

**T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İSTANBUL'DA KENTSEL İKLİM ÜZERİNE  
ANTROPOJENİK ETKİLER:  
KENT ISI ADALARININ İNCELENMESİ**

**ÇAĞDAŞ KUŞÇU ŞİMŞEK**

**DOKTORA TEZİ  
ŞEHİR VE BÖLGE PLANLAMA ANABİLİM DALI  
ŞEHİR PLANLAMA PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
PROF. DR. BETÜL ŞENGEZER**

**İSTANBUL, 2013**

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İSTANBUL'DA KENTSEL İKLİM ÜZERİNE ANTROPOJENİK  
ETKİLER: KENT ISI ADALARININ İNCELENMESİ**

Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK tarafından hazırlanan tez çalışması 22 / 02 / 2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Betül Şengezer  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Betül Şengezer  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof Dr. Mikdat Kadioğlu  
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Gülay Zorer Gedik  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Lale Berköz  
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. İclal Dinçer  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Bu alışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü' nün 29-03-02-DOP01 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

## ÖNSÖZ

---

Uzun bir çalışma sürecine yayılarak hazırlanmış bu çalışma, zaman içerisinde isimlerini saymadan geçemeyeceğim bir çok kişinin de katkısını beraberinde getirmiştir. Öncelikle, bu çalışmanın gerçekleşmesinde yardımlarını esirgemeyen başta danışman hocam Prof. Dr. Betül ŞENGEZER'e, Prof. Dr. Mehmet KARACA'ya, Prof. Dr. Gülay Zorer GEDİK'e, Ass. Prof. Ryozo OOKA'ya ve desteklerinden dolayı Tokyo Üniversitesi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Süreç içerisinde beni yalnız bırakmayan arkadaşım Burçin Baycan Kara'ya; Tokyo Üniversitesi'nde araştırma bursu katkılarında dolayı Füsün Köktürk'e, Harita Kadastro Mühendisleri Odası'na ve Erkan Çağırtekin'e; verdikleri bilimsel katkılardan dolayı Ar. Gör. Ömer Bilen'e, Doç. Dr. Şinasi Kaya'ya; teknik desteklerden dolayı Kurtuluş Höbek'e, Ar.Gör. Gökhan Akkaya'ya, GRM İletişim ve Bilişim'e, Melih Poyraz'a, M. Ali Geçsek'e, Şeniz Harputlu'ya, Işın Onur'a, Esmâ Şimşek Çağırtekin'e; Yıldız Teknik Üniversitesi Öğrenci İşleri çalışanları ve Şeyma Karaali'ye; çalışmamı destekleyen Orman ve Su İşleri Bakanlığı Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı Daire Başkanı Etem Akgündüz, Şube Müdürleri Kamile Kalaycı, Gencay Serter ve mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca, bu uzun yolculukta yanımda olarak bana destek olan ve motive eden annem Gülsevin KUŞÇU'ya, babam Ahmet KUŞÇU'ya, kardeşim Çağrı KUŞÇU GEÇSEK'E ve süreç boyunca hiçbir desteği esirgemeyerek sevgisiyle her an yanımda olan eşim Deniz ŞİMŞEK'e teşekkürü borç bilirim.

Aralık, 2012

Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK

## İÇİNDEKİLER

---

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	viii
KISALTIMA LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiv
ÖZET .....	xv
ABSTRACT.....	xviii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ .....	1
1.1 Literatür Özeti .....	1
1.2 Tezin Amacı.....	10
1.2.1 Tezin Yararı .....	11
1.3 Hipotez .....	14
BÖLÜM 2	
KENTLEŞME VE İKLİM .....	17
2.1 Küresel İklim Değişimi ve Kentlerin Rolü.....	17
2.2 Kent İklimi.....	21
2.2.1 Kent Isı Adaları.....	28
2.2.2 Kent Mikro İklimini ve Isı Adalarını Etkileyen Faktörler.....	34
2.2.2.1 Kent Morfolojisi.....	37
2.2.2.2 Kentsel Yoğunluk.....	40
2.2.2.3 Bitki Örtüsü Alanı.....	42
2.2.2.4 Kentsel Yüzey - Albedo Etkisi.....	46
2.2.2.5 Rüzgâr Yönü ve Hızı .....	48
2.2.2.6 Kent Büyüklüğü ve Nüfus Artışı.....	51

2.2.2.7	Tüketim Alışkanlıkları ve Yaşam Biçimi .....	54
2.2.3	Isı Adalarının Oluşumunda Tanımlar ve Fiziksel Prensipler .....	54
2.2.3.1	Antropojenik Etkilerin Artışı .....	62
2.2.3.2	Isı Dolaşımının Azalması .....	65
2.2.3.3	Isı Depolanmasının Artışı .....	66
2.2.3.4	Radyasyonun Artması .....	69
2.2.3.5	Buharlaştırmanın azalması .....	69
2.2.4	Isı Adalarının Etkileri .....	70
2.2.5	Kent Mikro İkliminin İyileştirilmesine Yönelik Ulusal ve Yerel Politikalar .....	73
2.2.6	Kent Isı Adalarının Azaltılmasına Yönelik Çözüm Önerileri .....	78
2.3	Kent İkliminin Ölçülmesi ve Modellenmesi .....	82
2.3.1	Modelleme Yöntemleri .....	82
2.3.2	Ölçme Yöntemleri .....	83
2.3.2.1	Sabit İstasyon Ölçümleri .....	84
2.3.2.2	Hareketli Mobil Ölçümler .....	85
2.3.2.3	Uzaktan Algılama Teknikleri .....	85
2.4	Değerlendirme .....	87

### BÖLÜM 3

METODOLOJİ VE UYGULAMA .....	94	
2.5	Problem Tanımı .....	94
3.2	Çalışma Alanı ve Özellikleri .....	97
3.3	Yöntem .....	100
3.4	Değişkenlere İlişkin Veri Alt Yapısı .....	103
3.5	Görüntü İşleme Çalışmaları .....	104
3.6	CBS Veritabanının Oluşturulması ve Haritaların Hazırlanması .....	107
3.6.1.1	Yüzey Sıcaklığı Verisi .....	108
3.6.1.2	Bitki Örtüsü Yoğunluğu (NDVI) Verisi .....	109
3.6.1.3	Vadi Verisi .....	111
3.6.1.4	Rakım Verisi ve Kıyıdan Uzaklık .....	113
3.6.1.5	KAKS ve TAKS Verisi .....	114
3.6.1.6	Kanyon Geometrisi Verisi .....	117
3.6.1.7	Doku Verisi .....	121
3.6.1.8	Albedo Verisi .....	125
3.6.1.9	Eğim Yüzdesi Verisi .....	126
3.6.2	Verilerin İlişkilendirilmesi .....	127
3.7	Hipotezlerin Test Edilmesi .....	128
3.7.1	Doğrusal Regresyonlar .....	129
3.7.2	Kümeleme Analizi .....	135
3.8	Bulgular .....	137

BÖLÜM 4	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	144
KAYNAKLAR.....	163
EK-A.....	182
HARİTALAR.....	182
EK-B.....	194
ANALİZLER.....	194
EK-C.....	212
SÖZLÜK.....	212
ÖZGEÇMİŞ.....	215

## SİMGE LİSTESİ

---

$A_F$	Ön alan
$A_P$	Bina Plan Alanı
$A_T$	Toplam Alan
$B_{rescale}$	Banda özgü yeniden ölçeklendirilmiş bias faktörü [ $W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})$ ]
$G_{rescale}$	Banda özgü yeniden ölçeklendirilmiş gain faktörü [ $(W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m}))/DN$ ]
$H$	Bina yüksekliği
$IR$	Kızılötesi Band
$L_\lambda$	Uydu sensörleri tarafından algılanan termal kızılötesi radyasyon parlaklığı [ $W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})$ ]
$L_{\lambda \text{ atm} \downarrow}$	Atmosferden aşağı radyasyon parlaklığı ifadesi
$L_{\lambda \text{ atm} \uparrow}$	Atmosferden yukarı radyasyon parlaklığı ifadesi
$L_{\text{max}\lambda}$	$Q_{\text{calmax}}$ 'a ölçeklendirilmiş olan sensör radyansının tayfı [ $W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})$ ]
$L_{\text{min}\lambda}$	$Q_{\text{calmin}}$ 'e ölçeklendirilmiş olan sensör radyansının tayfı [ $W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})$ ]
$L_X$	Rüzgâr doğrultusunda ve dik doğrultuda bulunan bina genişliği ortalaması
$L_Y$	Rüzgâr doğrultusunda ve dik doğrultuda bulunan bina uzunluğunun ortalaması
$NDVI$	Normalize edilmiş bitki indeksi farkı
$Q^*$	Net radyasyon
$Q_{\text{CalMax}}$	$L_{\text{max}\lambda}$ 'a karşılık gelen maksimum nicemlenmiş kalibre piksel değeri
$Q_{\text{CalMin}}$	$L_{\text{min}\lambda}$ 'e karşılık gelen maksimum nicemlenmiş kalibre piksel değeri
$Q_E$	Gizil ısı akısı
$Q_F$	Antropojenik ısı akısı
$Q_H$	Hissedilir ısı akısı
$R$	Kırmızı Band
$SVF$	Gökyüzü görünüş faktörü
$T_S$	Yüzey sıcaklığı
$T_G$	Zemin sıcaklığı
$W$	Sokak Genişliği



$\Delta Q_S$	Depolanan ısı akısı
$\Delta Q_A$	Advectif ısı akısı
$\varepsilon$	Emissivite
$\lambda_P$	Düzlemsel alan indeksi oranı
$\lambda_F$	Ön alan indeksi
$\tau$	Kızılötesi bandta atmosferik geçirgenlik ifadesi

## KISALTMA LİSTESİ

---

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ABL	Atmosferik Sınır Tabakası (Atmospheric Boundary Layer)
AGU	Amerikan Jeofizik Birliği (American Geophysical Union)
ASCCUE	Kentsel Çevre İklim Değişikliği Uyum Stratejileri Projesi
BKCC	İklim Değişikliği için Yapı Bilgisi (Building Knowledge for a Changing Climate)
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BLHI	Sınır Tabakası Isı Adası (Boundary Layer Heat Island)
BM	Birleşmiş Milletler
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CLHI	Örtü Tabakası Isı Adası (Canopy Layer Heat Island)
DEM	Sayısal Yükseklik Modeli (Digital Elevation Model)
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
DN	Sayısal Değerler (Digital Numbers)
EA	Çevre Ajansı
EEA	Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency)
EPA	Amerikan Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency - United States)
EPSRC	Mühendislik ve Fiziksel Bilimler Araştırma Konseyi (Engineering and Physical Sciences Research Council)
GCM	Küresel İklim Modeli (Global Climate Model)
IDEP	İklim Değişikliği Eylem Planı
IGES	Evrensel Çevre Stratejileri Enstitüsü (Institute for Global Environmental Strategies)
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İMP	İstanbul Metropolitan Planlama Merkezi
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
KAKS	Kat Alanı Kat Sayısı
MSS	Çok Bandlı Tarayıcı (Multispectral Scanner)
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü

NDBaI	Normalize Edilmiş ıplak Alan İndeksi Farkı (Normalized Difference Bareness Index)
NDBI	Normalize Edilmiş Yapı İndeksi Farkı (Normalized Difference Build-up Index)
NDVI	Normalize Edilmiş Bitki İndeksi Farkı (Normalized Difference Vegetation Index)
NDWI	Normalize Edilmiş Su İndeksi Farkı (Normalized Difference Water Index)
NYSERDA	NewYork Eyaleti Enerji Araştırma ve Geliştirme Kurumu (New York State Energy Research and Development Authority)
PET	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklıklar (Physiologically Equivalent Temperatures)
ppm	Milyonda kısım (part per million)
SEB	Yüzey Enerji Dengesi (Surface Energy Balance)
SHI	Yüzey Isı Adası (Surface Heat Island)
SVF	Gökyüzü Görünüş Faktörü (Sky View Factor)
TAF	Toronto Atmosferik Fonu
TAKS	Taban Alanı Kat Sayısı
TERI	Enerji Kaynakları Enstitüsü (The Energy and Resources Institute)
TM	Tematik Haritalayıcı (Thematic Mapper)
UHI	Kent Isı Adası (Urban Heat Island)
UCL	Kentsel Örtü Tabakası (Urban Canopy Layer)
UKCIP	Birleşik Krallık İklim Etkileri Programı
UNDP	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (United Nations Development Programme)
UNFCCC	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Cahange)
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organization)

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Mezo ve mikro ölçek modeller veri türü ilişkileri .....	7
Şekil 2.1 Kentsel ortamda sera gazı faktörleri.....	18
Şekil 2.2 Bazı sektörlere ait CO <sub>2</sub> salınımı oranı .....	19
Şekil 2.3 Küresel iklim değişimini etkileyen faktörler .....	20
Şekil 2.4 Kent morfolojisinin iklimsel etkileri .....	23
Şekil 2.5 Sera gazı faktörleri .....	24
Şekil 2.6 Kentsel iklim alanlarının karakteristik sınıflandırması -1-.....	26
Şekil 2.7 Kentsel iklim alanlarının karakteristik sınıflandırması -2-.....	27
Şekil 2.8 Isı adası tipleri .....	30
Şekil 2.9 Kentsel atmosfer yapısı .....	31
Şekil 2.10 Kentsel çevre altyapısının bileşenleri.....	33
Şekil 2.11 Isı adalarına etki eden faktörler .....	37
Şekil 2.12 Kentsel kanyon .....	38
Şekil 2.13 Bitki örtüsünün enerji kullanımı ve hava kalitesine etkisi.....	44
Şekil 2.14 Çeşitli materyallerin güneş yansıtıcılığı (albedo) değerleri.....	47
Şekil 2.15 Rüzgâr akışı örnekleme.....	49
Şekil 2.16 Nüfus ve kentsel-kırsal alan sıcaklık farkı ilişkisi.....	52
Şekil 2.17 Yansıma ve yayılabilme özelliklerinin sıcaklık ile ilişkisi .....	59
Şekil 2.18 Çeşitli çatı malzemelerinin yansıtma ve yayma gücü, ısı salınımı ilişkisi .....	60
Şekil 2.19 İstanbul'da 1994-2010 arasında, abone sayısı ve enerji tüketim değişimi grafiği.....	64
Şekil 2.20 Isı adası ölçme yöntemleri.....	84
Şekil 3.1 Çalışma alanı – İstanbul il sınırı.....	98
Şekil 3.2 İstanbul 2000-2006 yılları arası arazi örtüsü değişimi .....	100
Şekil 3.3 Yöntem ve altlıklar.....	102
Şekil 3.4 CBS çalışmasında kullanılan altlıklar .....	108
Şekil 3.5 İstanbul yüzey sıcaklığı haritası .....	109
Şekil 3.6 Bitki örtüsü yoğunluğu haritası .....	111

Şekil 3.7	İstanbul ili vadi alanları ve ısı adaları.....	113
Şekil 3.8	İstanbul ili kıyıdan uzaklık haritası.....	114
Şekil 3.9	Grid alanı içerisinde TAKS ve KAKS verilerinin hazırlanması .....	115
Şekil 3.10	İstanbul ili brüt KAKS haritası.....	116
Şekil 3.11	İstanbul ili brüt TAKS haritası .....	116
Şekil 3.12	Gökyüzü görünüş faktörü ve kanyon geometrisi gösterimi (SVF) .....	118
Şekil 3.13	$A_T$ , $A_P$ ve $A_F$ 'nin şematik açıklaması.....	120
Şekil 3.14	İstanbul kanyon geometrisi haritası.....	121
Şekil 3.15	Doku farklılığı matrisi temel kabulü .....	122
Şekil 3.16	İstanbul doku haritası.....	123
Şekil 3.17	Doku grubu "1" Şekil 3.18 Doku grubu "2" .....	124
Şekil 3.19	Doku grubu "3" Şekil 3.20 Doku grubu "4" .....	124
Şekil 3.21	Doku grubu "5" Şekil 3.22 Doku grubu "6" .....	124
Şekil 3.23	Doku grubu "4" gösterimi .....	125
Şekil 3.24	İstanbul albedo haritası.....	126
Şekil 3.25	İstanbul eğim yüzdesi haritası.....	127
Şekil 3.26	İlişkilendirilmiş veri tablosu örneği.....	128
Şekil 3.27	KAKS-TAKS-NDVI ve sıcaklık ilişkisi .....	138
Şekil 3.28	KAKS-NDVI ve sıcaklık ilişkisi .....	138
Şekil 3.29	Doku-NDVI ve sıcaklık ilişkisi .....	139
Şekil 3.30	Doku-KAKS ve sıcaklık ilişkisi .....	140
Şekil 3.31	Vadi içlerinde doku ve sıcaklık ilişkisi.....	140
Şekil 3.32	Vadi içlerinde TAKS ve sıcaklık ilişkisi.....	141
Şekil 3.33	Vadi içlerinde KAKS ve sıcaklık ilişkisi.....	141
Şekil 3.34	Eğimin sıcaklık üzerine etkisi .....	142
Şekil 4.1	Kentsel iklim yönetimi altyapısı .....	156
Şekil 4.2	Kentsel iklim haritaları ve eylem planı organizasyon şeması.....	157

## ÇİZELGE LİSTESİ

---

	Sayfa
Çizelge 1.1 İklimsel ölçek ve politikalar ilişkisi.....	9
Çizelge 2.1 Kentsel özelliklerin, enerji dengesi üzerindeki etkileri .....	61
Çizelge 2.2 İstanbul’da 1994-2010 yılları arasında sektörlere göre enerji tüketimi ve abone sayısı değişimi .....	64
Çizelge 2.3 Doğal ve insan yapımı malzemelerin, albedo ve emme kapasitesi değerleri .....	68
Çizelge 2.4 Isı indeksi kategorileri ve etkileri.....	89
Çizelge 2.5 Diğer bazı kent ısı adası araştırmaları .....	91
Çizelge 3.1 İstanbul’un kentsel özellikleri ve ısı adası üzerine oluşturduğu etkiler .....	95
Çizelge 3.2 CORINE projesi arazi örtüsü sınıflandırması .....	99
Çizelge 3.3 Kentsel ortamda bitki örtüsü yoğunluğu sınıflandırması .....	111
Çizelge 3.4 KAKS gruplandırma çizelgesi.....	116
Çizelge 3.5 TAKS gruplandırma çizelgesi.....	117
Çizelge 3.6 Doku oluşturma matrisi.....	122
Çizelge 3.7 Albedo sınıfları.....	126
Çizelge 3.8 Eğim sınıfları .....	127
Çizelge 3.9 Pearson korelasyon katsayısı yorumu .....	129
Çizelge 3.10 Tezin alt hipotezleri.....	130
Çizelge 4.1 Isı adalarını etkileyen faktörler ve etki dereceleri.....	146

## İSTANBUL'DA KENTSEL İKLİM ÜZERİNE ANTROPOJENİK ETKİLER: KENT ISI ADALARININ İNCELENMESİ

Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK

Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Betül ŞENGEZER

Bugün dünyada 23 kentin nüfusunun 10 milyonun üzerindeyken, önümüzdeki 10 yıl içerisinde bu sayının 40'a yaklaşacağı düşünülmektedir. Ancak, kentlerin kontrolsüz gelişimine bağlı olarak artan sera gazı salınımları, yoğunluğun aşırı artması ve çevreye olan tahribat sağlıklı yaşam koşulları oluşturmaktadır. Kentler iklim değişikliğine, iklim değişikliği de kentlere etki etmektedir. Bu kısır döngü içerisinde insan, sağlıklı yaşam koşulları ile sürekli baskı altında kalmaktadır.

Değişen kentleşme ve tüketim anlayışıyla birlikte bozuluma uğrayan kent iklimi, küresel iklim değişikliğinin de etkileriyle birlikte insanın konfor şartlarının dışına çıkan iklimsel davranışlar sergilemektedir ve ölümlerle sonuçlanabilen sonuçlar doğurmaktadır. Kent merkezlerinde bozulmuş olan bitki örtüsü dokusu, geçirimsiz yüzeyler ve koyu renk yüzeylerin artışı, ısı emilimini artırarak, bu ısınmayı daha arttırıcı etki yaratmaktadır.

Kentsel ısınmadan etkilenen bölgeler, küresel ısınmanın etkisine benzer olarak hava kalitesi ve insan sağlığına etki etmektedir. Aslında, küresel ısınma etkisiyle gelecek yüzyıl tahminine göre sıcaklığın 1.9°C- 3.5°C artacağı öngörülmektedir, fakat bugün geniş kentleşmiş alanlarda yapılan ölçümler, çevre bölgelere göre

3.3°C-4.4°C'lik sıcaklık artışı olduğunu göstermektedir. Yapılan literatür taramalarının da gösterdiği üzere kent ısı adaları; özellikle yoğun ve yüksek yapıların bulunduğu, dolayısıyla enerji kullanımı ve trafiğin de yoğunlaşmış olduğu alanlarda oluşmaktadır.

İstanbul'da 1975-1990 yılları arası sıcaklık ortalamalarına göre 2000-2009 sıcaklık ortalamalarında 1,5 ile 3 derece arasında değişen artışların olduğu tespit edilmiştir. İstanbul'da, yapay yüzeylerdeki artış ve orman alanlarının tahribi ve azalışıyla birlikte İstanbul'un iklimsel yapısının çok daha hissedilir şekilde değişeceği beklenmektedir.

Bugün dünyanın en kalabalık 23 şehrinden biri olan ve hızla büyüyen İstanbul için yapılacak çalışmalar ve altlıklar büyük önem taşımaktadır. Artan düzensiz, gelişigüzel kentleşme yapısı, kentsel çevreyi bozmakta, gelişmenin kontrolündeki eksiklikler ise önemli sonuçlar doğurmaktadır. Ekolojik problemler arasında yer alan hava-su kirliliği, gürültü ile birlikte artık iklimsel değişim de anılmaktadır.

Çok disiplinli bir çalışma ağı gerektiren, ekolojik çalışmalardan biri olan iklim konusu; plan stratejileri, kent ekonomileri, iklim koşullarının yaşam kalitesine etkisi açısından planlamanın ana bileşenlerinden biri olmasına rağmen ülkemizde kent ve iklim arasındaki ilişki henüz bakir bir alandır. Bu konu kapsamında ülkemizde yapılmış olan çalışmalar incelenildiğinde az sayıda çalışma olduğu görülmektedir.

Henüz ülkemizde, plan detaylarına incek bilgi verilerine altlık niteliği taşıyan araştırmalar yeterli sayıda ve detayda değildir. Çalışmalar daha çok şehirler için kaçınılmaz olan iklim değişiklikleri için tahminlerde bulunmaktadır.

Ancak, dünyada ve ülkemizdeki hava değişimi istatistikleri incelenildiğinde, kentlerin bu probleme karşı hazırlanması gerektiğini ve altyapının ortalama ve sıra dışı durumlar göre yeniden tasarlanması gerektiğini göstermektedir. Özellikle büyük metropoller üzerine yapılan çalışmalarda; bitki örtüsü ve ağaçlandırma, yerleşim dokusu, kentsel geometri, malzeme, topoğrafya gibi kentsel elemanlar ve iklim arasındaki ilişkiler üzerinde durularak, konunun planlama kapsamında göz önünde bulundurulması gerektiği vurgulanmaktadır.

Bu tezin amacı; hızla büyüyen, yoğunlaşan İstanbul metropoliten alanında sıcaklık değişimi ve yerleşme dokusu arasındaki ilişkileri saptamak ve bu bağlamda geliştirilebilecek politikalara ışık tutmak, kentsel elemanların iklimsel etki derecelerini inceleyerek konuya planlama açısından bilimsel katkı sağlamaktır.

Bu çalışmada kentin fiziksel ve morfolojik özellikleri ile iklimsel etki dereceleri arasındaki ilişkilerden faydalanılarak, sağlıklı kentsel model oluşturma önerisi sunulmaktadır. Sonuçlar, hem İstanbul'un sağlıklı kent makroformu ve model oluşumu açısından girdi sağlayacak, hem de evrensel düzeyde dikkate alınması gereken temel ilkelere işaret etme fırsatı sunabilecektir. Tüm İstanbul alanını



kapsayan ve çoklu parametre entegrasyonu ile araştırmanın yapılması ise tezi özgün kılmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünü oluşturan giriş kısmında, literatür taramasıyla birlikte konunun önemi, tezin amacı, hipotez ve tezin yararı açıklanmaktadır

İkinci bölümde, iklim ve kentleşme ilişkisini ortaya koyabilmek ve problem noktalarına daha net işaret edebilmek için konu literatür desteğiyle detaylandırılmıştır. Çağımızın önemli bir problemi olan küresel iklim değişimi ile kentleşmenin birbirine bağımlı olan ilişkisi irdelenmiş, bu çift yönlü problemin etkileri vurgulanmıştır. Ardından, kent iklimi kavramı ve kentsel iklim değişiminin bir sonucu olan kent ısı adaları tanımlanmış, nedenleri, problemin azaltılmasına yönelik çözüm önerileri incelenmiştir. Bu noktada irdelenmesi zor, karmaşık bir yapı içeren kentsel sistem bileşenleri iklimle ilişkilendirilerek teorik olarak değerlendirilmiş; kentsel elemanlar ve yüzey özelliklerinin ısı akışına etkisi termodinamik yasalarından da faydalanılarak fiziksel prensipler kapsamında ortaya konulmuştur. Özellikle gelişmiş ülkelerce kabul edilmiş ve önlemleri alınmaya başlamış olan bu problem karşısında alınan ulusal ve yerel önlemler incelenerek, çözüm önerileri değerlendirilmiştir. Yine bu bölümde, kent ikliminin ölçülmesi ve modellenmesinde kullanılan çeşitli yöntemler incelenilmiştir. En son aşamada literatür taramasından edinilen bilgiler harmanlanarak değerlendirilmiştir.

Üçüncü bölümde, tezin yöntemi, çalışma alanı, kullanılan veriler ve istatistiksel analizler ele alınmıştır. İstanbul'un tümünün gözlenebilmesi ve problem noktalarının tespit edilebilmesi temelinde, planlamaya bütüncül bir yaklaşım sağlaması, çoklu veri entegrasyonuna olanak tanınması, güncellenebilir olması, zamansal değişim analizi yapılabilmesi nedenleriyle, çalışmada uzaktan algılama ve CBS tekniklerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Yapılan analizde uydu verileri üzerinden hesaplanan sıcaklık verileri ile kentsel özellikler ele alınarak ilişkilendirilmiş, aralarındaki korelasyon incelenmiş, ağaç diyagramı ile modellenmiştir.

Dördüncü bölüm olan sonuç ve öneriler kısmında ise, elde edilen tüm analiz verileri, edinilmiş kavramsal bilgilerle birlikte değerlendirilerek yorumlanmış, İstanbul ve gelişimi dikkate alınarak geleceğe dönük tedbir ve çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kentleşme, iklim, kent ısı adaları, uzaktan algılama, planlama

## ABSTRACT

---

# ANTHROPOGENIC EFFECTS HEAT ON URBAN CLIMATE IN ISTANBUL: INVESTIGATION OF URBAN HEAT ISLANDS

Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK

Department of Urban and Regional Planning

PhD. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Betül ŞENGEZER

While population of 23 cities in the world is over 10 million today, it is predicted that number of these cities will approximate to 40 in coming 10 years. However, increasing greenhouse gas depending on this uncontrolled development emissions, excessive increase in the intensity and environmental damage create unhealthy life conditions. The cities affect change of climate, and the change of climate affect the cities. In this vicious circle, people are exposed to pressure of these unsanitary life conditions.

Due to changing understanding of urbanization and consumption and also effects of global climate change, damaged urban climate presents climatic behaviours being opposite to people's comfort conditions and gives fatal results. In the city centers, degenerate texture of vegetation and increase of sunproof and dark surfaces create an increasing effect on this warming by enhancing absorption of heat.

Similar to global warming, areas affected by urban warming also influences air quality and human health. In fact, it is foreseen that the temperature will rise

between 1.9°C-3.5° C for the next century because of global warming, but today measurements in highly urbanized areas demonstrate that there is a warming between 3.3°C-4.4°C compared to surrounding regions. As expressed in literature review, urban heat islands occur in areas where traffic is heavy and energy consumption is much because of dense and high buildings.

It has been identified that there were increases changing between 1,5 and 3 degree in the average temperature of Istanbul between 2000-2009 compared to between 1975-1990. It is expected that the climatic nature of Istanbul will change much more dramatically because of the increase of artificial surfaces and destruction and decrease of forests in Istanbul.

Today future studies for Istanbul which is one of the most crowded 23<sup>th</sup> cities in the world and is developing rapidly have great importance. Increasing disorganized and cursory structure of urbanization disrupt the urban environment, and deficiencies in control of development is caused to important results. No more climate change is regarded as an ecological problem, in addition to air, water and noise pollution.

Although the topic of climate required a multi-disciplinary working system is one of the main components of planning in terms of strategies of plans, urban economies and climate effects on life quality, in our country relationship between climate and urban is still an unstudied area. When the studies worked in our country are researched, it is possible to see that there is a few studies within the scope of this topic.

In our country, studies that provide the basis for datas used for elaborating plans are still not enough in terms of quantity and detail. Instead, there are predictions about climate changes being inevitable for cities in these studies.

However, in the world and our country, the necessities for preparing against this problem and re-design of infrastructures for normal and unusual situations are revealed when change of air statistics are examined. Especially, at the researches on the big cities; by focusing on items like vegetation and forestation, residential tissue, urban geometry, material and topography and relations between these items and climate, requirement that the subject must be considered in the planning scope is emphasized.

The aim of this thesis is to obtain relations among the heat changes and residential tissue in the rapidly changing and developing metropolitan Istanbul area, to shed light for policies that can be developed in this context, and to provide academic contribute to the subject in the terms of planning by surveying climatic effect levels of urban items.

In this research by making use of relations between physical and morphological features and climatic effect levels of the city, suggestion of building a healthy urban model is represented. Results, both will provide input for formation of

healthy city macroform of Istanbul and a model and will provide chance of pointing to principles that have to be considered at universal level. Doing this research by multiple parameter integration covering all of the Istanbul area, provides originality of this thesis.

In the first section of this work, importance of the subject, aim and benefits of the thesis and literature review have been defined. In the second part, for representing the relation of climate and urbanization and pointing to the problem points more clearly, subject has been detailed with literature support. The dependent relationship between the urbanization and global climate change which is an important problem today has been examined, and also effects of the this duplex problem have been emphasized. Furthermore, heat islands being results of urban climate concept and changing have been described, causes and problem solving suggestions that intended to decrease the problem have been considered. At the this point, urban system components including a complex structure that hard to be considered have been evaluated theoretical by associating with climate; effects of urban items and surface attributes to the heat flow have been displayed by using the laws of thermodynamics within the context of physical principles. Especially by searching local and national precautions taken against this problem accepted and taken precautions against by the developed countries, solving suggestions have been evaluated. Again in this section, various methods that used for modelling and measuring the urban climate have been examined. At the last phase, informations that have obtained from the literature review have been evaluated by integrating.

In the third section, method and field of the thesis, datas used and statistical analysis have been referred. It has been decided to be used remote sensing and GIS techniques in the study so that they provide a whole approach to planning, enable multiple data integration, and they are also convenient to update, and analyze time changing at the basis of observing all of Istanbul and identifying of problem points. At the analysis, heat datas that have been measured over the satellite datas and urban features have been evaluated together, and they have been associated and correlation among them have been examined and modeled with the tree diagram.

In the last section, results and suggestions section, all of the analysis data have been interpreted by evaluating together with obtained conceptual informations, thus proactive measures and proposed solutions have been presented by considering Istanbul and its development.

**Key Words:** Urbanization, climate, urban heat islands, remote sensing, planning

---

**YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

## BÖLÜM 1

---

### GİRİŞ

#### 1.1 Literatür Özeti

Küresel ısınma ve iklim değişikliği; her geçen gün artarak, basın yayın organlarında haber ve yayın konusu olmaya; beklenmeyen aşırı sıcak havalar, kuraklık, susuzluk, buzulların erimesi, şiddetli fırtınalar, ... vb. gibi doğal olaylar dünyanın çeşitli bölgelerinde yaşanan örneklerle gündeme gelmeye başlamıştır. Bununla birlikte, günümüz kentleşmesinin bir sonucu olarak kentlerin mikro iklimsel yapısında değişimler meydana gelmekte, kentlerde bölgesel ısınmalar oluşmaktadır. Bu iki iklimsel olayın birbiri üzerindeki etkilerine de bağlı olarak, özellikle orta enlem kuşağı ve tropikal bölgelerde sonuçlar, insan sağlığını ölümlerle sonuçlandırabilecek kadar etkilemektedir. Kentler küresel ısınmanın temel etkenlerinden birini oluştururken, küresel ısınma yarattığı iklimsel değişikliklerle kentler üzerinde baskı oluşturmaktadır.

Her ne kadar problem ortaya konulmuş olsa da, bugün birçok ülkede hala problemin temel kaynağı olan insan ve dolayısıyla kentleşmenin konu üzerindeki etkilerinin azaltılmasına dair ciddi stratejiler geliştirilmemekte, problemin gün ve gün büyümesine neden olmaktadır.

Aslında kentlerin, doğal çevrenin değişimine etkisi yüzyıllardır bilinmektedir. İnsan doğa ile ilişkisini, tarih içerisinde deneyimleriyle şekillendirmiş, doğa karşısında verdiği yaşam savaşında, ihtiyaçları doğrultusunda doğaya uyarlanmaya çalışmıştır. İlkel konut tipleri olan mağaralarının seçiminde bile soğuk, yağış, aşırı güneş, ısı değişimlerine karşı korunmaya yönelmiştir. Zaman içinde de, iklimle olan ilişkisini tanıdıkça daha bilinçli hareket etmeye başlamıştır, -ne yazık ki- taa ki sanayileşmeyle yenilenen kentleşme bilincinin değişmesine kadar [1]. Antik Hint mimari el kitapçığı "Silpa Sastra" köy, kasaba ve kalelerin yer seçimi için hakim rüzgâr yönüne ve güneş yönelimine dayanarak kurallar belirlemiştir. Sokak kotunda gölgelenme, hava kirliliği dağılımı ve yağmur suyu drenajı gibi başlıklarda bina ve yol düzeni, dağılımı, kurallara bağlanmıştır [2]. Tarihsel olarak bir başka örnek de; sıcak ve kuru bölgelerde, bina yüzeyindeki bitki örtüsünün, gölgelendirme ve buharlaşma-terleme yoluyla binanın mikro ikliminde aşırı sıcaklıkları düşürmek için kullanılmasıdır. Yer seviyesinin üzerinde insan yapımı olarak bilinen ilk bahçeler, MÖ 4000- 600 arasında inşa edilmiş olan, Antik Mezopotamya Zigguratlarında Babil ovasının aşırı sıcaklığını düşürmek için binalara kurulmuştur [1], [3].

1653-54 yılları arasında başlamış olan ilk sıcaklık ölçme ağı Rete Medicea, Florence, Vallombrosa, Cutigliano, Bologna, Parma, Milan, Paris, Innsbruck, Osnabrük and Warsaw kentlerinin merkezlerine ve kent alanlarına odaklanmıştır. Her bir istasyon kesin veriler elde etmek amacıyla, yüksek yerlerde, kuzey duvarlarına doğru konumlandırılan aynı tür termometrelerle kurulmuştur. Bu sıcaklık ölçme ağının etkinliği 1667 yılında son bulmasına karşın Paris ve Vallombrosa gibi şehirlerde sıcaklık denetimi devam etmiştir [4].

Emmanuel'in araştırmalarına göre [2]; kent iklimindeki bozulmanın yarı bilimsel gözlem ile farkına varılması 18. Yüzyılın ortalarına kadar uzanmaktadır. Örneğin, 1750 yılında Ezra Stiles, kent havasının kırsaldan daha sıcak olduğuna dikkat çekmiştir. Charles Caldwell 1798'de, ülkeye göre Philedelphia'nın yaz sıcaklığının

üç- dört derece fazla olduğunu açıklamaktadır. William Currie (1792), NewYork'un yüksek yaz sıcaklıklarını dar ve düzensiz yerleşimlere ve bina kalabalığına bağlamıştır. Noah Webster (1799) çağdaşı olan meteorologları "büyük şehirlerde yapılan gözlemler ve sıcaklık ölçümlerindeki hatalar" hakkında uyarmıştır.

Şehir kaynaklı iklim değişikliğine ilginin başlaması, insan sağlığına olan kaygı ile başlamıştır. Ancak, termometre, barometre ve rüzgâr ölçer gibi meteorolojik gözlem araçlarının gelişmesine kadar, kent kaynaklı iklim değişikliğine dair araştırmalar, sistematik olarak yapılamamıştır. Ondokuzuncu yüzyıl ortasında meteorolojik araçlarının yaygınlaşması kent mikro iklim değişikliği araştırmalarının "bilimsel" olarak adlandırılmasını müjdelemiştir [2].

Luke Howard 1833 yılında kentsel iklim değişikliğinde kabul gören ilk bilimsel çalışmayı istemsiz olarak yapmıştır. Luke Howard Londra kent hava durumu kayıtları ile o zamanki kırsal istasyon KEW Bahçelerini karşılaştırarak kent istasyonunun daha sıcak olduğunu bulmuştur. Kendi kırsal çevrelerinden farklı olan kent sıcaklıkları günümüzde "kent ısı adası" olarak adlandırılır. Bu terim büyük olasılıkla Gordon Manley (1958) tarafından bulunduğu söylenmektedir [2].

Özellikle son yüzyılda hızla artan dünya nüfusuyla birlikte, toplumsal ya da küresel ekonomik ilişkilerdeki değişime bağlı olarak kent nüfusları da hızla artmaya başlamıştır. 1800'lerde dünya nüfusunun %3'ü kentlerde yaşamaktayken, 20. yy. sonlarında bu oran % 47'ye ulaşmıştır ve dünya tarihi en hızlı kentleşme oranını yaşamaya başlamıştır. 2008 yılıyla birlikte artık dünya nüfusunun yarıdan fazlası kentlerde yaşamaktadır [5],[6].

Gelişmekte olan ülkeler ise kentleşmenin en büyük katılımcılarıdır. Asya ve Afrika'da 2000-2030 arasında kentsel nüfusun iki katına çıkacağı beklenmektedir. Önümüzdeki yıllarda gelişmekte olan dünyanın karşı karşıya olacağı büyüme ölçeğine göre, tarihinde görülmediği şekilde, kentsel nüfusun bir nesil sürecinde



ikiye katlanacağı tahmin edilmektedir. Çoğu gelişmekte olan ülkelerde bulunan bu kentlerin, sera gazı emisyonlarının ana kaynağı olarak küresel iklim değişikimine önemli etkilerinin olacağı düşünülmektedir [7].

Gelişmekte olan ülkelerin birçoğu, iyi yönetilemeyen kentleşme ile karşı karşıyadır; iklim üzerinde etkili olan, yüksek kirlilik ve sera gazı emisyonlarına yol açan altyapı ve çevresel güvenlik tedbirleri bakımından gelişmenin gerisinde bulunmaktadır. Ülkelerin kentleşme politikalarını hızla radikal biçimde değiştirmeleri ve bu hızlı kentsel büyümeye hazırlanmaları gerekmektedir.

Kent fonksiyonlarının yarattığı ekolojik problemlerde, hava-su kirliliği ve gürültünün yanı sıra yoğun enerji kullanımına bağlı olarak kentsel ısınma ve kent ikliminin değişimi de yer almaktadır ve insan bu problemin etki artırıcı faktörüdür [8]. Sanayi Devriminden günümüze, özellikle de son yarım yüzyılda artan nüfus ve kentleşmeye bağlı olarak, enerji kaynağı olarak yoğun biçimde fosil yakıtların kullanılması, tarım ve toprak kullanımındaki yanlış uygulamalar, orman alanlarının tahribatı atmosferdeki karbon miktarını hızla arttırmıştır [9]. Charles David Keeling'in 1958'den 2004'e kadar Hawai'nin Mauna Loa tepesinden aldığı CO<sub>2</sub> sonuçları ve elde ettiği grafik incelenildiğinde de, atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğunun düzenli biçimde arttığı görülmektedir [10]. Fosil yakıtların kullanımında ve orman alanlarının tahribinde yaşanan artış ile birlikte atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğu son 150 yıl içerisinde %25 artmıştır. Küresel iklim modelleri ve başlangıç ölçümlerine göre, yeryüzünün ortalama sıcaklığı atmosfer bileşimindeki bu değişimler ile artmaya başlamıştır [11]. 20. yüzyılın başlarında 290 ppm olan CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun, 21. yüzyılın sonunda 500 ppm'e çıkacağı tahmin edilmektedir. Son 1400 yılın en sıcak yılları olarak kabul edilen 1990, 1995 ve 1997'de gerçekleşen sıcaklık rekorları kısa sayılabilecek bir süre içinde ardarda kırılmıştır. IPCC üçüncü değerlendirme raporuna göre de, 1990-2100 döneminde küresel ortalama hava sıcaklığı 1,4°C - 5,80°C arasında yükselecektir [12].

Küresel ısınmanın sebebi, fiziki olarak atmosferde karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), azot oksit (N<sub>2</sub>O) gibi emisyonların artmasına dayandırılmaktadır. Bu emisyonların artışının kaynağı ise fosil yakıtların kullanılması, arazi kullanım değişikliği ve tarım faaliyetleridir [13]. Dünya ölçeğinde atmosfere katılan sera gazlarının sektörel etkilerine bakıldığında; elektrik %24.9, sanayi %14.7'lik, ulaşım %14.3, arazi kullanım değişikliği %12.2 pay almaktadır ve elektrik tüketimi bunlar arasındaki en etkili faktör olarak görülmektedir [14].

Enerji tüketimi, endüstriyel çalışmalar, ulaştırma, tarımsal faaliyetler, atık maddeler vb. gibi insan kaynaklı etkenlerin tümüne antropojenik etkiler denilmektedir. Dünya nüfusunun artması, sanayileşme, kentleşmeyi artırırken; kentlerde değişen tüketim alışkanlıklarıyla birlikte hızın ve hareketliliğin de artması iklim değişikliğini tetiklemektedir. Kentleşme antropojenik etkilerin lokomotifini görmektedir.

Günümüz kentleşmesinde ise konut parsellerinin büyüklüğü giderek küçültülmüş böylece dolaşım sıklığı ve yoğunluğu ortaya çıkmış, yeşil alanlar azalmıştır. New York 20. yüzyılın son 10 yılında kent ormanlarının %20'sini kaybetmiştir. Örneğin, 70'li yıllarda Yunanistan'da kentsel binalar ülkede bulunan binaların %14'ünü temsil ederken, 80'ler süresince hızlı kentleşmeyle birlikte bu oran %55'e kadar artmıştır. Bununla birlikte, kent nüfusundaki %1'lik artışa karşılık, enerji tüketimi %2,2'lik bir artış göstermektedir ki, bu durum enerji ihtiyacının kentleşme hızından yaklaşık 2 kat fazla ilerlediğini de göstermektedir [15]. Oke'un [16], belirttiği gibi antropojenik ısı yayımı nüfusa ve kişi başına düşen enerji tüketimine bağlıdır.

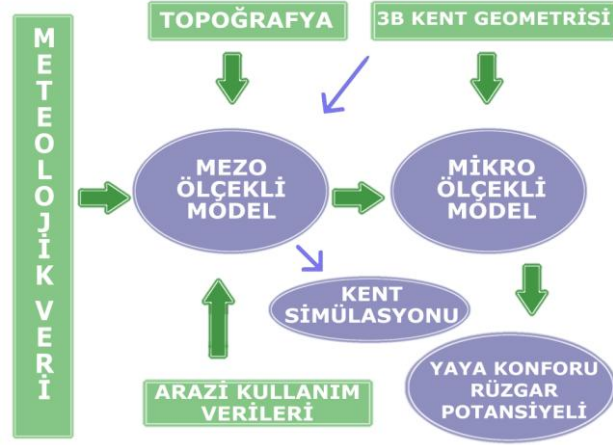
Le Corbusier'in [17] kaleme almış olduğu, 1933 yılında yapılmış olan Atina anlaşmasının maddelerinde de yer aldığı gibi; şehir geliştikçe, "doğa koşulları" daha az göz önünde tutulmaktadır. "Doğa koşulları"yla, güneş, mekân, yeşillik gibi, canlılar için zorunlu bazı öğelerin yeter derecede bulunması kastedilmektedir. Denetimsiz yayılma, şehirleri, fizyolojik yönden olduğu kadar,

psikolojik yönden de bu temel gıdalardan yoksun bırakmaktadır. Şehirciliğin ilk görevi, insanların temel gereksinimlerini karşılamaktır. Her birimizin sağlığı, büyük ölçüde "doğa koşullarına" bağlıdır. Her türlü gelişmeye yön veren güneş, ışıklarını yaymak üzere her konutun içine girebilmelidir. Niteliği, yeşil alanların varlığına bağlı olan hava, temiz olmalı, zararlı gazlardan olduğu kadar tozlardan da arınmış bulunmalıdır.

Bu bağlamda, kentlerin kontrolsüz gelişmesi önemli sonuçlar doğurmaktadır; artan sera gazı salınımının yanı sıra, yoğunluğun aşırı artması ve çevreye olan tahribat sağlıksız yaşam koşulları oluşturmaktadır. Kentler iklim değişimine, iklim değişimi de kentlere etki etmektedir. Bu sürekli döngü içerisinde insan, sağlıksız yaşam koşulları ile sürekli baskı altında kalmaktadır.

İklim değişikliği, zamansal ve mekânsal farklılıklarla birlikte ölçeğe göre değişiklik göstermektedir [18]. Ulusal, bölgesel ve yerel ölçeğe göre farklılaşan sosyal ve ekonomik şartlar, değişim karşısında adaptasyonu da etkilemektedir. Dolayısıyla, stratejik açıdan ölçek belirleyici ölçüt olarak ön plana çıkmaktadır.

Grimmond vd. göre [19], mekânsal ölçeğin anlaşılması; kentsel iklimin, gözlemin ve modellemenin anlaşılmasının da anahtarıdır. Bu bağlamda çeşitli çalışmalarda çeşitli ölçeklendirmeler söz konusudur. Örneğin Britter ve Hann [20] yaptıkları çalışmada ölçeklendirmeyi; 1) bölgesel ölçekte (100 km'ye kadar) geniş iklimsel olaylar, 2) şehir ölçeğinde (20 km'ye kadar) iklimsel olaylar, 3) mahalle ölçeğinde (2 km'ye kadar) iklimsel olaylar ve 4) cadde kanyon ölçeğinde (100 m'ye kadar) iklimsel olaylar olarak ayırmışlardır. Grimmond vd. [19] ise bu ölçeklendirmeyi biraz daha toparlayarak üçe ayırmışlardır, buna göre 1) şehir ve bölge ölçeğinin de mezo, 2) mahalle ölçeği lokal, 3) cadde ölçeği mikro ölçek olarak tanımlanmıştır. Mezo ölçek ve mikro ölçek modeller ve veri türü ilişkileri Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1 Mezo ve mikro ölçek modeller veri türü ilişkileri [21]

Yapılmış olan mezo ve mikro ölçek iklimsel çalışmalar incelenildiğinde, bina yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerdeki hava sıcaklığının, çeper bölgelere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Kent ısı adaları olarak bilinen bu iklimsel etki, kentleşmenin en belirgin özelliklerindedir.

Özellikle, kent merkezlerinde bozulmuş olan bitki örtüsü dokusu, yeşil alanların tahribatı ve koyu renk yüzeylerin artışı, ısı emilimini arttırarak, bu ısınmayı daha arttırıcı etki yaratmaktadır. Bina ve yüzeylerdeki ısı emilimi daha sonra çevreye yayılarak hissedilebilir bir sıcaklık artışına neden olmaktadır. Bu noktada, bölgenin topografyası, bina yoğunluğu, yüksekliği ve aralarındaki geometrik ilişki hava akımıyla ısının dağıtılabilmesi yönünden önemli yer tutmaktadır [22].

Çeper bölgeler ve kent merkezleri arasında oluşan bu iklim değişikliğinin sebebi; kent merkezlerinde, rüzgâr hızını-yönünü ve hava sıcaklığını etkileyen, kentsel yapı ve özellikleridir. Bunların hava akımı üzerindeki olumsuz etkileriyle birlikte, kent merkezlerinde ısı salınımı yavaşlamakta, dolayısıyla kentin ısı dengesi değişmekte ve kent merkezlerinde sıcaklıklar artmaktadır. Bu değişim, insan vücudu üzerinde stres, sağlık riskleri ve hatta ölüm gibi sonuçlar doğurabilmektedir.

Bu sonuçların ortaya konması ve küresel ısınmayla birlikte bu problemlerin artacağı beklentisi; özellikle gelişmiş ülkelerde, kent ve iklim ilişkileri konusunda araştırmaların yoğunlaşmasına neden olmuştur. Özellikle büyük metropoller üzerinde yapılan çalışmalarla; kent ısı adaları, topografya, yerleşme dokuları, mimari, malzeme, ağaçlandırma gibi yerleşme elemanları arasındaki ilişkiler üzerinde durularak, kentleşme-iklim ilişkisinin planlama kapsamında göz önünde bulundurulması gereken bir konu olduğu vurgulanmıştır.

Son dönemlerde Japonya, İngiltere, çeşitli Avrupa ülkeleri vb. birçok gelişmiş ülke, kent ısı adaları ve sıcak hava dalgalarının olası etkileri üzerine araştırmalar yapmakta, konuyu sadece fiziksel çerçevede değil aynı zamanda sosyal çerçevede de ele almaktadırlar. Sıcaklığın; yaşam stilleri, sosyal hayat, sağlık (ölüm oranları, hastalık oranları) ve hatta suç konularıyla ilişkilerine kadar derinlemesine incelemektedirler. Avrupa'da EA tarafından hazırlanmış "Social Impacts of Heat Waves" raporları [23], Amerika'da EPA tarafından hazırlanmış olan "Excessive Heat Events Guide Book" [24], Japonya Çevre Bakanlığı'nın Kent Isı Adalarının azaltılmasına yönelik hazırlanmış olduğu "Outline of the Policy Framework" [25], Finlandiya Çevre Enstitüsü "Adaptation Strategies" [26] vb. raporlarında fiziksel-sosyal problemler ortaya konularak tespit edilen problem kaynakları üzerine stratejiler geliştirilmiştir.

Örneğin Greater London Authority [27] tarafından, Londra'nın mikro klima gelişmesi ve iklim değişim tahminleri arasındaki ilişkilerin saptandığı çalışmada, 1) arazi yüzey kompozisyonları, arazi kullanım, bina yükseklikleri, bina malzemeleri gibi değişkenler ile iklimsel değişkenler arasındaki ilişkiler, 2) iklim ve sağlık istatistikleri ile ilişkiler ortaya konarak geleceğe yönelik iklim değişimleri de dikkate alınarak gelecekteki etkiler saptanmaya çalışılmıştır. Londra'da ısı adalarını hafifletme stratejilerinde; tek bir inşaattan, endüstriyel parklara ve önemli endüstriyel bölgelere kadar her hangi bir fiziksel değişikliğin, iklim üzerinde değişik ölçeklerde etkiler meydana getireceği

düşüncesiyle, yönetim politikaları ile kentsel iklim ölçeği arasındaki bağlantı ortaya konmaktadır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1 İklimsel ölçek ve politikalar ilişkisi [27]

Fiziksel Ölçek	Politika Ölçeği	Kentsel İklim Ölçeği
Bina /Cadde (cephe ve çatı malzemeleri, tasarım ve oryantasyon)	Bina Yönetmelikleri ve Yapı Denetim Kentsel Tasarım Stratejisi Yerel Kalkınma Çerçevesi	1 – 10 m. İç mekan iklimi ve cadde kanyonu
Kentsel Tasarım (binaların düzenlemesi, yol, yeşil alan)	Kentsel Tasarım Stratejisi Alan Eylem Planı Yerel Kalkınma Çerçevesi	10 – 1000 m. mahalle ölçeği, kent altı iklimsel çeşitlilikler
Şehir Planı (konut, ticari, endüstriyel, eğlence ve yeşil alanların düzenlenmesi)	Altbölge Mekansal Stratejisi Mekansal Strateji Bölgesel	1 - 50 km. Kent/Metropolitan ölçeği, UHI biçim ve yoğunluğu

Kentsel iklim ölçekleri ve politikalar arasındaki bağlantı üç farklı düzlemde ele alınarak, kentleşmenin iklim üzerindeki olası olumsuz etkilerinin üstesinden gelinmesine yönelik daha iyi planlama ve tasarım politikaları oluşturmanın gereğine vurgu yapılmıştır.

Kentsel iklim koşulları zamansal ve mekânsal değişime göre büyük ölçüde değişmektedir. Planlamada, konumsal ve zamansal kentsel iklim bilgileri dikkat edilmesi gereken bir parametre olarak kullanılmalıdır. Ayrıca, yapılaşma ve bitki örtüsü değişiminin etkilerinin geleceğe dair senaryolarla görülmesi, bu etkilere karşı stratejiler oluşturulması gerekmektedir. Bunun sağlanması için de, kentsel iklim üzerine daha nicel verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

## 1.2 Tezin Amacı

Büyümeye bağımlı olarak artan yapılaşma, enerji sarfiyatı, ulaşım araçları, sanayileşme sera gazı salınımındaki artış kentleşmenin sonuçlarıdır. Küresel anlamda iklim değişikliğinin ana faktörleri olan bu değişkenler, yerel anlamda kent iklimi değişiminin de ana faktörleridir. Bu nedenle kentleşmenin sonuçlarının iklimsel değişim üzerindeki etkilerini minimize etme yönündeki araştırmalar günden güne hızlanmakta, önem kazanmaktadır.

Bu tez çalışmasında kent ölçeğinde; yapılaşma parametreleri, topografya, yerleşme dokusu, bitki örtüsü yoğunluğu gibi parametreler ile kent ısı adaları arasındaki ilişkiler ve bu parametrelerin etki dereceleri incelenecektir.

Bu tezin amacı,

- İstanbul'a ait yaz dönemi termal görüntüsü üzerinden elde edilmiş sıcaklık verileri ve kentsel bileşenler arasındaki ilişkiyi nesnel verilere dayanarak analiz etmek
- Hızla büyüyen, yoğunlaşan İstanbul metropoliten alanında sıcaklık değişimi ve yerleşme dokusu arasındaki ilişkileri saptamak, bu bağlamda geliştirilebilecek politikalara ışık tutmak
- Tüm dünya üzerinde etkisi giderek artan küresel iklim değişimi üzerinde etkin rolü oynayan insan ve dolayısıyla kentleşme etkisinin göz ardı edilmemesi gerektiğini vurgulamaktır.

İstanbul bütününün ele alındığı bu çalışmada, ekolojik anlamda problem noktalarına işaret eden kent ısı adalarının mezo ölçekte tespit edilmesi ve bu alanlar içerisindeki doku, arazi kullanımı, topografya özelliklerinin sınıflandırılması ve bu farklı sınıflardaki sıcaklık değişimlerinin karşılaştırılmasıyla temel problem kaynaklarının belirlenmesi ve özellikle kent planlama çalışmalarında dikkate alınması gereken parametrelerin, sayısal verilere dayanarak ortaya konulması hedeflenmektedir.

Kent ikliminin daha iyi anlaşılması ve kentleşmenin etkilerinin tahmin edilebilmesi amacıyla kent yüzeyinin sıcaklık üzerindeki rolünün araştırılması önemlidir.

### **1.2.1 Tezin Yararı**

Ülkemizde, 2005 yılında başlatılan UNDP, UNFCCC ve Çevre ve Orman Bakanlığı ortaklığında İklim Değişikliği Projesi devamında, iklim değişikliğine karşı uzun vadeli amaç ve stratejilerini ortaya koyması, Ulusal Çevre Strateji Planı içerisinde önemli bir bileşen olarak yer almasını sağlaması ve UNFCCC sekreteryasına bu alandaki ilkelerini sunması amacıyla;

- İklim değişikliği ile mücadele için sera gazı emisyonlarının azaltılmasına
- Türkiye'nin özel şartlarının uluslararası platformlarda desteklenmesine
- İklim değişikliği tehlikelerine maruz kalmanın asgari düzeye indirilmesine
- Kaynakların sürdürülebilir kullanımına
- İklim değişikliğine karşı uyum (adaptasyon) kapasitelerinin geliştirilmesine

yönelik olarak İklim Değişikliği Eylem Planı (IDEP) 2011 yılında tamamlanmıştır [28]. Ancak; enerji, bina, sanayi, ulaştırma, atık, tarım, arazi kullanımı ve ormancılık başlıkları ile ele alınan konu şehircilik bakımından değerlendirilmemiş, bina konusu enerji verimli binalar konusundan ibaret kalmıştır. Bu nedenle iklim değişiminin bu önemli kritik noktaları üzerindeki etken faktör olan şehirleşme konusunda da bir politika oluşturulmamıştır.

Çok disiplinli bir çalışma ağı gerektiren, ekolojik çalışmalardan biri olan iklim konusu; plan stratejileri, kent ekonomileri, iklim koşullarının yaşam kalitesine etkisi açısından planlamanın ana bileşenlerinden biri olmasına rağmen ülkemizde kent ve iklim arasındaki ilişki henüz bakir bir alandır. Bu konu kapsamında ülkemizde yapılmış olan çalışmalar incelenildiğinde az sayıda



çalışma olduğu görülmektedir. Henüz ülkemizde, planlama çalışmaları için altlık/girdi niteliği taşıyan araştırmalar yeterli sayıda ve detayda değildir.

Ülkemizde kent ısı adası çalışmalarının öncülü olan Mehmet Karaca ve ekibi tarafından çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Karaca vd.'nin [29] 1995 yılında yapmış olduğu çalışmada; İstanbul ve Ankara yerleşmelerinin 1926-1992 yılları arası sıcaklık değişimleri, kentleşme ve kentsel nüfus artışı arasındaki ilişki ortaya konarak, ısı adası oluşumları irdelenmiştir. Bu çalışmaya göre, Ankara'da ısınma eğilimi tespit edilmemiştir, bu da Ankara'nın o dönemde planlı bir kent olarak gözlenmesine, dokunun geometrik yapısına ve hava kirliliğinin az olmasına bağlanmıştır [29].

Ayrıca Karaca vd. [29], [30], İstanbul'un kentsel sıcaklıklarında, kırsal alanlara göre yükselmenin görüldüğünü belirtmişlerdir. Ezber vd.'nin de [31] güncel verilerle yaptıkları çalışmalar, bu bulguyu desteklemektedir. O dönemde banliyö istasyonları olarak beliren alanlar bugün kentsel alan özellikleri göstermektedir. Kent ısı adalarının yoğunluğundaki artışın, şehirleşme ve nüfus artışına bağlı olarak arttığını belirlemişlerdir. İstatistiksel analizleri, İstanbul'da ısı adalarının yaz aylarında daha belirgin olduğunu göstermiştir. Isı adalarının, rüzgâr hızının azalmasına bağlı olarak arttığı bilgisine dayanarak; İstanbul'un yaz aylarında azalan rüzgâr hızının, ısı adalarının yaz aylarında daha net görülmesine etken olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmaya göre, kentleşmenin ısı adaları üzerindeki etkisinin, kış mevsiminde rüzgâr hızındaki artışa bağlı olarak daha az olduğu tespit edilmiştir.

Bir başka bakış açısıyla, Tayanç ve Toros [32], nüfusu 5 milyondan küçük dört kent üzerine yaptıkları çalışmada kentleşmenin yağış ve sıcaklık üzerine etkilerini araştırmışlar ve kentsel iklim açısından yağışın, ısı adaları kadar nüfus ve kentleşmeden etkilenmediğini ortaya koymuşlardır.

Eljadid'in [33] 1994 yılında İstanbul üzerine hazırlamış olduğu tez çalışmasında, yaz ve kış dönemlerini seçerek 89-90-91 yılları meteoroloji istasyonları verileri ile yaptığı çalışmada, şehir merkezlerinin çepere göre daha fazla ısındığı, ısı adaları ve rüzgâr şiddeti arasında ters bir bağıntının olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bağıl nemin kırsal bölgelerde, şehir merkezine göre daha yüksek olduğu; yaz ve kış gecelerinde yüksek, gün içinde ise daha düşük seviyede bulunduğu; kırsal alanda en yüksek bağıl nemin kışın, en düşük bağıl nemin ise yaz döneminde görüldüğü tespit edilmiştir.

Duman Yüksel'in [34] Ankara üzerine yapmış olduğu çalışmada, kentsel ve yarı kentsel, yarı kırsal istasyonlar olarak tanımlanan Ankara Merkez, Etimesgut ve Esenboğa istasyonlarına ait yıllık ortalama sıcaklık verileri incelendiğinde Ankara Merkez istasyonu ile yani kentsel istasyon ile aralarında 0.5 ve 1.8°C'lik farklılıklar olduğu görülmüştür. En sıcak ay olan Temmuz ayındaki değerler karşılaştırıldığında Ankara Merkez istasyonu ile aralarındaki aylık ortalama sıcaklık farkı 0.4 ve 1.7°C olarak belirmiştir. Bunun üzerinde Ankara'nın topografik ve morfolojik yapısının etken olduğu görülmüştür. Anadolu platosunda çukur bir alanda kurulan kentin, özellikle de kent merkezinin en çukur yerde kurulması ve çevresinin tamamen yerleşim alanlarına dönüşmesiyle, vadi tepelerinde soğuyan havanın kente doğru yamaçları izleyerek aktığı, yer inversiyonuna neden olarak kirleticilerin kentin üzerini hapsetmesine bağlı olarak ısınmaya etken bir faktör olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tezin hazırlanmasında kent iklimi, kent iklimini etkileyen faktörler ve bu faktörlerin olumlu olumsuz etkileri geniş bir literatür taramasıyla irdelenmiş, farklı ölçme ve değerlendirme yöntemleriyle yapılan araştırmalar incelenmiştir. İstanbul üzerinde, kentin fiziksel yapısı üzerinden değerlendirmelerin yapılmış olduğu bir çalışmanın bulunmaması, konunun önce bütüncül bir yaklaşımla incelenmesi gerektiği ve problem noktalarının tespit edilmesi gerektiği düşüncesine yol açmıştır.

Kentin fiziksel formu (üç boyutlu geometri ve malzeme bileşimi) ve fonksiyonları (atık ısı üreten malzemelerin günlük aktivite desenleri) kentsel etkileri oluşturmaktadır. Kentsel iklim ile ilgili bilgi son 50 yılda geliştirilmiş olsa da, bu bilginin kentsel planlama ve uygulamaya dâhil olduğuna dair çok az kanıt bulunmaktadır [35].

Bugün ülkemizde iklim değişikliği modelleri henüz kent ölçeğinde sayısal veriler üretme yeteneğine sahip değildir. Daha çok şehirler için kaçınılmaz olan iklim değişiklikleri için tahminlerde bulunmaktadır. Ancak, dünyada ve ülkemizdeki hava değişimi istatistikleri incelenildiğinde, kentlerin bu probleme karşı hazırlanması gerektiğini ve altyapının ortalama ve sıra dışı durumlara göre yeniden tasarlanması gerektiğini göstermektedir.

Bu tez çalışmasında, İstanbul 150\*150 m'lik ızgaralar şeklinde bölümlenerek, uydu fotoğraflarından elde edilen sıcaklık verileri ile yukarıda da belirtilmiş olan faktörler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır; kent yüzeyinde farklılaşan sıcaklık ve bunu etkileyen faktörler ortaya konmaya çalışılmıştır.

Bu ilişkilerden faydalanılarak planlama ilkelerine ve sağlıklı kentsel model oluşturma arayışlarına katkı sağlamak amaçlanmaktadır. Sonuçlar, hem İstanbul'un sağlıklı kent makroformu ve model oluşumu açısından girdi sağlayacak, hem de evrensel düzeyde dikkate alınması gereken temel ilkelere işaret etme fırsatı sunabilecektir. Tüm İstanbul alanını kapsayan ve çoklu parametre entegrasyonu ile araştırmanın yapılması ise tezi özgün kılmaktadır.

### **1.3 Hipotez**

Amaç kısmında da belirtildiği gibi bu tez mezo ölçekteki ilişkiler bağlamında kurgulanmıştır. Sıcaklık ve antropojenik etkenler arasındaki ilişkide kullanılmış olan parametreler; bitki örtüsü yoğunluğu, yapılaşma yoğunluğu parametreleri olan TAKS-KAKS gibi yapılaşma oranları, yerleşme doku tipi, vadi alanlarının etkisi, rakım, eğim yüzdesi, kıyıdan uzaklık, kanyon geometrisi ve albedodur.

Yapılaşma özellikleri doku ve yapılaşma katsayılarıyla (TAKS, KAKS, kanyon geometrisi katsayısı) tanımlanmaktadır. Ayrıca, kent ikliminde önemli faktörler olan vadiler, kıydan uzaklık, bitki örtüsü yoğunluğu, koyu renk yüzeyler gibi parametreler makroform özellikleri olarak ele alınmıştır.

Araştırmanın temel hipotezi, *"bitki örtüsü yoğunluğu, rakım, eğim, doku, TAKS, KAKS, vadi alanları, kanyon geometrisi, albedo ve kıydan uzaklık kent iklimi üzerinde etkilidir"*. Bu bağlamda tezin alt hipotezleri aşağıdaki başlıklar halinde tanımlanmıştır.

H<sub>1</sub> : *"TAKS sıcaklığı arttırmaktadır"*

H<sub>2</sub> : *"KAKS sıcaklığı arttırmaktadır"*

H<sub>3</sub> : *"Yapı yoğun dokularda sıcaklık artmaktadır"*

H<sub>4</sub> : *"Kanyon geometrisi oranı arttıkça sıcaklık artmaktadır"*

H<sub>5</sub> : *"Vadilerde yapılaşma arttıkça sıcaklık artmaktadır"*

H<sub>6</sub> : *"Albedosu düşük olan bölgelerde sıcaklık artmaktadır"*

H<sub>7</sub> : *"Bitki örtüsü yoğunluğu sıcaklığı azaltmaktadır"*

H<sub>8</sub> : *"Kıydan uzaklaştıkça sıcaklık artmaktadır"*

H<sub>9</sub> : *"Rakım arttıkça sıcaklık azalmaktadır"*

H<sub>10</sub> : *"Eğim arttıkça sıcaklık azalmaktadır"*

Çalışmada dönem şartları içerisinde elde edilebilmiş olan tüm veriler değerlendirilerek oluşturulacak olan modele girdi veri olarak kullanılmıştır. Ancak, ülkemizde birçok kamusal kurumun hala ciddi bir veritabanı yapısını oluşturamamış olması, arşiv verilerinin düzenli kayıt altına alınmamış olması, özellikle enerji tüketimi ve hava kirliliği gibi çok önemli verilerin modele katılamamasına neden olmuştur. En fazla ilçe bazında ayrımla elde edilebilen enerji verileri, çalışma ölçeğine göre analiz içerisinde ayırım oluşturabilecek

nitelik taşımamıştır. Hava kirliliği verileri ise, çalışma dönemine ait yeterli miktarda veri bulunmaması ve yeterli sayıda istasyon bulunmaması nedeniyle kullanılamamıştır.

