

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEODEZİ VE JEOİFORMASYON MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM
DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YER YÜZEY SICAKLIK HARİTALARININ YEREL VE ÜLKE
ÖLÇEĞİNDE ZAMANSAL VE MEKANSAL OLARAK
UZAKTAN ALGILAMA İLE TESPİTİ**

ÖNDER TAŞDELEN

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEODEZİ VE JEODİNFORMASYON MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YER YÜZEY SICAKLIK HARİTALARININ YEREL VE ÜLKE
ÖLÇEGİNDE ZAMANSAL VE MEKANSAL OLARAK
UZAKTAN ALGILAMA İLE TESPİTİ

ÖNDER TAŞDELEN

Doc. Dr. Arzu ERENER
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Aykan KARADEMİR
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Kıvanç ERTUGAY
Jüri Üyesi, Konya Teknik Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 01.03.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yapmış olduğum bu çalışmada bilgi ve tecrübesini esirgemiye başta Sayın Doç. Dr. Arzu ERENER olmak üzere hep bana inanıp güvenen aileme teşekkür ederim.

Mart-2019

Önder TAŞDELEN



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
GİRİŞ	1
1. LİTERATÜR	5
2. YER YÜZEY SICAKLIĞI (YYS) VE YAYINIRLIK BELİRLEME	11
2.1. Yer Yüzey Yayınırılığı (ϵ).....	11
2.2. Yer Yüzey Sıcaklığı Belirleme.....	12
3. KENTSEL ISI ADASI.....	15
3.1. Kent Ölçekleri	15
3.2. Maksimum Kentsel Isı Adası	16
3.3. Kentsel Isı Tabakaları.....	17
3.3.1. Kentsel yüzey ısı adası.....	17
3.3.2. Atmosferik kentsel ısı adası.....	17
3.4. Kentsel Isı Adası Ölçümleri	20
4. UZAKTAN ALGILAMA VE GENEL KAVRAMLAR.....	22
4.1. Elektro Manyetik Radyasyon (EMR).....	22
4.2. Elektro Manyetik Spektrum (EMS)	23
4.3. Elektro Manyetik Radyasyonun Atmosfer ile Etkileşimi.....	24
4.4. Radyans ve İrradyans	26
4.5. Kara Cisim Işıması ve Temel Teorik Yapı.....	26
4.6. Sayısal Görüntü ve Çözünürlük	27
5. UYGULAMA	29
5.1. Çalışmanın Amacı	29
5.2. Çalışma Alanı	31
5.3. Veri.....	32
5.4. Yöntem	36
5.5. Bulgular	39
5.5.1. Yerel ölçekli çalışmada elde edilen bulgular ve değerlendirmesi	39
5.5.2. Ülke ölçeğinde elde edilen bulgular ve değerlendirmesi.....	45
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR	53
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	57
ÖZGEÇMİŞ	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Kent ölçekleri	16
Şekil 3.2. Arazi kullanıma bağlı yüzey ve atmosfer sıcaklık değişimi	18
Şekil 3.3. Kırsal ve kentsel hava sıcaklığının gün içindeki değişimi	19
Şekil 3.4. Kentsel ısı adası çeşitleri.....	20
Şekil 4.1. Elektro manyetik dalga	22
Şekil 4.2. Elektro Manyetik Spektrum	23
Şekil 5.1. Çalışma akış diyagramı.....	30
Şekil 5.2. Ülke ölçeği ve yerel ölçek için belirlenen çalışma alanı, a-Türkiye haritası, b-Kocaeli haritası.....	31
Şekil 5.3. Landsat uydusuna ait çalışmada kullanılan ham veriler, a-Landsat 8 bant 10, b-Landsat 5 bant 6	33
Şekil 5.4. Çalışmada kullanılan MODİS uydusu gündüz yüzey sıcaklığı veri katmanları, a-MOD11A2 ürünü, b-MOD11C3 ürünü	35
Şekil 5.5. Çalışılan günlere ait Landsat NDVI görüntüleri.....	36
Şekil 5.6. Landsat yüzey sıcaklık haritaları, a-19.07.1994, b-03.07.2000, c-01.07.2005, d-31.07.2010, e-02.07.2017	38
Şekil 5.7. Şubat ayı gece yüzey sıcaklıkları, a-2000, b-2005, c-2010, d-2017	39
Şekil 5.8. Şubat ayı gündüz yüzey sıcaklıkları, a-2000, b-2005, c-2010, d-2017	39
Şekil 5.9. Arazi kullanımına bağlı Landsat YYS'nin zamansal değişimi.....	40
Şekil 5.10.Sıcaklık verilerinin karşılaştırılması	41
Şekil 5.11.Mevsimsel ortalama gece ve gündüz yer yüzey sıcaklıkları.....	42
Şekil 5.12.Yerel ölçekte MOD11A2 ürün yıllık sonuçları	43
Şekil 5.13.2017 yılı korelasyon analizi	44
Şekil 5.14.Ulusal ölçekte MOD11C3 ürün sonuçları.....	45
Şekil 5.15.Kriging yöntemiyle elde edilen yıllık ortalama hava sıcaklık haritaları, a-2000, b-2005, c-2010, d-2017	46
Şekil 5.16.Yıllık ortalama sıcaklık değişimi	47
Şekil 5.17.Yıllara göre korelasyon analizi	48

TABLolar DİZİNİ

Tablo 5.1. Çalışmada kullanılan uydular ve özellikleri.....	32
---	----



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	:Wien yer değiştirme sabiti
$B(\lambda, T)$:Kara cismin ışınım enerjisi
c	:Işık hızı (3×10^8 m/s)
ϵ	:Yüzey yayınlrlığı
$\epsilon(\lambda)$:Dalga boyuna bağlı yüzey yayınlrlığı
f	:Frekans (Hz)
h	:Planck sabiti ($6,6260 \times 10^{-34}$ jul/sn)
k	:Boltzman sabiti ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K ⁻¹)
K ₁	:Banta özel termal kalibrasyon katsayısı
K ₂	:Banta özel termal kalibrasyon katsayısı (K)
L _{max} λ	:QCAL _{max} değerine göre ölçeklenmiş spektral radyans
L _{min} λ	:QCAL _{min} değerine göre ölçeklenmiş spektral radyans
L λ	:Spektral radyans
QCAL	:DN'den kalibre edilmiş piksel değeri
$R(\lambda, T)$:Kara olamayan cismin ışınım enerjisi
T _a	:Ortalama atmosferik sıcaklık
T _{sensör}	:Bantın sensör sıcaklığı (K)
T _{yys}	:Yer yüzey sıcaklığı
λ	:Dalga boyu
τ	:Atmosferik geçirgenlik

Kısaltmalar

DN	:Digital Numaralar
EPA	:Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
KIA	:Kentsel Isı Adası
MODİS	:Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (Orta Çözünürlüklü Görüntü Spektrometresi)
NDBI	:Normalized Difference Built Index (Normalize Edilmiş Fark Bina İndeksi)
NDVI	:Normalized Difference Vegetation Index (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü)
NOAA	:National Oceanic and Atmospheric Administration (Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi)
OLI	:Operational Land Imager (Operasyonel Arazi Görüntüleyici)
TIRS	:Thermal Infrared Sensor (Termal Kızılötesi Sensör)
TM	:Thematic Mapper (Tematik Harita)
TUİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
UBL	:Urban Boundary Layer (Kent Sınır Tabakası)
UCL	:Urban Canopy Layer (Kent Kanopy Tabakası)
YYS	:Yer Yüzey Sıcaklığı

YER YÜZEY SICAKLIK HARİTALARININ YEREL VE ÜLKE ÖLÇEĞİNDE ZAMANSAL VE MEKANSAL OLARAK UZAKTAN ALGILAMA İLE TESPİTİ

ÖZET

Yer yüzey sıcaklığı, (YYS) dünya yüzeyi sıcaklığıdır. Yapılan bu tez çalışması kapsamında 2000, 2005, 2010 ve 2017 yılları için iki farklı ölçekte YYS haritaları üretilmiş ve zamansal olarak değişimler incelenmiştir.

MODIS uydu görüntüleri kullanılarak ülke ölçeğinde yapılan çalışmada 2000-2005-2010-2017 yılları için mevsimsel YYS'ler hesaplanmış ve zamansal değişimler incelenmiştir. Doğruluk değerlendirmesi için 2017-2010-2005-2000 yılları için elde edilen YYS değerleri ile aynı tarihlere ait yer gözlem istasyonlarının korelasyon oranlarına bakılmış ve sonuçlar sırası ile 0,924- 0,881- 0,914- 0,884 olarak yüksek pozitif korelasyon vermiştir.

Yerel ölçekte yapılan çalışma kapsamında ise Kocaeli il sınırları dikkate alınarak Landsat-5/8 uydu görüntüleri ile YYS haritaları oluşturulmuş ve toprak, su, şehir, bitki gibi farklı arazi kullanım alanlarına ait sıcaklık değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada en yüksek YYS sanayi alanlarına karşılık gelen mekânlarda ölçülürken, en düşük yüzey sıcaklıkları su alanlarında ölçülmüştür. MODIS uydusu MOD11A2 ürünü kullanılarak Kocaeli ilinin mevsimsel ve yıllık ortalama YYS 'si zamansal olarak karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar irdelendiğinde yerel ve ülke ölçeğinde 2010 yılına ait YYS 'lerin diğer çalışma yıllarına göre daha yüksek olduğu, mevsimsel olarak bakıldığında ise 2010 yılı kış mevsimi sıcaklıklarında bir artış olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, MODIS, Regresyon, Uydu Görüntüsü, YYS.

DETERMINATION OF LAND SURFACE TEMPERATURE MAPS ON LOCAL AND COUNTRY SCALE AS TEMPORALLY AND SPATIAL WITH REMOTE SENSING

ABSTRACT

Land Surface Temperature (LST) is named; earth temperature. Within the scope of this study, two different scale LST maps are produced for the years of 2000, 2005, 2010, 2017 and the temperature changes are examined in temporally sense.

In this country scale study which is prepared using the images from MODIS satellite, seasonal LST are calculated for the years of 2000, 2005, 2010, 2017 and the temporal changes are examined. To evaluate the accuracy; the obtained LST values for the years of 2017, 2010, 2005, 2000 are calculated with the correlation ratio of the ground observation station for the same dates and the results have given positive correlations in order of; 0.924- 0.881- 0.914- 0.884.

In the study that is completed with the local scale; LST maps are produced with the Landsat- 5/8 satellite images considering Kocaeli city borders, and the temperature values have been compared that belong to different types of terrain usage areas such as; land, water, city, plant. During the study, while the highest LST are being measured on the areas that correspond with the industrial places, the lowest LST are measured on water areas. The seasonal and annual average LST of Kocaeli city have been compared timely, using MOD11A2 product of MODIS satellite.

When the results are examined; it is clear that the LST of the year 2010 are higher than the other years in the study and if it is considered seasonally, an increasing is also observed on the temperatures of the winter season.

Keywords: Climate Change, MODIS, Regression, Satellite Image, LST.

GİRİŞ

Ülkemizde, sağlık, eğitim ve iş imkânları vb. gibi çeşitli nedenlerden dolayı kırsal alanlardan kentsel alanlara doğru göçler meydana gelmektedir. Ülkemizde kırsal nüfus 1927 yılında toplam nüfusun yaklaşık %76'sını oluşturmaktayken, 2016 yılı TÜİK verilerine göre köy ve beldelerde yaşayan nüfus toplam nüfusun yaklaşık %7,7'sini, il ve ilçe merkezlerinde yaşayan nüfus ise toplam nüfusun %92,3'ünü oluşturduğu görülmüştür. Dünya genelinde Birleşmiş Milletler verilerine göre bakıldığında ise 1950 yılında %30 olan kentsel nüfus 2014 yılında %54 olarak belirlenmiş ve 2050 yılında kentsel nüfus yaklaşık %66 olarak tahmin edilmiştir. Geçmişten günümüze meydana gelen bu göçler yüzünden, şehirlerde konut miktarları yetersiz kalmış ve yeni konutların yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Artan nüfus ve konut miktarıyla beraber kentleşme zamanla artmıştır. Kaynakların bilinçsiz kullanımı, artan asfalt yollar ve yüksek gökdelenler buna bağlı olarak azalan yeşil alanlar ve temiz su kaynakları, yerel ya da bölgesel ölçekteki iklim üzerinde olumsuz etkiler oluşturmuştur. İklimin değişmesi bölgede yaşayan insanların psikolojik ve fizyolojik yönden etkilemekte olduğu gibi, yaşam davranışlarını ve ekonomik faaliyetleri yönünden de etkilemektedir. Kentleşmenin iklim üzerindeki en önemli etkilerinden biride şehirler üzerinde kentsel ısı adaları (KIA) oluşturmasıdır. Bu ısı adalarının oluşması, kırsal alanlara kıyasla şehirlerin çevresindeki sıcaklığın artmasına neden olmaktadır. KIA oluşumunu belirlemek için, klasik olarak yeryüzü üzerinde kurulan bölgesel meteorolojik istasyonlarından el edilen sıcaklık verileri kullanılır. Elde edilen sıcaklık verileri konumsal olarak tek bir noktaya aittir. Bu meteorolojik istasyonların ülkemizde ve dünyadaki diğer ülkelerde dağılımına bakıldığında, kurulan istasyonlar seyrek ve mesafe olarak birbirinden çok uzaktır. İstasyonlar arası mesafe çok olmasından dolayı ani yükseklik değişimi gibi (dağlar ve çukurlar vb.) nedenlerden dolayı sıcaklıkta ani değişimler gözlenebilir. Dağlık ve çukurluk alanların sıcaklıkları ölçülebilir ama geçen işlem süresi ve ölçüm maliyeti artacağından pek tercih edilmez. Aynı zamanda bazen de yeryüzü şekilleri ve coğrafi koşullar bu ölçümlerin yapılmasına elverişli olmaz bu yüzden yeni, etkili ve daha rahat yöntemler bulunması zorunlu olmuştur (Şahin ve Yıldız, 2011).

Uzaktan algılama teknolojisinin gelişmesiyle KIA oluşumunu kanıtlamak için yer yüzey sıcaklık (YYS) verileri kullanılmaya başlanmıştır.

Uzaktan algılama, bir objeyi veya bir bölgeyi elektromanyetik radyasyon (ışık) kullanarak, direk o objeye veya o bölgeye bir temas olamadan bilgi edinme işlemidir. Uzaktan algılama ilk olarak 1859'da Gaspard Tournachon adlı bir araştırmacının Paris yakınlarındaki bir bölgenin balondan fotoğraflarını çekmesiyle başlamıştır. 1862 yılında Amerika, askeri amaçlı balon yardımıyla hava fotoğrafları çekmeye başlamıştır. 1909 yılına gelindiğinde ilk defa bir uçak yardımıyla hava fotoğrafları çekilmeye başlanmış olup 1914-1918 Dünya Savaşı yıllarında hava fotoğrafları için savaş uçakları kullanılmaya başlanmıştır (De Jong ve Van Der Meer, 2004). Bilim ve teknolojinin zamanla gelişmesiyle insanoğlu uzaya çeşitli amaçlarla (askeri, ticari) uydular fırlatmış ve bu uydular sayesinde insanlar dünyayı mekânsal ve zamansal olarak inceleme fırsatını bulmuştur. Uzaya gönderilen ilk uydu 1957 yılında SPUTNIK-1 adlı Rus uydusu olmuştur.

Uzaktan algılama ile uydu görüntülerini kullanarak günümüzde dünya üzerindeki herhangi bir noktanın mekânsal ve zamansal bilgisine ulaşmak çok rahattır. Günümüzde uzaktan algılama ile YYS hassas bir şekilde hesaplanabilmektedir.

Ayrıca uzaktan algılama sayesinde;

- Tarımsal alanlar ve bu alandaki değişimler incelenebilir.
- Denizlerin ve buzulların değişimleri incelenebilir.
- Yeryüzünün topografyası ve arazi yüzey modelleri belirlenebilir.
- Ormanlık alanlar, kentsel alanlar, sulak alanlar belirlenebilir.
- Yeni şehirlerin kurulması ve planlamasında altlık olarak kullanılabilir.
- Hava tahminlerinde kullanılır.
- Doğal afet gibi acil durumlarda kullanılır.
- Tıpta hastalıkların görsel olarak daha rahat belirlenmesinde ve güvenlik alanında yüz tanıma sistemlerinde kullanılır.

Uzaktan algılama uydularında sensör sistemleri algılama açısından “Pasif” ve “Aktif” sistemler olarak ikiye ayrılır. Pasif sistemler gerekli olan enerjiyi kendisi üretemeyen, dünyadan yansıyan güneş enerjisini kullanan sistemlerdir. Optik ve kızıl

ötesi algılayıcı sistemler pasif sistemlere örnek olabilir. Aktif sistemler ise güneşe gerek duymadan gece ve gündüz kendi enerjisini üretebilen sistemlerdir. Bu sistemde sensör hedefe kendi kaynağından enerji gönderir ve takip edip yansımasını ölçer. Radar sistemleri aktif sistemlere örnek gösterilebilir. Aktif sistemler meteorolojik ve çevresel olaylardan kısmen etkilenir ve kötü hava koşullarında pasif sistemlere göre daha iyi sonuç verir. Pasif sistemler meteorolojik olaylardan ciddi bir şekilde etkilenir.

Meteoroloji istasyonlarının noktasal yapıda olması dolayısıyla ayrıca sık ve homojen bir şekilde dağılmaması yüzünden elde edilen veriler tüm bölgeyi yansıtmaz, buna bağlı olarak ta bu verileri kullanarak oluşturulan mekânsal analiz için uygulanan jeostatistiksel veya termodinamik yaklaşımlar tüm bölgeyi ayrıntılı bir şekilde analiz etmeyebilir. Elde edilen sonuçların hassasiyeti kurulan istasyonların mekânsal dağılımına, çevresini temsil gücüne ve kurulan istasyon ağının niteliğine bağlıdır. Ayrıca bu verilerin işlenmesi (elde edilen verilerden daha yüksek mekânsal çözünürlüklü veri elde etme), tekrardan güncellenmesi çok zaman almaktadır. Uydu sensörleri yardımıyla kaydedilen yer yüzeyi sıcaklığı mekânsaldır ve yer yüzeyi üzerindeki sıcaklık farkları daha ayrıntılı olarak belirlenebilir (Metz ve diğ., 2017). Ancak uydular yardımıyla yer yüzeyi sıcaklığını hesaplamak bazı problemleri de beraberinde getirir. Son 20 yıldır YYS hesaplama konusunda ciddi gelişmeler kaydedilmiş olsa da istenilen düzeye ulaşılamamıştır.

Temel problemlerden biri, yer yüzeyinden yansıyan parlaklık (radiance) değerlerinin uydu sensörüne ulaşmadan atmosferde bozulması ve değişmesidir. Isı değerlerinin hesaplaması için en uygun dalga boyu aralığı 8-10 ve 10-12 mikrometre elektronik spektrum aralığıdır, çünkü bu aralıklarda atmosferik etki en azdır. Bu yüzden uyduların termal bantları bu aralıktadır. Bu atmosferik etkilerin az olması yine de göz ardı edilmeyecek kadar sonuçları etkilemekte ve bu nedenle bu etkin kaldırılmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır (Valor ve Caselles, 1995). İkinci temel problem ise, yer yüzeyinin homojen bir yapı değil de heterojen bir yapıya sahip olmasıdır. Bu durum, yer yüzeyi yayınlık değerlerinin (emissivity) kestirimini zorlaştırmaktadır. Atmosferik etkiler düzeltilse dahi sıcaklık parlaklık değeri yansıma değeri ile birbirinden ayrıştırılamaz çünkü bilinmeyen sayısı her zaman bilinen ölçü

sayısından fazla olacaktır (Becker, 1980). Fakat yapılan çalışmalar ve yeni yaklaşımlarla bu sorun ortadan kaldırılmıştır.

Yapılan tez çalışması kapsamında yerel ve global alanda iki farklı ölçekte YYS haritaları oluşturulmuş, 2000-2005-2010-2017 yılları için zamansal değişimler incelenmiştir. Yerel ölçekte Landsat uydu görüntüleri kullanılarak Kocaeli il sınırları içinde farklı arazi kullanımlarına bağlı olarak yüzey sıcaklıkları değerlendirilmiştir. Landsat verileri belirli bir tarihe ait alınan verilerdir ve mevsimsel değerlendirmeler için kısıtlı kalmaktadır. Bu kısıtlamaların önüne geçebilmek için sürekli veri toplayan ve sunan MODIS MOD11A2 ürünü kullanılmıştır. MODIS uydusu MOD11A2 ürünü 8 günlük komposit veri toplamaktadır ve tez kapsamında her yıla ait aylık veri olarak indirilmiş olup local ölçekte Kocaeli ilinin mevsimsel ve yıllık ortalama yer yüzey sıcaklıklarını zamansal olarak karşılaştırmak amacı ile kullanılmıştır. Ülke ölçeğinde yapılan çalışmada ise MODIS uydusu MOD11C3 görüntüleri kullanılarak 17 yıllık süreç için mevsimsel yüzey sıcaklıkları hesaplanmış ve zamansal değişimler incelenmiştir. Yer gözlem istasyonları kullanıcıya noktasal bilgi sunmaktadır. Kurulan istasyonlar seyrek ve mesafe olarak birbirinden çok uzak olup, morfolojik olarak çok değişim gösteren alanlar için bu istasyonlardan elde edilen sürekli sıcaklık haritaları, alandaki değişimleri çok doğru yansıtmayacağı bilinmektedir. Bu ve benzeri kısıtlamaların iyileştirilmesi kapsamında, sürekli veri üreten uydu görüntüsü sıcaklık haritalamaları, bir alternatif olarak bu tez kapsamında önemli çıktılara sahiptir. Bu nedenle bu tez çalışması kapsamında üretilen YYS haritalarının doğruluğu Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen yer gözlem istasyonları verileri ile karşılaştırılmıştır. Oluşturulan YYS haritalarından elde edilen değerleri ile aynı tarihlere ait yer gözlem istasyonlarının korelasyonları değerlendirilmiştir. Ayrıca Local ve ülke ölçeğinde bir sıcaklık artışının var olup olmadığı, yıllara göre mevsimsel olarak araştırılmış, elde edilen sonuçlar irdelenerek, sıcaklık artışlarının sebeplerinin neler olabileceği üzerinde varsayımlarda bulunularak, azaltma stratejileri hakkında genel bilgiler verilmiştir.

