



T.C
SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SİVAS KENTİ VE YAKIN YÖRESİNİN ARAZİ KULLANIMI VE
ÇEVRESEL ÖZELLİKLERİNİN UZAKTAN ALGILAMA
YÖNTEMLERİYLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YUSUF GEDİK
(20179220004)

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Orhan CERİT

SİVAS
HAZİRAN 2019

YUSUF GEDİK'in hazırladığı ve “**Sivas Kenti ve Yakın Yöresinin Arazi Kullanımı ve Çevresel Özelliklerinin Uzaktan Algılama Yöntemleriyle İncelenmesi**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı: **Dr. Öğr. Üyesi Orhan CERİT**

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyeleri: **Prof.Dr. Fehiman ÇİNER**

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Can Bülent KARAKUŞ

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Özlem Pelin CAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

©Yusuf GEDİK, 2019

ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinden elde ettiğimi,

Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,

Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,

Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,

Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

Tarih: 04.07.2019

Yusuf GEDİK

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Bu tezin yazımı boyunca bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Orhan Cerit'e teşekkür ederim.

Ayrıca bu tez çalışmasında bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü'nden Dr. Öğr. Üyesi Can Bülent Karakuş'a teşekkür ederim.



ÖZET

SİVAS KENTİ VE YAKIN YÖRESİNİN ARAZİ KULLANIMI VE ÇEVRESEL ÖZELLİKLERİNİN UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİYLE İNCELENMESİ

Yusuf GEDİK

Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Orhan CERİT

2019, xvii + 81 sayfa

Arazi kullanım faaliyetleri özellikle kentsel alanlarda önemli ölçüde değişmektedir. Bu faaliyetlerin planlaması için yapılan arazi çalışmaları kısa zamanda ve düşük maliyetli olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmada Sivas kent merkezinin uydu görüntüleri yardımıyla arazi kullanımının ve çevresel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda çalışma alanının arazi kullanım sınıfları, kaya türleri, su kütleleri ve arazi yüzey sıcaklıkları, Uzaktan Algılama Teknolojileri (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla incelenmiştir.

Uydu görüntülerine su kütlesi belirleme, kil içeriği belirleme, nemlilik belirleme, arazi yüzey sıcaklıkları haritalaması, bant oranlama ve bant kombinasyonu işlemleri uygulanmıştır. Arazi kullanım sınıfları ve kaya türleri çıkarımı için kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden olan en yakın benzerlik yöntemi uygulanmıştır. Arazi kullanım sınıfları değişimi incelemesi 1977- 2018 yılları aralığını kapsamaktadır. Çalışma alanındaki mevcut kaya türleri, bant oranlaması, bant kombinasyonu yöntemleri ve kontrollü en yakın benzerlik sınıflandırma yöntemi ile belirlenmiş, sonuçlar 1/25000 ölçekli referans jeoloji haritası ile karşılaştırılmıştır. Yine çalışma alanının önemli bir yapısı olan 4 Eylül Barajı'nın yüzey alanında yıllar içinde meydana gelen değişim, uydu görüntülerine NDWI yöntemi uygulanarak belirlenmiştir. Çalışma alanının nemlilik ve kil içerikleri belirlenerek kil haritası oluşturulmuş, yapılaşmanın tehlikeli olduğu kil zemin sınıfları tespit edilmiştir.

Sonuçlar meteorolojik verilerle kıyaslanarak yorumlanmıştır. Arazi yüzey sıcaklığı incelemesi sonbahar ve yaz olmak üzere iki farklı mevsim için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Kaya türleri çıkarımında % 83.8 doğruluk oranıyla en yakın doğruluk sağlayan yöntemin Sentinel – 2 uydu görüntülerinin 12/4/2 bantlarının RGB kombinasyonunun olduğu tespit edilmiştir. 1977 – 2018 yılları arasında incelenen yerleşim alanları 8.9 km²'den 52.9 km²'ye yayılmıştır. Arazi yüzey sıcaklık haritası, 1/25000 ölçekli jeoloji haritası ve bakı haritası ile birlikte yorumlandığında, yıl boyunca en soğuk bölgelerin kuzey ve kuzeydoğu cephesine bakan bölgeler olduğu, jeoloji haritasında da bu bölgelerin ağırlıklı olarak alüvyon bölgelere denk geldiği, en sıcak bölgelerin güney cephesine bakan, ağırlıklı olarak kil ve jips zeminlerden oluşan bölgenin olduğu gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Arazi Kullanımı, Denetimli Sınıflandırma, Sivas

ABSTRACT

Investigation of Land Utilization and Environmental Features of Sivas City Center Using Remote Sensing Techniques

Yusuf GEDİK

Master of Science Thesis,

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Orhan CERİT

2019, xvii + 81 pages

The land-use activities are changing dramatically especially in urban areas. It is important that these changes must be a piece of the plan. The aim of this study was to determine the land use and environmental features of the Sivas city center by using satellite images. In this context, land use classes, rock types, water bodies and land surface temperatures in the study area were investigated through the remote sensing technologies and geographical information systems.

Water bodies extraction, clay extraction, moisture extraction, land surface temperature formulas, band ratio, and band combination methods were applied to satellite images. The maximum likelihood supervised classification method was used for land classification and rock species extraction. The changes in land use between the years 1977-2018 were examined. Rock species classification results were compared to the reference geological map. The change in the surface area of the 4 Eylül Dam over the years was determined by applying the NDWI method to the satellite images. Moisture and clay contents were determined and clay soil classes were examined in the study area. The results were compared to the meteorological data. Land surface temperature investigation was carried out separately for two different seasons: autumn and summer.

The study showed that the method which provides the high accuracy for the extraction of rock species by 83.8% is the RGB combination of 12/4/2 bands of Sentinel - 2 satellite images. Between 1977 and 2018, the settlement areas were expanded from 8.9 km² to 52.9 km². The land surface temperature map is interpreted with a geological map and an aspect map. It was

observed that the coldest regions are facing the north and northeastern sides and these regions predominantly correspond to the alluvial regions in the geological map.

Keywords: Geographic Information System, Land Use, Remote Sensing, Satellite Images, Supervised Classification



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	viii
ABSTRACT	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.2 Çalışma Alanının Tanıtılması.....	2
1.2.1 Çalışma alanı jeolojisi.....	3
1.2.2 Çalışma alanı hidrolojisi	4
1.3 Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).....	7
1.3.1 Uzaktan Algılama	7
1.3.1.1 Uydu görüntüleri işleme.....	8
1.3.1.2 Görüntü Ön İşlem	11
1.3.1.3 Sınıflandırma	11
1.3.1.4 Doğruluk Analizi.....	13
1.3.1.5 Değişim Analizi.....	13
1.3.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri	13
1.3.3 Elde edilen verilerin CBS ile bir arada değerlendirilmesi	14
1.4 Çalışma Alanı ile İlgili Geçmişte Yapılan Çalışmalar	14
1.4.1 Uzaktan Algılama ve CBS ile bir arada kullanıldığı çalışmalar	15
2. MATERYAL VE YÖNTEM	18
2.1 Materyal.....	18
2.2 Yöntem	22
2.2.1 Görüntü işleme yöntemleri.....	23
2.2.1.1 Denetimli sınıflandırma.....	23
2.2.1.2 Su kütlesi belirleme yöntemleri.....	23
2.2.1.3 Arazi yüzey sıcaklığı belirleme	24
2.2.1.4 Nemlilik ve kil indexleri çıkarımı	25
2.2.1.5 Ortalama yüzde hata, ortalama değer.....	26

