



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KONYA KAPALI HAVZASI'NDA UZAKTAN ALGILAMA VE CBS
TEKNOLOJİLERİ İLE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KURAKLIK ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS

Osman ORHAN

DANIŞMAN

Doç. Dr. Semih EKERCİN

AKSARAY, 2014

T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KABUL ve ONAY BELGESİ

122306403 numaralı öğrenci **Osman ORHAN**'ın “**Konya Kapalı Havzası**’da **Uzaktan Algılama ve CBS Teknolojileri ile İklim Değişikliği ve Kuraklık Analizi**” başlıklı lisansüstü tez çalışması, aşağıdaki jüri tarafından Harita Mühendisliği Anabilim Dalında **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Doç. Dr. Semih EKERCİN (Aksaray Üniversitesi)

Üye : Doç. Dr. S. Savaş Durduran (Selçuk Üniversitesi)

Üye : Doç. Dr. Tayfun Çay (Selçuk Üniversitesi)



Tezin Savunulduğu Tarih : 23/072014

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’ nun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Selçuk REİS
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

İklim değişikliğini ve kuraklığı önlemek için dünyada birçok gelişmiş ülke tarım, ekonomi ve enerji alanlarında tedbirler almakta ve çalışmalarını hızlı bir şekilde sürdürmektedirler. Türkiye’de de bu alanlarda çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Fakat önlemlerin yeterli seviyeye ulaşamadığı yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalında gerçekleştirdiğim bu tez çalışmasında Türkiye’nin önemli tahıl deposu olan ve kuraklıkla karşı karşıya gelen Konya Kapalı Havzası’nda kuraklığa karşı bilinç oluşturmaya ve bu çalışmanın bundan sonra yapılacak çalışmalara referans olmasını ümit ediyorum.

Öncelikle hayatta maddi değil, manevi değerlerinin kazanımının insanlığa ve çevreye daha fazla katkısı olduğu bilincini bana kazandıran, aramızda bazen mesafeler olmasına rağmen hiçbir zaman desteğini benden esirgemeyen ve hayatım boyunca ilminden faydalanmaya çalışacağım değerli hocam Doç. Dr. Semih EKERCİN’e müteşekkirim.

Her zaman doğru tercihler yapmam için ellerinden gelenin fazlasını yaptıklarına inandığım ve onlara sahip olduğum için kendimi şanslı hissettiğim başta annem Nurhan ORHAN ve babam Turgut ORHAN olmak üzere ailemin tüm bireyelerine teşekkür ederim. Ayrıca birkaç sene önce kaybettiğim ama bana verdiği öğütleri her zaman hatırlayacağım ve varlığını yanımda her an hissedeceğim canım babaannem Azet ORHAN’a minnettarım.

Bu tez çalışması Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir (Proje No: 110Y303).

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa No

ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	viii
ŞEKİLLER.....	ix
ÇİZELGELER	xi
SİMGELER.....	xii
KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ	3
2.1. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	3
2.2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN NEDENLERİ	4
2.2.1. Doğal etkenler	5
2.2.2. İnsan kaynaklı (yapay-antropojenik) etkenler	5
2.2.2.1. Atmosferin doğal sera etkisinin değişmesi.....	5
2.2.2.2. İnsan etkinliklerinden kaynaklanan sera gazı birikimlerindeki değişmeler	7
2.2.2.3. Atmosfere salınan partiküllerin etkileri	7
2.2.2.4. Yanlış arazi kullanımı ve doğal çevrenin bozulması.....	8
2.2.2.5. Ozon tabakasındaki inceltme	8
2.3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE’DEKİ ETKİLERİ.....	9
3. KURAKLIK VE ÇEVRESEL ETKİLERİ.....	12
3.1. KURAKLIK ÇEŞİTLERİ.....	13
3.1.1. Meteorolojik kuraklık.....	13
3.1.2. Tarımsal kuraklık	14
3.1.3. Hidrolojik kuraklık	14
3.2. KURAKLIĞIN ETKİLERİ.....	15
3.2.1. Ekonomik etkileri.....	15
3.2.2. Çevre etkileri	16
3.2.3. Sosyal etkileri.....	16
3.3. KURAKLIĞA KARŞI ÖNLEMLER.....	16
3.3.1. Havza ıslahı çalışmaları	16

3.3.2. Su haznelerinden buharlaşmanın en aza indirilmesi	17
3.3.3. Su iletiminde açık kanal sistemi yerine kapalı sisteme geçilmesi.....	17
3.3.4. Toprak rutubetinin korunması	17
3.3.5. Su yönetiminin gözden geçirilmesi.....	18
3.3.6. Sulama zamanı ve verilecek su miktarı.....	19
3.3.7. Yağış koşullu uygun tarım yapılması	20
3.3.8. Kuraklığa dayanıklı bitki yetiştirilmesi	20
3.3.9. Kuraklığa dayanıklı bitki üretim sisteminin oluşturulması	20
3.3.10. Sosyo-Ekonomik kısıtların yeniden değerlendirilmesi.....	20
4. UZAKTAN ALGILAMA	22
4.1. UZAKTAN ALGILAMANIN BİLEŞENLERİ	23
4.1.1. Verinin elde edilmesi:.....	23
4.1.2. Verinin işlenmesi:.....	24
4.2. UZAKTAN ALGILAMA UYDULARI.....	24
4.2.1. Pasif algılayıcıya sahip uydular.....	25
4.2.3. Aktif algılayıcıya sahip uydular	25
4.3. UYDU SİSTEMLERİ.....	26
4.3.1. Landsat uydu sistemi	26
4.3.2. Aster uydu sistemi	27
4.4. TERMAL (ISIL) UZAKTAN ALGILAMA VE KULLANIM ALANLARI	28
5. LİTERATÜR ÖZETİ	30
6. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER	34
6.1. ÇALIŞMA ALANI.....	34
6.2. KULLANILAN VERİLER	35
6.2.1. Haritalar (1:25 000).....	35
6.2.2. Uydu görüntüleri.....	36
6.2.3. Meteorolojik veriler	36
6.2.4. Hidrolojik veriler.....	38
7. YÖNTEM.....	39
7.1. UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN İŞLENMESİ	39
7.1.1. Geometrik düzeltme.....	39
7.1.2. Radyometrik düzeltme.....	41
7.1.3. Mozaikleme işlemi	45
7.2. KURAKLIK İNDEKSLERİ VE KULLANIM ALANLARI	45
7.2.1. Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (Normalized Differential Vegetation Index – NDVI)	46
7.2.2. Bitki Durum İndeksi (Vegetation condition index – VCI).....	47
7.2.3. Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS)	47

7.2.4. Sıcaklık – Bitki İndeksi (Temperature-Vegetation Index – TVX).....	48
7.3. SINIFLANDIRMA.....	49
7.4. STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ (SPI).....	50
7.5. ARAZİ ÇALIŞMASI	51
7.3.1. Infrared termometre ile yapılan sıcaklık ölçmeleri.....	52
8. BULGULAR.....	54
8.1. KONYA KAPALI HAVZASI’NDA YERALTI SUYU SEVİYE DEĞİŞİMLERİNİN ANALİZİ....	55
8.2. KONYA KAPALI HAVZASI’NA AİT STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ VE SICAKLIK VERİLERİN İNCELENMESİ.....	59
8.2.1. Standart Yağış İndeksi.....	59
8.2.1. Sıcaklık analizi.....	66
8.3. KONYA KAPALI HAVZASI’NDA YÜZEY SICAKLIĞI DEĞİŞİMLERİNİN VE BİTKİ İNDEKSİ GÖRÜNTÜLERİNİN YORUMLANMASI.....	67
8.3.1. Eş-zamanlı yersel ölçmelerin değerlendirilmesi	67
8.3.2. Arazi Yüze Sıcaklığı ve bitki indeksi görüntülerinin yorumlanması.....	69
8.4. KONYA KAPALI HAVZASI’NDA AYS FARK GÖRÜNTÜSÜ VE ARAZİ KULLANIMI İLE KARŞILAŞTIRILMASI	72
8.5. KONYA KAPALI HAVZASINDAKİ SULAK ALANLARIN DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ... 75	
8.6. TUZ GÖLÜ ALT HAVZASI’NDA ARAZİ YÜZEY SICAKLIĞI VE BİTKİ İNDEKSİ GÖRÜNTÜLERİNİN YORUMLANMASI	77
8.7. KONYA KAPALI HAVZASI’NDAKİ YERALTI SU SEVİYELERİNDEKİ DEĞİŞİMLERİN TUZ GÖLÜ’NE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI.....	80
8.7.1. Uydu görüntüleri.....	81
8.7.2. Hidrolojik veriler.....	82
8.7.3. Korelasyon analizi.....	83
8.7.3.1. Mayıs ayı için tuz gölü yüzey alanları ile yer altı suyu seviyeleri arasındaki korelasyonlar	83
8.7.3.2. Eylül ayı için tuz gölü yüzey alanları ile yer altı suyu seviyeleri arasındaki korelasyonlar	84
9. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	86
KAYNAKLAR	89
ÖZGEÇMİŞ.....	97

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KONYA KAPALI HAVZASI'NDA UZAKTAN ALGILAMA VE CBS TEKNOLOJİLERİ İLE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KURAKLIK ANALİZİ

Osman ORHAN

T. C.

Aksaray Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Semih EKERCİN

Konya Kapalı Havzası (KKH)'ndaki doğal kaynakların etkin ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını ve tarım faaliyetlerinde sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla bu proje kapsamında; Landsat 5-TM görüntüleri yardımıyla 28 yıllık bir periyotta bölgenin yüzey sıcaklık, kuraklık haritaları oluşturulmuştur. Ek olarak havzadaki 10 adet meteorolojik istasyon ve yeraltı su seviye verileri kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla iklimsel değişimin bölgeye etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tez kapsamında 1984, 1989, 1998, 2003, 2007 ve 2011 yıllarına ait 29 adet Landsat-5 TM uydu görüntüsü temel veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Bu uydu görüntüleri öncelikle geometrik ve radyometrik olarak düzeltilmiştir. Birbirleri ile karşılaştırılabilen hale gelen 5 tam çerçeve TM görüntüleri kullanılarak 6 yıla ait mozaik uydu görüntüleri elde edilmiştir. Daha sonra kuraklığın belirlenmesi için Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS), Sıcaklık-Bitki İndeksi (SBİ), Bitki Durum İndeksi (BDİ) Haritaları üretilmiş bunlara ek olarak Standart Yağış İndeks bilgileri de kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlar, KKH'nda 1984 ve 2011 yılları arasında yüzey sıcaklık değerlerinin 2.00-3.00°C arasında yükseldiğini göstermektedir. BDİ'ne göre belli bölgelerde yaz kuraklığı etkisinde artış olmakta, SYİ'ne göre ise meteorolojik kuraklık belirli periyotlarla kendini göstermektedir. Bu olumsuz etkenlere ek olarak, bölgedeki yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının plansız şekilde kullanımı ve bir yönetim planlamasının olmayışı, bölgenin en önemli problemi olarak görülmektedir.

2014, 97 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Konya Kapalı Havzası, CBS, Uzaktan Algılama, AYS, SBİ, SYİ.

ABSTRACT

Master of Science Thesis

ANALYZING CLIMATE CHANGE AND DROUGHT BY USING REMOTE SENSING AND GIS TECHNOLOGY IN KONYA CLOSED BASIN

Osman ORHAN

T.R.

Aksaray University

Aksaray University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics

Supervisor: Assoc. Prof. Semih EKERCİN

By aiming the management of natural sources and agricultural activities in Konya Closed Basin (KCB) in this project; surface temperature and drought maps have been produced using Landsat-5 TM images for a 28-year period. Additionally, it is aimed to determine climate change effects over the region by using Geographic Information Systems (GIS) and data obtained from 10 meteorological stations and ground water levels.

Twenty-nine images taken by Landsat-5 TM satellite were used as the basic data source. These raw images were taken in 1984, 1989, 1998, 2003, 2007 and 2011. Firstly, those raw images were corrected radiometric and geometrically within the scope of project. Six mosaic images were obtained by using the full-frame images of Landsat-5 TM which had been already transformed comparison each other. Then, Land Surface Temperature (LST), Temperature Vegetation Index (TVX) and Vegetation Condition Index (VCI) maps have been produced to determine the dimension of the drought. Apart from these drought's indexes, Standard Precipitation Index (SPI) has been used.

The obtained results showed that surface temperature rates in the basin increased 2.00-3.00°C between 1984 and 2011. According to VCI, the effects of summer drought increases in certain period. Besides according to SPI, meteorological drought indicates itself in certain periods. In addition to these (negative) results, it seems that the most important problem is the uncontrolled use of ground water resources in the region.

2014, 97 Pages

Keywords: Konya Closed Basin(KCB), GIS, Remote Sensing, LST, TVX, SPI.

ŞEKİLLER

Sayfa No

Şekil 2. 1. İklim sisteminin bileşenleri ve etkileşimleri.....	3
Şekil 2. 2. Sera etkisinin şematik gösterimi.....	6
Şekil 2. 3. 1950'den sonra CO ₂ birikimindeki aşırı artışı gösteren bir çalışma.....	7
Şekil 2. 4. Kuzey yarımkürede geçen bin yıllık dönemdeki yıllık ortalama sıcaklık değişimleri.....	9
Şekil 2. 5. 1855-2004 yılları arasında küresel ve Türkiye ortalama sıcaklıklarının referans iklim dönemi olarak kabul edilen 1961-1990 arası ortalama sıcaklığından olan farkları, mavi kesiksiz çizgi Türkiye'deki 60 meteoroloji istasyonunda ölçülen yıllık sıcak 10	10
Şekil 3. 1. Kuraklık Çeşitleri ve Etkileri (DMI)	13
Şekil 4. 1. Elektromanyetik spektrum ve spektral aralıklar	22
Şekil 4. 2. Uzaktan Algılama Sürecinin Bileşenleri	23
Şekil 4. 3. Pasif Algılayıcı	25
Şekil 4. 4. Aktif Algılayıcı.....	25
Şekil 6. 1. KKH ve Tuz Gölü Alt Havzası'nın yerleşimi.	34
Şekil 6. 2. Çalışmada kullanılan gözlem kuyuları ve meteorolojik istasyonların konumları.	37
Şekil 7. 1. KKH ait mozaik sonuç görüntüler.....	44
Şekil 7. 2. Erdas Imagine görüntü işleme yazılımının Modeler algoritması ile AYS ve indeks haritalarının üretimi aşamasının gösterimi.....	46
Şekil 7. 3. Doğruluk analizi sonuçları.....	50
Şekil 7. 4. 20-22.Ağustos.2011 tarihleri arasında gerçekleştirilen arazi çalışmasında yapılan sıcaklık ölçmelerinden görünüm	52
Şekil 7. 5. Sıcaklık ölçmeleri gerçekleştirilen noktaların ve arazi örtü tiplerinin gösterimi (a) Tuz. (b) Nemli toprak (kum). (c) Tuzlu kuru toprak. (d) Nadas tarla	53
Şekil 8. 1. 14 istasyon için Eylül ayında ölçülen yer altı su seviyesinin yıllara göre değişimi.....	56
Şekil 8. 2. YAS'nin Zamansal değişim Haritası ve Kuyu Konumları.....	57
Şekil 8. 3. Meteoroloji gözlem istasyonları	59
Şekil 8. 4. Cihanbeyli istasyonuna ait SPI grafiği	60
Şekil 8. 5. Aksaray istasyonuna ait SPI grafiği.....	60

Şekil 8. 6. Karaman istasyonuna ait SPI grafiği	61
Şekil 8. 7. Ereğli istasyonuna ait SPI grafiği	61
Şekil 8. 8. Niğde istasyonuna ait SPI grafiği	62
Şekil 8. 9. Kulu istasyonuna ait SPI grafiği	62
Şekil 8. 10. Seydişehir istasyonuna ait SPI grafiği	63
Şekil 8. 11. Ilgın istasyonuna ait SPI grafiği	63
Şekil 8. 12. Karapınar istasyonuna ait SPI grafiği	64
Şekil 8. 13. Çumra istasyonuna ait SPI grafiği	64
Şekil 8. 14. Sıcaklık Anomalisi (Yıllık).....	66
Şekil 8. 15. Sıcaklık Anomalisi (Yazlık)	66
Şekil 8. 16. Yersel infrared termometre ölçmelerinden ve uydu görüntüsünden (termal kızılotesi banddan) elde edilen sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması	67
Şekil 8. 17. KKH'nda AYS değişimlerinin gösterimi.	70
Şekil 8. 18. KKH'na ait çok zamanlı BDİ haritaları	71
Şekil 8. 19. KKH'na ait çok zamanlı SBİ haritaları.	72
Şekil 8. 20. AYS Fark Görüntüsü ve Arazi Kullanımı Haritaları.....	73
Şekil 8. 21. AYS Farkının Arazi Kullanımı ile Karşılaştırılması	74
Şekil 8. 22. KKH'sındaki Yüzey Su Kaynaklarının Değişimi	76
Şekil 8. 23. Tuz Gölü Alt Havzası'nda AYS değişimlerinin gösterimi.....	77
Şekil 8. 24. Tuz Gölü Alt Havzası'nda 28 yıl içerisinde (1984-2011) meydana gelen AYS farklarının gösterimi.....	78
Şekil 8. 25. Havzaya ait çok zamanlı BDİ haritaları.....	79
Şekil 8. 26. Havzaya ait çok zamanlı SBİ haritaları.	80
Şekil 8. 27. Tuz Gölü su yüzey alanlarının 1984 ve 2013 yılları arasındaki değişimi. ..	82

ÇİZELGELER

Sayfa No

Çizelge 4. 1. Landsat uydu sistemleri ve özellikleri	26
Çizelge 4. 2. ASTER uydu sistemi ve özellikleri	27
Çizelge 6. 1. KKH ait Landsat-5 TM görüntü listesi	36
Çizelge 6. 2. Çalışmada kullanılan istasyonların numaraları, adları, bağlı olduğu bölge ve özellikleri.....	37
Çizelge 6. 3. Çalışmada kullanılan kuyuların numaraları, adları, bağlı oldukları il ve ilçeleri ile özellikleri	38
Çizelge 7. 1. Geometrik düzeltme işlemi uygulanan 35 adet uydu görüntüsü ve teknik özellikleri.....	40
Çizelge 7. 2. Landsat 5 TM uydusu için ESUN değerleri	42
Çizelge 7. 3. "d" değeri için günlere göre tablosu	43
Çizelge 7. 4. SPI Metoduna Göre İndeks Değerleri ve Sınıflandırma.....	51
Çizelge 8. 1. Çalışmada kullanılan kuyuların numaraları, adları, bağlı oldukları il ve ilçeleri ile özellikleri	55
Çizelge 8. 2. Yersel Ölçmeler ve Termal Band Değerleri	68
Çizelge 8. 3. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri.....	81
Çizelge 8. 4. Çalışmada kullanılan kuyuların numaraları, adları, bağlı oldukları il ve ilçeleri ile özellikleri	83
Çizelge 8. 5. Mayıs ayı için Tuz Gölü yüzey alanları ile yer altı suyu seviyeleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları.....	84
Çizelge 8. 6. Eylül Ayı için Tuz Gölü yüzey alanları ile yer altı suyu seviyeleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları.....	84

SİMGELER

$^{\circ}\text{C}$:Santigrat derece
CH_4	:Metan
CO	:Karbon monoksit
CO_2	:Karbondioksit
N_2O	:Azotoksit
O_3	:Ozon
d	:Dünya-Güneş arası mesafe
ESUN_{λ}	:Ortalama atmosferik solar irradyans
H_2O	:Su Buharı
$^{\circ}\text{K}$:Kelvin derece
km	:Kilometre
cm	:Santimetre
m	:Metre
K_1	:Birinci kalibrasyon sabiti
K_2	:İkinci kalibrasyon sabiti
L	:Sensördeki spektral radyans
L_{MIN}	:QCALMIN'e göre ölçeklendirilen spektral radyans
L_{MAX}	:QCALMAX'a göre ölçeklendirilen spektral radyans
QCAL	:Parlaklık değerleri
QCALMAX	:Maksimum parlaklık değeri
QCALMIN	:Minimum parlaklık değeri
ppm	:Parts per million
SO_2	:Kükürt dioksit
$\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$:Su Buharı
ρ_p	:Sensördeki yansıtım değerleri
θ_s	:Solar zenit açısı
ESUN_{λ}	:Ortalama atmosferik solar irradyans
T_b	:Yüzey Sıcaklığı
X_i	:Aktüel yağış miktarı
σ	:Standart sapma değeri
\bar{X}_i	:Ortalama yağış miktarı

KISALTMALAR

ASTER	:Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
GPS	:Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
IPCC	:Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
LST	:Land Surface Temperature
AYS	:Arazi Yüzey Sıcaklığı
VCI	:Vegetation Condition Index
BDİ	:Bitki Örtüsü Durum İndeksi
TVI	:Temperature Vegetation Index
SBI	:Sıcaklık Bitki Örtüsü İndeksi
NDVI	:Normalized Difference Vegetation Index
NDWI	:Normalized Difference Water Index
NIR	:Yakın kızılötesi
SWIR	:Kısa dalga kızılötesi (Short Wavelength Infra-red)
TIR	:Termal Kızılötesi (Thermal Infrared)
VNIR	:Görünür yakın kızılötesi (Visible and NearInfrared)
GOES	:Geostationary Operational Environmental Satellites
MTSAT	:Meteosat, Multi-functional Transport Satellite
NOAA	:National Oceanic and Atmospheric Administration
FAO	:Food and Agriculture Organization
KKH	:Konya Kapalı Havzası
KCB	:Konya Closed Basin
USGS	:United States Geological Survey
ESA	:European Space Agency
UTM	:Universal Transform Mercator
NATO	:North Atlantic Treaty Organization
SPI	:Standardized Precipitation Index
SYİ	:Standar Yağış İndeksi
DSİ	:Devlet Su İşleri
DMİ	:Devlet Meteoroloji İşleri
TM	:Thematic Mapper
ETM	:Enhanced Thematic Mapper
MODIS	: Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer

1. GİRİŞ

Yeryüzünün yüzey enerji dengesi, atmosferik durum ve yüzeylerin termal özellikleri Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS)'nı dramatik şekilde etkiler. AYS, atmosfer ve arazi arasında malzeme alışverişi, hava tahmini, küresel okyanus-akış dengesi ve iklim değişikliğinde, enerji içeren birçok çevre modellerinde en önemli parametrelerden biridir. Dünya'nın iklim değişikliğinde meydana gelen küresel ve yerel değişimler, sanayi dönemi öncesinden beri devam etmektedir. Değişikliklerin bazıları doğal olaylardır. Bazıları ise insan aktivitelerinden (sera gazı) dolayı meydana gelmektedir. Kuzey Yarımküre'de, ılıman bölgelerde iklim değişiklikleri nedeniyle yıllık ortalama sıcaklık 1.4°C artmıştır. Yakın gelecekte bu artışın 2.5°C'ye ulaşması beklenmektedir. Günümüzde sıcaklıklardaki ortalama yıllık artış 1.4°C iken, yaz mevsiminde 2.5°C 'ye kadar net bir artış olmaktadır. Bitki yapraklarındaki terleme yükselirken, toprak ve su yüzeyinde buharlaşma artışı gözlenmektedir. Atmosferik karbondioksitin 2005'te 379 ppm'e ulaşması, buzulların erimesi ve okyanuslardaki kasırga büyüklük frekanslarının artmasına yol açmıştır (IPCC, 2007; Kantarcı, 2006; Tokgöz ve Kantarcı, 2001).

Uzaktan Algılama, arazi yüzey koşulları hakkında güncel, doğru ve detaylı bilgi sağlayan önemli bir veri kaynağıdır. Uydu görüntüleri birçok uygulamada kullanılabilir. Bunlar; maden araştırmaları, okyanus akıntılarının izlenmesi, yeryüzü planlaması, ormanların güncel durumlarının incelenmesi ve tarımsal alanlardaki analizlerdir (Pardo-Iguzquiza vd.,2010; Owen vd.,1998). Bu teknoloji ayrıca çok zamanlı uydu görüntüleri ve elektromanyetik spektrumun kızılötesi ve termal bölgelerini kullanarak kuraklıktan etkilenmiş alanların belirlenmesi ve ölçümünde kullanılabilir (Pozdnyakov vd., 2005). Termal veriler ilgili bölgelerin çok zamanlı AYS haritalarının oluşturulmasında başarıyla kullanılır. AYS'nı gözlemlenmek, artan atmosferik sera gazları ve arazi yüzey sıcaklığı arasındaki ilişkiyi anlamak ve Dünya'nın su ve bitki örtüsü kaynaklarındaki artan arazi yüzey sıcaklığındaki artışın etkisini analiz etmek açısından önemlidir. AYS ayrıca tarımsal alanların su gereksinimini belirlemek ve sulama planlamasını yönetmek için değerli bir bilgi kaynağıdır.

Kuraklık indeksi bitki, su kullanım durumunun zamansal ve mekânsal değişimlerini açıklar ve kuraklık izleme çalışmaları için uygundur. Meteorolojik istasyonlar tarafından elde edilen toplam yağış ve hava sıcaklığı gibi iklim verileri, düşük mekânsal çözünürlüğe sahip uydu görüntülerden doğru bilgi sağlamak için önemli avantajlar

sağlar, özellikle kuraklığın zamansal ve mekânsal gelişimin tespiti ve izlenmesinde tamamlayıcı bir parçadır (Orhan vd., 2013).

Normalize edilmiş fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Bitki Durum İndeksi (BDİ), Sıcaklık Bitki Örtüsü İndeksi (SBİ) ve Arazi Yüze Sıcaklığı (AYS) kuraklığın zamansal olarak değişimini belirlemek ve kuraklığı izlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Arnold vd., 1996; Ji ve Jensen, 1999; Ward vd., 2000; Voogt ve Oke, 2003; Gupta vd., 1997; Falahatkar vd., 2011; Rajasekar ve Weng, 2009; Carlson vd., 1977; Hung vd., 2006; Carnahan ve Larson, 1990; Muthumanickam vd., 2011; Ghulam vd., 2008; Lambin ve Ehrlich, 1995; Singh vd., 2003; Mohan, 2000).

Landsat, 1972'den günümüze dünya çapında orta çözünürlüklü uzaysal ölçekte LST kaynağı olarak tercih edilen bir uydudur. Bu yüzden bu çalışmada Landsat-5 TM uydusunun görüntüleri kullanılmıştır. Birçok araştırmacının çalışması yüze sıcaklığının Landsat-5 TM'den doğrulandığını göstermiştir (Croxall vd. 1988; Rothery vd., 1990; Glaze vd., 1989; Harry vd., 2012). Landsat-5 TM'in 6. bandı termal kızılötesi ışınımını (TIR) 10.4-12.5µm dalga boyları arasında 120m uzaysal çözünürlükte algılar ve AYS geri kazanımında da kullanılır (Sabrino vd., 2004; Rodriguez-Galiano vd., 2012; Li vd., 2004). AYS, farklı yüze özellikleri (Örneğin; beyazlık derecesi, yayılma gücü ve arazideki örtü tiplerinin termal özellikleri) için enerji dengesidir. Bu nedenle, TM'in 6. bandı AYS'ndaki değişiklikleri gözlemek için yaygın şekilde kullanılır (Jian ve Tian, 2010).

Bu çalışmanın amacı, Konya Kapalı Havzası (KKH)'ndaki AYS değişikliklerini incelemektir. Havzanın 1984 ve 2011 yılları arasında, kuraklıktan etkilenen yılların tespiti için uzaktan algılama verileri kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları kentsel bölgelerdeki ısı adalarını, deniz yüze sıcaklıklarını ve termal drenaj dağılımlarını izleme sistemlerini belirtebildiğinden dolayı önemlidir. Ayrıca çalışmamızın sonuçları çevresel danışma ve ekosistemin sağlığı açısından da oldukça önemlidir.

Gezegemizin atmosferi tıpkı bir sera gibi çalışır. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının neredeyse yarıya yakını yeryüzünden yansır. Atmosferimiz sera gazı olarak da nitelendirilen karbondioksit, metan, su buharı, ozon, azot oksit vb. gazlar sayesinde yeryüzünden yansıyan güneş ışınlarının bir kısmını tekrar yeryüzüne gönderir. Bir battaniye işlevi gören sera gazları sayesinde yeryüzündeki ortalama sıcaklık insanların, hayvanların ve bitkilerin hayatını sürdürmesine imkân verecek bir ısı düzeyini, 15 °C'yi yakalar. Sera gazları olmasaydı, yeryüzünün ortalama sıcaklığı -18 °C civarında olurdu. Sera gazlarının bu doğal etkisi “sera gazı etkisi” olarak adlandırılır.

Atmosferdeki sera gazlarının oranı 1750’li yıllarda başlayan sanayi devrimi sonrasında artmaya başlamış, karbondioksit oranı % 40’lık bir artış göstererek 280 ppm’den 394 ppm’e ulaşmıştır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli’ne (IPCC) göre karbondioksit oranındaki artış öncelikle fosil yakıt kullanımından kaynaklanmaktadır. Kayda değer ikinci etken başta ormansızlaşma olmak üzere arazi kullanımındaki değişimdir.

Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli’nin (IPCC) 2007 yılında yayımlanan 4. değerlendirme raporuna göre, küresel ısınma artık tartışmasız bir gerçektir. Küresel ısınmada insanoğlunun payı büyüktür. Küresel ortalama yüzey sıcaklığı son yüzyılda 0,74 santigrat derece yükselmiştir. Sıcaklıklardaki artışa bağlı olarak hidrolojik döngünün değişmesi, kara ve deniz buzullarının erimesi, kar ve buz örtüsünün alansal daralması, deniz seviyesinin yükselmesi, şiddetli hava olaylarının sıklığının ve şiddetinin artması, kuraklık, çölleşme, salgın hastalıkların ve zararlıların artması gibi dünya ölçeğinde sosyoekonomik sektörleri, ekolojik sistemleri ve insan yaşamını doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyecek önemli sonuçların olacağı öngörülmektedir (URL-2).

2.2. İklim Değişikliğinin Nedenleri

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nde iklim değişikliği; karşılaştırılabilir bir zaman periyodunda gözlenen doğal iklim değişkenlikleriyle, doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin doğal yapısını bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan değişikliklerin bütünü olarak tanımlanmıştır. İklim değişikliğine neden olan maddeler doğal etkenler ve insan kaynaklı etkenler olmak üzere iki başlık altında aşağıda açıklanmıştır (URL-3).

2.2.1. Doğal etkenler

Doğal etkenler iklim sistemini oluşturan atmosfer, hidrosfer ve yer küre ile bu kürelerin yaşam alanlarından oluşan biyosferin doğal yapısını bozarak bunların arasındaki doğal dengeyi etkileyen bütün doğal olaylardır. Bunlar Dünya'mızı oluşturan bu katmanların kendilerinden kaynaklanan olayları içermektedir.

Güneş'ten atmosferin üst sınırına gelen enerji miktarındaki değişme, volkanizma, depremler, doğal orman yangınları gibi daha birçok olay hassas bir denge üzerine oturmuş olan iklim sisteminde bozulmalara neden olan doğal olaylardır.

2.2.2. İnsan kaynaklı (yapay-antropojenik) etkenler

Bunlar, iklim sistemini oluşturan unsurları ve özellikle de yaşam için vazgeçilmez bir ortam oluşturan atmosferin doğal yapısının bozulmasına neden olan, insanların değişik etkinlikleri (sosyolojik, teknolojik) ile ortaya çıkan olayların bütünüdür. İnsanların hemen her türlü etkinliği sonucunda iklim sisteminin bozulmasına neden olabilecek olaylar ortaya çıkmaktadır. Bunların içinde çok önemli olanları aşağıda ana başlıklar halinde verilmiştir.

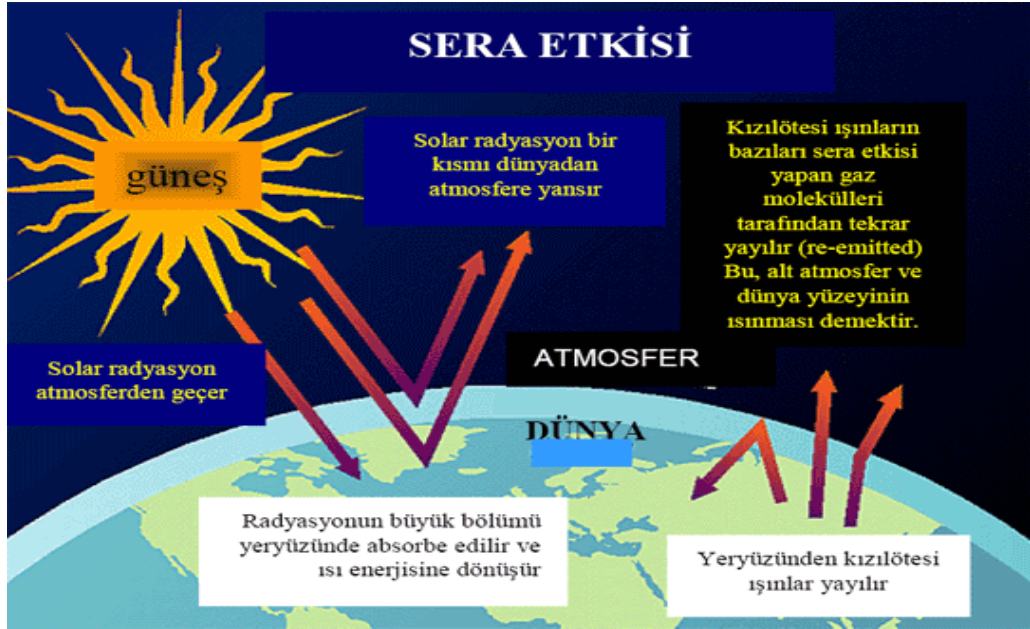
2.2.2.1. Atmosferin doğal sera etkisinin değişmesi

İklim sistemi içinde atmosferin ve yeryüzünün ısınması atmosferin doğal sera etkisi özelliği nedeniyle olmaktadır. Güneş'ten Dünya'ya gelen enerji ile Dünya'dan uzaya geri verilen enerjinin denk olması, atmosferin doğal yapısının korunmasıyla mümkündür. Atmosferi oluşturan gazların oranlarında olabilecek bir değişiklik bu dengeyi bozacaktır. Bu da küresel ölçekte sıcaklığın artmasına veya azalmasına neden olacaktır. Bu denge atmosferin doğal sera özelliğiyle korunmaktadır. Bu konunun iyi anlaşılabilmesi için önce atmosferin sera etkisinin ne olduğunun bilinmesi gerekir.

Sera etkisi; atmosferde oluşan bir tabakanın yarattığı etkidir. Bu tabaka Güneş'ten gelen ışınların dünyadan yansdıktan sonra tekrar atmosferin dışına çıkmasını engellemektedir. Sera etkisi olmasaydı dünya son derece soğuk bir gezegen haline gelirdi (Şekil 2.2.).

Atmosferde bulunan ve doğal sera gazları olarak adlandırılan su buharı ($H_2O_{(g)}$), Karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), azotoksit (N_2O) ve ozon (O_3) gibi gazlar, Güneş'ten

doğrudan gelen kısa dalgalı ışınların büyük bir kısmının yeryüzüne ulaşmasını sağlarken, yerin ısınmasından sonra atmosfere geri verilen uzun dalgalı radyasyonun (yer radyasyonu) da büyük bir kısmını tutmaktadır. Atmosferin bu özelliğine atmosferin doğal sera özelliği denir. Yeryüzü ve atmosferin ısınması bu yolla tutulan enerjiyle olmaktadır.

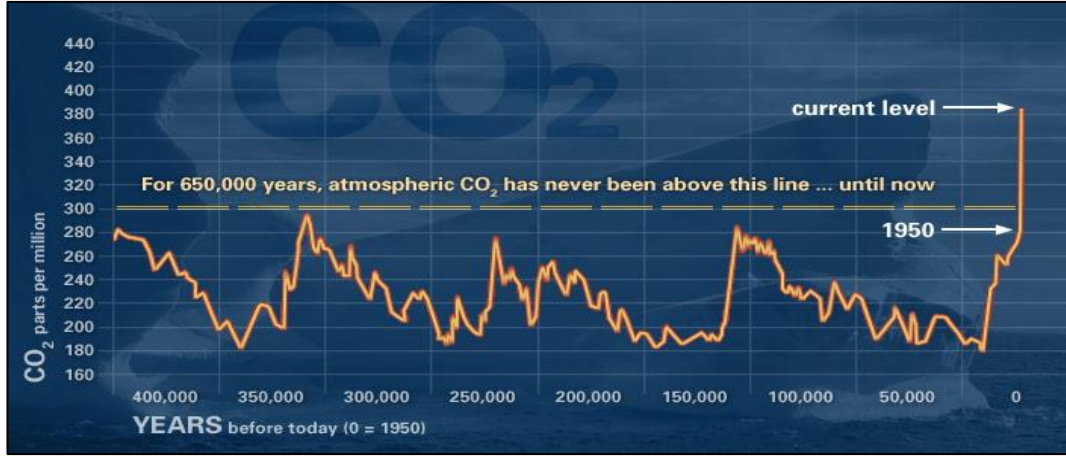


Şekil 2. 2. Sera etkisinin şematik gösterimi (Türkeş vd., 2000)

Güneş'ten doğrudan gelen enerjinin ne kadar büyük bir kısmı yeryüzüne kadar ulaşarak orada emilirse, yer o kadar ısınacak ve atmosfere o kadar çok enerji verilecek, dolayısıyla atmosfer de o kadar çok ısınacaktır. Ancak atmosferdeki doğal sera gazlarının miktarında bir artış olursa yerden verilen enerjinin (uzun dalgalı yer radyasyonunun) daha büyük bir kısmı atmosfer tarafından tutulacak, dolayısıyla atmosferin alt katları daha çok ısınacaktır. Yer Küre'nin normalden daha fazla ısınmasını sağlayan bu olay atmosferin sera etkisi olarak adlandırılmaktadır.