1. LİTERATÜR

Son 40 yılda kentsel ısı adası hakkında ve yer yüzeyi sıcaklığı belirlemek için birçok çalışma yapılmıştır. Literatürde, farklı uydulara ait uydu görüntüleri kullanılarak ve farklı yer yüzeyi sıcaklık algoritmalarından yararlanılarak yapılan çalışmalar bilimsel alanda çeşitlilik göstermektedir. Arazi kullanımına bağlı yüzey sıcaklıklarının nasıl değiştiği ve kentsel ısı adası yoğunluğunun zamansal olarak değişimi bu çalışmalarda incelenmiştir. Tezin bu kısmında incelenen çalışmalarla ilgili literatür taramasına yer verilmiştir.

Oke (1972) tarafından gerçekleştirilen “City Size And The Urban Heat Island” adlı çalışmada nüfusları 1000 ile 2 milyon arasında değişen 10 farklı bölge üzerinde kentsel ısı adası yoğunluğunun, nüfus ile ilişkisini araştırmıştır. Bulduğu sonuçları önceki çalışmalarla karşılaştırmıştır. Kratzer (1956) tarafından yapılan bir çalışmada nüfus ile KİA arasında anlamlı bir ilişki oluşunu söylemektedir fakat Chandler (1962) yaptığı çalışmalarda bir ilişki olmadığını iddia etmiştir. Yapılan çalışma sonucunda ısı adalarının, en yüksek gece vakti görüldüğü, nüfus ile pozitif bir korelasyona sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca rüzgârın sakin ve bulutsuz havalarda ısı farkının arttığını söylemiştir.

Oke (1981) tarafından gerçekleştirilen “Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations” adlı çalışmada kent geometrisinin, ısı adası oluşumu üzerindeki etkisini incelemiştir. Binaların uzunluklarının yüksek olması ve binaların birbirine yakın konumlanmasından dolayı güneşten gelen ışınlar yüzeye çarptıktan sonra arada hapsoldüğünü ve absorbe olan ışınların, gökyüzü açıklığının az olmasından dolayı atmosfere salınımının daha zor olduğunu söylemiştir. Bu durumun kentsel ısı adası oluşumunu etkilediğini belirtmiştir.

Oke (1995) tarafından gerçekleştirilen “The Heat Island of the Urban Boundary Layer: Characteristics, Causes and Effects” adlı çalışmada kentsel ısı adalarını

tanımlamıştır. Atmosferde ve yer yüzeyinde olmak üzere 2 tane kentsel ısı adası oluştuğunu söylemiştir.

Atmosferde oluşan KİA'ları "Urban Canopy Layer" (UCL) ve "Urban Boundary Layer" (UBL) adıyla iki farklı tabakaya ayırmıştır. UBL'nin gece ve gündüz oluştuğunu belirtmiştir. Bu tabakaların ölçme yöntemleri hakkında bilgi vermiştir. Auer ve Changnon (1977) tarafından St. Louis 'de yapılan çalışmada UBL' nin şehir merkezi üzerinde gündüz yaklaşık 1 km. derinlikte etkili olduğunu söylemiştir. Oke çalışmasında geceleyin kentsel olmayan alanlarda UBL'nin 100-300 m. aralığında etkili olduğunu belirtmiştir. Kentsel alanlarda UBL' derinliğinin yaklaşık 300 m. olduğunu söylemiştir.

Yıldız ve Şenkal (2010) tarafından gerçekleştirilen "Bölünmüş pencere algoritması kullanılarak uydu görüntülerinden yer yüzey sıcaklığının hesaplanması" adlı çalışmada NOAA uydusu verilerini kullanarak Ankara ilinin 2000 yılına ait yer yüzey sıcaklıklarını "Universty of Valencia Model" (UVM) algoritması ile hesaplamışlar, bulduğu değerleri Ankara meteoroloji istasyonunu yer verileri ile karşılaştırmışlardır.

Şahin ve diğ., (2011) tarafından gerçekleştirilen "Uydu Verileri Kullanılarak İzmir Şehir Merkezinin Yer Yüzey Sıcaklığının Tahmini" adlı çalışmada İzmir kenti YYS verileri için bir çalışma yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada yer yüzey sıcaklık hesabı için NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)/AVRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) uydu görüntülerinin 4 ve 5 nolu termal bantlarını kullanmışlardır. 1998-2002 yılları arasında her ay için Price, Becker-Li, Ulivieri geliştirdiği algoritmaları kullanılarak yer yüzey sıcaklık hesabı yapmıştır. Toplamda 180 adet ısı haritası elde ederek çalışmalarını bitirmişlerdir. Yapılan bu çalışmada uygulanan 3 algoritma ile elde edilen yer yüzey sıcaklık değerleri çalışılan günlere ait meteorolojik yüzey sıcaklık kayıtları ile karşılaştırılmıştır. ve İzmir için en iyi ve yakın sonuç veren Split-Window algoritmalarının Becker-Li ve Uliveri algoritmasının olduğu ileri sürmüşlerdir. Fakat en başarılı algoritmanın Becker-Li algoritması olduğunu söylemişlerdir ve uydudan elde edilen yer yüzey sıcaklığı ile yer sabit istasyonlardan elde edilen yüzey sıcaklıkları arasında korelasyon katsayısını 0,9794 olarak bulmuşlardır.

Gerçek ve Bayraktar (2014) tarafından gerçekleştirilen “Kentsel Isı Adası Etkisinin Uzaktan Algılama İle Tespiti ve Değerlendirilmesi: İzmit Kent Örneği” adlı çalışmada Landsat 8 ETM ve Modis uydu görüntülerini kullanarak YYS hesabını yapmışlardır. Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI), Normalize Fark Geçirmezlik İndeksi (NDISI) ve güneşlenme oranı ile YYS ilişkisi incelemişlerdir. Yapılan çalışmada meteorolojik veriler, hesaplanan değerler ile karşılaştırması yapılmıştır. Modis uyduları gece ve gündüz sıcaklık verisi sağlayabildiğinden KİA’ların oluşumunun gece daha rahat gözlenebildiğini ifade etmişlerdir.

Bir benzer çalışma Şekertekin ve diğ., (2015) tarafından “Uydu Verileri ile Arazi Örtüsündeki Yer Yüzey Sıcaklığı Değişimlerinin Analizi: Zonguldak Örneği, Türkiye” adlı çalışma olmuştur. Çalışmada Zonguldak ilinin YYS hesaplamışlardır. YYS hesaplamak için Landsat 5 TM uydusuna ait uydu görüntüleri kullanmışlardır. Tek pencere algoritması ile YYS hesabı yapmışlardır. YYS ile arazi kullanımı arasındaki ilişkiyi belirlemek için yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerini çalışmaya dâhil etmişlerdir. Kentte termik santral ve fabrikaların yoğun olduğu bölgede ki YYS’ler diğer kullanım alanlarına göre daha yüksek hesaplamışlardır.

Ndossi ve Avdan (2016) tarafından yapılan “Inversion of Land Surface Temperature (LST) Using Terra ASTER Data: A Comparison of Three Algorithms” adlı çalışmada Aster uydu görüntülerini kullanmışlardır. Aster uydu görüntüsü toplamda 14 banttan oluşan yüksek multispektral bir görüntüdür. Toplamda 16 adet Aster verisi kullanmışlardır. Aster verilerinden YYS hesaplamalarında 13 ve 14 nolu bant çalışmalarında kullanmışlardır. 10-11-12’ nolu Aster bantlarını önceki akademik çalışmalara dayanarak YYS hesabı için uygun bulmamışlardır. YYS hesabı için Planck fonksiyonu, bölünmüş pencere algoritması (Split Window) ve tekli kanal (Single Channel) algoritmalarını ayrı ayrı kullanmışlardır. Ayrı ayrı algoritmalarla hesaplanan YYS’ler meteorolojik kayıtlarla karşılaştırılmışlardır. Çalışmanın sonuçlarını incelediklerinde 13’ nolu bantın 14’ e göre daha iyi sonuçlar ve daha düşük standart sapma verdiğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca Planck fonksiyonunun diğer algoritmalara göre en iyi sonuçları verebildiğini gösterirken, bölünmüş pencere algoritmasının ılımlı bir doğruluğu ve tek pencere algoritmasının en düşük doğruluğa sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Sarp ve Erener (2017) tarafından yapılan çalışmada kentleşmenin ısı adası oluşumu üzerindeki mekânsal etkilerini Uzaktan Algılama Teknolojileri ile incelenmiştir. Çalışmada Landsat-8 OLI-TIRS ve Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Araştırmada bitkisel alanlar Sentinel-2 uydu görüntülerinden, kentsel alan bilgileri ise normalleştirilmiş bina fark indeksi (NDBI) kullanılarak elde edilmiş ve analizler yapılmıştır.

Jain ve diğ., (2017) tarafından gerçekleştirilen “Land-Air Interactions over Urban-Rural Transects Using Satellite Observations: Analysis over Delhi, India from 1991–2016” adlı çalışmada Hindistan’ın Delhi kentinde 1991-2016 yılları arasında arazi kullanıma bağlı yüzey sıcaklıklarının değişimini, zamansal ve mekânsal ölçekte incelemiştir. Emissivite, albedo, buharlaşma, Bowen oranı, sınır tabakası ve NDVI gibi parametrelerin YYS ile ilişkisini incelemiştir. Çalışma alanında 100 km. uzunluğunda kent merkezini kesecek şekilde iki en kesit çizilmiştir. Bu yıllar arasında toplamda 216 tane Landsat uydu görüntüsü kullanılmışlardır. Bu en kesitler üzerinde, arazi kullanım şekline göre 9 sınıfa ayırmışlardır. Orman ve tarla alanlarının zamanla azaldığı dikkat çekmiştir. Her iki en kesitte de YYS’lerin Arazi kullanımına göre benzer bir şekilde değiştiğini gözlemlemiştir. Sıcaklığın yükseldikçe sınır tabakası derinliğinde artış meydana geldiğini ifade etmişlerdir. YYS ile NDVI arasında anlamlı bir negatif korelasyon bulmuşlardır. Bowen oranı ile buharlaşma arasında önemli bir negatif ilişki söz konusu olduğunu belirtmişlerdir. Albedo değerleri ise Bowen oranı ve buharlaşmayla düşük korelasyona sahip olduğunu söylemişlerdir.

Zhang ve diğ., (2017) tarafından yapılan “Surface Urban Heat Island Analysis of Shanghai (China) Based on the Change of Land Use and Land Cover” adlı çalışmada Çinin Şangay kentinde 2002-2013 yılları arasında arazi kullanımına bağlı YYS’lerin nasıl değiştiğini hesaplamaya çalışmışlardır. YYS hesabı için geometrik ve radyometrik hataları düzeltilmiş Landsat uydu görüntülerini kullanmışlardır. Arazi sınıflandırması için QuickBird yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılmışlardır. Geçirimsiz yüzeylerin yıllar boyunca kent merkezinin ölçeğine artmasına bağlı olarak arttığını söylemişlerdir. NDVI ile YYS arasında belirgin olmayan zayıf bir negatif korelasyon olduğunu ayrıca modifiye edilmiş su indeksi ile YYS arasında güçlü bir negatif korelasyon olduğunu belirtmişlerdir.

YYS'lerin, geçirimsiz yüzeylerle pozitif korelasyonlu olduğu çalışmanın bir diğer sonuçları arasındadır.

Rosas ve diğ., (2017) yaptıkları "Sensitivity of Landsat 8 Surface Temperature Estimates to Atmospheric Profile Data: A Study Using MODTRAN in Dryland Irrigated Systems" adlı çalışmalarında 2015 yılı Nisan-Aralık ayları arası 28 adet Landsat 8 uydu görüntüsü kullanmışlardır.

Çalışma alanı olarak Suudi Arabistan'da Riyad'ın güneydoğusunda yer alan Tawdeehiya çiftliğini seçmişlerdir. Boş ve ekili tarlalardaki yer yüzey sıcaklığını belirlemek için atmosferik düzeltmeye ihtiyaç duymuşlardır. Atmosferik düzeltme için 5 farklı atmosferik profil kaynağını MODTRAN radyasyon transfer denklemine girdi olarak kullanmışlardır. Elde edilen YYS'ler yerinden ölçüm değerleri ile karşılaştırılmıştır. En iyi YYS elde edilen atmosferik profili olarak Modis uydusu Aqua sensörüne ait "Atmospheric Infrared Sounder" olarak belirlemişlerdir.

Erener ve Sarp (2018) tarafından yapılan çalışmada Kocaeli bölgesinde sanayi alanlarının zamansal ve mekânsal olarak dağılımındaki değişimin yer yüzey sıcaklığına etkisini araştırmışlardır. Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI verilerini kullanarak yaklaşık 14 yıllık bir süreç için alandaki sanayi bölgelerindeki zamansal ve mekânsal yayılımı ve değişimi belirleyerek, 16 yıllık bir süreç için belirlenen yer yüzey sıcaklığı değişimi ile korelasyonu incelemişlerdir.

Bonafoni ve Keeratikasikorn (2018) "Land Surface Temperature and Urban Density: Multiyear Modeling and Relationship Analysis Using MODIS and Landsat Data" adlı çalışmalarında kentsel yoğunluk ile YYS arasındaki ilişkiyi zamansal olarak incelemiştir. Çalışma 2004, 2008, 2012 ve 2016 yıllarında Bangkok bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Landsat 7 ve Landsat 8 uydu görüntülerini kullanarak arazi sınıflarını ENVI 4,5 yazılımını kullanarak her bir yıl için belirlemişlerdir. Daha sonra 237 MODIS ürünü kullanarak aynı bölgenin gece ve gündüz YYS belirlemişlerdir. Kentsel yoğunluk için çalışma bölgesinde bir merkez nokta seçilmiş ve bu merkezden 1 km. aralıklarla çemberler çizilerek şehir merkezinden uzaklığa bağlı kentsel yoğunluğu hesaplamışlardır. Şehir merkezinden uzaklaştıkça kentsel yoğunluğun azaldığı gözlemlenmiştir. Daha sonra şehir merkezinden uzaklığı YYS'nin bir parametresi olarak hesaplamışlardır.

Gündüzleri şehir merkezinden 18 km. uzaklara kadar yüksek YYS değerleri görülürken, geceleri bu mesafe 4 km. kadar düştüğünü söylemişlerdir. Kentsel yoğunlukla ile YYS arasında pozitif bir ilişki bulmuşlardır.



2. YER YÜZEY SICAKLIĞI (YYS) VE YAYINIRLIK BELİRLEME

Yer yüzey sıcaklığı kısaca dünya yüzey sıcaklığıdır. Yer yüzey sıcaklığının bilinmesi toprak ve atmosfer arasındaki enerji ve su dengesinin yorumlanmasındaki en önemli fiziksel parametrelerden biridir. Dünya yüzeyinde toprak alan, ormanlık alan, kentleşmiş alan vb. gibi heterojen kullanım alanları mevcuttur. Bu heterojenlikten dolayı YYS'ler ve yüzey yayınlılığı (ϵ) kısa mesafelerde anlamlı değişiklikler gösterebilir. Yer yüzey sıcaklığının elde edilmesinde kullanılan algoritmalar yapılan çalışmanın amacına uygun olarak, yayınlılığın bilinip bilinmemesine, verinin elde edilme yöntemine ve veri türüne bağlı olarak farklılık gösterir. Yüzey yayınlılığının hassas olarak belirlenmesi YYS doğruluğunu arttırmaktadır. YYS belirlemek için 1970 yılından beri uzaktan algılama verileri sıkça kullanılmaktadır. Ayrıca YYS'lerin farklı arazi kullanıma bağlı belirlenebilmesi, kentsel ısı adalarının oluşumunu kanıtlanabilir kılmaktadır.

2.1. Yer Yüzey Yayınlılığı (ϵ)

Yüzey yayınlılığı (ϵ), yer yüzeyinden yapılan ışınımın, aynı nitelikteki siyah cisim ışınımına oranını veren bir katsayıdır (Çelik, 2013). Dünya yüzeyi heterojen bir yapıda olduğu için yansıyan yüzeyin cinsine, pürüzsüzlüğüne, nemliliğine bağlı yayınlılık değişkenlik gösterir. Uydular dünya yüzey sıcaklığı elde ederken dünyayı bir siyah cisim olarak kabul eder. Ama dünyadaki doğal nesnelere siyah cisim özelliği göstermediği için yayınlılığın hesaplanması hassas bir YYS hesabı için önemlidir (Taymuş, 2009). Yayınlılığın elde edilmesinde literatürde birden çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında NDVI tabanlı yöntemler daha çok tercih edilmektedir. (2.1)'nolu denklemde;

$$\text{Landsat}_{\text{NDVI}} = (\text{Yakın kızıl ötesi} - \text{kırmızı}) / (\text{Yakın kızıl ötesi} + \text{kırmızı}) \quad (2.1)$$

Vejetasyonun belirlenmesinde kullanılan bir bant kombinasyonudur ve bu spektral aralıkta yeşil bitkilerin gelen enerjiyi soğurma oranı düşük, yansıtma oranı yüksektir. Yüksek vejetatif bölgelerde NDVI 1'e yakın değerler almaktadır.

Yapılan bu tez çalışmasında local ölçekte de yayınlığı belirlemek için Jose´A. Sobrino ve ark tarafından ortaya koyulan NDVI^{THM} (Normalize edilmiş bitki endeksi eşikleme yöntemi) yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem de piksellerin belirli bir eşik değerine göre yoğun toprak yüzey ve yoğun bitki örtüsü veya karışık yüzeyler olarak ayırmamızı ve önerilen yayınlık değerini kullanmamızı gerektirir.

2.2. Yer Yüzey Sıcaklığı Belirleme

Uydu sensörlerinin termal aralıkta algıladığı radyasyondan YYS tahmini yapmak zordur çünkü YYS sadece sıcaklık ve yayınlık gibi fiziksel parametrelerden değil, aynı zamanda atmosferik koşullardan da etkilenir. Bu yüzden YYS tahmini yaparken gelen radyasyon üzerindeki atmosferik etkileri ortadan kaldırmak gerekir. Atmosferik etkileri ve yayınlık etkilerini ortadan kaldırmak için çeşitli YYS yaklaşımları geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar kendi içinde yayınlığın bilinip bilinmemesine göre 2 grupta incelenir. Yüzey yayınlığının (ϵ) biliniyor kabul edilen yaklaşımlar ise kendi içinde 3 grupta incelenir. Bunlar Tek Kanal Yöntemi, Çoklu Kanal Yöntemi ve Çoklu Açık Yöntemidir (Liang.Li ve diğ., 2013).

i) Tekli kanal yöntemi, uydu sensörünün algıladığı termal radyasyon spektrumundan tek bir kanalın yansıma değerleri kullanılarak YYS tahmini yapılmasıdır. Bu yöntemin kullanılması için atmosferik profil (yatay ve düşey yönde) ve geçirgenliğin çok iyi hesaplanması gerekir. Burada atmosferin en önemli yatay profilini ortalama atmosfer sıcaklığı, düşey profile ise atmosferik su buharı oluşturur. Profil bilgileri ravinsonde istasyonlarından veya uydulardan elde edilebilir. Bu yöntemlerde ikinci bir termal banta ihtiyaç duyulmaması kullanıcılar için büyük bir avantaj sağlarken atmosferik girdilerin kolay ulaşılabilmesi ve hesaplanabilmesi kullanıcılar için bir dezavantaj yaratmaktadır. Landsat-5 uydusunun tek bir termal bantı olduğu için YYS tahmini için tek kanallı yöntemler uygulanabilir.

En çok tercih edilen tek kanallı yöntemlerden bir tanesi Qin ve diğ., (2001) tarafından geliştirilen mono-window yöntemidir. Landsat-5 uydusunun 6 bantını kullanarak geliştirdiği algoritma sayesinde atmosferik profil bilgisine bağımlılığı ortadan kaldırmıştır.

Mono-window yöntemi (2.2)'nolu denklemde verilmiştir.

Denklem (2.2)'de ;

$$T_{YYS}=[a_6(1-C_6-D_6)+(b_6(1-C_6-D_6)+C_6+D_6)T_{\text{sensör}}-D_6T_a]\div C_6 \quad (2.2)$$

a ve b katsayıları sırasıyla -67.355351, 0.458606, $C_6=\varepsilon\tau$, $D_6=(1-\tau_6)[1+(1-\varepsilon_6)\tau]$, τ -atmosferik geçirgenlik, T_a -ortalama atmosferik sıcaklıdır.

ii) Çoklu kanal yöntemi, uydunun 8-14 μm . aralıklı termal bölgesinde iki komşu spektral kanalda algıladığı radyasyonla YYS tahmini yapılmasıdır. Atmosferik profillerin doğru olarak tahmin edilmesinin imkânsız olduğu için bu yöntemde yeni bir teknik üzerinde durulmuştur. Bu tekniğe split-window (bölünmüş pencere) adı verilmiştir. Split-Window (SW) tekniği atmosferik bilinmeyenleri azaltarak atmosferik etkilerin giderilmesini amaçlamaktadır. Bu yöntemde atmosferik etkiler, her iki banttan elde edilen yutulmuş değerleri hesaplanmaktadır. Genel olarak bir SW denklemi (2.3)'nolu denklemde verilmiştir. (Şahin, 2008).

Denklem (2.3)'de ;

$$T_{YYS}=a_0+a_1T_4+a_2T_5 \quad (2.3)$$

a_0 - a_1 - a_2 katsayıları yayınlığa ve atmosferik koşullara bağlı değişen katsayılardır. Zaman içinde SW denklemleri teknik olarak geliştirilmiş ve yeni bakış açıları kazandırılmıştır. Yayınlığa, su buharına veya görüş açısına bağlı olarak algoritmalar türetilmiştir. Örneğin yayınlığa bağlı SW denklemlerinden, literatürde kabul gören Ulivieri ve diğ., (1994) tarafından yapılan denklem aşağıdaki gibidir.