Çalışmada;

- Uydu verileri (2007-Landsat) (2003-Landsat)
- İstanbul yapı verileri (2005 1/5000 yapı verileri)
- İstanbul topografik verileri (1 m yükseklik verilerinden elde edilmiş dem eğim)
- İstanbul kıyı verileri kullanılmıştır.

Uydu verilerinin değerlendirilmesi ve diğer veriler ile ilişkilendirilmesi tamamlandıktan sonra, istatistiksel işlemlerle ilişkiler test edilmiştir.

İstatistiksel analizlerde; çoklu regresyon analizi ile bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında bulunan doğrusal bağıntısı oluşturulmuş, Anova testi ile modelin anlamlılığı, t test ile her bir değişkenin anlamlılık düzeyleri incelenmiştir. Bu testlerden sonra ağaç diyagramı ile sınıflandırma yapılarak faktörlerin farklı koşullarda sıcaklığı etkileme düzeyleri tespit edilmiştir.

### KENTLEŞME VE İKLİM

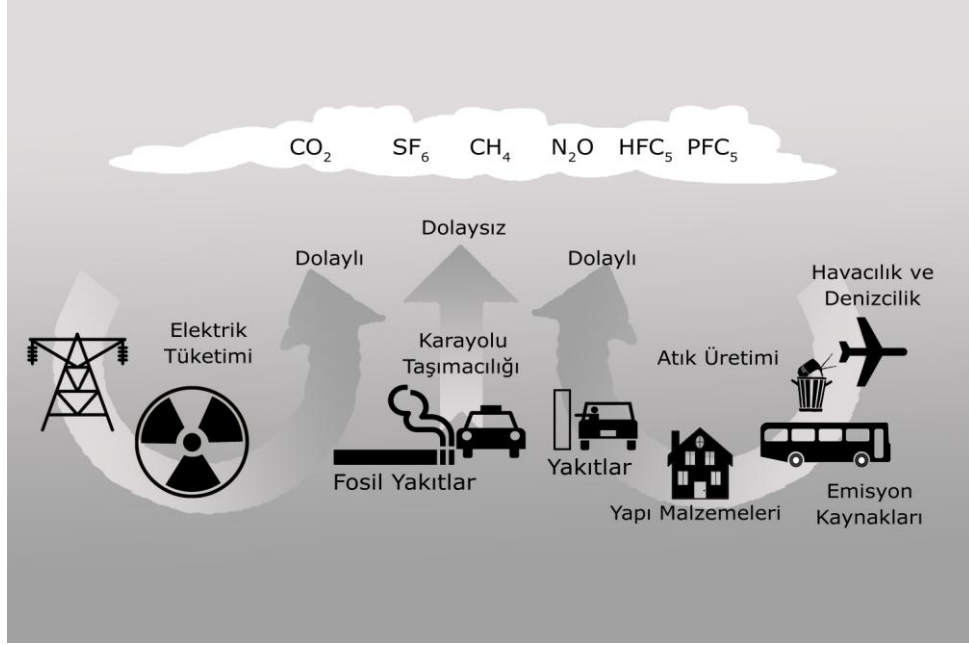
#### 2.1 Küresel İklim Değişimi ve Kentlerin Rolü

İklimbilim, meteoroloji verilerinden yararlanarak, belli bir zaman ve yerdeki atmosferik olayları ve hava durumlarını, iklimsel unsurları (yağış, sıcaklık, basınç, nem, rüzgâr) ve değişimsel etkilerini ele alarak yorumlayan bilim dalıdır. İklim ve yeryüzü özellikleri arasındaki ilişkiler atmosferik sınır tabakasında incelenmektedir, bu alan özellikle son dönemlerde küresel iklim değişiminin de etkileriyle daha çok dikkat çekmeye başlamış, meteoroloji mühendisliğinin dışında; coğrafya, şehir planlama, mimarlık, peyzaj mimarlığı gibi birçok bilim dalının konusu olmaya başlamıştır.

İklimler sürekli olarak değişmekte, ancak doğal koşullarda iklim değişiklikleri oldukça uzun dönemler içerisinde gerçekleşmektedir. Meydana gelen sıcaklık değişimleri; yıllık ortalama sıcaklık değişiklikleri, aşırı sıcaklıklarda değişiklikler ve kentsel alanların yerel iklime etkisi olarak ortaya çıkmaktadır [36].

İnsanlığın doğal koşullara uyumlu gelişmesi 19. yy sonu, 20. yy başındaki sanayi devrimine kadar devam etmiş, bu dönemden sonra başlayan hızlı gelişme, insanın atmosfer üzerindeki etkisiyle birlikte "Küresel ısınma" sorununu gündeme getirmiştir. Güneşten gelen enerji ile bu enerjinin dünyadan uzaya yansıtılmasındaki dengenin, yansıtılan enerji lehine bozulması, basitçe "küresel

ısınmanın mekanizması" şeklinde ifade edilmektedir. Bu denge bozukluğunun temel nedeni, karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) gibi temel "sera gazları" emisyonlarının, atmosferin enerji soğurma kapasitesini artırmasıdır (Şekil 2.1) [37].



Şekil 2.1 Kentsel ortamda sera gazı faktörleri [38]

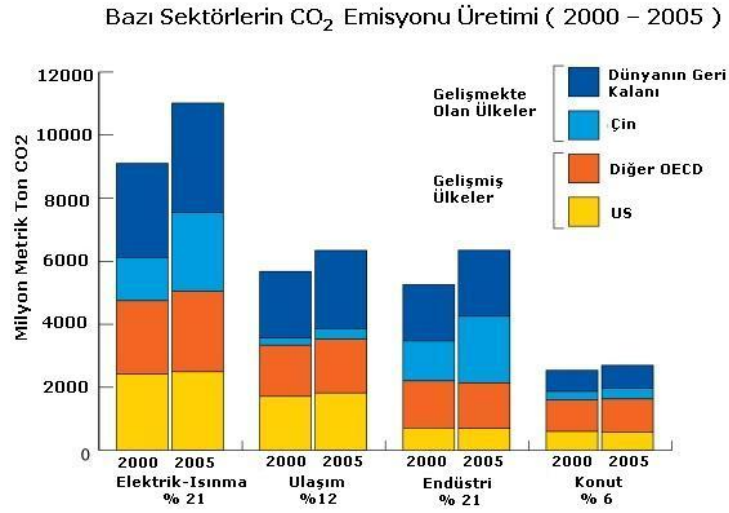
Oysa, günümüz şartlarıyla küresel ısınma etkisiyle gelecek yüzyıl tahminine göre sıcaklığın 1.9°C- 3.5°C artacağı öngörülmektedir [39] ve bugün geniş kentleşmiş alanlarda yapılan ölçümler, çevre bölgelere göre 3.3°C- 4.4°C'lik sıcaklık artışı olduğunu göstermektedir [40].

Sanayi Devrimi'ne kadar, Dünya'nın ortalama hava sıcaklığı 10.000 yıl boyunca aynı düzeyde seyretmiştir. Düzenli bir şekilde doğru ölçümlerin alınmaya başlandığı 1850 yılından bu yana ise, sıcaklık 0.76 °C artmıştır [41]. Bundan 150 yıl önce atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarı 260 ppm<sup>1</sup>'ken, Şubat 2006 yılı ölçümlerinde 382 ppm'e ulaşmıştır ve IPCC üçüncü değerlendirme raporunda sunulan

<sup>1</sup> ppm: İngilizcesi "per part million" yani milyon birimde olan sayıyı ifade etmektedir. 382 ppm 1 milyon hava molekülü içindeki CO<sub>2</sub> sayısını vermektedir.

tahminlere göre bu yüzyılın sonunda 700 ppm'e ulaşacağı beklenmektedir [42]. 500 ppm'e gelindiğinde Dünya artık geri dönülmez sürece girmiş olacaktır. Dünya'nın taşma noktası olduğuna inanılan 2°C sıcaklık artışına ulaşmadan, sera gazı salınımları 1990'lardaki salınım düzeyinin yaklaşık yarısına indirilmesi gerekmektedir [41]. Bunun sağlanamaması durumunda ölüm vakalarının yüzbinlere ulaşabileceği tahmin edilmektedir.

Sera gazları doğal yolların dışında, insan yerleşimlerinin, faaliyetlerinin, üretim ve tüketim ilişkilerinin sonucunda oluşmaktadır. Yani insan atmosfer kimyasının değişimindeki en önemli aktördür.



Şekil 2.2 Bazı sektörlere ait CO<sub>2</sub> salınımı oranı [43]

Şekil 2.2'de de verilmiş olan sera gazı salınım parametrelerine bakıldığında, kentleşmenin bu faktörlerin lokomotif olduğu dolayısıyla, bu çerçevede küresel ısınmanın, küresel bir konu olduğu kadar, yerel bir konu olduğu da görülmektedir.

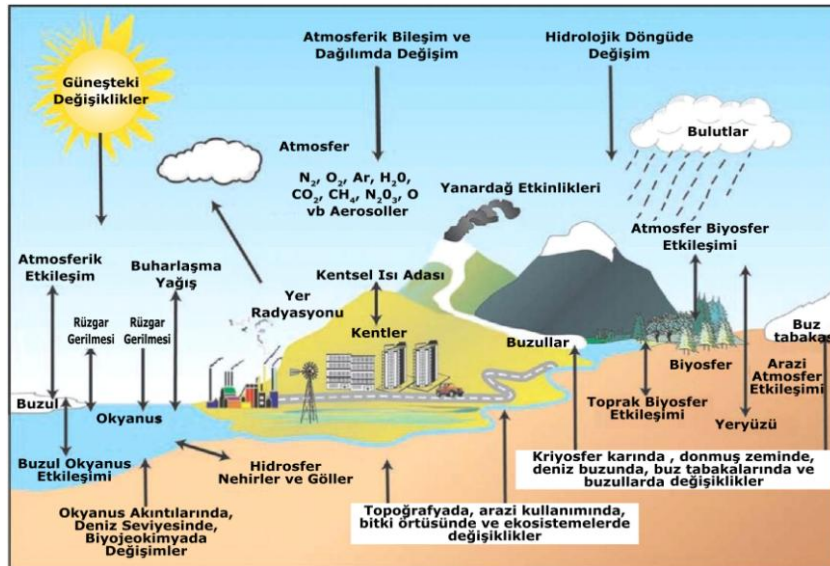
Farklı büyüklükteki kent merkezleri özellikle kentsel iklim değişikliği arenasında çok önemli bir role sahiptir. Tüketim alışkanlıkları, sanayiler, altyapılar sera gazlarının temel kaynağıdır. Kentsel alanlar nüfusun ve ekonomik aktivitelerin, yapılaşmış çevrenin yoğunlaştığı mekânlardır ve bunun sonucunda da sel, sıcak hava dalgaları ve diğer iklimsel tehlike riskleri artmaktadır [44].



Ekonomik kalkınma ve refahın sağlanmasında anahtar role sahip olan kentlerin önemi günümüzde giderek artarken; artan nüfus, trafik, enerji tüketimi gibi şartlar da kentleri, küresel iklim değişikliğini besleyici etmenlerden biri haline getirmektedir.

Diğer yandan kentler, iklim değişikliğinin etkileri kapsamında doğrudan ve dolaylı olarak tehdit altında kalmaktadırlar. Yağış desenlerindeki değişiklikler, genel sıcaklık artışları, deniz seviyelerinin yükselmesi gibi zaman içerisinde oluşan etkiler ile sıcaklık hava dalgaları, tayfun gibi ani etkiler iklimin doğrudan etkilerini oluşturmaktadır. Bu doğrudan etkilerin sosyo teknik ağları çökertmesi, kent kapasitesinin uyumunu aşındırması ve bu tehlikelerin ağırlıklı olarak düşük dirençli çoğu kırılğan topluluklar tarafından hissedilmesi ise iklimin dolaylı etkilerini oluşturmaktadır [45].

Doğrudan ve dolaylı etkileri bağlayan, iklim değişiminin bileşik etkisi Şekil 2.3'de verilmiştir. İklim değişiminin kentleri etkileme, kentleşmenin de iklim değişikliğini besleme döngüsü, bu alanın incelenmesini, tüm bileşenlerin anlaşılmasını ve bu doğrultuda alınacak acil önlemleri gerekli kılmaktadır.



Şekil 2.3 Küresel iklim değişikimini etkileyen faktörler [46]

Bugün dünyada 23 kentin nüfusunun 10 milyonun üzerinde olduğu ve önümüzdeki 10 yıl içerisinde bu sayının 40'a yaklaşacağı düşünülmektedir [5]. Bu 23 şehirden biri olan ve hala hızla büyüyen İstanbul için yapılacak iklim çalışmaları ve altlıklar büyük önem taşımaktadır. Artan düzensiz, gelişigüzel kentleşme yapısı, kentsel çevreyi bozmakta, gelişmenin kontrolündeki eksiklikler ise yaşam kalitesi açısından önemli sonuçlar doğurmaktadır.

Kentler sürekli olarak sınırlarını ve nüfuslarını genişletmektedirler. İklimsel bir bakış açısında insanlık tarihi, kentleşme tarihini de taşımaktadır. Günümüzde sanayileşme ve kentleşmenin gelişimi; bina sayılarını ve beraberinde enerji tüketimlerini de arttırmakta, buna bağlı olarak iklimsel yapıyı önemli derecede etkilemektedir [15].

## **2.2 Kent İklimi**

Kent iklimi bilim alanı, atmosfer ve insan yerleşimleri arasındaki etkileşim ile ilgilenmektedir. Bu alan atmosferin insan, altyapı yerleşmelerdeki eylemler üzerindeki etkisini incelediği kadar, bu parametrelerin de atmosfer üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Bu nedenle kent iklimi, iki açıdan önem taşımaktadır. Biricisi, küresel iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasına yönelik stratejilerin belirlenebilmesi, ikincisi ise yaşam konforunu yükseltmesi için gerekli yerel iklimsel konforun maksimize edilmesidir. İklim değişikliği analizlerinde ısı stresleri ve risklerinin azaltılması, termal konfor koşulları, temiz hava sağlama stratejileri kent iklimi çalışmalarının hedeflerini oluşturmaktadır.

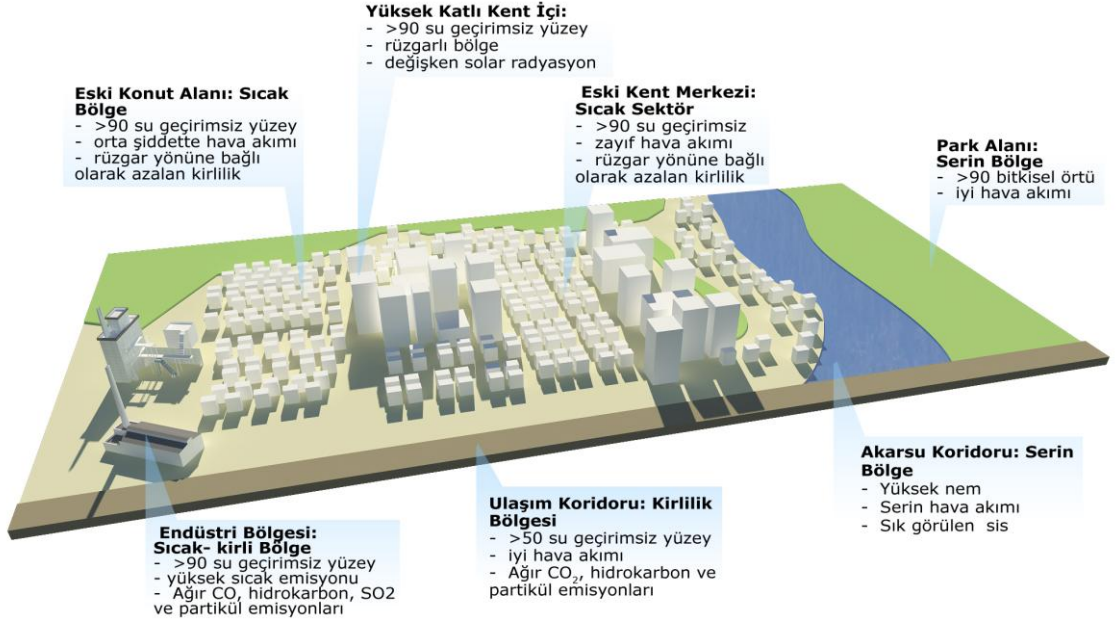
Baker'ın da [47] bahsettiği gibi, her ne kadar zamanımızın büyük çoğunluğunu iç mekânlarda geçirsek de aslında "insan bir dış mekân canlısıdır". Dolayısıyla yaşamını ve birçok sosyal ilişkilerini örgütlediği alan dışarıdadır, iklimsel koşullar uygun olduğu sürece kapalı kalmak istemez ve dış çevreyle ilişkiye geçme eğilimindedir. Kentlerde iklimsel konfor şartlarının sağlanması bu açıdan önemli bir parametredir, bu nedenle kentsel iklim üzerine çalışmalar yapmak ve

kentlerde insanların yaşam ortamlarının iyileştirilmesi için bu bilgilerin uygulanabilir hale getirilmesini sağlamak önemlidir.

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), kent iklimini; ısı kirliliği ve hava kirlenici emisyonları içeren yapılaşmış alanlar ile bölge iklimi arasındaki etkileşimler tarafından değiştirilen yerel iklim olarak tanımlamaktadır [48].

Rüzgâr yönü ve hızı, güneş ışınımı, hava sıcaklıkları gibi çeşitli iklimsel parametreler ile topografyası, kentsel peyzaj, bina stokları ve özellikleri, caddeler gibi pek çok kentsel bileşen yerel iklimin oluşumunda etken olmaktadır. Makro ölçekte, kentlerin büyüklüklerinin, konum özelliklerinin; mezo ölçekte kent makroformunun, yapısının, bölgelerinin; mikro ölçekte cadde ya da binaların iklim şartlarına etkisine kadar pek çok konu kent ikliminin konusunu oluşturmaktadır. Bu noktada, yerel iklim bileşeni olarak kent ısı adaları kavramı çalışmaların ana eksenini oluşturmaktadır. Bu alandaki çalışmaların amacı, planıcı ve karar vericilerin daha iyi iklimsel koşulları oluşturabilmeleri için yeterli düzeyde bilgi altyapısı ile donatılmasıdır.

Yeşil alanların yok olduğu, geçirimsiz yüzeylerin ve yapısal alanların arttığı, doğal drenaj ve su akışının değiştirildiği, tüketimin arttığı kentsel alanlarda, kent iklimi etrafındaki kırsal alanlara oranla bölgesel ve yerel ölçekte farklılıklar göstermektedir. Kentsel alanların, kırsal alanlara göre yarattığı farklılıklar Şekil 2.4'de de görülmektedir.



Şekil 2.4 Kent morfolojisinin iklimsel etkileri<sup>2</sup>

Kentsel alanlar, kırsal alanlara göre daha sıcaktır ve iki bölge iklimi arasında, yıllık ortalama sıcaklık açısından 1-2°C farklılık oluşmaktadır. Bu sıcaklık farkı, kentin konumuna, büyüklüğüne ve farklı özelliklerine bağlı olarak 6-12°C'ye kadar ulaşabilmektedir.

Yer yüzeyinde yerleşme ve bitki örtüsünün olduğu yerle atmosfer arasındaki sınır, atmosfer sınır tabakası olarak belirtilir. Bu sınır tabakasında ısınma, soğuma, rüzgârın sürtünmesi ile su buharı, karbondioksit, toz ve kirleticilerden oluşan atmosferin birleşimi, yerine göre birkaç metre ile birkaç yüz metre yüksekte olan atmosferden oldukça farklıdır. Bu farklılık atmosferle yeryüzü arasında mikro iklim, bazen yerel iklimin oluşmasına neden olmaktadır. Bu iklimler sınır tabakası iklimi olarak adlandırılan ayrı bir iklim konusunda araştırılmaktadır [50]. İklimbilimi açısından kentsel etki, bir sınır tabakası sorunudur ve kent yüzeyinden etkilenmektedir [51], bu ikliminin oluşmasında

<sup>2</sup> [49]'dan faydalanılarak geliştirilmiştir.

Şekil 2.5’de de verilmiş olan kentsel özellikler ayırıcı birer faktör olarak belirlemektedir.



Şekil 2.5 Sera gazı faktörleri [52]

İklimsel çalışmalar, zamansal ve mekânsal ölçeğin geniş bir yelpazesi içinde değerlendirilmektedir. Zamansal ölçekler saniyelik parçalardan, asırlık değişimlere kadar uzanırken; mekânsal ölçekler de çok küçük birim alanlardan, dünya ölçeğine kadar geniş bir yelpazeyi ele almaktadır. Mikro, yerel ve mezo ölçek iklim, hava ve kentin tümüne yayılmış binalar arasındaki etkileşimi kapsarken daha geniş etkiler sinoptik ve makro ölçeğe dahil edilmektedir [53].

Ayrıca her kent coğrafi konum, yerleşim özellikleri, kültürel tarihi ve mimari ifadeleri ile özgündür. Bu çeşitlilik, doğal koşulları içeren kırsal alanlara göre kentsel iklimin farklılaşmasını oluşturmaktadır ancak, diğer taraftan iklimsel çalışmaları aynı zamanda da baş edilmesi güç bir konu haline getirmektedir.

İklimsel çalışmalarda, farklı sınıflamalar bağlamında çalışmaların karşılaştırılabilmesi için belli standart formların oluşturulması gereği üzerinde durulmaktadır. Bu bağlamda, iklim açısından kırsal ve kentsel alan tanımlamalarının yetersizliğine değinilerek kentsel iklim ölçeğinin bir fonksiyonu olarak aşağıdaki şekilde sınıflandırmaların yapılması önerilmektedir [53].








- Geniş ölçekte; kentin temel coğrafik koordinatlarına (enlem, boylam), kara veya kıyı kenti olması gibi konumuna veya ana fizyografik bölünmelerine (dağ, plato, ova, delta gibi) ve iklimsel bölgesine göre
- Orta ölçekte, kentin orografik bileşenlerine (vadi, tepe vb. gibi kent içinde kalan yükseltiler) ve belirli bir yerin kentsel alan içindeki yerine göre (kentsel çeper, kent merkezi gibi)
- Yerel ve mikro ölçekte, ayırık ve bitişik binalar, bina yükseklikleri, bina yaşı, yapı sistemi, kentsel fonksiyonlar gibi parametrelere ve ayrıca, arazi kullanım ve hava akımı, ışınım erişimi, yüzey pürüzlülüğü gibi kentsel parametrelere göre

Ayrıca, Oke [54] tarafından hazırlanmış olan WMO rehberinde de, kentsel iklimi kontrol eden dört bileşen tanımlanmıştır.

- Kentsel yapı (binaların boyutları, aralarındaki mesafe, cadde genişlikleri ve cadde alanı)
- Kentsel yüzey (yapılaşmış alanlar, kaldırımlar, bitkilendirme, çıplak toprak, su)
- Kentsel yapı malzemeleri dokusu (inşaat ve doğal malzemeler)
- Kentsel metabolizma (ısı, su ve insan eylemleri nedeniyle kirlenme)

Ancak bu sınıflar kentsel alanları iklimsel açıdan yeterli derecede ayrıştıramamakta, karakteristik kentsel sınıflar kaybolmaktadır. Oke [55], kentsel alanda termal, rüzgar ve nem ikliminin kabiliyetini anlayabilmek için yukarıda verilmiş olan temel ayrımlardan yola çıkarak aşağıda Şekil 2.6'da verilmiş olan kentsel karakteristik sınıflandırmayı geliştirmiştir.

Table 2. Simplified classification of distinct urban forms arranged in approximate decreasing order of their ability to impact local wind, temperature and humidity climate (Oke, 2004)

Urban Climate Zone, UCZ <sup>1</sup>	Image	Roughness class <sup>2</sup>	Aspect ratio <sup>3</sup>	% Built (impermeable) <sup>4</sup>
1. Intensely developed urban with detached close-set high-rise buildings with cladding, e.g. downtown towers		8	>2	>90
2. Intensely developed high density urban with 2-5 storey, attached or very close-set buildings often of brick or stone, e.g. old city core		7	1.2-2.5	>85
3. Highly developed, medium density urban with row or detached but close-set houses, stores & apartments e.g. urban housing		7	0.5-1.5	70
4. Highly developed, low density urban with large low buildings & paved parking, e.g. shopping mall, warehouses		5	0.05-0.2	75-95
5. Medium development, low density suburban with 1 or 2 storey houses, e.g. suburban housing		6	0.2-0.5, up to >1 with tall trees	35-65
6. Mixed use with large buildings in open landscape, e.g. institutions such as hospital, university, airport		5	0.1-0.5, depends on trees	<40
7. Semi-rural development with scattered houses in natural or agricultural area, e.g. farms, estates		4	>0.05, depends on trees	<10

Key to image symbols: ■ buildings; ▽ vegetation; ■ impervious ground; ... pervious ground

<sup>1</sup> A simplified set of classes that includes aspects of the scheme of Ellenbogen (1990/91) plus physical measures relating to wind, thermal and moisture controls (columns at right)

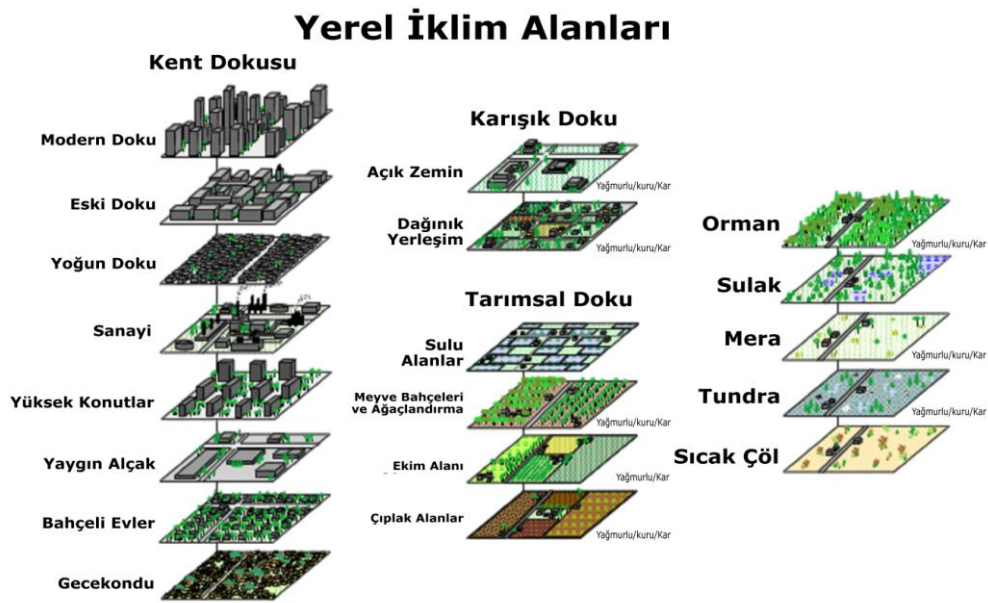
<sup>2</sup> Effective terrain roughness according to the Davenport classification (Davenport et al., 2000)

<sup>3</sup> Aspect ratio =  $z_{eff}/W$  - related to flow regime types and thermal controls (solar shading and longwave screening). Tall trees increase this measure significantly

<sup>4</sup> Av. fraction of ground covered by built features (buildings, roads, paved and other impervious areas) the rest of the area is occupied by pervious cover. Permeability affects the ability to store moisture and hence the moisture status of the ground

Şekil 2.6 Kentsel iklim alanlarının karakteristik sınıflandırması -1- [55]

Stewart [55], Japonya'da dikeyde gelişen kent peyzajlarının kent kır sınıflamasına kolayca sokulamayacağı için, geleneksel kırsal kentsel temelli sistem yerine yerel iklim bölgeleme sistemi oluşturmuştur. Yerel iklim bölgeleri evrensel kent peyzajının yerel okumalarından elde edilmiştir. Alt sınıf hiyerarşisi, yüzey farklılıkları, bina oranları, toprak nemi, albedosu, yüzey yapısı (gökyüzü görünüş faktörü, pürüzlülük, yükseklik), ve kültürel eylemler (anthropogenic heat flux) üzerinden oluşturulmuştur (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Kentsel iklim alanlarının karakteristik sınıflandırması -2- [55]

Planlama ve tasarım açısından iklimsel özelliklere bakıldığında konu; kentsel yüzey, çevresi ve ilişkilerini kapsamaktadır [56]. Tek bir yapının iklimsel nitelikleri bölgeyi bağlamamakta, dış mekân ikliminde konfor arayışına yeterli katkıyı sağlayamamaktadır. Dolayısıyla konu, bir bütün halinde ele alınması gereken bir probleme dönüşmektedir.

Çok fazla parametre içeren, zamansal ve dönemsel farklılıklar gösteren ve farklı ölçeklerde farklı detaylarla değerlendirilen konu, hem fiziksel hem de sosyal açıdan kompleks bir yapı içermektedir. Yapılacak olan çalışmalarda ölçeğin, alanın ve yöntemin doğru seçimi büyük önem taşımaktadır.



Bu nedenlerden dolayı, kentsel iklim üzerine çalışmalar yapmak ve kentlerde insanların yaşam ortamlarının iyileştirilmesi için bu bilgilerin uygulanabilir hale getirilmesini sağlamak önemlidir.

### **2.2.1 Kent Isı Adaları**

Yoğun yapılaşmanın bulunduğu alanlardaki hava sıcaklıkları, bunları çevreleyen alanlardan daha yüksektir. Bu olay "kent ısı adası etkisi" olarak bilinmektedir ve şehirleşmenin en belirgin iklimsel kanıtıdır. Kentlerde çeperlerden daha sıcak iklimsel ortamların oluştuğu bu durum; ağaçlık alanlar ve bitki örtüsünün kısıtlı olmasıyla birlikte çatılar ve kaldırımlar gibi güneşin ışığını emen ve alıkoyan koyu yüzeylerin kullanımının yoğunluğuyla meydana gelen bir nevi "ters vaha" (reverse oasis) olarak da tanımlanabilir [15].

Kentsel iklimler kırsal bölgelere göre daha sıcak ve daha az rüzgârlı hal almaktadır. Kentsel iklimde oluşan bu değişim; yerel iklim, topografyaya, bölgesel rüzgâr hızlarına, kent morfolojisine, insan faaliyetlerine ve diğer birçok etkene bağlıdır.

Özellikle yoğun ve yüksek yapıların bulunduğu, dolayısıyla enerji kullanımı ve trafiğin de yoğunlaşmış olduğu alanlarda oluşan kent ısı adalarının, Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı'nın çalışmalarına göre çevre kırsal alanlarıyla 3°C-7°C ye kadar fark oluşturabildiği söylenmektedir [57]. IPCC'nin 1990'da yayımladığı rapora göre ise New York'da 2.9°C, Moskova'da 3-3.5°C, Tokyo'da 3°C, Shanghai'da 6.5°C ısı adaları etkileri gözlemlenmiştir [3]. Atina'da yapılmış çalışmalarda ise kentsel alanlar ile banliyöler arasında 5°C-15°C arasında değişimler olduğu gözlemlenmiştir [22]. Amerikan Jeofizik Birliği (AGU) raporlarında antropojenik etkilerin yaz aylarında Houston'da ortalama 10°C'lik artış yarattığı söylenmektedir [57]. 2002 yılında yapılan çalışmaya göre Hong Kong'ta kırsal ve yoğun kentsel alanlar arasındaki sıcaklık farkı 6°C'dir [58].

Kent biçiminin ve yapısının kırsal bölgelere göre önemli ölçüde farklı olması, ısının, alandan dışarı ve alana akış biçimini değiştirmektedir. Güneş enerjisi, şehirlerde antropojenik kaynaklardan gelen ısı ile birlikte daha etkili bir biçimde tutulmakta ve daha iyi saklanmaktadır. Ayrıca şehirlerin, ışığı yansıtma ve hava soğutması yolu ile ısıyı dağıtabilme yeteneği kırsal bölgelere göre daha düşüktür. Bu durum kentlerin kendine ait iklimlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle büyük kentlerde ve tropikal kuşak kentlerinde bu durum daha rahat gözlemlenmektedir.

Tropikal kuşak boyunca, nüfus hareketleri, kent gelişimi ve sanayileşme koşulları, kent ısı adası olarak bilinen, kentsel alan ile kırsal çevresinin karşılaştırılmasıyla daha net gözlemlenen sıcaklık artışlarına neden olmaktadır [59]. Günümüzde sıcaklıkların yılın büyük kısmında insan konfor düzeyini aşması ve aşmaya devam etmesi nedeniyle, tropik ve tropik altı/üstü kentlerde çalışan ve yaşayan insanlar için gündüz ve gece hava sıcaklıkları önemli hale gelmiştir [58].

İlman enlem şehirlerinde, ısı adaları mevsimsel çeşitlilik göstermekte, özellikle sıcak yaz dönemleri ve sonbahar aylarında sık ve yoğun olarak oluşmaktadır. Bu durum hava yapısının (rüzgâr, bulut, hava kütlesi) mevsimselliğine kısmen bağlı olmasıyla birlikte, yüzey örtüsündeki değişikliklere (bitki örtüsü ya da kar) ve güneş ışınlarının kentsel kanyona ve aerosollere bağlı olarak zayıflamasına da bağlıdır [60].

Kent yapısının birincil bileşenleri olan asfalt, beton, çatı malzemeleri; metropoliten bölgelerde hızla kaybolan orman ve diğer doğal niteliklere oranla çok daha fazla ısı kapasitesine sahiptir. Sonuç olarak kent dokusu gün içerisinde termal enerjinin büyük bir kısmını soğurur ve gün batımından sonra yavaş yavaş tekrar yayar [61].

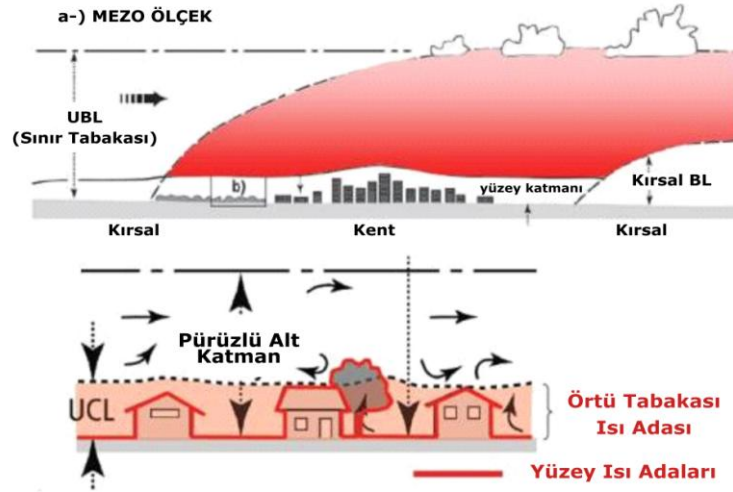
Soğurulan enerji, salınımdan fazlaysa özellikle yaz aylarında artan ısınmaya neden olmaktadır. Isı adalarına sebep olan faktörleri en iyi, kentsel ve kırsal

alanlar arasındaki farklılıklar ortaya koymaktadır. Kentsel alanlar kırsal alanlara göre daha fazla pürüzlü yüzeye sahiptir, kentsel alanların kırsal alanlara göre daha büyük bir ısı depolama kapasitesi vardır, ayrıca kentsel alanların kırsal alanlara göre daha fazla belirli yüzeyleri, daha az geçirgen yüzeyi ve daha geniş Bowen oranı<sup>3</sup> bulunmaktadır.

Bu sebeplere bağlı olarak şehirler üzerindeki türbülans karıştırma zenginleşmekte ve yüzey ısınması kırsal çevreye göre daha güçlü hale gelmektedir. Buna ek olarak ısı sınır tabakasına (urban boundary layer), antropojenik etkilerle de salınmaktadır. Bütün bunlar sonucunda kentler kendi atmosferik sınır tabakasını (atmospheric boundary layer) yaratmaktadır [62].

Kenti etkileyen 3 tip ısı adasından söz edilmektedir (Şekil 2.8) [63], [64].

- Sınır Tabakası ısı adaları (boundary layer heat island - BLHI)
- Örtü Tabakası ısı adaları (Canopy layer heat island - CLHI)
- Yüzey ısı adaları (surface heat island - SHI)

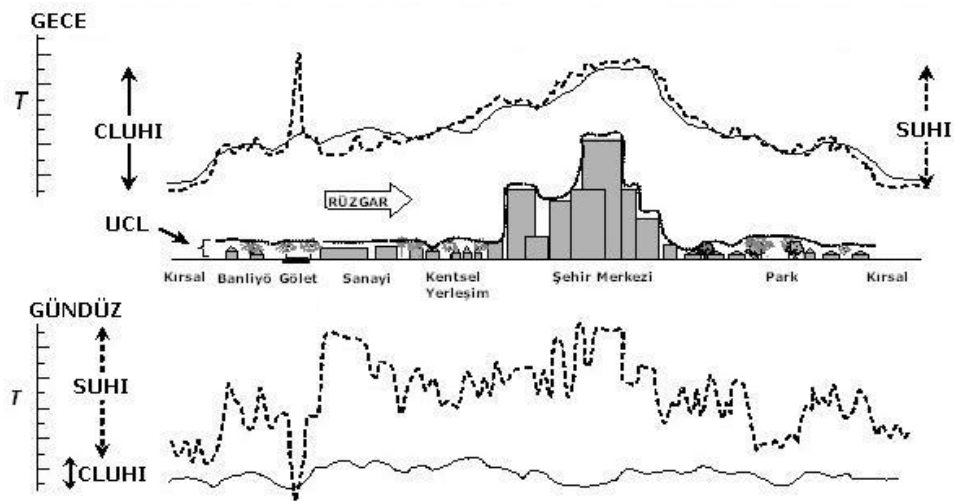


Şekil 2.8 Isı adası tipleri [65]

<sup>3</sup> EK-C Sözlük kısmında açıklaması yapılmıştır.

İnsan etkisindeki tabaka kentsel örtü tabakasına (UCL) karşılık gelmektedir. Bu tabaka, çatı seviyesinin altında bina yerleşimini ve araya giren boşluğu içermektedir ve zeminden çatılara doğru hareket etmektedir. Bu katmanda rüzgâr ve sıcaklık, küçük alanlarda önemli değişiklikler göstermektedir. Sokak sisteminin düzeni ve genişliğinden, bina ve yollar için kullanılan malzemelerden, zemin kullanım şekillerinden, farklı yüksekliklilerden ve farklı yönlerdeki cephelerden vb. birçok parametreden etkilenecek şekilde karmaşık yapıda mikro iklimler oluşmaktadır [66].

Diğer taraftan yüzey sıcaklıkları ile ifade edilen tabaka, yüzey ısı adalarıdır (SHI) ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak, objelerin yüzey ısı değerlerinin tespiti ile ifade edilmektedir. İki ısı adasının temel farkı (Şekil 2.9), CLHI için gece ölçümleri uygunken, SHI için hem gece, hem gündüz bilgilerinin alınabilmesidir.



Şekil 2.9 Kentsel atmosfer yapısı [63]

Kentsel alanın termal dengesi, güneşten kazanılan ısı ve uzun dalga radyasyon ile salınan ısı kaybı arasındaki denge ile açıklanmaktadır. Yayılan ısı kaybı kentsel alanlarda daha düşük olduğundan net denge kırsal alanlara göre daha yüksektir, bu nedenle kentsel alanlarda sıcaklık daha yüksektir [67], [15]. Kentsel yapıların etkin tasarımı için, kentsel iklim özelliklerinin, kentin morfolojik özelliklerine bağlı olarak ısı ve rüzgâr dağılımının çok iyi anlaşılması gerekmektedir. Özellikle kent

merkezlerinde, yoğun ve yüksek yapılaşmaya bağlı olarak kentsel nüfusu rahatsız eden yüksek sıcaklıkların veya yanlış tasarlanmış sokaklar ve yüksek katlı binalar nedeniyle olağan dışı rüzgâr koridorlarının oluşması çok sık görülen problemlerdir.

Kentsel ve kırsal alanda cadde seviyesindeki hava sıcaklığı ve rüzgâr hızı farkının sonucu olarak beliren konfor seviyesi kentsel ve kırsal iklim şartları arasındaki temel farklılıktır. Bu farklılıklar; kentsel çevredeki ışıınım seviyesi (radiant balance), yüzey ve binalar arasındaki ısı akışı, kentsel alandaki hava akımı ve şehrin ısı üretimi sonucu meydana gelmektedir. Kentsel alanlardaki sıcaklık dağılımı, daha çok kentsel radyasyon dengesinden etkilenmektedir. Kentsel yüzeylerde emilen güneş ışıınımı daha sonra hissedilir ısıya (sensible heat) dönüşmektedir [15].

Bir kentte ısı adalarının varlığının en belirgin göstergesi, gece sıcaklıklarında oluşan hızlı, gündüz sıcaklıklarında oluşan yavaş yükseliştir ki bu durum zaman içinde gece ve gündüz sıcaklık farklarının azalmasına da neden olmaktadır [2]. Özellikle yoğun ve yüksek yapılaşmanın olduğu bölgelerde, durgun sıcak hava kubbesi olarak beliren (Şekil 2.8) bu durum, çok soğuk bölgeler hariç hemen hemen dünyanın her bölgesinde görülmektedir.

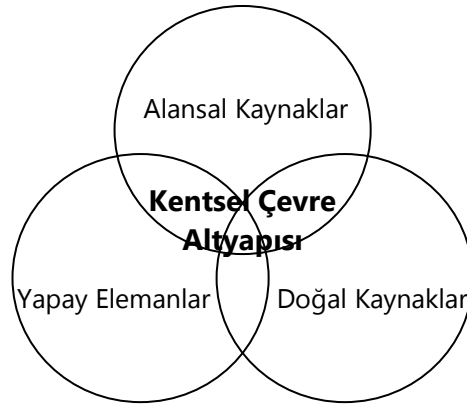
Ayrıca yaygın olarak bilinenin tersine, ısı adaları gün batımından birkaç saat sonra geceleri oluşmaktadır. Genel olarak örtü tabakasında (Urban Canopy Layer) da oluşan ısı adaları gündüz saatlerinde zayıftır veya yoktur, fakat günbatımından sonra hızla yükselmekle birlikte 3-5 saat sonra maksimum seviyeye ulaşmaktadır ve daha sonra adım adım azalmaya başlamaktadır.

Isı adalarının özellikleri farklı iklimlerde farklı etkiler yaratmaktadır. Örneğin, sıcak iklimlerde, özellikle yaz aylarında artan sıcaklıklar, klima kullanımını arttırarak enerji kullanımını şiddetlendirmektedir. Soğuk iklimlerde, kent ısı adası etkisi ısınma ihtiyacını azaltırken, enerji tüketimi açısından da pozitif etki etmektedir.

Orta enlem şehirlerinde ise ısı adaları çift karakterli özellik göstermektedir, yaz akşamlarında yavaş soğuma nedeniyle kent sakinlerinin termal stresini artırarak, klimalara yönelmesini ve dolayısıyla enerji kullanımlarını arttırmaktadır. Diğer taraftan, kışın binaları ısıtma ihtiyacı ve ısıtma süresinin azalması bu etkiyi avantaja dönüştürmektedir [68].

Oldukça karmaşık ve geniş bir konu olan ısı adaları, planlama kabulleri açısından önemli bir araştırma konusudur. Bölgelerin iklimsel özellikleri ve etkilerine göre değişiklik gösteren bu durum karşısında oluşturulacak stratejiler de değişmektedir. Dolayısıyla kentsel ve iklimsel özelliklerin çok iyi yorumlanması gerekmektedir

Kentsel çevreyi etkileyen bu durum, altyapı yetersizliğiyle birlikte insanlar üzerinde daha fazla etkili olmaktadır [69]. Bir şehirde, tesis ve alanlar ile çevresel yükün azaltılması ya da çevresel kapasitenin yükseltilmesi kentsel çevre altyapısı olarak kabul edilmektedir. Kentsel çevre altyapısı; doğal elemanlar, yapay elemanlar ve alansal kaynaklar olarak üç anahtar yapının birleşiminde ısı adalarına etkide bulunan altyapıların işlevleriyle açıklanmaktadır (Şekil 2.10) [70].



Şekil 2.10 Kentsel çevre altyapısının bileşenleri [70]

Kentsel iklim açısından tüm bu bileşenlerin doğru yönetilmesi, eksikliklerin ortaya konulabilmesi, işlevsel bir altyapının oluşturulabilmesi ve stratejik

değerlendirmelerin yapılabilmesi, iklimin fiziksel prensiplerine, sosyal etkilerine hâkim olmayı gerekli kılmaktadır.

### **2.2.2 Kent Mikro İklimini ve Isı Adalarını Etkileyen Faktörler**

Kentsel sistemler iklime, enerji emilimine ve salınımına etki etmektedirler. Teorik çalışmalar, yersel ölçümler ve uydu çalışmaları, kent ısı adaları olarak bilinen ve kentin iklimsel değişimiyle sonuçlanan kentsel özelliklere ışık tutmaktadır. Öncelikle, fiziksel bileşenlerin boyutu, şekli ve yönü ile ya da kent morfolojisiyle kentin iklimsel farklılıkları açıklanabilmektedir.

Kent ısı adaları ve bu oluşumu tetikleyen parametrelerin araştırılması konusunda çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalara göre ısı adalarının oluşumunda 1) nüfus büyüklüğünün (kent büyüklüğü) ve artış hızının, 2) kent morfolojisinin, 3) kentsel yoğunluğun, 4) bitki örtüsünün, 5) kentsel yüzey tepkisinin, 6) rüzgâr yönünün ve hızının, 7) tüketim alışkanlıkları ve yaşam biçiminin en önemli faktörler olduğu görülmektedir.

Farklı çalışmalarda bu faktörlerin farklı kombinasyonları üzerinden araştırmalar yürütülmüş, ancak faktörlerin ısı adalarını etkileme yönünde benzer sonuçlara ulaşılmış olduğu görülmektedir.

Kentsel yüzey tepkisi, yapılaşmış çevrenin fiziksel özelliklerine bağlıdır. Bu fiziksel özellikler, termal özelliklere (ısıtma kapasitesi, ısı iletkenliği, vb) ve ışınımsal özelliklere (emissivite, albedo, vb) göre alt kısımlara ayrılmaktadır. Kentsel alanların birleştirilmiş morfolojik ve fiziksel özellikleri, yüzeyin radyasyon dengesinin kırsal alanlarla karşılaştırılmasıyla belirginleşmektedir. Ayrıca bu faktörler, kentsel malzemelerde ısı depolanması ve enerjinin gizil ve hissedilir ısı akısı olarak bölümlenmesiyle ifade edilmektedir [71].

Alexandri [3], kentsel alanlarda sıcaklığın düşürebilmesinin ölçütünü bitkilendirmeye, var olan kentsel geometriye ve iklim durumuna bağlamıştır.

Yapılan alışmalar, bu parametrelerin 0.4°C'den 19.9°C'ye kadar etkili olduğunu göstermektedir. Yeşil alanlar ve oluşturdukları sistem önemlidir, alan genişletildikçe etki derecesi de artmaktadır. Kent bütününden, sokak seviyesine kadar farklı seviyelerde bitkilendirme ile hava sıcaklığı daha etkili bir biçimde düşmektedir. Kent parklarının dışında tüm bina yüzeylerinin yeşillendirilmesiyle, ısı adası etkisi şehrin tümünde azaltılabilmektedir. Bu nedenle konforlu kent iklimi yaratma ve binanın mikro ölçekli hava sıcaklığını düşürmede bitkilendirme oldukça önemli yer tutmaktadır.

Yoda [72], yaptığı çalışmada, arazi kullanımı ve termal çevresel özellikler arasındaki ilişkileri incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yüksek sıcaklıkların meydana geldiği bölgelerin yoğun konut alanları, ticari alanlar ve trafiğin yoğun olduğu alanlardan oluştuğu; düşük sıcaklıklı bölgelerin ise yeşil alan, düşük yoğunluklu konut alanı ve boş alanlardan oluştuğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca, ticari iş alanlarının bulunduğu merkez Fukuoka'nın iklimsel özelliklerinde problem noktaları belirlemiştir. Bu bgelerde, yüzey örtüsünün değişmesi, betonlaşmanın artması ve egzoz gazlarının yüksek olması sıcaklık arttırıcı faktör olarak ortaya çıkmıştır.

Coutts vd.'nin [73] Melbourne'da yapmış oldukları çalışmada, kentsel yüzey özelliklerindeki değişimlerin farklı kentsel iklimlere yol açtığı hipotezinden yola çıkarak yoğunluğun kent iklimi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu alışma için 3 örnek alan kent merkezinden, 1 örnek alan da kırsal bölgeden seçilmiştir. Bu seçimler sırasında kent merkezi yüksek, orta ve düşük yoğunluklu alanlar üzerinden değerlendirilmiştir. Gelişmiş, yüksek katlı ve sık yapılaşmanın bulunduğu bölgeler yüksek, orta gelişmişlik düzeyinde daha az yoğun bölgeler orta ve banliyö bölgelerinden seçilmiş olan seyrek yapılaşmalı alanlar da düşük yoğunluklu bölgeler olarak tanımlanmıştır. Daha sonra her bir bgede net radyasyon, hissedilir ısı akısı (sensible heat flux), gizil ısı akısı (latent heat flux), sıcaklık, nem bilgileri kayıt edilmiştir. Ayrıca albedo ve yüzey ışınımsal



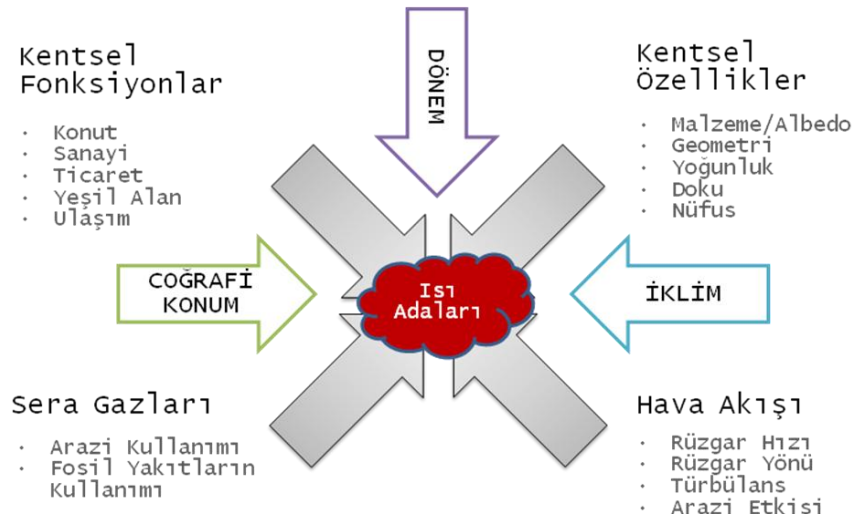
sıcaklığının (surface radiative temperature) hesaplanması için gerekli olan radyasyon salınımı da ölçülmüştür. Çalışmanın sonucunda; artan yüzey alanları, bitki örtüsünün azalması ve azalan albedo ile değişen yüzey özellikleri ve yapılaşmayla birlikte yoğunlaşan kentte daha fazla ısı depolanımı olduğu ortaya çıkmıştır.

Alexandri [3], hava sıcaklığının azaltılmasında, yeşil çatıların termal etkisini incelemek amacıyla yaptığı çalışmada; diğer etken parametreleri de (rüzgâr hızı ve yönü, kent morfolojisi, yoğunluk, alan ve ağaçlandırma geometrisi) ele alınarak simülasyon yapmıştır. Bu simülasyonda çeşitli örnek alanlar oluşturulmuştur. Hiç bitki örtüsünün bulunmadığı, derecelendirilmiş olarak yoğunluğun artırıldığı, bina yüksekliklerinin değiştirildiği, gölgeliklerin kullanıldığı ve çimlerin bulunduğu alanlar olarak model girdileri değiştirilmiştir. Modelleme sonucuna göre bina yüksekliklerindeki değişkenliğe bağlı olarak hava sıcaklığı düşmektedir. Bitki örtüsünün az olduğu, yoğun kentsel alanlar sıcaklığın artmasında önemli faktör olarak belirlemektedir. Çatılar dışında, duvarlarda da yeşillendirmenin yapılması sıcaklıkları düşürmektedir. Ancak, cadde düzleminde oluşturulan yeşil alanlar, çatı ve duvar üzerinde yapılan yeşillendirmeye göre daha etkin rol oynamaktadır. Kent morfolojisinin yönlendiriyor olduğu rüzgâr hızı, uygun tasarımı alanlarda yeşil alanın etkisinden çok daha etkin biçimde sıcaklığı düşürebilmektedir, ancak rüzgâr hızının kesildiği alanlarda, yeşil alanlar daha önemli rol oynamaktadır.

Isı adalarının oluşmasında önemli parametreler olarak; ısıtma, aydınlatma, ulaşım, vb faktörlere bağlı olarak antropojenik ısınma, artan sürtünme nedeniyle yatay hava akımının azalması, yüksek ısı kapasiteli kentsel doku içerisinde güneş radyasyonunun emilimi ve tutulması, gökyüzü görünüş faktörünün azalmasına bağlı olarak azalan uzun dalga kaybı [74], doğal soğutma mekanizması olarak anılan terleme-buharlaştırma işleminin bitki örtüsünün azalmasına bağlı olarak azalması sayılmaktadır [61]. Bu noktada ısı adalarının mekansal alanı, yukarıda da

sayılmış olan mekansal değişkenlere de bağlıdır. Bu da, ısı adalarının sabit bir özellik taşımaktan ziyade, dinamik bir meteorolojik olgu olarak görülmesi gerektiğini göstermektedir [75].

Bu çalışmalar ve diğerlerinden de yola çıkarak temel faktörlere göre gruplandırılmış, kentsel iklime etki eden parametreler Şekil 2.11'de verilmiştir. Bu şekle göre dönem, iklim, coğrafi konum gibi sabit iklimsel etkiler dışında; kentsel fonksiyonlar, kentsel özellikler, sera gazları ve hava akışı gibi değişken parametrelere bağlı olarak kentsel iklim değişmektedir.



Şekil 2.11 Isı adalarına etki eden faktörler

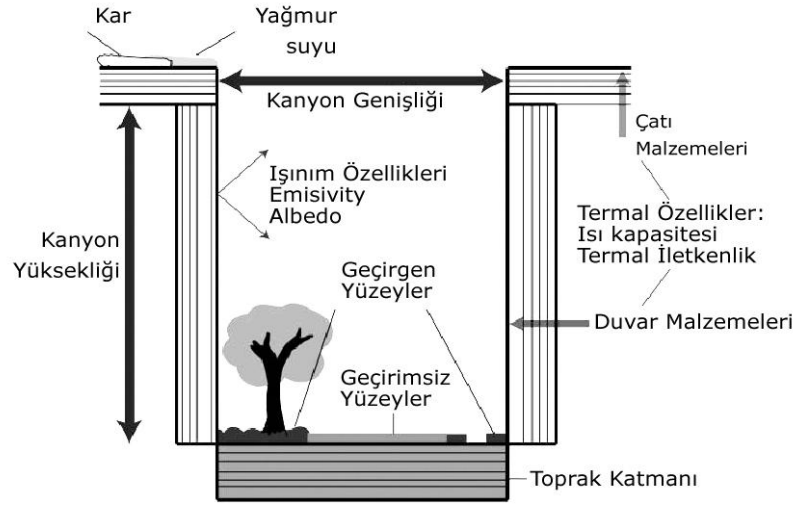
Yukarıda değinilen faktörlerin ısı adası oluşumundaki rolleri, ilgili araştırmalara atıflarla ortaya konmaktadır.

### 2.2.2.1 Kent Morfolojisi

Kent morfolojisi, kentlerin yapılaşmış dokusunun, form, şekil, plan, yapı ve işlevlerini tanımlamaktadır. Ulaşım ağı, binalar ve işlevleri kentsel morfolojinin üç temel bileşenini oluşturmaktadır [76]. Bu bağlamda kentsel iklim parametrelerinden biri olan binaların, geometrik ve fonksiyonel ilişkileri kent morfolojisi altında değerlendirilmektedir. Bina yerleşimi geometrisi,

yönlendirilmesi ve malzeme bileşimi açık ve kapalı alan iklimi üzerinde önemli etkiye sahip olmaktadır [56].

Şehir sistemlerinin yatay görünümü; ışınımsal, termal, aerodinamik ve hidrolik açıdan farklı özellikler ve etkileşimler gösteren geçirimsiz (kaplanmış yollar) ve geçirgen (çimenler) yüzeyleri içermektedir. Bu yatay yüzeyler bina duvarları ile birlikte kentsel kanyonun tanımlanmaktadır (Şekil 2.12) [71], [77].



Şekil 2.12 Kentsel kanyon [71]

Bir şehrin kentsel geometrisi, tekrarlı elemanlardan oluşan "kentsel kanyon" ile karakterize edilmektedir. Kentsel kanyon bir cadde ve caddeye bitişik olan binalara bağlı üç boyutlu uzay olarak tanımlanmaktadır. Kentsel kanyonlar gökyüzü kubbesinin görüntüsünü sınırlamakta (gökyüzü görünüş faktörü SVF tarafından karakterize edilir), güneş ışınımının çoklu yansıtımına sebep olmakta ve genellikle havanın serbest hareketini engellemektedirler. Uzun kentsel kanyonlarda bu geometriyi belirtmek için binanın yüksekliği/caddenin genişliği (H:W) oranı kullanılmaktadır, bazen görünüm oranı (aspect ratio) olarak da kullanılmaktadır [2]. Bu oranın artmasına bağlı olarak, yüksek binalar ve dar sokaklar arasında hava akışı azalmakta ve ısınma meydana gelmektedir [57].

Kent morfolojisi, kanyon etkisi ve rüzgâr hızı birbirine bağlı parametrelerdir. Yoğun ve yüksek yapılaşma alanlarında, binalar duvar etkisi oluşturarak bir nevi kanyonlar yaratmaktadır, bu kanyonların rüzgâr hızını kesmesine bağlı olarak bölgede ısı dağılımı azalmakta, birikime bağlı olarak da bölgesel sıcaklıklar artmaktadır. Kent morfolojisinin, çatı bahçeli yapılardan oluşması, özellikle çatı seviyesinin altındaki alanlarda hava sıcaklığını etkilemektedir.

Coutts vd. [78], kentin yapısının, yoğunluğunun, bina malzemelerinin mevcut ısı adalarını etkilediğini ancak çoğunluğun dile getirdiğinden farklı olarak bunun tasarımsal bir problem olduğunu öne sürmektedirler. Coutts vd.'e göre [78]; kentsel tasarım, yoğunluktan daha önemlidir.

Örneğin Hong Kong'da, kent morfolojisi ve yüzey sıcaklığı arasındaki ilişkinin incelendiği bir araştırmada; mahalleler arası sıcaklık farkları gözlenmezken, rüzgar alan kesimlerde 10°C, kent içi park alanlarında 8°C sıcaklık düşüşü gözlenmiştir. Ayrıca, Hong Kong'da kıyıların doldurulmuş alanlardan oluşması, bitkilendirmenin olmaması, buna karşın kıyıların yüksek binalarla yapılaşmış olması nedeniyle, iç kesimlerin sabahdan başlayarak gün boyunca ısındığı ve gece boyunca ısı adalarının etkisi altında kaldığı tespit edilmiştir. Buradan hareketle, kentsel alanlarda hava koridorlarının oluşturulması ve hava akımını sağlayacak vadi alanlarının tıkanmaması ile kent içi alanların daha rahat esinti alabileceği ve ısı adalarının etkilerinin azaltılabileceği sonucuna erişilmiştir [79].

Diğer taraftan Kuzey Amerika'da yer alan Vancouver ve Sacramento'da, parklarda gözlemlenen düşük hava sıcaklıklarının, belli mesafeler içinde mahalleleri serinlettiği görülmüştür [80]. Her iki araştırmada ele alınan kentsel dokuların birbirinden çok farklı olması yeşil alanların çevrelerinde yarattığı etkinin farklılığını yansıtmaktadır. Hong Kong yüksek ve yoğun bir dokuyu temsil ederken, Vancouver ve Sacramento'da araştırma yapılan alt bölgeler düşük yoğunluklu dokulardan oluşmaktadır. Bu durum, iklim çalışmalarında kentlerin

morfolojisinin, makroformunun, yeşil sisteminin bir bütün olarak ele alınıp değerlendirilmesi gerektiğinin somut bir kanıtını oluşturmaktadır.

#### **2.2.2.2 Kentsel Yoğunluk**

Birim alandaki yaşayan insan sayısını ifade eden yoğunluk, kent morfolojisinin kaba bir göstergesidir. Net yoğunluğun yapılaşma dokusu ile doğrudan ilişkili olmasıyla birlikte, aynı yoğunlukta farklı doku tipolojileri de söz konusudur.

Örneğin İslah İmar Planları ile oluşan taban alan kullanımı yüksek, 5-6 katlı yapılar ile Büyükdere aksındaki gökdelenler benzer yapılaşma yoğunluğuna sahip, ancak farklı dokuya sahip alt bölgelerdir.

Diğer taraftan; yeşil alan, yol, okul gibi donatı alanları ile konut alanlarını kapsayan yoğunluklar brüt yoğunluk olarak tanımlanmaktadır. Kentsel iklim araştırmalarında ise ele alınan birim alanın yapılaşma oranının, yoğunluk göstergesi olarak kullanıldığı görülmektedir. Mezo ölçekte yoğunluk-ısı adaları ilişkisi saptanırken, farklı yoğunluk tanımlarının aynı araştırmada ele alınması, aynı zamanda kent morfolojisi-ısı adalarının eşzamanlı ölçümü araştırmaların planlama alanına yansıtılabilmesi ve kullanılabilirliğinin arttırılması açısından yararlı olacaktır.

Kentsel hava sıcaklığında, kentsel yoğunluk çok önemli bir etkinliğe sahip olmaktadır. Bina yüksekliklerin artması ve binaların sıklaşması, kentsel yoğunluğu arttırmakta, bunun bir sonucu olarak da sıcaklık artmaktadır.

Yoğunluğun artmasına bağlı olarak azalan bitki örtüsünün yerine tuğla ve beton yüzeylerin geçmesi, gölgeleme ve terleme yoluyla doğal soğutma etkisini de yok etmektedir. Tuğla ve betonun gün boyunca topladığı ısı, gece salınmaktadır. Ancak binaların birbirine çok yakın olması, gece salınan ısının dağılmasına engel olmaktadır. Bu nedenle yoğunluğun yüksek olduğu bölgeler, özellikle geceleri

daha fazla sıcak olmaktadır. Yeşil alanların bütünlüğünü kesen asfalt yüzeyler bu etkinin büyümesine neden olmaktadır.

Her ne kadar Coutts vd. [78], asıl problemin yoğunluk olmadığını ve daha çok kentsel tasarımdan kaynaklandığını savunsalar da; yapılmış olan birçok çalışma, özellikle kentsel yoğunluğun üzerinde durmakta ve negatif etkilerinin göz ardı edilemez olduğunu vurgulamaktadır.

Streutker tarafından yapılmış [75] olan araştırma incelenildiğinde; Houston kentinde, 1987 ve 1999 yılları arasında ortalama gece yüzey sıcaklıklarının 12 yılda  $0.82 \pm 0.10$  K artışı gözlenmiştir. Bu dönem içerisinde yerleşik alan  $170 \pm 30$  km<sup>2</sup> artmış, nüfus yoğunluğu 1200 kişi/km<sup>2</sup>'den 1300 kişi/km<sup>2</sup>'ye ulaşmıştır. Isı adalarının mekânsal yayılması kentsel nüfus artışına bağlanırken, ısı adalarının şiddetinin artışı nüfustan çok yoğunluk artışına bağlı olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Bangkok ve Ho Chi Minh Kentleri için yapılan çalışmada, 1 km içinde yapılaşma oranı ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişki incelendiğinde, her iki kentte de çeperlerden merkeze doğru bina yoğunluğu arttığı ve yoğunluklar ile yüzey sıcaklıkları arasında Bangkok'ta % 77'lik, Ho Chi Minh Kentinde de % 65'lik korelasyonla doğrusal güçlü bir ilişkinin var olduğu saptanmıştır [81].

Çin'in hızlı kenleşmeye maruz kalan Shenzhen kentinde de 1990 ve 2000 yılları arasında arazi kullanım değişimi, yoğunluklar ve ısı adaları arasındaki ilişki Chen vd. [82] tarafından incelenmiştir. Bu çalışmada kentteki en yüksek sıcaklık, yol alanlarında görülürken, ardından sırası ile yüksek teknoloji sanayi alanlarında, çim alanlı yüksek yoğunluklu konut alanlarında, golf alanı gibi yapay zeminlerde ve oyun alanları ile donatılmış rekreasyon alanlarında sıcaklık artışları görülmüştür. Parklarda yer alan su, orman alanları sıcaklığın en düşük olduğu alanlar olarak tespit edilmiştir. Arazi kullanımının detaylı analizlerinde, yapılaşma

yüzeyi, nüfus yoğunluğu ve insan aktiviteleri arttıkça ısı adalarına yapılan katkının arttığı gözlenmiştir [82].

### **2.2.2.3 Bitki Örtüsü Alanı**

Yeşil alanların biyofiziksel özellikleri, kentsel iklimin iyileşmesinde en öne çıkan parametrelerden birisidir. Ağaçlar, havanın serinletilmesi, bağıl neminin artışı, temiz hava temini, havanın filtrelenmesi, gürültünün absorpsiyonu, oksijen üretimi gibi görevleri ile sera etkisinin azaltılması ve enerji tasarrufunun sağlanmasına katkıda bulunurlar.

Toprak ve bitkiler gün boyu önce ısıyı emmekte ve daha sonra buharlaşma yoluyla ısıyı uzaklaştırmaktadırlar [57]. Bu özellikler, iklimsel değişiklikler karşısında kentin uyum yeteneğini arttırmaktadır. Kentlerin yüzey sıcaklıklarına ilişkin uzaktan algılama çalışmaları özellikle parkların ve genelde de bitkilendirilmiş alanların serinletme etkisine işaret etmektedir [83], [84], [85].

