarafından yapılan “Yerel İklim Bölgeleri Haritalandırması: Belçika Örneği (Local Climate Zone Mapping: A Case Study In Belgium) isimli çalışmada Bir kenti yerel iklim bölgelerine göre sınıflandırmak, kent planlamasının temel konularına ilişkin öngörü sağlamaktadır düşüncesi temel alınarak yerel iklim bölgeleri şemasının bölgeleri, arazi pürüzlülüğü, en boy oranı, gökyüzü görüş faktörü, geçirimli-geçirimsiz yüzey açısından belirli morfolojik özelliklere göre belirlenmektedir.

Çalışmanın amacı, Belçika'nın Brüksel kentindeki yerel iklim bölgelerini belirlemektir. Yerel iklim bölgeleri belirlenirken GIS tabanlı bir yöntem kullanılmıştır. Landsat uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. Sonuçlar YİB 2, YİB 3, YİB 6, YİB 8, YİB 9, YİB A, YİB

B ve YİB D için YİB sınıflandırma sisteminde belirlenen değerlere kıyasla yakın değerler göstermiştir.

- Perera ve Emmanuel'in (2016) "Sri Lanka, Colombo Kent Planlamasına "Yerel İklim Bölgesi" Temelli Bir Yaklaşım" (A"Local Climate Zone" Based Approach To Urban Planning İn Colombo, Sri Lanka) çalışmasında Sri Lanka'daki (Colombo) ılık nemli iklimde Yerel İklim Bölgesi (LCZ) sistemini kullanarak iklimsel veriler analiz edilmiştir. Çalışma, minimal veri girişi ile bina morfolojisinin yerel düzeyde ısınma üzerindeki etkisinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmayı ve sıcak nemli iklimlerde iklime duyarlı planlama ve politika geliştirmeye yardımcı olmayı amaçlamıştır. Sri Lanka'da YİB-1, YİB-2, YİB-3, YİB-4, YİB-7 YİB-8 olarak altı yerel iklim bölgesi belirlenmiştir. Tezin kapsamında yerel iklim bölgelerinin tanımlanması, yöntemin belirlenmesi konusunda çalışmadan faydalanılmıştır. Çalışmada öne çıkan bir diğer nokta, planlama ile kent iklim verilerini entegre etmeye çalışması, bu konudaki eksikliklere değinmiş olmasıdır.
- Zheng ve arkadaşlarının (2018) "Yüksek Yoğunluklu Hong Kong Kentinde Yerel İklim Bölgesi Sınıflandırması" (GIS-Based Mapping Of Local Climate Zone İn The High-Density City Of Hong Kong) başlıklı çalışması, Yerel İklim Bölgesi (YİB) sınıflandırma haritası geliştirmeyi ve ilgili kentsel morfoloji veri tabanını Hong Kong'da iklim araştırması ve planlama aşamasında karar verme için disiplinler arası bilgi platformu kurmayı amaçlamaktadır.

YİB çerçevesinden sonra çeşitli planlama verilerinin sinerjisini sağlamak ve arazi yüzeyi özelliklerini sınıflandırmak için coğrafi bilgi sistemi (CBS) uygulanmıştır. YİB sınıflandırması için uygun raster çözünürlüğü ve coğrafi konumu belirlemek için duyarlılık testleri yapılmıştır. Daha sonra, bir dizi kentsel morfoloji analiz haritası geliştirilmiştir. Kentmorfoloji analiz haritalarıyla desteklenen mekansal bilgilere dayanarak, arazi yüzey özellikleri YİB sınıflandırma kriterlerine göre sınıflandırılmış ve bir YİB sınıflandırma haritası oluşturulmuştur. Son olarak, YİB sınıflarının mekansal dağılım modeli analiz edilmiş ve YİB çerçevesinde standart prosedür izlenerek YİB oluşturulmuştur.

Hong Kong kenti için yapılan bu çalışma, YİB sınıflandırma sistemi, kentsel ısı adası gözlemi için detayları açıklayan bir doküman niteliğindedir. Bu çalışma, kentsel morfoloji analizi ve YİB temelli arazi yüzey sınıflandırması ile planlamaya yön verecek verileri elde

etmekte ve diğ er kentler için de geçerli olan entegre bir CBS tabanlı yöntem önermektedir. Tez kapsamında Y B sınıflandırma sisteminin temel analizlerinin yöntemleri belirlenirken Hong Kong örneğindeki açıklamalar ve tanımlamalardan faydalanılmıştır.

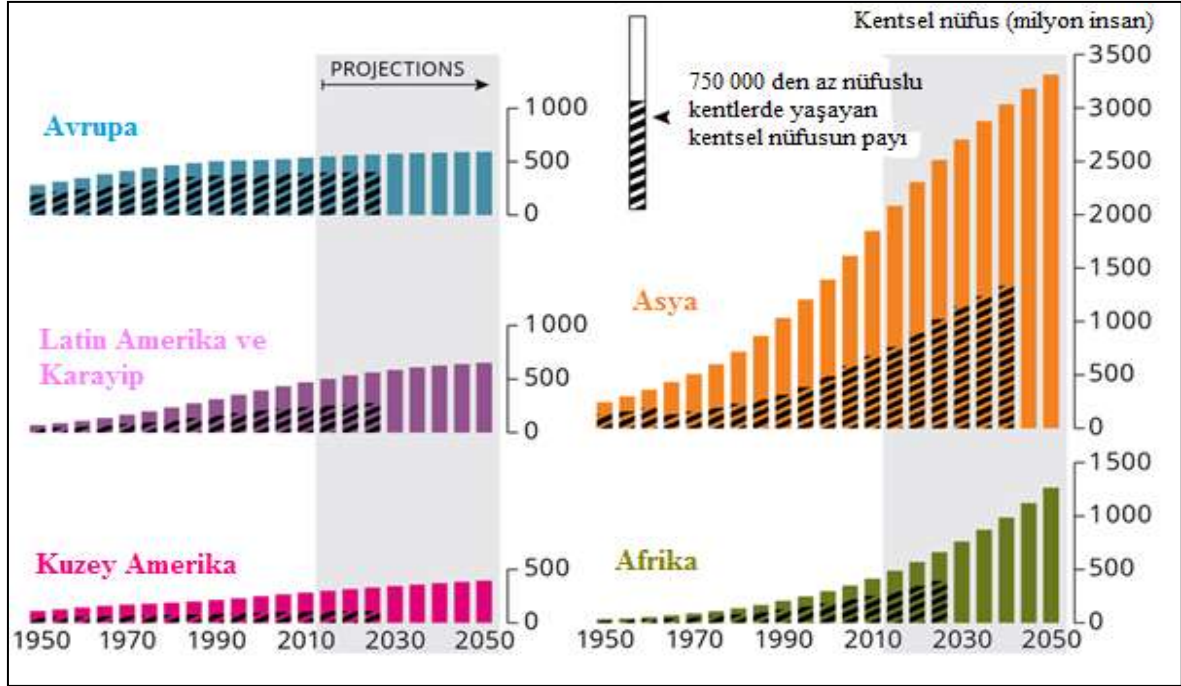
2. KAVRAMSAL TEMELLER

Bu bölümde kent iklimi, kentsel ısı adası, yerel iklim bölgelerine ilişkin kavramsal temellere değinilecek, araştırmanın yaklaşımının ve metodolojisinin teorik temelleri ortaya konulacaktır.

2.1. Kent İklimi

Canlı hayatına yön veren en temel faktörlerden biri iklimdir. Dünyanın oluşumundan beri ikliminin de değıştiğı bilinmektedir, ancak endüstri devriminden günümüze kadar giderek artan fosil yakıt kullanımı binyıllar içinde gerçekleşen bu değışimin hızlanmasına neden olmuştur. Bugün küresel iklim değışikliği deniz seviyesinin yükselmesi, fırtınalar, seller, taşkınlar, sıcak hava dalgaları gibi iklim risklerinin yanı sıra minimum ve maksimum sıcaklıklarda artış gibi insan sağlığı ve yaşam kalitesi üzerinde doğrudan etkili iklim parametrelerini de etkilemektedir. WMO (2020), 2015-2019 yılları arasında ekstrem sıcaklıklar ve sıcak hava dalgalarının tüm kıtaları etkileyen en ölümcül meteorolojik tehlike olduğunu ve bu yıllar arasında sıcak hava dalgalarında Dünya’da 11.000 kişinin hayatını kaybettiğini ifade etmektedir.

Bugün gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin kentlerinde, kentleşmeden kaynaklan arazi kullanımı değışiklikleri, insanların tarım ve ormancılık faaliyetlerinden kaynaklanan değışimler, ulaşım, üretim, ısınma/soğutma amacıyla antropojenik ısı kaynaklarının artması, hava kirletici emisyonların artması ve yapılaşma, kullanılan yapı malzemeleri kentlerde yeryüzeyinin fiziksel ve biyolojik özelliklerini, doğal döngüleri ve süreçleri etkilemekte, kentsel alanlar kendilerine özgü iklim özelliklerine sahip alanlar haline gelmektedir. Küresel iklim değışikliğinin etkileri ve yerel değışikliklerin yarattığı kentsel iklim etkileşmektedir ve bu etkileşim kentler için insan sağlığı, ekosistem hizmetlerinin devamlılığı ve yaşam kalitesi bakımından büyük bir problem haline gelmektedir. Kentsel alanlarda yaşayan nüfusun tüm dünyada giderek artması (Şekil 2.1), daha fazla sayıda insanın da iklim risklerinden etkilenmesine neden olmaktadır.



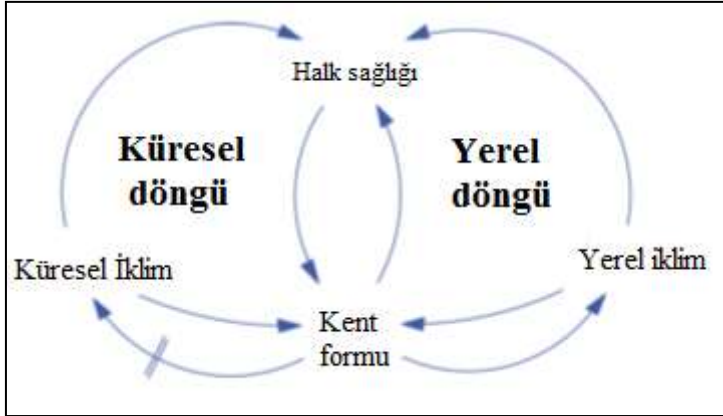
Şekil 2.1. Kentsel alanlarda yaşayan nüfus ve artış trendi (EEA, 2015)

Türkiye, küresel eğilimle paralel olarak giderek artan kentsel nüfusa sahiptir. Dünya sağlık örgütü verilerine göre, 1950 yılında Türkiye toplam nüfusunun %24,8'ini, 2010 yılında ise %70,7'sini kentli nüfus oluşturmaktadır. Projeksiyonlar bu oranların önümüzdeki yıllarda giderek artacağını ortaya koymaktadır.

Çizelge 2.1. Türkiye'de kent nüfusu oranları (WHO,2018)

Yıl	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Türkiye	%24,8	%31,5	%38,2	%43,8	%59,2	%64,7	%70,7	%75,7	%79,3	%81,7	%83,7

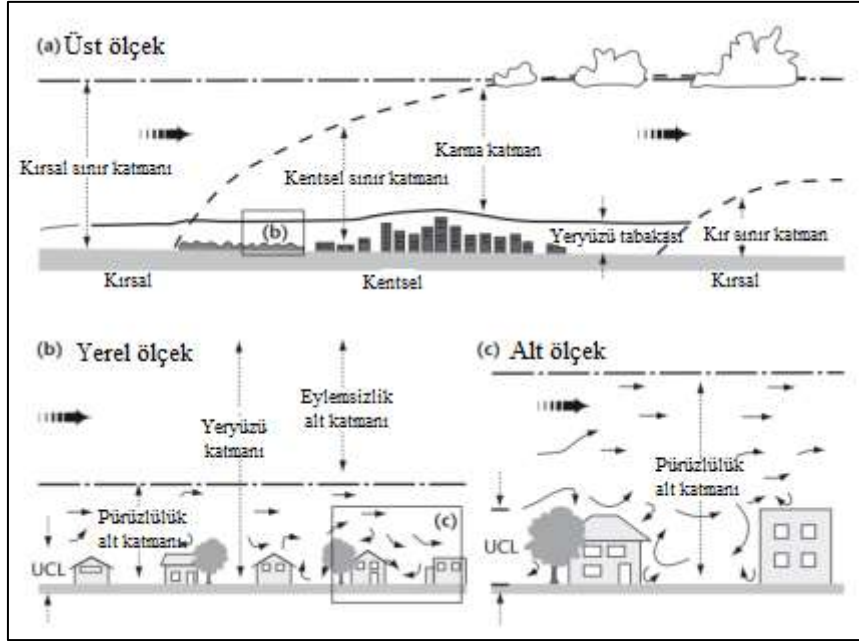
Gerek küresel gerek yerel koşullar kentlerin sunduğu fiziksel mekanın özelliklerini gözden geçirmeyi zorunlu kılmaktadır. Bu noktada halk sağlığı, yaşam kalitesi ve enerji tüketimi açısından kent ekolojisinin bir bileşeni olarak kent ikliminin incelenmesi planlama açısından bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 2.2'de küresel iklim, yerel iklim, kent ve kamu sağlığı arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 2.2. Küresel iklim, yerel iklim kent ve kamu sağlığı arasındaki ilişki (Brown ve ark, 2018)

Kent iklimi yerleşim alanı ve bölgesel iklim arasındaki etkileşimlerle değiştirilen yerel iklim olarak tanımlamaktadır (WHO, 2004). Kentsel iklimin temel karakteristiği bölgesel iklim tarafından belirlenir. Ancak kentlerdeki arazi kullanımı/örtüsü değişiklikleri, yapılaşma ve beşeri faaliyetler sonucunda hava sıcaklığı, nem, rüzgar hızı, güneşten gelen kısa dalga boylu radyasyon ve atmosfere geri yansıyan uzun dalga boylu radyasyon gibi çoğu meteorolojik parametre değişir ve sonuçta bölgesel iklimden oldukça farklılaşabilen kendine özgü bir iklim meydana getirir.

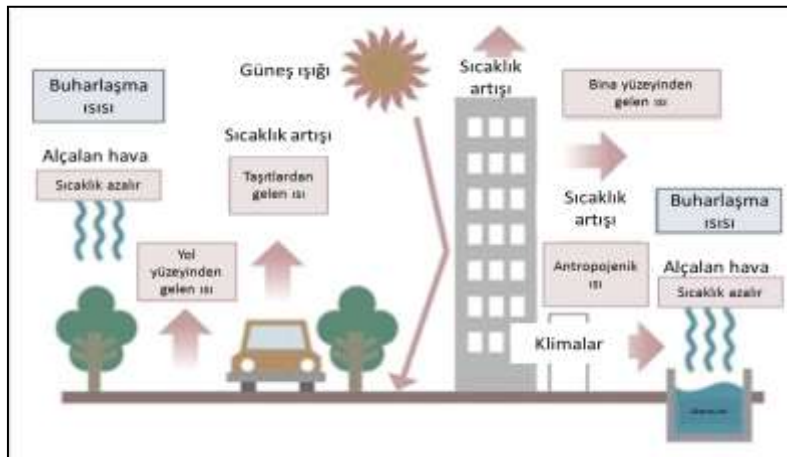
Kent iklimi çok çeşitli zamansal ve mekansal ölçekleri kapsamaktadır. Zaman ölçeği saniyenin bir bölümünde meydana gelen küçük ölçekli türbülans dalgalanmalarından, bir şehrin yaşam tarihinde yüzyıllar içinde meydana gelen uzun vadeli iklim değişikliklerine kadar uzayabilmektedir (Oke 2006). Mekansal ölçek ise bölge ölçeğinden yapı ölçeğine kadar inmekte, ele aldığı detaylar ölçeğe göre oldukça farklılık göstermektedir. Şekil 2.3 de görüldüğü gibi üst ölçek tüm kentsel alanı ve etrafındaki kırsal alanla etkileşimini, kentsel sınır katmanlarını kapsarken, yerel ölçek kentin içinde bir bölgeyi, pürüzlülük alt katmanını, yeryüzü katmanını ve eylemsizlik alt katmanını kapsamaktadır. Alt ölçek ise yapıları, pürüzlülük katmanını ve kentsel kanopi katmanını kapsamaktadır.



Şekil 2.3. Kent iklimin ilişkili olduğu ölçekler (Oke, 2004)

Kentsel iklim, meteorolojik süreçleri ve atmosferik olayları içeren çok geniş kapsamlı bir terimdir ve kentsel gelişimin yaşandığı alanlardaki iklimi tarif etmek için kullanılmaktadır.

Pekçok faktörün etkileşimi ile şekillenen kent iklimi üzerinde Leser (2008) topografik konum ve şeklin, yapılaşmış alanların yayılımının ve yoğunluğunun, binalarda ağırlıklı olarak kullanılan yapı malzemesi türünün, yüzey malzemelerinin, ufuk sınırının, sokak yapısının deseninin, yeşil alan miktarının, su yüzeylerinin varlığının, emisyonlar ve antropojenik kaynakların (sanayi, ulaşım, ısıtma, klima gibi) neden olduğu ısıнын kentsel iklimin termal bileşeni üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmektedir. (Şekil 2.4)



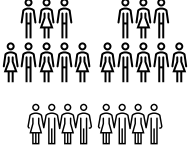
Şekil 2.4. Kent ikliminin termal bileşenini etkileyen ısı kaynakları (EPA, 2018)

Kent ikliminin hava kirliliği bileşeni, emisyonların iletiminden birikime kadar kentin havasının kimyasal ve fiziksel olarak belirlenmiş kalitesini içerir. Termal koşullar ve hava kirleticiler kentin diğer özellikleri ile birlikte kendine özgü iklimini belirler (Şekil 2.4) Çizelge 2.2 de kentsel ve kırsal alanların iklim değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Kentsel alanlarda kırsal alanlara göre hava sıcaklıkları daha yüksektir. Ortalama rüzgar hızı kentsel alanlarda daha azken, kirleticiler daha çoktur.

Çizelge 2.2. Kentsel ve kırsal alanların iklim değerleri karşılaştırması (WHO,2004)

		Kırsal alan ile karşılaştırılması
Radasyon	Solar radyasyon	Az
	Ultraviöle (Kış)	Az
	Ultraviöle (Yaz)	Az
	Güneşlenme	Az
Hava sıcaklığı	Yıllık ortalama	Daha yüksek
	Radyasyon günleri	Daha yüksek
	Minimum sıcaklık	Daha yüksek
	Maksimum sıcaklık	Daha yüksek
Nem	Bağıl	Az
	Mutlak	Değişmez
Sis		Az
Bulutluluk		Daha çok
Yağış	Yıllık Ortalama	Daha çok
	Kar	Az
Rüzgar	Ortalama rüzgar hızı	Az
	Sakin	Daha çok
	Fırtına	Daha çok
Kirleticiler	Partikül	Daha çok
	Gaz	Daha çok

Kent ikliminin fiziğinin bilimsel olarak daha iyi anlaşılması, insan popülasyonlarını olumsuz etkileyen yerel meteorolojik koşulların ortaya çıkmasını önlemek için kentsel planlamanın optimize edilmesine yardımcı olacaktır (Svensson ve Eliasson, 2002; Mills, 2009).

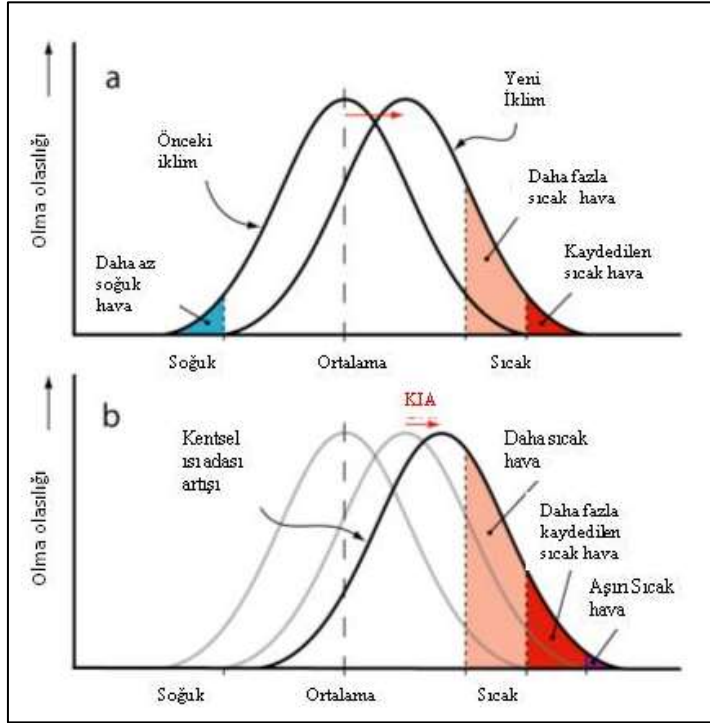
Kapsamı	Plan Düzlemi	İklimsel Ölçeği	İklimsel Problem	
 Küresel	Ulusal Plan, Kalkınma Planı >1:100.000	Makroiklim	İklim değişikliği, Sıcak hava dalgaları,	   
 Bölge	Bölge Planı >1:100.000	Mezoiklim	Bölgesel hava akımları, iklimsel açıdan fonksiyonlar	
 Kent	Çevre Düzeni Planı >1:10.000	Mezoiklim	Kentsel ısı adası etkisi, kirlilik, havalandırma koridorları	
 Kent Parçası	İmar Planı 1:5.000	Yerel iklim	Klimatoptan mikroklima analizine geçiş	
 Blok/Ya pı Adası	İmar Planı 1:1.000	Mikro iklim	Mikroklimatik inceleme, termal konfor	
 Yapı	Yapı planı 1:200	Mikroklima	Radyasyon ve yapıdan kaynaklanan ışınlımlar	

Şekil 2.5. Kent ikliminin planlama açısından ilişkili olduğu ölçekler (Würzburg kenti iklim plan atlası, 2016 değiştirilerek).

2.2. Kentsel Isı Adası

Kentsel alanlar, kırsal çevreye kıyasla daha yüksek sıcaklıklara sahiptir; bu sıcaklık farkı kentsel ısı adasını olarak tanımlanmaktadır (Howard 1883, Oke 1982, Arnfield 2003; Voogt 2002). Bir milyon ve daha fazla insanın yaşadığı bir kentin yıllık ortalama hava sıcaklığı 1-3°C çevresinden daha sıcak olabilmekte ve açık bir gecede bu sıcaklık farkı 12°C dereceye kadar çıkabilmektedir (EPA, 2008). Dünyanın pek çok ülkesinde nüfusu 1 milyondan fazla olan kent sayısı hızla artmakta, küresel iklim değişikliğinin etkisi ile artan sıcak hava dalgaları ve yükselen sıcaklıklar kentsel ısı adasını kentler için kritik bir konu haline getirmektedir. Brown ve ark (2018) iklim değişikliği ve kentsel ısı adası arasındaki

ilişkiyi incelemiş ve ısı adası etkisini arttırdığını ortaya koymuştur. Şekil 2.6'de ısı adası ve iklim değişikliği ilişkisi görülmektedir.



Şekil 2.6. İklim değişikliğinin sıcaklıklara(a) ve kentsel ısı adasına(b) etkisi (Brown ve ark, 2018)

Kentsel ısı adası fenomeni, kent ikliminin karakteristik özelliğidir ve maksimum ısımanın olduğu gündüz saatlerinde ve rüzgar hızının düşük olduğu gecelerde en açık şekilde hissedilmektedir (Oke 2011, Parlow ve ark., 2014). İlk kez 19. Yüzyılda Luke Howard tarafından tanımlanan bu fenomenin günümüzde kent iklimi ile ilgilenen farklı alanlarda (meteoroloji, çevre, coğrafya, planlama, tasarım, mühendislik vb) farklı amaç, yöntem ve ölçekte, en fazla çalışılan konu olduğunu ifade etmek mümkündür.

Kentsel ısı adası oluşumunda her kentin kendine özgü ekolojik, sosyal, ekonomik, ve morfolojik özellikleri etkili olmaktadır. Oke (1995) kentsel ısı adası yoğunluğu ile nüfus arasında ilişkiye göre beklenen maksimumu kentsel ısı adası etkisini hesap eden çalışmalar ortaya koymuştur. Ancak Çizelge 2.3'te Avrupa kentlerinde görülen maksimum ısı adası etkisi kentin diğer özelliklerinin de ne kadar etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Kentsel ısı adalarının da kent iklimi gibi mekansal ve zamansal ölçekleri farklılaşmaktadır. Zheng (2016) kentsel ısı adalarının mekânsal ölçeğinin 10^{-2} ile 10^8 arasında değişebileceğini ifade etmiştir. Zamansal ölçek ise saniyeden, dakika, saat, gün, hafta, ay ve yıla kadar

değişebilmektedir. Zamansal ve mekânsal ölçeği çalışmanın amacı ve kapsamı belirlemektedir.

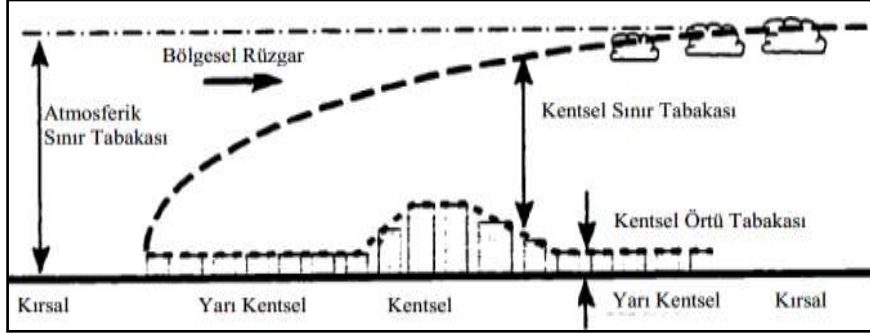
Çizelge 2.3. Avrupa kentleri ve maksimum ısı adası etkisi (WHO, 2004; Duman,2005)

KENT	NÜFUSU	MAKSİMUM KENTSEL ISI ADASI
Lund(İsveç)	100 000	2
Reykjavik(İzlanda)	115 000	3
Valencia(İspanya)	795 000	3,6
Lizbon(Portekiz)	565 000	4,5
Fribourg(İsviçre)	80 000	5
Göteborg(İsveç)	485 000	5
Freiburg(Almanya)	214 000	6
Roma(İtalya)	2 550 000	6
Stockholm(İsveç)	1 705 000	6
Viyana(Avusturya)	1 600 000	6
Malmö(İsveç)	270 000	7
Munich(Almanya)	1 300 000	7
Zagreb(Croatia)	975 000	7
Atina(Yunanistan)	3 900 000	7,5
Karlsruhe(Almanya)	283 000	7,5
Moscova(Rusya)	10 407 000	7,8
Barcelona(İspanya)	1 597 000	8
Bükreş(Romanya)	1 922 000	8
Helsinki(Finlandiya)	975 000	8
Lodz(Polonya)	776 000	8
Amsterdam(Hollanda)	743 000	8,7
Irkutsk(Rusya)	600 000	9
Berlin(Almanya)	3 400 000	10
Londra(İngiltere)	7 500 000	10
Lipeck(Rusya)	506 000	12

2.2.1. Kentsel ısı adası tipleri ve araştırma yöntemleri

Kentsel ısı adalarının sınıflandırılmasına yönelik ilk öneri Oke tarafından getirilmiştir ve günümüzde de hala geçerliliğini korumaktadır (Oke, 1995; Voogt and Oke, 2003; Zheng, 2018) Kentsel ısı adası araştırmaları yüzey ısı adası ve atmosferik ısı adası olmak üzere 2 temel gruba ayrılmaktadır. Atmosferik ısı adaları atmosferin farklı tabakalarındaki hava

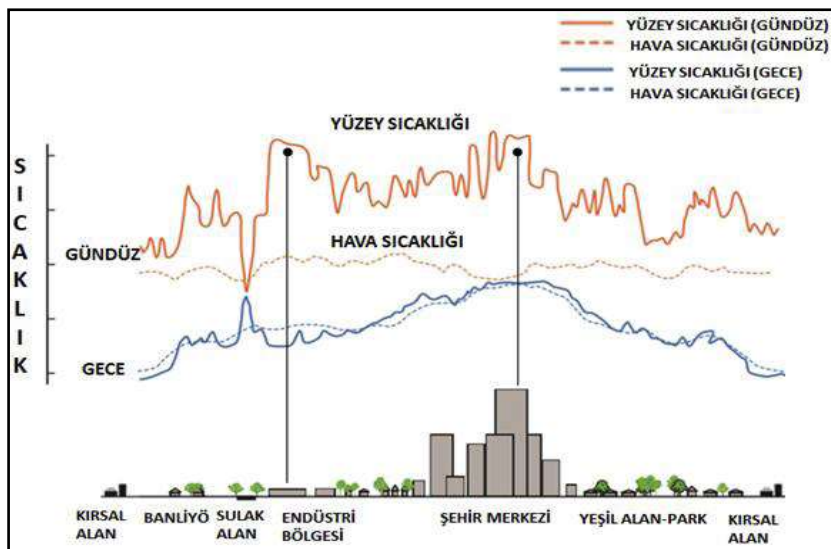
sıcaklığını incelemeleri nedeniyle kentsel sınır tabakası ve kentsel örtü tabakası olmak üzere 2 gruba ayrılmaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Kentsel sınır ve Kentsel örtü tabakaları (Yüksel, 2005)

Kentsel örtü tabakası olarak tanımlanan alan zemin kotu ile binaların çatı seviyesi arasında kalmaktadır. Kentsel sınır tabakası ise binaların çatı seviyesinin üzerinde başlayan ve yüksekliği zaman (mevsim, saat), rüzgar gibi faktörlere bağlı olarak değişen alandır. Yüzey ısı adaları ise asfalt, beton, yeşil alan, toprak gibi kentteki arazi örtüsüne ve bu örtünün termal özelliklerinden ortaya çıkan sıcaklık farklarını incelemektedir.

Yüzey kentsel ısı adaları da atmosferik kentsel ısı adaları da kentteki sıcaklık farklılıklarını benzer şekilde ortaya koymakla birlikte (Şekil 2.8) temel özellikleri, araştırma yöntemleri bakımından farklılık göstermektedirler. Bu farklılıklar Çizelge 2.4’de görülmektedir.



Şekil 2.8. Yüzey ve atmosferik sıcaklık değişimleri (EPA, 2008)

Çizelge 2.4. Yüzey ve atmosferik kentsel ısı adalarının temel özellikleri(EPA, 2008)

Özellik	Yüzey Kentsel Isı Adası	Atmosferik Kentsel Isı Adası
Zaman içindeki gelişimi	- Günün ve gecenin her saatinde mevcut - Gün boyunca ve yaz aylarında en yoğun	- Gün boyunca küçük olabilir veya olmayabilir - Gece yoğun veya kış öncesi ve kış aylarında en yoğun
En yüksek yoğunluk (En yoğun KIA koşulları)	Zamana ve mekana göre daha fazla çeşitlilik - Gündüz 10-15°C - Gece 5-10 °C	Daha az çeşitlilik - Gündüz -1- 3°C - Gece 7-12 °C
Tipik tanımlama yöntemi	Dolaylı ölçümler Uzaktan Algılama	Doğrudan ölçümler - Sabit hava ölçüm istasyonları - Mobil ölçüm cihazları
Tanımlama	Termal haritalar, görüntüler	- İzoterm haritaları - Sıcaklık grafiği

Kentsel ısı adalarını tanımlamak için doğrudan ve dolaylı yöntemler, sayısal modellemeler ve ampirik modellere dayalı tahminler kullanılmaktadır. Yüzey sıcaklıklarını tespit etmek için genellikle dolaylı bir ölçüm tekniği olan uzaktan algılama özelliğini kullanılmaktadır.

2.2.2. Kentsel ısı adası oluşumunu etkileyen faktörler

Kentsel ısı adası oluşumuna pek çok faktör katkıda bulunmaktadır. Mills (2008), kentsel ısı adası oluşumuna antropojenik ısı salınımı, kentsel yüzey geometrisinin radyasyon yoluyla soğuma üzerindeki etkisi, kentsel pürüzlülüğün hava hareketlerine etkisi ve evaporatif soğumanın kullanılabilirliği olmak üzere dört faktörün neden olduğunu belirtmektedir. Nuruzzaman (2015) kentlerde;

- Düşük albedoya sahip materyallerin kullanıldığı için ısıнын tutulması,
- Hava kirliliğinden ötürü atmosferde ısıнын hapsolması,
- Rüzgarın engellenmesi yüzünden konveksiyonun azalması,
- Kentsel kanopi nedeniyle atmosferde ısıнын hapsolması,
- Bitki örtüsü yok edildiği için daha az serinlik etkisinin oluşması,
- Klimalar nedeniyle atmosfere ısı yayılması ve
- İnsan kaynaklı CO₂ emisyonları nedenlerinden ötürü kentsel alanlardaki sıcaklıkların artarak ısı adası etkisi oluştuğunu ifade etmektedir.

Matzarakis ve Mayer (2009) ise kent morfolojisine ait parametrelerin kentsel ısı adası oluşumu için en belirleyici faktörler olduğunu söylemektedir. Oke (1982) ise kentsel ısı adasının oluşum nedenlerinin kentsel sınır tabakasında ve kentsel örtü tabakasına göre farklılaştığını belirtmektedir. (Çizelge 2.5)

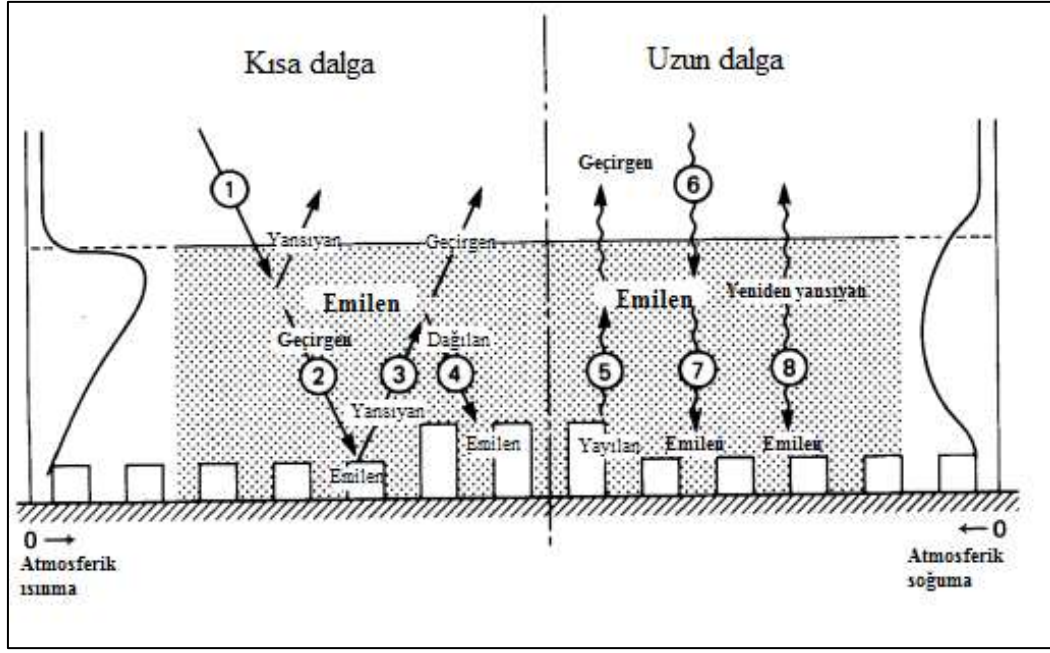
Çizelge 2.5. Kentsel ısı adası oluşum nedenleri (Oke, 1982)

Termal Anomaliye Neden Olan Enerji Dengesi	Enerji Dengesinin Değişmesine Neden Olan Kentsel Özellik
<i>A. Örtü Tabakası</i>	
1. Kısa dalga boylu ışınların daha fazla tutulması	Kanyon geometrisi
2. Gökyüzünde artan uzun dalga radyasyonu	Hava kirliliği
3. Azalan uzun dalga radyasyon kaybı	Kanyon geometrisi
4. Anropojenik ısı kaynağı	Binalar ve trafikten oluşan ısı kayıpları
5. Artan ısı depolama	Yapı malzemeleri
6. Azalan buharlaşma	Yapı malzemeleri
7. Toplam hareketli ısı iletiminde azalma	Kanyon geometrisi
<i>B. Sınır Tabakası</i>	
1. Kısa dalga radyasyonunun artan emilimi	Hava kirliliği
2. Anropojenik ısı kaynağı	Baca ve egzozlardan oluşan ısı
3. Artan ısı girişi	Örtülü alanlardan ve çatılardan artan ısı akısı
4. Artan ısı girişi	Isı adası-pürüzlülük

Hava kirliliği kentsel ısı adası ilişkisi

Kentlerdeki ulaşım, inşaat, ısınma ve sanayi faaliyetlerinden ötürü hava kirliliği meydana gelmektedir. Kentin topografyasına, planlama süreçlerinde temiz hava koridorlarının korunmasına, ısınma amaçlı kullanılan yakıt cinsine ve en önemlisi sanayi türüne ve gelişimine bağlı olarak hava kirliliği kentten kente farklılık göstermekle birlikte kent ikliminin tipik bir özelliği olarak karşımıza çıkmaktadır.

Hava kirliliği nedeniyle kentsel alanda emilen ve yansıyan uzun ve kısa dalga boylu radyasyon miktarı farklılaşmakta (Şekil 2.9), dolayısıyla kentsel ortamın daha fazla ısınmasına neden olmaktadır.



Şekil 2.9. Hava kirliliği nedeniyle uzun ve kısa dalga boylu radyasyonun değişimi (Oke 1988)

Kentte, hava kirliliğine neden olan kirleticiler gündüzleri albedoyu artırırken geceleri soğumayı azaltmaktadır (Zheng vd., 2018). Çizelge 2.6’da kentsel ve kırsal alanlardaki hava kirletici emisyonlar arasındaki fark görülmektedir. Hava kirleticilerin yoğunluğunun kentsel ve kırsal alanlar arasında bu kadar farklı olması hem fizyolojik olarak insan sağlığını olumsuz etkilemekte hem de değişen yansıtma kapasitesi ve radyasyon değerleri nedeniyle kentte sıcaklıkların artmasına neden olmaktadır.

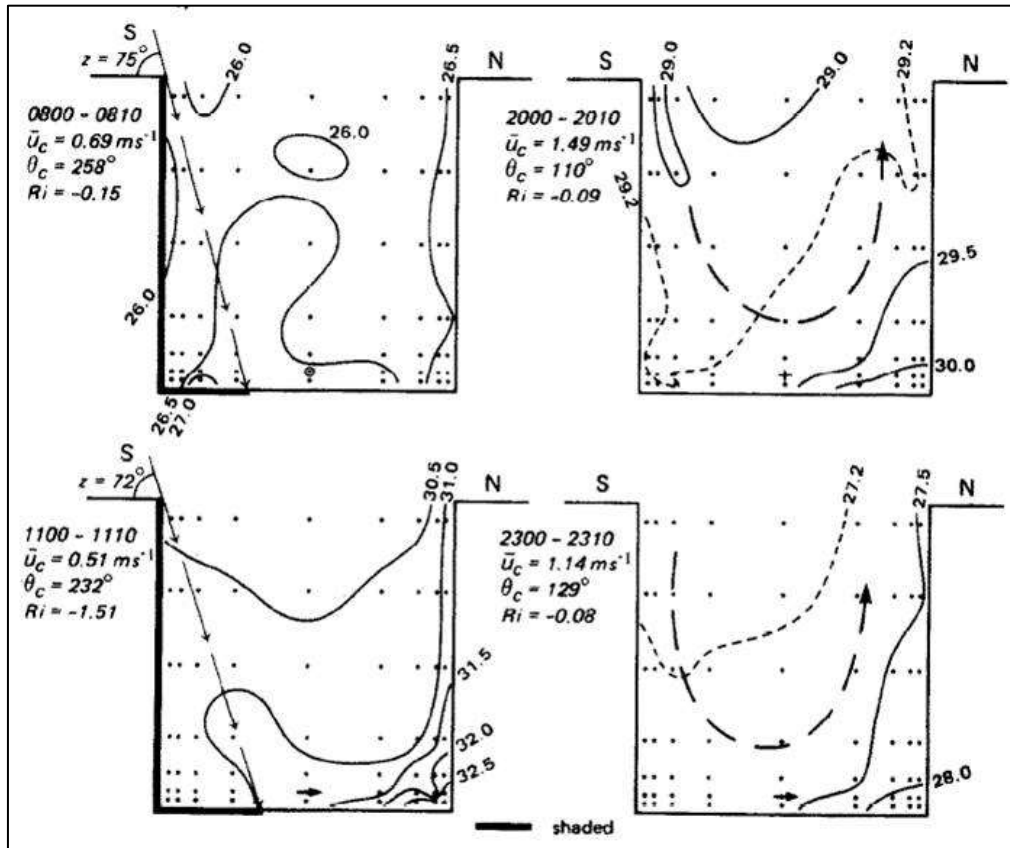
Çizelge 2.6. Almanya’da kırsal ve kentsel alanlarda gözlenen hava kirletici emisyonların ortalaması (Parlow, 2010)

Kirleticiler	Kırsal Alanlar	Kentsel Alanlar	Maksimum (kent)
CO	<0,5mg m ⁻³	0,5-5 mg m ⁻³	30 mg m ⁻³
SO ₂	5-15 µg m ⁻³	10-75 µg m ⁻³	1600 µg m ⁻³
TAP (Toplam asılı partikül)	25-30 µg m ⁻³	75 µg m ⁻³	1200 µg m ⁻³
NO	5-15 µg m ⁻³	40-120 µg m ⁻³	1200 µg m ⁻³
NO ₂	10 µg m ⁻³	40-80 µg m ⁻³	450 µg m ⁻³
CH	20 ppb C	200-600 ppb	kadar 30000 ppb C
O ₃	50-75 µg m ⁻³	25-50 µg m ⁻³	300 µg m ⁻³

Kent/Sokak kanyonu kentsel ısı adası ilişkisi

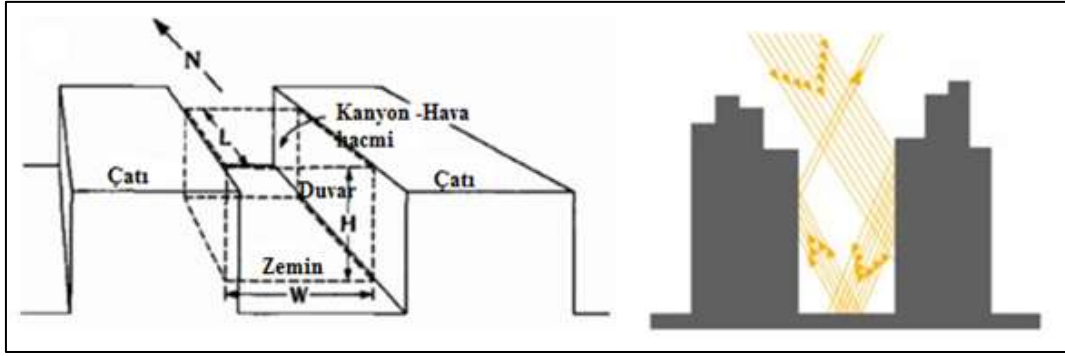
Kent/sokak kanyonu, kentin morfolojisinin 3 boyutlu göstergelerinden biridir ve kent iklimi, kentsel ısı adası ve termal konfor çalışmalarında sıklıkla incelenmektedir.

Kentsel mekan geometrisi ve yoğun kentsel alandaki güneş radyasyonu arasındaki etkileşim kentsel ısı adasının nedenlerinden biridir. Cadde ve sokaklar boyunca sıralanan yüksek binalar kanyona benzer bir geometri yaratmakta ve bu geometri gelen güneş radyasyonunun zemin ve bina duvarlarından birçok kez yansıtılmasına (Şekil 2.9) ve ısı emiliminin artmasına neden olmaktadır (Gerundo ve diğerleri 2016).



Şekil 2.10. Kentsel/Sokak kanyonunda sıcaklık değişimi (u_c : Rüzgar hızı, θ_c : Rüzgar yönü, Ri : Kanyon stabilitesi) (Nakamura, Oke, 1988)

Yoğun kentsel alanlarda radyasyonun yansımalarını azaltacak ve tutacak bitki örtüsünün olmaması, yüksek binaların rüzgar hızlarını azaltarak rüzgar akışının soğutma etkilerini engellemesi, yüksek ısı depolama kapasitesine sahip bina cephelerinin hava sıcaklıklarına katkıda bulunması nedenlerinden ötürü ısınan hava kentsel kanyonun içinde hapsolmaktadır (Choi ve Moon, 2018). (Şekil 2.10)



Şekil 2.11. Sokak /Kentsel kanyon geometrisi (Gerundo ve diğerleri, 2016)

Gökyüzü görüş faktörü (sky view factor)

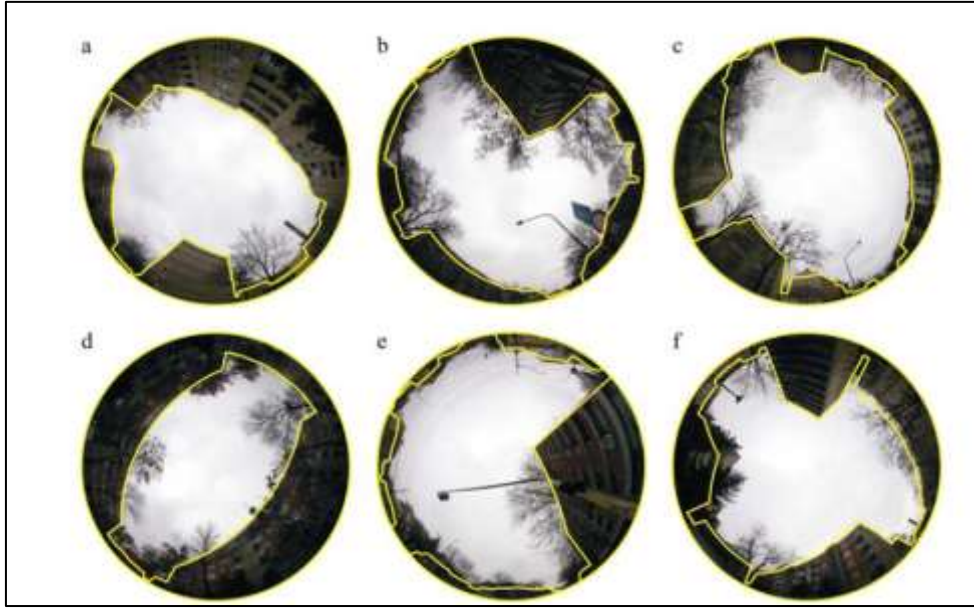
Gökyüzü görüş faktörü (GGF), kentin 3 boyutlu morfolojisinin ve sokak/kent kanyonunun niteliğini tanımlayan parametrelerden biridir. GGF, kent içindeki bir noktadan gökyüzünün ne kadar görüldüğünü ortaya koyar.

Kent içinde herhangi bir noktanın, yerleşim geometrisine bağlı olarak ne kadar güneş ışıınıını etkisinde kaldığı, gökyüzü görüş faktörü (sky view factor) ile belirlenmektedir (Gülten ve Aksoy 2010). Gökyüzü görüş faktörünün hesaplanmasında en yaygın metot arazi üzerinde 180° balıkgözü lens yardımı ile fotoğrafların elde edilmesi ve bu görseller üzerinden hesaplanmasıdır. Gökyüzü görüş faktörü için görüntüler saha çalışması ile elde edilebileceği gibi sanal olarak da oluşturulabilmektedir.



Şekil 2.12. Balıkgözü lens ile saha çalışması (Hammerle ve ark. 2011)

Gökyüzü görüş faktörü 0 ile 1 arasında bir değer alır. Bu değer 1'e ne kadar yakınsa, o noktanın gökyüzü görünürlüğü o kadar fazladır.



Şekil 2.13. Gökyüzü görüş faktörü karşılaştırması için balıkgözü lens ile çekilmiş fotoğraflar (Gal ve ark. 2007)

GGF değeri 1'e yaklaştıkça gün içinde gelen gündüz-kısa dalga ışıınımı artar, yeryüzünden yansıyan gece uzun dalga ışıınımı azalır, atmosferden gelen gece uzun dalga ışıınımı artar ve bu etkiler altında yeryüzü ısı akışı değişimi gösterir. (Gülten ve Aksoy 2010). Dolayısıyla GGF ne kadar düşükse kentsel ısı adası yoğunluğunun o kadar yüksek olması beklenmektedir.