3. ÇALIŞMA ALANININ İNCELENMESİ	27
3.1 Arazi Çalışmaları	29
3.2 Çalışma Alanı Arazi Kullanımı Değişiminin İncelenmesi	37
3.3 Çalışma Alanının Arazi Yüzey Sıcaklıklarının İncelenmesi	38
3.4 Dört Eylül Barajı Yüzey Alanının Yıllara Göre Değişiminin İncelenmesi	42
3.5 Kil ve Nem İçeriği Haritalaması	50
3.6 Çalışma Alanındaki Litolojik Birimlerin İncelenmesi	57
3.6.1 Bant oranlamaları	58
3.6.1.1 Landsat 8 OLI bant oranlamaları	58
3.6.1.2 Sentinel-2 bant oranlamaları	63
3.6.2 RGB kombinasyonları	67
3.6.2.1 Landsat 8 OLI RGB kombinasyonları	67
3.6.2.2 Sentinel -2 RGB kombinasyonları	70
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	76
KAYNAKLAR	78

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Çalışma alanı yer bulduru haritası.....	3
Şekil 1.2 Sivas ili jeoloji haritası	5
Şekil 1.3 Çalışma alanının hidroloji haritası	6
Şekil 1.4 Aktif sensör ve pasif sensörlerin karşılaştırılması	8
Şekil 1.5 Örnek dijital sayı değerleri	9
Şekil 1.6 Havadan çekilmiş multispektral görüntülerin kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi bantları.....	10
Şekil 1.7 Sonoma County'de çekilmiş görüntülerin havadaki multispektral gerçek renkleri ve kızılötesi kombinasyonu.	11
Şekil 1.8 Sayısal görüntü ve sınıflandırılmış görüntü.....	12
Şekil 1.9 Nokta sınıflandırıcılar.....	12
Şekil 3.1 Çalışma alanı jeoloji haritası.....	27
Şekil 3.2 Çalışma alanı topografik haritası	28
Şekil 3.3 Çalışma alanı eğim haritası.....	28
Şekil 3.4 Çalışma alanı bakı haritası.....	29
Şekil 3.5 Üniversite Toki konutları kuzeyinde yer alan jipslere ait görüntüler	30
Şekil 3.6 Cumhuriyet Üniversitesi Kampüsü güneybatısındaki jipslere ait görüntüler.....	31
Şekil 3.7 Paşabahçe Mesire Alanı kuzeyi kireçtaşı- jipslere ait görüntüler.....	32
Şekil 3.8 Paşabahçe mesire alanı tarafı travertenlere ait görüntüler	33
Şekil 3.9 Sivas Çimento Fabrikası kuzeyinde yer alan jipslere ait görüntüler.....	34
Şekil 3.10 Kent merkezi kuzeybatısı kireçtaşları -jipslere ait görüntüler.....	35
Şekil 3.11 Kent merkezi batısında kalan kil ve kil ağırlıklı kumtaşı-kiltaşı serisi görüntüleri.....	36
Şekil 3.12 Landsat uydu görüntülerinden elde edilen arazi kullanım sınıfları	38
Şekil 3.13 Arazi kullanım sınıflarında yıllar içinde meydana gelen değişim	38
Şekil 3.14 Arazi yüzey sıcaklık haritası (Landsat – 8, yaz).....	39
Şekil 3.15 Arazi yüzey sıcaklık haritası (Landsat – 8, sonbahar).....	39
Şekil 3.16 1/25000 ölçekli jeoloji haritasından çıkarılan alüvyon alanları.....	40
Şekil 3.17 Sonbahar ve kış aylarına ait üç farklı uydu görüntüsünden çıkarılan arazi yüzey sıcaklıklarına göre düşük sıcaklıktaki bölgeler	41
Şekil 3.18 Bakı yönleri güney ve güneydoğu olan bölgeler.....	41
Şekil 3.19 Sivas Meteoroloji İstasyonu temmuz ayı aylık ortalama sıcaklık	42
Şekil 3.20 Sivas Meteoroloji İstasyonu temmuz ayı aylık toplam yağış miktarı.....	43

Şekil 3.21 Sivas İstasyonu temmuz ayı aylık ortalama nispi nem miktarı	43
Şekil 3.22 Landsat uydu görüntülerine NDWI yöntemi uygulanması sonucu belirlenen barajın yüzey alanında meydana gelen zamana bağlı değişim.....	44
Şekil 3.23 2006 – 2018 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklıktaki değişim.....	45
Şekil 3.24 Barajın çeşitli bölgelerinde belirlenen sıcaklık ölçüm noktaları.....	46
Şekil 3.25 2000 – 2018 yılları arazi yüzey sıcaklık haritaları.....	47
Şekil 3.26 Barajın seçilen noktalardaki temmuz ayına ait yüzey sıcaklık değerleri ile aynı aya ait aylık ortalama sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması.....	48
Şekil 3.27 4 Eylül Barajı yüzey alanında yıllar içinde meydana gelen değişim.....	48
Şekil 3.28 4 Eylül Barajı göl alanınında günümüze kadar meydana gelen değişim.....	49
Şekil 3.29 Arazi kil İçeriği (Sentinel – 2, yaz dönemi).....	51
Şekil 3.30 Arazi kil içeriği (Landsat – 8, Sonbahar dönemi).....	51
Şekil 3.31 Arazi kil İçeriği (Landsat – 8, yaz dönemi)	52
Şekil 3.32 Nem İçeriği (Landsat – 8, yaz dönemi)	53
Şekil 3.33 Nem İçeriği (Sentinel – 2, yaz dönemi).....	53
Şekil 3.34 Nem İçeriği (Landsat – 8, sonbahar dönemi)	54
Şekil 3.35 Sivas İli kent merkezi ve yakın çevresi kil haritası	55
Şekil 3.36 Zemin özelliklerini belirleme amacıyla yapılan sondajlardan elde edilen kil zemin noktaları	55
Şekil 3.37 1/25000 ölçekli jeoloji haritasındaki killi zemin sınıfları.....	56
Şekil 3.38 Çalışma alanı genelleştirilmiş nem içeriği haritası	57
Şekil 3.39 Zemin inceleme amacıyla yapılan sondajlardan elde edilen CH, OH – MH zemin sınıflarına ait noktaların arazideki konumları.....	58
Şekil 3.40 Abrams bant oranlaması yönteminin Landsat 8 OLI uydu görüntüsüne uygulanması.....	59
Şekil 3.41 6/7, 6/4, 4/2 bant oranlaması.....	59
Şekil 3.42 4/2, 6/7, 5 bant oranlaması.....	60
Şekil 3.43 Bant oranlaması yöntemlerine denetimli sınıflandırma uygulanması.	61
Şekil 3.44 Abram bant oranlaması yöntemine göre elde edilen kayaç türleri	63
Şekil 3.45 11/12, 11/4, 4/2 bant oranlaması yöntemine göre elde edilen kayaç türleri	64
Şekil 3.46 4/2, 11/12, 8A bant oranlaması yöntemine göre elde edilen sonuçlar	64
Şekil 3.47 Sentinel – 2 uydu görüntüleri bant oranlama yöntemlerine denetimli sınıflandırma uygulanması sonucu elde edilen kayaç türleri	65
Şekil 3.48 Landsat 8 OLI 7/5/3 bant kombinasyonu uygulanması sonucu elde edilen kayaç türleri.....	68
Şekil 3.49 Landsat 8 OLI uydu görüntülerinde 6/7/4 bant kombinasyonu uygulanması sonucu elde edilen kayaç türleri	68

Şekil 3.50 Landsat 8 RGB kombinasyonlarına denetimli sınıflandırma uygulanması sonucu elde edilen sonuçlar	69
Şekil 3.51 Sentinel - 2 12/4/2 RGB kombinasyonundan elde edilen kayaç türleri.....	70
Şekil 3.52 Sentinel - 2 12/8A/3 RGB kombinasyonundan elde edilen kayaç türleri.....	71
Şekil 3.53 Sentinel - 2 RGB kombinasyonlarına denetimli sınıflandırma uygulanması sonucu elde edilen kayaç türleri.....	72
Şekil 3.54 12/4/3 RGB kombinasyonu ile jeoloji haritasının karşılaştırılması.....	75



ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Landsat – 2 uydu görüntülerinde yer alan bantlar	18
Çizelge 2.2 Landsat – 5 uydu görüntülerinde yer alan bantlar	18
Çizelge 2.3 Landsat – 7 uydu görüntülerinde yer alan bantlar	19
Çizelge 2.4 Landsat – 8 uydu görüntülerinde yer alan bantlar	19
Çizelge 2.5 Sentinel - 2 uydu görüntülerinde yer alan bantlar.....	21
Çizelge 2.6 Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri.....	22
Çizelge 3.1 Arazi kullanım sınıflarının 1977-2018 yılları arasındaki değişimi.....	37
Çizelge 3.2 Barajın çeşitli bölgelerinden seçilen noktaların yüzey sıcaklık değerleri	46
Çizelge 3.3 Landsat 8 bant oranlama yöntemleri sınıflandırma sonucu bulunan alanlar.....	62
Çizelge 3.4 Landsat 8 bant oranlama yöntemleri sınıflandırma sonucu kaya türü analizi.....	62
Çizelge 3.5 Landsat 8 bant oranlama yöntemi sınıflandırma sonucu doğruluk oranları.....	62
Çizelge 3.6 Sentinel - 2 bant oranlama yöntemleri sınıflandırma sonuçları.....	66
Çizelge 3.7 Sentinel - 2 bant oranlama yöntemleri doğruluk oranları	66
Çizelge 3.8 Sentinel - 2 bant oranlama yöntemleri kaya türleri doğruluk oranları.....	66
Çizelge 3.9 Landsat 8 RGB kombinasyonu yöntemleri sınıflandırma sonuçları	69
Çizelge 3.10 Landsat 8 RGB kombinasyonu sınıflandırması doğruluk oranları.....	70
Çizelge 3.11 Landsat 8 RGB kombinasyonu kaya türü sınıflandırma doğruluk oranları.....	70
Çizelge 3.12 Sentinel – 2 RGB kombinasyonu yöntemleri sınıflandırma sonuçları	72
Çizelge 3.13 Sentinel – 2 RGB kombinasyonu sınıflandırması doğruluk oranları.....	73
Çizelge 3.14 Sentinel – 2 RGB kombinasyonu kaya türleri sınıflandırması doğruluk oranları.....	73
Çizelge 3.15 Landsat 8 OLI uydu görüntülerine bant oranlaması ve RGB kombinasyonu yöntemlerinin denetimli sınıflandırma sonuçları.....	74
Çizelge 3.16 Sentinel - 2 uydu görüntülerine bant oranlaması ve RGB kombinasyonu yöntemlerinin denetimli sınıflandırma sonuçları.....	74
Çizelge 3.17 Landsat 8 ve Sentinel – 2 uydu görüntüleri denetimli sınıflandırma sonucu elde edilen alanların referans haritasıyla karşılaştırılması.....	74
Çizelge 3.18 Sınıflandırma sonucunda kaya türlerini en yüksek doğrulukta tespit eden yöntemler.....	75

KISALTMALAR DİZİNİ

SWIR	: Short Wave Infrared
NDWI	: Normalized Difference Water Index
DSİ	: Devlet Su İşleri
MTA	: Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
UA	: Uzaktan Algılama
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri



1. GİRİŞ

Yaşanılan çevreyi iyi tanımadan, sahip olduğu kaynaklar iyi tespit edilmeden ve bu kaynaklara göre iyi planlamalar yapılmadan gerçekleştirilen kentleşme faaliyetleri ileriye dönük olmaktan çok uzaktır. Mevcut kaynaklar gözardı edilerek yapılan planlamalar sonucu gerçekleşen faaliyetler er ya da geç yanlış olduğu anlaşılacak şekilde sonlandırılacağı için kısa vadeli, verimsiz faaliyetler olmaktan kurtulamayacaktır. Arazi kullanımı, tarım alanlarının, mevcut su kaynaklarının, ormanlık alanların korunması ve gelecekte de var olmaları için planlaması iyi yapılması gereken bir faaliyettir. Mevcut kaynakların geçmişten günümüze nasıl değiştiği tespit edilip, gelecekte de varlıklarını sürdürebilmesi için neler yapılması gerekeceği belirlenerek yapılan arazi kullanım planları uzun ömürlü ve verimli olması sağlanabilmektedir.

Sürdürülebilir bir çevre ancak planlı faaliyetler sonucu oluşturabilir. Faaliyetlerin planlaması için öncelikle faaliyetin yapılacağı çevrenin çok iyi tanınması gerekmektedir. Çevreyi tanımak için gerçekleştirilen arazi çalışmaları kimi zaman yüksek maliyetli olabilmekte, kimi zaman da olumsuz hava ve arazi koşulları nedeniyle sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilememektedir. Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) çalışmaları, planlama çalışmalarının önemli bir kısmını oluşturmakta ve arazi çalışmalarına duyulan gereksinimi azaltmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte önemli ölçüde hız kazanan bu çalışmaların, çevrenin iyi tanınması, arazi özelliklerinin tespit edilmesi, mevcut kaynakların belirlenebilmesi avantajları sayesinde planlama faaliyetlerinde zamandan tasarruf edilmekte ve maliyetleri oldukça düşürmektedir.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

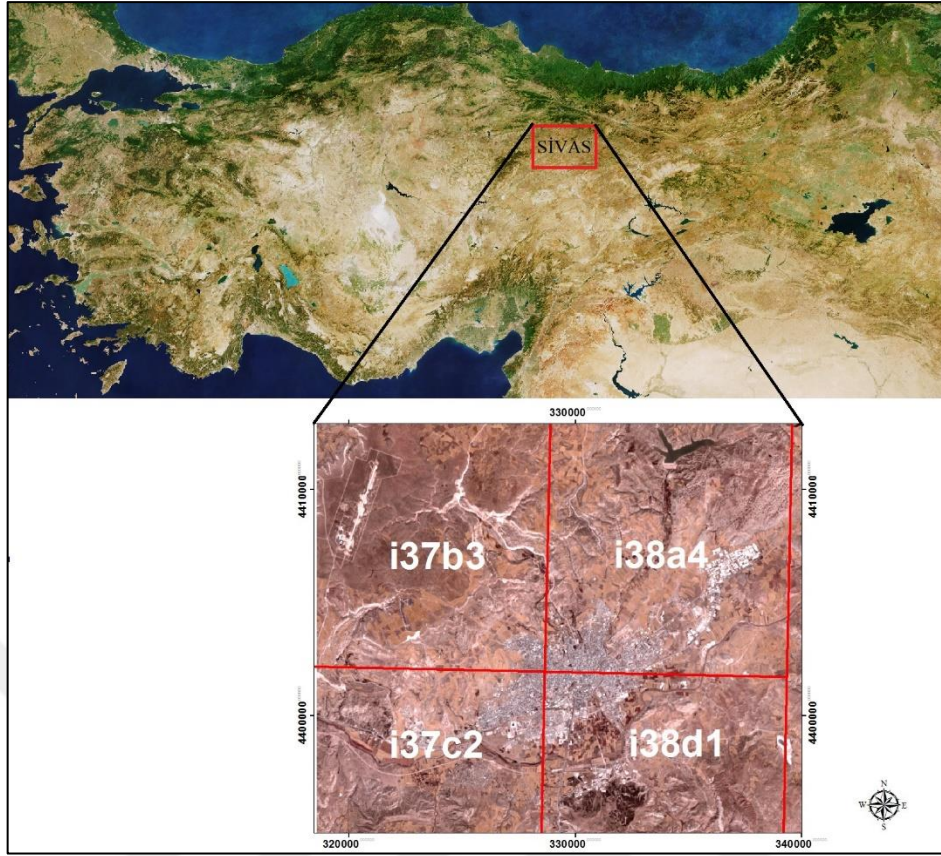
Arazi kullanımının önemli bir bölümü olan planlamanın temel amacı, çevrede var olan kaynakların en verimli şekilde ve en uzun vadede kullanılmasını sağlamaktır. Yanlış arazi kullanımı, kullanılan araziden, yani noktasal ölçekten başlayarak küresel ölçeğe kadar etkiyen bir sorundur. Yanlış arazi kullanımını önlemenin çözümü, faaliyette bulunulacak arazinin mevcut çevresel durumunu değerlendirerek, o arazinin hangi arazi türü kullanımına uygun olduğunu ve belirlenen kullanım türünün gelecekte çevrede ne gibi değişimler meydana getirebileceğini kestirebilmektir.