Denklem (2.4)'de ;

$$T_{YYS}=T_4+1,8(T_4-T_5)+48(1-\varepsilon)-75\Delta\varepsilon \quad (2.4)$$

T_4 ve T_5 termal aralıktaki bantların sensör sıcaklığı, $\Delta\varepsilon=(\varepsilon_4-\varepsilon_5)$, $\varepsilon=(\varepsilon_4+\varepsilon_5)/2$ 'dir.

iii) Çok açılı yöntem ise SW metoduna benzer bir mantıkta, belirli bir bölgeye farklı bakış açılarıyla belirli bir kanaldan algılanmasına dayanır. Açıya bağlı değişen nesne ile algılayıcı arası yol mesafesinde, değişen atmosferik soğrulmaya dayanır. Yapılan bu tez çalışmasında, local ölçekte arazi kullanımına bağlı yer yüzey sıcaklıklarını hesaplamak için (2.5)'nolu denklem kullanılmıştır.

Denklem (2.5)'de;

$$T_{YYS} = T_{\text{sensör}} + ((1 + L T_{\text{sensör}})^a \ln \epsilon) \quad (\text{Artis ve Carnahan, 1982}) \quad (2.5)$$

a-14380 μm ., Landsat 8 bant 10 ve Landsat 5 bant 6 için sırasıyla L=10,8- 11,5'dir. Denklem Planck fonksiyonunun tersini alınarak ve yayınlılık düzeltmesi getirilerek oluşturulmuştur. Atmosferik profil bilgisi gerektirmemesi kullanıcıya büyük kolaylık sağlamaktadır.

Local ve ülke ölçeğinde MODIS uydusu verilerinden yer yüzey sıcaklıkları elde etmek ve mevsimlere ve yıllara göre analiz yapmak için aşağıda verilen (2.6)'nolu denklem kullanılmaktadır.

Denklem (2.6)'da;

$$\text{MODIS}_{YYS} = \text{ÖF} \times \text{DN} \quad (2.6)$$

ÖF-özel ölçeklendirme faktörüdür ve bu değer 0,02, DN-kullanılan katmanın digital numaralarıdır.

3. KENTSEL ISI ADASI

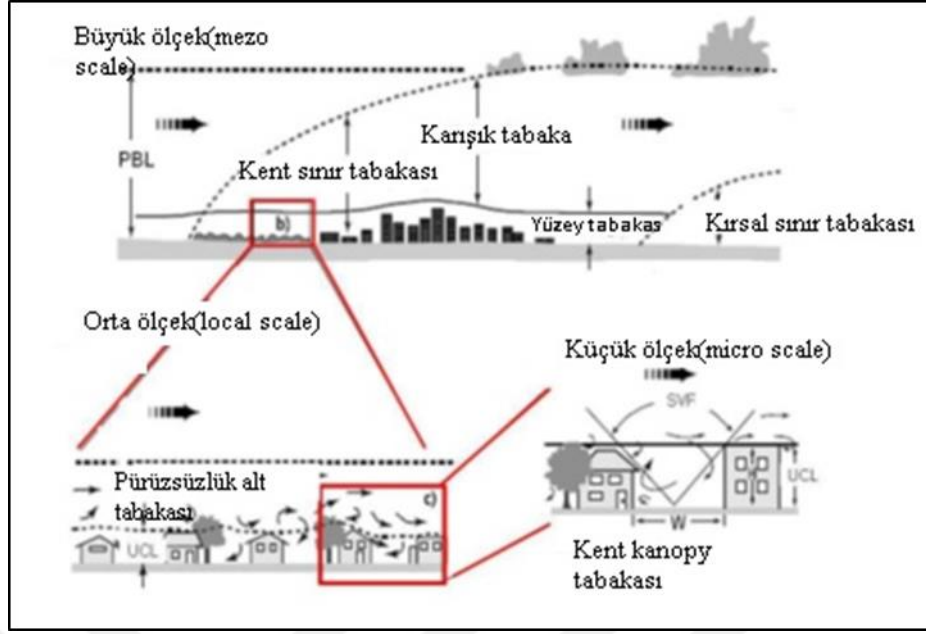
Kentsel ısı adası (KIA) ilk kez 1820 yılında Luke Howard tarafından tanımlanmış, üzerinde çalışılmış ve literatür de kabul görmüştür. KIA'ların oluşumu kentleşmenin iklim üzerindeki etkisinin en büyük kanıtıdır. KIA'yı kısaca şehir ile çevresindeki kırsal bölge arasındaki sıcaklık farkı olarak tanımlayabiliriz. Şehirlerde yeşil bitki örtüsü yerini binalar ve taş yüzeyli yerler almıştır. Sonuç olarak solar enerji, yollar ve çatılar tarafından absorbe edilerek şehir yapılarının sıcaklıkları artmaktadır. Albedo, yüzey tarafından yansıtılan solar enerjinin ölçülen miktarıdır. Kentsel alanlarda solar enerjisi emilimin yüksek olması nedeniyle düşük albedo değeri gözlenmiştir ve KIA oluşmasına zemin hazırlamıştır (Chand, 2003).

EPA'ya göre KIA oluşumundaki ana faktörler, kentlerdeki bitki örtüsünün azalmasıyla buharlaşmanın doğal soğutucu etkisinin azalması ve kullanılan kentsel malzemelerin solar enerjiyi yüksek bir şekilde absorbe etmesidir.

KIA oluşumu hem gece hem de gündüz meydana gelmektedir. Yapılan önceki çalışmalarda da görüldüğü gibi kent ile kırsal bölge arasındaki ısı farkı geceleri daha fazladır. Isı depolama kapasitesinin düşük olması nedeniyle kırsal alanlar güneş battığında daha hızlı soğurken, kentsel alanlar gün içinde absorbe ettiği solar enerjiyi dışarıya doğru yayımlar ve böylece geceleri kentsel alanlarda yüksek sıcaklıklar gözlenebilir. 1 milyon ya da daha fazla nüfusa sahip şehirlerde yıllık atmosferik sıcaklık farkları çevresine göre 1 ila 3°C (Oke, 1997), açık ve sakin gecelerde bu fark yıllık 12°C kadar çıkabildiği gözlenmiştir (Oke, 1987). Kentsel ısı adalarının ölçülmesi ve belirlenmesi, bölge ikliminin modellenmesinde, kentsel planlamada ve hava tahminleri için çok değerlidir (Oke, 1973).

3.1. Kent Ölçekleri

Meteorolojik olaylar, geniş bir alan ve zaman ölçeğinde ortaya çıkar. Kentsel iklim olgusu çok çeşitli yönlerden mekânsal olarak ölçeklenebilir. Yatay ölçeğe göre 3 farklı şekilde sınıflandırılabilir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kent ölçekleri (Oke, 1997)

a) Küçük veya cadde ölçeği: Binaların, ağaçların, yolların, caddelerin içine alan kentsel iklim ölçek tipidir. Boyutu 1 m. ile 1000 m. arasında değişebilir.

b) Orta veya mahalle ölçeği: Topografya bilgisi gibi çevresel özellikleri içerir. Mahallelerin ortalama iklimlerinin hesaplandığı ölçek tipidir.

c) Büyük veya şehir ölçeği: Mesoscale terimi ilk olarak Ligda tarafından 1951 yılında hava radarlarını incelediği bir makalede kullanılmıştır. Şehirlerin iklim özelliklerini belirlemede kullanılan mekânsal ölçektir. Uydu verileri yardımıyla işlemler gerçekleşir (Van Hove ve diğ., 2011).

3.2. Maksimum Kentsel Isı Adası

Genel olarak kentsel ısı adası, kentsel alandaki ölçülen sıcaklıklar ile yakınlarında bulunan kırsal alandaki ölçülen sıcaklıkların karşılaştırılması olarak nitelendirilebilir. KİA'ların yoğunluğu gün batımından sonra maksimum seviye çıkar çünkü gün içinde kentlerin absorbe ettiği solar enerji güneş battıktan sonra atmosfere salınır. Bu salınım kırsal alanlara göre daha yavaş gerçekleşmektedir. Şehirlerin gitgide büyümesi ve sanayi alanlarının artışı bu yoğunluğu arttırmaktadır. Örneğin şehir merkezlerindeki KİA yoğunluğu banliyölere göre daha fazladır. Buna ek olarak iklim koşulları, rüzgâr hızı, bulut örtüsü bu yoğunluğu etkilemektedir.

Atmosferde bulutlanma meydana gelmesi KİA yoğunluğunu ve etkisini azaltır. Kentsel ısı adası rüzgâr hızının az ve bulutsuz gecelerde maksimum seviyededir. Gün içerisinde uygun hava koşulları altında, kentsel alan ile kırsal alan içinde ölçülen maksimum saatlik ortalama sıcaklık farkına, maksimum kentsel ısı adası denir.

3.3. Kentsel Isı Tabakaları

Yerleşim yerlerinin iklim üzerindeki etkisi literatürde sıkça çalışılan bir konu olmuştur. Kentsel ısı adasını daha kolay tanımlamak ve ölçmek için uzun süreli bilgi ve tecrübelerle dayanarak olarak 2 farklı tabakaya ayırmışlardır. Bu tabakalar kentsel yüzey ısı adası (surface urban heat island) ve atmosferik kentsel ısı adası (atmospheric urban heat island) olarak ikiye ayrılır. Atmosferik ısı adası da kendi içinden 'Urban canopy layer' ve 'Boundary layer urban heat island' adıyla ikiye ayrılmaktadır.

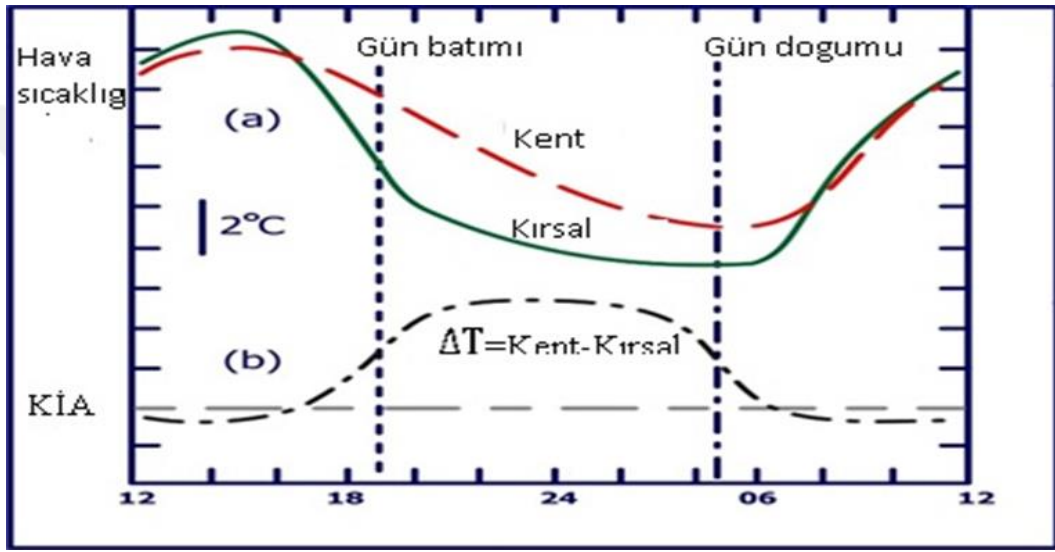
3.3.1. Kentsel yüzey ısı adası

Kentsel yüzey ısı adası kentsel çerçevede en alt katman olup doğrudan dünya atmosferi ile bir ilişki içindedir. Solar radyasyonun büyük bir kısmı burada absorbe olmaktadır. Toprak ve atmosfer yüzeyindeki en yüksek sıcaklıklar bu katmandadır (Oke, 1978). Solar enerjiyi absorbe eden yüzeyin termal özellikleri (albedo değerleri) yüzeyin enerji dengesi için önemlidir ve üstündeki atmosferin sıcaklığını doğrudan etkiler. Yüzeysel kentsel ısı hem gece hem de gündüz görülebilmektedir. Ancak gündüzleri yüzeyler daha çok solar enerjiye maruz kaldığı için en yüksek değerle ulaşır. Kentsel alanlar ile kırsal alanlar arası yüzey sıcaklık farkı ortalama olarak gündüzleri 10 ila 15°C ve geceleri bu değer 5 ila 10°C arası değişmektedir. Bu değerler mevsimlere göre değişebilmektedir. Tipik olarak yazın maksimum seviyededir Genellikle yüzey sıcaklığı belirlemede dolaylı bir ölçüm tekniği olan uzaktan algılama teknikleri ve veri olarak termal uydu görüntüleri kullanılır.

3.3.2. Atmosferik kentsel ısı adası

Kentsel bölgelerdeki hava sıcaklığının çevresindeki kırsal bölgelerdeki hava sıcaklığı ile karşılaştırılması olarak tanımlanabilir. Atmosferik ısı adaları, yüzey ısı adalarına göre yıl içindeki yoğunluğu daha az değişkenlik gösterir. Atmosferik kentsel ısı

ölçülen hava sıcaklığının farkı olarak tanımlanabilir. Bu farkın temel sebebini kırsal alanların güneş battıktan sonra daha kentsel alanlara göre hızlı soğuması olarak yorumlanabilir (Black, 2013). Şekil 3.3’de belirtildiği üzere gün içinde benzerlik gösteren kırsal ve kentsel hava sıcaklığı güneşin batmasıyla, azalmaya başlamaktadır ama kentsel hava kırsal havaya göre daha yavaş soğur. Böylelikle artarak oluşan ısı farkı, kentsel ısı adasını meydana getirir. Bu fark güneşin tekrar doğmasıyla birlikte yavaş yavaş azalır. Güneş batımından 4 saat sonra ısı adası maksimum seviyelere ulaşır. Bu maksimum seviye daha geniş yerleşim alanlarında daha da artmaktadır.



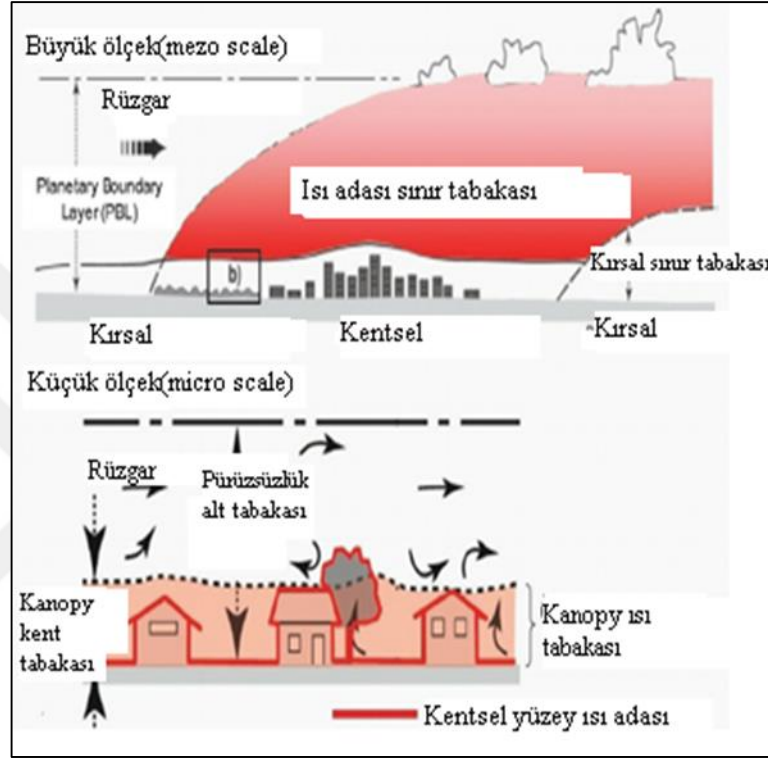
Şekil 3.3. Kırsal ve kentsel hava sıcaklığının gün içindeki değişimi (Oke, 1982)

3.3.2.2. Kent sınır tabakası

Kentin üzerinde bulunan kanopy tabakasının üzerinde yer alır. Bu katmanın derinliği gündüzleri 1 km. veya biraz daha fazla olabilir, geceleri ise birkaç yüz metreye kadar düşebilir. Geceleri derinliğinin düşmesinin sebebi karaların, atmosferden daha hızlı soğumasıyla yukardan aşağı doğru ısı transferi olur bunun sonucu olarak derinlikte azalma meydana gelir (Oke, 1987). Kentsel ve kırsal alanda gündüz oluşan UBL'nin derinliği benzerdir ama geceleri farklılık gösterir. Bu katman hava akımı ve hava kalitesi üzerinde ciddi etkilere sahiptir. Bu katman da yüzeye yakın yerlerde ısı fazladır ve yüksekliğin artmasıyla yavaş yavaş düşmeye başlar (Oke, 1982).

Bu tabaka 3 farklı şekilde ölçülmektedir. İlk olarak kentsel ve kırsal alanlarda bulunan uzun kulelere ısı sensörleri monte edilerek ölçümleri yapılabilir fakat yükseklik sabit olacağından bu ölçüm tipi pek önerilmemektedir. İkinci olarak hava

araçları kullanılarak sürekli ısı okumalarıyla katman sıcaklığı 2 boyutlu profili elde edilebilir (Black, 2013). Son olarak uzaktan algılama tekniği SODAR (Sonic Detection And Ranging) sistemi kullanılarak rüzgâr ve sıcaklık profilleri belirlenebilir. Bu sistem Doppler prensibine göre çalışır. Şekil 3.4’de kentsel ısı adası çeşitleri büyük ve küçük ölçekte gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Kentsel ısı adası çeşitleri (Oke, 1997)

3.4. Kentsel ısı Adası Ölçümleri

Kentsel ısı adası ölçümlerinde geçmişten günümüze ölçüm tekniklerinde birçok ilerleme olmuştur. Yapılan ölçümün tekniği projenin amacına göre değişkenlik gösterebilir. Bugüne kadar dünya genelinde, hava sıcaklığını belirleme ve kaydetmede buna bağlı olarak hava profilini ve kentler üzerindeki kentsel ısı adası yoğunluğu hesaplamada de en geleneksel yöntem, kurulan meteoroloji istasyonları olmuştur. Teknolojinin gelişmesiyle beraber kentsel ısı adası konusu hakkında yapılan çalışmalarda kullanılan verilerde de değişme ve gelişme gözlenmiştir. Uyduların termal bant veya bandları kullanılarak hesaplanan yer yüzeyi sıcaklıkları dünya üzerindeki sıcaklık değişimlerini yüksek hassasiyette değerlendirmeyi olanaklı kılmıştır. Bu yaklaşımda farklı uydulara ait uydu görüntüleri veri olarak kullanılabilir

ve Bölüm 2’de bahsedildiği gibi çeşitli algoritmalar kullanılarak yer yüzeyi sıcaklıkları hesaplanabilir.

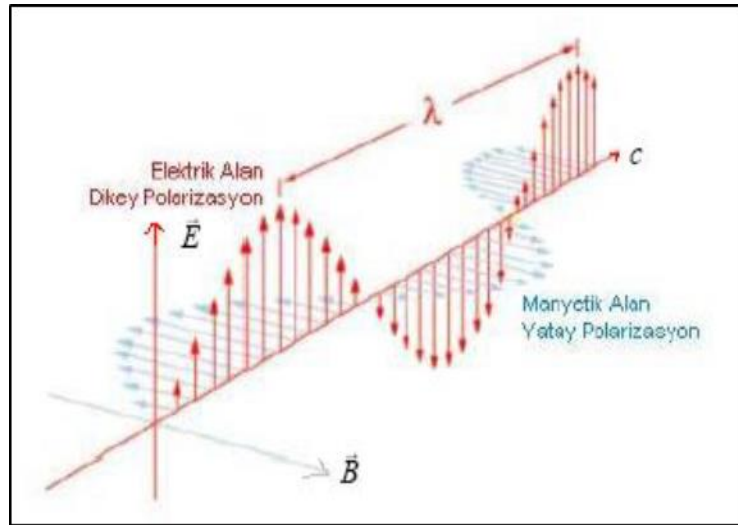


4. UZAKTAN ALGILAMA VE GENEL KAVRAMLAR

Uzaktan algılama kavramı hakkında literatür de birden çok tanımlama mevcuttur. Uzaktan algılama, yeryüzünden belli uzaklıkta, atmosferde veya uzaydaki platformlara yerleştirilmiş ölçüm aletleri aracılığıyla, yeryüzü ve nesnelere hakkında bilgi alma ve bunları analiz etme tekniği, ya da nesnelere fiziksel temasta bulunmadan herhangi bir uzaklıktan yapılan ölçümlerle nesnelere hakkında bilgi edinme bilim ve sanatı olarak ifade edilir. Uzaktan algılama sistemleri, daha hızlı ve büyük alanlarda daha ucuz veri elde edilmesi, dünyanın her yeri için kolaylıkla günlük verilere ulaşılması, gözden kaçan ayrıntıların kolay yakalanabilmesi gibi avantajları sayesinde çokça kullanılmaktadır.

4.1. Elektro Manyetik Radyasyon (EMR)

Bütün objeler bir ışık kaynağından gelen enerjiyi belirli bir kısmını absorbe eder veya yansıtır. Enerjinin absorbe olması ve yayılmasının ölçülmesi uzaktan algılamanın temelini oluşturur. Radyasyon (ışık), enerjinin dalgalar veya fotonlar halinde yayılması veya taşınması anlamına gelebilir. EMR ise uzayda hareket eden elektrik enerjisi ile manyetik enerjinin birlikte hareket etmesi olarak adlandırılabilir (Şekil 4.1). Enerjinin bir formudur. Dalga teorisine göre dağılır.