Çizelge 2.7. Gökyüzü görüş faktörü ile kent morfolojisi arasındaki ilişki (Scarano ve Sobrino 2015)

Gökyüzü görüş faktörü değeri	Kent Morfolojisi
1.0-0.9	Açık alanlar
0.9-0.8	Düşük yoğunluklu doku
0.8-0.7	Orta yoğunluklu kompakt doku
0.7-0.6	Eski yoğun kentsel doku
< 0.6	Küçük, dağınık, yüksek yoğunluklu doku

Yapı malzemeleri

Kentsel malzemelerin özellikleri, özellikle güneş ışınlarını yansıtma, ısı emisyon ve ısı kapasiteleri güneş enerjisinin nasıl yansıtıldığını, yayıldığını ve emildiğini belirledikleri için

kentsel ısı adası gelişimini de etkilemektedir (EPA 2008). Şekil 2.14’de bazı malzemelerin ısı kapasiteleri ve termal iletkenlikleri gösterilmektedir.

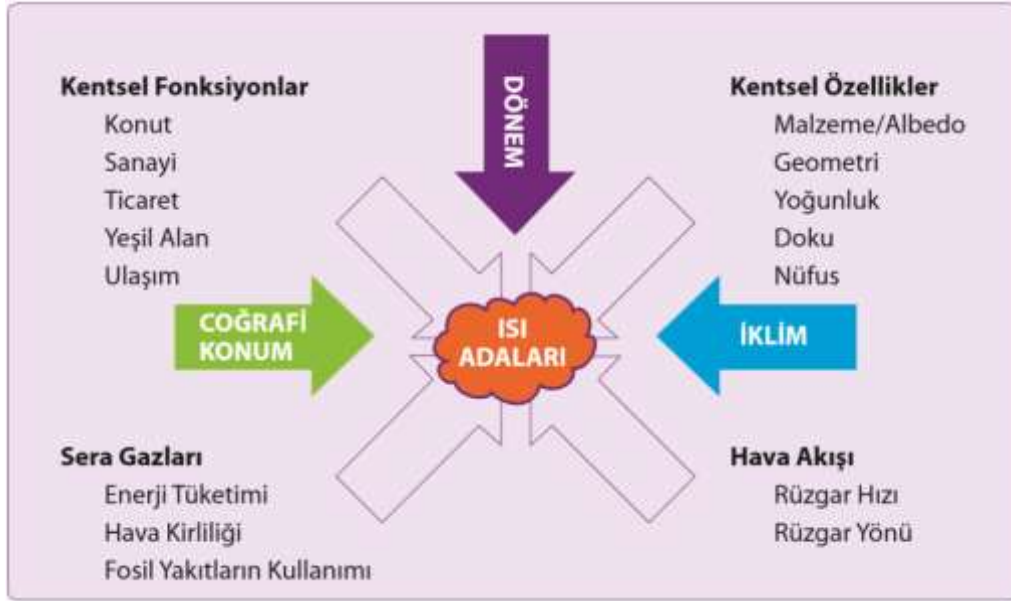
Çizelge 2.8. Kentsel ve kırsal alandaki materyallerin termal özellikleri (Department Of Environmental Sciences University, 2020).

Materyal	Isı Kapasitesi $\text{Jm}^{-3}\text{K}^{-1} \times 10^6$	Termal İletkenlik $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
Kumlu toprak, kuru	1.28	0.30
Kumlu toprak, nemli	2.96	2.20
Killi toprak, kuru	1.42	0.25
Killi toprak, nemli	3.10	1.58
Asfalt	1.94	0.75
Beton	2.11	1.51
Taş	2.25	2.19
Tuğla	1.37	0.83
Seramik, fayans	1.77	0.84
Ahşap	1.52	0.19
Su yüzeyi	4.18	0.57

Bitki örtüsünün azalması

Kentleşme sürecinde arazi örtüsünün değişime uğraması ve yeşil alanların azalarak, yollar ve otoparklar gibi geçirimsiz yüzeylerin artması kent içinde sıcaklığın hapsolmesine dolayısıyla kentteki sıcaklıkların yükselmesine açmıştır.

Kentlerde geçirimsiz yüzeylerin artması, yüzey enerji dengesini ve hava süreçlerini değiştirmektedir (Wood ve arkadaşları, 2013). Bu nedenle kentlerde yeşil alanların artırılması ile yerel sıcaklıklardaki düşüş ortaya çıkmaktadır Bitki örtüsü ve yüzey sıcaklıkları ile incelenen hava sıcaklıkları arasındaki karşılaştırmalara göre, bitki örtüsü miktarı ve hava sıcaklığı arasında bir korelasyon bulunmaktadır (Susca ve ark, 2011).



Şekil 2. 14. Kentsel ısı adasını etkileyen faktörler (ASU, 2020; Şimşek ve Şengezer 2012)

2.2.3. Kentsel ısı adalarının etkileri

Kentsel ısı adalarının etkilerine ilişkin pekçok çalışma bulunmaktadır. Kısaca ifade edilecek olursa; Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı'na (EPA) göre, kentsel ısı adasının önemli etkilerinden bazıları şunlardır:

- Artan enerji tüketimi: Özellikle yaz aylarında meydana gelen yüksek sıcaklıklar, soğutma için enerji talebinde bir artışa yol açmaktadır. Soğutma cihazları (özellikle yoğun yüksek katlı yapıların olduğu bölgelerde) tarafından meydana gelen atık ısı, ısı adası etkisini artırarak, kısır bir döngüye neden olmaktadır.
- Daha kötü hava kalitesi ve daha fazla sera gazı: Artan enerji taleplerinin bir sonucu olarak, enerji santralleri daha fazla sayıda hava kirletici ve sera gazı üretmektedir. Yüksek hava sıcaklıkları da yer seviyesindeki ozon oluşum oranlarında artışa neden olur.
- İnsan sağlığı ve konforu üzerindeki olumsuz etkiler: Kent merkezlerinde oluşan yüksek sıcaklıklar, artan hava kirliliği, insanlarda solunum rahatsızlıkları, sıcak çarpması ve buna bağlı ölümler gibi insan sağlığı sorunlarına neden olmaktadır.
- Suyun termal kirlenmesi: Kentsel ısı adaları, temel olarak termal kirlilik yoluyla su kalitesini düşürmektedir. Sıcaklıklar 27-50 °C'den fazla yüksekliğe çıktığı zaman buharlaşmanın yoğun olması sebebiyle drene olan yağmur suyu miktarı azalmakta, kanalizasyonlardaki debinin düşmesi nedeniyle kirlilik artmakta ve bu kirlilik nehirlerle,

göller, göletlere ulaşarak temiz su kıtlıklarını ortaya çıkartmaktadır (EPA, 2018), (Netcad, 2018)

2.2.4. Kentsel ısı adasının belirlenmesinde kullanılan yöntemler

Kentsel ısı adaları, geleneksel olarak sıcaklık sensörlerinin bir kent veya kırsal alandaki mobil yöntemlerle veya bir kent içinde ve çevresinde kurulan sabit bir sensör ağını içeren yer tabanlı yöntemlerle yani istasyonlar ile ölçülmektedir.

Meteorolojik istasyonlar

Kentsel ısı adalarının meteorolojik istasyonlar aracılığı ile araştırılması en eski yöntemidir. Meteorolojik istasyonlarla ölçümler kırsal alanlarda ve kentin merkezindeki alanlarda yapılır. İstasyon sayısına ve lokasyonlarına bağlı olarak kentsel-kırsal sıcaklık farkının yanı sıra yapılaşmanın yoğunluğunun, farklı arazi kullanımlarının termal etkileri gibi konular da çalışılabilir.

Mobil ölçümlerin aksine, kentsel ısı adalarının mekânsal yönlerinden ziyade zamansal izleme için sabit ölçümler tercih edilmektedir (Stewart 2011). Meteoroloji istasyonları, uzun süreli meteorolojik verileri yüksek zamansal çözünürlükte destekleyerek zamansal dinamikleri analiz etmeyi ve kentsel ısı adasının gelecekteki eğilimini tahmin etmeyi sağlar (Zheng 2018).

Mobil ölçümler

Karşılaştırılabilir istasyonlar nadir olduğu ve örnekler genellikle önemli bilgiler sağladığı için, Wilh. Schmidt Viyana'da ve A. Peppier Karlsruhe'de 1929 yılında hemen hemen aynı anda yeni bir yöntem kullanmış; bu ölçüm yöntemi hızla popüler hale gelerek çoğu büyük kentte kullanılmıştır (Geiger 1942).

Mobil ölçümler, kentsel örtü tabakası ısı adalarını değerlendirmek ve ölçmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Yaya, bisiklet veya otomobille yapılan mobil ölçümler sıcaklık verilerini kent içinde, çeperinde ve kırsal alanda belirlenen güzergahlar boyunca toplamak için basit, verimli ve ucuz bir alternatiftir. Otomobiller mobil ölçümler sırasında

en çok tercih edilen ulaşım şeklidir. Sıcaklık sensörleri, motor veya egzoz ısısından etkilenmemesi için araçların tepelerine veya kaportasına monte edilir.

Mobil ölçümlerin avantajlarının yanında sınırlılıkları da bulunmaktadır. Ölçüm periyotları bazen birkaç saati aşmaktadır. Mobil bir ölçümün tamamlanmasından sonra veriler, ölçüm sırasında bölgesel sıcaklık değişimini hesaba katmak için bir dizi işleme tabi tutulur. Bölgesel sıcaklık değişimi oranı genellikle çalışma alanındaki sabit kentsel ve / veya kırsal gözlemlerinden veya enine yol boyunca bir veya daha fazla geçiş noktasından belirlenir. Daha sonra ham sıcaklıkların ortak bir baz zamanına ayarlanması için basit regresyon teknikleri kullanılır (Stewart 2011).

Uzaktan algılama

Kavak (1998) 'a göre uzaktan algılama, elektromanyetik radyasyonun uzakta bulunan objelere etkileşimde bulunup yansıması sonucunda algılanan objenin özelliklerini ortaya çıkaran bir teknolojidir.

Gümüş (2015)'e göre ise uzaktan algılama yeryüzünden belli uzaklıklardaki platformlara yerleştirilmiş sensörler aracılığıyla yeryüzü hakkında bilgi toplama tekniğidir. Uydu görüntülerinden yararlanarak yerleşim alanlarını, tarım ve orman arazilerini, kıyıları, doğal veya doğal olmayan her türlü değişimi izlemenin mümkün olmaktadır. Eski yöntemler, arazide sürdürülen klasik çalışmaların aksine uzaktan algılama hem zamansal hem de ekonomik açıdan çok büyük faydalar sağlamaktadır. Ayrıca bu teknik sayesinde yeryüzü hakkında sürekli ve güncellenebilen veri akışı da mümkün olabilmektedir.

Uydular ile elde edilen görüntüler yani uzaydan yapılan gözlemlerle yeryüzü küresel bir ölçekte gözlenebildiğinden, çevre kirliliği, yeni yerleşim alanlarının oluşturulması kaynakların etkin bir şekilde kullanılması gibi sorunların çözümlenebilmesine yönelik güncel, ekonomik ve hızlı veri elde edilebilmektedir (Yıldız Teknik Üniversitesi, 2018).

Yüzey kentsel ısı adası çalışmalarında kullanılan uzaktan algılama, meteorolojik istasyonlar ve mobil ölçümler gibi 'in situ' gözlemlere dayanan kentsel ısı adası çalışmalarına kıyasla, ısı adasının daha geniş mekansal ölçekte araştırılmasına izin verir (Streutker, 2002; Yüksel, 2005; Zheng 2016). Kentsel ısı adası çalışmalarında uzaktan algılama verilerinin kullanım

alanı; (1) yüzey enerji dengeleri; (2) yüzey kentsel ısı adası; (3) yüzey kentsel ısı adası ve atmosferik kentsel ısı adası arasındaki ilişkilerin incelenmesi (Voogt ve Oke, 2003) ve az sayıda olmakla birlikte yüzey ısı adası ve hava kirliliği arasındaki ilişkinin incelenmesi olarak özetlenebilir.

Yüzey sıcaklığı belirlenmesinde kullanılan başlıca uydular;

- LANDSAT
- TERRA (ASTER)
- TERRA/AQUA (MODIS)
- NOAA (AVHRR)
- COMS (Şekertekin ve ark,2015)

Kullanılan uydu verisine göre yüzey sıcaklığı elde etmek için kullanılan algoritma da değişmektedir.

Çizelge 2.9. Termal kızılötesi algılama yapabilen uydular ve teknik özellikleri (Dağlıyar, 2016)

Algılayıcı	Dalga Boyu	Mekansal Çözünürlük
GOES	3,8-4 6,5-7 10,5-11,0 11,5-12,5	10 km
NOAA-AVHRR	3,5-4 10,3-11,3 11,5-12,5	1 km
Landsat-TM	10,4-12,5	120 m
ERS-I ATSR	3,7 11 12	1 km
Landsat-ETM		60 m
EOS-ASTER (Terra)		90 m
EOS-MODIS (Terra/Aqua)		1km
TIMS (Uçak)		Uçuş yüksekliğine bağlı

Landsat uydusu

İlk Landsat uydusu ERTS (Earth Resources Technology Satellite = Yer kaynakları teknolojik uydusu) 1972 yılında uzaya gönderilmiştir. Daha sonra 4 adet Landsat uydusu daha yörüngeye oturtulmuştur. İlk kuşak 3 uydudan oluşmaktadır. Bu uydular iki sensör taşımaktadır: Return Beam Vidicon (RBV) kamera ve Multispectral Scanner (MSS). RBV kamera ile yaşanan teknik sorunlar, MSS'in spektral ve radiometrik üstünlüğü nedeniyle RBV data nadiren kullanılır.

İkinci kuşak Landsat uyduları 1982' de Landsat 4 ile başlayarak RBV yerine Thematic Mapper (TM) adında yeni bir cihazla donatılmışlardır. 1993 yılında Landsat 6 şansız bir şekilde düştükten sonra Landsat 7 geliştirilmiş Thematic Mapper ve yüksek çözünürlüklü tarayıcılar ile donatılarak Mart 1999 'da fırlatılmıştır (Netcad, 2018).

Landsat 7 geliştirilmiş Thematic Mapper (TM) tarayıcısı taşımaktadır. Standart 7 banda ek olarak 15 m. çözünürlüğe sahip pankromatik band (0.50- 0.90 μm) eklenmiş, bunlara ek olarak Termal Band 'ın çözünürlüğü de 60 m. 'ye indirilmiştir.

Landsat verileri, ticari, endüstriyel, sivil, askeri ve eğitim amaçlı olarak bütün dünya çapında kullanılan bir veridir.

Veri global değişim araştırmaları, ziraat, ormancılık, jeoloji, kaynak yönetimi, coğrafya, haritalama, su kalitesi ve oşinografi gibi birçok geniş kapsamlı uygulamalarda kullanılmaktadır (Netcad, 2018).

Landsat 8 uydusu

Landsat 8 uydusu 11 Şubat 2013 tarihinde atılarak Landsat 7' nin yörüngesine katılmış ve bilimsel veriler sağlama konusunda aktif durumdadır.

Landsat 8, serideki sekizinci uydu olup yiyecek, su ve ormanlar gibi insan geçim kaynakları için gerekli kaynakların düzenlenmesi, izlenmesi konusunda önemli rol oynamaktadır.

Landsat 8 uydusu görünür ve yakın-infrared (kıızılötesi) (VNIR), kısa dalga infrared (SWIR) ve termal infrared (TIR) aralıklarında görüntü almakta olup, spektral aralığa bağlı olarak 15 ile 100 m. arasında bir orta uzaysal çözünürlüğe sahiptir (Netcad, 2018).

Teknik özellikleri:

- Landsat 8 uydusu, görünür, yakın-infrared, kısa dalga infrared ve termal infrared aralıklarında görüntü almakta olup 11 banda sahiptir. Landsat 7’de ise 8 band bulunmaktadır.
- Landsat 8 uydusu OLI ve TIRS olmak üzere 2 sensör taşımaktadır.
- Spektral aralığa bağlı olarak 15 ile 100 metre arasında bir orta yersel çözünürlüğe sahiptir. Landsat 7’de bu aralık 15 ile 30 m arasındadır.
- Uydu, günde 400 görüntü çekimi yapabilmekte olup bu rakam Landsat 7’nin günlük 250 görüntü sayısına göre büyük artış göstermiştir.
- TIRS sensörleri gelişmiş sinyal gürültü radyometrik performansı sayesinde 12 bitlik görüntüler sağlamaktadır. Landsat 7’ de ise 8 bitlik görüntüler sağlanmaktaydı.
- Piksel çözünürlüğü: 15metre/30metre/100metre (pankromatik/multispektral/termal) (Sektör Harita, 2018)

Landsat 8 iki farklı cihaz taşımaktadır:

- OLI (Operational Land Imager); daha önceki bantların yanında kıyı/aerosol (bir katının veya bir sıvının gaz ortamı içerisinde dağılması) çalışmaları için derin mavi bandı, sirrus bulutlarının tespiti için kısa dalga infrared band ve bir de kalite değerlendirme bandı içermektedir.

Yeni iki spektral band Coastal/Aerosol ve kısa dalga infrared CIRRUS bandları ile yüksek ve ince bulutları tespit etmesine ve su kalitesinin ölçülmesine imkan verecektir.

OLI, dokuz adet spektral band (Coastal/Aerosol + VNIR + SWIR + PAN + CIRRUS) olarak veri toplamaktadır. Bu 9 bandın 7’ si daha önceki LANDSAT 5 TM ve 7 ETM sensörlerinde bulunan aralıklarına sahiptir ki böylece eski Landsat verileri ile uyumlu olması sağlanmıştır.

- TIRS (Thermal Infrared Sensor); sensörü iki adet termal banda sahiptir. Bu sensörler sinyal-gürültü radyometrik performansı 12 bit üzerinde radyometrik çözünürlük sağlamaktadır.

Ürünler 16 bit olarak teslim edilmektedir. TIRS verisi, radyometrik, geometrik ve arazi düzeltmeli 12 bit Landsat 8 verisi üretilebilmesi için OLI verisine uygun kayıt edilmiştir.

Diğer Landsat uydularıyla veri devamı için sadece 10. Band ile uygunluk sağlanabilecektir. (Netcad, 2018).

Çizelge 2.10. Landsat 8 OLE uydusu özellikleri (Netcad, 2018)

LANDSAT 8		
Şerit Genişliği(km)	185	
Radyometrik Çözünürlük(bit)	8 TIR - 12	
Spektral Band(μm =mikron) (VINR= görünür ve yakın kızılötesi) (SWIR= kısa dalga kızılötesi) (TIR= termal kızılötesi) (OU= coastal/Aerosol + VNR + SWIR + PAN + CIRRUS)	Coastal/ Aerosol VNIR SWIR PAN CIRRUS TIR	Band1 - 0,43-0,45 Band 2 - 0,45 - 0,51 Band 3 - 0,52 - 0,60 Band 4 - 0,63 - 0,68 Band 5 - 0,84 - 0,88 Band 6 - 1,56 - 1,66 Band 7 - 2,10 - 2,30 Band 8 - 0,50 - 0,68 Band 9 - 1,360 - 1,390 Band 10 - 10,6 - 11,19 Band 11 - 11,50 - 12,51
Yersel Çözünürlük(m) (PAN = siyah beyaz)	PAN - 15 OLI = 30 TIR = 100	

2.3. Yerel İklim Bölgesi Sınıflandırma Sistemi

Kentsel ısı adalarına ilişkin 1800'lerden bu yana farklı yöntemler kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır. Kentsel ve kırsal alan arasındaki sıcaklık farkı temeline dayalı olan bu çalışmalara Oke ve Stewart'ın 2012 yılındaki önerileri tamamen farklı bir yaklaşım getirmiştir: Bu farklılık artık kentsel ısı adalarının kent-kır sıcaklık farkına göre değil kent içindeki sıcaklık farklılıklarına göre tanımlanıyor olmasıdır. Zheng (2016) Oke'un 2004

yılında WMO için geliştirdiği Kentsel İklim Bölgesi (UCZ) şemasının o güne kadar oluşturulan en evrensel sınıflandırma olduğunu ancak modern ve iyi gelişmiş kente odaklandığını ifade etmektedir. UCZ sınıflandırma çalışmasının genişletilmesi, detaylandırılması ile YİB sistemi oluşturulmuştur. Oke ve Stewart tarafından oluşturulan “Yerel İklim Bölgeleri Sınıflandırma Sistemi” iklimsel gözlemleri standart hale getirmek amacıyla tasarlanmıştır. Çizelge (2.10) da YİB sisteminin oluşturulmasına dayanak oluşturan iklim alanındaki temel ihtiyaçlar görülmektedir.

Çizelge 2.11. Kentsel veriler ile ilgili problemler ve ihtiyaçlar (World Urban Database, 2019)

Problemler ve ihtiyaçlar	Durum/Sorun
Kentsel Verilerin Ulaşılabilirliği ve Kullanılabilirliği	Hızla büyüyen bölgelerde, özellikle ekonomik olarak gelişmekte olan ülkelerde çok az veri seti mevcut veya hiç veri bulunmamaktadır.
Kentsel iklim verileri	Kentsel veritabanları için alınan mekansal ve zamansal kararlarda ve kentsel peyzajı tanımlayan değerlerde tutarsızlık bulunmaktadır.
Verilerin standartlaştırılması ve uygunlaştırılması	Kentlerin ve çevrenin peyzajlarının arazi kullanımını ve arazi örtüsünü temsil eden standart bir sınıflandırma yoktur (ör. Yoğunluk, yükseklik, fonksiyon vb.)
Modelleme İhtiyacı	Kent morfolojisi ve arazi kullanımı ile ilgili birden fazla özellik gösteren küresel bir veri tabanına ihtiyaç vardır.
Uygulama ihtiyacı	Küresel olarak uygulanabilirliği olmalıdır.

Bu ihtiyaçlardan yola çıkılarak oluşturulan YİB sistemin temel amaçları;

- Kentin yapılı çevresine ilişkin parametreleri kullanarak yerel iklim bölgesi türlerini belirlemek
- Yerel iklim bölgelerini anlatan farklı parametreler için CBS yöntemleri geliştirmek
- Dünya çapında kentsel bir izleme ağı oluşturmaktır (World Urban Database, 2019).

Yerel iklim bölgesi sınıflandırma sisteminin her kent üzerinde uygulanabilecek parametreleri bulunmaktadır. Bina yükseklikleri, ağaç yükseklikleri, toprak-beton örtüleri bu sistemde ölçüleri bakımından standart hale getirilmeye çalışılmıştır. (Bu parametreler Bölüm 2.2.3.’de detaylı olarak açıklanacaktır)

Araştırmalarda kullanılacak sınıflandırma sistemlerinin kriterlerinin detayları Stewart (2011) tarafından sıralanmıştır. Araştırmalarda ayrıca, makroklima açısından YİB sınıflandırması kullanılacak kentin Köppen İklim sınıflandırmasına göre hangi gruba girdiğinin de belirtilmesi gerekmektedir. Böylelikle aynı Köppen iklim sınıfına giren kentler

arasında karşılaştırma yapabilme, benzer iklim özelliklerine sahip alanların sorun ve deneyimlerini paylaşma zemini ortaya çıkmaktadır.

2.3.1. Yerel iklim bölgelerinin sınıflandırılmasının tarihsel süreci

Kentsel ısı adası çalışmalarını kenti farklı bölgelere ayırarak yapan ve yerel iklim bölgeler sınıflandırma sisteminin temellerinin oluşumuna da katkı sağlayan çalışmaları yıllara göre incelenecek olursa; bu çalışmalardan ilki Sundborg'un (1950), "Kentsel Alandaki sıcaklık koşullarının yerel klimatolojik çalışmaları" (Local Climatological studies of the temperature conditions in an urban area) başlıklı çalışmasıdır. Günün ve yılın farklı zamanlarındaki hava koşullarında Uppsala kentindeki yatay sıcaklık dağılımındaki değişimler araştırılmıştır. Araştırma temelde; sıcaklık terselmesi, rüzgar hızı, sıcaklık ve mutlak nem gibi iklimsel unsurları ortaya koymaktadır. Uppsala kentinde yapılan mobil ölçümlerde otomobile yerleştirilen cihazlar kullanılmıştır. Bu çalışmanın tez çalışması açısından önemi mobil ölçümleri yaparken sıcaklıkların kent merkezinde daha yüksek olduğunu, sıcaklıkların kent ve çevresindeki alan kullanımlarına göre ve ormanlık alanlardaki ağaçların türüne bağlı olarak değiştiğini ve topografyanın sıcaklık üzerinde etkili olduğunu belirtmiş olmasıdır. (Şekil 2.16)

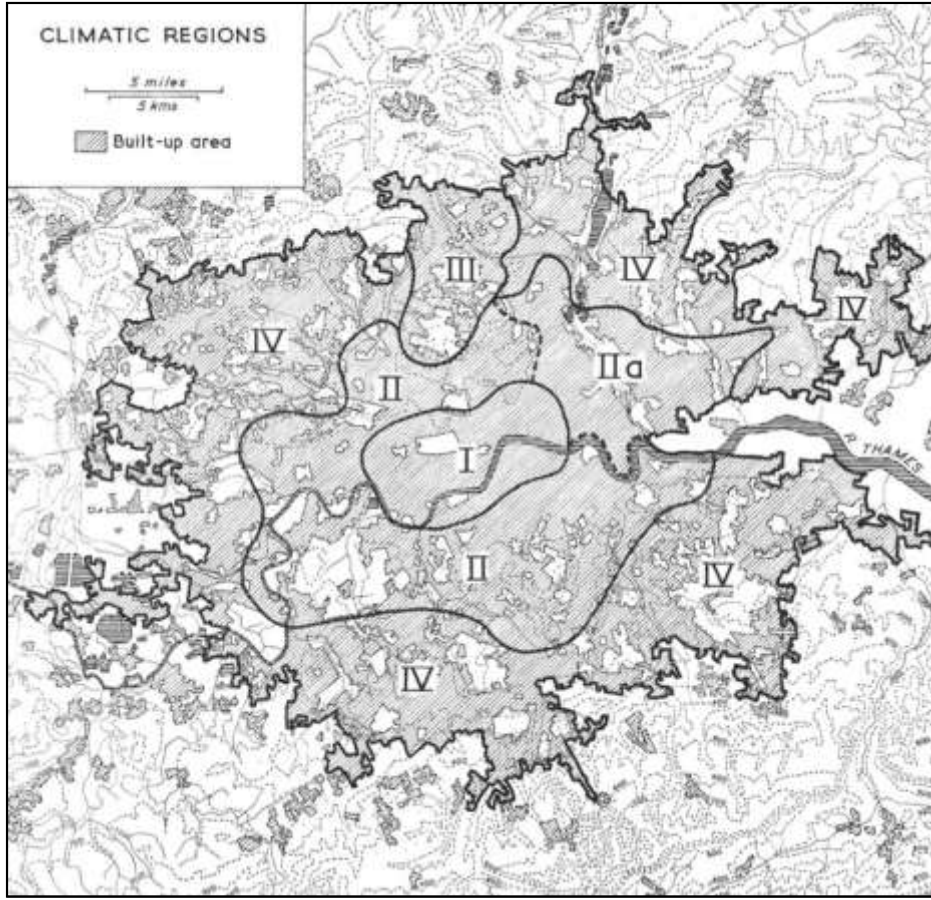


Şekil 2.15. Ocak-Nisan 1948 arasında yapılan 20 ölçümden elde edilen ortalama sıcaklıklara göre hazırlanmış izoterm haritası (Sundborg 1950)

Chandler, 1965 yılında yaptığı çalışmasında iklim temelli bir sınıflandırma geliştirerek Londra kentini, iklimini ve bina yüzey alanı ile ifade eden dört yerel bölgeye ayırmıştır (Şekil 2.17). Chandler'e göre sınırları en belirgin bölge çevresine göre sıcaklık, nem, rüzgar açısından belirgin sınırları olan kentin kendisidir.

- (I) Çevresine göre daha yüksek sıcaklığa sahip yüksek yoğunluklu, ticari faaliyetleri içeren merkezi alanlar
- (II) İç banliyö
- (III) Yüksek ve düşük yoğunluklu konut ve ticari gelişimin yaşandığı dış banliyö alanları;
- (IV) Açık alanlar ve düşük yoğunluklu yerleşim alanları,

Sınıflandırılmış dört bölge de gelişmemiş kırsal alanlardan daha yüksek sıcaklık değerine sahiptir (Chandler, 1965; Stewart,2011).

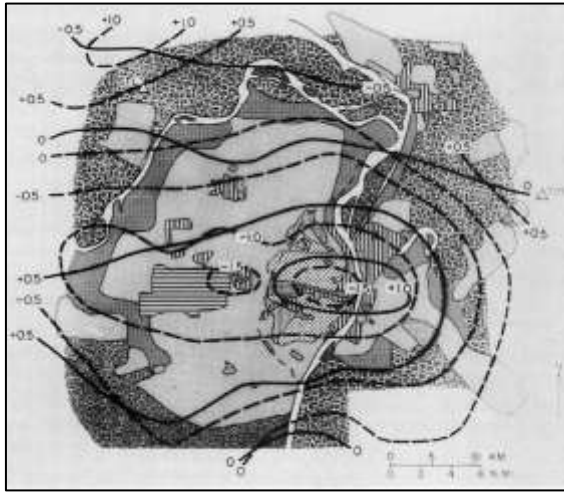


Şekil 2.16. Chandler'ın Londra kenti için iklim bölgesi sınıflandırması (I:Merkez, II:İç banliyö, III: Dış banliyö, IV:Düşük yoğunluklu yerleşim alanları (Stewart,2011)

Chandler'ın ardından Auer 1978'de 'Arazi Kullanımı ve Örtüsünün Meteorolojik Parametrelerle İlişkisi' konulu çalışmasında Amerika Birleşik Devletleri'nin St. Louis kenti için benzer bir sınıflandırma sistemi önermiştir. Arazi kullanım sınıflarını St.Louis kentindeki bitki örtüsü ve yapı özellikleri temelinde ayırt etmiştir. Ağır sanayi, hafif sanayi, ticaret, açık yerleşik alan, kompakt yerleşik alan (tekli yapılardan oluşan), kompakt yerleşik alan (yanal yapılardan oluşan), emlak konut, kentsel yeşil alanlar (kent parkları, golf sahaları, mezarlıklar vb.), kırsal tarım alanları, boş araziler, ekilmemiş alanlar, gelişmemiş kırsal alanlar, su yüzeyleri olmak üzere oniki sınıf belirlemiştir (Auer,1978). Hava araçları ile ölçümler yapılarak hava fotoğrafları aracılığıyla arazi kullanımları ile ilişkilendirilmiş ve elde edilen veriler doğrultusunda St. Louis kenti için izoterm haritası oluşturulmuştur (Şekil 2.18).



Şekil 2.17. Auer'in St. Louis kenti için a. iklim bölgesi sınıflandırması (Auer,1978)

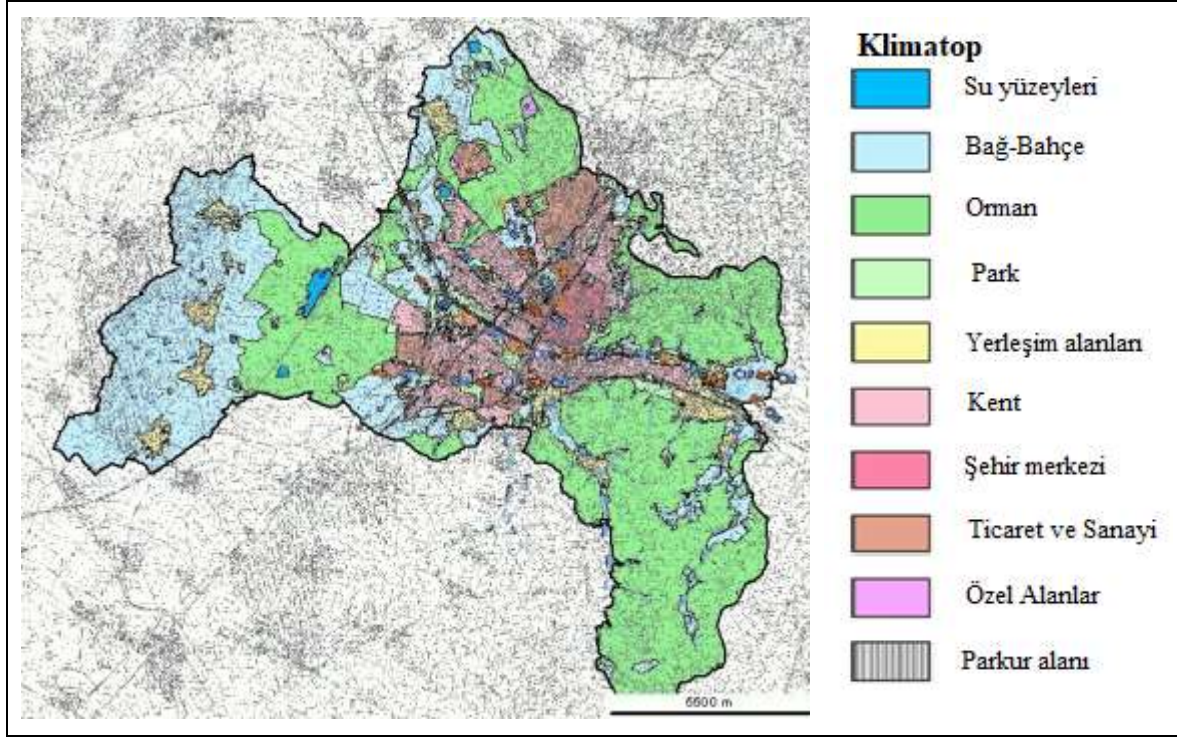


Şekil 2.18. Auer'in St. Louis kenti için b. izoterm haritası (Auer,1978)

Alman araştırmacı Prof. Knoch (1951, 1963) ilk olarak planlama amaçlı bir iklim haritalama sistemi önermiş; 70'li yıllardan beri Batı Almanya, yerbilimsel faaliyetlerini planlama ile ilgili haritaların hazırlanmasına yoğunlaştırmıştır (Ren, Ng ve Katzschner, 2010). Bu süreçte ortaya çıkan ve bugün başta Almanya olmak üzere pekçok ülkede kullanılan iklim haritalarının analiz katmanlarından biri haline gelen 'klimatoplar' ile bölge ölçeğinden kent ölçeğine kadar tanımlanabilir ve benzer iklim özelliklerine sahip alanlar tanımlanır. 80'li yıllardan beri planlama çalışmalarında kullanılmaktadır.

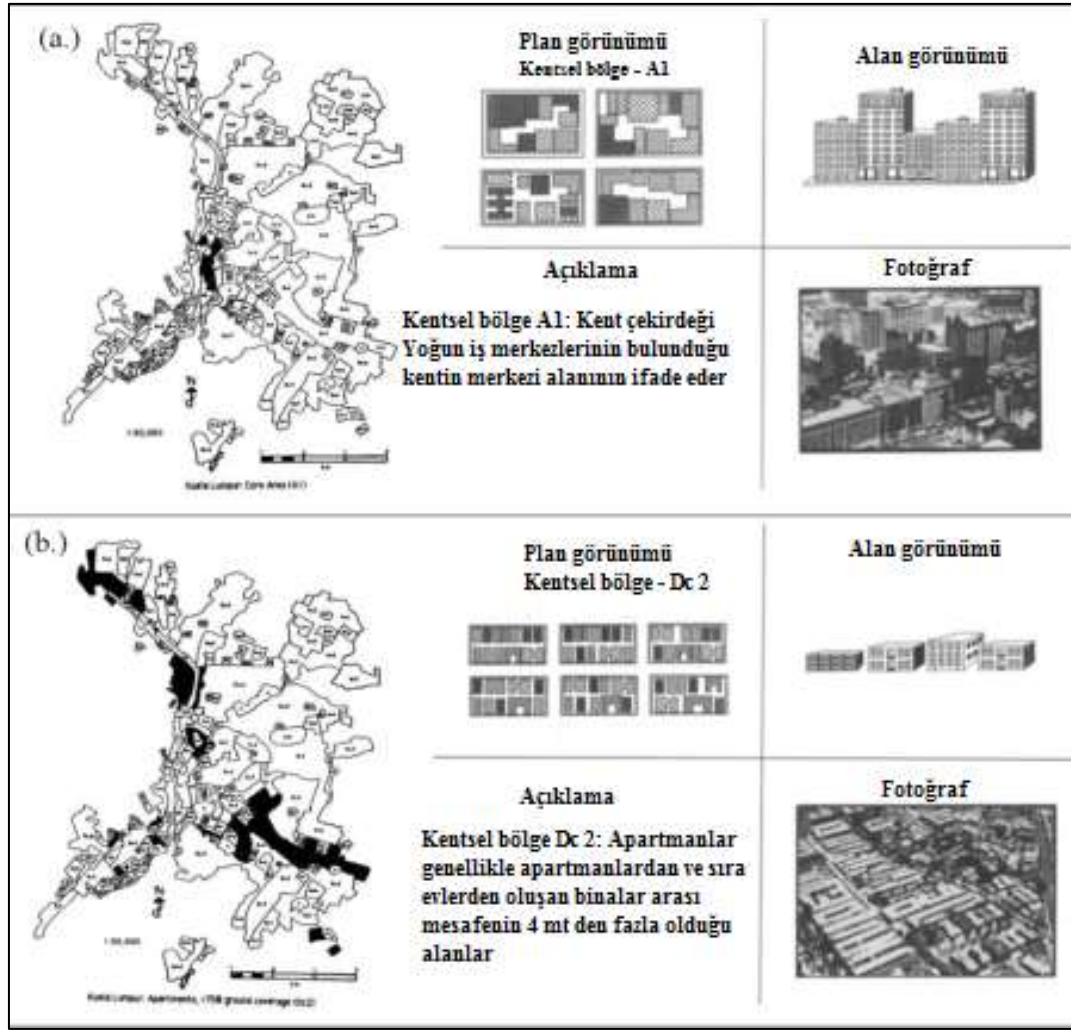
Yerleşim bölgelerdeki mikro iklim özellikleri alanın kullanımı ve özellikle gelişme tipi ile belirlendiği için kimatoplar, baskın kullanım türlerine göre adlandırılmıştır. "Klimatop" benzer mezoklimatik davranış/özellikler ile karakterize edilen yüzey anlamına gelmektedir. Klimatoplar termal koşullara, yüzey pürüzlülüğüne, topografyaya ve en önemlisi arazi

kullanımına göre farklılık göstermekte, emisyon hacmi, özel kimatoplar için ek bir kriter olarak kullanılmaktadır (Steinicke Streifeneder, 2020). Klimatopların tanımlaması VDI 3787 Kılavuzuna göre yapılır. Her bir klimatop aynı zamanda ilgili klimatopun en önemli iklim özelliklerini karakterize eden bir açıklamaya da sahiptir (Şekil 2.19).



Şekil 2.19. 2001 yılı Freiburg kent iklim fonksiyon haritasındaki klimatoplar (Steinicke Streifeneder, 2020).

Ellefsen (1990/91), ABD şehirlerinin yapı morfolojisi, sokak konfigürasyonu ve inşaat malzemelerine dayanan mahalle ölçekli kentsel arazi bölgeleri sistemi (Urban Terrain Zone-UTZ) tasarlamıştır. Kentsel arazi bölgeleri sistemi Boston, Denver, Seattle ve Pittsburgh gibi on kenti karakterize etmiştir. Kentsel arazi bölgeleri, bina yapısı (örn. Yükseklik, çatı / duvar alanı) ve malzemelerin (tuğla, çelik, cam) ampirik ölçümlerinden türetilmiştir. Ellefsen'in kentsel arazi bölgeleri, her bir bölgenin hava görünümünü ve plan / profil çizimleri üzerinden yapılmıştır (Stewart,2011) (Şekil 2.20).



Şekil 2.20. Ellefsen'in Kentsel arazi bölgeleri-yeniden geliştirilmiş çekirdek alan (Ellefsen, 1987).

Yerel İklim Bölgesi (YİB)	Resim	Pürüzlülük	En / Boy oranı	Yapılaşma (Geçirimsiz) %
1- Yüksek katlı, yakın mesafeli ve cephe kaplaması olan yapıların bulunduğu alanlar		8	>2	>90
2-2-5 katlı yoğun yapılaşmanın olduğu alanlar		7	1,2-2,5	>85
3-Sıralı müstakil yoğun yapılaşmanın olduğu alanlar		7	0,5-1,5	70
4-Düşük yoğunlukta uzun geniş yapıların olduğu alanlar		5	0,05-0,2	75-95
5-Düşük yoğunlukta sıralı yapıların olduğu alanlar, banliyöler		6	0,2-0,5 Uzun ağaçlar	35-65
6-Hava alanları, üniversite kampüsleri gibi büyük geniş yapılar ile yeşil alanların birlikte bulunduğu alanlar		5	0,1-0,5 Ağaçlık	<40
7-Yarı kırsal alanlar, doğal ya da tarım alanları		4	>0,05 Ağaçlık	<10
Sembol anahtarı: -yapılar -Bitkiler -Geçirimsiz yüzey - Geçirimli yüzey				

Şekil 2.21. Oke'in Kentsel iklim bölgeleri (Oke,2004, 2006)

Oke (2004), kentsel alanlarda meteorolojik konumlandırmayı iyileştirmek için basit bir şehir tabanlı iklim sınıflandırma planı tasarlamıştır. Sistemi, kentleşmiş araziye kentsel iklim bölgeleri (UCZ) olarak adlandırılan homojen bölgelere ayırır (Şekil 2.21).

Bölgeler, yüzey örtüleri, yapıların durumuna göre ve doğal yüzey iklimini bozma potansiyeli ile ayırt edilir. En büyük potansiyele sahip bölgeler, bina en-boy oranları, geçirimsiz yüzey fraksiyonları için büyük değerlere sahiptir. En az potansiyele sahip bölgeler, en boy oranları, geçirimsiz yüzey fraksiyonları için küçük değerlere sahiptir. Oke, bölgelerini UCZ-1'den (yoğun olarak gelişmiş kentsel) UCZ-7'ye (yarı kırsal) kadar sıralamıştır (Oke, 2006).

Rosenzweig ve ark. 2006 yılında New York kentindeki kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasına yönelik yaptıkları çalışmada bir yandan ısı adası verilerini ve bir yandan da iklim değişikliğini planlamaya entegre etmeye çalışmışlardır.

New York kenti de diğer büyük kentler gibi, yollar, binalar, geçirimsiz yüzeylerin güneş radyasyonunu emmesi ve onu ısı şeklinde yeniden yayması nedeniyle çevredeki alanlardan daha sıcaktır. Bir ısı adasının oluşumu enerji talebi, hava kalitesi ve halk sağlığı üzerinde bölgesel ölçekte etkilere sahiptir. Kentsel yeşil alanlar, yeşil çatılar ve açık renkli yüzeyler gibi ısı adası azaltma stratejilerinin New York kentinde uygulanabilmesi mümkündür, ancak etkilerinin karşılaştırılabilir metodolojilerle test edilmesi gerekmektedir.

Rosenzweig ve ark. yaptığı çalışmada New York'taki 6 mahalle pilot bölge olarak seçilmiştir. Meteorolojik, uydu ve CBS verilerinin birleşiminden oluşan bölgesel iklim modeli kullanılmıştır. Seçilen alanlarda sıcaklığı azaltıcı senaryolar uygulanmıştır. Senaryolar sıcaklık etkisinin düşürülmesindeki maliyet etkinliğine göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 2.12. New York kenti için ısı adası azaltım senaryoları (Rosenzweig ve ark.,2006).

Strateji	Azaltma senaryosu
Kentsel yeşil alanlar	1. Açık yeşil alanlar 2. Kaldırımların bitkilendirilmesi 3. Sokakların Bitkilendirilmesi
Açık renkli yüzeyler	4. Açık renkli çatılar 5. Açık renkli yüzeyler
Yeşil çatılar	6. Yeşil çatılar
Ekolojik altyapı	7. Kentsel yeşil alanlar + Sokak Bitkilendirilmesi + Yeşil çatılar
Kentsel Yeşil alanlar + Açık renkli çatılar	8. Kentsel yeşil alanlar + Sokak Bitkilendirilmesi + Açık renkli çatılar
Tamamının kombinasyonu	9. %50 Açık alan + %50 Kaldırımlar + %25 Yeşil çatılar + %25 Açık renkli çatılar

Çalışmanın önemi hem kent planlama hem de kent iklimi arasında nicel açıdan ilişki kurmaya çalışmış olmasıdır.

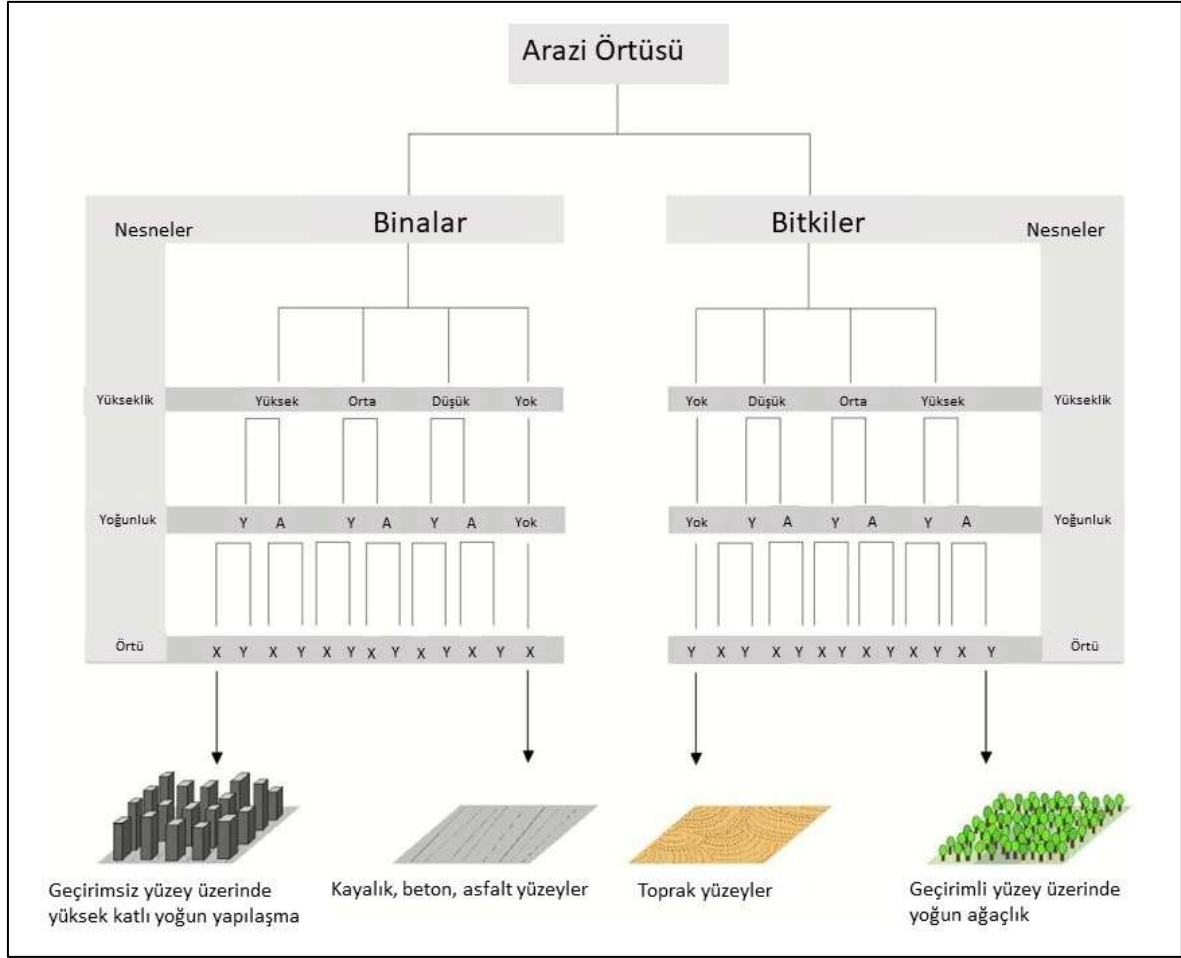
Stewart (2011) kentsel ısı adalarına yönelik İngilizce yazındaki tüm literatürü sınıflandırarak incelemiş ve sonucunda evrensel bir metodolojinin eksikliğine ve önemine vurgu yapmıştır. Bu araştırmanın ve literatürdeki çalışmaların ışığında Stewart ve Oke 2012 yılında YİB

sınıflandırma sistemini geliştirmiştir. Bu sisteme ilişkin detaylar ve YİB sisteminin gelişimi Bölüm 2.3.3’de yer almaktadır.

2.3.2. Yerel iklim bölgelerinin sınıflandırılmasına ilişkin temel kriterler

Stewart (2011), Grigg’in (1965) sınıflandırma kriterlerine, kentsel ısı adası gözlemi için birkaç kriter daha eklemiştir ve kentsel ısı adası için oluşturduğu yerel iklim bölgeleri sınıflandırılmasında kullanılacak sekiz kriter belirlemiştir.