Yakın çevreyi daha iyi tanıyarak, yapılacak faaliyetleri ileriye dönük olarak planlamak bu çalışmanın temel amacıdır. Bu çalışmada; Sivas kent merkezi ve yakın çevresinin, UA ve CBS yardımıyla arazi kullanım sınıflarının, kaya türlerinin ve zemin özelliklerinin tanımlanması, arazi kullanımında meydana gelen değişimlerin belirlenerek, çevresel bir değerlendirme yapılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda uydu görüntülerinin, çalışma alanındaki mevcut kaya türlerini, arazi kullanım sınıflarını, su kütlelerini ve arazi yüzey sıcaklık değerlerini belirleme yeteneği test edilmiştir.

UA yöntemleri kullanılarak, uydu görüntüleri yardımıyla kentleşmenin neden olduğu arazi kullanımındaki değişimler belirlenmiş, kent merkezi ve yakın çevresindeki mevcut kaya türleri incelenmiş, yaz ve sonbahar mevsimleri olmak üzere iki ayrı dönem için arazi yüzey sıcaklıkları incelemesi gerçekleştirilmiştir. Belirlenen arazi yüzey sıcaklıkları ile meteorolojik veriler bir arada değerlendirilerek 4 Eylül Barajı yüzey alanındaki değişim incelenmiştir. Çalışma alanının bakı haritası oluşturularak, bakı yönlerinin arazi yüzey sıcaklıklarına etkisi incelenmiştir. Zemin özelliklerini belirleme amacıyla Sivas Belediyesi tarafından özel bir firmaya yaptırılan sondaj çalışmaları temin edilmiştir. Bu çalışmalarda elde edilen zemin sınıfı verileri, uydu görüntüleri kullanılarak oluşturulan kil dağılım haritası ve 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası ile birlikte değerlendirilmiş ve yerleşim açısından uygunluğu incelenmiştir.

1.2 Çalışma Alanının Tanıtılması

Sivas şehri Türkiye'nin yüzölçümü bakımından 28,488 km² ile ikinci büyük şehridir. Ayrıca şehrin kuzeydoğusunda bulunan İmranlı ilçesinde Türkiye'nin en büyük nehri olan Kızılırmak Nehri'nin kaynağı yer almaktadır. Şehir İç Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Kızılırmak bölümünde 36° – 39° kuzey enlemleri ve 38° – 41° doğu boylamları arasında yer almaktadır. Çalışma alanı, Şekil 1.1'de de gösterildiği gibi i37-b3, i37-c2, i38-a4 ve i38-d1 paftaları içinde yer almaktadır (Karakuş, 2009).



Şekil 1.1 Çalışma alanı yer bulduru haritası

1.2.1 Çalışma alanı jeolojisi

Çalışma alanının bulunduğu bölge, Anatolidler tektonik birliğinin doğu kısmında yer almaktadır. Bölgenin kuzeyinde doğu-batı yönlü ofiyolitik seriler, güneyde de kuzeydoğu – güneybatı yönlü ofiyolitik seriler yer almaktadır. Ofiyolitik seriler arasında farklı yaş gruplarında ve farklı türlerde kayalardan meydana gelen sedimanter istif bulunmaktadır. Bölgenin büyük bir bölümünü bu kayalar oluşturduğu için Sivas Havzası olarak da tanımlanmaktadır (Karacan, 1989). Havza sürekli, Arap Levha'sının Anadolu Levha'sının altına dalması ve Avrasya levhasının hareketleri nedeniyle oluşan baskı sonucu deformasyona uğramaktadır. Miyosen zamanlarının ortalarından beri deformasyon yönü, bindirme ve yanal atımlı faylarının sıkıştırması nedeniyle batı kuzeybatı yönünden, doğu güneydoğu yönüne doğru olmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981). Batı kuzeybatı ve doğu güneydoğu yönünde farklı genişliklerde antiklinal ve senklinal, devrik kıvrımlar ve bindirmeler yer almaktadır. Kıvrımlar kuzey yönünde ilerlemektedir (Karacan, 1989).

Çalışma alanında en erken döneme ait litolojik birim Hafik Formasyonu (Oligo – Miyosen), Hafik formasyonunun ardından sırasıyla Tatlıcak Formasyonu (Orta – Üst Miyosen), İncesu Formasyonu (Oligo – Miyosen), daha sonra Kuvaterner dönemde Traverten ve Alüvyonlar yer almaktadır (Karacan, 1989).

Kuzeyde;

- Mermer
- Kristalize kalker ve dolomit
- Paleosen Çökelleri
- Eosen Çökelleri
- Oligo – Miyosen Jipsli Seri
- Neojen Çökelleri
- Holosen yaşlı yeni alüvyonlar

Güneyde bu birimlerden farklı olarak ise Eosen filiş yer almaktadır. Çalışma alanında Oligo – Miyosen jipsleri yer almaktadır (Karacan, 1989).

Çalışma alanının kuzeyinde Türkiye'nin en büyük fayı olan Kuzey Anadolu Fayı bulunmaktadır. Bu nedenle 1. derece deprem kuşağında yer almakla birlikte, ayrıca II., III. ve IV. derecede deprem kuşağında da yer almaktadır (Karacan, 1989). Şekil 1.2'de Sivas İli jeoloji haritası gösterilmiştir.

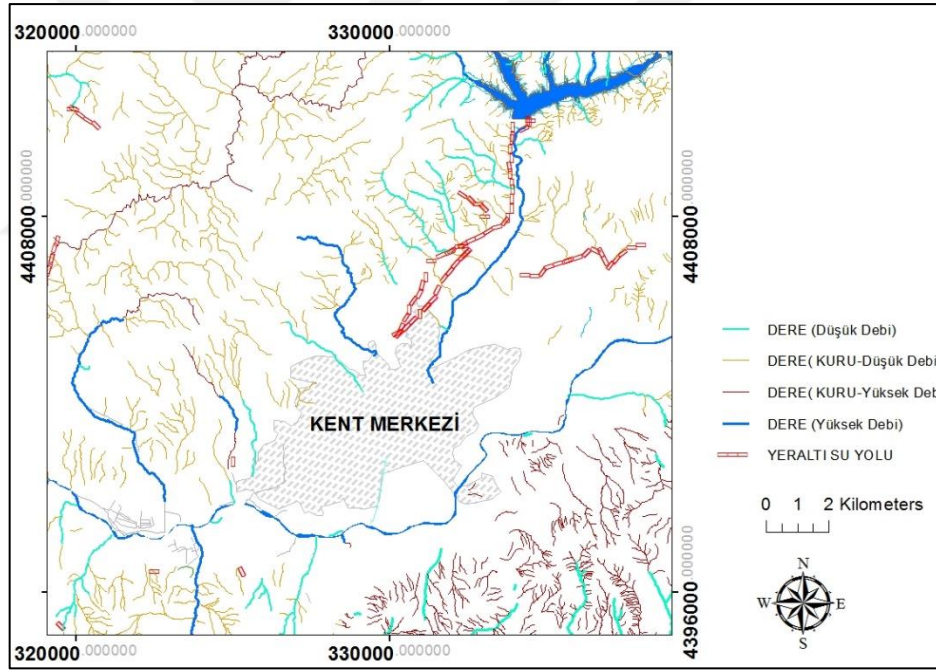
1.2.2 Çalışma alanı hidrolojisi

Sivas sınırları içerisinde birçok akarsu ve göl bulunmaktadır. Ayrıca İmranlı ilçesinde doğan Kızılırmak Nehri Türkiye'nin en büyük nehri olup, birçok ilden geçerek Karadeniz'e dökülmektedir. Kızılırmak Nehri'nin Sivas civarında, nehre karışan Seyfe ve Göydün kaynakları gibi yüksek debili kaynakların jipsli formasyonlarla etkileşimi nedeniyle, nehrin sularının içme, tarımda sulama veya endüstride kullanım amacıyla temin edilememektedir (Değirmenci ve diğ., 1996).