Gölgelendirme ve bitkilerin terleme-buharlaşma işlemi, kentsel alanlarda doğal soğutma mekanizması işlevi görmektedir. Frankfurt kentinde yapılan bir araştırmada kent çevresinde yer alan ve 50-100 m'lik bir alanı kaplayan bitkisel alanların hava sıcaklığını 3,5°C'ye kadar azalttığı saptanmıştır [86]. 29-500 hektar büyüklüğündeki parklarda hava sıcaklığı 3°C'den fazla serinken, geceleri parkların çevre alanlara göre 1-2°C daha serin olduğu belirtilmektedir. Göteburg, İsveç'te ve Tokyo'da yapılan araştırmalarda parkların 6°C daha düşük sıcaklıkta olduğu belirtilirken, Kuala Lumpur'da bu fark 4-5°C olarak saptanmıştır [80]. Mexico City için yapılan çalışmalarda da araştırmanın zamanına bağlı olarak parklar ve yapılaşmış alanlar arasındaki sıcaklık farkının 3-6°C arasında değiştiği görülmektedir [87], [88]. Singapur'da yapılan çalışmada da parkların 4°C'lik sıcaklık azalmasına yol açtığı belirtilerek yukarıdaki bulgular teyit edilmiştir [89].

Kentsel büyüme ve rantsal hesaplarla birlikte vazgeçilen öge doğal yeşil alanlar (ağaçlar ve ormanlar) olmaktadır, oysa onlar ısınmayı ve zararlı gazları azaltan

doğal ve ucuz temizleyicilerdir. Şu gerçek unutulmamalıdır ki, çimler hiçbir zaman ağaçların görevini göremezler. Beton yüzeyle karşılaştırma yapılıncaya kadar yerine çimlerin ekilmesi pozitif etki yaratırken, zemin seviyesindeki ağaçların kesilerek yerine çim alanlarının oluşturulması, iklimsel açıdan negatif yönde hareket demektir. Şehir ağaçlarının sayısındaki belirgin bir artış, tüm şehrin ısı dengesini değiştirerek kent ısı adalarının yoğunluğunu düzenleyebilmektedir [11].

Ağaçların gölgelendirme, rüzgâr kesme, terleme-buharlaştırma özellikleri, binalarda yazın soğutmada kullanılan enerji miktarını azaltmakta, soğutucu donanım ve enerji tesislerinin tüketim maliyetlerinde %1 kadar azalma sağlamaktadır. Enerji tasarrufunun yanı sıra, kent ağaçları ve açık renkli yüzeyler atmosferdeki CO<sub>2</sub> artışını yavaşlatmada da etkili olmaktadır [90], [11]. Kentlerin soğutulmasında kullanılan doğal kaynak olarak bitki örtüsü, dolaylı yoldan soğutma için gerekli enerji miktarını düşürmekte, yine buna bağlı olarak elektrik üretimi için gerekli fosil yakıtların kullanımını da azaltmaktadır.

Atlanta'da (ABD) yapılan araştırmalar, 1975 yılında ağaçların bir yılda yaklaşık 13,6 milyon ton kirletici maddeyi kent atmosferinden uzaklaştırarak 75 milyon dolar katkı sağladığını, 1996 yılında bu değerlerin sırasıyla 8,6 milyon ton ve 47 milyon dolar ile daha sınırlı kaldığını göstermiştir [86]. Yine bu araştırmaya göre ağaçların yarattığı avantaj ile yıllık 2,8 milyon dolarlık bir enerji tasarrufu sağlanmıştır.

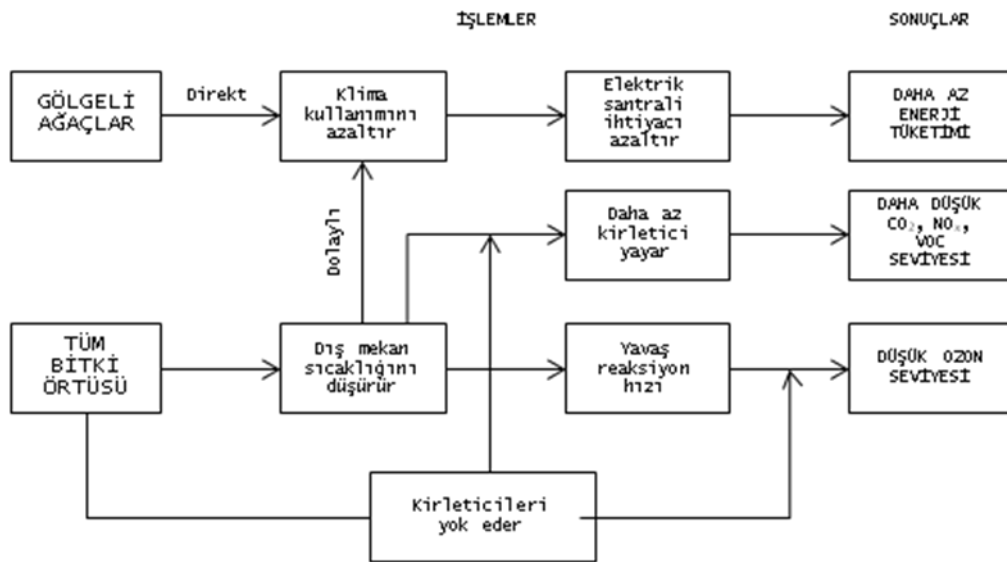
Orman alanları, en serin bölgelerdir ve gün içerisindeki ısınmaya bağlı olarak örtü tabakasında (UCL) oluşan negatif etkileri zayıflatabilmektedir.

Ağaçların üst kısımlarına gelen güneş ışınlarının emiliminde; radyasyonun çoğu buharlaşmaya bağlı soğumayla birlikte gizil ısı akısına dönüşmektedir, böylece toprak yüzeyini ısıtacak güneş radyasyonunun geçişi engellenmekte ve bu şekilde yüzeye yakın bölgelerde hissedilir ısı düşmektedir. Çayır alanlarının aynı



koruyuculuğu yaptığı söylenememektedir. Bu alanlarda gündüz belirgin ısınmanın yanı sıra gece gündüz arasındaki sıcaklık farklarını arttıran gece soğumaları da meydana gelmektedir. Klima kullanımının azalması için, gölgelenme alanı gün boyunca sıcaklığın düşük tutulmasını sağlamalıdır [59].

Murphy vd.'nin [59], 2011 yılında yayınlamış oldukları çalışmaya göre; kentsel bölge ve orman alanları arasında yapılan ölçümlerde ölçülen en yüksek sıcaklık 4,7°C olarak bulunmuştur. Kentsel alan ve biçilmiş otlak (açık ve kırsal alanlar) arasında yapılan ölçümlerde en yüksek sıcaklık değeri 3,9°C olarak bulunmuştur. Yine aynı çalışmaya göre 'yeşil alanlar' gün içi ısınması ile mücadele etmede etkisiz olurken, ağaç örtüsü ve sağladıkları gölgeler gün içi ısınmasını azaltmada başarılı olmaktadır.



Şekil 2.13 Bitki örtüsünün enerji kullanımı ve hava kalitesine etkisi [11]

Akbari ve Rose'un [91], yapmış oldukları iklim ve hava kalitesi çalışmasında, yapılaşmış kentsel alanlarda yeni dikilen ağaçların, soğumaya ve ozon hava kalitesinin iyileşmesine önemli etkiye bulunduğu sonucu çıkmıştır.

Kent içi ağaçların, kentin iklimine olan faydalarının yanı sıra hava kalitesinin iyileşmesine de etkileri bulunmaktadır (Şekil 2.13) ki, aslında bu da dolaylı yoldan yine iklimsel etkilere bağlanmaktadır. Kirli hava ile havada asılı duran

partiküller ısı dağılımını engelleyerek kentin daha fazla ısınmasına neden olmaktadır. Çalışmalar, ağaçlı kent sokaklarının, ağaçsız kent sokaklarında görülen tozun %10-%15 kadarını topladığını göstermiştir. Örneğin Almanya'nın Frankfurt şehrinde, ağaçsız bir caddenin hava kirliliği sayımında litre başına havada 10.000-20.000 toz parçacığı tespit edilirken, aynı mahallede ağaçlı bir caddenin hava kirliliği sayımında litre başına havada 3.000 toz parçacığı tespit edilmiştir [57].

Su tutan bitkilerin terlemesiyle ya da toprakta oluşan buharlaşması havayı soğutmada önemli bir unsurdur ve 1°C-5°C fark oluşturabilmektedir. Ağaç üzerinden hareket eden hava akımı, serinlemiş havayı ağaçsız bölgelere taşıyarak, çevrenin serinlemesine etkiye bulunmaktadır [92].

Mayer ve Matzarakis [93], önemli termo fizyolojik endeksleri, Almanya/Freinburg şehrinde ağaçların insan rahatı üzerinde niceliksel etkilerini araştırmak için kullanmışlardır. Bu çalışmalarında, fizyolojik eşdeğer sıcaklıklar (PET) yöntemiyle, iç mekânda aranan konfor şartını kullanarak, sıcak yaz döneminde atkestanesi ağaçlarının gölgeliği altında oluşan konfor düzeyini modellemişlerdir. Küçük atkestanesi topluluklarının örtüsü hatta tekil bir ağacın örtüsü bile hava sıcaklığını gölgeleri ile azaltmıştır.

Yapılmış olan tüm bu çalışmaların da göstermiş olduğu gibi, özellikle odunsu bitkiler kentler üzerinde göz ardı edilemeyecek etkilere sahiptir ve konu üzerine çalışmalar günden güne derinleşmektedir. Yukarıda verilmiş olan örnekte ve başka çalışmalarda da olduğu gibi, artık ağaçlar su tutma kapasitelerine göre incelenmekte, yeni ağaçlandırma çalışmaları bu bilgiler göz önünde tutularak yapılmaktadır.

#### 2.2.2.4 Kentsel Yüzey - Albedo Etkisi

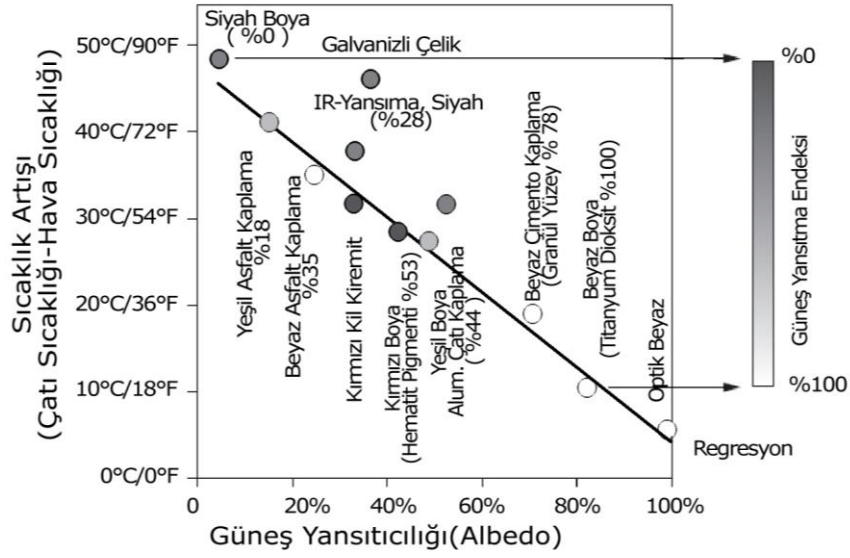
Kelime anlamı Latince "albus" yani "beyaz"dan gelen albedo "beyazlık derecesi"; güneş ışığının yüzey tarafından yansıtma gücünü veren bir katsayıdır ve yüzde ile ifade edilmektedir. Mükemmel siyah, yansıtma özelliği göstermediği için "0", beyaz bir yüzeyin mükemmel yansıtması ise "1" ile ifade edilmektedir. Birimsel bir ifadesi bulunmayan bu değer, oransal bir tanımdır.

Açık renkler kısa dalga radyasyonu emmektedir, bu nedenle yüzey sıcaklığı ve havaya ısı iletimi azalmaktadır. Kentsel ölçekte, bu soğutucu bir parametre olmaktadır. Binaların dış yüzeylerinin beyaza (ya da açık renklere) boyanması ya da sokakların ve araç park alanlarının beyaz kum ile yeniden kaplanması, nispeten düşük maliyetli soğutma enerjisi sağlanmaktadır [90], [94].

Givoni ve Hoffman İsrail'de farklı dış cephe renklerindeki küçük binalar üzerinde deneyler yaparak; beyaz renkli havalandırılmamış binaların, gri renge boyanmış hallerine göre yaz aylarında yaklaşık 3°C soğuk olduğunu bulmuşlardır. 1990 yılında Hindistan Delhi'de benzer deney siyah ve beyaz renge boyalı binalar ile yürütülmüştür. Bu çalışmada, yaz ortası koşullarında beyaz renge boyalı binaların, siyah renge boyalı binalara göre 4°C-8°C soğuk olduğu bulunmuştur [95].

Daha önce de bahsedildiği gibi aslında insanlar tarihten bu yana yaşam alanlarını doğal yöntemlerle iklime uygun, konforlu hale getirmeye çalışmışlardır. Özellikle sıcak bölgelerde görülen beyaz boyalı binalar ve ağaçlandırmalar bunun bir örneğidir. Ancak mekanik soğutma yöntemlerinin gelişmesi bu geleneksel basit yöntemleri unutturmuş; değişen teknoloji ve malzemeyle birlikte, enerji tüketimine bağlı olarak iç mekân iklimindeki konfor sağlanırken, dış mekân iklimi unutulurak sıcaklığın 3°C-5°C artması yönünde değişime uğramıştır.

Şekil 2.14'de verilmiş olan örnek, güneşin tepede olduğu anda malzemelerin güneş yansıtıcılığı (albedo) ve sıcaklık ilişkisini göstermektedir. Laboratuvar ortamında aletlerle ölçülen bu değerlere göre sıcaklık artışı, yansıtma yüzdesiyle ters orantılı olarak artmaktadır. Kızılaltı ışınım yayıcılığı (emittance) yüksek - yaklaşık 0.9-olan malzemeler düşük sıcaklık verirken, çinko kaplı sac (galvanized steel) gibi sınırlı termal radyasyon yayma özelliğine sahip malzemeler yüksek sıcaklıklar vermektedir [96].



Şekil 2.14 Çeşitli materyallerin güneş yansıtıcılığı (albedo) değerleri [96]

Florida Solar Energy Center'da yürütülen çalışmada, yaz dönemi içerisinde, yansıtıcı özelliğe sahip çatı örtülerinin, klimaların enerji tüketimleri üzerine etkileri incelenmiştir. Benzer sıcaklık ve güneşlenme değerlerine sahip hava döneminde yürütülen çalışmada önce mevcut haliyle ölçümler yapılmış, daha sonra çatı örtüleri uygulanmıştır. Klimaların enerji kullanımında %2-43 arasında azalma olduğu görülmüştür. Özellikle öğleden sonra saat 5-6 sularında, elektrik ihtiyacındaki düşüş ile zirve yapmıştır [95].

Taha vd. [97], çeşitli yüzeyler üzerinde albedo ve yüzey sıcaklıklarını incelemişlerdir. Yaz döneminde havanın açık olduğu bir öğleden sonra, albedosu 0.72 olan beyaz elastomerik kaplamalı yüzeyin, albedosu 0.08 olan siyah

kaplamalı yüzeye göre 45°C daha soğuk olduğu tespit edilmiştir. Albedosu 0.61 olan beyaz yüzey hava sıcaklığından sadece 5°C sıcakken, albedosu 0.09 olan koyu renk kaplamalı yüzey hava sıcaklığından 30°C fazla sıcak hal almıştır.

Akbari ve Rose [91]; yaptıkları çalışmaların sonucundaki önerilerinde albedo değerlerinin konut çatılarında 0.10, ticari yapıların çatılarında 0.20 , yollar ve otopark alanlarında 0.15 ve kaldırımlarda 0.10 arttırılmasıyla Chicago, Houston, Sacramento ve Salt Lake City'nin ortalama albedo değerlerinin yaklaşık 0.08 oranında arttırılabileceğini savunmuşlardır.

Özellikle kent merkezlerinde yapılaşmanın doyumluğa ulaşmış olması, kentsel geometri ve buna bağlı olarak rüzgâr yönü ve rüzgâr hızı gibi parametrelerin dikkate alınacağı yeni yapılaşma ortamlarına olanak sağlayamamaktadır. Bu alanlarda alınabilecek iklimsel önlemler, mikro ölçek önlemlerle sınırlı kalmaktadır. Bu durum karşısında en uygulanabilir yöntem; ağaçlandırma çalışmaları ve çatı bahçeleriyle, çatı ve yüzeylerin albedo değerlerinde yaratılabilecek değişimlerdir ki, bu aynı zamanda ozon seviyesinin düşmesiyle hava kalitesinin yükselmesine de yardımcı olmaktadır. Bu iki parametre, özellikle büyük kentlerde, iklimsel uyum sürecine dair alınacak önlemler çerçevesinde, çok fazla maliyet getirmeden hızlı bir şekilde uygulanabilecek şartları sağlamaktadır.

#### **2.2.2.5 Rüzgâr Yönü ve Hızı**

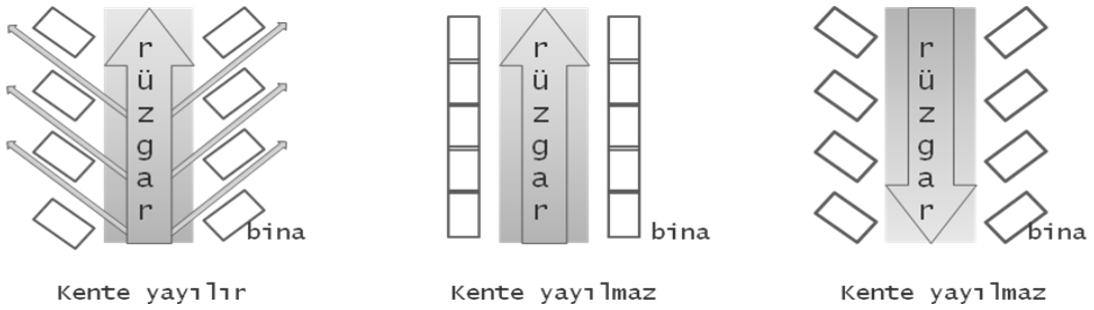
Kentsel ısınmada binaların dizilimine bağlı olarak oluşan "kanyon etkisi" yanısıra, kentin morfolojik yapısına bağlı olarak oluşan bir diğer etki ise rüzgârın kesilerek, konveksiyon ile soğumanın engellenmesidir. Yüksek binalar ve dar sokaklar, aralarında sıkışan havayı ısıtmakta ve hava akışını azaltmaktadırlar. Aslında yüksek binalar, yarattıkları gölgelenme yolu ile sıcaklıkları azaltabilmektedir, ancak kentsel kanyonlar radyasyonel soğumayı önemli bir biçimde azaltarak ısı adası etkilerini arttırmaktadır [57]. Yüksek binalar ile çevrili

bir alanda, rüzgâr ile havalanma sağlanamayınca ısınma giderek artmakta, ısı adası etkisi giderek şiddetlenmektedir.

Yollar boyunca esen rüzgârlar, denizden karaya veya dağlardan vadilere esen rüzgârlar gibi yerel ölçekte dolaşmaktadırlar. Rüzgârların kentsel iklim üzerine etkileri önemlidir ve başlıcaları şu şekilde sıralanabilir [98]:

- Denizden serin hava getirir, gündüz kentsel sıcaklık düşer.
- Dağ yamacından ve vadilerden aşağı akan soğuk hava akımlarını getirir, geceleri sıcak kentsel hava soğur.
- Genellikle temiz olan deniz rüzgârını ve soğuk hava akımlarını getirerek hava kirliliğini hafifletmeye yardımcı olur.

Bu noktada hava dolaşımını sağlayan rüzgârlar kentler için önemlidir. Hakim rüzgâr yönleri ve bina cepheleri ilişkileri kentsel tasarımda dikkat edilmesi gerek hususlardandır. Şekil 2.15’de de verilmiş olduğu gibi, rüzgâr kent içinde dolaşabilir olmalıdır ki, hem hava kirliliği azalsın, hem de ısınma engellensin.



Şekil 2.15 Rüzgâr akışı örneklemesi<sup>4</sup>

Yukarıda da bahsedildiği gibi şehre ulaşan rüzgâr, şehir içerisinde dağılmakta, yön değiştirmekte ve hızı değişmektedir. Bu süreçte şehir içi yollar rüzgâr tüneli görevi görmektedir. Ana yollar, rüzgârın kente giriş koridorlarıdır ve geniş

<sup>4</sup> [98]'den yararlanılarak geliştirilmiştir.

caddelerde caddenin gidiş yönünü takip etmektedir. Yol çevresini kaplayan yapılar rüzgâr yönünü ve hızını değiştirmektedir.

Özellikle yapılaşmanın yoğun olduğu şehir merkezlerinde binalar rüzgâr kesici görev görmektedir. Rüzgâr hızının 3 m/s'nin altına indiği bu bölgelerde, rüzgâr hızı çepere göre %20 oranında düşebilmektedir [99].

Apartman blokları arasındaki mesafenin azalması, bu hızın azalmasında bir faktördür. Bu konuda önemli olan ayrıntı yüksek binaların, düzgün geometri ile yerleştirildiği alanlarda rüzgâr hızını arttırıcı etki sergileyebilmesidir. Yüksek katlı binaya çarparak dağılan rüzgârın bir kısmı yukarı doğru hareket etmekte, geri kalanı ise binanın çevresinden hareket etmektedir. Bu bağlamda birçok araştırmacı tarafından geometrik kurallar çerçevesinde oluşturulan karışık yapılaşma, rüzgâr etkisinden dolayı önerilen bir yöntem olmaktadır.

Melbourne'da 20 yıllık sürece ait günlük sıcaklık, rüzgâr hızı ve bulut miktarı verileri üzerinden yapılan araştırma sonucunda, ısı adalarının, rüzgâr hızı ve bulut miktarı ile ters orantılı olduğu ve özellikle yaz aylarında daha belirgin olduğu ortaya çıkmıştır. İstatistiksel analizlere göre, rüzgâr hızının 2 m/s'nin üzerinde olduğu ve bulutlanmanın arttığı ortam şartlarında (%95 güvenilirlik düzeyi ile) ısı adalarının azaldığı tespit edilmiştir [100].

Yapılmış olan bir başka çalışmada ABD, Kanada, İngiltere, Almanya ve Japonya'daki yedi kente ait gözlem sonuçlarının değerlendirilmesi sonucunda, ısı adasının giderilmesi için gerekli olan kritik rüzgâr hızı ile kent nüfusu arasında aşağıda da verilmiş olan ilişki (2.1) bulunmuştur.

Buna göre İstanbul'da ısı adası etkisinin ve İstanbul'un üstüne çöken kirli havanın giderilmesi için gerekli olan kritik rüzgâr hızı ( $V_{kr}$ ), kent nüfusunun (P) 15 milyon olduğu bir varsayımda [101];

$$V_{kr} = -11.6 \text{ (m/s)} + 3.4 \log P \quad (2.1)$$

$V_{kr} = -11.6 \text{ (m/s)} + (3.4 \log 15.000.000) = 12.7987 = 12.8 \text{ m/s} = 46 \text{ km/h}$  olarak bulunmuştur.

MGM'den alınan bilgilere göre 1970-2011 yılları arası İstanbul'un kent içinde ortalama rüzgar hızı Göztepe istasyonuna göre 1,83 m/sn 'dir ki bu değer, kritik rüzgar hızının çok altındadır. İncelemeler de, düşük rüzgâr hızının ısı adalarının gelişiminde etkili bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır.

#### **2.2.2.6 Kent Büyüklüğü ve Nüfus Artışı**

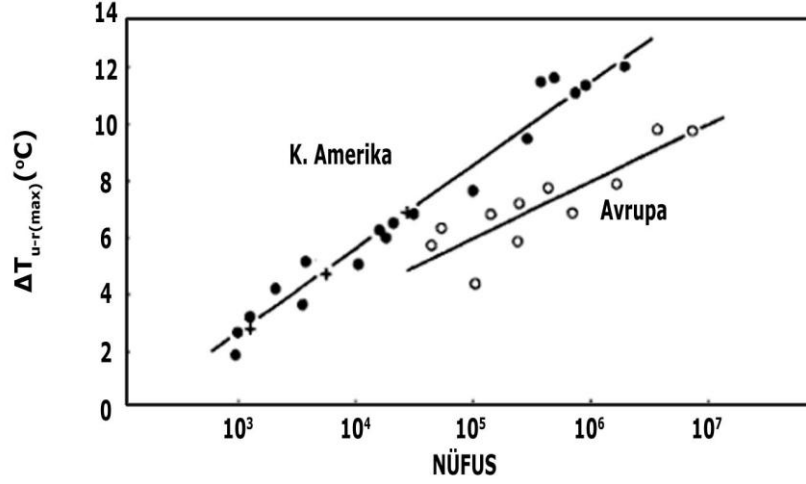
Dünya nüfusunun artması, mevcut enerji teknolojileri ile birlikte enerjiye olan küresel talebin artışı, beraberinde de sera gazı salınımlarının artışı gündeme getirmiştir. Nüfus artışı, ormansızlaşma ve sulu tarımın genişlemesi gibi sera gazı kaynağı olan etkinliklerin artmasına neden olmuştur. Bu yüzden nüfus politikası, gelişmekte olan ülkeler için artan bir önem arz etmektedir. Nüfus bu hızda büyümeye devam ederse, nüfusun gereksinimlerini karşılamak için gerekli olan endüstriyel büyüme ile gelecek yıllarda çevre üzerine çok büyük baskılar eklenecektir [102]. Dünya nüfusu ve küresel ısınma arasındaki bu ilişki, paralel şekilde kent nüfusları ile ilişkisinde de geçerlidir. Artan nüfusla bağlantılı olarak, enerjiye olan talep ve fosil yakıtların kullanılmasının artması, yayılım alanı artan kentle birlikte orman alanlarının azalması gibi faktörlerle kentin iklimsel yapısına olan baskılar da artmaktadır.

Kentsel büyümenin etkilerine dayanarak; nüfus artışının, ortalama mevsimsel sıcaklıklar ile günlük maksimum-minimum-ortalama sıcaklık ilişkisine dayalı denklemler geliştirilmiştir.

Örneğin, ABD'de 1219 ağ üstünden gelen, 1901-1984 yılları arası verilerine göre incelemeler yapılmış, denklemler türetilmiştir. Bu sonuçlara göre kentsel ısınma etkisi, nüfusun yaklaşık 10.000 olduğu küçük yerleşim birimlerinde dahi görülmüştür. Bu yerleşim yerlerinin, nüfusu 2000'den az olan kırsal bölgelere göre 0.1°C daha sıcak olduğu tespit edilmiştir [103].



Streutker [75], tarafından yapılan bir araştırmada da, 1987-1999 yılları arası yersel ve uydu ölçümleri ile alınan sıcaklık verileri karşılaştırılmıştır. 12 yıl boyunca yapılan incelemeler sonucunda, Houston'da kent ısı adası etkisinin 1°C arttığı ve bu sıcaklık artışının kentsel nüfusla ilişkili olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2.16 Nüfus ve kentsel-kırsal alan sıcaklık farkı ilişkisi [60]

Nüfus artışı ve yoğunluğu iklimle ilişkisinde direk olarak etken olmasa da, diğer parametreleri tetikleyerek dolaylı yoldan kentsel iklimi etkilemektedir ve başlı başına bir etken durumuna dönüşmektedir. Şekil 2.16'da verilmiş olan grafikte, Kuzey Amerika ve Avrupa'da kırsal ile kentsel sıcaklık farkının nüfus yoğunluğu ilişkisi gösterilmiştir. Grafik incelenildiğinde de, nüfus yoğunluğu ve sıcaklık arasındaki bu doğrusal ilişki rahatça görülmektedir.

Oke [104], 1973 yılında yapmış olduğu bir çalışmada, Amerika ve Avrupa kentlerinde nüfusla ilişkili olarak ısı adalarının etkilerini belirleyen bir denklem geliştirmiştir. Bu denkleme (2.2) göre P nüfusu için (Avrupa'da) [104]:

$$T_{\text{kent-kır}} = 2.01 \log P - 4.06 \text{ 'dir.} \quad (2.2)$$

İstanbul'un 15 milyon sayıldığı durumda;

$T_{\text{kent-kır}} = 10.36^\circ\text{C}$  olarak beklenmektedir ve oldukça yüksektir.

Diğer taraftan nüfusla ilişkili olarak artan kentsel büyüklüğün de, dolaylı yoldan ısı adalarına etkisi bulunmaktadır. Örneğin, Shanghai'de hızlı kentleşme ve kentsel alanların hızlı büyüme oranına paralel olarak, ısı adaları şiddeti ve yayılması 1997'den 2004'e kadar belirgin bir şekilde artmıştır. Bununla beraber, küreselleşme sürecinde rekabetle birlikte yeşil alan artırma çalışmaları yürütüldüğüne, ancak bu çalışmaların yapılaşma ve yayılma hızının çok altında olduğuna, bu nedenle de bitkilendirmenin serinletme etkisinin çok sınırlı kaldığına değinilmektedir. Bu nedenle kentsel planlama çalışmalarında, ısı adalarının azaltılması ve kontrolü politikalarının dikkate alınması gereği üzerine vurgu yapılmaktadır [105].

Hunga vd. [106] tarafından, aynı ılıman iklim bölgesinde yer alan 18 Asya kentinin ısı adalarının karşılaştırılması amacıyla 2001 yazında yapılan çalışmaya göre; en belirgin ısı adasının 8067 km<sup>2</sup>'lik alan, 12.80°C'lik şiddetle Tokyo'da; en düşük şiddetin ise 549 km<sup>2</sup>'lik alan, 4.80°C ile Pyongyang'da yaşandığı görülmüştür. Asya'daki ısı adaları probleminde kentsel büyüklüğün anlamlı şekilde etkin olduğunu yansıtır şekilde, ısı adasının şiddeti ve genişliği kentlerin nüfus büyüklüğü ile ilişkili bulunmuştur. Bu çalışmaya göre ısı adalarının mekansal çeşitliliğinin; yerleşim alan büyüklüğü, bitkilendirme ve yapılaşma yoğunluğu ile karakterize edilen kentsel yüzey özelliklerinin bir fonksiyonu olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Nüfus yoğunluğu üzerinden hesaplanmış olan beklenen  $\Delta T_{\text{Kent-Kır}}$  formülüne benzer olarak ABD'de eko-iklimsel bölge sınıflaması bağlamında, 38 en büyük nüfuslu kentin mekânsal yapısı, büyüklüğü ve ısı adaları şiddeti arasındaki ilişki incelenmiş, kentlerin ısı ada şiddeti ile kent büyüklüğü arasında % 71'lik pozitif ilişki tespit edilmiştir. Isı adaları ve kent büyüklükleri arasındaki bu ilişki, aşağıda verilmiş olan formül (2.3) ile ifade edilmiştir [107].

$$\Delta T_{\text{Kent-Kır}} = 3,48 \log(\text{alan}) + 1,75 \quad (2.3)$$

### **2.2.2.7 Tüketim Alışkanlıkları ve Yaşam Biçimi**

Tüketim alışkanlıkları ve yaşam biçimi etkileri aslında daha çok enerji tüketimine olan etki ile sonuçlanmaktadır. Ulusal ölçekte gelir seviyesi ve enerji kullanımı arasındaki ilişkiler incelenildiğinde, gayrisafi yurtiçi hasıla ile kişi başına düşen enerji tüketimi arasında sıkı bir ilişkinin olduğu ortaya konmuştur. Bu durum daha basit anlamda gelir düzeyinin artmasının, enerji tüketiminin de artmasına neden olduğunu göstermektedir. Yüksek gelirin getirisi olarak daha iyi yaşam ve daha fazla tüketim isteği, enerji tüketiminin de artmasına neden olmaktadır [8].

Kent sakinlerinin tüketim alışkanlıkları, elektrik üretimi, mal ve hizmet üretimi gibi ihtiyaçların artmasına bağlı olarak sera gazı salınımlarını arttırmaktadır. Talepler karşısında inşaat, enerji, endüstri ve ulaşım sektörleri büyümektedir ki bu sektörler CO<sub>2</sub> salınımının büyük paydaşlarıdır. Yaşam tarzı seçimleri, özellikle ulaşım, enerji ve teknoloji tercihleri kentlerdeki CO<sub>2</sub> üretiminde önemli yer tutmaktadır [108]. Bu noktada, Oke'un da [16] belirttiği gibi antropojenik ısı yayılımı nüfus ve kişi başına düşen enerji kullanımıyla ilişkilidir.

Dolayısıyla tüketim alışkanlıkları, diğer faktörleri yönlendirici bir parametredir. Direk olarak ısı adası üzerinde etkilidir denilirse de, dolaylı yoldan kabul gören bir faktördür.

### **2.2.3 Isı Adalarının Oluşumunda Tanımlar ve Fiziksel Prensipler**

Termodinamik yasalarından da bilindiği gibi, bir sisteme konulan enerji ya sistemden dışarı serbest bırakılmalıdır (çıktı) veya daha sonra serbest bırakılmak üzere sistemde saklanmalıdır.

İki ısı kaynağı (net radyasyon ve antropojenik ısı) ve üç ısı azaltıcı (hissedilir ısı kaybı, gizil ısı kaybı ve depolama); hem UCL'de hem de kanyon seviyesinde termodinamiğin önemli parametreleridir [109].

Kentsel alanlar çok çeşitli arazi kullanımları ve yüzey özellikleri ile temsil edilmektedir. Geniş bir yelpazeye sahip olan kentsel arazi kullanımı, çok çeşitli yüzey özelliklerini içermektedir. Kentsel alanlar genel olarak ticari, endüstriyel, konut alanları vb. gibi alt bölgelere ayrılmaktadır ve her alt bölge, bölgenin geometrik yapısı, içerdiği bitki örtüsü tipi ve yoğunluğu, pürüzlü yüzeylerin büyüklüğü gibi faktörlere bağlı olarak farklı morfolojik özelliklere sahiptir. Bu farklılıklar sonucunda mikro ölçekten mezo ölçeğe, farklı kentsel ısı akışları ortaya çıkmaktadır.

Kentsel alanlardaki yüzey enerji dengesi aşağıdaki şekilde (2.4) verilmiştir, [16], [109].

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S + \Delta Q_A \quad (2.4)$$

Burada  $Q^*$  net radyasyon (net radiaiton),  $Q_F$  antropojenik ısı akısı (anthropogenic heat flux),  $Q_H$  hissedilir ısı akısı (sensible heat flux),  $Q_E$  gizil ısı akısı (latent heat flux),  $\Delta Q_S$  depolanan ısı akısı (storage heat flux),  $\Delta Q_A$  advectif ısı akısı (advective heat flux).

Net radyasyon ( $Q^*$ ): Dünya yüzeyinde oluşan dört radyasyon sürecini kapsamaktadır ve aşağıdaki formülle (2.5) ifade edilmektedir [110], [111].

$$\text{Net Radyasyon} = \text{Gelen ışın} - \text{Yansıyan ışın} + \text{Atmosferik radyasyon} - \text{Yüzey radyasyonu} \quad (2.5)$$

*Gelen ışın:* Güneşten gelen ışın

*Yansıyan ışın:* Geri yansıtılan güneş ışını

*Atmosferik radyasyon:* Atmosferdeki partiküller (su buharı, bulutlar, kirlilik, toz) tarafından yayılan ısı

*Yüzey radyasyonu:* Yüzeyin kendinden yayılan ısı

Güneş ışınımı dünyanın yüzeyine ya doğrudan ulaşır (kısa dalga) veya önce atmosferi ısıtır, daha sonra dünyanın yüzeyine yönlendirilir (genellikle uzun dalga). Dünyanın yüzeyine ulaşan enerji de anında geri yansiyabilir (kısa dalga) veya saklanır ve atmosferde yok olur (uzun dalga) [2].

Antropojenik ısı akısı ( $Q_F$ ): Antropojenik ısı bir alanın, sabit ve mobil kaynaklardan elde edilen ısını temsil etmektedir. Bu ısının ( $Q_F$ ); radyasyonlara, hissedilir ısı akısına, gizil ısı akısına dönüştürülmesi ya da saklanması gerekmektedir.

Turbulent ısı akısı ( $Q_E, Q_H$ ): Turbulent ısı akısı hissedilir ve gizil ısı akılarından oluşmaktadır. Bunlar direkt olarak eddy korelasyonundan türetilebilmekte ya da uygun ekipmanlarla ölçülebilmektedir.

Eddy korelasyonu, eddy transfer yöntemi olarak da bilinmektedir; düşey rüzgâr hızındaki kısa dönemli dalgalanmaların ve rastgele seçilmiş bazı düzeylerdeki su buharının ölçülmesiyle buharlaşma tahmini yapılan yöntemdir [112].

Hava hareketi, ısı ve su-karbondioksit molekülleri vb kütleleri, nesnelere uzaklaştırır. Bu duruma konveksiyon ya da *hissedilir ısı taşınımı* denilmektedir. Isı akışı nesne ve çevredeki hava arasındaki sıcaklık farkı ile doğru orantılı olarak, ısı akısı direnci ile ters orantılı olarak temsil edilmektedir. Eğer obje çevresinden daha sıcaksa ısı kaybetmektedir.

Enerji konvektif akışa bağlı olarak kaybolabilmektedir (turbulent akısı). Bu kategoriye kent sistemini ısıtan enerjinin daha sonra hissedilir ısı olarak dışarı atılması gibi, sistemdeki suyun ısınarak dışarıya buharlaşmış olarak çıkması da dahil edilebilir. Ayrıca bitki örtüsünden terleyen su da bu kategoriye alınabilir. Gizil ısı transferini kullanan bu iki konvektif işlem -buharlaşma ve terleme- olayına birlikte *evapotranspirasyon* denilmektedir [2].

Bilindiği üzere ısı bir nesneden terleme ya da buharlaşma yolu ile kaybolmaktadır. Bu süreç nesneden atmosfere kütle ve ısı transferini

içermektedir. Örneğin, suyun sıvı halden gaz haline geçmesi için belirli bir düzeyde enerjiye ihtiyaç vardır. Bu değişim yüzeydeki enerjinin atmosfere bırakılmasıdır, nesnenin çevresindeki hava sıcaklığı artışına etkisi olmamaktadır. Bu olaya *gizil ısı akısı* denilmektedir [113].

Yoğun yapılaşmanın olduğu bölgelerde, yerleşim şekline göre değişerek hissedilir ısı akısında artış olabilmektedir. Bu bölgelerde bitki örtüsünün az olması, gizil ısı akısının da yeşil alanı yoğun bölgelere göre düşük olmasına neden olmaktadır. Grimmond vd. [77], yoğun bitki örtüsü dokusunun gizil ısı akısını arttırırken, enerjinin bölünmesiyle hissedilir ısı akısının azalttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, depolanan ısı akısı ve artan net radyasyonun sonucu olarak akıların mutlak büyüklüğünün artmakta olduğunu, dolayısıyla yüzey örtüsünün sıcaklığının arttığını söylemektedirler.

Depolanan ısı akısı ( $\Delta Q_S$ ) : Kentin, yüzey malzemeleri, yönelim ve etkileşim açısından karmaşık yapısı, kentsel alanda depolanan ısı akısının hesaplanmasının neredeyse imkânsız olduğu söylenmektedir [110], [111]. Ancak, artan net radyasyonun, doğrudan depolanan ısı akısını da arttırdığı söylenmektedir. Bu nedenle, değer genellikle modelleme yapılarak ya da yüzey enerji dengesi eşitliği (SEB) ile belirlenmektedir.

Advektif ısı akısı ( $\Delta Q_A$ ) : Atmosferdeki hava hareketi yoluyla; sıcaklık, nem gibi oluşumların yatay doğrultuda taşınımına adveksiyon denir. Net ısı adveksiyonu rüzgâr, nem ve sıcaklığın mekânsal değişimine bağlı olarak hassas olmayan şekilde ölçülmektedir. Ancak, ölçüm yüksekliğine dikkatli karar verilerek adveksiyon, ihmal edilebilmektedir.

Kentsel araştırmalarda, enerji ve momentum arasındaki değişim, atmosfer ile binaların, ağaçların ve kentsel alanda var olan diğer unsurları kapsayan hava hacminin üst noktası arasında çalışılmaktadır [16]. Yukarıda verilmiş olan fiziksel

prensiplere bağlı olarak, kentsel bileşenlerin yansıtma ve yayma gücü bölgenin iklimsel şartlarını etkilemekte, değiştirmektedir.

Kentsel alanlarda sıcaklık dağılımı, kentsel radyasyon dengesinden oldukça fazla etkilenmektedir. Kent yüzeyine gelen güneş radyasyonu emildikten sonra hissedilir ısıya dönüşmektedir. Güneşten gelen ışınlar çatılara ve bina cephelerine çarptıktan sonra çok az kısmı geri yansıtılabilmektedir, gelen ışınımın çoğu çatılara çarptıktan sonra hissedilir ısıya (sensible heat) dönüşmektedir. Diğer bir değişle duvarların, çatıların ve yüzeyin, radyasyonu gökyüzüne salması gerekmektedir.

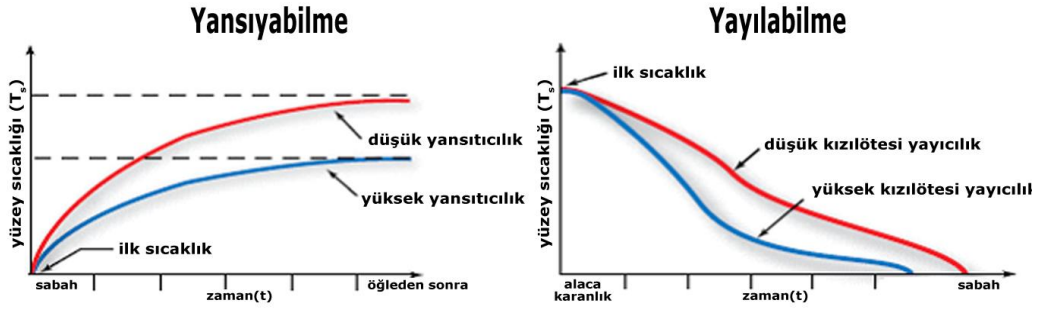
Yayılan bu radyasyonun yoğunluğu gökyüzü görünüm faktörüne bağlıdır. Tipik kentsel koşullar altında, duvarlar ve yüzeyler tarafından görünen gökyüzü kubbesinin çoğu diğer yapılar tarafından kapanmaktadır, bu nedenle de radyasyon alışverişinde belirgin kayıplar oluşmamaktadır [15], buna bağlı olarak da ısınma artmaktadır.

Ayrıca diğer bir faktör olan yüzeyin pürüzlülüğü, yansımaya düşürmektedir. Yansıma, yüzeye gelen fotonun geri yansımalarının bir olasılığıdır. Eğer söz konusu yüzey pürüzlüyse, fotonun kaçmadan önce birkaç yansımaya ihtiyacı olacaktır ki bu da emilim olasılığını arttıracaktır [96] ki, daha önce de denildiği gibi, emilimin artması ısınmayı da arttıracaktır.

**Yansıma:** Güneş yansıması, güneş enerjisinin yüzeye elemanına çarptıktan sonra kırılmasıyla tekrar gökyüzüne dönmesine denir. Beyaz kaplamalar güneş yansıtırlılığı en yüksek olan objeler iken, siyah kaplamalar en düşük yansıtıcılarıdır.

**Yayılabilme:** Yayma gücü, bir yüzeyin ısınıyı dışarıya yayma yeteneğinin ölçümüdür. Yüksek kızılötesi yayma gücüne sahip yüzeyler, soğuk yüzeylerin oluşmasına yardımcı olur. Bu özellik, kent ısı adalarının kontrolünde önemli bir faktör olarak belirlemektedir. Metalik yüzeyler düşük yayma kapasitesine sahiptir.

Fiziksel prensiplere dayanarak, bu noktada özellikle dikkat edilmesi gereken, kentsel elemanların yüzey özelliklerinin kentin enerji dengesini etkilemekte ve değiştirmekte olduğudur. Kentsel alanın içerisinde büyük yer tutan binaların, formları ve malzemeleri sistem içerisinde önemli etkinliğe sahiptir. Bu nedenle, yapıların çevreyle kuracakları termal ilişkide sağlayacakları verimin hesaplanması, yansımaya ve yayılabilme özelliklerinin (Şekil 2.17) dikkate alınması gerekmektedir.



Şekil 2.17 Yansıma ve yayılabilme özelliklerinin sıcaklık ile ilişkisi [114]

Örneğin havalandırma tasarrufu, bina dışı sıcaklığının azaltılmasıyla yani bina kabuğuyla ısı akışının azaltılmasıyla elde edilmektedir. Dış cephe sıcaklıkları da güneş yansıması ya da kızılötesi yayılım artırılarak azaltılabilmektedir. Yüksek güneş yansıması, güneş ısıtmasını azaltmakta; yüksek kızılötesi salınım da radyasyonel soğumayı arttırmaktadır. Genellikle bina dışının yüksek albedolu malzeme ile kaplanması; kızılötesi yayılım olarak çok büyük etki oluşturmasa da, güneş yansıtıcılığını arttırmaktadır. Ancak bu durum, yüzeyin metal çatı gibi düşük yayımlı malzeme ile kaplanması durumları için geçerli değildir [96]. Yapı malzemelerinin bu özelliklerine dair örnek Şekil 2.18'de verilmiştir.





ozonun tüketilmesi, malzeme kullanımları, iklim, topografya ısı adalarının oluşmasına etken olan parametrelerdir [57], [61].

Çizelge 2.1 Kentsel özelliklerin, enerji dengesi üzerindeki etkileri<sup>6</sup>

<b>Isı adalarının oluşumunda önemli kentsel özellikler ve bu özelliklerin yeryüzü enerji dengesi üzerindeki etkileri</b>	
Bitki örtüsü yetersizliği	Buharlaştırma ve terleme azalır
Geçirimsiz yüzeylerin yaygın kullanımı	Buharlaştırma azalır
Kentsel malzemelerde artan ısı yayılımı	Isı depolaması artar
Kentsel malzemelerin güneş yansıtıcılığının düşmesi	Isı depolaması artar
Isı dağılımını engelleyen kentsel geometriler	Isı depolaması artar
Rüzgâr hızını kesen kentsel geometriler	Dolaşım azalır
Hava kirliliği seviyesinin artışı	Net radyasyon artar
Enerji kullanımının artışı	Antropojenik etkiler artar

Çizelge 2.1 'de verilmiş olan bu faktörler ve etkileri üzerinden bir gruplama yapılırsa, ısı adalarının oluşma nedenleri beş ana başlıkta toplanabilmektedir.

- 1- antropojenik etkilerin artması
- 2- ısı dolaşımının azalması
- 3- ısı depolanmasının artması
- 4- radyasyonun artması
- 5- buharlaşmanın azalması

Isı adalarının bu oluşma nedenleri aşağıdaki başlıklarda sırası ile incelenmektedir.

---

<sup>6</sup> [116] ve [110]'dan faydalanılarak geliştirilmiştir.

### **2.2.3.1 Antropojenik Etkilerin Artışı**

Kentsel sistemin birincil enerji kaynağı güneşten gelen ışınlardır. İnsan aktiviteleri, kent sistemine bir miktar daha ısı katmaktadır, buna "antropojenik ısı" denilmektedir. Antropojenik etkiler diğer bir deyişle insan etkisiyle oluşan faktörlerdir [2].

Endüstriyel ve üretim aktiviteleri, otomobillerin ısı verışı, binaların enerji israfı kentsel alanlar için önemli ısı kaynakları olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak, bu tip antropojenik ısı kaynakları konumsal ve zamansal açıdan değişim göstermektedir. Antropojenik nedenlere bağlı olarak, iklim değişimi ve çeşitliliği algılanabilmektedir. Kentleşme; endüstrileşme; ormansızlaşma; beton, cam ve metal-kaplanmış binaların artması ve gelişmeye bağlı olarak insan aktivitelerinin sonucu oluşan arazi kullanımı yapısının değişimi iklime etki etmektedir.

Mevsimsel olarak; ısıtma mevsimleri, soğutma gerektiren mevsimlere göre daha fazla enerji kaybı meydana getirmektedir [2]. Sıcak ve ılık iklimlerde soğutma gereksinimlerindeki artış, ısıtma gereksinimlerindeki artışa göre, önemli ölçüde fazladır. Ancak daha ılıman ve soğuk iklimlerde sonuçlar, soğutma ve ısıtmanın benzer ölçüde daha az veya çok etkilenmesi olarak henüz netleşmiş değildir [15]. Günlük olarak ise; gece antropojenik emisyonları, gündüz emisyonlarına göre daha fazla önemli görülmektedir [2].

Bundan dolayı durumu daha iyi tanımlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Bu konuya dair bir çalışma IGES tarafından Tokyo ve Pekin kentlerinin karşılaştırması şeklinde yapılmıştır. Hazırlanan rapor'a göre; kışları sert geçen Pekin'in ısınma için kullanılan kişi başına enerji tüketimi Tokyo'dan yüksek olurken, sıcak ve nemli yaz aylarında Tokyo'da soğutma için kullanılan enerji tüketiminin kişi başına oranı Pekin'i geçmektedir [8].

Şu bir gerçektir ki, bugün inşa edilen binaların birçoğu iklim şartları göz önüne alınmadan tasarlanmakta, maliyete bağlı olarak yüksek teknoloji

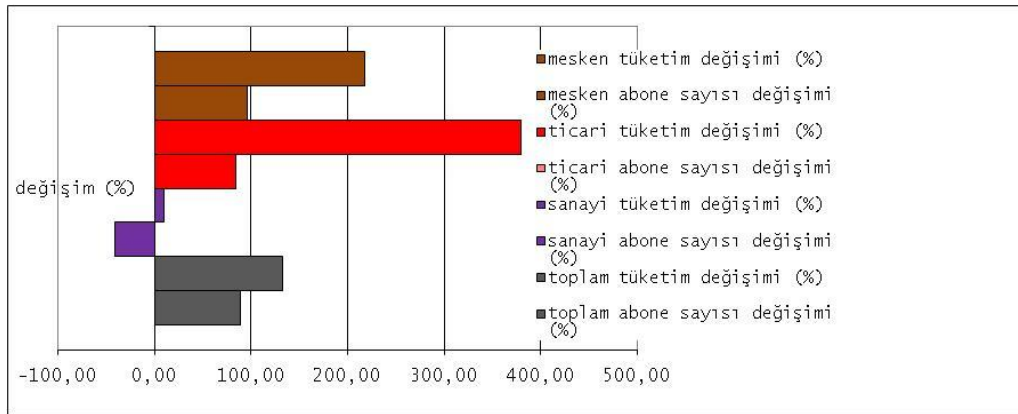
kullanılmamakta, bu nedenle de iklimlendirme ve aydınlatma için gereğinden fazla enerji tüketilmektedir. Enerjinin yanlış ve fazla kullanımına bağlı olarak artan atık ısı, ısı adalarının artmasına neden olmaktadır. Artan sıcaklıklar karşısında, havalandırma ve soğutma için daha fazla enerji kullanılırken durum kısır bir döngüye dönüşmektedir. Kent sakinleri için sağlıklı iklim koşullarını bozan yapı, hastalık ve ölüm olaylarının artmasında da etken olmaktadır.

Hindistan Enerji Kaynakları Enstitüsü'ne (TERI) göre, bugün şehirlerde yapılmakta olan modern binalar, havalandırma ve aydınlatma için yüksek oranda enerji harcamaktadır. Ulusal düzeyde yıllık enerji ihtiyacının %30'unun konut ve ticari alanlar tarafından harcandığı tespit edilmiştir. Ayrıca TERI çalışmaları, yapı sektöründe havalandırma ve aydınlatmanın, maksimum enerji tüketimi hesabında iki önemli faktör olduğunu göstermiştir. Tümüyle klima kullanılan bir bina ısıtma-soğutma için enerjinin %50-%60'ını kullanmaktadır, bu durumu % 20 tüketimiyle aydınlatma izlemektedir [57].

İstanbul'un Bedaş raporlarından [117] alınan verilerine dayanarak, 2010 yılı için sektörler bazında enerji tüketimi karşılaştırması yapıldığında %37 konut, %27 ticari ve %24 sanayi payı çıkmaktadır. Ancak, Çizelge 2.2'de verilmiş olan 1994-2010 yılları arasında abone sayıları ve sektörlerin enerji tüketimi değişimleri incelenildiğinde ; konut ve ticari alanların abone sayısı değişimindeki orana göre, tüketim değişim oranı konut alanlarında yaklaşık 2 kat, ticari alanlarda ise yaklaşık 3 kat artmış olduğu görülmektedir (Şekil 2.19). Bu orantısız değişimde; konut alanları için elektronik ev aletleri kullanımların artması, ticari alanlar için de bilgisayarın çalışma hayatında önemli bir yere oturması ve özellikle ticari alanlarda beliren modern binaların yüksek enerji ihtiyacının önemli yer tuttuğu düşünülmektedir.

Çizelge 2.2 İstanbul'da 1994-2010 yılları arasında sektörlere göre enerji tüketimi ve abone sayısı değişimi [117]

1994 - 2010	ABONE SAYISI DEĞİŞİMİ (%)	ENERJİ TÜKETİMİ DEĞİŞİMİ (kWh %)
MESKEN	96,34602752	217,4063423
TİCARİ	83,63833874	379,1384829
SANAYİ	-40,95260686	10,39794588
TOPLAM	88,73276774	133,0826595



Şekil 2.19 İstanbul'da 1994-2010 arasında, abone sayısı ve enerji tüketim değişimi grafiği

Düşük enerjili yapı tasarımı çalışmaları sadece yalıtım kapsamında incelenilmemeli, diğer çevresel etkiler göz önünde bulundurulmalıdır. Bina enerjisine yönelik çalışmalar sadece enerji ve maliyet tasarrufunu değil aynı zamanda iç ve dış çevreyi etkilemektedir.

Nüfusu yoğun bölgelerdeki kentsel çevre ve binaların düşük enerji tasarımında faktörler; kentsel çevre, ulaşım planlaması, enerji sistemleri tasarımı, mimari ve mühendislik detaylarına kadar geniş bir yelpazede ele alınmalıdır. Uygun kentsel tasarım ve mimari tasarım detayları ile nüfus, çevre kalitesinin kötüleşmesine en az etki yapacak şekilde yerleştirilebilmektedir [118].

Enerji tüketiminin yanı sıra, arazi kullanımı da antropojenik etkileri beslemektedir. Ekolojik bir perspektiften bakıldığında; arazi kullanımının sonucu olarak çatılar, yollar ve kaldırımlar belki de kentleri kırsal alanlardan ayıran en

önemli kritik etmenlerdir. Genellikle koyu asfalt ve çatı materyalleri gibi geçirgen olmayan yüzeylerin yoğunlaşması; yerel iklimi ve yerel hidrolojiyi değişen oranlarda yerel ve ekolojik içeriğe bağlı olarak etkilemektedir [57].

Diğer taraftan ulaşım faktörleri de yine antropojenik etkileri arttırmaktadır. Taha [119], bina ve motorlu taşıtlarda enerji kullanım alışkanlıkları incelenmiş ve bu kaynakların tahmini ısı vermesine dayalı bir gündüz antropojenik ısıtma profili geliştirmiştir. Profil daha sonra;  $Q_f$  ( $Q_f$  = antropojenik ısınma)'nin sıcaklık üzerindeki etkisinin tahmini için, zamana bağlı antropojenik ısınmanın parametrelendirilmesinde kullanılmıştır. Bu meteorolojik simülasyonlar, gün boyu ve akşamları geniş bir şehir merkezinde  $Q_f$ 'nin 2-3°C'ye kadar ısı adası yaratabileceğini göstermiştir. Bu tip bir sıcaklık yükselmesinin şehir dışı yerleşim yerlerinde meydana gelmesi beklenmemektedir. Ancak elbette bu ısı artışında, diğer faktörlerin de etken olduğu göz ardı edilmemelidir.

### **2.2.3.2 Isı Dolaşımının Azalması**

Rüzgâr kent ısı adasını etkileyen önemli bir faktördür. Gomez vd. [66], pek çok kentte en büyük sıcaklık farkının antisiklonik hava koşullarında<sup>7</sup>, rüzgârın olmadığı veya hızının çok düşük olduğu açık havalarda oluştuğunu söylemektedir. Kent ısı adasına rüzgârın etkisi, ısı adasının etkisini hafifletmek ve ısıyı rüzgârın yönü doğrultusunda dağıtmak şeklinde olmaktadır [120].

Kentsel yoğunluktaki artış caddelerdeki hava akışını ve böylece binalardaki doğal havalandırma potansiyelini düşürebilmektedir ve bu durum özellikle bunaltıcı iklimlerde istenmemektedir. Bu noktada kentsel tasarımın rolü büyüktür, kentin havalandırılmasıyla iklimsel etkilere önemli ölçüde yardımcı olmaktadır. Örneğin yüksek ve alçak binaların bir karışımı, benzer yükseklikte olan binalardan daha iyi havalandırma sağlamaktadır [121].

---

<sup>7</sup> EK-C Sözlük kısmında açıklaması yapılmıştır.

Yoğun kentsel alanda, kentsel geometriye bağılı olarak azalan rüzgâr hızı ve hava akışı, ısı dolaşımını da azaltmaktadır. Isı dolaşımının azalması, diğer taraftan ısı depolanmasına da neden olmakta ve bölgesel ısınmalar meydana gelmektedir.

Özellikle yapılaşmanın yoğun olduğu kentsel alanlarda meydana gelen ısı dolaşımının azalması probleminin diğer bir nedeni de, arazi morfolojisinin temel formlarından biri olan vadi alanlarında yapılaşmaya izin verilmesi ve hatta yüksek yapılarla tıkanmasına neden olunmasıdır. Vadi alanlarının doğal rüzgâr koridoru görevi görmesi, kentin kirli havasının temizlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Bu konuda verilebilecek en güzel örnek, vadiler üzerine kurulmuş olan Stuttgart kentinin, hava kirliliği ve iklim değişimine karşı hazırlanmış ve uygulanıyor olan koruma eylem planıdır. Planın temeli, rüzgar koşullarını ve bölgesel rüzgarları engelleme potansiyeline sahip bir gelişimin engellenmesi ve bölgenin bitki örtüsü yapısının korunup geliştirilmesine dayanmaktadır [122]. Bu şekilde; düşük rüzgar hızına sahip olan şehrin yoğun sanayi alanlarının etkisiyle kirlenen havasının, vadilerden akan temiz havayla birlikte temizlenmesi hedeflenmiştir [123]. Stuttgart kentinde yapılan düzenlemeler sonucunda elde edilen yeşil alan sistemi ve imar düzeni sayesinde hava kirliliği en düşük düzeye indirilmiş ve aynı zamanda kenti çevreleyen bir yeşil kuşak oluşturulmuştur [124].

### **2.2.3.3 Isı Depolanmasının Artışı**

Isı dolaşımının azalması sonucunda bölge içinde hapsolan sıcak hava, ısı depolanmasını etkilemektedir. Bunun yanında ayrıca, koyu renk yüzeylerin emilimi arttırması, bölgeye salınan ısı miktarını arttırmakta, şiddetlendirmektedir. Isı depolanmasındaki artış, ısı dolaşımının azalmasıyla birlikte değerlendirildiğinde daha sorunlu hal almaktadır.

Gündüz sırasında Güneş'ten gelen kısa dalgalı radyasyon, zeminden yansıyan uzun dalgalı radyasyondan fazla olduğu için ısınma meydana gelmektedir [50]. Yeryüzünden alınan güneş radyasyonu örtü tabakasının (urban canopy layer)

temel enerji kaynağıdır, şehir geometrisi bu radyasyon emilimini karmaşık şekilde etkilemektedir [125]. Yüksek binalar birbirine yakın yerleştirildiği zaman cadde ve bina yüzeylerinden yayılan ışığın çoğu yakındaki binalar tarafından hapsedilir ve emilir, böylece gece soğumasını yavaşlatır. Bu durum geceleri, genellikle yapılaşmış alanların yakın kırsal alanlara göre oldukça sıcak olmasına neden olmaktadır [121]. Yüzey sıcaklıkları, yüzeyin şehir merkeziyle ilişkili konumundan daha çok bölgenin kanyon geometrisi ile ilgilidir [2].

Christen ve Voogt [111], yaptıkları çalışmada gece salınan depolanmış enerjinin ( $\Delta Q_s$ ), kentsel alanlarda kırsal alanların iki katı kadar olduğunu tespit etmişlerdir.  $\Delta Q_s$  gece enerji dengesinin en önemli değişikliğini ifade etmektedir. Şehir merkezlerinde,  $\Delta Q_s$  (higher storage),  $Q^*$  radyasyon kaybından büyüklük olarak daha fazladır. Birikim sonucu oluşan bu yoğun enerji geceleri dışarı salınmak zorundadır. Yani gece oluşan  $Q_H$  (Higher sensible heat flux) yoğunluğu kabaca bina yoğunluğuyla ilgilidir.

Diğer taraftan yüzey özellikleri bu ilişkide katkı parametresidir. Yüzeyin albedosuna bağlı olarak artan emilim, daha sonra salınmak üzere ısı birikimi yaratmaktadır. Bu noktada problem, yüzey özellikleri ve kent geometrisinin bir bütün halinde değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Yerleşim alanı albedosu, sadece tekil unsurların yansıtıcılığına değil kent dokusunun bütününün özelliklerine bağlıdır. Yapıların mevcut yerleşimleri, çoklu yansıma ihtimalini ve düşük kentsel albedo nedeniyle örtü tabakasında (UCL) emilimleri arttırmaktadır [125]. Bu nedenle yüzey elemanlarının albedo özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir. Bazı yüzey elemanları albedo ve emme kapasitesi özellikleri Çizelge 2.3'de verilmiştir.



Çizelge 2.3 Doğal ve insan yapımı malzemelerin, albedo ve emme kapasitesi değerleri<sup>8</sup>

Yüzey	Kısa Dalga Boyu Albedo (albedo) $\alpha$	Uzun Dalga Boyu Yayınım Kapasitesi (emissivity) $\epsilon$
İnsan Yapımı		
Asfalt	0.05-0.20	0.95
Temiz cam	0.08	0.87-0.94
Beton	0.10-0.35	0.71-0.90
Tuğla	0.20-0.40	0.90-0.92
Beyaz sıva	0.70-0.90	0.85-0.95
Doğal		
Orman	0.07-0.20	0.98
Çimen	0.15-0.30	0.96
Toprak	0.05-0.40	0.90-0.98
Ekin	0.15-0.25	0.96
Su (dar zenit açısıyla)	0.03-0.10	0.92-0.97
Su (geniş zenit açısıyla)	0.10-1.00	0.92-0.97

Taha [119] tarafından yapılmış olan tek boyutlu simülasyonlar, tipik orta enlem sıcak iklimlerinde, albedonun 0.25'den 0.40'a değişiminde, hava sıcaklıklarının 4°C kadar düştüğünü tespit etmiştir. Yine Los Angeles havzasında yapılmış olan 3 boyutlu mezo ölçek simülasyonlar benzer şekilde kentleşmiş alanlarda albedonun 0.13'lük artışıyla 2°C'den 4°C'ye kadar sıcaklık azalışı olduğunu göstermiştir. Sıcak yaz günlerinde bu kadarlık sıcaklık düşüşünün, klima ve havalandırma kullanımına bağlı elektrik yükünü %10, ozon konsantrasyonunu ise %20 azalttığı sonucu ortaya çıkmıştır.

<sup>8</sup> [126] ve [127]'den faydalanılarak geliştirilmiştir.

#### **2.2.3.4 Radyasyonun Artması**

Net radyasyonun, dünya yüzeyinde meydana gelen dört ayrı radyasyon sürecini kapsadığı daha önce fiziksel prensiplerde verilmiş olan  $Q^*$  net radyasyon formülü ile tanımlanmıştır.

Güneşten gelen kısa dalga radyasyon bina ve kaldırımlar tarafından depolanır ve yavaş yavaş serbest bırakılır. Ağaçlar, kaplamalı alanlara ve binalara gelen radyasyonu kırarak, sıcaklığın ve ultraviyole radyasyonun düşmesine yardımcı olmaktadır [11]. Ancak ağaçların dikiminde yapılan hatalı yer seçimleri (gelen rüzgârı kesme gibi) bu durumu tersine çevirebilmektedir. Gölgeleştirilmiş binalar, soğutma için gerekli enerji kullanımını azaltmakta dolayısıyla CO<sub>2</sub> salımını azaltmaktadır.

Kentlerde fosil yakıtların kullanılmasından ötürü atmosfere verilen bol miktarda partikül madde ve gaz, hava berraklığını düşürerek görüş mesafesini kısaltır. Sis ve duman kent ikliminin değişmesine yol açmaktadır. Güneş radyasyonunun bir bölümü havadaki partikül maddelere çarparak tekrar uzaya yansırken, suyu tutan parçacıkların bir bölümü de kentte bulutluluğu artırarak yağışmaya yardımcı olmaktadır. Londra'da hava kirliliğinden dolayı bir yılda 270 saat güneş radyasyonunun kırsal alanlara göre düşük olduğu saptanmıştır. Partiküler maddeler ve bulutlardan dolayı artan refleksiyon, kente gelen güneş radyasyonunun düşmesine ve dolayısıyla güneş radyasyonu ile daha az ısınmasına yol açmaktadır, buna karşın yansıyan enerjiyi tutan kirleticiler ve bulutluluktaki artış uzun dalgalı radyasyonun uzaya yansımalarını azaltmaktadır. Buna bağlı olarak kentte ısınma meydana gelmektedir [50].

#### **2.2.3.5 Buharlaşmanın azalması**

Kentleşmenin bir sonucu olarak artan yapılaşma ve kaplı yüzeylere bağlı olarak geçirimsiz yüzeylerin artması buharlaşmayı azaltmaktadır. Buna nedenle,

özellikle kentsel alanlarda, buharlaşma yoluyla atılmayan enerji gün boyunca depolanan enerjiyi arttırmaktadır.

Kent ve kırların su ve enerji bilançosu tamamen farklıdır. Kırsal alana düşen yağışın bir bölümü toprakta depolanır, bir bölümü bitkiler tarafından terleme ve yüzeyde olan buharlaşmayla atmosfere döner. Kırdaki suyun buharlaşmasında kullanılan enerji, kentte sıcaklığın yükselmesine sarfedilir. Bu nedenle kentlerde hissedilebilir sıcaklık oranı, buharlaşmanın fazla olduğu kırsal alanlara göre fazladır [50].