- Erişilebilir: Sistem, geniş bir kullanıcı kitlesi düşünülerek işlevsel ve erişilebilir olmalıdır.
- Anlaşılabilir: Sistem yönetilebilir ve kolay anlaşılır olmalıdır.
- Objektif: Sistem ölçülebilir ve gözlemlenebilir sınıf özellikleri içermelidir.
- Kapsayıcı: İsimlendirme, tanım ve çizimde bölgesel veya kültürel önyargılardan kaçınmak için sistemin kapsamı evrensel olmalıdır.
- Kapsamlı: Sistem, tüm arazi yüzeylerinin bir sınıfa atanabilmesini sağlamalıdır.
- Standartlaştırılmış: Sistem, evrensel tanınırlığı, kabulü ve benimsemeyi teşvik edecek şekilde arazi kullanımının gösterilmesi ve ölçülmesinde yapılandırılmış ve tutarlı olmalıdır. Sınıflar standart isimler, ölçekler, semboller, tanımlar ve resimler ile ayırt edilmelidir.
- İlgili: Sistem, mikro ve yerel ölçeklerde termal iklimi yüzeyletmeye uygun sınıf özelliklerini içermelidir.
- Çoğaltılabilir: Sistem, kimin kullandığından bağımsız olarak aynı (veya benzer) alanların aynı sınıflandırmalarını vermelidir.



Şekil 2.22. Evrensel sınıflandırma sistemi oluşturmanın temel aşamaları (nesneler: binalar, bitkiler; nesnelerin yüksekliği: yüksek, orta, alçak, yok; nesnelerin yoğunluğu: Y= yoğun, A= açık; arazi örtüsü: X=geçirimsiz, Y=geçirimli) (Stewart, 2011)

2.3.3. Yerel İklim Bölgeleri

Yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sistemi yüzey morfolojisi ve arazi örtüsü ile tanımlanan 17 yerel iklim bölgesi ile temsil edilir.

Son iki bölge, büyük miktarlarda antropojenik ısı (örneğin fabrikalar, rafineriler, değirmenler) serbest bırakan ağır sanayi bölgelerini ve hafif malzemelerden (örneğin gayri resmi yerleşimler,) inşa edilmiş kentsel yerleşim alanlarını temsil eder.

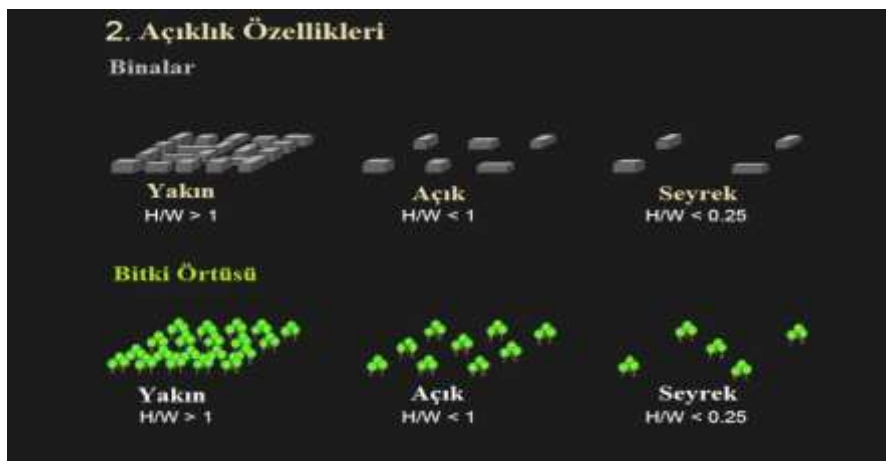
Sınıflandırma sistemine göre binalar için üç yükseklik seviyesi belirlenmiştir. 8 metreden düşük binalar alçak binalar, 10-20 metre arasındaki binalar orta yükseklikteki binalar, 25 metreden yüksek binalar ise yüksek binalar olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 2.23. Yerel İklim Bölgesi sınıflandırma sistemi yükseklik değerleri (Stewart ve Oke, 2011)

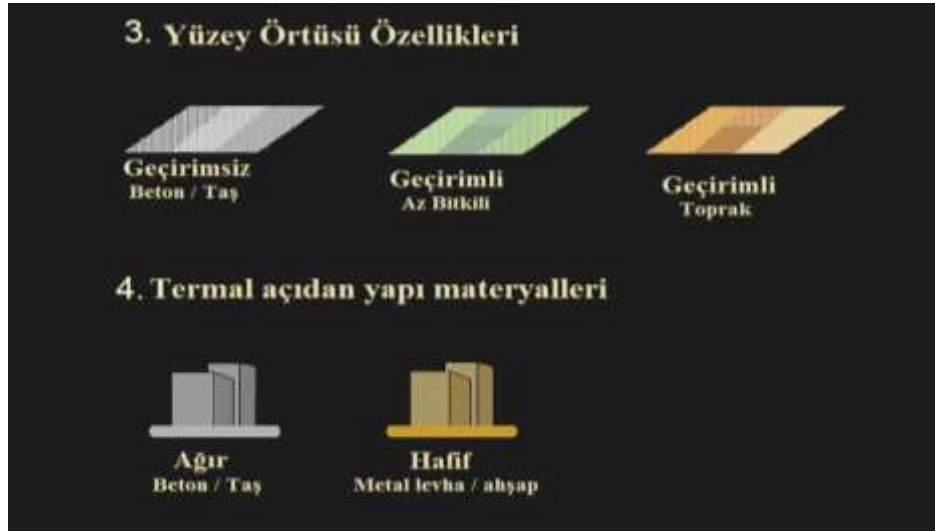
Bitki örtüsü açısından 3 metre üstündeki bitkiler ağaç, 1-2 metre arasındaki bitkiler çalı, 1 metreden az uzunluğa sahip bitkiler ise ot olarak değerlendirilmiştir.

Sınıflandırma sistemine göre binalar ve ağaç aralıkları için üç seviye belirlenmiştir. Binalar arasındaki yükseklik ve genişlik oranı birden büyük olan alanlar yakın olarak değerlendirilmiştir. Yükseklik genişlik oranı birden küçük olan alanlar açık aralık olarak değerlendirilmiştir. 0,25 ten küçük oranlar seyrek bölgeler olarak belirlenmiştir.



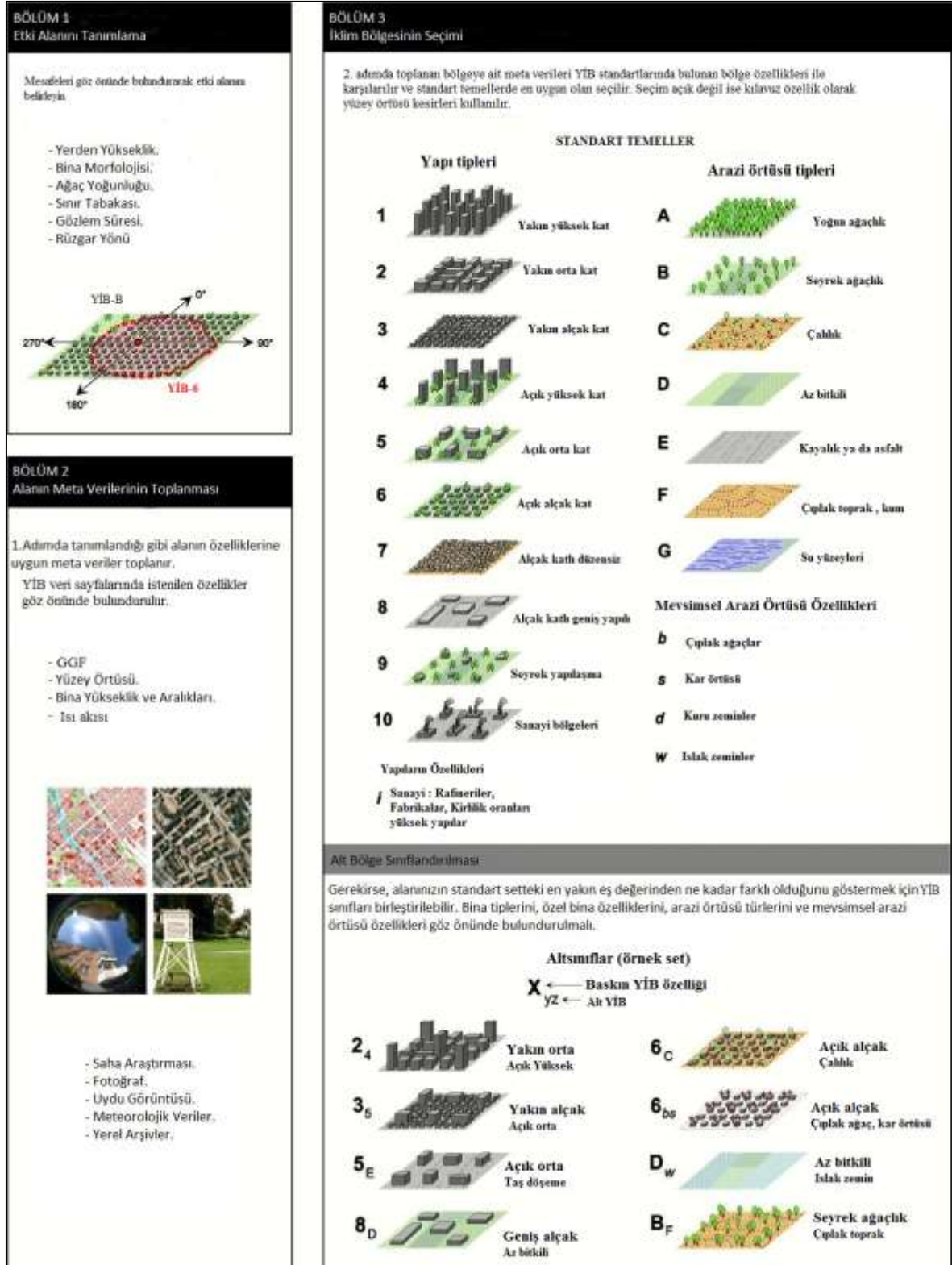
Şekil 2.24. Yerel İklim Bölgesi sınıflandırma sistemi açıklık değerleri (Stewart ve Oke, 2011)

Yüzey örtüsü olarak başta geçirimli geçirimsiz ayrımı yapılmıştır. Alt sınıflandırma olarak geçirimsiz yüzeyler beton taş yüzeyler, geçirimli yüzeylerde az bitkili ve toprak olarak yüzeyler olarak ayırım yapılmıştır.



Şekil 2.25. Yüzey örtüsü özellikleri (Stewart ve Oke, 2011)

Yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sistemi her kent için uygulanabilecek bir alt yapı oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla yukarıda belirtilen standartlar doğrultusunda yerel iklim bölgeleri sınıflandırması on alan kullanımı ve yedi farklı arazi örtüsünü kapsayacak biçimde yapılmıştır. Bu sınıflandırma sistemine göre bina yükseklikleri ve yakınlıkları on sınıfta değerlendirilmiştir.



Şekil 2.26. Yerel iklim bölgeleri sisteminin standart temelleri (Stewart, 2011)

Bölge tanımları

Yerel iklim bölgesi_1: Yakın yüksek katlı bölgeler

Yerel iklim bölgesi 1, yakın yüksek katlı yapıların bulunduğu bölgeleri ifade eder. Gökyüzü görüşü bu bölgelerde oldukça azalmaktadır. Ağaçlar ve doğal yüzeyler seyrek. YİB_1’de arazi kullanımı genellikle yüksek yoğunluklu ticari veya konuttur ve kentteki konumu merkezi (şehir merkezinde) veya çevre birimlerinde (yüksek yoğunluklu alt merkez) olabilir (Stewart, 2011).



Şekil 2.27. Yakın yüksek katlı bölgeler (Stewart ve Oke, 2011)

Yerel iklim bölgesi_2: Yakın orta katlı bölgeler

Yerel İklim bölgesi 1 ve 2, binaların sıklıkları ve inşaat malzemelerinin yoğun olmasıyla aynıdır, ancak yerel iklim bölgesi 2’de ortalama bina yüksekliği daha düşüktür (3-9 kat) ve çatı hattı daha düzgündür. Yakın mesafeli binalar arasında az sayıda bitkisel yüzey vardır. Yerel iklim bölgesi 2 tipik olarak yüksek yoğunluklu konutlar, ticari veya fabrika / endüstriyel depolama olarak işlev görür. Konumu kentlerin veya ilçelerin çekirdeğidir (Stewart, 2011).



Şekil 2.28. Yakın orta katlı bölgeler (Stewart, 2011)

Yerel iklim bölgesi_3: Yakın alçak katlı bölgeler

Yerel iklim bölgesi 3, 1-3 katlı, alçak katlı binalardan oluşur. Binalar arasında genellikle dar yollar bulunur. Gökyüzü görüş faktörü 0,2-0,6 aralığındadır. Arazi örtüsü çoğunlukla inşa edilmiş binalardan oluşur. YİB_3 genellikle yüksek yoğunluklu konut veya ticari kullanımlarla ilişkilidir. Eski veya yoğun nüfuslu kentlerde genellikle kent merkezlerindeki bölgelerdir (Stewart, 2011).



Şekil 2.29. Yakın alçak katlı bölgeler (Stewart, 2011)

Yerel iklim bölgesi_4: Açık yüksek katlı bölgeler

YİB_4, YİB_1'e göre açık aralıklı binalar ve geniş geometrik yerleşimi ile ifade edilebilir. Bina profili genellikle düzdür, on ve üstü kat yüksekliğine sahip bölgelerdir. Yüksek binalar tarafından kaplanan yapı yüzey oranı daha düşük bölgelerdir. YİB_4 genellikle yüksek yoğunluklu konut alanlarını tanımlamaktadır (örneğin, apartman blokları, çok katlı konut siteleri) (Stewart, 2011).



Şekil 2.30. Açık yüksek katlı bölgeler (Stewart, 2011)

Yerel iklim bölgesi_5: Açık orta katlı bölgeler

YİB_5, diğer yerel iklim bölgelerine göre daha fazla doğal malzeme içerir. 10 katın altında bina yüksekliğine sahip, geniş aralıklı binalar ile karakterize edilir. Gökyüzü görünüş faktörü 0,5 ila 0,8 arasındadır (Stewart, 2011).



Şekil 2.31. Açık orta katlı bölgeler (Stewart, 2011)

Yerel iklim bölgesi_6: Açık alçak katlı bölgeler

YİB_6, 3 katın altında yüksekliğe sahip, tek biçimli düzenlenmiş yapılardan oluşur. Binalar genellikle müstakil fakat düzenli aralıklarla ayrılmıştır ve gökyüzü görüş faktörü 0,6-0,9'dur (Stewart, 2011).



Şekil 2.32. Açık alçak katlı bölgeler (Stewart, 2011)

Yerel iklim bölgesi _7: Alçak katlı düzensiz bölgeler

YİB_7'nin yapısı, binaların tek katlı olması ve birbirine aşırı yakınlığı ile YİB_3'e benzer, ancak yapıların eski ve kabaca yapılmış olması nedeniyle farklılaşmıştır. YİB_7 genel olarak yoğun nüfuslu kentlerin gecekondu kuşağı bölgelerini ifade etmektedir. Kent içi alanlarda küçük YİB_7 bölgeleri bulunabilir (Stewart, 2011).



Şekil 2.33. Alçak katlı düzensiz bölgeler (Stewart, 2011)

Yerel iklim bölgesi _8: Alçak katlı geniş yapılı bölgeler

Yerel iklim bölgesi 8, üç katın altında olan binaların bulunduğu alanlardır. Açık alanlar geniş yer kaplayabilir. Gökyüzü görüş faktörü 0,70 den fazladır. Binalar dikeyde değil yatayda uzanır. Tipik örnekleri alışveriş merkezleri, nakliye merkezleri veya hafif endüstriyel depolama olarak gösterilebilir (Stewart, 2011).



Şekil 2.34. Alçak katlı geniş yapıli bölgeler (Stewart, 2011)

Yerel iklim bölgesi_9: Seyrek yapıli bölgeler

Yerel iklim bölgesi 9, genellikle doğal bir alana yayılmış, çoğunlukla küçük ve müstakil yapıdaki binalar ile tanımlanır. Binaların geniş açıklığı nedeniyle, ortalama gökyüzü görüş faktörü 0.8 den yüksektir. Yerel iklim bölgesi 9 genel olarak; mesken, ticari veya tarımsaldır ve düşük yoğunluklu banliyölerde, yerleşim alanı biraz kırsala yakındır (Stewart, 2011).



Şekil 2.35. Seyrek yapıli bölgeler (Stewart, 2011)

Yerel iklim bölgesi_10: Sanayi bölgeleri

Yerel iklim bölgesi 10, fabrikalar, rafineriler ve işleme tesisleri gibi büyük endüstriyel tesislerin alanıdır. Binaları, büyük miktarlarda atmosferik kirlenici madde ve atık ısı oluşturabilir. Binalar ve diğer yapılar (tanklar, kuleler) boyut, yükseklik ve dağılım bakımından tek tip değildir ve sert zeminler yoğundur. YİB_10 tipik olarak kentlerin çeperinde veya limanların veya ulaşım merkezlerinin yakınında bulunur (Stewart, 2011).



Şekil 2.36. Sanayi bölgeleri (Stewart, 2011)

Yerel iklim bölgesi _A: Yoğun ağaçlık bölgeler

Yerel iklim bölgesi A, yaprak döken veya yaprak dökmeyen ağaçların yoğun olarak bir arada olduğu alanlardır. Yerel iklim bölgesi A ayrıca yoğun ağaç geometrilerine (ekvator, tropikal, orta yükseklik) sahip doğal ormanlara da karşılık gelir (Stewart, 2011).



Şekil 2.37. Yoğun ağaçlık bölgeler (Stewart, 2011)

Yerel iklim bölgesi _B: Aralıklı ağaçlık bölgeler

Yerel iklim bölgesi B, yaprak döken veya yaprak dökmeyen ağaçların hafif ormanlık bir manzarasıdır. Ağaçlar geniş aralıklarla yerleştirilmiştir. Orta yoğunluklu ağaç geometrilerine sahip alanlara karşılık gelir (Stewart, 2011).



Şekil 2.38. Aralıklı ağaçlık bölgeler (Stewart, 2011)

Yerel iklim bölgesi_C: Çalılık bölgeler

Yerel iklim bölgesi C açık aralıklı çalılar ve kısa odunsu ağaçlar ile karakterize edilir. Altta yatan topraklar çıplak veya seyrek olarak düşük bitkilerle kaplıdır. Bitkilerin yüksekliği 2 metreden azdır (Stewart, 2011).



Şekil 2.39. Çalılık bölgeler (Stewart, 2011)

Yerel iklim bölgesi_D: Alçak bitkili bölgeler

Çimen veya otsu bitkilerin alçak, tek tip bir kanopisi, yerel iklim bölgesi D'yi karakterize eder. Bitkisel kanopinin yüksekliği 1 metreden düşüktür. Yerel iklim bölgesi D tarım (mera, ekilebilir tarım arazileri), kentsel rekreasyon (çimenli parklar), otlaklarla (savan, bozkır) uyumludur (Stewart, 2011).



Şekil 2.40. Alçak bitkili bölgeler (Stewart ve Oke, 2011)

Yerel iklim bölgesi _E: Kayalık, asfalt, beton zemin kaplamalı bölgeler

Yerel iklim bölgesi E geçirimsiz bir yüzeye sahip ve çok az ağaç, bina veya diğer pürüzlülük nesnesi olan veya hiçbir pürüzlülük nesnesi olmayan bölgelerdir. LCZ E engelsiz gökyüzü manzarasına ($> 0,9$) sahiptir ve eğer geçirgen bir arazi örtüsü varsa ($< \% 10$) oldukça azdır. Doğal ortamlarda, yüzey çakıl veya kayadır. Kentsel ortamlarda ise beton, asfalt gibi sert malzemelerden oluşmaktadır. Yerel iklim bölgesi E büyük otoparklar, konteyner limanları ve havaalanı gibi kentsel fonksiyonları ifade eder (Stewart, 2011).



Şekil 2.41. Kayalık, asfalt, beton zemin kaplamalı bölgeler (Stewart, 2011)

Yerel iklim bölgesi _F: Çıplak topraklı ya da kumlu bölgeler

Yerel iklim bölgesi F, bitki örtüsünün az olduğu veya hiç olmadığı, çıplak toprak veya kuma maruz kalmış bölgelerdir. Engelsiz gökyüzü manzarasına sahiptir. Yerel iklim bölgesi F, tarımsal arazi kullanımlarına karşılık gelir (sürülmüş veya nadas tarlaları).

Aynı zamanda, kuru, zayıf gelişmiş ve seyrek bitki örtüsü olan topraklara sahip doğal çöllere de karşılık gelmektedir (Stewart, 2011).



Şekil 2.42. Çıplak topraklı ya da kumlu bölgeler (Stewart, 2011)

Yerel iklim bölgesi _G: Su yüzeyleri

Yerel iklim bölgesi G, denizler ve göller gibi büyük, açık su kütleleri veya nehirleri tanımlamaktadır (Stewart, 2011).



Şekil 2.43. Su yüzeyleri (Stewart, 2011)

Çizelge 2.13. Yerel iklim bölgesi sınıflandırma parametreleri ve değer aralıkları (Stewart, 2011)

Yerel İklim Zonları		GGF	Yükseklik - Genişlik Oranı	Pürüzlülük elemanlarının yüksekliği	Arazi pürüzlülüğü sınıfı	Bina yüzey alanı	Geçirimsiz yüzey fraksiyonu	Geçirimli yüzey fraksiyonu	Yüzey albedosu	Antropojenik ısı çıkışı	Yüzey Kabulü
YİB 1	Yoğun yüksek katlı yerleşim alanı	0.2–0.4	>2	>25	8	40–60	40–60	<10	0.1-0,2	1500-1800	50-300

Çizelge 2.13. (devam) Yerel iklim bölgesi sınıflandırma parametreleri ve değer aralıkları
(Stewart, 2011)

YİB 2	Yoğun orta yükseklikte yerleşim alanı	0.3-0.6	0.75-2	10-25	6-7	40-70	30-50	<20	0.1-0.2	1500-2200	<75
YİB 3	Yoğun düşük katlı yerleşim alanı	0.2-0.6	0.75-1.5	3-10	6	40-70	20-50	<30	0.1-0.2	1200-1800	<75
YİB 4	Açık yüksek katlı yerleşim alanı	0.5-0.7	0.75-1.25	>25	7-8	20-40	30-40	30-40	0.12-0.25	1400-1800	<50
YİB 5	Açık orta yükseklikte yerleşim alanı	0.5-0.8	0.3-0.75	10-25	5-6	20-40	30-50	20-40	0.12-0.25	1400-2000	<25
YİB 6	Açık düşük katlı yerleşim alanı	0.6-0.9	0.3-0.75	3-10	5-6	20-40	20-50	30-60	0.12-0.25	1200-1800	<25
YİB 7	Yoğun tek katlı yerleşim alanı	0.2-0.5	1-2	2-4	4-5	60-90	<20	<30	0.15-0.35	800-1500	<35
YİB 8	Geniş düşük katlı yerleşim alanı	>0.7	0.1-0.3	3-10	5	30-50	40-50	<20	0.15-0.25	1200-1800	<50
YİB 9	Seyrek düşük katlı yerleşim alanı	> 0.8	0.1-0.25	3-10	5-6	10-20	<20	60-80	0.12-0.25	1000-1800	<10
YİB 10	Sanayi bölgesi	0.6-0.9	0.2-0.5	5-15	5-6	20-30	20-40	40-50	0.12-0.20	1000-2500	>300
YİB A	Yoğun ağaçlık	<0.4	>1	3-30	8	<10	<10	>90	0.1-0.2	Bilinmiyor	0
YİB B	Seyrek ağaçlık	0.5-0.8	0.25-0.75	3-15	5-6	<10	<10	>90	0.15-0.25	1000-1800	0
YİB C	Çalı / Maki kaplı alan	0.7-0.9	0.25-1.0	<2	4-5	<10	<10	>90	0.15-0.3	700-1500	0
YİB D	Yer örtücü bitkiler	>0.9	<0.1	<1	3-4	<10	<10	>90	0.15-0.25	1200-1600	0
YİB E	Çıplak kaya / Yüzey malzemesi kaplama	>0.9	<0.1	<0.25	1-2	<10	>90	<10	0.15-0.3	1200-2500	0
YİB F	Çıplak toprak / Kum	>0.9	<0.1	<0.25	1-2	<10	<10	>90	0.2-0.35	600-1400	0
YİB G	Su Yüzeyi	>0.9	<0.1	-	1	<10	<10	>90	0.02-0.1	1500	0

2.3.4. Yerel iklim bölgesi sınıflandırma yöntemleri/yaklaşımları

Yerel iklim bölgeleri sınıflandırması için farklı yaklaşımlar oluşturulmuştur.

Uydu görüntüleri tabanlı (satellite image based (bechtel) yöntem

Uydu görüntülerinin kullanılmasını temel alan yöntem, dünya çapında kentler hakkında bilgi elde etmek için hazırlanan bir çalışma olan WUDAPT'ın bir parçasıdır. Ücretsiz uydu görüntüleri, ücretsiz yazılımlar kullanılarak üst düzey bir uzaktan algılama bilgisine ihtiyaç duymadan kullanılabilir. İki adet yazılım paketi uygulanır: Google Earth ve Saga GIS.

Bu yöntem iki ana adımdan oluşmaktadır. Birinci adımda Google Earth üzerinde çalışma alanının sınırını ve farklı YİB alanlarını gösteren gridlerin bulunduğu kml dosyası oluşturulur. İkinci aşamada oluşturulan kml dosyası Saga GİS programında düzenlenir. Saga GİS programına çalışma alanının Landsat görüntüleri ve vektörel verisi yüklenir. Son olarak sınıflandırma landsat görüntülerine ve çalışma alanı için oluşturulan gridlerdeki en olası YİB türüne göre gerçekleştirilir. (Gal ve ark., 2015)

CBS tabanlı (GIS based (lelovics-gál) yöntem

CBS yöntemi, uydu görüntüsü tabanlı yöntemden farklı bir mantık izler. Haritalama işleminin ilk aşaması olarak YİB sınıfının belirlenmesinde kullanılan parametreler çalışma alanı için oluşturulan gridlere işlenir. Her bir grid için olası YİB sınıfı belirlenir. Bu yöntemde veriler genellikle metin dosyaları ve harita formatı ise ESRI şeklindedir.

Yöntemin ikinci aşamasında sistem, gridler için işlenmiş değerleri Stewart ve Oke (2012) tarafından belirlenen değerler ile karşılaştırır ve YİB tanımına uygun parametre sayısına göre puan atanır. 3 ten büyük puanların toplamı olması durumunda YİB sınıfı atanmış olur. Haritalandırmanın son aşaması ise en az 250 metre yarıçaplı olacak şekilde ilgili YİB gridleri birleştirilerek homojen bölgeler oluşturulur. 3 puanın altında olan grilere YİB sınıfı atanmaz ve bu sınıflandırılmayan gridler birleştirme aşamasında en yakın YİB sınıfına dahil edilir. (Gal ve ark., 2015; Lelovics ve ark.)

İki yönteminde avantajlı ve dezavantajlı yönleri vardır. Uydu görüntüsü tabanlı yöntemin kullanımı kolaydır ve az sayıda ve serbest olarak giriş verisine ihtiyaç duyar. Dünyanın herhangi bir yerinde uygulanabilir. CBS yöntemi ise oldukça ayrıntılıdır ve çok sayıda veri girişine ihtiyaç duyar. Bu nedenle uygulanması daha güç bir yöntemdir.

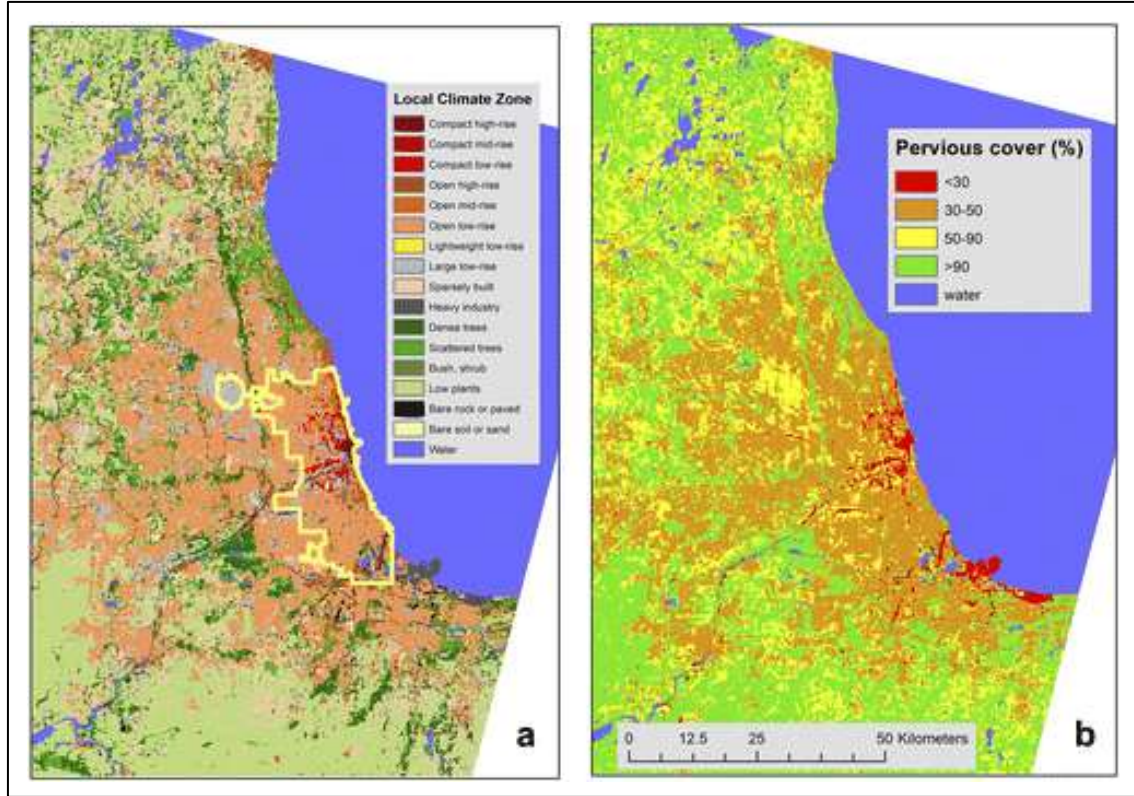
2.3.5. Yerel iklim bölgesi sınıflandırma ölçekleri

Yerel iklim sınıflandırma hiyerarşisinde 3 farklı seviye bulunmaktadır ve her seviye farklı bir ölçeği kapsamaktadır. Ancak hiyerarşinin temelini Stewart ve Oke'nin geliştirdiği 17 sınıf oluşturmaktadır.

Ayrıntı düzeyi en az olan 0 seviyesi (L0) kentleri ve çevrelerindeki doğal peyzaja sahip alanları yerel iklim bölgeleri tiplerine göre sınıflandırır. 1 inci seviye YİB haritalarını alana ilişkin daha detaylı bilgi elde etmek için kullanılır. 2 inci seviye tüm kentsel unsurlar ile ilgili detaylı bilgi sunar (Bechel ve ark.,2015)

0 seviyesi: Bölge ve kent ölçeği

0 seviyesi en genel veri toplama seviyesidir. Kapsamlı ve tutarlı veriler ile tanımlanmalıdır. YİB şemasını kent ölçeğinde ve mahalle ölçeğinde değerlendirir. YİB alanının sınıflandırılması konusunda Google Earth, Landsat 8 görüntüleri ve Saga programları kullanılır.



Şekil 2.44. Chikago Seviye 0 Haritası (Ching ve ark., 2018)

1 seviyesi-Mahalle ölçeği

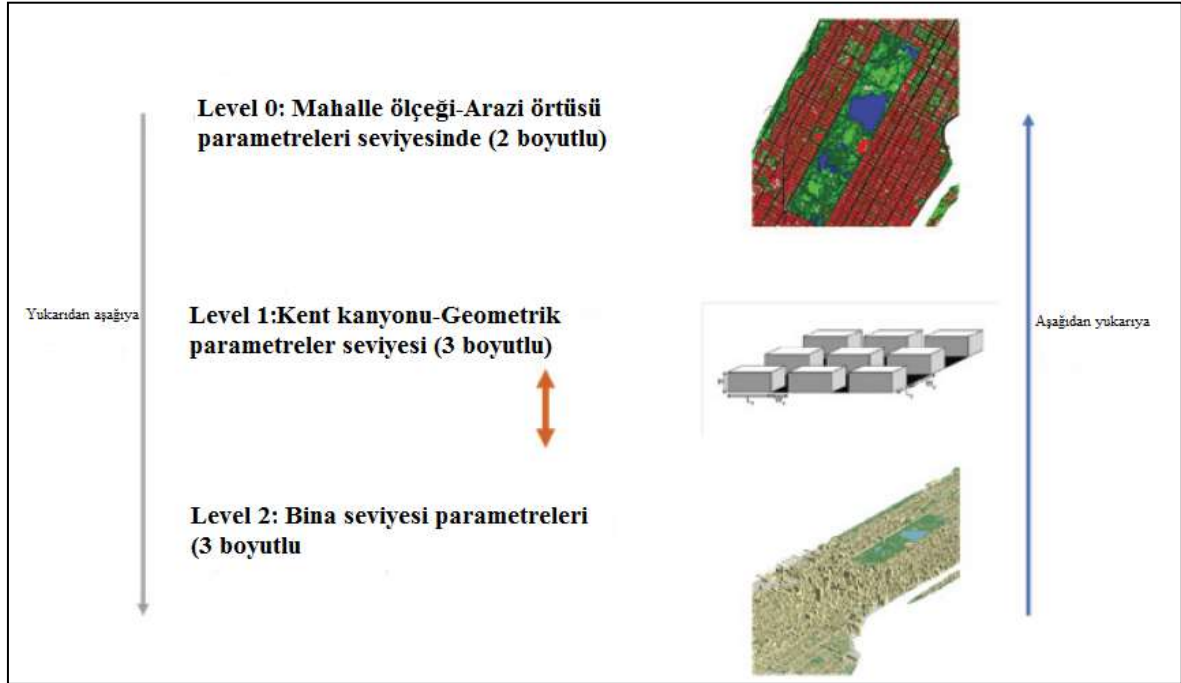
Seviye 1 haritaları kentsel peyzajın tanımlanması konusunda alandaki biçim ve işleve dair daha fazla veri (bina ayak izi, bina yüksekliği, sokak kanyonu vb.) içerir.

2 seviyesi-Yapı ölçeği

Seviye 2 kentsel alana dair tüm detaylı verileri kapsar. Tüm kentsel unsurlar (binalar, ağaçlar vs.) hakkında bilgi verir. Yapıların kullanım amaçları (ticari, konu, karma vb.) ve yapı malzemeleri hakkında verileri içerir.



Şekil 2.45. Seviye 2 Haritası Kowloon-Hong Kong, 3 D modelleme yapılarak uydu görüntüsüne entegre edilmiştir (World Urban Database, 2019)



Şekil 2.46. YİB haritalandırılmasında 3 seviye (Quan ve ark., 2017)

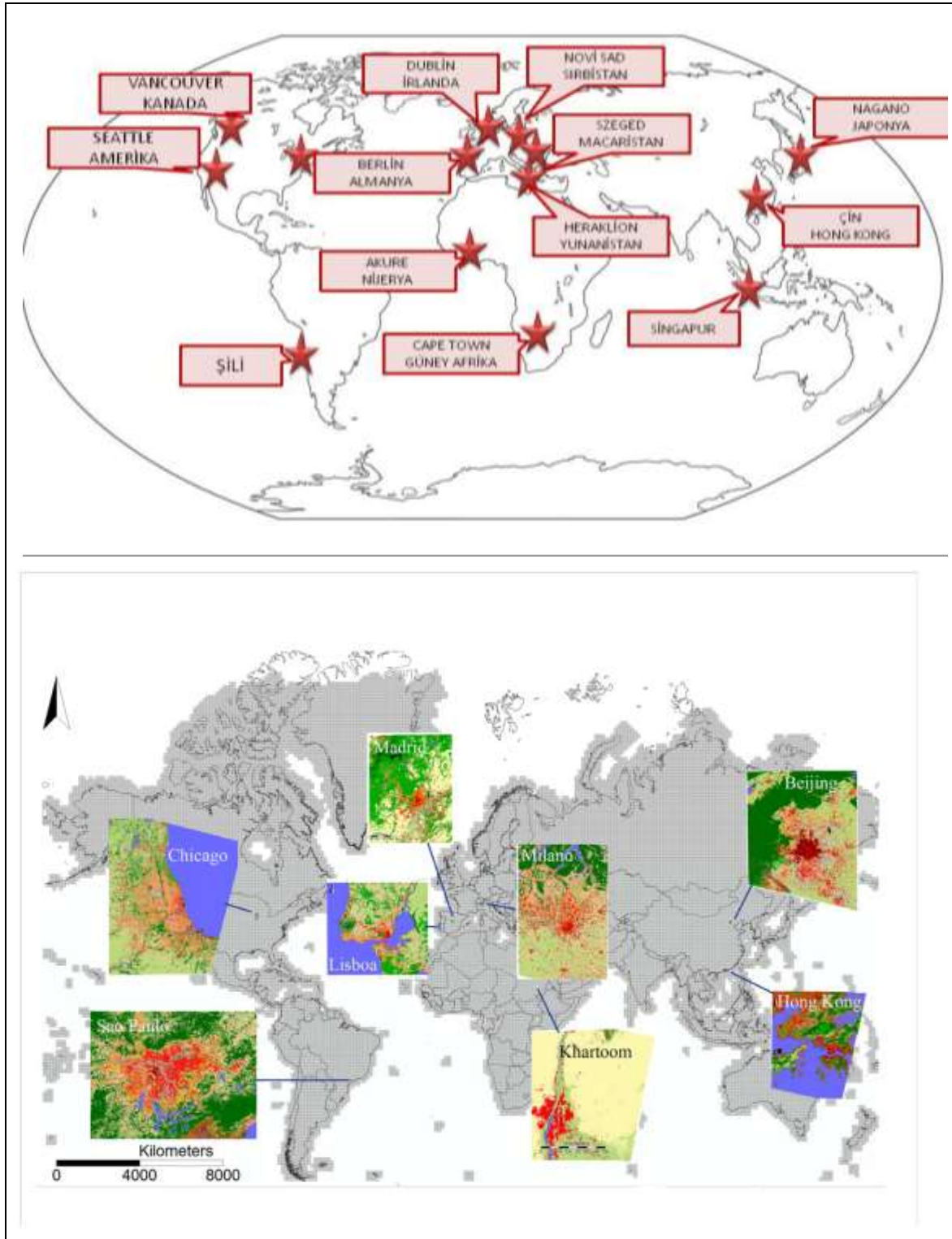
Kullanılan veri çeşidine göre farklı seviyelerde YİB haritası oluşturulmaktadır. Seviye 0 da çalışma alanının 2 boyutlu verileri kullanılarak mahalle ve kent ölçeklerinde YİB haritası oluşturulmaktadır. Seviye 1 bina ölçeğinde, kent içindeki kanyonların oluşumuna odaklanmaktadır. En detaylı YİB haritası seviye 2 de elde edilmektedir. Kentsel arazi kullanımının detaylı tanımlanmasını sağlar diğer seviyelere göre çok daha fazla veri girişine ihtiyaç duyulur. 3 boyutlu bir çalışmayı içerir.

Çizelge 2.14. WUDAPT Seviye 0, 1 ve 2 özellikleri ve potansiyel uygulamaları (World Urban Database, 2019)

Ürün	Seviye-0	Seviye-1	Seviye-2
Kapsam	120 den fazla şehir ve bölge	Bina tipolojisine dayalı veri toplama yöntemleri	3D harita teknolojisi
Veri kaynağı	-Landsat -Google Earth -Yerel veriler ve uzman değerlendirmesi	-Landsat -Google Earth -Yerel veriler ve uzman değerlendirmesi	-Stereo verileri -Terra -SAR verisi
Çözünürlük	100–500 m	100–500 m	2 m
Format	kml, tiff	GIS shapefiles	GIS shapefiles
Uygulama	-Çevre ve Enerji (Hava Araştırmaları ve Tahminleri, Modellemesi, Kentsel ısı adası) -Şehir ve Bölge planlama	-Çevre ve Enerji (hava ve iklim, kentsel hava akımları, kentsel radyasyon, ortalama radyant sıcaklık, kentsel enerji tüketimi, hava kirliliği, CO2 ve sera gazı emisyonu) -Ekoloji (biyolojik çeşitlilik) -Şehir ve Bölge planlama (master plan, arazi kullanım planı, yeşil master plan, yeni şehir planı)	-Çevre ve Enerji (bina enerji maliyeti) -Bina ve topluluk tasarımı (görünürlük analizi, bina geliştirme) -Afet ve risk yönetimi (Su baskını, sıcak hava dalgası) -Yaya ve vatandaş hareketliliği (yürünebilirlik, termal konfor) -Halk sağlığı (kirli alanlar)

2.2.6. Yerel iklim bölgesi sınıflandırmasına dünyadan örnekler

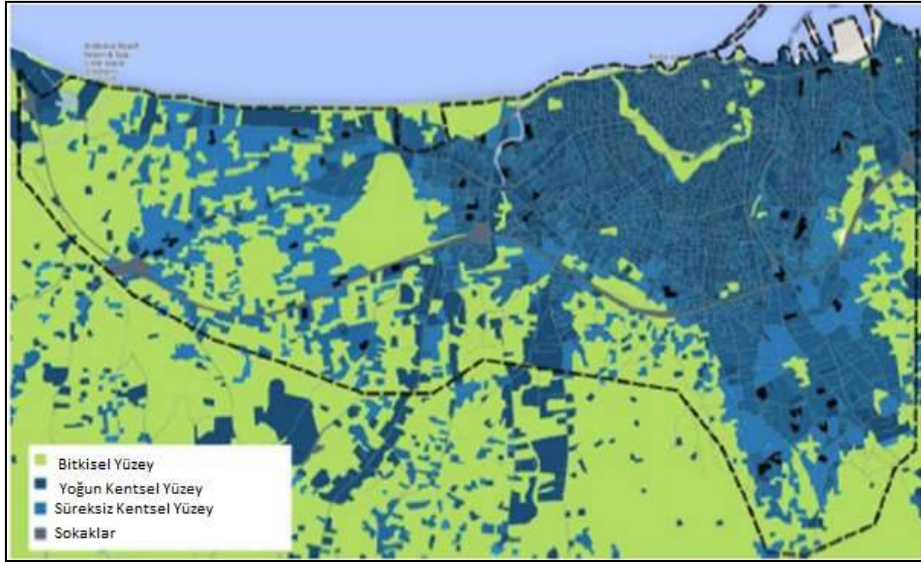
Son yıllarda, iklim değişikliği ve küresel ısınma etkisini tüm dünyada göstermektedir. Özellikle kentler insan müdahalesinin en yoğun yaşandığı alanlar olarak iklim değişikliğinin de daha şiddetli hissedildiği bölgelerdir. Hızlı kentleşmenin bir sonucu olarak meydana gelen kentsel ısı adası üzerine dünyada birçok çalışma yapılmıştır. Bu tarihten sonra yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sistemi üzerine dünyada çalışmalar başlanmıştır. Bu sistemi uygulayan bazı ülkeler; Kanada- Vancouver, Amerika-Seattle, Sırbistan Novi Sad, Macaristan-Szeged, Almanya- Berlin, Çin-Hong Kong, Japonya-Nagano, Cape Town-Güney Afrikadır.



Şekil 2.47. Yerel iklim bölgesi sınıflandırma sisteminin dünyada uygulandığı bazı ülkeler (Stewart ve Oke, 2011'den değiştirilerek)

Yunanistan Heraklion kenti

Yunanistan'ın Heraklion kenti için yapılan çalışma, Stewart ve Oke tarafından oluşturulmuş standartlara uygun olarak kentin yerel iklim bölgelerini belirlemeyi amaçlamıştır. Bu çalışma kapsamında 19 Haziran 2013 tarihinde geçen Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Uzaktan algılama teknikleri yerel iklim bölgelerini tanımlanmasında uygun nicel bilgiyi elde etmek için kullanılmıştır. Çalışma alanı elli kilometrekarelik bir alanı kapsamaktadır. Öncelikle Google Earth görüntüleri üzerinden arazi kullanımı şeması oluşturulmuştur. Arazi kullanım şemasında; konut alanı, ticaret alanı, sanayi alanı, ulaşım aksı, kırsal alanlar gösterilmiştir (Mitraka ve ark.,2015)



Şekil 2.48. Google maps üzerinden oluşturulan arazi kullanım şeması (Mitraka ve ark., 2015)

Çalışmada yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sisteminin temel analizlerinden olan gökyüzü görüş faktörü analizi, bina yoğunluğu analizi, geçirimli ve geçirimsiz yüzey fraksiyonu analizi, bina ve ağaç yükseklikleri analizi, yüzey albedosu analizi yapılmıştır.

Gökyüzü görüş faktörü analizi: Gökyüzü yarı küresinin zemin seviyesinden görülebilen fraksiyonunu temsil eder. Bina ve ağaçların yüksekliklerine göre değişir. Bu çalışmada Lindberg ve Grimmond (2010) tarafından geliştirilen yaklaşım kullanılarak mevcut dijital yüzey modeli kullanılarak analiz edilmiştir (Mitraka ve ark.,2015).

Bina yoğunluğu: Bina örtüsü ile zemin yüzeyinin oranını temsil eder. Bina ayak izini tanımlayan çeşitli uzaktan algılama yöntemleri olmakla birlikte bu çalışmada hava fotoğrafları kullanılarak mevcut bina ayak izi verisi oluşturulmuştur.

Geçirimsiz-geçirimli yüzey fraksiyonu: Sırasıyla geçirimsiz ve geçirimli örtülü zeminin oranıdır.

Bina- ağaç yükseklikleri: Alandaki bina yüksekliklerinin mekansal ortalamasıdır. Yüzey albedosunu, yeryüzündeki ısı dağılımını etkilemektedir. Bina yoğunluğunda kullanılan dijital yüzey modelinden ve dijital arazi modelinden yararlanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 2.49. Heraklion şehri yerel iklim bölgeleri (Mitraka ve ark., 2015)

Sonuç olarak, yapılan analizler sonucunda Heraklion şehrinde, yakın düşük kat (LCZ3), açık düşük kat (LCZ6) olmak üzere iki tip yerel iklim bölgesi belirlenmiştir (Mitraka ve ark.,2015)

Singapur

Singapur'daki kentsel ısı adası olgusunun daha nesnel bir değerlendirmesini yapmak amacı taşıyan çalışma 2014 yılında yapılmıştır. Yerel iklim bölgeleri karakterizasyon planı Singapur'daki üç inceleme alanına uygulanmıştır. Bu alanlar arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Öncelikle üç alan seçimi yapılmıştır. Bu alanlardan birincisi yerleşik konut dokusu, ikincisi yeşil alan, üçüncüsü ise merkezi iş alanı içinden seçilmiştir. Analiz çalışmalarında, alan büyüklükleri arazi çalışmasına elverişli olması sebebi ile arazi çalışmaları yanında Google Earth görüntülerinden faydalanılmıştır. Temel analizler olan gök görüş faktörü, albedo, bina yükseklik oranı, geçirimli geçirimsiz yüzey analizleri alan çalışması ile birlikte Google Earth ve hava fotoğrafları üzerinden yapılmıştır. Alan çalışması

sırasında Google Map görüntüleri kullanılarak yerel iklim bölgeleri için haritalar oluşturulmuştur. Haritalara kentsel bloklar, bina anahatları, yollar ve alan kontürleri işlenmiştir. Belirlenen alanlara yerden iki metre yükseklikte iklimsel veri kayıt cihazları yerleştirilmiştir. 2014 yılının ocak ayında beş gün süre ile saatlik ölçümler yapılmıştır (Ng, 2015).

Bu üç alandan yerleşik konut dokusu açık yüksek doku, yeşil alan için seçilen park alanı seyrek bina dokusu, merkezi iş alanı ise yakın yüksek katlı doku olarak tanımlanmıştır.



Şekil 2.50. Singapur için seçilen üç örnek alan (Ng, 2015)

Kentsel ısı adası etkisinin hesaplanması için ΔT YİB X-Y ($^{\circ}\text{C}$) kullanılmıştır. Bu çalışma için yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sisteminin uygulanmasının farklılıkları karşılaştırmak açısından daha kullanışlı olduğu düşünülmüştür. Kentsel ısı adası oluşumunda

kent-kır farkını ortaya koymaktan ziyade kentsel bölgeler arasındaki farklılık daha objektif olarak ifade edilmektedir.

Çin – Hong Kong

Hong Kong yaklaşık 1000 km² toprak parçası üzerinde sekiz milyon nüfusu ile yüksek yoğunluklu bir şehirdir. Hong Kong kenti kent iklimi çalışmalarına 2006 yılında başlamıştır. 1999-2006 yılları arasında ondört izleme istasyonu ile yapılan ölçümler 2006-2007 yılları arasında değerlendirilerek 2007 yılında kent iklim haritası oluşturulmuştur.

Kent iklim haritaları için elde edilen veriler, Stewart ve Oke tarafından oluşturulan yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sistemi için de kullanılmıştır. YİB çerçevesinde önerilen standart prosedür izlenerek YİB sınıflarının modeli analiz edilmiştir ve YİB setleri oluşturulmuştur.