Sivas İli yeraltı suyu olarak $44 \times 106 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ve yerüstü suyu olarak ise $54 \times 108 \text{ m}^3/\text{yıl}$ potansiyele sahiptir (DSİ, 2001).

Sivas'ta bulunan bazı önemli göller ise; Lota Gölü, Hafik Gölü, Tödürge Gölü, Çetme Gölü, Kemis Gölü, Mağara Gölü, Kuru Göl, Kaz Gölü, Karayün Gölü, Ulaş Gölü ve Balıkkaya Gölü'dür (Karakuş, 2009).

Tavra vadisi suyu, litolojik birimlerinden mermer ve travertenlerin bulunduğu Yukarı Yıldız Havzası'ndan kaynağını alan Gaziköy kaynağı ve Yıldız Irmağı suları içme ve sulama için kullanıma uygun kaynaklardır (Değirmenci ve diğ., 1996). Harita Genel Komutanlığı'ndan alınan verilerin sayısallaştırılmasıyla oluşturulan ve çalışma alanında akışına devam eden ve eskiden akmakta olup günümüzde kuruyan derelerin yer aldığı hidroloji haritası şekil 1.3'de gösterilmektedir.



Şekil 1.3 Çalışma alanının hidroloji haritası

Çalışma alanının geçmişte akış halinde olan ve günümüzde hala akmakta olan derelerin gösterildiği hidroloji haritasında çok sayıda dere ve kurumuş dere mevcuttur. Kurumuş derelerin zemininde sıvılaşma problemi ortaya çıkabileceği için bu bölgeler yapı faaliyetleri öncesinde incelenmesi gerekmektedir.

1.3 Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Günümüzde arazi kullanımları hakkında detaylı bilgi sahibi olmak amacıyla UA ve CBS teknolojileri kullanılmaktadır. Bilimsel çalışmalar gerçekleştirmek amacıyla araziye çıkmak, bazen uygunsuz hava koşulları, bazen çalışma alanının uzaklığı ya da geniş kapsamlı bir alan olması ve tamamının incelenmesinin çok uzun zaman alması nedeniyle mümkün olmamaktadır. Böyle durumlarda bu iki teknolojinin bir arada kullanımı çalışmaların daha düşük maliyetlerle, daha az insan gücü ihtiyacı ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır (Karakuş, 2009).

Uzaktan Algılama teknolojisi, sınıflandırma yöntemi sayesinde arazi kullanımı hakkında detaylı bilgi verme yeteneğine sahiptir. Görüntülerin dijitalleştirilmesiyle çok bantlı veri seti oluşturulabilmektedir. Bu veri seti, arazi örtüsü ve arazi kullanımı analizinde büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

CBS çalışmalarında ham verilerin toplanması ve bu verilerin işlenmesi, genelde proje maliyetinin 3/4'üne tekabül etmektedir. Bu nedenle veri toplama ve veri işleme süreçleri çalışmaların en önemli kısmı olduğu söylenebilir (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2011). Farklı zamanlarda elde edilen uydu görüntüleri, arazi örtüsündeki değişikliklerin yıllık ve mevsimlik olarak izlenebilmesine olanak sağlamaktadır. İzleme çalışmalarında UA ve CBS teknolojilerinin bir arada kullanımı çok önemlidir. (Balçık ve Göksel, 2011).

CBS genellikle kentsel gelişimin bölgedeki kaynaklar üzerine etkilerini yansıtmaktadır. UA teknolojisiyle dijitalleştirilen uydu görüntüleri coğrafi bilgi sistemlerinin veri tabanı altyapısını oluşturmaktadır (Karakuş, 2009)

1.3.1 Uzaktan Algılama (UA)

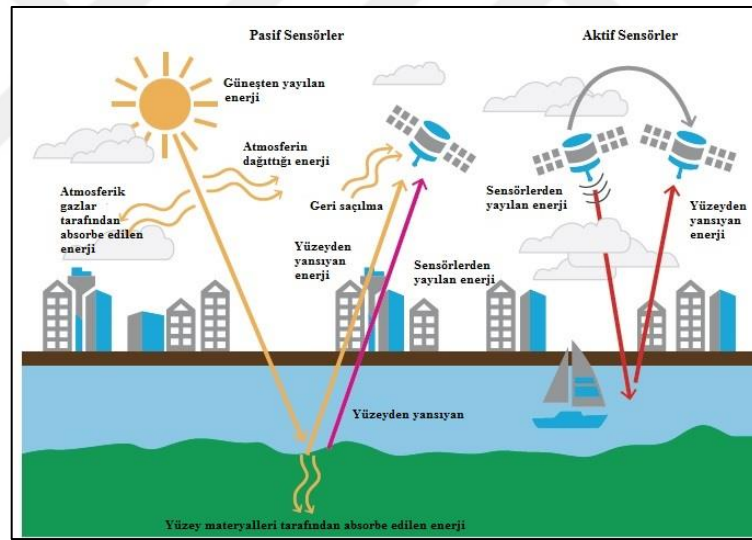
1972 yılında Landsat uydusunun kullanımından günümüze kadar gerçekleştirilen birçok teknolojik ilerleme UA teknolojisinin arazi kullanımı incelemesi için en uygun yöntem olmasını sağlamıştır. UA teknolojileri günümüzde; jeolojik çalışmalar, maden inceleme çalışmaları, haritalama, doğal afetlerin değerlendirilmesi, fay hatlarının incelenmesi olmak üzere birçok çalışmada kullanılacak çok avantajlı bir yöntemdir (Akkök, 2009).

Ayrıca UA teknolojileri ile çok bantlı görüntüler sayesinde, arazi ile ilgili çeşitli branşlara ait çalışmalarda kullanılacak düşük maliyetli veri tabanı oluşturulabilmektedir. UA

olumsuz çalışma koşulları, uygun olmayan arazi şartlarında önemli avantajlar sağlamaktadır (Akkök, 2009).

1.3.1.1 Uydu görüntüleri işleme

Sensörler tarafından yakalanan elektromanyetik enerjinin dalga boyları ölçülür ve bu ölçülen dalga boyları, sensör aralığı ile görüntü yüzeyi arasına yerleştirilmiş ayrıştırma elemanları olarak adlandırılan filtre vasıtasıyla ayrıştırılır. Aktif ve pasif kaynak olmak üzere iki kaynaktan enerji sağlanmaktadır. Pasif kaynak olarak güneş, aktif kaynak olarak ise sensörün kendi enerjisi örnek verilebilir. Pasif sensörlerde enerji ihtiyacı dış bir kaynaktan karşılanır. Aktif sensörlerde enerji için dışarıdan bir kaynağa gereksinim duyulmamaktadır, kendi enerjilerini üretme özelliğine sahiptirler. Şekil 1.4'de aktif ve pasif sensörlerin çalışması arasındaki fark gösterilmektedir (Green ve diğ., 2017).



Şekil 1.4 Aktif sensör ve pasif sensörlerin karşılaştırılması (Green ve diğ., 2017)

Ham olarak elde edilen uydu görüntüleri üzerinde doğrudan işlem yapmak yanlış sonuçlar verebilmektedir. Ham uydu görüntülerinde görüntü ön işleme teknikleri uygulanarak görüntüdeki mevcut hataların giderilmesi analiz açısından daha doğru bir sonuç vermektedir (Altuntaş ve Çorumluoğlu, 2002).