Bitki örtüsüyle kaplı alanların varlığıyla evapotransporasyon, yüzeye gelen ve yüzeyin altında ısı depolamasına katkıda bulunan güneş ışınımının büyük bir kısmını gizil ısıya dönüştürerek yüzeyin soğumasına katkıda bulunur. Dolayısıyla kentsel gelişim planlarında bitki örtüsünün kentin termal iklimi üzerindeki etkileri mutlaka dikkate alınmalıdır [86].

#### **2.2.4 Isı Adalarının Etkileri**

Kent iklimi şehirler ve yaşayanları üzerinde belirgin, göz ardı edilmemesi gereken bir baskısı oluşturmaktadır. İç mekân ve dış mekân incelemeleriyle ayrılan iklim araştırmalarında, özellikle dış mekân iklimi şehircilik çalışmalarında daha az tanımlanmış olan etkenler ve etkiler karşısında zayıf kalmaktadır. İç mekân iklimleri, mimari projelerin bir konfor parametresi olarak değerlendirilmesiyle sağlıklı bir yaşam alanı sunabilirken, açık alanlar bu eksiklik karşısında sağlıklı koşullar oluşturabilmektedir.

Isı adalarının kış ayları için pozitif etkileri de söylenmektedir. Kış aylarında sokak ve şehirlerin açık alanlarında hissedilen yüksek hava sıcaklıkları, konfor olarak algılanmaktadır. Bu durum ayrıca binaların ısı kayıpları düşürmeye olan etkisi sayesinde ısınma için gerekli enerji kullanımında da azalmaya yol açmaktadır [128]. Ancak kış aylarının kısa ve ılık olduğu özellikle orta enlem kuşağı

bölgelerde yaz ve kış karşılaştırması yapıldığında ısı adalarının olumsuz etkilerinin daha baskın olduğu görülmektedir.

Isı adalarının başlıca olumsuz etkileri:

- Yaz aylarında sokak ve açık alanlarda hissedilen sıcak hava etkilerinin ağırlaşması
- Binaların soğutma için ihtiyacı olan enerji talebinin artması, buna bağlı olarak yeni elektrik santrallerine olan ihtiyacın artması
- Enerji tüketimine bağlı olarak artan hava kirliliği
- Özellikle yaşlılar için tehlike oluşturan sağlık sorunlarının artması

Açık alanların kentsel ikliminin yaşayanlar üzerindeki etkileri üçe ayrılmaktadır [35] :

- Termal etki
- Hava akışı etkileri
- Hava kalitesi etkileri

Isı adalarında oluşan yüksek sıcaklıklar iklimler için gerekli enerji kullanımını arttırmaktadır. Enerji santrallerinin daha fazla fosil yakıt kullanması hem kirlenmeyi hem de enerji maliyetlerini arttırmaktadır. Bu kirlilik düzeylerinin etkisi ise sis ve pus olarak görülmektedir. Sis oluşumu sıcaklığa oldukça duyarlıdır; sıcaklık arttıkça, oluşumu ve dolayısıyla sis konsantrasyonu artmaktadır [57].

Duman-sis, havadaki kirleticilerin fotokimyasal reaksiyonları tarafından oluşmaktadır ve bu reaksiyonlar daha yüksek sıcaklıklarda daha fazla yoğunlaşmaktadır. Örneğin, Los Angeles'ta 22°C'nin üzerindeki her 1°C'lik artışta, duman-sis olayı %5 artmaktadır [129].

Literatüre bakıldığında Avrupa, ABD, Avustralya ve Asya kentlerini göz önüne alan kentsel alanlarda ısınma riski problemine karşı bio-meteoroloji, epidemoloji, klimatoloji ve çevre sağlığı konularında artan bir farkındalık görülmektedir [130].

İklim değişiminin daha sık ve şiddetli sıcak hava dalgaları ile sonuçlanması beklenmektedir. Şehirlerin çeperlere göre 5-11 °C daha sıcak olmasına neden olan buharlaşma düşüklüğü, bina ve yolların ısı depolaması ısı adası etkisini arttırmaktadır. Sıcak hava dalgaları insan sağlığı üzerinde dramatik etkiler yaratabilmektedir, nitekim 2003 yazında 70.000'i aşan ölü sayısı [131] Avrupa'da yaşanan sıcak hava dalgası iklime adapte olma ihtiyacını göz önüne sermiştir. Aşırı sıcaklar karşısında özellikle yaşlılar, belli hastalığı olanlar daha fazla risk altında, yoksun halk daha savunmasız durumda kalmaktadır [132]. Günlük meteorolojik veriler ve ölüm oranları arasındaki ilişkiler incelendiğinde Yunanistan, Almanya, Hollanda gibi ülkelerde yaz sıcaklıklarındaki artış ile beraber yazın olan ölümlerde de artış olduğu belirlenmiştir [133]. Bunun örnekleri 1995 İngiltere, 1995 Chicago ya da Fransa, İngiltere, Hollanda, Portekiz ve İspanya'yı etkilemiş olan 2003 Avrupa sıcak hava dalgalarında görülmektedir [134].

Sıcak hava dalgaları, bina içinde azalan verimlilik ve iklim kontrolüne gerekli ek maliyet ile ekonomik açıdan önemli etkilere yol açtığı gibi ayrıca bu soğutma ihtiyaçları fosil yakıtlar ile elde edilen elektrik ile karşılandığı takdirde hava kirliliği ve artan sera gazı emisyonları salınımı ile zincirleme çevresel etkilere de yol açmaktadır. Bazı kanıtlar da vardır ki, sıcaklık artışı ve hava kirliliğinin kombine etkileri, bu iki parametrenin etkilerini daha fazla arttırmaktadır. Sıcaklık stresinin etkileri kentsel nüfus içerisinde eşit dağılmaktadır, ancak yaşlı nüfus bu güvenlik açığını artırmaktadır [135].

Yüksek nüfus yoğunluğunun, yüksek sıcaklıklarla ilişkili olduğu bilinmektedir [73]; dolayısıyla, şehir merkezlerinde yaşayan yüksek nüfusun, oluşan ısı adalarına bağlı sıcaklık artışından etkilenmesi de beklenmelidir [130].

Risk üzerine yapılan çalışmalar kapsamında çok fazla irdelenmemiş olan ısı adaları konusunun, hızla artmaya devam eden kentleşme oranlarına da bağlı olarak ayrıntılı risk analizlerinin yapılmasına ve değerlendirilmesine olan ihtiyacını da artmaktadır.

Ancak, konu gelişmekte olan bir araştırma alanı olmasına rağmen, yapılan iklim değişikliği çalışmaları, mezo ölçek üzerinde önemli etkiler olmasına rağmen ısı adalarını çok fazla içermemektedir [130].

Risk değerlendirmesi; iklim değişikliği etkilerine karşı gelecekte oluşacak riskleri azaltmaya yönelik geliştirilecek stratejilere rehberlik edecek bilgiyi sağlamanın yanı sıra, iklim açısından tehlikeli olacağı tespit edilen kentsel alanlarda dayanıklılığın arttırılmasına yardımcı olması bakımından önemlidir. Kentsel iklim değişikliği konusu risk bazında ele alınarak, tehlike-yoksunluk-maruz kalma unsurları çerçevesinde kavramsallaştırılabilir [136].

Kentsel alanların kara ile atmosfer arasındaki enerji değişimi, kentin kendine özgü sosyal, çevresel ve ekonomik özelliklerine bağlı olarak birbirinden farklılaşmaktadır. Bu bağlamda kentin sağlıklı iklimsel koşullara ulaşması, kentin kendi iç dinamiklerine uygun planlama ve tasarımlarla mümkün olacaktır.

### **2.2.5 Kent Mikro İkliminin İyileştirilmesine Yönelik Ulusal ve Yerel Politikalar**

Global anlamda küresel iklim değişikliğinin etkenlerinin, yerel anlamda kentsel iklimi değişiminde de etken olduğundan bahsedilmişti. Birbiriyle bağımlı geçişken yapıya sahip olan bu iki olay, birbiri üzerinde baskı oluşturmaktadır. Küresel ısınma kentleri etkilemekte, kentler de küresel ısınmanın sebeplerinden biri olmaktadır.

Atmosferde tehlikeli bir boyuta varan insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının, iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkisini bertaraf etmek ve başta karbondioksit

(CO<sub>2</sub>) olmak üzere sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesinde (%5 altında) tutmak amacıyla hazırlanan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), 1992 yılında Rio'da yapılan Çevre ve Kalkınma Konferansında kabul edilmiş ve 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir [137].

İklim değişikliğiyle mücadele kapsamında, bugün hem küresel anlamda hem de yerel anlamda çeşitli sözleşmeler yapılmakta; ülkeler, hem ülke bazında hem de kent yönetimi bazında çeşitli politikalar oluşturmaktadır.

Örneğin 2005 yılı Şubat ayında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü ile Japonya'ya "Kyoto Protokolü kapsamında Japonya'nın Sorumluluk Planında" hedefe ulaşmak için önlemler ve politikalar oluşturulması şart koşulmuştur. Bu plana göre "yeşillendirme çalışmaları gibi, ısı adalarının etkilerini azaltıcı tedbirler alınarak, kentin ısı ortamının iyileştirilmesi, CO<sub>2</sub> salınımı düşürülmesi" hedeflenmiştir [98].

Japonya'da oluşturulan kent ısı adası etkisini azaltma politikasının ana hatları;

- Kentsel faaliyetler yoluyla oluşan antropojenik ısı salınımının azaltılmasına,
- Bina yönü ve yerleşimi gibi kentsel yapıların iyileştirilmesine,
- Tüketim alışkanlıklarının değiştirilmesi gibi yaşam biçimlerinin geliştirilmesine odaklanmaktadır.

Yaz aylarında kent ısı adası etkisi, kentin coğrafyası gibi özgün özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Bu nedenle alınacak önlemler yerel yönetimlere bırakılmıştır. Merkezi hükümetler, belediyeler ve işletme sahipleri gibi çeşitli şahıslar ve örgütler; bu tedbirleri yönetmekle sorumlu tutulmuşlardır. Etkenlerin çeşitliliğine bağlı olarak merkezi yönetimin, kentin ihtiyaçları doğrultusunda özel olarak çalışma çerçevesi geliştirmesi gerekmiştir.

Bu çerçeve; 1) bölgesel düzeyde binaların dışarı verdiği ısının merkezi kontrolü, 2) park ve yeşil alanların geliştirilmesi, 3) geniş ölçekli yeşil kuşakların

oluşturulması 4) bina çatılarının ve duvarlarının yeşillendirilmesi, 5) su tutan inşaat malzemelerinin kullanılması, 6) dış cephelerde açık renkli boyaların kullanılması, yansıtıcı çatı malzemelerinin kullanılması, 7) endüstriyel ve ticari yapıların uygulanmasında hâkim rüzgâr yönünün dikkate alınması konularını kapsamaktadır [98].

New York'ta da iklimsel uyum çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. NYSERDA tarafından hazırlanan ClimAID raporunda; su kaynakları, kıyı bölgeleri, tarım, enerji, ulaştırma, telekomünikasyon ve kamu sağlığı konuları ele alınmıştır. Yedi alt bölge için, gözlemlenmiş iklim eğilimleri ve geleceğe dair iklim projeksiyonları geliştirilmiştir. Sektörlerin her biri için iklimsel riskler, güvenlik açıkları ve uyum stratejileri belirlenmiştir [138].

Amerika Birleşik Devletleri'nde New York, Boston, Chicago, Philadelphia, Pittsburgh ve San Francisco, Şehir planlama ilkelerinde güneş ve rüzgârdan faydalanma haklarını gözeten yerlerden bazılarıdır. New Mexico, Wisconsin ve Missouri eyaletlerinde "Solar Rights Act", "Solar Codes Provisions" adıyla güneş ve rüzgâr enerjisi kullanımını Federal Yasalara taşıyan uygulamalar bulunmaktadır [139]. ABD'nin Colorado eyaletinin Boulder kentinde uygulanan "Solar Law of Boulder" (güneş yasaları) konunun en iyi örneklerindedir. Buna göre, her bir yeni inşaatın, çevre binaların güneşinin engellenmemesini gözetme zorunluluğu bulunmaktadır. Ayrıca, elektrik üretme ya da havalandırmaya ihtiyaç duyan binaların çevresinde hava akışını kesmeyen yapılarla rüzgâr hakkı sağlama durumu da söz konusudur [140].

Kanada'da, Toronto Atmosferik Fon'u (TAF) tarafından ısı adalarının azaltılmasına yönelik enerji stratejileri yayınlanmıştır. Bu raporda, ısı adalarının azaltılmasıyla birlikte oluşacak enerji kazançları ortaya konarak, yapı sektörünün dikkate alacağı hususlar belirlenmiştir [141].



Stuttgart'ta Kentsel Planlama ve Yenileme ofisi vadiler için bir çerçeve planı hazırlamış, bu plan ile gelecekte de kentin vadi alanlarında yüksek kaliteli iklimsel yaşam koşullarının oluşturulması için özgün, modern ve teknolojik mimari ve peyzajla nasıl ilişkilendirileceğine dair bakış açısı oluşturulmuştur [142].

İklimsel değişikliklere karşı uyum sürecinde, konunun stratejik olarak planlama kapsamında ele alınması önemli hale gelmiştir. Böyle karmaşık bir problem ancak iyi yönetilen bir planlama anlayışıyla çözülebilir olacaktır. Bu bağlamda yönetimlerin kentlere dair oluşturacakları sayısal iklim haritaları da stratejik açıdan önemli hale gelmektedir.

Özellikle son yıllarda, dünya çapında kentsel iklim haritalarına ilgi artmaktadır. Bugün, yerel planlama uygulamalarında, ısı adası etkisini azaltıcı önlemlerin uygulanması ve kentsel iklim rehberlerinin geliştirilmesi için 15 ülke kendi iklim haritalarını oluşturmaktadır [143].

1990 yılında Almanya'da termal tarama uçuşları ile kentsel iklim monografisi çıkartılmıştır ve kentsel gelişim planında kullanılacak haritalar hazırlanmıştır [144]. İklim haritalarının oluşturulmasında, uydu görüntülerinin dışında uçuş ölçümleriyle elde edilen bu veriler kentin anlık sıcaklık farklılıklarının belirlenmesinde kullanılan kızılötesi termografik bilgileri göstermektedir [145]. Bu haritalardan edinilen bilgilere göre sınırlı inşaat ve inşaata yasak bölgeler haritaları geliştirilmiştir.

1992'den itibaren Stuttgart'da yapılmış olan iklim haritaları da önemli sonuçlar vermiştir. Tüm bölgenin dijital haritaları yayınlanmaktadır ve tüm ilçe ve belediyeler alansal olarak yerel iklim özelliklerini izleyebilmektedirler. Bu haritalardan yararlanılarak bölgesel plan taslağının çevresel etki değerlendirmesinde, insan sağlığı ve iklimsel ihtiyaçları belirlenebilmektedir. Özellikle klimatop haritaları, Federal Yapı Kanunu (Federal Building Code)

uyarınca belirlenen planların hazırlanması sürecinde, iklimsel yönlerin dikkate alınması amacıyla kullanılmaktadır [145].

Japonya'da da iklim haritaları önem kazanmıştır. Bazı kentlerdeki ısınmanın giderek şiddetlenmesine bağlı olarak, yerel iklime duyarlı kentsel planlama anlayışı da son dönemlerde önem kazanmıştır. Ancak iklimsel ilişkilerin karmaşıklığının, anlaşılmasını ve dikkate alınmasını zorlaştırması nedeniyle; bu karmaşık ilişkilerin çözümünü ve planlama sürecini kolaylaştırıcı bir yöntem olarak "Kentsel Çevre İklim Haritaları" önerilmektedir [146]. Kentsel Çevre İklim Haritası, İklim Analiz Haritası ve Öneri Haritasından oluşmaktadır. İklim Analiz Haritası gerçek iklim koşullarını temsil etmektedir. Öneri Haritaları planlama önerilerini sunmaktadır [147].

Birleşik Krallığın iklime uyum politikasındaki değişime göre ise, bazı yerel otoritelerin, güncel ve gelecekteki iklim etkilerine karşı; hizmet sunumu, kamu, yerel topluluklar, yerel altyapı, işletmeler ve doğal çevreye karşı oluşan riskleri en iyi şekilde yönetmeleri gerekmektedir. Bu çerçevede yerel yönetimlerin iklimsel bilgi ve verilere sahip olması beklenmektedir. Ayrıca, plancıların ve tasarımcıların, bu veriler yardımı ile ısı adaları ve etkilerini dikkate almaları, hatta geleceğe dair senaryolarla olası etkilerden kaçınılacak biçimde değerlendirmeleri önemli görülmektedir [148].

Bu çerçevede, Birleşik Krallık Mühendislik ve Fiziksel Bilimler Araştırma Konseyi (EPSRC) ve Birleşik Krallık İklim Etkileri Programı (UKCIP) birlikte, "İklim Değişikliği için Yapı Bilgisi" (Building Knowledge for a Changing Climate (BKCC)) programını kurmuşlardır. Bu program dahilinde, stratejik planlama ve kentsel tasarım yoluyla iklim değişikliği için hazırlık yolları geliştirmek üzere Kentsel Çevre İklim Değişikliği Uyum Stratejileri Projesi (ASCCUE) hazırlanmıştır [69].

Avrupa Çevre Ajansı'da 2012 yılında, kentlerin iklim değişimine nasıl hazırlanması gerektiğine dair stratejik rapor hazırlamıştır. Isı adalarının etkilerinin

azaltılması ve olası sıcak hava dalgalarına karşı önlemlerin ele alındığı bu rapor çerçevesinde, planlama ve tasarımda iklimsel uyum ilkeleri ve yönetimsel ilişkileri tanımlanmıştır [149].

Kent ısı adalarının etkilerinin azaltılmasında önemli olarak görülen ve birçok ülkenin çeşitli yasalarla desteklediği bir diğer konu da yeşil çatılardır. Aslında bilindiği gibi yeşil çatılar, yüzyıllar boyunca birçok kültürde kullanılmıştır. Günümüzde kullanımı unutulmuş bu geleneksel yöntem, özellikle kentlerde yaşanan iklimsel sorunların ön plana çıkmasıyla, daha çok gelişmiş ülkelerde yeniden ele alınmış hatta çeşitli yasalarla zorunluluk haline getirilmiştir.

Çeşitli örnekler incelenildiğinde: Almanya'nın bazı bölgelerinde, yasalara göre sanayi yapılarına yeşil çatı kurulması zorunluluğu bulunmaktadır. İsviçre'de yasalar, yeni binaların kapladığı alan genişliğinde çatı bahçesi yapmasını, eski binaların da çatının %20'si kadarını yeşillendirmesini gerektirmektedir [150]. Tokyo'da 2001 yılında belediye, 1000 m<sup>2</sup>'den büyük çatı alanına sahip yapıların (kamu binalarında 250 m<sup>2</sup>) alanlarının %20'sinin yeşillendirmesini zorunlu tutmuştur. Ayrıca çatı bahçesi bulunan binalara vergi indirimi uygulanmakla birlikte, yapımı düşük faizli kredilerle desteklenmektedir [151]. 1998 yılında Victoria Eyalet Hükümeti kaynakları Port Phillip Kentinde çatı bahçeleri kurulması için yönergeler yayınlamıştır [121].

### **2.2.6 Kent Isı Adalarının Azaltılmasına Yönelik Çözüm Önerileri**

Artan kentleşmenin değişen dinamikleri daha fazla yapay yüzey ve altyapıya doğru geçişle sonuçlanmıştır. Enerji dengesindeki sonuç değişim ve antropojenik ısıdaki artış ısı adalarının oluşmasına öncü olmuştur.

Isı adalarının azaltılmasına yönelik çözüm önerileri olarak

- Kent ormanlarının arttırılması
- Yeşil alanların arttırılması

- Yeşil altyapının kullanılması
- Kentsel hava kanallarının yaratılması
- Planlı kentsel geometrinin oluşturulması
- Enerjinin verimli kullanımı
- Binaların karbon emisyonlarının azaltılması
- Açık renkli yüzeylerin arttırılması
- Serin çatı ve kaplamaların oluşturulması
- Yeşil binaların teşvik edilmesi
- Tüketim alışkanlıklarının değiştirilmesi sayılmaktadır.

Isı adalarının azaltılmasına yönelik birçok çalışmada başlıca göze çarpan konular; kent ormanları, serin çatılar ve serin kaplamalar [152], uygun geometri ve enerji tüketimleridir.

Gill'e göre [69], artan sıcaklıklara karşı olası uyum stratejisi de özel bahçelerde, halka ait alanlarda ve cadde kenarlarında mevcut yeşil alanları korumak ve mümkün olduğu kadar bunu zenginleştirmektir. Yapılaşma formu oturmuş mevcut birçok kentsel alanda, geniş yeni yeşil alanlar yaratmak mümkün değildir. Bu durum karşısında yeşilin arttırılması için tüm olanaklar kullanılmalı; bina çatıları, cepheleri, yol kenarları potansiyel alanlar olarak görülmelidir ve öncelik yoksunluğun, nüfusun yoğunluğunun olduğu bölgelere verilmelidir. Bitki örtüsünün, bulunduğu binalarda güneş ışığından ısı kazanımını düşürmesi; hem sera gazı emisyonlarının artışında hem de atık ısı yoluyla ısı adalarının yoğunlaşmasında etkin olan binaların klima kullanımıyla mekanik soğutma ihtiyacını da düşürmektedir.

Yeşil altyapı; yenilenebilir biyomateryallerin artan şekilde altyapı ve binalarda kullanımı, yenilenemeyen enerji kullanımını minimuma indirmesiyle iklim değişikliğinin azaltılmasına olumlu katkı sağlamaktadır. Ayrıca yenilenebilir

biyomateryaller dayanma ömrü süresince karbonu tutmaları yoluyla ek bir fayda da sağlamaktadır [153]. Yeşil altyapı ve yeşil alan birbirine bağlı bir ağ içerisinde, doğal ekosistem değerlerini ve fonksiyonlarını koruyarak, insan ihtiyaçlarına fayda sağlamaktadır [69]. Bu nedenle özellikle büyükşehir yönetimleri kentsel tasarımlarını yönlendirirken, ekosistemin sürdürülebilirliği için kentsel çevrenin ve yaşam kalitesinin artmasına katkıda bulunan doğal ve yapay tesislerin, insanın doğayla ilişki kurmasına olanak sağlamasına dikkat etmeleri gerekmektedir [70].

De Carmona, ıslak tropikal bölgelerde binaların belli bir miktarda saçılarak düzenlenmesi gerektiğini savunmuştur. Ancak ekonomik ve sosyal zorunluluklar şehirlerin daha konsantre olmasını zorlamaktadır; kamu hizmetlerinin maliyetini azaltmak ve gerekli toplumsal bütünlüğü sağlamak için yoğunluğun artırılması yönünde eğilim artmaktadır. Modern kentlerin, geleneksel yerleşimlere göre daha yoğun olduğu bir gerçektir. Ancak, uygun kentsel tasarım ve bina tasarımları ile çevre kalitesinin minimum düzeyde etkilenmesi sağlanabilmektedir [154].

Aralarında bahçe veya park bulunan dağınık yüksek katlı binalar inşa ederek yeşil açık alan ve geçirgen yüzeyler kaybını minimize ederek kentsel yoğunluğunu artırmak elbette ki mümkündür ancak bu düzen rahatsız edici rüzgârlar oluşturabilmektedir. Bu tür düzenlemeler boğucu iklime sahip kuytu alanlarda tercih edilebilir ancak açık alanlar ve kışın soğuk olduğu bölgelerde kaçınılmalıdır [121].

Yerleşim alanlarının bilinçli tasarımı; ısı ortamı değiştirebilmekte, yüzey enerji dengesini değiştirerek mikro klimayı yönlendirebilmekte ve sıcak hava dalgaları gibi sıra dışı durumların negatif etkilerinin giderilmesine yardımcı olabilmektedir [73].

Yaz aylarında ağaçların sağladığı soğutma etkisinin % 80'i gölgelendirmeden kaynaklanmaktadır [155]. Akbari [156], Sacramento'da ağaç gölgelerinin iki

binaya etkisini hesaplamak için bir "flip-flop" (iki durumlu) deneyi gerçekleştirmiştir. Bu deney için havalandırma için kullanılan elektrik miktarı, iç mekân ve dış mekân kuru hava sıcaklığı ve bağıl nem, çatı ve tavan yüzey sıcaklığı, iç ve dış duvar sıcaklıkları, güneş radyasyonu, rüzgâr hızı ve yönü verileri toplanmıştır. Ağaçların gölgelendirmiş olduğu iki evde mevsimsel soğutma için %30 enerji tasarrufu sağlanmıştır, günlük ortalama 3.6 ve 4.8 Kwh/d'e denk gelmektedir. Bu evlerde gözlenen tasarrufun üst sınırı birinde %27, diğerinde ise %42 olmuştur.

Binaların karbon emisyonunun azaltılmasında tasarım önemli rol oynamaktadır. Günümüzde bina içindeki enerji tüketimini azaltmak için iyi oluşturulmuş mimari ilkeler bulunmaktadır. Bu ilkeler pasif tasarım ve gelişmiş yalıtımı bir arada tutmaktadır. Pasif tasarım, enerji gerektiren ısıtma-soğutma-aydınlatma ihtiyacını azaltan tasarım özelliklerini ifade etmektedir. Pasif tasarım ilkelerinin daha az etkin olduğu yerlerde, termal konforun arttırılmasında yalıtım daha önemli hale gelmektedir [157].

Kuzey Amerika'daki binaların iklim değişikliğine olan etkisini araştıran bir çalışma neticesinde, Kanada ve ABD'deki ticari ve ikamet amaçlı konutların enerji tüketiminin sırasıyla %20 ve %40'ından sorumlu oldukları bulunmuştur. ABD Yeşil Bina Konseyi, yeşil binaların hâlihazırda enerji kullanımını ortalama %30, karbon emisyonunu ise %35 azalttığını; %50 ila %90 arasında ise maliyet tasarrufu sağladığını belirtmektedir [153].

Bu bağlamda, küresel değişime uyum stratejileri de giderek daha önemli hale gelmektedir. İklim değişikliği artık hayatımızın içinde ve etkileri insanların yoğunlaştığı kentsel kümelerde, şehirlerde ve kasabalarda daha çok hissedilmektedir. Sonuç olarak iklim değişikliği katı risk tabanlı planlama ve karar alma yöntemlerinin geliştirilmesi için bir çağrıdır. Bu amaca ulaşmak için, hem kentsel çevre ve kentsel toplulukları üzerinde iklim değişikliğinin olası etkileri ile

iklim değişikliği uyumu için ihtiyaçlarını belirlemek hem de yerel, bölgesel, küresel süreçler ve aktörlerin birbirleriyle ilişkilerini belirlemek önemlidir [26].

## **2.3 Kent İkliminin Ölçülmesi ve Modellenmesi**

### **2.3.1 Modelleme Yöntemleri**

Hızla büyüyen kentsel alanların, gelecekte insan iklim etkileşimlerinde önemli rol oynayacağı bilinmektedir; bu nedenle kentsel sistemler geleceğe dönük küresel iklim modellerine (GCM-Global Climate Models) eklenmesi gereken bileşen olarak kabul edilmektedir. Küresel iklim modeli çerçevesi ve kentsel sistemlerinin birleştirilmesinin iki temel amacı vardır: birincisi, kentsel alanların iklim değişikliğine ve emisyonların mekânsal dağılımına etkisini anlamaktır. İkincisi de küresel ölçekte kentsel iklim anlayışımızı geliştirmek için, iklim değişikliğinin kentsel nüfusu nasıl etkileyeceğini öğrenmektir [71].

Kentsel sistemlerin modellenmesinde, kentin mekânsal ve fiziksel özelliklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda gerekli olan üç temel parametre;

- 1- Kentsel alanların mekânsal kapsamı
- 2- Bina yükseklikleri, kentsel kanyon yükseklik-genişlik oranları, yapıların plan alanları ve geçirimsiz (kaldırımlar-yollar) ve geçirgen (toprak-yeşil alan) yüzeyler vb. gibi kentin morfolojik özellikleri
- 3-Yapı malzemelerinin termal, ışınimsal özellikleridir [71].

Modelleme yöntemleri, bina-cadde-bölge bazında etken faktörlerin; enerji kullanımını, hava kirliliğini ve kentsel sıcaklığı ne derecede etkilediğini görselleştirmek üzere kullanılmaktadır. Çeşitli senaryolarla olası durumlar gözlenmekte, plan çerçevesinde değerlendirilmektedir.

Oke [158]'e göre kentsel çevrede iklimle ilgili araştırmalar için sayısal, fiziki ve deneysel tabanlı olmak üzere üç model kullanılmaktadır [158].

*Sayısal modeller;* rüzgâr alanlarının, kirlilik dağılımının, termal iklimin, enerji ihtiyacı ve insan konforuna olan etkilerinin görselleştirilmesinde kullanılmaktadır.

*Fiziksel modeller;* yüzey pürüzlülüğü, akış ve dağılım şekli, ışınım transferi ve yüzey enerji dengesi çalışmaları için kullanılmaktadır.

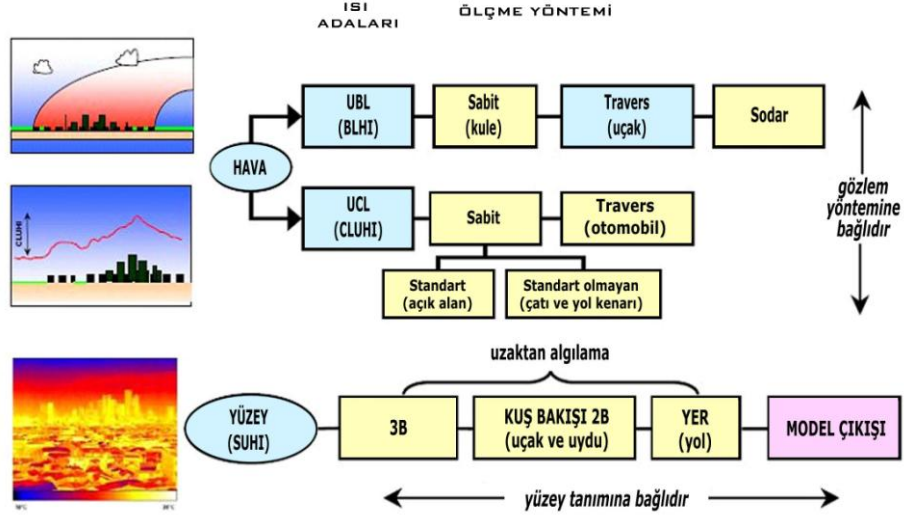
*Deneyisel modeller;* istatistiksel algoritmalar, parametrizasyonlar, mühendislik formülleri ve niteliksel kavramsallaştırmalarını içermektedir.

Bu tip modeller çalışma örneklerinin durağan ve zamansal temsili olarak kabul edilmektedir. Bu modellerin üstünlüğü gözlenen istatistiksel özelliklere dayalı olmasıdır ancak belirli bir konuyla sınırlı olmaları nedeniyle dezavantaj yaratmaktadır [68]. Bu modellerin özellikle sınır koşullarının değerlendirilmesi için yüzey verileri ve CBS verileri gereklidir. Daha iyi bir çevre gelişimi için bu değerlendirme araçlarının, optimizasyon sistemi ve karar verme sürecini içeren tasarım araçlarını geliştirmesi gerekmektedir [159].

### **2.3.2 Ölçme Yöntemleri**

Kent ısı adalarının BLHI, CLHI ve SHI olmak üzere üçe ayrıldığından bahsedilmişti. Isı adaları çeşitleri, konumsal ve zamansal özelliklerine bağlı olarak, farklı işlemlerle tespit edilmektedirler. CLHI ve BLHI ısı adalarının tespitinde termometre ile hava sıcaklığı ölçümleri yapılırken, SHI için uzaktan algılama yöntemi ile yüzey sıcaklığı ölçümleri yapılmaktadır. Hava durumu, coğrafi konum, zaman, dönem, kent formu ve kent fonksiyonları ayırıcı özellikler yaratmaktadır. Ölçme yöntemleri Şekil 2.20'de de görüldüğü gibi her bir tabaka için ayrıdır.





Şekil 2.20 Isı adası ölçme yöntemleri [160]

Mezo ölçekte hazırlanan bu tez çalışmasında SHI'nın tespiti için yalnızca uzaktan algılama ölçme yöntemi kullanılmıştır. Aşağıda, ısı adalarının tespitinde kullanılan diğer bazı ölçme yöntemleri de açıklanmaktadır.

### 2.3.2.1 Sabit İstasyon Ölçümleri

Isı adalarının analizinde en basit ve yaygın yöntem, bir ya da daha fazla sabit konumdan gelen verilerin karşılaştırılmasıdır. Şehirlerin çoğunda nem, yağış miktarı, bulut örtüsü, rüzgâr hızı ve yönü, hava sıcaklığı, basınç verilerini toplayan sabit meteoroloji istasyonları bulunmaktadır.

Sabit istasyon verileri [116] :

- Kentsel ve kırsal meteoroloji istasyonu verilerinin karşılaştırılmasında
- Birden fazla istasyon verisi kullanılarak bölgesel etkilerin tespitinde
- Bölgesel gelişim süreci içerisinde, geçmişten o güne verilerin değerlendirilmesiyle ısı adalarının gelişiminin incelenmesinde kullanılmaktadır.

İstasyon ölçüleriyle ısı adalarının tespitinde örtü tabakası (canopy layer) kriterdir. Daha önce de tanımlandığı gibi örtü tabakası (canopy layer) bina ve ağaç tepelerinin altında kalan hava alanını tanımlamaktadır. Bu tabakanın sıcaklık ölçümleri için standart, duran kişinin ortalama göğüs hizası baz alınarak 1.5 m. yükseklik olarak belirlenmiştir. Bu nedenle bina üstlerine yerleştirilmiş olan meteoroloji istasyonları, kentin morfolojik etkilerinin gözden kaçırılmasına neden olmaktadır ve örtü tabakası (canopy layer) ısı adaları bağlamında sonuç doğruluğunu etkilemektedir ve dikkat edilmesi gerekmektedir.

### **2.3.2.2 Hareketli Mobil Ölçümler**

Isı adalarının tespitinde, amaca uygun şehir etrafında doğru yerlere yerleştirilmiş istasyon bulunamayabilmektedir. Bu nedenle sabit meteorolojik istasyonlardan alınmış olan verilerden başka, farklı yerlerden alınmış ek verilere gerek duyulabilmektedir. Sabit istasyonların kurulması zor ve pahalıdır, bu nedenle alternatif olarak mobil ölçümler kullanılmaktadır. Bu tarz ölçümler hem pratik hem de ekonomiktir. Isı adalarının araştırılmasında tercih edilen bir yöntemdir.

Hareketli mobil meteorolojik ölçümler, günün ya da gecenin herhangi bir zamanında uygulanabilmektedir, ancak trafik durumları ölçümleri etkileyebilmektedir. Yapılmış olan birçok çalışmada, ısı adası ölçümleri için gece sakinliği ve havanın açık olduğu zamanlar tercih edilmiştir. Mobil travers yöntemi ile yapılan çalışmalarda dikkat edilmesi gereken nokta; sıcaklık ölçümlerinde, motor ve kaldırımların ısısından ya da trafiğe bağlı olarak oluşan rüzgârdan etkilenme durumunu en aza indirmek için yoldan belirli bir miktarda uzaklaşarak ölçümlerin alınmasıdır [116].

### **2.3.2.3 Uzaktan Algılama Teknikleri**

Sabit istasyonlar ve hareketli travers yöntemi genellikle kent çevresindeki hava sıcaklığını izlemek için kullanılmaktadır. Uzaktan algılama ise, sıcaklıklar ile

birlikte yüzeyin diğer özelliklerinin tespit edilmesinde kullanılabilir; örneğin çatılar, kaldırımlar, bitki örtüsü, çıplak zemin-toprak ve sulardan yayılan ve yansıyan enerji ölçülebilmektedir. Tüm yüzeyler kendilerine has bir dalga boyunda yayılan enerjiyi dışarı vermektedir. Uydu görüntüleri ve diğer uzaktan algılama verileri, sıcaklık verilerini sağlamak üzere bu dalga boylarını ayırt edebilmektedir. Uçak ve uydularda bulunan radyometreler ile şehir ve çevresinden salınan bu ısılardan ölçümleri, uzaktan temin edilmektedir [116], [57], [161].

Uzaktan algılama teknikleri, kentsel çevrenin mekânsal ve spektral çeşitliliğinin karmaşıklığına rağmen, farklı çözünürlükte farklı kentsel ortamları ölçmek, sınırlandırmak ve sınıflandırmak için kullanılabilir. Buna bağlı olarak, zaman içerisinde yeni kentsel model uygulamalarının şekillenmesinde önemli etkileri olmuştur ve bu doğrultuda önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Özellikle zamansal seri uzaktan algılama verilerinin kullanımı; kentsel dinamiklerin karmaşıklığına rağmen, gelişmenin daha doğru takibine ve anlaşılmasına olanak tanınması nedeniyle gün geçtikçe zorunluluk haline gelmektedir [162].

1970'lerden bu yana, kentsel çevre üzerine yapılan birçok uygulamayla birlikte uzaktan algılamada önemli gelişmeler olmuştur. Uzaktan algılamanın temel prensibi yer yüzeyini, uçaklara ve uydulara takılan pasif ve aktif alıcılara toplanan veriler üzerinden gözlemlemeyi içermektedir. Kentsel klimatolojik çalışmalarda yoğun olarak, termal bantlar kullanılmaktadır. Bu şekilde; hissedilir ısı akısı, net radyasyon, buharlaşma ve karbon akısı vb. yüzey atmosferi değişimleri izlenebilmektedir. Yeni kentsel iklim uygulamaları; multi\_sensor veri setleri ve yeni görüntü işleme tekniklerinin birlikte kullanımına bağlı olarak gelişmektedir [4].

Albedo, emissivite değerleri vb. gibi ölçüm alanının temel fiziksel özelliklerinin karakterize edilmesi ya da kentsel iklim modellerinin anahtar parametrelerinin belirlenmesi bu yöntem ile sağlanmaktadır. Ayrıca, Lidar, celiometer (bulut taban

yüksekliği ölçeri), Radar ve RASS (Radyo akustik sondaj sistemleri/ radio acoustic sounding system), vb. aktif uzaktan algılama sistemleri de kentsel atmosfer yapısını incelemek için kullanılmaktadır. Her biri sınır tabaka özelliklerini elde etmede farklı teknikler kullanmaktadır [4].

Uzaktan algılama tekniklerini kullanmanın üstünlüğü, geniş alanlar üzerindeki sıcaklığı görselleştirebilme gücü ve tek bir seferde çok büyük sayıda termal verinin elde edilebilmesidir [57]. Ancak bu yöntemde, kentsel sıcaklık sadece kuş bakışı olarak ölçülebilmekte, ağaçların altında kalan yeşil örtü ve duvar sıcaklıkları ihmal edilmektedir [163]. Ayrıca, uydu görüntüsünün çözünürlüğüne bağlı olarak arazi örtüsüne ait detay kayıpları söz konusu olmaktadır, örneğin uzaktan algılama verileriyle elde edilen bulgulara küçük yeşil alanlar gibi detay veriler kaybolabilmektedir [164]. Düşük çözünürlüklü uydu verileri geniş ölçekli ısı adaları ve özelliklerini incelemek için yeterli olurken; yüksek çözünürlüklü ısı verileri, ısı adası yoğunluğunun daha küçük ölçekteki arazi örtüsüyle karşılaştırılmasında fayda sağlamaktadır [75].

Bu nedenle amaca uygun görüntünün seçimi, çalışma hassasiyetini etkilemesine bağlı olarak büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, bu bilgiler ışığında, çalışmanın ölçeğine ve araştırmanın detayına bağlı olarak yersel ölçümler ve bilgilerle desteklenecek uzaktan algılama çalışmaları, alanın daha doğru biçimde tanımlanmasına olanak tanımaktadır.

## **2.4 Değerlendirme**

Literatür araştırmaları, küresel ısınmanın etkisiyle ve buna ek olarak bugün dünya üzerinde hızla artan kentleşmenin mekânsal ve yapısal parametrelerine bağlı olarak kentlerin giderek ısındığını göstermektedir.

Problemin insan sağlığı açısından önemi ve tehlikesi, bilim adamlarının konu üzerine eğilimini de arttırmıştır. Önceki bölümlerde bahsedilmiş olan araştırmalar ve Çizelge 2.5 'de verilmiş olan araştırmaların da gösterdiği üzere,

kentsel ısınma problemine etken olabilecek bütün faktörler; makro ölçekten mikro ölçeğe, kentin fiziksel parametrelerinden sosyal parametrelerine kadar geniş bir yelpazede gitgide detaylandırılarak incelenmektedir.

Bugün dünyada, özellikle de Asya kıtasında hızla artan magalopolisler incelenildiğinde, nüfusun artması, enerji tüketiminin artması, yüksek yoğunluklu arazi kullanımları ve kent çeperinde orman niteliği taşıyan arazilerin kaybolması ile birlikte kent içi yeşil alanlarının azalması gibi kentleşme özelliklerinin ısı adalarının oluşumunda önemli etkenler olduğu görülmektedir.

Günümüz kentleri, hızla artan büyüme ve nüfus karşısında dikeyde büyüme eğilimine girmiştir. Ancak ön planda tutulan rant hesapları, dikeyde büyümeyle birlikte, birim alana düşen yoğunluğu arttırmaktadır. Yoğun ve yüksek yapılaşmaya olan bu eğilim, kentin iklimsel koşullarını negatif yönde etkilemektedir.

Çoğu ileri teknolojilerde üretilmiş olan yüksek yapı tipleri, kendi mikro iklimsel konfor düzeylerini ayarlamaya çalışırken, dış mekân iklimi üzerinde basınç oluşturmaktadır. İklimsel anlamda yarattığı olumsuz etkiler, konfor düzeyini bozmakta, sağlığa zararlı bir hal almaktadır.

1933'de yapılmış olan Atina Anlaşması'nda [17], *"Yüksek yapıların birbirlerinden yeterince uzak mesafelerde yapılmış olması gerekir; aksi takdirde, yükseklikleri, bir mükemmellik belirtisi olmak yerine, mevcut kötü durumun daha da kötüleşmesine yol açacaktır. Kuzey ve Güney Amerika şehirlerinde yapılan büyük hata budur"* denilerek konunun önemine vurgu yapılmıştır.

Gelişmiş ülkelerin bazılarında güneş ve manzara engellemesi ile ilgili kurallar, proje denetiminin önemli bir parçası haline gelmiştir. Örneğin Japonya'da kış aylarında ve en kısa günlerde dahi, her konutun en az üç saat güneş alması gerektiği kabul edilmiştir ve önerilen projeler bu açıdan değerlendirilmektedir. Yine NewYork'da 1916 yılından itibaren düzenlenen yönetmeliklerle binaların

yükseklikleri ile kütleleri üzerinde kısıtlamalar getirilmiştir [165]. Ancak, bugün birçok ülke için bu problem hala aynı şekilde devam etmektedir.

İnsan faaliyetleri, özellikle arazi kullanımı değişiklikleri ve fosil yakıtların kullanımının artması, sera gazları ve aerosollerin atmosferik konsantrasyonunu arttırmaktadır. Sera gazı ve aerosollerdeki bu artışın, sıcaklık, yağış ve diğer iklim değişkenlerinin küresel değişimine yol açmasının yanı sıra bölgesel, kentsel iklim değişiklikleri yarattığı vurgulanmaktadır.

Ülkemizde, yaz dönemlerinde sık sık karşılaşıyor olduğumuz tropikal gün olarak adlandırılan 30°C üstü sıcaklıklar, sağlık açısından uyarı veren noktadır. Bu şartlar karşısında, kentsel ısınmanın katkı payı da düşünüldüğünde, durumun insan sağlığı açısından önemi dikkat sınırlarının (Çizelge 2.4) üstüne çıkabilmekte, tehlike boyutlarına ulaşmaktadır [134].

Çizelge 2.4 Isı indeksi kategorileri ve etkileri [134]

Sıcaklık Aralığı	27°C-32 °C	32°C-40 °C	40°C-54 °C	54°C -... °C
Önem Derecesi	Dikkatli olunmalı	Çok Dikkatli olunmalı	Tehlikeli	Aşırı Tehlikeli

Planlama ve iklimin kesiştiği noktada insan bulunmaktadır. Bu bağlamda biyoklimatik konfor iklimsel etkilere bağlıdır ve planlama için önemlidir. İnsanın fiziksel konforu ve davranışları iklimden direk olarak etkilenmektedir dolayısıyla insan ihtiyacı, planlamada ihtiyaç olarak belirlemektedir. İklimle ilişkili olan nem, radyasyon, rüzgâr ve sıcaklık insanın biyoklimatik konforunu etkileyen dört önemli parametredir [166]. Bölgenin iklimi insanın biyoklimatik konfor değerlerinin dışındaysa, terleme, titreme gibi rahatsız edici durumlarla karşılaşılacaktır. Bu durum iklime duyarlı kentsel planlamanın karşılaşmak istemediği bir durumdur [167].

Bu şartlar altında oluşan biyoklimatik konfor arayışına bağlı olarak, özellikle yaz aylarında soğutma sistemlerinin aşırı kullanımı ve daha fazla enerji sarfiyatına neden olmakta ve kent merkezlerinde ısınma artmaktadır.

Bununla birlikte koyu renk yüzeylerin (bina dış cephe giydirmelerinde kullanılan malzemeler, aynalı yüzeyler, asfaltlar vb.), açık renkli yüzeylere göre daha fazla ısı tutmaları, yine kent içerisindeki sıcaklık arttırıcı önemli bir faktör olarak göze çarpmaktadır.

Kentsel alanlarda ağaçların dikimi, açık cadde genişliklerinin, cephe ya da bina yönünün değiştirilmesi gibi konuların planlanmasında bile yüzey ve cephelerde radyasyon akısı davranışları, kentsel yapıların ısı tutma ve termal endekse etkileri ve küçük ölçekli rüzgâr hızı davranışları üzerine ayrıntılı bilgi gerekmektedir [168].

Bu bağlamda; bölgenin geometrik yapısı, yüzeylerin termal özellikleri, antropojenik etkiler ve kentin yeşil alan dokusunun kent iklimi üzerinde önemli etkilerinin bulunduğu ve kent planlama kapsamında dikkat edilmesi gereken hususlar olduğu ortaya çıkmaktadır.

Kent iklimindeki değişiklikler, küresel iklim değişiminin etkileriyle çok daha baskın şekilde hissedilmektedir. Oluşan sıcak hava dalgaları, insan sağlığı üzerinde ölümlere varan olumsuz etkilerinin oluşabilmesi nedeniyle, afet kapsamına alınmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda, konuya geniş kapsamlı yaklaşılabilmesi ve güncel verilerle gerçeğe yakın modellemelerin oluşturulabilmesi önemlidir. Uzaktan algılama ve CBS tekniklerinin kullanımı bu analizlerde önemli araçlardan birisi olarak görülmektedir.

İklimsel çevre değerlendirmesinin analitik sürecinde, örtü tabakası içinde termal çevre ve havalandırma durumu önemlidir. Gelecekteki çalışmalar, dış mekânda insanın termal konforu, iklim değişikliğinin etkileri ve iklim değişikliğine adaptasyonun mekânsal analizi üzerine odaklanacaktır. Özellikle gelişmekte olan

Ülkelerin, hızlı büyüyen Şehirlerinde haritacılık bilgi ve deneyimleri politikacılar ve Şehir plancılarıyla paylaŐılmalıdır [145].

Çizelge 2.5 Diğer bazı kent ısı adası araştırmaları

Yazar adı /Yılı	lek / Alan	Parametreler/Kullanılan Veriler	lme Tekniği	Sonuç
<b>M. K. Svensson, I. Eliasson, B. Holmer / 2002</b> [158]	Mezo lek	Rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, sıcaklık ve bulutluluk (Sayısal arazi kullanımı, iklim bilgileri ve algoritmalar)	Yersel lm/CBS	zleme ağı incelenildiğinde kent ile kırsal arasındaki maksimum sıcaklık farkı 5-8,5°C arasında değiştiği tespit edilmiştir.
<b>Jnos Unger, Stevan Savı, and Tams Gal / 2011</b> [169]	Mezo lek	Hücre bazında NDVI ve yapılaşma oranları, yapay yüzey oranları (cadde, kaldırım, park, çatı vb) (Landsat görüntüsü, 500*500 m grid verileri)	CBS/Uzaktan Algılama	alıŐma boş alanlardan, %90 yapılaşmanın olduğu bölgeye kadar geniş çerçevede yapılmıştır. Bu karŐılaŐtırmada, yapılaşma yoğunluğunun ısı adaları üzerinde önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir.
<b>M. Khiem, R. Ooka, H. Huang, H. Hayami, H. Yoshikado, Y. Kawamoto / 2010</b> [170]	Mezo lek	Sıcaklık ve rüzgâr hızı gibi meteorolojik faktörler ve yüzey seviyesindeki ozon konsantrasyonu	MM5/CMAQ Sayısal Model	Sonuçlar, ozon konsantrasyonu ve meteorolojik durumlar arasında yüksek bir ilişki bulunduğunu göstermiştir.
<b>Fabrizi R., Bonafoni S., Biondi R./ 2010</b> [67]	Mezo lek	sıcaklık ve arazi kullanım verileri (AATSR ve ENVISAT uydu verileri kullanılarak)	Yersel lm /Uzaktan Algılama	Isı adaları gece boyunca yoğunluğun fazla olduğu yapılaşmış alanlarda görülmektedir; sabah ise trafiğin yoğun olduğu bölgelerde yođunlaŐmıŐtır.
<b>Givoni B. / 1998</b> [171]	Piko lek (building scale)	Ortam sıcaklığı, bağıl nem, rüzgâr hızı ve yönü, yatay güneş iŐinımı, her bir binadaki i mekân sıcaklığı, siyah ortam sıcaklığı (Black Globe temperature), i mekân duvar sıcaklığı, tavan sıcaklığı	Yersel lm	Farklı iklim tiplerinde, farklı yapılaŐmaların maksimum sıcaklıklarına dayalı formülasyon oluşturulmuştur.



Çizelge 2.5 Diğer bazı kent ısı adası araştırmaları (devamı)

<p><b>Krüger E., Givoni B., / 2007</b> [172]</p>	<p>Mezo ölçek</p>	<p>Hava sıcaklığı, nem ve her bir bölgedeki arazi kullanım şekilleri (sulak alanlar, yapılaşmış olan, boş alan, kaplamalı yüzeyler, yeşil alanlar)</p>	<p>Yersel Ölçüm / Uzaktan Algılama</p>	<p>Modellemede kullanılan formüller hava sıcaklıklarının bir fonksiyonu ve yerel sıcaklıkların ifadesi olarak geliştirilmiştir. Ölçüm sonuçları ve hesaplanan değerler arasında yüksek korelasyon bulunmuştur.</p>
<p><b>Owen T. W., Carlson T. N., Gillies R. R./1998</b> [173]</p>	<p>Mezo ölçek (regional scale)</p>	<p>Bitki örtüsü oranı (NDVI), yüzeyin nem durumu, yüzey radyant sıcaklığı, arazi örtüsü sınıfı (AVHRR)</p>	<p>Uzaktan algılama</p>	<p>AVHRR'nin düşük çözünürlüğüne rağmen, mahalle ölçeğinde arazi örtüsündeki değişime bağlı yüzey radyant sıcaklıklarının değişiminin tespit edilebildiği görülmüştür.</p>
<p><b>Chen-Yi Sun, Hsien-Ti Lin, Wen-Sheng Ou /2007</b> [174]</p>	<p>Makro ölçek</p>	<p>Sıcaklık, NDVI (ASTER TIR)</p>	<p>Mobil Ölçüm /CBS/ Uzaktan Algılama</p>	<p>Arazi ölçümleriyle elde edilen sıcaklıklar ya da ASTER TIR verisi üzerinden hesaplanan sıcaklık verilerinin karşılaştırılmasında, bitki örtüsünün yoğun olduğu yerlerde hava sıcaklığının ve yüzey sıcaklığının düşük olduğu tespit edilmiştir.</p>
<p><b>Qihao Weng / 2003</b> [175]</p>	<p>Mezo ölçek</p>	<p>Yüzey sıcaklığı, NDVI, arazi örtüsü ve arazi kullanımı</p>	<p>Uzaktan Algılama</p>	<p>Isı adalarının konutlardan daha çok endüstriyel arazi kullanımıyla ilişkili olduğu görülmüştür. Ayrıca mevsimsel değişimlere bağlı olarak ısı adalarında alansal değişimler tespit edilmiştir.</p>

Çizelge 2.5 Diğer bazı kent ısı adası araştırmaları (devamı)

<p><b>Xiao-Ling Chen, Hong-Mei Zhao, Ping-Xiang Li, Zhi-Yong Yin /2006</b> [82]</p>	<p>Mezo ölçek</p>	<p>Sıcaklık, NDVI, NDWI, NDBaI, NDBI, arazi örtüsü, arazi kullanımı, (Landsat, Ikonos, sayısal topografik haritalar)</p>	<p>Uzaktan Algılama</p>	<p>Analiz sonucuna göre ısı adalarının düzensiz yüzey örtüsü bölgelerinde arttığı tespit edilmiştir.  Ayrıca uydu görüntülerinin ısı adalarının tespitinde; görüntü seçiminde uygun dönem ve şartların sağlanması koşuluyla elverişi olduğu kabul edilmiştir.</p>
<p><b>C. P. Lo, D. A. Quattrochi, J. C. Luvall /1997</b> [176]</p>	<p>Mezo ölçek</p>	<p>Yüzey sıcaklığı, NDVI ve arazi kullanımı (tarım, ticari, endüstriyel, rekreasyonel, konut, servis, ulaşım, boş/geçiş alanları, su)  (ATLAS yüksek çözünürlüklü termal görüntü)</p>	<p>Uzaktan Algılama/CBS</p>	<p>ATLAS uydusundan alınan yüksek çözünürlüklü termal görüntüler yardımıyla karmaşık arazi örtüsü detaylı bir şekilde sınıflandırılmıştır. Gündüz; su, tarım ve vejetasyon düşük ışınım sergilerken, ticari, endüstriye ve hizmet alanlarının yüksek ışınım sergilediği görülmüştür.</p>
<p><b>Umamaheshwaran Rajasekar, Qihao Weng / 2009</b> [177]</p>	<p>Mezo ölçek</p>	<p>NDVI, arazi örtüsü, arazi kullanımı, nüfus yoğunluğu ve ulaşım  (ASTER verileri)</p>	<p>Veri madenciliği  Uzaktan algılama/CBS</p>	<p>Bu araştırmada, ilişki kuralı madenciliği (data rule mining) yöntemi kullanılarak, yüzey sıcaklığı ile çevresel, fiziksel ve demografik veriler arasındaki nicel ilişkilerin ölçülüp analiz edilebileceği görülmüştür.</p>

### METODOLOJİ VE UYGULAMA

#### 2.5 Problem Tanımı

Yukarıdaki literatür çalışmalarında görüldüğü gibi, küresel iklim değişikliğinin kentler üzerinde baskı yaratması, kentlerin de bu problemi arttırıcı bir faktör olması, konunun günümüzün önemli çevre problemlerinden biri olduğunu göstermektedir. Dünya kenti olmaya aday olan İstanbul metropoliten alanı da, henüz diğer (New York, Tokyo, Hong Kong, vb) dünya kentleri gibi yoğun yapılaşma seviyesine ulaşmakla birlikte bu süreçlerin takipçisi gözükmemektedir. Oysa ki, yapılan araştırmalardan görüldüğü kadarıyla, kentsel gelişme ve iklim arasında dengenin sağlanabileceği pek çok yol ve yöntem bulunmaktadır. Bu nedenle, gelecekte İstanbul'un geri dönüşü olmayan olumsuz koşullara maruz kalmaması için, şimdiden iklim ve kent arasındaki ilişkilerin saptanması, iklime dayalı kentsel gelişme modellerinin ortaya konması ve bu konularda yoğunlaşılması büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle İstanbul'un yoğun, çarpık yapılaşmasının, hızlı nüfus artışının kent ısı adalarını yoğunlaştıracığı, diğer taraftan küresel iklim değişikliğine olan etkisini arttıracığı temel problemdir. Bu etkinin azaltılabilmesi için, kent makroformu ve kente ilişkin ilgili parametrelerin etki derecelerini ölçmek tezin ana konusunu oluşturmuştur.

İstanbul'un kentsel özelliklerinin avantaj ve dezavantajları Çizelge 3.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.1 İstanbul'un kentsel özellikleri ve ısı adası üzerine oluşturduğu etkiler<sup>9</sup>

KENTSEL PARAMETRELER	Faktörler		Olası Etkiler
	İstanbul'un konumsal özellikleri	Karadeniz Marmara Denizi Boğaz ile çevrilidir	Kuzey ve güney arasında iklimsel farklılıklar görülmektedir [179].
Hakim rüzgâr yönü kuzeydoğu ve güneybatıdır			
İstanbul'da yaz ayları sıcak ve nemli, kış ayları ise yine nem ile birlikte soğuk ve yağışlı geçmektedir.			
Tepelikler ve vadiler bulunmaktadır.			
Kuzeyi orman alanları ve su havzaları ile kaplıdır			
Şehrin gelişmesi-büüklüğü	İstanbul'da gelişimi, arazi kullanım-doğal çevre-ulaşım ilişkisiyle birlikte yorumlandığında 1973 yılında hizmete açılan 1. Boğaz Köprüsü ve 1988 yılında hizmete açılan 2. FSM Köprüsünün de etkisiyle kuzey yönünde olmuştur [180]. Bu süreç kuzeyde bulunan orman ve su havza alanlarını büyük bir tehlikeyle karşı karşıya bırakmıştır.		
	Yapılacak olan 3. Köprü'nün de, bu gelişme yönünü tetikleyeceği, iklimsel açıdan İstanbul'un havalandırma bölgeleri olan orman alanlarını tahrip edeceği öngörülmektedir. Orman alanlarının yerini alacak geçirimsiz yüzeylerle birlikte İstanbul'da ısınmaya dönük iklimsel değişikliklerin oluşması muhtemel görünmektedir.		
Yapılaşma alanı/yoğunluğu	Yerleşim alanları, toplam il alanına göre oranlandığında 1955'de %1 olan oran, 2007'de %19'a yükselmiştir [181]. Bu oran hızla artmaktadır.		

<sup>9</sup> [178]'den faydalanılarak geliştirilmiştir.

Çizelge 3.1 İstanbul'un kentsel özellikleri ve ısı adası üzerine oluşturduğu etkiler (devamı)

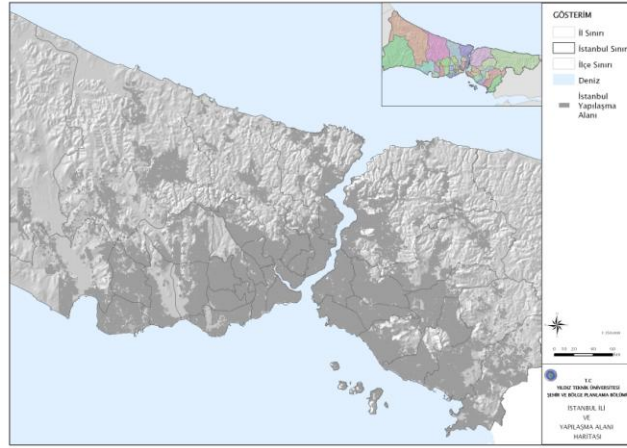
<b>Nüfus</b>		İstanbul, çoğu zaman çok yüksek nüfuslu ve istihdam barındıran "yoğun" bir kent olarak tarif edilmektedir. İstanbul'da nüfus ve istihdam bakımından yoğunlaşma görülen alanlar; Tarihi Yarımada'nın batısı, Haliç'in kuzeyi ve İstanbul Boğazı'nın doğusunda kıyı boyunca gelişim göstermiştir [182]. Son nüfus sayımına göre nüfus 12,5 milyonu geçmiştir, önümüzdeki 10 yıl içerisinde 20 milyonu geçeceği öngörülmektedir. Artan nüfus, antropojenik etkilerin artışı da beraberinde getirecektir.
<b>Kentsel Geometri</b>		Kentte farklı doku tipleri hakimdir. Ancak, özellikle eski yerleşim bölgelerinde, kent merkezlerinde ve plansız alanlarda hakim olan yoğun yapılaşma ve karmaşık geometrik düzen, yatayda hava akımını azaltmakta, sıcaklıkların artmasına neden olmaktadır.
<b>Antropojenik Isı</b>	Ulaşım kaynaklı	Ulaşım verilerine göre 2009 yılı verileri, beklenen 2023 sayılarıyla karşılaştırıldığında; 1.841.440 olan araç sayısının 4.335.882 olacağı, kişi başına düşen araç sayısının %14'den %25'e çıkacağı beklenmektedir [182]. Toplu taşımanın yeterli düzeyde kullanılamıyor olması, bireysel araç kullanımını arttırmaktadır. Bu nedenle yakıt tüketimi ve araçların ısı üretimi de gün geçtikçe artmaktadır.
	Enerji tüketimi	Elektrik tüketimi yıllık yaklaşık %8 artış göstermektedir [183]. 2011 yılı TEİAŞ verilerine göre ise İstanbul'da elektrik tüketimi toplam 17 milyar kWh'ye ulaşmış bulunmaktadır. Özellikle, ısıtma ve soğutma sistemlerine bağlı olarak artan enerji tüketimi kentsel ısınmada önemli rol oynamaktadır.
<b>Hava Kirliliği</b>	Endüstri	Sanayiler toplam %83 lük SO <sub>2</sub> emisyonu katkısıyla en kirlenici sektör olurken, toplam PM <sub>10</sub> emisyonlarında %51 lik katkısıyla evsel ısınma en kirlenici sektördür [184]. En yüksek yıllık ortalama SO <sub>2</sub> konsantrasyonu (~175 mg/m <sup>3</sup> ) Büyükçekmece'nin güney bölümünde meydana gelmektedir, bu konsantrasyonların %99'unun sanayi tesislerinden kaynaklandığı görülmektedir [185].
	Ulaşım	Trafik ise NO <sub>x</sub> , NMVOC, ve CO emisyonlarındaki sırası ile %89, %68, %68 lik payları ile çalışma alanı içerisinde en kirlenici sektördür [184].
	Konut	Bağcılar, Bahçelievler, Bayrampaşa, Fatih, Güngören, Kağıthane, Beşiktaş, Beykoz ve Ümraniye gibi birçok bölgenin evsel ısınmayla yıllık ortalama konsantrasyona katkısı yaklaşık 5mg/m <sup>3</sup> tür. Zeytinburnu, Bakırköy, Eminönü, Beyoğlu, Eyüp, Şişli, Sarıyer, Üsküdar, Maltepe ve Kartal bölgeleri yaklaşık olarak aynı değerlere sahiptirler [185]. Artan hava kirliliği, kent iklimini olumsuz etkilemektedir.

Çizelge 3.1 İstanbul'un kentsel özellikleri ve ısı adası üzerine oluşturduğu etkiler (devamı)

<b>Termal Özellikleri</b>	Yüzey malzemeleri ve özellikleri	İstanbul'da en çok kullanılan yapı malzemeleri olarak asfalt, beton ve son dönemlerde aynalı yüzeylerde artış dikkati çekmektedir. Kentsel doku içerisinde güneş radyasyonunu emen bu malzemeler, gece toplanan ısıyı kentsel alana salmaktadır.
<b>Arazi Kullanım</b>	Konut	İstanbul 'da arazi kullanımı genellikle "karma arazi kullanımı" olarak karakterize edilmekte; konut, ticaret, ofis ve diğer arazi kullanımlarını bir arada barındırmaktadır. Öte yandan, bu karma kullanım yapısı bir sokak ve hatta bir bina ölçeğinde bile görülerek, kentteki "parçacıl arazi kullanımını" ortaya koymaktadır [182].
	Ticari	
	Endüstriyel	
<b>Geçirimsiz Yüzey özellikleri</b>	Geçirgen yüzeylerin azalması	Bitki örtüsü ve yeşil alanların tahrip edilerek, yapılaşmaya açılması, geçirimsiz yüzeyleri arttırmakta [186], kullanılan genel malzeme cinsiyle albedoyu düşürmektedir.
	Yeşil alanların azalması	
	Düşük Albedo	
<b>Rüzgâr Hızı</b>		İstanbul'un şehir içini temsil eden Göztepe istasyonu bilgilerine göre ortalama rüzgar hızı, 1,83m/sn, uzun yıllar ekstrem rüzgar ortalama hızı 27.7m/sn'dir.  Yoğun ve yüksek yapılaşma, özellikle doğal hava koridoru olan vadi alanlarında rüzgâr hızını engellemekte, ısınmalara neden olmaktadır. Ayrıca, kıyı kesimlerde bulunan yüksek binalar denizden gelen rüzgârları engellemektedir.

### 3.2 Çalışma Alanı ve Özellikleri

Kuzeyde Karadeniz, güneyde Marmara Denizi ve ortada İstanbul Boğazı'ndan oluşan 41°K, 29°D koordinatlarındaki kent, İstanbul Boğazı boyunca ve Haliç'i çevreleyecek şekilde Türkiye'nin kuzeybatısında kurulmuştur (Şekil 3.1). Toplam 39 ilçesi bulunan kentin TÜİK 2009 (ADNKS) nüfus sayımı sonuçlarına göre toplam nüfusu 12.782.960 kişidir. Halkın yaklaşık %65'i Rumeli yakasında; %35'i de Anadolu yakasında yaşamaktadır.



Şekil 3.1 Çalışma alanı – İstanbul il sınırı

Yaz ayları genellikle sıcak geçen, kış ayları bölgeyi etkisi altına alan sistemlere bağlı olarak fazla soğuk geçmeyen İstanbul, Akdeniz ikliminin özelliklerini taşıyor görünse de, Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nın etkisiyle farklı özellikler taşımaktadır. Kış aylarında Karadeniz'den gelen soğuk-kuru hava kütlesi ile Balkanlardan gelen soğuk-yağışlı hava kütesinin, özellikle Akdeniz'den gelen ılık ve yağışlı olan güneyli hava kütlelerinin etkisi altındadır. Bütün ilde Karadeniz'in soğukça yağışlı (poyrazlı) havasıyla Akdeniz'in ılık (Iodoslu) havası birbirini izler. İlde yaz-kış, gece-gündüz arasında büyük sıcaklık farkları görülmemektedir [187].