Şekil 4.1. Elektro manyetik dalga (Şahin, 2008)

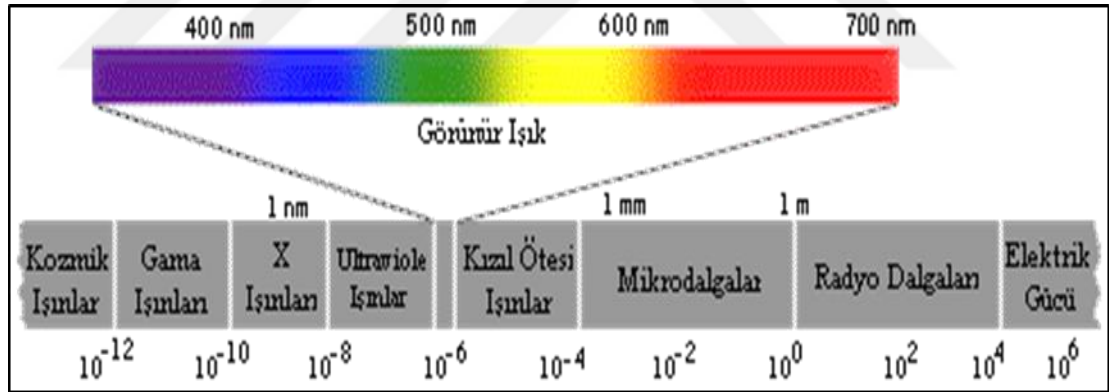
Elektro manyetik dalga 3 parametre ile karakterize edilebilir. Bunlar dalgaboyu (λ), frekans (f) ve şiddetidir. Bir dalganın ardışık iki uç tepe noktası veya ardışık çukur noktaları arasındaki mesafeye dalgaboyu adı verilir. Birim olarak metrenin katları olarak ifade edilir. Frekans dalganın tekrarlanma süresidir. Birimi hertz'dir. Şiddeti ise bir dalganın tepe noktasının eksenden olan yüksekliği olarak ifade edilir. Aşağıdaki verilen Denklem (4.1)'de ;

$$c = \lambda \times f \quad (4.1)$$

Işık hızının, dalgaboyu ve frekans ile ilişkisini vermektedir.

4.2. Elektro Manyetik Spektrum (EMS)

Toplam EMR'nin dalgaboyu aralıklarına göre sınıflandırmasıdır. Farklı dalga boylarında farklı isimler almaktadır. EMS sınıflandırılırken keskin bir dalgaboyu aralığı olmadığı kabul edilir (Bakker ve diğ., 2009). Şekil 4.2'de EMS cetveli verilmiştir.



Şekil 4.2. Elektro Manyetik Spektrum (URL-2, 2018)

EMS kısa dalga boyuna ait gama ışınlarından, uzun dalgaboyulu radyo dalgalarına kadar dalga boyuna göre sınıflandırılabilir. Uzaktan algılama uydularında yer yüzeyi bilgisi elde etmek için en çok görünür ve kızılötesi bölge spektrumu kullanılır. Bir çalışmada hangi spektrum aralığı kullanılacağı çalışmanın amacı ve yöntemine göre değişiklik gösterir. Ultraviyole bölgesi 200-400 nm. aralıktır. Çok kısa dalga boyuna sahip olduğu için atmosferde kolayca kaybolabilir. Yer yüzeyindeki bazı mineral ve materyaller bu dalgaboyu aralığında tespiti yapılabilir. 400-700 nm. arası bölge görünür bölge olarak ifade edilir.

İnsan gözünün algılayabildiği tek bölgedir. Bu bölgedeki ana renkler mavi (400-500 nm.), kırmızı (600-700 nm.) ve yeşil (500-600 nm.) renkleridir. Kırmızı renk bitkiler tarafından yüksek oranda emildiği için yer yüzeyindeki bitki, toprak, yerleşim alanlarını belirlemede kullanılabilir.

Kızıl ötesi bölge 0,7 ila 100 mikrometre dalga boyuna sahip bölgedir. 0,7 ila 3 mikrometre arası yansıyan bölge olarak adlandırılır ve görünür bölgeyle çok benzerlik göstermektedir. 3 ila 100 mikrometre arası bölgeye yayılan veya termal bölge adı verilir. Dalgaboyuna göre 4 sınıfa ayrılır. Yakın kızılötesi 0,72 ile 1,1 mikrometre arası aralıktadır. Bitki analizlerinde kullanılabilir. Kısa dalga kızılötesi 1,1 ile 3 mikrometre arasındaki bölgeye verilen addır ve toprak ve bitkilerin nem miktarını belirlemede kullanılır. Orta dalga kızılötesi 3 ila 5 mikrometre arasındaki bölgeye verilen addır. Uzun dalga kızılötesi 5 ila 14 mikrometre aralıktadır ve termal analizlerde kullanılır. Uydu sensörleri termal bandları bu aralıktadır.

Mikrodalgalar 0,1 ile 100 cm. uzun dalga boyuna sahip bir bölgedir. Şiddetli yağmur hariç mikrodalga enerjisi atmosferik etkilerde kolay kolay etkilenmez ve dağılmaz. Günümüz radar sistemlerinde kullanılır ve her hava koşullarında veri almak mümkündür (URL-3, 2018).

4.3. Elektro Manyetik Radyasyonun Atmosfer ile Etkileşimi

Dünya yüzeyini saran atmosfer tabakası, gazlardan ve çeşitli büyüklüklerdeki katı ve sıvı partikül karışımlarından oluşmaktadır. Atmosferin ilk 80 km'si Dünya atmosferinin ağırlıkça %99'dan fazladır. Atmosfer profili dikey olarak 4 katmana ayrılır.

a) Troposfer: Yer yüzeyine en yakın olan hava katmanıdır. Yaklaşık 10 km. yükseklikindedir. Bu yükseklik ısınana havaya bağlı ekvator ve kutup bölgelerinde değişkenlik gösterebilir. Bütün hava olayları bu katmanda gerçekleşir ve katmandan yukarı doğru gidildikçe kilometre başına ortalama 6,5°C sıcaklıkta azalma meydana gelir.

b) Stratosfer: Troposfer katmanının sonundan başlayıp yaklaşık yerdan 50 km. yüksekliğe kadar oluşan hava tabakasıdır.

Bu tabaka içinde yükseklik arttıkça sıcaklık artar çünkü Ozon tabakası bu katmanda bulunmaktadır. Ozon tabakası güneşten gelen Ultraviyole ışınları absorbe ettiği için ozon moleküllerinin hareketi artar ve sıcaklık artışı meydana gelir. Ozon tabakası 320 nm'den kısa dalga boyundaki Ultraviyolelerin yaklaşık %99'unu absorbe eder. Ozon tabakasının yok olması tamamen insan kaynaklıdır.

c)Mezosfer: Atmosferde yaklaşık 50 km. ile 80 km. arasında bulunan tabakadır. Sıcaklık yüksekliğin artışıyla azalma eğilimindedir. Hava basınç ve yoğunluğu en düşük olan tabakadır. Atmosferin en soğuk katmanıdır.

d)Termosfer: 80 km. ve daha fazla yükseklikte bulunan katmandır. Sıcaklık yükseklikle artar ve en yüksek sıcaklıklar bu katmanda görülmektedir. İyonosfer ve Eksozfer bu katmanda bulunur. Uzaktan algılama uyduları bu hava katmanında bulunur ve bu uyduların yerden yüksekliği yaklaşık 20.400 km'dir (URL-4, 2018).

Uzaktan algılama sensörleri dünyaya bu katmanların dışından baktığı için güneşten gelen elektro manyetik radyasyon objeye ulaşırken ve objeden sensöre yansırken atmosferik etki bozulmalar meydana gelir. Bu atmosferik etkileri anlamak ve düzeltmek, görüntü kalitesinin iyileştirilmesi için çok önemlidir. Elektro manyetik radyasyon atmosferden geçerken atmosfer tarafından saçılabilir, iletilebilir yâda emilebilir. Yeryüzüne ulaşan enerji obje tarafından emilir, iletilir ya da yansıtılır. Bu yansıtılan enerji uzaktan algılama sensörlerine ulaşır. Sensörler bu yansıyan enerjileri digital numaralar halinde kayıt eder.

i)İletilme, EMR'nin doğrudan hiçbir enerji kaybına neden olmaksızın atmosferik pencereler arasından geçmesine verilen isimdir.

ii)Saçılma, EMR'nin atmosferdeki büyük partiküller, su buharı ve gazlar tarafından yer yüzeyine ulaşmadan dağılması ve yön değiştirmesi olarak adlandırılabilir.3 farklı saçılma türü mevcuttur. Rayleigh saçılımı, EMR kendi dalga boyundan daha küçük partiküllerle etkileşime girerek saçılmasıdır. Gelen ışığın dalgaboyu λ olmak üzere Rayleigh saçılması, $1/\lambda^4$ formülüyle orantılıdır. Güneşten gelen mavi ışınlar atmosferde kendinden dalga boyu olarak daha küçük partiküllerle karşılaştığında saçılır ve gökyüzünün mavi görünmesini sağlar. Mie saçılması, atmosfere gelen EMR'nin dalga boyunun ortamdaki partiküllerin dalga boyuna eşit olması sonucu

oluşan saçılmaya verilen isimdir. Gelen EMR'nin Mie saçılması yapması, gelen ışının önemli bir bölümünün saçılması anlamına gelir böyle durumlarda uzaktan algılama teknikleri ile veri elde edilmesi ve analizi zorlaşır. Diğer bir saçılma türü de Seçici Olmayan saçılmadır. Ortamdaki tanecik boyutlarının gelen ışığın dalga boyundan büyük olması sonucu oluşan saçılmadır. Gelen ışın ortama eşit olarak dağılırsa sis ve bulutlanma olayları gözlenebilir.

iii)Emilme ise gelen enerjinin Ozon (O₃), Karbondioksit (CO₂) ve su buharı gibi gazlar tarafından tamamen veya belirli bir miktarda kaybolmasıdır.

4.4. Radyans ve İrradyans

Radyans, bir yüzeyden yansıyan ve yayılan belirli bir açıyla bir yöne düşen ışındır. Yansıyan ve yayılan kısım yansıtıcı yüzeye bağlı olarak farklılık gösterir ve yansıtıcı yüzeyin spektral özelliklerini verir. Bu sayede cisimlerin birbirinden ayrılması ve sınıflandırılması gerçekleştirilebilir.

İrradyans ise bir yüzey üzerine birim alanda düşen ışın olarak adlandırılabilir. Birimi W/m². dir (Çelik, 2013).

4.5. Kara Cisim Işınması ve Temel Teorik Yapı

Bütün nesnelere mutlak sıfır üzerinde elektromanyetik radyasyon formunda termal ışınım yapar. Bu ışınımın özelliği cismin sıcaklığına ve cinsine bağlıdır. Kara cisim ışınımı, gelen enerjinin yayılım ve yayılımının anlaması için önemlidir. Kara cisim ışınması, maddenin kendi sıcaklığından dolayı yaptığı ışınım değildir. Kara cisim ise ideal bir cisimdir ve üzerine gelen tüm ışınları absorbe eder ve her dalga boyunda belli frekansta yayılım yapabilme özelliğine sahiptir. Doğada böyle bir ideal madde bulunmadığı için bilimsel koşullarda bir modeli üretilir. Kabaca bir siyah cisim bilimsel olarak, küçük bir deliği olan tamamen kapalı bir madde olarak tasvir edebiliriz. Enerjinin bu delikten içeri girmesiyle enerji madde içine hapis olur ve cisim tarafından tamamen soğrulana kadar içinde yansıma yapar ve yok olur. Kara cisim ilk olarak 1860'da Gustav Kirchhoff tarafından terimsel olarak kullanılmıştır.

Modern fizik alanında ispatı ise 1900 yılında Max Planck tarafından yapıldı.

Denklem (4.2)'de;

$$B(\lambda, T) = 2hc^2 \div \lambda^5 \left(\epsilon^{\frac{hc}{kT\lambda}} - 1 \right) \quad (4.2)$$

Planck'ın dalga boyuna (λ) ve cismin sıcaklığına (T) bağlı olarak yayınım yapılan kara cismin ışıyım enerjisi formilize etmiştir. Denklemde c-ışık hızı, h- Planck sabiti, k-Boltzman sabitini ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K⁻¹) ifade eder. Bu denklemden yola çıkarak, cismin sıcaklığı artıkça ışımanın arttığı ve dalga boyunun azaldığı söylenebilmektedir. YYS hesaplamalarında Planck fonksiyonu esas alınmaktadır. Planck fonksiyonunda tüm dünya yüzeyi siyah bir cisim olarak kabul edilir ve yüzey yayınırlığı 1'dir. Ama gerçek dünyada doğal nesnelerin birçoğu kara cisim değildir ve kara cisim özelliği göstermez. Doğal nesnelerin yüzey yayınırlıkları $0 < \epsilon < 1$ arasındaki değerler almaktadır. Kara olmayan cisimlerin spektral ışımaları, Planck fonksiyonunun $\epsilon(\lambda)$ ile çarpılması ile elde edilir. Denklem (4.3)'de;

$$R(\lambda, T) = B(\lambda, T) = \epsilon(\lambda) (2hc^2 \div \lambda^5 \left(\epsilon^{\frac{hc}{kT\lambda}} - 1 \right)) \quad (4.3)$$

$R(\lambda, T)$ -kara olmayan cisim spektral radyansı, $\epsilon(\lambda)$ -yüzey yayınırlığı, $B(\lambda, T)$ -Planck fonksiyonu ifade eder Cismin sıcaklığı artıkça yayınlanan enerjinin dalga boyu kızıl ötesi bölgeden, mor ve ötesi olan bölgeye kayar ve bu kayma Wien yer değıştirme yasası ile açıklanır. Planck fonksiyonun dalga boyuna kısmi türevi alınır ve sıfıra eşitlenmesiyle bulunur. Aşğıda verilen (4.4)'nolu denklemde;

$$\lambda_{\max} = A \div T \quad (4.4)$$

A sabiti, Wien yer değıştirme sabitidir ve değeri $2,897 \times 10^{-3}$ dir.

4.6. Sayısal Görüntü ve Çözünürlük

Sayısal görüntü, birden fazla hücrelerden oluşan bir matrizen meydana gelir. Matristeki bu hücrelerin her birine piksel adı verilir. Piksel görüntüdeki en küçük anlamlı birimdir ve görüntüdeki bu pikseller yer yüzeyindeki ortalama parlaklık değerini verir. Bir sayısal görüntünün içerdiği bilgi ve ayrıntı miktarına çözünürlük adı verilir yani görüntüdeki detayların ayırt edilebilir ölçütlüğüdür. Uzaktan algılama verilerinde 4 farklı çözünürlük türü vardır. Görüntü çözünürlükleri algılayıcı platformun teknik özelliklerine bağlı değışkenlik gösterebilmektedir.

i) Mekânsal çözünürlük, geometrik olarak ayırt edilebilen en küçük obje boyutudur. Mekânsal çözünürlük aynı zamanda görüntüdeki piksellerin boyutudur ve azaldıkça görüntüdeki ayırt etme gücü artmaktadır. Örneğin Landsat 5 TM uydu görüntülerinde 30x30 orta geometrik çözünürlükte, Worldwiew-1 uydu görüntüleri 50 cm yüksek çözünürlüğe sahiptir.

ii) Spektral çözünürlük, algılayıcı sensörün bant aralığı ve sayısı ile ilgilidir. Elektronik spektrumu ne kadar dar aralıkta ve çok ise spektral çözünürlüğü fazladır. Algılayıcı ne kadar çok spektrum aralığında algılama yaparsa, belirli bir spektrumda fark edilmeyen ayrıntı diğer spektrumlarda ayırt edilebilirlik ve hassasiyet o derece artar.

iii) Radyometrik çözünürlük, bir sayısal görüntüde enerji farklılıklarını ayırt edebilme özelliği olarak tanımlanabilir. Bit cinsinden tanımlanan radyometrik çözünürlük görüntüdeki gri değer sayısına bağlıdır. Örneğin 8 bitten oluşan bir uydu görüntüsü $2^8=256$ gri değer alır ve gri değerleri 0-255 arasında değişiklik gösterir. Radyometrik çözünürlüğün yüksek olması görüntüyü daha rahat yorumlama imkânı sağlamaktadır.

iiii) Zamansal çözünürlük, algılayıcı platformun çekilen aynı bölgenin çekilme tekrar süresidir. Doğa olayların yorumlanmasında ve zamansal analiz yapılması açısından önemlidir. Landsat 5- TM uydularının 16 günlük orta zamansal çözünürlüğe sahip iken Ikonos uydularında bu süre 3 gün kadar olmaktadır.

5. UYGULAMA

5.1. Çalışmanın Amacı

İnsanın doğa üzerindeki yıkıcı etkisi, dünya da ki ekolojik sisteminin bozulmasında en önemli etkenlerden biridir. Geçirimsiz yüzeylerin artması, ormanlık alanların yok edilmesi, kentleşme oranının artması ve sanayileşme küresel ölçekte iklim değişikliklerinin ve küresel ısınmanın artmasına katkıda bulunmuştur. Oluşan bu iklim değişikliklerinin ve küresel ısınmanın irdelenmesi gelecekte oluşacak çevreyle ilgili zararların tahmin edilip önlenmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu anlamda yapılan bilimsel çalışmalarda en önemlisi toprak parametresi yer yüzeyi sıcaklığı (YYS) dir. YYS'ler evapotransipasyon, hidroloji, iklim değişikliği, jeotermal enerji ile ilgili bilimsel çalışmalarda kullanılabilir.

Bu tez çalışması kapsamında iki farklı ölçekte YYS'lerin zamansal olarak karşılaştırılması ve irdelenmesi hedeflenmiştir. Yerel ve ülke ölçeğinde yapılan çalışma ait akış şeması Şekil 5.1'de sunulmuştur.

Yerel ölçekte yapılacak tez çalışmasında amaç, Landsat-5/8 uydu görüntüleri kullanılarak Kocaeli il sınırları içinde farklı arazi kullanımına ait yer yüzeyi sıcaklıklarını farklı zaman periyotları için oluşturmaktır. Kullanılan Landsat verileri her yılın ortak bir gününe aittir. Farklı yıllara ait uydu görüntülerinin yakın ya da benzer gününe ulaşılabilmesi için arşiv taramaları yapılmıştır. Landsat YYS haritaları üretildikten sonra ormanlık alan, su alanı, yerleşim alanı, sanayi alanı ve tarım alanındaki değişimler incelenmiştir. Burada 1994-2017 yılları arası yapılan çalışmada sanayileşmenin ve kentleşmenin yüzey sıcaklığına etkisi araştırılmıştır.

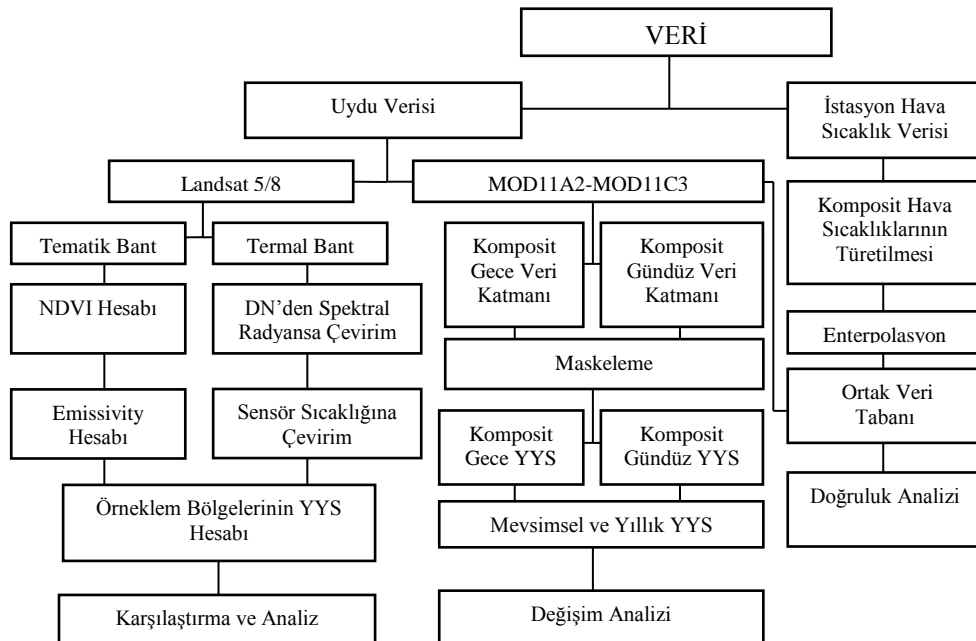
Landsat verisi yüksek mekânsal çözünürlük sunmakla beraber zamansal çözünürlüğü ve periyodik görüntü alımı konusunda sınırlı kalmaktadır. Bu sorunu çözmek için çalışmada ayrıca MODİS uydusu MOD11A2 ürünleri kullanılmıştır. 8 günlük ortalama yer yüzeyi sıcaklık verisi sunan MOD11A2 ürünlerine ait 2000, 2005, 2010, 2017 yıllarının her bir ayı için ayrı ayrı MOD11A2 verileri kullanılmıştır.

Kocaeli ilinin mevsimsel ve yıllık ortalama yer yüzey sıcaklıkları zamansal olarak karşılaştırılmıştır. Kocaeli için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen yer istasyonu günlük sıcaklık verileri ile yapılan ölçümlerin doğruluk analizi yapılarak, uydu görüntülerinden elde edilen verilerin performansı değerlendirilmiştir.

Ülke ölçeğinde yapılan çalışmada ise MODİS uydu görüntülerinden yararlanılarak, Türkiye ülke sınırları içinde, 2000-2005-2010-2017 yılları için hem gündüz hem de gece yer yüzey sıcaklık haritaları oluşturulmuş, yıllık ve mevsimsel ortalamaların değişimi incelenmiştir. Böylelikle, ülke ölçeğinde yıllara göre yüzey sıcaklığında artış olup olmadığı ve geceleri daha belirgin bir hale gelen, kentleşmenin yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisini gözlemlemek amaçlanmıştır.

Ayrıca sürekli alansal veri alma imkânı sunan uydu verilerinin, noktasal anlamda veri sunan meteorolojik istasyonlara göre alternatif olarak kullanımı irdelenmiştir.