Sensör uydu görüntüsünün spektral çözünürlüğünü belirlemektedir. Spektral çözünürlük aşağıdakileri ifade etmektedir:

- Sensör tarafından algılanan elektromanyetik spektrum bant sayısı
- Bantların dalga boyları
- Bantların genişlikleri

Pankromatik sensörler verilerin yalnızca bir spektral genişlikteki bandını algılar ve görüntüde algılanan spektrum kısmından ya da genişliğinden bağımsız bir şekilde gri gölge olarak görüntülenir. Multispektral sensörler birden fazla bant algılamaktadır. Multispektral bant genişlikleri 50 ile 400 μm arasında değişmektedir ve genellikle spektrumdaki sahip olduğu rengi tamamen kapsamaktadır. Elektromanyetik spektrumda pankromatik bantlar birden fazla renge sahiptirler. Hiperspektral sensörler ise elli veya daha fazla bant algılama özelliğine sahiptirler. Hiperspektral bant genişlikleri 5 ile 10 μm arasında değişmektedir. Hiperspektral sensörler nesnelere, multispektral sensörlerin aksine parlaklık veya yansımalarını ölçmektedir.

Elde edilen veriler veri tabanında raster veri veya dikdörtgen grid olarak yer almaktadır. Film görüntüleri pozitif, negatif veya basılı halde saklanmaktadır. Resim elemanları veya pikseller görüntüleme esnasında belirli bir bant için ilgili pikselin sahip olduğu enerji yoğunluğuna göre bir dijital sayıya (DN) sahip olur. Şekil 1.5 küçük bir alan için örnek kızıllötesi dijital sayıları göstermektedir (Green ve diğ., 2017).

	6	7	10	109	98	107
	11	5	9	97	100	99
	112	4	110	112	95	114
	114	107	86	113	174	180
	117	116	96	114	147	169
y	110	95	118	99	177	183
	x					

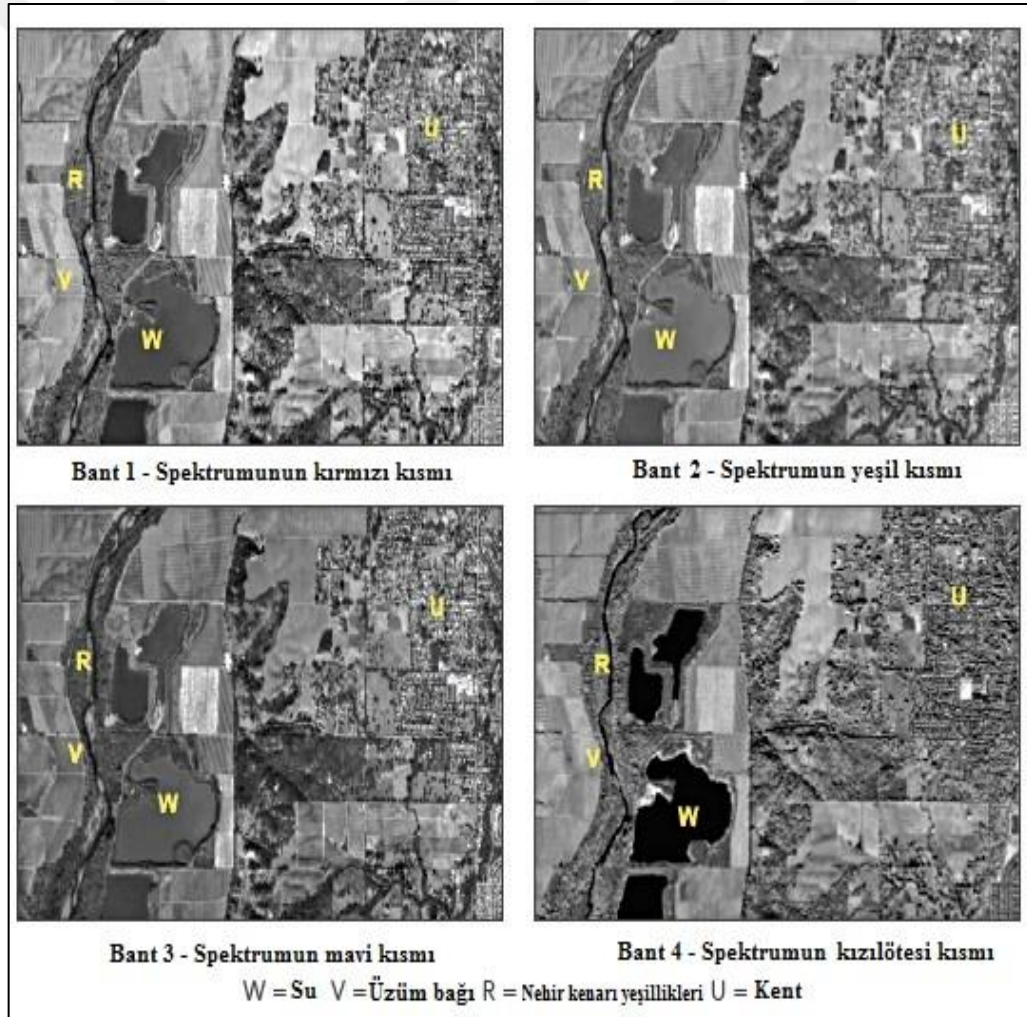
Şekil 1.5 Örnek dijital sayı değerleri (Green ve diğ., 2017)

Multispektral görüntüler her bir bandı ayrı bir raster olarak saklamaktadır. Şekil 1.6'da Sonoma County, California'ya ait görüntünün yerleşim alanları, sulak alanlar ve bitki örtüsü olarak ayrılan sınıfların, dört ayrı dijital görüntü bandında (kırmızı, yeşil, mavi ve kızıllötesi) gri tondaki görünüşleri yer almaktadır. Şekil 1.7'de dört ayrı dijital görüntü

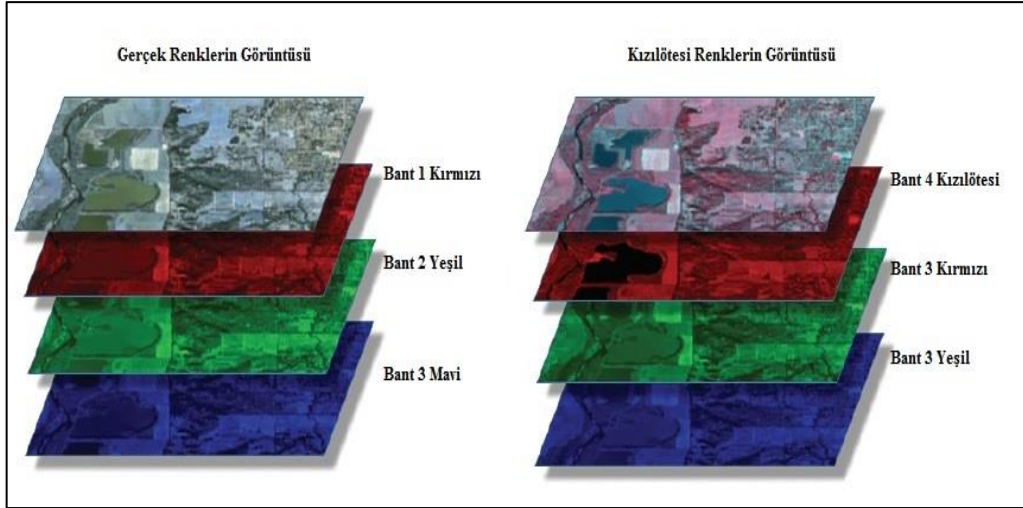
bandının RGB kombinasyonunun gerçek renk ve renkli kızılötesi ekranlarla birleştirilmiş görüntüleri yer almaktadır (Gupta vd., 2017).

Kırmızı, mavi, yeşil ve kızılötesi bantların su yüzeylerini, bitki örtülerini ve yerleşim alanlarını, sahip oldukları dalgaboyu aralıklarına göre farklı derinliklerde algılamaktadırlar.