Bu çalışmanın üç ana amacı vardır;

- Raster tabanlı YİB sınıflandırmasının mekansal hassaslığını incelemek
- YİB çerçevesinin yanısıra arazi yüzeyi özelliklerini sınıflandırmak
- Hong Kong'daki YİB sınıflarının özelliklerini araştırmak ve bir veritabanı oluşturmak.

Çalışmada öncelikle bina, sokak, topografya ve arazi kullanımı verileri GIS ortamında temin edilmiştir (Hong Kong Planlama Departmanından). Bina verisi vektörel bina ayakizi ve yükseklik verisini içermektedir. Sokak verisi ise sokak örtüsü ve sokak merkez çizgisini içermektedir. (Zheng ve diğerleri,2018)

CBS'deki planlama bilgilerine dayanarak bir dizi kentsel morfoloji analiz haritaları geliştirilmiştir. Bunlar yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sisteminin temel analizlerini yansıtan; bina yüksekliği (BY), bina yüzey alanı (BYA), gökyüzü görüş faktörü (GGF) ve en / boy oranı (E/B), geçirgen yüzey fraksiyonu (GYF) ve geçirimsiz yüzey fraksiyonu (GSİZYF) dur.

- Bina yüksekliği (BY) haritası

Bina yüksekliği, binaların ayak izi alanı ile ağırlaştırılmış, bir YİB alanının ortalama bina yüksekliğidir.

- Bina yüzey alanı (BYA) haritası

Bina yüzey alanı, binalar tarafından kaplanan arazinin fraksiyonudur.

- Gökyüzü görüş faktörü (GGF) haritası

Gökyüzü görüş faktörü hesaplanırken SAGA GIS programında bulunan GGF hesaplama aracı kullanılmıştır.

- Yükseklik-genişlik oranı haritası

CBS'de raster hesaplaması ile alan ağırlığına dayalı ortalama bina yüksekliği ortalama cadde genişliğine bölünerek hesaplanmıştır. Ortalama cadde genişliği, bir YİB gridinde toplam cadde alanı, toplam cadde uzunluğuna bölünerek hesaplanmıştır.

- Geçirgen yüzey fraksiyonu (GYF) haritası

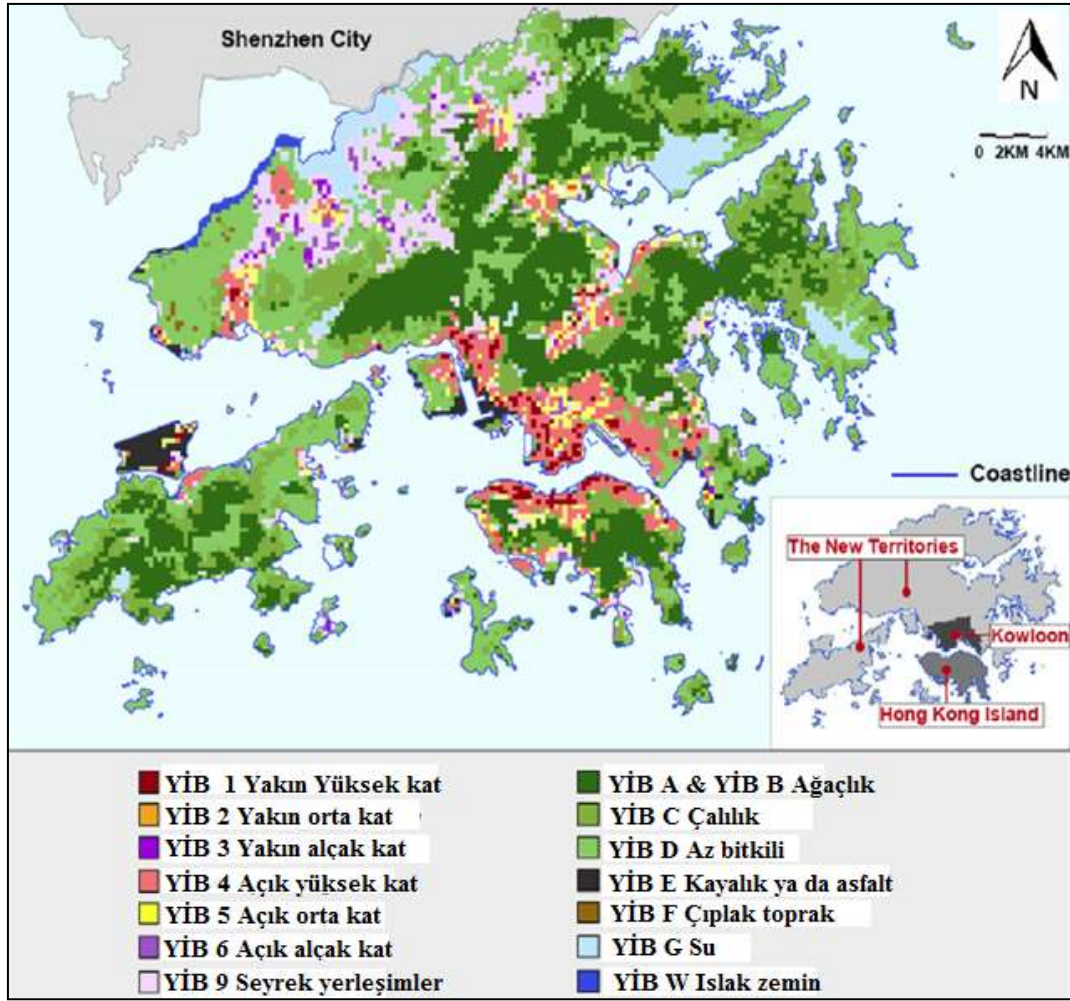
Bu çalışmada, GYF bir YİB gridinde suyun ve bitki örtüsünün toplam oranı olarak hesaplanmıştır.

- Geçirimsiz yüzey fraksiyonu (GSİZYF) haritası

Bir YİB ızgarasının geçirimsiz yüzey fraksiyonu, binaların dışında kalan sert zeminlerin (asfalt, beton vs.) fraksiyonu olarak tanımlanmaktadır.

- Arazi kullanımı haritası

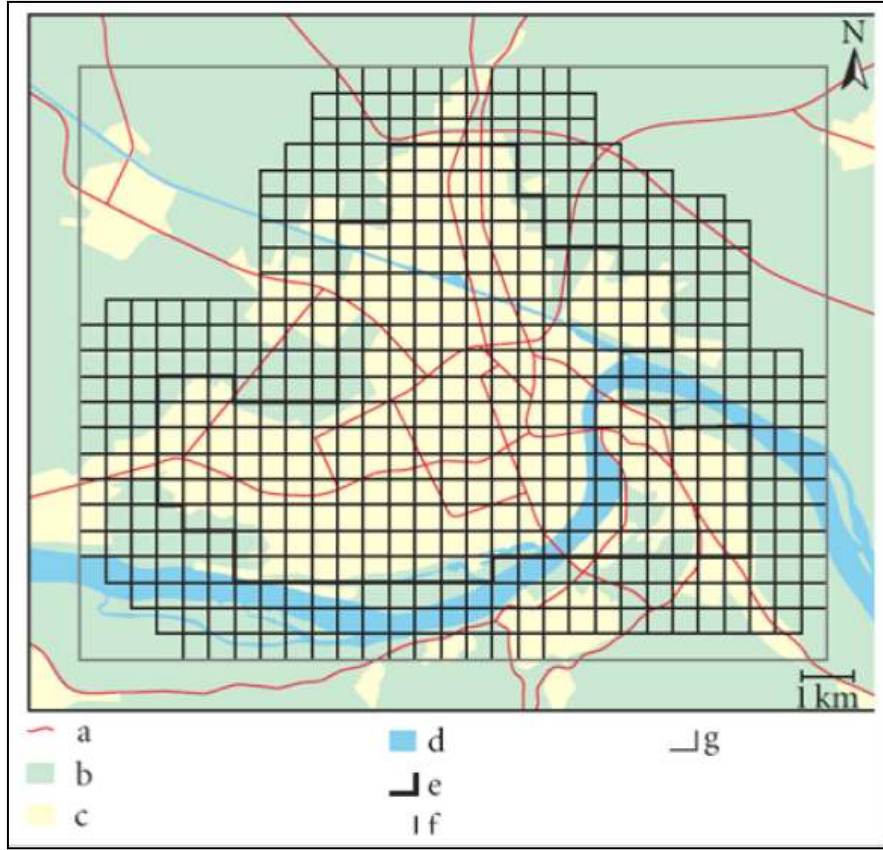
Bir YİB gridinde arazi kullanım türü, her YİB gridi için baskın arazi kullanım türü tespit edilerek arazi kullanımı verisi hesaplanmıştır. (Zheng ve diğerleri,2018)



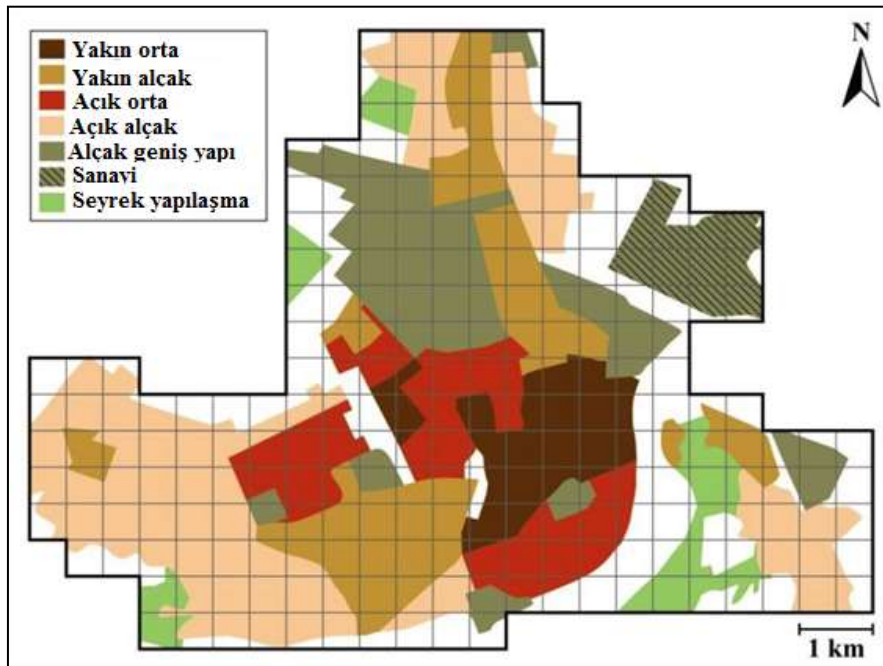
Şekil 2.51. Hong Kong kenti yerel iklim bölgesi haritası (Zheng ve diğerleri,2018)

Sırbistan, Novi Sad

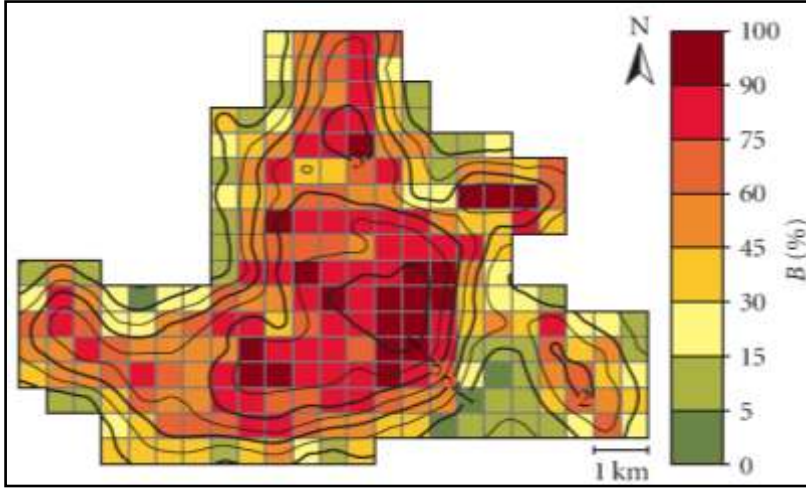
280 000'den fazla nüfusu ile Novi Sad'ın kentsel alanı, Büyük Macar Ovası'nda oldukça geniş bir bölgede yer almaktadır. Novi Sad'ın yerel iklim bölgelerinin araştırılmasında burada Szeged ve Debrecen (Macaristan) çalışmalarından yararlanılmıştır. Çalışma alanı 0,5 km × 0,5 km kareye (240 hücre) bölünmüştür (Unger ve ark. 2011).



Şekil 2.52. Novi Sad arazi kullanımı şeması (a: Anayollar, b: Kırsal alan, c: Kentsel alan, d: Akarsu yüzeyleri e: Çalışma alanı sınırı, f: Hücre sınırı, g: toplam gridlerin tamamını içeren çerçeve) (Unger ve ark. 2011)



Şekil 2.53. Novi Sad Yerel iklim bölgeleri haritası (Stewart ve Oke, 2011)



Şekil 2.54. Novi Sad yapı yoğunluğu ve sıcaklık modellemesi (Unger ve ark. 2011)

Novi Sad'ın batı kısımları yapı yoğunluğunun daha fazla olduğu bölgelerdir. İzoterm haritasına göre bu bölgelerde sıcaklık değerleri diğer bölgelere göre daha yüksektir. Kentin çevresine doğru bu sıcaklıklar ve konut alanı yoğunlukları azalırken, çevrede bulunan banliyölerde yoğun yerleşim alanları çevrede birkaç ısı adası meydana getirmiştir (Unger ve ark. 2011).

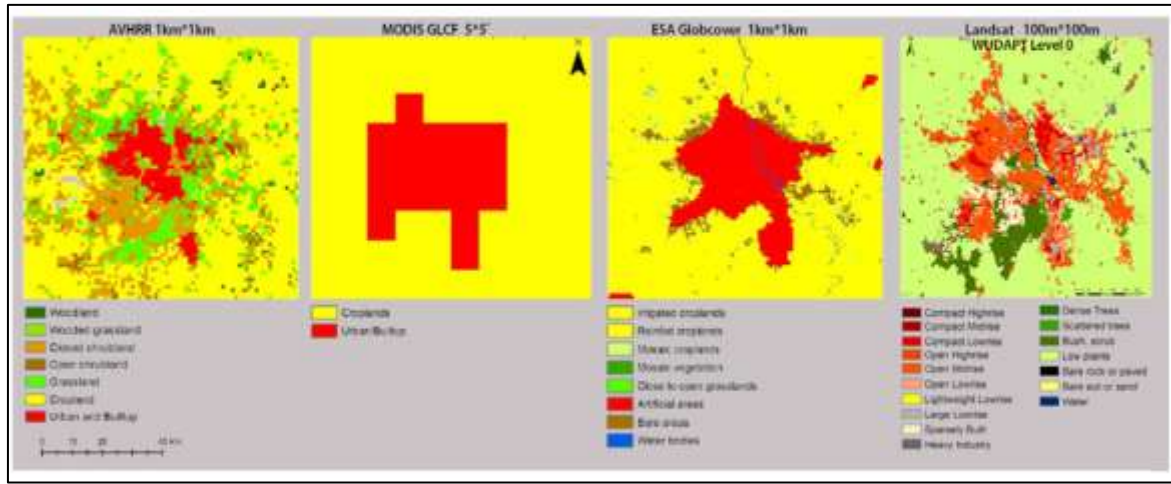
2.2.7. Dünya kentsel veri tabanı ve erişim portalı araçları (WUDAPT) ve yerel iklim bölgesi sınıflandırması

Kentsel alanlardaki iklim değişikliği ve kentsel ısı adası oluşumu her kent için ortak bir olgu ve kentleşmenin ortak bir sonucudur. Bu nedenle kentlerdeki iklim değişikliği ve kentsel ısı adası üzerine yapılan çalışmaları ortak bir paydada buluşturmak amacı ile Dünya Kentsel Veri Tabanı ve Erişim Portalı Araçları (WUDAPT) kurulmuştur.

Dünya Kentsel Veri Tabanı ve Erişim Portalı Araçları (WUDAPT), dünya çapındaki kentlerin form ve fonksiyonları hakkında veri toplamak için oluşturulmuş bir girişimdir. Bugüne kadar yapılan araştırmaların çoğu, kent merkezlerini sıklıkla uzaktan algılama ile desteklenen demografik ve idari bilgileri kullanarak haritalamaya odaklanmıştır. Bununla birlikte, bu veriler, kentlerin içsel yapısı hakkında çok bilgi içermemektedir. Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından yayınlanan en son rapor, kentsel alanlardaki bilgilerin ortadan kalktığına dikkat çekerken, WUDAPT girişimi bu boşluğu doldurmak için tasarlanmıştır (World Urban Database, 2018).

Dünya Kentsel Veri Tabanı ve Erişim Portalı Araçları (WUDAPT)'ın genel amaçları;

- Kentler için yerel iklim bölgelerini bir sınıflandırma çerçevesinde karakterize etmek için bir başlangıç noktası oluşturulmak,
- Yerel iklim bölgelerindeki arazi örtülerinin (geçirimli-geçirimsiz yüzeyler, binaların kapladığı alanlar vs.) standart hale getirilmek,
- Dünya çapında ulaşılabilen, araştırmacıların kullanabileceği bir veri altyapısı hazırlamak,
- Oluşturulan portal sayesinde dünyadaki farklı kentlerin, aynı özellikteki bölgelerinin karşılaştırılabilme olanağı sağlamak olarak sıralanabilir (World Urban Database, 2018).



Şekil 2.55. Kentsel problemlerin ele alınmasında kullanılan verilerdeki karmaşa-Delhi-Hindistan kentine ait farklı haritaların WUDAPT Seviye 0 haritası ile karşılaştırılması (Ren et al., 2019)

Dünya Kentsel Veri Tabanı ve Erişim Portalı Araçları çalıştay, University College Dublin'de 7-9 Temmuz 2014 tarihinde, 16 kentin (Dublin, Hamburg, Houston, Pekin, Coimbra; Kolombo; Como / Milano; Lahor; Hartum, Kalküta, Medellin, Nantes, San Paulo, Viyana; Viktoria and Wageningen) yerel iklim bölgelerinin sınıflandırılması üzerinden yapılmıştır.

WUDAPT'ın YİB sistemi ile ilgili en önemli katkısı Bölüm xx'de bahsedilen YİB seviyelerinin oluşturulmasıdır. Ayrıca portal üzerinden bilgi paylaşımı yapılmakta, eğitim dokümanları ve geliştirme olanakları sunulmaktadır. Yerel iklim bölgelerinin oluşturulması konusunda araştırmalar desteklenmektedir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Araştırmanın ana materyalini çalışma alanı olan Ankara kenti oluşturmaktadır. Kent merkezinde gecekondü alanları, yüksek, orta ve alçak katlı yapıları, yeşil alanları, ticari alanları barındıran, kentsel doku açısından çeşitlilik sunan bir alan olan; Altınpark, Aydınlikevler, Ziraat, Örnek, Plevne, Gültepe, Aktaş, Atıfbey, Yıldırım Beyazıt, Hacı Bayram, Kale, Anafartalar mahalleleri olmak üzere on iki mahalleyi kapsayan alan çalışma alanı olarak seçilmiştir. Kent içinde farklı arazi örtülerini farklı dokuları bira arada barındıran bir alan seçmek için öncelikle Ankara kent bütününde Google Earth üzerinden inceleme ve saha çalışması yapılmıştır. Batıkent ve Çayyolu bölgelerinde bina yükseklikleri açısından çeşitlilik görülmüş ancak çalışma alanının daha fazla bina dokusu çeşitliliğine sahip olması ve arazi yüzeyi çeşidini barındırmış olması tercih sebebi olmuştur.

Bu çalışma sırasında kullanılan diğer materyaller şunlardır:

- Araştırma alanına ait Altındağ Belediyesinden temin edilen 1/1000 ölçekli halihazır haritalar
- Kentsel ısı adası etkisinin belirlenmesinde yüzey sıcaklıklarının tespiti için Landsat 8 OLI uydu görüntüsü. Uydu 16 günlük periyotlarda görüntü almaktadır. Landsat 8, 12 banttan oluşmaktadır. Bu bantlardan 10. Ve 11. Bantlar termal bantlar olarak tanımlanmaktadır (EPA, 2003). Çalışmada Yüzey sıcaklıklarının haritalandırılmasında 10. Banttan faydalanılmıştır.
- Halihazır verilerin güncellenmesi sırasında Google Earth ve Google Earth Pro uygulamalarından yararlanılmıştır.

Ayrıca kentsel ısı adası etkisinin belirlenmesine ilişkin yöntemin geliştirilmesinde daha önce yapılmış olan yerli ve yabancı akademik çalışmalardan, kitaplardan, dergilerden, makalelerden ve internet ortamında elde edilen verilerden de yardımcı materyal olarak faydalanılmıştır.

3.2. Metot

Araştırma Ankara kentinin yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi, araştırma alanında yerel iklim bölgelerinin oluşturulması ve yapıları çevrenin özellikleri ile yüzey sıcaklığı arasındaki ilişkinin sorgulanması olmak üzere üç temel aşamadan oluşmaktadır. Her aşamada da farklı yöntemler kullanılmıştır. Kullanılan yöntemler yapılan literatür araştırması ve ilgili kişilerle yapılan sözlü görüşmeler sonucunda belirlenmiştir.

I.Aşama: Yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi

Araştırmanın bu aşamasında Arc Gıs 10.2 yazılımı kullanılmıştır. Çalışmanın aşamaları:

Uydu seçimi

Günümüzde kullanımda olan farklı ülkelere ait birçok uydu bulunmaktadır. Ancak önemli olan çalışmanın amacına en uygun uydunun seçilmesidir. Bu çalışma için Landsat uydu görüntüleri tercih edilmiştir. Bunun nedeni Landsat uydu görüntülerinin termal bantlarının diğer uydulara göre çözünürlüğünün (100 x 100 m) daha yüksek olmasıdır.

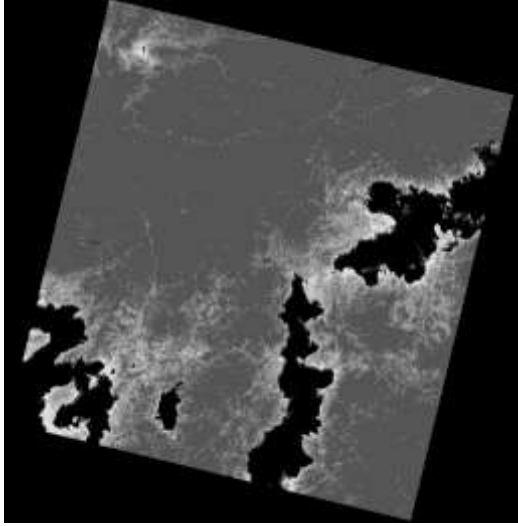
Uydu görüntüsünün temini

Uydu seçimi kadar kullanılacak uydu görüntüsünün tarihi de önemlidir. Çalışmada kentsel ısı adası etkisi inceleneceğinden, yaz aylarındaki uydu görüntüsü tercih edilmiştir. Çünkü yüzey ısısı arazi örtüsü değişimi ile ilişkilidir. Yaz aylarında yüzeyde bulunan vejetasyon ve diğer örtüler daha iyi ayırt edilebilmektedir. Uydu görüntüsünün tarih seçiminde bir diğer faktör çekim yapılan günde havanın bulutlu olmamasıdır. Bulut görüntü kalitesini ve verinin güvenilirliğini azaltmaktadır. Bu gerekçelere dayanarak çalışmamızda 31.07.2015 tarihinde Greenwich'e göre 08.26 da Türkiye yerel saat ile 11.26 da geçen Landsat 8 OLI uydu görüntüsü kullanılmıştır.

Yüzey sıcaklık analizi

Çalışmada Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) uydu görüntüsünün termal bantları kullanılarak yüzey sıcaklık modelleri üretilmiştir. Sıcaklık modeli üretimi için Landsat 8 görüntülerinin 10. Bandı (TIRS sensörü) kullanılmıştır. Çalışma için 2015 yılı temmuz ayı

görüntüleri incelenmiştir. 15 Temmuz 2015 tarihli uydu görüntüleri bulutluluk nedeniyle kullanıma uygun olmamaktadır. Bu nedenle 31 Temmuz 2015 tarihli uydu görüntüleri kullanılmıştır.



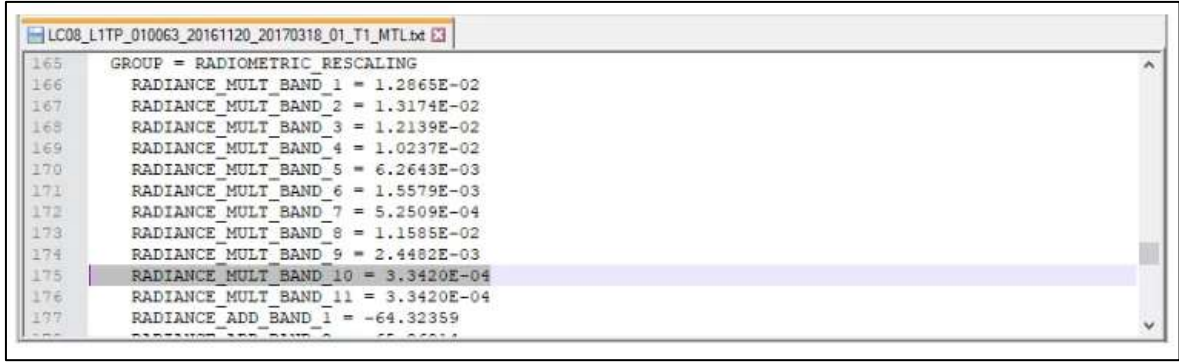
Şekil 3.1. 31.07.2015 tarihli, Ankara kentini kapsayan Landsat 8 uydu görüntüsü (USGS, 2018)

Landsat 8 uydu görüntüleri toplam 12 banttan oluşmaktadır. 10. Ve 11. Bantlar termal bantlar olarak tanımlanmaktadır. Yüzey sıcaklığı Landsat 8 in bu termal bantları kullanılarak tahmin edilebilir. Bu hesaplama GIS üzerinden bir dizi denklemin uygulanmasını gerektirir. Çalışmada ArcGis programı kullanılarak “raster image calculator” üzerinde formüller uygulanarak yüzey sıcaklık haritası oluşturulmuştur.

İlk adım olarak Birleşmiş Milletler Jeoloji Araştırmaları Kurumu’nun landsat uydu görüntülerini dünyaya servis ettiği www.usgs.gov internet adresinden Landsat 8 uydu görüntüleri 31 Temmuz 2015 tarihi için temin edilmiştir. Aşağıda açıklanan algoritmaların uygulanması sonucu yüzey sıcaklık haritası oluşturulmuştur.

1. Bantlardaki yansıma değeri spektral radyans değerine çevrilmesi.

$$SR = M L * YD + AL \quad (3.1)$$



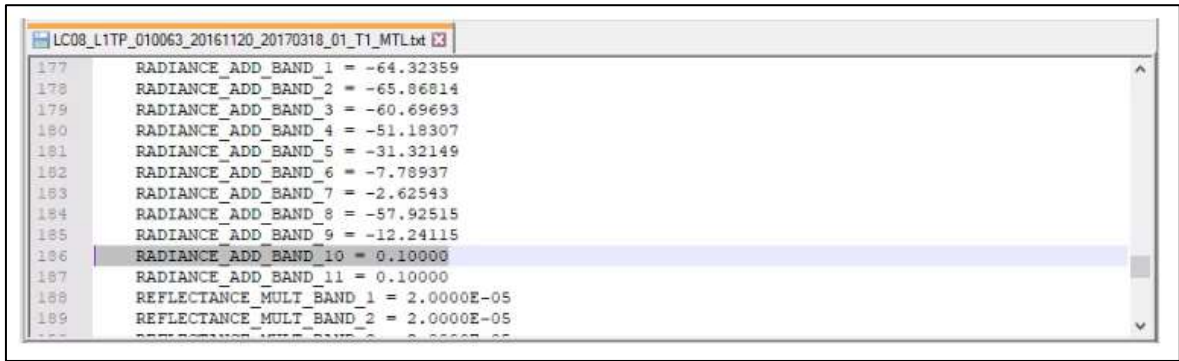
LC08_L1TP_010063_20161120_20170318_01_T1_MTL.txt

165	GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
166	RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2865E-02
167	RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.3174E-02
168	RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.2139E-02
169	RADIANCE_MULT_BAND_4 = 1.0237E-02
170	RADIANCE_MULT_BAND_5 = 6.2643E-03
171	RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.5579E-03
172	RADIANCE_MULT_BAND_7 = 5.2509E-04
173	RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.1585E-02
174	RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.4482E-03
175	RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
176	RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04
177	RADIANCE_ADD_BAND_1 = -64.32359

Şekil 3.2. 10 numaralı termal bant için kullanılan radiance multi bant değeri (GİS, 2018).

Eş. (3.1) deki M L değeri Landsat 8 in meta verilerinde bulunan Radiance_Mult_Band değeridir. Termal harita oluşturmak için 10 numaralı termal bant için olan (Radiance_Mult_Band_10) 0,0003342 değeri kullanılmıştır.

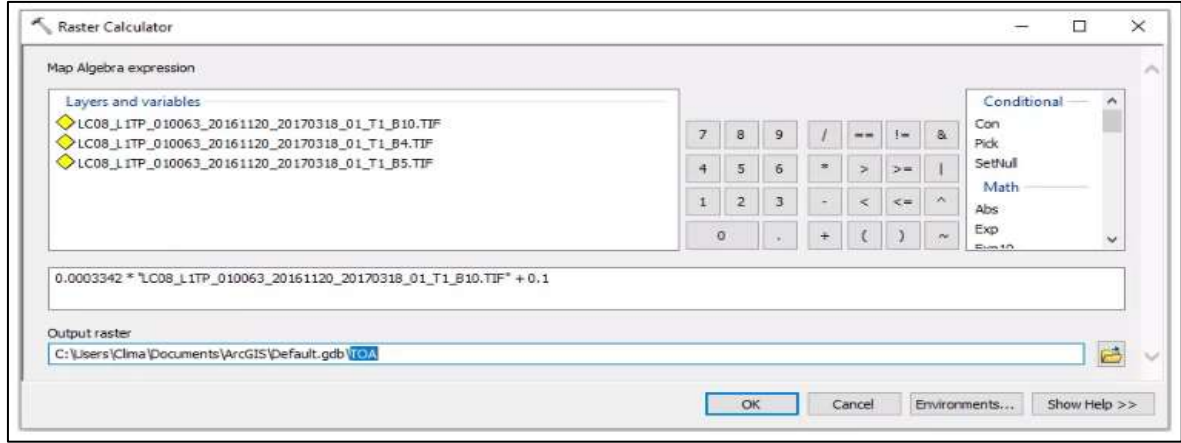
Eş. (3.1) AL değeri Landsat 8 in meta verilerinde bulunan Radiance_Add_Band değeridir. Termal harita oluşturmak için 10 numaralı termal bant için olan (Radiance_Add_Band_10) 0,1 değeri kullanılmıştır.



LC08_L1TP_010063_20161120_20170318_01_T1_MTL.txt

177	RADIANCE_ADD_BAND_1 = -64.32359
178	RADIANCE_ADD_BAND_2 = -65.86814
179	RADIANCE_ADD_BAND_3 = -60.69693
180	RADIANCE_ADD_BAND_4 = -51.18307
181	RADIANCE_ADD_BAND_5 = -31.32149
182	RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.78937
183	RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.62543
184	RADIANCE_ADD_BAND_8 = -57.92515
185	RADIANCE_ADD_BAND_9 = -12.24115
186	RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000
187	RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.10000
188	REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
189	REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05

Şekil 3.3. 10 numaralı termal bant için kullanılan radiance add bant değeri (GİS, 2018).

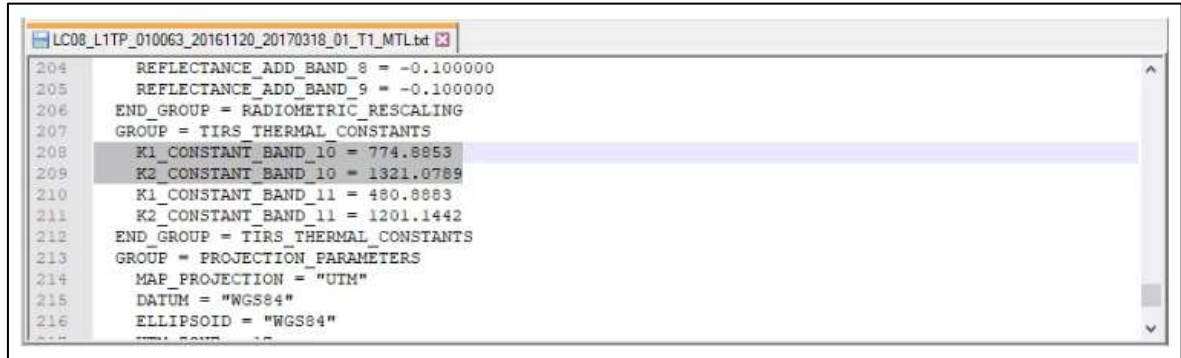


Şekil 3.4. Arc Gis programı raster hesaplayıcısı (GİS, 2018).

Raster hesaplayıcı üzerinden denklemler oluşturularak birinci aşama tamamlanmıştır.

Yansıma değerinin yayılan enerjiye çevrilmesi

$$TK = (K2 / (\ln (K1 / SR) + 1)) \quad (3.2)$$



Şekil 3.5. 10 numaralı termal bant için kullanılan K1-K2 Constant band değeri (GİS, 2018).

Eş. (3.2) K1 ve K2 değerleri Landsat 8 in meta verilerinde bulunan K1_Constant_Band ve K2_Constant_Band değerleridir. Termal harita oluşturmak için 10 numaralı termal bantın metaverisi olan (K1_Constant_Band_10 ve K2_Constant_Band_10) 774,89 ve 1321,08 değerleri kullanılmıştır.

Eş. 3.3 ile elde edilen kelvin enerji yayılma değeri selsiyus ölçeğine çevrilmesi.

$$TC = T K - 273,15 \quad (3.3)$$

Eşitliklerde SR: Spektral radyans değerini, ML: katsayıyı, AL: katsayıyı, YD: yansıma değerini, K1: Katsayıyı, K2: Katsayıyı, TK: kelvin değerini, Tc: selsiyus sıcaklık değerini ifade etmektedir. (Şensoy, Shahin, Yılmaz, Türkoğlu, Çiçek, Darende, Yazıcı, 2017), (GİS, 2018).

Belirtilen eşitlikler ile elde edilen sıcaklık değerleri Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi indisi ile optimize edilebilir. NDVI (normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi- Normalized Difference Vegetation Index) bitki örtüsünün bulunduğu alanın belirlenmesi amacı ile kullanılır. Bu durum üç numaralı eşitlik sonucu elde ettiğimiz verilerinde doğrulanmasını sağlamaktadır. NDVI indisi bitki örtüsüne denk gelen alanlarda +1'e doğru yaklaşırken bitki örtüsünden yoksun alanlarda -1'e doğru bir ilerleme göstermektedir. (Yılmaz, 2015), (Darende, 2018 sözlü görüşme)

$$NDVI = \text{Yakın Kızılötesi} - \text{Kırmızı} / \text{Yakın Kızılötesi} + \text{Kırmızı} \quad (3.4)$$

Eş. 3.4 ile NDVI indisi bulunduğundan sonra r ile ifade edilen korelasyon katsayısı bulunması.

$$r = (NDVI - NDVI_{min}) / (\sqrt{NDVI_{maks} - NDVI_{min}}) \quad (3.5)$$

Korelasyon analizi iki değişken arasındaki ilişkinin yönünün, derecesinin ve bu ilişkinin anlam taşıyıp taşımadığı konusunda kullanılmaktadır. Değer +1 e yaklaştıkça iki değişkenin doğru orantılı artmasını, - 1 e yaklaşması iki değişkenin ters orantılı olarak değiştiğini, 0'a yaklaşması iki değişken arasındaki ilişkinin anlama ifade etmediğini göstermektedir. (Yılmaz, 2015), (Darende, 2018 sözlü görüşme)

Elde edilen r katsayısının Eş. 3.6 kullanılarak emisyon değeri elde edilmesi.

$$\varepsilon = 0,004 * r + 0,986 \quad (3.6)$$

Yüzey sıcaklığı haritasını oluşturmak için, son olarak yüzey sıcaklığı denklemini uygulanması ve sonuç haritası elde edilmesi.

$$YYS = (Tc / (1 + (0,00115 * Tc / 1,4388) * \ln(\varepsilon))) \quad (3.7)$$

Belirtilen denklemler sonucunda Eş. (3.7) yüzey ısı adası haritası oluşturulmuştur.

II.Aşama: Yerel iklim bölgelerinin belirlenmesi

Araştırmanın bu aşamasında yine Arc Gıs 10.2 yazılımı kullanılmıştır. Çalışmanın aşamaları:

Hali hazır harita temini

Yerel iklim bölgelerinin belirlenmesinde temel veri binalar ve binaların kapladığı alanlardır. Çalışmanın bu aşamasında öncelikle Altındağ Belediyesinden halihazır haritalar temin edilmiştir. Halihazır haritalar üzerinden arazi çalışması yapılmıştır.

Yerel iklim bölgesi haritasının oluşturulması

Temin edilen veriler Netcad programı ile hazırlanmıştır. Bu nedenle öncelikle verilerin Arc Gıs programında kullanımına uygun dosya formatına (.mxd) dönüşümleri sağlanmıştır.

Yerel iklim bölgesi haritası için Stewart ve Oke tarafından yerel iklim bölgesi sınıflandırma sistemi için belirlenmiş temel analizler olan bina yükseklik analizi, bina yüzey alanı analizi, geçirimli-geçirimsiz yüzey analizi, gökyüzü görüş faktörü, ısı akısı, albedo analizleri doğrultusunda hava fotoğraflarından yararlanılarak yerel iklim bölgesi haritası yapılmıştır. Çalışmada Seviye 1 düzeyi çalışılmıştır.

Çalışma kapsamında ayrıca doğal ve yapılı çevrenin yüzey sıcaklığı ile ilişkisi irdelendiğinden, topografya analizi, bakı analizi, NDVI analizi yapılmıştır.

III.Aşama: İstatistiksel analizler

Çalışmanın üçüncü aşamasında uydu görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklık verileri ile yapılı çevreye ilişkin veriler arasındaki ilişki istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bu analiz için aşağıdaki istatistiksel test yöntemleri kullanılmıştır.

Kologorov Smirnov testi

Kologorov Smirnov testi bir değişkenin bir gruptaki belirli bir dağılımı takip edip etmediğini test etmek için kullanılan istatistiksel analiz yöntemidir. (SPSS Tutorials, 2020)

Formülü;

$$D_n = \max\{\max|F_0(X_i) - S_n X_i|, \max|F_0(X_i) - S_n X_{i-1}|\}$$

şeklindedir (Ankara Üniversitesi, 2020).

Kruskal Wallis testi

Kruskal Wallis Testi 3 ya da daha fazla grubun/örneklemin aynı evrenden gelip gelmediklerinin tespitinde kullanılan istatistiksel analiz yöntemidir.

Kruskal-Wallis testinin 2 varsayımı bulunmaktadır.

1. İncelenen değişkenin altında sürekli bir dağılım yatmaktadır.
2. İncelenen değişken en azından sıralama ölçeği düzeyinde ölçülmüştür.

Kruskal-Wallis testinde Kruskal-Wallis değeri;

$$KW = \left[\frac{12}{N(N+1)} \sum nR^2 \right] - 3(N+1)$$

formülü ile hesaplanmaktadır (Akyıldız, 2009).

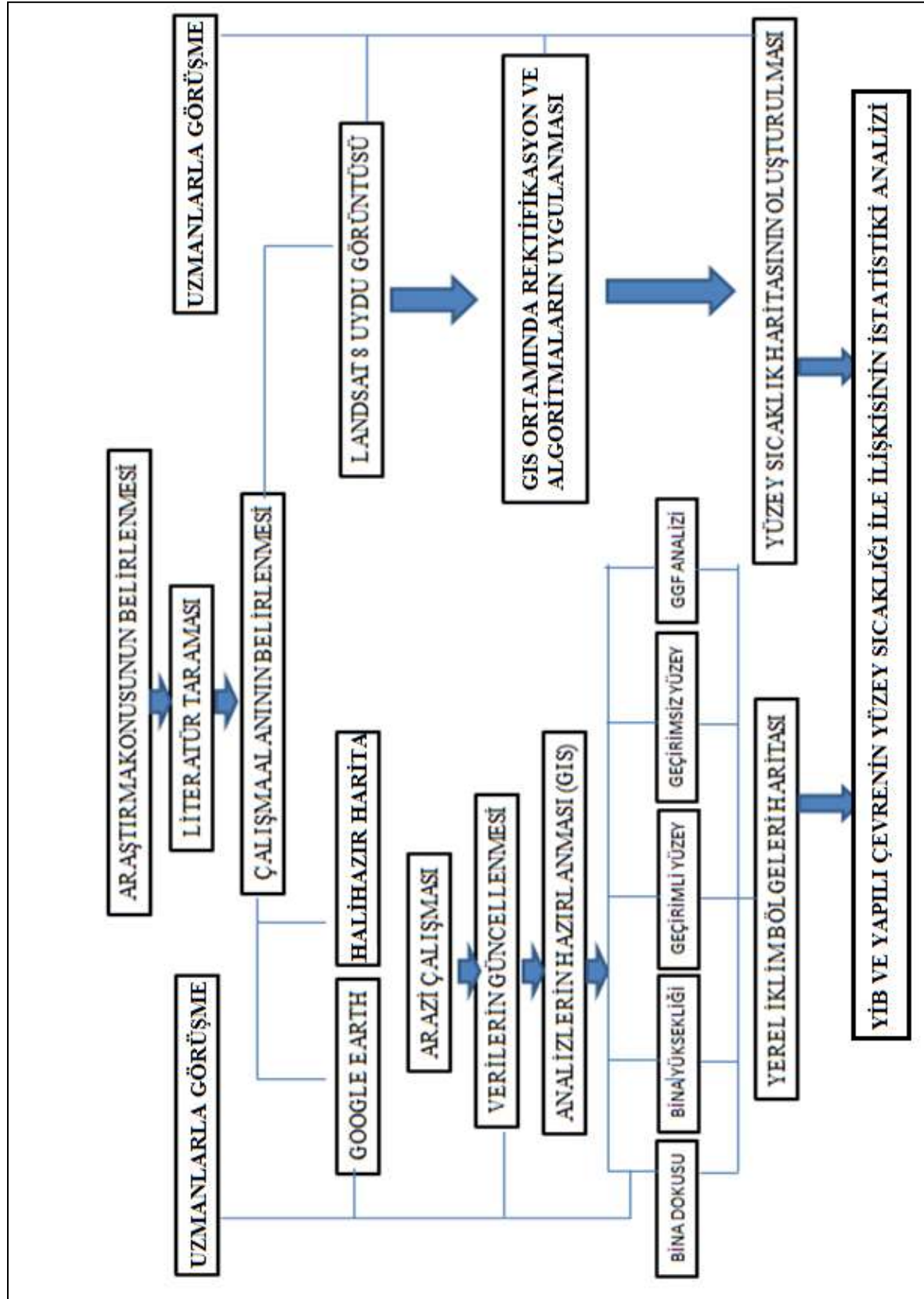
Bu denklemde N: Gruplardaki toplam kişi/gözlem sayısını, $\bar{R}$: Grup sıra ortalamasını, n: herbir gruptaki kişi sayısını ifade etmektedir.

Tamhane testi

Varyans analizi yapılırken ilk aşama, verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığını tespit etmektir. Bağımlı değişkenin değerleri gruplara göre normal dağılıyorsa, parametrik testler uygulanabilir. Verilerin normal dağılıma uygunluğu tespit edildikten sonra eğer tek yönlü varyans analizi uygulanması durumunda grupların varyansları heterojen olduğunda kullanılabilen çoklu karşılaştırma testidir (Dunder, 2012)

Spearman korelasyon katsayısı

Spearman korelasyon katsayısı (r) sürekli değişkenlerin normal dağılıma uymadığı durumlarda Pearson yerine kullanılmaktadır. İki sıralı veya bir sıralı bir sürekli değiken arasındaki doğrusal ilişkiyi ifade eder. Değişkenler oransal ya da aralıklı ölçek ile elde edilmiş ancak normal dağılıma uygunluk göstermiyorsa Spearman korelasyonu kullanılır (Maristatistik, 2020).



Şekil 3.6. Çalışma akış şeması

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Çalışma Alanının Genel Tanıtımı

4.1.1. Konumu

Çalışma alanı olan Ankara kenti, İç Anadolu bölgesinin, Yukarı Sakarya bölümünde, 38° 33' ve 40° 47' kuzey enlemleri 30° 52' ve 34° 06' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Ankara kentine bağlı 25 ilçe bulunmaktadır (2038 Çevre düzeni plan raporu).

YİB sınıflandırma sisteminin uygulama alanı ise Altındağ ilçesi sınırları içerisinde kalan Altınpark, Aydınlıkevler, Ziraat, Örnek, Plevne, Gültepe, Aktaş, Atıfbey, Yıldırım Beyazıt, Hacı Bayram, Kale, Anafartalar mahalleleri olmak üzere on iki mahalleyi kapsamaktadır. (Şekil 4.1)

Çalışma alanı içinde üç adet büyük açık-yeşil alan bulunmaktadır. Çalışma alanı kuzeyinde bulunan Altınpark 64 hektar büyüklüğündedir. Eski golf sahasının park alanına dönüştürülmesi ile kentin açık yeşil alan sistemine eklenmiştir.

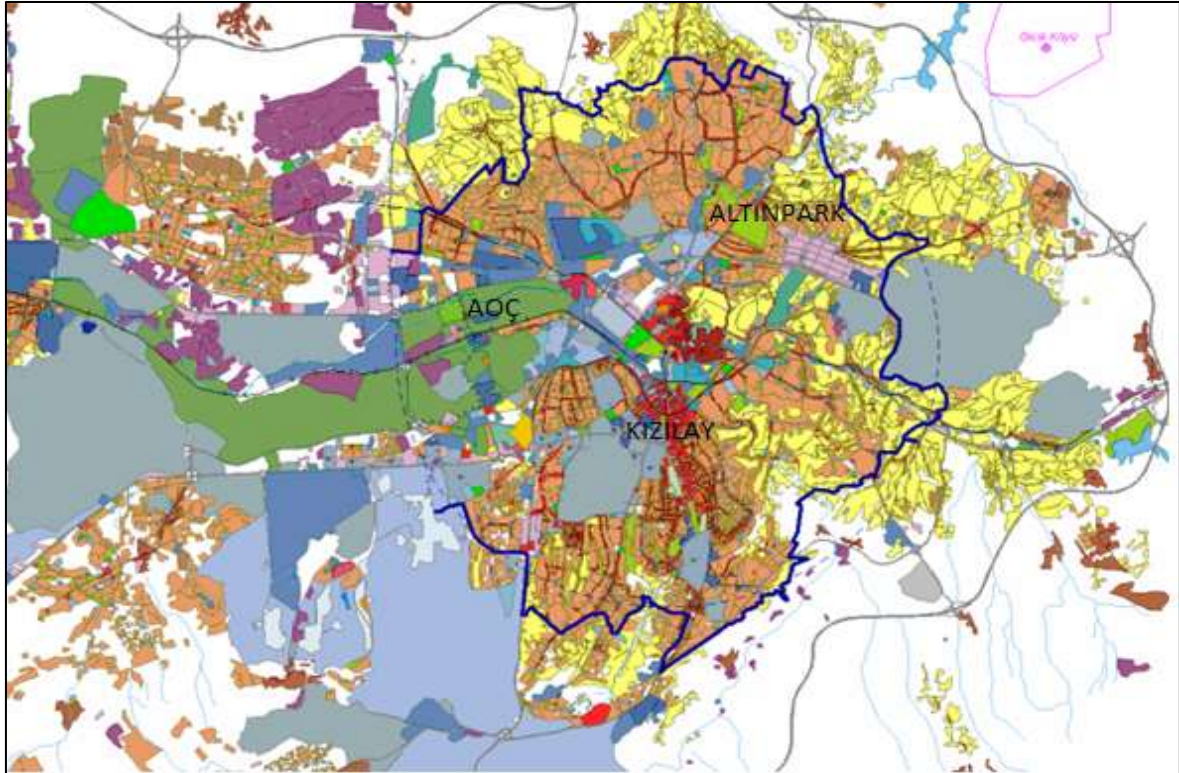
Güneyde bulunan Gençlik parkı, Jansen Planına göre uygulanan ve Ankara'nın en eski kentsel parkı olma özelliğine sahiptir. 27 hektar büyüklüğündedir. (2023 Başkent Ankara Nazım İmar Planı Açıklama Raporu)

Alanın doğusunda bulunan Cebeci Asri Mezarlığı yeşil alan açısından büyük bir alandır.