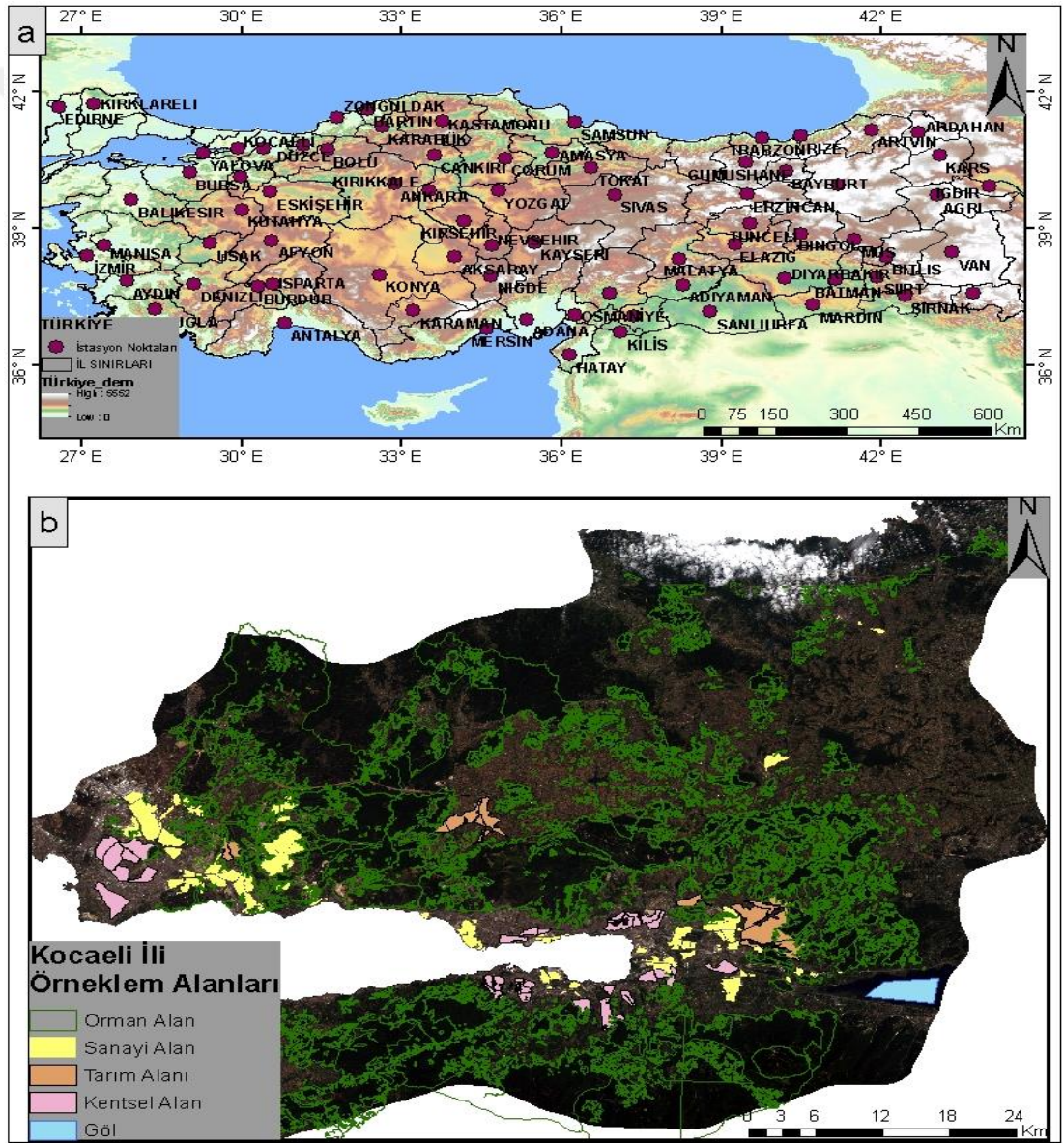
Bu nedenle bu tez çalışması kapsamında tüm Türkiye için üretilen YYS haritalarının doğruluğu Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen yer gözlem istasyonları verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda YYS değerleri ile aynı tarihlere ait yer sabit gözlem istasyonlarının hava sıcaklıkları arasında korelasyon değerlendirmesi yapılmıştır.



Şekil 5.1. Çalışma akış diyagramı

5.2. Çalışma Alanı

Ülke ölçeğinde çalışma alanı olarak Türkiye ülke sınırları seçilmiştir. Türkiye coğrafi konum olarak 36°- 42° kuzey paralelleri ile 26°-45° doğu meridyenleri arası yer alan bir ülkedir. 2018 yıllı şubat ayı itibariyle toplam nüfusu 80 milyon 810 bin 525 kişidir. Coğrafi konum itibariyle orta kuşakta yer alan Türkiye’de 4 mevsim belirgin olarak yaşanmaktadır. 7 coğrafi bölgeye sahip olan Türkiye, coğrafi bölgelerin özel konumu ve görülen farklı iklim tiplerinden dolayı yıl boyunca sıcaklık, yağış, nem gibi atmosferik parametreleri sabit birer değer almamaktadır (Şekil 5.2a).



Şekil 5.2. Ülke ölçeği ve yerel ölçek için belirlenen çalışma alanı, a-Türkiye haritası, b-Kocaeli haritası

Yerel ölçekte yapılması planlanan çalışma için ise çalışma alanı, 14 adet organize sanayi bölgesi ve mevcut iş olanakları dolayısı ile gündün güne nüfusu ve kentleşmesi hızla artış gösteren Kocaeli il sınırı olarak belirlenmiştir. Kocaeli, Türkiye'nin kuzeybatısında 40,85327° enlem 29,948° boylamları arasında bulunur. 2018 yılı için nüfusu 1,883,270 milyon kişi olan Kocaeli de m²'ye 521 kişi düşmektedir. Şehrin iklimi özel konumundan dolayı Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş iklimi özelliği gösterir. Şehrin toplam arazi varlığı 342,000 hektardır. Bunun %43,77 si tarım alanı,%43'ü ormanlı ve fundalık, %12,8'ini ise tarım dışı arazi oluşturmaktadır. Şehrin ekonomik coğrafyasına baktığımızda %70'ini sanayi, %3'ünü tarım ve %27'sini hizmet sektörü oluşturmaktadır (URL-5, 2018). Yerel ölçekte çalışma bölgesinde, arazi kullanımına bağlı yer yüzey sıcaklıklarının değişimini incelemek için 5 farklı kullanım alanı belirlenmiştir. Bu kullanım alanlarına bağlı örneklem bölgeleri seçilmiştir. Seçilen örneklem bölgeleri, kent arazi kullanım haritası altlık alınarak oluşturulmuş ve araziye çıkılarak gerekli kontroller yapılmıştır. Seçilen arazi kullanım alanları sırasıyla ormanlık alan, su alanı, yerleşim alanı, sanayi alanı ve tarım alanıdır (Şekil 5.2b).

5.3. Veri

Çalışma kapsamında kullanılan uydu verileri Tablo 5.1'de sunulmuştur.

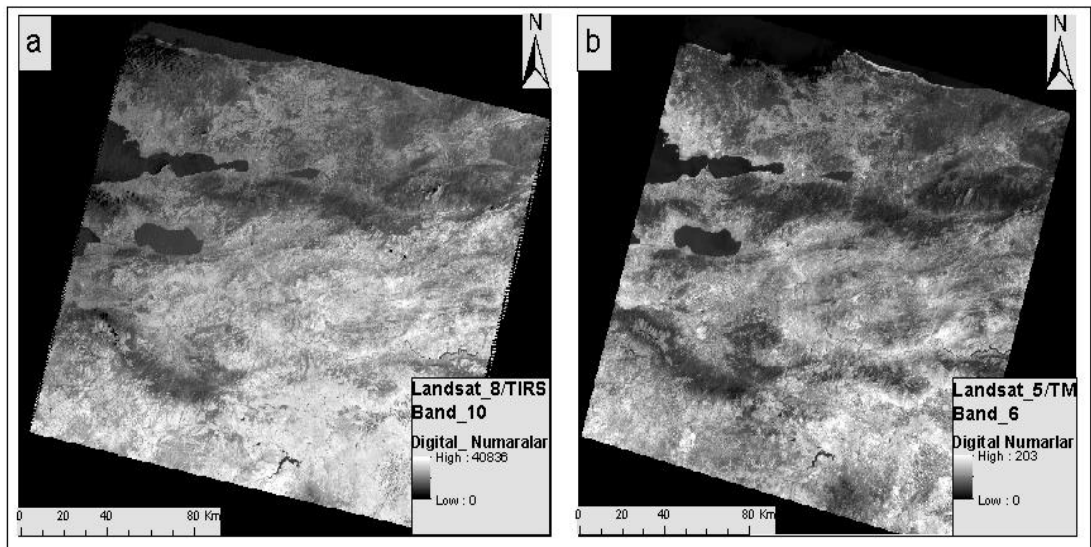
Tablo 5.1. Çalışmada kullanılan uydular ve özellikleri

Uydu Adı	Landsat-5	Landsat-8	MODIS-MOD11A2	MODIS-MOD11C3
Sensör	Thematic Mapper	OLI TIRS	Terra	Terra
Bant No-Geometrik Çözünürlük(m)	1.Band-30 m 2.Band-30 m 3.Band-30 m 4.Band-30 m 5.Band-30 m 6.Band- 30 m 7.Band-30m	1.Band-30 m 2.Band-30 m 3.Band-30 m 4.Band-30 m 5.Band-30 m 6.Band-30 m 7.Band-30 m 8.Band-15 m 9.Band-30 m	10.band-100 m 11.band- 100 m (1-2)Band-250 m (3-7)Band-500 m (8-36)Band-1000 m Veri Katmanı-1000 m	(1-2)Band-250 m (3-7)Band-500 m (8-36)Band-1000 m Veri Katmanı-5600m
Veri Tarihi	19.07.1994 03.07.2000 01.07.2005 31.07.2010	02.07.2017	25 Ocak-1 Şubat, 18-25 Şubat, 14-21 Mart, 15-22 Nisan, 9-16 Mayıs, 10-17 Haziran, 12-19 Temmuz, 13-20 Ağustos, 14-21 Eylül, 8-15 Ekim, 9-16 Kasım, 19-26 Aralık	2000-2005-2010- 2017 yılları her ayı
Zamansal Çözünürlük(gün)	16	16	1-2	1-2
Radyometrik Çözünürlük(bit)	8	12	16	16

Yerel ve ülke ölçeğinde yapılan yer yüzeyi sıcaklığı çalışması kapsamında Landsat-5, Landsat-8 ve MODIS uydularına ait uydu görüntüleri, yerel ölçekte örnekleme çalışmaları için arazi kullanım haritası ve yerel ve global ölçekte çalışmaların performans değerlendirmesi için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan sıcaklık verileri kullanılmıştır. Uydu görüntüleri <https://earthexplorer.usgs.gov/> 'dan ücretsiz olarak indirilmiştir. Radyometrik ve geometrik düzeltmeleri yapılmıştır.

Landsat- TM uydu görüntüsü toplam 7 spektral banttandır ve 10,40-12 µm aralığında olan 6. bantı uydunun tek termal bandını oluşturmaktadır. Görünür ve kızıl ötesi bölgedeki bantların konumsal çözünürlüğü 30 m., termal aralıkta ki 6. bantın konumsal çözünürlüğü 120 m.'dir.16 günlük zamansal çözünürlüğe sahip Landsat-5 uydusu, kullanıcılarına 8 bitlik radyometrik çözünürlük ile görüntülerini sunmaktadır (Şekil 5.3a).

Landsat-8 uydu görüntüsü toplam 11 spektral banttandır ve 10,6-11,19 µm, 11,50-12,51 µm. aralıklar da 2 ayrı termal banda sahiptir. Görünür ve kızıl ötesi aralıkta bulunan 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 9. bantların konumsal çözünürlüğü 30 m.'dir. 10 ve 11'nolu bantları uydunun termal bantlarını oluşturur ve konumsal çözünürlüğü 100 m.'dir. Uydu 16 günlük zamansal çözünürlüğe sahiptir. Landsat-8 uydusu ürünlerini 16 bitlik radyometrik çözünürlükle kullanıcılarına sunmaktadır (Şekil5.3b).



Şekil 5.3. Landsat uydusuna ait çalışmada kullanılan ham veriler, a-Landsat 8 bant 10, b-Landsat 5 bant 6

İklim çalışmalarında en çok tercih edilen uydulardan biride MODİS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) uydusudur. 1-2 günlük zamansal çözünürlüğe sahip olması onu diğer uydulardan bir adım öne çıkarmaktadır.

Terra ve Aqua adlı iki sensörden oluşmaktadır. Standart bir MODİS görüntüsü toplam 36 spektral banttandır oluşmaktadır. Spektral bantların konumsal çözünürlükleri 250 m., 500 m. ve 1000 m. olarak 3 farklı değer almaktadır. 1 ile 2'inci bantları 250 m., 3'üncü banttandır 7'inci banta kadar 500 m., 8'inci banttandır 36.'ıncı banda kadar 1000 m. çözünürlük değeri almaktadır. Yer yüzey sıcaklığı hesaplamalarında 31 ve 32 nolu termal bantları kullanılmaktadır. Standart bir ürün kullanıcıya 12 bit radyometrik çözünürlükle sunulmaktadır.

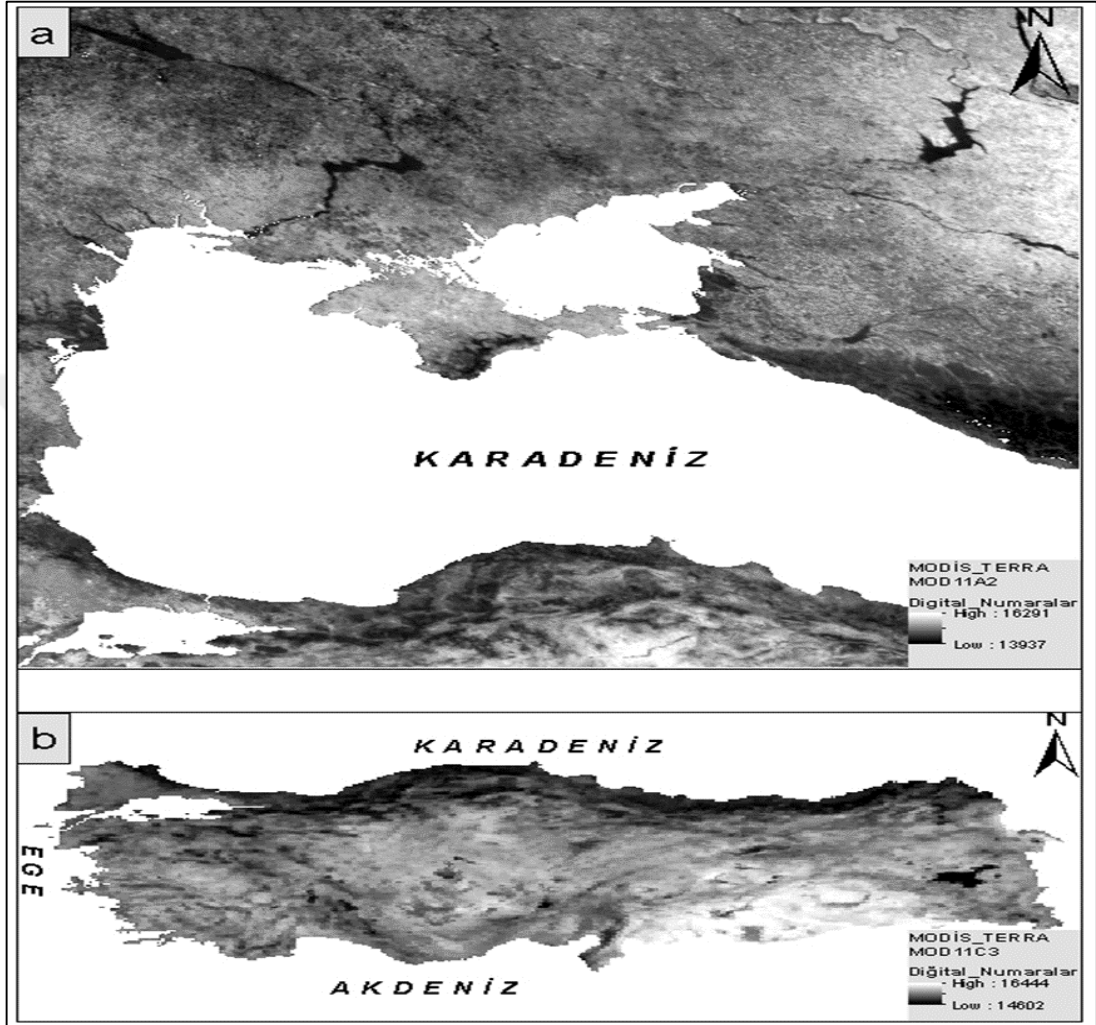
Yerel ve ülke ölçeğinde yer yüzey sıcaklığının mevsimsel ve yıllık analizi için MODİS uydusu ürünlerinden yararlanılmıştır.

MODİS uydusu MOD11C3 ürünü ülke ölçeğinde Türkiye'nin mevsimsel ve yıllık ölçekte yer yüzey sıcaklığı analizi yapmak için kullanılmıştır. 16 veri katmanından oluşan bu ürünün gündüz ve gece yer yüzey sıcaklığı veren veri katmanları kullanılmıştır. Bu katmanlar 16 bit radyometrik çözünürlüğe sahiptir. 5600 m. konumsal çözünürlüğe sahip bu katmanlar kullanıcılarına 30 günlük ortalama yer yüzey sıcaklık verisi sunmaktadır. 2000, 2005, 2010, 2017 yıllarının her bir ayı için gündüz ve gece olarak ayrı ayrı MOD11C3 verisi indirilmiş ve analizlerde kullanılmıştır.

Kullanılan MODİS MOD11C3 ürünü gündüz yer yüzey sıcaklığını veren katmanı ham verisi Şekil 5.4b'de sunulmuştur.

MODİS uydusu MOD11A2 ürünü local ölçekte (Kocaeli il sınırları içinde), mevsimsel ve yıllık yüzey sıcaklığı analizi yapmak için kullanılmıştır. 12 veri katmanından oluşan bu MODİS ürününün, hem gündüz hem de gece yer yüzey sıcaklığı bilgisi veren katmanları bu çalışmada kullanılmıştır. 16 bit radyometrik çözünürlüğe sahip bu katmanlar 8 günlük ortalama yer yüzeyi sıcaklık verisi içerir ve kullanıcılarına bu şekilde sunulur. 1000 m. konumsal çözünürlüğe sahip MOD11A2 verisi 2000, 2005, 2010, 2017 yıllarının her bir ayı için gündüz ve gece olarak ayrı ayrı indirilmiş ve analiz edilmiştir. Kullanılan MODİS MOD11A2 ürünü gündüz yer

yüze y sıcaklığı veren veri katmanı ham verisi Şekil 5.4a’da sunulmuştur. Veri Şekil 5.4a’da görüldüğü gibi Türkiye’nin güneyini sunmaktadır. Bu alandan Kocaeli bölgesi maskelenerek çıkarılmış ve analizlerde kullanılmıştır.



Şekil 5.4. Çalışmada kullanılan MODIS uydusu gündüz yüze y sıcaklığı veri katmanları, a-MOD11A2 ürünü, b-MOD11C3 ürünü

Yerel ölçekte, arazi kullanımına bağı y yer yüze y sıcaklığı değişimi için, karşılaştı rma amaçlı çalışma günleri ait (19.07.1994 - 03.07.2000 - 01.07.2005 - 31.07.2010 - 02.07.2017) gündüz günlük ortalama hava sıcaklıkları Meteoroloji Genel Müdürlüğünden ücretsiz olarak elde edilmiştir.

Ülke ölçeğinde ve yerel ölçekte elde edilen yüze y sıcaklıklarının karşılaştı rılması için Türkiye’ye ait 75 adet yer sabit istasyonu aylık ortalama ve Kocaeli Bölgesine ait 8 adet istasyonun günlük ortalama hava sıcaklık verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden talep edilmiş ve doğruluk analizleri için kullanılmıştır.

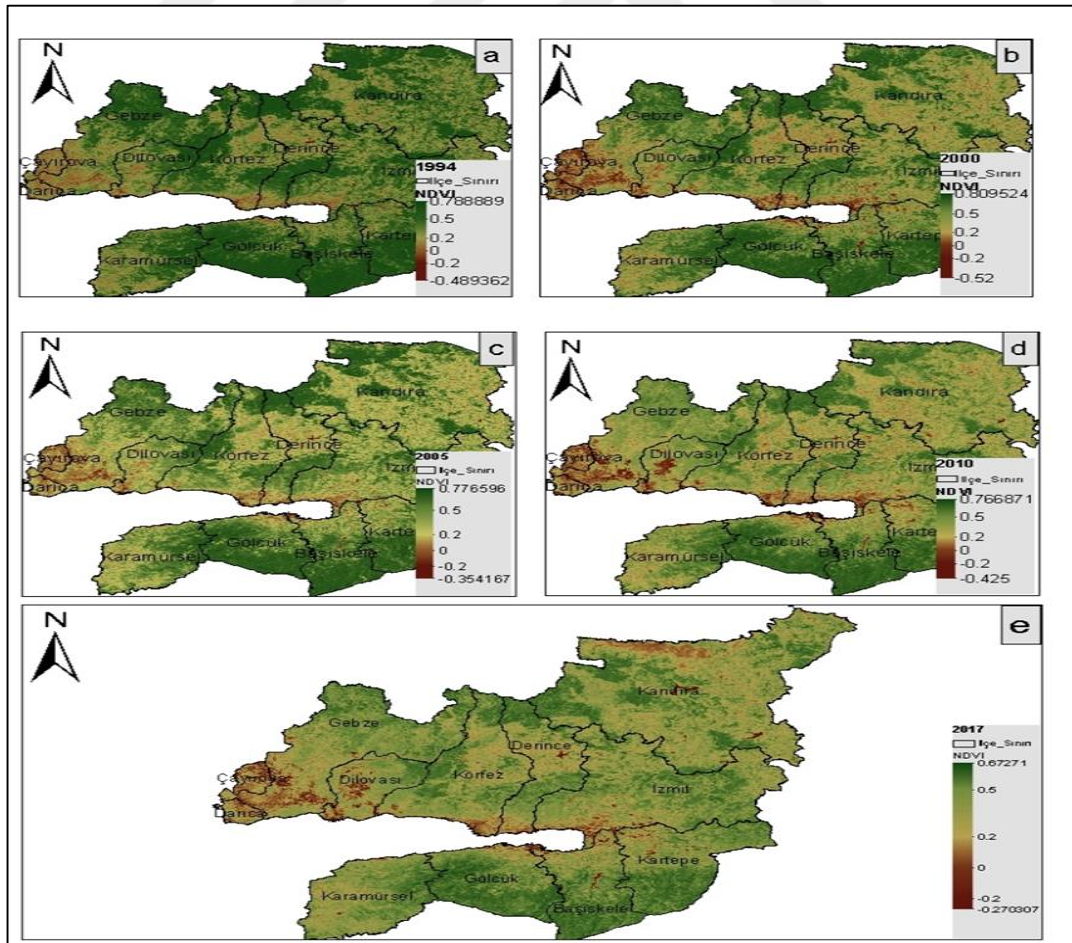
Yerel ölçekte yapılan arazi kullanımına bağlı yer yüzey sıcaklık değişimi için örneklem bölgeleri Kocaeli Büyük Şehir Belediyesi'nden alınan arazi kullanım haritası altlık olarak kullanılarak seçilmiş ve arazide doğrulaması yapılmıştır.