Gerçek renklerin görüntüsünde arazinin doğal renkleri gösterilirken, kızılötesi renklerin görüntüsünde arazi yalancı renkler yardımıyla renklendirilmektedir (Şekil 1.7). Yalancı renklerin kullanımı bitki örtüsü, su yüzeyleri ve yerleşim alanları gibi farklı arazi kullanım sınıflarını ayırt etmekte yardımcı olmaktadır.



Şekil 1.6 Havadan çekilmiş multispektral görüntülerin kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi bantları (Gupta vd., 2017)



Şekil 1.7 Sonoma County'de çekilmiş görüntülerin havadaki multispektral gerçek renkleri ve kızılötesi kombinasyonu (Gupta vd., 2017)

1.3.1.2 Görüntü Ön İşlem

Uydu görüntüleri herhangi bir ön işleme alınmadığı zaman ham haliyle kullanılması durumunda genellikle hataların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Uydu görüntüleri genellikle atmosferik etkiler ve radyometrik bozulmalar nedeniyle hatalı veriler içermektedir. Bu nedenle uydu görüntüleri işleme alınmadan önce bir ön işlem evresinden geçmesi gerekmektedir (Göksel ve Balçık, 2011). Bu ön işlem basamaklarında atmosferik düzeltme, radyometrik düzeltme işlemleri gerçekleştirilmektedir.

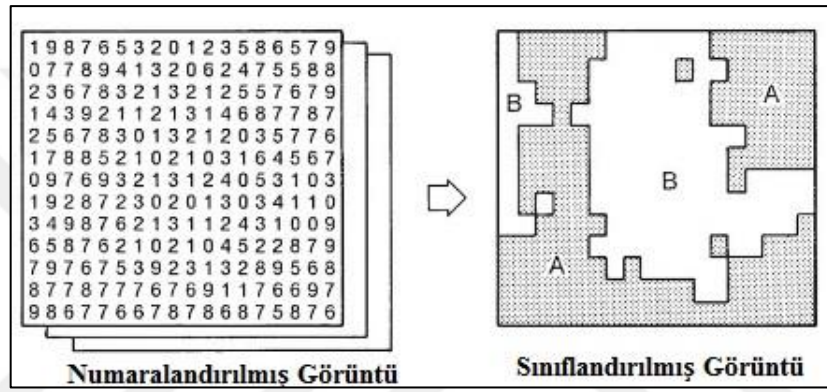
1.3.1.3 Sınıflandırma

Sınıflandırma işlemi dijitalleştirilmiş uydu görüntüsü üzerinde sınıflar oluşturularak benzer pikselleri aynı sınıflara atama işlemidir. Uydu görüntüsü üzerinde örnek pikseller belirlenerek, bu örneklerin diğer piksellerle karşılaştırılması ve benzer piksellerin aynı sınıflara ataması yapılabilmektedir (Şekil 1.8). Aynı sınıflardaki piksellerin ışımaları birbirlerine benzerdir (Menderes, 2014).

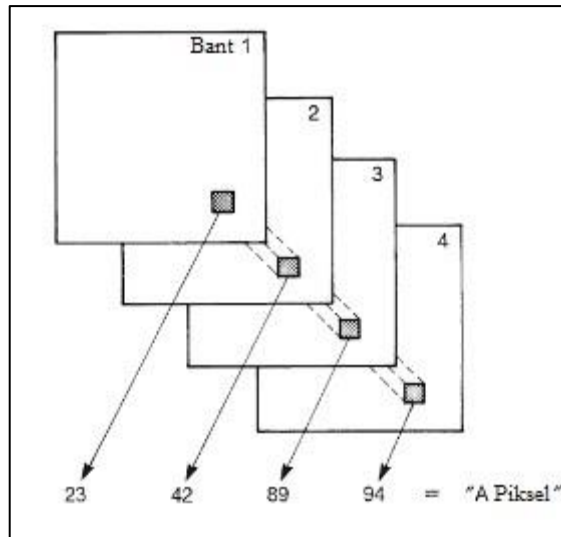
Dijital görüntü sınıflandırmada, farklı spektral bantlarda ölçülen her bir pikseldeki değerler en yakın sınıfa atanır (Şekil 1.9). Her pikselin ayrı ayrı incelendiği sınıflandırıcılara spektral veya nokta sınıflandırıcılar denir. Nokta sınıflandırıcılar düşük maliyet seçeneği sunmakla birlikte, piksellerin komşu pikseller ile arasındaki ilişkileri açığa çıkarmada iyi değildir. Spektral sınıflandırmada ise parlaklık esas alınır, benzer ışımadaki pikseller bir sınıfa atanır. Uzaktan Algılamada sınıflandırma işleminde spektral

sınıflar ile veri sınıfları iyi eşleştirilirse ortaya güvenilir bilgi çıkmaktadır. Bu iki sınıf eğer uyuşmuyorsa sağlıklı bir sonuç elde etmek pek mümkün değildir. Çok nadir durumda spektral sınıf ile veri sınıfı arasında tam olarak eşleşme sağlanmaktadır (Campbell, 2011).

Dijital sınıflandırmada, spektral alt sınıflar, sınıflandırma sırasında genellikle farklı birimler olarak ele alınmalıdır. Fakat daha sonra görüntünün son halinde veya harita oluşturulacaksa haritada, bir sembol altında birkaç farklı spektral sınıflar gösterilmelidir (Campbell, 2011).



Şekil 1.8 Sayısal görüntü ve sınıflandırılmış görüntü (Campbell, 2011).



Şekil 1.9 Nokta sınıflandırıcılar; her piksel üzerinde, komşularından izole olmuş bir şekilde, bağımsız olarak tek bir spektral değerler kümesi olarak çalışır (Campbell, 2011).

Sınıflandırılmış görüntü, sayısal görüntünün düzenlenmesinin ardından benzer spektral değerlere sahip piksellerin birlikte gruplandırılmasıyla tanımlanır. Şekil 1.8’de “A” sınıfı parlak değerlerle (6,7,8 ve 9) tanımlanmaktadır. “B” sınıfı koyu piksellerden (0,1,2 ve 3) oluşur. Genellikle çok daha fazla sınıf ve en az üç veya dört spektral grup vardır (Campbell, 2011).

1.3.1.4 Doğruluk Analizi

Sınıflandırmanın ardından elde edilen sonuçların, gerçek verilere uygunluğunu değerlendirmek amacıyla doğruluk analizi yapılmaktadır. Doğruluk analizinde Kappa katsayısından yararlanılmaktadır. Kappa katsayısı 0 ile 1 arasında değişmektedir. Kappa katsayısı 1 sayısına ne kadar yakınsa sonuçların doğruluğu o kadar yüksektir. Sonuçlar 0 değerine yakınsa eğer gerçek verilerle uyuşmadığını göstermektedir (Lui ve Mason, 2009).

Karmaşıklık matrislerden elde edilen sonuçlar gerçek doğruluğu tam anlamıyla yansıtmamasına rağmen doğruluk analizinde yararlı sonuçlar vermektedir. Bir karmaşıklık matrisindeki değerler, saha verilerinin doğruluğuyla doğrudan bağlantılıdır. Doğruluk analizinde kullanılmak amacıyla seçilen veriler ne ölçüde sahayı doğru temsil ederse doğruluk analizi de o kadar sağlıklı bir şekilde yapılabilmektedir. Yine de doğruluk analizi yöntemi görüntünün tamamı üzerinde yapılan sınıflandırmanın doğruluğunun bir tahminini göstermektedir (Lui ve Mason, 2009).

1.3.1.5 Değişim Analizi

Farklı zamanlara ait uydu görüntüleri üzerinde sınıflandırma işleminin uygulanması sayesinde, incelenen alanda yıllara göre meydana gelen değişim elde edilebilmektedir. Kentsel gelişim ve doğru planlama yapılabilmesi için bu değişimler sonucunda tahminlerde bulunulması önemlidir.