4.1.3. Kentleşme süreci

Cumhuriyetin ilanı ile başkentlik görevi üstlenmiş Ankara kentinin ulus devlet oluşumunun temeli olan sosyal ve mekânsal boyutundan kaynaklı özel bir konumu bulunmaktadır. Bu özel durumu nedeniyle Ankara'nın sosyal ve mekânsal yapısında değişiklikler yaşanmış kent hızlı bir büyüme sürecine girmiştir. 1923 yılında yaklaşık otuz bin kişinin yaşadığı bir Anadolu kenti iken; 1927 yılında yetmiş dört bin, 1960 yılında altı yüz elli bin, 1990 yılında iki buçuk milyon, 2000 yılında üç buçuk milyon, 2007 yılı nüfus sayımlarında 4 140 890 ve günümüzde beş milyonu aşan nüfusu ile Türkiye'nin ikinci büyük kenti olmuştur (Çiçek, 2005).

Ankara şehri, Ankara çayı ve kollarının oluşturduğu Ankara ovası üzerine kurulmuştur. 850-900 metre yükseltiye sahip Ankara Ovası doğu, kuzey ve güney yönlerinden kapalı, batıya açıktır. İlk kurulduğu yıllarda kale bölgesine konumlanan şehir daha sonra ova tabanı boyunca yayılma eğilimi göstermiştir. 1950'li yıllardaki hızlı nüfus artışı ile yamaçlara doğru da yerleşmeler başlamış ve gecekondu özellikle bu bölgelerde konumlanmışlardır.



Şekil 4.2. Ankara Kentinin içinde bulunduğu jeomorfolojik çanak sınırı (2023 Başkent Ankara Nazım İmar Planı Açıklama Raporu)

1950 li yıllarda öngörülerin üzerinde bir eğilimle artan nüfus özellikle kuzeyde Altındağ, Dışkapı, Dört Yol, Hıdırlıktepe, diğer yandan Etlik çevresine yönelmiştir.

Çalışma alanı olan Altınpark, Aydınlikevler, Ziraat, Örnek, Plevne, Gültepe, Aktaş, Atıfbey, Yıldırım Beyazıt, Hacı Bayram, Kale, Anafartalar mahallelerinin hızlı yapılaşmasındaki temeller bu yıllarda başlamaktadır.

Kentsel dönüşüm sürecinde Gültepe ve Aktaş mahallelerinde bulunan gecekonduların büyük bölümü yıkılmış yerine TOKİ tarafından toplu konut projeleri inşa edilmiştir. Hacı Bayram mahallesinde bulunan eski yapılar için restorasyon işlemi yapılmıştır. Örnek mahallesinin kentsel dönüşüm kapsamında planları hazırlanmıştır.

4.2. Yerel İklim Bölgelerinin ve Çalışma Alanının Doğal ve Yapılı Çevre Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez çalışması kapsamında Ankara kentinde, ısı adası etkisinin ortaya konulmasında önceki çalışmalardan farklı olarak yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sistemi kullanılmıştır.

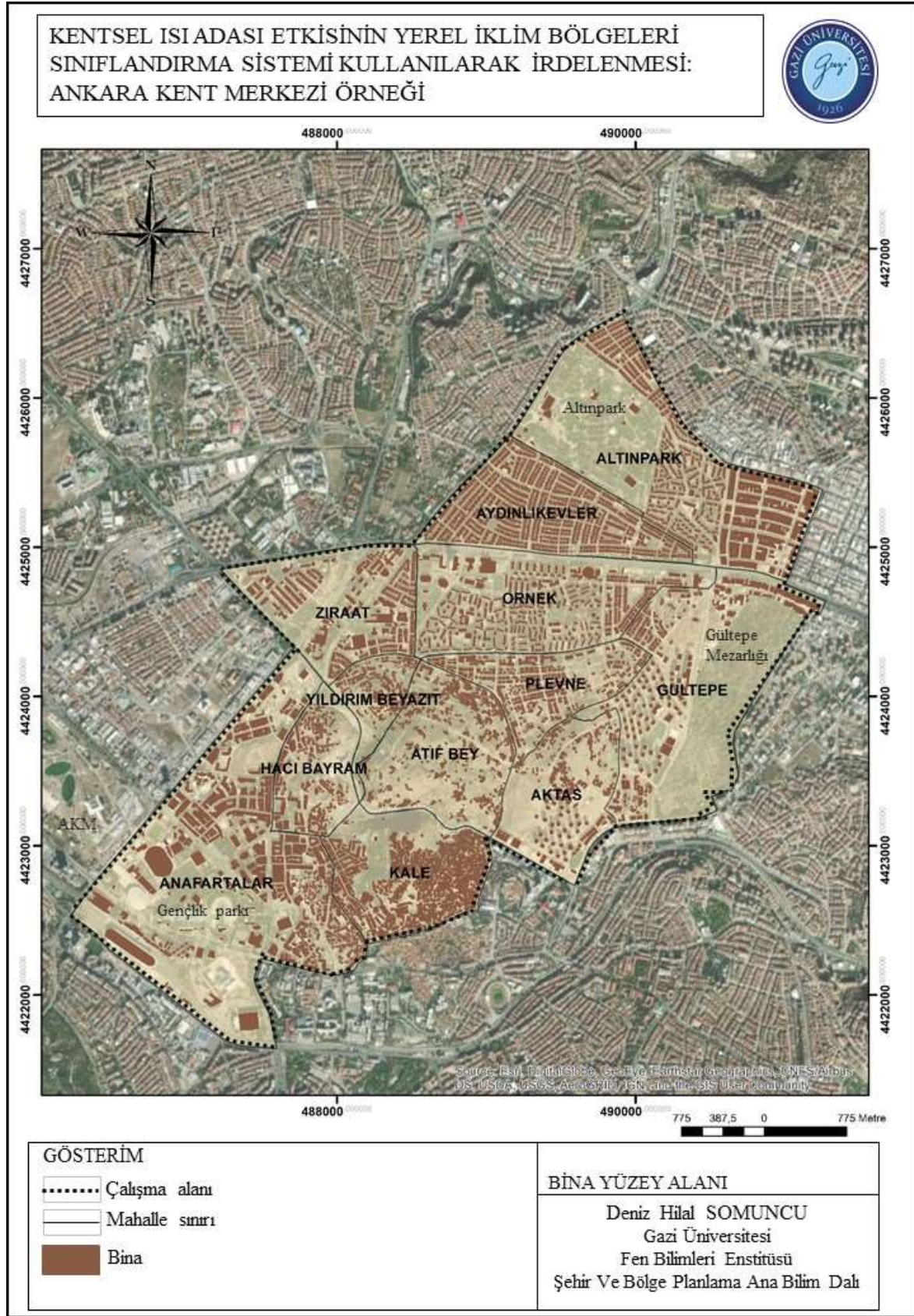
Çalışma alanı için öncelikle yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sisteminin temel analizleri olan bina yüzey alanı, bina yükseklik analizi, geçirimli yüzey fraksiyonu ve geçirimsiz yüzey fraksiyonu analizleri yapılmıştır. Bu analizler yapılırken, halihazır haritalardan, Google Earth üzerinden elde edilen hava fotoğraflarından yararlanılmıştır. Arazi çalışması sonucu analizlere altlık oluşturacak temel veriler üretilmiştir. Çalışma kapsamında ayrıca, sıcaklıkla ilişki faktörler olan bakı, yükseklik, yeşil alan (NDVI) analizleri de yapılmıştır.

4.2.1. Bina yüzey alanı

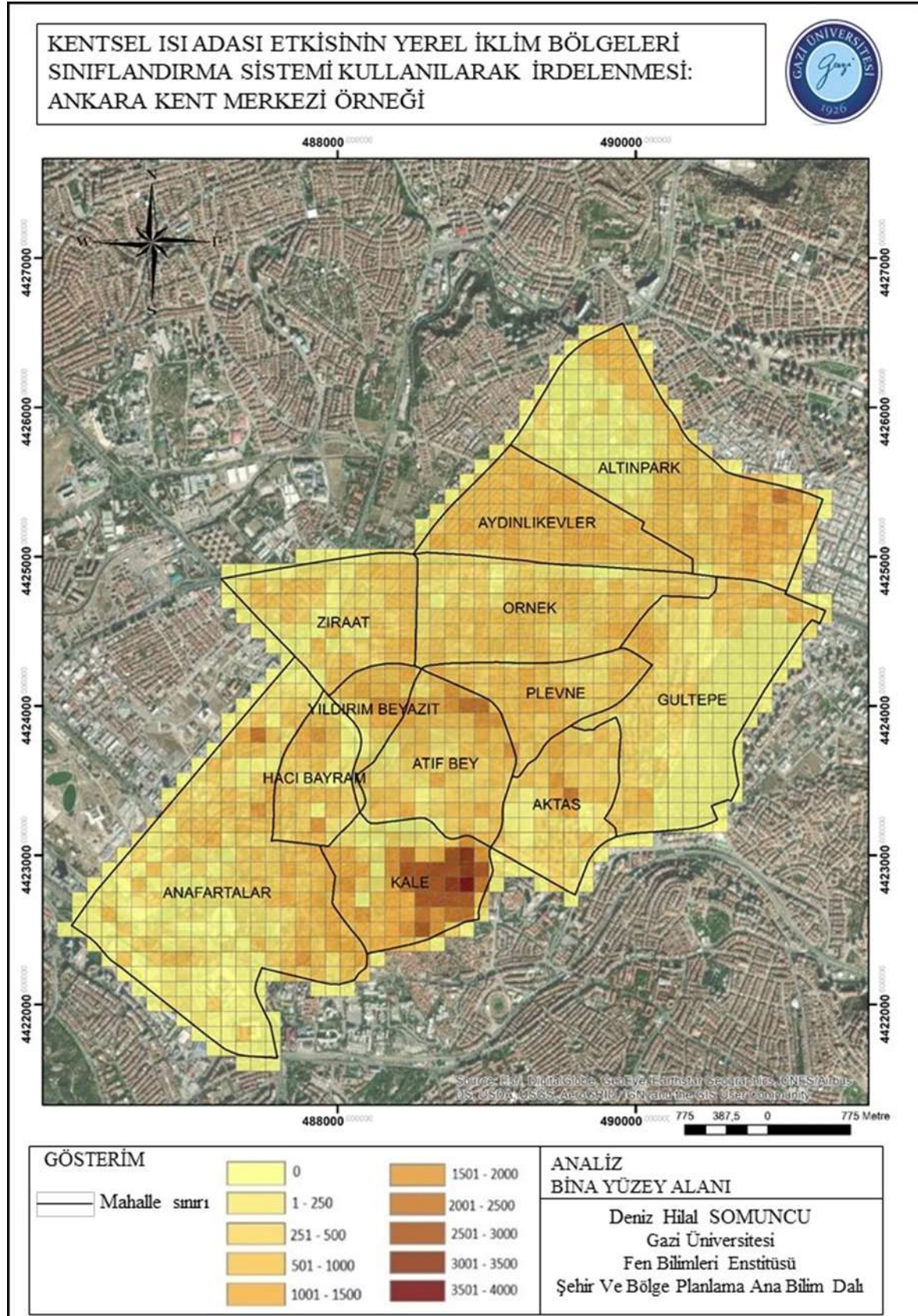
Bina yüzey alanı analizi için bina taban alanı verisi temel alınarak, binalarla kaplı olan arazinin haritası oluşturulmuştur (Harita 4.1). Bu analizin oluşturulması sırasında hali hazır haritalar üzerinden arazi çalışması yapılmıştır. Ayrıca halihazır haritalar Google Earth görüntüleri ile karşılaştırılarak, özellikle Atıfbey mahallesi, Hacıbayram mahallesi, Kale Mahallesi, Yıldırım Beyazıt Mahallesi, Aktaş Mahallesinde yıkılmış olan binalar silinmiş, yeni inşa edilmiş binalar eklenerek güncel bir veri üretilmeye çalışılmıştır. CBS ortamında her bina nokta verisine dönüştürülmüştür. Nokta verisine dönüştürülmesindeki amaç oluşturulan gridlerin içerisine bina öznitelik verilerinin entegrasyonunun sağlamaktır. Grid

tabakası ile bina tabakası CBS üzerinde birleştirilerek her bir grid içindeki bina yüzey alanı hesaplanmıştır (Harita 4.2).

Çalışma alanı içinde bina yüzey alanının en yoğun olduğu alan Kale mahallesinde, gecekondulu alanlarının bulunduğu bölgedir. Aydınlikevler mahallesinde ve Altınpark mahallesinin Siteler bölgesinde yapıların birbirine yakın konumlanmasından kaynaklı bina yüzey alanı yüksektir. Bina yüzey alanının en düşük olduğu bölge Anafartalar mahallesinde, Gençlik parkı çevresinde bulunan alçak katlı geniş yapıların bulunduğu alanlardır.



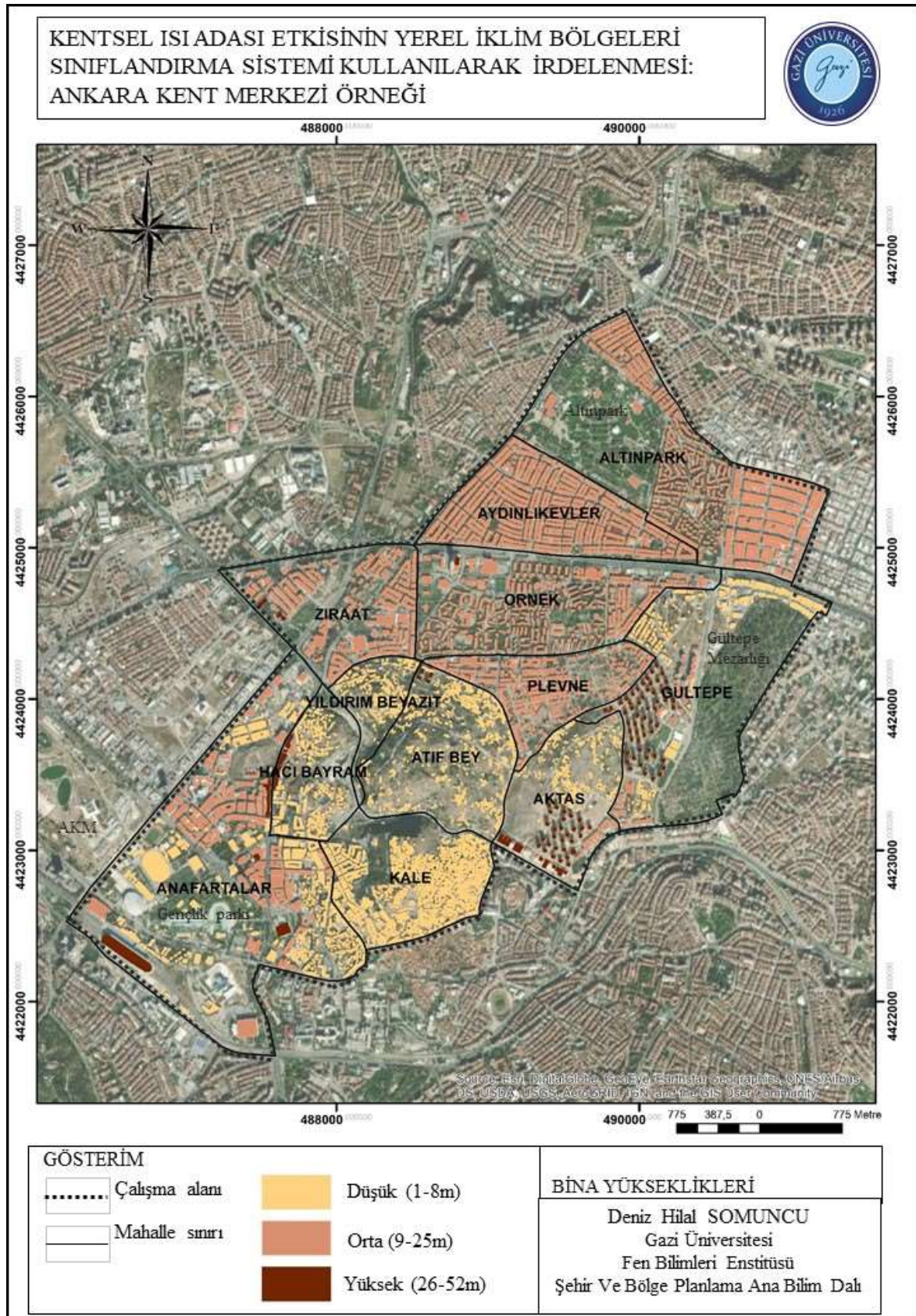
Harita 4.1. Çalışma alanındaki binalar

Harita 4.2. Bina yüzey alanı analizi (m²)

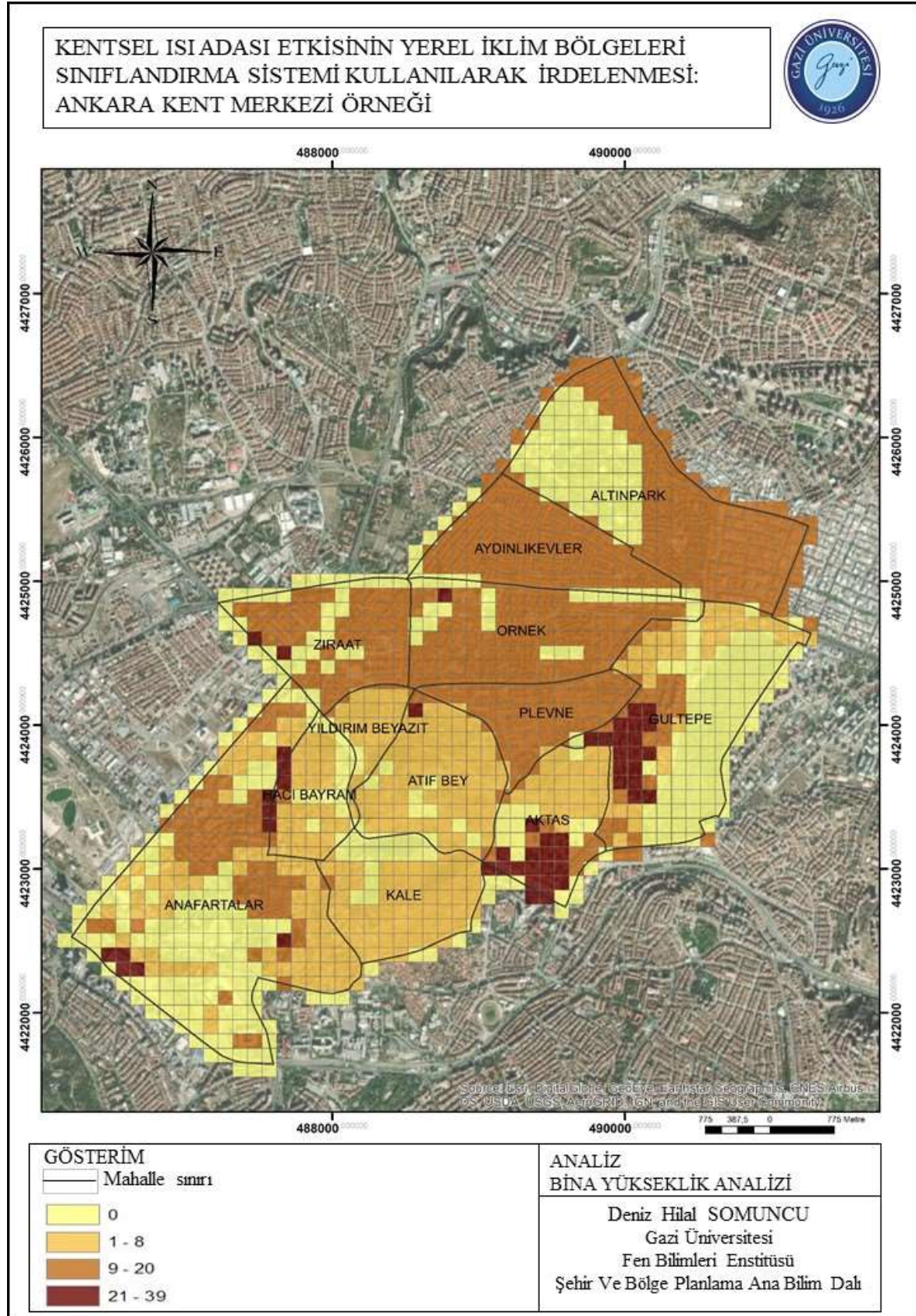
4.2.2. Bina yükseklikleri

Bina yüksekliği analizi, binaların ayak izi alanı kullanılarak oluşturulmuştur. Bina yüksekliği analizi oluşturmak için elde edilen bina ayakizi verilerine GIS (ArcGis programı kullanılarak) ortamında öznitelik bilgilerine yükseklik verileri girişı yapılarak elde edilmiştir. Bina yükseklik verilerinin kurumlardan temin edilememesi nedeniyle arazi çalışması yapılarak oluşturulmuştur (Harita 4.3). Bina yükseklik analizinde, yerel iklim bölgesi sınıflandırma sisteminde belirlenen, sekiz metreye kadar olan binalar, sekiz metre ile yirmi beş metre arasında olan binalar ve yirmi beş metrenin üzerinde yüksekliğe sahip binalar olmak üzere üç yükseklik kademesi üzerinden sınıflandırma yapılmıştır.

Çalışma alanında; Yıldırım Beyazıt mahallesi, Atıf Bey mahallesi, Hacı Bayram Mahallesi ve Kale mahallesi 1-2 katlı yapıların yoğun olduğu bölgelerdir. Bina yüksekliği en düşük bu mahallelerdedir ve 0 ile 8 metre arasında değişmektedir. Altınpark mahallesi, Aydınlıkevler Mahallesi, Örnek Mahallesi, Ziraat Mahallesi, 9 ile 25 metre arasında değişen orta yüksekliğe sahiptir. Gültepe ve Aktaş mahalleleri, Toki bloklarının bulunduğu alanlar 26 ile 40 metre arasında değişen yükseklikteki yapılar ile çalışma alanı içinde bina yüksekliği en fazla olan alanlardır (Harita 4.4).



Harita 4.3. Bina yükseklik (m) analizi

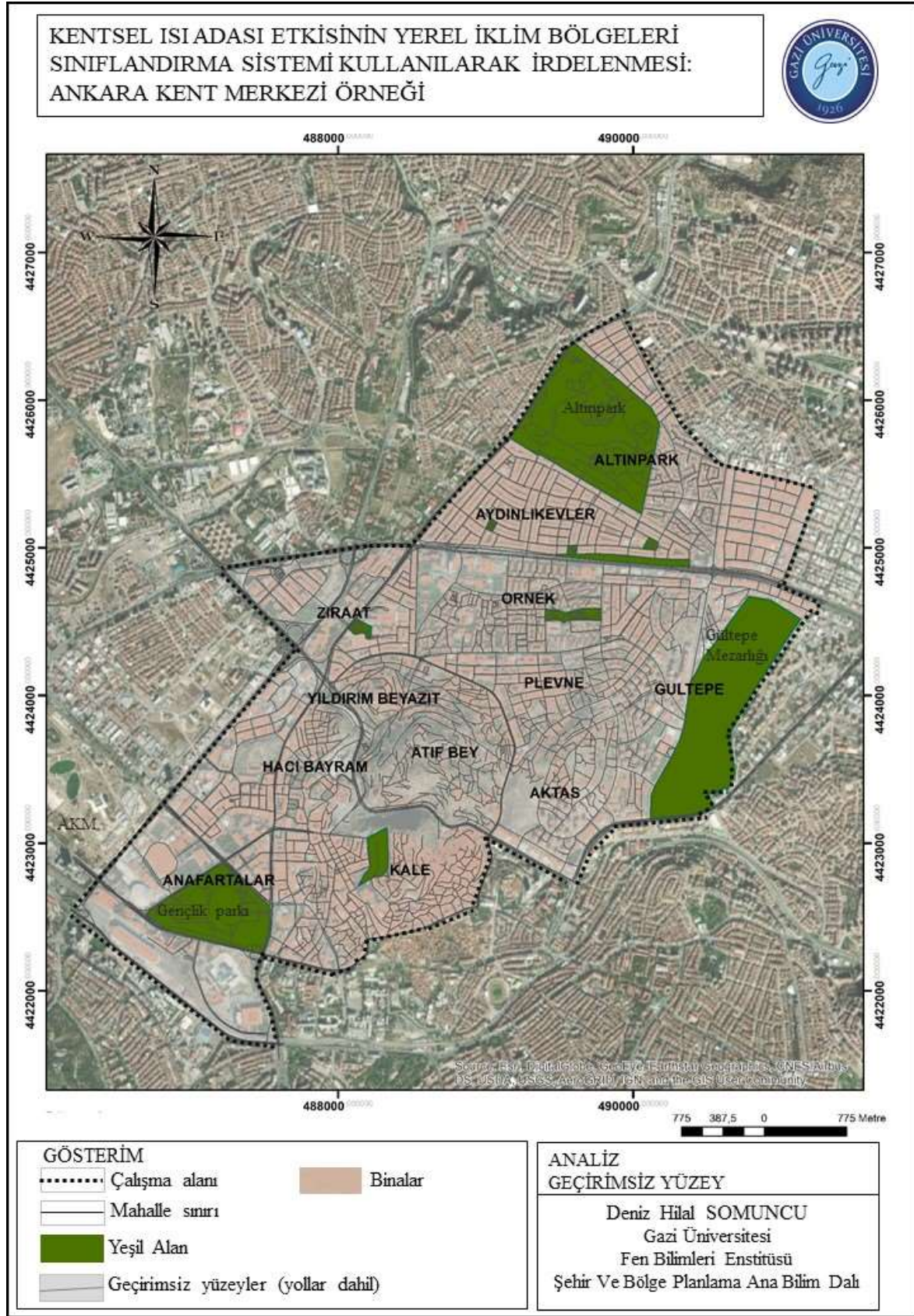


Harita 4.4. Bina yükseklik analizi (m)

4.2.3. Geçirimsiz yüzeyler

Yerel iklim bölgesi sınıflandırma sistemine göre yapılan çalışmalarda geçirimsiz yüzeyler binaların kapladığı alanın dışında kalan sert zeminler (asfalt, beton vs.) olarak değerlendirilmiştir.

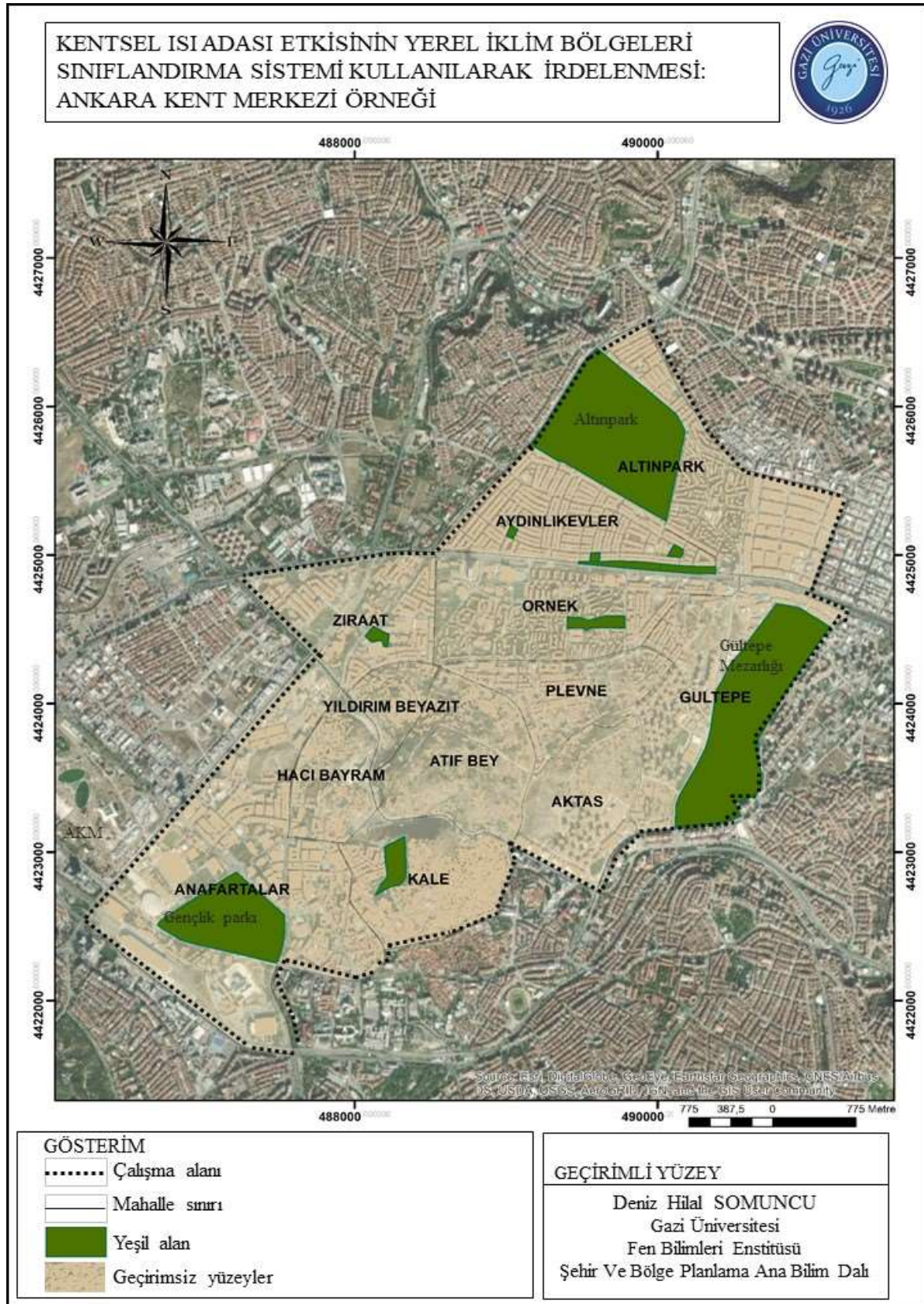
Geçirimsiz yüzey analizinde çalışma alanı içindeki yollar ve bina dışında bulunan sert zeminler gösterilmiştir. Çalışma alanı içinde en fazla geçirimsiz yüzeye sahip alan Atıf Bey mahallesinde bulunan Hıdırlık tepedir. Bu alanda gecekonduların yıkılmasından sonra geniş geçirimsiz alanlar kalmıştır. Hacı bayram mahallesi ve Kale bölgesi de dolmuş durakları ve kayalık alanların olması nedeniyle geçirimsiz yüzeylerin fazla olduğu bölgelerdir. Ayrıca Anafartalar mahallesinde yer alan adliye, spor salonu vb. yapıların bahçelerinin geniş sert zeminlere sahip olması nedeniyle bu bölgede de geçirimsiz yüzeyler fazladır (Harita 4.5).



Harita 4.5. Geçirimsiz yüzey analizi

4.2.4. Geçirimli yüzeyler

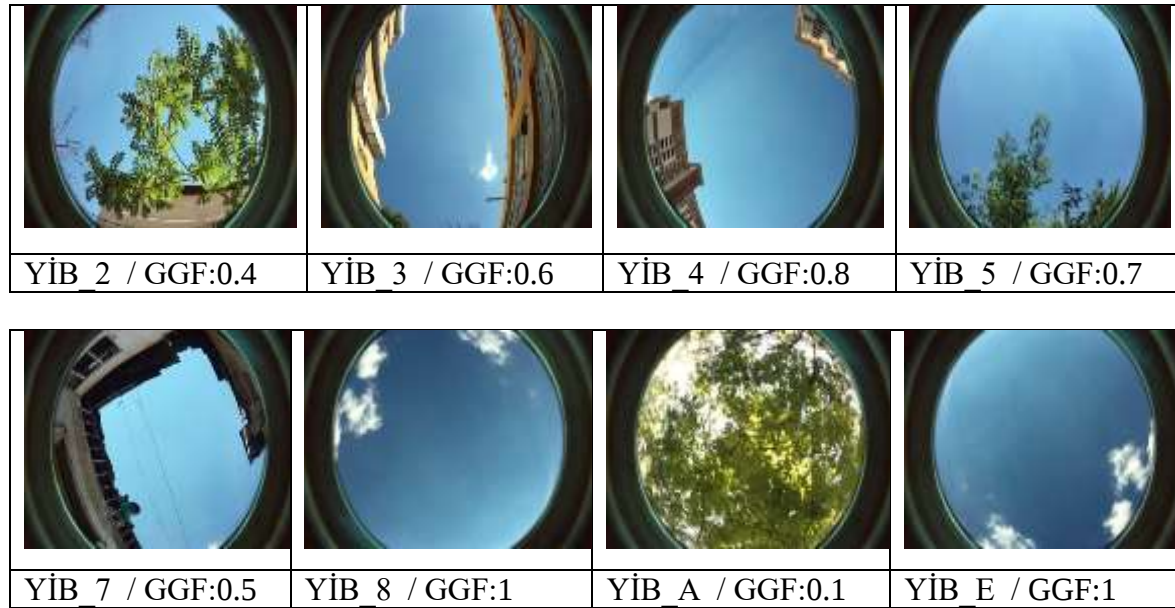
Yerel iklim bölgesi sınıflandırma sisteminde geçirimli yüzeyler, yeşil alanlar ve su yüzeyleri olarak belirlenmektedir. Çalışma alanında su yüzeyleri bulunmamaktadır. Bu nedenle yapılan analizde geçirimli yüzeyler olarak yeşil alanlar haritalandırılmıştır. Çalışma alanı içinde kuzeyde Altınpark, güneyde Gençlik parkı, doğuda Gültepe Asri Mezarlığı olmak üzere üç büyük yeşil alan bulunmaktadır. Bu üç alanın yanı sıra yedi adet mahalle ölçeğinde park bulunmaktadır (Harita 4.6).



Harita 4.6. Geçirimli yüzey analizi

4.2.5. Gökyüzü görüş faktörü

Gökyüzü görüş faktörü analizi için öncelikle saha çalışması yapılarak balıkgözü lens ile her dokunun özelliğini yansıtabilecek şekilde zeminden gökyüzüne doğru alanda fotoğraflar çekilmiştir. Fotoğraflardaki gökyüzünün görüş oranı GIS üzerinde analiz edilmiştir.



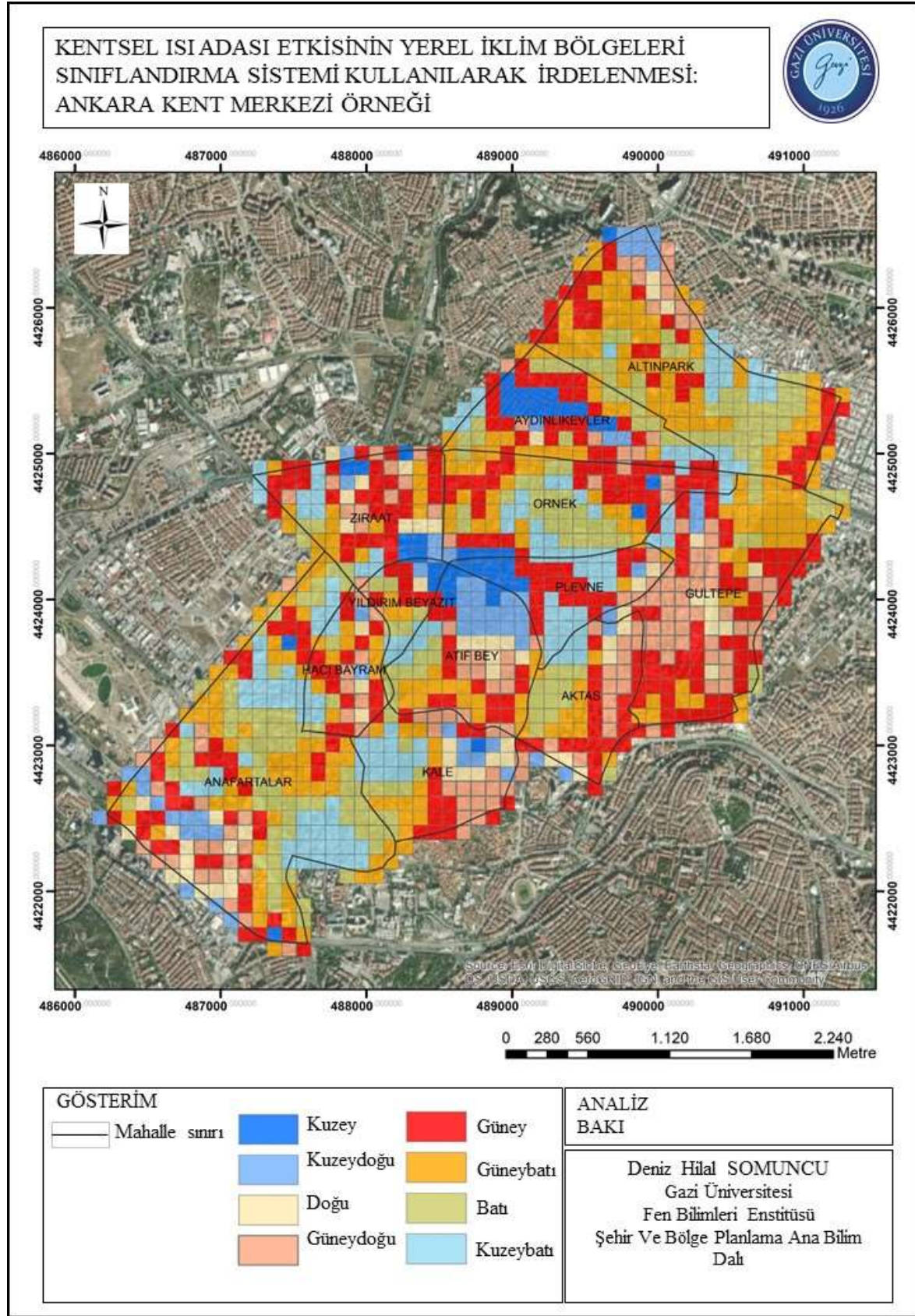
Şekil 4.3. Çalışma alanı için sekiz farklı dokudan elde edilen fotoğraflar ve GGF değerleri

YİB-8 de, binaların alçak katlı olması ve birbirine mesafeli konumlanması gökyüzü görüş faktörünün en yüksek değere sahip olmasını sağlamaktadır. YİB-E de yapı bulunmaması nedeniyle yine gökyüzü görüş faktörü en yüksek değere sahiptir. Yapıların birbirine mesafeli konumlanması YİB-4 ve YİB-5'te gökyüzü görüş faktörünün 0,8 ve 0,7 gibi yüksek değerlere sahip olmasını sağlamaktadır. YİB-3 için gökyüzü görüş faktörü değeri 0,6, YİB-7 için 0,5, YİB-2 için 0,4 olarak hesaplanmıştır. En düşük gökyüzü görüş faktörü değeri 0,1 olarak ağaçlık alanları ifade eden YİB-A dır.

4.2.6. Bakı

Yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sisteminin temel analizleri içerisinde bakı faktörü yer almamaktadır. Ancak tez çalışması kapsamında yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sisteminin analizlerine ek olarak bakı faktörünün analizi yapılmıştır. Bakı analizi Arc Gıç programı kullanılarak arazi verileri üzerinden dört ana yön (kuzey, güney, doğu, batı) ve dört ara yön olmak üzere (kuzey doğu, güney doğu, güney batı, kuzey batı) 8 yönü gösterecek

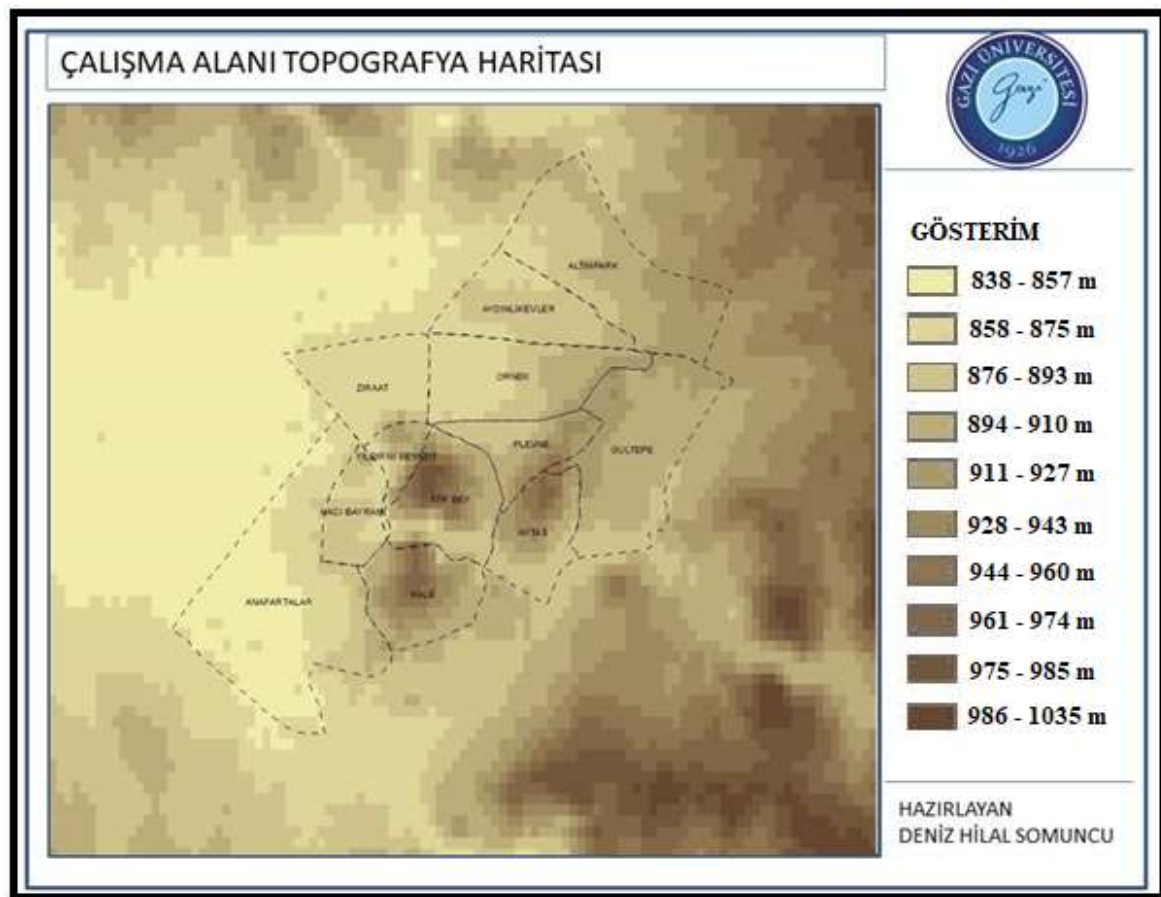
şekilde üretilmiştir. Bakı analizine göre çalışma alanı genel olarak güney, güneybatı, batı ve kuzey batı bakı yönlerine sahiptir. Kuzeye bakan bölgeler Ziraat Mahallesi ve Altınparkın güneyinde Aydınlikevler mahallesinin bir bölümünde görülmektedir. Doğu ve güneydoğuya bakan bölgeler daha çok Gültepe mahallesindedir (Harita 4.7).



Harita 4.7. Bakı analizi

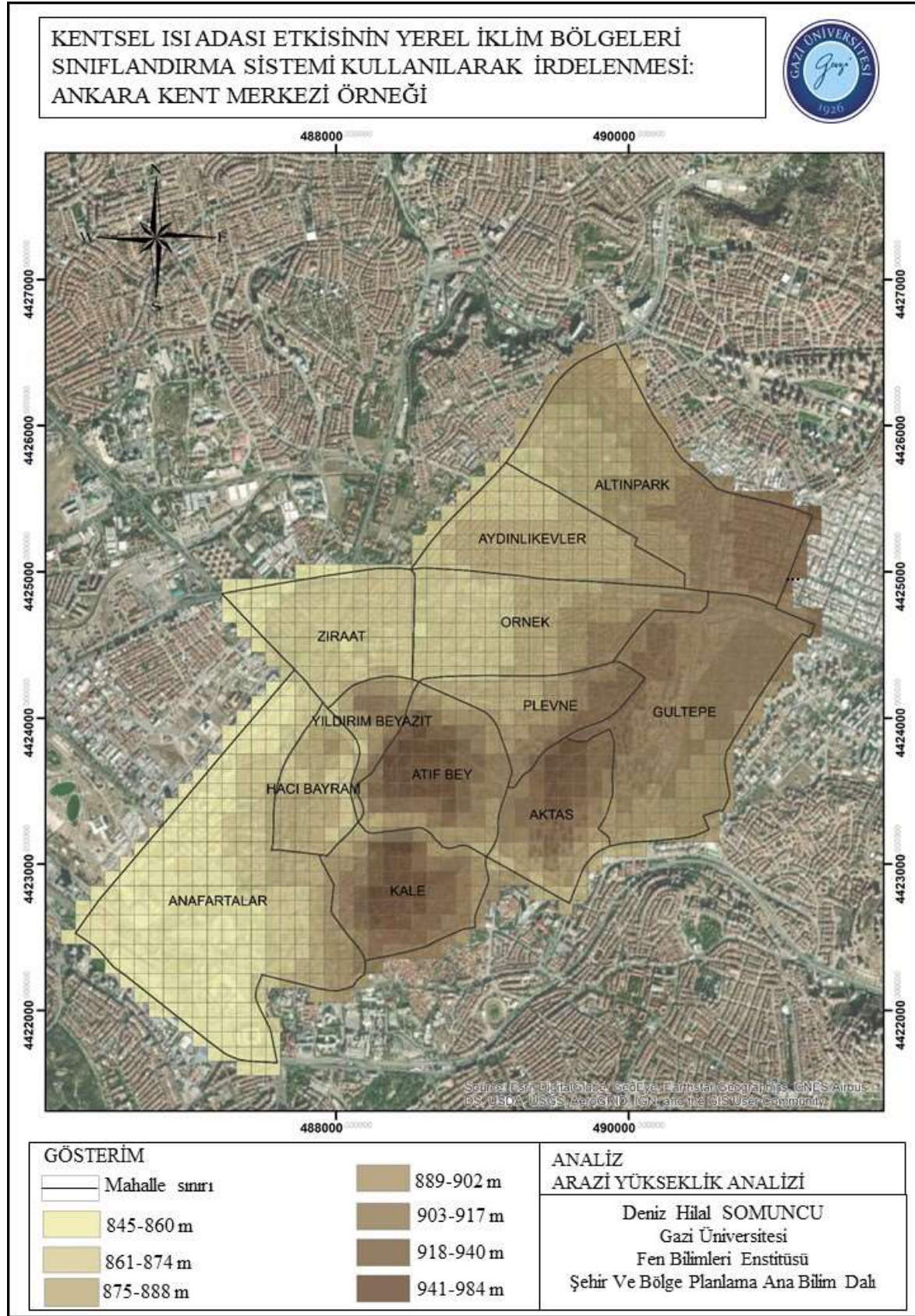
4.2.7. Yükseklik

Çalışma alanının topografyasına bakıldığında doğudan batıya doğru yükseklik artışı olduğu görülmektedir. En fazla yüksekliğe sahip alan Kale ve Aktaş mahalleleridir. Alandaki en düşük yükseklik 838 m iken en fazla yükseklik 1035 m dir (Harita 4.8).



Harita 4.8. Yükselti haritası

Yükseklik verileri diğer analiz verileri ile ilişkisini analiz edebilmek amacı ile çalışma alanı için oluşturulan gridlere entegre edilmiştir (Harita 4.9).