5.4. Yöntem

Yerel ölçekte arazi kullanımına bağlı YYS'lerin zamansal değişimi belirli zamansal noktalar için Landsat uydu görüntülerinden ve mevsimsel ve yıllık değerlendirmeler için ise Modis verilerini kullanılarak elde edilmiştir. Landsat verileri için yapılan yer sıcaklığı analizlerinde öncelikle (5.1)'nolu denklem kullanılarak tüm çalışılan günler için NDVI (Şekil 5.5) hesabı yapılmıştır.

$$\text{Landsat}_{\text{NDVI}} = (\text{Yakın kızıl ötesi} - \text{kırmızı}) / (\text{Yakın kızıl ötesi} + \text{kırmızı}) \quad (5.1)$$

Landsat 5 için, yakın kızıl ötesi ve kırmızı bant sırasıyla 4 ve 3 nolu bantlara, Landsat 8 için ise sırasıyla 5 ve 4 nolu bantlara karşılık gelmektedir.



Şekil 5.5. Çalışılan günlere ait Landsat NDVI görüntüleri

İkinci adım olarak elde edilen NDVI görüntülerinden vejetasyon oranı- P_v (5.2)' nolu denklem yardımıyla hesaplanmıştır. Denklem (5.2)'de;

$$P_v = ((NDVI - NDVI_{min}) \div (NDVI_{max} - NDVI_{min}))^2 \quad (5.2)$$

$NDVI_{min}$ ve $NDVI_{max}$ değerleri görüntü histogramından elde edilmiştir. Yüzey yayınlılığı (5.3)' nolu denklem kullanılarak hesaplanmıştır;

$$\epsilon = 0,004P_v + 0,986 \quad (5.3)$$

Landsat 5 ve Landsat 8 uydu görüntülerinde digital numaralardan spektral radyans değerlerini elde etmek için (5.4)' nolu denklemden yararlanılmıştır.

Denklem (5.4)'de ;

$$L_\lambda = ((L_{max\lambda} - L_{min\lambda}) \div (QCAL_{max} - QCAL_{min})) \times (QCAL - QCAL_{min}) + L_{min\lambda} \quad (5.4)$$

L_λ -spektral radyans, QCAL- ilgili bantın digital numaraları, $L_{max-min}$ değerleri verinin Meta veri dosyasından elde edilmiştir. Görüntüden elde edilen spektral radyans aşağıda verilen eşitlik yardımıyla sensör sıcaklığına çevrilmiştir.

Denklem (5.5)'de

$$T_{sensör} = K_2 \div \ln \left(1 + \frac{K_1}{L_\lambda} \right) \quad (5.5)$$

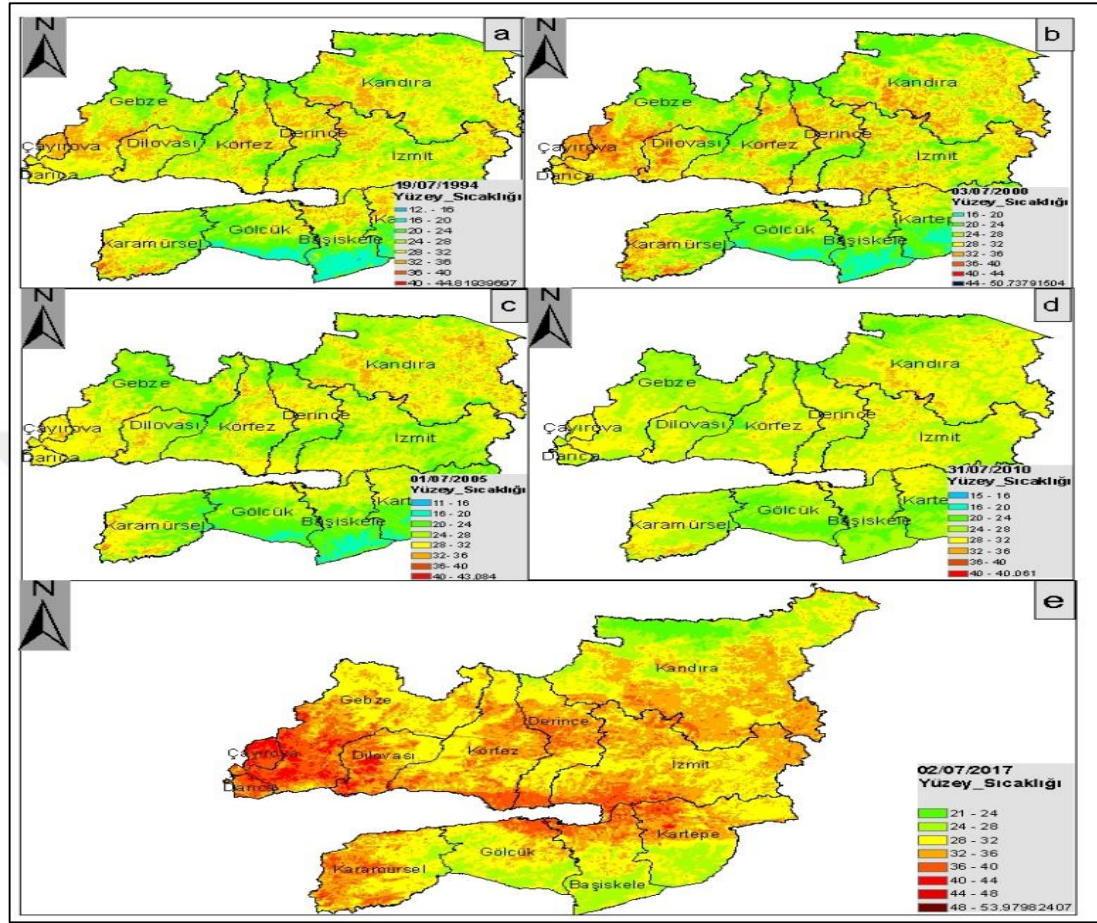
K_1 ve K_2 uydu sabitleridir. Landsat 5 uydusu için K_1 ve K_2 sabitleri sırasıyla 607,76 - 1260,56- Landsat 8 uydusu bant 10 için sırasıyla 774,89 - 1321,08 dir.

Elde edilen sensör sıcaklıkları, yer yüzey yayınlılığı (emissivite) düzeltmesi getirilmiş Planck Fonksiyonu Ters algoritması kullanılarak, yer yüzey sıcaklıklarına dönüştürülmüştür. Denklem (5.6)'da;

$$T_{YYS} = T_{sensör} \div ((1 + LT_{sensör} \div a) \ln \epsilon) \quad (5.6)$$

ϵ -emissivite(yayınlılık), a -14380 mK ve L -ortalama dalga boyudur. L değeri Landsat 5 uydusu bant 6 için 11,45-Landsat 8 bant 10 için 10,895 dir.

Yerel ölçekte çalışma günlerine ait Landsat uydularından elde edilen ortalama yüzey sıcaklık haritaları Şekil 5.6’da sunulmuştur.

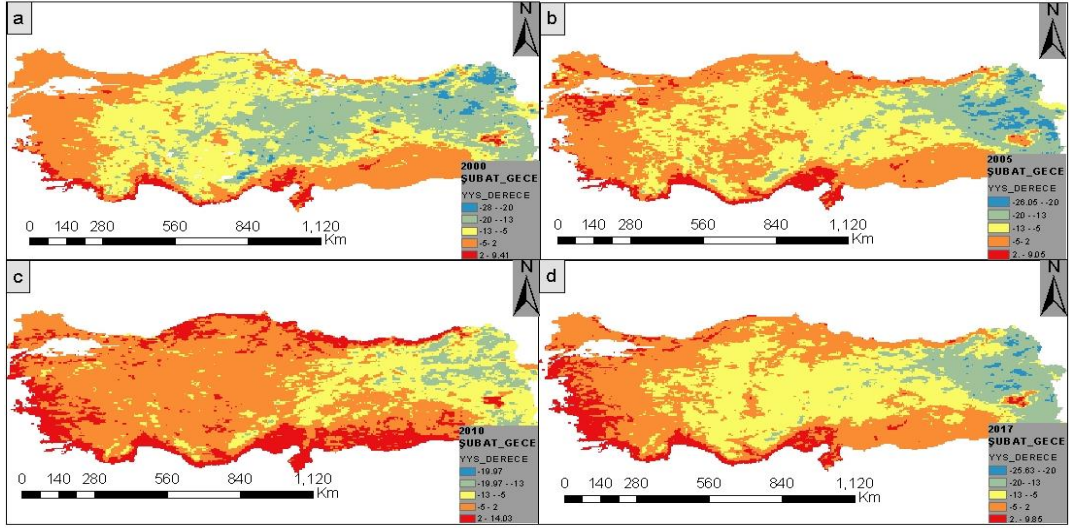


Şekil 5.6 Landsat yüzey sıcaklık haritaları, a-19.07.1994, b-03.07.2000,c-01.07.2005, d-31.07.2010, e-02.07.2017

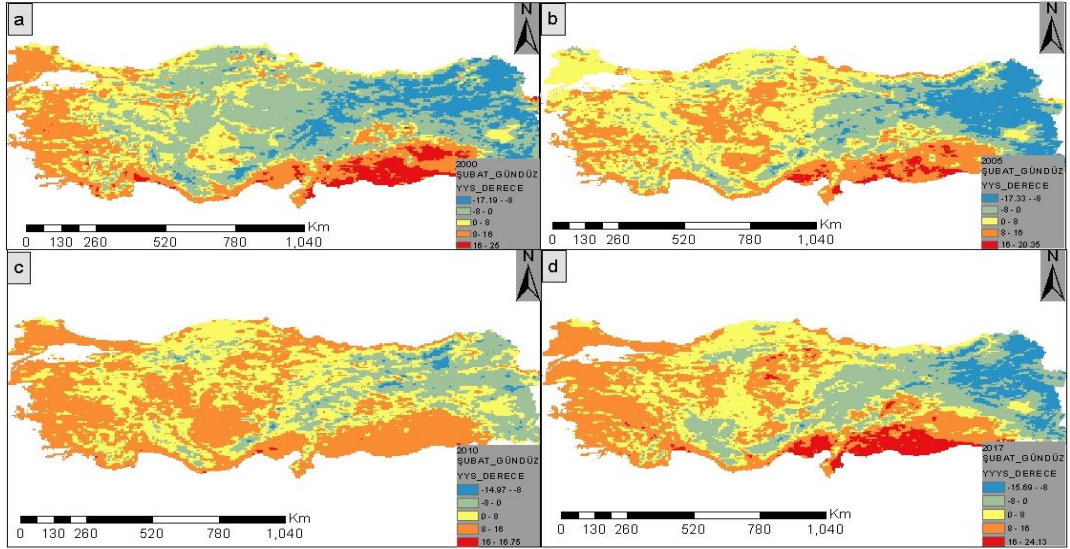
Yerel ölçekte ve ülke ölçeğinde yüzey sıcaklıklarının mevsimsel ve yıllık ortalama değişimleri için ise MODIS uydu görüntüleri kullanılmış ve MODIS uydu görüntülerinden YYS elde etmek için (5.7)'nolu denklem kullanılmıştır. Denklem (5.7)'de;

$$MODIS_{YYS} = \text{ÖF} \times DN \quad (5.7)$$

DN-kullanılan veri katmanı digital numaraları, ÖF-kullanılan veri katmanı için özel ölçeklendirme faktörüdür ve bu değer 0,02 dir. YYS haritaları derece cinsinden elde edilmiştir. Ülke ölçeğinde yıllara göre Şubat ayı, gece ve gündüz aylık ortalama yüzey sıcaklıkları Şekil 5.7 ve Şekil 5.8’de verilmiştir.



Şekil 5.7. Şubat ayı gece yüzey sıcaklıkları, a-2000, b-2005, c-2010, d-2017



Şekil 5.8. Şubat ayı gündüz yüzey sıcaklıkları, a-2000, b-2005, c-2010, d-2017

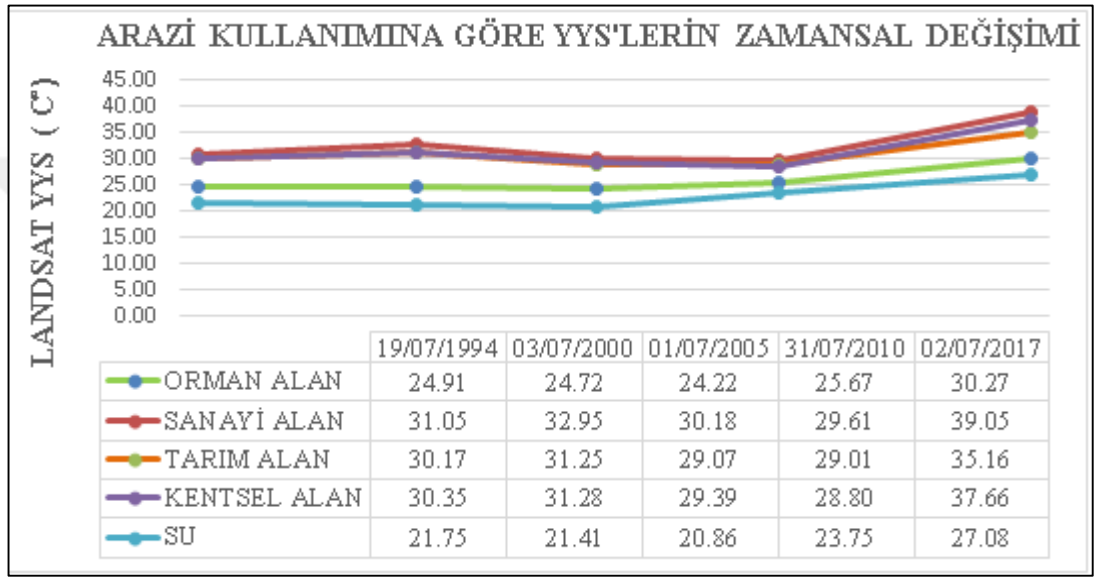
5.5. Bulgular

Bu kapsamda elde edilen sonuç ve bulgular lokal ve ülke ölçeğinde ayrı başlıklar altında sunulmuştur.

5.5.1. Yerel ölçekli çalışmada elde edilen bulgular ve değerlendirmesi

Kocaeli için yer yüzey sıcaklıkları Landsat ve Modis verilerinden elde edilmiş ve sırası ile açıklanmıştır. Buna göre, Landsat verileri ile 1994, 2000, 2005, 2010 ve 2017 yılı Temmuz ayı için oluşturulan yer yüzey sıcaklıkları değişimleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme, Kocaeli arazi kullanım haritalarının altlık

olarak kullanıldığı, 5 farklı arazi kullanımına yönelik yapılmıştır. Ormanlık, sanayi, tarım, kent ve su (göl, deniz vs.) kullanım alanları üzerinden 100 ila 1000 sayıda noktada rastlantısal örnekleme metodu yolu ile örnekleme yapılmış ve bu noktalar altında kalan yansıma değerleri veri tabanına alınmıştır. 19.07.1994, 03.07.2000, 01.07.2005, 31.07.2010 tarihli Landsat 5 uydusu ve 02.07.2017 tarihli Landsat 8 uydusu görüntülerinden örnekleme bölgelerinin ortalama gündüz yer yüzey sıcaklıklarının zamansal değişimi Şekil 5.9’da verilmiştir.

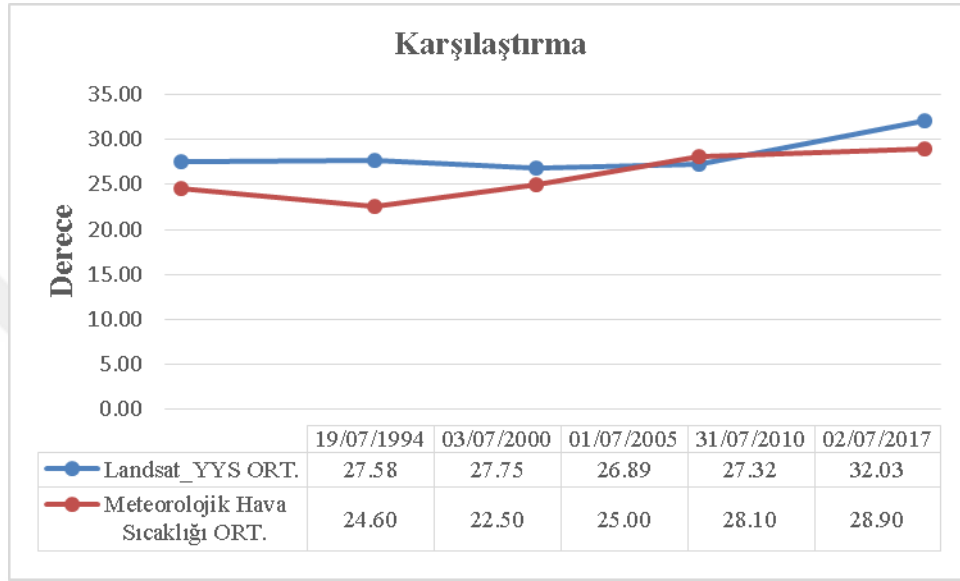


Şekil 5.9. Arazi kullanımına bağlı Landsat YYS'nin zamansal değişimi

Yapılan çalışmada en yüksek sıcaklığın sanayi alanında daha sonra kent alanında olduğu sonra sırası ile tarım alanı, yeşil alan ve en düşük su alanında ortaya çıktığı görülmüştür. Sanayi alanlarında enerji üretimin ve tüketimin yüksek seviyelerde olması yüksek yüzey sıcaklığının görülmesinin başlıca nedenlerinden biridir. Kentsel alanlardaki yüzey sıcaklıkları diğer kullanım alanlarına göre 2. sıradadır. Kentsel alanlarda yerleşmenin büyümesine bağlı olarak asfalt yolların ve inşaatların artması yeşil ve sulak alanların azalması yüzey sıcaklıkların artmasına neden olmuştur. Kullanılan inşaat malzemelerinin düşük albedo değerlerine sahip olması, gelen solar enerjiyi yansıtamamasına ve depolamasına neden olur böylelikle yüzey sıcaklıklarında diğer kullanım alanlarına göre yüksek olmaktadır. Su ve yeşil alanlar gelen solar enerjinin yüksek bir kısmını yansıtır ve depolama özelliğinin düşük olması nedeniyle en düşük yer yüzey sıcaklıkları bu alanlarda görülür. Sıcaklık değerleri zamansal olarak irdelendiğinde ise 1994, 2000 ve 2005 yıllarında 1-2⁰ arası

sıcaklık değişimleri olduğu, 2010 yılında göl ve yeşil alanda artış yaşanır iken sanayi, kentsel alan ve tarım alanında hafif düşmeler olduğu 2017 yılında ise tüm arazi kullanım alanları için sıcaklığın 4-6⁰ arası yükseldiği gözlenmiştir.

Landsat verileri ile yapılan YYS verilerinin doğruluk değerlendirmesi için, uydu alım tarihleri ile aynı tarihe ait yer gözlem sıcaklık verileri karşılaştırılmıştır (Şekil 5.10).

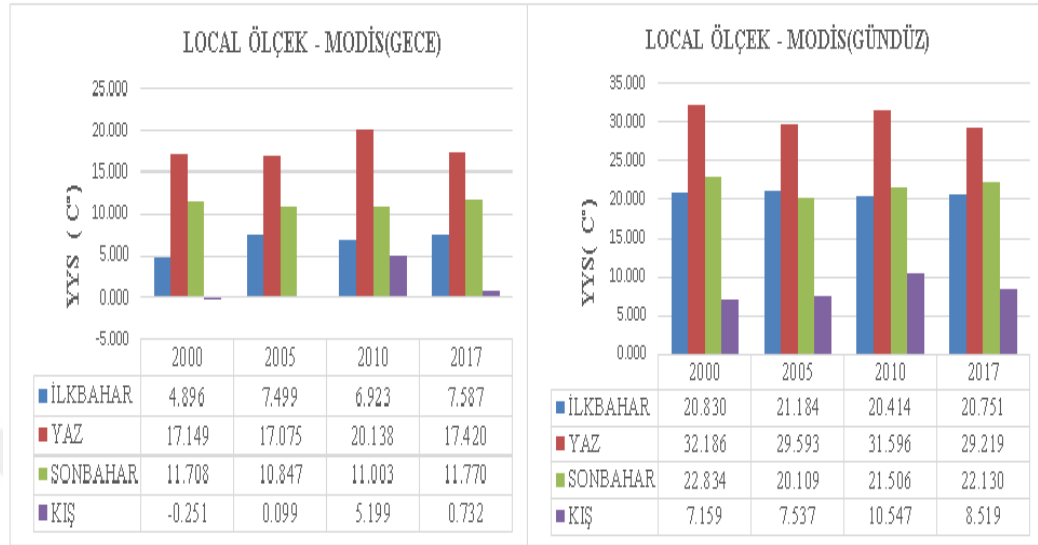


Şekil 5.10. Sıcaklık verilerinin karşılaştırılması

Şekil 5.10 incelediğinde Landsat yüzey sıcaklıklarının, meteorolojik hava sıcaklıklarından 1-4⁰ arasında nispeten yüksek olduğu görülmüştür.

Landsat verilerinden noktasal bir tarih değeri için sıcaklık değerleri üretilmiştir. Bu kısıtlama nedeni ile Landsat verileri yanında alanda uzun periyodik süreçler için veri toplama özelliğine sahip Modis verileri de çalışmada kullanılmıştır. MOD11A2 ürünü, gündüz ve gece YYS bilgisi sunabilme kabiliyetine sahiptir. Ayrıca MODİS uydusu ürünleri yüksek zamansal çözünürlüğe sahip olduğu için mevsimsel olarak zamansal analizler için uygun bir veri türüdür. MOD11A2 ürünü kullanılarak yapılan bu çalışmada 2000-2005-2010-2017 yılları her bir ayı için ayrı ayrı gece ve gündüz yer yüzey sıcaklık bilgisi üretilmiştir. Gece ve gündüz için her ay için indirilen ve YYS 'ye dönüştürülen veriler 'in mevsimsel ortalamaları alınarak dört farklı yıl için mevsimsel ortalama yüzey sıcaklıkları oluşturulmuştur.