Kentin iklimsel açıdan avantajlı yanları; çevresinin denizlerle kaplı olması, orman alanlarına sahip olması ve su havzalarının bulunmasıdır. Ayrıca değişken yükselteli olması, bazı bölgelerde deniz ve orman alanlarını bağlayan doğal hava koridorlarının oluşmasına neden olmaktadır. Boğazın kuzeydoğu-güneybatı olan doğrultusu, hakim rüzgâr yönüyle paraleldir ve yoğunlaşmış kenti ikiye bölen boğaz serinletme görevi görmektedir.

Ancak orman alanlarının tahrip edilmesiyle yeşil alanlar günden güne azalmaktadır, ayrıca plansız kentleşmeyle birlikte inşa edilen yüksek binalar hava sirkülasyonunu engellemekte, doğal hava koridoru olan vadileri tıkamaktadır.

Özellikle deniz kıyılarına yakın bölgelerde yapılan yüksek katlı binalar, kirleticileri dağıtabilecek deniz meltemlerini engellemektedir.

Kentin kuzeyinde bulunan orman alanlarına da bağlı olarak İstanbul'un iklimsel yapısı kuzey-güney doğrultusunda değişmektedir. Kuzeye doğru sıçrayacak olan yapılaşma, orman alanlarının da tahribiyle ve de kent içinde de düşey ve yatayda artan kentsel yoğunluklar ile kent ikliminin olumsuz yönde etkileneceği beklenmektedir.

İstanbul'da gelişim, arazi kullanım - doğal çevre - ulaşım ilişkisiyle birlikte yorumlandığında 1973 yılında hizmete açılan I. Boğaz Köprüsü ve 1988 yılında hizmete açılan II. FSM Köprüsünün de etkisiyle kuzey yönünde olmuştur [180]. Bu süreç kuzeyde bulunan orman ve su havza alanlarını büyük bir tehlikeyle karşı karşıya bırakmıştır.

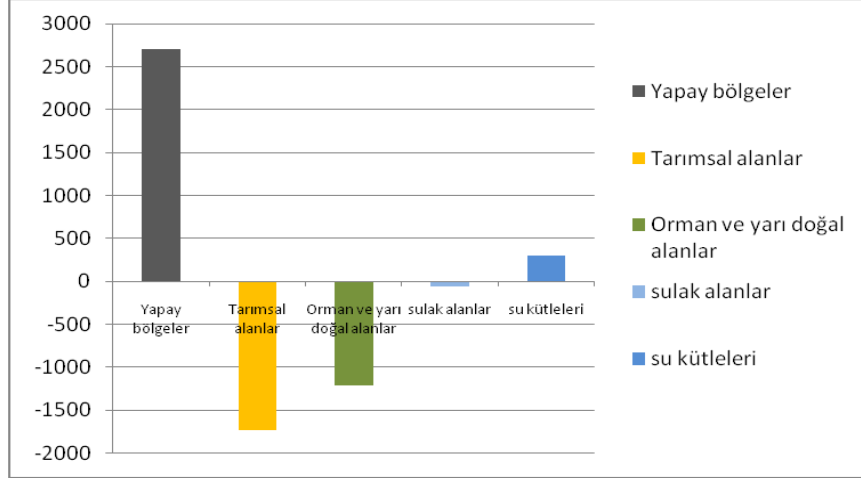
Yapılacak olan 3. Köprü'nün de, bu gelişme yönünü tetikleyeceği, iklimsel açıdan İstanbul'un havalandırma bölgeleri olan orman alanlarının tahrip edileceği öngörülmektedir. Orman alanlarının yerini alacak geçirimsiz yüzeylerle birlikte İstanbul'da ısınma eğiliminde iklimsel değişikliklerin oluşması muhtemel görünmektedir.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı 2000-2006 Corine arazi örtüsü sınıfları incelenildiğinde ise, 6 yıl içerisinde yaklaşık 2700 hektar yapay yüzeylerde artış olduğu, yaklaşık 2900 hektarın da tarım ve orman alanlarından azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 3.2, Şekil 3.2) [187].

Çizelge 3.2 CORINE projesi arazi örtüsü sınıflandırması [187]

	<b>2000 (ha)</b>	<b>2006 (ha)</b>	
<b>Yapay bölgeler</b>	102272,89	104975,92	2703,03
<b>Tarımsal alanlar</b>	157866,47	156134,45	1732,02
<b>Orman ve yarı doğal alanlar</b>	272334,87	271125,5	1209,37
<b>Sulak alanlar</b>	400,31	338,45	61,86
<b>Su kütleleri</b>	12970,26	13270,52	-300,26





Şekil 3.2 İstanbul 2000-2006 yılları arası arazi örtüsü değişimi [187]

İstanbul Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan veriler üzerinden bir araştırma yapıldığında 1975-1990 yılları arası sıcaklık ortalamalarına göre 2000-2009 sıcaklık ortalamalarında istasyon noktalarına göre 1,5 ile 3 derece arasında değişen artışların olduğu tespit edilmiştir [188].

### 3.3 Yöntem

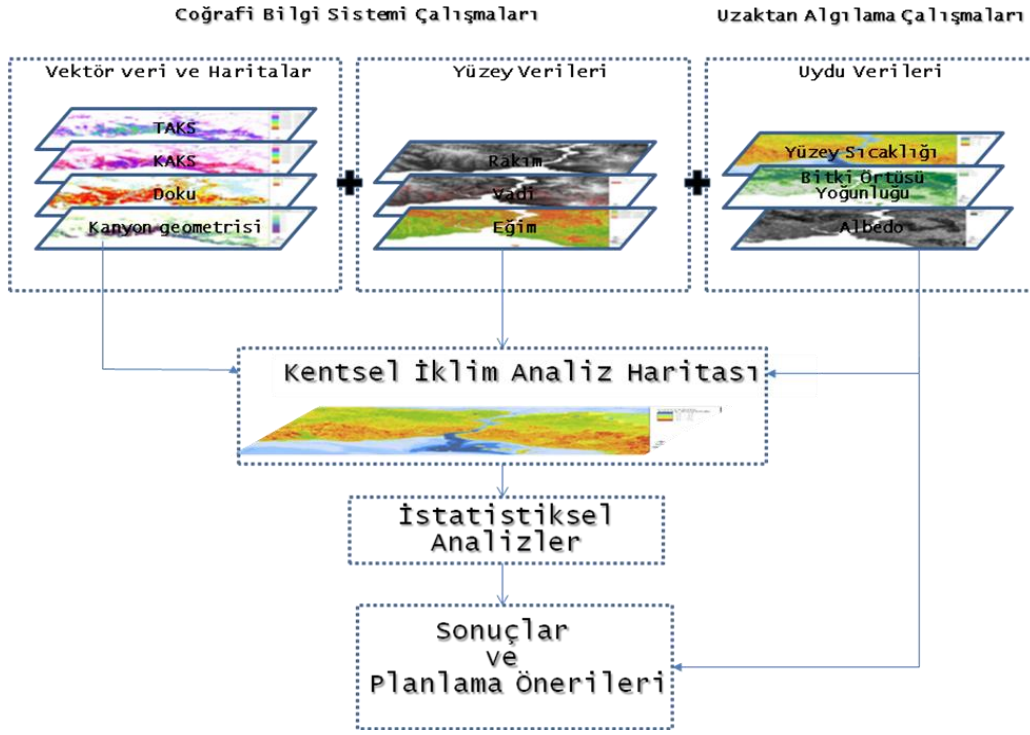
Oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan kentsel özellikler ve iklim arasındaki ilişkilerin irdelenmesi de aynı derecede karmaşıktır. Çok fazla parametrenin etken olduğu ısınma problemi, doğru veriler ve doğru analizlerle süzgeçten geçirilerek, geniş bir bakış açısıyla değerlendirilmelidir.

İstanbul üzerine çalışmalar incelenildiğinde, konunun planlama detayında incelenilmemiş olduğu, makro ölçekte meteorolojik çalışmalar kapsamında ya da mikro düzeyde mimarlık çalışmalarında ele alındığı görülmektedir. Ancak literatür taramalarında da incelenildiği üzere makroform, doku, yapılaşma katsayıları gibi planlama parametrelerini içeren ve bu parametreler ile iklimsel koşullar arasındaki ilişkilerin ayrıntılı olarak ortaya konulduğu yeterli çalışma bulunamamıştır.

Hızla ve plansız büyüyen İstanbul için konu günden güne önem kazanmaktadır. Bu tezde, alan olarak İstanbul'un yapılaşma alanının bütünü ele alınmış, mezo ölçekte değerlendirme yapılmıştır.

Kentsel iklim araştırmalarında; sıcaklık, rüzgâr yönü ve nem gibi verilerin sürekli (saatlik, günlük vb.) ölçümüne dayalı olan sabit istasyon ve mobil ölçüm teknikleri ile farklı bölgelerin sıcaklık verileri takip edilerek bölge özellikleriyle karşılaştırmalı analizleri de yapılabilmektedir. Ancak, İstanbul'un tümünün gözlenebilmesi ve problem noktalarının tespit edilebilmesi önceliğinde planlamaya bütüncül bir yaklaşım sağlaması, çoklu veri entegrasyonuna olanak tanınması, güncellenebilir olması, zamansal değişim analizi yapılabilmesi nedenleriyle uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılmasına karar verilmiştir.

Analizde Şekil 3.3'de verilmiş olan parametreler kullanılmış; bağımlı değişken olarak sıcaklıklar, bağımsız değişken olarak da bitki örtüsü yoğunluğu, doku, TAKS, KAKS, vadi, rakım, kıyıdan uzaklık, albedo ve kanyon geometrisi verileri ele alınarak aralarındaki ilişki çoklu regresyon analiziyle incelenilmiştir. Ayrıca ağaç diyagramı tekniği kullanılarak ele alınan parametreler ve sıcaklık arasında modelleme yapılmıştır.



Şekil 3.3 Yöntem ve altlıklar

Bu çerçevede tezin yöntemi aşağıdaki gibi belirlenmiştir;

1. Problem tanımı
2. Araştırmanın tasarlanması
3. Hipotezlerin oluşturulması
4. Değişkenlere ilişkin veritabanlarının hazırlanması
5. Verilerin işlenmesi
6. İstatistiksel analizler
7. Hipotezlerin testi
8. Kümeleme analizi ağaç diyagramı ile modelleme
9. Yorumlama

Yukarıda verilmiş olan bilgiler ve elde edilebilen veriler ışığında, "bitki örtüsü yoğunluğu, rakım, eğim, doku, TAKS, KAKS, vadi alanları, kanyon geometrisi

*oranı, kıydan uzaklık ve albedo kent iklimi üzerinde etkilidir"* temel hipotezi üzerinden bu çalışma hazırlanmıştır.

### **3.4 Değişkenlere İlişkin Veri Alt Yapısı**

Değişkenler, uydu görüntüsünden, yapı veri tabanından, sayısal arazi modellerinden, kıyı çizgisi versinden türetilmiştir.

#### **Uydu Görüntüsü**

Landsat uyduları, uydu tabanlı gözlemlerin en uzun sürekli verilerini sağlamaktadır. Ayrıca, orta ölçekli görüntüleriyle, dünya ölçeğindeki değişimlerin izlenmesinde ve karar vermede çok önemli bir kaynak niteliği taşımaktadır. İkinci nesil Landsat uyduları (Landsat4-Landsat5) daha gelişmiş sensörlerin eklenmesi, gelişmiş veri toplama ve iletimi, yüksek otomasyonlu işleme tesisinde hızlı veri işlenimi ile birlikte uzaktan algılamada önemli bir ilerlemeye neden olmuşlardır. TM verilerinin MSS görüntülerine göre gelişmiş mekânsal, spektral, radyometrik ve geometrik veri performansı, kısa zamanda kullanılan birincil bilgi kaynağı durumuna gelmesine neden olmuştur [189].

ASTER ve TM verileri, özellikle termal band çözünürlüklerine bağlı olarak, ısı adalarının tespitinde tercih edilirler [190]. Geniş şehir alanlarında Landsat TM verilerinin, arazi yüzey sıcaklıkları dağılımının analiz edilmesinde kullanılması önemli yöntemlerden birisidir [191].

Uydu görüntüsünün seçiminde, çalışmanın amacı da göz önüne alınarak ısınmanın daha fazla olduğu yaz dönemi görüntüsü tercih edilerek, Landsat-5 TM 28 Haziran 2007 görüntüsü seçilmiştir. Verinin mekânsal çözünürlüğü termal band hariç 30 m'dir, termal band için 120 m'dir. Veri İTÜ Geomatik Mühendisliği Bölümünden temin edilmiştir.

Ayrıca, albedo değerlerinin tespiti için, ek uydu görüntüsü olarak Landsat7 Haziran 2003 Pankromatik görüntüsü kullanılmıştır.

### **İstanbul Yapı Verileri**

İstanbul yapı verileri 2005 yılında 1/5000' veriler üzerinden güncellemesi yapılmış olan verilerdir. İstanbul mikro bölgeleme projesi kapsamında Boğaziçi Üniversitesi ile birlikte çalışan GRM Bilişim'den alınmıştır. Veri tabanında, kat adetleri ve bina sınırları bulunmakta olup, bu veri tabanından bina taban inşaat alanı ve toplam inşaat alanları hesaplanmıştır

### **Sayısal Yükseklik Modeli**

1 m hassasiyetinde çizilmiş olan yükseklik eğrilerinden elde edilmiş DEM verisidir. İstanbul mikro bölgeleme projesi kapsamında Boğaziçi Üniversitesi ile birlikte çalışan GRM Bilişim'den alınmıştır.

### **İstanbul Kıyı Çizgisi**

Yüksek çözünürlüklü uydu verileri üzerinden elde edilmiş olan kıyı çizgisidir, İMP'den alınmıştır.

## **3.5 Görüntü İşleme Çalışmaları**

Yüzey sıcaklıkları ve NDVI, uydu görüntüleri üzerinden görüntü işleme teknikleri ile elde edilmiştir. Yeryüzündeki değişikliklerin algılanması ve ölçülebilmesi, sensörlerin kalibre edilebilmesi (bilinen doğruluk ve hassasiyet) ve zamansal tutarlı ölçümlere bağlıdır. Radyometrik karakterizasyon ve kalibrasyon ise, yüksek kalitede bilimsel bilgi üretimi ve yüksek seviyeli sonuç ürünler için bir ön koşuldur [189].

Görüntü işleme çalışmalarına başlamadan önce uydu görüntüsünün üzerinde Chander ve Markham'ın [192], vermiş olduğu Landsat-5 TM kalibrasyon katsayıları ve dönüşüm formülleri kullanılarak radyometrik düzeltmeler yapılmıştır.

Uydu görüntülerine ait piksel değerleri, dijital değerlerle (DN) ya da parlaklık değerleri ile ifade edilmektedir. Her bir algılayıcıda farklı bir radyans değerini

temsil eden dijital numaraların anlamlı hale gelebilmesi için aşağıdaki dönüşüm formülü (3.1) uygulanarak  $L_\lambda$  değeri elde edilmiştir.

$$L_\lambda = \left[ \frac{LMAX_\lambda - LMIN_\lambda}{Q_{cal\ max} - Q_{cal\ min}} \right] \left[ Q_{cal\ max} - Q_{cal\ min} \right] + LMIN_\lambda \quad (3.1)$$

$$Q_{cal\ max} = 255 \quad Q_{cal\ min} = 0$$

$$L_\lambda = \left[ \frac{LMAX_\lambda - LMIN_\lambda}{255} \right] Q_{cal} + LMIN_\lambda$$

$$L_\lambda = G_{rescale} \times Q_{cal} + B_{rescale}$$

$L_\lambda$  değeri hesaplandıktan sonra yüzey sıcaklığının hesaplanabilmesi için yüzey elemanlarının yansıma karakteristiklerini öne çıkaran emissivite ve NDVI değerlerinin elde edilmesi gerekmektedir.

Emissivite objelerin elektromanyetik dalga salma yeteneğiyle meydana gelmektedir. Emissivite değeri sadece objelerin oluşumuna bağlı değil, aynı zamanda yüzey pürüzlülüğü, objenin fiziksel özellikleri ve bunlara ek açı ve dalga boyuna bağlı olarak değişim göstermektedir. Geniş ölçekte yüzey emissivite değerlerinin hesaplanması çok zordur, bu işlem genellikle bazı hipotezlere dayanılarak yapılmaktadır [193].

Van [194], doğal ortamda bir dizi termal band emissivite ve normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI) (3.2) ölçümleri yaparak aralarında yüksek korelasyonda logaritmik bir bağlantı bulunduğunu tespit etmiştir. Genellikle kuru toprağın emissivite değeri, bitkilerin daha nemli olmasından dolayı daha düşüktür. Van'ın formülüne göre (3.3),  $\epsilon$  değeri hesaplanmıştır.

$$NDVI = (Band4-Band3)/(Band4+Band3) \quad (3.2)$$

$$\varepsilon = 1.0094 + 0.047 \ln(NDVI) \quad (3.3)$$

Gong'un [193], yüzey sıcaklığını elde edebilmek için kullanmış olduğu tek kanal algoritmasına (3.4) göre yüzey sıcaklığı hesaplamaları yapılmıştır. Ancak bu formüllerde kullanılması gereken bazı sabitler, uydunun geçiş anındaki atmosferik koşulların bilinmemesi nedeniyle, yaz dönemi orta enlem standartları olarak alınmıştır.

$$L_{\lambda \text{ atm}\downarrow} = 1.68 \text{ Wm}^{-2} \mu \text{ m}^{-1}\text{Sr}^{-1}$$

$$L_{\lambda \text{ atm}\uparrow} = 1.74 \text{ Wm}^{-2} \mu \text{ m}^{-1}\text{Sr}^{-1}$$

$$\tau = 0.77$$

(3.4)

$$L_{\lambda}(T_S) = \frac{(L_{\lambda} - L_{\lambda \text{ atm}\uparrow})}{\tau\varepsilon_{\lambda}} - \frac{1 - \varepsilon_{\lambda}}{\varepsilon_{\lambda}} L_{\lambda \text{ atm}\downarrow}$$

En son aşamada aşağıda sadeleştirilmiş olarak verilmiş olan formül (3.5) üzerinden gerçek yüzey sıcaklıkları hesaplanmıştır.

$$T_S = \frac{1260.56}{\ln\left(\frac{607.76}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (3.5)$$

Uydu görüntüsünün işlenmesi aşamasında, termal band üzerinden çeşitli formüller ile elde edilmiş olan sıcaklık verileri, raster ortamdan nokta verisine dönüştürülmüştür. Her bir piksel bazında hesaplanan bu değerler, diğer veriler ile ilişkilendirilmek üzere tablo verisinde tutulmuştur.

### 3.6 CBS Veritabanının Oluşturulması ve Haritaların Hazırlanması

Planlama için bir araç olan coğrafi bilgi sistemleri (CBS) son yıllarda çok fazla dikkat çekmektedir. Artık dünyada birçok kurum ve kuruluş, doğru analiz ve planlama için coğrafi veri tabanlarından yararlanmaktadır. Coğrafi bilginin yönetimini ve görselleştirilmesini sağlayan CBS sayesinde, çok fazla sayıda bilgi ve altlık karmaşıklık yaratmadan kolayca analiz edilebilmekte, yönetim stratejilerine ve kent planlama sürecine entegre edilebilmektedir [158].

Kentsel atmosfer ara yüzünün oldukça karmaşık yapıda olması basit bir şekilde açıklanmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, kentsel yüzeyin konumsal tanımı, özellikleri ve sunumu hidroklimatolojik araştırmalarda temel metodolojik problem oluşturmaktadır [195].

Coğrafi bilgi sistemlerinin gelişiminde, yeni veri kaynakları, bilgisayar tabanlı işlem yetenekleri, gelişmiş görüntü işleme teknikleri, gelişmiş veri entegrasyon yetenekleri ve karar destek için gerekli yenilikçi planlama araçları büyük rol oynamaktadır.

CBS tabanlı modellerin, planlamaya sağladığı başlıca faydalar olarak:

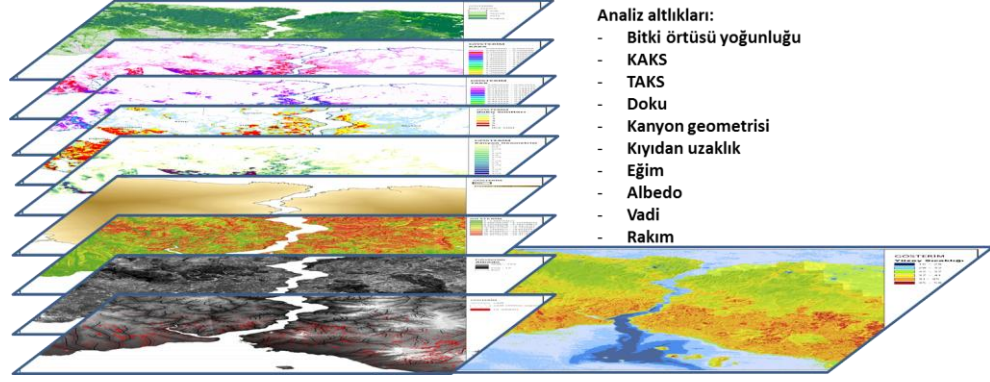
- Bilginin bütüncül yorumlanmasının sağlanması
- Dinamiklerin anlaşılmasına yardımcı olması
- Gelecekteki değişiklikleri veya eğilimleri öngörme ve tahmin etmeye yardımcı olması
- Gelecekte meydana gelecek gelişmelerin olası etkilerinin tanımlanmasına ve değerlendirilmesine yardımcı olması
- Senaryo bazlı planlama yoluyla farklı politikaların keşfine olanak tanınması sayılabilir.

Bu çalışmada CBS tekniklerinin kullanılmasının temel nedeni kentin yüzey özellikleri ve morfolojisini en doğru şekilde temsil eden bir model üzerinden



değerlendirmelerin yapılabilmesidir. Analiz için gerekli altlıkların ve veritabanının hazırlanmasında bu yöntem kullanılmıştır.

Coğrafi bilgi sistemleri kentsel yüzey ve atmosfer arasındaki karmaşık ilişkiyi analiz etmek ve göstermek için güçlü bir araç sağlamaktadır [196].

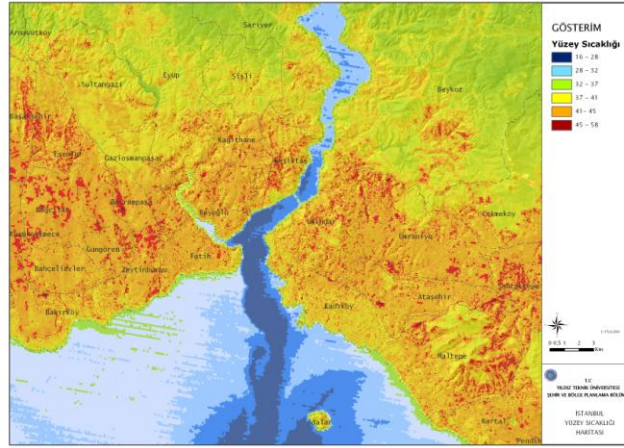


Şekil 3.4 CBS çalışmasında kullanılan altlıklar

Bu çalışmada kentsel faktörlerin iklim üzerindeki etkilerinin daha rahat analiz edilebilmesi için İstanbul'un yapılaşma alanları baz alınmıştır. Tüm İstanbul alanı 150\*150'lik gridlere ayrıştırılarak, yapı verileri ile karşılaştırılmış, yerleşim alanı dışında kalan alanlar analizlere alınmamıştır. Analizler Şekil 3.4'de verilmiş olan, *sıcaklık*, *bitki örtüsü yoğunluğu (NDVI)*, *vadi*, *kıydan uzaklık*, *yükseklik*, *TAKS*, *KAKS*, *kanyon geometrisi*, *kentsel doku*, *albedo* ve *eğim* verileri üzerinden yapılmıştır. Her bir verinin, veritabanına hazırlanması aşağıda ayrı ayrı açıklanmaktadır.

### 3.6.1.1 Yüzey Sıcaklığı Verisi

Bölüm 3.5'te görüntü işleme çalışmaları kapsamında elde edilmiş olan TS görüntüsü üzerinden Şekil 3.5'de verilmiş olan İstanbul Yüzey Sıcaklığı haritası elde edilmiştir. Uzaktan algılama teknikleri ile elde edilmiş olan bu sıcaklık görüntüsü, CBS çalışması kapsamında yüzey sıcaklığının diğer faktörlerle ilişkisinin kurulabilmesi için nokta verilere dönüştürülerek temel altlık oluşturulmuştur.



Şekil 3.5 İstanbul yüzey sıcaklığı haritası

Elde edilen sıcaklık değerleri incelenildiğinde 50°C'yi aşan yüzey sıcaklıkları görülmektedir. Burada belirtmekte fayda görülen nokta, uydu görüntüleri yüzeylerin tepe noktasından veri elde ettiği için yüzey ısı adaları atmosferin bir katmanına ait sıcaklık verisini değil, kentsel bileşenlerin sıcaklık verilerini vermektedir [63]. Dolayısıyla örtü tabakası (UCL) sıcaklıklarından daha yüksek sıcaklık değerleri göstermektedir.

Analizlerde kullanılacak olan diğer tüm faktörlere ilişkin değerler, sıcaklık görüntüsünden elde edilmiş olan nokta verileri ile ilişkilendirilmiştir.

### 3.6.1.2 Bitki Örtüsü Yoğunluğu (NDVI) Verisi

NDVI, görüntü üzerinden her bir piksel verisi için hesaplanan, bitki örtüsünün biyokütle, yaprak alanı indeksi ve yüzdesi gibi bitki örtüsü özellikleri ile ilişkili vejetasyon miktarı ve durumunun bir ölçüsüdür [197].

Normalize edilmiş bitki indeksi farkı (NDVI) değeri, her bir piksel üzerinden aşağıdaki formülle (3.6) hesaplanmaktadır [198].

$$NDVI = (IR - R)/(IR + R) \quad (3.6)$$

IR pikselin yakın kızılötesi band (0.72–1.1  $\mu\text{m}$ ) değeridir ve R pikselin kırmızı band (0.58–0.68  $\mu\text{m}$ ) değeridir. NDVI değeri yüzey örtüsü niteliklerine göre (bitki örtüsü, su, toprak,...vb) "-1" ile "+1" arasında değişmektedir [199].

Bitki örtüsü, yüksek yakın kızılötesi reflektansına ve düşük kırmızı band reflektansına sahiptir, bu nedenle indeks pozitif değer almaktadır. Bu değer biyokütle miktarına bağlıdır. Örneğin yüzey otsu bitki örtüsü dokusu ile kaplıysa NDVI  $\approx 0.2-0.5$  arasında, eğer yüzey yoğun bir bitki örtüsü dokusu ile kaplı ise (orman alanları gibi) ve pikselin tamamını bu örtü kaplıyorsa NDVI  $\approx 0.5-1$  aralığında değer alacaktır. Çıplak kaya, asfalt ve beton yüzeylerin yakın kızıl ötesi ve kırmızı band reflektansları yaklaşık eşit olduğu için NDVI değeri "0" civarında oluşmaktadır. Su yüzeylerinde ise, kırmızı band yüksek, yakın kızıl ötesi düşük reflektans verdiği için NDVI değeri -1'e yaklaşmaktadır. Dolayısıyla bu indeks yardımı ile, sulak alanlar, yapılaşma alanları ve bitki örtüsü alanları her bir piksel için tespit edilebilmektedir [68].

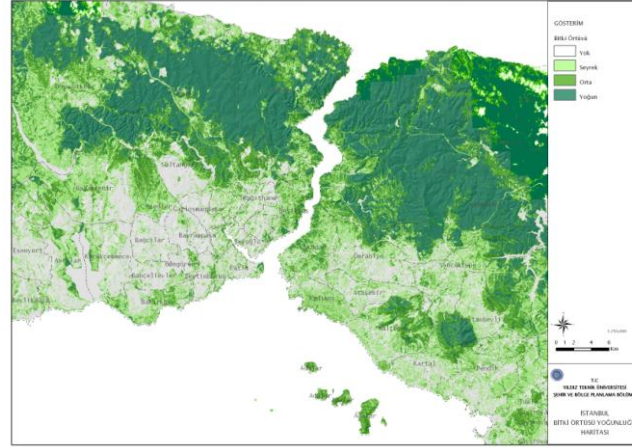
NDVI verilerinde çok yüksek oranda yeşil bitki örtüsü bulunan ( $\text{NDVI} > 0.7$ ), düşük oranda yeşil bitki örtüsü bulunan ( $0.4 > \text{NDVI} > 0$ ) ve bitki örtüsü bulunmayan ( $\text{NDVI} < 0$ ) bölgeler olarak tanımlanmaktadır [200].

İstanbul için bulunan NDVI değerleri incelendiğinde, orman alanlarının 0,7-1 değeri arasında olduğu, kent içindeki koruluk alanları ve büyük park alanlarında bu değer 0,4'den büyük olduğu, 0,2-0,4 aralığındaki bitki örtüsünün orta yoğunlukta, ve bu değer altındaki NDVI'ların daha seyrek bitki örtüsüne karşılık geldiği tespit edilmiştir ve gruplama Çizelge 3.3'deki şekilde yapılmıştır.

Çizelge 3.3 Kentsel ortamda bitki örtüsü yoğunluğu sınıflandırması

-1.0 <	Bitki Örtüsü Yok	< 0.0
0.0 <	Seyrek Bitki Örtüsü	< 0.2
0.2 <	Orta Bitki Örtüsü	< 0.4
0.4 <	Yoğun Bitki Örtüsü	< 1

Bu sınıflandırma sonucunda Şekil 3.6'da verilmiş olan bitki örtüsü yoğunluğu haritası elde edilmiştir.



Şekil 3.6 Bitki örtüsü yoğunluğu haritası

### 3.6.1.3 Vadi Verisi

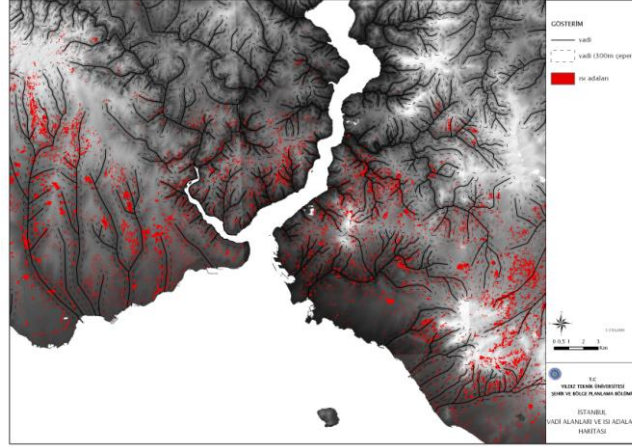
Kentler; bölgesel ve yerel iklim koşullarından etkilenirler ve tercihen nehir vadileri, havzalar ve deniz seviyesinde sahiller boyunca kurulurlar. Bölgenin topografik yapısı; rüzgâr dolaşımını arttırarak/azaltarak kent emisyonlarının seyrelmesini ve dolayısıyla hava hareketlerini etkilemektedir, bu etkilerin bölgesel mevkisi ise kentin iklim üzerindeki etkisini arttırıp/azaltabilmektedir [201].

Rüzgâr ve su için doğal drenaj kanalları olan vadiler bu yapıları nedeniyle, özellikle taban arazide, bitki gelişimi için son derece uygun koşullara sahiptir.

Ekolojik ve estetik özelliklerinin yanı sıra vadiler, yerleşim ve ulaşım için de kolaylıklar sağlar. Bu nedenle bu tür alanlar yerleşim açısından oldukça cazip bölgeleri oluşturmaktadır. Ancak hassas bir ekolojiye sahip olan vadi sistemlerindeki ekolojik denge yanlış uygulamalar sonucunda kolaylıkla bozulabilmekte, bunun sonucunda gerek vadilerde gerekse bu sistemlerle ilişkili çevredeki alanlarda bir çok çevre sorunu ortaya çıkabilmektedir [202]. Kentlerdeki hava hareketlerinin sürekliliğine ve dolayısı ile kalitesinin korunmasına vadiler yardımcı olmaktadır. Bu alanlarda doğal oluşumlu rüzgar koridorları, kentin kirlenen havasının temizlenmesinde önemli rol oynamaktadır [124].

Vadi alanlarındaki yapılaşma, bir taraftan bina yapılarından dolayı soğuk hava drenajını engelleyerek yerleşim bölgelerinde daha yüksek sıcaklıkların oluşmasına neden olurken, diğer taraftan da alt vadi rüzgârları gibi etkilerde de kısıtlama yaratmaktadır. Sıcaklıkların, yapılaşmamış diğer akarsu vadilerinin vadi taban bölgeleri ile analogik karşılaştırılması yapıldığında, yapılaşmış alanlarda sıcaklığın 1-3 K daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu alanlarda bina yapılarının yükseklik ve konumuna bağlı olarak rüzgâr hızları belirgin şekilde azalmaktadır. Bu hızlardaki azalma 1-2m/s'yi bulabilmektedir [144].

Lineer bir kıyı yerleşmesi olarak İstanbul'un topografik yapısı denize dik tepe ve vadi sıralamasından oluşan ender kentlerden biridir. Bu yapısı ile vadiler, deniz ile kuzeydeki orman alanlarını bağlarken, kentin iklim konforu açısından çok önemli bir altlık oluşturmaktadır.



Şekil 3.7 İstanbul ili vadi alanları ve ısı adaları

Bu veriler ışığında önce görsel bir değerlendirme yapmak üzere, İstanbul DEM verisi üzerine sıcaklığı 46°C üzerini gösteren ısı adaları verisi eklenerek haritalandırılmıştır. Şekil 3.7’de de (EK-A) verilmiş olan bu haritadan da görüldüğü üzere, ısı adalarının vadi bölgelerinde yoğunlaşma gösterdiği görülmüştür.

Bu ön bilgiden de yola çıkarak vadilerin, engebeli arazi yapısına sahip İstanbul’da da önemli etkilerinin ortaya çıkabileceği düşüncesiyle vadiler incelenmeye alınmıştır. Vadi hattının 300 m çeperindeki nokta verileri vadi içi “1”, çeper dışı nokta verileri “0” olarak kodlanarak tabloya aktarılmıştır.

#### **3.6.1.4 Rakım Verisi ve Kıydan Uzaklık**

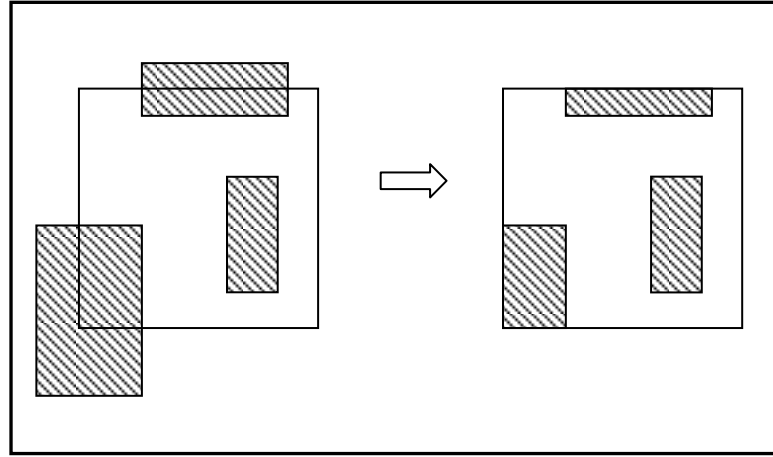
Topografyanın iklim üzerinde etkili bir faktör olacağı düşüncesiyle, mevcut olan DEM verisi üzerinden her bir nokta verisine rakım bilgisi eklenmiştir.

Ayrıca; boğaz hattı, Karadeniz ve Marmara Denizi ile çevrili olan İstanbul’un her iki yakasında da, kıyıya olan uzaklığın denizden gelen esintilerden yararlanabilme gücünü etkileyebileceği düşünülerek, kıydan uzaklık faktörü analizlere eklenmiştir. Kıyı çizgisinden içeri doğru her 500 m’de bir alınan hatlar üzerinden, nokta verilerine kıydan uzaklık bilgileri eklenmiştir ve Şekil 3.8’de verilmiş olan görüntü elde edilmiştir.



Yapı veri tabanında, her bir binaya ait taban alanı ve kat adedi bilgileri bulunmaktadır, bu veriler her bir grid ile kesiştirilerek her bir grid alanının kapsadığı alan baz alınmış, bu grid alanı üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Bu işlem esnasında birden fazla grid alanı içerisinde kalan binaların buldukları grid içerisinde kalan alanları hesaplatılarak kullanılmıştır (bkz Şekil 3.9 ). Her bir grid içerisinde kalan bina parçalarının inşaat alanları ve taban alanları hesaplatılmıştır. Daha sonra her bir grid alanı içerisinde kalan binaların "toplam inşaat alanları" ve "toplam taban alanları" hesaplatılmıştır. Ayrıca, her bir grid alanı hesaplatılarak hücre alanı olarak tablo veriye eklenmiştir.

Elde edilmiş bu veriler üzerinden formül (3.7) ve formül (3.8) kullanılarak her bir gridin TAKS ve KAKS değeri elde edilmiştir.



Şekil 3.9 Grid alanı içerisinde TAKS ve KAKS verilerinin hazırlanması

$$\text{TAKS} = \sum \text{taban alanı} / \text{grid alanı} \quad (3.7)$$

$$\text{KAKS} = \sum \text{inşaat alanı} / \text{grid alanı} \quad (3.8)$$

Yukarıda verilmiş bilgiler üzerinden her bir grid için TAKS ve KAKS değerleri hesaplatılarak Şekil 3.10 ve Şekil 3.11'de verilmiş olan KAKS ve TAKS haritaları elde edilmiştir. Her bir grid için elde edilmiş olan TAKS ve KAKS değerleri, grid içerisinde kalan ve daha önce raster sıcaklık verilerinden elde edilmiş nokta verilere eklenmiştir. Her bir 150\*150 m'lik grid içerisinde 25 adet nokta veri





Çizelge 3.5 TAKS gruplandırma çizelgesi

TAKS	0.01-0.25	0.25-0.5	0.5-0.75	0.75-1
TAKS GRUP	0.125	0.375	0.625	0.875

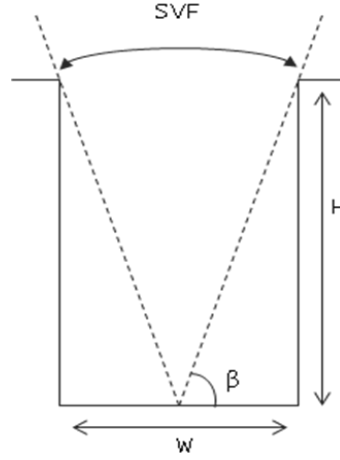
### 3.6.1.6 Kanyon Geometrisi Verisi

Kent kanyonları gökyüzünün tam olarak görünmesini engellemektedirler. Yüksek binalar, gökyüzünün tam görünüşünü engelleyerek caddeden sadece gökyüzünün bir bölümünün görünmesini sağlamaktadırlar. Diğer bir deyişle gökyüzü görünüm faktörü ısı adaları açısından, gün içerisinde noktaya düşen güneş radyasyonu miktarını temsil etmektedir [203].

Kanyon yapısının gece soğumalarını önlediği ve bu bölgelerde soğumanın tamamen açık yüzeylere göre daha yavaş olduğu bilinmektedir [204]. Kentin binalardan oluşan bir nevi duvar yapısının diğer kentsel objeleri örtmesine bağlı olarak ısı dağılamamaktadır, duvar ve sokak yüzeylerindeki radyasyon kaybının çatılardan daha düşük olması bu durumun en güzel örneğidir.

Giridharan vd. [203], bu konuda yapmış oldukları mikro ölçek çalışmayla, gökyüzü görünüş faktörü ve kentsel geometri ilişkisinin iklimsel etkisini açıklamaktadırlar. Gökyüzü görünüş faktöründeki %1'lik azalma, ısı adalarını %4'e kadar azaltmaktadır; TAKS %65'lere kadar düştüğünde ise gökyüzü görünüm faktörünün UHI üzerindeki etkisi %73 kadar azalmaktadır. Aynı zamanda yükseklik 110% kadar arttığında, UHI üzerindeki gökyüzü görünüm faktörü 280%'e kadar artmaktadır. Bu nedenle yüksek katlı çevrelerde gökyüzü görünüm faktör etkisi, yansımaların azalması nedeniyle, ısı adalarını artırmaktadır.

Gökyüzü görünüş faktörü, caddenin tam ortasından gökyüzünün görünme oranıyla ifade edilmektedir [2].



Şekil 3.12 Gökyüzü görünüş faktörü ve kanyon geometrisi gösterimi (SVF)

Gökyüzü görünüş faktörü (GGF, Sky View Factor-SVF) aşağıda verilmiş olan formül (3.9)'la bulunmaktadır (Şekil 3.12):

$$SVF = \cos(\beta) \quad (3.9)$$

$$\text{Kanyon geometrisi} = H/W \quad (3.10)$$

Cadde genişliği bina yüksekliğine eş olduğu zaman gökyüzünün sadece %45'i görünmektedir. Bina yükseklikleri cadde genişliğinin üzerinde olduğunda ( $H/W$  arttığında) gökyüzünün görünmesi azalmakta, buna karşın binaların görünüm faktörü artmaktadır; dolayısıyla uzundalgalı radyasyon çevredeki binalar tarafından tutulmakta ve bu yüzden uzaya salınan radyasyon miktarı azalmaktadır [50].

Gökyüzü görünüş faktörü ve kanyon geometrisi mikro iklimsel çalışmalarda bu basit formüller (3.9), (3.10) ile hesaplanabilse de, mezo iklim çalışmalarında çalışma alanının büyüklüğü ve verilerin karmaşıklığı nedeniyle bütün üzerinden hesap yapmak zorlaşmaktadır.

Bu dezavantajlar, alan bilgileri ile oranların birleştirilmesiyle elde edilen alan parametrelerinin kullanımıyla da giderilmektedir [62].

Grimmond ve Oke [205] tarafından kullanılmış olan parametrelerin şematik açıklaması Şekil 3.13'de verilmiştir. *Toplam Alan* ( $A_T$ ); model grid alanı içerisindeki binalar ve sokaklar tarafından kaplanan toplam alan olarak ifade edilmektedir. *Bina Plan Alanı* ( $A_P$ ); binalar tarafından kaplanan toplam plan alanı olarak ifade edilmektedir.

Düzlemsel alan indeksi oranı ( $\lambda_P$ ) formülü (3.11), atmosferik modelin grid ölçeğindeki bina yoğunluğu parametresi olarak kullanılmaktadır.

$$\lambda_P = A_P/A_T = L_X L_Y / A_T \quad (3.11)$$

$L_X$  ve  $L_Y$ , rüzgâr doğrultusunda ve dik doğrultuda bulunan bina genişliği ve uzunluğunun ortalaması olarak tanımlanmaktadır.

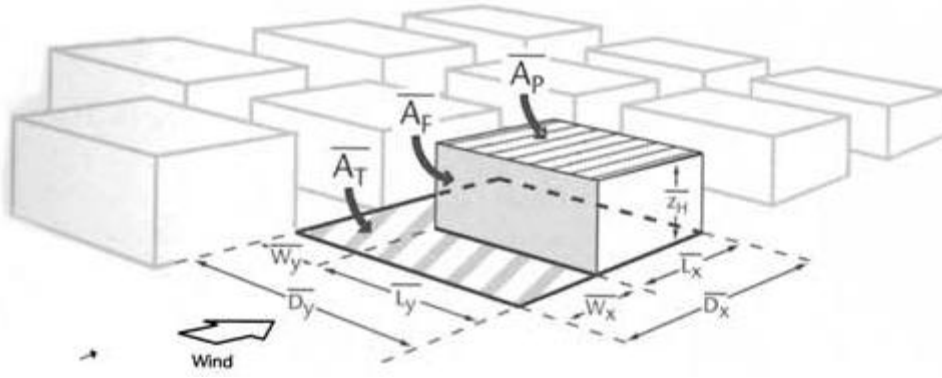
Ön alan ( $A_F$ ); bloğun cephe alanları olarak tarif edilmektedir.

Ön alan indeksi ( $\lambda_F$ ) formülü (3.12); kent morfolojisini tanımlamak için kullanılan bir parametredir.

$$\lambda_F = A_F/A_T \quad (3.12)$$

Sokak kanyonunun ortalama yöneliminin sonucu olarak; aşağıdaki formül (3.13) kabul edilmiştir [62].

$$H/W = \pi \lambda_F / 2(1 - \lambda_P) \quad (3.13)$$



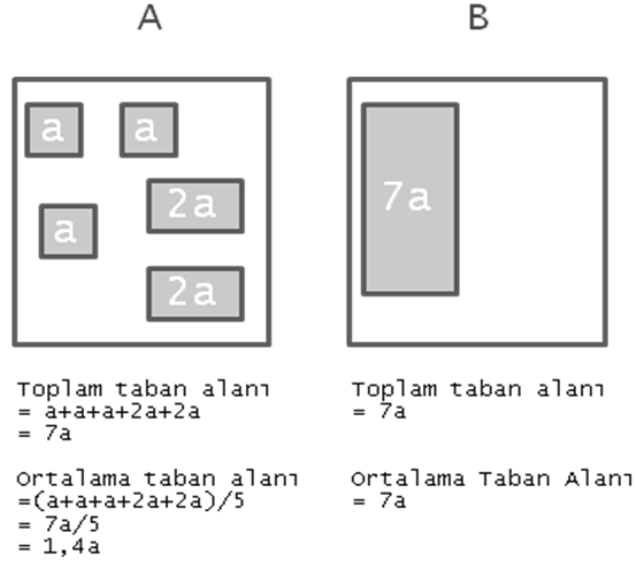
Şekil 3.13  $A_T$ ,  $A_P$  ve  $A_F$ 'nin şematik açıklaması [205]

Bu bilgilerle de belirttiği gibi kanyon geometrisi yeşil alan ve açık alanlardan sonra kent ısı adalarının oluşumunda temel parametrelerden birisidir. Diğer bir değişle binaların geometrik yerleşiminin bir parametresidir ve kentteki hava sirkülasyonu üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Dolayısıyla, sağlıklı kent makroformunun oluşturulabilmesi açısından değerlendirilmesi gerekli bir faktördür. Bu ayrıntıdaki verileri özellikle büyük kentler için bulmanın zorluğu nedeniyle kanyon geometrisinin, mezo ölçek çalışmalar için hesaplanması ve modellenmesi oldukça zordur.

Bu tezde, İstanbul alanına ait yapı ve yol verilerinde bina taban alanı genişlikleri bulunmasına rağmen, sokak genişlikleri ve kaldırım genişlikleri bulunmaması nedeniyle basit geometrik ilişki denklemleri kullanılamamıştır. Bu nedenle gridal bir çözüm olan Grimmond vd'nin kullanmış olduğu formül (3.13) hesaplamalarda kullanılmıştır.

Bu formülün uygulanması sonucunda her bir grid için elde edilmiş olan değerler analiz kolaylığı sağlaması için gruplandırılarak nokta veriler üzerinde saklanmıştır. 0,25 değer aralığında yapılan gruplandırma ile aşağıda Şekil 3.14'de verilmiş olan kanyon geometrisi haritası elde edilmiştir.





Şekil 3.15 Doku farklılığı matrisi temel kabulü

Buna göre her bir grid alanı içerisine giren yapı verilerinin, toplam taban alanları ve ortalama taban alanları (m<sup>2</sup>), üzerinden hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara göre;

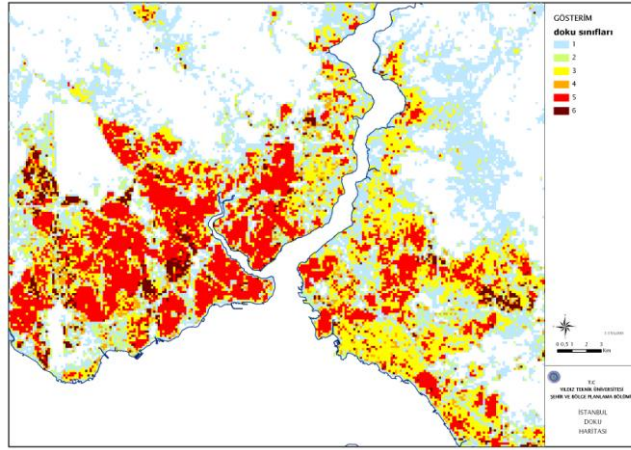
Toplam taban alanı — kaplamayı

Ortalama taban alanı — serpilmeyi yönlendirmektedir.

Çizelge 3.6 Doku oluşturma matrisi

		Toplam Taban Alanı (m <sup>2</sup> )		
		≤3750	3750<...≤7500	>7500
Ortalama Taban Alanı (m <sup>2</sup> )	...≤300	1	3	5
	>300	2	4	6

Buna göre aşağıda Şekil 3.16'da verilmiş olan 6 doku grubuna ait harita elde edilmiştir.



Şekil 3.16 İstanbul doku haritası

Daha sonra bu matris üzerinden oluşturulan doku sınıfları yüksek çözünürlüklü uydu verisi üzerinden kontrol edilmiştir. *Doku grubu 1*, ayırık, bahçeli az katlı yapılardan oluşan, seyrek bir doku özelliğine sahip olup, boğazın sahil kesimleri ile çeperlerdeki az katlı henüz doygunluğa ulaşmamış seyrek gecekondü alanları; *Doku grubu 2* Ataköy, Ataşehir, Ayazağa Oyak sitesi gibi yeşil doku ile bütünleşmiş toplu konut alanlarını; *Doku grubu 3* Kadıköy, Bakırköy, Levent gibi ayırık yapılanma ve ağırlıklı 5-6 kat ile farklı yüksekliklere sahip yüksek katlı yapıların kombinasyonundan oluşan alanları, *Doku grubu 5* Tarihi Yarımada, Eminönü, Fatih, Beyoğlu gibi kent merkezleri ile E5 üzeri İslah İmar Planları ile gelişen bitişik nizam çok az bahçesi olan veya olmayan, 4-7 katlı, küçük parsellerden oluşan sıkışık dokuları temsil etmektedir. Büyük binalara sahip sanayi alanları ise *Doku grubu 6* içerisinde gruplanmıştır. Her bir sınıfa ait karşılaştırma\_kontrol görsel örnekleri Şekil 17-18-19-20-21-22'de verilmiştir.





Şekil 3.17 Doku grubu "1"



Şekil 3.18 Doku grubu "2"



Şekil 3.19 Doku grubu "3"



Şekil 3.20 Doku grubu "4"



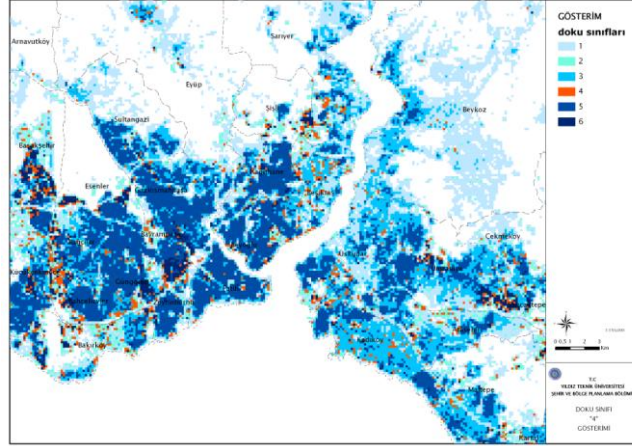
Şekil 3.21 Doku grubu "5"



Şekil 3.22 Doku grubu "6"

Bu karşılaştırma sonucunda tüm İstanbul doku haritası ve her bir doku grubunun kapladığı hücre sayısı karşılaştırıldığında 4 numaralı doku grubunun dağınık olarak diğer doku grupları içerisinde yoğunlaşmış olması nedeniyle (Şekil 3.23) iklimsel etki edebilecek bir yapı taşımadığı kabul edilerek analiz

sırasında elimine edilmiştir.



Şekil 3.23 Doku grubu "4" gösterimi

4 nolu grup elimine edildikten sonra kalan bilgiler analizde kullanılmak üzere veri tabanına aktarılmıştır.

### 3.6.1.8 Albedo Verisi

Albedo değerlerinin (beyazlık derecesi - aydınlatılmış yüzeylerin yansıtıcılığının) ölçülmesinde, tüm renklere duyarlı pankromatik Landsat 7 görüntüsü kullanılmaktadır. Landsat 7 pankromatik şeridi, yakın kızılötesi dalgalarda görünen yansımış ışınımın ölçümüdür. Bir çok güneş emisyonun çok yakın kızılötesi aralıkta olmasından dolayı, bu şerit albedo ölçümü için iyi bir örnekleyici olarak kabul edilmektedir [197].

Ancak, bu çalışmada Landsat 5 Haziran 2007 uydusu görüntüsünün kullanılması ve bu uydunun pankromatik verisi bulunmaması nedeniyle 2007 yılına ait güncel albedo verileri temin edilememiştir. Pan görüntülerine sahip Landsat 7 görüntüleri ise 2003 yılından sonra bozuluma uğramıştır ve görüntülerinde veri eksiklikleri bulunmaktadır. Bu nedenle albedo değerlerini yaklaşık olarak hesaplayabilmek için 2003 yılı haziran dönemi pankromatik görüntüleri kullanılmıştır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24 İstanbul albedo haritası

Isı adalarının oluşumunda albedosu düşük olan değerler koyu renk yüzeyleri, albedosu yüksek olan değerler de açık renk yüzeyleri temsil etmektedir. Uydu görüntüsünden elde edilmiş olan albedo verileri, açık renkli yüzeyden-koyu renkli yüzeye (albedosu yüksekten-albedosu düşüğe) doğru min. ve maks. değer aralığında 3'e bölünerek Çizelge 3.7'de verilmiş olan 3 gruba ayrılmıştır.

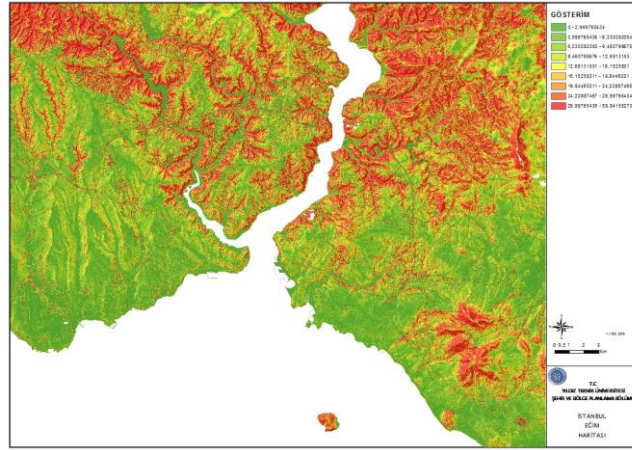
Çizelge 3.7 Albedo sınıfları

Albedo	Yüksek (Açık renkli)	Orta	Düşük (Koyu renkli)
Grup Derecesi	1	2	3

Her bir nokta verisinin üzerine düşmüş olduğu albedo sınıfı nokta veriler ile ilişkilendirilerek veri tabanına eklenmiştir.

### 3.6.1.9 Eğim Yüzdesi Verisi

Hassasiyeti 1 m olan DEM verisi üzerinden Şekil 3.25'de verilmiş olan eğim yüzdesi haritası oluşturulmuştur. Eğim aralıkları % 10'luk dilimler halinde alınmıştır.



Şekil 3.25 İstanbul eğim yüzdesi haritası

Yüzde oran olarak hesaplatılmış olan eğim verileri daha sonra Çizelge 3.8’de verilmiş olan 5 alt sınıfa ayrılarak, tablo veriye aktarılmıştır.

Çizelge 3.8 Eğim sınıfları

Eğim yüzdesi	% 0-10	% 10-20	% 20-30	% 30-40	% 40-....
Grup Derecesi	1	2	3	4	5

### 3.6.2 Verilerin İlişkilendirilmesi

Uydu görüntüsü üzerinden hazırlanmış olan tüm İstanbul alanına ait sıcaklık görüntüsü, diğer vektör verilerle ilişkilendirmek üzere vektör veriye dönüştürülmüştür.

Diğer taraftan, TAKS, KAKS, doku, kanyon geometrisi gibi veriler 150\*150 gridler üzerinden oluşturulmuştur. Yüzey sıcaklık verisini içeren vektör veriler esas alınarak, 150\*150'lik gridlere bağlı tüm veriler nokta verilere aktarılmıştır. Bu çalışmada, kentsel faktörlerin daha rahat analiz edilebilmesi için orman alanı, tarım alanı gibi yapılaşmamış alanlar elimine edilmiştir. Her bir grid verisi üzerinden hesaplanmış olan TAKS ve KAKS verilerinin "0" olduğu bölgeler

yapılaşma alanı dışı olduğu için veritabanından silinmiştir. Kalan grid alanı çalışma alanı olarak kabul edilmiştir. Benzer şekilde veri tabanından dışlanan alanlardaki sıcaklık noktaları da çıkarılmıştır.

Ayrı ayrı elde edilmiş olan tüm parametreler bu nokta veriler (sıcaklık veri tabanı) ile ilişkilendirilmiştir. Alansal bilgilerin tanımlanmış olduğu grid verilere ait öznitelik bilgileri, bire çoklu ilişki içerisinde nokta verilere aktarılmıştır (Şekil 3.26).

Bu çalışmada, ele alınan yerleşik alan içerisinde kalan toplam 849245 adet nokta verisi bulunmaktadır Böylece, istatistiklerde kullanılacak olan temel altlık elde edilmiştir.

OID	OBJECTID	TSURF	NDVI	KAKS_GRP	TAKS_GRP	elevation	KITA_KOD	vadi_300	BUFF_DIST	Doku_62	HW_GR	Albedo_GR2
0	1	33,36370	-0,055556	0,375	0,125	1,97775	216	0	500	1	0,25	1
1	2	33,36370	0,14	0,375	0,125	7,86372	216	0	500	1	0,25	1
2	3	35,42890	0,061225	0,375	0,125	5,64619	216	0	500	1	2	1
3	4	33,36370	0,098901	0,375	0,125	8,78739	216	0	500	1	0,25	1

Şekil 3.26 İlişkilendirilmiş veri tablosu örneği

### 3.7 Hipotezlerin Test Edilmesi

Hipotezlerin test edilmesine başlanmadan önce her bir değişkenin normal dağılıma uygunlukları (EK B-1) incelenmiş, daha sonra parametrelerin birbirleriyle olan ilişkilerini ifade eden korelasyon analizleri yapılmıştır.

Normal dağılım grafiklerine verileri göre taks, kaks, doku parametrelerinin sola yatık olduğu, diğer verilerin normal dağılıma uygun olduğu görülmüştür. Ancak değerler ve normal dağılım eğrileri incelenildiğinde çok büyük sapmaların olmadığı, buna bağlı olarak verilerde eliminasyona gidilmemesine karar verilmiştir.

Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi veya bir değişkenin iki veya daha çok değişken ile olan ilişkisini test etmek, varsa bu ilişkinin derecesini ölçmek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Bu analizde amaç; bağımsız

değişken (X) değiştiğinde, bağımlı değişken (Y)'nin ne yönde değişeceğini görmektir.

Analizde tercih edilmiş olan Pearson korelasyon katsayısı ise, iki sürekli değişkenin doğrusal ilişkisinin derecesinin ölçümünde bir başka deyişle, iki değişken arasında anlamlı bir ilişki var mı sorusunun cevabını vermektedir. Pearson korelasyon katsayısı "r" ile gösterilir ve -1 - +1 arasında değer almaktadır [207].

Çizelge 3.9 Pearson korelasyon katsayısı yorumu

r	0-0.25	0.26-0.49	0.50-0.69	0.70-0.89	0.90-1
İlişki	çok zayıf	zayıf	orta	yüksek	çok yüksek

Tüm değişkenler hazırlandıktan sonra Bivariate yöntemi ile analiz edilmiştir ve EK B-2'de verilmiş olan tablo elde edilmiştir. Çizelge 3.9'a göre değerlendirmeleri yapılmış olan ilişkilere göre Doku-TAKS-KAKS-Kanyon Geometrisi (H/W) arasında yüksek ve çok yüksek korelasyon bulunmuştur. Bu nedenle, doğrusal regresyon analizlerinde etki derecelerinin daha doğru tespit edilebilmesi için bu dört parametre ayrı ayrı regresyon analizleri ile değerlendirilmiştir.

### 3.7.1 Doğrusal Regresyonlar

Araştırmanın temel hipotezi, "*bitki örtüsü yoğunluğu, rakım, eğim, doku, TAKS, KAKS, vadi alanları, kanyon geometrisi, albedo ve kıydan uzaklık kent iklimi üzerinde etkilidir*". Bu bağlamda tezin alt hipotezleri Çizelge 3.10'da verilmiş olan başlıklar halinde tanımlanmıştır.

Çizelge 3.10 Tezin alt hipotezleri

H <sub>1</sub> : "TAKS sıcaklığı arttırmaktadır"	H1 <sub>0</sub> =arttırmaktadır	H1 <sub>1</sub> =azaltmaktadır
H <sub>2</sub> : "KAKS sıcaklığı arttırmaktadır"	H2 <sub>0</sub> =arttırmaktadır	H2 <sub>1</sub> =azaltmaktadır
H <sub>3</sub> : "Yapı yoğun dokularda sıcaklık artmaktadır"	H3 <sub>0</sub> =arttırmaktadır	H3 <sub>1</sub> =azaltmaktadır
H <sub>4</sub> : "Kanyon geometrisi oranı arttıkça sıcaklık artmaktadır"	H4 <sub>0</sub> =arttırmaktadır	H4 <sub>1</sub> =azaltmaktadır
H <sub>5</sub> : "Vadilerde yapılaşma arttıkça sıcaklık artmaktadır."	H5 <sub>0</sub> =arttırmaktadır	H5 <sub>1</sub> =azaltmaktadır
H <sub>6</sub> : "Albedosu düşük olan bölgelerde sıcaklık artmaktadır."	H6 <sub>0</sub> =arttırmaktadır	H6 <sub>1</sub> =azaltmaktadır
H <sub>7</sub> : "Bitki örtüsü yoğunluğu sıcaklığı azaltmaktadır"	H7 <sub>0</sub> =azaltmaktadır	H7 <sub>1</sub> =arttırmaktadır
H <sub>8</sub> : "Kıydan uzaklaştıkça sıcaklık artmaktadır"	H8 <sub>0</sub> =arttırmaktadır	H8 <sub>1</sub> =azaltmaktadır
H <sub>9</sub> : "Rakım arttıkça sıcaklık azalmaktadır"	H9 <sub>0</sub> =azaltmaktadır	H9 <sub>1</sub> =arttırmaktadır
H <sub>10</sub> : "Eğim arttıkça sıcaklık azalmaktadır"	H10 <sub>0</sub> =azaltmaktadır	H10 <sub>1</sub> =arttırmaktadır

Bağımlı değişken sıcaklık, bağımsız değişken bitki örtüsü yoğunluğu, TAKS, KAKS, doku, kanyon geometrisi, albedo, vadi, kıydan uzaklık, rakım, eğim, olmak üzere, basit doğrusal regresyon analizi ile hipotezler test edilmiştir.

Çalışma alanında bulunan her bir piksel verisi üzerinden basit doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Yukarıda da belirtilmiş olduğu gibi Doku, TAKS, KAKS ve kanyon geometrisi arasında yüksek korelasyon bulunduğu için regresyon analizlerinde teker teker değerlendirmeye alınmıştır.

### **Doku için regresyon analizi:**

Bağımlı değişken: "yüzey sıcaklığı"

Bağımsız değişken: "Doku, bitki örtüsü yoğunluğu, albedo, vadi, rakım, eğim, kıydan uzaklık" alınmıştır.

EK B-3'de verilmiş olan regresyon analizi sonucuna göre  $R^2$  değeri % 22 olarak bulunmuştur. Buna göre, bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni açıklama oranının % 22 olduğu sonucu çıkmaktadır.

Ek B-3'de görüldüğü gibi tüm parametreler için Sig değeri "0" olup hipotezler kabul edilmiştir. Ancak her bir parametrenin ısı adasını etkileme gücü farklıdır.

"Coefficients" tablosuna göre; bitki örtüsünün sıcaklık üzerinde -9,172'lük, eğimin de -0.183'lük düşürücü etkisi bulunmaktadır. Diğer taraftan etki derecelerine göre sırayla; vadi 0.418, albedo 0.161, doku 0.123, yükseklik 0.005, kıydan uzaklık  $5,788E-5$  kadar etki göstermektedir.

Daha önce de bahsedildiği gibi, kentsel iklimin çok fazla parametreye bağlı olması nedeniyle, kalan % 78'lik kısım modele dâhil edilmemiş olan diğer değişkenler tarafından açıklanmaktadır. Sonuçlar diğer faktörler de düşünülerek değerlendirildiğinde, bitki örtüsünün tek başına önemli bir etkisinin bulunduğunu işaret etmektedir. Sıcaklığın, kullanılan parametrelerle



açıklanmaya çalışıldığı model (EK B-3'de verilmiştir), % 95 güvenirlilikte anlamlıdır (sig.=0.00).

Son olarak model katsayıları incelenildiğinde (EK B-3 Coefficients), bitki örtüsü ve eğim artışı sıcaklığı düşürücü etki yaratırken; vadi, albedo, doku parametrelerinin pozitif etkili olduğu görülmektedir. Yükseklik ve kıydan uzaklık parametreleri ise hiçbir etki göstermemiştir.

Özetle model tahmin sonucu

$$y = 41.698 + 0,123\text{doku} + 0,418\text{vadi} + 0,161\text{albedo} - 9.331\text{ndvi} - 0,183\text{eğim}$$

olarak çıkmaktadır.

### **TAKS için regresyon analizi:**

Bağımlı değişken: "yüzey sıcaklığı"

Bağımsız değişken: "TAKS, bitki örtüsü yoğunluğu, albedo, vadi, rakım, eğim, kıydan uzaklık" alınmıştır.

EK B-4'de verilmiş olan regresyon analizi sonucuna göre R<sup>2</sup> değeri % 22 olarak bulunmuştur. Buna göre, bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni açıklama oranının % 22 olduğu sonucu çıkmaktadır.

Ek B-4'de görüldüğü gibi tüm parametreler için Sig değeri "0" olup hipotezler kabul edilmiştir. Ancak her bir parametrenin ısı adasını etkileme gücü farklıdır.

"Coefficients" tablosuna göre; bitki örtüsünün sıcaklık üzerinde -9,331'lik, eğimin de -0.185'lük düşürücü etkisi bulunmaktadır. Diğer taraftan etki derecelerine göre sırayla; TAKS 1.084, vadi 0.422, albedo 0.160, yükseklik 0.005, kıydan uzaklık 5,485E-5 kadar etki göstermektedir.