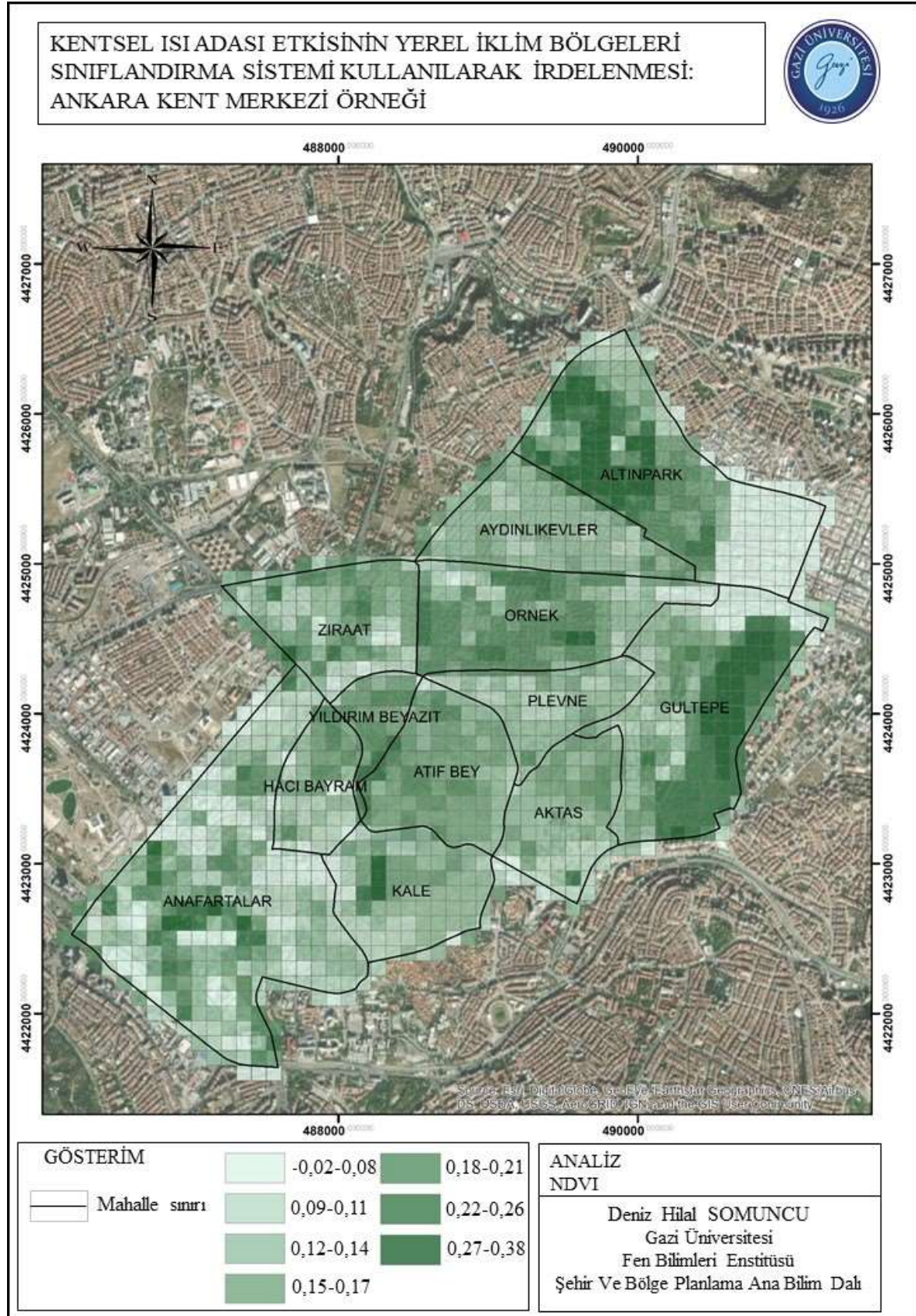
Harita 4.9. Arazi yükseklik analizi

4.2.8. NDVI

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, Normalized Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi), uzaktan algılama yöntemine dayalı olarak elde edilen, bitkinin yoğunluğunu belirten bir indekstir. Uydular aracılığıyla yeryüzüne elektromanyetik dalgalar gönderilir ve incelenen bölgelerin elektromanyetik dalgalara verdikleri yanıt sonucu değerler uydular üzerindeki alıcılar sayesinde toplanır (Bozkurt, Zontul, Aslan,2018)

Bitki örtüsünün bulunduğu alanın durumuna göre -1 ve +1 değerleri arasında değişim gösterir. NDVI, sağlıklı bitki örtüsünün varlığını gösteren +1 ile hiç bitki örtüsü olmadığını gösteren -1 arasında değişir.

Çalışma alanında yapılan ndvi analizine göre alan içinde +1'e en yakın yani bitki örtüsünün en fazla olduğu bölgeleri, büyük yeşil alanların bulunduğu Gültepe mezarlığı, Altınpark, Kale parkı, Gençlik parkı oluşturmaktadır. -1'e en yakın yani bitki örtüsünden en çok yoksun bölgeleri ise Siteler ve Ulus bölgesi oluşturmaktadır (Harita 4.10).



Harita 4.10. NDVI analizi

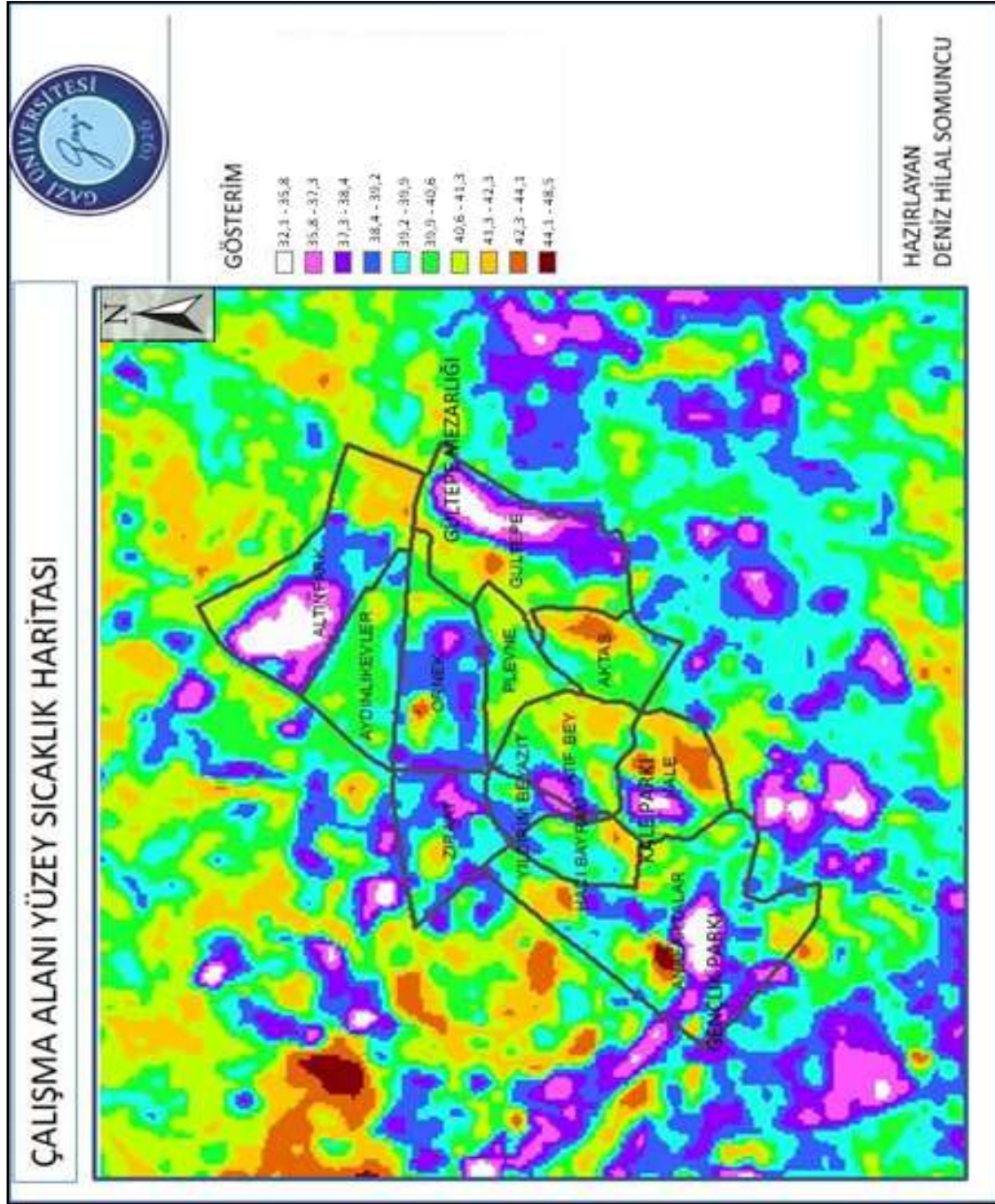
4.3. Çalışma Alanının Yüzey Sıcaklıkları

31.08.2015 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsünün 10 numaralı termal bantı kullanılarak alan için yüzey sıcaklık haritası oluşturulmuştur (Harita 4.11). En düşük sıcaklık 32,15°C, en yüksek sıcaklık 48,5°C dir. En düşük ve en yüksek sıcaklık arasında 16 °C lik bir fark bulunmaktadır.

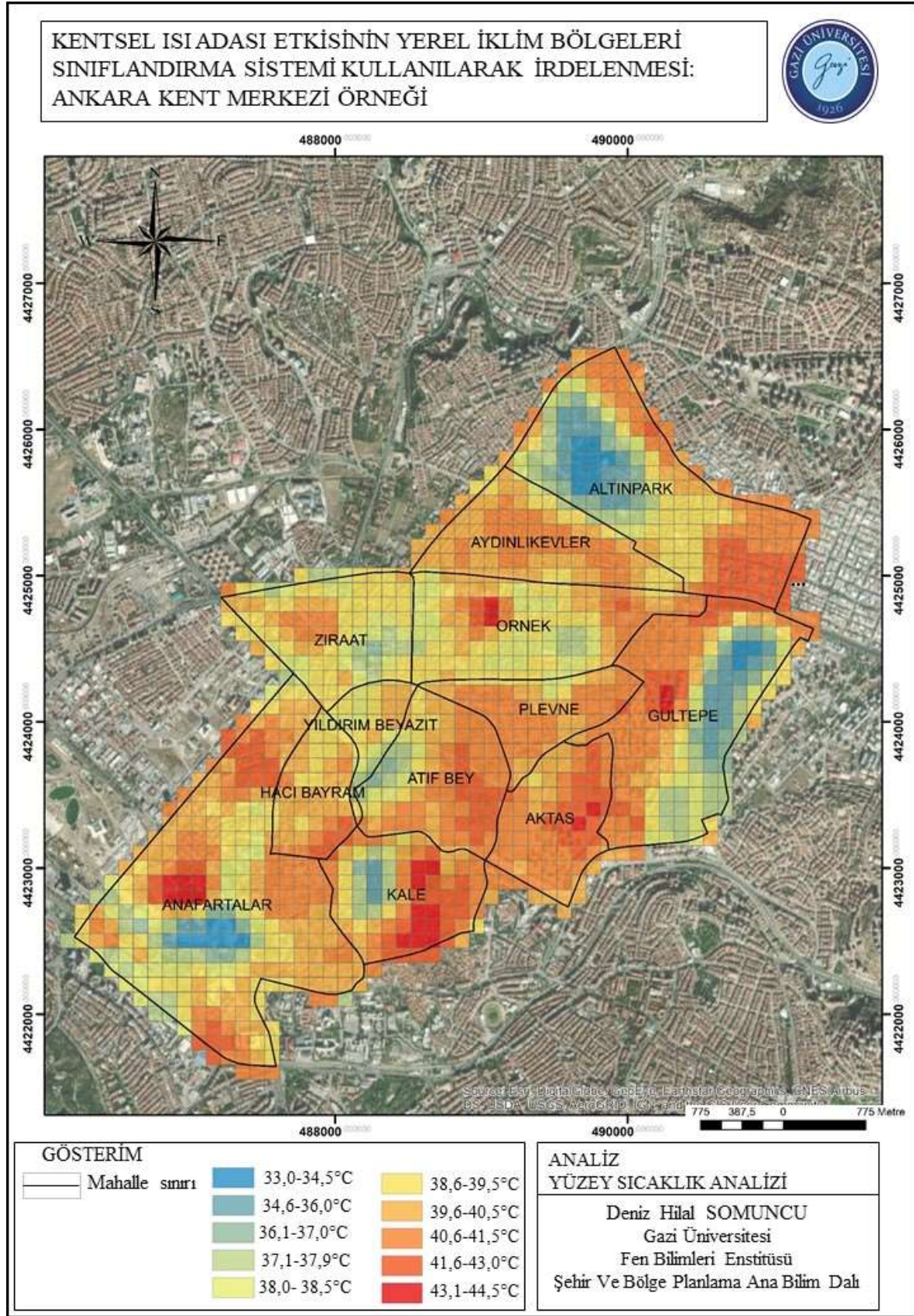
Sıcaklık verilerinin grid katmanına entegre edilmesi ile gridler üzerine dönüşümü yapılmış analiz haritası oluşturulmuştur (Harita 4.12). Alanda en soğuk bölgeler, çalışma alanının üç büyük yeşil alanı olan, kuzeyde Altınpark, doğuda Gültepe Mezarlığı, güneyde ise Gençlik Parkıdır. Altınpark'ın güneyinde bulunan Aydınlikevler mahallesinde binalar birbirlerine yakın konumlanmış, ortalama 3-4 katlı binalar bulunmaktadır. Bu bölgenin yüzey sıcaklığı 39°C -40°C aralığındadır. Altınpark'ın doğusunda kalan Altınpark mahallesine bağlı Türk-İş bloklarının bulunduğu alanda yine ortalama kat yüksekliği 3-4 kattır. Aydınlikevler mahallesinden farklı olarak bu bölgede yapılar birbirine nispeten daha uzak konumlanmıştır. Bu bölgenin yüzey sıcaklık aralığı 37-39°C aralığındadır. Yine Aydınlikevler Mahallesi ve Samsun yolu güneyinde kalan Önder mahallesinde ortalama kat yüksekliği 3-4 kattır. Binaların konumlanması Türk-iş blokları olarak adlandırılan bölge ile benzer genişliktedir. Bu bölgenin yüzey sıcaklığı da yine 37-39°C aralığındadır.

Çalışma alanında, Gültepe mezarlığının kuzeyinde bulunan, Siteler mobilyacılar bölgesinin de içinde kalan düşük katlı ancak bitişik nizam yerleşmelerin olduğu alanda yüzey sıcaklıkları, kat yüksekliklerinin düşük olmasına rağmen 40- 42°C olarak ölçülmüştür.

Kale mahallesinde, yoğun, alçak katlı yapılaşmanın bulunduğu alanların yüzey sıcaklıkları, 41°C ile 43°C arasında değişmektedir.



Harita 4.11. Yüzey sıcaklık haritası



Harita 4.12. Yüzeysel sıcaklık analizi

4.4. Çalışma Alanının Yerel İklim Bölgeleri

Çalışma alanı on iki mahalleyi kapsamaktadır ve 1145.6 ha (11 456 179 m²) büyüklüktedir. Yerel iklim bölgelerinin analiz edilmesi için çalışma alanı 100x100 m'lik gridlere bölünmüştür. Çalışma ve analiz aşaması 1280 grid üzerinden yapılmıştır. Çalışma alanı geneline bakıldığında az katlı, orta katlı, yüksek katlı yapıları, yoğun yapı dokusunu, seyrek yapı dokusunu ve yeşil alanları kapsaması nedeniyle heterojen bir yapıya sahiptir. Ancak her dokunun kendi içinde homojen yapıda olması nedeniyle yerel iklim bölgelerinde alt sınıflar oluşturulmamıştır.

Tez çalışması kapsamında, çalışma alanı içerisinde yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sisteminin 17 temel arazi örtüsü üzerinden 8 tanesi kullanılmıştır. Analiz sonucunda;

Aydınlıkevler mahallesinde 3-5 katlı ve yoğun yapılaşmanın bulunduğu bölge YİB_2 olarak belirlenmiştir.

YİB_2	Alana ait hava fotoğrafı	Alana ait doku fotoğrafı
		

Şekil 4.4. Çalışma alanında YİB_2 ye ait yapılaşma dokusu

Çalışma alanının kuzey doğusunda kalan 1-3 katlı binaların yoğun düzende yapılaştığı bölge YİB_3 olarak belirlenmiştir.

YİB_3	Alana ait hava fotoğrafı	Alana ait doku fotoğrafı
		

Şekil 4.5. Çalışma alanında YİB_3 ye ait yapılaşma dokusu

Gültepe ve Aktaş Mahallelerinde gecekonduların kentsel dönüşümü sonrasında TOKİ tarafından yapılan yüksek katlı yapıların olduğu doku YİB_4 olarak belirlenmiştir.

YİB_4	Alana ait hava fotoğrafı	Alana ait doku fotoğrafı
		

Şekil 4.6. Çalışma alanında YİB_4 ye ait yapılaşma dokusu

Altınpark'ın doğusunda bulunan Tük-İş blokları ve güneyinde bulunan Örnek Mahallesi'nde 3-5 katlı, bahçeli yapıların bulunduğu alanlar YİB_5 olarak belirlenmiştir.

YİB_5	Alana ait hava fotoğrafı	Alana ait doku fotoğrafı
		

Şekil 4.7. Çalışma alanında YİB_5 ye ait yapılaşma dokusu

Özellikle Kale mahallesinde gecekonduların bulunduğu alanda yoğun az katlı yapıların bulunduğu alan YİB_7 olarak belirlenmiştir.

YİB_7	Alana ait hava fotoğrafı	Alana ait doku fotoğrafı
		

Şekil 4.8. Çalışma alanında YİB_7 ye ait yapılaşma dokusu

Gençlik Parkının güneyinde Selim Sırrı Tarcan Spor Salonunun bulunduğu az katlı geniş yapıların konumlandığı doku YİB_8 olarak belirlenmiştir.

YİB_8	Alana ait hava fotoğrafı	Alana ait doku fotoğrafı
		

Şekil 4.9. Çalışma alanında YİB_8'e ait yapılaşma dokusu

Çalışma alanının içinde bulunan üç büyük yeşil alan olan Altınpark, Gültepe mezarlığı, Gençlik parkı başta olmak üzere Kale parkı ve diğer ağaç dokusuna sahip yeşil alanlar YİB_A olarak belirlenmiştir.

YİB_A	Alana ait hava fotoğrafı	Alana ait doku fotoğrafı
		

Şekil 4.10. Çalışma alanında YİB_A ya ait yapılaşma dokusu

Atıfbey Mahallesi ve Kale Mahallesi içinde kalan Hıdırlık Tepe ve kalenin alt bölgesinde kalan kayalık yamaçlar ayrıca dolmuş duraklarında olduğu gibi büyük geçirimsiz zeminler YİB_E olarak belirlenmiştir.

YİB_E	Alana ait hava fotoğrafı	Alana ait doku fotoğrafı
		

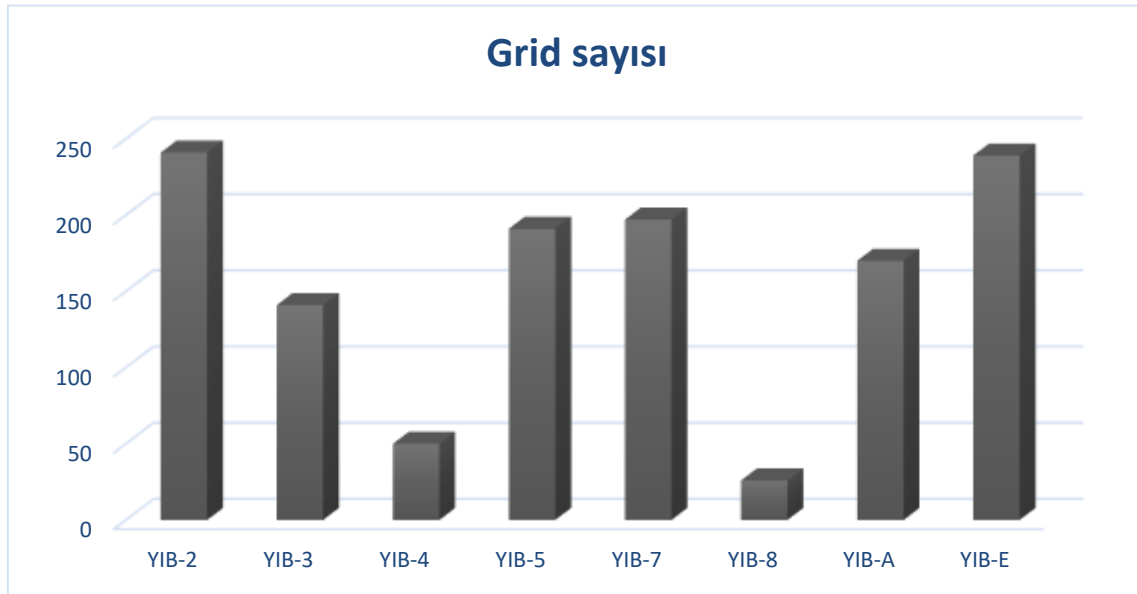
Şekil 4.11. Çalışma alanında YİB_E ye ait yapılaşma dokusu

Yerel iklim bölgelerinin çalışma alanındaki dağılımına bakıldığında (Çizelge 4.1), (Şekil 4.12) en büyük paya; orta katlı, birbirine yakın konumlanmış yapıların bulunduğu alanları ifade eden, YİB-2 sahiptir. Kayalık alanları ve geçirimsiz yüzeyleri ifade eden YİB-E, 239 gridlik alan ile çalışma alanı içinde ikinci büyük paya sahiptir. Çalışma alanında 197 grid gecekondan alanlarını ifade eden YİB-7 ile, 191 grid orta katlı, birbirine mesafeli

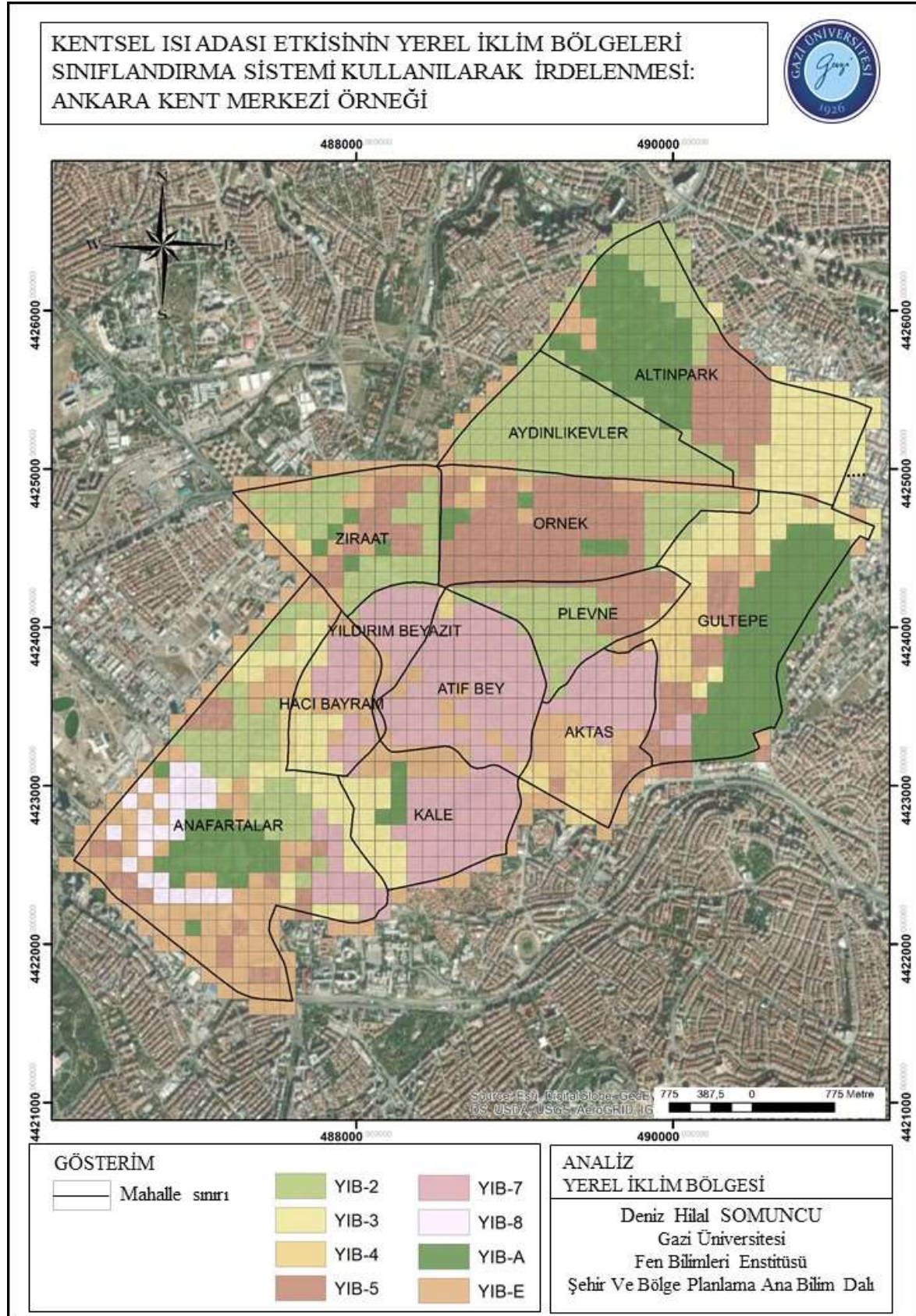
konumlanmış yapıların bulunduğu alanları temsil eden YİB-5 ile, 170 grid ağaçlık alanları temsil eden YİB-A ile, 141 grid alçak katlı birbirine yakın konumlanmış binaları temsil eden YİB-3 ile, 50 grid yüksek katlı birbirine mesafeli konumlanmış alanları ifade eden YİB-4 ile, 26 grid ise alçak katlı, geniş yapıların bulunduğu alanları ifade eden YİB-8 ile temsil edilmiştir (Harita 4.13).

Çizelge 4.2. Yerel iklim bölgelerinin çalışma alanındaki dağılımı

Yerel İklim Bölgesi	Sayısı
YİB-2	241
YİB-3	141
YİB-4	50
YİB-5	191
YİB-7	197
YİB-8	26
YİB-A	170
YİB-E	239



Şekil 4.12. Yerel iklim bölgelerinin çalışma alanındaki dağılımının grafiksel gösterimi



Harita 4.13. Yerel iklim bölgesi sınıfları

Çalışma alanında belirlenen yerel iklim bölgeleri ile yüzey sıcaklıkları birlikte değerlendirildiğinde elde edilen bulgular şöyledir (Şekil 4.13):

- Birbirine yakın konumlanmış üç ve sekiz kat arasında değişen kat yüksekliğine sahip YİB_2’de en düşük sıcaklık 37,1°C, en yüksek sıcaklık 41,0 °C ortalama sıcaklık 39,5 °C dir.
- Birbirine yakın konumlanmış bir ve üç kat arasında değişen kat yüksekliğine sahip YİB_3’de en düşük sıcaklık 37,0 °C, en yüksek sıcaklık 41,0 °C ortalama sıcaklık 39,2 °C dir.
- Geniş düzende on kat ve daha yüksek binaların konumlandığı YİB_4’te en düşük sıcaklık 38,6, en yüksek sıcaklık 41,3 °C ortalama sıcaklık 39,2 °C dir.
- Geniş düzende üç ve sekiz kat arasında değişen kat yüksekliğine sahip binaların konumlandığı YİB_5’te en düşük sıcaklık 37,0 °C, en yüksek sıcaklık 42,0°C ortalama sıcaklık 39,1°C dir.
- Yoğun ve düzensiz olarak konumlanmış bir-iki katlı binaların bulunduğu YİB_7’de en düşük sıcaklık 37,0 °C, en yüksek sıcaklık 42,3 °C ve ortalama sıcaklık 39,9 °C dir.
- Genellikle çevresi geçirimsiz malzeme ile kaplı iki ve üç katlı binalardan oluşan YİB_8 de en düşük sıcaklık 36,5 °C, en yüksek sıcaklık 43,0 °C, ortalama sıcaklık 39,7 °C dir.
- Ağaçların yoğun bir şekilde bir arada olması ile oluşan yeşil alanların bulunduğu YİB_A da en düşük sıcaklık 33,0 °C en yüksek sıcaklık 40,5 °C, ortalama sıcaklık 36,8 °C dir.
- Kayalık ve büyük geçirimsiz yüzeylerle kaplı alanlar olan YİB_E’de en düşük sıcaklık 37.0 °C, en yüksek sıcaklık 42,0 °C ve ortalama sıcaklık 39,3 °C dir.

	Google earth doku	Foto	Gökyüzü Görünüş Fotoğrafı	Özellikleri	Yürey Sıcaklıkları		
					Min	Max	Mean
LCZ 2				Yoğun dikey yerleşim, 3-8 katlı binalar (yeşil alanlar genellikle azdır)	37.1	41.0	39.5
LCZ 3				Yoğun dikey yerleşim, 1-3 katlı binalar (yeşil alanlar genellikle azdır)	37.0	41.0	39.2
LCZ 4				Geniş dikey yerleşim, 10 katlı ve daha yüksek binalar	38.6	41.3	40.0
LCZ 5				Geniş dikey yerleşim, 3-8 katlı binalar, ağaçlar bütündür	37.0	42.0	39.1
LCZ 7				Yoğun, dikeydir 1-2 katlı yapılardan oluşan yerleşim alanı (geçekodu alanları)	37.0	42.3	39.9
LCZ 8				2-3 katlı binalardan oluşan, genellikle çevresi geçirimsiz malzemeler ile kaplı yerleşim alanları	36.5	43.0	39.7
LCZ A				Ağaçların yoğun bir biçimde bir arada olması ile oluşan yeşil alanlar	33.0	40.5	36.8
LCZ E				Kaya veya büyük geçirimsiz yüzeylerde kaplı alanlar	37.0	42.0	39.3

Şekil 4.13. Çalışma alanı içinde belirlenen yerel iklim bölgesi alanlarından doku örnekleri ve sıcaklık değerleri

4.5. Yerel İklim Bölgelerine İlişkin İstatistiki Analizler

Sekiz farklı yerel iklim bölgesinde, uydu görüntüsü üzerinden analiz edilerek belirlenen yüzey sıcaklıkları ile bina yüksekliği, bina yüzey alanı, arazi yüksekliği, albedo, ısı akısı, bakı, NDVI arasında anlamlı farklılık olup olmadığı istatistiki olarak sorgulanmıştır.

Bu bağlamda yapılan araştırma ilişkisel tarama modeli niteliğindedir. İlişkisel Tarama, birden fazla değişken arasındaki birlikte değişimin varlığını, derecesini belirlemek amaçlanmaktadır (Karasar, 2009, s. 81).

4.5.1. Kentin yapılı çevresinin özellikleri ile kentsel ısı adası arasındaki ilişki

Araştırmanın temel amaçlarından biri olan, kentin yapılı çevresinin özellikleri ile kentsel ısı adası yoğunluğu arasında anlamlı ve önemli bir ilişki bulunup bulunmadığını ortaya koyabilmek için CBS’de yapılan analizler sonucu elde edilen yapılı çevrenin özellikleri ile yüzey sıcaklıkları analiz edilmiştir.

Bu aşamada incelenen parametreler:

- Bina yükseklikleri
- Bina yüzey alanı
- Geçirimsiz yüzey miktarı
- Bitki örtüsü miktarı
- Gökyüzü görüş faktörü
- Isı akısı (heat flux)
- Albedo’dur.

Yüzey sıcaklığı ile albedo, bina yüksekliği, bina yüzey alanı, geçirimsiz yüzey, GGF, Isı akısı, NDVI, yükseklik ölçümleri arasındaki ilişki Spearman korelasyon katsayısı ile hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.3’de görülmektedir.

Çizelge 4.3. Yüzey sıcaklığı ile bina yüksekliği, bina yüzey fraksiyonu, albedo, geçirimsiz yüzey, GGF, ısı akısı, NDVI, yükseklik ölçümleri arasındaki ilişki analizi

		Bina Yüzey Alanı	Bina Yüksekliği	Albedo	Isı akısı	NDVI	GGF	Geçirimsiz Yüzey
Yüzey Sıcaklığı	r	,388	,257	,191	,398	-,486	,216	,216
	p	,000*	,000*	,000*	,000*	,000*	,000*	,000*

*p<0.05

Analiz sonuçları değerlendirildiğinde;

Yüzey sıcaklığı ile NDVI ölçümleri arasında -0.486 olan negatif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0.05). Bir başka ifade ile kentteki yapılı çevrede bitki örtüsü miktarı/yoğunluğu arttığında yüzey sıcaklığı azalmaktadır.

Yüzey sıcaklığı ile ısı akısı ölçümleri arasında 0.3938 olan pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0.05). Isı akısı değeri artarken yüzey sıcaklığı da artmaktadır.

Yüzey sıcaklığı ile bina yüzey alanı ölçümleri arasında 0.388 olan pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0.05). Bina Yüzey Alanı artarken yüzey sıcaklığı artmaktadır.

Yüzey sıcaklığı ile bina yüksekliği ölçümleri arasında 0.257 olan pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0.05). Bina yüksekliği artarken yüzey sıcaklığı da artmaktadır.

Yüzey sıcaklığı ile GGF ölçümleri arasında 0.216 olan pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0.05). GGF ölçümleri artarken yüzey sıcaklığı ölçümleri de artmaktadır.

Yüzey sıcaklığı ile Albedo ölçümleri arasında 0.191 olan pozitif yönlü çok düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0.05). Albedo ölçümleri artarken yüzey sıcaklığı ölçümleri de artmaktadır.

Yüzey sıcaklığı ile geçirimsiz yüzey ölçümleri arasında 0.216 olan pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($p<0.05$). Bir başka ifade ile geçirimsiz yüzey ölçümleri artarken yüzey sıcaklığı ölçümleri de artmaktadır.

4.5.2. Kentin doğal özellikleri ile kentsel ısı adası arasındaki ilişki

Sıcaklık üzerine bakı, yükseklik gibi kentin doğal çevresine ait özelliklerin önemli etkisi olduğu bilinmektedir. Araştırma kapsamında yüzey sıcaklıkları ile kentin yapıları çevre özellikleriyle birlikte yükseklik Spearman korelasyon katsayısı ile hesaplanmış ve bakı faktörü nitel veri olduğu için Kolmogrov Smirnov ve Kruskal Wallis testi ile test edilmiştir.

Yüzey sıcaklığı ile yükseklik arasındaki ilişki

Yüzey sıcaklığı ile yükseklik ölçümleri arasında 0.278 olan pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($p<0.05$). Yükseklik artarken yüzey sıcaklığı değerleri de artmaktadır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Yüzey sıcaklığı ile Yükseklik ölçümleri arasındaki ilişki analizi

		Yükseklik	Bina Yüksekliği	Albedo	Heat Flux	Bina Yüzey Fraksiyonu	NDVI	GGF	Geçirimsiz Yüzey
Yüzey Sıcaklığı	r	,278	,257	,191	,398	,388	-,486	,216	,216
	p	,000*	,000*	,000*	,000*	,000*	,000*	,000*	,000*

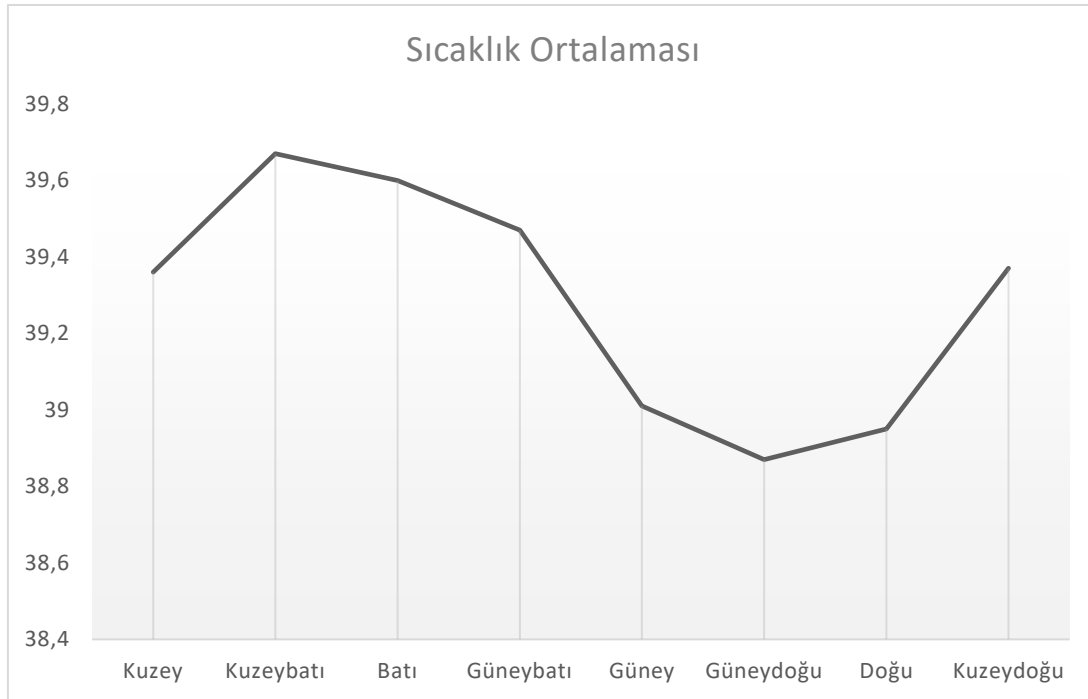
* $p<0.05$

Yüzey sıcaklığı ve bakı arasındaki ilişki

Bakıya göre yüzey sıcaklıkları incelendiğinde, en yüksek ortalama sıcaklığın $39,67^{\circ}\text{C}$ olarak kuzeybatı bakıda, en düşük ortalama sıcaklığın ise $38,87^{\circ}\text{C}$ olarak güneydoğu bakıda olduğu görülmüştür (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Bakı değişkenine göre yüzey sıcaklığı ölçümleri

Bakı	N	Sıcaklık Ortalaması
Kuzey	78	39,36
Kuzeybatı	55	39,67
Batı	99	39,60
Güneybatı	274	39,47
Güney	283	39,01
Güneydoğu	227	38,87
Doğu	196	38,95
Kuzeydoğu	43	39,37



Şekil 4.14. Bakıya göre yüzey sıcaklığı değişimi

Öncelikle, yüzey sıcaklıklarının bakı değişkenine göre normal dağılıma uyup uymadığı Kolmogrov Smirnov testi ile test edilmiştir. Kolmogrov Smirnov testi sonuçlarına göre yüzey sıcaklıkları bakı değişkenine göre normal dağılım göstermemektedir. (Çizelge 4.6)

Çizelge 4.6. Bakı değişkenine göre yüzey sıcaklığı ölçümleri arasındaki ilişki analizi

	Kolmogorov-Smirnov			Dağılım
	İstatistik	Sd	p	
Kuzey	,178	78	,000	Normal Değil
Kuzeybatı	,215	55	,000	Normal Değil
Batı	,132	99	,000	Normal Değil
Güneybatı	,117	274	,000	Normal Değil
Güney	,128	283	,000	Normal Değil
Güneydoğu	,160	227	,000	Normal Değil
Doğu	,149	196	,000	Normal Değil
Kuzeydoğu	,107	43	,003	Normal Değil

Bakıya göre yüzey sıcaklıkları normal dağılıma uymadığı için; bakıya göre yüzey sıcaklıkları arasında anlamlı bir farkın olup olmadığı Kruskal Wallis testi ile test edilmiş ve sonuçları Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Analiz sonucunda yüzey sıcaklıklarının bakı değişkenine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılaştığı bulunmuştur ($p<0.05$). Bu farklılaşmanın hangi bakılar arasında olduğu çoklu karşılaştırma (post hoc) testleri yapılarak belirlenmiştir. Varyansların homojen olmaması sebebiyle Tamhane testinin sonuçları değerlendirilmiştir. Buna göre Güneybatı; Güneydoğu, Doğu, Güney; Batı ile Güneydoğu, Doğu ve Kuzeybatı ile Doğu ve Güneydoğu bakarlı alanlara ait yüzey sıcaklıkları arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Beklenilenin aksine, kuzey ve güney bakarlar arasında anlamlı fark bulunmamıştır.

Yüzey sıcaklıkları arasındaki farkların hangi bakılar arasında olduğu tablonun anlamlı fark sütununda görülmektedir.

Çizelge 4.7. Yüzey sıcaklıklarının bakı değişkenine göre istatistiksel olarak farklılaşması

	N	Ortalama	Std. sapma	Chi-Square	p	Anlamlı Fark
Kuzey	78	39,36	0,98	50,822	,000*	*Kuzeybatı ile Güneydoğu
Kuzeybatı	55	39,67	1,36			*Kuzeybatı ile Doğu
Batı	99	39,60	1,60			
Güneybatı	274	39,47	1,36			*Batı ile Güneydoğu
Güney	283	39,01	1,71			*Batı ile Doğu
Güneydoğu	227	38,87	1,65			
Doğu	196	38,95	1,30			*Güneybatı ile Güneydoğu
Kuzeydoğu	43	39,37	0,70			* Güneybatı ile Doğu * Güneybatı ile Güney

* $p<0.05$

Çizelge 4.7’de bakı değişkenine göre yüzey sıcaklıklarına ilişkin ortalama istatistikleri görülmektedir.

4.5.3. Yüzey sıcaklıklarının yerel iklim bölgelerine (YİB) göre irdelenmesi

Yüzey sıcaklıklarının YİB değişkenine göre normal dağılıma uyup uymadığı Kolmogrov Smirnov testi ile test edilmiştir. YİB-8’in normal dağılım göstermesine rağmen diğer YİB bölgelerine göre yüzey sıcaklığı ölçümlerinin normal dağılıma uymadığı gözlenmiştir. YİB değişkenine göre yüzey sıcaklıkları arasında anlamlı bir farkın olup olmadığı Kruskal Wallis testi ile test edilmiştir.

Çizelge 4.8. YİB değişkenine göre yüzey sıcaklık ölçümleri arasındaki ilişki

	Kolmogorov-Smirnov			Dağılım
	İstatistik	Sd	p	
YİB-2	,150	241	,000	Normal değil
YİB-3	,144	141	,000	Normal değil
YİB-4	,239	50	,000	Normal değil
YİB-5	,133	191	,000	Normal değil
YİB-7	,090	197	,000	Normal değil
YİB-8	,152	26	,125	Normal
YİB-A	,075	170	,021	Normal değil
YİB-E	,083	239	,000	Normal değil

Yerel iklim bölgelerine göre yüzey sıcaklıkları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0.05$). Bulunan bu farkın hangi YİB bölgeleri arasından kaynaklandığı çoklu karşılaştırmalar (post hoc) yapılarak belirlenmiştir. Varyansların homojen olmaması sebebiyle Tamhane testi yapılarak sonuçları değerlendirilmiştir. Buna göre yoğun, orta yükseklikte yapılaşmaya sahip YİB-2 ile tüm yerel iklim bölgeleri arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır. 1-3 katlı yoğun yapılaşmaya sahip olan YİB3 ise YİB-2, YİB-5, YİB-A, YİB-E arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır. On kat ve üstü, az yoğun yapılaşmaya sahip YİB-4 ile YİB-5, YİB-A, YİB-E arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır. Az yoğun, orta yükseklikte yapılaşmaya sahip YİB-5 ile YİB-7, YİB-A, YİB-E arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır. Yoğun, tek katlı yapılaşmaya sahip YİB-7 ile YİB-A, YİB-E arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır. Az yoğun, düşük katlı yapılaşmaya sahip YİB-8 ile YİB-A arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır. Yoğun ağaçlık yapıya sahip olan YİB-A ile çıplak

kayalık-kaplamalı sert yüzeylerin bulunduğu YİB-E arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

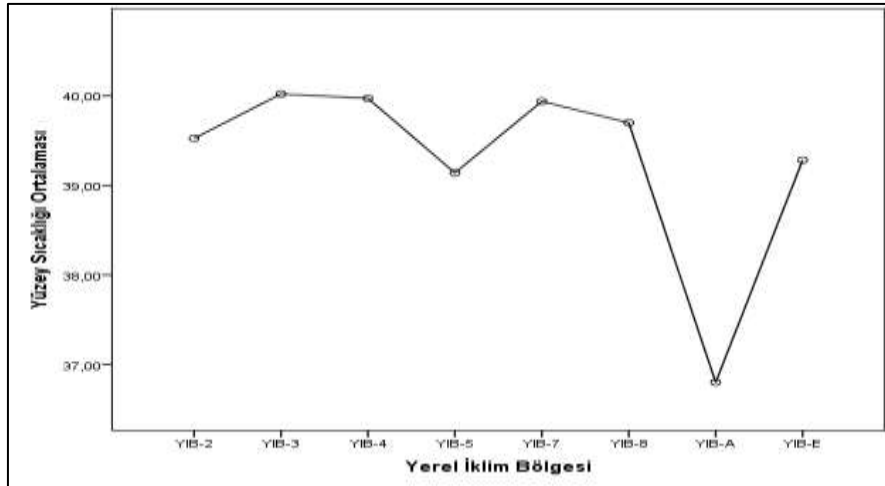
Yerel iklim bölgelerine göre yüzey sıcaklıkları arasındaki farkların hangi bölgeler arasında olduğu, tablonun anlamlı fark sütununda özet olarak belirtilmiştir. Çizelge 4.8’de YİB değişkenine göre yüzey sıcaklıklarına ilişkin ortalama istatistikleri gösterilmiştir. Kruskal Wallis testi sonuçları Çizelge 4.9’de görülmektedir.

Çizelge 4.9. YİB ile Yüzey sıcaklığının anlamlı farklılık analizi

	N	Ortalama	Std. sapma	Chi-Square	p	Anlamlı Fark
YİB-2 (Yoğun, orta yükseklikte yapılaşma)	241	39,53	0,74	435.121	,000*	* YİB-2 ile YİB-3 * YİB -2 ile YİB-4 * YİB -2 ile YİB-5 * YİB -2 ile YİB-7 * YİB -2 ile YİB-A
YİB-3 (1-3 katlı Yoğun yapılaşma)	141	40,02	0,92			* YİB-3 ile YİB-5 * YİB-3 ile YİB-A * YİB-3 ile YİB-E
YİB-4 (On kat ve üzeri az yoğun yapılaşma)	50	39,97	0,64			* YİB-4 ile YİB-5 * YİB-4 ile YİB-A * YİB-4 ile YİB-E
YİB-5 (Az yoğun, orta yükseklikte yapılaşma)	191	39,14	0,97			* YİB-5 ile YİB-7 * YİB-5 ile YİB-A * YİB-5 ile YİB-E
YİB-7 (Yoğun tek katlı yapılaşma)	197	39,94	1,18			* YİB-7 ile YİB-A * YİB-7 ile YİB-E
YİB-8 (Az yoğun, düşük katlı yapılaşma)	26	39,71	1,81			* YİB-8 ile YİB-A
YİB-A (Yoğun ağaçlık)	170	36,73	1,57			
YİB-E (Çıplak kaya / Yüzey malzemesi kaplama)	239	39,29	1,10			

*p<0.05

Şekil 4.15’de YİB değişkenine göre yüzey sıcaklıklarına ilişkin ortalama istatistikleri gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Yerel İklim Bölgelerine göre yüzey sıcaklığı değişimi

4.5.4. Yerel iklim bölgeleri, yüzey sıcaklıkları ve yapılı çevre özellikleri arasındaki ilişki

Yerel iklim bölgelerine göre yüzey sıcaklıkları ve yapılı çevre arasındaki ilişki istatistiksel olarak analiz edildiğinde elde edilen bulgular

Yerel iklim bölgesi-2

YİB-2'nin genel özellikleri irdelendiğinde; yüzey sıcaklığı ortalaması 39,53°C, bina yüzey alanı ortalaması 668,36, ortalama bina yüksekliği 12,85m, albedo 0,20, Isı akısı 74,00, yükseklik (rakım) ortalaması 878,70m, ortalama NDVI değeri 0,12, gökyüzü görüş faktörü (GGF) 0,40, ortalama geçirimsiz yüzey miktarı 9155,84m² olduğu görülmektedir. YİB-2'nin betimsel istatistikleri Çizelge 4.10'de özetlenmiştir

Çizelge 4.10. YİB-2 için ölçümlerin betimsel istatistikleri

Yerel İklim Bölgesi		Ortalama	Std. sapma	N
YİB-2	Yüzey Sıcaklığı	39,53	0,74	241
	Bina Yüzey Fraksiyonu	668,36	284,66	241
	Bina Yüksekliği	12,85	2,11	241
	Albedo	0,20	0,00	241
	Isı akısı	74,00	0,00	241
	Yükseklik	878,70	15,01	241
	NDVI	0,12	0,03	241
	GGF	0,40	0,00	241
	Geçirimsiz Yüzey	9155,84	606,63	241

YİB-2’de albedo, Isı akısı ve GGF ölçümlerinin standart sapmaları 0’dır. Bir başka ifade ile bu üç özellik, değer olarak değişkenlik göstermediği için yüzey sıcaklığının yordayıcı değişkenleri olarak ele alınamamıştır. YİB-2 bölgesinde yüzey sıcaklığını, bina yüzey alanı, bina yüksekliği, yükseklik ve NDVI ölçümlerinin yordayıcı birer değişken olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiştir (Sonuçlar Çizelge 4.11’de görülmektedir.)

YİB-2 bölgesinde yüzey sıcaklığına Yükseklik ve NDVI’nın anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). Bu iki yordayıcı özelliklerden en önemlisi, Beta katsayılarına göre, NDVI değişkenidir. Ancak YİB-2’ndeki Bina Yüzey Alanı ve Bina Yüksekliğinin yüzey sıcaklığının anlamlı birer yordayıcısı olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$). YİB-2 bölgesi için yüzey sıcaklığı ile bina yüzey alanı, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI arasındaki ilişki katsayıları tablonun son sütununda verilmiştir.

Çizelge 4.11. YİB-2 bölgesi için çoklu regresyon analizi

Yerel İklim Bölgesi		B	Std. hata	Beta	t	P	r
YİB-2	Sabit	26,390	2,659		9,924	,000*	
	Bina Yüzey Alanı	,000	,000	,065	1,114	,267	,151
	Bina Yüksekliği	,003	,020	,008	,146	,884	-,055
	Yükseklik	,017	,003	,344	6,051	,000*	,320
	NDVI	-9,691	1,295	-,438	-7,481	,000*	-,404
	Geçirimsiz Yüzey	-7,100	,000	-,058	-,976	,330	,034
R=0.543 $r^2 = 0.294$							
F=19.616 $p=0.000$							

* $p<0.05$

YİB-2 için Bina Yüzey Alanı, Bina Yüksekliği, Yükseklik, Geçirimsiz yüzey ve NDVI ölçümleri ile yüzey sıcaklığının kestirilmesine ilişkin kurulan regresyon modeli geçerli bulunmuştur. YİB-2’de Bina Yüzey Fraksiyonu, Bina Yüksekliği, Yükseklik, Geçirimsiz yüzey ve NDVI değerinin tamamı ile yüzey sıcaklığı arasındaki çoklu ilişki katsayısı 0.543 olup orta düzeyde bir ilişki bulunmuştur. Bir başka ifade ile, Bina Yüzey Alanı, Bina Yüksekliği, Yükseklik, Geçirimsiz yüzey ve NDVI değerlerinin tamamı, yüzey sıcaklığının %29’unu açıklamaktadır.