Küresel ısınma üzerinde etkili olan sera gazları arasında CO₂'in ayrı bir yeri ve önemi vardır. Karbondioksit (CO₂) Güneş'ten doğrudan gelen kısa dalgalı ışınları büyük ölçüde geçirdiğinden, ancak yerden verilen uzun dalgalı ışınları tuttuğundan atmosferin alt kısımlarının ısınmasında çok önemli rol oynayan bir sera gazıdır. Bilindiği gibi atmosferdeki karbondioksit miktarı, birinci derecede fosil yakıtların çeşitli alanlarda kullanımını sonucunda hızlı bir biçimde artmaktadır. Bununla birlikte ormansızlaşma ve özellikle de tropikal yağmur ormanlarındaki aşırı tahribat, ayrıca dünyanın diğer

bölgelerindeki orman örtülerinin yerini alan yeni bitki örtüsü de bu artışa katkıda bulunmaktadır (URL-1).



Şekil 2. 3. 1950'den sonra CO₂ birikimindeki aşırı artışı gösteren bir çalışma (URL-2)

2.2.2.2. İnsan etkinliklerinden kaynaklanan sera gazı birikimindeki değişimler

Atmosferdeki insan kaynaklı sera gazı birikimlerinde sanayi devriminden beri bir artış gözlenmektedir. Sera gazları içinde ayrı bir özellik taşıyan karbondioksit (CO₂), o günden bu güne % 30 oranında artmıştır. Bunun yanında, metan (CH₄) % 145 ve Azotoksit (N₂O) % 15 oranında artış göstermiştir. Önümüzdeki yıllarda da bu artışın devam edeceği, örneğin atmosferdeki CO₂ miktarının 21. yüzyılın sonuna kadar şimdiki miktannın 1.5 katı fazla olacağı hesap edilmektedir (IPCC, 1996). Bunun sonucunda sera etkisinden kaynaklanabilecek küresel ısınmanın büyüklüğünü düşünmek bile ürkütücüdür.

2.2.2.3. Atmosfere salınan partiküllerin etkileri

İnsanların çeşitli etkinlikleri (tarım, sanayi vb.) sonucu atmosfere verilen partiküller (aerosoller uçucu küçük parçacıklar) ve özellikle de fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan kükürtdioksit (SO₂) kaynaklı sülfat parçacıkları troposfer içinde dağılır. Bunlar güneş ışınlarını yeryüzüne ulaşmadan tuttuklarından yeryüzü, dolayısıyla atmosfer fazla ısınmaz ve atmosferde genel bir soğuma görülebilir.

Bilindiği gibi doğal etmenler arasında sayılan volkanik etkinlikler sonucu atmosfere verilen kül, toz ve bazı uçucu maddeler de aynı nedenle küresel sıcaklığı azaltan atmosfer kirleticileridir.

2.2.2.4. Yanlış arazi kullanımı ve doğal çevrenin bozulması

Doğal olaylar yanında insanlar da çeşitli amaçlarla doğal çevreyi hızlı bir biçimde tahrip etmekte, ormanlar başta olmak üzere tükenmez kabul ettikleri bütün doğal kaynakları hızlı ve bilinçsiz olarak tüketmektedir. Ayrıca araziler hızla artan nüfusun ihtiyacını karşılayabilmek için çarpık yerleşme ve kentleşmeyle tahrip edilmektedir. Bu durumda iklimi oluşturan unsurlar doğal özelliklerini kaybetmekte, aralarındaki karşılıklı ilişkiye bağlı olan dengeler de hızla bozulmaktadır. Bunun sonucu olarak bu unsurların bir bileşkesi olan iklimde bozulmalar hattâ değişimler kaçınılmaz olmaktadır.

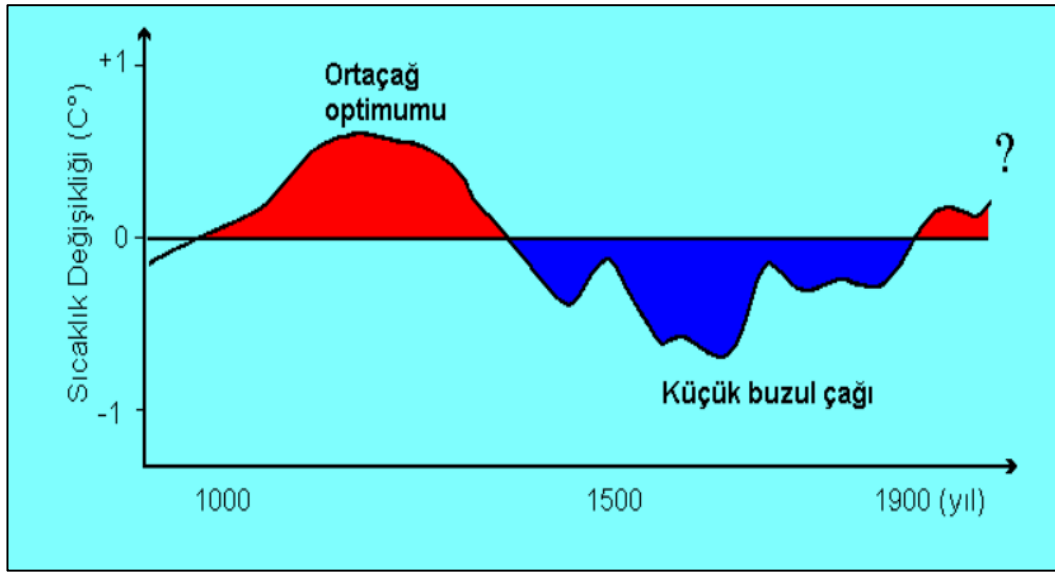
2.2.2.5. Ozon tabakasındaki incelme

Atmosferde çok az bulunan ve üç oksijen atomundan oluşan Ozon (O₃)'nun % 90'ı stratosferin 19 ile 45.kilometreleri arasında, ozonosfer denilen bölümde toplanmıştır. Ozon, yeryüzündeki yaşam için çok tehlikeli olan çok kısa dalgalı güneş ışınları (morötesi/ultraviyole) için doğal bir süzgeç görevi yapmakta ve büyük bir kısmını da tutmaktadır. Ayrıca tutulan bu enerji nedeniyle de atmosferin daha fazla ısınması önlenmektedir. Yani Ozon tabakası atmosferdeki doğal dengenin çok önemli bir ögesidir.

Ancak doğal mekanizmalar sonucu oluşan ve atmosferde belirli bir miktarda bulunması gereken ozon'un son zamanlarda hızla azaldığı görülmüştür. İnsanların çeşitli etkinlikleri sonucu atmosfere verilen bazı gazlar (karbondioksit, metan, kloroflorokarbon, azot oksitler v.b.) bu azalmanın temel nedenlerindedir. Ozondaki azalma ozon tabakasının incelmesi olarak adlandırılır. Son yıllarda küresel boyutta bir incelme gözlenmekle beraber, Antarktika (Güney Kutbu) üzerindeki incelme tehlikeli boyutlara ulaşmıştır. Bu incelme sonucunda atmosferde yeterli derecede tutulamayan kısa dalgalı güneş radyasyonu, canlılar üzerinde kanserojen etki gösterirken yere daha fazla ulaşması nedeniyle küresel ısınmaya katkıda bulunmaktadır.

2.3. İklim değişikliğinin türkiye'deki etkileri

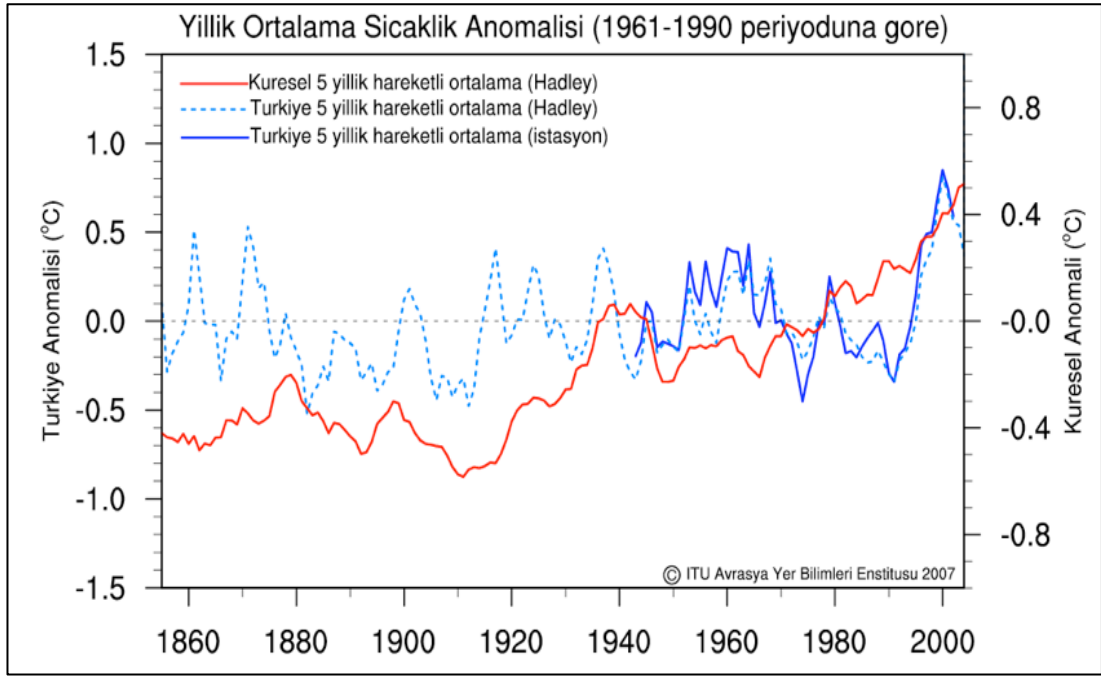
Ülkemizin de içerisinde yer aldığı Akdeniz Havzası küresel iklim değişikliğine karşı yerkürenin en hassas bölgelerinden birisidir. Akdeniz Havzası'nda gerçekleşecek 2°C'lik bir sıcaklık artışı beklenmeyen hava olayları, sıcak hava dalgaları, orman yangınlarının sayısında ve etkisinde artış, kuraklık ve bunlar dolayısıyla biyolojik çeşitlilik kaybı, turizm gelirlerinde azalma, tarımsal verim kaybı ve en önemlisi kuraklık olarak etkilerini hissettirecektir.



Şekil 2. 4. Kuzey yarımkürede geçen bin yıllık dönemdeki yıllık ortalama sıcaklık değişimleri (Türkeş, 2000)

2011 yılında yayımlanan İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı da, Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklığın gelecek yıllarda 2,5°-4°C artacağını, artışın Ege ve Doğu Anadolu Bölgeleri'nde 4°C'yi, iç bölgelerinde ise 5°C'yi bulacağını öngörürken Türkiye'nin yakın gelecekte daha sıcak, daha kurak ve yağışlar açısından daha belirsiz bir iklim yapısına sahip olacağını ortaya koymaktadır.

İklim Değişikliği Eylem Planı, Türkiye'nin özellikle su kaynaklarının azalması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme, bunlara bağlı olarak ekolojik bozulmalar gibi olumsuz etkenlerden önemli ölçüde etkileneceğini öngörmektedir (URL-4).



Şekil 2.5. 1855-2004 yılları arasında küresel ve Türkiye ortalama sıcaklıklarının referans iklim dönemi olarak kabul edilen 1961-1990 arası ortalama sıcaklığından olan farkları, mavi kesiksiz çizgi Türkiye’deki 60 meteoroloji istasyonunda ölçülen yıllık sıcak

Bilim adamlarına göre olası bir iklim değişikliğinin ülkemizde neden olabileceği çevresel ve sosyoekonomik sorunlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Sıcak ve kurak devrelerin süresindeki ve şiddetindeki artış, kuraklık ve çölleşme ile tuzlanma ve erozyon gibi olayları hızlandıracaktır.
- İklim kuşaklarının kuzeye kayması sonucu Türkiye, daha sıcak ve kurak iklim koşullarının etkisinde kalabilecektir.
- Türkiye’nin mevcut su kaynakları sorununa yeni sorunlar eklenecek, içme ve kullanma suyunda büyük sıkıntılar yaşanacaktır.
- Tarımsal üretim potansiyeli değişebilecektir. (Bu değişiklik bölgesel ve mevsimsel farklılıklarla birlikte, türlere göre bir artış ya da azalış biçiminde olabilir).
- Karasal ekosistemler ve tarımsal üretim sistemleri, zararlılardaki ve hastalıklardaki artıştan zarar görebilecektir.
- Sıcaklıktaki artış insan ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yapacak, aşırı sıcaktan kaynaklanan hastalık ve ölüm oranları artacaktır.
- Deniz seviyesi yükselmesine bağlı olarak Türkiye’nin yoğun yerleşme, turizm ve tarım alanlarının yer aldığı alçak alanları su altında kalacaktır.
- Mevsimlik kar ve kalıcı kar-buz örtüsünün kapladığı alanlarda erimelere bağlı olarak kar çığları, sel ve taşkın olaylarında artış olacaktır.

- Deniz akıntılarındaki değişmeler, deniz ekosistemleri üzerinde olumsuz etkiler yaratacak, deniz ürünleri azalacaktır.

Şüphesiz küresel iklimde görülebilecek bir değişiklik, Türkiye'nin değişik bölgelerini farklı biçimde etkileyecektir. Türkiye'nin özellikle çölleşme tehdidi altındaki yarı kurak ve yarı nemli özelliğe sahip; İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgelerinde tarım, ormancılık ve su kaynakları açısından daha olumsuz sonuçlar görülecektir. Son yıllarda Türkiye ormanlarında toplu ağaç kurumalarının, zararlı böcek salgınlarının ve yangınların arttığı bilinmektedir. İklim değişikliğine bağlı olarak kuraklık derecesinin artması bu olayları daha da hızlandıracaktır (URL-1).

3. KURAKLIK VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Kuraklık; bir bölgenin nem miktarındaki geçici dengesizliğin o bölgedeki su kıtlığı ile ilişkisi olarak tanımlanır (Özlü, 2007). Uluslararası çölleşme ile mücadele sözleşmesinde kuraklık; "yağışların kaydedilen normal düzeylerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu arazi ve kaynak üretim sistemlerini olumsuz olarak etkileyen ve ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan doğal bir olay" olarak tanımlanmıştır.

Her ne kadar yağışların azalması kuraklık olayını tetiklemekte ise de asıl hasarlar zeminde nemin azalması, nehir akışlarında ve biriktirme haznelinde (bentler, barajlar, doğal göller) suların biriktirilememesi ve iyi yönetilememesinden ortaya çıkar. Kuraklık, ekosisteme müdahalenin bir sonucu olarak kendini ciddi anlamda hissettiren ve hissettirmeye de devam edeceği düşünülen problemlerin başında gelmektedir. Su kaynaklarının kısıtlı oluşuna karşın, hızlı nüfus artışı ve bunun bir sonucu olarak da suya olan talepteki artış, kuraklığın etkisini daha da artırmaktadır (Nurten, 2012).

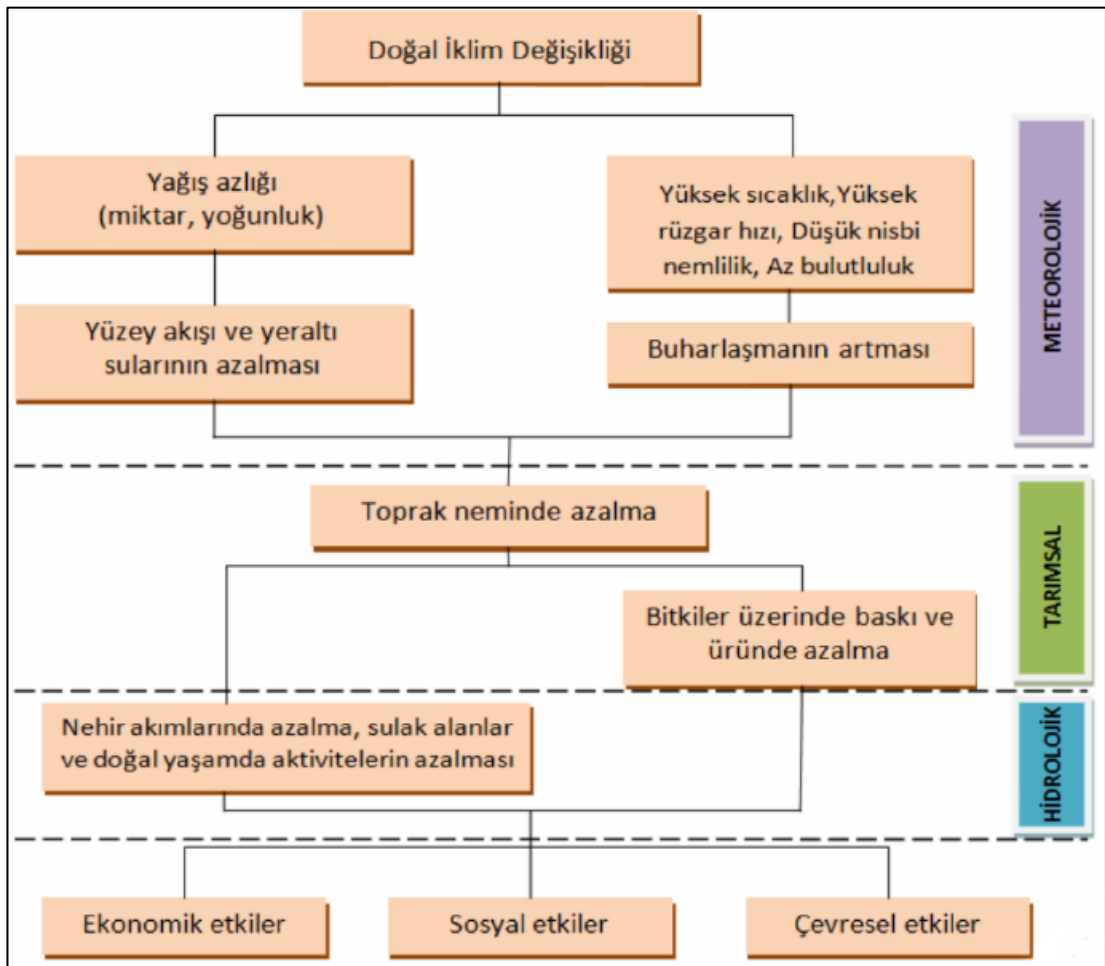
Dünya nüfusunun artması, şehirleşme, iklim değişimleri, orman tahribatları, çölleşme sonucunda kuraklık toplum, çevre ve değişik ülkeleri tehdit eder boyutlara ulaşmaktadır. Kuraklığın ekonomik ve toplumsal boyutları vardır. Toplumun ekonomisi toplumun sağlığı, psikolojisi ve ticareti ile yakından ilgilidir. Çeşitli nedenlerden dolayı Dünya'mızın ısınması neticesinde iklimlerde belirgin farklılıklar kendini göstermekte ve Dünya'da farklı iklimsel olaylar oluşmaya başlamaktadır. Dünyanın bir kısmı kuraklık çekerken diğer bir kısmında ise aşırı derecedeki yağışlar taşkınlara neden olmaktadır. Türkiye yerkürenin kuraklıkla karşı karşıya bulunan bölgesinde yer almaktadır. Bölgemizde kuraklık olmasa bile nüfus artışı, yeni alanların sulamaya açılması ve su kaynaklarının kirlenmesi neticesinde şimdiden kişi başına düşen su miktarında bir yetersizlik söz konusudur (Şen, 2003).

Kuraklık yalnızca fiziksel bir olay veya bir doğa olayı olarak görülmemelidir. Onun insan ve faaliyetlerinin su kaynaklarına olan bağımlılığı nedeniyle toplum üzerinde çeşitli etkileri vardır. Uzun süreli kuru havalar, havadaki nem miktarını azaltarak toprak ve su kaynakları üzerinde olumsuz etkilere ve ciddi çevresel, ekonomik ve sosyal problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Çok yavaş gelişerek belirli bir süreçte oluşan bu doğal olayın süresi uzadıkça sonuçları da çok tehlikeli boyutlara ulaşmaktadır. Esas olarak yağış yetersizliğine bağlı olarak su azlığıyla ortaya çıkan

kuraklık, üretimde azalmaya, yetersiz beslenmeye, sonuçta kıtlık, açlık ve ölümlere yol açabileceğinden çok önemli sosyal ve ekonomik sorunların yaşanmasına neden olmaktadır (Kömüşçü, 2001).

3.1. Kuraklık Çeşitleri

Kuraklık; meteorolojik, tarımsal, hidrolojik, coğrafik hatta sosyal ve ekonomik yönden farklı biçimlerde tanımlanmış ve farklı isimler altında değerlendirilmiştir. Ancak genel olarak üç kuraklık türünden söz edilmektedir. Bunlar; meteorolojik kuraklık, hidrolojik kuraklık ve tarımsal kuraklıktır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Kuraklık çeşitleri ve etkileri (DMİ)

3.1.1. Meteorolojik kuraklık

Uzun bir zaman içinde yağışın belirgin şekilde normal değerlerin altına düşmesi olarak tanımlanır. Nem azlığının derecesi ve uzunluğu meteorolojik kuraklığı belirler ve

gelişiminde bölgeden bölgeye farklılıklar gözlenir. Örneğin yağışın ve yağışlı gün sayısının belirli bir değerden az olması temeline dayanarak kurak periyotlar teşhis edilir. Bu hesap şekli nemli subtropikal iklimler gibi yıl boyunca yağış alan yerler için uygundur. Diğer iklim bölgeleri mevsimsel yağış paternleri ile karakterize edilir. Diğer bir tanım şekli yağışın aylık, mevsimlik veya yıllık toplamalarının ortalamasından olan farkları ile ilişkilidir (Kaplukan, 2013).

- Yağışların belirli bir zaman periyoduna ait normallerden sapmasıdır.
- Genellikle bölgeseldir.
- Ana göstergesi meteorolojik ölçümlerdir.

Devam eden bir meteorolojik kuraklık olayı hızlı bir şekilde kuvvetlenebilir veya aniden sona erebilir.

3.1.2. Tarımsal kuraklık

Bitkinin büyüüp gelişebilmesi için kök bölgesinde yeterli nem bulunmaması durumu olarak ifade edilir. Büyüme periyodu boyunca, bir bitkinin suya ihtiyaç duyduğu belirli bir kritik döneminde yeterli toprak nemi olmadığı zaman tarımsal kuraklık meydana gelir. Tarımsal kuraklık meteorolojik kuraklıktan sonra ve hidrolojik kuraklıktan önce ortaya çıkan tipik bir durumdur. Tarımsal kuraklık, toprağın derinlikleri doymuş halde olsa bile ürün verimlerini ciddi oranda düşürebilir. Yüksek sıcaklıklar, düşük nispi nem ve kurutucu rüzgârlar yağış azlığının etkilerinin katlanmasına sebep olur.

3.1.3. Hidrolojik kuraklık

Uzun süre devam eden yağış eksikliği neticesinde ortaya çıkan yeryüzü ve yer altı sularındaki azalma ve eksiklikleri ifade eder. Nehir akım ölçümleri ve göl, rezervuar, yer altı su seviyesi ölçümleri ile takip edilebilir. Yağmur eksikliği ile akarsu, dere ve rezervuarlardaki su eksikliği arasında bir zaman aralığı olduğundan hidrolojik ölçümler kuraklığın ilk göstergelerinden değildir. Meteorolojik kuraklık sona erdikten uzun süre sonra dahi hidrolojik kuraklık varlığını sürdürebilir. Yağış miktarındaki azalmaya bağlı olarak bir süre sonra akarsuların hacimlerinde bir azalma, göl seviyelerinde düşüş ve yeraltı su kaynaklarında daha alt seviyelere çekilme görülecektir. Bu da yaşamın birçok alanını olumsuz yönde etkileyecektir. Şehircilik, sulama, elektrik enerjisi ve endüstriyel kayıplar gibi sorunlar ortaya çıkaracaktır.

3.2. Kuraklığın Etkileri

3.2.1. Ekonomik etkileri

- Üründe kayıp
- Ekin alanlarının verimliliğinin azalması
- Böcek istilası
- Bitki hastalıkları
- Ürün kalitesinde düşüklük
- Süt ve çiftlik Hayvanları kaybı
- Otlakların verimliliğinin azalması
- Halka açık otlakların kapatılması veya sınırlandırılması
- Hayvanlar için suyun temin edilememesi veya pahalılığı
- Hayvanlar için besin temin edilememesi veya besinin pahalılığı
- Kereste üretiminde kayıplar
- Orman yangınları
- Ağaç hastalıkları
- Böcek istilası
- Orman alanlarının verimliliğinin azalması
- Balık üretiminde kayıplar
- Balık yetiştirme alanlarında bozulma
- Suyun azalmasından dolayı yavru balıkların kaybı
- Ulusal büyümede kayıp, ekonomik gelişmede gecikme
- Yiyecek üretiminde düşüş - Yiyecek stoklarında azalma
- Finansal kaynak bulmada zorluk (Kredi riski)
- Nehir ve kanalların denizciliğe olan katkılarında azalma
- Yeni ve ilave su kaynaklarının geliştirilmesindeki pahalılık
- Suyun taşınmasındaki pahalılık
- Çiftçi gelirlerinde kayıplar
- Eğlence iş alanlarında kayıplar
- Enerjide kaynak azalması
- Tarımsal üretimin direkt bağlı olduğu endüstrilerde kayıplar
- Üretimdeki düşüğe bağlı işsizlik

3.2.2. Çevre etkileri

- Toprakta su ve rüzgâr erozyonu
- Balık alanlarına zarar
- Bitki alanlarına zarar
- Suyun kalitesine etki
- Hayvan kalitesine etki
- Hayvan doğal yaşam alanlarına etki

3.2.3. Sosyal etkileri

- Yiyecek kıtlığı
- Yoksullukta artış
- Göç
- Sosyal huzursuzluk
- Kırsal alanlardaki yaşam seviyesinde düşüş

3.3. KURAKLIĞA karşı önlemler

İklim değışiklikleri karmaşık bir olaydır. Bunun incelenebilmesi için yeterince uzunlukta sağlıklı istatistiksel bilgiye dayanan etmenlerin bilinmesine, kuraklığa karşı alınan geniş boyutlu önlemlere, arazi çalışmaları gibi bilgilere ihtiyaç vardır. Nüfus artışı, sanayileşme, daha çok ürün talebi, yangınlar, doğanın tahribatı atmosferde olumsuzluklara ve doğal dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Uzun sürede bu olaylar iklim değışikliğini doğurur. Bu olayların önlenmesi için alınabilecek en önemli tedbir insanların bu konu ile ilgili duyarlılıklarının ve kültür düzeylerinin artırmak, yasa ve yönetmeliklere sahip çıkmaktır. Kısa zamanda bunu sağlamak olanaksızdır (Tülücü, 2001).

3.3.1. Havza ıslahı çalışmaları

Su toplama havzalarındaki kazılar, dolgular, yol çalışmaları, yangınlar, yapılaşmalar, mera ve orman tahribatı, aşırı olatmalar toprak erozyonunu artırmakta, sedimentasyona neden olmakta, toprakta su tutma düzensizleşmekte, bu da birçok olumsuzlukları

beraberinde getirmekte; yağışların ve nehir akışlarının düzensizleşmesine, su baskınlarına veya kuraklıklara neden olmaktadır. Havza çalışmalarında en etkili yol mevcut bitki örtüsünün korunması ve tarıma açılmış mutlak orman alanlarının tekrar bitkilendirilmesidir.

3.3.2. Su Haznelerinden buharlaşmanın en aza indirilmesi

Su haznelerinin çevresinde ekonomik olmayan, su tüketen bitkilerin, doğal yaşamı bozmamak koşuluyla yetişmesine izin verilmemesi su kaybını önler. Serbest su yüzeyinde oluşan buharlaşmanın da önlenmesi yönünde araştırmalar yapılması gerekir.

3.3.3.Su iletiminde açık kanal sistemi yerine kapalı sisteme geçilmesi

Ülkemizde su iletim ve sulama sistemlerinde yaygın olarak açık kanal sistemi kullanılmaktadır. Buna sayısız örnek verilebilir. Bu sistemin, birçok ülkede terk edilmiş olduğu bilinmektedir. Bunun yerini kapalı sistem almıştır. Kapalı sisteme geçilmesiyle buharlaşma, sızma ve aşırı, hatalı kullanımlar önlenmektedir. Açık kanal sistemli bir proje alanından kaybolan ve önemsiz gibi gözükken su miktarı büyük miktarları bulmaktadır (FAO, 2000).

3.3.4. Toprak rutubetinin korunması

Topraksuyu yönetimi su kaynağı sağlamada önemli bir yoldur. Toprak parçacıkları arasında sıvı-hava veya katı-sıvı yüzeylerdeki güçlerle tutulan su; bitkiler için su deposudur. Suyun toprakta tutulmasıyla ilgili öteki mekanizmalar bitki-toprak ilişkileri açısından sınırlı bir etkiye sahiptir. Toprak gözenekleri boyutlarının dağılımı hava ve suyun hareketi için özel bir öneme sahiptir. Çünkü geçirgenlik su dolu gözeneklerin etkin kesitleri ile doğrudan ilişkilidir. Buna tarımsal faaliyetler etki eder. Toprak içinde sayılan bu olaylar gerçekleştirilemezse tarımsal kuraklık ortaya çıkar.

Toprak rutubetinin korunması, kuraklığın olumsuz etkilerini önleme bakımından önemlidir. Toprak rutubetinin üretim dışı kullanımını önlemek için bir kısım önlemler sıralanabilir.

Toprağın sürekli örtülü tutulması ve sıfır toprak işleme: örneğin mera nitelikli tarıma açılmış alanların tekrar meraya dönüştürülmesi, bitkisi yok olmuş alanların bitkilendirilmesi gibi.

Bitki artıkları yönetimi ve topraktan buharlaşmanın önlenmesi: Toprak yüzündeki bitki artıkları buharlaşmayı düşürür. Buharlaşmanın çoğu toprak ıslak iken, bir anlamda yağıştan ve sulamadan sonra birkaç gün içinde meydana gelir. Artıklar ıslak toprağı solar enerjiden korur ve buharlaşmayı düşürür. Bitki taçları da aynı etkiyle toprak yüzeyinden buharlaşmayı azaltır.

Kuru tarımda bitki rotasyonlarında, bitki artıkları sık olarak toprak üstünde bırakılır. Çıplak bırakılan topraktan olan buharlaşmaya kıyasla, buğday sapı ile örtülü topraktan oluşan buharlaşmanın 5 cm daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Cahoon vd., 2006).

3.3.5. Su yönetiminin gözden geçirilmesi

Su toplama havzasında odaklanan küçük çaplı sulama projelerini içeren havza geliştirmesi ve yönetimi projelerine önem verilmesi önerilmektedir. Bu, toprak ve su muhafazası ve dolayısıyla üretim için önemlidir. Toprakta su muhafazası: Kurak bölgelerde, yetersiz arazi yönetimi, diğer bir deyişle zayıf hizmet servisleri bitki üretimini büyük ölçüde düşürmektedir. Nedenleri; arazi bozulması toprak yüzeyini etkiler, kaymak tabakası oluşmasına ve infiltrasyonu etkileyen diğer olaylara neden olur, yağışın toprağı girmesini engeller. Yağışın büyük kısmı yüzey akışa geçer, erozyona neden olur. Bitki yağıştan çok az yararlanır. Toprak yüzeyinin sıkışması insan faaliyeti ile de olmaktadır. Uygun sürüm, kontur, teras gibi geliştirilen farklı tarım teknikleri üretimi artırmakta ve erozyonu düşürmektedir.

Toprak üstünde su muhafazası: Yağışlı dönemlerde yüzey sularının gölet, baraj gibi irili ufaklı depolama yapılarında depolanması, bitkilerin kritik dönemlerinde uygun sulama yöntemleri ile araziye verilmesi destek sulama olarak bilinir. Bu yaklaşım 2-3 haftalık kuraklık riskini önemli ölçüde yok eder. Marjinal yağış koşullu küçük çaplı işletmelerde oluşturulacak çiftlik göletleri üretimde, kısa dönem kuraklıklara karşı önemli bir su kaynağıdır. Destek sulama ile kuraklık etkisi giderebilir ve üretimi artırabilir.

3.3.6. Sulama zamanı ve verilecek su miktarı

Sulama zamanının ve bir sulamada verilecek su miktarının doğru olarak belirlenmesi ve buna göre sulama yapılması su tasarrufu sağlaması ve diğer birtakım olumsuzlukların önlenmesi bakımından önemlidir. Bunun için bitki su üretim fonksiyonunun ve toprağın fiziksel özelliklerinin belirlenmesi gerekir.

Bitki su-üretim fonksiyonu ve kritik dönemlerin belirlenmesi: Üretim fonksiyonu girdi değerlerine bağlı olarak maksimum elde edilebilir ürün miktarının teknik bir ilişkisidir. Üretim fonksiyonunun elde edilmesi bilgi ve teknolojisi ister. Yeterli işçi, makine, teknoloji ve hammadde gibi üretim girdileri varsa; söz konusu üründen üretilecek miktar bitkinin ihtiyacı olan suya bağlı kalır.

Bitki su-üretim fonksiyonu bir mevsim boyunca bitkilerin suya olan duyarlılığını ifade eder. Birim miktar suyun en etkin olduğu dönemi tanımlar. Su üretim fonksiyonunun bilinmesi, sulamaların bitkinin kritik (duyarlı) dönemlerine kaydırılmasını, yani suyun ekonomik kullanılmasını sağlaması bakımından önemlidir. Bitkiler yetiştirme dönemlerinde topraktaki su düzeylerinden farklı biçimde yararlanırlar. Bazı dönemlerde bitkilere daha az su verilerek etkilenmeye bırakılabilirler. Suyun kıt olduğu dönemlerde, özellikle bu dönemlerin bilinmesi optimum ürün alabilmek için gereklidir. Optimum ürünü alabilmek için sulama seviyeleri düşürülebilir, bir kısım sulamalar terk edilebilir, bir kısım düşük üretim düzeyli alanlar üretim dışı bırakılabilir veya uygun bitkilere bırakılabilir. Sonuç olarak ortaya çıkan soru; sulama mevsiminde bitki gereksiniminden ne miktar su ne biçimde kısılmalı ki ürün verimi ekonomik düzeyde olsun? Bu ifadeden uygun sulama zamanının bilinmesi özellikle suyun kıt ve pahalı olduğu yöre ve zamanlarda önem kazanmaktadır (Tülücü 1984; 1985; 1985).

Öte yandan yağış koşullu tarım yapılırken, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde genellikle 2 ve 3 yılda bir, bazen üç haftayı bulan kuraklık yaşanır. Kuraklığın, bitkilerin kritik dönemlerinde (ör. Çiçeklenme ve tane dolum dönemi) ortaya çıkması durumunda çok daha fazla olumsuzluklar ortaya çıkar. Bu durum ürün miktarının düşmesine neden olur, risk yaratır. Kritik dönemler su-üretim fonksiyonu çalışmaları ile belirlenir. Tedbir olarak biriktirilen suyla veya diğer kaynaklardan yararlanılarak destek sulama ile sorun giderilebilir. Ancak burada, toprağın infiltrasyon koşulunun uygun olması ve arazide su saptırma ve sulama sisteminin oluşturulmuş olması gerekir (FAO,

2000). Tek bir bitki üretim fonksiyonu olabildiği gibi uygun bitki desenine bağlı olarak su-üretim fonksiyonu da olabilir. Bu yönde çalışmaların başlatılması gerekmektedir.

3.3.7. Yağış koşullu uygun tarım yapılması

Bugün sulu tarımdan çok yağış koşullu üretim üzerinde durulmaktadır. Dünyadaki toplam tarım alanının üçte biri sulanmaktadır. Kuru tarımda birim ürün artışı, sulu tarımdaki birim artışa göre iki defa daha etkili olmaktadır. Bu durum, özellikle de fakir ülkeleri ve bu ülkelerin üreticilerini daha çok etkilemektedir. Bu nedenle yağmur koşullu tarıma özel önem verilmesi bütün tarım tekniklerinin ve bilimsel sonuçların burada uygulanması gerekmektedir (FAO, 2000; Guthridge, 1998; Seckler vd., 1998).

Yağış koşullu tarımda toprak rutubetine bağlı olarak ekim ve üretim yapılması ön plana çıkmakta, bunun için de günlük meteorolojik bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların üreticiler tarafından ölçülmesi, değerlendirilmesi olanaksızdır. Bu bilgilerin bölgede bir merkezden sağlanması ve yönlendirilmesi gerekir. Yağmur koşullu sulamada imkân varsa destek sulamalar idealdir.

3.3.8. Kuraklığa dayanıklı bitki yetiştirilmesi

Suyun etkin kullanılması için daha az su kullanan bitkilerin alternatif olması, örneğin çeltik yerine çeltiğin yarısı kadar su kullanan buğdayın tercih edilmesi veya yeni çeşitlerin adapte edilmesi gerekir. Bu örnekler çoğaltılabilir. Bu noktada ekonomik analiz yapılarak karar verilmesi gerekir (Johson, 1998).

3.3.9. Kuraklığa dayanıklı bitki üretim sisteminin oluşturulması

Kuraklığa dayanıklı bitkileri içeren bitki üretim sisteminin yoğunlaştırılması, yaygınlaştırılması ve üretim tekniklerinin geliştirilmesi suya olan ihtiyacı en aza indirir, mevcut suyun kritik dönemlere kaymasını sağlar.