Daha önce de bahsedildiği gibi, kentsel iklimin çok fazla parametreye bağlı olması nedeniyle, kalan % 78'lik kısım modele dâhil edilmemiş olan diğer değişkenler tarafından açıklanmaktadır. Sonuçlar diğer faktörler de düşünülerek değerlendirildiğinde, bitki örtüsünün tek başına önemli bir etkisinin

bulduğunu işaret etmektedir. Sıcaklığın, kullanılan parametrelerle açıklanmaya çalışıldığı model (EK B-4'de verilmiştir), % 95 güvenirlkte anlamlıdır (sig.=0.00).

Model katsayıları incelenildiğinde (EK B-4 Coefficients), bitki örtüsü ve eğim artışı sıcaklığı düşürücü etki yaratırken; TAKS, vadi, albedo, parametrelerinin pozitif etkili olduğu görülmektedir. Yükseklik ve kıydan uzaklık parametreleri ise hiçbir etki göstermemiştir.

Özetle model tahmin sonucu

$$y = 41.784 + 1,084\text{TAKS} + 0,422\text{vadi} + 0,160\text{albedo} - 9.331\text{ndvi} - 0,185\text{eğim}$$

olarak çıkmaktadır.

#### **KAKS için regresyon analizi:**

Bağımlı değişken: "yüzey sıcaklığı"

Bağımsız değişken: "KAKS, bitki örtüsü yoğunluğu, albedo, vadi, rakım, eğim, kıydan uzaklık" alınmıştır.

EK B-5'de verilmiş olan regresyon analizi sonucuna göre R<sup>2</sup> değeri % 22 olarak bulunmuştur. Buna göre, bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni açıklama oranının % 22 olduğu sonucu çıkmaktadır.

Ek B-5'de görüldüğü gibi tüm parametreler için Sig değeri "0" olup hipotezler kabul edilmiştir. Ancak her bir parametrenin ısı adasını etkileme gücü farklıdır.

"Coefficients" tablosuna göre; bitki örtüsünün sıcaklık üzerinde -9,457'lik, eğimin de -0.182'lik düşürücü etkisi bulunmaktadır. Diğer taraftan etki derecelerine göre sırayla; vadi 0.430, KAKS 0.157, albedo 0.149, yükseklik 0.005, kıydan uzaklık 5,354E-5 kadar etki göstermektedir.

Daha önce de bahsedildiği gibi, kentsel iklimin çok fazla parametreye bağlı olması nedeniyle, kalan % 78'lik kısım modele dâhil edilmemiş olan diğer değişkenler tarafından açıklanmaktadır. Sonuçlar diğer faktörler de düşünülerek

değerlendirildiğinde, bitki örtüsünün tek başına önemli bir etkisinin bulunduğunu işaret etmektedir. Sıcaklığın, kullanılan parametrelerle açıklanmaya çalışıldığı model (EK B-5'de verilmiştir), % 95 güvenirlkte anlamlıdır (sig.=0.00).

Model katsayıları incelenildiğinde (EK B-5 Coefficients), bitki örtüsü ve eğim artışı sıcaklığı düşürücü etki yaratırken; vadi, KAKS, , albedo, parametrelerinin pozitif etkili olduğu görülmektedir. Yükseklik ve kıydan uzaklık parametreleri ise hiçbir etki göstermemiştir.

Özetle model tahmin sonucu

$$y = 41.924 + 0,157KAKS + 0,430vadi + 0,149albedo - 9.457ndvi - 0,182eğim$$

olarak çıkmaktadır.

### **Kanyon Geometrisi için regresyon analizi:**

Bağımlı değişken: "yüzey sıcaklığı"

Bağımsız değişken: "Kanyon Geometrisi, bitki örtüsü yoğunluğu, albedo, vadi, rakım, eğim, kıydan uzaklık" alınmıştır.

EK B-6'da verilmiş olan regresyon analizi sonucuna göre R<sup>2</sup> değeri % 22 olarak bulunmuştur. Buna göre, bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni açıklama oranının % 22 olduğu sonucu çıkmaktadır.

Ek B-6'da görüldüğü gibi tüm parametreler için Sig değeri "0" olup hipotezler kabul edilmiştir. Ancak her bir parametrenin ısı adasını etkileme gücü farklıdır.

"Coefficients" tablosuna göre; bitki örtüsünün sıcaklık üzerinde -9,240'lik, eğimin de -0.182'lik düşürücü etkisi bulunmaktadır. Diğer taraftan etki derecelerine göre sırayla; vadi 0.424, albedo 0.176, kanyon geometrisi 0.116, yükseklik 0.005, kıydan uzaklık 5,707E-5 kadar etki göstermektedir.

Daha önce de bahsedildiği gibi, kentsel iklimin çok fazla parametreye bağlı olması nedeniyle, kalan % 78'lik kısım modele dâhil edilmemiş olan diğer

değişkenler tarafından açıklanmaktadır. Sonuçlar diğer faktörler de düşünülerek değerlendirildiğinde, bitki örtüsünün tek başına önemli bir etkisinin bulunduğunu işaret etmektedir. Sıcaklığın, kullanılan parametrelerle açıklanmaya çalışıldığı model (EK B-6'da verilmiştir), % 95 güvenirlilikte anlamlıdır (sig.=0.00).

Model katsayıları incelenildiğinde (EK B-6 Coefficients), bitki örtüsü ve eğim artışı sıcaklığı düşürücü etki yaratırken; vadi, albedo, kanyon geometrisi, parametrelerinin pozitif etkili olduğu görülmektedir. Yükseklik ve kıydan uzaklık parametreleri ise hiçbir etki göstermemiştir.

Özetle model tahmin sonucu

$$y = 41.781 + 0,116\text{kanyon} + 0,424\text{vadi} + 0,176\text{albedo} - 9.240\text{ndvi} - 0,182\text{eğim}$$

olarak çıkmaktadır.

### **3.7.2 Kümeleme Analizi**

Kümeleme analizleri, veri grupları arasındaki benzerliklerden yararlanarak yapılan bir çeşit gruplamadır. Araştırma çalışmalarının karar verme sürecinde sağladığı özet bilgilerin, modelin bütün halinde değerlendirilmesine ve yorumlanmasına olanak tanınması yönünden kolaylık sağlamaktadır.

Kümeleme analizi, araştırmada gözlenen nesnelerin ölçülen tüm değişkenler üzerindeki değerlerini hesaplayarak ortaya çıkacak kümelere ya da gruplara odaklanmaktadır. Nesneler arasındaki benzerlikleri saptamak amacıyla uzaklık ölçüleri, korelasyon ölçüleri veya nitelik verilerinin benzerlik ölçüleri kullanılmaktadır [207].

Düğüm ve dallardan oluşan karar ağacında; bağımlı değişkeni en çok etkileyen bağımsız değişkenler belirlendikten sonra her bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni etkileme derecesi tespit edilmekte ve ağaç bu şekilde alt dallara ayrılarak dallanmaktadır.

Yöntem aşağıda verilen konuların analizine olanak tanımaktadır.

- Kümelenen grupların belirlenmesi
- Etki derecelerine göre faktörlerin sıralanması
- Alt küme ilişkilerinin belirlenmesi
- Geleceğe dönük tahminlerin yapılabilmesi

Yapılmış olan regresyon analizlerinden elde edilen sonuçların da değerlendirilmesiyle bitki örtüsü yoğunluğu, TAKS, KAKS, doku, kanyon geometrisi, vadiler, albedo ve eğim parametrelerinin sıcaklık değişimi üzerinde etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Bu etki derecelerinin ne kadarlık sıcaklık değişimleri yaratabileceğinin daha rahat gözlemlenebilmesi için karar ağacı modellemeleri yapılmıştır ve bu model sonuçları üzerinden bulgular tartışılmıştır.

Bu modelleme kurguları:

- Bitki örtüsünün sıcaklık üzerine etkisinin modellenmesi
- Bitki örtüsü, TAKS, KAKS'ın sıcaklık üzerine etkisinin modellenmesi
- Bitki örtüsü, Doku'nun sıcaklık üzerine etkisinin modellenmesi
- Doku ve KAKS'ın sıcaklık üzerine etkisinin modellenmesi
- Kanyon geometrisinin sıcaklık üzerine etkisinin modellenmesi
- Albedo'nun sıcaklık üzerine etkisinin modellenmesi
- Vadi alanlarında doku sınıfının sıcaklık üzerine etkisinin modellenmesi
- Vadi alanlarında TAKS ve KAKS'ın sıcaklık üzerine etkisinin modellenmesi
- Eğimin sıcaklık üzerine etkisinin modellenmesi
- Vadi alanlarında eğimin sıcaklık üzerine etkisinin modellenmesi
- Vadi alanlarında eğim ve KAKS'ın sıcaklık üzerine etkisinin modellenmesi
- Vadi alanlarında eğim ve TAKS'ın sıcaklık üzerine etkisinin modellenmesi

Çeşitli kurgular üzerinden yapılmış olan bu modelleme sonuçları EK B7 – B19’da verilmiştir.

### 3.8 Bulgular

Bu tez çalışmasında; *bağımlı değişken*, “yüzey sıcaklığı”; *bağımsız değişken*, “TAKS, KAKS, doku, kanyon geometrisi, bitki örtüsü yoğunluğu, albedo, vadi, rakım, eğim, kıyıdan uzaklık” alınmıştır.

Yapılmış olan regresyon analizi sonuçlarına göre;

- Bitki örtüsü yoğunluğu ve eğim sıcaklık üzerine negatif yönde etki etmektedir.
- TAKS, KAKS, doku, kanyon geometrisi, vadi, albedo sıcaklık üzerine pozitif yönde etki etmektedir.
- Rakım ve kıyıdan uzaklık sıcaklık üzerine kayda değer bir etki göstermemiştir.

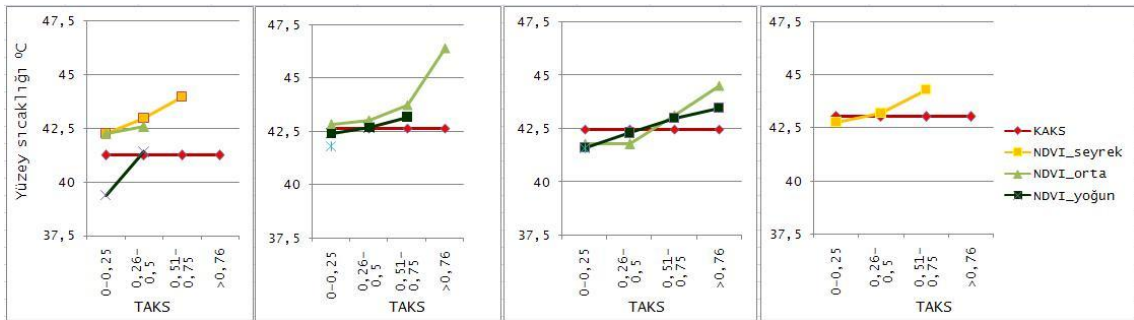
Bu sonuçlar çerçevesinde *rakım* ve *kıyıdan uzaklık* parametreleri, değişim üzerinde önemli etkileri bulunmaması nedeniyle modellemelere alınmamıştır.

Yapılmış olan modellemeler, söz konusu parametrelerin iki veya üçünün de birarada değerlendirilmesine, farklı durum ve şartlarda oluşan değişimlerin gözlemlenmesine olanak tanımıştır. Yukarıda sıralanmış olan model kurguları üzerinden çıkan sonuçlara göre; kanyon geometrisi, albedo ağaç modeli ikili sınıflamalar şeklinde dallanan CRT modeli kullanılarak, diğer faktörler ise çoklu dallanmayı veren CHAID modeli kullanılarak elde edilmiştir.

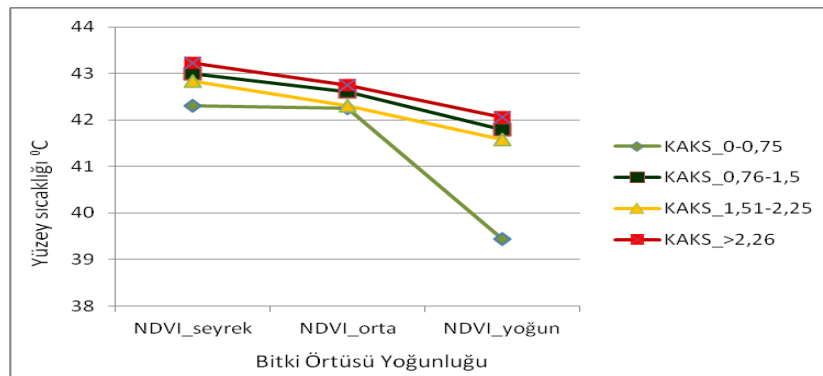
Yapılmış olan kümeleme analizi sonuçlarına göre;

- Bitki örtüsü yoğunluğundaki artış, sıcaklığı 4,5°C kadar azaltmaktadır (EK B-7).
- Bitki örtüsü, KAKS ve TAKS birlikte modellendiğinde (model oluşumunda KAKS birinci parametre olarak belirlendiğinde) KAKS artıkça sıcaklığın arttığı, her KAKS

alt grubunda da TAKS artıkça sıcaklığın daha da arttığı (EK B-8, Şekil3.27), buna karşın bitki örtüsü yoğunluğu arttıkça sıcaklığın düştüğü gözlenmektedir. Yalnızca, KAKS'ın 1,5-2,25 aralığında sıcaklıkta küçük bir düşüş yaşanmaktadır (EK B-9, Şekil3.28). En düşük sıcaklık grubu ile en yüksek sıcaklık grubu arasındaki sıcaklık farkı yaklaşık 4°C'dir .



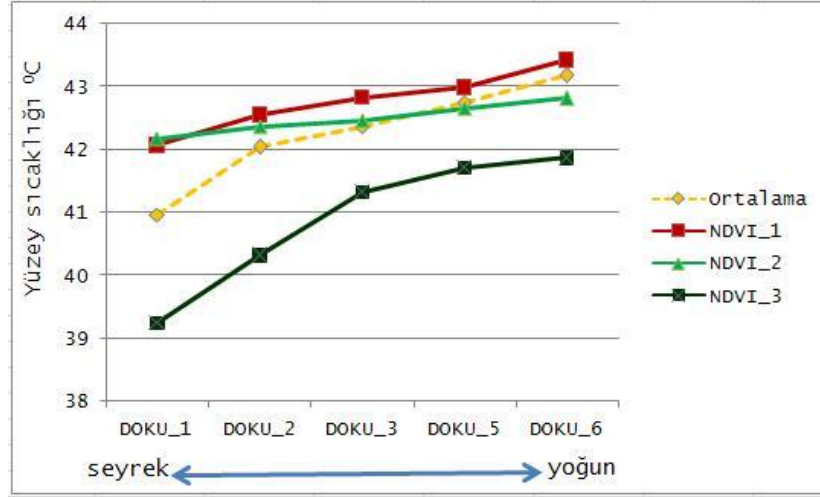
Şekil 3.27 KAKS-TAKS-NDVI ve sıcaklık ilişkisi



Şekil 3.28 KAKS-NDVI ve sıcaklık ilişkisi

Ayrıca, NDVI'in en yoğun olduğu grupta, her KAKS alt grubunda yer alan min. ve maks. TAKS sıcaklık değerleri arasındaki fark 1°C ile 1,720°C arasında değişmektedir. KAKS'ın min ve maks değerleri arasındaki sıcaklık farkı ise yaklaşık 1,80°C'dir (EK B-8).

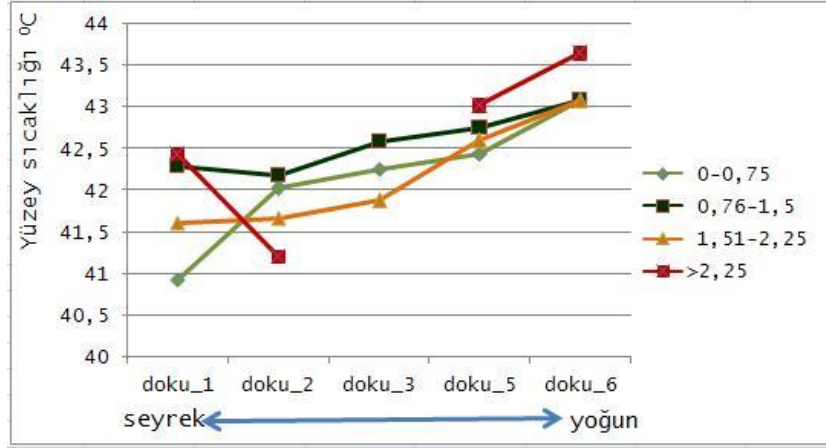
- Bitki örtüsü ve dokunun sıcaklık üzerine etkisi modellendiğinde, doku yoğunlaştıkça sıcaklık artmaktadır. Bitki örtüsü yoğunluğunun yüksek, dokunun en seyrek olduğu doku ile bitki örtüsü yoğunluğunun en az, dokunun en sıkışık olduğu grup arasında 4,17°C fark bulunmuştur (Şekil 3.29) (EK B-10).



Şekil 3.29 Doku-NDVI ve sıcaklık ilişkisi

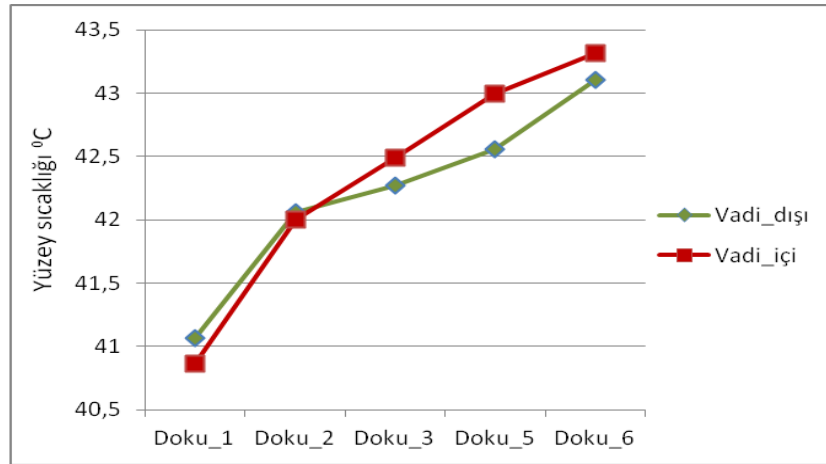
• Doku ve KAKS bir arada sıcaklık üzerine etkisi değerlendirildiğinde (EK B-11); doku yoğunlaşmasına ve KAKS artışına bağlı olarak sıcaklık artmaktadır. Ancak, en yüksek KAKS olan 2,25'in üstündeki KAKS grubunun doku 2 grubunda önemli bir sıcaklık azalması görülmektedir. Fakat, bu veri sayısının 296 olduğu ve bu parçalar sorgulandığında da Ataşehir, Büyükçekmece K.Çekmece, Tuzla gibi ilçelerin toplu konut alanlarının çok küçük parçalarının bu alanlara denk geldiği görülmüştür. Dolayısıyla, bu farkın ihmal edilmesi gereken bir sonuç olduğu ortaya çıkmıştır. Dokunun en seyrek ve en az KAKS'lı grubu ile dokunun en yoğun ve KAKS'ı en yüksek olan grubu arasında 5.5°C'lik bir sıcaklık farkı görülmektedir (Şekil 3.30). KAKS'ın 1,51-2,25 aralığında doku 2 ve 3 grupları da, bir alt KAKS grubuna göre daha düşük sıcaklıklar gözlenmektedir. Bu dokuların toplu konut alanları ve Kadıköy bölgesi dokularına karşılık geldiği düşünüldüğünde; sonucun, yeşil alanı fazla, farklı yüksekliklerde tasarlanmış sağlıklı dokuların sıcaklığı düşürücü etkisini yansıttığı düşünülmektedir. Ayrıca, bu tipteki dokuların ağırlıklı olarak sahile yakın ve ayırık düzende yapılaşmış olduğu da hatırlanmalıdır.





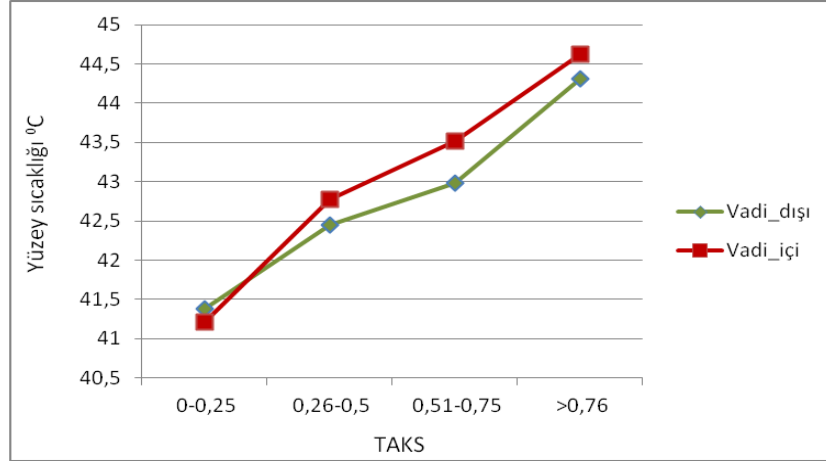
Şekil 3.30 Doku-KAKS ve sıcaklık ilişkisi

- Kanyon geometrisinin sıcaklık üzerine etkisinin değerlendirildiği modele göre; en iyi durumla en kötü durum arasında  $2,20^{\circ}\text{C}$  'lik bir fark bulunmaktadır (EK B-12) .
- Albedonun sıcaklık üzerine etkisinin değerlendirildiği modele göre; yansıtıcılığın en düşük olduğu ve yansıtıcılığın en yüksek olduğu yüzeyler arasında  $1,80^{\circ}\text{C}$ 'lik bir fark bulunmaktadır (EK B-13).
- Vadi alanları içerisinde doku gruplarının sıcaklık üzerine etkisi modellendiğinde (EK B-14); dokunun 1. ve 2. gruplarında sıcaklık, vadi dışı ve içinde benzer iken, diğer dokularda vadi içinde sıcaklık  $0,5^{\circ}\text{C}$ 'lik bir farkla artmaktadır (Şekil 3.31) .



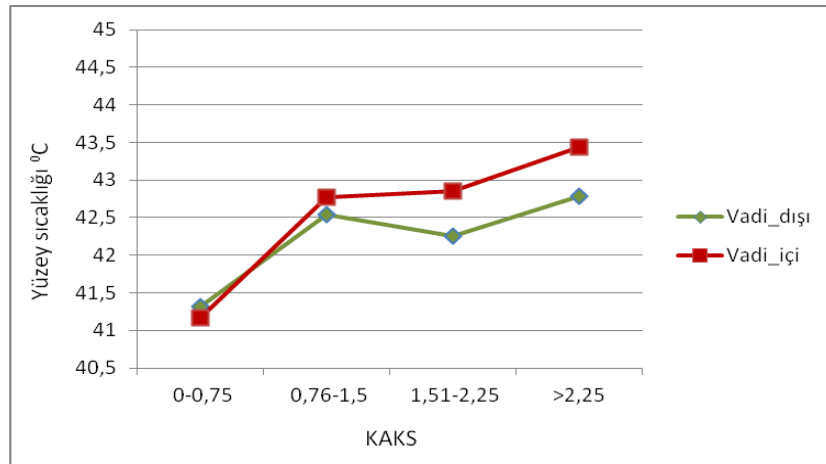
Şekil 3.31 Vadi içlerinde doku ve sıcaklık ilişkisi

- Vadi alanlarında TAKS grupları modellendiğinde (EK B-15); TAKS'ın 0-0,25 aralığında sıcaklık, vadi dışı ve içinde benzer özellik gösterirken, diğer alt grupların vadi içinde sıcaklık değerleri vadi dışına göre yaklaşık 0,5°C'lik bir farkla artmaktadır (Şekil 3.32).



Şekil 3.32 Vadi içlerinde TAKS ve sıcaklık ilişkisi

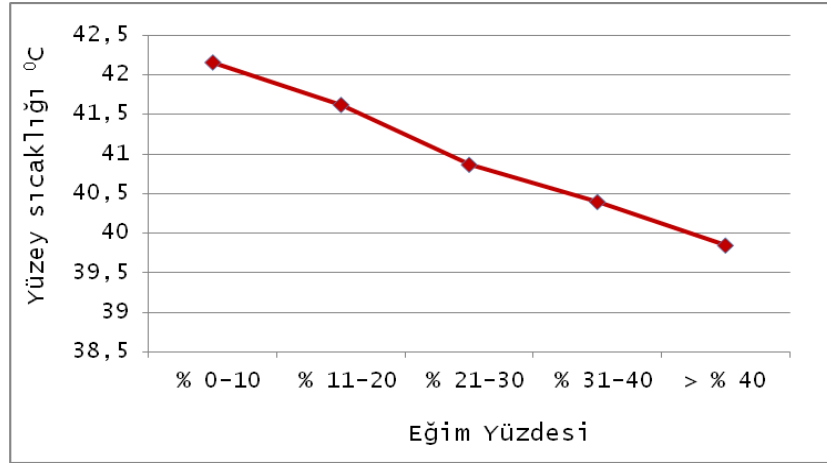
- Vadi alanlarında KAKS grupları modellendiğinde (EK B-16); KAKS'ın 0-0,75 aralığında sıcaklık, vadi dışı ve içinde benzerlik gösterirken, diğer alt grupların vadi içinde sıcaklık değerleri vadi dışına göre yaklaşık 1°C'lik bir farkla artmaktadır (Şekil 3.33).



Şekil 3.33 Vadi içlerinde KAKS ve sıcaklık ilişkisi

Ayrıca belirtmek gerekir ki, ısı adalarının DEM verisi üzerinde vadi alanlarıyla çakıştırılmış olduğu haritada, ısınan bölgelerin vadi alanlarında yoğunlaşmış olduğu açıkça görülmektedir.

• Eğimin sıcaklık üzerine etkisi modellendiğinde; eğimin sıcaklık üzerinde yaklaşık 2°C'lik düşürücü etkisinin olduğu görülmektedir (Şekil 3.34). Bu durumun, yapılaşmış alanların kot farkından dolayı birbirini kesmemesi ve hava akımına olanak tanımasından kaynaklandığı düşünülmektedir (EK B-17).



Şekil 3.34 Eğimin sıcaklık üzerine etkisi

Bu veriler ışığında modelleme sonuçları bir bütün halinde değerlendirilirse; kentsel iklim parametreleri içerisinde, 4,5°C kadar düşüren bitki örtüsü yoğunluğu en önemli parametredir. Sıcaklığın azalmasında etken bir faktör olarak ortaya çıkan eğimli yüzeyler de, binaların birbirini tamamen örtmesini engellemesine bağlı olarak, havalandırma durumlarını rahatlatmaktadır. Bu nedenle tek başına değerlendirildiğinde sıcaklık düşürücü bir faktör olarak belirmektedir (EK B-17). Ancak, burada özellikle dikkat edilmesi gereken husus, vadilerin eğimli yapısının yanlış değerlendirilmemesidir. Eğim ve vadilerin dikkate alınarak yapılmış olduğu modellemelerden çıkan sonuca göre; doğal havalandırma koridoru niteliği taşıyan vadi alanlarındaki yapılaşma, hava akımını engelleyerek ısının dağılmasına engel olabilmekte, dolayısıyla sıcaklığın artmasına neden olabilmektedir. Nitekim yukarıda, vadi, eğim, TAKS ve KAKS için

yapılmış olan modelleme sonuçlarında da görüldüğü gibi, TAKS ve KAKS'ın 0,375'in üzerine çıkması halinde eğimin sıcaklık azaltıcı etkisi giderek azalmakta ve etkisiz hale gelmektedir (EK B-18, B-19).

Diğer taraftan, tek başına değerlendirildiğinde sıcaklık arttırıcı etki yaratan TAKS'ın (EK B-8) vadi alanlarında 0,125 altında azaltıcı etki göstermesi (EK B-15); vadilerin doğal havalandırma koridorları olduğunu, bu alanlarda oluşan sıcaklık artışının temel nedeninin de yapılaşma olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, vadi alanlarında dokunun etkisi incelenildiğinde de ortaya çıkmaktadır; seyrek doku tiplerini ifade eden 1 ve 2 no'lu doku sınıflarının bulunduğu vadi bölgelerinde sıcaklık fazla fark etmezken, 3-5-6 doku sınıfının bulunduğu vadi bölgelerinde sıcaklık 0,5°C artmaktadır (EK B-14).

Modelleme sonuçlarına göre diğer vurgulanması gereken nokta, KAKS'ın 1,5-2,25 aralığını temsil eden 1,875'de sıcaklık düşürücü etki yaratmasıdır (EK B-9). Binaların yaratmış olduğu gölge etkisinden kaynaklandığı düşünülen bu durum diğer taraftan, kentsel iklim parametresi olarak KAKS ve TAKS karşılaştırıldığında, TAKS'ın KAKS'dan daha önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, analiz sonuçlarında da görüldüğü gibi, eğer binalar arası mesafe ve geometri iyi kurgulanamaz, yoğun ve yüksek yapılaşma alanları oluşturulursa (hem TAKS, hem KAKS artarsa) KAKS'ın sıcaklık azaltıcı etkisi, arttırıcı etkiye dönüşmektedir (EK B-8).

Diğer bir faktör olan, kanyon geometrisi sınıflarına bütünden bakıldığında minimumdan maksimuma 3°C kadarlık sıcaklık artışı görülmektedir (EK B-12).

Ayrıca, Albedo'nun koyu renkli yüzeylere doğru etkisi de, 1,5°C kadar artış yaratmaktadır (EK B-13).

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde, küreselleşmenin getirdiği koşullarda rekabetçiliği öne çıkaran politika arayışları içinde kentler küreselleşmenin motoru olarak odak noktaya oturmaktadır. Buna karşın kentleşmeyle birlikte artan nüfus, yapılaşma, trafik, enerji tüketimi gibi antropojenik faktörler küresel iklim değişimini tetiklemekte, insan sağlığını tehdit eder boyutlarda kentsel ısınma problemleri doğurmaktadır. Birbiri ile zıtlaşan bu iki durum, çözümlenmesi gereken önemli bir problem alanını oluşturmaktadır. Global anlamda küresel iklim değişimine etki eden faktörler, yerel anlamda kentsel iklimi etkilemekte, özellikle tropikal ve orta enlem kuşağı kentlerin iklimsel konfor şartlarını kritik eşiğin üzerine çıkarmaktadır.

Tokyo, NewYork, Londra, Hong Kong gibi gelişmiş ülke metropollerinde bu iklimsel problemlerin saptanması, kentsel iklim konusunu gündeme taşımıştır. Konunun önemi, problemin yaşandığı bu metropollerde araştırmaların yoğunlaşmasından, önlemler ve stratejiler geliştirilmesinden ve uygulamalardan da anlaşılmaktadır. Özellikle son on yılda artan kentsel iklim araştırmalarının ana omurgasını kent ısı adalarının saptanması ve bunu etkileyen faktörlerin tespit edilmesi oluşturmaktadır.

Literatür taraması sonucunda, makro, mezo ve mikro ölçeklerde yapılan kentsel iklim çalışmalarında topoğrafyanın, deniz-göl-ırmak kenarına yakınlığın [208],

nüfus yoğunluğunun, ekili dikili alanların oranının, inşaat malzemelerinin, kentsel geometrinin -büyüklük, şekil, bina ve cadde yönelimi- ve kentsel yüzey özelliklerinin –albedo, ısı kapasitesi, termal iletkenlik ve nemlilik–sıcaklık üzerinde etken olduğu görülmüştür [205], [209], [210].

Literatürden elde edilen bulgular, bu problemlerle karşı karşıya kalmış olan diğer dünya kentlerine benzer şekilde ve küresel dinamiklerin dikte ettiği biçimde gelişen ve bugün dünyanın 12. büyük metropoliten alanı [211] olarak anılan İstanbul'un da iklimsel tehditlere karşı açık olduğunun ipuçlarını vermektedir. İstanbul metropolünde iklimsel açıdan tehdit yaratan kentleşme problemlerinin tespit edilmesi ve bulgulara bağlı olarak geliştirilecek stratejilerin, kentin sağlıklı bir gelişim izlemesinde büyük önem taşıyacağı düşüncesi bu tezin çıkış noktasını oluşturmuştur.

Bu tezin amacı, kent ısı adalarının belirlenmesi ve kent planlama ile ilgili olan parametrelerin bu problem üzerindeki etkilerinin saptanmasıdır. Uzaktan algılama yöntemi kullanılarak tespit edilen ısı adaları, CBS yardımıyla etken parametrelerle ilişkilendirilmiş, etki dereceleri istatistiksel analizlerle araştırılmıştır.

Oluşturulan İstanbul'un ısı adaları haritası incelenildiğinde; ısı adalarının Esenler, Bağcılar, Küçükçekmece, Güngören, Zeytinburnu gibi ilçelerin yoğun yapılaşmış bölgelerinde, Barboros bulvarı ve devamında Büyükdere caddesi civarında, Maltepe ve Kartal'ın E5 üstü bölgelerinde ve kısmen de Üsküdar bölgesinde kümelendiği gözlenmiştir.

Tezde, sıcaklık bağımlı değişken, bitki örtüsü yoğunluğu, TAKS, KAKS, doku, kanyon geometrisi, albedo, vadi, kıydan uzaklık, rakım, eğim bağımsız değişkenler olarak alınmıştır. İki aşamda yapılan tezin ilk aşamasında değişkenler arasındaki ilişki regresyon analizi ile saptanırken, ikinci aşamasında ağaç diyagramı modeli ile değişkenlere bağlı olarak sıcaklık farklılıkları

görselleştirilmiştir. Bağımsız değişkenlerden TAKS, KAKS, doku ve kanyon geometrisi verilerinin, yapılaşma yoğunluklarını temsil eden göstergeler olması ve aralarında yüksek korelasyon ilişkisi bulunması nedeniyle regresyon analizi, dört farklı değişken üzerinden ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Bağımsız değişkenler dört grupta toplanmıştır. Yapılan regresyon analizi sonucunda her dört grupta da bağımsız değişkenin bağımlı değişkenleri açıklama oranı % 22'dir. Isı adalarını etkileyen faktörler ve etki dereceleri sıralaması Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Isı adalarını etkileyen faktörler ve etki dereceleri

Değişken Etki derecesi	1	2	3	4	5
1- Doku	Bitki örtüsü yoğ.	vadi	eğim	albedo	doku
2- TAKS	Bitki örtüsü yoğ.	TAKS	vadi	eğim	albedo
3- KAKS	Bitki örtüsü yoğ.	vadi	eğim	KAKS	albedo
4- Kanyon Geometrisi	Bitki örtüsü yoğ.	vadi	eğim	albedo	Kanyon geo.

Her dört grupta da ısı adalarını etkileyen en önemli faktör bitki örtüsüdür ve sıcaklığı düşürücü etkisi bulunmaktadır. Ardından vadinin ve bina taban alan kullanımının etkisi görülmektedir. Bunları takiben eğimin sıcaklık düşürücü etkisi, Albedo, KAKS ve kanyon geometrisi verilerinin de sıcaklık arttırıcı etkileri saptanmıştır. Rakımın ve 500'er metrelik mesafelerde irdelenen kıydan uzaklığın ise sıcaklık üzerinde etkisi bulunmadığı görülmüştür.

**Bitki örtüsü yoğunluğu:** Ağaç diyagramı modelleri sonuçlarına göre İstanbul'da bitki örtüsü yoğunluğunun sıcaklığı 4,5°C kadar düşürdüğü gözlenmiştir. Bu bulgu, literatürde yer alan Gothenburg-İsveç'te ve Tokyo'da yapılan araştırmalarda parkların 6°C; Kuala Lumpur'da 4-5°C [80]; Mexico City'de

3-6°C [87], [88]; Singapur'da 4°C, Hong Kong'da 8°C arasında sıcaklık azalmasına yol açtığı bulguları ile paralellik göstermektedir. Alexandri [3] kentsel alanlarda sıcaklığın düşürebilmesinin ölçütünü bitkilendirmeye, var olan kentsel geometriye ve iklim durumuna bağlamıştır. Yapılan çalışmalar, bu parametrelerin 0.4°C'den 19.9°C'ye kadar etkili olduğunu göstermektedir. Yeşil alanlar ve oluşturdukları sistem önemlidir, alan genişletildikçe etki derecesi de artmaktadır. Kent bütününden, sokak seviyesine kadar farklı seviyelerde bitkilendirme ile hava sıcaklığı daha etkili bir biçimde düşmektedir.

Kentin özellikle kuzey bölgesinde yer alan ve İstanbul'un akciğerleri görevini gören orman alanları, hem hava kirliliğini hem de kent iklimini düzenlemektedir. Tez çalışmasının istatistiksel sonuçlarında da görüldüğü gibi, İstanbul'un sırf kent içi yeşil alanları bile 4,5°C kadar sıcaklık farkı oluşturmaktadır ki, orman alanlarının dahil edildiği bir değerlendirmede bu farkın çok daha yüksek değerlere ulaşacağı aşikardır. Literatür çalışmalarında da, kent çeperlerindeki iklim koşullarının kentleri doğrudan etkilediğine sıkça vurgu yapılmaktadır.

İstanbul metropolü için hazırlanan tüm planlarda, kentin doğu-batı istikametinde büyümesi, kuzeydeki su havzaları ve orman alanlarının korunması temel ilke olarak benimsenmiştir. Tez bulguları, bu ilkenin kent iklimi açısından da avantajlar sağladığını yansıtmaktadır. Ancak, 1980 sonrası parçacıl gelişmeler ile orman alanlarının yapılaşma baskısı altına girmesi ve günümüzde doğrudan devlet politikası olarak bu alanların yapılaşmaya açılma yaklaşımı, gelecek açısından önemli iklimsel tehditler oluşturmakta, kamu yararı kavramı ile çelişmektedir.

Son dönemlerde üçüncü köprü, üçüncü havaalanı ve kuzeye yönelen yüksek katlı prestij projeleri, Bakanlar Kurulu tarafından ilan edilen özel proje alanı gibi projeler dünya kenti olma çabaları çerçevesinde gündeme oturmaktadır. Bunun ötesinde, kent içinde az sayıdaki görece büyük parklar, kamu alanları ve



deniz ile orman alanlarını birleştiren hava kanalları yüksek yoğunluklu projelere veya yapılaşmalara konu olmaktadır. Bu projelerle bitki yoğunluğu ve yetersiz olan açık alanlar kaybedilirken, diğer yandan yapılaşma ile sıcaklıkların artması İstanbul'unun iklim konforunun bozulmasına yol açacaktır. Bulgular, yaratılan yeni problemlerle kentin avantajı olan iklimsel yapısının tehdit unsuruna dönüşme eğilimini işaret etmektedir.

Çevre yolları etrafında yapılan ağaçlandırma çalışmaları olumlu noktalar, ancak metropoldeki yeşil alanların olağanüstü yetersizliği düşünüldüğünde, mevcut olanların da korunması ve artırılması gereği ortadadır. Kent içinde yeşil alanların giderek azalması, yeterli ağaçlandırma çalışmalarının yapılmaması, iklimsel olarak kentte zayıflık yaratmaktadır. Yeşil alan tanımının çimlendirme ve çiçeklendirmeye dönüşmesi, iklimsel açıdan yeterli sonuç üretilmemesine neden olmaktadır. Literatürde kent içi ağaçlandırma çalışmalarında, ağaçların mesafeleri, konumları, hangi ağaç türünün hangi iklimsel yapıya uygun olduğu ve hatta bitki örtüsünün su tutma kapasitesi gibi detayların dahi iklim konforu açısından avantaj yarattığı sıkça vurgulanmaktadır. Son dönemlerde park içi yürüyüş yollarının geniş beton yüzeyler şeklinde tasarlanması, yeşil alanın yaratacağı soğutma etkisini azaltmakta, beton yüzeyin fiziksel özelliklerine bağlı olarak ısınmayı arttırmaktadır. Bu konuda güncel örnek olarak, yapılması planlanan Taksim meydan projesi de verilebilir, meydanın hemen hemen tamamının beton yüzeyle kaplanmasının tasarlandığı projede, Gezi Parkı'nın kesilen ağaçları yerine yapılacak yapay çim alanları, bölgede bulunan ağaçların yerini tutamayacak ve alanın konfor kriterlerini negatif yönde etkileyecektir. Oysa, kent içinde bulunan ağaçlar kentsel metabolizma ve süreklilik açısından çok önemli bir rol üstlenmektedir. Yeterli çeşitte ağaç türü, düzenli aralıklarla ve yeterli sayıda dikilirse, enerji tüketimini ve hava kirliliğini azaltacaktır. Örneğin, sıcak iklimlerde yaprak döken ağaçlar binaların üzerini kaplayarak soğutma amaçlı enerji kullanımından tasarruf

sağlarken, soğuk iklimlerde yapraklarını dökmeyen ağaçlar binaları soğuk kış rüzgarlarından koruyarak ısıtma enerjisi kullanımından tasarruf sağlamaktadır [156]. Ayrıca, yeşil alanlara geçiş, kentsel yerleşiklerin fiziksel ve ruhsal refahlarını da etkilemektedir [92].

**Kent morfolojisi (TAKS KAKS, Doku, Kanyon geometrisi):** Ağaç diyagramı modelleri sonuçlarına göre sıcaklık üzerinde TAKS'ın, KAKS'dan daha fazla etkili olduğu, ancak hem TAKS'ın hem de KAKS'ın yüksek olduğu alanlarda sıcaklık artışının çok daha fazla olduğu, dolayısıyla yoğun ve yüksek yapılaşmanın sıcaklık üzerinde önemli bir etken olduğu görülmüştür. Bu iki parametre, farklı bitki örtüsü gruplarında değerlendirildiğinde, bitki örtüsünün yoğun olduğu en düşük KAKS ve TAKS grubu ile bitki yoğunluğunun olmadığı en yüksek KAKS ve TAKS grupları arasında 5°C kadar fark oluştuğu görülmektedir.

Benzer bir şekilde seyrek doku ile yoğun doku arasında 2°C'lik sıcaklık farkı saptanmıştır. Doku bir anlamda TAKS değerleri ile benzer olup, farkı hücrelerde aynı taban alan büyüklüğünün ayrık, bitişik veya sanayi yapısı gibi tek büyük parçadan oluşup olmadığını yansıtmaktadır.

Bitki yoğunluğunun yüksek olduğu, yoğun ve sık yapılaşmanın görüldüğü eski kent merkezlerini işaret eden 5 no'lu doku grubu ile (Eminönü, Fatih, Beyoğlu, Kadıköy merkezi, Üsküdar, Şirinevler, Güngören,... vb.), 1 nolu Boğaz öngörünüm dokusu arasında 3°C fark görülmüştür. Aynı doku gruplarında bitki örtüsü yoğunluğu arttığında en seyrek dokuda 3°C, en yoğun dokuda da 1,5 °C sıcaklıklar azalmıştır. En yoğun bitki örtüsü olan en seyrek doku ile, en az bitki örtülü en yoğun doku arasındaki sıcaklık farkı ise yaklaşık 4,5 °C'dir. Kent iklimi literatüründe, bitişik düzen yapılaşmanın, yoğun ve yüksek yapılaşma için uygun olmadığı [203], çok katlı ve yüksek yoğunluklu bölgelerde, ancak taban alan kullanımı %50'nin altında ise emilen güneş radyasyonunun dağılabildiği yer almaktadır. Yine, sıcak ve nemli bölgelerde, kentsel düzenlemede özellikle binaların uzun, aynı yükseklikte ve hâkim rüzgâr yönüne

dik olmasından kaçınılması gereği, bu şekildeki bir yapılandırmada, binaların rüzgâr bariyeri görevi görerek havalandırma şartlarını zayıflattığı belirtilmektedir. Yüksek yapı yoğunluklarında, bölgenin havalandırma şartları zayıfladığından bölgede güçlü ısı adası etkisiyle karşılaşıldığı, bu durumun sıcak ve nemli bölgelerde, yaşayanlar üzerinde termal stresin artmasına neden olduğu, bu nedenle de klima kullanımının arttığı ve kısır bir döngünün oluştuğu üzerinde durulmaktadır.

Ağaç diyagramı modeline göre KAKS'ın 1,5-2,25 aralığının (ki daha çok Kadıköy sahil kesiminde görölmektedir) sıcaklık düşürücü etki yarattığı dikkat çekmektedir. Mahalle brüt yoğunlukları ortalama 400 kişi/hektar olan Kadıköy bölgesi ayırık düzen, sahile yakın, bahçe ve cadde boyları ağaçlarla kaplı, 4-15 katlı yapı özellikleri tanımlanabilir. Değişken yükseklikli kent profilinin, yani farklı yüksekliklerde ve ayırık düzendeki binaların, teorik olarak sıcak ve nemli iklimlerde rüzgâr hareketlerini sağlayarak bölgelerin sıcaklığını düşürdüğu belirtilmektedir [154], [121]. Bunun yanı sıra dar kule tipi binaların birbirinden uzak yerleştirilmesi ile yüksek seviyelerdeki rüzgâr momentumunun bir parçasının, alçak seviye hava akımına iletilerek, yer seviyesindeki rüzgâr hızını artırdığına, dolayısıyla, bina aralarında açık alan hava konforunun arttığına değinilmektedir [154]. Bu faktörlerin yanı sıra, bitki örtüsünün de sıcaklığı düşürücü etkisi hatırlandığında, Kadıköy bölgesinde anılan emsal değerlerinde sıcaklıkların neden düşük olduğu açıklanabilmektedir. Kentsel yoğunluktaki artış, caddelerdeki hava akışını ve böylece binalardaki doğal havalandırma potansiyelini düşürdüğünden, özellikle bunaltıcı iklimlerde istenmemektedir. Ancak, bu noktada kentsel tasarımın rolünün önemi de vurgulanmaktadır. Modelleme sonuçlarında da (EK B-8), hem TAKS'ın hem de KAKS'ın yüksek olduğu bölgelerde sıcaklığın yükseldiği, ancak çoklu parametrelerin yarattığı özel koşulların iyi değerlendirilmesi koşulunda önemli avantajların sağlanabileceği ortaya çıkmaktadır.

Bina yüksekliklerinin cadde genişliğine oranını veren kanyon geometrisinin minimum ve maksimum kanyon geometrisi değerleri arasında yaklaşık 2,5°C sıcaklık farkı olduğu tespit edilmiştir. Özellikle yoğun ve yüksek yapılaşma bölgelerinde hava dolaşımının engellenmesine bağlı olarak ısınmalar meydana gelmektedir. Geceleri daha da belirginleşen ısı adaları probleminin en belirgin faktörlerinden birisi olan kanyon geometrisi; hem hava akımının engellenmesi, hem de ısı depolanmasındaki artışa bağlı olarak ısı adalarının artışında da, etken olmaktadır. Gece boyunca H/W oranıyla orantılı olarak, yayılan uzun dalga radyasyon miktarı azalmakta, buna karşın binalardan salınan antropojenik ısı salınımı artmaktadır. Mikro ölçek çalışmayla, gökyüzü görünüş faktörü ve kentsel geometri ilişkisinin iklimsel etkisini açıklayan Giridharan vd. [212], gökyüzü görünüş faktöründeki %1'lik azalmanın, ısı adalarını %4'e kadar azalttığını, TAKS %65'lere kadar düştüğünde ise gökyüzü görünüm faktörünün ısı adalarının üzerindeki etkisinin %73 kadar azaldığını belirtmektedir. Bunun tersine, yükseklik 110% kadar arttığında, ısı adaları üzerindeki gökyüzü görünüm faktörü etkisinin 280%'e kadar arttığı ve bu nedenle yüksek katlı çevrelerde bu etkinin, yansımının azalması ve emilimin artmasına bağlı olarak ısı adalarını arttırdığı saptanmıştır. Bu bulgular, bu tez kapsamında bulunan kanyon geometrisi, TAKS ve KAKS'ın büyümesinin sıcaklığı arttırdığı bulguları ile paralellik göstermektedir.

**Vadi, Eğim:** Ağaç diyagramı modelleri sonuçlarına göre vadilerde yapılaşmaya bağlı olarak sıcaklığın arttığı, doku sıklaştıkça etkinin büyüdüğü gözlenmiştir. Buna karşın eğimin sıcaklık üzerinde 2°C kadar düşürücü etkisinin olduğu sonuçları çıkmıştır. Eğimin düşürücü etkisine rağmen, vadi alanlarında yapılaşmaya bağlı olarak sıcaklık artmaktadır. Vadi alanları içerisinde doku gruplarının sıcaklık üzerine etkisi modellendiğinde (EK B-14); dokunun 1. ve 2. gruplarında sıcaklık, vadi dışı ve içinde benzer iken, daha yoğun dokularda vadi içinde sıcaklık 0,5°C'lik bir farkla artmaktadır (Şekil 3.31). Bir başka deyişle, vadi dışında seyrek doku ile yoğun doku arasındaki fark 2°C iken, vadi içinde bu fark

2,5°C'dir. Modelleme sonuçlarının da gösterdiği üzere, vadi alanlarında 1 ve 2 no'lu doku grubu dışındaki yapılar, iklimsel yapıyı kesinlikle olumsuz etkilemektedir. EK A-4'de de görüldüğü gibi, vadi dışında daha yoğun alanların bulunması ve bu alanlarda da sıcaklıkların yüksek olmasının, vadi içi ve dışı arasındaki sıcaklık farkını azalttığı da gözden uzak tutulmamalıdır. İstanbul DEM verileri ile kentsel ısı adaları karşılaştırıldığında; İhlamurdere, Ortaköy Dereboyu, Dolapdere'nin iç kısımları, Kağıthane dere boyu, Ayamama ve Çırpıcı derelerinin iç kesimleri, Anadolu yakasında Kurbağalıdere çevresi, Küçüksu vadisinin iç kesimlerinde ısı adalarının yoğunlaştığı dikkat çekmektedir. Günümüzde, özellikle merkeze yakın olan İhlamurdere-Gayrettepe arasındaki vadilerde gökdelenlerin hızla yükselmesi gelecek açısından önemli iklimsel tehditler ile karşılaşma olasılığını arttırmaktadır. İstanbul coğrafi yapısının getirdiği doğal havalandırma koridorlarına sahiptir ve bu iklimsel açıdan önemli bir avantajdır. Ancak, kentin doğal yapısının sunduğu olanaklara karşı süregelen yoğun, yüksek, toprağın kaybolduğu yapılaşmalar tez bulguları bir araya getirildiğinde doğal avantajların olumlu etkilerinin de günden güne kaybolacağı kaçınılmaz bir sonuçtur.

Modelleme sonuçları da, tıkanan vadilerin kapalı birer havuza dönüştüğünü ve ısı arttırıcı bir faktöre dönüştüğünü göstermektedir (EK B-14,15,16,18,19). Vadilerden yoksun veya taşıma kapasitesi dahilinde korunamamış kentlerde ekolojik ve çevresel problemlerin ortaya çıktığı bilinmektedir [213]. Önümüzdeki yıllarda bugünkünden daha büyük kentsel sorunlarla karşılaşılması için vadi alanları mutlaka yapılaşmadan korunmalı ve kentin hava kalitesinin iyileştirilmesinde büyük önem taşıyan doğal hava sirkülasyonunu engelleyecek her türlü uygulamadan kaçınılmalıdır [202]. Örneğin, insan ölümlerine yol açan hava kirliliği sonrasında önlemler geliştiren Stuttgart'ta, hem iklimsel açıdan hem de hava kalitesi açısından büyük önem taşıyan bu doğal hava koridorları,

kamulaştırmalar ile açılmış, yasal düzenlemelerle yönlendirilerek koruma altına alınmıştır.

**Albedo:** Ağaç diyagramı modelleri sonuçlarına göre Albedo'nun 1,5°C kadar fark oluşturduğu gözlenmiştir. Yüksek albedo değerleri açık renkli yüzeyleri ifade etmektedir ve albedo değeri düştükçe, bir başka deyişle koyu renk yüzeyler arttıkça sıcaklıklar artmaktadır. Meteorolojik simülasyon sonuçları, ısı adası oluşumlarının, çatıların ve kaplama materyallerinin beyazlaştırılması ve kentsel alanların tekrar ağaçlandırılması yoluyla telafi edilebileceğini göstermektedir. Simülasyonlar, albedodaki kayda değer artışların hava sıcaklığını 2°C'ye kadar düşürebileceğini, yoğun artışların ise bazı şartlarda 4°C'ye kadar düşüş sağlayabileceğini göstermektedir. Taha [119] tarafından yapılmış olan tek boyutlu simülasyonlar, tipik orta enlem sıcak iklimlerinde, albedonun 0.25'den 0.40'a değişiminde, hava sıcaklıklarının 4°C kadar düştüğünü tespit etmiştir. Yine Los Angeles havzasında yapılmış olan 3 boyutlu mezo ölçek simülasyonlar benzer şekilde kentleşmiş alanlarda albedonun 0.13'lük artışıyla 2°C'den 4°C'ye kadar sıcaklık azalışı olduğunu göstermiştir. Tüm bu bulgular ile İstanbul üzerine yapılmış olan bu tez çalışmasının bulguları büyük ölçüde benzerlik göstermiştir. Bu tez çalışmasında, albedo'nun düşük ve yüksek değerleri arasında 1-1,5°C fark meydana geldiği, bitki örtüsü yoğunluğunun 4°C kadarlık bir fark yarattığı tespit edilmiştir.

Araştırma sonucundan ve literatür taramalarından elde edilen bulgular, planlama ve tasarım çalışmalarının kentsel iklim açısından ne denli önemli olduğunu göstermektedir. Bu göstergelerden hareketle, teknolojik gelişim ile büyüyen yapılar ve de gerekli doluluk boşluk (açık alan-yapılaşma ilişkisi) ilişkilerini sağlayamayan sağlıklı kent modelleri, ısı adaları oluşumunu etkileyen parametrelerle birlikte ele alındığında geleceğin önemli problem alanı netleşmektedir. Bugün özellikle İstanbul'da küresel dinamikler, sermaye sahibi girişimcilerin baskıları ve kamununda destekleri ile parçacıl, planlama ilke ve

süreçlerini dışlayan, sadece rantsal ve ekonomik hedef odaklı olarak yayılan yüksek yapılar ve gökdelenlerin, kentin mikro iklimi üzerinde olumsuz etki yaratacağının sinyalleri alınmaktadır. Doğal eşiklere dayanmış olan İstanbul metropoliten alanında da, %3'lük büyüme hızı, doğal eşikleri aşan yayılma ve de kent içinin yoğunlaşmasına bağlı olarak, kentsel iklim konforunun bozulması, hatta afet boyutuna taşınması olasılığının göz ardı edilemeyeceği tez kapsamında yapılan irdelemelerden ortaya çıkmaktadır.

Bugün özellikle gelişmekte olan ülkelerde, çevresel altyapı çalışmaları ve kentleşme hizmetleri, artan nüfus yoğunluğu karşısında yetersiz kalmaktadır [214]. Kent büyüklükleri ve yoğunlukları, endüstri, ticaret, taşıt sayısı, enerji tüketimi, su kullanımı, atık oluşumu ve diğer çevresel yoğunlukların da göstergesi konumundadır [215]. Kentler, yüksek kültür gelişiminin merkezleriyken, bugün medeniyetimiz için çevresel sistem açısından sorun haline dönüşmüştür. Oysa, sosyo-teknik bir sistem olarak kent, tüm sistem bileşenleri ile bağ kurmalı, bütünleşmelidir [216].

Kentsel çevre koşullarındaki kötüleşmeler insan sağlığı ve refahı üzerinde ciddi olumsuz etkiler yaratmakta, özellikle de yoksul insanlar üzerinde bu etki daha belirginleşmektedir. Sürdürülebilir bir kentin temel şartı; geleceğimiz için çevresel, ekonomik ve sosyal refahın sağlanmasıdır. Bugünün ve geleceğin çevresel ihtiyaçlarının karşılanabilmesi, afet risklerinden kaçınmak için sosyal bir organizasyonun oluşturulması gerekmektedir [215]. Tippet'tin de değindiği gibi [217]; yeni planlama metodolojilerine, doğanın insan yerleşimlerinin ve kentsel alanların hayati bir parçası olarak görüldüğü ve "israf"ın sistem dışına atıldığı, sürdürülebilir bir toplum hedefine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, mekansal düzenleme, malzeme ve enerjinin uyumlu hareketinde ve kalkınmanın uzun dönemdeki çevresel etkilerini tespit etmede kilit rol taşımaktadır.

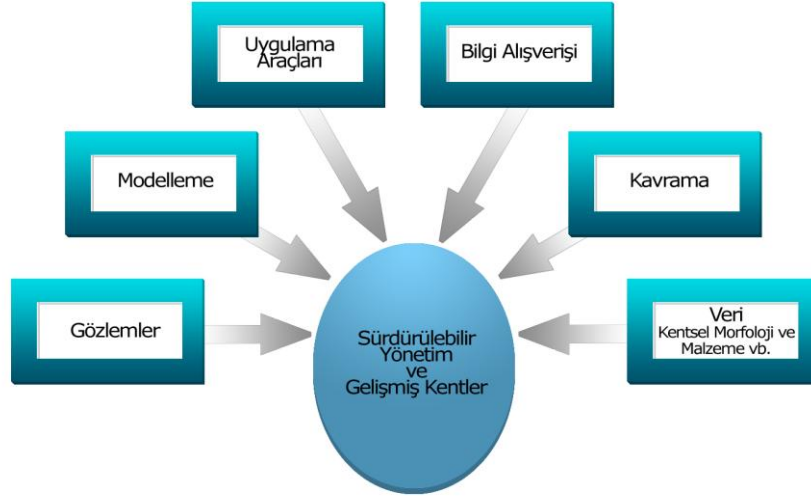
Arazi kullanımı kararları hem ekolojik, hem de sosyal yapı ve süreçleri etkilemektedir. Bu noktada şehir plancılarının, arazi kullanım değişikliklerine ilişkin önerilerinin hem ekolojik bileşenler, hem de sosyal yapı ve süreçler üzerine etkilerini incelemeleri gerekmektedir [218], [209]. Sonuç olarak kentsel bir arazide, arazinin kullanım kararlarına yönelik konulacak tüm kurallar, ekosistemin ekolojik, fiziksel ve sosyal bileşenlerini hesaba katmak zorundadır. Ancak, ülkemizde kentsel iklim konusuna yeterli düzeyde planlama yaklaşımının geliştirilmemiş olması, kentleşmenin hızla artmasına da bağlı olarak gelişen ihtiyaçlar karşısında eksiklik yaratmaktadır.

Tez ve çeşitli literatür bulgularından da görüldüğü gibi, planlama kararlarına konu olan pek çok parametre kent iklimi üzerinde doğrudan etkilidir. Planlama ve tasarım çalışmalarında kentin doğal, topografik, coğrafi koşulları ve hâkim iklimsel koşulları doğru bir şekilde analiz edilmeli, kentsel iklimlendirme gereksinimleri dikkate alınmalıdır. Ancak kentsel iklim kararlarının şu ana kadar planlama üzerine pek fazla etkisi olmamıştır. İklim, kentsel planlama ve kentsel tasarım arasında bir köprü oluşturulmasına ve iklim bilgisinin planlama diline aktarılmasına, disiplinler arası iletişim ve işbirliğine ilişkin bir bilgi platformu oluşturulmasına ihtiyaç bulunmaktadır [73], [143], [195], [219].

İklimsel ölçek ve politikalar ilişkisinin kurulmasında ve plan kararlarının oluşturulmasında, analizlerin ve sonuçların daha doğru yorumlanabilmesi ve doğru yönlendirmelerin yapılabilmesi için yönetimlerin *kentsel iklim altyapısı* çalışmaları yaparak sürece hazırlanması gerekmektedir. Grimmond [220] tarafından önerilen (Şekil 4.1) adımlar, sürdürülebilir bir yönetim ve sağlıklı kentlerin alt yapısını oluşturmaktadır. Bu çerçeve de daha fazla operasyonel meteorolojik ölçüm merkezlerine ihtiyaç bulunduğu, istasyonlardan kesintisiz veri temin edilebilmesinin gereği, değişen istasyon noktalarının gözlemleri sektöre uğrattığı vurgulanmaktadır. Oysa ki ülkemizde, kamu alanlarının



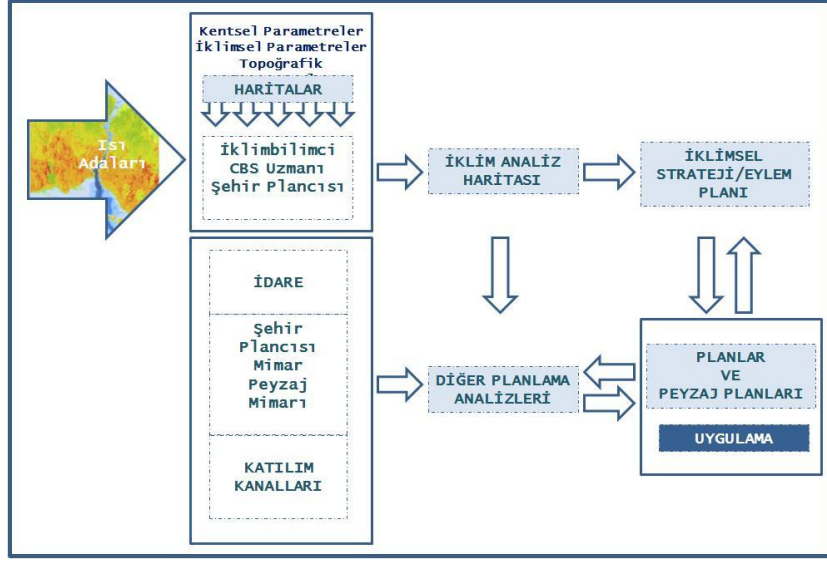
değerlendirilmesi politikası çerçevesinde Göztepe Meteoroloji istasyonu gökdelen yapımına konu olabilmıştır.



Şekil 4.1 Kentsel iklim yönetimi altyapısı [220]

Veri arşivi oluşturulması, karmaşık kentsel yüzeyler ile atmosferik verilerin analiz edilmesi, ilişkilerin modellenerek ve simülasyonlar yapılarak olası tehditlerden kaçınılması, disiplinler arası çalışmaların teşvik edilmesi, kentsel iklim hakkında toplumun bilinçlendirilmesi, kentlerin daha sürdürülebilir hale getirilmesinin planlaması ve katılım ortaklarının artırılması önerilmektedir.

Bu noktada Şekil 4.2'de verilmiş olan organizasyon şemasında da görüldüğü gibi, *kentsel iklim haritalarının* oluşturulması, karar vericilerin analizleri doğru yorumlamasında, riskleri belirlemede ve oluşturacakları stratejik planı hazırlamasında önemli bir altlık niteliği göstermektedir.



Şekil 4.2 Kentsel iklim haritaları ve eylem planı organizasyon şeması

"Kentsel İklim Haritası"; kent planlaması, mimari tasarım ve çevresel politikaların oluşturulması ve karar aşamalarında kullanılmaktadır. Bu haritalar bir nevi, kullanıcılar ve iklim bilimciler arasındaki iletişim aracıdır [221]. Bu altyapının oluşturulmasıyla birlikte, kentsel iklim değişimi ve ısı adalarının azaltılmasına yönelik gerçekleştirilecek kentsel iklim değişimi eylem planı aşağıdaki adımları kapsamalıdır;

- İklim haritalarının oluşturulması
- Riskli bölgelerin tespit edilmesi
- Kentsel alanların gelişmesinde iklime bağlı risk ve kısıtlamaların değerlendirilmesi
- Kentsel düzeydeki planlama ve karar alma süreçlerinin gelişimi için ihtiyaçların ve olasılıkların araştırılması
- Mahalle düzeyinde iklim değişikliğinin etkilerinin; yapılaşma, yeşil alan ve insan konforu ilişkisinin belirlenmesi
- Yerel ve ulusal paydaşlar ve şehir plancılarının birlikteliğinde, etki değerlendirmesinin yapılması ve çözüm önerileri sunulması

- Stratejik planlama ve kentsel tasarım yoluyla iklim değişikliğine uyum araştırmaları yapılması
- Sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik önlemlerinin ve stratejilerinin belirlenmesi
- Kentsel yapıların ve insan aktivitelerinin ısı adalarını azaltmak için nasıl değiştirilmesi gerektiğine dair niceliksel analizlerin yapılması
- Uygulamadaki engellerin açılması için bilimsel bilginin kullanılması
- Kentsel iklim yapısının konfor şartlarını sağlaması, ısı adalarının olumsuz etkilerinin azaltılması için gerekli yönetim organizasyonu ve eylem planına ait alt yapıların tamamlanması çözüm için uygulamayı kolaylaştıracak, gelişgüzel değil, bir strateji dahilinde ve idari kontrol altında daha bilinçli uygulanmasına olanak tanıyacaktır.

Ayrıca bu tez çalışmasından ve literatür taramasından da çıkan sonuçlar dahilinde İstanbul ve diğer Anadolu kentleri için uygulamaya dönük çözüm önerileri olarak şunlar sıralanabilir:

- Kent içi ve çevresinde orman alanları korunmalı
- Vadi alanlarında yapılaşma kontrol altına alınmalı, sınırlamalar getirilmeli
- Kent içi park alanları korunmalı yeni park alanları oluşturulmalı. Bu park alanları, çimlendirme, çiçeklendirmeden daha çok ağaçlandırılmalı
- Park alanları beton yüzeylerle parçalanmamalı
- Yol kenarları ağaçlandırılmalı
- Bina çevresi ağaçlandırılmalı, çatı bahçeleri oluşturulmalı.
- Belli eşikleri geçen yoğunluklara izin verilmemeli
- Kentsel geometrik standartlar oluşturulmalı, kontrol altında tutulmalı
- Hızla artan nüfus karşısında daha küçük konut tipleri özendirilmeli

- Mimari veya kentsel yapı malzemelerinin tercihsel kullanımına belli kıstaslar getirilmeli
- Asfalt yüzeyler yerine örneğin sokak aralarında doğal taşlar kullanılmalı
- Fosil yakıtların kullanımının azaltılmasına yönelik iyi bir ulaşım planlamasıyla toplu taşıma sistemlerinin özendirilmeli
- Halk üzerinde çevre bilinciyle birlikte iklim bilinci oluşturulmalı; tüketim alışkanlıkları, daha sağlıklı bir kent için yönlendirilmeli
- Temiz ve doğal enerji sistemlerinin kullanılmalı

Kent iklimiyle bağımlılık ilişkisi bulunan küresel iklim değişikliği, sosyolojik ve ekonomik açıdan ısı adalarının olumsuz etkilerinin çok daha fazla yansımaya neden olacaktır. Dünyanın bilinen bu gerçeğine karşı, geleceğe yönelik stratejik planlamalar yapılması, evrensel düzeyde bir zorunluluk olarak görülmektedir. Bu zorunluluğun, İstanbul metropoliten alanı başta olmak üzere tüm kentlerimiz için yerine getirilmesi, merkezi ve yerel yönetimlerin önceliği olmalıdır. Yaşanan olumsuz örneklerden ders alınarak, aynı hataların tekrarlanmaması henüz bu gelişmelerin başlangıç ve ortasında olan kentler için önemli bir avantajdır.