Çoklu regresyon katsayılarına göre YİB-2’de yüzey sıcaklığının kestiriminde kullanılacak matematiksel eşitlik şu şekildedir:

$$YİB-2 \text{ bölgesindeki yüzey sıcaklığı} = 26.390 + 0.000 * \text{Bina Yüzey Fraksiyonu} + 0.003 * \text{Bina Yüksekliği} + 0.017 * \text{Yükseklik} - 9.69 * \text{NDVI}$$

Yerel iklim bölgesi-3

YİB-3’ün genel özellikleri incelendiğinde yüzey sıcaklığı ortalaması 40,02°C, bina yüzey alanı ortalaması 784,06, ortalama bina yüksekliği 9,19, albedo 0,20, ısı akısı 74,00, yükseklik (rakım) ortalaması 906,25, ortalama NDVI değeri 0,09, gökyüzü görüş faktörü (GGF) 0,60, ortalama geçirimsiz yüzey miktarı 9215,9m² olduğu görülmektedir. YİB-3’nin betimsel istatistikleri Çizelge 4.12’de özetlenmiştir

Çizelge 4.12. YİB-3 için ölçümlerin betimsel istatistikleri

Yerel İklim Bölgesi		Ortalama	Std. sapma	N
YİB-3	Yüzey Sıcaklığı	40,02	,92	141
	Bina Yüzey Fraksiyonu	784,06	452,02	141
	Bina Yüksekliği	9,19	3,01	141
	Albedo	,20	0,00	141
	Heat Flux	74,0	0,0	141
	Yükseklik	906,25	22,17	141
	NDVI	0,09	0,03	141
	GGF	,6	0,0	141
	Geçirimsiz Yüzey	9215,9	452,0	141

YİB-3’te Albedo, Isı Akısı ve GGF ölçümlerinin standart sapmaları 0 olarak bulunmuştur. Bir başka deyişe bu üç ölçüm değer olarak değişkenlik göstermediği için yüzey sıcaklığının yordayıcı değişkenleri olarak ele alınamamıştır. YİB-3 bölgesinde yüzey sıcaklığını, Bina Yüzey Alanı, Bina Yüksekliği, Yükseklik, Geçirimsiz yüzey ve NDVI ölçümlerinin yordayıcı birer değişken olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiştir. (Sonuçları Çizelge 4.13’de görülmektedir).

YİB-3 bölgesinde yüzey sıcaklığını Bina Yüksekliği ve NDVI ölçümlerinin anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). Bu iki yordayıcı ölçümden en önemlisi, Beta katsayılarına göre, NDVI değişkenidir. Ancak YİB-3 bölgesinde yüzey sıcaklığının Bina Yüzey Alanı, Geçirimsiz yüzey ve Yükseklik ölçümlerinin anlamlı birer yordayıcı olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$). YİB-3 bölgesi için yüzey sıcaklığı ile Geçirimsiz yüzey, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI ölçümleri arasındaki ilişki katsayıları tablonun son sütununda verilmiştir.

Çizelge 4.13. YİB-3 bölgesi için çoklu regresyon analizi

Yerel İklim Bölgesi		B	Std. hata	Beta	t	P	r
YİB-3	Sabit	39,210	3,578		10,958	,000*	
	Bina Yüksekliği	,059	,024	,192	2,425	,017*	,316
	Yükseklik	,000	,003	,009	,114	,909	,195
	NDVI	-11,748	2,266	-,428	-5,185	,000*	-,471
	Geçirimsiz Yüzey	,000	,000	,054	,692	,490	-,089
R=0.509 $r^2 = 0.260$							
F=11.917 $p=0.000$							

* $p<0.05$

YİB-3 için Geçirimsiz yüzey, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI ölçümleri ile yüzey sıcaklığının kestirilmesine ilişkin kurulan regresyon modeli geçerli bulunmuştur ($F_{(4;136)}=11.917$ $p=0.000$). Geçirimsiz yüzey, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI ölçümlerinin tamamı ile yüzey sıcaklığı arasındaki çoklu ilişki katsayısı 0.509 olup orta düzeyde bir ilişki bulunmuştur. Bir başka deyişle, Geçirimsiz yüzey, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI ölçümlerinin tamamı, yüzey sıcaklığının %26 sını açıklamaktadır.

Çoklu regresyon katsayılarına göre YİB-3'te yüzey sıcaklığının kestiriminde kullanılacak matematiksel eşitlik şu şekildedir:

YİB-3 bölgesindeki yüzey sıcaklığı= $39.210 + 0.000 \cdot \text{Bina Yüzey Alanı} + 0.059 \cdot \text{Bina Yüksekliği} + 0.000 \cdot \text{Yükseklik} - 11.748 \cdot \text{NDVI}$

Yerel İklim Bölgesi-4

YİB-4'ün genel özellikleri incelendiğinde yüzey sıcaklığı ortalaması 39,97°C, bina yüzey alanı ortalaması 369,22, ortalama bina yüksekliği 24,64, albedo 0,25, ısı akısı 49,00, yükseklik (rakım) ortalaması 900,86, ortalama NDVI değeri 0,12, gökyüzü görüş faktörü (GGF) 0,80, ortalama geçirimsiz yüzey miktarı 9517,00 m² olduğu görülmektedir. YİB-4'nin betimsel istatistikleri Çizelge 4.14'de özetlenmiştir

Çizelge 4.14. YİB-4 için ölçümlerin betimsel istatistikleri

Yerel İklim Bölgesi		Ortalama	Std. sapma	N
YİB-4	Yüzey Sıcaklığı	39,97	,64	50
	Bina Yüzey Fraksiyonu	369,22	238,65	50
	Bina Yüksekliği	24,64	7,10	50
	Albedo	,25	0,00	50
	Isı akısı	49,0	0,0	50
	Yükseklik	900,86	21,42	50
	NDVI	0,12	0,03	50
	GGF	,8	0,0	50
	Geçirimsiz Yüzey	9517,9	793,4	50

YİB-4'te Albedo, Isı Akısı ve GGF ölçümlerinin standart sapmaları 0 olarak bulunmuştur. Bir başka deyişe bu üç ölçüm değer olarak değişkenlik göstermediği için yüzey sıcaklığının yordayıcı değişkenleri olarak ele alınamamıştır. YİB-4 bölgesinde yüzey sıcaklığını, Bina Yüzey Alanı, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI ölçümlerinin yordayıcı birer değişken olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiştir. (Sonuçları Çizelge 4.15'de gösterilmiştir.)

YİB-4 bölgesinde yüzey sıcaklığını yalnızca yükseklik ölçümünün anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak YİB-4 bölgesinde yüzey sıcaklığının Bina Yüzey Alanı, Bina Yüksekliği ve NDVI ölçümlerinin anlamlı birer yordayıcı olmadığı bulunmuştur ($p > 0.05$). YİB-4 bölgesi için yüzey sıcaklığı ile Yüzey alanı, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI ölçümleri arasındaki ilişki katsayıları tablonun son sütununda verilmiştir.

Çizelge 4.15. YİB-4 bölgesi için çoklu regresyon analizi

Yerel İklim Bölgesi		B	Std. hata	Beta	t	P	r
YİB-4	Sabit	21,557	2,993		7,203	,000*	
	Bina Yüzey Alanı	,000	,000	-,082	-,649	,520	-,211
	Bina Yüksekliği	-,015	,010	-,167	-1,520	,136	-,120
	Yükseklik	,021	,003	,707	6,774	,000*	,732
	NDVI	,730	2,408	,037	,303	,763	,253
	Geçirimsiz Yüzey	-3,257	,000	-,040	-,360	,721	-,056
R=0.753 $r^2 = 0.566$							
F=11,499 p=0.000							

*p<0.05

YİB-4 için Bina Yüzey alanı, Bina Yüksekliği, Yükseklik Geçirimsiz Yüzey ve NDVI ölçümleri ile yüzey sıcaklığının kestirilmesine ilişkin kurulan regresyon modeli geçerli bulunmuştur ($F_{(5;44)} = 11,499$ p=0.000). BinaYüzey Alanı, Bina Yüksekliği, Yükseklik, Geçirimsiz Yüzey ve NDVI ölçümlerinin tamamı ile yüzey sıcaklığı arasındaki çoklu ilişki katsayısı 0.763 olup yüksek düzeyde bir ilişki bulunmuştur. Bir başka deyişle, Bina Yüzey alanı, Bina Yüksekliği, Yükseklik, Geçirimsiz Yüzey ve NDVI ölçümlerinin tamamı, yüzey sıcaklığının %57'sini açıklamaktadır.

Çoklu regresyon katsayılarına göre YİB-4'te yüzey sıcaklığının kestiriminde kullanılacak matematiksel eşitlik şu şekildedir:

YİB-4 bölgesindeki yüzey sıcaklığı= $21,557 + 0.000 \cdot \text{Bina Yüzey Alanı} - 0.015 \cdot \text{Bina Yüksekliği} + 0.021 \cdot \text{Yükseklik} + 0,730 \cdot \text{NDVI} - \text{Geçirimsiz yüzey} \cdot 3,257$

Yerel iklim bölgesi-5

YİB-5'i özellikleri irdelendiğinde yüzey sıcaklığı ortalaması 39,14°C, bina yüzey alanı ortalaması 433,19, ortalama bina yüksekliği 14,19, albedo 0,25, ısı akısı 24,00, yükseklik (rakım) ortalaması 885,44, ortalama NDVI değeri 0,16, gökyüzü görüş faktörü (GGF) 0,70, ortalama geçirimsiz yüzey miktarı 9095,6 m² olduğu görülmektedir. YİB-5'nin betimsel istatistikleri Çizelge 4.16'de özetlenmiştir

Çizelge 4.16. YİB-5 için ölçümlerin betimsel istatistikleri

Yerel İklim Bölgesi		Ortalama	Std. sapma	N
YİB-5	Yüzey Sıcaklığı	39,14	,97	191
	Bina Yüzey Alanı	433,19	189,41	191
	Bina Yüksekliği	14,19	3,59	191
	Albedo	,25	0,00	191
	Isı akısı	24,0	0,0	191
	Yükseklik	885,44	20,70	191
	NDVI	0,16	0,04	191
	GGF	,7	0,0	191
	Geçirimsiz Yüzey	9095,6	1145,7	191

YİB-5'te Albedo, Isı akısı ve GGF ölçümlerinin standart sapmaları 0 olarak bulunmuştur. Bir başka deyişe bu üç ölçüm değer olarak değişkenlik göstermediği için yüzey sıcaklığının yordayıcı değişkenleri olarak ele alınamamıştır. YİB-5 bölgesinde yüzey sıcaklığını, Bina Yüzey Alanı, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI ölçümlerinin yordayıcı birer değişken olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiştir. (Sonuçları Çizelge 4.17'de gösterilmiştir.)

YİB-5 bölgesinde yüzey sıcaklığını Yüzey Fraksiyonu, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI ölçümlerinin tamamının anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur ($p < 0.05$). Beta katsayılarına göre YİB-5 bölgesinde yüzey sıcaklığını etkileyen en önemli değişkenin Yükseklik olduğu gözlenmiştir. YİB-5 bölgesi için yüzey sıcaklığı ile BinaYüzey Alanı, Bina Yüksekliği, Yükseklik, NDVI ve Geçirimsiz yüzey ölçümleri arasındaki ilişki katsayıları tablonun son sütununda verilmiştir.

Çizelge 4.17. YİB-5 bölgesi için çoklu regresyon analizi

Yerel İklim Bölgesi		B	Std. hata	Beta	t	P	r
YİB-5	Sabit	28,542	2,873		9,934	,000*	
	Bina Yüzey Alanı	-,001	,000	-,153	-2,300	,023*	-,160
	Bina Yüksekliği	-,037	,018	-,137	-2,053	,041*	-,149
	Yükseklik	,014	,003	,298	4,420	,000*	,320
	NDVI	-6,417	1,638	-,278	-3,917	,000*	-,245
	Geçirimsiz Yüzey	9,100	,000	,011	,150	,881	,165
R=0.458 $r^2 = 0.210$							
F=9, 845 $p=0.000$							

* $p < 0.05$

YİB-5 için Yüzey Fraksiyonu, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI ölçümleri ile yüzey sıcaklığının kestirilmesine ilişkin kurulan regresyon modeli geçerli bulunmuştur ($F_{(5;185)}=9,845$ $p=0.000$). Yüzey Fraksiyonu, Bina Yüksekliği, Yükseklik, Geçirimsiz Yüzey ve NDVI ölçümlerinin tamamı ile yüzey sıcaklığı arasındaki çoklu ilişki katsayısı 0.458 olup orta düzeyde bir ilişki bulunmuştur. Bir başka deyişle, Bina Yüzey alanı, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI ölçümlerinin tamamı, yüzey sıcaklığının %21'ini açıklamaktadır.

Çoklu regresyon katsayılarına göre YİB-5'te yüzey sıcaklığının kestiriminde kullanılacak matematiksel eşitlik şu şekildedir:

$$\text{YİB-5 bölgesindeki yüzey sıcaklığı} = 28,542 - 0.001 \cdot \text{Bina Yüzey Alanı} - 0.037 \cdot \text{Bina Yüksekliği} + 0.014 \cdot \text{Yükseklik} - 6,417 \cdot \text{NDVI} + \text{Geçirimsiz yüzey} \cdot 9,100$$

Yerel iklim bölgesi-7

YİB-7'i özellikleri irdelendiğinde yüzey sıcaklığı ortalaması 39,94°C, bina yüzey alanı ortalaması 1037,58, ortalama bina yüksekliği 7,05, albedo 0,35, ısı akısı 34,00, yükseklik (rakım) ortalaması 916,06, ortalama NDVI değeri 0,15, gökyüzü görüş faktörü (GGF) 0,50, ortalama geçirimsiz yüzey miktarı 8962,4 m² olduğu görülmektedir. YİB-7'nin betimsel istatistikleri Çizelge 4.18'de özetlenmiştir

Çizelge 4.18. YİB-7 için ölçümlerin betimsel istatistikleri

Yerel İklim Bölgesi		Ortalama	Std. sapma	N
YİB-7	Yüzey Sıcaklığı	39,94	1,18	197
	Bina Yüzey Fraksiyonu	1037,58	788,22	197
	Bina Yüksekliği	7,05	,32	197
	Albedo	,35	0,00	197
	Isı akısı	34,0	0,0	197
	Yükseklik	916,08	27,57	197
	NDVI	0,15	0,03	197
	GGF	,5	0,0	197
	Geçirimsiz Yüzey	8962,4	788,2	197

YİB-7’de Albedo, Isı akısı ve GGF ölçümlerinin standart sapmaları 0 olarak bulunmuştur. Bir başka deyişe bu üç ölçüm değer olarak değişkenlik göstermediği için yüzey sıcaklığının yordayıcı değişkenleri olarak ele alınamamıştır. YİB-7 bölgesinde yüzey sıcaklığını, Bina Yüzey Alanı, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI ölçümlerinin yordayıcı birer değişken olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiştir. (Sonuçları Çizelge 4.19’da gösterilmiştir.)

YİB-7 bölgesinde yüzey sıcaklığını Geçirimsiz yüzey ve NDVI ölçümlerinin anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur ($p < 0.05$). Beta katsayılarına göre bu iki yordayıcı ölçümden en önemlisi, NDVI değişkenidir. Ancak YİB-7 bölgesinde yüzey sıcaklığının Bina Yüksekliği ve Yükseklik ölçümlerinin anlamlı birer yordayıcı olmadığı bulunmuştur ($p > 0.05$). YİB-7 bölgesi için yüzey sıcaklığı ile Bina Yüzey Alanı, Bina Yüksekliği, Yükseklik, Geçirimsiz yüzey ve NDVI ölçümleri arasındaki ilişki katsayıları tablonun son sütununda verilmiştir.

Çizelge 4.19. YİB-7 bölgesi için çoklu regresyon analizi

Yerel İklim Bölgesi		B	Std. hata	Beta	t	P	r
YİB-7	Sabit	44,176	3,265		13,529	,000*	
	Bina Yüksekliği	-,021	,248	-,006	-,084	,933	,024
	Yükseklik	,000	,003	,010	,156	,877	-,022
	NDVI	-15,157	2,953	-,360	-5,134	,000*	-,413
	Geçirimsiz Yüzey	,000	,000	-,164	-2,362	,019*	-,286
R=0.442 $r^2 = 0.195$							
F=11.660 $p=0.000$							

* $p < 0.05$

YİB-7 için Bina Yüksekliği, Yükseklik, Geçirimsiz Yüzey ve NDVI ölçümleri ile yüzey sıcaklığının kestirilmesine ilişkin kurulan regresyon modeli geçerli bulunmuştur ($F_{(4;192)} = 11.660$ $p=0.000$). Geçirimsiz Yüzey, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI ölçümlerinin tamamı ile yüzey sıcaklığı arasındaki çoklu ilişki katsayısı 0.442 olup orta düzeyde bir ilişki bulunmuştur. Geçirimsiz Yüzey, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI ölçümlerinin tamamı, yüzey sıcaklığının %20’sini açıklamaktadır.

Çoklu regresyon katsayılarına göre YİB-7’te yüzey sıcaklığının kestiriminde kullanılacak matematiksel eşitlik şu şekildedir:

$$\text{YİB-7 bölgesindeki yüzey sıcaklığı} = 44,176 - 0.021 * \text{Bina Yüksekliği} + 0.00 * \text{Yükseklik} - 15,157 * \text{NDVI} + \text{Geçirimsiz yüzey} * 0,000$$

Yerel iklim bölgesi-8

YİB-8’i özellikleri irdelendiğinde yüzey sıcaklığı ortalaması 39,71°C, bina yüzey alanı ortalaması 332,44, ortalama bina yüksekliği 7,92, albedo 0,25, ısı akısı 49,00, yükseklik (rakım) ortalaması 851,71, ortalama NDVI değeri 0,15, gökyüzü görüş faktörü (GGF) 1,00, ortalama geçirimsiz yüzey miktarı 9667,6 m² olduğu görülmektedir. YİB-8’nin betimsel istatistikleri Çizelge 4.20’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.20. YİB-8 için ölçümlerin betimsel istatistikleri

Yerel İklim Bölgesi		Ortalama	Std. sapma	N
YİB-8	Yüzey Sıcaklığı	39,71	1,81	26
	Bina Yüzey Fraksiyonu	332,44	206,19	26
	Bina Yüksekliği	7,92	2,62	26
	Albedo	,25	0,00	26
	Heat Flux	49,0	0,0	26
	Yükseklik	851,71	2,78	26
	NDVI	0,15	0,05	26
	GGF	1,0	0,0	26
	Geçirimsiz Yüzey	9667,6	206,2	26

YİB-8’de Albedo, Isı akısı ve GGFölçümlerinin standart sapmaları 0 olarak bulunmuştur. Bir başka deyişe bu üç ölçüm değer olarak değişkenlik göstermediği için yüzey sıcaklığının yordayıcı değişkenleri olarak ele alınamamıştır. YİB-8 bölgesinde yüzey sıcaklığını, Bina Yüzey Alanı, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI ölçümlerinin yordayıcı birer değişken olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiştir. (Sonuçları Çizelge 4.21’de gösterilmiştir).

Çizelge 4.21. YİB-8 bölgesi için çoklu regresyon analizi

Yerel İklim Bölgesi		B	Std. hata	Beta	t	P	r
YİB-8	Sabit	95,338	126,489		,754	,459	
	Bina Yüksekliği	,000	,167	,000	-,001	,999	-,034
	Yükseklik	-,087	,142	-,133	-,615	,545	-,170
	NDVI	3,913	8,861	,111	,442	,663	,037
	Geçirimsiz Yüzey	,002	,002	,210	,921	,368	,206
R=0.256 $r^2 = 0.070$							
F=0.396 p=0.810							

*p<0.05

YİB-8 için Geçirimsiz Yüzey, Bina Yüksekliği, Yükseklik ve NDVI ölçümleri ile yüzey sıcaklığının kestirilmesine ilişkin kurulan regresyon modeli geçerli bulunamamıştır ($F_{(4;21)} = 0,396$ $p=0.810$). Bu nedenle çoklu regresyon analizine ilişkin katsayılar yorumlanmamıştır.

Yerel iklim bölgesi-A

YİB-A’i özellikleri irdelendiğinde yüzey sıcaklığı ortalaması 36,73°C, bina yüzey alanı ortalaması 0,0, ortalama bina yüksekliği 0,0, albedo 0,20, ısı akısı 0,0, yükseklik (rakım) ortalaması 888,00, ortalama NDVI değeri 0,24, gökyüzü görüş faktörü (GGF) 0,10, ortalama geçirimsiz yüzey miktarı 0,00 m² olduğu görülmektedir. YİB-A’nin betimsel istatistikleri Çizelge 4.22’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.22. YİB-A için ölçümlerin betimsel istatistikleri

Yerel İklim Bölgesi		Ortalama	Std. sapma	N
YİB-A	Yüzey Sıcaklığı	36,73	1,57	170
	Bina Yüzey Fraksiyonu	0,00	0,00	170
	Bina Yüksekliği	0,00	0,00	170
	Albedo	,20	0,00	170
	Isı akısı	0,0	0,0	170
	Yükseklik	888,33	20,01	170
	NDVI	0,24	0,07	170
	GGF	,1	0,0	170
	Geçirimsiz Yüzey	0,0	0,0	170

Çizelgeye göre Bina Yüzey Fraksiyonu, Bina Yüksekliği, Albedo, Heat Flux, GGF ve Geçirimsiz Yüzey ölçümlerinin standart sapmaları 0 olarak bulunmuştur. Bir başka deyişle bu ölçümler değer olarak değişkenlik göstermediği için yüzey sıcaklığının yordayıcı değişkenleri olarak ele alınamamıştır.

YİB-A bölgesinde yüzey sıcaklığını, Yükseklik ve NDVI ölçümlerinin yordayıcı birer değişken olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiştir. (Sonuçları Çizelge 4.23’de gösterilmiştir.)

Çizelge 4.23. YİB-A bölgesi için çoklu regresyon analizi

Yerel İklim Bölgesi		B	Std. hata	Beta	t	P	r
YİB-A	Sabit	32,916	5,288		6,225	,000*	
	Yükseklik	,006	,006	,080	1,035	,302	-,019
	NDVI	-7,506	1,801	-,323	-4,168	,000*	-,298
R=0.307 $r^2 = 0.095$							
F=8,719 p=0.000							

*p<0.05

YİB-A için Yükseklik ve NDVI ölçümleri ile yüzey sıcaklığının kestirilmesine ilişkin kurulan regresyon modeli geçerli bulunmuştur ($F_{(2;167)}=8,719$ p=0.000). Yükseklik ve NDVI ile yüzey sıcaklığı arasındaki çoklu ilişki katsayısı 0.307 olarak hesaplanmış olup orta düzeyde bir ilişki bulunmuştur. Bir başka deyişle, Yükseklik ve NDVI ölçümleri yüzey sıcaklığının %10 unu açıklamaktadır.

Çoklu regresyon katsayılarına göre YİB-A’te yüzey sıcaklığının kestiriminde kullanılacak matematiksel eşitlik şu şekildedir:

$$\text{YİB-A bölgesindeki yüzey sıcaklığı} = 32,916 + 0.006 * \text{Yükseklik} - 7,506 * \text{NDVI}$$

Yerel iklim bölgesi-E

YİB-E’nin özellikleri irdelendiğinde yüzey sıcaklığı ortalaması 39,29°C, bina yüzey alanı ortalaması 0,0, ortalama bina yüksekliği 0,0, albedo 0,30, ısı akısı 0,0, yükseklik (rakım) ortalaması 874,95, ortalama NDVI değeri 0,14, gökyüzü görüş faktörü (GGF) 1,00, ortalama

geçirimsiz yüzey miktarı 10,000 m² olduğu görülmektedir. YİB-E'nin betimsel istatistikleri Çizelge 4.24'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.24. YİB-E için ölçümlerin betimsel istatistikleri

Yerel İklim Bölgesi		Ortalama	Std. sapma	N
YİB-E	Yüzey Sıcaklığı	39,29	1,10	239
	Bina Yüzey Fraksiyonu	0,00	0,00	239
	Bina Yüksekliği	0,00	0,00	239
	Albedo	,30	0,00	239
	Heat Flux	0,0	0,0	239
	Yükseklik	874,95	24,99	239
	NDVI	0,14	0,04	239
	GGF	1,0	0,0	239
	Geçirimsiz Yüzey	10000,0	0,0	239

YİB-E'nin Bina Yüzey Alanı, Bina Yüksekliği, Albedo, Isı akısı, GGF ve Geçirimsiz Yüzey ölçümlerinin standart sapmaları 0 olarak bulunmuştur. Bu altı ölçüm değer olarak değişkenlik göstermediği için yüzey sıcaklığının yordayıcı değişkenleri olarak ele alınamamıştır. YİB-E bölgesinde yüzey sıcaklığını, Yükseklik ve NDVI ölçümlerinin yordayıcı birer değişken olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiştir. (Sonuçları Tablo 4.25'de gösterilmiştir.)

Çizelge 4.25. YİB-E bölgesi için çoklu regresyon analizi

Yerel İklim Bölgesi		B	Std. hata	Beta	t	P	r
YİB-E	Sabit	28,571	2,339		12,214	,000*	
	Yükseklik	,013	,003	,299	4,888	,000*	,277
	NDVI	-5,499	1,535	-,219	-3,582	,000*	-,189
R=0.353 r ² = 0.124							
F=16.766 p=0.000							

*p<0.05

YİB-E için Yükseklik ve NDVI ölçümleri ile yüzey sıcaklığının kestirilmesine ilişkin kurulan regresyon modeli geçerli bulunmuştur ($F_{(2;236)}=16.766$ p=0.000). Yükseklik ve NDVI ile yüzey sıcaklığı arasındaki çoklu ilişki katsayısı 0.353 olarak hesaplanmış olup orta

düzeyde bir ilişki bulunmuştur. Bir başka deyişle, Yükseklik ve NDVI ölçümleri yüzey sıcaklığının %12'sini açıklamaktadır.

Çoklu regresyon katsayılarına göre YİB-E'nin yüzey sıcaklığının kestiriminde kullanılacak matematiksel eşitlik şu şekildedir:

$$\text{YİB-E bölgesindeki yüzey sıcaklığı} = 28,571 + 0,013 * \text{Yükseklik} - 5.499 * \text{NDVI}$$

Yerel İklim Bölgeleri Arasındaki Bölge ayırımı yapılmadan tüm veriler için çoklu regresyon analizi

Yerel iklim bölgeleri arasında bölge ayırımı yapılmadan yapılan tüm ölçümler irdelendiğinde yüzey sıcaklığı ortalaması 39,19°C, bina yüzey alanı ortalaması 466,83, ortalama bina yüksekliği 7,91, albedo 0,25, ısı akısı 34,48, yükseklik (rakım) ortalaması 889,60, ortalama NDVI değeri 0,15, gökyüzü görüş faktörü (GGF) 0,59, ortalama geçirimsiz yüzey miktarı 8068,61 m² olduğu görülmektedir. Çizelge 4.26'da tüm ölçümlere ilişkin betimsel istatistikler gösterilmiştir.

Çizelge 4.26. Tüm ölçümlere ilişkin betimsel istatistikler

	Ortalama	Std. sapma	N
Yüzey Sıcaklığı	39,19	1,50	1255
Bina Yüzey Alanı	466,83	535,01	1255
Bina Yüksekliği	7,91	6,96	1255
Albedo	0,25	0,06	1255
Heat Flux	34,48	29,88	1255
Yükseklik	889,60	26,74	1255
NDVI	0,15	0,06	1255
GGF	0,59	0,28	1255
Geçirimsiz Yüzey	8068,61	3278,63	1255

Yüzey sıcaklığını, Bina Yüzey Alanı, Bina Yüksekliği, Albedo, Isı akısı, Yükseklik, NDVI, GGF ve Geçirimsiz Yüzey ölçümlerinin yordayıcı birer değişken olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları Çizelge 4.27'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.27. Tüm ölçümlere ilişkin çoklu regresyon analizi

	B	Std. hata	Beta	t	p	r
Sabit	30,261	1,061		28,526	,000*	
Bina Yüzey Alanı	,000	,000	,080	2,789	,005*	,371
Bina Yüksekliği	,004	,006	,017	,653	,514	,315
Albedo	5,265	1,100	,197	4,785	,000*	,257
Isı akısı	,015	,003	,291	4,877	,000*	,396
Yükseklik	,008	,001	,140	6,399	,000*	,195
NDVI	-7,004	,686	-,272	-10,208	,000*	-,575
GGF	1,127	,275	,213	4,093	,000*	,376
Geçirimsiz Yüzey	4,288E-5	,000	,094	1,344	,179	,621
R=0.723 r ² =0,523						
F=170,616 p=0.000						

*p<0.05

Yüzey sıcaklığının kestirilmesine ilişkin kurulan regresyon modeli geçerli bulunmuştur ($F_{(8;1246)} = 170,616$ $p=0.000$). Tüm kestirici ölçümler ile yüzey sıcaklığı arasındaki çoklu ilişki katsayısı 0.723 olarak hesaplanmış olup yüksek düzeyde bir ilişki bulunmuştur. Bir başka deyişle, Bina Yüzey Alanı, Bina Yüksekliği, Albedo, Isı akısı, Yükseklik, NDVI, GGF ve Geçirimsiz Yüzey ölçümleri yüzey sıcaklığının %52'sini açıklamaktadır.

Yüzey sıcaklığını, Bina Yüzey Alanı, Albedo, Isı akısı, yükseklik, GGF ve NDVI ölçümlerinin anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). Beta katsayıların göre en önemli yordayıcı değişkenin ısı akısı olduğu gözlenmektedir.

Çoklu regresyon katsayılarına göre yüzey sıcaklığının kestiriminde kullanılacak matematiksel eşitlik şu şekildedir:

Yüzey sıcaklığı= $30,261 + 0.000 \cdot \text{Bina Yüzey Fraksiyonu} + 0.04 \cdot \text{Bina Yüksekliği} + 5,265 \cdot \text{Albedo} + 0,15 \cdot \text{Heat Flux} + 0,008 \cdot \text{Yükseklik} - 7,004 \cdot \text{NDVI} + 1,127 \cdot \text{GGF} + 4,288 \cdot \text{Geçirimsiz Yüzey}$

Yerel İklim Bölgelerinin Sınıflanmasında yüzey sıcaklığı, Bina Yüzey Alanı, Bina Yüksekliği, Albedo, Isı akısı, Yükseklik, NDVI, GGF ve Geçirimsiz Yüzey ölçümlerinin ayıricılığı var mıdır?

Yüzey sıcaklığı, Bina Yüzey Alanı, Bina Yüksekliği, Albedo, Isı akısı, Yükseklik, NDVI, GGF ve Geçirimsiz Yüzey ölçümlerinin Yerel İklim Bölgelerinin Sınıflanmasında önemli bir ayıricılığının olup olmadığı Diskriminant Analizi ile çözümlenmiş ve sonuçları Çizelge 4.28’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.28. Ölçümlere ilişkin diskriminant analizi

Özdeğerler					Wilks' Lambda			
Fonksiyon	Özdeğer	Varyans %	Toplamı %	Kanonik korelasyon	Wilks' Lambda	Ki-kare değeri	Sd	P
1	42,518	86,0	86,0	,988	,001	8278,986	42	,000
2	5,628	11,4	97,4	,921	,057	3573,828	30	,000
3	,945	1,9	99,3	,697	,377	1215,453	20	,000
4	,189	,4	99,7	,399	,734	386,138	12	,000
5	,130	,3	100,0	,340	,873	169,965	6	,000
6	,014	,0	100,0	,117	,986	17,119	2	,000

Ölçümlerin 6 ayırma fonksiyonu ile sınıflandırıldıkları gözlenmiştir. Ancak 1.ayırma fonksiyonun hem açıklanan varyansının yüksek olması hem de Wilks' Lambda değerinin sıfıra çok yakın bulunması sebebiyle 1. Fonksiyonun ayırma gücünün önemli düzeyde yüksek olduğu gözlenmektedir ($p<0.05$). Wilks Lamda değeri 0 ile 1 arasında değişir. 0’a yakın değerler, yerel iklim bölgelerine ilişkin farklılığının çok (güçlü) olduğunu, 1’e yakın değerler bölge farklılıklarının olmadığını ifade eder.

Yapısal fonksiyonun katsayıları incelendiğinde yerel iklim bölgelerinin sınıflandırılmasında altı ölçümün dikkate alındığı gözlenmektedir. Yerel iklim bölge sınıflamasında bu altı ölçümden en önemlisinin Bina Yüksekliği olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.29)

Çizelge 4.29. Ölçümlere ilişkin yapısal fonksiyon katsayıları

Yapısal Fonksiyon Katsayıları	1. Fonksiyon
Bina Yüksekliği	,755
BinaYüzey Alanı	,222
Yüzey Sıcaklığı	,080
NDVI	-,128
Yükseklik	,007
Bakı	,137

Yerel iklim bölgelerinin sınıflamasına ilişkin 6 ölçümle yapılan kestirimlerin doğruluk tablosu Çizelge 4.30’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.30. Yerel iklim bölgelerinin sınıflamasına ilişkin kestirimlerin doğruluk oranı

Yerel İklim Bölgesi		Kestirilen								Toplam
		YİB-2	YİB-3	YİB-4	YİB-5	YİB-7	YİB-8	YİB-A	YİB-E	
Orjinal	YİB-2	180	14	1	40	0	6	0	0	241
	YİB-3	0	105	1	1	19	15	0	0	141
	YİB-4	4	2	38	5	1	0	0	0	50
	YİB-5	42	22	14	108	0	4	1	0	191
	YİB-7	0	13	0	0	165	19	0	0	197
	YİB-8	3	0	0	0	0	23	0	0	26
	YİB-A	0	0	0	0	0	0	170	0	170
	YİB-E	0	0	0	0	0	0	0	239	239
a. 81.9% of original grouped cases correctly classified.										

Çizelge 4.30’a göre yerel iklim bölgelerine ilişkin sınıflamanın doğruluk oranı %81,9 bulunmuştur.

4.5.5. Yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde yapıli çevreye ilişkin özelliklerin faktör analizi

“Faktör analizi, aynı yapıyı ölçen çok sayıda değişkenden, az sayıda ve tanımlanabilir nitelikte anlamlı değişkenler elde etmeye yönelik çok değişkenli bir istatistiktir.” Faktör

analizinin yapılabilmesi için öncelikle verilerin gruplanmaya uygun olup olmadığının test edilmesi gerekmektedir (Tech cloud data science big data 2018).

Yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde yapıları çevrenin özelliklerinin gruplanabilir olup olmadığını, hangi özelliklerin bir arada gruplanabileceğini irdelenmek amacıyla faktör analizi yapılmıştır. Öncelikle özelliklere ait verilerin faktör analizine uygunluğu Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) Testi ile, örneklem büyüklüğünün yeterliliği Bartlett's Küresellik Testi ile test edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.31'de görülmektedir.

KMO istatistiği 0.537 bulunmuştur. Bu değerin 0.50 değerinden yüksek olması istenmektedir. Dolayısıyla 9 özelliğe ait örneklem büyüklüğü yeterli bulunmuştur. Verilerin faktör analizine uygun olup olmadığı ise Bartlett's Küresellik Testi ile sınanmıştır. Bu testin sonucuna göre de ölçümlerin faktör analizine uygun olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.31. Ölçümlerin faktör analizine uygunluğuna dair sonuçlar

Kaiser-Meyer-Olkin örneklem yeterliliği		,537
Bartlett's Küresellik Testi	Ki-kare değeri	7129,763
	Sd	36
	p	0,000

Albedo, Bina Yüksekliği, Bina Yüzey Alanı, Geçirimsiz Yüzey, GGF, Isı akısı, NDVI, Yükseklik ve Yüzey Sıcaklığı ölçümlerinin faktöriyel yapısını tespit etmek amacıyla Açıklayıcı Faktör Analizi yapılmıştır. Varyans tablosu Çizelge 4.32'de görülmektedir.

Albedo, Bina Yüksekliği, Bina Yüzey Alanı, Geçirimsiz Yüzey, GGF, Isı akısı, NDVI, Yükseklik ve Yüzey Sıcaklığı verilerinin 1 özdeğerinden büyük üç faktör altında toplandığı gözlenmiştir. 9 ölçümle faktöriyel yapının %76'nın açıklandığı gözlenmiştir. Her bir faktöre düşen ölçümlere ilişkin sıralanmış faktör yük değerleri Çizelge 4.33'de görülmektedir.

Çizelge 4.32. Açıklayıcı faktör analizi varyansları

Faktörler	Özdeğerler		
	Toplam	Varyans %	Toplamlı %
1	3,316	36,843	36,843
2	2,162	24,018	60,860
3	1,357	15,082	75,942
4	,644	7,152	83,094
5	,583	6,479	89,573
6	,372	4,135	93,707
7	,305	3,392	97,099
8	,225	2,504	99,604
9	,036	,396	100,000

Çizelge 4.33. Her bir faktöre düşen ölçümlere ilişkin faktör yük değerleri

	Faktörler		
	1	2	3
Geçirimsiz Yüzey	,908		
GGF	,869		
NDVI	-,637	-,491	
Isı akısı		,917	
Bina Yüksekliği		,754	
Albedo	,565	-,613	,390
Yükseklik			,845
Bina Yüzey alanı		,424	,686

Tabloya göre Geçirimsiz Yüzey, GGF ve NDVI ölçümleri 1.faktör altında toplanmış olup bu dört ölçüm, varyansın %38'ini oluşturmaktadır. 2.faktörde Isı akısı, Albedo ve Bina Yüksekliği ölçümleri bulunmuş olup bu üç ölçüm varyansın %23'ünü oluşturmuştur. 3.faktörde Bina Yüzey Alanı ve Yükseklik olmak üzere iki ölçüm toplanmıştır ve bu iki ölçüm varyansın %15'ini açıklamaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hızla artan kentleşme sonucunda özellikle büyük kentlerde farklılaşan kent ikliminin bir sonucu olarak ortaya çıkan kentsel ısı adası tüm dünyada oldukça sık karşılaşılan bir problem olması nedeniyle bu konudaki araştırmalar son yıllarda oldukça artmıştır. Kentsel ısı adası oluşumu yaşam kalitesi, sağlık, enerji tüketimi üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır.

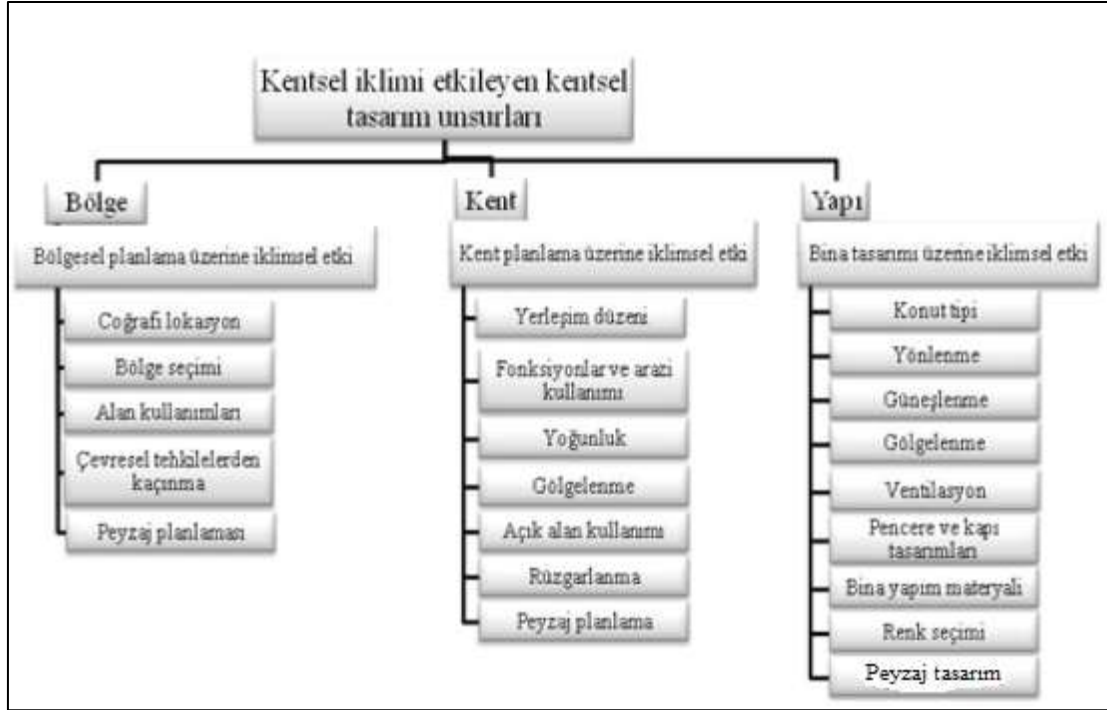
Dünya Sağlık Örgütü verileri ve analizleri ısıyla ilgili hastalık veya ölüm riski 1980'den bu yana istikrarlı bir şekilde arttığını ve dünya nüfusunun yaklaşık %30'unun şu anda yılda en az 20 gün potansiyel ölümcül sıcaklıklar sağlayan iklim koşullarında yaşadığını ortaya koymaktadır. Sıcak hava dalgaları, 2015-2019 döneminde tüm kıtaları etkileyen en ölümcül meteorolojik tehlike ve olmuş ve bu yıllar arasında sıcak hava dalgalarında Dünya'da 11.000 kişi hayatını kaybetmiştir (WMO 2020).

Kentlerde ortaya çıkan ısı artışı kentlere özgü bir sorun gibi yerel ölçekte görünse de aslında küresel iklim değişiminin yerel ölçekte ortaya çıkmış hali olup küresel bir sorundur. Yerel ölçeklerden başlayarak küresel ölçeklere varan sorunların tespit edilmesi ve tespit edilen sorunlara strateji geliştirmek bu anlamda oldukça önemlidir. WMO'nun ortaya koyduğu oranlar ve rakamlar konunun kentli sağlığı ve planlama açısından önemini ortaya koymaktadır.

Kent ve çevre plancıları giderek farklılaşan iki politika eğilimi ile karşı karşıyadır. Çevre konularının küreselleşmesi, çevre ile ilgili sorumluluklarda yerel yönetimlere düşen sorumluluğun artırılması. Yerel yönetimler, çevresel yönetim, standartların belirlenmesi ve sürdürülebilirlik konularında daha etkin olmaktadır. Bu eğilimler yeni bulguları, yeni ortamlarda ve farklı ölçeklerde yerel yönetim uygulamaları ile birleştirerek yerel politikalara farklı açılar getirmektedir (Mills 2006). İklim değişikliği gündeminde iklim bilgisinin planlama süreçlerine dahil edilmesi bu bağlamda giderek önem kazanmaktadır. Farklı araç ve yöntemlerle iklim verilerinin planlama sürecine entegrasyonu sağlanılmaya çalışılsa da henüz istenilen düzeyde değildir.

Kent iklimi bölge ölçeğinden yapı ölçeğine kadar bütüncül olarak ele alınması gereken bir konudur. Bölgesel ölçekte alınan alan kullanım kararları kadar yapı bazında alınan kararlar, tasarım unsurları kent iklimi üzerinde büyük etkilere sahiptir. Şekil 5.1 de kent iklimini

etkileyen kentsel tasarım unsurları bölge, kent ve yapı ölçeğinde görülmektedir. Mills (2006), yapı tasarımı ve konumlanmasının dış çevre üzerindeki etkilerinin incelenmesinin kentsel klimatoloji çalışmalarında büyük önem taşıyabilecek bir arena olduğunu ifade etmektedir. Bu tez çalışmasında da yapı ve yapılı çevre özellikleri ile kent iklimi arasındaki ilişki ortaya koyulmaya çalışılmıştır.



Şekil 5.1. Kentsel iklimi etkileyen kentsel tasarım unsurları (WHO 2004)

Konunun kapsamını incelemenin bir başka yolu da kent iklimini, araştırma veya uygulama yöntemleri açısından incelemektir. Bunlar;

- Kavramsallaştırma
- Teori
- Alan gözlemi
- Modelleme (istatistiksel, ölçek ve sayısal)
- Modellerin doğrulanması
- Kentsel tasarım ve planlamada uygulama
- Etki değerlendirmesi (uygulama sonrası)
- Politika geliştirme ve modifikasyonlar

olarak sıralanabilir. Genel olarak, ilk dört aşama günümüz kentsel iklim çalışmalarında iyi temsil edilmekte, sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Ancak önemli bir aşama/uygulama olmasına rağmen doğrulama daha az gelişmiştir ve bu alanda araçlara ihtiyaç bulunmaktadır.

Kentsel ısı adası oluşumu kentlerin kendine özgü özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Kentin topografyası, morfolojisi, arazi kullanımının dağılımı, yapıli çevresinin özellikleri kentsel ısı adası oluşumu üzerinde etkili faktörlerdir. Kentlerin, ısı adası olgusunu en aza indirgeyecek şekilde planlanabileceği (Givoni, 1986) ve kentsel tasarım aracılığıyla ısı adası etkisinin azaltılabileceği unutulmamalıdır. Bu tez çalışmasının amacı da planlama ile kentsel ısı adası arasında ilişki kurmayı sağlayacak bir araç/yöntem ortaya koymaktır. Kentsel ısı adası etkisi üzerine dünyada farklı yaklaşımlarla birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında Stewart ve Oke tarafından 2012 yılında geliştirilen dünya çapında iklim çalışmalarında iletişimin kolaylaşması, karşılaştırma yapılabilmesi ve iklimsel gözlemlerin standart hale getirilmesi amacı ile oluşturulmuş “Yerel İklim Bölgeleri (YİB) Sınıflandırma Sistemi” kullanılmıştır. Yerel iklim bölgeleri sınıflandırma sistemi kent içi farklılıkları daha net ortaya koyabilmek açısından kullanışlı bir yöntem (Ng, 2015) olarak tanımlanmaktadır. Özellikle kentsel ısı adası etkisi açısından kent-kır farkından ziyade kentsel bölgeler arasındaki farklılıkları daha objektif olarak ortaya koymayı amaçlamaktadır. YİB sınıflandırma sisteminin bu çalışma için uygunluğu ise; yapıli çevreye ilişkin sınıflandırmaların özellikle planlama ve kentsel tasarım diline dönüştürülebilmesi için pratik bir yol oluşturmasından kaynaklanmaktadır.

Çalışmanın sınırlılıkları

Tez çalışması kapsamında başlangıçta Ankara kent bütünü için bir iklim haritası oluşturulmak istenmiştir. Ancak meteoroloji istasyonlarının sayısının yetersiz olması nedeniyle iklim verileri (nem, sıcaklık, kirlilik vb.) konusunda yeterli mekânsal dağılıma sahip, sürekliliği olan veriye erişilememesi ve bilimsel olarak kabul edilebilir veri üretilebilmesi için tez sürecinin yetersiz olması sınırlılık oluşturmuştur. Bu aşamda tez çalışmasının ana çıkış noktası olan planlama-iklim verileri arasındaki ilişkiyi ortaya koyacak; planlama ve kentsel tasarım süreçlerinde etkili olabilecek bir yaklaşım olduğu için yerel iklim bölgesi sınıflandırma sistemine geçilmiştir. Ayrıca; çalışmada yüzey sıcaklıklarının yapıli çevre ile ilişkisinin sorgulanması hedeflendiğinden, büyük alanlarda çalışmayı kolaylaştıran ancak YİB sınıflandırmasını otomatik olarak oluşturan ‘Uydu

Görüntüleri tabanlı (Bechtel) yöntem’ yerine ‘CBS (Lelovics-Gál) yöntemi’ tercih edilmiştir. CBS yöntemi gereği, haritalama işleminin ilk aşamasında YİB sınıfının belirlenmesinde kullanılan parametrelerin çalışma alanı için oluşturulan gridlere işlenecek olması tüm Ankara’nın çalışılması yerine belli bir alan büyüklüğü sınırı getirilmesini zorunlu kılmıştır. Çalışma alan belirleme aşamasında kent içinde farklı arazi örtülerini farklı dokuları birarada barındıran bir alan seçmek için öncelikle Ankara kent bütününde Google Earth üzerinden incelenerek Batıkent, Çayyolu ve Altındağ olmak üzere 3 farklı alternatif alan belirlenmiştir. Yapılan saha çalışması sonucunda Batıkent ve Çayyolu bölgelerinde bina yükseklikleri açısından çeşitlilik görülmüş ancak Altındağ’ın daha fazla YİB sınıfını (YİB-2, YİB-3, YİB-4, YİB-5, YİB-7, YİB-8, YİB-A ve YİB-E olmak üzere toplam 8 sınıf) barındırıyor olması tercih sebebi olmuştur.