3.3.10. Sosyo-Ekonomik kısıtların yeniden değerlendirilmesi

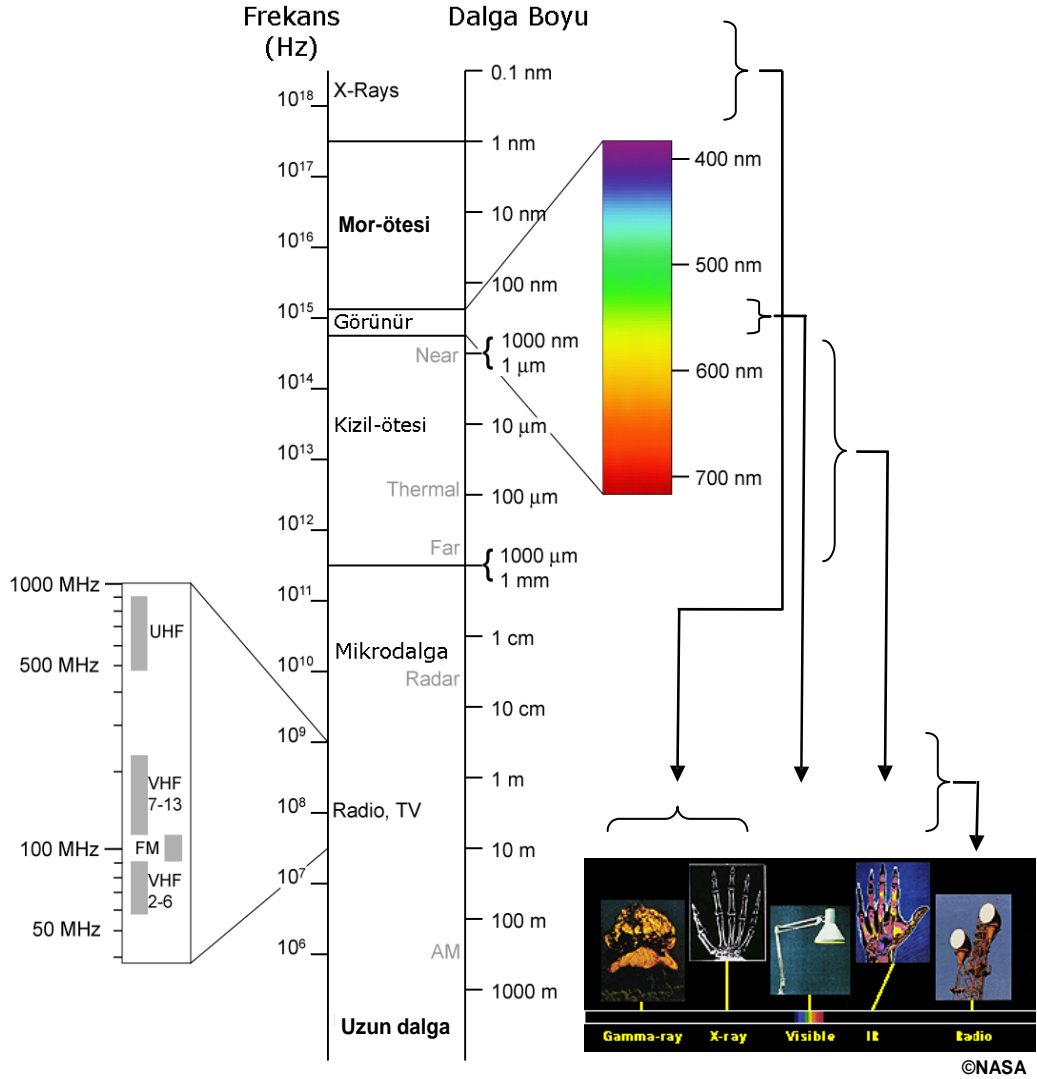
Ekonomik kısıtlılıkların analizi, gözden geçirilmesi ve tekrar çözümü düşünülmelidir. Bölgesel veya bireysel bazda projelerin desteklenmesi, üreticilerin eğitilmesi, hizmet servislerinin etkinleştirilmesi çiftçi ve bölge bazında üretimi artıracaktır. Aksi halde

desteğin ve su kaynağının azalması üreticileri başka yerlere göç etmeye, yeni meslek değiştirmeye zorlamaktadır. Bu da başarılı olmamakta, sosyoekonomik sorunları ortaya çıkarmaktadır. Bu durum dünyada ve ülkemizde yaygın olarak görülen bir olaydır.

4. UZAKTAN ALGILAMA

Uzaktan algılama, cisimler ile fiziksel bir temasta bulunmaksızın onlar hakkında bilgi edinilmesi, onların tanınması, çevrelerinden ayırt edilmesi ve bu bilgilerin görüntü şeklinde oluşturulması bilimidir (Ekercin, 2007).

Cisimler yeryüzüne gelen enerjinin bir kısmını kendi karakteristik özelliklerine bağlı olarak geri yansıtırlar. Geri yansıtılan bu enerjinin yayılımını kapsayan aralığa ya da şemaya elektromanyetik spektrum adı verilmektedir. Uzaktan algılama tekniği, yeryüzünden yansıyan elektromanyetik enerjinin, elektromanyetik spektrumun görüntü bölgesi adı verilen (ultraviyole, görünen, infrared) kısmında sensörler tarafından ölçülerek değerlendirilmesi esasına dayanır.

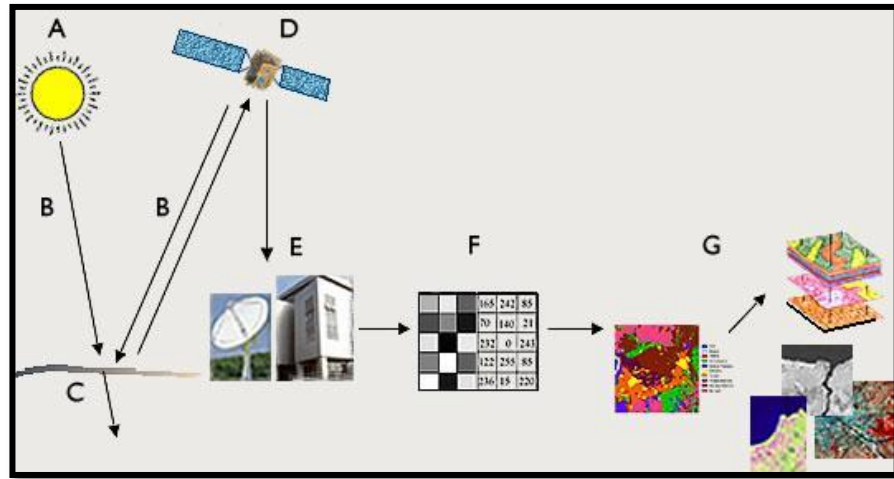


Şekil 4. 1. Elektromanyetik spektrum ve spektral aralıklar.

Hava fotoğrafları uzaktan algılamanın temel taşlarıdır. Günümüzde uzaktan algılama verisi; 1 metre ile 3600 km mesafeye kadar olan kameralar ve sensörler ile donatılmış uçaklar, insansız hava araçları ve uydular tarafından sağlanmaktadır. Kameralar ve sensörler görüntüyü; Şekil 4.1.'de görülen elektromanyetik spektrumda "spektrum görüntü bölgesi" (spectral image region) olarak adlandırılan ultraviyole, görünen ve kızılötesi bölgelerde, yeryüzünden yansıyan ve yayılan enerjiyi ölçerek oluştururlar (Anonim, 2002).

4.1. Uzaktan Algılamanın Bileşenleri

Uzaktan Algılama iki temel aşamadan oluşur. Bunlar "Veri Elde Etme" ve "Veri İşleme" aşamalarıdır.



Şekil 4.2. Uzaktan Algılama sürecinin bileşenleri

4.1.1. Verinin elde edilmesi:

A- Enerji Kaynağı: Hedefe bir kaynak tarafından enerji gönderilmesi gerekmektedir. Bu kaynak hedefi aydınlatır veya hedefe elektromanyetik enerji gönderir. Algılayıcı sistemler, herhangi bir enerji kaynağından yeryüzüne gelen ışınların yeryüzündeki cisimler ile etkileşime girerek ve bu etkileşim sonucunda yansıyan ışınları kaydederek yeryüzü hakkında bilgi toplamaktadırlar. Optik uydular için enerji kaynağı Güneş'tir. Ancak radar uyduları kendi enerji kaynaklarını üzerlerinde taşıyor ve elektromanyetik enerji (radio dalgaları) üreterek hedefe yollarlar. Hedeften yansıyan dalgaların toplanması ve analizi ile hedef hakkında bilgiler elde edilir.

- B- Yayılım ve Atmosfer: Atmosfer, enerji kaynağından gelen ve yeryüzünden yansıyan ışınları büyük ölçüde etkilemektedir. Atmosfer içindeki parçacıklar, tozlar ve bazı gazlar enerjinin yayılımını engellemektedir. Bu engelleme saçılma (scattering), kırılma veya emme/soğurma (absorption) şeklinde olur.
- C- Hedef ile Etkileşim: Atmosfer ortamından geçen elektromanyetik dalga, hedefe ulaştığında hem ışınım hem de hedef özelliklerine bağlı olarak farklı etkileşimler oluşturur. Hedefe ulaşan ışığın veya radyo dalgalarının bir bölümü geriye yansır.
- D- Enerjinin Algılayıcı Tarafından Kaydedilmesi: Yeryüzünden yansıyıp tekrar atmosfer içinden geçen ve bu arada yine bazı etkileşimlerle karşılaşan değişik dalga boylarındaki enerji, uydu üzerindeki algılayıcılar tarafından kaydedilir.
- E- Verinin İletimi, Alınması ve İşlenmesi: Hedeften toplanan enerji dağılımına ait veri, algılayıcı tarafından kaydedildikten sonra görüntüye dönüştürülmek ve işlenmek üzere uydudan bir yer istasyonuna gönderilir.

4.1.2. Verinin işlenmesi:

- F- Yorumlama ve Analiz: Görüntü görsel, sayısal ve elektronik işleme teknikleri ile analiz edilir ve nicel sonuç ve değerlendirmelere ulaşılır.
- G- Uygulama: İşlenmiş veriden çıkarılan bilgiler ve verilerin sonuçları uygulamaya geçirilir. Ayrıca elde edilen bilgi ve sonuçlar başka veri kaynakları ile birleştirilerek kullanılabilir.

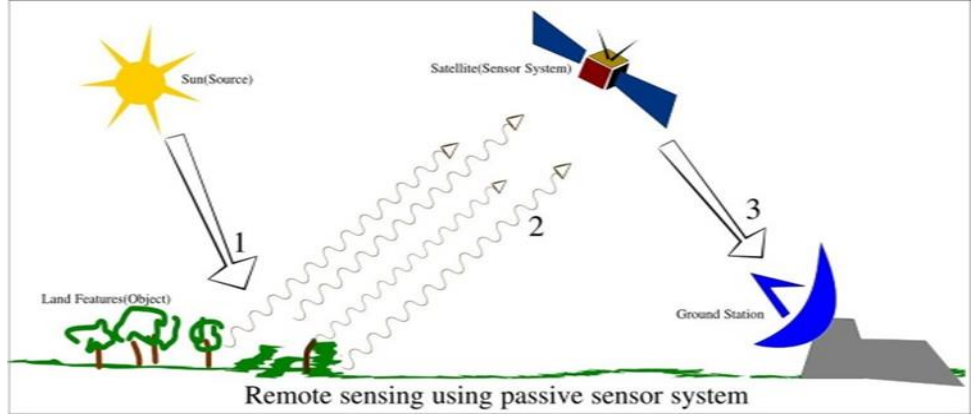
4.2. Uzaktan Algılama uyduları

Uzaktan algılama uyduları sahip oldukları algılayıcı sistemin türüne göre “Aktif” ve “Pasif” olarak iki farklı sınıfa ayrılırlar. Pasif yapıdaki algılayıcılar, güneş enerjisinin olduğu zamanlarda algılama yapma kabiliyetindedir. Aktif yapıdaki algılayıcılar, kendi kaynağından sağlamış olduğu enerjiyi yeryüzüne gönderir ve ardından yansıyan enerjiyi ölçerler. Uzaktan algılama uyduları kullanım amaçlarına göre 5 genel kategoriye ayrılabilir.

- Meteoroloji Uyduları
- Radar Uyduları
- Deniz Araştırma Uyduları
- Gezegenlere Yönelik Uydular
- Yeryüzünü Gözlemleyen Uydular

4.2.1. Pasif algılayıcıya sahip uydular

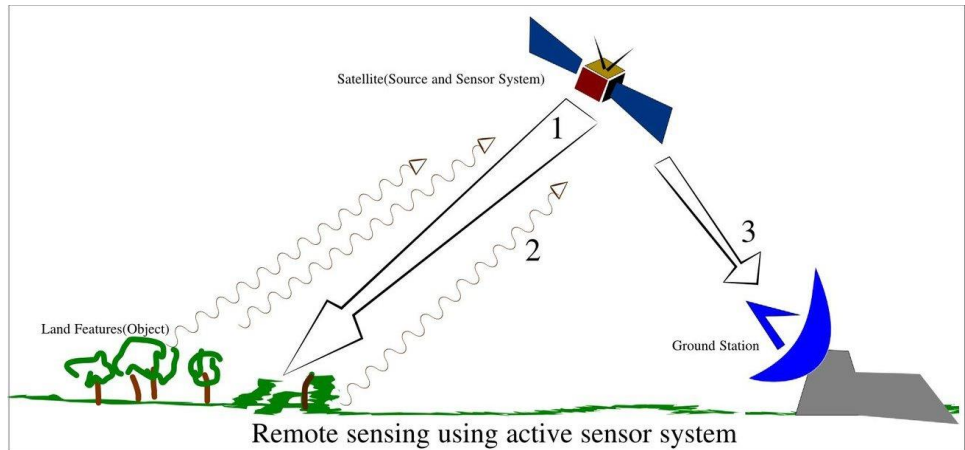
Güneş, enerjinin ve ışımının temel kaynağıdır. Pasif yapıdaki algılayıcılar, güneş enerjisinin olduğu zamanlarda algılama yapma kabiliyetindedir. Tüm yansıyan ve yayılan enerji güneşin dünyayı aydınlattığı sürede gerçekleşir. Bu nedenle bu algılayıcılara sahip olan uydular güneş enerjisinin olmadığı zamanlarda yeryüzü hakkında bilgi toplayamaz. Landsat, Spot, IRS1-C, Ikonos, Aster, Envisat uyduları bu şekilde çalışan uydulara örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 4. 3. Pasif Algılayıcı

4.2.3. Aktif algılayıcıya sahip uydular

Bu tip algılayıcıya sahip olan uydular algılama için gerekli olan enerjiyi kendileri üretmektedirler. Algılayıcı kendi kaynağından sağlamış olduğu enerjiyi yeryüzüne gönderir ve ardından yansıyan enerjiyi ölçer. Elektromanyetik pektromun mikro dalga bölgesinde çalışırlar. Bu tip algılayıcılara sahip olan uydular, her türlü hava koşulunda ve günün 24 saati algılama yapabilmektedir. Fakat bu uyduları hedefe göndermek için büyük miktarda enerjiye gereksinim duyulmaktadır.



Şekil 4. 4. Aktif Algılayıcı

4.3. Uydu Sistemleri

4.3.1. Landsat uydu sistemleri

LANDSAT; uzaydan yer görüntüsü elde etmekte kullanılan en uzun soluklu projedir. İlk LANDSAT uydusu 1972’de fırlatıldı; en güncel uydu olan LANDSAT 8 ise 2013’de fırlatıldı. LANDSAT uyduları üzerindeki araçlar ile milyonlarca görüntü elde etti. Bu elde edilen görüntülerin herbiri küresel değişim araştırmaları, tarım, kartografya, jeoloji, ormancılık, şehir planlama, gözetleme, eğitim ve ulusal güvenlik gibi uygulamalarda eşsiz birer kaynak olarak kullanıldı. LANDSAT 7 verisi alansal çözünürlüğü 15 ile 60 metre arasında değişen sekiz spektral bant içermektedir. Thematic Mapper (TM); İlk defa 1982’de LANDSAT 4 uydusunda kullanılan Thematic Mapper (TM) tarayıcısı, MSS aygıtı üzerinden, geliştirilmiş spektral ve alansal çözünürlük sağlamak üzere tasarlanmıştır. Hassas algılayıcıların kullanılması, daha iyi mercekler ve daha alçak bir yörünge sayesinde 7 farklı spektral banttan gelen ışınımın 30m alansal çözünürlüklü, 256 yoğunluk seviyeli olarak toplanabilmiştir. MSS aygıtı üzerindeki dalga boyu algılayıcıları tarımsal amaçlara uygun seçilmişlerdi, TM için bu geniş aralıklar, ayırım yapılabilecek daha küçük aralıklara ayrıldı ve jeolojik bilgi sağlayan ek algılayıcılar eklendi. Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+); 15 Nisan 1999 yılında fırlatılan LANDSAT 7 uydusu üzerinde bulunan ETM+ algılayıcısı, LANDSAT 4 ve LANDSAT 5 uydularında bulunan Thematic Mapper (TM)’in bir benzeridir. TM’den farklı olarak ETM+ sahip olduğu özellikler onu küresel değişim çalışmalarında, toprak örtüsü gözetim ve değerlendirmelerinde ve geniş alan haritalamalarında, çok yönlü ve verimli bir aygıt haline getiriyor (URL-6). Landsat uydu sistemleri ve özellikleri Çizelge 4.1.’de verilmektedir.

Çizelge 4. 1. Landsat uydu sistemleri ve özellikleri.

UYDU	SENSÖR	ÇÖZÜNÜRLÜK				TARAMA GENİŞLİĞİ (km)
		Spektral (um)	Zamansal (gün)	Uzaysal (m)	Radyometrik	
LANDSAT 4-5	TM	VNIR	16	30	8 bit	183
		SWIR		120		
		TIR				
LANDSAT-7	PAN		16	15	8 bit	185
	ETM	VNIR		30		
		SWIR				
		TIR		60		

4.3.2. Aster uydu sistemi

Aster uydusu 18 Aralık 1999 tarihinde Van Der Berg Hava Üssü'nden (Kaliforniya) başarıyla fırlatılmıştır. Uydu üzerinde ASTER, MODIS, CERES, MOPITT ve MISR olmak üzere beş değişik modül bulunmaktadır. ASTER, Terra platformu üzerindeki tek yüksek çözünürlüklü bir aygıttır. Aster modülü değişiklik tespiti, kalibrasyon/geçerlilik ve yeryüzü çalışmalarında diğer Terra aygıtları için yakınlaştırıcı lens olarak hizmet etmesi yönünden önemli bir aygıttır. Aster modülü her yörünge dönüşü boyunca ortalama 8 dakikalık veri toplayabilmektedir. Japon Ekonomi-Ticaret ve Endüstri Bakanlığı tarafından yapılmıştır. Aster modülü sayesinde, Dünya'nın yüksek çözünürlüklü (15m/piksel-90m/piksele kadar) ve 14 banttan (VNIR-SWIR-TIR) oluşan görüntülerini elde edilebilmektedir. ASTER veri; arazi yüzeyi sıcaklığını, reflektansı, parlaklık değişim oranlarını (emissivity) ve yükseklik haritalarını çıkarmak için kullanılmaktadır. MODIS, swath genişliğinin 2.330 km olması ve 36 farklı spektral banda sahip olması nedeniyle bu modül Dünyamızdaki her noktayı her 1-2 günde görebilecek kapasitededir. Modül, hemen hemen her gün gezegen yüzeyinin kaçta kaçının bulutlarla kaplı olduğunu ölçebilmektedir. Modis, küresel karbon döngüsünü çalışmalarına yeni anlayışlar kazandıracak olan biyosferdeki geniş ölçekli değişimlerin izlenmesi için ideal bir modüldür. Mevcut uydu sensörlerinden hiçbiri atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonlarını direkt olarak ölçemezken Modis modülü, bitki üretiminde ne kadar sera gazı absorbe edildiği ve kullanıldığı hakkında daha iyi tahminler oluşturmak için karasal bitkilerin ve deniz bitkilerinin fotosentetik aktivitesini ölçebilir. Modis, kar ve buzun kapsadığı alanları da haritalandırabilmektedir. Volkanik faaliyetler, sel, kasırga gibi doğal afetlerin izlenmesine olanak sağlar. Ayrıca Modis'in bantları yangınlara karşı da hassastırlar. Atmosfere yayılan gaz ve dumanlar için daha iyi tahminler yapılmasına imkan sağlar (URL-7). Aster uydu sistemleri ve özellikleri Çizelge 4.2.'de verilmektedir.

Çizelge 4. 2. ASTER uydu sistemi ve özellikleri.

UYDU	TARİH	ALGILAYICI TİPİ	ÇÖZÜNÜRLÜK			ŞERİT GENİŞLİĞİ (km)
			Uzaysal (m)	Radyometrik	Zamansal (gün)	
ASTER/ TERRA	1999	ASTER	15	8 bit	48 (16)	60
			30	8 bit	48 (16)	60
			90	12 bit	48 (16)	60

4.4. Termal (Isıl) Uzaktan Algılama ve Kullanım Alanları

Termal yani ısıl algılama; elektromanyetik spektrumun termal bölgesinde maddelerin güneşten gelen ya da sahip oldukları radyasyonu yayma miktarlarını ölçerek sahip oldukları ısıl özelliklerini araştırmak ve analiz etmek için kullanılmaktadır (Merry, 2004; Başar, 2008).

Elektromanyetik spektrumun ısıl bölgesinde algılama yapan algılayıcı sistemlerden elde edilen uzaktan algılama verileri ile arazi yüzey sıcaklıkları hakkında bilgi edinilebilir. Isıl görüntüler kullanılarak oluşturulan yüzey sıcaklık haritaları özellikle şehir ısı adası etkisinin incelenmesi açısından önemlidir. Okyanus yüzeyi için oluşturulan deniz yüzeyi sıcaklıkları ise (SST) nem ve nemden kaynaklı yağış, rüzgâr yönleri ve rüzgâr ile taşınabilecek nem miktarlarını hesaplamakta kullanılmaktadır (Sertel, 2009). Landsat, Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), MODIS, Geostationary Operational Environmental Satellites (GOES), Meteosat, Multi-functional Transport Satellite (MTSAT) ve National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) sistemleri ısıl bölgede algılama yapabilen algılayıcılara sahiptirler.

Isıl algılama avantajlarından biri de objelerin görünür dalga boyunda ayırt edilemeyen özelliklerini onların sıcaklıklarındaki farklılıklar yardımıyla ayırt edilebilmeleridir. Özellikle drenaj sistemlerinin haritalanmasında, su kirliliği araştırmalarında, yeraltı suyunun saptanmasında, fay ve çatlakların belirlenmesinde, potansiyel heyelan sahalarının tanımlanmasında, orman ve maden yangınlarında ateşin etki sahasının bilinmesinde ve bunlara benzer çalışmalarda başarı ile kullanılırlar Termal uzaktan algılamada ısıl kanaldaki bantlar ile birçok uygulama gerçekleştirilmektedir. Isıl kanala sahip görüntüler girdi olarak kullanılarak yapılabilecek uygulamaları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Jeolojik birimler ve yapıların belirlenmesi
- Toprak nemi çalışmaları
- Hidroloji
- Kıyı bölgeleri

- Yanardağ bilimi
- Orman yangınları
- Deprem bilimi
- Çevresel modelleme
- Meteoroloji
- Tıp bilimleri
- Askeri istihbarat
- Isı adaları vb.

Isıl kanalın girdi olarak kullanıldığı alanlara bakıldığında iklim değişikliği çerçevesinde birçok etkeni gözler önüne sermek için kullanılacak en etkili yöntemlerden birisi olarak gösterilebilir. Bu bakımdan termal uzaktan algılama maliyet bakımından birçok yöntemden ucuz ve aynı zamanda büyük yüzölçümüne sahip alanlarda uygulanabilirliği açısından da cazip bir yöntemdir.

5. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatür araştırılması kısmında ilk önce Konya Kapalı Havzası (KKH) ve Tuz Gölü Koruma Bölgesinde yapılan çalışmalara bakılmıştır. Daha sonra ulusal ve uluslararası ölçekte kuraklık için uzaktan algılama yöntemi kullanımı ve sonuçlarından faydalanılmıştır.

Kuraklık indeksi bitki-su kullanım durumunun zamansal ve mekânsal değişimlerini açıklar ve kuraklık izleme çalışmaları için uygundur. Meteorolojik istasyonlar tarafından elde edilen toplam yağış ve hava sıcaklığı gibi iklim verileri, düşük mekânsal çözünürlüğe sahip uydu görüntülerden doğru bilgi sağlamak için önemli avantajlar sağlar, özellikle kuraklığın zamansal ve mekânsal gelişiminin tespiti ve izlenmesinde tamamlayıcı bir parçadır.

Uzaktan algılama yüzeye bağlı olarak parlaklık ve ışıma bilgileri ve temel fiziksel özellikleri ile mekâna dayalı zamansal arazi örtüsündeki değişimi anlamak için 1970'lerden beri yaygın olarak kullanılmaktadır. Uydu görüntülerinden elde edilen (Ör; Landsat Tematik Mapper-TM) yüzey sıcaklığı verileri, iklim analizlerinin küresel ve bölgesel ölçekte gerçekleştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Carlson vd., 1977; Carnahan ve Larson 1990; Hung, 2006).

Durduran (2010), tarafından Konya KKH'ndaki göl, sazlık ve barajlardaki (Rezervuar) su yüzey alanlarındaki değişimlerinin Landsat TM ve Landsat ETM uydu görüntüleri kullanarak 19 yıllık periyottaki kuraklık etkileri incelemiştir.

Thakur vd., (2011), tarafından yapılan bir çalışmada KKH'nın Sulak alanlarını ve çevresindeki kuraklığının izlenilmesi için MODİS uydusunun 2000, 2004, 2008 yıllarına ait NDVI görüntüleriyle ve meteorolojik verilerle havzadaki kuraklık incelenmeye çalışılmıştır.

Ekercin (2007), tarafından gerçekleştirilen Tuz Gölü ve yakın çevresinin zamana bağlı değişim analizi çalışmasında Türkiye'nin en önemli tuz, içme suyu ve ülke ekonomisine katkıda bulunan Tuz Gölünün su rezervindeki değişimleri, nüfus artışı, küresel ısınma, kuraklık vb. sebeplere bağlı olarak zamansal değişimi konu alınmıştır. Bu çalışmada TERRA Aster, Spot, Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uzaktan

algılama çalışmalarında yaygın olarak kullanılan uydu verilerine ait orta kızılötesi bant kullanılarak su ile kaplı alanların belirlenmesi yönteminin hatalı sonuç vereceği kanaatine varılmış ve yapılan incelemeler sonucu Tuz Gölü'nün doğal yapısından dolayı sadece yakın kızıl ötesi bölgede sağlıklı hesaplamalar yapılabileceği ortaya konmuştur. Tuz Gölü çevresinde bulunan yerleşim alanlarında görülen hızlı nüfus artışı gölün geleceği bakımından göz önünde bulundurulması gereken önemli bir konudur. Çünkü bölgedeki nüfus artışı (su ve çevre kirliliği gibi etkilerinin yanında) nüfusun büyük çoğunluğunun geçimini tarımdan sağladığı bölgede sulama ihtiyacının daha da artması anlamına gelmektedir. Bu, Tuz Gölü'nü besleyen kaynaklardan en önemlisi olan yeraltı sularının daha da azalmasına ve dolayısıyla bölgedeki kuraklığın gölü daha çok etkilemesine neden olabilecektir. Başka bir sonuçta toprak yüzeyinde başlayan buharlaşma ile yüzeyde tuz oluşacağı bilgisine göre Tuz Gölü'ndeki su ile örtülü alanlarda meydana gelen azalmanın tuz ile kaplı alanların azalmasına neden olduğu ve olacağıdır Ekercin (2007). Göldeki suyla kaplı alanlarda 1987–2005 yılları arasında %65 oranında bir küçülme tespit etmiştir. Çalışmasında, girilemeyen bataklık zemini ve geniş yüzey alanı nedeniyle Tuz Gölü'nün ancak uydu görüntüleri ile izlenebileceğini tespit eden Ekercin, Tuz Gölü'nün kuraklık bakımından çok ciddi problemlerle karşı karşıya olduğunu ortaya koymuştur.

Orhan vd. (2013), tarafından yapılan çalışmada Landsat 5-TM verileri kullanılarak 1984-2011 yılları arasında meydana gelen kuraklık etkisinin belirlenmesi için Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI), Bitki Durum İndeksi (VCI), Sıcaklık-Bitki İndeksi (TVX) haritaları üretilmiş ve yorumlanmıştır.

Joshi vd. (2012), tarafından yapılan çalışmada Landsat uydu görüntüleri kullanılarak 1990 ve 2009 yıllarına ait Arazi Yüzey Sıcaklık görüntüleri ve fark görüntüsünden bitki yoğunluğu ve yapılaşmış alanlarda karşılaştırmalar yapılmıştır.

Bhuiyan vd. (2006), yaptıkları çalışmada bitkisel kuraklığı belirlemek amacıyla 1984-2003 tarihleri arasında elde edilmiş NOAA-AVHRR görüntülerini kullanarak bitki durum indeksi haritaları üretmişlerdir.

Bajgiran vd. (2009), yaptıkları çalışmada NOAA-AVHRR verilerinin İran için kuraklık izlemede kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmalarında NDVI ve VCI indeksleri oluşturarak bu değerleri yağış verisi ile korele etmişlerdir. Pearson korelasyonu

kullandıkları çalışmada NDVI ve VCI değerleri ile üç aylık yağış miktarları arasında yüksek korelasyon bulmuşlardır.

Yue vd. (2007), yaptıkları çalışmada Ladsat 7 ETM verileri kullanarak Çin'in Shanghai bölgesinde Arazi Yüzey Sıcaklığı ile Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi arasındaki bağlantıyı irdelemişlerdir.

Kogan (1995), yaptığı çalışmada NOAA-AVHRR verilerini kullanarak sıcaklık durum indeksini hesaplamış ve bu indeksi kullanarak sıcaklıktan kaynaklı bitki stresini ve aşırı nemden kaynaklı bitki stresini belirlemiştir.

Muthumanickam vd. (2011), yaptıkları çalışmada Bitki Durum İndeksi ve Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi kullanımının kuraklık belirlenmesinde geleneksel yöntemlere (Yağış verilerinden yararlanılan) göre daha iyi sonuç verdiği bulunmuş ve VCI ile NDVI karşılaştırılmıştır.

Sun vd. (2008), yaptıkları çalışmada VTCI ve kümülatif yağış arasında güçlü ilişki bulmuşlardır. Yağış miktarı azaldıkça VTCI değeri azalmakta ve bu da yüksek şiddette kuraklığa neden olmaktadır.

Normalize edilmiş fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Bitki Durum İndeksi (BDİ), Sıcaklık Bitki Örtüsü İndeksi (SBI) ve Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) kuraklığın zamansal olarak değişimini belirlemek ve kuraklığı izlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Arnold vd., 1996; Ji ve Jensen, 1999; Ward vd., 2000; Voogt ve Oke, 2003; Gupta vd., 1997; Falahatkar vd., 2011; Rajasekar ve Weng, 2009; Ghulam vd., 2008; Lambin ve Ehrlich, 1995; Singh vd., 2003; Mohan 2000).

Özesmi ve Bauer (2002), özellikle sulak alanlarda uydu görüntüleri kullanılarak değişimin tespit edilmesinde yılın yaklaşık aynı döneminden görüntülerin kullanılmasının bitkilerin fenolojik durumundaki farklılıkları engellediği için önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Civco vd. (2000), yaptıkları çalışmada Connecticut, Salmon nehri havzasındaki arazi kullanım değişimi belirlemiştir. Çalışmada birden çok tarihli Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Kullanılan veriler 1973 MSS, 1976 MSS, 1981 MSS, 1983

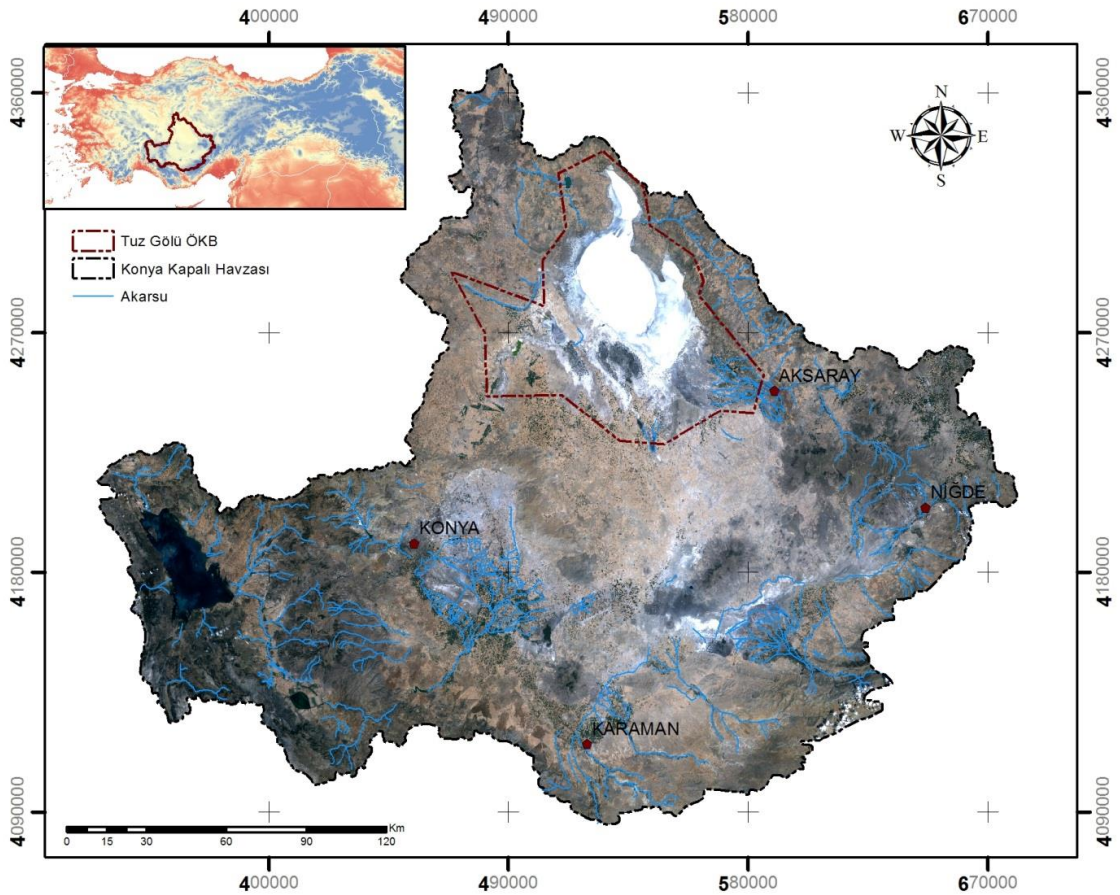
MSS, 1985 TM, 1988 TM, 1993 TM ve 1995 TM görüntüleridir. Çalışmada amaç ormanlık alanlardan kentsel alana dönüşmüş olan alanları ve alan büyüklüğünü belirlemek olduğundan eğitimsiz sınıflandırma yapılarak sınıf sayısı az tutulmuştur (kent, tarım, orman, su, ıslak alan ve çorak alan). Her bir görüntü yalancı renklendirilerek sınıflandırma yapılmıştır. Elde edilen sınıflandırılmış görüntülerden alansal olarak elde edilen değerler tablosal olarak ifade edilmiştir.

Çevre Bakanlığı, Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı adına, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara Araştırma Enstitüsü tarafından 2004 yılında tamamlanan “Tuz Gölü Özel Çevre Koruma Bölgesi’nin toprak ve Arazi Kalite Sınıflaması ile Alternatif Tarımsal Uygulamaların Belirlenmesi Projesi” isimli çalışma ile bölge topraklarının her bir verimlilik özelliği için toprak haritaları çıkarılmış, çevre kirliliği açısından en fazla risk taşıyan gübre ve tarım ilacı miktarları belirlenmiştir.

6. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

6.1. Çalışma Alanı

Konya Kapalı Havzası (KKH), Orta Anadolu Bölgesinde $36^{\circ} 51'$ - $39^{\circ} 29'$ enleminde, $31^{\circ} 36'$ - $34^{\circ} 52'$ boylamında ve yaklaşık 1000 m rakımındadır. Havza 5.426.480ha alan kapsar (Türkiye'nin toplam yüzölçümünün yaklaşık %7'si) ki bu da Hollanda'dan daha büyük bir alan demektir. Havzada 11 adet sulak bölge (göl, bataklık) vardır; Samsam, Kozanlı, Kulu, Beyşehir, Suğla, Tersakan, Tuz gölleri ve Ereğli, Hotamış bataklıklarıdır. Orta Anadolu platosunda 900-1500 m rakımındaki pürüzsüz bir yüzey olarak oluşmuştur. Türkiye'nin en büyük kapalı havzası olan KKH (Şekil 6.1.), 3 milyon insan yaşamaktadır. Bunların % 45'i kırsal, % 55'i ise kentsel bölgelerde yaşamaktadır (Doğdu vd., 2007).



Şekil 6. 1. KKH ve Tuz Gölü Alt Havzası'nın yerleşimi

KKH'ndaki tarımsal gelir, %9.2 oranında tahıl, %6.2 oranında fasulye ve %8.5 oranında endüstriyel ürün olan şeker pancarından sağlanır. Havzada yetersiz drenaj ve yüksek yer altı suyu seviyesi, sulama ve kurak iklim şartlarının baskın olması sonucunda bölgedeki toprak genellikle alüvyonlu ve tuzlu karakteristiğe sahiptir. Havza'nın suyu drenaj, durgun su, bataklık ve yarı bataklık yerlerde tükenir. Bu geniş havzadaki büyük nehir eksikliği, sınırlı yağmur suları ve yüksek buharlaşma oranları kapalı havzalarda az rastlanan bir uygun su dengesi oluşturur. Havza'nın merkezindeki sığ göl ve bataklıklar, bölgedeki küçük nehir akıntılarından beslenir. Havza'nın iklim karakteristikleri güneyinde Akdeniz iklimi, merkezi ve kuzeyine doğru kurak iklim, havzanın güneydoğusunda yer alan Karapınar ve civarında ise çöl iklimi görülür. Havza'daki yağış genellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde gözlenmiştir (Durduran, 2010).