Türkiye, üç tarafının denizlerle çevrili olması, Doğu Akdeniz Havzası'nda yer alması ve Akdeniz iklim özelliklerinin geniş bir alanda görülmesi sebebi ile iklim değişikliğinin olumsuz etkileri yönünden yüksek risk grubu ülkeler arasında kabul edilmektedir. Söz konusu iklim kuşağının özellikleri olan şiddetli yaz kuraklıkları, ani ve şiddetli yağışlar, seller, sert rüzgârlar bu iklimin hüküm sürdüğü bölgeleri daha hassas hale getirmektedir [137].

Bugün ülkemiz kentleri, özellikle çevre sorunlarıyla karşı karşıyadır ve hızla kirlenmektedir. Küresel ısınmanın nedeni olan sera gazları yoğun olarak kentlerde üretilmektedir. Kentlerimizin ekolojik, çevresel değer ve varlıkların zarar görmesini engelleyip, sürdürülebilirliği sağlayacak katılımlı karar

mekanizmaları gereklidir. Güneş'e, doğal enerjilere ve yerel ekolojik sistemlere uygun kent planları yapılmalı ve mevcut planlar dönüştürülmeli, bir merkez tarafından denetlenmelidir [222].

Çağdaş çevre yönetimi ilkeleri açısından; çevre yönetiminin ekolojik, toplumsal ve ekonomik unsurlarıyla bir bütün olduğu, bu nedenle ülkenin tümünü ilgilendiren bu konunun merkezi düzeyde bütünleşik bir yaklaşımla ele alınmasının önemi açıkça ortadadır. Bu bağlamda, çevre, yerel çözümler gerektiren, aynı zamanda da bölgesel ölçekte "hizmetlerin bölünmezliği" ilkesi doğrultusunda ele alınması gereken bir kamu hizmeti olma özelliğini hep bir arada taşır. Bu açıdan, çevre politikalarını doğru tespit etmek ve her düzeyde (ulusal, bölgesel ve yerel) sağlıklı uygulamak için bu çerçeveyi dikkate alan yönetsel ve kurumsal bir yapı gereklidir [223].

Kentleşmenin hızla arttığı günümüz dünyasının önemli problemlerinden biri olan ve önemi giderek artan kent ısı adalarının azaltılmasına yönelik stratejilerin, yaşam alanlarımız olan kentlerin yaşanılmaz alanlara dönmeden uygulamaya konulması gerekmektedir.

Kentin insanla ilişkisinde, çevre açısından çok daha duyarlı ve dikkatli tavır alınması artık zorunluluk halini almıştır. Alınan kentsel kararlar, insanın biyolojik ihtiyaçlarına duyarlı olmak zorundadır. Atılan her yanlış adım, verilen her taviz beraberinde afete maruz kalma riskini doğurmaktadır. Kentleşmenin önlenemeyen artış hızı karşısında, geleceğe dönük olası değişiklikler göz önüne alınmalı, olumsuz etkilerin geri dönülmez noktalara getirilmesi stratejik planlama kararlarıyla engellenmelidir. Alınan kararlar sadece günümüz ve neslimiz çerçevesinde değil, belki 100 yıl sonrası hesap edilerek tasarlanmalıdır.

Geçmişten gelen hatalı kararlar ve politikalar sonucunda, yaşanabilirlik standartları sürekli düşen ve deprem afet riskine maruz kentler yaratılmıştır. Günümüzde, deprem riskini azaltmak ve paralelinde yaşanabilirliği arttırmak

amacı ile kentsel dönüşüm bir araç olarak gündeme oturmuş olmakla birlikte, gözlenen uygulamalar bir afetten kaçarken başka problemlere maruz kalma risklerini de taşımaktadır. Bunlardan biri de, tez konusunu oluşturan ısı adalarının gelecekte yaratacağı risklerdir. Bu nedenle tek boyutlu bakış yerine çok boyutlu risklerin dikkate alındığı, araçların toplumsal sorun yaratmayacak şekilde katılımlı, adil ve eşitlikçi şekilde kullanıldığı, uzun erimli ereklerle ve kısa sağlam eylem planları ile sorunlar eritilmelidir. Bu bağlamda yapılması gereken, acil olarak iklimsel uyum yasasının çıkartılmasıdır. Konu hem ekolojik hem de ekonomik açıdan çok büyük bir öneme sahiptir. Bugün ülkemiz bir çok gelişmiş ülke karşısında konuya çok uzak kalmıştır. Bu açığın çok daha fazla geç kalmadan kapatılması gerekmektedir.

#### *Tez Çalışmasının Zayıf ve Güçlü Yanları:*

Hızla büyüyen İstanbul'un, güncel fakat şehircilik açısından çok fazla araştırılmamış bir konu olan *kentsel ısınma problemi* karşısındaki zayıflıklarının tespit edilmesi ve bu zayıflıkları ortaya çıkaran faktörlere erişmeyi hedefleyen bu tez çalışmasının elbette güçlü ve zayıf yanları bulunmaktadır. Özeleştiriyle bir değerlendirme yapılırsa; sadece uydu görüntüsü, yapı verisi, DEM verisi ve İstanbul kıyı çizgisinden yola çıkılarak hazırlanan altlıklar, kapsamlı bir yorum yapılmasını da engellemiştir. Yeterli yersel istasyon bulunmaması nedeniyle rüzgâr ve hava kirliliği verileri kullanılamamıştır. Yeterli yersel istasyonun bulunmamasına bağlı olarak kullanılmayan rüzgar ve hava kirliliği verileri kullanılamamıştır. Veritabanında enerji kullanımına ilişkin verilerin bina ölçeğinde bulunmaması nedeniyle mekanla ilişkilendirmeleri yapılamamış ve enerjinin ısı adaları üzerindeki etkisi incelenememiştir. Binalara cephe ve çatı malzemelerine ait verilere ait tespitlerin olmaması bu parametrelerin de değerlendirme dışında kalmasına neden olmuştur. Ayrıca, kaldırım genişliklerinin bulunmaması, kanyon geometrisinin hesaplanmasında genelleme getirilerek incelenmesine neden olmuştur. Albedo verileri, kullanılan uydunun pankromatik bandının

bulunmaması ve bu yıla ait yeni uydu görüntüsü alınamamış olmasına da bağılı olarak, yine genel bir fikir vermesi açısından 2003 yılı uydu görüntüsü kullanılarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, regresyon analizlerinde beklenenden daha düşük ilişkiler ortaya çıkmıştır. Ancak bahsedildiği gibi, az veri üzerinden yapılan analizlerle, kent iklimi konusunda önemli bulgulara erişilmiş, önemli olan problem kaynaklarına işaret edilmiştir. Yine de modelleme göstergeleri, önemli görülen parametrelerin İstanbul için 4,5-5°C'ye kadar ulaşan etkilerini vurgulamıştır. Parametrelerin modelleme sonuçlarından çıkan etkileri değerlendirildiğinde, literatür taramalarında incelenmiş olan araştırmaların sonuçlarından çok da farklı aralıkları göstermediği görülmüştür. Ancak, çok daha güncel verilerin kullanılması, eksik parametrelere ait verilerin temin edilmesi mutlaka analiz sonuçlarını güçlendirecek ve daha hassas hale getirecektir. Bu şartların sağlanması durumunda beklenen; regresyon sonuçlarının yükseleceği, hassasiyetin daha fazla artacağıdır. Gelecek çalışmalarda zaman kesitlerinde, konunun değerlendirilmesi ile farklılaşan dokuların olumlu ya da olumsuz etkileri saptanabilecektir.

## KAYNAKLAR

- 
- [1] Stojić, J. ve Stanković, D., (2009). "Bioclimatic Underground Architecture: Development and Principles", *Architecture and Civil Engineering*, 7/2: 135 - 144, DOI: 10.2298/FUACE0902135S.
  - [2] Emmanuel, M.R., (2005). *An Urban Approach to Climate Sensitive Design: Strategies for the Tropics*, Spon Press Taylor&Francis Group ISBN 0-415-33409-8.
  - [3] Alexandri, E., (2002). "The Effect of Green Roofs on the Urban Climate- A Quantitative Approach" PLEA, 23-25 July, Toulouse, 311-316.
  - [4] Grimmond, C.S.B., (2006). "Progress in Measuring and Observing the Urban Atmosphere", *Theor. Appl. Climatol.*, 84: 3-22.
  - [5] ECOSOC, (2011). *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision*, UN, New York.
  - [6] ECOSOC, (2011). *The Impact of Global Challenges and Trends on Humanitarian Response: A Look at Migration Urbanization and Population Growth*, Humanitarian Affairs Segment, 19 July Geneva.
  - [7] UNFPA, (2008). *Population and Climate Change: Framework of UNFPA's Agenda*, UNFPA Statement, February 11, 2008, [http://www.unfpa.org/pds/climate/docs/climate\\_change\\_unfpa.pdf](http://www.unfpa.org/pds/climate/docs/climate_change_unfpa.pdf), 10 Nisan 2010.
  - [8] Dhakal, S., (2004). "Urban Energy Use and Greenhouse Gas Emissions in Asian Mega-Cities" - Urban Environmental Management Project - Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japan.
  - [9] Sağlam, R., (2007). "Megakentler: Dünü, Bugünü, Geleceği ve İstanbul", TMMOB İstanbul Kent Sempozyumu Bildiri Kitabı, 57-69.
  - [10] Madra, Ö., (2007). *Niçin Daha Fazla Bekleyemeyiz: Küresel Isınma ve İklim Krizi*, Agora Kitaplığı ISBN:978-9944-916-93-6, İstanbul.



- [11] Akbari, H., (2002). "Shade Trees Reduce Building Energy Use and CO<sub>2</sub> Emissions from Power Plants", *Environmental Pollution* 116:119-126.
- [12] Koçak, K., (2012). İklim Değişiminde İnsan Faktörü, <http://web.itu.edu.tr/~kkocak/iklimpdf.pdf> , 10 Kasım 2012.
- [13] Ravindranath, N.H. ve Sathaye J.A., (2002). *Climate Changes and Developing Countries*, Kluwer Academic Publishers ISBN: 1-4020-0104-5.
- [14] WRI, (2005). <http://www.wri.org/chart/world-greenhouse-gas-emissions-2005> , 23 Ekim 2011.
- [15] Santamouris, M., (2004). *Cooling the Cities*, Ecole des Mines de Paris, 2-911762-54-1.
- [16] Oke, T. R., (1988). "The Urban Energy Balance", *Progress in Physical Geography*, December 12 (4:471-508).
- [17] Corbusier, L., (1943). *Atina Anlaşması*, YKY I. Baskı, Mart 2009, İstanbul, ISBN: 978-975-08-1584-3.
- [18] Şen, Z., (2009). *İklim Değişikliği, Yerel Yönetimler ve Sektörler*, Su Vakfı Yayınları, ISBN:978-975-6455-39-5.
- [19] Grimmond, C.S.B., Roth, M., Oke, T.R., Au, Y.C., Best M., Betts, R., Carmichael, G., Cleugh, H., Dabberdt, W., Emmanue, R., Freitas, E., Fortuniak, K., Hanna, S., Klein, P., Kalkstein, L.S., Liu, C.H., Nickson, A., Pearlmutter, D., Sailor, D. ve Voogt 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.
- [20] Britter, R. Ve Hann, S., (2003). "Flow and Dispersion in Urban Areas", *Annual Review of Fluid Mechanics*, 35:469-496.
- [21] Rasheed, A., (2009). "Multiscale Modelling of Urban Climate", *École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Pour L'obtention du Grade de Docteur ès Sciences*".
- [22] Santamouris, M., (2001). *Energy and Climate in the Urban Built Environment*, James&James (Science Publishers). ISBN 1-873936-90-7.
- [23] EA Science Report, (2007). *Using Science to Create a Better Place: Social Impacts of Heatwaves*, Environment Agency, EEA report series, Science Project Number SC020061/SR6.
- [24] EPA, (2006). *Excessive Heat Events Guidebook*, EPA 430-B-06-005 | June 2006.

- [25] Ministry of Environment - Government of Japan, (2004). Outline of the Policy Framework to Reduce Urban Heat Island Effects, by Inter-Ministry Coordination Committee to Mitigate Urban Heat Island.
- [26] Sairinen, R. ve Peltonen, L., (2005). Adaptation Strategies for Climate Change in the Urban Environment, FINADAPT Appendix 13: Urban Planning, <http://www.environment.fi/default.asp?node=13884&lan=en>, 8 Eylül 2012.
- [27] Greater London Authority, (2006). London's Urban Heat Island: A Summary for Decision Makers, Published by Greater London Authority ISBN 10: 1 85261 932 5, London-United Kingdom.
- [28] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2011). İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı, Temmuz 2011, Ankara.
- [29] Karaca, M., Tayanç, M. ve Toros, H., (1995). "Effects of Urbanization on Climate of İstanbul and Ankara", 29 (23:3411-3421).
- [30] Karaca, M., Anteplioğlu, U. ve Karsan, H., (1995). "Detection of Urban Heat Island in Istanbul, Turkey", Il Nuovo Cimento, 18C: 49-55.
- [31] Ezber, Y., Sen, O.L., Kindapa, T. ve Karaca, M., (2007). "Climatic Effects of Urbanization in Istanbul: A Statistical and Modeling Analysis", International Journal of Climatology, 27:667-679.
- [32] Tayanç, M. ve Toros, H., (1997). "Urbanization Effects on Regional Climate-Change in the Case of 4 Large Cities of Turkey", Climatic Change, 1997, 35(4:501-524).
- [33] Eljadid, A.G., (1994). Urban Heat Island Effect In Istanbul City, Istanbul Technical University Institute of Science and Technology, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [34] Duman Yüksel, Ü., (2005). Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi Üzerinde Bir Araştırma, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- [35] Mills, G., Cleugh, H., Emmanuel, R., Endlicher, W., Erell, E., McGranahan, G., Ng, E., Nickson, A., Rosenthal, J., Steemer, K., (2010). "Climate Information for Improved Planning and Management of Mega Cities (Needs Perspective)", Procedia Environmental Sciences 1:228-246.
- [36] Dawson, R. J., Hall, J. W., Barr, S., Batty, M., Bristow, A. S., Evans, S., Ford, A., Köhler, J., Tight, M., Walsh, C., (2006). "A Blueprint for the Integrated Assessment of Climate Change in Cities", Tyndall Centre for Climate Change Research Cities Research Programme, Tyndall Centre Working Paper 104.

- [37] TMMOB, Meteoroloji Mühendisleri Odası, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği, <http://www.meteoroloji.org.tr/sayfa/28-kuresel-isinma-ve-iklim-degisikligi.html> , 4 Aralık 2012.
- [38] WRI ve WBCSD, (1998). The Greenhouse Gas Protocol, <http://www.ghgprotocol.org/18F2C284-2FE4-44BE-A30F-B75018A4E061/FinalDownload/DownloadId-93E87ED0DCE5CA4948D21A0E15F09522/18F2C284-2FE4-44BE-A30F-B75018A4E061/files/ghgp/public/ghg-protocol-revised.pdf> , 12 Aralık 2012.
- [39] IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, (1995). Second Scientific Assessment of Climate Change, Summary and Report, Cambridge-UK, Cambridge University Press.
- [40] DOE - U.S Department of Energy, (1996). Working to Cool Heat Islands, Berkeley National Laboratory PUB-775 Berkeley.
- [41] Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu, (2010). AB Öncülüğünde İklim Değişikliği ile Mücadele, ISBN: 978-92-79-15515-4, Lüksemburg.
- [42] Nösberger, J. ve Long, S.P., (2006). "Managed Ecosystems and CO<sub>2</sub> Case Studies, Processes, and Perspectives", Ecological Studies, Vol. 187, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006.
- [43] WRI, (2009). Global CO<sub>2</sub> Emissions Growth in Select Sectors: 2000-2005, <http://www.wri.org/chart/global-co2-emissions-growth-select-sectors-2000-2005> , 11 Aralık 2012.
- [44] Lankao, P.R., (2008). "Urban Areas and Climate Change: Review of Current Issues and Trends", Issues Paper for the 2011 Global Report on Human Settlements.
- [45] Satterthwaite, D., Huq, S., Pelling, M., Reid, A. ve Romero-Lankao, P., (2007). "Adapting to Climate Change in Urban Areas: The Possibilities and Constraints in Low - and middle - Income Nations", London (UK): IIED, Human Settlements Discussion Paper Series - Climate Change and Cities, ISBN: 978-1-84369-669-8.
- [46] Silva, J., Kernaghan, S. ve Luque, A., (2012). "A Systems Approach to Meeting the Challenges of Urban Climate Change", International Journal of Urban Sustainable Development, DOI:10.1080/19463138.2012.718279.
- [47] Baker, N., (2004). Human Nature, Environmental Diversity in Architecture - Koen Steemers, Chapter: 4, Taylor & Francis, ISBN:0-415-31477-1.

- [48] World Health Organization (WHO), (2004). Urban Bioclimatology, Heat-Waves: Risks and Responses, Health and Global Environmental Change Series, No. 2, WHO Regional Office for Europe, Denmark.
- [49] Marsh, W.M, (1991). Landscape Planning: Environmental Applications, John Wiley & Sons, Inc, Toronto.
- [50] Atalay, İ., (2010). Uygulamalı Klimatoloji, T.C Çevre ve Orman Bakanlığı Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü yayını, Ankara.
- [51] Weng, W. Ve Taylor, P.A., (2003). "On Modeling the 1-D Atmospheric Boundary Layer", Boundary-Layer Meteorology, 107:371-400.
- [52] World Bank, (2010). Cities and Climate Change: An Urgent Agenda, Urban Development and Local Government, December 2010:10.
- [53] Oke, T.R., (2006). "Towards Better Scientific Communication in Urban Climate", Theor. Appl. Climatol. 84:179-190.
- [54] Oke, T.R., (2004). Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites, IOM Report No. 81, WMO/TD No. 1250, Geneva, <http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-81/IOM-81-UrbanMetObs.pdf> , 12 Aralık 2012.
- [55] Stewart, I.D. ve Oke T.R., (2009). "Newly Developed 'Thermal Climate Zones' for Defining and Measuring Heat Island Magnitude in the Canopy Layer". Reprints, Oke, T. R symposium and Eight symposium on urban Environment, January 11-15, Phoenix, AZ.
- [56] Mills, G., (2008). "Urban Climatology and its Relevance to Urban Design", 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, 22nd to 24th October 2008, Dublin, Ireland.
- [57] Sabnis, G.M, (2011). Green Building with Concrete Sustainable Design and Construction, CRC Press, Pages 175-226, eBook ISBN: 978-1-4398-1297-6.
- [58] Nicho, J., (2005). "Remote Sensing of Urban Heat Islands by Day and Night" Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 71(5:613-621).
- [59] Murphy, D.J., Hall, M.H., Hall, C.A.S., Heisler, G.M., Stehman, S.V. ve Molina, C.A., (2011). "The Relationship Between Land Cover and the Urban Heat Island in Northeastern Puerto Rico", International Journal of Climatology 31:1222-1239.
- [60] Oke, T.R., (1982). "The Energetic Basis of the Urban Heat Island", Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society 108:1-24.

- [61] Stone, B.Jr. ve Rodgers, M.O., (2001). "Urban Form and Thermal Efficiency: How the Design of Cities Influences the Urban Heat Island Effect", *APA Journal*, Spring 2001, 67/2.
- [62] Bohnenstengel, S. I., Evans, S., Clark, P. A. ve Belcher, S. E., (2011). "Simulations of the London Urban Heat Island", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, B(137:1625-1640).
- [63] Voogt, J.A., (2004). "Urban Heat Islands: Hotter Cities, American Institute of Biological Sciences", An ActionBioscience.org original article, <http://www.actionbioscience.org/environment/voogt.html?newwindow=true> , 11 Nisan 2012.
- [64] Voogt, J.A. and Oke, T., (2003). "Thermal Remote Sensing of Urban Climates", *Remote Sensing of Environment*, 86:370-384.
- [65] Surat City Climate Change, Urban Heat Island: Types, <http://www.suratclimatechange.org/page/8/urban-heat-islands.html>, 10 Eylül 2012.
- [66] Gomez, F., Gaja, E. ve Reig, A., (1998). "Short Communication: Vegetation and Climatic Changes in a City", *Ecological Engineering* 10:355-360.
- [67] Fabrizi, R., Bonafoni, S. ve Biondi, R., (2010). "Satellite and Ground-Based Sensors for the Urban Heat Island Analysis in the City of Rome", *Remote Sensing* 2:1400-1415.
- [68] Balázs, B., Unger, J., Gál, T., Sümeghy, Z., Geiger, J. ve Szegedi S., (2009). "Simulation of the Mean Urban Heat Island Using 2d Surface Parameters: Empirical Modelling, Verification and Extension", *RMetS Meteorological Applications Meteorol. Appl.* 16:275-287.
- [69] Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R. ve Pauleit, S., (2007). "Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure", *Built Environment*, 33(1:115-133).
- [70] Masuda, Y., Takahashi, N. ve Ojima, T., (2009). "Development of Urban Environmental Infrastructure", *The seventh International Conference on Urban Climate*, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.
- [71] Jackson, T.L., Feddema, J.J., Oleson, K.W., Bonan, G.B. ve Bauer, J.T., (2010). "Parameterization of Urban Characteristics for Global Climate Modeling", *Annals of the Association of American Geographers*, 100(4:848-865).
- [72] Yoda, H., (2009). "Climate Atlas in Fukuoka City", *The seventh International Conference on Urban Climate*, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.

- [73] Coutts, A.M, Beringer, J. ve Tapper, N.J., (2007). "Impact of Increasing Urban Density on Local Climate: Spatial and Temporal Variations in the Surface Energy Balance in Melbourne, Australia", *Journal of Applied Meteorology* 46:477-493.
- [74] Stewart, I. D., (2000) "Influence of Meteorological Conditions on the Intensity and Form of the Urban Heat Island Effect in Regina", *Canadian Geographer-Geographe Canadien*, 44:271-285.
- [75] Streutker, D.R., (2003). "Satellite-Measured Growth of the Urban Heat Island of Houston, Texas", *Remote Sensing of Environment*, 85:282-289.
- [76] Numan İ., Doratlı, N. ve Dinçyürek, Ö., (2001). "Gazimağusa'nın Farklı Senaryolara Göre Değişiminin Morfolojik Açısından İrdelenmesi", *Gazimağusa Sempozyumu 2001 Bildiri Kitapçığı*, Gazimağusa, 195-213, Doğu Akdeniz Üniversitesi.
- [77] Grimmond, C. S. B., Souch, C. ve Hubble, M. D., (1996). "Influence of Tree Cover on Summertime Surface Energy Balance Fluxes, San Gabriel Valley, Los Angeles", *Climate Research*, 6:45-57.
- [78] Coutts, A.M., Beringer, J., Tapper, N.J. ve Cleugh H., (2004). "The Influence of Housing Density and Urban Design on the Surface Energy Balance and Local Climates of Melbourne Australia, and The Impact of Melbourne 2030's Vision", *Fifth Conference on Urban Environment*, 23-26 August 2004, Vancouver, Canada.
- [79] Nichol, J., (2005). "Remote Sensing of Urban Heat Islands by Day and Night", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 71(5:613-621).
- [80] Spronken-Smith, R. A. ve Oke T. R., (1998). "The Thermal Regime of Urban Parks in Two Cities with Different Summer Climates", *International Journal of Remote Sensing*, 19(11:2085-2104).
- [81] Hunga, T., Uchihama, D., Ochi, S. ve Yasuoka, Y.; (2006). "Assessment with Satellite Data of the Urban Heat Island Effects in Asian Mega Cities", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol: 8.
- [82] Chen, X.L., Zhao, H.M., Li, P.X. ve Yin, Z.Y., (2006). "Remote Sensing Image-Based Analysis of the Relationship between Urban Heat Island and Land Use/Cover Changes", *Remote Sensing of Environment* 104:133-146.
- [83] Herrington, L.P., (1977). "The Role of Urban Forests in Reducing Urban Energy Consumption" *Proceedings of the Society of American Foresters Conference*, Washington, D.C., 60-66.

- [84] Herrington, L.P., Bertolin, G.E. ve Leonard R.E., (1972). "Microclimate of a Suburban Park", Proceedings of the Conference on the Urban Environment, A.M.S., Boston, 43-44.
- [85] Oke, T.R., (1989). "The Micrometeorology of the Urban Forest", Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B(324:335-349).
- [86] Barış, M.E., (2005). "Kent Planlaması, Kent Ekosistemleri ve Ağaçlar", Planlama TMMOB Şehir Plancıları Odası Yayını, 2005(4:156-163), ISSN 1300-7319.
- [87] Jauregui, E., (1991). "Influence of a Large Urban Park on Temperature and Convective Precipitation in a Tropical City", Energy and Buildings, 15(16: 457-463).
- [88] Barradas, V.L. , (1991). "Air Temperature and Humidity and Human Comfort Index of some City Parks of Mexico City", International Journal of Biometeorology, 35:24-28.
- [89] Wong, N.H. ve Yu, C., (2005). "Study of Green Areas and Urban Heat Island in a Tropical City", Elsevier, Habitat International 29:547-558.
- [90] Akbari, H., Rosenfeld, A.H. ve Taha, H., (1990). "Summer Heat Island, Urban Trees and White Surfaces". Energy Analysis Program, Center of Building Science Division Lawrence Berkeley Lab.
- [91] Akbari, H. ve Rose, L.S., (2008). "Urban Surfaces and Heat Island Mitigation Potentials", Journal of the Human-Environmental System 11(2:85-101).
- [92] Manning, M.J., (2008). "Plants in Urban Ecosystems: Essential Role of Urban Forests in Urban Metabolism and Succession Toward Sustainability", International Journal of Sustainable Development and World Ecology 15:362-370.
- [93] Mayer, M. ve Matzarakis, A., (2006). "Impact of Street Trees on the Thermal Comfort of People in Summer". Merchavim 6:285-300.
- [94] Rosenfeld, A.H. ve Romm, J.J., (1996). "Policies to Reduce Heat Islands: Magnitudes of Benefits and Incentives to Achieve Them", from the Proceedings of the 1996 LBL-38679 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Pacific Grove CA., 9:177.
- [95] Parker, D.S. ve Barkaszi, S.F. Jr., (1997). "Roof Solar Reflectance and Cooling Energy use: Field Research Results from FLORIDA", Energy and Buildings 25:105-115.

- [96] Berdahl, P. ve Bretz, S., (1997). "Preliminary Survey of the Solar Reflectance of Cool Roofing Materials", *Energy and Buildings* 25:149-158.
- [97] Taha, H., Sailor, D. ve Akbari, H., (1992). "High Albedo Materials for Reducing Cooling Energy Use", Lawrence Berkeley Lab. Rep. 31721 IJC-350, Berkeley, CA.
- [98] Yamamoto, Y., (2006). "Measures to Mitigate Urban Heat Islands", *Science and Technology Trends Quarterly Review* 18 January.
- [99] ESPERE, (2006). ESPERE Climate Encyclopaedia -Climate in Cities, Unit 2:3 <http://espere.mpch-mainz.mpg.de/documents/pdf/urbanclimate.pdf>, 11 Mayıs 2012.
- [100] Morris, C. J. G. ve Simmonds, I., (2001). "Quantification of the Influences of Wind and Cloud on the Nocturnal Urban Heat Island of a Large City", *American Meteorological Society, Journal of Applied Meteorology* 40:169-182.
- [101] Görcelioğlu, E., (1995). "Ekosistem, Kent ve İnsan", *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B*, 45(3-4).
- [102] The World Bank, (1992). *Development and the Environment*, World Bank and Oxford University Press, ISBN: 978-0-19-520876-4.
- [103] Karl, T. R., Diaz, H. F. ve Kukla, G., (1988). "Urbanization: its Detection and Effect in the United States Climate Record", *Journal of Climate*, 1:1099-1123.
- [104] Oke, T.R., (1973). "City Size and the Urban Heat Island", *Atmospheric Environment*, 7(8:769-779).
- [105] Li, J., Wang, X., Wang, X., Ma, W. ve Zhang, H., (2009). "Remote Sensing Evaluation of Urban Heat Island and Its Spatial Pattern of the Shanghai Metropolitan Area", *China, Ecological Complexity, Elsevier*, 6:413-420.
- [106] Hunga, T., Uchihama, D., Ochi, S. ve Yasuoka, Y., (2006). "Assessment with Satellite Data of the Urban Heat Island Effects in Asian Mega Cities", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 8:34-48.
- [107] Imhoff, M.L., Zhang, P., Wolfe, R.E. ve Bounoua, L., (2010). "Remote Sensing of the Urban Heat Island Effect Across Biomes in the Continental USA", *Remote Sensing of Environment, Elsevier*, 114:504-513.
- [108] UKAID, (2011). *Cities and Low Carbon Development*, funded by the UK Department of International Development (DFID), published by AEA Technology plc.



- [109] Grimmond, C.S.B. ve Oke, T.R., (1995). "Comparison of Heat Fluxes from Summertime Observations in the Suburbs of Four North American Cities", *Journal of Applied Meteorology*, 34(4:873-889).
- [110] Shahmohamadi, P., Che-Ani, A. I., Maulud, K. N. A., Tawil, N. M. ve Abdullah, N. A. G., (2011). "The Impact of Anthropogenic Heat on Formation of Urban Heat Island and Energy Consumption Balance", *Hindawi Publishing Corporation Urban Studies Research Volume 2011*, Article ID 497524.
- [111] Christen, A. ve Voogt, R., (2004). "Energy and Radiation Balance of a Central European City", *International Journal of Climatology*, 24:1395-1421.
- [112] T.C Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ Hidroloji Sözlüğü, <http://www2.dsi.gov.tr/sozlukler/hidrosozluk/index.cfm?SozcukID=0386>, 16 Ağustos 2012.
- [113] Boston University, Department of Geography, (2007). Chapter 1: Terrestrial Surface Energy Balance, Climate and Vegetation Research Group, Courses Notes, [cliveg.bu.edu/courses/ge529fall07/surface-fluxes.pdf](http://cliveg.bu.edu/courses/ge529fall07/surface-fluxes.pdf), 16 Ağustos 2012.
- [114] Johns Manville, Cool Roof Solutions Brochure, <http://www.specjm.com/files/pdf/CoolRoofSolutionsBrochureRS7651.pdf>, 14 Nisan 2012
- [115] EPA, Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies, <http://www.epa.gov/heatisland/resources/pdf/CoolRoofsCompendium.pdf>, 24 Aralık 2012.
- [116] Gartland, L., (2008). "Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas", Published by Earthscan ISBN-13:978-1-84407-250-7, London.
- [117] BEDAŞ, Faaliyet Raporları [http://www.bedas.gov.tr/dosyalar/html/faaliyet\\_raporlari/](http://www.bedas.gov.tr/dosyalar/html/faaliyet_raporlari/), 5 Ağustos 2012
- [118] Hui, S.C.M., (2000). "Low Energy Building Design in High Density Urban Cities", *World Renewable Energy Congress VI*, 1-7 July 2000, Brighton, United Kingdom.
- [119] Taha, H., (1997). "Urban Climates and Heat Islands: Albedo, Evapotranspiration, and Anthropogenic Heat", *Energy and Buildings*, 25:99-103.
- [120] Duman Yüksel Ü. ve Yılmaz O., (2008). "Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik Gözlemlere

- Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 23(4:937-952).
- [121] Skinner, C., (2006). "Urban Density, Meteorology and Rooftops", Urban Policy and Research, 24/3:355-367, September 2006.
- [122] Hebbert, M. ve Webb, B., (2007). "Towards a Liveable Urban Climate: Lessons from Stuttgart", ISOCARP REVIEW07, 120-137.
- [123] Kazmierczak, A. ve Carter, J., (2010). "Adaptation to Climate Change Using Green and Blue Infrastructure. A Database of Case Studies", <http://www.grabs-eu.org/membersArea/files/stuttgart.pdf> , 10 Kasım 2012.
- [124] Yılmaz, T. ve Memlük, Y., (2008). "Vadilerde Rüzgâr ve Güneş Hareketlerine Bağlı Planlama ve Tasarım Olanakları, Ankara Büyükesat Vadisi Örneği", Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(2:193-204).
- [125] Erell, E., Pearlmutter, D. ve Williamson, T., (2011). Urban Microclimate: Designing the Spaces Between Buildings, Earthscan Publications ISBN: 978-1-84407-467-9.
- [126] Garratt, J.R, (1992). The Atmospheric Boundary Layer, Cambridge University Press, Cambridge Atmospheric and Space Science Series, ISBN 0 521 38052 9, s: 292.
- [127] Oke, T.R., (1987). Boundary Layer Climates, Second Edition Methuen, ISBN: 0 416 04422 0.
- [128] Yannas, S., (2002). Urban Climatology and Design, Ders Notları, <http://faculty.philau.edu/fryerr/T5%20downloads/SY%20URBAN%20CLIMATOLOGY%20&%20DESIGN%2002-3.pdf>, 10 Eylül 2012.
- [129] Akbari, H., (2005). Energy Saving Potentials and Air Quality Benefits of Urban Heat Island Mitigation, Heat Island Group Lawrence Berkeley National Laboratory, <http://HeatIsland.LBL.gov/>, 15 Eylül 2012.
- [130] Tomlinson, C.J, Chapman, L., Thornes, J.E. ve Baker, C.J., (2011). "Including the Urban Heat Island in Spatial Heat Health Risk Assessment Strategies: A Case Study for Birmingham, UK", International Journal of Health Geographics 2011, 10:42.
- [131] Robine, J.M., Cheung, S.L., Roy, S.L., Oyen, H.V. ve Herrmann, F.R., (2007). Report on Excess Mortality in Europe During Summer 2003, EU Community Action Programme for Public Health, Grant Agreement 2005114, [http://ec.europa.eu/health/ph\\_projects/2005/action1/docs/action1\\_2005\\_a2\\_15\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2005/action1/docs/action1_2005_a2_15_en.pdf), 26 Ekim 2012.

- [132] EEA, (2010). The European Environment - State and Outlook 2010, ISBN: 978-92-9213-114-2.
- [133] Tekbaş, Ö.F., Vaizoğlu, S.A., Oğur, R. ve Güler, Ç., (2005). Küresel Isınma, İklim Değişikliği ve Sağlık Etkileri, 2005 Ankara, ISBN: 1307-9649.
- [134] Orman ve Su İşleri Bakanlığı, (2012). İklim Değişikliğinin Sağlık Üzerine Etkileri: İklim ve Sağlık Arasındaki İlişkilere Genel Bakış: Hastalıklar, Hassas Gruplar, Adaptasyon ve Öneriler, Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Nisan 2012, Ankara.
- [135] Dodman, D., (2009). "Urban Density and Climate Change", United Nations Population Fund (UNFPA) Analytical Review of the Interaction between Urban Growth Trends and Environmental Changes, Revised Draft - April 2, 2009.
- [136] Cavan, G., Kingston, R., Lindley, S., Kazmierczak, A. ve Gong, Y., (2010). "Climate Change and Urban Areas: Development of a Climate Change Risk and Vulnerability Assessment Tool", In RICS Research Conference COBRA 201002 September 2010 - 03 September 2010. Paris-Dauphine University.
- [137] ÇOB, (2008). İklim Değişikliği ve Yapılan Çalışmalar, T.C Çevre ve Orman Bakanlığı Yayını, Ankara.
- [138] NYSERDA, (2011). Responding to Climate Change in New York State: The ClimAID Integrated Assessment for Effective Climate Change Adaptation in New York State : Final Report, The New York State Energy Research and Development Authority Albany, NY [www.nyserdera.ny.gov](http://www.nyserdera.ny.gov) , 13 Mart 2012.
- [139] Günel, M.H. ve Ilgın, H.E., (2007). "Güneş ve Rüzgâr (Erişim) Haklarının Analizi ve Kentsel Planlama Kriterleri Bağlamında Türkiye Önerisi", Tübitak-MAG Projesi, Proje No: 106M151, Ankara.
- [140] Roaf, S., Crichton, D. ve Nicol, F., (2005). Adapting Buildings and Cities for Climate Change, Architectural Press is an Imprint of Elsevier, ISBN 0-7506-5911-4.
- [141] Konopacki, S. ve Akbari, H., (2001). "Energy Impacts of Heat Island Reduction Strategies in the Greater Toronto Area, Canada", Heat Island Group Lawrence Berkeley National Laboratory Berkeley, California 94720.
- [142] Baumueller, J., Hoffmann, U. ve Stuckenbrock, U., (2009). "Urban Framework Plan Hillsides of Stuttgart", The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.

- [143] Chao, R., Yan-Yung, N.E. ve Katzschnerb, L., (2011). "Urban Climatic Map Studies: A Review", *International Journal of Climatology*, 31:2213-2233, (2011) Published online 27 October 2010 in Wiley Online Library DOI: 10.1002/joc.2237.
- [144] Lazar, R. ve Podesser, A., (1999). "An Urban Climate Analysis of Graz and its Significance for Urban Planning in the Tributary Valleys East of Graz (Austria)", *Pergamon-Atmospheric Environment* 33:4195-4209.
- [145] Baumueller, J., Esswein, H., Hoffmann, U., Reuter, U., Weidenbacher, S., Nagel, T. ve Flassak, T., (2009). "Climate Atlas of a Metropolitan Region in Germany Based on GIS", *The seventh International Conference on Urban Climate*, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.
- [146] Tanaka, T., Yamashita, T. ve Moriyama, M., (2006). "Urban Environmental Climate Map for Urban Design and Planning", *Proc. 6th Int. Symposium on Architectural Interchanges in Asia*, 1:688-691.
- [147] Tanaka, T., Ogasawara, T., Koshi, H., Yoshida, S., Sadohara, S. ve Moriyama, M., (2009). "Urban Environmental Climate Maps for Supporting Urban-Planning Related Work of Local Governments in Japan: Case Studies of Yokohama and Sakai", *The seventh International Conference on Urban Climate*, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.
- [148] Smith, C.L., Lindley, S.J., Levermore, G.J. ve Lee, S.E., (2009). "A GIS-Based Decision Support Tool for Urban Climate Risk Analysis And Exploration Of Adaptation Options, With Respect To Urban Thermal Environments", *The seventh International Conference on Urban Climate*, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.
- [149] EEA, (2012). *Urban Adaptation to Climate Change in Europe*, European Environment Agency, EEA Copenhagen, ISBN: 978-92-9213-308-5.
- [150] Kuhn, M., (1995). *Rooftop Resource, Urban Agriculture Notes*, Published by City Farmer, Canada's Office of Urban Agriculture, <http://www.cityfarmer.org/roofmonica61.html> , 10 Temmuz 2012.
- [151] Shaw, R., Colley, M. ve Connell, R., (2007). "Climate Change Adaptation by Design: A Guide for Sustainable Communities", TCPA, London.
- [152] Golden, J.S., (2004). "The Built Environment Induced Urban Heat Island Effect in Rapidly Urbanizing Arid Regions - A Sustainable Urban Engineering Complexity", *Environmental Sciences* 2003/2004, 1(4:321-349).
- [153] Kılıç, K., (2011). *Yeşil Ekonomi Kapsamında Orman Sektörü*, Cenevre Kereste ve Orman Müzakere Dokümanı, ECE/TIM/DP/54, OGM Yayını.

- [154] Givoni, B., (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*, John Wiley&Sons Inc., ISBN: 0-471-29177-3, Canada.
- [155] Shashua-Bar, L. ve Hoffman, M.E., (2000). "Vegetation as a Climatic Component in the Design of an Urban Street - An Empirical Model for Predicting the Cooling Effect of Urban Green Areas with Trees", *Energy and Buildings* 31:221-235.
- [156] Akbari, H., Kurn, D.M., Bretz, S.E. ve Hanford, J.W., (1997). "Peak Power and Cooling Energy Savings of Shade Trees", *Energy and Building* 25:139-148.
- [157] Rydin, Y., (2010). *Governing for Sustainable Urban Development*, Published by Earthscan, Pages 15-28, HB ISBN: 978-1-84407-818-9.
- [158] Svensson, M. K., Eliasson ve I., Holmer, B., (2002). "A GIS Based Empirical Model to Simulate Air Temperature Variations in the Göteborg Urban Area During the Night", *Climate Research*, 22:215-226.
- [159] Ooka, R., (2006). "Development Assessment Tools for Urban Climate and Heat Island Mitigation", *The 6th International Conference on Urban Climate*, Goteberg, Sweden.
- [160] Voogt, J., (2012). *How Researchers Measure Urban Heat Island*, [http://www.epa.gov/hiri/resources/pdf/EPA\\_How\\_to\\_measure\\_a\\_UHI.pdf](http://www.epa.gov/hiri/resources/pdf/EPA_How_to_measure_a_UHI.pdf) 30 Eylül 2012.
- [161] EPA, (2012). *Measuring Heat Islands, State and Local Climate and Energy Program, Heat Island Notes* <http://www.epa.gov/hiri/about/measuring.htm> , 30 Eylül 2012.
- [162] Weng, Q. ve Quattrochi, D.A., (2007). *Urban Remote Sensing*, CRC Press Taylor&Francis Group ISBN: 0-8493-9199-7.
- [163] Voogt, J.A. ve Oke, T., (1997). "Complete Urban Surface Temperatures", *Journal of Applied Meteorology*, 36:1117-1132.
- [164] Hirano, Y., Yasuoka, Y. ve Ichinose, T., (2004). "Urban Climate Simulation by Incorporating Satellite-Derived Vegetation cover Distribution into a Mesoscale Meteorological Model", *Theoretical and Applied. Climatology* 79:175-184.
- [165] Sev, A., (2009). *Sürdürülebilir Mimarlık*, YEM Yayınları, ISBN: 978-9944-757-22-5, Mart 2009, İstanbul.
- [166] Givoni, B., Noguchi, M., Saaroni, H., Pochter, O., Yaacov, Y., Feller, N. ve Becker, S., (2003). "Outdoor Comfort Research Issues", *Energy and Buildings*, 35:77-86.
- [167] Topay, M., (2007). "The Importance of Climate for Recreational Planning of Rural Areas; Case study of Muğla Province, Turkey" 3<sup>rd</sup> International

Workshop on Climate, Tourism and Recreation, pp. 29-36, 19-22 September 2007 Alexandroupolis, Greece.

- [168] Katzschner, L. ve Thorsson, S., (2009). "Microclimatic Investigations as Tool for Urban Design", The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July, Yokohama, Japan.
- [169] Unger, J., Savić, S. ve G'ál, T., (2011). "Modelling of the Annual Mean Urban Heat Island Pattern for Planning of Representative Urban Climate Station Network", Hindawi Publishing Corporation Advances in Meteorology, Volume 2011, Article ID 398613.
- [170] Khiem, M., Ooka, R., Huang, H., Hayami, H., Yoshikado, H. ve Kawamoto, Y., (2010). "Analysis of the Relationship between Changes in Meteorological Conditions and the Variation in Summer Ozone Levels over the Central Kanto Area", Hindawi Publishing Corporation Advances in Meteorology Vol. 2010, Article ID 349248.
- [171] Givoni, B., (1998). "Effectiveness of Mass and Night Ventilation in Lowering the Indoor Daytime Temperatures. Part I: 1993 Experimental Periods", Energy and Buildings 28:25-32.
- [172] Krüger, E. ve Givoni, B., (2007). "Outdoor Measurements and Temperature Comparisons of Seven Monitoring Stations: Preliminary Studies in Curitiba, Brazil", Building and Environment 42:1685-1698.
- [173] Owen, T. W., Carlson, T. N. ve Gillies, R. R., (1998). "An Assessment of Satellite Remotely-Sensed Land Cover Parameters in Quantitatively Describing the Climatic Effect of Urbanization", International Journal of Remote Sensing, 19(9:1663-1681).
- [174] Sun, C.Y., Lin, H.T. ve Ou, W.S., (2007). "The Relationship between Urban Greening and Thermal Environment", 2007 Urban Remote Sensing Joint Event.
- [175] Weng, Q., (2003). "Fractal Analysis of Satellite-Detected Urban Heat Island Effect", Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 69(5:555-566).
- [176] Lo, C. P., Quattrochi, D. A. ve Luvall, J. C., (1997). "Application of High-Resolution Thermal Infrared Remote Sensing and GIS to Assess the Urban Heat Island Effect", International Journal of Remote Sensing, 18(2:287-304).
- [177] Rajasekar, U. ve Weng, Q., (2009). "Application of Association Rule Mining for Exploring the Relationship between Urban Land Surface Temperature and Biophysical/Social Parameters", Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 75(3:385-396).

- [178] Che-Ani, A.I., Shahmohamadi, P., Sairi, A., Mohd-Nor, M.F.I., Zain, M.F.M. ve Surat, M., (2009). "Mitigating the Urban Heat Island Effect: Some Points without Altering Existing City Planning", European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X, 35(2:204-216).
- [179] İBB, (2007). 1/100000 Ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı, Şehir Planlama Müdürlüğü.
- [180] Öktem, B., (2005). "Küresel Kent Söyleminin Kentsel Mekânı Dönüştürmedeki Rolü - Büyükdere Maslak Aksı", İstanbul'da Kentsel Ayırışma Kitabı, s:25-75, Bağlam Yayınları, ISBN: 975-8803-39-5.
- [181] Taşdemir, İ., (2009). Boğaz Geçişlerinin İstanbul Üzerinde Oluşturduğu Sosyo-Ekonomik Değişimlerin CBS Ortamında İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [182] İUAP, (2011). İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Daire Başkanlığı, Ulaşım Planlama Müdürlüğü, Mayıs 2011.
- [183] Garip, M. ve Kılıç, B., (2008). "İstanbul Büyükşehir Belediyesi Sürdürülebilir Enerji Verimlilik Politika ve Projeleri", VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES 2008 17-19 Aralık, İstanbul.
- [184] İBB, (2012). İstanbul'da Şehir Hava Kalitesi Yönetimi Sistemi için GIS Tabanlı Karar Destek Sisteminin Geliştirilmesi, <http://www.ibb.gov.tr/sites/airqualistanbul/documents/emission.htm> 12 Ekim 2012.
- [185] İBB, İstanbul'da Şehir Hava Kalitesi Yönetimi Sistemi için GIS Tabanlı Karar Destek Sisteminin Geliştirilmesi - Hava Kalitesi Modellemesi, <http://www.ibb.gov.tr/sites/airqualistanbul/documents/modeling.htm> , 4 Aralık 2012.
- [186] Basar, U., Kaya, S. ve Karaca, M., (2008). "Evaluation of Urban Heat Island in Istanbul Using Remote Sensing Techniques", XXIIth Congress of The International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), Vol. XXXVII, Part B7, 04-11 July, Beijing, China, Proceedings, 971-976.
- [187] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Arazi Örtüsü Kullanım Verileri, <http://aris.cob.gov.tr/csa/>, 14 Aralık 2011.
- [188] Kuşçu, Ç., (2010). "Landsat TM Verileri Üzerinden Yüzey Sıcaklığı Haritasının Oluşturulması ve Yersel Ölçümler ile İlişkinin İncelenmesi", I. Ulusal Planlamada Sayısal Modeller Sempozyumu 24-26 Kasım 2010, İstanbul.

- [189] Chander, G., Markham, B.L. ve Helder, D.L., (2009). "Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+ and EO-1 ALI Sensors", *Remote Sensing of Environment* 113:893-903.
- [190] Du, M., Wang, Q. ve Cai, G., (2009). "Temporal and Spatial Variations of Urban Heat Island Effect in Beijing Using ASTER and TM Data", *Remote Sensing Joint Event*, pp. 1-5.
- [191] Watanabe, H., Yoda, H. ve Ojima, T., (1991). "Urban Environmental Design of Land Use in Tokyo Metropolitan Area", *Energy and Buildings*, 15:133-137.
- [192] Chander, G. ve Markham, B.L., (2007). "Revised Landsat-5 Thematic Mapper Calibration", *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 4.
- [193] Gong, A., Yunhao, C., Jing, L. ve Zhijun, C., (2005). "Study on Urban Landsurface Temperature Retrieval Based on Landsat TM Remote Sensing Images in Beijing", *Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '05. Proceedings. IEEE International*.
- [194] Van De Griend, A.A. ve Owe, M., (1993). "On the Relationship between Thermal Emissivity and the Normalized Difference Vegetation Index for Natural Surfaces", *Int. Journal of Remote Sensing*, 14(6:1119-1131).
- [195] Grimmond, C.S.B. ve Souch, C., (1994). "Surface Description for Urban Climate Studies: A GIS Based Methodology", *Geocarto International* 9(1:47-59).
- [196] Crawford, B., Grimmond, C.S.B, Hom, J., Offerle, B. ve Golub, D., (2004). "Surface Characteristics and Carbon Dioxide Fluxes in a Suburban Area of Baltimore, Md: A GIS Based Methodology", *Fifth Conference on Urban Environment, 23-26 August 2004, Vancouver, Canada*.
- [197] NYSERDA, (2006). *Mitigating New York City's Heat Island with Urban Forestry, Living Roofs and Light Surfaces, New York City Regional Heat Island Initiative Final Report, The New York State Energy Research and Development Authority Albany, NY*.
- [198] Lillesand, T.M. ve Kiefer, R.W., (1987). "Remote Sensing and Image Interpretation". John Wiley and Sons: New York; 705.
- [199] Balázs, B., Geiger, J. ve Sümeghy, Z., (2007). "Annual Mean Urban Heat Island Versus 2d Surface Parameters: Modelling, Validation And Extension", *Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis, Tomus 40(41:5-15)*.
- [200] Tunay, M. ve Ateşoğlu, A., (2008). "Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile Amasra ve Yakın Çevresine Ait Bitki Örtüsü Değişim Analizi", *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10(13:71-80).



- [201] Ichinose, T., Shimodozono, K. ve Hanaki, K., (1999). "Impact of Anthropogenic Heat on Urban Climate in Tokyo", *Atmospheric Environment* 33:3897-3909.
- [202] Barış, M.E. ve Koç, N., (1997). "Ankara Kentinde Hava Kirliliği Sorununun Çözümünde Peyzaj Mimarlığı Açısından Alınması Gerekli Önlemler", *Tarım Bilimleri Dergisi*, 3(2:1-8).
- [203] Giridharan, R., Ganesan, S. ve Lau, S.S.Y., (2004). "Daytime Urban Heat Island Effect in High-Rise And High-Density Residential Developments in Hongkong", *Energy and Buildings*, 36(6:525-534).
- [204] Sugawara, H., Narita, K. ve Mikami, T., (2001). "Estimation of Effective Thermal Property Parameter on a Heterogeneous Urban Surface", *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 79(6:1169-1181).
- [205] Grimmond, C. S. B. ve Oke, T. R., (1999). "Aerodynamic Properties of Urban Areas Derived from Analysis of Surface Form", *Journal of Applied Meteorology*, 38:1262-1292.
- [206] Stone, B. ve Norman, J.M., (2006). "Land Use Planning and Surface Heat Island Formation: A Parcel-Based Radiation Flux Approach", *Atmospheric Environment* 40:3561-3573.
- [207] Kalaycı, Ş., (2008). *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti., ISBN:975-9091-14-3.
- [208] Bonan, G., (2002). *Ecological Climatology*, Cambridge University Press ISBN: 0521804760, August 2002.
- [209] Assis, E.S., ( 2003). "Integrating Predictive Methods in Urban Climatology and in Architecture for Planning Thermal Comfort in Urban Design: A Case Study of the Tropical City of Belo Horizonte, Brazil". ICUC-5, Lodz, Poland.
- [210] Oke, T.R, Spronken-Smith R. A., Jauregui, E. ve Grimmond, C. S. B., (1999). "The Energy Balance of Central Mexico City During the Dry Season", *Atmospheric Environment*, 33:3919-3930.
- [211] City Mayors, <http://www.citymayors.com/statistics/largest-cities-mayors-1.html> , 12 Aralık 2012.
- [212] Sun, C-Y., Kato, S., Sung, W.P, Lin, H-T., Wang, F-J. ve Ou, W.S., (2009). "A Thermal Environment Investigation of the Urban Street Canyon in a Hot and Humid City, Taichung City, Taiwan", *The seventh International Conference on Urban Climate*, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.
- [213] Yılmaz, T., (2008). *Büyükesat Vadisi'nin Kent Peyzajı ve Tasarımı Kapsamında İncelenmesi*, Ankara Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Doktora Tezi.

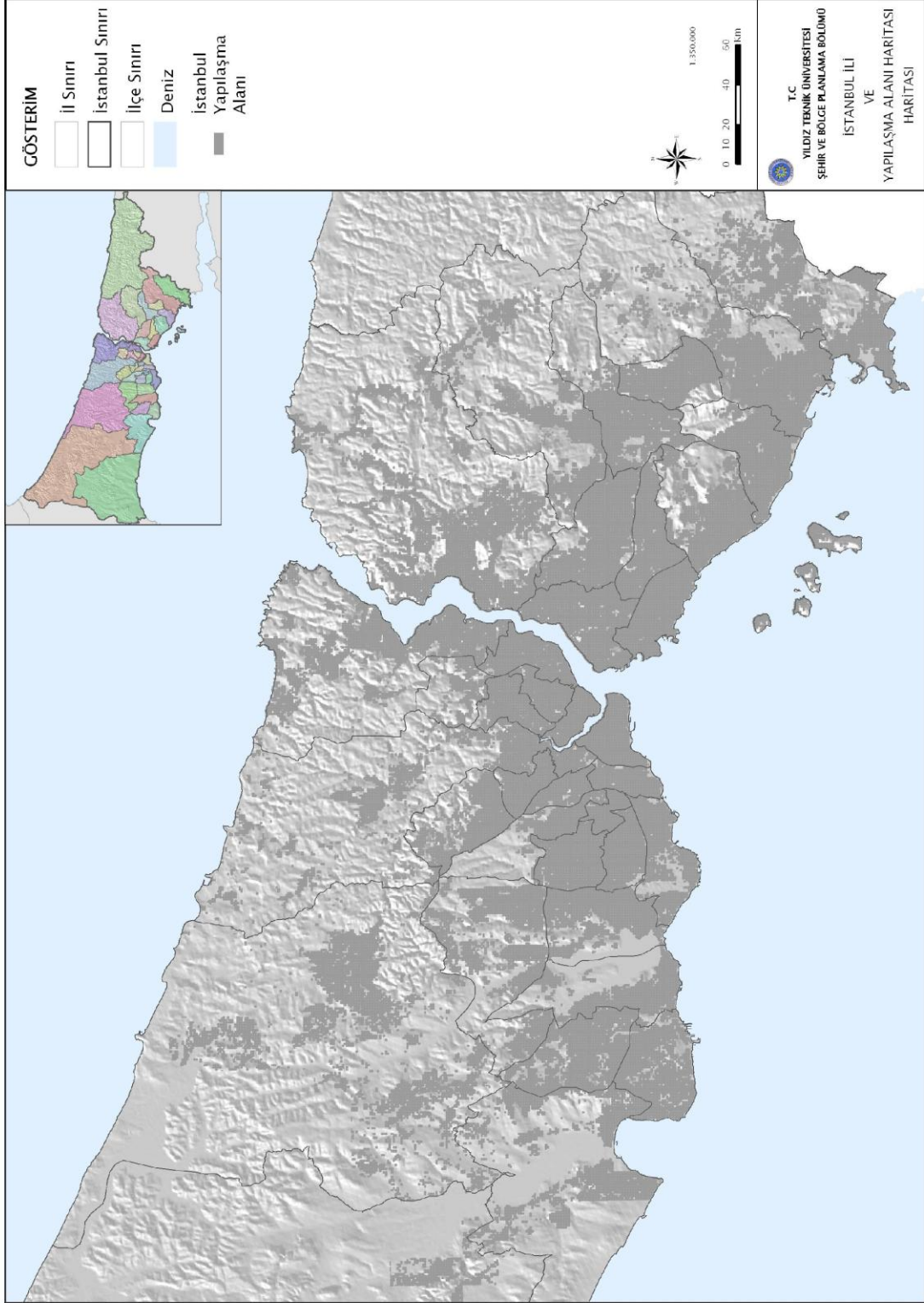
- [214] McDonnell, M.J. ve Pickett, S.T.A. (1990). "Ecosystem Structure and Function along Urban-Rural Gradients: an Unexploited Opportunity for Ecology", *Ecology* 71:1232-1237.
- [215] Williams, E.R.A., (2000). "Environmental Planning for Sustainable Urban Development", Caribbean Water and Wastewater Association 9th Annual Conference & Exhibition at Chaguaramas, Trinidad, 2 - 6 October 2000.
- [216] Dietrich, R.J., (1990). "Biological and Ecological Factors in Urban Built Environment: Recent Research and Practice in West Germany", *The Statistician*, 39:185-190.
- [217] Tippet, J., (2010). "Going Beyond the Metaphor of the Machine: Complexity and Participatory Ecological Design", *A Planner's Encounter with Complexity-New Directions in Planning Theory*, Edited by Roo G., Silva A., Ashgate Publishing Limited, ISBN: 978-1-4094-0265-7, UK.
- [218] Zipperer, W.C., Wu, J., Pouyat, R.V. ve Pickett, S.T.A., (2000). "The Application of Ecological Principles to Urban and Urbanizing Landscapes", *Ecological Applications*, 10(3:685-688).
- [219] Molina M. J. and Molina L. T.; (2004). "Megacities and Atmospheric Pollution", ISSN 1047-3289 *Journal of the Air & Waste Management Association* 54:644-680.
- [220] Grimmond C.S.B., (2011). "Climate and Cities", Atmospheric Observation Panel For Climate, Geneva, Switzerland, 7 -1 February 2011.
- [221] Tanaka, T., Ogasawara, T., Koshi, H., Yoshida, S., Sadohara, S. ve Moriyama M., (2009). "Urban Environmental Climate Maps for Supporting Urban-Planning Related Work of Local Governments in Japan: Case Studies of Yokohama and Sakai", *Conference on Urban Climate*, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.
- [222] Göksu, Ç., (2008). *Küresel Isınma ve Türkiye'nin Güneş Projeleri*, Güncel Yayıncılık, ISBN 978-9944-84-015-6, Ocak 2008, İstanbul.
- [223] Talu, N., (2006). *Yerel Çevre Eylem Planları - Türkiye Strateji Raporu*, Bölgesel Çevre Merkezi REC Türkiye, ISBN: 975-6180-08-0, Mart 2006, Ankara.
- [224] Uzmen, R., (2007). *Küresel Isınma ve İklim Değişikliği*, Bilge Kültür Sanat, s.52.
- [225] Alver Şahin, Ü., *Meteoroloji, Atmosferde Duman Hüzmesinin Hareketi ve Dispersiyon*, <http://www.ulkusahin.info/varliklar/havakirlenmesi/sunum6.pdf>, 12 Ocak 2013.