Çalışmadaki veriler nedeniyle ortaya çıkan diğer sınırlılıklar ise şunlardır:

- Rüzgar hızı ve dağılımının kentsel ısı adası açısından önemli bir parametre olmasına karşın alana özgü rüzgar verisinin olmaması nedeniyle araştırmaya dahil edilememesi ve bulgular yorumlanırken değerlendirmeye alınamaması,
- Doğal çevre özelliği olarak ya da tasarım elemanı olarak su varlığının kentsel ısı adası etkisinin oluşumu ve şiddeti açısından önemli bir parametre olmasına karşın alanda (üzeri açık) su varlığı olmaması nedeniyle etkisinin ortaya konulamaması,
- Çalışmada kullanılan Landsat-8 uydusunun Ankara kenti üzerinden hep benzer saatte geçiyor olması nedeniyle zamansal sınırlılık oluşması

Çalışmanın bulguları

19. yüzyıldan günümüze kadar kentsel ısı adası çalışmalarında farklı yöntemler kullanılmıştır. Bu konuda görece yeni bir yöntem kentlerdeki yerel iklim bölgelerinin belirlenerek kentsel ısı adası olgusunun irdelenmesidir. Tez çalışması kapsamında yerel iklim bölgelerini sınıflandırma sistemi kullanılarak Ankara kenti tarihi merkezini içeren Altındağ’da 12 mahalleyi içeren bir bölgede kentsel ısı adası etkisi ortaya konularak yapı ve doğal çevre ile ilişkisi irdelenmiştir.

Tez çalışmasında araştırma alanı Ankara kenti Altındağ ilçesi sınırları içerisinde kalan Altınpark, Aydınlıkevler, Ziraat, Örnek, Plevne, Gültepe, Aktaş, Atıfbey, Yıldırım Beyazıt,

Hacı Bayram, Kale, Anafartalar mahalleleri olmak üzere on iki mahalleyi kapsamaktadır. Alanın 2019 TÜİK verilerine göre nüfusu 87 367 kişidir. Ankara kenti cumhuriyetin ilk yıllarında başkent olması ile başlayan süreçten bugüne kadar hep öngörülerin üstünde bir nüfus artışı ile büyüyen bir kent olmuş, çeşitli planlama dönemlerinde mekansal yayılması çok hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir. Ankara kentinin morfolojik, topografik yapısı dikkate alınmadan gerçekleşen mekânsal yayılma beraberinde kentsel ısı adası oluşumunu getirmiştir.

Ankara kent merkezi topografik ve morfolojik olarak çukur bir alanda yer almaktadır. Kenti çevreleyen dağlar, kent merkezindeki hava durgunluğuna neden olan ve dolayısıyla kentsel ısı adası etkisini arttıran diğer önemli bir faktördür (Duman 2005).

Yerel iklim bölgesi sınıflandırması saha çalışmalarına dayalı olarak üç aşamalı bir işlem sonucu elde edilmiştir:(1) alanın tanımlanması, (2) saha çalışması yapılarak verilerin toplanması, (3) yerel iklim bölgesinin tanımlanması

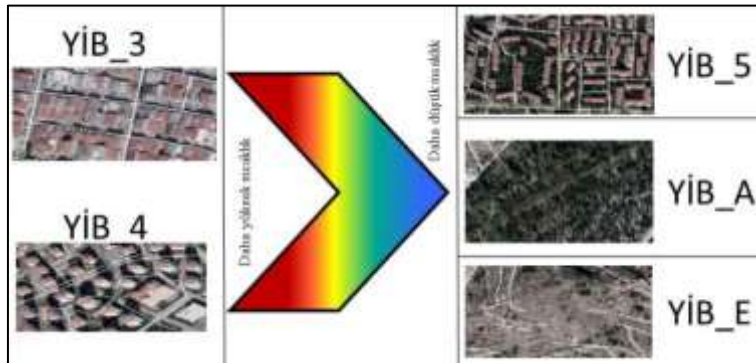
Ankara kenti için kentsel ısı adası etkisinde yerel iklim bölgesi sınıflandırma sisteminin kullanılmasının avantajları;

- Ankara kenti içindeki termal koşulların farklılaşmasının bir ifadesi olarak $\Delta YİB$ 'nin, $\Delta k_{ent-kır}$ 'dan daha kullanışlı bir yöntem olması
- Yerel iklim bölgeleri arasındaki sıcaklık farkının kentin yapılı çevresinin (bina morfolojisi, arazi örtüsü ve bitki örtüsü miktarı vb) ve doğal çevresinin özelliklerine göre gösterdiği farklılığın ortaya konulmasını sağlaması
- Tüm Dünya'da Ankara kenti ile aynı Köppen iklim sınıfına giren kentlerle kentsel ısı adası büyüklüğünün YİB sınıfına göre karşılaştırabilmesine imkan sağlaması.
- Gerekli veri tabanı oluşturulduğu takdirde, Ankara kenti bütünündeki ısı adası etkisinin tespiti ve kentsel gelişimle ilişkili olarak değişiminin takibini olanaklı kılması ve ilk oluşumun ardından süreç içinde zaman ve maliyet açılarından daha uygulanabilir hale gelecek olması

sayılabilir.

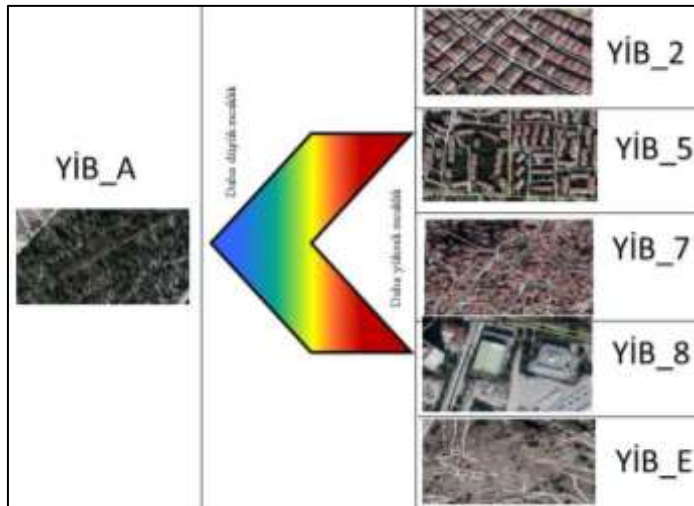
Araştırma kapsamında, Landsat 8 uydu görüntüleri üzerinden Arc gis programı kullanılarak oluşturulan yüzey sıcaklık haritası incelendiğinde, en soğuk bölgelerin çalışma alanının üç büyük yeşil alanı, yoğun ağaçlık alanlar olan Altınpark, Gençlik Parkı ve Gültepe Mezarlığı olduğu görülmektedir. Yoğun kentsel alanların ve büyük asfalt kaplı zeminlerin olduğu bölgelerin ise en sıcak alanlar olduğu görülmektedir. Yüzey sıcaklık haritasından elde edilen verilere göre çalışma alanı içinde en düşük sıcaklık 33,0°C iken en yüksek sıcaklık 44,5°C dir. En düşük ve en yüksek sıcaklık arasında 11,5°C'lik bir fark bulunmaktadır.

Araştırma kapsamında oluşturulan yüzey sıcaklık haritası ve yerel iklim bölgeleri haritası arasındaki ilişkinin analiz sonuçlarına göre yerel iklim bölgeleri ile uydu görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklıkları arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Yerel iklim bölgeleri arasında; yoğun düşük katlı yerleşim alanını ifade eden YİB-3 iklim bölgesine ait yüzey sıcaklıklarının ve açık yüksek katlı yerleşim alanını ifade eden YİB-4 iklim bölgesine ait yüzey sıcaklıklarının, açık orta yükseklikte yerleşim alanını ifade eden YİB-5 iklim bölgesine ait yüzey sıcaklıklarından, yoğun ağaçlık alanları ifade eden YİB-A iklim bölgesine ait yüzey sıcaklıklarından, kaya ya da yüzey malzemesi ile kaplı alanları ifade eden YİB-E iklim bölgesine ait yüzey sıcaklıklarından daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.2)



Şekil 5.2. Yerel iklim bölgeleri arasındaki sıcaklık farklılıkları

YİB-A (yoğun ağaçlık) iklim bölgesine ait yüzey sıcaklıklarının, YİB-5 (açık orta yükseklikte yerleşim alanı) iklim bölgesine ait yüzey sıcaklıklarından, yoğun tek katlı yerleşim alanını ifade eden YİB-7 iklim bölgesine ait yüzey sıcaklıklarından, geniş düşük katlı yerleşim alanını ifade eden YİB-8 iklim bölgesine ait yüzey sıcaklıklarından ve YİB-E (kaya ya da yüzey malzemesi ile kaplı alan) iklim bölgesine ait yüzey sıcaklıklarından daha düşük olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Yerel iklim bölgeleri arasındaki sıcaklık farklılıkları

Analizler sonucu ortaya çıkan bu bulgular kent içindeki yapıli çevre ve yeşil alanlar arasında ne kadar büyük farklılıklar olabileceğini ortaya koymakta ve yaşam konforu açısından yeşil alanların önemini nicel olarak ifade etmektedir.

Ankara kentinde yapılan bu çalışmada uzaktan algılama ile tespit edilen yüzey sıcaklıkları ile çevresel faktörler arasındaki ilişki sorgulanmıştır. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre NDVI faktörü güçlü yordayıcılardan olmuştur.

İstatistiksel analiz sonucu elde edilen matematiksel eşitlik üzerinden yüzey sıcaklığının kentsel yapıli çevre elemanları değiştiğinde ne şekilde farklılaşabileceğini ortaya koymak amacıyla olumlu ve olumsuz senaryo ile örnek bir çalışma yapılmıştır. YİB-8 sınıfına giren bir alan seçilerek planlama/kentsel tasarım aracılığı ile değiştirilebilecek unsurlar olan bina yüzey alanı, bina yüksekliği, albedo, ısı akısı, yükseklik, bitki örtüsü miktarı, gökyüzü görüş faktörü ve geçirimsiz yüzey miktarları farklılaştığında sıcaklığın nasıl değişeceği ortaya konulmuş ve sonuçlar Çizelge 5.1’te gösterilmiştir.

Bu aşamada tez çalışması kapsamında yapılan analizler sonucu çoklu regresyon katsayılarına göre YİB-8’de yüzey sıcaklığının kestirimi için elde edilen;

Yüzey sıcaklığı= 30,261 + 0.000* Bina Yüzey Fraksiyonu + 0.04* Bina Yüksekliği+ 5,265* Albedo + 0,15* Isı akısı+ 0,008* Yükseklik – 7,004* NDVI + 1,127* GGF +4,288* Geçirimsiz Yüzey

matematiksel eşitliği kullanılarak; yerel iklim bölgesi haritası içinde YİB-8 olarak tespit edilmiş 1142 numaralı grid üzerinden kentsel yapıyı çevre elemanlarındaki değişimin yüzey sıcaklığını ne ölçüde etkilediği belirlenmiştir.

Bina yapı malzemelerinde ya da yüzey kaplamalarında albedosu, bir başka deyişle yansıtma kapasitesi yüksek yapı malzemesi seçilmesi, bina dış cephelerinde açık renkli boya kullanılması gibi uygulamalar güneşten gelen ışınların yapılarda depolanmasını azaltarak yapıların ve ortamın daha serin olmasını sağlamaktadır. Ayrıca malzemelerin ısı akısının yüksek olması da yapılarda ısı hapsolmesine neden olarak sıcaklığı arttırıcı etki oluşturmaktadır. Çizelge 5.1 de görüldüğü gibi özellikle geçirimsiz yüzeylerin azaltılması yüzey sıcaklığı üzerinde 8°C lik bir düşüş sağlayabilmektedir. Yüzey sıcaklığındaki bu azalma termal konfor açısından oldukça önemlidir. Kentsel tasarım çalışmalarında az katlı binaların planlanması da yüzey sıcaklığını düşürücü etki oluşturmaktadır.

Çizelge 5.1’de görüldüğü üzere seçilen alanda olumsuz senaryo olarak tanımlanan tasarım unsurları kullanıldığında sıcaklıklar 40,789°C’ye çıkabilmekte; olumlu senaryo gereği yüzey sıcaklığını düşürücü unsurla kullanıldığında sıcaklık 30,053°C’ye kadar düşebilmekte, yaklaşık 10°C’lik bir fark oluşabilmektedir. Sonuçlar planlama/tasarım sonucunda kentteki yapıyı çevrede yaratılabilecek sıcaklık farkının boyutunu ve önemini nicel olarak ortaya koymaktadır.

Çizelge 5.1. YİB-8 sınıfına giren bir kentsel alanda, kentsel yapıyı çevre elemanlarının değişiminin yüzey sıcaklıklarına etkisi

1142 nolu grid YİB-8	Bina yüzey alanı	Bina yükseği	Albedo	Isı akısı	GGF	Geçirimsiz yüzeyler	NDVI	Formüle göre sıcaklık değerleri
Analiz sonucu değerler	300,7	7	0,25	49	1	9.699,3	0,10	38,658
Bina yüzey alanı azaltıldığında	100,0	7	0,25	49	1	9.699,3	0,10	38,658
Bina yüksekliği azaltıldığında	300,7	4	0,25	49	1	9.699,3	0,10	38,657
Albedo azaltıldığında	300,7	7	0,10	49	1	9.699,3	0,10	38,657
Isı akısı azaltıldığında	300,7	7	0,25	10	1	9.699,3	0,10	38,650
GGF azaldığında	300,7	7	0,25	49	0	9.699,3	0,10	38,658
Geçirimsiz yüzey azaltıldığında	300,7	7	0,25	49	1	9.000,0	0,10	30,066
Bitki örtüsü artırıldığında	300,7	7	0,25	49	1	9.699,3	0,90	38,653

Çizelge 5.1. (devam) YİB-8 sınıfına giren bir kentsel alanda, kentsel yapılı çevre elemanlarının değişiminin yüzey sıcaklıklarına etkisi

Yüzey sıcaklığını düşürme hedefiyle tüm parametreler değiştirildiğinde	100,0	4	0,10	10	1	9.000,0	0,90	30,053
Yüzey sıcaklığını yükseltecek şekilde parametreler değiştirildiğinde	900,0	95	0,90	100	1	9.990,0	0,10	40,789

Kentsel ısı adası oluşumunu azaltmak için öneriler

- Yasal çerçevenin oluşturulması: Kentsel ısı adası etkisini ve oluşumunu azaltmak için alınacak tüm önlemler ve bu sürecin mekânsal planlama süreçlerine (imar planlama, kentsel tasarım hatta koruma amaçlı imar planlaması) entegrasyonu için gerekli yasal altyapı imar yönetmelikleri vb aracılığı ile sağlanmalı, ısı adasının hem tespit hem de azaltımına yönelik çalışmalara zemin oluşturacak gerekli mevzuat değişiklikleri yapılmalıdır.
- Kurumsal yapılanmanın oluşturulması: Ülke düzeyinde ve bölgesel ile yerel düzeyde ısı adası etkisinin oluşmaması ve azaltılmasına yönelik kısa-orta ve uzun vadeli mekânsal stratejiler geliştirilmesi devlet politikası olarak benimsenmelidir. Bu yönde uzman kadroların oluşturulması, ajanslar vb tüzel kişiliklerin kurulması gerekmektedir.
- Teknik, teknolojik altyapının oluşturulması: Planlama, veri üretimi, analiz ve izleme süreçlerinde bilgisayar destekli uygulamalar ve ileri teknoloji en etkin şekilde kullanılmalıdır. Gerekli yazılım ve programlamalar bakanlıklardan yerel yönetimlere kadar entegre ve aktif şekilde hayata geçirilmelidir.
- Bilinçlenme ve Entegrasyon: Planlama sürecinin yürütücü kurumları olan yerel yönetimlerin ve diğer tüm paydaşların iklim değişikliği ve kentsel ısı adası oluşumu konusunda daha fazla bilinçlenmesi, planlama süreçlerine ve plan kararlarına bu verilerin mutlaka entegresinin sağlanması gerekmektedir.
- Yeni araçların denenmesi, geliştirilmesi: Planlama sürecine iklim verilerinin entegrasyonu için, dünyada birçok örneği olan kent iklim haritalarının ülkemiz veri altyapısına göre denenmesi ve oluşturulması için gerekli kurumsal adımların atılması gerekmektedir. Kent iklim haritalarının oluşturulması uzun bir geçmişe sahip veri altyapısına, geleceğe dönük

olarak yapılmış alt ölçekteki iklim değişikliği projeksiyonlarına ve farklı uzmanlıklara ihtiyaç duyduğu unutulmamalıdır.

- YİB sınıflarının imar planlarına ve iklim haritalarına entegrasyonunun sağlanması: Yeni oluşturulacak planlarda yüzey sıcaklık haritaları bir girdi olarak kullanılmalı, ısı adası olan ya da yüksek sıcaklıklara sahip bölgelerde alınacak kararlarda YİB sınıflarına göre alınabilecek önlemler ve etkilerinin matematiksel olarak hesaplaması yapılarak nicel olarak plana girdi oluşturulmalıdır. Bunu yapabilmek için farklı iklim bölgeleri için YİB-yüzey sıcaklığı ve kentin yapılı-doğal çevresinin özelliklerinin ilişkisinin ortaya konulması gerektiği unutulmamalıdır.

Ankara kentinde kensel ısı adası oluşumunu azaltmak için öneriler

Tez çalışması kapsamında elde edilen bulgular doğrultusunda Ankara kentinde ısı adası etkisini azaltmak için alınabilecek önlemler bölge ölçeğinden yapı ölçeğine doğru verilmiştir.

- Tüm Ankara kenti için yerel iklim bölgelerinin ve yüzey sıcaklıklarının belirlenerek termal açıdan sorunlu bölgelerin tespit edilmesi gerekmektedir. Sorunlara uygun çözüm önerilerinin planlama ve tasarım süreçlerine dahil edilerek hızla gelişen kentte yapılaşmanın daha sağlıklı ve yaşanabilir nitelikte olması sağlanmalıdır.
- Kent genelini temsil edebilecek nicel ve nitel özelliklere sahip ve erişilebilir iklim verisinin toplanması gerekmektedir. Örneğin, kentsel ısı adası etkisinin oluşumu ve azaltımı açısından rüzgar önemli bir parametre olmasına karşın Ankara kenti için elde edilebilen rüzgar verisi mekânsal açıdan oldukça sınırlıdır.
- Çalışma alanı içinde yüzey sıcaklıklarının yüksek olduğu, geçirimsiz yüzeylerin bulunduğu YİB-E'ye ait alanlar, özellikle Hacıbayram ve Atıf Bey mahallelerinde yıkılmış gecekonduların bulunduğu bölgeler planlanırken ve tasarlanırken yüzey sıcaklığını daha da arttıracak plan kararlarından ve tasarımlardan kaçınılmalı, geçirimsiz yüzeyler azaltılmalı, yerel ve su tüketimi düşük (kurakçıl) bitkiler kullanılarak sıcaklıklar düşürülmelidir.
- Tez kapsamında yapılan analizlerde büyük parklarda yüksek sıcaklık değerlerine sahip sert zeminlerin bulunduğu görülmektedir. Bu nedenle başta çalışma alanı içinde olan Gençlik Parkı ve Altınpark olmak üzere parkların tasarımlarında bitki örtüsü ile kaplı alanlar arttırılmalı, geçirimsiz yüzeylerin kullanımı azaltılmalıdır.

- Kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasında doğal bitki örtüsü ve su yüzeylerinden yararlanmanın stratejik faydaları göz önünde bulundurularak çalışma alanındaki üzeri kapatılmış su yüzeylerinin (Bent deresi vb.) yeşil doku ile bütünleştirilerek yeniden yüzeye taşınmaları, planlar dahilinde gerçekleştirilmelidir.
- Alan içerisinde kentsel dönüşüm uygulamalarına konu mahalleler bulunmaktadır. Bu nedenle kentsel dönüşüm planlarında, YİB sınıfı özellikleri de dikkate alınarak parsellerdeki yapı yaklaşma mesafeleri bina yüksekliklerine bağlı olarak düzenlenmeli; parsellerdeki yeşil alanların tasarımı ve uygulaması yeşil alanların sıcaklığı azaltıcı etkisi göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.
- Ankara kentinde geniş sert zemileri barındıran kamuya ait ya da özel mülkiyetteki yapılarda çatı bahçesi, cephe bitkilendirmesi gibi tasarımlarla yeşil alan miktarı artırılarak sıcaklık dengelenmeye çalışılmalı; geniş geçirimsiz yüzeylerin bulunduğu otopark alanlarında da bitkilendirilmeye önem verilmelidir.
- Çatı malzemelerinde günümüzde kullanılmaya başlanılan ancak istenilen düzeyde olmayan serin malzeme olarak adlandırılan beyaz kaplamalar ve beyaz renkli malzemeler, alüminyum pigmentli serin malzemeler sıcaklığı düşürmede etkilidir. Yapılarda kullanılan malzemelerinin ana amacının termal direncin artırılarak ısıtma ve soğutmadaki enerji tüketimini azaltması olduğu düşünülerek mevcut dokuda ısı depolanmasını azaltan çatı düzenlemeleri yapılmalı ve bina dış cephelerinde açık renkli dış cephe kaplamaları kullanılmalıdır.
- Çalışma alanı içinde yeni yapılmış olan Telekom binası ve çevresi yüzey sıcaklık haritalarında alan içindeki yüksek sıcaklığa sahip bölgelerdendir. Bu alanın yüzey sıcaklığının yüksek çıkmasında kullanılan yapı malzemelerinin etkisi (çelik/cam) bulunmaktadır. Bu nedenle yeni yapılaşacak bölgelerde yapı cephelerinde ısı depolanmasını azaltan yapı malzemeleri ve açık renkli dış cephe kaplamaları kullanılmalıdır.

Kent ve özellikle bina morfolojisinin kentsel ısı adası oluşumu üzerindeki etkilerini daha somut bir şekilde ortaya koymayı amaçlayan bu yeni yaklaşım kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasında, daha alt ölçeklerde strateji geliştirmeyi kolaylaştıracaktır. Planlama çalışmalarında alan kullanım kararları verilirken kentin fiziki ve sosyo-ekonomik verilerinin göz önünde bulundurulması, yaşam konforu açısından sağlıklı yaşam ortamlarının oluşmasını sağlayacaktır. Yapıların birbirlerine göre olan konumu, yerleşim dokusu ve yoğunluklar enerji etkin planlama ilkeleri göz önünde bulundurularak oluşturulmalıdır.

Planlama çalışmalarında açık yeşil alan sistemine önem gösterilmeli; sağlıklı yeşil alan sistemlerinin yaşam ortamlarına katılmasının kent içindeki yaşam kalitesini de arttıracadı unutulmamalıdır.

Gelişen ve büyüyen kentlerin büyük sorunlarından biri olan kentsel ısı adası oluşumu parçacı planlar doğrultusunda ve srdrlebilirlik anlayışından uzak alınan plan kararlarının kent ekosistemine olumsuz etkisinin bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle kentlilerin en önemli ihtiyaının sağlıklı ve yaşam kalitesi yüksek yaşam alanları olduğu göz önünde bulundurularak mevcut dokularda iyileştirmeler yapılmalı ve yeni planlanacak alanlarda iklimsel parametreler mutlaka planlama sürecine entegre edilmelidir. Bu tez çalışması ile planlama sürecine iklim verilerinin entegrasyonunu sağlayacak bir araç ortaya konulmaya çalışılmıştır.

KAYNAKLAR

- Alexander, P. J. and Mills, G. (2014). Local climate classification and Dublin's urban heat island. *Atmosphere*, 5(4), 755-774.
- Alkan, A., Adıgüzel, F. ve Kaya, E. (2017). Batman kentinde kentsel ısınmanın azaltılmasında yeşil alanların önemi. *Coğrafya Dergisi*, (34), 62-76.
- Al-Sudani, A., Hussein, H. and Sharples, S. (2017). Sky view factor calculation-A computational-geometrical approach. *Space Syntax and Ontologies*, 2, 673-682.
- Anderson, J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T. and Witmer, R. E. (1976). *A land use and land cover classification system for use with remote sensor data*. Washington: U.S. Geological Survey Professional, 964.
- Ankara Büyükşehir Belediyesi. (2017). *Ankara Büyükşehir Belediyesi 2038 çevre düzeni plan açıklama raporu*. Ankara: Ankara Büyükşehir Belediyesi, 139.
- Arnfield, A. J. (2003). Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology: a Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(1), 1-26.
- Auer Jr, A. H. (1978). Correlation of land use and cover with meteorological anomalies. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 17(5), 636-643.
- Balık, H. (2012). *Kent iklimi planlama ilişkisinin Stuttgart ve Hong Kong kenti örneklerinde değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 112-120.
- Balık, H. ve Duman, Ü. (2014). Planlama sürecine iklim verilerinin entegrasyonu. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 7(2), 1-6.
- Barış, E. (1995). *Ankara kentinde hava kirliliği sorununun çözümünde peyzaj mimarlığı açısından alınması gerekli önlemler*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,
- Bechtel, B., Alexander, P. J., Böhner, J., Ching, J., Conrad, O., Feddema, J., Mills, G., See, L. and Stewart, I. (2015). Mapping local climate zones for a worldwide database of the form and function of cities. *International Journal of Geo-Information*, 4(1), 199-219.
- Bilgili, C. (2009). *Ankara kenti yeşil alanlarının kent ekosistemine olan etkilerinin bazı ekolojik göstergeler çerçevesinde değerlendirilmesi üzerine bir araştırma*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 75-78.
- Bozkurt, N. E., Zontul, M. ve Aslan, Z. (2018). Uydu verilerine dayalı olarak bitki örtüsü analizi. *Aurum Mühendislik Sistemleri Ve Mimarlık Dergisi*, 2(1), 75-82.
- Brown, H., Proust, K., Newell, B., Spickett, J., Capon, T. and Bartholomew, L. (2018). Cool communities—Urban density, trees, and health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1547.

- Can, A. (2014). *SPSS ile bilimsel araştırma sürecinde nicel veri analizi* (2. Baskı). Ankara: Pegem, 20-40.
- Canan, F.(2017). Kent geometrisine bağlı olarak kentsel ısı adası etkisinin belirlenmesi: Konya örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 69-80.
- Chandler, T. J. (1965). *The climate of london*. Hutchinson: London, 241-250.
- Chen, L., Ng, E., An, X., Ren, C., Lee, M., Wang, U. and He, Z. (2012). Sky view factor analysis of street canyons and its implications for daytime intra-urban air temperature differentials in high-rise, high-density urban areas of Hong Kong: a GIS-based simulation approach. *International Journal of Climatology*, 32(1), 121-136.
- Choi, Y., Lee, S., Moon, H., (2018). *Urban Physical Environments and the Duration of High Air Temperature: Focusing on Solar Radiation Trapping Effects*. *Sustainability*, 10, 2-14.
- Çiçek, İ. (2005). Ankara’da şehir ve kırsal sıcaklık farklarındaki değişiklikler (1970-2002). *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 1-16.
- Çiçek, İ. ve Doğan, U. (2005). Ankara’da şehir ısı adasının incelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3(1), 57-72.
- Çobanyılmaz, P., Yüksel, Ü. D. (2013). Kentlerin iklim değişikliğinden zarar görebilirliğinin belirlenmesi: Ankara örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(3), 39-50.
- Dağlıyar, A. (2016). Uzaktan algılama çalışmalarında termal uygulamalar. *Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 22, 109-115.
- Darende, V. (2018, 17 Ekim). *Yüzey sıcaklıklarının Arc Gis programında hesaplanması üzerine söyleşi*. Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ellefsen, R. (1990/91). Mapping and measuring buildings in the urban canopy boundary layer in ten US cities. *Energy and Buildings*, 15-16, 1025–49.
- Fenner, D., Meier, F., Bechtel, B., Otto, M. and Scherer, D. (2017). Intra and inter local climate zone variability of air temperature as observed by crowdsourced citizen weather stations in Berlin, Germany. *Meteorologische Zeitschrift*, 26, 525-547.
- Gál, T. M., Rzepa, M., Gromek, B. and Unger, J. (2007). Comparison between sky view factor values computed by two different methods in an urban environment. *Acta Climatologica et Chorologica*, 40, 17-26.
- Gall, T. and Bechtel, B. and Unger, J. (2015). *Comparison of two different local climate zone mapping methods*. 9th International Conference On Urban Climate Jointly With 12th Symposium On The Urban Environment, Toulouse.
- Geiger R. (1942) *Das stadtklima in: Das klima der bodennahen luftschicht, die wissenschaft*, (vol 78). Wiesbaden: ViewegTeubner Verlag, 5-12.

- Geletic, J. and Lehnert, M. (2016). GIS-based delineation of local climate zones: The case of medium-sized Central European cities. *Moravian Geographical Reports*, 24(3), 2-12.
- Gerundo, R., Grimaldi, M., & Marra, A. (2016). A methodology hazard-based for the mitigation of the radon risk in the urban planning. *UPLanD - Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design*, 1(1), 27.
- Grigg, D. (1965). The logic of regional systems. *Annals Of The American Association of Geographers*, 55, 465-491.
- Grimmond, C. S. B., Roth, M., Oke, T. R., Au, Y. C., Best, M., Betts, R., Carmichael, G., Cleugh, H., Dabberdt, W., Emmanuelli, R., Freitas, E., Fortuniak, K., Hannal, S., Klein, P., Kalkstein, L. S., Liu, C. H., Nickson, D., Pearlmutter, A. and Voogts, J. (2010). Climate and more sustainable cities: climate information for improved planning and management of cities (producers/capabilities perspective). *Procedia Environmental Sciences*, 1, 247-274.
- Güllüoğlu C. (2019, 12 Haziran). *Cem Güllüoğlu ile Arc Gis programında analizler üzerine söyleşi*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Gülten, A. and Aksoy, U. T. (2008). *Kent ölçeğinde güneş ısıtım etkisi ve gökyüzü görüş faktörünün ilişkisinin araştırılması; Elazığ örneği*. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul.
- Gümüş, A. E. (2005). *Meteorolojik parametreler ışığında Ankara iklimindeki farklılıkların peyzaj mimarlığı açısından incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 58-63.
- Gümüş, A. E. (2012). Ankara ili biyoiklimsel konfor analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13, 48-56.
- Gümüş, A. E. (2015). *Ankara kenti ısı adası oluşumunun saptanması ve değerlendirilmesi*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 102-113.
- Hammerle, M., Gál, T. M., Unger, J. and Matzarakis, A. (2011). Introducing a script for calculating the sky view factor used for urban climate investigations. *Acta Climatologica et Chorologica*, 44, 83-92.
- He, J. F., Liu, J. Y., Zhuang, D. F., Zhang, W. and Liu, M. L. (2007). Assessing the effect of land use/land cover change on the change of urban heat island intensity. *Theoretical and Applied Climatology*, 90(3), 217-226.
- Huang, C. and Ye, X. (2015). Spatial modeling of urban vegetation and land surface temperature: A case study of Beijing. *Sustainability*, 7(7), 9478-9504.
- İnternet: EPA. (2018). Heat Island Impacts. URL: <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-impacts>, Erişim Tarihi: 01.09.2018.
- İnternet: Maristatistik. (2020). Spearman korelasyon. URL: <https://maristatistik.com/spearman-korelasyon/>, Son Erişim Tarihi: 15.09.2020.

- İnternet: Akyıldız, M. (2009). Kruskal-Wallis testi ve bir SPSS örneği (Kruskal Wallis Nasıl Yapılır). URL: <https://www.istatistik.gen.tr/?p=45>, Son Erişim Tarihi:02.06.2020.
- İnternet: Ankara Büyükşehir Belediyesi. (2019). Makroform. URL: <https://www.ankara.bel.tr/files/3113/4726/6297/3-makroform.pdf>, Son Erişim Tarihi: 26.09.2019.
- İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu (2019). Ankara Nüfus artışı. URL: <https://www.tuik.gov.tr/>, Son Erişim Tarihi: 26.09.2019.
- İnternet: Ankara Üniversitesi. (2020). Kolmogorov-Smirnov testi. URL: https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/129673/mod_resource/content/0/Veri%20Analizi%207.%20Hafta.pdf, Son Erişim Tarihi: 02.06.2020.
- İnternet: ASU. (2020). What is an urban heat Island? URL: <http://phxcubesat.asu.edu/science>, Son Erişim Tarihi: 26.05.2020.
- İnternet: Balçık, F. B. ve Ergene, E.M. (2016), Yer yüzey sıcaklığının termal uzaktan algılama verileri ile belirlenmesi: İstanbul örneği. URL: <http://www.tufuab.org.tr/images/dergi/makaleler/cd4b78a5026aaff.pdf>, Son Erişim Tarihi: 26.05.2020
- İnternet: Bechtel, B., Stewart, I., Mills, G., Ching, J., See, L., Alexander, J., Feddema, J., Foley, M. and Keramitsoglou, I., (2015). Local climate zones as a new standard for mapping urban areas, ESA-Esrinç URL: <http://due.esrin.esa.int/muas2015/files/presentation52.pdf>, , Son Erişim Tarihi: 17.09.2020
- İnternet: Büyüköztürk, Ş. (2002). Faktör analizi: temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/108451>, Son Erişim Tarihi: 17.09.2020.
- İnternet: Comfort Futures. (2018). Urban heat Island effect. URL: <http://www.comfortfutures.com/urban-heat-island-effect/>, Son Erişim Tarihi: 01.09.2018.
- İnternet: Çatı Sanayici ve İşadamları Derneği. (2018). Giriş: Çatı ve çatı sistemleri. URL: <http://www.catider.org.tr/index.php?action=page&id=270>, Son Erişim Tarihi: 01.09.2018.
- İnternet: Dunder, E. (2012). Varyans analizi kavramı üzerine bir inceleme. URL: <http://emredunder.blogspot.com/2012/03/varyans-analizi-kavram-uzerine-bir.html>, Son Erişim Tarihi: 02.06.2020.
- İnternet: EEA. (2015). Towards a more urban world (GMT 2), briefing published 18 Feb 2015 Last modified 06 Jan 2020, URL: <https://www.eea.europa.eu/soer-2015/global/urban-world>, Son Erişim Tarihi: 26.09.2019.
- İnternet: EPA. (2003). Cooling summertime temperatures / strategies to reduce heat Islands, Us. Environmental Protection Agency. URL: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-06/documents/hiribrochure.pdf>, Son Erişim Tarihi: 26.09.2019.

- İnternet: EPA. (2008). Reducing urban heat Islands: Compendium of strategies, Us. Environmental Protection Agency. URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-05/documents/reducing_urban_heat_islands_ch_6.pdf, Son Erişim Tarihi: 26.09.2019.
- İnternet: Fink, D. (2014). Hot city cool surfaces. URL: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/4_hot_city-cool_surfaces_david_fink_climate_resolve_los_angeles_ca.pdf, Son Erişim Tarihi: 21.05.2020.
- İnternet: GİS. (2018). How to calculate land surface temperature with landsat 8 satellite images. URL: <https://geogeeek.xyz/how-to-calculate-land-surface-temperature-with-landsat-8-images.html>, Son Erişim Tarihi: 01.09.2018 .
- İnternet: Netcad. (2018). Landsat uydu özellikleri. URL: <http://portal.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pageid=111477859>, Son Erişim Tarihi: 05.09.2018.
- İnternet: Sektör Harita. (2018). Landsat 8 uydu özellikleri. URL: <http://www.sektorharita.com/>, Son Erişim Tarihi: 05.09.2018.
- İnternet: SPSS Tutorials. (2020). SPSS kolmogorov-smirnov test for normality. URL: <https://www.spss-tutorials.com/spss-kolmogorov-smirnov-test-for-normality/>, Son Erişim Tarihi: 02.06.2020.
- İnternet: Steinicke Streifeneder. (2020). Klimafunktionskarte freiburg im Breisgau. URL: <http://www.steinicke-streifeneder.de/klima-luft/referenzen/beispiele/freiburg%20stadtklima/Karten/Daten/klimafunktionskarte/index.html>, Son Erişim Tarihi: 12.09.2020.
- İnternet: Tech Cloud | Data Science | Big Data (2018). Kısa kısa anlatımlarla faktör analizi. URL: <https://medium.com/@oguzkircicek/k%C4%B1sa-k%C4%B1sa-anlat%C4%B1mlarla-fakt%C3%B6r-analizi-248e4cdb33c4>, Son Erişim Tarihi: 17.09.2020.
- İnternet: USGS. (2018). Landsat missions, URL: <https://landsat.usgs.gov/>, Son Erişim Tarihi: 07.09.2018.
- İnternet: World Urban Database. (2018). Yerel iklim bölgeleri veri tabanı. URL: <http://www.wudapt.org/>, Son Erişim Tarihi: 12.10.2018.
- İnternet: World Urban Database. (2019). Step 1: Understand the lcz data collection hierarchy. URL: <http://www.wudapt.org/create-lcz-training-areas/step-1/>, Son Erişim Tarihi: 12.01.2019.
- İnternet: Yıldız Teknik Üniversitesi. (2018). Uzaktan algılama. URL: http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/uz_al/uzal.htm, Son Erişim Tarihi: 05.09.2018.
- İnternet: Department of Environmental Sciences University Basel (2020). Kent İklimi. URL: <https://earth.esa.int/documents/973910/2642313/EP2.pdf>. Son Erişim Tarihi: 15.09.2020.

- İnternet: Würzburg kenti iklim plan atlası (2016). Plan ölçekleri ve iklim. URL: <https://docplayer.org/65512232-3-4-2016-klimaplanatlas-der-stadt-wuerzburg-stadtklimatische-analyse-mit-planungsempfehlungen-burghardt-und-partner-ingenieure.html>, Son Erişim Tarihi: 15.09.2020.
- İşlem Gıs. (2008). *Arc Gis spatial analiz, uygulama dökümanı*. Ankara: İşlem Şirketler Grubu, 103-120.
- İşlem Gıs. (2011). *Arc Gis temel yazılımı, uygulama dökümanı*. Ankara: İşlem Şirketler Grubu, 51-136.
- Karasar, N. (2009). *Bilimsel araştırma yöntemi*. Ankara: Nobel, 25-60.
- Kaya, S., Basar, U. G., Karaca, M. and Seker, D. Z. (2012). Assessment of urban heat islands using remotely sensed data. *Ekoloji*, 21(84), 107-113.
- Kotharkar, R. and Bagade, A. (2018). Local Climate Zone classification for Indian cities: A case study of Nagpur. *Urban Climate*, 24, 369-392.
- Köklü, N., Büyüköztürk, Ş. ve Bökeoğlu, Ç.Ö. (2007). *Sosyal bilimler için istatistik*. Ankara: Pegem, 20-50.
- Kuşçu, Ç. and Şengezer, B. (2011, April). *Determination of heat islands from Landsat TM data: relationship between surface temperature and urbanization factors in Istanbul*. 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Sydney, Australia.
- Kuşçu, Ç. ve Şengezer, B. (2012). İstanbul metropoliten alanında kentsel ısınmanın azaltılmasında yeşil alanların önemi. *Magaron*, 7(2), 116-128.
- Lelovics, E., Gál, T. and Unger, J. (2013, March). *Mapping local climate zones with a vector-based GIS method*. Proceedings of the Air and Water Components of the Environment: Conference Dedicated to World Meteorological Day and World Water Day, Cluj-Napoca, Romania, 22-23.
- Matzarakis, A. and Mayer, H. (2009). *Dependence of urban climate on urban morphology*. In 5th Japanese-German Meeting On Urban Climatology, Freiburg, 277-282.
- Middel, A., Häb, K., Brazel, A. J., Martin, C. A. and Guhathakurta, S. (2014). Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones. *Landscape and Urban Planning*, 122, 16-28.
- Middel, A., Lukasczyk, J., Maciejewski, R., Demuzere, M. and Roth, M. (2018). Sky View Factor footprints for urban climate modeling. *Urban Climate*, 25, 120-134.
- Mitraka, Z., Chrysoulakis, N., Etchegorry, J. P. and Frate, F. (2015). *Exploiting earth observation data products for mapping local climate zones*. ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment, France.

- Morgan, G. A., Leech, N. L., Gloeckner, G. W. and Barrett, K. C. (2004). *Spss for introductory statistics: Use and interpretation*. New Jersey: Psychology Press, 5-16.
- Ng, Y. X. (2015). *A study of urban heat island using "local climate zones"-the case of Singapore*. *British Journal of Environment and Climate Change*, 5(2), 116-133.
- Nuruzzaman, M. (2015). *Urban heat island: Causes, Effect and Mitigation Measures-A Review*. *Science PG*, 3(2), 67-73.
- Oke, T. (1993). *Global change and urban climates*. 13th International Congress Of Biometeorology, Alberta, 123-134.
- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 7, 769–779.
- Oke, T. R. (1974). *Review of urban climatology, 1968–1973*, (WMO Technical Note No.134, WMO No. 383). Geneva: World Meteorological Organization, 87-97.
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat Island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.
- Oke, T. R. (1987). *Boundary layer climates*. London: Methuen & Co. Ltd, 12-32.
- Oke, T. R. (2004). *Siting and exposure of meteorological instruments at urban sites*. 27. NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application, Banff.
- Oke, T. R. (2006). *Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites*, (IOM Rep. 81, WMO/TD No: 1250). Geneva: World Meteorological Organization, 2-15.
- Oke, T. R. (2006). Towards better scientific communication in urban climate. *Theoretical and Applied Climatology*, 84(1-3), 179-190.
- Oke, T. R., Johnson, G. T., Steyn, D. G. and Watson, I. D. (1991). Simulation of surface urban heat islands under ‘ideal’ conditions at night part 2: Diagnosis of causation. *Boundary-Layer Meteorology*, 56(4), 339-358.
- Perera, N. G. R. and Emmanuel, R. (2018). A “Local Climate Zone” based approach to urban planning in Colombo, Sri Lanka. *Urban Climate*, 23, 188-203.
- Rosenzweig, C., Solecki, W. and Slosberg, R. (2006). Mitigating New York City’s heat island with urban forestry, living roofs, and light surfaces. *A report to the New York State Energy Research and Development Authority*, 1-5.
- Sakakibara, Y. and Matsui, E. (2005). Relation between heat island intensity and city size indices/urban canopy characteristics in settlements of Nagano basin, Japan. *Geographical review of Japan*, 78(12), 812-824.

- Sakar, B. (2018). *Kentsel ısı adası etkisi azaltımında parametrik modelleme: Bir model önerisi*. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 113-120.
- Santos A., Oliveira F., Silva A., Gleriani M., Goncalves W, Moreira G., Silva P., Branco E, Moura M., Silva R., Juvanol R., Souza K., Ribeiro C., Queiroz V., Costa A., Lorezon A., Domingues G., Marcatti G., Mota P., (2017). Spatial and temporal distribution of urban heat Islands. *Science of the total Environment*, 605-606, 946-956.
- Scarano M., Sobrino J.A. (2015). *On the relationship between the sky view factor and the land surface temperature derived by Landsat-8 images in Bari, Italy*. *International Journal of Remote Sensing*, 1070325, 1-16.
- Susca T., Gaffin S. R., Dell'osso G. R. (2011). *Positive effects of vegetation: urban heat island and green roofs*. *National Center for Biotechnology Information* 159(8-9):2119-26
- Souch, C. and Grimmond, S. (2006). Applied climatology: urban climate. *Progress in Physical Geography*, 30(2), 270-279.
- Souza, L. C. L., Rodrigues, D. S. and Mendes, J. F. (2003). *Sky view factors estimation using a 3D-GIS extension*. Eighth International Ibpsa Conference, Eindhoven.
- Stewart, I. D. (2011), A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. *International Journal of Climatology*, 31, 200–217.
- Stewart, I. D. (2011). *Redefining the urban heat Island*. Ph.D. Thesis, The University Of British Columbia, Vancouver, 77-250.
- Stewart, I. D. and Oke, T. (2011). *Local Climate Zones: Origins, development, and application to urban heat Islands*. Annual Meeting of the American Association of Geographers, Canada, 1-16.
- Stewart, I. D. and Oke, T. R. (2009). A new classification system for urban climate sites. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 90, 922–923.
- Stewart, I. D. and Oke, T. R. (2010, August). *Thermal differentiation of local climate zones using temperature observations from urban and rural field sites*. Preprints, 9th Symposium, on Urban Environment, Keystone, 2-6.
- Stewart, I. D. and Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879-1900.
- Stewart, I. D., Oke, T. R. and Krayenhoff, E. S. (2014). Evaluation of the ‘local climate zone’ scheme using temperature observations and model simulations. *International Journal of Climatology*, 34(4), 1062-1080.
- Sundborg, Å. (1950). Local climatological studies of the temperature conditions in an urban area. *Tellus*, 2(3), 222-232.
- Svensson, M. K. (2004). Sky view factor analysis–implications for urban air temperature differences. *Meteorological Applications*, 11(3), 201-211.

- Şahin, M., Yıldız, B. Y., Şenkal, O. ve Peştemalcı, V., (2011). Uydu verileri kullanılarak izmir şehir merkezinin yer yüzey sıcaklığının tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 36-45.
- Şekertekin, A. İ., Kutoğlu, Ş. H. ve Marangoz, A. M. (2015). Uzaktan algılama teknolojisi ve uydu görüntüleri yardımıyla önemli çevresel (su ve kara yüzeyi) etkilerin gözlemlenmesi. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2), 105-112.
- Şensoy, S., Şahin, L., Yılmaz, E., Türkoğlu, N., Çiçek, İ., Darende, V. ve Yazıcı B., (2017, Ekim). *Antalya yüzey ısı adası özelliklerinin uydu verileri ile analizi*. III. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu. Antalya.
- Şenyapılı, T., (2016.). *Barakadan gecekonduya Ankara'da kentsel mekanın dönüşümü 1923-1960*. Ankara: İletişim Yayınları, 45-55.
- Şimşek, Ç. K. ve Şengezer, B. (2012). İstanbul metropoliten alanında kentsel ısınmanın azaltılmasında yeşil alanların önemi. *Megaron*, 7(2), 116-128.
- Torzam, İ. ve Karaca, Ü. B. (2018). *Kentsel ısı adası etkisi ve serin çatılar*. 9. Ulusal Çatı ve Cephe Konferansı, İstanbul.
- Türkoğlu, N., Çalışkan, O., Çiçek, İ. ve Yılmaz, E. (2012). Şehirleşmenin biyoklimatik koşullara etkisinin Ankara ölçeğinde incelenmesi. *International Journal of Human Sciences*, 9(1), 933-955.
- Unger, J., Lelovics, E. and Gál, T. (2014). Local Climate Zone mapping using GIS methods in Szeged. *Hungarian Geographical Bulletin*, 63(1), 29-41.
- Verdonck, M. L. and Van Coillie, F. (2016, September). *Local climate zone mapping: a case study in Belgium*. GEOBIA 2016, University of Twente Faculty of Geo-Information and Earth Observation, Belçika.
- Voogt, J. A. and Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86, 370-384.
- Wang, Y., Zhan, Q. ve Ouyang, W. (2017). Impact of urban climate landscape patterns on land surface temperature in Wuhan, China. *Sustainability*, 9(10), 1700.
- Wicki A. and Parlow E., (2017). *Attribution of local climate zones using a multitemporal land use/land cover classification scheme*. Journal Of Applied Remote Sensing. 11(2).1-16.
- Wood A., Guerry A., Silver J., Lacayo M. (2013). Using social media to quantify nature-based tourism and recreation. *Scientific Reports*. 3, 1-7.
- World Health Organization. (2004). *Health And Global Environmental Change series No:2*. Geneva: World Health Organization, 65-92.
- World Meteorological Organization. (2020). *The global climate in 2015–2019, WMO report no:1249*. Geneva: World Health Organization, 5-7.

- Yıldız, A., Bağcı, M., Başaran, C., Çonkar, F. E. ve Ayday, C. (2017). Landsat 8 uydu verilerinin jeotermal saha araştırmalarında kullanılması: Gazlıgöl (Afyonkarahisar) çalışması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(4), 277-284.
- Yılmaz, E. (2013). *Ankara şehrinde ısı adası oluşumu*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 222-228.
- Yılmaz, E. (2015). Landsat görüntüleri ile adana yüzey ısı adası. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 13(2), 115-138.
- Yılmaz, E. (2019). Mobil ölçümlerle ankara şehri ısı adası. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 17(2), 281-317.
- Yılmaz, M. (2015). Türkiye’de kırsal nüfusun değişimi ve illere göre dağılımı (1980-2012). *Doğu Coğrafya Dergisi*, 33, 161-188.
- Yüksel, Ü. (2005). *Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin yaz aylarında uzaktan algılama ve meteorolojik gözlemlere dayalı olarak saptanması ve değerlendirilmesi üzerine bir araştırma*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 9-59.
- Zheng, Y., Ren, C., Xu, Y., Wang, R., Ho, J., Lau, K. and Ng, E. (2018). GIS-based mapping of Local Climate Zone in the high-density city of Hong Kong. *Urban Climate*, 24, 419-448.



GAZİ GELECEKTİR..