Tuz Gölü Özel Çevre Koruma Alanı; Ankara, Konya ve Aksaray illeri ile çevrili olan Tuz Gölü, Van Gölü'nden sonra Türkiye'nin ikinci büyük gölüdür. Yer altı sularıyla beslenen Tuz Gölü, kapalı bir havza olan Konya Havzası'nda yer almaktadır. Ortalama derinliği 50 cm'nin altında olan Tuz Gölü, Doğuda Kızılırmak, Güneyde Obruk, Batı'da Cihanbeyli ve Kuzeyde Haymana Platoları ile çevrilidir. Gölün bulunduğu bölge Türkiye'nin en az yağış alan bölgesidir. İlkbaharda gölün genişliği 164.200 hektara ulaşırken yaz aylarında göl yüzeyinde oluşan yaklaşık 30 cm'lik tuz tabakası, bölgedeki aşırı buharlaşmanın bir kanıtıdır. Türkiye'nin tuz ihtiyacının % 70'i Tuz Gölü'nden sağlanmaktadır. Sayılamayacak kadar çok çeşitli kuş türüne ev sahipliği yapan Tuz Gölü havzası, yaklaşık 6.000 kadar kuş yuvalama alanına sahiptir. Bunun yanında bölgede 279 bitki ve bakteri türünün yaşadığı tespit edilmiştir. Dünyanın önemli doğal alanlarından biri olan Tuz Gölü Özel Çevre Koruma Bölgesi, sahip olduğu bu özellikleri nedeniyle UNESCO Dünya Miras Geçici Listesi'ne kaydedilmiştir (URL-8).

6.2. Kullanılan Altlık Veriler

6.2.1 Haritalar

Harita Genel Komutanlığı tarafından üretilen 1:25 000 ölçekli topoğrafik haritalar çalışmada altlık harita olarak kullanılmıştır. Haritalar, KKH ve Türkiye'nin en büyük ikinci gölü olan Tuz Gölü ve özel çevre koruma alanını kapsamaktadır. Çalışmada uydu görüntüleri geometrik olarak düzeltilmesi, sınıflandırma işleminde örnek alanların seçimi ve sonuçların kontrol edilmesi için kullanılmıştır.

6.2.2 Uydu görüntüleri

Tez kapsamında kullanılmak üzere 1984, 1989, 1998, 2003, 2007 ve 2011 yıllarına ait 29 adet Landsat-5 TM uydu görüntüsü temel veri kaynağı olarak kullanılmıştır.(Çizelge 6.1.) Belirlenen bu uydu görüntüleri ESA (European Space Agency) ve USGS (United States Geological Survey) arşivinden temin edilmiştir. Kuraklık analizlerinin daha anlamlı olarak yapılabilmesi için Ağustos ayı veya yakın tarihler bulunmaya çalışılmıştır. Çalışmada görüntüleri kullanılan Landsat-5 uydusunun görünür ve yakın kızılötesi bölgede dört spektral bandı (VNIR; 0.45-0.52 μm , 0.52-0.60 μm , 0.63-0.69 μm ve 0.76-0.90 μm , 30m), orta kızılötesi bölgede iki bandı (SWIR; 1.55-1.75 μm ve 2.08-2.35 μm , 30 m) ve termal kızılötesi bölgede bir bandı (10.4-12.5 μm , 120m) mevcuttur (Ekercin, 2007).

Çizelge 6.1. KKH ait Landsat-5 TM görüntü listesi

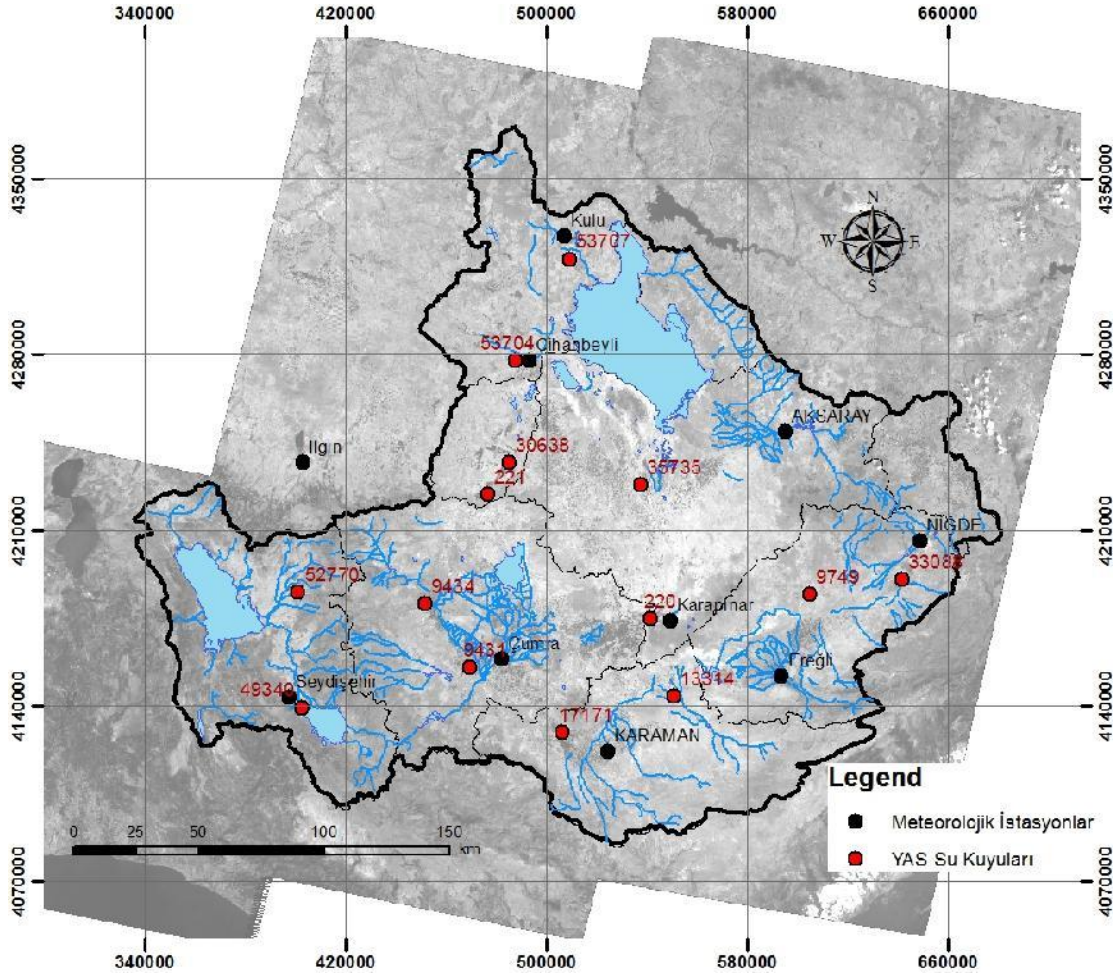
176/33	176/34	177/33	177/34	178/34
30.08.2011	29.07.2011	21.08.2011	21.08.2011	28.08.2011
19.08.2007	19.08.2007	10.08.2007	25.07.2007	17.08.2007
08.08.2003	08.08.2003	15.08.2003	15.08.2003	22.08.2003
26.08.1998	26.08.1998	01.08.1998	01.08.1998	08.08.1998
09.08.1989	09.08.1989	16.08.1989	16.08.1989	Mevcut Değil
03.08.1984	03.08.1984	26.08.1984	26.08.1984	16.07.1984

6.2.3 Meteorolojik veriler

Çalışmada kullanılan meteorolojik veriler Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) tarafından işletilen 10 istasyondan elde edilmiştir (Çizelge 6.2.). Bu istasyonlar KKH'nda yer alan ve eksik veri sayısının çok az olduğu istasyonlardır. Çalışmada kullanılan istasyonların, istasyon numarası, adı, bağlı olduğu bölge, yükseklik, enlem ve boylam değerleri Çizelge 6.2.'de verilmektedir. DMİ tarafından alınan veriler; yıllık toplam yağış (mm), yıllık ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), yıllık ortalama rüzgâr hızı (mm/s), yıllık ortalama bağıl nem (%) ve yıllık ortalama güneşlenme şiddeti (cal/cm^2) bilgilerini içermektedir. Bu veriler Standart Yağış İndeksi ve genel yorumlamalar için kullanılmıştır.

Çizelge 6.3. Çalışmada kullanılan istasyonların numaraları, adları, bağlı olduğu bölge ve özellikleri

ISTASYON NO	ADI	BAĞLI OLDUĞU BÖLGE	Enlem	Boylam	Yükseklik
17191	Cihanbeyli	KONYA	38.65	32.95	968.73
17192	Aksaray	KIRSEHIR	38.38	34.05	960.77
17246	Karaman	KONYA	37.2	33.22	1023.05
17248	Eregli-Konya	KONYA	37.53	34.05	1042
17250	Niğde	KONYA	37.97	34.68	1210.5
17754	Kulu	KONYA	39.08	33.08	1010
17832	Ilgın	KONYA	38.17	31.54	1034
17898	Seydişehir	KONYA	37.43	31.85	1131
17900	Çumra	KONYA	37.58	32.78	1013
17902	Karapınar	KONYA	37.72	33.53	1004



Şekil 6.2. Çalışmada kullanılan gözlem kuyuları ve meteorolojik istasyonların konumları

6.2.4 Hidrolojik veriler

KKH'nda 7 adet, alt havzada bulunan toplam 14 gözlem kuyusuna (Çizelge 6.3.) ait veriler Devlet Su İşleri'nden satın alınmıştır. Verilerde 3 istasyon için 1969-2012 dönemi, 6 istasyon için 1975-2012 dönemi ve 14 istasyon için 2002-2012 dönemi mevcuttur. Veriler Eylül ayı ölçümlerini kapsamaktadır. Bu yönüyle sulama sezonu öncesi ve sonrasına ait seviyeleri göstereceği düşünülmektedir.

Çizelge 6. 4. Çalışmada kullanılan kuyuların numaraları, adları, bağlı oldukları il ve ilçeleri ile özellikleri

KUYU NO	ADI	İLİ	İLÇESİ	Z
52770	Doğanbey	Konya	Beyşehir	1220.5
49340	Taşagıl	Konya	Seydişehir	1100
9431	Alibeyhüyüğü	Konya	Çumra	1026.8
9434	Hatip	Konya	Meram	1044.5
13314	Akçaşehir	Karaman	Merkez	1034.8
17171	Eminler	Karaman	Merkez	1011.9
33088/A	Bahçeli	Niğde	Bor	1147
9749/A	Yenizengen	Konya	Ereğli	1051.9
220	Gülfet Yaylası	Konya	Karapınar	1024
35735	Eşmekaya	Aksaray	Eskil	1015
221	Tutup	Konya	Selçuklu	988
30638	Altınekin	Konya	Merkez	981
53704	Sığırcık	Konya	Cihanbeyli	992.3
53707	Kulu	Konya	Merkez	997.2

7. YÖNTEM

7.1 Uydu Görüntülerinin İşlenmesi

Uydu görüntülerinin Geometrik ve Radyometrik Düzeltme ve Mozaikleme işlemleri adımları için ERDAS Imagine, ArcGIS ve ENVI yazılımları kullanılmıştır.

7.1.1 Geometrik düzeltme

Tez kapsamında kullanılan Landsat-5 TM uydu görüntüleri, görüntü mozaiklerinin oluşturulması öncesinde geometrik olarak düzeltilmiştir. Bu düzeltme işlemi için SPOT-5 uydu görüntüsü, bölgeye ait sayısal haritalar, hava fotoğrafları (image-to-image registration) yardımıyla ve el-tipi GPS ölçmeleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Konya Kapalı Havzası (KKH)'nı kapsayan bu uydu görüntüleri, UTM (Universal Transform Mercator) koordinat sistemine dönüştürülmüştür (WGS84, Dilim 36). UTM sistemi, NATO üyesi ülkeler bünyesinde ulusal haritaların üretilmesinde ortak bir standart getirilmesi amacıyla kabul edilmiş bir haritalama sistemidir. UTM sisteminin dayandığı izdüşüm, açı koruyan (konform), transversal (ekvator konumlu), elipsoidal, silindirik bir projeksiyondur (Campbell, 1996).

Görüntüden görüntüye dönüştürme yönteminde en yakın komşuluk yöntemi kullanılmıştır. Çalışma alan sınırları 5.426.480ha gibi geniş bir bölgeyi kaplaması nedeniyle geometrik düzeltmede, ikinci derece polinomlar kullanılmıştır. Geometrik düzeltme işlemi sırasında karasal ortalama hatanın ± 0.5 pikselden az olmasına dikkat edilmiş, yüksek çıkan değerler elimine edilmiştir.

Uydu görüntülerinin geometrik dönüşümü işlemi içerisinde gerçekleştirilen yeniden örnekleme aşamasında en yakın komşuluk yöntemi kullanılmıştır. KKH'nın geniş bir bölgeyi kaplaması nedeniyle geometrik düzeltmede ikinci derece polinomlar kullanılmıştır. Geometrik düzeltme işlemi esnasında karesel ortalama hatası ± 0.5 pikselden yüksek olan kontrol noktaları elimine edilmiştir. Tez kapsamında kullanılan Landsat-5 TM uydu görüntüleri için uygulanan geometrik düzeltme işlemlerinin detayları Çizelge 7.1.'de özetlenmektedir.

Çizelge 7.1. Geometrik düzeltme işlemi uygulanan 29 adet uydu görüntüsü ve teknik özellikleri

Algılayıcı	Algılama Tarihi	Spektral Bant	Konumsal Çöz. (m)	Kontrol Nokta Sayısı	KOH
Landsat-5 TM	21.08.2011*	6 (VNIR-SWIR, TIR)	30	43	0.48
	30.07.2011	1: 0.45-0.52		40	0.40
	28.07.2011	2: 0.52-0.60		48	0.34
	21.08.2011	3: 0.63-0.69		41	0.45
	28.08.2011	4: 0.76-0.90		42	0.39
	10.08.2007	7: 2.08-2.35		49	0.47
	25.07.2007	6: 10.1-12.5	120	52	0.48
	17.08.2007			45	0.36
	19.08.2007			52	0.49
	08.08.2007			45	0.45
	15.08.2003			53	0.45
	08.08.2003			40	0.40
	08.08.2003			38	0.45
	15.08.2003			43	0.43
	22.08.2003			42	0.39
	26.08.1998			48	0.45
	01.08.1998			50	0.49
	01.08.1998			42	0.43
	26.08.1998			46	0.47
	08.08.1998			49	0.39
	09.08.1989			41	0.42
	16.08.1989			41	0.48
	16.08.1989			45	0.44
	09.08.1989			44	0.48
	26.08.1984			39	0.41
	26.08.1984			46	0.43
	03.08.1984			54	0.45
	16.07.1984			45	0.48
	03.08.1984			41	0.47

VNIR-SWIR: görünür, yakın ve orta kızılötesi bant. TIR: termal kızılötesi bant.

* Eş-zamanlı ölçmelerin gerçekleştirildiği tarih

7.1.2. Radyometrik düzeltme

Radyometrik düzeltmenin amacı uydu görüntülerinin algılanması sırasında ortaya çıkan atmosferik etkileri azaltmak ve uydu görüntüsüne ait piksel parlaklık değerlerini (digital numbers) yersel spektral yansıtma değerleri ile spektral olarak karşılaştırılabilir birime dönüştürmektir (Yang ve Lo, 2000).

1) Piksel Parlaklık Değeri-Spektral Radyans Değeri dönüşümü (Digital Numbers-Spectral Radiance).

$$L_{\lambda} = [(L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda}) / (QCAL_{MAX} - QCAL_{MIN})] \times [QCAL - QCAL_{MIN}] + L_{MIN\lambda} \quad (1.1)$$

burada;

- L_{λ} : Sensördeki spektral radyans (MW.c-2.sr-1.µm-1)
- $L_{MAX\lambda}$: $QCAL_{MAX}$ 'a göre ölçeklendirilen spektral radyans
- $L_{MIN\lambda}$: $QCAL_{MIN}$ 'e göre ölçeklendirilen spektral radyans
- $QCAL$: Parlaklık değerleri
- $QCAL_{MAX}$: Maksimum parlaklık değeri
- $QCAL_{MIN}$: Minimum parlaklık değeri

2) Spektral Radyans Değeri-Spektral Yansıtma Değeri dönüşümü (Spectral Radiance-Ground Surface Reflectance).

$$\rho_p = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta_s} \quad (1.2)$$

burada;

- ρ_p : Sensördeki yansıtım değerleri
- L_{λ} : Sensördeki spektral radyans
- d : Dünya-Güneş arası mesafe
- $ESUN_{\lambda}$: Ortalama atmosferik solar irradyans
- θ_s : Solar zenit açısı'dır.

İkinci aşamada ise spektral parlaklık değerleri spektral yansıtma değerlerine (Top of Atmosphere) geçiş sağlanır. Formüldeki $ESUN_{\lambda}$ değerine her bir bant için Landsat-5

kullanım kılavuzunda yer alan değerler kullanılır (Çizelge 7.2). Solar zenit açısı görüntünün metadata dosyasından alınacak veriler yardımıyla hesaplanabilir. Görüntünün tarihinin yılın hangi gününe denk geldiğine bakılarak o gün Dünya-Güneş arası mesafenin ne kadar olduğu Landsat-7 uydusu kullanım kılavuzunda da Çizelge 7.3.'de yer alan değerler kullanılarak hesaplanır. Yansıtım değerleri sadece Landsat TM 5 uydusunun üçüncü ve dördüncü bantları üzerinde uygulanır. Algılayıcı yansıtım değerleri hesabı, solar yükseklik açısı ve Dünya-Güneş mesafesi gibi sensör ve gezegensel etkileri düzeltmek için kullanılır (Milder, 2008).

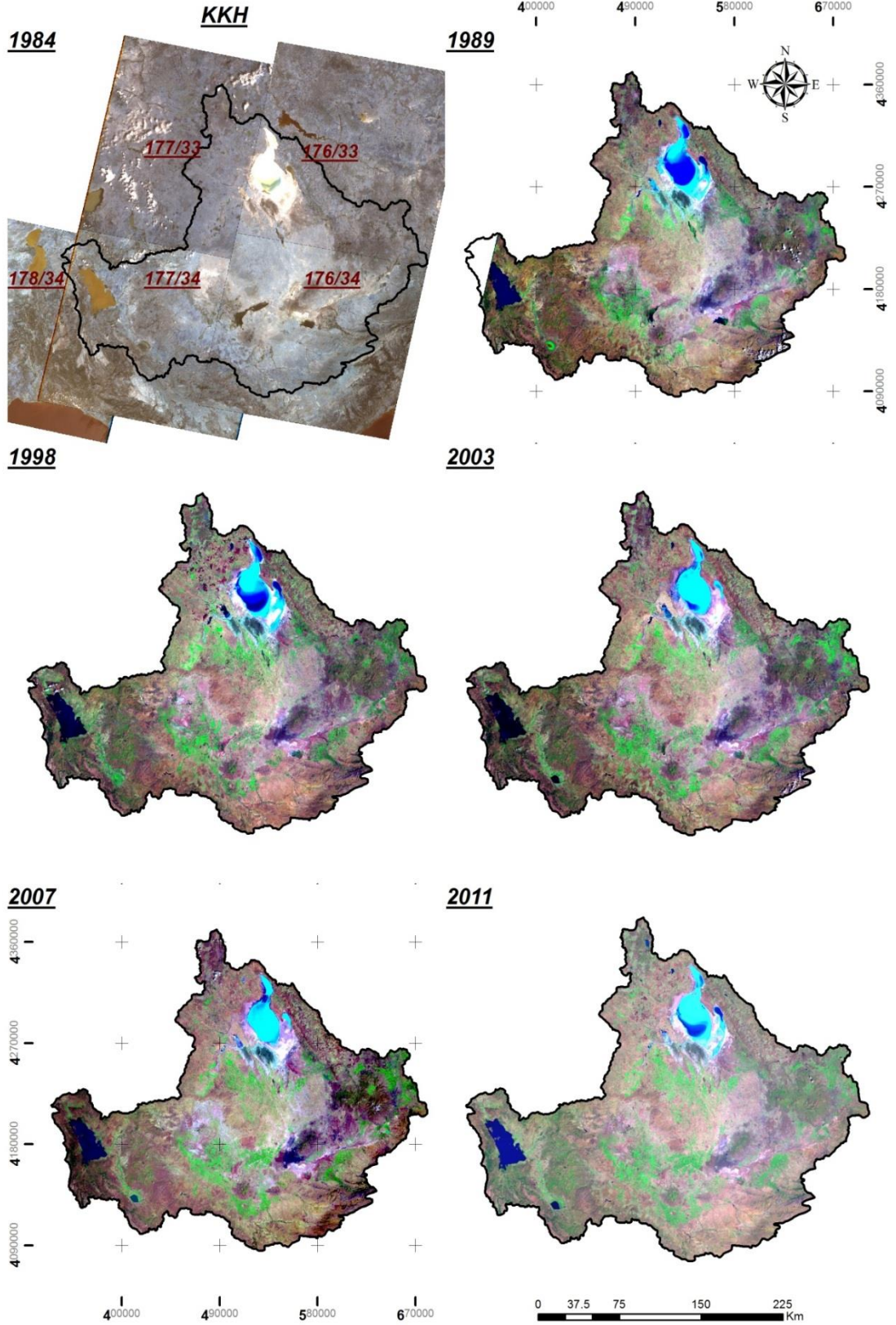
Radyometrik düzeltme işlemi sırasında spektral radyans değerleri ayrıca arazi yüzey sıcaklık değerlerine dönüştürülmüştür. Bu işlemler bölüm 7.2.3'de detaylı olarak açıklanmıştır.

Çizelge 7.2. Landsat 5 TM uydusu için ESUN değerleri

BAND	Vat/(m2.µm)
1	1997
2	1812
3	1533
4	1039
5	230.8
6	84.9
7	1362

Çizelge 7.3. "d" değeri için günlere göre tablosu

Dünya-Güneş arası mesafe											
DOY	d	DOY	d	DOY	d	DOY	d	DOY	d	DOY	d
1	0.98331	61	0.99108	121	1.00756	181	1.01665	241	1.00992	301	0.99359
2	0.98330	62	0.99133	122	1.00781	182	1.01667	242	1.00969	302	0.99332
3	0.98330	63	0.99158	123	1.00806	183	1.01668	243	1.00946	303	0.99306
4	0.98330	64	0.99183	124	1.00831	184	1.01670	244	1.00922	304	0.99279
5	0.98330	65	0.99208	125	1.00856	185	1.01670	245	1.00898	305	0.99253
6	0.98332	66	0.99234	126	1.00880	186	1.01670	246	1.00874	306	0.99228
7	0.98333	67	0.99260	127	1.00904	187	1.01670	247	1.00850	307	0.99202
8	0.98335	68	0.99286	128	1.00928	188	1.01669	248	1.00825	308	0.99177
9	0.98338	69	0.99312	129	1.00952	189	1.01668	249	1.00800	309	0.99152
10	0.98341	70	0.99339	130	1.00975	190	1.01666	250	1.00775	310	0.99127
11	0.98345	71	0.99365	131	1.00998	191	1.01664	251	1.00750	311	0.99102
12	0.98349	72	0.99392	132	1.01020	192	1.01661	252	1.00724	312	0.99078
13	0.98354	73	0.99419	133	1.01043	193	1.01658	253	1.00698	313	0.99054
14	0.98359	74	0.99446	134	1.01065	194	1.01655	254	1.00672	314	0.99030
15	0.98365	75	0.99474	135	1.01087	195	1.01650	255	1.00646	315	0.99007
16	0.98371	76	0.99501	136	1.01108	196	1.01646	256	1.00620	316	0.98983
17	0.98378	77	0.99529	137	1.01129	197	1.01641	257	1.00593	317	0.98961
18	0.98385	78	0.99556	138	1.01150	198	1.01635	258	1.00566	318	0.98938
19	0.98393	79	0.99584	139	1.01170	199	1.01629	259	1.00539	319	0.98916
20	0.98401	80	0.99612	140	1.01191	200	1.01623	260	1.00512	320	0.98894
21	0.98410	81	0.99640	141	1.01210	201	1.01616	261	1.00485	321	0.98872
22	0.98419	82	0.99669	142	1.01230	202	1.01609	262	1.00457	322	0.98851
23	0.98428	83	0.99697	143	1.01249	203	1.01601	263	1.00430	323	0.98830
24	0.98439	84	0.99725	144	1.01267	204	1.01592	264	1.00402	324	0.98809
25	0.98449	85	0.99754	145	1.01286	205	1.01584	265	1.00374	325	0.98789
26	0.98460	86	0.99782	146	1.01304	206	1.01575	266	1.00346	326	0.98769
27	0.98472	87	0.99811	147	1.01321	207	1.01565	267	1.00318	327	0.98750
28	0.98484	88	0.99840	148	1.01338	208	1.01555	268	1.00290	328	0.98731
29	0.98496	89	0.99868	149	1.01355	209	1.01544	269	1.00262	329	0.98712
30	0.98509	90	0.99897	150	1.01371	210	1.01533	270	1.00234	330	0.98694
31	0.98523	91	0.99926	151	1.01387	211	1.01522	271	1.00205	331	0.98676
32	0.98536	92	0.99954	152	1.01403	212	1.01510	272	1.00177	332	0.98658
33	0.98551	93	0.99983	153	1.01418	213	1.01497	273	1.00148	333	0.98641
34	0.98565	94	1.00012	154	1.01433	214	1.01485	274	1.00119	334	0.98624
35	0.98580	95	1.00041	155	1.01447	215	1.01471	275	1.00091	335	0.98608
36	0.98596	96	1.00069	156	1.01461	216	1.01458	276	1.00062	336	0.98592
37	0.98612	97	1.00098	157	1.01475	217	1.01444	277	1.00033	337	0.98577
38	0.98628	98	1.00127	158	1.01488	218	1.01429	278	1.00005	338	0.98562
39	0.98645	99	1.00155	159	1.01500	219	1.01414	279	0.99976	339	0.98547
40	0.98662	100	1.00184	160	1.01513	220	1.01399	280	0.99947	340	0.98533
41	0.98680	101	1.00212	161	1.01524	221	1.01383	281	0.99918	341	0.98519
42	0.98698	102	1.00240	162	1.01536	222	1.01367	282	0.99890	342	0.98506
43	0.98717	103	1.00269	163	1.01547	223	1.01351	283	0.99861	343	0.98493
44	0.98735	104	1.00297	164	1.01557	224	1.01334	284	0.99832	344	0.98481
45	0.98755	105	1.00325	165	1.01567	225	1.01317	285	0.99804	345	0.98469
46	0.98774	106	1.00353	166	1.01577	226	1.01299	286	0.99775	346	0.98457
47	0.98794	107	1.00381	167	1.01586	227	1.01281	287	0.99747	347	0.98446
48	0.98814	108	1.00409	168	1.01595	228	1.01263	288	0.99718	348	0.98436
49	0.98835	109	1.00437	169	1.01603	229	1.01244	289	0.99690	349	0.98426
50	0.98856	110	1.00464	170	1.01610	230	1.01225	290	0.99662	350	0.98416
51	0.98877	111	1.00492	171	1.01618	231	1.01205	291	0.99634	351	0.98407
52	0.98899	112	1.00519	172	1.01625	232	1.01186	292	0.99605	352	0.98399
53	0.98921	113	1.00546	173	1.01631	233	1.01165	293	0.99577	353	0.98391
54	0.98944	114	1.00573	174	1.01637	234	1.01145	294	0.99550	354	0.98383
55	0.98966	115	1.00600	175	1.01642	235	1.01124	295	0.99522	355	0.98376
56	0.98989	116	1.00626	176	1.01647	236	1.01103	296	0.99494	356	0.98370
57	0.99012	117	1.00653	177	1.01652	237	1.01081	297	0.99467	357	0.98363
58	0.99036	118	1.00679	178	1.01656	238	1.01060	298	0.99440	358	0.98358
59	0.99060	119	1.00705	179	1.01659	239	1.01037	299	0.99412	359	0.98353
60	0.99084	120	1.00731	180	1.01662	240	1.01015	300	0.99385	360	0.98348
										361	0.98344
										362	0.98340
										363	0.98337
										364	0.98335
										365	0.98333
										366	0.98331



Şekil 7.1. KKH'na ait mozaik sonuç görüntüler

7.1.3 Mozaikleme işlemi

Bu tez kapsamında KKH sınırları içerisinde, 176/033, 176/034, 177/033, 177/034 ve 178/034 olmak üzere toplam 5 tam çerçeve uydu görüntüsü yer almaktadır. Bu nedenle kuraklık indekslerinin ve sınıflandırma işlemlerinin gerçekleştirilmesi için 6 adet mozaik uydu görüntüsü oluşturulmuştur. Elde edilen parça mozaikler birleştirilerek de toplam 5 çerçeveden oluşan sonuç görüntü mozaığı elde edilmiştir. KKH'na ait görüntü ise elde edilen bu sonuç mozaik görüntünün havza sınırlarına göre kesilmesi (subset) işlemi ile elde edilmiştir (Şekil 7.1.).

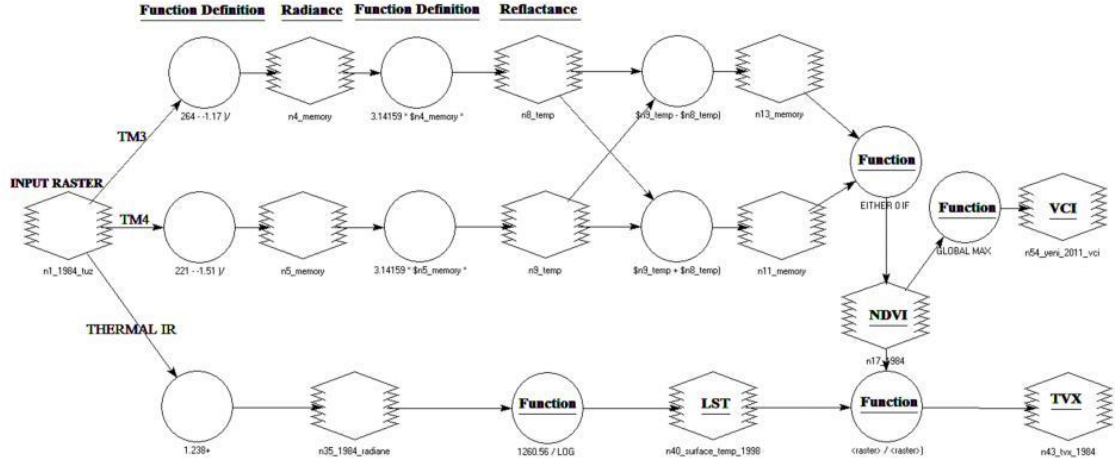
7.2. Kuraklık İndeksleri ve Kullanım Alanları

İklim değişikliği ve kuraklık sorunlarının çözülmesi ve geleceğe yönelik tedbirlerin alınması için bilim insanları tarafından birçok model geliştirilmiştir. Bu modellerde genellikle iklimsel (Sıcaklık, Yağış, Nem, Buharlaşma vb.), yer üstü ve kuyu su seviyeleri, rekolte değerleri, ürün verim oranları veya belirli zaman serileri içerisinde ölçülmüş veriler kullanılır. Günümüz teknolojisi sayesinde uydu görüntülerinden de faydalanılarak daha büyük alanlarda iklimsel ve yüzeyle ilgili değişimlerin tespitinde kısa zamanda bilgi alabilmekteyiz.

Uydu görüntülerinde kullanılan indeksler de genellikle bitki örtüsünün ve toprağın mevcut durumu için kullanılır. Bunlar elektromanyetik spektrumdaki farklı dalga boylu yansıma değerlerine matematiksel işlemler uygulanarak her piksel değeri için çalışma konusu ile alakalı tek bir değer elde edilmesidir. Bitki indeksleri için yüksek değerler bitki yoğunluğunun arttığı yerleri gösterirken düşük değerler bitkinin seyrek olduğu yerleri ifade eder. Aynı şekilde kuraklık için olan indekslerde düşük değerler kuraklığın olduğu yerleri ifade eder. Aşağıda kuraklıkla ilgili bazı indeksler verilmiştir.

Geometrik, Radyometrik Düzeltme ve Mozaikleme işlemleri tamamlanmış uydu görüntülerinden Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) ve bitki indeks haritalarının Erdas Imagine görüntü işleme yazılımının Modeler algoritması kullanılarak yapılmıştır (Şekil 7.2.).

FUNCTION (DN to Radiance to Reflectance to NDVI to LST to TVX to VCI)



Şekil 7.2. Erdas Imagine görüntü işleme yazılımının Modeller algoritması ile AYS ve indeks haritalarının üretimi aşamasının gösterimi

7.2.1. Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

1979 yılında Tucker tarafından geliştirilen Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) kırmızı ve yakın kızılötesi bölgedeki yansıtma farklılıklarına dayanarak, yeşil bitki örtüsünün yoğunluğu hakkında bilgi verir. NDVI yaklaşımı sağlıklı bitkinin görünür bölgede klorofil kaynaklı yutulma sonucunda daha düşük yansıtma değerine sahip iken yakın kızılötesi bölgede mezofil doku nedeniyle yüksek yansıtma değerine sahip olması temeline dayanır (Campbell, 1987). Algoritması aşağıda belirtildiği gibidir:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (1.3)$$

Ölçüm skalası -1 ile 1 arasında değişmekte ve negatif değerler bitki yoğunluğunun az olduğunu, pozitif değerler ise bitki yoğunluğunun çok olduğunu göstermektedir. NDVI kendi başına kurak veya kurak olmayan koşulları yansıtmaz. Ancak incelenen ayın NDVI ile o ayın uzun dönem ortalama NDVI arasındaki farkı kullanılarak kuraklık şiddeti belirlenebilmektedir.

7.2.2. Bitki Durum İndeksi (VCI)

Bitki Durum İndisi (VCI) bitki örtüsünün durumunu belli bir ekosistemde çok yıllar boyunca karşılaşılan minimum ve maksimum NDVI değerlerinin fonksiyonu olarak ifade eder. NDVI değerlerini normalize ederek farklı ekosistemler arasında karşılaştırılma yapılmasına olanak sağlar. VCI kullanılarak kısa dönemdeki iklim etkisi uzun dönemli ekolojik etkiden ayrılabilirdi için NDVI'ne kıyasla su stresi hakkında daha iyi bilgi verir (Jain vd., 2009; Kogan, 1995). NDVI bitki örtüsünün bitkisel dinamiğini gösterirken, VCI 0 dan 1' e yada 0 dan 100 (VCI değeri 0-1 ya da 0-100 arasındaki değerlerle ifade edilebilmektedir) değerine doğru olan değişimler çok kötüden optimuma doğru değişen bitki örtüsü koşullarını göstermektedir (Kogan, 1995; Kogan vd., 2003). Bitki üzerinde hava durumunun etkisinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Aşırı neme bağlı olarak kuraklık ve bitki stresini belirlemede kullanılmaktadır.

$$VCI = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (1.4)$$

Burada; NDVImax, ve NDVImin çok yıllık maksimum NDVI ve çok yıllık minimum NDVI değerlerini göstermektedir. Bajgiran v.d (2009) yaptıkları çalışmada NOAA-AVHRR verilerinin İran için kuraklık izlemede kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmalarında NDVI ve VCI indisleri oluşturarak bu değerleri yağış verisi ile kolere etmişlerdir. Pearson korelasyonu kullanmış oldukları çalışmada NDVI ve VCI değerleri ile üç aylık yağış miktarları arasında yüksek korelasyon bulmuşlardır. Bhuiyan vd., (2006), yaptıkları çalışmada bitkisel kuraklığı belirlemek maksadıyla 1984-2003 tarihleri arasında elde edilmiş NOAA AVHRR görüntülerini kullanarak bitki durum indeksi haritaları üretmişlerdir.

7.2.3. Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS)

Termal veriler ilgili bölgelerin çok zamanlı AYS haritalarının oluşturulmasında başarıyla kullanılır. AYS'ni gözlemlenmek, artan atmosferik sera gazları ve arazi yüzey sıcaklığı arasındaki ilişkiyi anlamak ve Dünya'nın su ve bitki örtüsü kaynaklarındaki artan arazi yüzey sıcaklığındaki artışın etkisini analiz etmek açısından önemlidir. AYS

ayrıca tarımsal alanların su gereksinimini belirlemek ve sulama planlamasını yönetmek için değerli bir bilgi kaynağıdır (Ekercin vd., 2013). Öncelikle, uydu görüntülerinin birbirleri ve yersel infrared termometre ölçmeleri ile karşılaştırılabilmesi için radyometrik olarak düzeltilmiştir (Joshi ve Bhatt, 2012).