**EK-A**

---

**HARİTALAR**

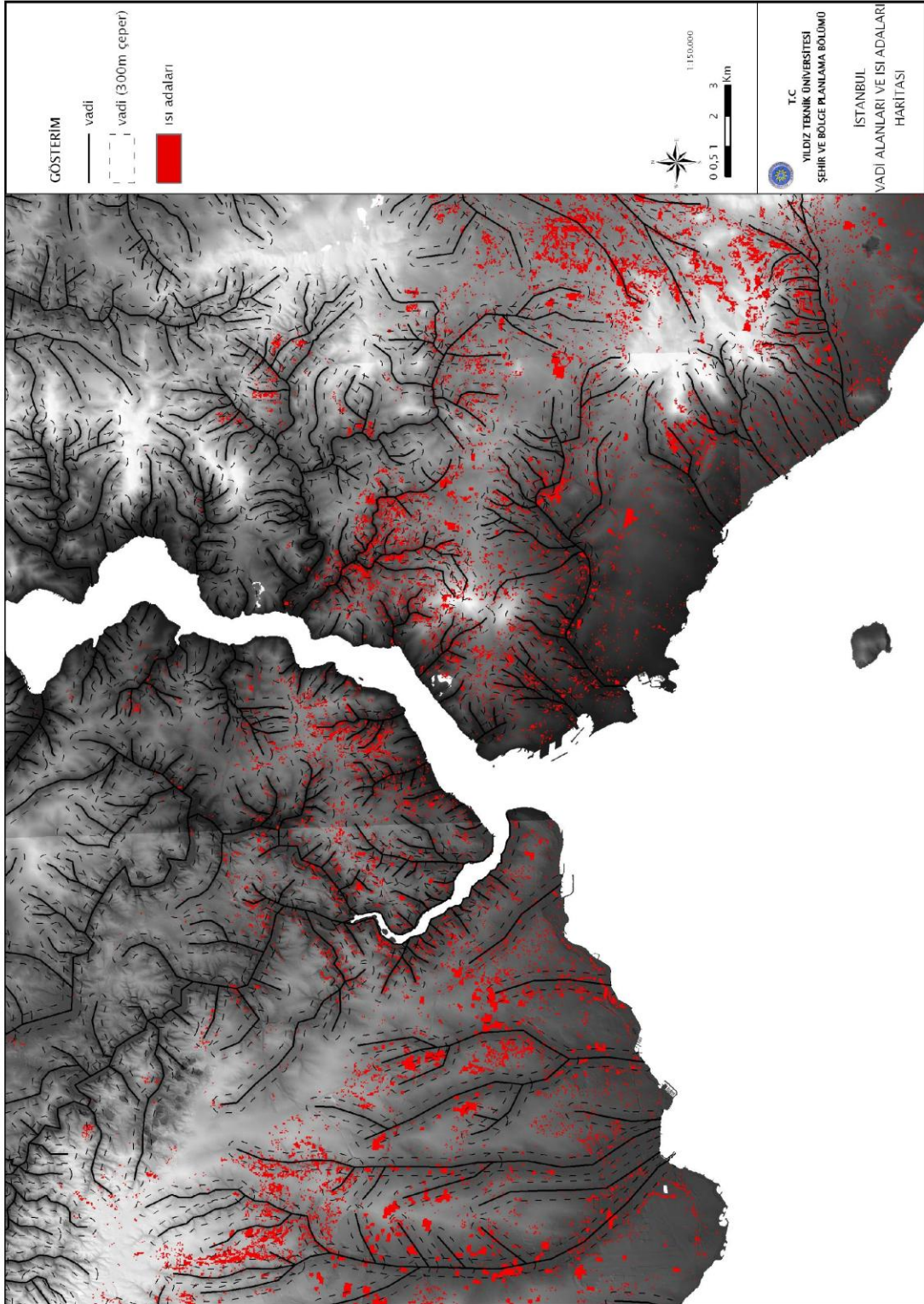
## A-1 Çalışma Alanı Haritası



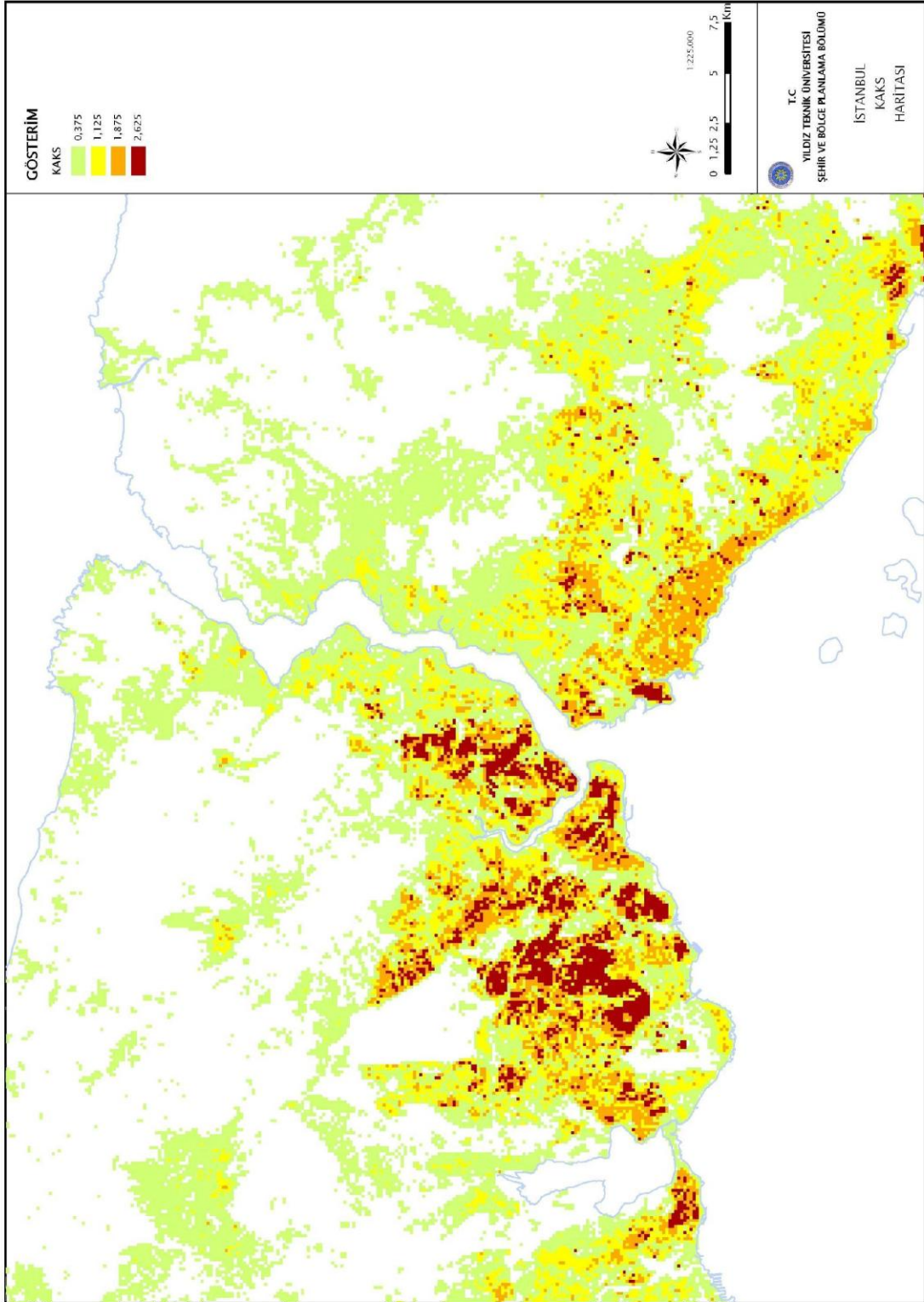




## A-4 İstanbul İli Vadi Alanları ve Isı Adaları Haritası

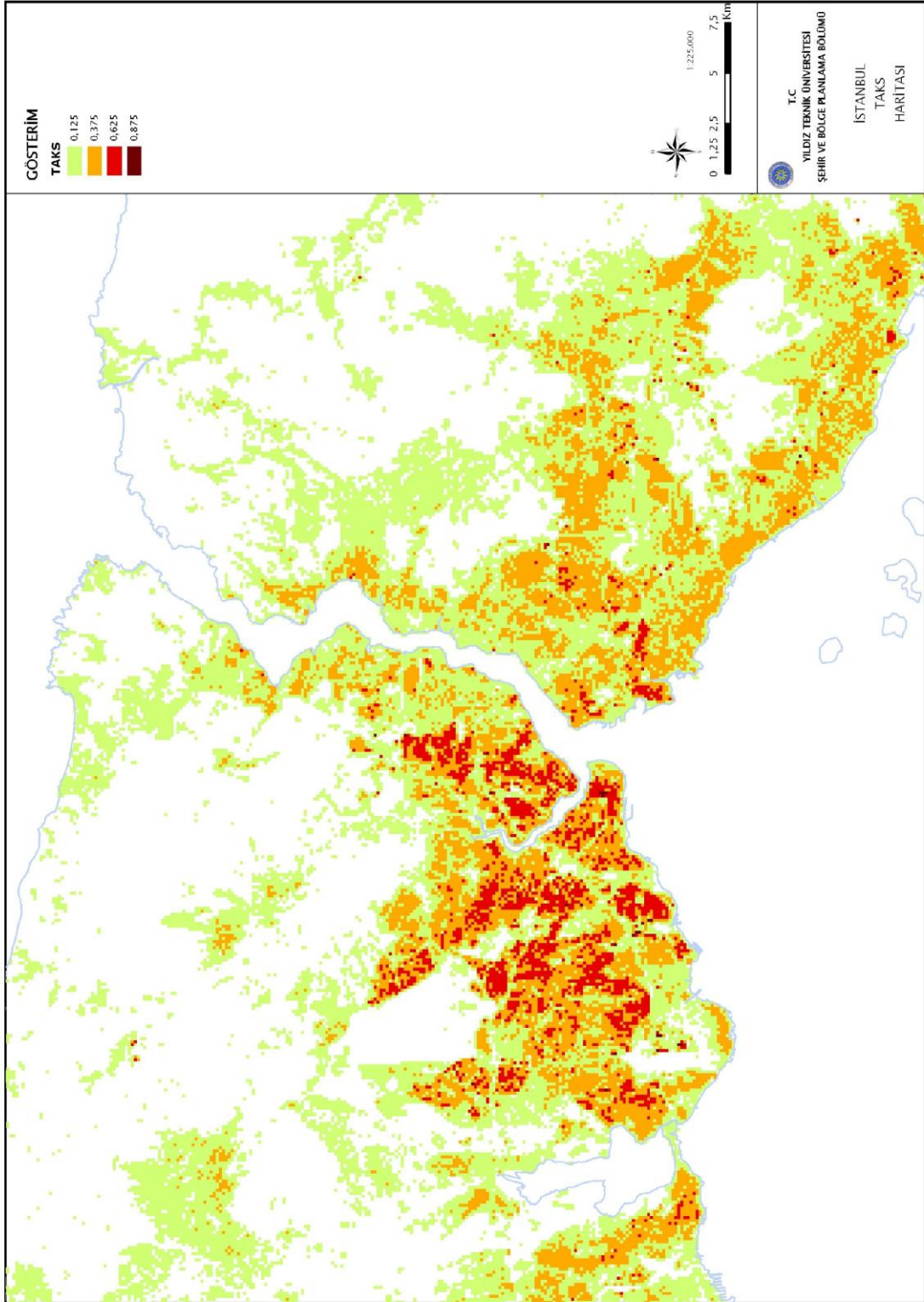


## A-5 İstanbul İli KAKS Haritası

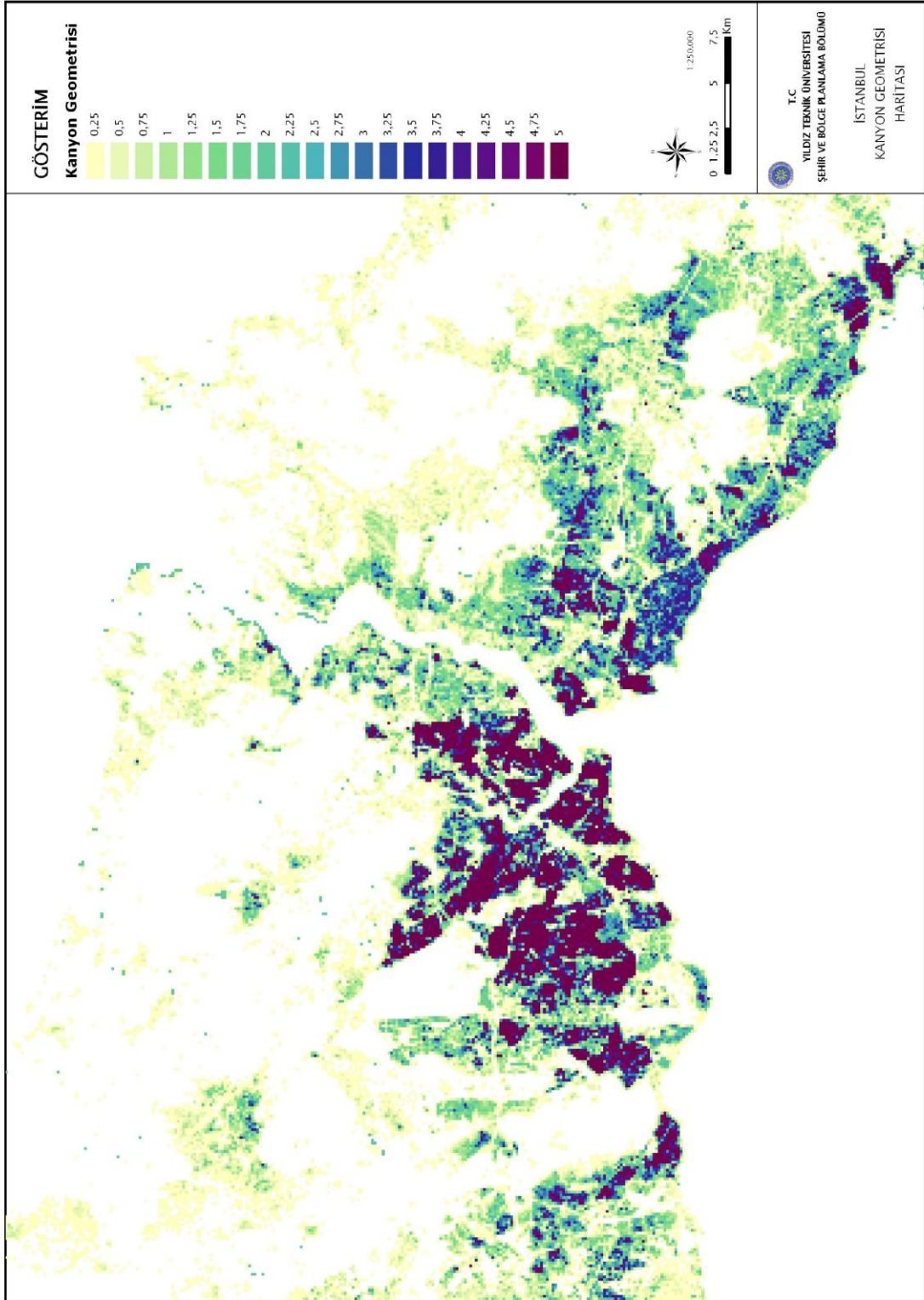




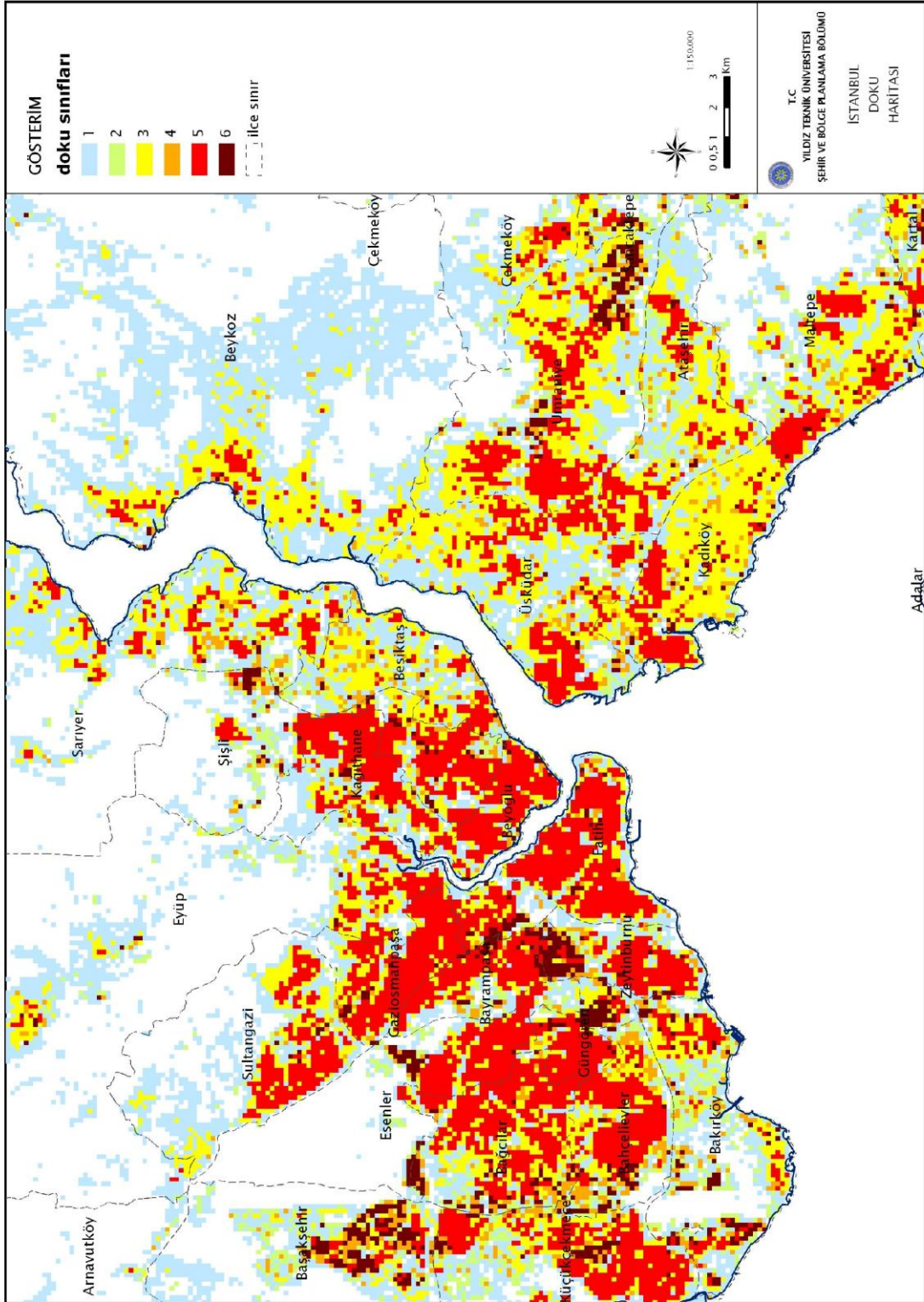
## A-6 İstanbul İli TAKS Haritası



## A-7 İstanbul İli Kanyon Geometrisi Haritası



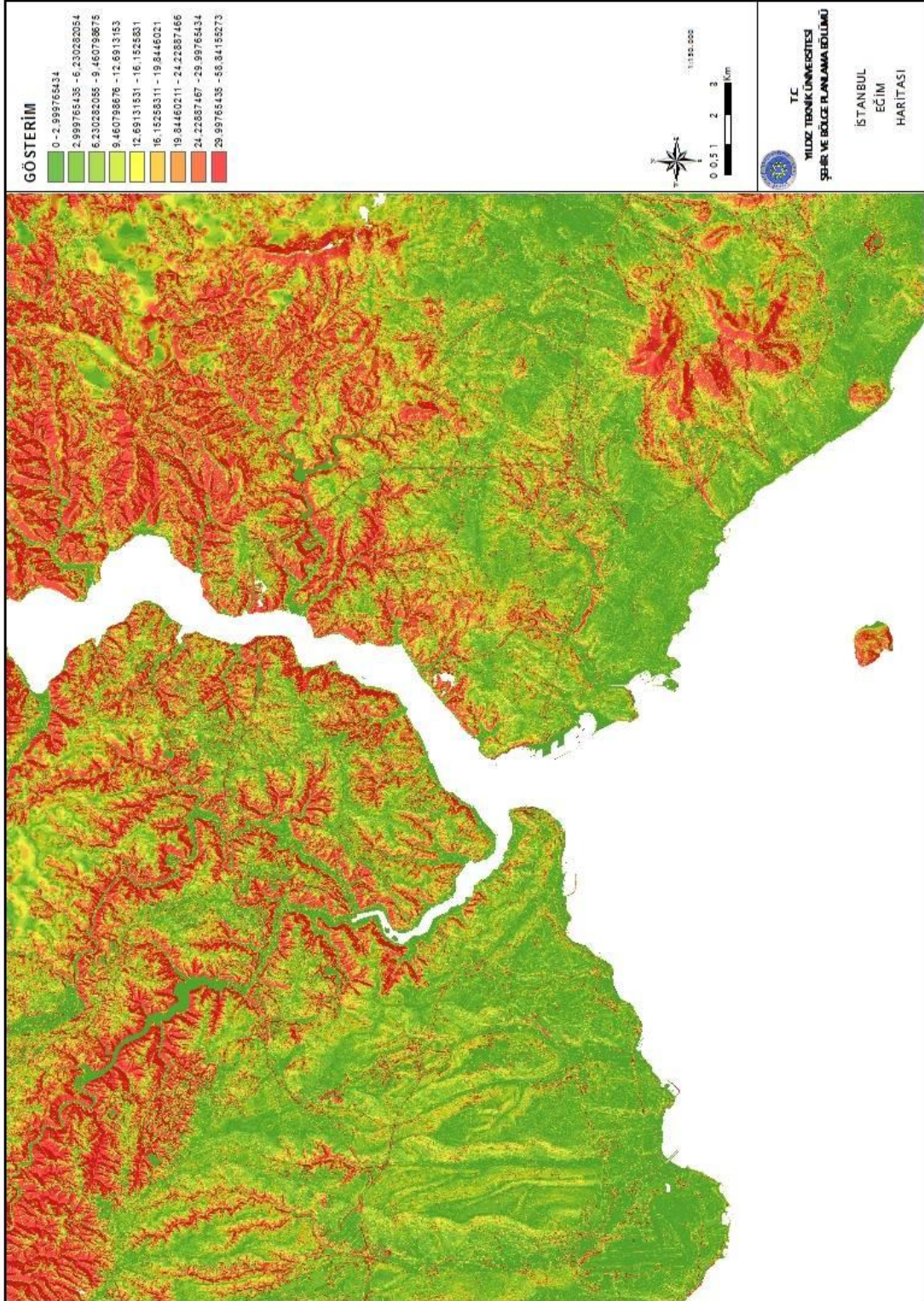
## A-8 İstanbul İli Doku Haritası



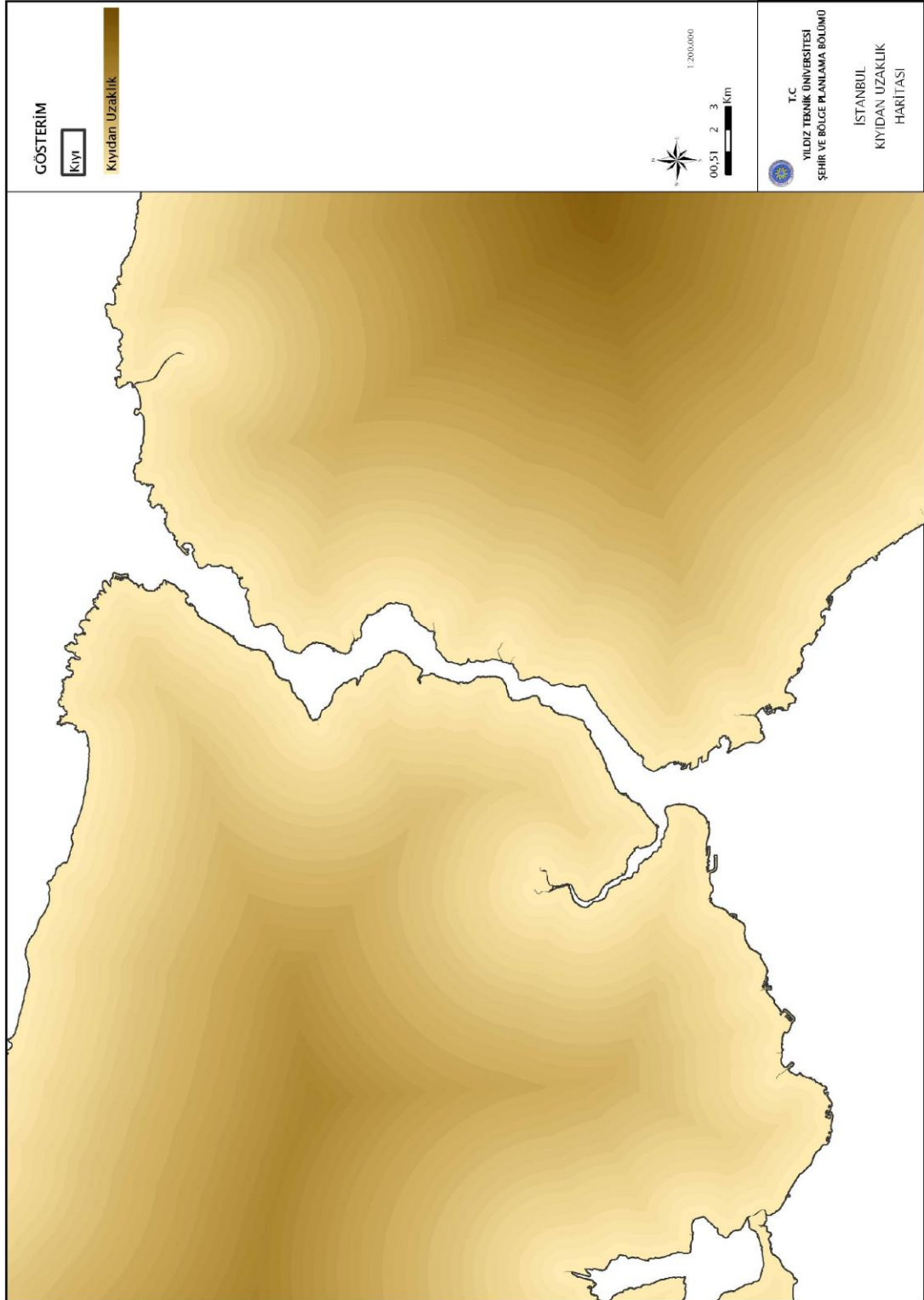
## A-9 İstanbul İli Albedo Haritası



## A-10 İstanbul İli Eğim Haritası



## A-11 İstanbul İli Kıydan Uzaklık Haritası

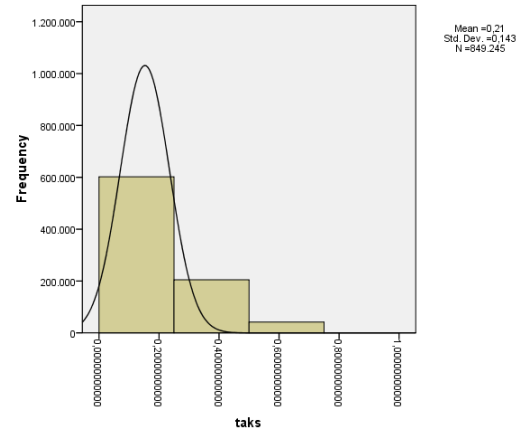
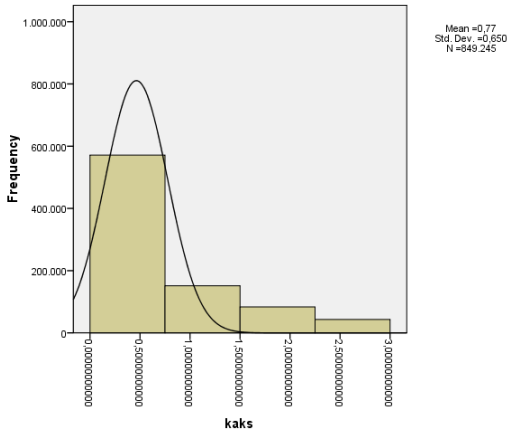
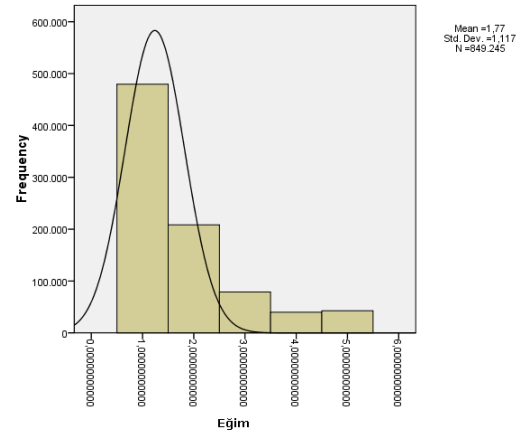
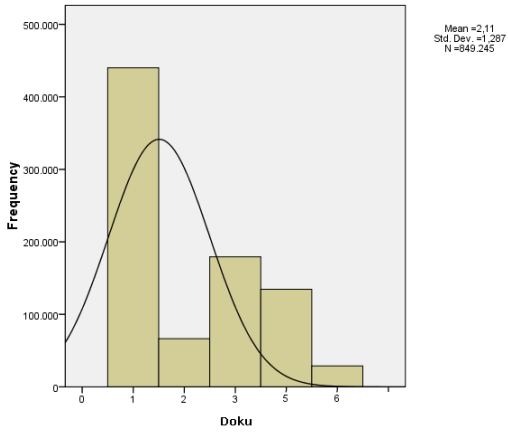
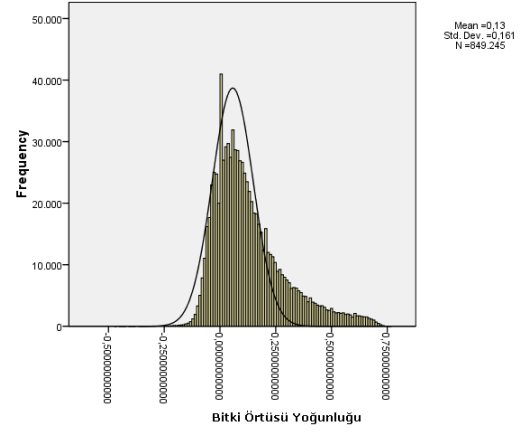
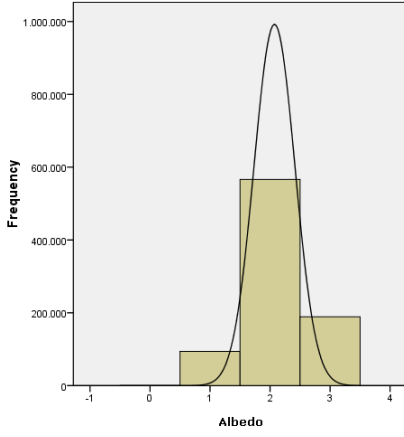


**EK-B**

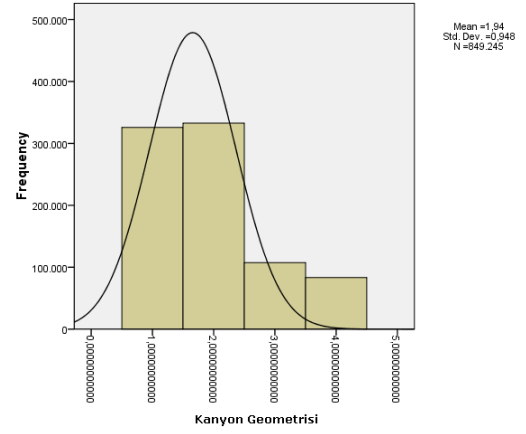
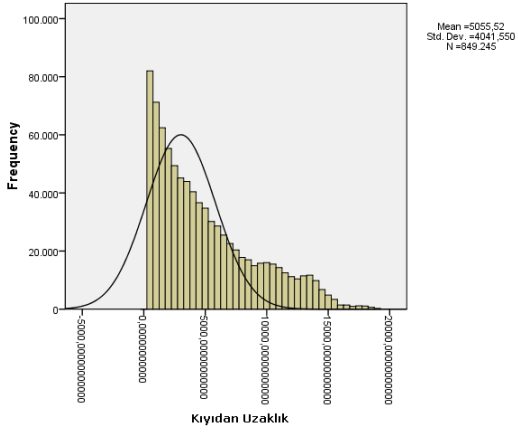
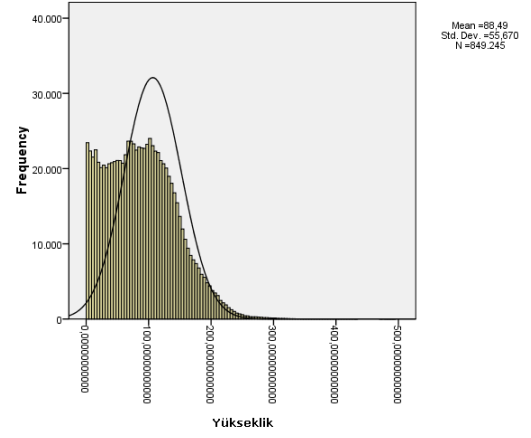
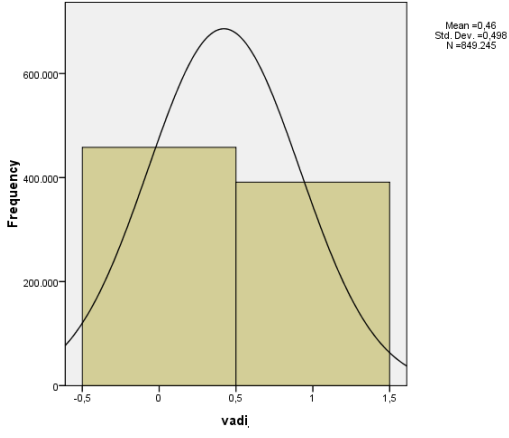
---

**ANALİZLER**

## B-1 Değişkenlerin Normal Dağılım Grafikleri







## B-2 Değişkenlerin Korelasyon Katsayıları \*\*

Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

	ndvi	kaks	taks	Doku	kanyon geo.	vadi	egim	yükseklik	Albedo	Kıydan uzaklık
ndvi	1	-,383** ,000	-,371** ,000	-,427** ,000	-,411** ,000	,122** ,000	,312** ,000	,080** ,000	-,158** ,000	,112** ,000
kaks	-,383** ,000	1	,811** ,000	,783** ,000	,907** ,000	-,080** ,000	-,162** ,000	-,146** ,000	-,168** ,000	-,214** ,000
taks	-,371** ,000	,811** ,000	1	,830** ,000	,843** ,000	-,044** ,000	-,117** ,000	-,113** ,000	-,137** ,000	-,190** ,000
doku	-,427** ,000	,783** ,000	,830** ,000	1	,844** ,000	-,050** ,000	-,136** ,000	-,107** ,000	-,098** ,000	-,213** ,000
kanyon geo.	-,411** ,000	,907** ,000	,843** ,000	,844** ,000	1	-,058** ,000	-,136** ,000	-,151** ,000	-,170** ,000	-,243** ,000
vadi	,122** ,000	-,080** ,000	-,044** ,000	-,050** ,000	-,058** ,000	1	,170** ,000	-,123** ,000	-,038** ,000	,072** ,000
egim	,312** ,000	-,162** ,000	-,117** ,000	-,136** ,000	-,136** ,000	,170** ,000	1	,088** ,000	-,121** ,000	-,058** ,000
yükseklik	,080** ,000	-,146** ,000	-,113** ,000	-,107** ,000	-,151** ,000	-,123** ,000	,088** ,000	1	,159** ,000	,465** ,000
albedo	-,158** ,000	-,168** ,000	-,137** ,000	-,098** ,000	-,170** ,000	-,038** ,000	-,121** ,000	,159** ,000	1	,225** ,000
kıydan uzaklık	,112** ,000	-,214** ,000	-,190** ,000	-,213** ,000	-,243** ,000	,072** ,000	-,058** ,000	,465** ,000	,225** ,000	1

İlişki durumu	çok zayıf	zayıf	orta	yüksek	çok yüksek
---------------	-----------	-------	------	--------	------------

### B-3 Doku Parametresine Göre Doğrusal Regresyon Analizi

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,477 <sup>a</sup>	,228	,228	3,0391221242668 8E0

a. Predictors: (Constant), Doku, Vadi, Albedo, Yükseklik, Eğim, NDVI, Kıydan Uzaklık

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2314913,091	7	330701,870	35804,725	,000 <sup>a</sup>
	Residual	7843776,524	849237	9,236		
	Total		849244			

a. Predictors: (Constant), Doku, Vadi, Albedo, Yükseklik, Eğim, NDVI, Kıydan Uzaklık

b. Dependent Variable: tsurf

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	41,698	,018		2349,670	,000
	ndvi	-9,172	,024	-,427	-378,208	,000
	vadi	,418	,007	,060	60,595	,000
	Kıydan uzaklık	5,788E-5	,000	,068	59,454	,000
	Albedo	,161	,006	,026	25,987	,000
	Yükseklik	,005	,000	,078	69,653	,000
	Eğim	-,183	,003	-,059	-56,998	,000
	Doku	,123	,002	,057	52,745	,000

a. Dependent Variable: tsurf

## B-4 TAKS Parametresine Göre Doğrusal Regresyon Analizi

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,476 <sup>a</sup>	,227	,227	3,04087788134018E0

a. Predictors: (Constant), eğim, kıydan uzaklık, vadi, taks, albedo, NDVI, yükseklik

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2305847,484	7	329406,783	35623,335	,000 <sup>a</sup>
	Residual	7852842,132	849237	9,247		
	Total	1,016E7	849244			

a. Predictors: (Constant), eğim, kıydan uzaklık, vadi, taks, albedo, NDVI, yükseklik

b. Dependent Variable: tsurf

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	41,784	,018		2337,643	,000
	ndvi	-9,331	,024	-,434	-392,744	,000
	TAKS	1,084	,026	,045	42,408	,000
	vadi	,422	,007	,061	61,155	,000
	Kıydan uzaklık	5,485E-5	,000	,064	56,580	,000
	Albedo	,160	,006	,026	25,707	,000
	yukseklık	,005	,000	,079	70,847	,000
	egim	-,185	,003	-,060	-57,627	,000

a. Dependent Variable: tsurf

## B-5 KAKS Parametresine Göre Doğrusal Regresyon Analizi

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,475 <sup>a</sup>	,226	,226	3,04275924418759E0

a. Predictors: (Constant), KAKS, vadi, albedo, yükseklik, eğim, NDVI, kıydan uzaklık

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2296127,517	7	328018,217	35429,317	,000 <sup>a</sup>
	Residual	7862562,099	849237	9,258		
	Total	1,016E7	849244			

a. Predictors: (Constant), KAKS, vadi, albedo, yükseklik, eğim, NDVI, kıydan uzaklık

b. Dependent Variable: tsurf

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	41,924	,018		2334,880	,000
	ndvi	-9,457	,024	-,440	-397,059	,000
	vadi	,430	,007	,062	62,188	,000
	kıydan uzaklık	5,354E-5	,000	,063	55,152	,000
	albedo	,149	,006	,024	23,817	,000
	yükseklik	,005	,000	,080	71,450	,000
	eğim	-,182	,003	-,059	-56,642	,000
	KAKS	,157	,006	,030	27,319	,000

a. Dependent Variable: tsurf

## B-6 Kanyon Geometrisi Parametresine Göre Doğrusal Regresyon Analizi

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,477 <sup>a</sup>	,227	,227	3,0402063911538 0E0

a. Predictors: (Constant), Kanyon Geometrisi, Vadi, Albedo, Yükseklik, Eğim, NDVI, Kıyıda Uzaklık

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2309315,248	7	329902,178	35692,671	,000 <sup>a</sup>
	Residual	7849374,367	849237	9,243		
	Total	1,016E7	849244			

a. Predictors: (Constant), Kanyon Geometrisi, Vadi, Albedo, Yükseklik, Eğim, NDVI, Kıyıda Uzaklık

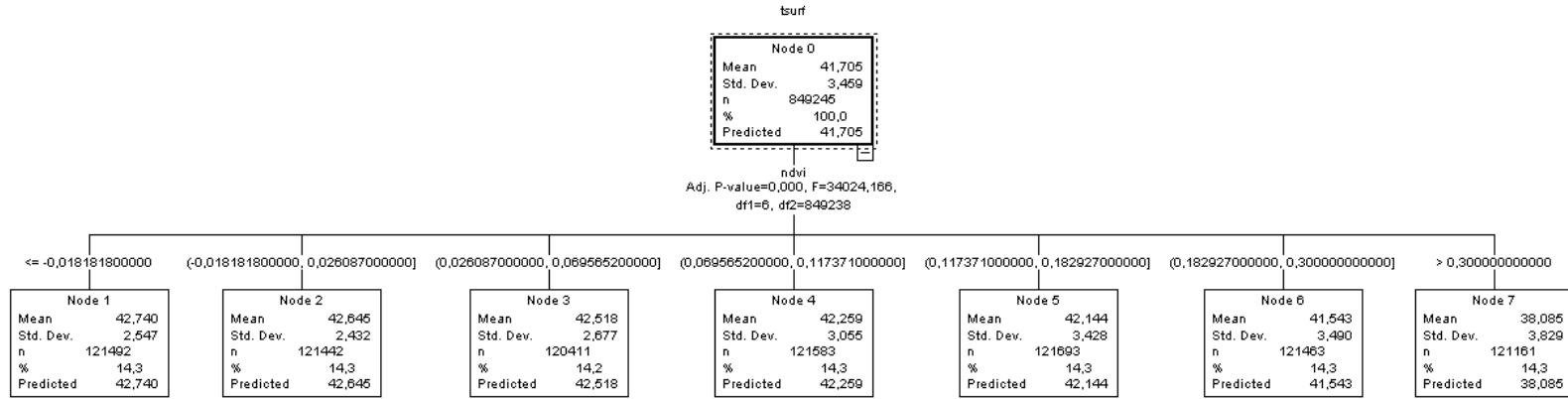
b. Dependent Variable: tsurf

Coefficients<sup>a</sup>

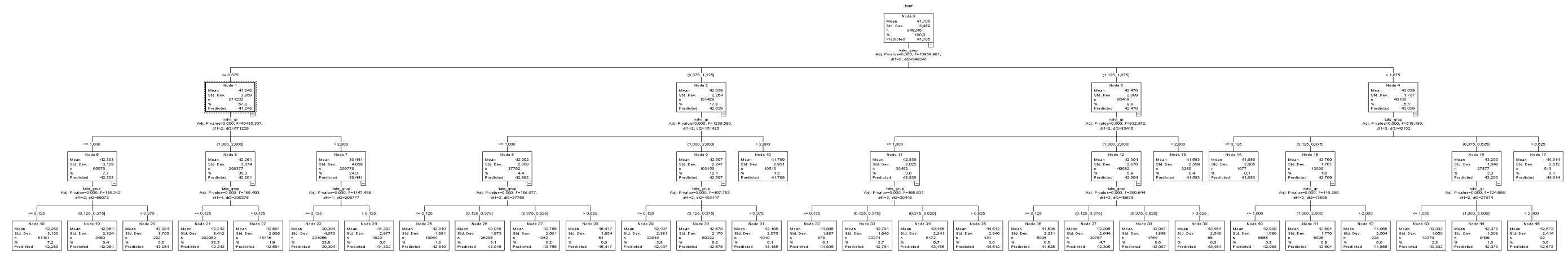
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	41,781	,017		2392,501	,000
	ndvi	-9,240	,024	-,430	-381,801	,000
	vadi	,424	,007	,061	61,490	,000
	kıyıda uzaklık	5,707E-5	,000	,067	58,597	,000
	albedo	,176	,006	,029	28,118	,000
	yükseklik	,005	,000	,080	71,424	,000
	egim	-,182	,003	-,059	-56,866	,000
	kanyon geo.	,116	,002	,051	46,630	,000

a. Dependent Variable: tsurf

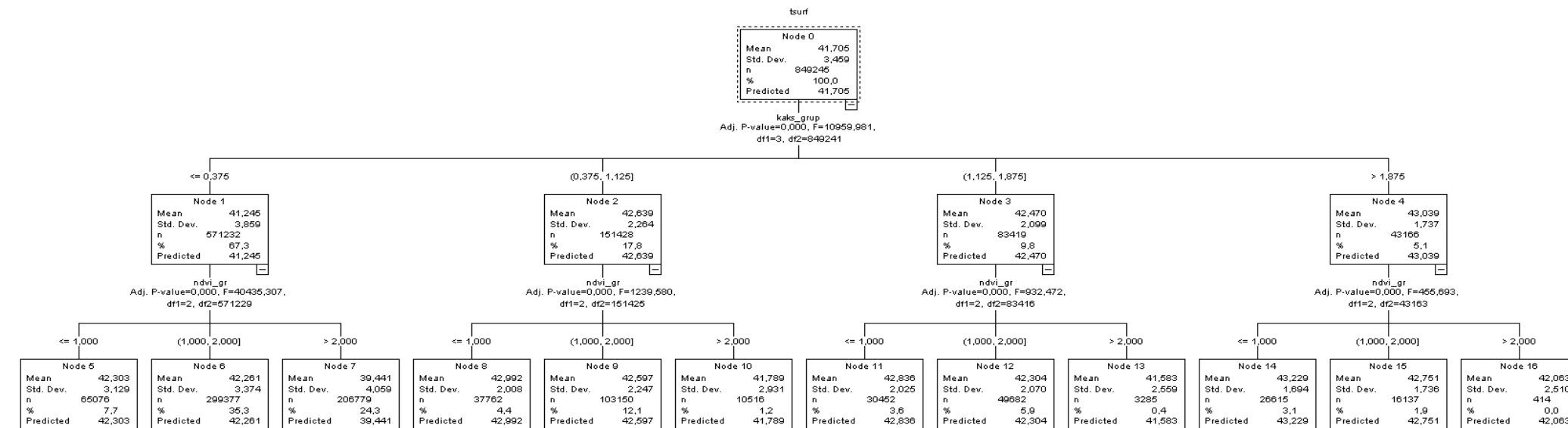
## B-7 Bitki Örtüsünün Sıcaklık Üzerine Etkisinin Kümeleme Analiziyle Modellenmesi



## B-8 TAKS, KAKS ve NDVI'ın Sıcaklık Üzerine Etkisinin Kümeleme Analiziyle Modellenmesi

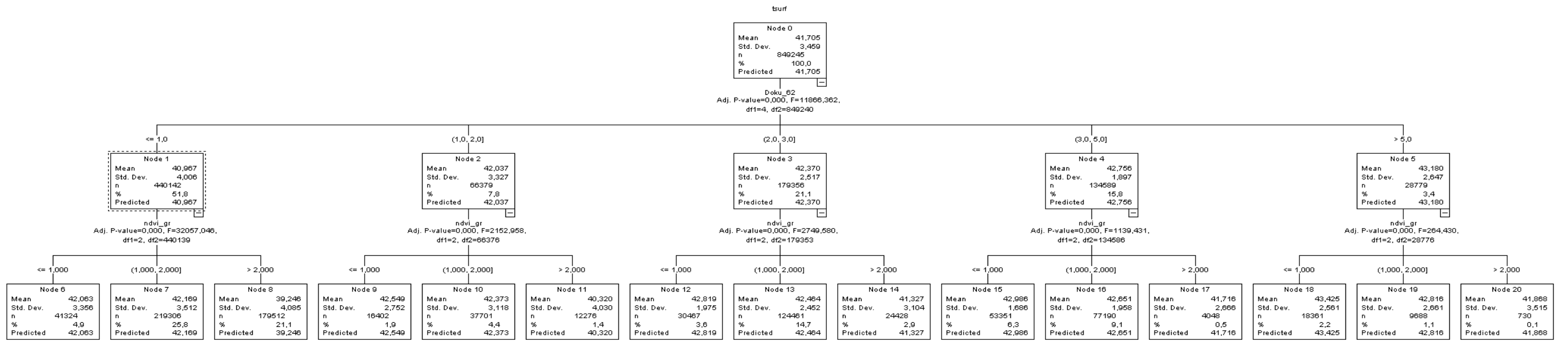


## B-9 KAKS ve NDVI'ın Sıcaklık Üzerine Etkisinin Kümeleme Analiziyle Modellenmesi

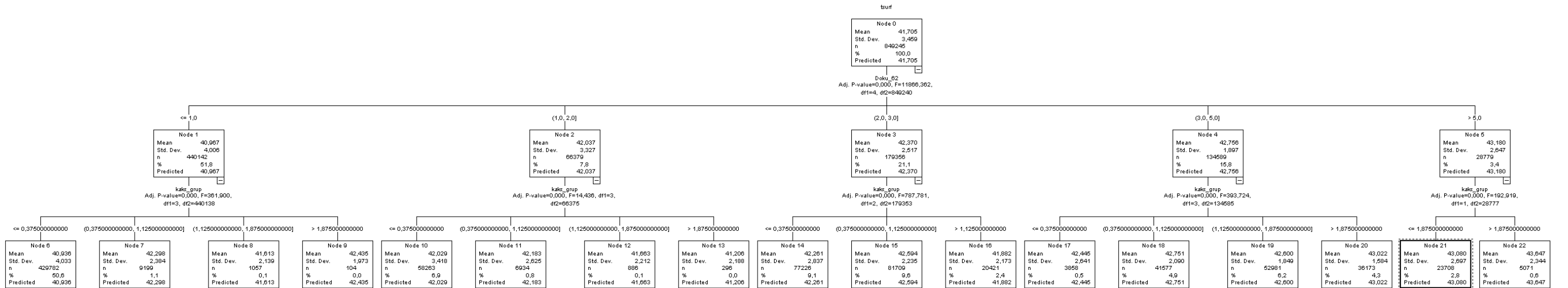




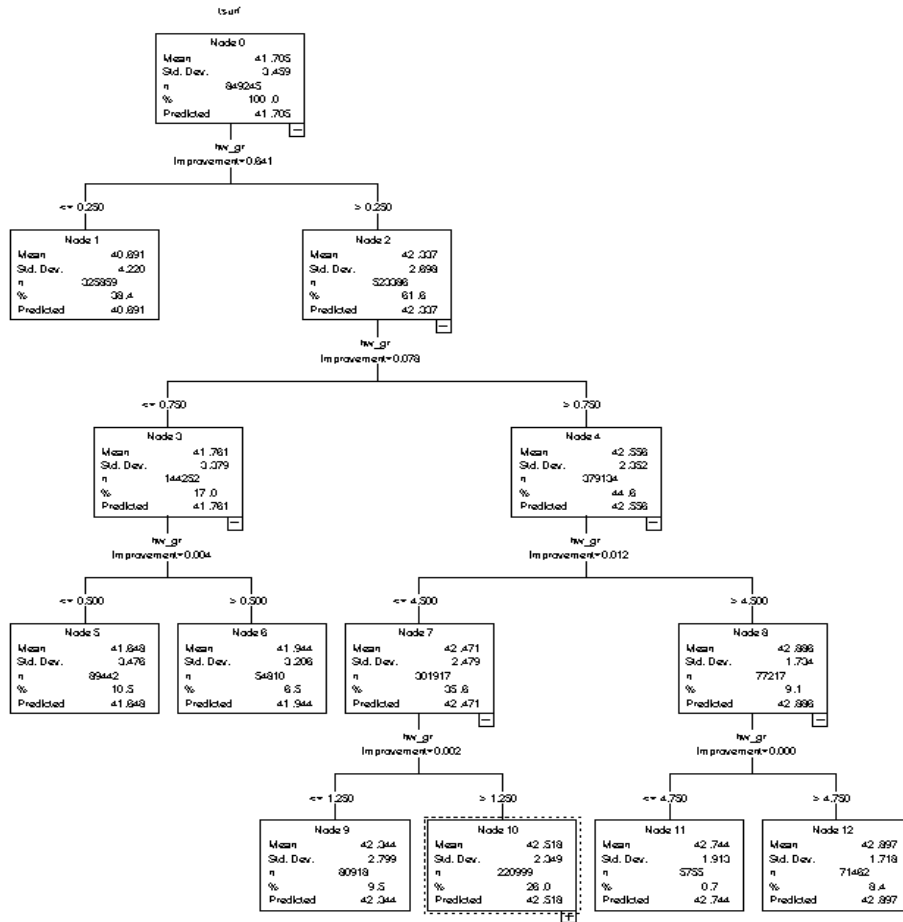
## B-10 Doku ve NDVI'nin Sıcaklık Üzerine Etkisinin Kümeleme Analiziyle Modellenmesi



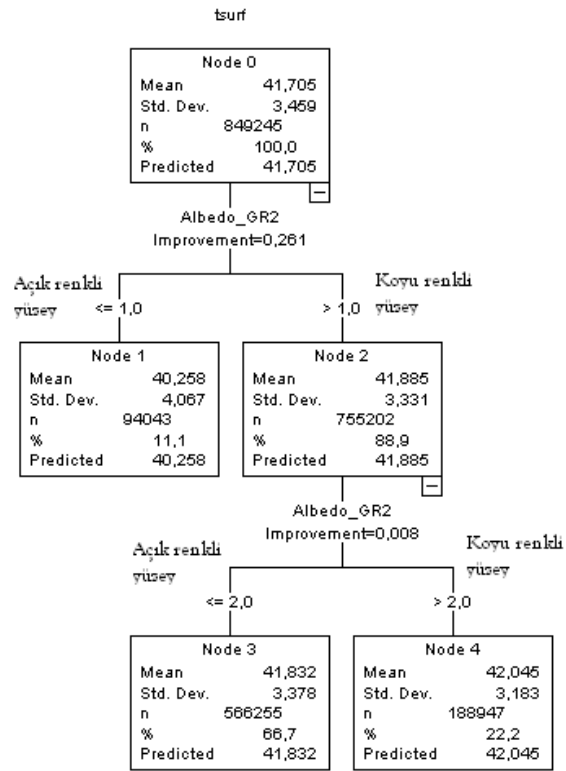
## B-11 Doku ve KAKS'ın Sıcaklık Üzerine Etkisinin Kümeleme Analiziyle Modellenmesi



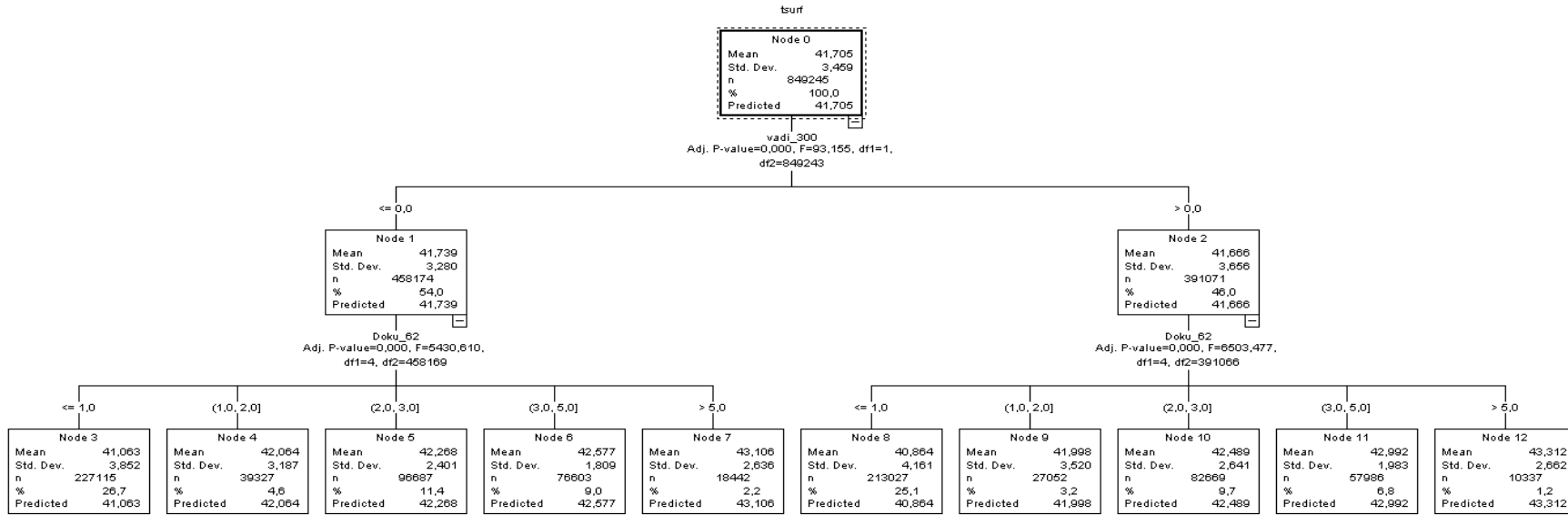
## B-12 Kanyon Geometrisinin Sıcaklık Üzerine Etkisinin Kümeleme Analiziyle Modellenmesi



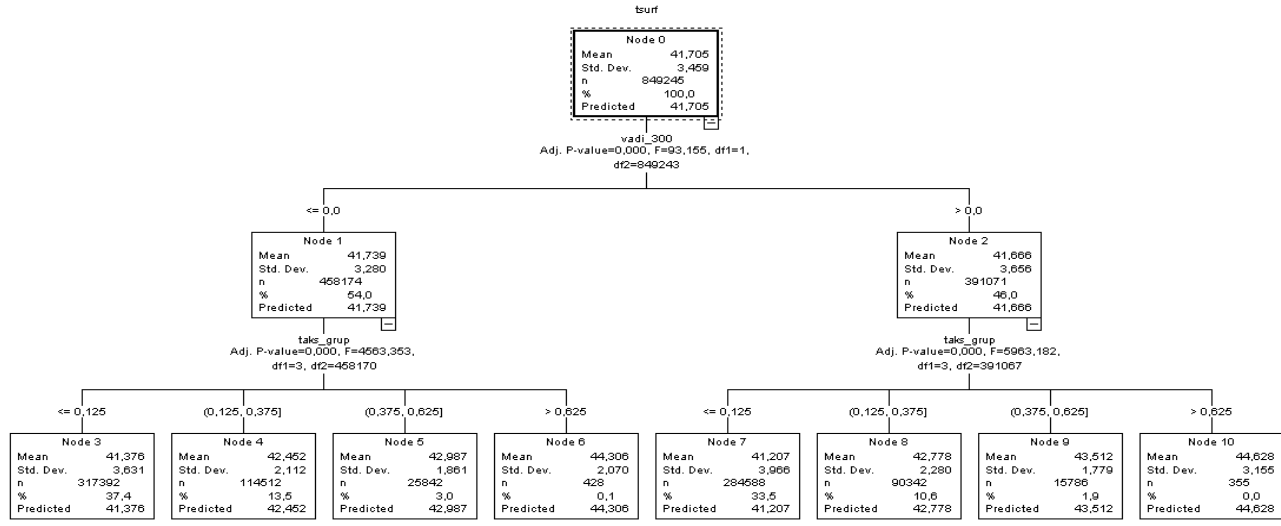
## B-13 Albedonun Sıcaklık Üzerine Etkisinin Kümeleme Analiziyle Modellenmesi



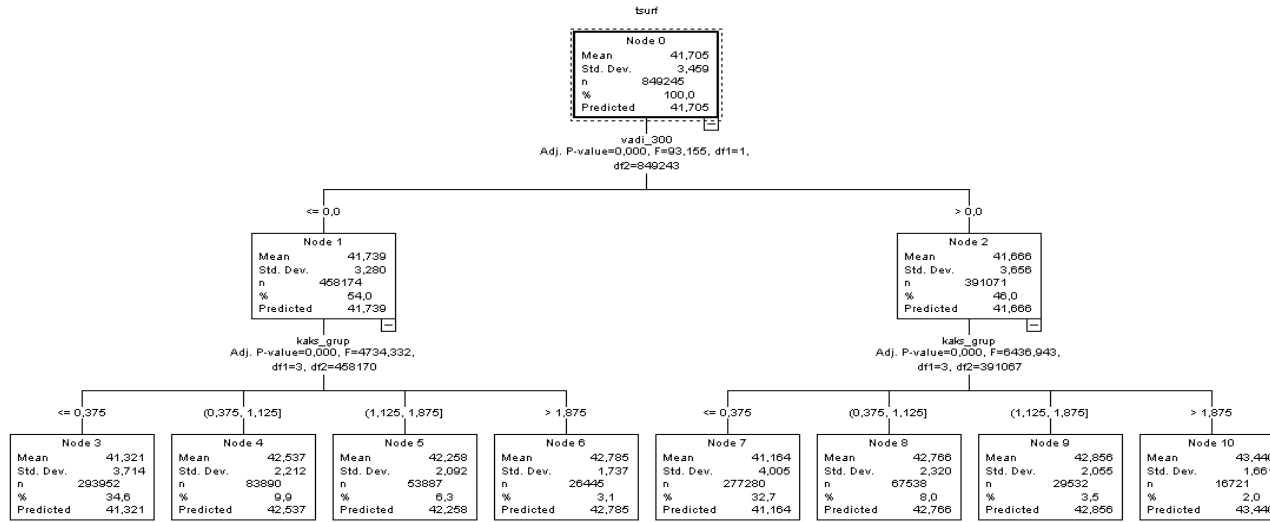
## B-14 Vadi İçlerinde Bulunan Doku Tiplerinin Sıcaklık Üzerine Etkisinin Kümeleme Analiziyle Modellenmesi



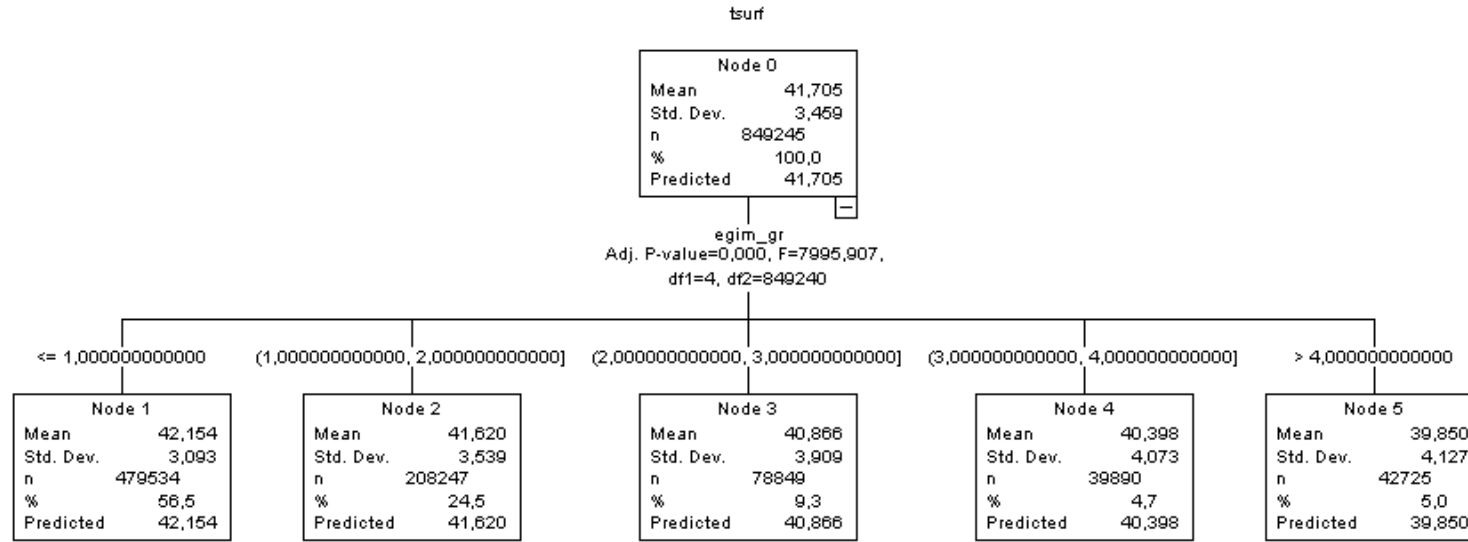
## B-15 Vadi İçlerinde Bulunan TAKS Sınıflarının Sıcaklık Üzerine Etkisinin Kümeleme Analiziyle Modellenmesi



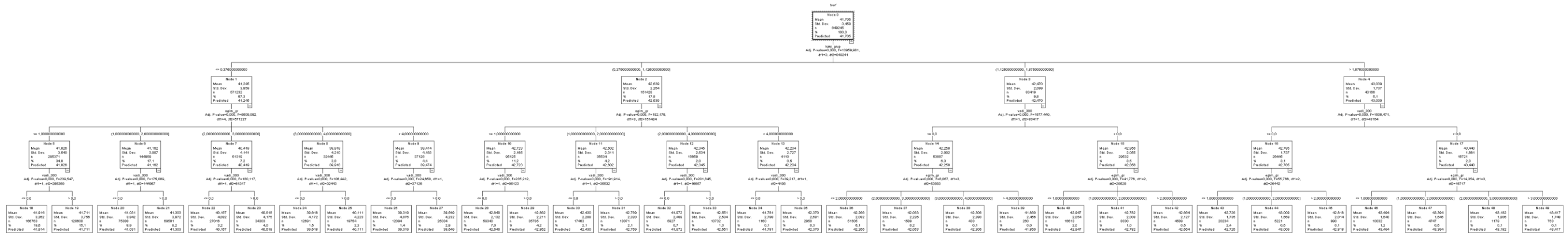
## B-16 Vadi İçlerinde Bulunan KAKS Sınıflarının Sıcaklık Üzerine Etkisinin Kümeleme Analiziyle Modellenmesi



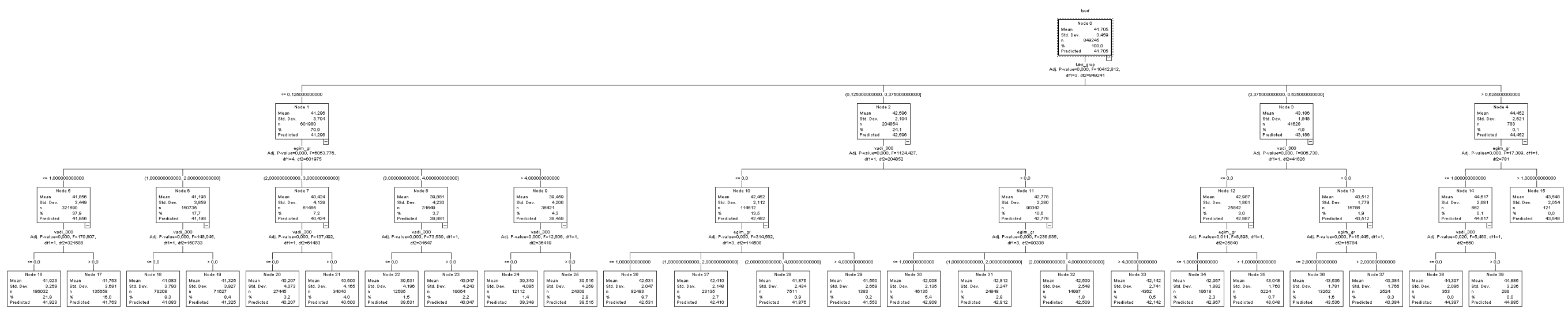
## B-17 Eğimin Sıcaklık Üzerine Etkisinin Kümeleme Analiziyle Modellenmesi



## B-18 Vadi Alanlarında Eğim ve KAKS'ın Birlikte Değerlendirilerek Sıcaklık Üzerine Etkisinin Kümeleme Analiziyle Modellenmesi



## B-18 Vadi Alanlarında Eğim ve TAKS'ın birlikte değerlendirilerek Sıcaklık Üzerine Etkisinin Kümeleme Analiziyle Modellenmesi





---

## SÖZLÜK

**Antisiklonik hava koşulları:** Yüksek atmosferik basınç merkezi altındaki hava koşullarıdır.

**Atmosferik radyasyon:** Su buharı damlacıkları, bulutlar, kirlilik ve toz gibi atmosferde bulunan partiküllerin yaydığı ısıdır.

**Bağıl nem:** Havada bulunan su buharı miktarının doygun haldeki durumuna göre %100 oranıdır [50].

**Bowen oranı:** Belli bir yere gelen enerjinin sezilebilir sıcaklık ve gizil sıcaklık halinde yüzeyden atmosfere dönme oranıdır.

Bowen oranı ( $\beta$ ) =  $H/LE$ 'dir.

Burada H: Sezilebilir sıcaklık yayılması, LE: Gizil sıcaklık yayılmasıdır.

$\beta < 0.1$  su yüzeyinde,  $\beta > 10$  çöl yüzeyinde.1 değerini aştığında, sezilebilir sıcaklık hakim duruma geçer; gizil sıcaklık ise  $< 1$  olduğunda meydana gelmektedir.

Nemli yere gelen enerjinin büyük bölümü suyun buharlaşmasına, kuru yere gelen enerjinin tamamı ise sezilebilir sıcaklığa harcanır [50].

**Eddy korelasyonu yöntemi:** Düşey rüzgar hızındaki kısa dönemli dalgalanmaların ve rasgele seçilmiş bazı düzeylerdeki su buharının ölçülmesiyle buharlaşma tahmini yapılan yöntem [112].

**Evapotranspirasyon:** Evaporasyon ve transpirasyon kelimelerinin birleşmesinden oluşan terim, bitkinin buharlaşma ve terleme ile birlikte toplam su kaybını ifade etmektedir. Aktüel ve potansiyel evapotranspirasyon olmak üzere ikiye ayrılır.

**Gizil ısı:** Herhangi bir madde, katı halden sıvı hale (sıvılaşma) ve sıvı halden buhar haline (buharlaşma) geçerken sıcaklığı değişmemesine rağmen belirli bir miktar ısı yutar; her maddeye özgü bir değer olan "hal değiştirme ısısına" gizil ısı denir [224].

**Güneş radyasyonu:** Güneşten uzaya yayılan radyasyondur.

**Hakim rüzgar:** Herhangi bir yerde, belirli bir yönden yüksek frekansla esen rüzgardır [50].

**Hissedilir ısı:** Yerden atmosfere verilen ısıdır.

**Konveksiyon:** Sıvı ve gazların alttan ısınmasıyla ya da ısıtılmasıyla hacminin genişleyerek yoğunluğunun düşmesi sonucu dikey yönde yükselmeye uğramasıdır [50].

**Makro ölçek:** Yerküre üzerinde ekvator ve kutuplar arasında oluşan sıcaklık gradyanı yerkürenin dönme hareketinin de etkisiyle hava kütlelerini hareket ettirir. Bu kapsamın incelenme ölçeği makro ölçektir [225].

**Mezo ölçek:** Kentsel ölçekteki deniz meltemleri şeklindeki hava hareketleri, yamaçlarla vadiler arasındaki dönüşümlü rüzgarlar, kent ısı adalarının incelenme ölçeğidir [225].

**Mikro ölçek:** Binalar veya orman, park alanları şeklindeki yer örtüsünün türüne göre değişen radyasyon bilançoları nedeniyle oluşan yerel türbülansların incelenme ölçeğidir [225].

**Prognostik meteorolojik model:** Belirtilere dayalı meteorolojik öngörü modeli.

**Radyasyon:** Güneş'ten farklı dalgalarda elektromanyetik dalgalarla gönderilen enerji.

**Sinoptik Ölçek:** Kıtalararası hava hareketlerinin ölçeğidir.

**Sis:** Atmosferin alt katında, yüzeyde oluşan yoğuşmanın sonucu olarak, havada asılı duran su damlacıklarının oluşturduğu bulanık (görüş mesafesi 1 km altında) hava durumu.

**Siyah Cisim:** Mükemmel absorbe edici ve yayıcı madde

**Termal emisyon:** Isıtma sonucu elektron serbestleşmesidir.

**Türbülans:** Düzensiz, karmaşık hava akımıdır.

**VOC (Uçucu organik bileşikler):** (Volatile organic compounds) Oda sıcaklığında yüksek buhar basıncına sahip organik kimyasal maddeler.

**Yüzey radyasyonu:** Yüzeyden yayılan ısıdır.

## ÖZGEÇMİŞ

---

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 26.09.1978 ADANA  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-posta** : cagdas.kuscu@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri	Yıldız Teknik Üniversitesi	2005
Lisans	Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2002
Lise	Fen-Matematik	Antalya Anadolu Lisesi	1996

## İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2011-2013	Orman ve Su İşleri Bakanlığı Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı	CBS ve Uzaktan Algılama Uzmanı
2008-2010	Beşiktaş Belediyesi Emlak İstimlak Müdürlüğü	Harita Mühendisi
2007-2008	OYO International Corp. Turkey Branch (İstanbul Avrupa Yakası Sismik Mikrobölgeleme Projesi)	GIS Uzmanı
2006-2007	İstanbul Metropolitan Planlama Merkezi	GIS Uzmanı
2003-2004	Gürbüz Yayınları	GIS Uzmanı
2002-2003	İki Nokta	GIS Uzmanı

## YAYINLARI

### Makale

1. Kuşçu Ç., Şengezer B., (2012). **“İstanbul Metropolitan Alanında Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi”**, Megaron, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi E-Dergisi, vol 7: 2

### Bildiri

1. Kuşçu Ç., Şengezer B., (2011). **“Determination of Heat Islands from Landsat Tm Data: Relationship between Surface Temperature and Urbanization Factors in Istanbul”**, 34<sup>th</sup> International Symposium for Remote Sensing of the Environment (ISRSE), Sydney Australia

2. Kuşçu Ç., (2010). **"Landsat TM Verileri Üzerinden Yüzey Sıcaklığı Haritasının Oluşturulması ve Yersel Ölçümlerle İlişkisinin İncelenmesi"**, I. Ulusal Planlamada Sayısal Modeller Sempozyumu, 24-29 Kasım, İstanbul
3. Kuşçu Ç., Bayram B., Sönmez N.K., Sarı M., (2007). **"Antalya Aksu Bölgesi Tarım Alanlarında Uzman Sınıflandırma Yöntemi İle Arazi Kullanımının Belirlenmesi"**, 11. Türkiye Bilimsel Harita ve Teknik Kurultayı, 2-6 Nisan, Ankara **(POSTER)**

### **Proje**

1. YTÜ DOP Projesi, **"İstanbul'da Kentsel İklim Üzerine Antropojenik Etkiler: Kent Isı Adalarının İncelenmesi"**, Proje No: 29-03-02-DOP01