Yerel ölçekte MODİS uydusu MOD11A2 ürünü, gündüz ve gece YYS bilgisi veren veri katman sonuçları Şekil 5.11’de verilmiştir.



Şekil 5.11. Mevsimsel ortalama gece ve gündüz yer yüzey sıcaklıkları

Şekil 5.11 incelendiğinde en yüksek yüzey sıcaklıkları Dünyanın dönüşüne ve özel konuma bağlı olarak yaz mevsiminde, en düşük yüzey sıcaklıkları kış mevsiminde olduğu görülmüştür ve bu durum normal olarak karşılanmıştır. Çünkü yaz mevsiminde güneşten gelen solar enerji yüksek açılarla Kocaeli’ne ve ülkemize düşerken kış mevsiminde en düşük açılarla düşmektedir.

Ortalama gece yer yüzey sıcaklıkları mevsimsel olarak incelendiğinde net bir artış trendi olmamakla beraber dalgalı bir artıştan söz edilebilmektedir.

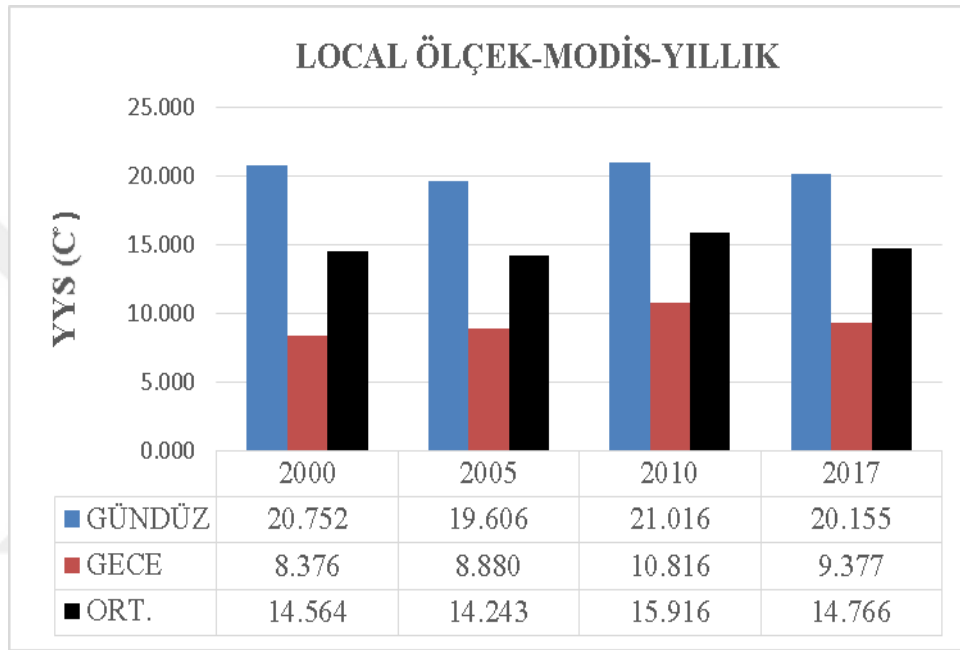
Yaz ve kış mevsimlerinde en yüksek gece yüzey sıcaklığı 2010 yılına, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ise 2017 yılına aittir.

Ortalama gündüz yer yüzey sıcaklıklarına mevsimsel olarak bakıldığında burada da net bir azalış veya artış trendi gözlenmemekle birlikte, kış mevsiminde dalgalanma artış yönündedir.

Yaz ve sonbahar mevsiminde en yüksek ortalama yer yüzey sıcaklıkları 2000 yılına, ilkbahar mevsimi için 2005 yılına, kış mevsimi için 2010 yılına aittir. Kış mevsiminde hem gece hem de gündüz yüzey sıcaklıklarının artış yönlü dalgalanmasının sebebi, kentleşen ve sanayileşen alanların zamanla artması ile

açıklanabilir. Kışın kentlerde ısınma için harcanan enerji, diğer mevsimlere göre daha fazladır. Bu da doğal olarak yüzey sıcaklıklarında artışlar meydana getirmektedir ve bu durumun yerel ölçekte iklim değişikliğine sebebiyet verebilecek nitelikte olabileceği düşünülmektedir.

Gece ve gündüz ortalama yer yüzey sıcaklıklarının ortalamaları alınıp yıllık sıcaklıklar hesaplanmış ve değişimleri incelenmiştir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12. Yerel ölçekte MOD11A2 ürün yıllık sonuçları

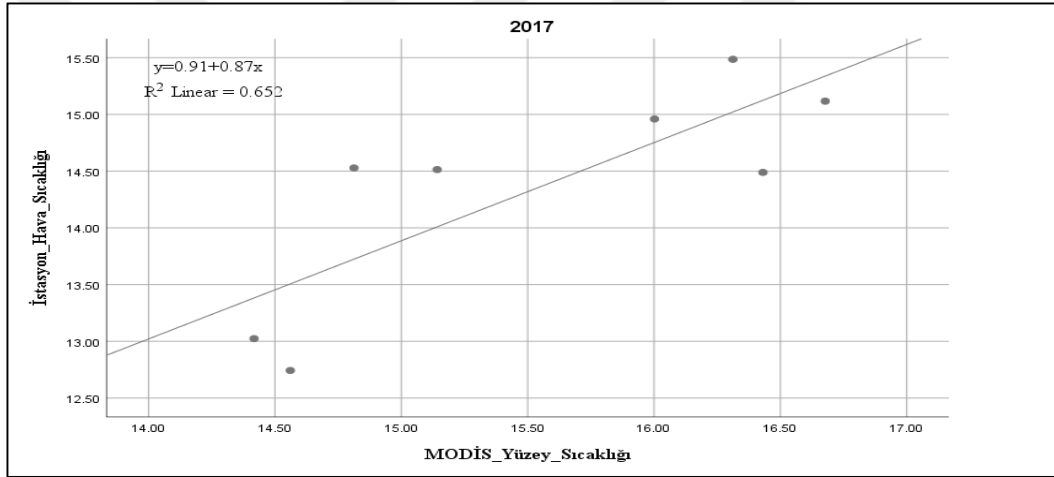
Yerel ölçekte 2010 yılı hem gündüz hem de gece en yüksek ortalama yer yüzey sıcaklıklarına sahiptir. Bu durum local ölçekte, 2010 yılında ani bir sıcaklık artışının var olduğunu göstermektedir.

2010 yılı mevsimsel olarak incelendiğinde ise diğer yıllara göre kış mevsiminde ortalama yüzey sıcaklıklarında belirgin bir artış söz konusu olduğu görülmektedir (Şekil 5.12).

Bu anormal artış sayesinde 2010 yılı çalışma yılları içinde en yüksek yüzey sıcaklığına sahip yıl olmuştur. Bu anormal yüzey sıcaklık artışının nedenleri çok çeşitli olabilmektedir ve üstünde çalışılması gerekmektedir.

Yerel ölçekte, MODİS uydusu MOD11A2 ürününden elde edilen yer yüzey sıcaklıklarının doğruluğunu test etmek için 8 farklı yer sabit istasyonuna ait günlük

ortalama yer gerçeği verileri Meteoroloji Genel M¼d¼rl¼đ¼nden elde edildi. 2000, 2005, 2010 yılına ait yer gerçeği verilerinin elde edilememesinden dolayı yerel ¼lçekte ki bu çalışma kapsamında doğruluk analizi, 2017 yılına ait verileri kullanarak gerçekleştirildi. Coğrafi koordinatları bilinen yer sabit meteoroloji istasyon noktaları için MODİS ¼r¼n¼ MOD11A2 uydu ¼r¼nleri altlık olarak kullanılmış ve o noktaya karşılık gelen h¼credeki y¼zey sıcaklıkları çekilerek meteoroloji istasyonlarına ait veri tabanına eklenmiştir. Veri tabanı kullanarak korelasyon analizi yapılmış y¼zey sıcaklıklarının doğruluk performansı değerlendirilmiştir. 2017 yılı için, yer gerçeği yıllık ortalama hava sıcaklıkları ile uydu verisi y¼zey sıcaklıkları arasında pozitif korelasyonlu bir ilişki g¼r¼lm¼řt¼r ve korelasyon katsayısı 0.808 olarak bulunmuştur (şekil 5.13).



şekil 5.13. 2017 yılı korelasyon analizi

D¼nya ile beraber ¼lkemiz genelinde sıcaklık ve yağışların u değerlere sıklıkla ulaştığı g¼r¼lmektedir. 2000’li yıllar sonrasında ortaya çıkan sıcaklık artışı hava olaylarının daha da sertleşmesine neden olmuştur. D¼nya genelinde çok daha sert hava olayları g¼r¼lmekte, can ve mal kayıpları olmaktadır. D¼nyada en sıcak yıl 2016, bir ¼nceki ise 2015 yılıdır. Beklentiler 2017 yılının daha da sıcak olacağı y¼n¼ndedir. T¼rkiye’de ise durum biraz farklı g¼r¼nmektedir. 2010 yılı en sıcak, 2014 yılı ise ikinci en sıcak yıl olarak g¼r¼lmektedir (URL-4, 2018).

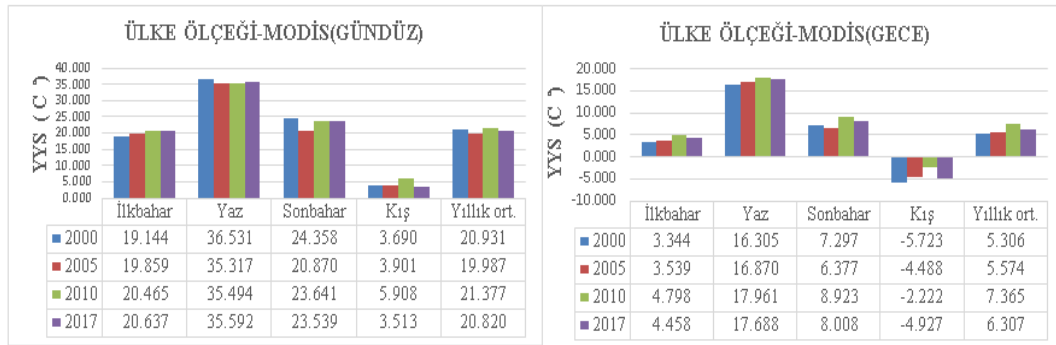
2010 yılı sıcaklıkları normallerinin 2,39°C ¼zerinde gerçekleşmiştir. 2010 yılı ortalama toplam yağışı normallerinin 82 mm. ¼zerinde gerçekleşmiştir. T¼rkiye’de

2010 yılında can ve mal kaybına neden olan toplam 556 ekstrem hava olayı kaydedilmiştir ve bu ekstrem olaylar sıcaklık artışına bağlı olarak gerçekleşmiştir.

Ortalama sıcaklıklar, 1971-2000 normallerine göre; Nisan ve Ekim aylarında normalleri civarında, yılın geri kalan aylarında ise 1 ila 4°C üzerinde gerçekleşmiştir. Şubat ayı ortalama sıcaklığı, normalinin 4,1°C üzerinde gerçekleşerek 2010 yılının en yüksek anomaliye sahip ayı, diğer bir deyişle normaline göre en çok ısınan ayı olmuştur. Ekim ayı ortalama sıcaklığı, normalinin 0,3°C altında gerçekleşerek 2010 yılının en düşük anomaliye sahip ayı, diğer bir deyişle normaline uygun sıcaklıklar gösteren ayı olmuştur (URL-4, 2018).

5.5.2. Ülke ölçeğinde elde edilen bulgular ve değerlendirmesi

Ülke ölçeğinde MODİS uydusu MOD11C3 ürünü 2000-2005-2010-2017 yılı her bir ayı için indirilmiştir. Yer yüzey sıcaklıkları gece ve gündüz olarak ayrı ayrı hesaplanmış ve mevsimsel olarak türetilmiştir. Sonuçlar Şekil 5.14'da sunulmuştur.

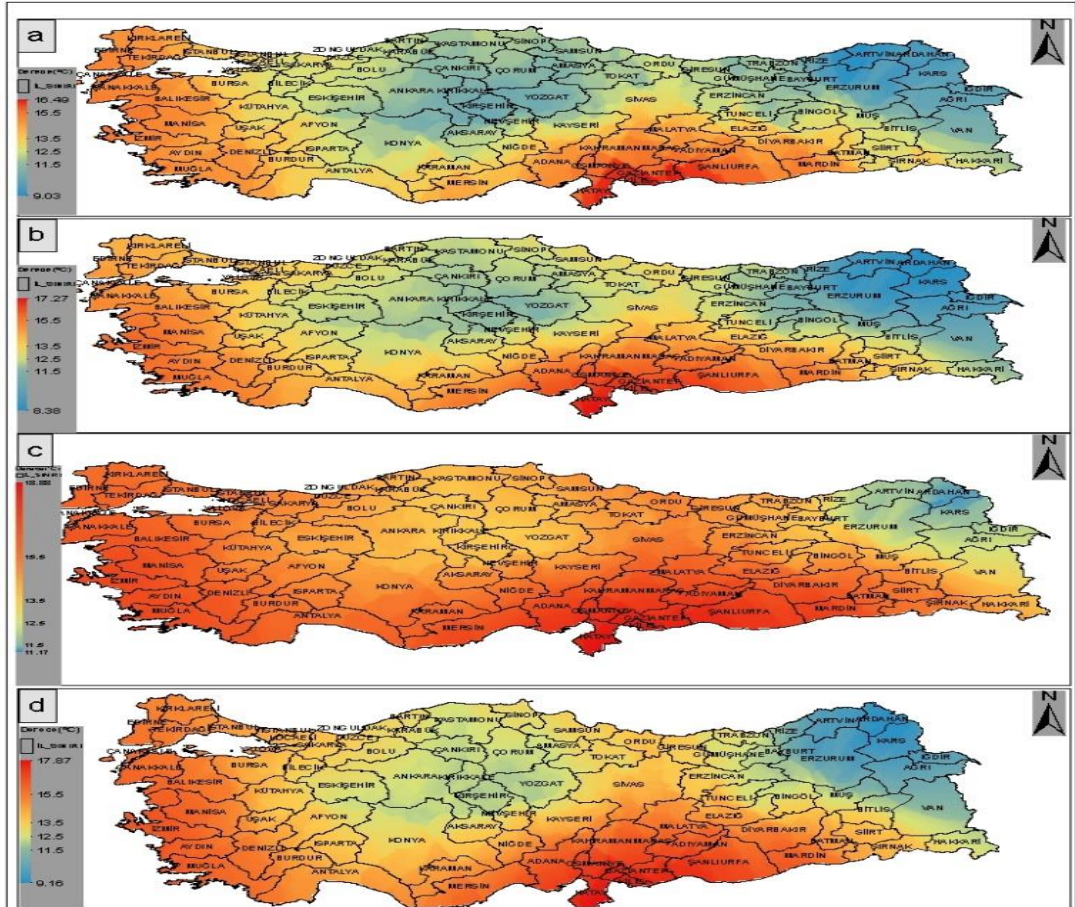


Şekil 5.14. Ulusal ölçekte MOD11C3 ürün sonuçları

Şekil 5.14 incelendiğinde ülke ölçeğinde, gündüz ortalama yüzey sıcaklıklarında ilkbahar mevsiminde yükselme trendi gözlemlenirken diğer mevsimlerde dalgalanmalar mevcuttur. 2010 yılı kış mevsimi, gündüz ortalama yer yüzey sıcaklıkları diğer yılların kış mevsimi gündüz yer yüzey sıcaklıklarına göre yaklaşık +2 derece yüksektir. Bu durum yerel ölçekte yapılan çalışmamız ile de desteklenmektedir. Kış mevsimi gündüz yüzey sıcaklıklarının yüksek olması yıllık ortalamasını etkilemiş ve çalışılan yıllar içinde en yüksek gündüz ortalaması 2010 yılına ait olmuştur.

Gece ortalama yüzey sıcaklıkları mevsimsel olarak incelendiğinde net bir artış ya da azalış trendi gözlenmemektedir. Tüm mevsimler için en yüksek ortalama gece yüzey sıcaklıkları 2010 yılına aittir. Bu veriler ışığında ülke ölçeğinde 2010 yılı yıllık ortalama yüzey sıcaklıkları, diğer çalışma yıllarına göre daha yüksek bulunmuştur. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden tüm Türkiye'de 75 adet istasyon için, çalışma yıllarının her bir ayına ait aylık ortalama hava sıcaklıkları temin edilmiştir.

Elde edilen aylık ortalama hava sıcaklıklarından yıllık ortalama hava sıcaklıkları türetilmiş ve Kriging enterpolasyon yöntemiyle oluşturulan ısı haritaları Şekil 5.15'de sunulmuştur.

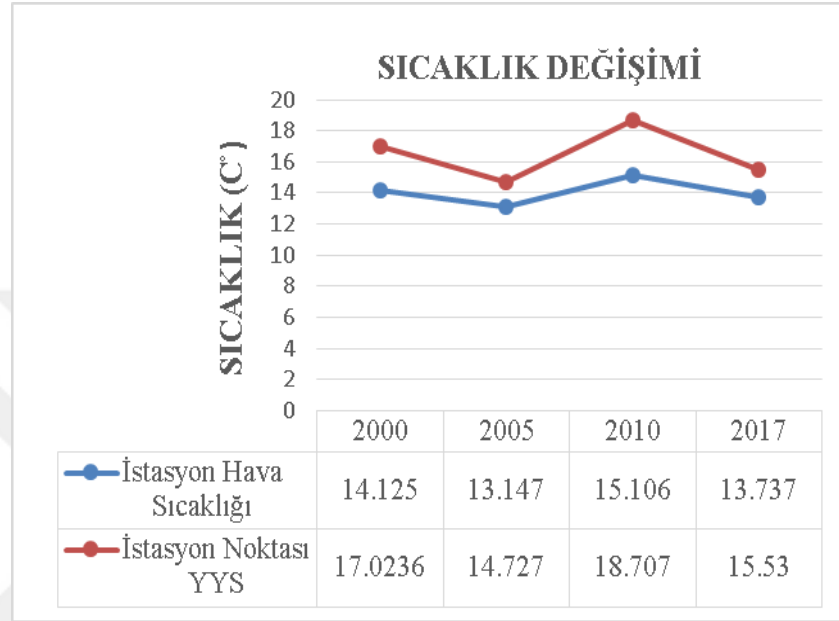


Şekil 5.15. Kriging yöntemiyle elde edilen yıllık ortalama hava sıcaklık haritaları, a-2000, b-2005, c-2010, d-2017

Coğrafi koordinatları bilinen yer sabit meteoroloji istasyon noktaları için MODİS ürünü MOD11C3 uydu görüntüleri altlık olarak kullanılmış ve o noktaya karşılık gelen hücredeki yüzey sıcaklıkları çekilerek meteoroloji istasyonlarına ait veri tabanına eklenmiştir. Buna göre veri tabanında bulunan gerçek meteorolojik ölçüm

değeri ile YYS 'den elde edilen sıcaklık değeri karşılaştırılmış ve YYS haritalarının doğruluğu test edilerek performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Yer sabit istasyon yıllık ortalama hava sıcaklığı ile yıllık ortalama yer yüzey sıcaklığı Şekil 5.16'de karşılaştırılmıştır.



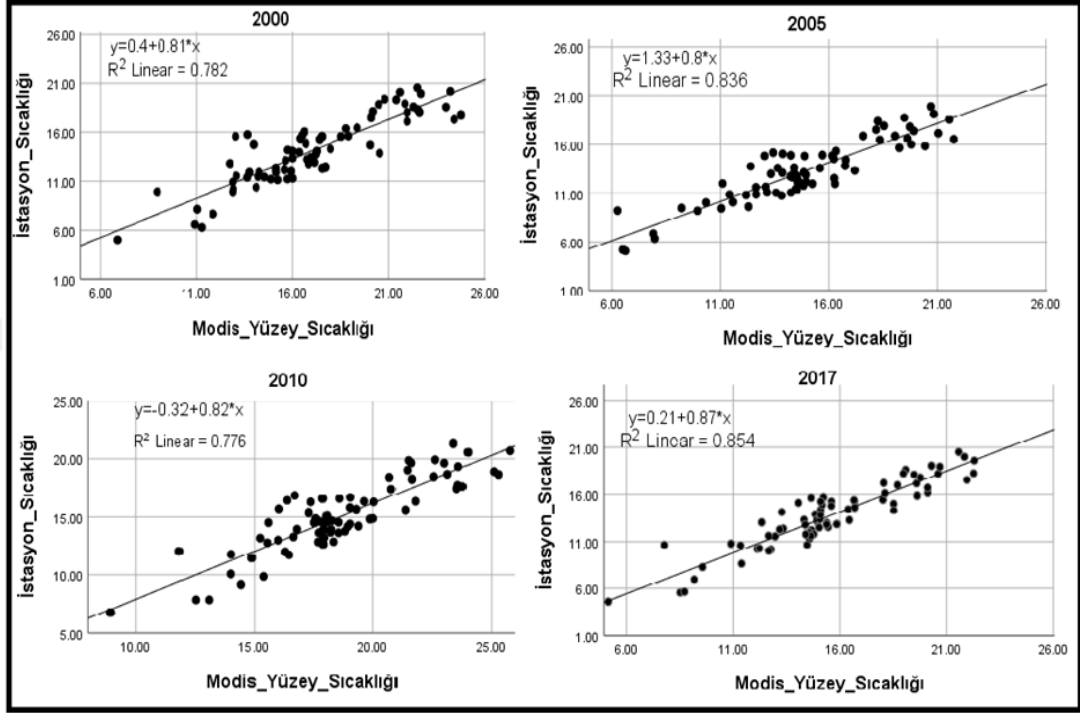
Şekil 5.16. Yıllık ortalama sıcaklık değişimi

Her istasyon için yıllık ortalama yüzey sıcaklıkları ile yıllık ortalama hava sıcaklıkları noktasal olarak karşılaştırıldığında genellikle yüzey sıcaklıklarının, hava sıcaklıklarından yüksek olduğu görülmüş yıllara göre iki sıcaklığın benzer şekilde artıp azaldığı gözlenmiştir. Yüzeylerin ısı depolama kapasitesinden dolayı hava sıcaklıklarından yüksek olması normal görülmektedir. MODİS uydusu veri analizlerine benzer olarak istasyon hava sıcaklıkları da 2010 yılında en yüksek seviyede olduğu görülmüştür.