Radyometrik düzeltme işleminin amacı, verilerin karşılaştırılabilir hale getirilmesi için DN değerlerini AYS değerlerine dönüştürmektir. (1.5) numaralı denklem, DN değerlerinin spektral radyans değerlerine dönüştürülmesi için kullanılmaktadır:

$$L_{\lambda} = [(L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda}) / (QCAL_{MAX} - QCAL_{MIN})] \times [QCAL - QCAL_{MIN}] + L_{MIN\lambda} \quad (1.5)$$

burada;

- L_{λ} : Sensördeki spektral radyans (MW.c-2.sr-1.µm-1)
- $L_{MAX\lambda}$: $QCAL_{MAX}$ 'a göre ölçeklendirilen spektral radyans
- $L_{MIN\lambda}$: $QCAL_{MIN}$ 'e göre ölçeklendirilen spektral radyans
- $QCAL$: Parlaklık değerleri
- $QCAL_{MAX}$: Maksimum parlaklık değeri
- $QCAL_{MIN}$: Minimum parlaklık değeri

Bir sonraki aşama uydu verilerini yersel infrared termometre (AYS) ölçmeleri ile karşılaştırılabilir hale getirmek için kullanılmaktadır. Bu aşamada spektral radyans değerlerini AYS değerlerine dönüştürmek için (1.6) numaralı denklem kullanılmıştır.

$$T_b = K_2 / \ln ((K_1/L_{\lambda}) + 1) \quad (1.6)$$

burada;

- K_1 = Kalibrasyon sabiti (607.76),
- K_2 = Kalibrasyon sabiti (1260.56),
- T_b = Yüzey Sıcaklığı
- $T_b = T_b - 273$ (Kelvin den dereceye dönüşüm)

7.2.4. Sıcaklık – Bitki İndeksi (TVX)

Arazi yüzeyi sıcaklıkları (Land Surface Temperature) kuraklığa duyarlı oldukları için termal bantlardan üretilen arazi yüzeyi sıcaklıkları kuraklık modelleme için sıklıkla kullanılmaktadır. Arazi yüzeyi sıcaklıkları bölgesel ve küresel ölçekte yüzey süreçlerindeki enerji dengesinin önemli göstergesidir (Wang vd., 2004). Sıcaklığın

artması ile birlikte buharlaşmadan kaynaklı su kaybını en aza indirebilmek için streslenen bitkinin stomatası kapanır ve bu durum gizli ısı akışının azalmasına neden olur. Aynı zamanda, enerji akışının dengesini sağlayabilmek amacıyla hissedilen ısı akışı artar ve bu durum bitki yaprağının sıcaklığını artırır. Yüzeydeki enerji dengesinin sağlanması sonucunda da yüksek yüzey sıcaklıkları oluşur (McVicar ve Jupp, 1998; Ghulam vd., 2008). NDVI ve LST değerlerinin birlikte kullanılması kuraklık olaylarının daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. LST ve NDVI arasındaki orana sıcaklık-bitki indeksi (TVX) denir. TVX nem durumuyla negatif ilişkilidir. Su stresiyle LST/NDVI oranı arasındaki ilişki yapılan çeşitli çalışmalarla belirlenmiştir.

$$TVX = \frac{LST}{NDVI} \quad (1.7)$$

Stresli yüzeylerde, azalan buharlaşma ve bitki örtüsü oranının değişimi sonucunda arazi yüzey sıcaklıkları (LST) arttıkça veya Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) değeri azaldıkça TVX değeri ciddi şekilde artmaktadır. TVX indeksinin en önemli avantajı yansıyan ve termal bantları içermesinden dolayı kuraklığı belirlemek için daha fazla spektral bilgi sunmasıdır (Ghulam vd., 2008).

7.3. Sınıflandırma

Tez kapsamındaki kontrollü sınıflandırma işlemi arazi yüzey sıcaklık değişimlerinin hangi bölgelerde etkili olduğunu ve arazi tarım arazilerinin dağılımını bulmak için ENVİ programından yararlanılarak yapılmıştır. Sınıflandırma için sadece 1984 ve 2011 yılları dahil edilmiştir. Maximum Likelihood (en yüksek olasılık algoritması) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem sınıflar için eş olasılık eğrilerinin tanımlanmasına ve sınıflandırılacak piksellerin üyelik olasılığı en yüksek olan sınıfa atanması ilkesine dayanır (Yuan vd., 2005). Doğruluk analizi için 1984 ve 2011 yıllarına yakın tarihte olan hava fotoğrafları ve Google Earth'ten faydalanılarak yapılmıştır. Doğruluk analizi değerleri Şekil 7.3.'de verilmektedir.

```

Confusion Matrix: F:\KKH_01_Mart_2013\Siniflandirma\2011_sınıf\!!!!_class84
Overall Accuracy = (366914/390773)  93.8944%
Kappa Coefficient = 0.8305

      Class      Ground Truth (Pixels)
      su      su_tarım      k_tarım      tuz tuzlu_toprak
Unclassified      0      0      0      0      0
SU [Blue] 954      308872      0      0      0      0
TARIM [Green3      1      730      0      0      0
TARIM_2 [Gree      0      0      11317      0      0
TUZ [White] 3      0      0      39253      6124
ZEMİN [Cyan]      0      0      548      0      0
ZEMİN_2 [Yell      31      0      0      0      8011
Total      308904      730      11865      39253      14135

Confusion Matrix: F:\KKH_01_Mart_2013\Siniflandirma\2011_sınıf\class_2011
Overall Accuracy = (43800/51081)  85.7462%
Kappa Coefficient = 0.8134

      Class      Ground Truth (Pixels)
      su      tuz      s_tarım      k_tarım      zemin_1
Unclassified      0      0      0      0      0
Su [Blue] 615      15727      0      0      0
Tuz [Yellow]      0      16684      0      0      0
Tarım [Red] 2      0      0      1072      1337      401
Tarım_2 [Gree      0      0      1097      2133      2818
Zemin [Cyan]      0      0      301      375      3447
Zemin_2 [Mage      0      0      10      22      2
Total      15727      16684      2480      3867      6668

```

Şekil 7. 3. Doğruluk analizi sonuçları

7.4. Standart Yağış İndeksi (SPI)

Standart Yağış İndeksi (SYİ) esas olarak belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir. Sadece yağış verileri kullanılarak yapılan bir analizdir.

Mckee vd. (1993), tarafından geliştirilen standart yağış indisi (SPI) kuraklık için yapılan hesaplarda sıkça kullanılan bir yöntemdir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü de genellikle bu yöntemi kullanmaktadır.

$$SPI = (X_i - \bar{X}_i) / \sigma \quad (1.8)$$

Burada;

SPI : Standart Yağış İndeksi

\bar{X}_i : Ortalama yağış miktarı

X_i : Aktüel yağış miktarı

σ : Standart sapma değeri

SPI değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır. İndeksin sıfırın

altına ilk düştüğü dönem kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indeksin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir. (Çizelge 7.4.)

Çizelge 7. 4. SPI metoduna göre indeks değerleri ve sınıflandırma

SPI değerleri	Kuraklık Kategorisi
≥ 2	Çok şiddetli yağışlı
1.50 ~ 1.99	Çok yağışlı
1.00 ~ 1.49	Orta şiddetli yağışlı
0.99 ~ 0	Normal
0 ~ -0.99	Normale yakın kuraklık
-1.00 ~ -1.49	Orta şiddetli kuraklık
-1.50 ~ -1.99	Şiddetli kuraklık
≤ -2	Çok şiddetli kuraklık

7.5. Arazi Çalışması

Bu tezdeki arazi çalışmasının temel amacı sıcaklık ölçmeleri ile Landsat-5 TM (termal kızılötesi) uydu verisi arasında korelasyon sağladıktan sonra oluşturulacak KKH'nı kapsayan termal (mozaik) uydu görüntüleri ile havzada yüzey sıcaklığı değişimlerini belirlemektir. Uygulanan yöntemin aşamaları şunlardır:

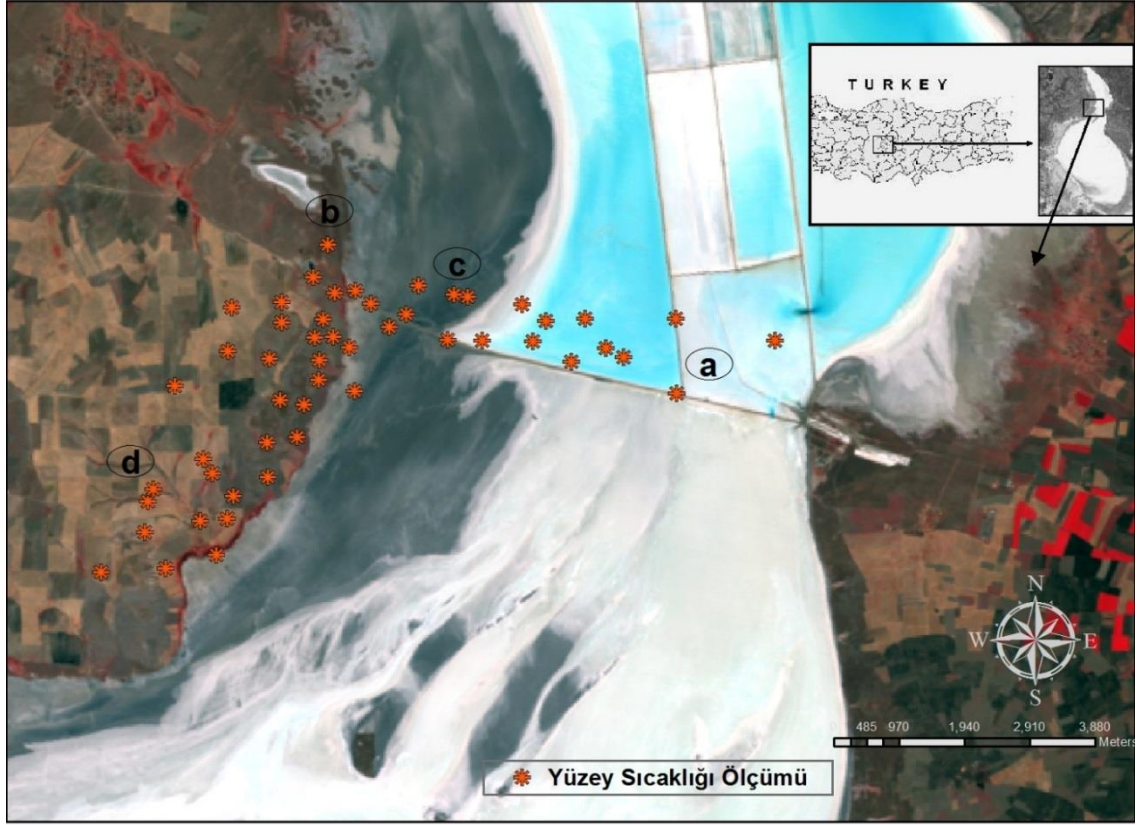
- Konumları el-tipi GPS ile ölçülmüş noktalarda, infrared termometre ile sıcaklık ölçmeleri sonuçlarının düzenlenmesi,
- Aynı noktaların geometrik ve radyometrik olarak düzeltilmiş (Landsat-5 TM) uydu görüntüsü termal bandındaki değerlerinin belirlenmesi ve bu değerlerin sıcaklık değerlerine dönüştürülmesi,
- Termal band değerleri ile infrared termometre ile ölçülen sıcaklık değerleri arasında korelasyon analizinin gerçekleştirilmesidir.

7.5.1 Infrared termometre ile yapılan sıcaklık ölçmeleri

2011 yılı Ağustos ayı içerisinde yapılan arazi çalışmasında, Landsat-5 uydusunun 21 Ağustos 2011 (saat 08:¹⁶) tarihinde (Path/Row: 177/033) Tuz Gölü üzerinden üst geçişi ile eş-zamanlı (saat 07:⁰⁰ – 10:⁰⁰) olarak sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Sıcaklık ölçümlerinin gerçekleştirilmesi aşamasında özellikle farklı arazi örtü tipleri (Tuz, nemli kum-toprak, tuzlu toprak, nadas tarla) üzerinde infrared termometre ile her noktada 45 tekrarlı olmak üzere toplam 50 ayrı noktada sıcaklık ölçmesi gerçekleştirilmiştir (Şekil 7.4. ve Şekil 7.5.).



Şekil 7.4. 20-22.Ağustos.2011 tarihleri arasında gerçekleştirilen arazi çalışmasında yapılan sıcaklık ölçmelerinden görünüm



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 7.5. Sıcaklık ölçmeleri gerçekleştirilen noktaların ve arazi örtü tiplerinin gösterimi

(a) Tuz. (b) Nemli toprak (kum). (c) Tuzlu kuru toprak. (d) Nadas tarla

8. BULGULAR

Konya Kapalı Havzası (KKH)'ndaki hidrolojik ve iklimsel değişimlerin belirlenmesi, oluşturulan Arazi Yüzey Sıcaklığı(AYS), Bitki Durum İndeksi(BDİ), Sıcaklık-Bitki İndeksi (SBİ), arazi kullanımı, yüzey su alanlarındaki değişimlerin belirlenmesi ve KKH ve Tuz Gölü Alt Havzasındaki etkilerinin araştırıldığı bu tez kapsamında yapılan çalışmalar şu şekilde özetlenebilir;

- KKH'nda yeraltı suyu seviye değişimlerinin analizi (Bölüm 8.1),
- KKH'na ait Standart Yağış İndeksi ve sıcaklık verilerinin incelenmesi (Bölüm 8.2),
- KKH'nda Arazi Yüzey Sıcaklığı ve bitki indeksi görüntülerinin yorumlanması (Bölüm 8.3),
- KKH'nda AYS Fark Görüntüsünün Arazi Kullanımı ile karşılaştırılması (Bölüm 8.4),
- KKH'ndaki sulak alanların değişiminin incelenmesi (Bölüm 8.5),
- Tuz Gölü Alt Havzası'nda Arazi Yüzey Sıcaklığı ve bitki indeksi görüntülerinin yorumlanması (Bölüm 8.6),
- KKH'ndaki yeraltı su seviyelerindeki değişimlerin Tuz Gölü'ne etkilerinin araştırılması (Bölüm 8.7).

8.1. KKH’nda Yeraltı Suyu Seviye Değişimlerinin Analizi

Çalışmada kullanılan veriler yer altı suyu seviye verilerini kapsamaktadır. KKH’nda 7 adet alt havzada bulunan toplam 14 gözlem kuyusuna (Çizelge 8.1.) ait veriler Devlet Su İşleri’nden temin edilmiştir. Gözlem kuyularının konumları Şekil 8.1.’de gösterilmektedir. Verilerin 3 istasyon için 1969-2012 dönemi, 6 istasyon için 1975-2012 dönemi ve 14 istasyon için 2002-2012 dönemi mevcuttur. Veriler Mayıs ve Eylül ayı ölçümlerini kapsamaktadır.

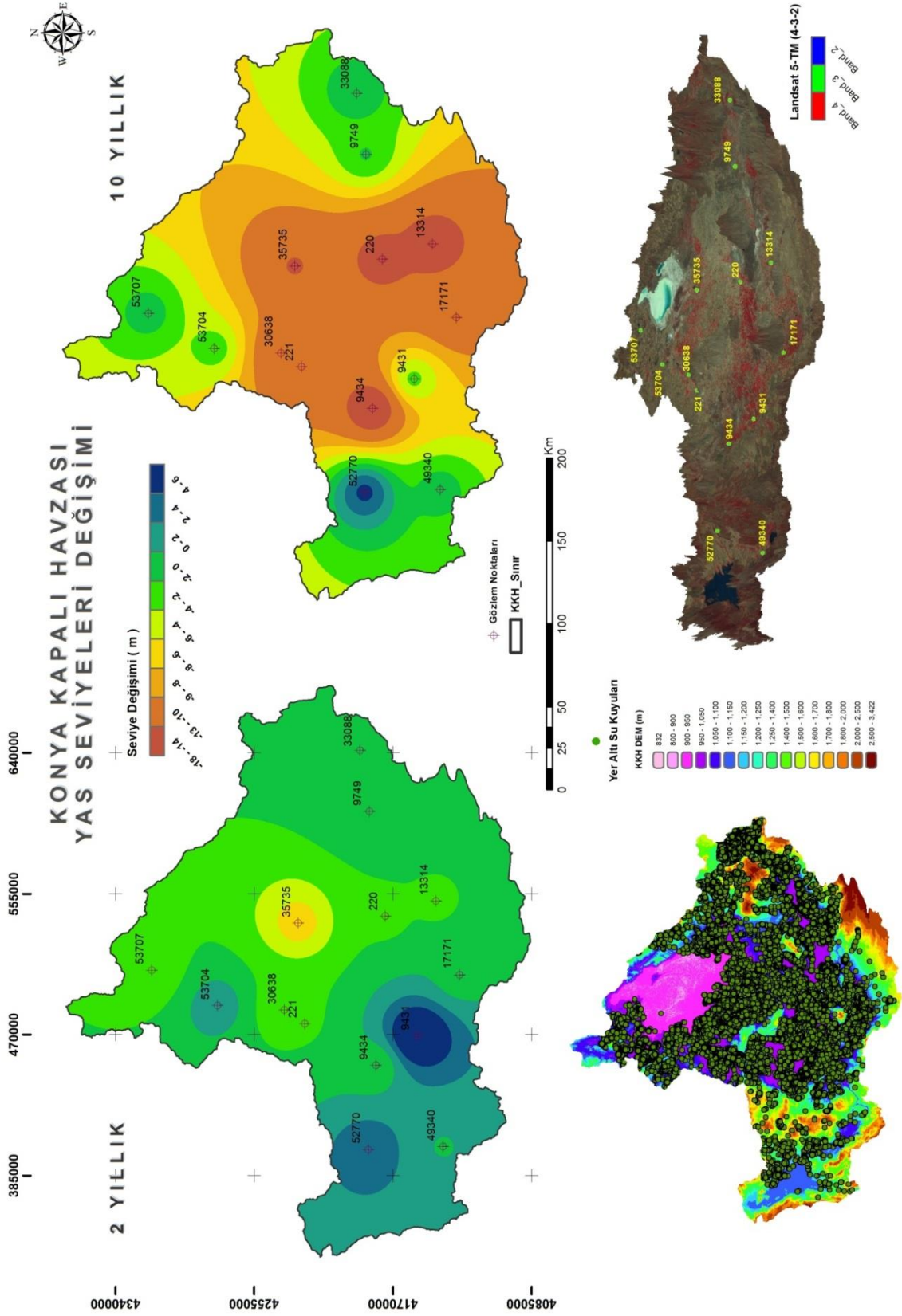
Çizelge 8.1. Çalışmada kullanılan kuyuların numaraları, adları, bağlı oldukları il ve ilçeleri ile özellikleri

KUYU NO	ADI	İLİ	İLÇESİ	Z
52770	Doğanbey	Konya	Beyşehir	1220.5
49340	Taşağıl	Konya	Seydişehir	1100
9431	Alibeyhüyüğü	Konya	Çumra	1026.8
9434	Hatip	Konya	Meram	1044.5
13314	Akçaşehir	Karaman	Merkez	1034.8
17171	Eminler	Karaman	Merkez	1011.9
33088/A	Bahçeli	Niğde	Bor	1147
9749/A	Yenizengen	Konya	Ereğli	1051.9
220	Gülfet Yaylası	Konya	Karapınar	1024
35735	Eşmekaya	Aksaray	Eskil	1015
221	Tutup	Konya	Selçuklu	988
30638	Altınekin	Konya	Merkez	981
53704	Sığırcık	Konya	Cihanbeyli	992.3
53707	Kulu	Konya	Merkez	997.2

KKH’ndaki 14 YAS kuyusunun rasat değerlerine bakıldığında son 10 yıl içerisinde bölgedeki 14 kuyudan 13 tanesinde statik seviye düşmesi varken sadece 1 gözlem kuyusunda yükselme saptanmıştır. En fazla seviye düşmesi Hatip (9434) kuyusunda 18.3 m ile gerçekleşmiş, yükselme olan bir diğer gözlem kuyusu ise 4.5 m seviye artışı gözlenen Doğanbey (52770) kuyusudur. Son iki yıllık değerlere bakıldığında ise 11 kuyuda artış, 3 kuyuda ise seviye düşmeleri tespit edilmiştir. 2010 yılından 2012’ye Eşmekaya (35735) kuyusunda 7.4 m ile en çok düşüş, 9.2 m ile ise Alibeyhüyüğü (9431) kuyusunda seviye yükselmesi tespit edilmiştir. Genel olarak değerlere bakıldığında 10 yıllık değerlerin ortalaması 7.8 m düşüş gösterirken, son 2 yıllık verilerle yaklaşık olarak 1 m statik seviyenin aşağıya indiği saptanmıştır. Rasat kuyularının konumlarına bakıldığında havzanın içerisinde kotu daha az olan bölgelerde seviye düşmesinin kotu yüksek olan havza kenarlarından daha fazla olduğu, ek olarak ise Havza’nın iç bölümlerinde yapılan sulu tarım faaliyetleri ile doğrudan ilişkili olduğu açık şekilde belli olmaktadır.



Şekil 8.1. 14 istasyon için Eylül ayında ölçülen yer altı su seviyesinin yıllara göre değişimi



Şekil 8. 2. YAS'nin zamansal değişim haritası ve kuyu konumları

Türkiye'de kullanılan yer altı sularının yaklaşık üçte birinin 100 bin sondaj kuyusu ile Konya Havzası'ndan çıkarıldığı ve belirlenen yer altı suyu rezervinin 2,4 milyar metreküp, buna karşılık fiili kullanımın yılda 4 milyar metreküp olduğu belirlenmiştir. Bunun Konya Havzası'nda yer altı suyu seviyesinin düşmesine neden olduğuna inanılmaktadır. DSİ 4. Bölge Müdürlüğü'nce yapılan "Kuyu Envanter Tespitleri" ile "Revize Hidrojeolojik Etüd" çalışması sonucunda bölgedeki 93 bin 948 kuyudan 66 bin 808'inin ruhsatsız şahıs kuyusu olduğu tespit edildiği kaydedilmiştir (URL-9).

KKH'da kullanılan suyun yaklaşık olarak % 88'ü tarımsal sulama için kullanılmaktadır. Bunun büyük bir kısmı da yeraltı sularından temin edilmektedir. Belgesiz kuyuların fazla olması yeraltı suyunun da kullanılması gerekenden fazla kullanıldığına bir göstergesidir. Yeraltı sularının aşırı derecede tüketilmesi sulak alanların da yok olmasına sebep olmaktadır. Su azlığı çeken ve kuraklık riski ile karşı karşıya olan bir bölge olarak suyu tedbirsiz kullanmamız gelecek için endişeler doğurmaktadır. Hidrolojik sistemdeki bütün bu değişiklikler bölgede ekonomik, sosyal ve ekolojik birçok sorunu da beraberinde getirecektir.

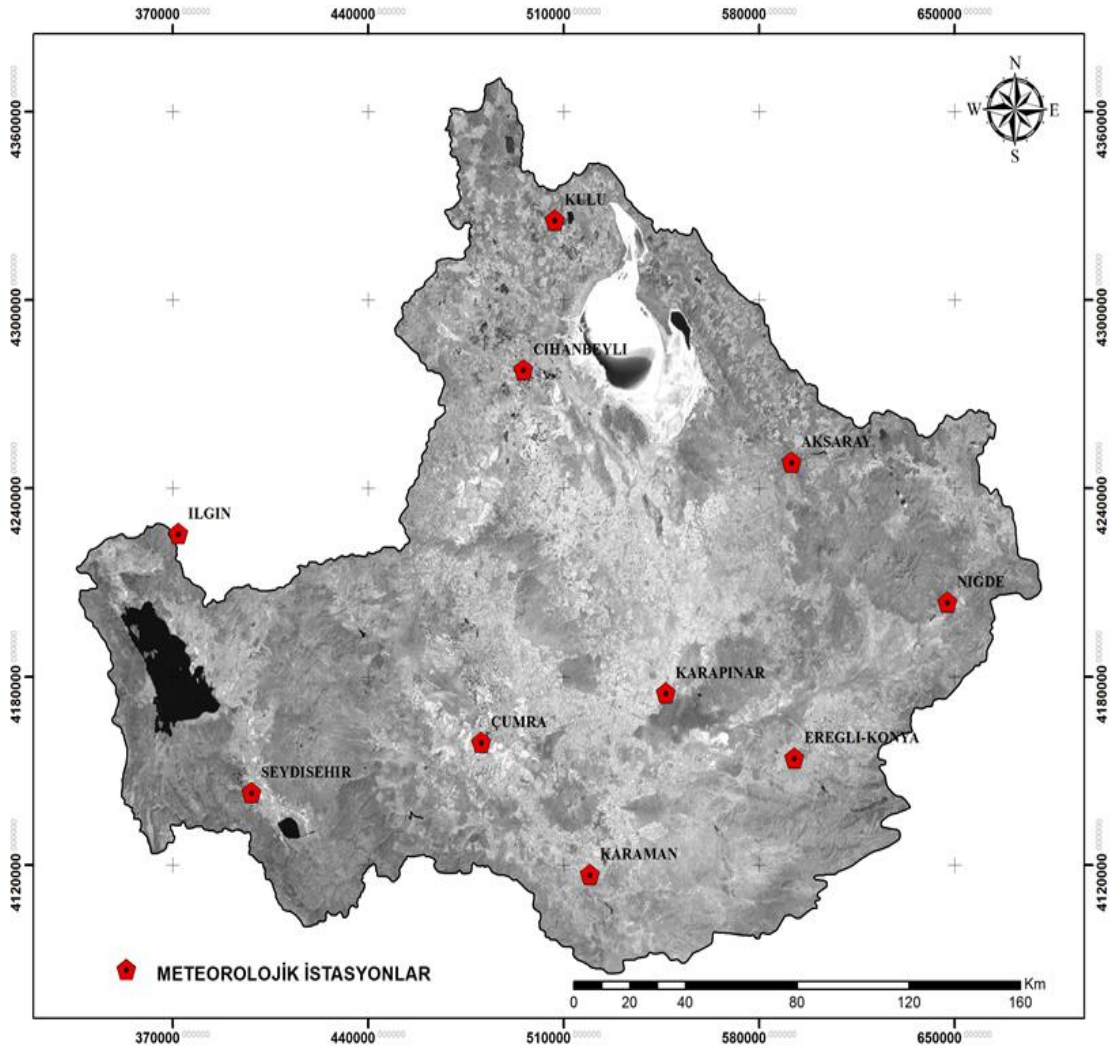
Sonuç olarak KKH'nda hidrolojik kuraklık değerlendirmesi yapıldığında, yer altı suyu seviyeleri incelendiğinde son 10 yıllık ve 7 yıllık süreçlerde ölçümü yapılan hemen hemen bütün kuyuların seviyelerinin düştüğü görülmektedir. Çalışma neticesinde bölgemizin giderek kuraklaştığı kurak iklim özelliği taşıyan bir bölge haline geldiği görülmektedir. Zaten su azlığı çeken bir bölge iken gerekli tedbirlerin alınmaması halinde bu su azlığı daha da hissedilir hale gelecektir.

Havza'da sulanan alanlarda serin iklim tahılları, şeker pancarı, mısır, fasulye, sebze, ayçiçeği, yonca ve diğer bitkiler yetiştirilmektedir. Yetiştirilen ürünlere bakıldığında KKH genelinde su tüketimi ve sulama ihtiyacı yüksek olan bitkilerin tarımının yapıldığı görülmektedir. Yonca, şeker pancarı, ayçiçeği ve mısır en fazla su isteyen bitkiler olup bilinçsiz sulamadan dolayı havza genelinde bitkilere verilen su miktarlarının net su ihtiyaçlarından daha fazla olduğu bilinmektedir. Bu yüzden bölgede ürün desenleri KKH gerçeklerine göre belirlenmesi ve uygulanması, sulu tarım faaliyetleri yerine kuru tarım faaliyetlerine geçilmesi önem arz etmektedir. Ayrıca bölgede yapılan yabani sulama sisteminin önüne geçilmeli ve çiftçinin Yağmurlama ve damla sulama sistemlerine geçmesi sağlanmalıdır.

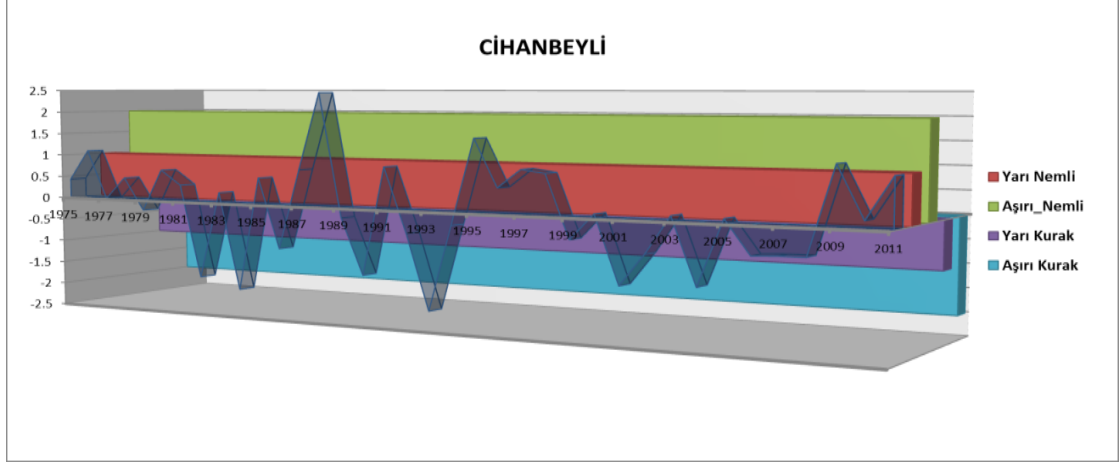
8.2. KKH'na Ait Standart Yağış İndeksi ve Sıcaklık Verilerin İncelenmesi

8.2.1. Standart Yağış İndeksi

Tarım yapılan alanlarda kuraklığın şiddetinin derecelendirilmesi, yılın farklı zamanlarında yağış etkisinin değişikliğinden dolayı zor olmaktadır. Bu yüzden kuraklığın şiddeti ve süresi, bitki yetiştirme periyodu ile yağmur arasında ilişkilendirilmelidir. Çalışmada kullanılan meteorolojik veriler Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) tarafından işletilen 10 istasyondan (Şekil 8.3.) elde edilmiştir. Bu istasyonlar KKH'nda yer alan ve eksik veri sayısının çok az olduğu istasyonlardır. Meteorolojik kuraklık analizi Standart Yağış İndeksi (SPI) metodu kullanılarak yapılmıştır. Analiz her yerleşim için, 1975-2011 yıllarını kapsayan zaman dilimi (36 yıllık) esas alınarak yıllık olarak yapılmıştır.

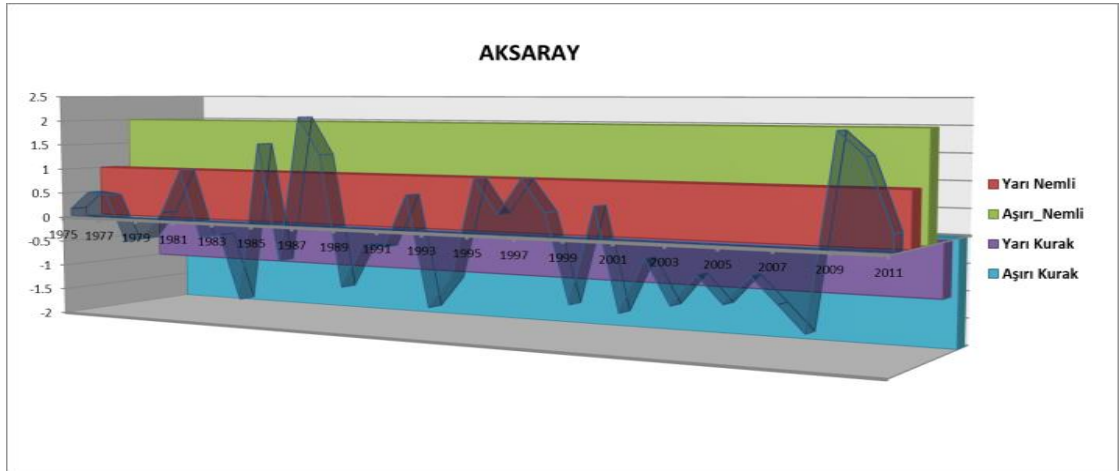


Şekil 8.3. Meteoroloji gözlem istasyonları



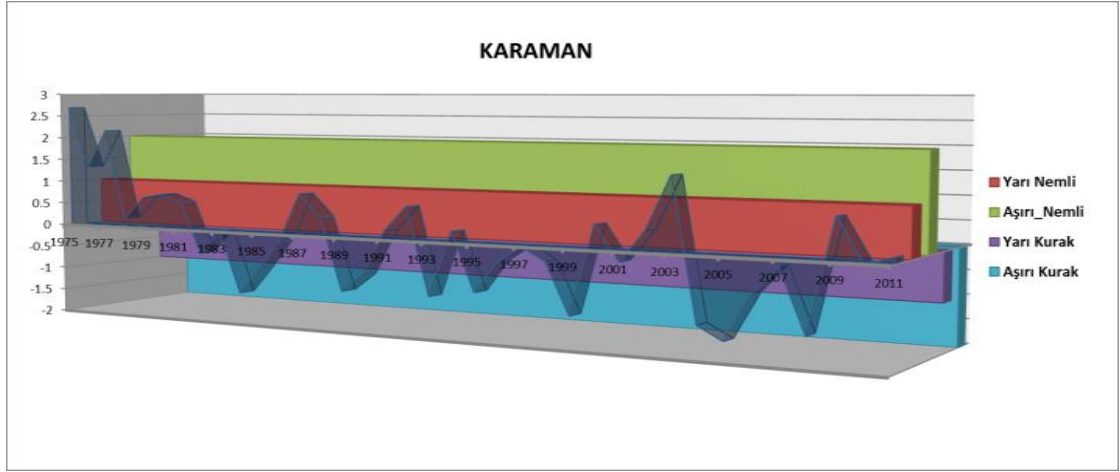
Şekil 8.4. Cihanbeyli istasyonuna ait SPI grafiği

Cihanbeyli istasyonunun indeks değerlerine bakıldığında; 2000 yılından beri genellikle kurak bir eğilim gösterdiği görülmektedir. En kurak geçen yıllar (kurak yıllar); 2001-2002-2004-2006-2007 ve 2008 yıllarıdır. Nemli yıllar ise; son 3 yıldır. 1975-2011 yılları boyunca meteorolojik ölçüm yapılan 36 yılın % 44'ünün kurak geçtiği görülmektedir.



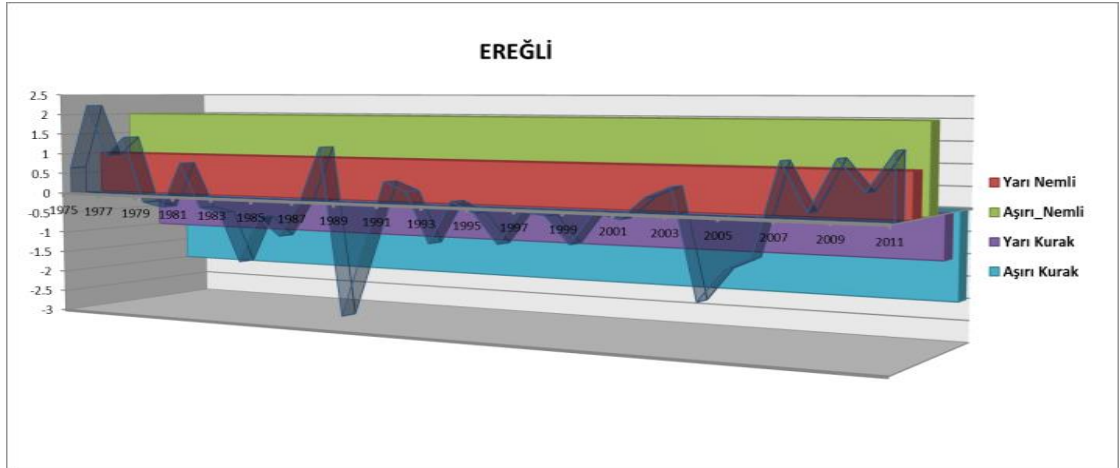
Şekil 8.5. Aksaray istasyonuna ait SPI grafiği

Aksaray'ın nemlilik oranınının 1999 yılından 2009 yılına kadar giderek azaldığı gözlenmektedir. En kurak geçen yıllar 1984 ve 2008 yıllarıdır. En nemli yıllar ise 1988 ve 2010 yıllarıdır. 1975-2011 yılları boyunca meteorolojik ölçüm yapılan yıl sayısı 36 olup bunların % 58'inin kurak geçtiği görülmektedir.



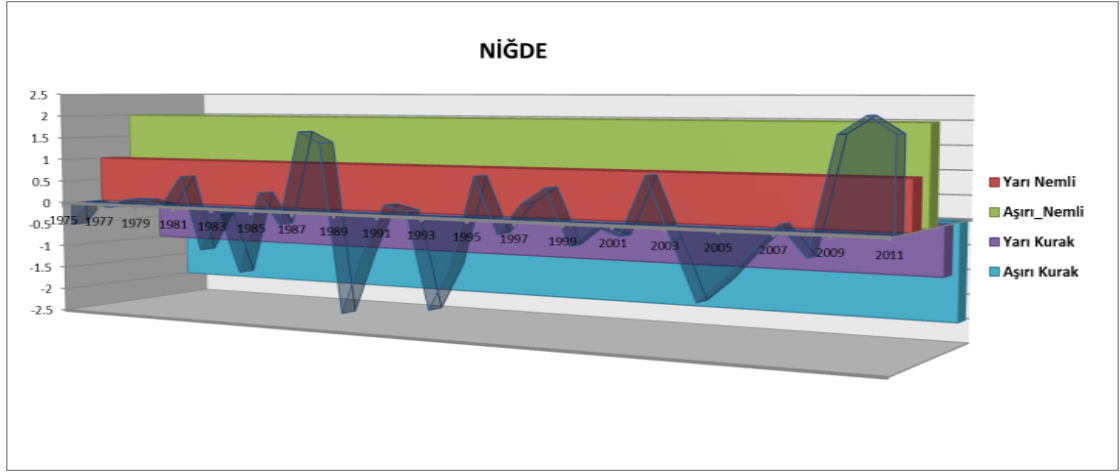
Şekil 8.6. Karaman istasyonuna ait SPI grafiği

Karaman istasyonunda ise 1982-2011 yılları arasındaki süreçte kuraklık oranının giderek arttığı görülmüş ve sadece birkaç nemli yıl saptanmıştır. Bölgede en kurak geçen yıllar 2006 ve 2008 yıllarıdır. En nemli yıllar ise 1975 ve 1977 yıllarıdır. 1975-2011 yılları boyunca meteorolojik ölçüm yapılan 36 ayın % 55'inin kurak geçtiği görülmektedir.



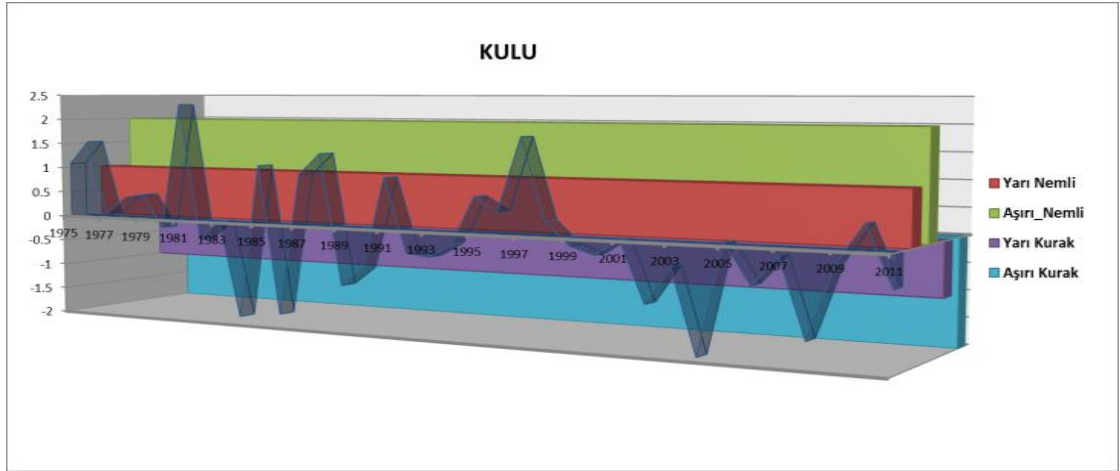
Şekil 8.7. Ereğli istasyonuna ait SPI grafiği

Ereğli'de 1975-2011 yılları arasındaki süreçte kuraklık oranlarında çok fazla bir değişim yaşanmadığı görülmekte olup 1989 ve 2004 yılları haricinde genellikle nemli ve kurak yıllar dengeli bir seyir izlemiştir. Bölgede en kurak geçen yıllar 1989 ve 2004 yıllarıdır. En nemli yıl ise 1976 yılıdır. 1975-2011 yılları boyunca meteorolojik ölçüm yapılan 36 ayın % 58'inin kurak geçtiği görülmektedir.



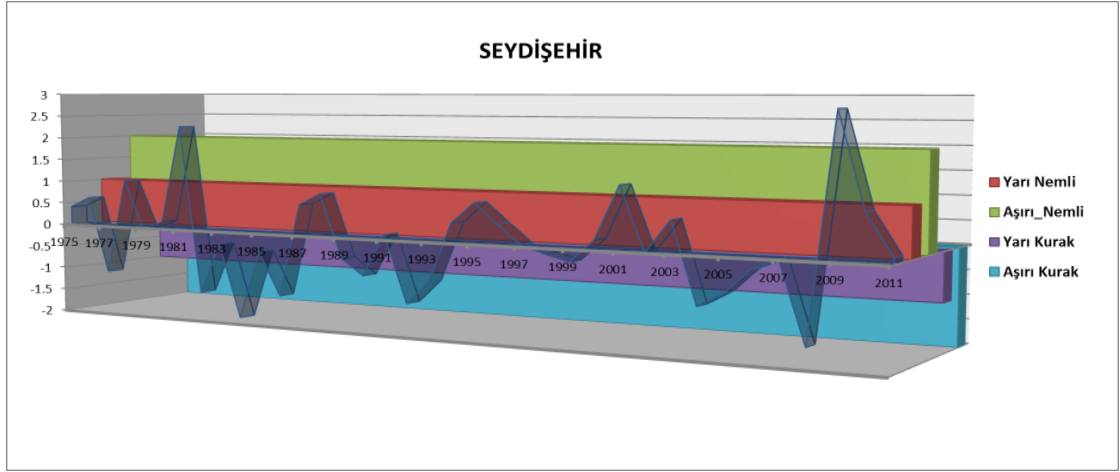
Şekil 8.8. Niğde istasyonuna ait SPI grafiği

Niğde Bölgesi'nde 1975-2011 yılları arasındaki süreçte kuraklık oranlarında çok fazla bir değişim yaşanmadığı görülmekte olup son üç yıldaki aşırı nemlilik göze çarpmaktadır. Bölgede en kurak geçen yıllar 1989 ve 1993 yıllarıdır. En nemli yıl ise 2009-10 ve 2011 yıllarıdır. 1975-2011 yılları boyunca meteorolojik ölçüm yapılan 36 ayın % 55'inin kurak geçtiği görülmektedir.



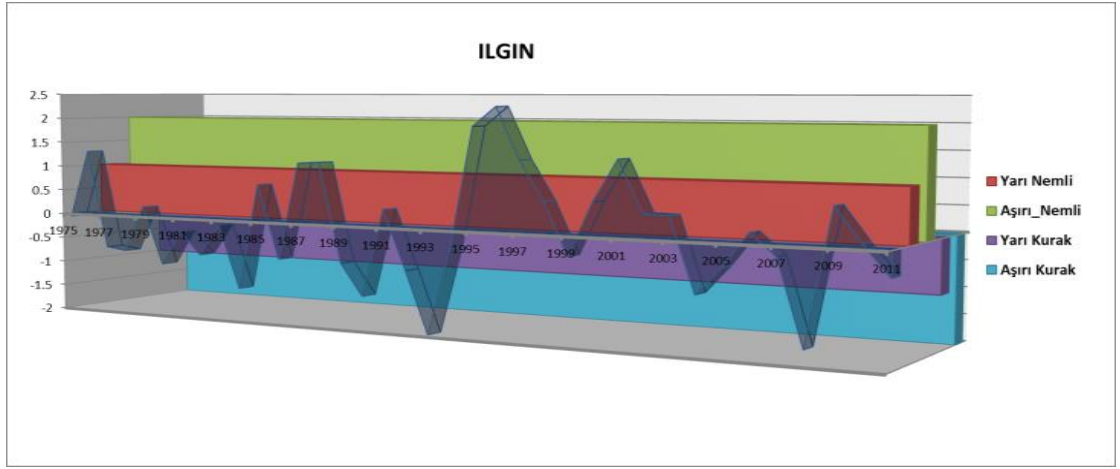
Şekil 8.9. Kulu istasyonuna ait SPI grafiği

Kulu ilçesinin 1982-2011 yılları arasındaki süreçte kuraklık oranlarının giderek arttığı gözlenmektedir. İlçe yıllar itibariyle genellikle aşırı nemli ve aşırı kurak piklerin bulunduğu bir eğilim sergilemiştir. En kurak geçen yıllar 1984-86-04 ve 2008 yıllarıdır. En nemli yıllar ise 1976-81 ve 1997 yıllarıdır. 1975-2011 yılları boyunca meteorolojik ölçüm yapılan 36 ayın % 53'ünün kurak geçtiği görülmektedir.



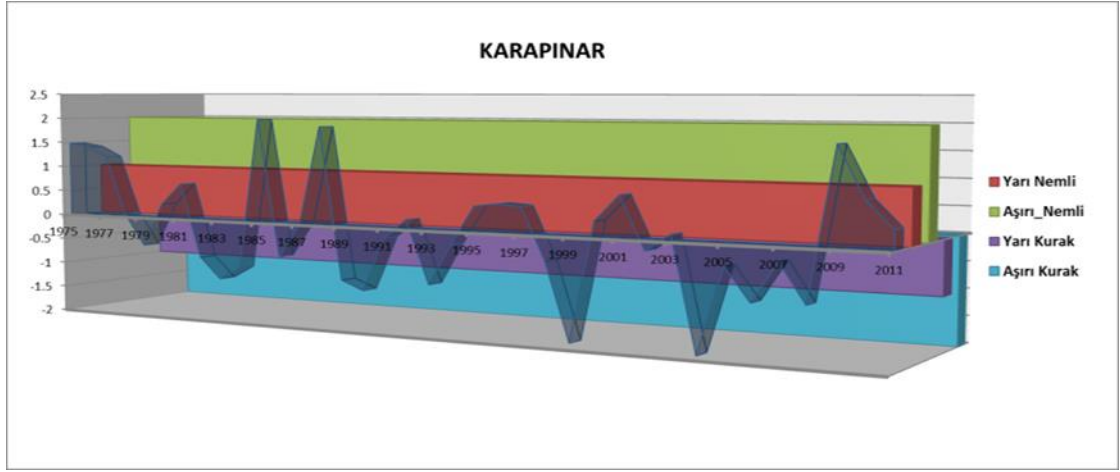
Şekil 8.10. Seydişehir istasyonuna ait SPI grafiği

Seydişehir ilçesinde 1982 yılından itibaren kurak dönemlerin başlamış ve belirli periyotlarla 1995 yılına kadar devam etmiştir. 1995 yılından sonra da ağırlıklı olarak nemli bölgede kalmıştır. İlçede en kurak geçen yıllar 1984 ve 2008 yıllarıdır. En nemli yıllar ise 1981 ve 2009 yıllarıdır. 1975-2011 yılları boyunca meteorolojik ölçüm yapılan 36 ayın % 55'inin kurak geçtiği görülmektedir.



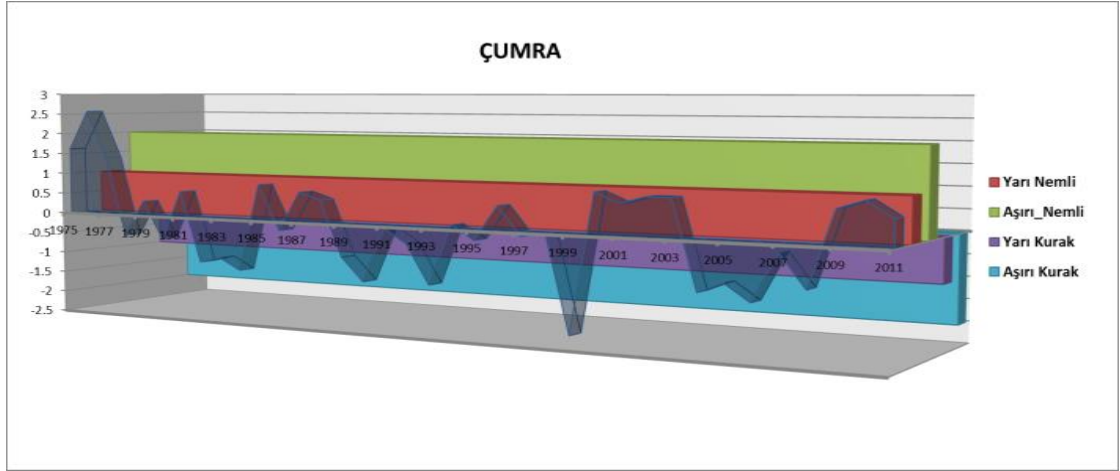
Şekil 8.11. Ilgın istasyonuna ait SPI grafiği

Ilgın ilçesinde 1975-2011 yılları arasındaki süreçte kuraklık oranlarında çok fazla bir değişim yaşanmadığı görülmekte olup bölge genellikle yarı nemli bir eğilim göstermektedir. Son yıllarda ortalamanın üstünde olan yağışlardan kaynaklanan aşırı nemlilik saptanmıştır. İlçede en kurak geçen yıllar 1993 ve 2008 yıllarıdır. En nemli yıllar ise 1996 ve 2001 yıllarıdır. 1975-2011 yılları boyunca meteorolojik ölçüm yapılan 36 ayın % 54'ünün kurak geçtiği görülmektedir.



Şekil 8.12. Karapınar istasyonuna ait SPI grafiği

Karapınar ilçesinde 1975-2011 yılları arasındaki süreçte kuraklık oranlarında çok fazla bir değişim yaşanmadığı görülmekte olup bölge genellikle kurak bir eğilim göstermektedir. Bölgede en kurak geçen yıllar 1999 ve 2004 yıllarıdır. En nemli yıllar ise 1985 ve 1988 yıllarıdır. 1975-2011 yılları boyunca meteorolojik ölçüm yapılan 36 ayın % 55'inin kurak geçtiği görülmektedir.



Şekil 8.13. Çumra istasyonuna ait SPI grafiği

Çumra ilçesinde 1980-2011 yılları arasındaki süreçte kuraklık oranlarında çok fazla bir değişim yaşanmadığı görülmekte olup bölge 1975-1978 yılları haricinde genellikle kurak bir eğilim göstermektedir. İlçede en kurak geçen yıllar 1990 ve 1999 yıllarıdır. En nemli yıllar ise 1975 ve 1976 yıllarıdır. 1975-2009 yılları boyunca meteorolojik ölçüm yapılan 36 ayın % 55'inin kurak geçtiği görülmektedir.

Sonuç olarak ilçelerin yıllık kuraklık durumları incelendiğinde 1975 yılından bu yana bölgedeki kuraklığın arttığı gözlenmektedir. Genellikle 1975-2000 yılları arasında yarı nemli iklim özelliği gösteren birçok istasyon 2000 yılından sonra kurak döneme geçmiştir. Havza’da meteorolojik kuraklık belirli periyotlarla kendini göstermektedir. Son yıllardaki yağışlardaki artış bölgenin nefes almasını sağlamış olsa da yeni bir kurak dönemin gelmesi çok muhtemeldir.

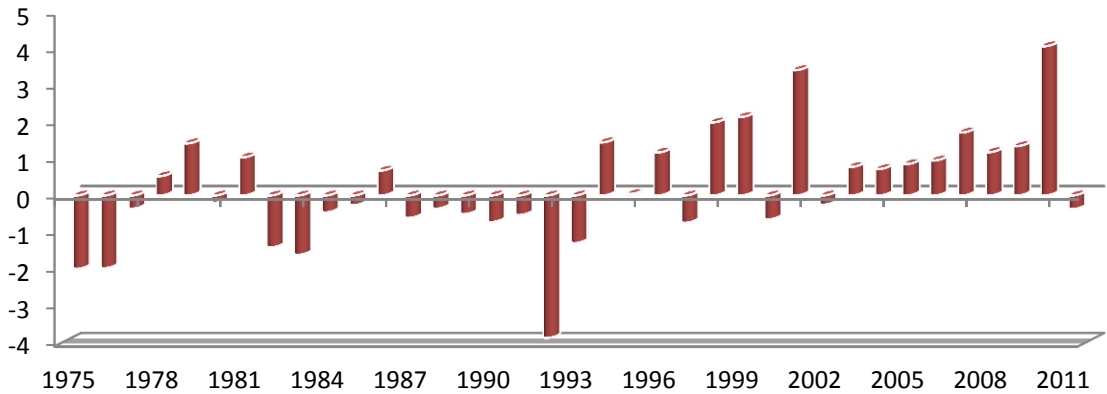
Meteorolojik verilere baktığımızda havzada 2000 yılından itibaren yağışların azalmasıyla kuraklık artmış ve göl her geçen yıl küçülmüştür. Son 8 yıl incelendiğinde 2005 yılından 2008 yılına kadar 4 yıllık dönemde metrekareye 1080 mm yağış düşerken 2009 yılından 2012 yılına kadar olan 4 yıllık dönemde yağışların yüzde 63,6 artarak 1767 mm’ye ulaştığı görülmektedir. Son yıllardaki yağışlar Tuz Gölü’nün ve Havza’nın nefes almasını sağlamıştır.

Doğal Hayatı Koruma Vakfı tarafından yapılan bir çalışmada KKH’nın 50 yıl sonrası (2030 yılı) için şu ön görülerde bulunmaktadır; “2030’lu yılların sonlarından itibaren Havza’da sıcaklıkların 4-6 derece artması ve yağışların yüzde 20-30 oranında azalması beklenmektedir. Bunun bir sonucu olarak KKH’nda önümüzdeki 50 yılda yüzey suyunda yüzde 65, yer altı suyunda yüzde 54 azalma olacağı ve Havza’daki toplam kullanılabilir su miktarında yüzde 56 azalma olacağı öngörülmektedir. Konya’da mevcut sulanan alanların sulanabilmesi için salma sulama yöntemi ile verilmesi gereken su miktarının 3 milyar 75 milyon metreküp olduğu vurgulanan raporda, bu miktarın basınçlı sulama sistemlerinde yaklaşık 2 milyar 63 milyon metreküpe düştüğü kaydediliyor. Bu bulguların mevcut sulama alışkanlıklarının değişmesi sonucunda oluşabilecek su tasarrufu hakkında oldukça önemli bir başlangıç noktası olduğu da ifade edilen raporda, Havza’da su ilavesi yapmadan ürün desenine bağlı olarak sadece sulama yöntemini değiştirmekle yağmurlama yöntemi kullanılırsa yaklaşık yüzde 60-70, damla sulama yöntemi kullanılırsa yüzde 75-85 oranında su tasarrufu sağlanabileceği” belirtilmektedir.

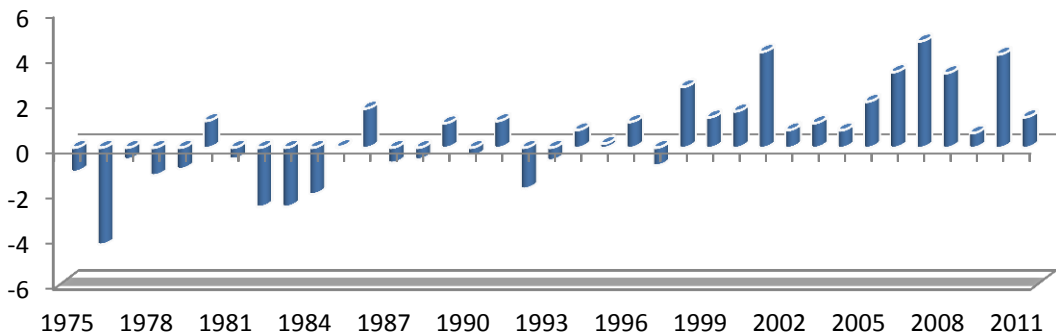
8.2.1. Sıcaklık analizi

Normali belirleyebilmek için gerek meteoroloji de, gerekse klimatoloji de en az 30 yıllıkdeğerlerin dikkate alınması gerekir. Klimatolojik amaçlarda dünyada ve ülkemizde 1961-1990 ve 1971-2000 uzun yıllar ortalamaları normal olarak 29 kullanılmaktadır. Sıcaklık dağılışı üzerinde yerel faktörlerin, kara ve denizlerin etkisini belirtmek bakımından ortalama eş sapma (isanomal) haritalarının da önemilidir. Her yıla ait isanomal (Normallerden Sapma) haritalarının bir dizi halinde incelenmesi ise, yıllar arasında sıcaklığın değişmesi ve iklim evreleri hakkında fikir verir.

KKH'nda yapılan çalışmada 1981-2010 yılları arası uzun dönemi alınarak yapılan çalışmada her istasyon için yıllık ortalama değeri uzun dönem ortalamasından çıkartılıp standart sapmasına bölünmesinden elde edilerek her yıl için anomali değerleri hesaplanmış ve bölgenin mevsim normallerinde geçip geçmediği Şekil 8.14., 8.15.'de saptanmıştır.



Şekil 8.14. Sıcaklık Anomalisi (Yıllık)



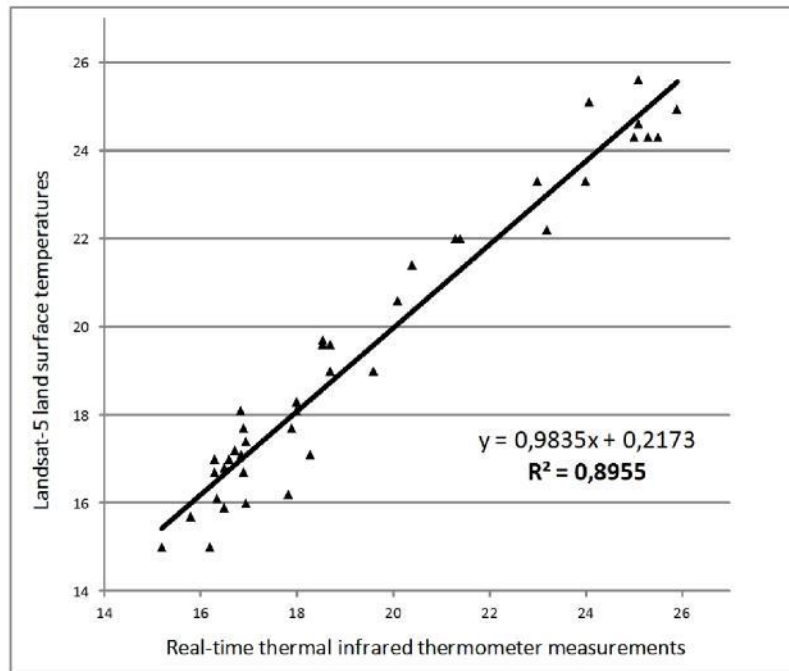
Şekil 8.15. Sıcaklık Anomalisi (Yazlık)

8.3. KKH'nda Yüzey Sıcaklığı Değişimlerinin Ve Bitki İndeksi Görüntülerinin Yorumlanması

8.3.1. Eş-zamanlı yersel ölçmelerin değerlendirilmesi

Eş-zamanlı yersel ölçmeler ve uydu verileri arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Eş-zamanlı yersel sıcaklık ölçmelerinin, uydu verileri ile karşılaştırılabilmesi için TM verisinden elde edilen parlaklık değerleri öncelikle radyans değerlerine, daha sonra AYS değerlerine dönüştürülmüştür.

Eş-zamanlı yersel ölçmeler ve uydu verileri (Landsat-5 TIR) arasındaki ilişki Şekil 8.16.'te gösterilmektedir. Regresyon sonuçları çalışma alanı için ölçülen ve Landsat-5 TIR verisinden dönüştürülen değerlerin, son derece uyumlu olduğunu ($R^2=0.90$) göstermektedir. Bu noktada, eş-zamanlı (aynı gün ve saatlerde) yapılan ölçmelerin yer ve uydu verileri arasındaki tutarlılığı artırdığı söylenebilir. Korelasyon analizleri, infrared termometre ölçmelerinden elde edilen ortalama değerler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada sıcaklık ölçmelerinin minimum ve maksimum değerleri de test edilmiştir. Sonuçlar, minimum ve maksimum sıcaklık değerleri kullanmanın ciddi bir farklılık getirmediğini göstermiştir ($R^2_{\text{mean}}:0.8955$; $R^2_{\text{min}}:8933$; $R^2_{\text{max}}:8983$).



Şekil 8.16. Yersel infrared termometre ölçmelerinden ve uydu görüntüsünden (termal kızılötesi banddan) elde edilen sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 8. 2. Yersel ölçmeler ve termal band değerleri

No	UTM Koordinları (WGS84)		Yerinde Ölçmeler (°C)			Landsat-5 TIR Verisi
	Y (m)	X (m)	Min	Maks	Ort	(°C)
1	4313221	531105	24,5	26,8	25,5	24,3
2	4313108	533399	19,8	26,8	24,1	25,1
3	4312886	534540	16,2	17,5	16,9	17,4
4	4313520	534509	16,2	17,5	16,9	16,0
5	4313742	532416	16,3	17,5	16,9	16,7
6	4313964	531814	15,5	17,2	16,4	16,1
7	4313964	530292	15,2	17,0	16,5	15,9
8	4313710	529532	17,0	19,0	18,3	17,1
9	4312918	528993	16,5	17,3	16,8	18,1
10	4311935	528771	15,1	17,5	16,7	17,2
11	4311364	528073	16,3	18,2	17,8	16,2
12	4311935	527851	16,6	19,3	18,5	19,6
13	4312410	528010	15,2	17,2	16,9	17,1
14	4313044	528264	14,8	17,1	16,6	17,0
15	4313774	528137	16,6	18,8	18,0	18,3
16	4313457	527154	20,9	24,8	23,2	22,2
17	4311681	527027	15,1	16,7	16,2	15,0
18	4310572	526710	19,4	22,6	21,3	22,0
19	4309399	526647	21,6	25,7	24,0	23,3
20	4309652	527566	22,5	27,0	25,1	24,6
21	4309050	527154	18,0	20,6	19,6	19,0
22	4308670	526615	18,6	21,5	20,4	21,4
23	4308575	525728	15,2	16,8	16,3	17,0
24	4309240	525664	16,5	18,6	17,9	17,7
25	4310286	525728	14,8	16,2	15,8	15,7
26	4310128	526805	16,6	18,8	18,0	18,1
27	4310128	527091	14,3	15,5	15,2	15,0
28	4310445	527217	17,2	19,6	18,7	19,6
29	4312157	527376	18,4	21,2	20,1	20,6
30	4312791	527788	19,5	22,7	21,4	22,0
31	4313298	527883	22,7	27,3	25,3	24,3
32	4313678	528485	17,1	19,4	18,5	19,7
33	4313964	528803	22,5	27,0	25,1	25,6
34	4314693	529849	15,4	17,0	16,5	16,8
35	4315390	530990	17,2	19,6	18,7	19,0
36	4316183	531370	20,8	24,6	23,0	23,3
37	4316215	532004	15,7	17,5	16,9	17,7
38	4314598	531339	15,2	16,8	16,3	16,7
39	4314027	530926	22,5	26,9	25,0	24,3
40	4313171	530292	23,2	28,0	25,9	24,9

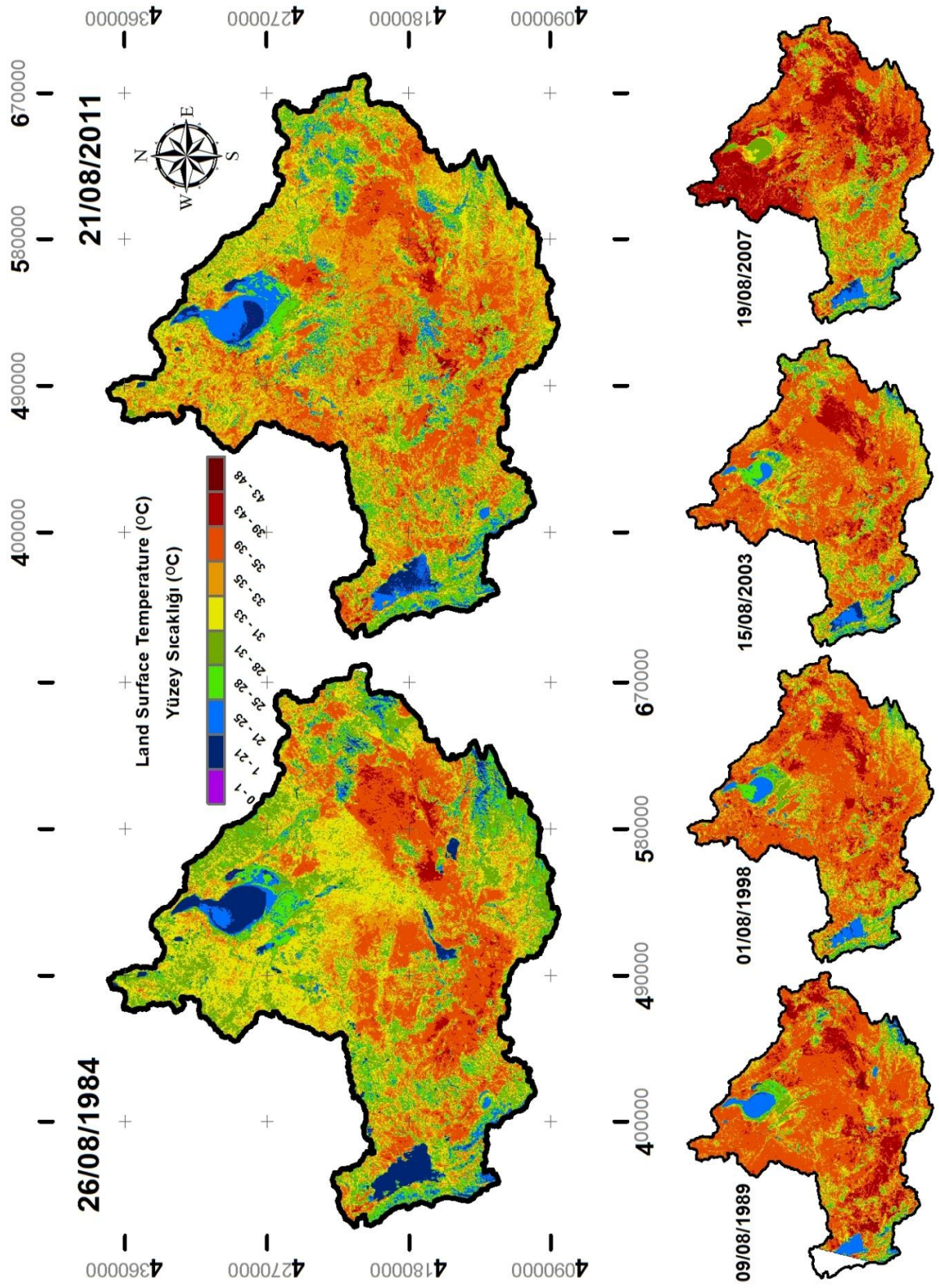
8.3.2. Arazi Yüzey Sıcaklığı ve bitki indeksi görüntülerinin yorumlanması

Yersel sıcaklık ölçmeleri ile Landsat-5 TM (Ağustos, 2011) uydu görüntüsünden elde edilen AYS değerlerinin ilişkilendirilmesi işlemleri ile elde edilen yer ve uydu verileri arasındaki yüksek korelasyon, uydu görüntüsü parlaklık değerlerinin uygun yöntemlerle dönüştürülmesi ile elde edilen AYS değerlerinin güvenilir bilgi sağladığını göstermiştir. Çalışma alanına ait AYS değişimlerinin incelenmesi çok zamanlı Landsat-5 TM verilerinden elde edilen AYS görüntüleri kullanılmıştır.

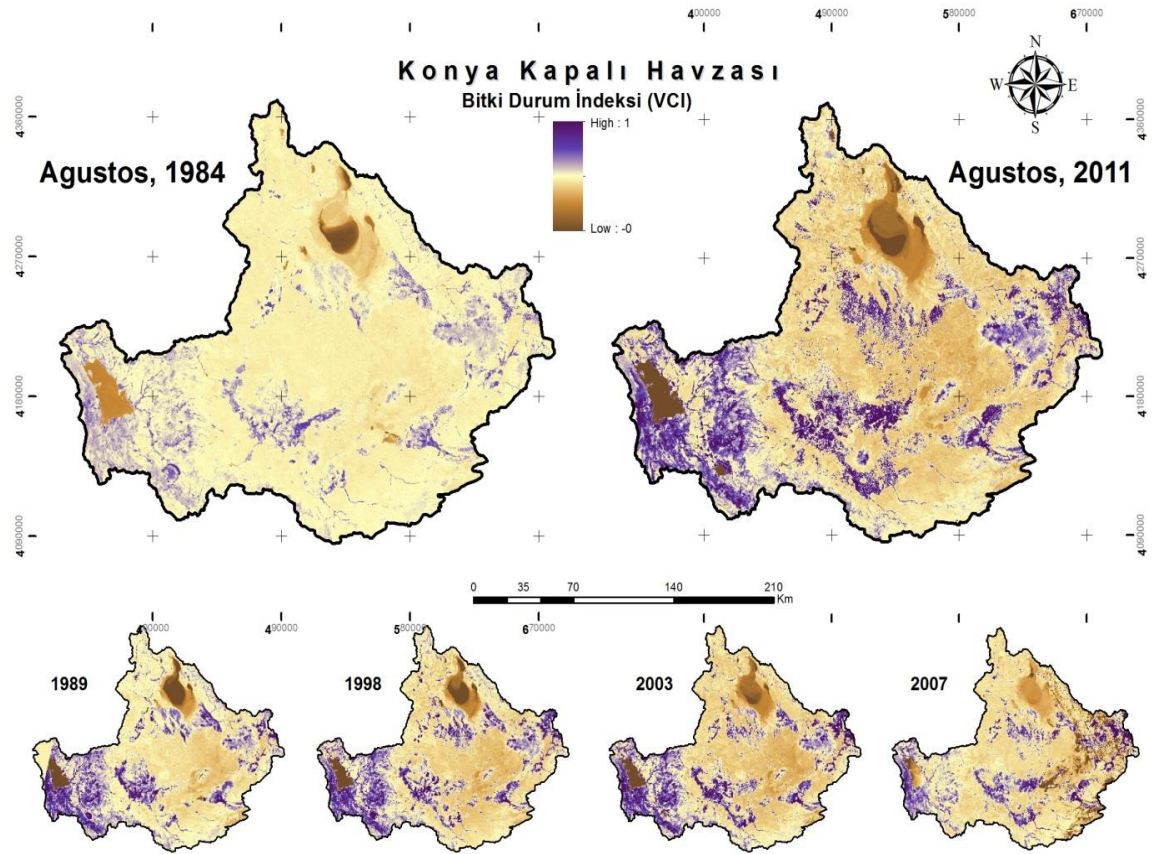
Şekil 8.17.'de farklı yıllara ait uydu görüntülerinden elde edilen AYS haritalarını göstermektedir. KKH'ndaki AYS değerleri 1984 yılından 2011 yılına kadar çok ciddi değişimler göstermiştir. İncelenen 6 yıl arasında 1984 yılı tüm havza için en serin yıl olarak saptanmıştır. Havzanın çoğu bölgesinde sıcaklık değerleri 36°C'den daha düşüktür. Bu yılda havzadaki su gövdeleri daha düşük sıcaklık değerlerine sahiptir. Tuz Gölü ve diğer su yapılarının yüzey sıcaklıkları çoğunlukla 21°C'den daha düşüktür. Genellikle Havzanın güney ve güneydoğu bölgelerindeki yüzey sıcaklıkları daha yüksektir. Bu bölgeler, karasal iklimden Akdeniz ya da çöl iklimine geçiş bölgeleridir. Bu nedenle daha yüksek sıcaklık değerleri beklenir. Şehir ısı adası etkisinden dolayı daha yüksek sıcaklıkların beklendiği en önemli metropoliten alanlar (Konya gibi) bu bölgededir.

Havza genelinde 1984 ve 2007 yılları arasında, kademeli bir yüzey sıcaklığı artışı kolaylıkla fark edilmektedir. 2007 yılına ait AYS haritası, diğer yıllara kıyasla en yüksek sıcaklık değerlerine sahiptir. Özellikle Havza'nın kuzey bölümünde 2007 yılında daha yüksek sıcaklık değerleri görülmektedir. 2007 yılı Ağustos ayında, açık alanlardaki daha yüksek sıcaklık değerlerine ek olarak Tuz Gölü yüzey sıcaklığı da 27 °C ve 33 °C arasındadır. 2007 yılına ait AYS haritası çalışma alanı içerisinde kuraklık hakkında yararlı bilgi sağlamaktadır. Diğer yıllara nazaran Ağustos 2007'de daha yüksek hava sıcaklıklarının elde edildiği iklim verilerinin analizi ile elde edilen sonuçlarla yukarıda belirtilen sonuçlar paralellik göstermektedir.

2011 yılında 2007 yılına kıyasla biraz soğuma meydana gelmiştir. Ancak Havza'nın genelinde arazi yüzey sıcaklıkları 1984 yılındakilerden daha yüksektir. Tuz Gölü ve diğer su yapılarının yüzey sıcaklıkları 2011 yılında da açıkça daha yüksektir. Havza içerisinde 1984 yılından sonra muhtemelen tarımsal alana ya da sulanabilir alana dönüştürülmüş, daha düşük sıcaklıklara sahip bazı bölgelere de rastlanmaktadır (Tuz Gölü'nün güneyindeki bölgeler gibi).

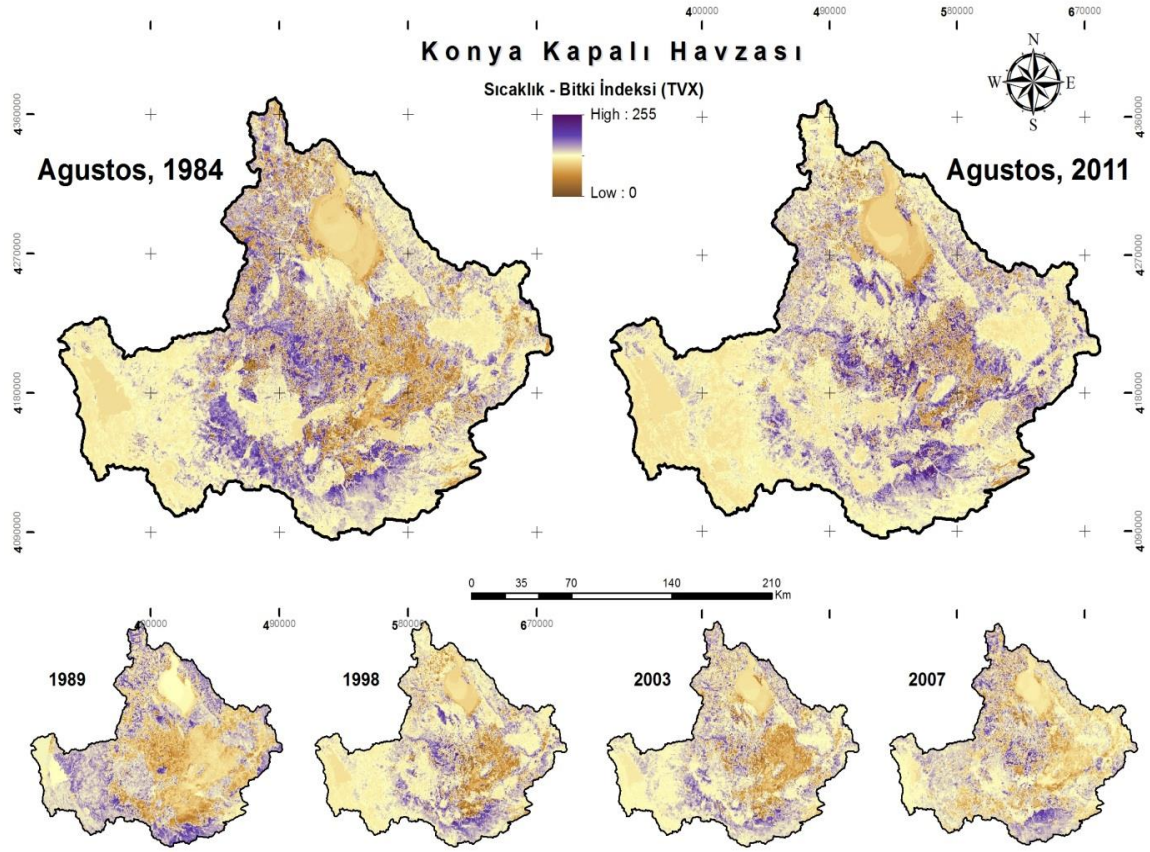


Şekil 8. 17.KKH'nda AYS değişimlerinin gösterimi



Şekil 8. 18. KKH'na ait çok zamanlı BDİ haritaları

Şekil 8.18. ve Şekil 8.19.'da elde edilen indeks haritaları üzerinde önemli bilgiler sunmaktadır. 1984'ten 2011'e kadar birçok kuru toprak alanı tarımsal alana dönüşmüştür. Değişen ve oluşan tarımsal alanlar BDİ üzerinde Şekil 8.17'de gösterilmektedir. 1984'te, BDİ haritasında görünen açık alanlar az-yoğun bitki örtüsüne ve yüksek sıcaklığa sahiptir. Tarımsal alanların artışı ile birlikte açık alanlar tarımsal alanlara dönüşmüştür. 1984'ten 2011'e kadar AYS ve bitki örtüsü değişimi çok açıktır. Açık alanlara kıyasla tarımsal alanlardaki sıcaklık değerleri fark edilebilir derecede düşüktür. Öte yandan Şekil 8.19.'da görülen SBİ'nin birçok arazi örtüsü için toprak nem içeriği ile yakından ilişkili olduğu bilinmektedir. 1984 yılına göre 2011 yılında indeks değerlerinin Havza genelinde daha düşük olduğu, yani toprak neminin daha az ve kuraklık etkisinin daha fazla olduğu açıkça görülmektedir. AYS haritaları ve iklimsel verilerin analizi ile elde edilen sonuçlara paralel olarak SBİ haritaları da 2007 yılının en kurak dönem olduğunu göstermektedir.