Elde edilen ortalama noktasal hava sıcaklığı ve ortalama noktasal yüzey sıcaklığı (75 nokta için) arasındaki ilişki çalışılan tüm yıllar için incelenmiş ve korelasyon analizi yapılmıştır. Çalışılan tüm yıllar için iki sıcaklık arasında pozitif korelasyon bulunmuştur. 2017, 2010, 2005, 2000 yılları için sırasıyla korelasyon katsayıları 0,924- 0,881- 0,914-0,884 değerleri bulunmuştur.

En yüksek ilişki 2017 yılı için elde edilmiştir (Şekil 5.17). Korelasyon değerlerinin yüksek olması MODİS verilerinden elde edilen yansıma değerlerinin meteorolojik

yer ölçüm istasyonları verileri ile yüksek oranda artış ve azalma yönünden örtüşme gösterdiğini kanıtlamaktadır. Bu da MODİS verilerinin yer meteorolojik istasyonlarına alternatif olarak kullanılabilirliği konusunda çalışmayı olumlu desteklemektedir.



Şekil 5.17. Yıllara göre korelasyon analizi

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dünya yüzeyi üzerinde ormansızlaşma, fosil yakıtların yakılması, sanayileşme gibi insan etkileri ile atmosfere salınan sera gazlarının (karbon dioksit, di azot monoksit, metan, su buharı, kloroflorokarbon) atmosferdeki birikimlerindeki hızlı artışa bağlı olarak, kentleşmenin de katkısı ile doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi sonucunda, yeryüzünde ve atmosferin alt bölümlerinde sıcaklık artışına bağlı olarak iklim değişiklikleri gözlemlenmektedir. Sıcaklık değişimleri ve etkilerinin takibi ileriye yönelik önlemler almak açısından önem arz etmekte olup bu tez kapsamında 2000, 2005, 2010 ve 2017 yılları için yerel ve ülke ölçeğinde YYS haritaları üretilmiş ve zamansal olarak değişimler incelenmiştir.

Yerel ölçekte Landsat uydu görüntüleri kullanılarak Kocaeli il sınırları içinde ormanlık, sanayi, tarım, kent ve su (göl, deniz vs.) gibi farklı arazi kullanım alanlarına ait yüzey sıcaklıkları ve zamansal farkları değerlendirilmiştir. Farklı arazi kullanımına bağlı YYS elde edilmesinde Landsat uydu görüntülerinin tercih edilmesinin nedeni termal bantlarının mekânsal çözünürlüğünün, MODİS uydusu termal bantların mekânsal çözünürlüğünden yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Landsat 5 ve Landsat 8 uydusu termal bantlarının görüntüdeki bir pikseli, gerçek arazide 30x30 m² denk gelirken, MODİS uydusu MOD11A2 ürünü bir pikseli gerçek arazide 1000x1000 m² alanı ifade etmektedir. MODİS verisinin kullanılması durumunda örneklem alanları daha az pikselle temsil edileceğinden çalışma hassasiyeti düşecektir. Bu nedenle yerel ölçekte ileride yapılacak farklı arazi kullanım alanlarına ait yüzey sıcaklıklarının elde edilmesine yönelik benzer çalışmalarda, Landsat uydu ürünlerinin kullanılması mekansal çözünürlük açısından uygun görünmektedir. Ormanlık, sanayi, tarım, kent ve su (göl, deniz vs.) kullanım alanlarındaki gündüz yer yüzey sıcaklıklarının zamansal değişimi incelendiğinde en yüksek sıcaklığın sanayi alanında daha sonra kent alanında olduğu sonra sırası ile tarım alanı, yeşil alan ve en düşük su alanında ortaya çıktığı görülmüştür. Sanayi alanlarında ki yüksek elektrik tüketimi, kentlerde kullanılan düşük albedo sahip inşaat materyalleri, orman ve sulak alanlarının azalması kentler üzerinde kentsel ısı

adası oluşumunu tetiklemektedir. Kentler üzerindeki kentsel ısı adası oluşumunu etkileyen kontrol edilebilir ve kontrol edilemez birçok değişken vardır. Kontrol edilemez değişkenler tamamen insan etkisinden bağımsız ve kontrol altında tutulamayan değişkenlerdir. Çoğunlukla bu değişkenler meteorolojik doğa olaylarıdır. Mevsimlerin değişmesi, rüzgâr hızı, bulutluluk oranı, gece ve gündüz oluşumu gibi meteorolojik olaylar kentsel ısı adası yoğunluğunu etkilemektedir. Örneğin rüzgârın olmadığı bulutsuz sakin bir gecede oluşan kentsel ısı maksimum seviyededir. Esen düzenli rüzgârlar kent üzerinde soğutucu bir etkiye sahiptir.

Kontrol edilebilir değişkenler direk insanoğlu tarafından meydana getirilen yapay etkilerdir. Bölgesel ve küresel ölçekte iklim değişikliğini tetikler ve küresel ısınmanın artmasına yol açar. İnsanların doğayı tahrip etmesi, doymak bilmeyen tüketim çılgınlıkları, yaşayış tarzları, sanayileşme ile birlikte gelen su, toprak ve hava kirliliği vb. gibi nedenlerden dolayı iklim değişikliği kaçınılmazdır. Kontrol edilebilir değişkenlere bitki örtüsü eksikliği, kent boyutu ve antropojenik ısınma, kent yapısı ve tasarımı örnek gösterilebilir.

Bitki örtüsü bir bölgenin sıcaklığını kontrol altında tutmakta önemli bir etkiye sahiptir. Kırsal alanlar çoğunlukla bitki örtüsü ve çıplak araziden oluşur. Kırsal alanlardaki ağaç ve bitkiler gölgelik oluşturarak yüzey sıcaklığının azalmasına yardımcı olur. Bitki yaprakları yapay yüzeylere göre kıyasla daha fazla solar enerjiyi yansıtmaktadır. Ayrıca geçirimli yüzeyler kırsal alanlarda geniş alanlar kapladığı için topraktan sızan su bitkiler tarafından alınır çok azı özümledikten sonra geri kalanı yapraklar yoluyla ısı alarak buharlaştırılır.

Antropojenik ısı bir bölgedeki sabit ve hareketli kaynaklardan üretilen ısıyı temsil etmektedir. Antropojenik ısı endüstriyel işlemler, binaların ısınması, soğutma işlemleri, araç egzozları vb. gibi insan faaliyetleri sonucu oluşmaktadır. Bu gibi faaliyetler kentsel ısı adası oluşuma katkıda bulunmaktadır. Kırsal alanlarda ve yazın bu faktörün etkisi tam belirgin olmaz iken kışın nüfusu yoğun olan büyük kentlerde kendini daha belirgin hissettir. Antropojenik ısının etkisinin yüksek olduğu bölgelerde hava kirliliğinde de artış olmaktadır.

Kentlerde kullanılan malzemelerin termal ve radyoaktif özellikleri kentsel ısı adası oluşumunu etkiler. Kullanılan bu maddelerin termal emissivitesi, ısı tutma kapasitesi

önemlidir çünkü yüzeye gelen solar enerjinin ne kadarını yansıtıldığını, yayıldığını ve emildiği tahmin edilir. Şehirde bulunan yüzeylerin albedo değeri genellikle düşüktür. Albedo, yüzeyden yansıyan solar enerjinin ölçülen değeri olarak ifade edilebilir. Kentlerde genellikle kullanılan çatı, kaldırım, asfalt gibi yapılı yüzeyler albedo değerleri düşüktür ve ısıyı absorbe ederler. Ama kırsal alanlarda yapılı alanlar daha az olduğu için, ısı tutumu da kentsel alanlara göre az ve yansımaya da daha fazla olur. Kentsel alan yüzeylerin de absorbe olan solar enerji yüzey sıcaklığını artırır ve kentsel ısı adası oluşumuna katkıda bulunur.

Yerel ölçekte, zamansal ve mevsimsel yer yüzey sıcaklık analizi için ise MODİS uydusu MOD11A2 ürünü tercih edilmiştir. Landsat verileri belirli bir tarihe ait alınan verilerdir ve farklı yıllar için ayın aynı gününe ait arşivlerde sağlıklı verilerin bulunamaması, Landsat 5 ve Landsat 8 uydusu için ısı algılayıcıları hassasiyetinin farklı olması, zamansal çözünürlüğün 16 gün olması (yılın her gününe ait veri elde edilememesi) ve görüntülerinin bulut etkisi içermesinden dolayı mevsimsel ve yıllık analizler için kısıtlı kalmaktadır. Bu kısıtlamaların önüne geçebilmek için 1-2 günlük yüksek zamansal çözünürlüğe sahip olan, yılın her günü için ve gece ve gündüz olarak sürekli veri elde etme özelliğine sahip, ayrıca 8 günlük komposit veri sunan MODİS uydusu MOD11A2 ürünü bu çalışma kapsamında tercih edilmiştir. İleride yapılacak, iklim parametrelerinin zamansal ve mevsimsel değişimini içeren çalışmalarda MODİS uydusu ve ürünleri diğer araştırmacılara tavsiye edilmektedir.

Çalışma kapsamında yerel ölçekte mevsimsel yer yüzey sıcaklıkları gece ve gündüz olarak ayrı ayrı incelendiğinde, yıllara göre mevsimlerde net bir artış ya da azalış trendi olmadığı ama dalgalı bir artışın olduğu söylenilebilir. Çalışılan yıllar içerisinde en yüksek ortalama yüzey sıcaklığı 2010 yılına ait bulunmuştur. Elde edilen yüzey sıcaklıklarının doğruluk performansı için 8 adet yer sabit istasyon noktasına ait hava sıcaklığı ile aynı noktaya ait yüzey sıcaklıkları 2017 yılı için karşılaştırılmış ve korelasyon analizi yapılmıştır. Hava sıcaklığı ile yüzey sıcaklığı arasında pozitif bir korelasyon bulunmuş ve korelasyon katsayısı 0.808 olarak belirlenmiştir. Bu durum yüzey sıcaklıklarının hava sıcaklığı yerine alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Ulusal ölçekte yer yüzeyi sıcaklıklarının zamansal ve mevsimsel analizi için MODİS uydusu MOD11C3 ürünü kullanılmıştır. 1-2 günlük yüksek zamansal çözünürlüğe sahip olması ve kullanıcılarına aylık ortalama YYS verisini gece ve gündüz olarak ayrı ayrı sunabilmesi yüzünden bu çalışma kapsamında tercih edilmiştir.

Ülke ölçeğinde elde edilen bulgular yerel ölçekte elde edilen bulguları destekler niteliktedir. Yıllar mevsimsel olarak incelendiğinde net bir artış veya azalış trendi gözlemlenmezken, dalgalı bir artış olduğu görülmüştür. Yıllık ortalama gece ve gündüz yüzey sıcaklıkları incelendiğinde, çalışma yılları arasında en yüksek yüzey sıcaklığının 2010 yılına ait olduğu görülmüştür. Bunun yanında MODİS verilerinin yer meteorolojik istasyonlarına alternatif olarak kullanılabilirliği araştırılmış ve oldukça olumlu sonuçlar elde edilmiştir. 2017, 2010, 2005, 2000 yılları için sırasıyla korelasyon katsayıları 0,924-0,881- 0,914- 0,884 değerlerindedir. Yapılan korelasyon analizlerinde her ne kadar hava sıcaklığı ile yüzey sıcaklığı arasında yüksek pozitif ilişki görünse de uydu verilerinin doğruluğu için ayrıca belirtilen tarih ve noktalarda, araştırmacı tarafından birebir ölçülen yüzey sıcaklıkları, MODİS' den elde edilen yüzey sıcaklıkları ile karşılaştırılıp analiz edilmesi daha anlamlı olabilir. Geçmiş yıllara ait böyle bir ölçüm mümkün olmadığı için bu çalışma kapsamında yer meteorolojik istasyonları kullanılarak bu doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir.

MODİS uydusu ürünlerinin kullanıldığı yerel ve ülke ölçeğindeki iki çalışmada da 2010 yılı, ortalama yıllık en yüksek yüzey ve hava sıcaklıklarına sahip olan yıl olarak tespit edilmiştir. Buna sebep olarak, kış mevsiminde görülen yüksek sıcaklıkların etkili olduğu düşünülmektedir. Kış mevsimindeki sıcaklık artışı konusunda spesifik bir yorum yapmak eldeki veriler ışığında pek de mümkün görünmemektedir. Fakat genel olarak kış mevsimindeki yüzey ve hava sıcaklıklarının artışının nedeni, hem yerel hem de ülke ölçeğinin nüfusun artmasıyla beraber kentleşmenin artmış olması ve kentleri ısıtmak ve aydınlatmak için gece ve gündüz daha çok enerjiye ihtiyaç duyulmasından kaynaklanmıştır. İhtiyaç duyulan enerji genel olarak kömür ve linyit türevi fosil kaynaklardan üretilmektedir. Bu üretilen enerji sayesinde sera gazlarının salınımı artmaktadır. TÜİK verilerine göre Türkiye de toplam sera gazı salınımı 2000, 2005, 2010, yılları için sırasıyla 293,5- 332,7- 402,6 ve 2017 yılı için yaklaşık + 500 milyon ton olarak ön görülmektedir. Yerel ve ülke ölçeğinde sera gazlarının

salınımı azalmadığı sürece yüzey ve hava sıcaklıklarının azalması pek mümkün olarak görülmemekte ve sürekli olarak ısınmanın devam edeceği ön görülmektedir.

Kentsel ısı adası oluşumunun azaltılması ve/veya yok edilmesi amaçlı kent planlaması, doğal kaynakların kullanımı, mimarinin düzeltilmesi gibi çeşitli yönlerden azaltma stratejileri belirlenmiştir. Azaltma stratejileri yerel ve küresel ölçekte iklim üzerinde pozitif etkilere sahiptir. Kentlerdeki enerji talebini azaltır ayrıca hava ve su kirliliğini azaltıcı yönde etki gösterir. Bu stratejiler şu şekilde sıralanabilir:

Kentlerde mevcut olan yeşil alanlar ve ormanlık alanlar korunmalıdır. Ayrıca bitki örtüsü kentlerde doğal bir soğutucu görevindedir ve ürettiği oksijenle havayı temizleyerek havadaki karbondioksit etkisini azaltır ve yağmur suyunu tutarak toprak erozyonunu önleyebilmektedir. Binaların daha az solar enerji depolaması için en uygun yöntem bina duvarlarını saracak şekilde yeşillendirilmesidir. Bitki örtüsü gelen ışını tutar ve yansıtır böylelikle binanın depoladığı solar enerji azalır ve soğuması daha hızlı olur. Literatür de “Green Wall”(yeşil duvar) olarak geçer. Bu duvarlar bina sıcaklığını koruyarak enerji tasarrufu sağlar. Sokak lambasına, tel örgülere, her türlü binaya uygulanması olanaklı ve basit bir yöntemdir. Sarmaşık gibi bitki türleri tercih edilebilir.

Son yıllarda endüstriyel olarak dünyada yüksek albedo ve yayma gücüne sahip çatı kaplamaları (soğuk materyaller) üretilmiştir. Geleneksel çatı malzemeleri yansıtma oranı %5 ile 15 arası değişirken soğuk materyallerin yansıtma oranı %65 civarındadır. Görünür ve kızıl ötesi dalga boyundaki ışınları yüksek oranda yansıtır. Bu soğuk ürünler genellikle beyaz renktedir. Bina çatıları ve yol kenarı kaldırımlarına uygulanabilir. Kaldırım ve çatının eğimine göre kullanılan kaplamanın cinsi değişebilir. Azaltım stratejisi olarak soğuk ürünler kullanılması enerji kullanımı azaltır. Sera gazı salınımı azalır böylece hava kirliliğinin azalmasına da yardımcı olmaktadır.

CBS ve Uzaktan algılama teknolojilerinin entegre olarak kullanıldığı çalışmada sonuç olarak yerel ölçekte 23 yıllık, ülke ölçeğinde ise 17 yıllık YYS değişimleri incelenmiştir. Elde edilen bilgiler sıcaklık değişimleri sorunlarının boyutunun

kestirilmesi, mekansal yayılımları ve değişimlerin takibi ile ileriye yönelik önlemler alınması kapsamında oldukça önemli altlık veriler oluşturmaktadır.



KAYNAKLAR

Artis D.A., Carahan W.H., Survey of Emissivity Variability in Thermography of Urban Areas, *Remote Sensing of Environment*, 1982, **12**(4), 313-329.

Bakker W.H., Feringa W., Gieske A.S.M., Gorte B.G.H., Hecker C.A., Horn J.A., Principles of Remote Sensing, 4rd ed., ITC, Enschede, 2009.

Black A.L., Temperature Trends and Urban Heat Island Intensity Mapping of the Las Vegas Valley, Yüksek Lisans Tezi, Nevada Üniversitesi, İnşaat ve Çevre Departmanı, Las Vegas, 2013.

Bonafoni S., Keeratikasikorn C., Land Surface Temperature and Urban Density: Multiyear Modeling and Relationship Analysis Using MODIS and Landsat Data, *Remote Sensing*, 2018, **10**(9).

Çelik B., Yeryüzü Sıcaklıklarının Uzaktan Algılama Tekniği ile Belirlenmesi: Tek-Kanal Yöntemi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013, 335869.

Erener, A., Sarp, G., Spatiotemporal Distribution of Industrial Regions and Impact on LST in the case of Kocaeli, *FIG Congress*, İstanbul, Türkiye, 6-11 Mayıs 2018.

Erener A., Sarp G., Kentleşmenin Isı Adaları Oluşumu Üzerine Etkisinin Uzaktan Algılama Teknolojileri ile Değerlendirilmesi, I. *Uluslararası Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Kongresi*, Nevşehir, Türkiye, 05-08 Ekim 2017.

Gerçek D., Bayraktar N., Kentsel Isı Adası Etkisinin Uzaktan Algılama ile Tespiti ve Değerlendirilmesi: İzmit Kenti Örneği, *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 14-17 Ekim 2014.

Jain M., Dimri A.P., Niyogi D., Land-Air Interactions over Urban-Rural Transects Using Satellite Observations: Analysis over Delhi, India from 1991–2016, *Remote Sensing*, 2017, **9**(12).

Liang-Li Z., Tang B.H., Wu H., Ren H., Yan G., Wan Z., Trigo I., Sobrino J.A., Satellite-Derived Land Surface Temperature: Current Status and Perspectives, *Remote Sensing of Environment*, 2013, **131**, 14-37.

Metz M., Andreo V., Neteler M., A New Fully Gap-Free Time Series of Land Surface Temperature from MODIS LST Data, *Remote Sensing*, 2017, **9**(12).

Ndossi M.I., Avdan U., Inversion of Land Surface Temperature (LST) Using Terra ASTER Data: A Comparison of Three Algorithms, *Remote Sensing*, 2016, **8**(12).

Oke T.R., City Size and the Urban Heat Island, *Atmospheric Environment*, 1973, **7**(8), 769-779.

Oke T.R., Canyon Geometry and the Nocturnal Urban Heat Island: Comparison of Scale Model and Field Observations, *Journal of Climatology*, 1981, **1**(3), 237-254.

Oke T.R., The Energetic Basis of The Urban Heat Island, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 1982, **108**(405), 1-24.

Oke T.R., The Heat Island of The Urban Boundary Layer: Characteristics, Causes and Effects, *NATO ASI Series E Applied Sciences-Advanced Study Institute*, 1995, **277**, 81-108.

Oke T.R., Urban Climate and Global Environmental Change, *Applied climatology*, 1997, 273-287.

Şekertekin A., Uzaktan Algılama Verileri ile Bölgesel Çevre Etkilerinin Belirlenmesi: Zonguldak Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 2013, 330731.

Taymuş N. NOAA-AVHRR Uydu Verileri Kullanılarak Çukurova Bölgesinin Yayınırlık Değerlerinin Bulunması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2009, 244287.

URL-1: <https://www.epa.gov/>, (12 Eylül 2018).

URL-2: <https://tr.wikipedia.org/>, (10 Eylül 2018).

URL-3: <https://www.nrcan.gc.ca/node/9309>, (14 Aralık 2018).

URL-4: <https://www.mgm.gov.tr/>, (11 Kasım 2018).

URL-5: <https://kocaeli.tarimorman.gov.tr/>, (12 Kasım 2018).

Valor E., Caselles V., Mapping Land Surface Emissivity from NDVI: Application to European, African , and South American Areas, *Remote Sensing Environment*, 1996, **57**, 167-184.

Van Hove L.W.A., Steeneveld G.J., Jacobs C.M.J., Heusinkveld B.G., Elbers J.A., Exploring the Urban Heat Island Intensity of Dutch cities: Assessment Based on a Literature Review, Recent Meteorological Observations and Datasets Provided by Hobby Meteorologists, Wageningen University, Altera Report-2170, 15-30, 2011.

Yıldız B., Şenkal O., Peştemalcı V., Split-Window Algoritması Kullanarak Uydu Görüntülerinden Yer Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması, *HR.Ü.Z.F.Dergisi*, 2010, **14**(1), 57-66.

Qin Z., Karnieli A., Berliner P., A Mono-Window Algorithm for Retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its Application to the Israel-Egypt Border Region, *International Journal of Remote Sensing*, 2001, **22**(18), 3719-3746.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Erener A., **Taşdelen Ö.**, Kentsel Isı Adası Oluşumunun Uzaktan Algılama Teknikleri ile Zamansal ve Mekansal Tespiti, *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2-5 Mayıs 2018.



ÖZGEÇMİŞ

28.05.1993 tarihinde Tunceli’de doğdu. İlk, ortaokul ve liseyi Tunceli’de tamamladı.2012 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği bölümünü kazandı.2016 yılında orta bir derece ile üniversiteden Harita Mühendisi olarak mezun oldu. Mezun olduktan sonra yaklaşık 3-4 ay özel sektörde Harita Mühendisi unvanı ile çalıştı.2017 yılı Şubat ayında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Jeoinformasyon Mühendisliği bölümünde Tezli Yüksek Lisans öğrenimine başladı ve eğitimine devam etmektedir.