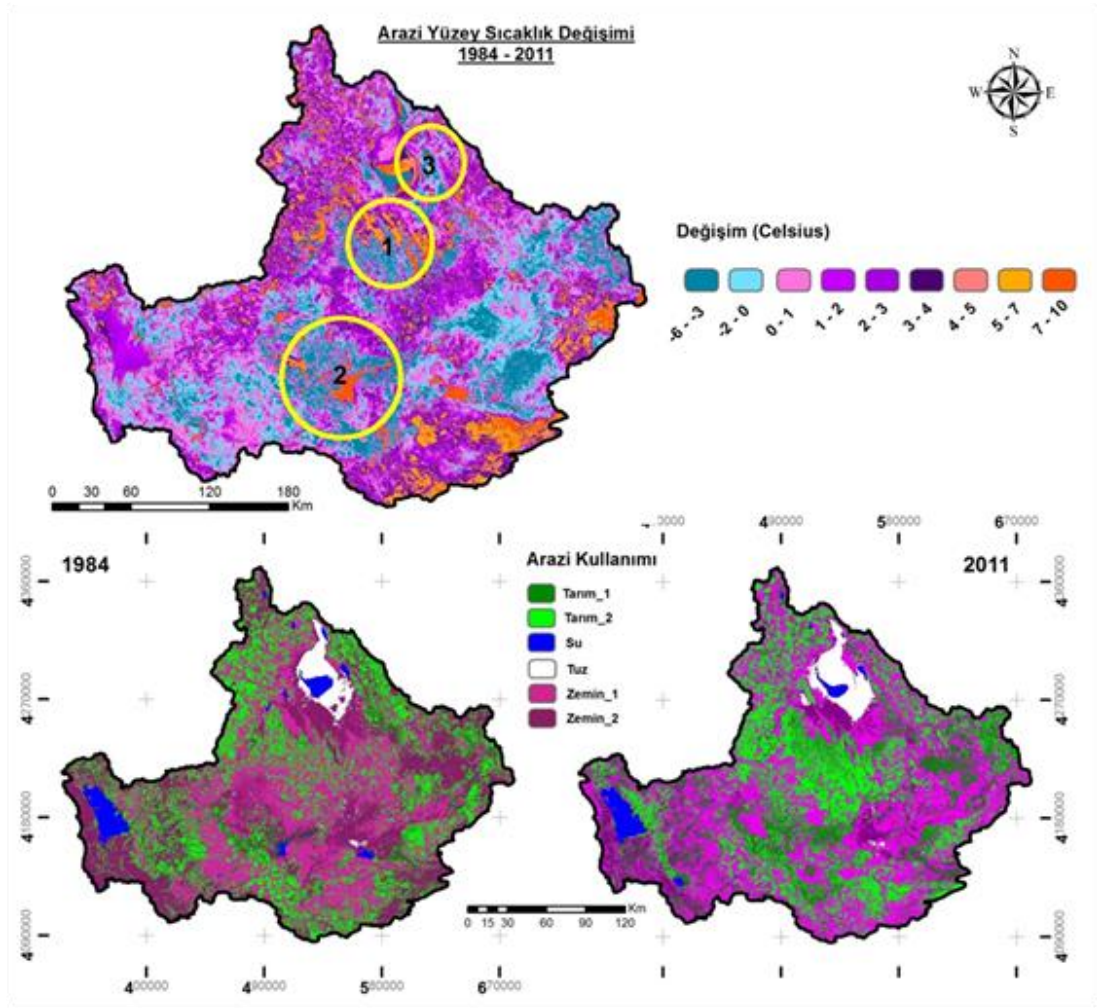


Şekil 8. 19. KKH'na ait çok zamanlı SBİ haritaları

8.4. KKH'nda AYS Fark Görüntüsü ve Arazi Kullanımı ile Karşılaştırılması

KKH'na ait 1984 ve 2011 yılları için (Şekil 8.20.) 28 yıllık dönem içerisinde görülen AYS farklarını göstermektedir. Termal değişimi gösteren bu görüntü, görüntü çıkarma (oranlama) tekniği ile elde edilmiştir. Şekil 8.19'e dayanarak 1984 ve 2011 yılları arasında arazi yüzeyinde yaklaşık 2°C'lik artışın olduğu söylenebilir.

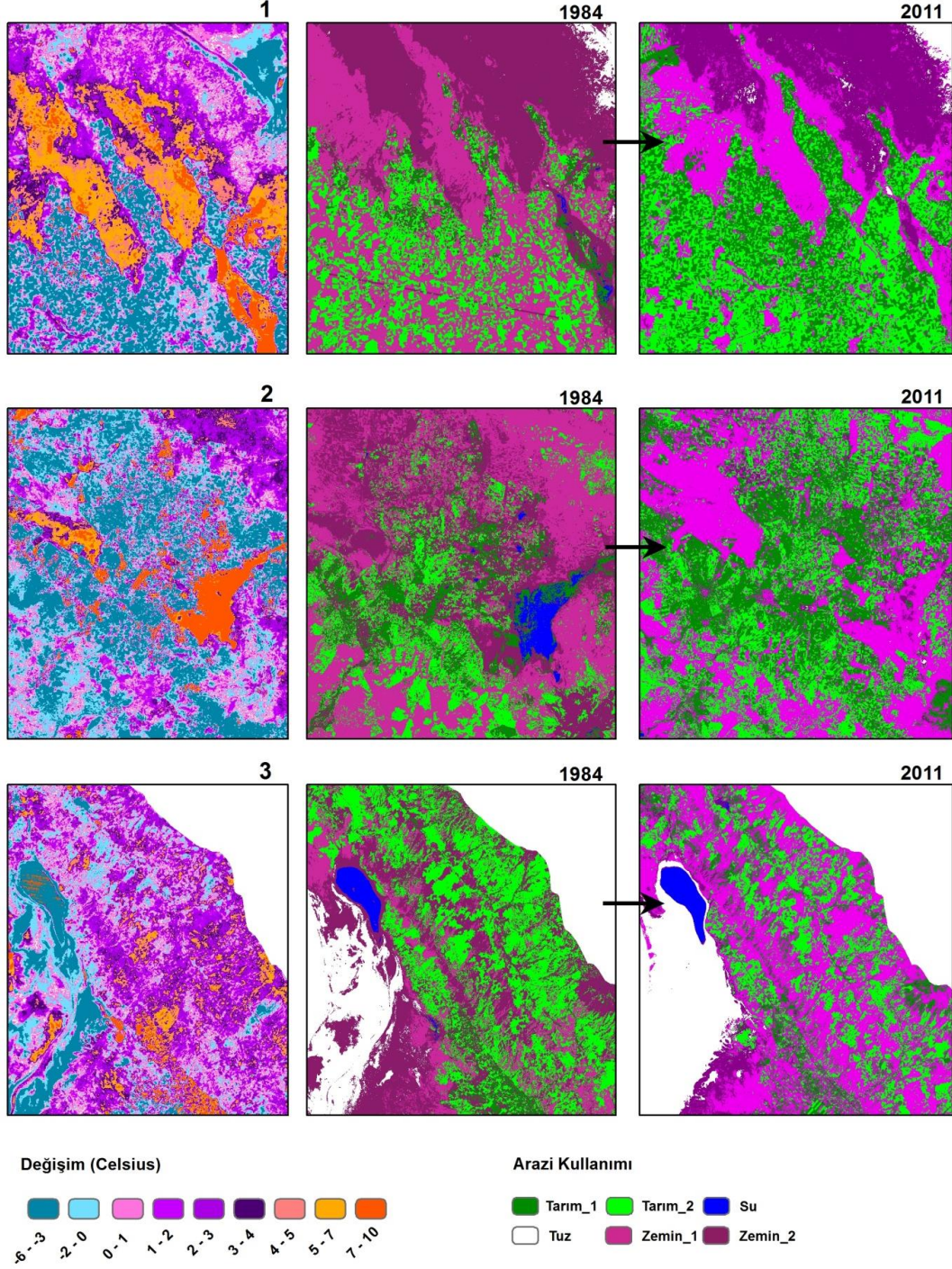
Bitki örtüsü ve sulak alanların daha az sıcaklıklara sahip olduğu gözlenmektedir. Bitki örtüsünün yoğunlaşması, sıcaklık akışını iyileştirerek buharlaşmayı artırır ve sıcaklığı düşürür. Arazi yüzey sıcaklığı fark görüntüsüne bakıldığında genel olarak 2 ve 3 derece sıcaklığın arttığı hatta bazı sulak ve bataklık alanların azalması sebebi ile bu değer 7-10 dereceye kadar çıktığı Şekil 8.20'de rahatlıkla anlaşılmaktadır. Arazi Yüzey Sıcaklığı 1984-2011 Haritası incelendiğinde 1, 2 ve 3 no'lu pilot alanlardan Şekil 8.21'de daha iyi anlaşılmaktadır.



Şekil 8. 20. AYS Fark görüntüsü ve arazi kullanımı haritaları

Arazi kullanımı haritalarına bakıldığında 1984 ile 2011 yılları arasında olan 27 yıllık periyottaki değişimler, Tuz Gölü ve çevresindeki bataklık ve sulak alanlarda, Çumra tarafındaki sulak arazilerde, Akgöl ve Sazgeçit bölgelerinde aşırı derecede sulak alanların yok olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Tuzluk alanlar incelendiğinde ise bu alanların Tuz Gölü'nün küçülmesinden dolayı arttığı belli olmaktadır. Ama unutulmamalıdır ki tuz üretimindeki en önemli etmen sudur. Ayrıca boş arazilerde, özellikle Tuz Gölü alt çevresinde tuzlu toprak artışı dikkat çekmektedir. Bu da bu bölgenin tarım arazilerindeki verimliliğinin düşmesine neden olacaktır. Tarım arazilerinin değişiminde ise Tarım 1 ve Tarım 2 sınıfları oluşturulmuştur. Özellikle tarım arazilerinin artışı Çumra ve çevre ilçe alanlarında, Aksaray ve yakın çevresinde ve Tuz Gölü alt havzasının güney-batı bölgesinde yer alan Taşpınar, Eskil, Sultan Hanı, Kızılören çevresinde göze çarpmaktadır. Açık alanlarda büyük bir oranda azalma görülmektedir. Bu azalma bitki örtüsünün artmasına bağlı olarak ortaya çıkan bir sonuçtur.

AYS (1,2,3) & ARAZİ KULLANIMI (1984,2011)



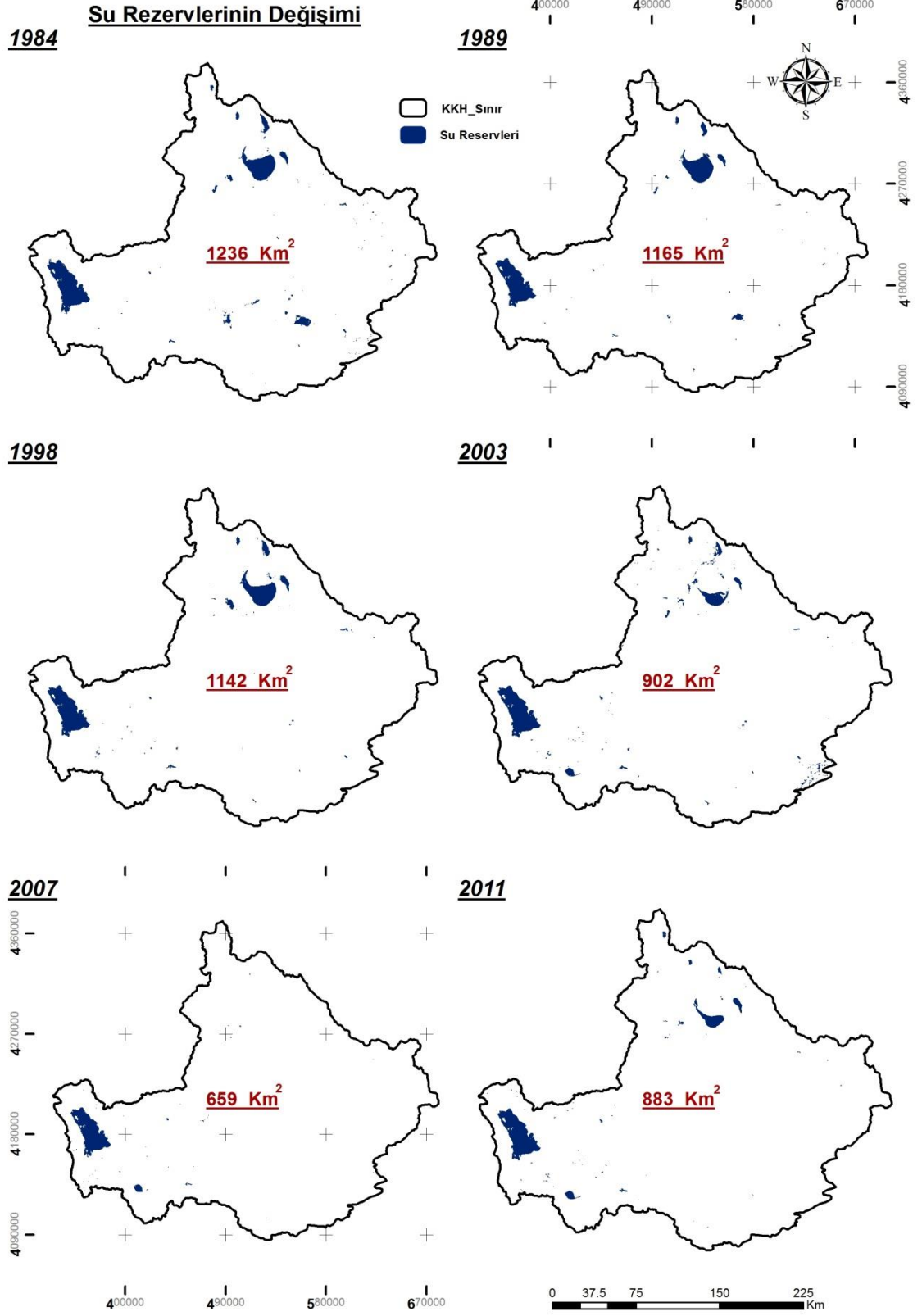
Şekil 8. 20. AYS Farkının arazi kullanımı ile karşılaştırılması

8.5. KKH'ndaki Sulak Alanların Değişiminin İncelenmesi

KKH, Akdeniz Bölgesi'nde iklim değişikliğinden etkilenecek yerlerin başında gelmektedir. Tarımsal üretimin yoğun bir şekilde yapıldığı Konya KKH'nda su kaynakları giderek azalmaktadır. 2030'dan sonra ortalama sıcaklıkların hızla artacağı tahmin edilen Konya Havzası'nda yağış miktarının da azalmasıyla Havza'daki doğal yaşam ve tarımın geleceği tehdit altındadır. Havzada suyun %88'i tarımda kullanılmaktadır. Bu suyun %61'i ise yer altı su kaynaklarından karşılanmaktadır. Su ihtiyacı fazla olan mısır, ayçiçeği gibi ürünlerin ekilmesinin yanı sıra yer altı su kaynaklarının tarımda aşırı kullanımı Havza'daki su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. İklim değişikliğinin etkilerini azaltmak ve tarımda sürdürülebilirliği sağlamak için bölgeden modern sulama yöntemlerini yaygınlaştırılması gerekmektedir (URL-9).

Yer üstü su rezerv haritası hazırlanırken Normalize Edilmiş Su İndeksi (NDWI) yöntemi kullanılmıştır. NDWI 'de yeşil bandda su maksimum yansıtma yaparken yakın kızıl ötesi bölgede düşük yansıtma yapar ve buna ek olarak yakın kızılötesi bölgede bitki örtüsü maksimum yansıtma göstermesi kara ile su arasındaki en belirgin ayırmayı sağlar (McFeeters, 1996). Bu yöntemde yeşil bandın yakın kızıl ötesi banddan çıkartılıp yine yeşil bandın yakın kızıl ötesi bandla toplamına bölümünden elde edilir. Çıkan görüntüde sınıflandırılarak yer üstü su kaynakları haritası oluşturulmuştur.

Şekil 8.21.'de Havzanın genelindeki su kaynaklarının 28 yıllık periyottaki 6 yıla ait durumları km² cinsinden değerleriyle beraber gösterilmektedir. İlk dikkat çeken nokta ise meteorolojik kuraklığın da baş gösterdiği 2007 yılında yerüstü su rezervlerinin minimum seviyede olmasıdır. Genel olarak değerlendirildiğinde Havza'nın yer üstü su kaynaklarının giderek azaldığı saptanmıştır.

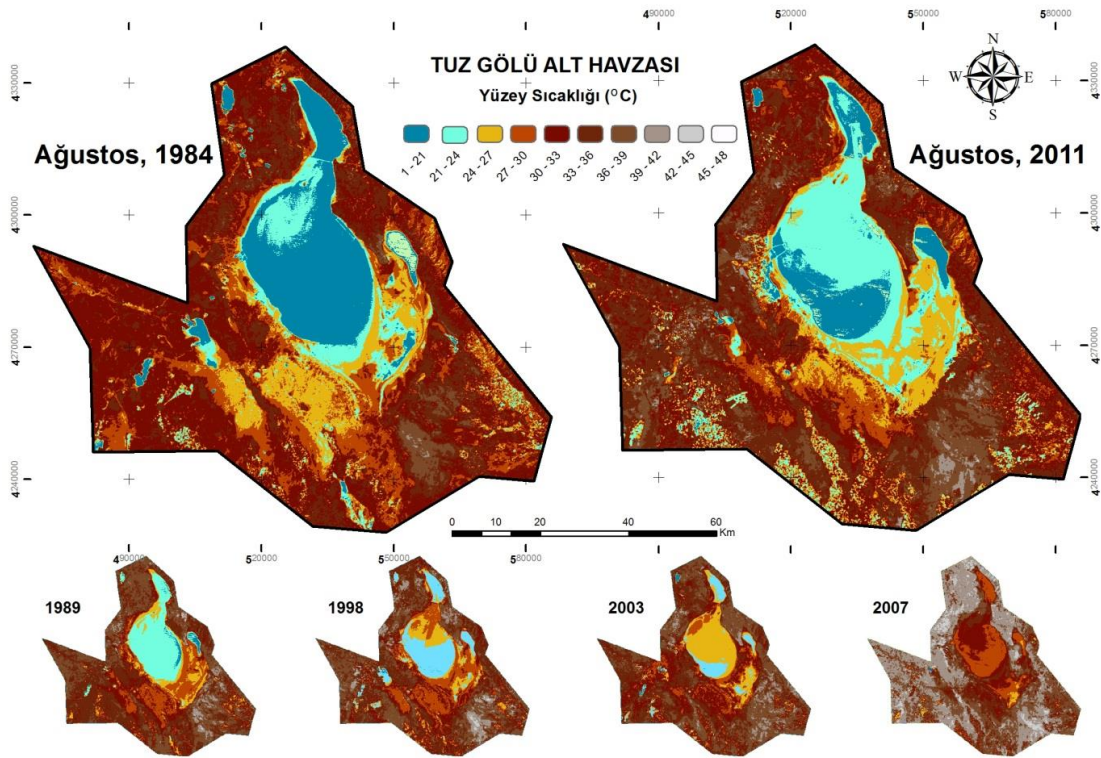


Şekil 8. 21. KKH'sındaki yüzey su kaynaklarının değişimi

8.6. Tuz Gölü Alt Havzası'nda Arazi Yüze Sıcaklığı ve Bitki İndeksi Görüntülerinin Yorumlanması

Bu tezin en önemli sonuçlarından biri Tuz Gölü Alt Havzası'na ait AYS haritalarının üretilmesi olmuştur (Şekil 8.23.). AYS'nın bölgedeki konumsal ve zamansal değişimini göstermektedir. Sonuç değerler 20-45 °C arasında değişmektedir.

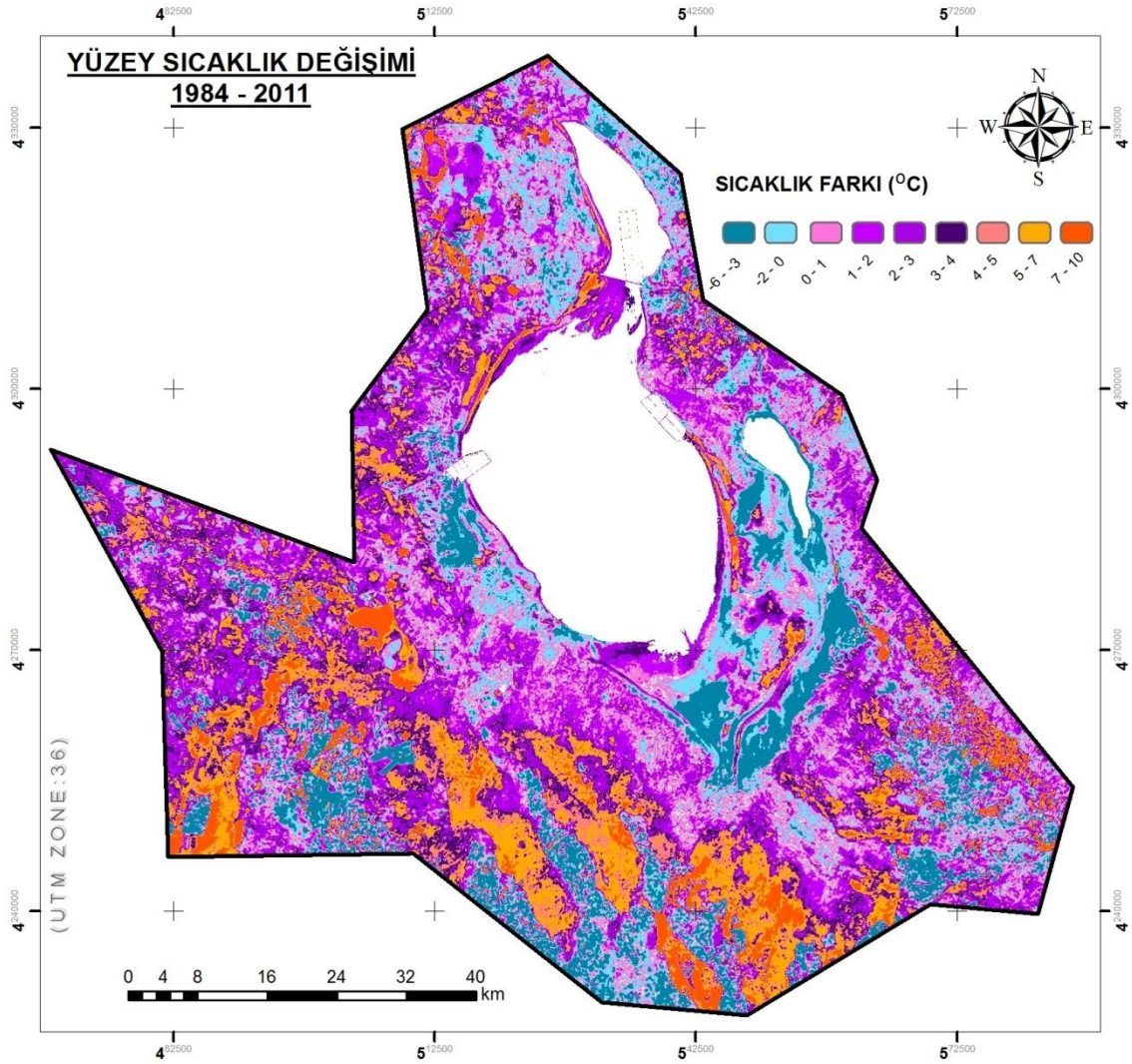
Elde edilen AYS haritaları baz alınarak Havza'da 1984 ve 2011 yılları arasında ciddi bir sıcaklık artışı olduğu rahatlıkla söylenebilir (Şekil 8.23. ve Şekil 8.24.). 1984'ten 2007'a kadar aşamalı bir artış kolaylıkla tanımlanabilir. 2007 havzadaki en yüksek sıcaklığın olduğu yıldır. 2011 yılında 2007 yılına nazaran soğuma görülsede sıcaklık değerleri 1984 yılına göre çok daha yüksektir.



Şekil 8. 22. Tuz Gölü Alt Havzası'nda AYS değişimlerinin gösterimi

Şekil 8.22., Havza'da 28 yıllık dönem içerisinde görülen AYS farklarını göstermektedir. Termal değişimi gösteren bu görüntü, görüntü çıkarma (oranlama) tekniği ile elde edilmiştir. Şekil 8.24.'e dayanarak 1984 ve 2011 yılları arasında arazi yüzeyinde yaklaşık 2°C'lik artışın olduğu söylenebilir.

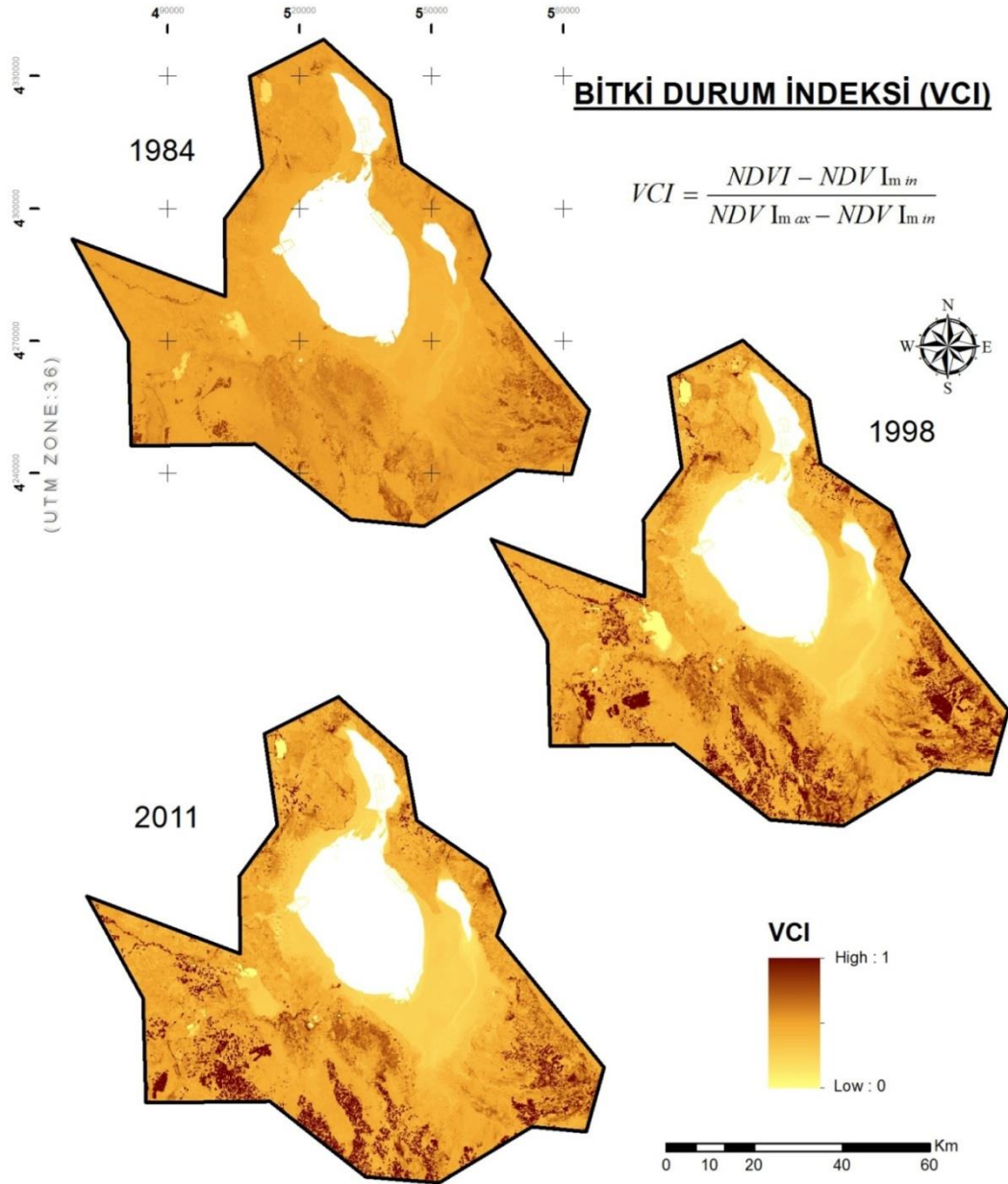
Bitki örtüsü ve sulak alanların daha az sıcaklıklara sahip olduğu gözlenmektedir. Bitki örtüsünün yoğunlaşması, sıcaklık akışını iyileştirerek buharlaşmayı artırır ve sıcaklığı düşürür (Joshi ve Bhatt, 2012). Bu durum yaz aylarında yeraltı suyu kullanılan tarımsal alanların termal infrared veriler kullanılarak kolaylıkla tespit edilebileceğini göstermektedir.



Şekil 8. 23. Tuz Gölü Alt Havzası'nda 28 yıl içerisinde (1984-2011) meydana gelen AYS farklarının gösterimi

2011 yılına ait uydu görüntüsünde Tuz Gölü'nün güneyinde yer alan tarım alanları kolaylıkla fark edilebilmektedir. Ayrıca 2011 yılında gölün güneydoğusundaki bitki örtüsü ve su alanları düşük sıcaklıklara, kısmen kurumuş olan göl yüksek sıcaklık değerlerine sahiptir. Bölgenin sıcaklık rejimindeki en önemli faktörün arazi kullanımı değişimi olduğu ve arazi kullanımı yoğunluğunun sıcaklığı etkilediği görülmektedir.

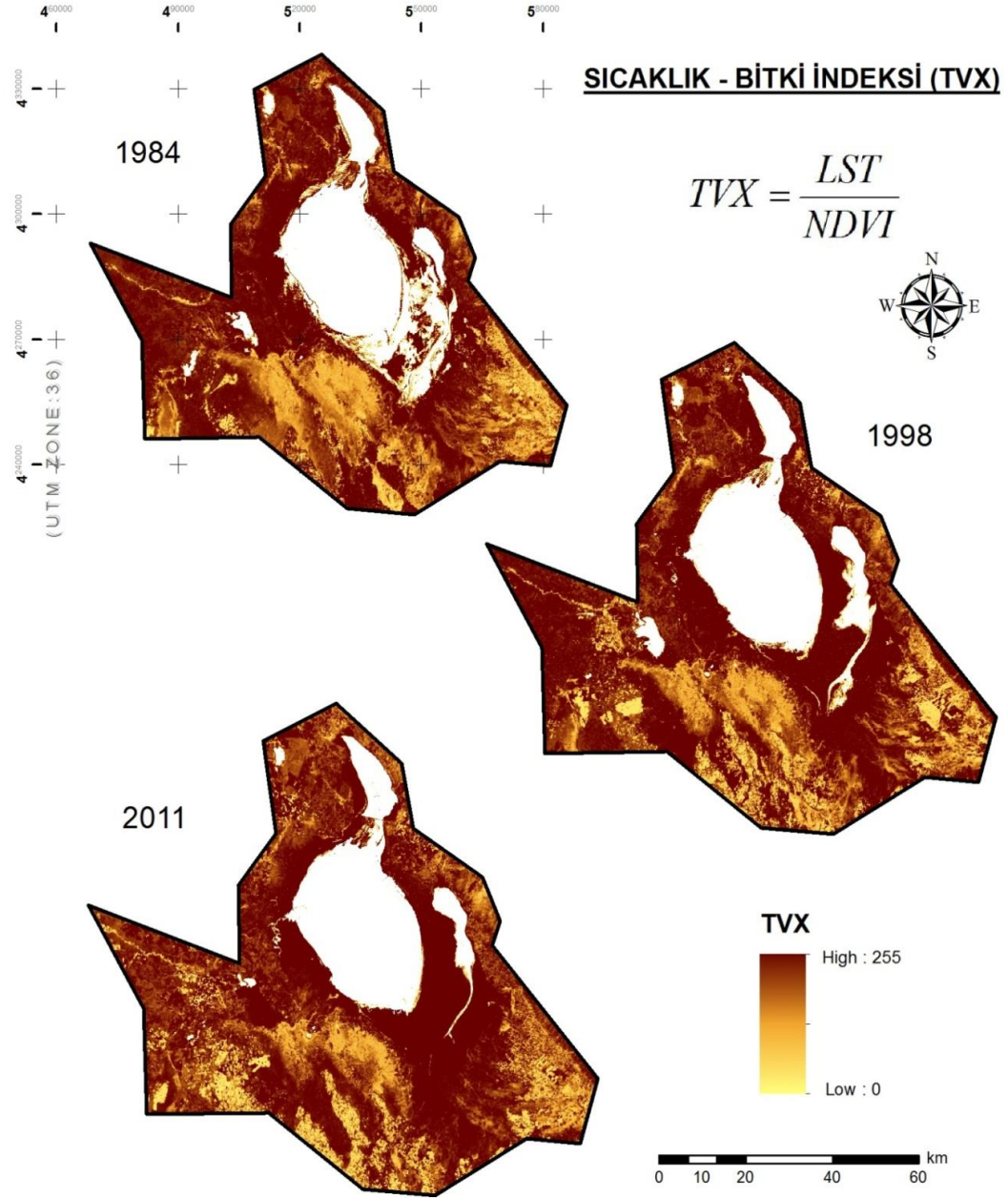
Tuz Gölü'nün güneyindeki bazı bölgelerde fark değerlerinin negatif olduğu görülmektedir. Bu bölgeler, 2000'li yıllardan sonra tarımsal alan olarak kullanılmaya başlanmış olup Ağustos ayında yeraltı suları ile sulandığı (toprak nemli olduğu) için 1984 yılına göre 2011 yılında daha soğukturlar. Dolayısıyla da farklar negatif çıkmaktadır. Tarımsal faaliyetler, maksimum sıcaklık değerlerini düşürmektedir.



Şekil 8. 24. Havzaya ait çok zamanlı BDİ haritaları

1984'ten 2011'e kadar birçok kuru toprak alanı tarımsal alana dönüşmüştür. Şekil 8.25. ve Şekil 8.26.'de elde edilen indeks haritaları üzerinde önemli bilgiler sunmaktadır. Değişen ve oluşan tarımsal alanlar SBİ üzerinde Şekil 2.5.'de gösterilmektedir. 1984'te, SBİ haritasında sağ-alt köşede görünen açık alanlar az-yoğun bitki örtüsüne ve yüksek sıcaklığa sahiptir.

Tarımsal alanların artışı ile birlikte açık alanlar tarımsal alanlara dönüşmüştür. 1984'ten 2011'e kadar AYS ve bitki örtüsü değişimi çok açıktır. Açık alanlara kıyasla tarımsal alanlardaki sıcaklık değerleri fark edilebilir derecede düşüktür.



Şekil 8. 25. Havzaya ait çok zamanlı SBİ haritaları

8.7. KKH'ndaki Yeraltı Su Seviyelerindeki Değişimlerin Tuz Gölü'ne Etkilerinin Araştırılması

Tez kapsamında KKH'nda 7 adet alt havzada bulunan toplam 14 gözlem kuyusuna ait veriler Devlet Su İşleri'nden temin edilmiştir. Verilerin 3 istasyon için 1969-2012

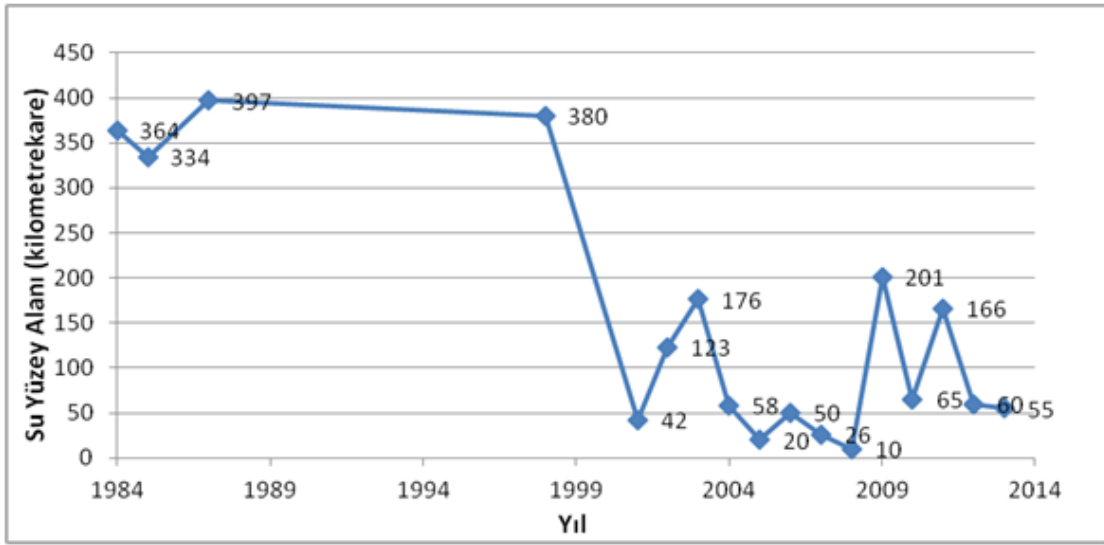
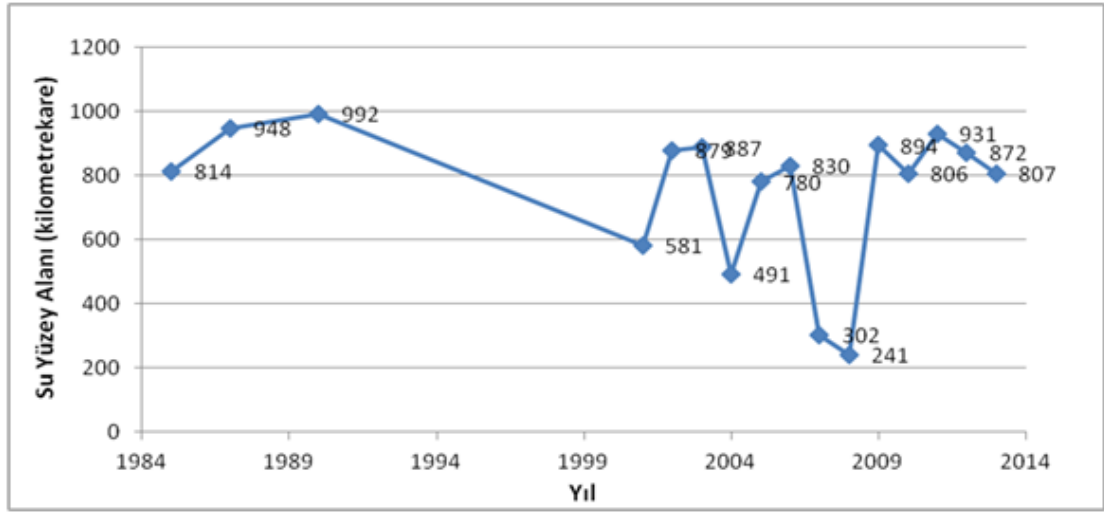
dönemi, 6 istasyon için 1975-2012 dönemi ve 14 istasyon için 2002-2012 dönemi mevcuttur. Veriler sulama sonrası Mayıs ve Eylül ayı ölçümlerini kapsamaktadır. Bu veriler kullanılarak seviye değişimleri ile Tuz Gölü arasındaki korelasyonlar incelenmiştir.

8.7.1. Uydu görüntüleri

Tuz Gölü su yüzey alanlarının 1984 ve 2013 yılları (Mayıs, Eylül) arasındaki değişiminin belirlenmesi aşamasında Landsat-5 TM ve Landsat-7 ETM görüntüleri kullanılmıştır (Çizelge 8.3.). Toplam 33 adet tam çerçeve uydu görüntüsünün kullanıldığı çalışma esnasında su yüzey alanları, uydu görüntüleri üzerinden görsel olarak (manuel) sayısallaştırma yöntemi ile belirlenmiştir. Özellikle 2003 yılında arızalandıktan sonra görüntüleri hatalı şeritler içeren Landsat-7 görüntülerinden, otomatik veri çıkarımının sağlıklı olmayacağı düşünülerek otomatik sayısallaştırma yöntemi (vektörizasyon) yerine manuel sayısallaştırma yöntemi tercih edilmiştir. Uydu görüntülerinin sayısallaştırması ile elde edilen Tuz Gölü su yüzey alanlarına ait detaylar Şekil 8.27.'de verilmektedir.

Çizelge 8. 3. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri

UYDU	YIL	AY	
		MAYIS	EYLÜL
Landsat-5	1984	-	11.Eylül.1984
Landsat-5	1985	09.Mayıs.1985	13.Ağustos.1985
Landsat-5	1987	15.Mayıs.1987	04.Eylül.1987
Landsat-5	1990	15.Mayıs.1990	-
Landsat-5	1998	-	02.Eylül.1998
Landsat-7	2001	29.Mayıs.2001	18.Eylül.2001
Landsat-7	2002	24.Mayıs.2002	05.Eylül.2002
Landsat-5	2003	03.Mayıs.2003	16.Eylül.2003
Landsat-7	2004	21.Mayıs.2004	26.Eylül.2004
Landsat-7	2005	08.Mayıs.2005	13.Eylül.2005
Landsat-7	2006	11.Mayıs.2006	24.Eylül.2006
Landsat-5	2007	14.Mayıs.2007	11.Eylül.2007
Landsat-5	2008	01.Haziran.2008	05.Eylül.2008
Landsat-5	2009	19.Mayıs.2009	25.Eylül.2009
Landsat-5	2010	31.Mayıs.2010	03.Eylül.2010
Landsat-5	2011	25.Mayıs.2011	15.Eylül.2011
Landsat-7	2012	04.Mayıs.2012	16.Eylül.2012
Landsat-7	2013	07.Mayıs.2013	03.Eylül.2013



Şekil 8. 26. Tuz Gölü su yüzey alanlarının 1984 ve 2013 yılları arasındaki değişimi (birimler km²'dir)

8.7.2. Hidrolojik veriler

Çalışmada kullanılan veriler yer altı suyu seviye verilerini kapsamaktadır. KKH'nda 7 adet alt havzada bulunan toplam 14 gözlem kuyusuna (Çizelge 8.4.) ait veriler Devlet Su İşleri'nden temin edilmiştir. Gözlem kuyularının konumları Şekil 6.2.'de gösterilmektedir. Veriler 3 istasyon için 1969-2012 dönemi, 6 istasyon için 1975-2012 dönemi ve 14 istasyon için 2002-2012 dönemi için mevcuttur. Veriler Mayıs ve Eylül ayları ölçümlerini kapsamaktadır. Bu yönüyle sulama sezonu öncesi ve sonrasına ait seviyeleri göstereceği düşünülmektedir.

Tez kapsamında Tuz Gölü su yüzey alanları ile YAS verilerinin mayıs ve eylül değerlerinin arasındaki ilişkiler korelasyon analizleri ile incelenmiştir.

Çizelge 8. 4. Çalışmada kullanılan kuyuların numaraları, adları, bağlı oldukları il ve ilçeleri ile özellikleri

KUYU NO	ADI	İLİ	İLÇESİ	Z
52770	Doğanbey	Konya	Beyşehir	1220.5
49340	Taşgıl	Konya	Seydişehir	1100
9431	Alibeyhüyüğü	Konya	Çumra	1026.8
9434	Hatip	Konya	Meram	1044.5
13314	Akçaşehir	Karaman	Merkez	1034.8
17171	Eminler	Karaman	Merkez	1011.9
33088/A	Bahçeli	Niğde	Bor	1147
9749/A	Yenizengen	Konya	Ereğli	1051.9
220	Gülfet Yaylası	Konya	Karapınar	1024
35735	Eşmekaya	Aksaray	Eskil	1015
221	Tutup	Konya	Selçuklu	988
30638	Altınekin	Konya	Merkez	981
53704	Sığırcık	Konya	Cihanbeyli	992.3
53707	Kulu	Konya	Merkez	997.2

8.7.3. Korelasyon Analizi

8.7.3.1. Mayıs ayı için Tuz Gölü yüzey alanları ile yer altı suyu seviyeleri arasındaki korelasyonlar

Mayıs ayı için Tuz Gölü yüzey alanları ile yer altı su seviyeleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları Çizelge 8.5.'de verilmiştir. Korelasyon analizlerinde yer altı su seviyesi ve Tuz Gölü yüzey alanları arasında genel olarak pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle yer altı suyu seviyeleri artarken Tuz Gölü yüzey alanı genişlemekte, yer altı suyu seviyeleri azalırken Tuz Gölü yüzey alanı daralmaktadır. Ancak yüzey alanları ve yeraltı suyu seviyeleri arasındaki ilişki zayıf olarak nitelendirilebilecek bir düzeydedir. Yer altı suyu seviyesi ve göl yüzey alanı arasında en güçlü ilişki 33088/A numaralı gözlem kuyusunda 0.53 korelasyon katsayısı ile gerçekleşmiştir. 14 farklı gözlem kuyusu için hesaplanan korelasyon katsayılarının ortalaması ise 0.17 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 8. 5. Mayıs ayı için Tuz Gölü yüzey alanları ile yer altı suyu seviyeleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları

KUYU NO	KORELASYON KATSAYISI	KUYU NO	KORELASYON KATSAYISI
52770	0.09	9749/A	0.13
49340	0.29	220	0.24
9431	0.27	35735	-0.25
9434	0.35	221	0.24
13314	0.23	30638	-0.19
17171	0.23	53704	-0.16
33088/A	0.53	53707	0.37

8.7.3.2. Eylül ayı için Tuz Gölü yüzey alanları ile yer altı suyu seviyeleri arasındaki korelasyonlar

Eylül ayı için Tuz Gölü su seviyeleri ile yer altı su seviyeleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları Çizelge 8.6.'de verilmektedir. Korelasyon analizlerinde yer altı suyu seviyesi ve Tuz Gölü yüzey alanı arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Eylül ayı için tespit edilen korelasyon katsayıları Mayıs ayı değerlerine göre daha yüksektir. Yer altı suyu seviyesi ve göl yüzey alanı arasında en güçlü ilişki 221, 9434 ve 13314 numaralı gözlem kuyularında 0.73 ve 0.72 korelasyon katsayısı ile gerçekleşmiştir. 14 farklı gözlem kuyusu için hesaplanan korelasyon katsayılarının ortalaması ise 0.48 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 8. 6. Eylül Ayı için Tuz Gölü yüzey alanları ile yer altı suyu seviyeleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları

KUYU NO	KORELASYON KATSAYISI	KUYU NO	KORELASYON KATSAYISI
52770	0.14	9749/A	0.62
49340	0.29	220	0.72
9431	0.67	35735	0.17
9434	0.72	221	0.73
13314	0.72	30638	0.40
17171	0.69	53704	-0.02
33088/A	0.58	53707	0.30

KKH'nda ölçülmüş yer altı suyu seviyeleri ve Tuz Gölü yüzey alanları arasında hem Mayıs hem de Eylül ayı için pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Tespit edilen ilişkiler Eylül ayı için daha güçlüdür. Bu durumun sebebi olarak yaz ayları boyunca yeraltı

sularının daha yüksek oranda kullanılması ve yine bu aylar boyunca yağış az olduğu için Tuz Gölü'nün yeraltı suyu ile beslenmesinin daha önemli olması gösterilebilir. Eylül ayında bu etkilerin toplu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu sonuçlar yer altı suyu seviyelerindeki azalmanın göl yüzey alanlarında görülen daralmanın nedenlerinden biri olabileceğini göstermiştir.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Konya Kapalı Havzası(KKH)'nda 1984 ve 2011 yılları arasındaki kuraklık etkisini ölçmek için bölgedeki Arazi Yüzey Sıcaklığı, Bitki - Durum, Sıcaklık-Bitki Durum indeksleri, KKH'nın genelini kapsayan en uzun veri setlerine sahip olan meteoroloji istasyonları ve Standart Yağış İndeksi, YAS verileri kullanılarak Havza'nın yer altı su seviyesi, YAS verileri ile Tuz Gölü arasındaki ilişki KKH ve Tuz Gölü Alt Havzası için ayrı ayrı irdelenmiştir.

AYS değerleri 1984, 1989, 1998, 2003, 2007 ve 2011 yılları Ağustos ayı Landsat-5 TM görüntüleri kullanılarak elde edilmiştir. AYS ile yersel sıcaklık ölçmelerini ilişkilendirmek amacıyla eş-zamanlı arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Analiz edilen hava sıcaklığı, yağış ve buharlaşma verileri Havza'daki 10 adet meteorolojik istasyondan toplanmıştır. Sonuçlar eş-zamanlı AYS ve uydu uzaktan algılama verisinin uyum içerisinde olduğunu göstermiştir ($R^2=0.90$). AYS değerleri, Havza'da 1984'den 2011'e kadar arazi yüzey sıcaklığında kayda değer değişim meydana geldiğini göstermiştir. Değişimler yaklaşık 2°C civarındadır ve 2007 yılı Havza genelinde en yüksek AYS değeri olan yıldır.

AYS verisinden elde edilen bulgular, iklim verisinin analizi ile elde edilen sonuçları desteklemektedir. 1984'den 2011'e kadar Havza'daki hava sıcaklıkları önemli değişiklikler göstermiştir. Hava sıcaklığındaki eğilimler yükseliş yönündedir ve 28 yıllık periyot boyunca 2°C civarındadır. Bu bulgular AYS verisinin analizinden elde edilen farklarla oldukça benzerdir. Buharlaşmadaki eğilimler genellikle yağışta belirlenen eğilimlerden daha güçlüdür. Ağustos ayı için hem hava sıcaklığı hem de buharlaşma eğilimlerinin yıllık verilerden daha güçlü olduğu belirlenmiştir (Ekercin vd., 2013).

AYS değerlerinin 1984 ve 2011 yılları arasında iklim değişiklikleri ve arazi kullanım/değişim ile ilişkili olabileceği görülmüştür. AYS'nin bitki örtüsü yoğunluğu ile güçlü bir negatif bağı ve kentsel bölgeler gibi dayanıklı alanlarla pozitif bağı olduğu bilinmektedir. Başka bir deyişle, bitki örtüsü yoğunluğundaki düşüş ya da artış AYS'nin artışına sebep olabilir. İklim kayıtlarının analizine dayanarak hava sıcaklığındaki artış ve muhtemel buharlaşma, bölgede su sıkıntısına neden olmaktadır.

Landsat 5 TM ve Landsat 7 ETM uydu verileri kullanılarak SBİ, AYS ve BDİ gibi indeksler hesaplanmıştır. İndekslerin analizleri ve yapılan arazi kullanım haritaları 1984'ten 2011'e kadar birçok kuru toprak alanının tarımsal alana dönüştüğünü göstermiştir. Açık alanlara kıyasla tarımsal alanlardaki sıcaklık değerleri fark edilebilir derecede düşüktür. Ayrıca 1984 yılına göre 2011 yılında toprak neminin daha az ve kuraklık etkisinin daha fazla olduğu açıkça görülmektedir.

Standart Yağış İndeksi sonuçlarına göre 1975 yılından bu yana bölgedeki kuraklığın arttığı gözlenmektedir. Genellikle 1975-2000 yılları arasında yarı nemli iklim özelliği gösteren birçok istasyon 2000 yılından sonra kurak döneme geçmiştir. Havza'da meteorolojik kuraklık belirli periyotlarla kendini göstermektedir. Son yıllardaki yağışlardaki artış bölgenin nefes almasını sağlamış olsa da yeni bir kurak dönemin gelmesi muhtemeldir.

Havza genelinde 2012 DSİ 4. Bölge Müdürlüğü'nce yapılan "Kuyu Envanter Tespitleri" ile "Revize Hidrojeolojik Etüd" çalışması sonucunda, bölgede 93 bin civarında kuyu olduğu tespit edilmiştir ve bu kuyuların da %70'lik kısmının kaçak olduğu saptanmıştır. 14 gözlem kuyusu verilerine bakıldığında kuyuların genelinde su seviyesinde aşırı düşüş olduğu gözlenmiştir. Özellikle bazı kuyularda son 10 yıl içinde su seviyesinde dramatik şekilde azalma olduğu saptanmıştır. Son 10 yıllık periyot incelendiğinde Havza'nın orta yani tarımcılığın en fazla yapıldığı bölgelerinde en fazla azalmanın olduğu, bundan dolayı bu seviye düşüşlerinin yer altı suyunun tarım faaliyetlerinde kullanılmasından kaynaklandığı söylenebilir. Son yıllardaki yağış-sıcaklık verilerine bakıldığında sıcaklığın yüksek, yağış oranının az olduğu dönemlerde yer altı suyu kullanımı ve bölgede sulu tarım ürünlerinin olması bu düşüşü desteklemektedir.

Yapılan çalışmalar neticesinde Havza'nın giderek kuraklaştığı, kurak iklim özelliği taşıyan bir havza haline geldiği görülmektedir. Zaten su azlığı çeken bir bölge iken gerekli tedbirlerin alınmaması halinde bu su azlığı daha fazla hissedilir hale gelecektir.

Tuz Gölü su seviyeleri ile yeraltı suyu seviyelerindeki değişimlerin de orta düzeyde ilişkili olduğunu saptanmıştır. Bu durum su seviye değişimlerinin birden fazla faktöre bağlı olabileceğini, hem iklimsel değişimlerin hem de yer altı suyu seviyelerinin Tuz Gölü seviyesindeki ve yüzey alanındaki değişimlere neden olduğunu göstermektedir.

KKH'nda sulanan alanlarda serin iklim tahılları, şeker pancarı, mısır, fasulye, sebze, ayçiçeği, yonca ve diğer bitkiler yetiştirilmektedir. Havzada çiftçiler tarafından sulama ihtiyacı fazla olan ürünlerin yetiştirildiği genel olarak bilinmektedir. Ayrıca Havza'daki bilinçsiz ve vahşi sulama bölgede hala devam etmektedir. Bu da ihtiyaç duyulan su miktarının aşılmasına neden olmaktadır. Bu yüzden bölgede çiftçilerin kuru tarıma geçişini sağlayacak adımların atılması, çiftçilerin sulama ve tarım ürünleri hakkında bilinçlendirilmesi Havza'nın geleceği için önem arz etmektedir.

Doğal Hayatı Koruma Vakfı tarafından yapılan bir çalışmada KKH'nın 50 yıl sonrası (2030 yılı) için şu ön görülerde bulunmaktadır;

2030'lu yılların sonlarından itibaren Havza'da sıcaklıkların 4-6 derece artması ve yağışların yüzde 20-30 oranında azalması beklenmektedir. Bunun bir sonucu olarak KKH'nda önümüzdeki 50 yılda yüzey suyunda yüzde 65, yer altı suyunda yüzde 54 azalma olacağı ve Havza'daki toplam kullanılabilir su miktarında yüzde 56 azalma olacağı öngörülmektedir. Konya'da mevcut sulanan alanların sulanabilmesi için salma sulama yöntemi ile verilmesi gereken su miktarının 3 milyar 75 milyon metreküp olduğu vurgulanan raporda, bu miktarın basınçlı sulama sistemlerinde yaklaşık 2 milyar 63 milyon metreküpe düştüğü kaydediliyor. Bu bulguların mevcut sulama alışkanlıklarının değişmesi sonucunda oluşabilecek su tasarrufu hakkında oldukça önemli bir başlangıç noktası olduğu da ifade edilen raporda, Havza'da su ilavesi yapmadan ürün desenine bağlı olarak sadece sulama yöntemini değiştirmekle yağmurlama yöntemi kullanılırsa yaklaşık yüzde 60-70, damla sulama yöntemi kullanılırsa %75-85 oranında su tasarrufu sağlanabileceği belirtilmektedir.

KKH Türkiye'nin tahıl ambarı ve konumundan dolayı çok büyük önem arz etmektedir. Havza Türkiye'nin %14'lük tarım için elverişli arazi varlığını karşılamaktadır. Ve buna ek olarak Türkiye'nin %2.5'lik su kaynağına sahiptir. Tez kapsamında yapılan genel çalışmalara bakıldığında 2011 yılı ve günümüze kadar gelen dönemde bu kötü gidişatı önlemek veya azaltmak için insanlar tarafından yapılan herhangi bir etkili eylem görülmemiştir. İnsanlar kuraklaşmayı kaderine bırakmışlar, sadece günü kurtarma düşüncesine kapılmışlardır. Bu çalışmada KKH'ndaki kuraklığın geçmişten günümüze hangi noktaya geldiğini bilimsel temellere dayandırılarak gösterilmeye çalışılmış ve KKH'nın kuraklık sorunu için gözlemler yapılarak çözüm önerileri bu bağlamda sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Amiri B., Fathian M., ve Maroosi A., 2009. Application of shuffled frog-leaping algorithm on clustering, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 45(1-2), 199-209.
- Anonim, 2002. Harran Ova'sındaki Arazi Örtüsü Değişikliklerinin Uzaktan Algılama Teknikleri ile Belirlenmesi Pilot Projesi. Başbakanlık Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı.
- Anonymous, 2001. Climate Change, Intergovernmental Panel on Climate Change, UNEP, WMO, Meeting the Urban Challenge, population Reports, Series M, Number 16.
- Arnold Jr., Chester, L. ve Gibbons, C.J., 1996. Impervious surface coverage: The emergence of a key environmental indicator, *Journal of the American Planning Association*, 62, 243-258.
- Bajgiran P. R., Darvishsefat A. A., Khalili A. ve Makhdoum, M. F., 2009. Using AVHRR-based vegetation indices for drought monitoring in the Northwest of Iran, *Journal of Arid Environments*, 72(6), 1086-1096.
- Başar U.G., 2008. Uzaktan Algılama verileri kullanılarak istanbul'da isi adalarinin zamansal analizi. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Bilişim Enstitüsü, İstanbul.
- Bhuiyan C., Singh, R. P. ve Kogan F. N., 2006. Monitoring drought dynamics in the Aravalli region (India) using different indices based on ground and remote sensing data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8, 289-302.
- Cahoon D. R., Hensel P. F., Spencer T., Reed D. J., Mckee K. L. ve Samtilan N., 2006. Coastal wetland vulnerability to relative sea-level rise: Wetland Elevation Trends And Process Controls, *Wetlands and natural resource management. Ecological studies 190*. Springer, New York. xxii, 271-292.
- Campbell J. B., 1987. *Introduction to remote sensing*, Guilford Press. New York.
- Campbell J. B., 1996. *Introduction to remote sensing (2. baskı)*. New York: The Guilford Press.
- Canagaratna M.R., Zhang Q., Jimenez J.L., Tian J., Ulbrich I.M., Kroll J.H., Docherty, K.S., Chhabra P.S., Bahreini R., Murphy S.M., Seinfeld J.H., Hilderbrandt, L., DeCarlo, P.F., Lanz, V.A., Prevot, A.S.H., Dinar, E., Rudich, Y. ve Worsnop, D.R., 2010. organic aerosol components observed in Northern Hemispheric Datasets from Aerosol Mass Spectrometry, *Atmos. Chemical Physical*, 10, 4625-4641.
- Carlson T. N., Augustine J. A. ve Boland F. E., 1977. Potential application of satellite temperature measurements in the analysis of land use over urban areas. *Bulletin of the American Meteorological Society* 58 1301–1303.

- Carnahan W.H. ve Larson, R.C., 1990. An analysis of an urban heat sink, *Remote Sensing of Environment*, 33:65–71.
- Civco D.L., Hurd, J.D., Arnold, C.L. ve Prisloe, S., 2000. Characterization of Suburban Sprawl and Forest Fragmentation Through Remote Sensing Applications, *International Journal of Remote Sensing*.
- Coll J. Tomasello, M., Carpenter, M., Call, J., Behne, T., ve Moll, H., 2005. Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition *Behavioral and brain sciences*, 28(05), 675-691
- Croxall J. P., McCann, T. S., Prince, P. A., ve Rothery, P., 1988. Reproductive performance of seabirds and seals at South Georgia and Signy Island, South Orkney Islands, 1976–1987: implications for Southern Ocean monitoring studies, In *Antarctic Ocean and resources variability* (pp. 261-285). Springer Berlin Heidelberg.
- Doğdu M.Ş., Toklu, M.M., ve Sağnak, C., 2007. Konya kapalı havzasında yağış ve yeraltısuyu seviyelerinin irdelenmesi, 1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi.
- Durduran S. S. 2010. "Coastline change assessment on water reservoirs located in the Konya Basin Area, Turkey, using multitemporal landsat imagery", *Environmental Monitoring and Assessment*, 164, 453-461.
- Ekercin S., 2007. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonu ile tuz gölü ve yakın çevresinin zamana bağlı değişim analizi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ekercin S., Orhan, O., Topaloğlu, R.Hale., 2013. Landsat-5 uydu verileri ve eş zamanlı yersel sıcaklık ölçmeleri ile konya kapalı havzasındaki arazi yüzey sıcaklığı değişimlerinin araştırılması, *Ulusal Köp Bölgesel Kalkınma Sempozyumu*, Konya.
- Falahatkar S., Hosseini, S. M. ve Soffianian, A. R., 2011. The relationship between land cover changes and spatial-temporal dynamics of land surface temperature. *Indian Journal of Science and Technology*. 4 (2), 76-81.
- FAO, 2000. *Crops and drops: making the best use of water for agriculture*. (Advance Edition) ISBN 92-5-104382-5
- FAO, 2000. Drought impact mitigation and prevention: long-term perspective. twenty-first fao regional conference for africa. Yaounde, Cameroon 21-25 Feb.
- Franca G. B. ve Cracknell, A. P., 1994. Retrieval of land and sea surface temperature using NOAA- 11 AVHRR data in north-eastern Brazil, *International Journal of Remote Sensing*, 15, 1695-1712.
- Ghulam A., Qin Q., Kusky T. ve Li Z.L., 2008. A re-examination of perpendicular drought indices. *International Journal of Remote Sensing*, 29, 6037–6044.

- Glaze L., Francis P., Self S., Rothery D., 1989. The September 16, 1986 eruption of Lascar Volcano, northern Chile, Satellite investigations, *Bull Volcanol* 51,149–160
- Gupta R. K., Prasad, S., Sesha, M.V.R. ve Viswanadham, T.S., 1997. The estimation of surface temperature over an agricultural area in the state of haryana and punjab, india, and its relationship with normalized difference vegetation index (ndvi) using noaa-avhrr data. *International Journal of Remote Sensing*, 18(18), 3729-3741. DOI: 10.1080/014311697216586.
- Guthridge G., 1998. Two reasons why water resources and traditional rain-fed farming in west africa have declined. *Israel Archuleta*, DEVS 104 : College Communications.
- Hada S., Ichikawa, S., Sugimoto, Y., ve Urai, Y., 2000. Washington DC, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Patent No. 6,157,294.
- Harry H., Hendon, Eun-Pa L. ve Guo L., 2012. The role of air–sea interaction for prediction of australian summer monsoon rainfall. *Journal of Climate* 25:4, 1278-1290.
- Hu L., Dai, S., Weng, J., Xiao, S., Sui, Y., Huang, Y., ve Wang, K., 2007. Microstructure design of nanoporous TiO₂ photoelectrodes for dye-sensitized solar cell modules, *The Journal of Physical Chemistry B*, 111(2), 358-362.
- Hung T., Uchihama, D., Ochi, S. ve Yasuoka, Y., 2006. Assessment with satellite data of the urban heat island effects in Asian mega cities. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8, 34–48.
- IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change) 1996 *Climate change 1995. The science of climate change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jain S. K., Keshri, R., Goswami, A., Sarkar, A., ve Chaudhry, A., 2009. Identification of droughtvulnerable areas using NOAA AVHRR data, *International Journal of Remote Sensing*, 30(10), 2653-2668.
- Ji M. H. ve Jensen, J. R., 1999. Effectiveness of subpixel analysis in detecting and quantifying urban imperviousness from Landsat Thematic Mapper imagery. *Geocarto International*, 14(4), 31-39.
- Johson M., 1998. Low water use and drought –tolerant plants. arizona dept. of water resources tucson active management area., City of Tucson, Pima County.
- Jian J. ve Tian, G., 2010. Analysis of the impact of Land use/Land cover change on Land Surface Temperature with Remote Sensing, *Procedia Environmental Sciences*, 2,2010, 571-575.
- Joshi J.P. ve Bhatt, B., 2012. Estimating temporal land surface temperature using remote sensing: a study of vadodara urban area, Gujarat, *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences*, 2, 1, 123-130.

- Kemal Ö., 2002. Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri, G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi 22, 1,47-65.
- Kantarci M.D., 2006. Effects of climate change and aridity on Ergene river basin water productivity, International Conference on Climate Change and Middle East, Past, Present and Future, Turkey, 246-258.
- Kapluhan E., 2013. Türkiye'de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi, Marmara Coğrafya Dergisi. İstanbul, 27,487-510,1303-2429
- Kogan F. N., 1995. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar orbiting satellite data, Bull. Am. Meteorol. Soc., 7, 655–668.
- Kogan F.N., Gitelson, A., Edige, Z., Spivak, I. ve Lebed, L., 2003. AVHRR-based spectral vegetation index for quantitative assessment of vegetation state and productivity: calibration and validation. Photogramm. Eng. Remote Sens. 69 (8), 899–906.
- Kogan F. N. 1995. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar orbiting satellite data, Bull. Am. Meteorol. Soc., 7, 655–668.
- Kömüşçü A.Ü., 2001. An Analysis of recent drought conditions in Turkey in relation to circulation patterns.
- Lambin E. F., ve Ehrlich, D., 1995. Combining vegetation indices and surface temperature for land-cover mapping at broad spatial scales, Remote Sensing. 16,3,573-579.
- Li L., 2005. Application of multiple endmember spectral mixture analysis (MESMA) to AVIRIS imagery for coastal salt marsh mapping, a case study in China Camp, USA, International Journal of Remote Sensing 26:5193–5207.
- Mallick K., Jarvis, A., Fisher, J. B., Tu, K. P., Boegh, E., ve Niyogi, D., 2013. Latent heat flux and canopy conductance based on Penman–Monteith and Bouchet's complementary hypothesis. Journal of Hydrometeorology, 14,419–442.
- McFeeters S.K., 1996. The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, 17,1425–1432.
- McKee T. B., Doesken, N. J., ve Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, Boston, MA: American Meteorological Society, 17, 22, 179-183.
- McVicar T. R., ve Jupp, D. L., (1998). The current and potential operational uses of remote sensing to aid decisions on drought exceptional circumstances in Australia: a review, Agricultural systems, 57(3), 399-468.
- Merry J.C., 2004. Unpublished class notes. Department of Civil, Environmental, and Geodetic Engineering, Ohio State University.

- Milder J. C., 2008. Unpublished notes of aster processing method. Cornell University, 10 s.
- Mohan G. ve Stokke, K., 2000. Participatory development and empowerment: the dangers of localism, *Third world quarterly* 21,2,247-268.
- Muthumanickam D., Kannan, P., Kumaraperumal, R., Natarajan, S., Sivasamy, R. ve Poongodi, C., 2011. Drought assessment and monitoring through remote sensing and GIS in western tracts of Tamil Nadu, India, *International Journal of Remote Sensing*, 32, 18, 5157-5176.
- Nurten E. K., 2012. Bölgesel araştırma raporları serisi, TR52 Bölgesi (Konya Karaman) Kuraklık İndeksi.
- Orhan O., Ekercin, S., Dadaser-Celik, F. 2013. Use of Landsat land surface temperature and vegetation index products for monitoring drought in Salt Lake Basin Area, Turkey. *The Scientific World Journal*, 2014,11. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/142939>.
- Özesmi S. L. ve Bauer, M.E., 2002. Satellite remote sensing of wetlands, *Wetland Ecology and Management*, 10, 381-402.
- Özlü H., 2007. Kuraklık ve su yönetimi. iklim değişimi ve su ekonomisi paneli, G. Ü.Bilim ve Teknoloji Stratejileri Araştırma ve Geliştirme Merkezi, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Quin Q., Ghulam, A., Zhu, L., Wang, L. ve Li, J., Nan, P., 2008. Evaluation of MODIS derived perpendicular drought index for estimation of surface dryness over northwestern China. *International Journal of Remote Sensing*, 29, 7, 1983–1995.
- Rajasekar U. ve Weng, Q., 2009. Spatio-temporal modeling and analysis of urban heat islands by using Landsat TM and ETM+ imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 30, 3531-3548.
- Rodriguez-Galiano VF., Ghimire B., Rogan J., Chica-Olmo M. ve Rigol-Sanchez JP., 2012. An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 67:93–104
- Schnieder K. ve Mauser, W., 1996. Processing and accuracy of Landsat Thematic Mapper data for lake surface temperature measurement, *International Journal of Remote Sensing*, 17,2027-2041.
- Seckler D., Upali, A., David M., Radhika,S. ve Randolph B., 1998. World water demand and supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues. Research Report 19. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Sertel E., Örmeci, C., 2009. Uzaktan algılama verilerini iklim iliminde kullanım olanakları, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

- Singh R. P., Roy, S. ve Kogan, F., 2003. Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India. *International Journal of Remote Sensing*, 24, 4393-4402.
- Sobrino J. A., Jimenez-Munoz, J. C., El-Kharraz, J., Gomez, M., Romaguera. M. ve Soria, G., 2004. Single-channel and two-channel methods for land surface temperature retrieval from DAIS data and its application to the Barrax site, *International Journal of Remote Sensing*, 25, (1), 215-230.
- Solomon S., 2007. Climate change 2007-the physical science basis, Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC (Vol. 4). Cambridge University Press.
- Sun W., Wang, P. X., Zhang, S. Y., Zhu, D. H., Liu, J. M., Chen, J. H. ve Yang, H. S. 2008. Using the vegetation temperature condition index for time series drought occurrence monitoring in the Guanzhong Plain, PR China, *International Journal of Remote Sensing*, 29, 5133-5144.
- Şen Z., 2003. Su bilimi ve yöntemleri, Su Vakfı Yayınları , İstanbul, s 265 – 285.
- Thakur J.K., Srivatava, P.K.,Singh, S.K. ve Vekerdy, Z., 2011. Ecological monitoring of wetlands in semi-arid region of Konya closed Basin, Turkey, *Regional Environmental Change*, 12,1 133-144.
- Tokgöz N. ve Kantarcı, M., 2001. The effect of so2 pollution on forest in turkey originated from coal consumption at east - central - south european countries, *Journal of Environmental Protection And Ecology*, 2,402-405.
- Türkeş M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G., 2000. Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları , İstanbul Sanayi Odası, 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- Türkeş M. 2000. Küresel ısınma, iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ve kyoto protokolü, 6. Uluslararası Kojenerasyon ve Çevre Konferansı ve Sergisi Bildiriler Kitabı, 147-162, Cogen Europe ve Cogen Association, İstanbul.
- Tülücü K., 1997. Su kaynaklarının sulanması. Ç.Ü.Ziraat Fak. Ders Kitapları Yayın No 53, Adana.
- Tülücü K., 1984. Çukurova iklim koşullarında çeşitli kültür bitkileri için tarımsal kuraklık ve sulama sayısı olasılıkları 1. Kuramsal Esaslar. Doğa Bilim Dergisi Seri D2, Cilt 8 sayı1.
- Tülücü K., 1985. Çukurova iklim koşullarında çeşitli kültür bitkileri için tarımsal kuraklık ve sulama sayısı olasılıkları üzerinde çalışmalar (2.kısım). Doğa Bilim Dergisi Seri D2, 9, 3.
- Tülücü K., 1985. Tarımsal sulamada kısıtlı su uygulaması su-üretim fonksiyonu kavramı ve kaynakların en iyi kullanımı. Doğa Bilim Dergisi Seri D2, Cilt 9 Sayı 1.

- Tülücü K., 2001. Kurak arazilerde tarımsal su yönetimi, kuraklık etkilerinin azaltılmasında kurağa dayanıklı bitki çeşit islahi ve kurak koşullarda yetiştirme tekniği konulu toplu tartışma kitabı (TEMA VAKFI), ANAKARA, 35-44.
- Verhoeven J.T.A., Beltman, B., Bobbink, R.ve Whigham, D.F., 2006. Wetlands and natural resource management. ecological studies, Volume 190. Springer- Verlag, Berlin, Germany
- Voogt J. A., Oke, T.R., 2003. Thermal remote sensing of urban climates. Remote Sensing of Environment 86 370–384. Doi: 10.1016/S0034-4257(03)00079-8.
- Wang C., Qi S., Niu Z. ve Wang J., 2004. Evaluating soil moisture status in China using the temperaturevegetation dryness Index (TVDI), Canadian Journal of Remote Sensing, 30(5), p.671-679.
- Ward D., Phinn, S. R. ve Murry, A. T., 2000. Monitoring growth in rapidly urbanized areas using remotely sensed data, Professional Geographer, 52 (3), 371-386.
- Wilhite Donald A., 1992. Preparig for Drought: A guidebook for developing countries. Department of Agricultural Meteorology Uni.of Nebraska, 68583-0728,USA
- Yang, X. ve Lo, C. P., 2000. Relative radiometric normalization performance for change detection from multi-date satellite images, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 66, 967-980.
- Yuan F., Sawaya, K. E., Loeffelholz, B. C. ve Bauer, M. E., 2005. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing, Remote Sensing of Environment, 98, 317-328.
- Yue W., Xu, J., Tan, W. ve Xu, L., 2007. The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat 7 ETM+ data, International Journal of Remote Sensing, 28, 15, 3205-3226.
- URL-1, <http://www.eie.gov.tr>, 18 Mart 2014.
- URL-2, web.ogm.gov.tr/diger/iklimSayfalar/%C4%B0klimDe%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9FiNedir.aspx, 20 Mart 2014.
- URL-3, www.turkcebilgi.org/cografya/genel-cografya/iklim-degisikligi-31851_3.html, 25 Mart 2014.
- URL-4, <http://www.wwf.org.tr>, 31 Mart 2014.
- URL-5, <http://turkiyeiklim.wordpress.com>, 05 Nisan 2014.
- URL-6, <http://www.arcasoy.com/tr/urunler.html#LANDSAT>, 12 Nisan 2014.
- URL-7, <http://rsgis.home.uludag.edu.tr/UYDUbilgi.html#TERRA>, 21 Nisan 2014.

URL-8, www.kulturvarliklari.gov.tr/TR,51375/tuz-golu-ozel-cevre-koruma-alani.html,
11 Mayıs 2014.

URL-9, www.konhaber.com/yeni/haber-77000-GUNCEL-DSIden-kacak-su-kuyulari-aciklamasi.html, 15 Mayıs 2014.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Osman Orhan

Doğum Yılı : Eylül 1990

Eğitim Bilgileri (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi - Harita Mühendisliği (2008-2012)

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi – Fen bilimleri Enstitüsü (2012 – 2014)

İletişim Bilgileri

Adres : Aksaray Üniversitesi Tuz Gölü Su ve Çevre Uygulama ve
Araştırma Merkezi 68100 Aksaray

Telefon : 538 502 21 67

E-posta : osmanorhan44@gmail.com