1.3.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

CBS, genel anlamda haritalama sistemi olarak adlandırılmaktadır. Arazi kullanımı, koordinat bilgisi, arazi yüzeyi ile ilgili jeolojik bilgileri içeren ve bu bilgilerin kullanımında farklı branşlar arasında bağlantı kuran bir kavramdır. Koordinat bilgisi

yanında bölgenin durumu ve yapısı hakkında da bilgi içermektedir. CBS bir noktaya atanmış farklı bilgilerin bir arada kullanılmasıyla verimli hale gelmektedir. Farklı bilgilerin bir arada değerlendirilebilmesi, harita destekli uygulamaların verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır (Menderes, 2014).

1.3.3 Elde edilen verilerin CBS ile bir arada değerlendirilmesi

Coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Arazi kullanım sınıflarında, uydu görüntülerinin sınıflandırılması ile meydana gelen değişimler gözlemlenebilmekte, yerleşim alanlarının gelişme yönü belirlenerek, uygulanan imar planı ile yerleşim alanları arasındaki farklılıklar tespit edilebilmektedir.

Elde edilen sonuçlar CBS ile bir arada değerlendirildiğinde sürdürülebilirlik ilkesiyle gerçekçi bir model üretilebilmektedir. Üretilen bu model, doğal çevre ve kentsel düzenin ekonomik ve sosyal koşullar açısından en uygun temsili olabilmektedir (Karakuş, 2009).

1.4 Çalışma Alanı ile İlgili Önceki Çalışmalar

Kurtman (1961) bölge ile ilgili ilk çalışma yapan kişidir. Çalışma alanında yer alan kaya birimlerini tespit etmiş, stratigrafi üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmaya göre, bölgede Paleozoyik – Kuvaterner birimler yer almaktadır. Bölgedeki bu birimler Paleozoyik dönemin sonunda, Geç Kretase döneminde, Geç Eosen ve Geç Miyosen dönemlerinde katlanmaya maruz kalmıştır.

Artan ve Sestini (1971) Beypınarı – Sivas – Zara bölgelerinin jeolojik haritasını hazırlayarak, Ofiyolitik kayaçları, fişleri ve bölgedeki asbest oluşumunu incelemişlerdir. Bölgedeki ofiyolitik kayaçların Geç Kretase döneminde oluştuğunu ve tektonik hareketliliğin güney yönünden kuzey yönüne doğru olduğunu belirlemişlerdir. Bölgede Geç Eosen döneminde katlanma ve itme hareketleri meydana gelmiş ve jeosenkinal buharlaşma sonrası kalker ve kumtaşları birikmiştir.

Kurtman (1973) Sivas – Hafik – Zara ve İmranlı bölgelerini incelemiştir. Bölgenin jeolojik ve tektonik özellikleri ve karşılaşılan problemler üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmada Tersiyer dönemi stratigrafisi adlandırılmış ve formasyonlara yaş tayini yapılmıştır. Bölgeyi Sakardağ-Kösedağ Yükselmesi, Hafik-Zara-İmranlı çökmesi ve Tecer-Gürlevik Yükselmesi olarak üç kısma ayırmıştır.

Aktimur ve diğ. (1990) Sivas'tan Erzincan'a kadar olan bölgeyi kapsayan Tersiyer havzasının temel jeolojik özelliklerini belirlemek üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. MTA'nın 1/100.000 ölçekli haritası kullanılmış ve birimler için yeni isimler önerilmiştir. Ofiyolitik kompleksin Geç Kretase döneminde ortaya çıktığını ve Erken Miyosen'in sonuna kadar birkaç kez taşındığını öne sürmüşlerdir. Bölge, Geç Miyosen döneminde karasal bir ortam haline gelmiştir. Neotektonik dönemde, bölgede bindirme - kayma fayları geliştiğini belirtmişlerdir.

Cater ve diğ. (1991) havzanın orta ve batı kısımlarının üçüncül evrimini inceleyerek, ofiyolitik kompleksin Eosen'den önce yerleştiğini ve bölgenin yerçekimi-akış çökeltileriyle hızla dolduğunu ve Eosen döneminin sonuna doğru havzanın dolumu ve sığlaşmasının tektonik sıkıştırmanın bir işareti olduğunu belirlemişlerdir. Oligosen sonunda bölgesel tektonik kısalma sonucu kayan ofiyolitler ve Eosen çökelleri kuzeye doğru hareket etmiştir. Havzanın Oligosen sıkıştırması sırasında oluşan bir tabaka ile dolduğu ve tabanının kuzey-güney uzunluğundaki fay sınırlı bloklarla bölündüğü öne sürülmektedir. Bu durum Miyosen sırasında blokların farklı şekilde çökmesine ve büyüme katlarının oluşmasına yol açmaktadır. Miyosen dönemi sırasında Kuzey Sınır Fayı'nın başlangıç noktası ile de diğer bir tektonik sıkıştırma süreci belirlenmiş ve bu nokta ile ilişkilendirilmiştir. Pliyosen dönemi sırasında en az iki yükselme aşaması olduğu ileri sürülmüştür.

Yılmaz and Yılmaz (2006) bölgenin Neo-Tetis'in kuzey kolunun kapanmasının ardından bir çarpışma sonrası meydana gelmiş bir kıtalararası havza olduğu yorumunu getirmişlerdir. Havza, Tauride platosunun ve onun metamorfik birimlerinin (Akdağmadeni – Kırşehir metamorfikleri) üzerine yerleşmiş Neo-Tethys kuzey kolunun ofiyolitik birimlerinden meydana gelen bir taban üzerinde yer aldığını belirtmişlerdir.

1.4.1 UA ve CBS'nin Bir Arada Kullanıldığı Çalışmalar

Kavak vd. (1997) Sivas Havzası ile ilgili UA teknolojilerinin kullanıldığı ilk çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada Savcun ve Karacaören bölgelerinin jeolojik özelliklerini incelemişlerdir. Sivas Havzası'nın bir okyanus havzası olmadığı bir ön havza olduğunu belirlemişlerdir.

Walter (2004) UA teknikleri ile denetimli sınıflandırma yönteminde yeni bir teknik geliştirmiştir. Bu yöntemde her bir pikselin ayrı ayrı sınıflandırılması yerine bir grubu

temsil edilen pikseller bir arada sınıflandırılmıştır. Her nesne boyutsal özellik vektörü tarafından tanımlanır ve maksimum olabilirlik sınıflandırmasına göre en muhtemel sınıfa atanır. Bu çalışmada bölge, su yüzeyi alanları, yerleşim alanları, yollar, ormanlık alanlar ve yeşil alanlar olmak üzere 5 kısma ayrılmıştır. Çalışma sonucunda tüm sınıfların yaklaşık % 8,6'sının değiştiği tespit edilmiştir.

F. Yuan vd. (2005) 1986, 1991, 1998 ve 2002 yılları için Minnesota'nın Metropolitan Bölgesi'nde Landsat TM verilerini kullanarak arazi örtüsü değişimini haritalayarak meydana gelen değişimi izlemek için bir metodoloji geliştirmiştir. Kullanılan 7 adet sınıflandırma yöntemleri ortalama % 94 doğruluk vermiştir. Sınıflandırma sonrası değişiklik tespit yöntemlerinden üretilen ve çeşitli yaklaşımlarla değerlendirilen arazi örtüsü değişim haritalarının genel doğruluğu % 80-90 arasında değişmiştir. Sonuçlar 1986 ve 2002 yılları arasında kentsel gelişim arazilerinin toplam alanının % 23,7' den % 32,8'ine yükseldiğini, tarım, orman ve sulak alanların ise % 69,6'dan % 60,5'e düştüğünü göstermiştir.

Karakuş (2009), Sivas Kenti ve yakın çevresinin UA ve CBS'nin entegrasyonu ile arazi kullanım değişimini incelediği çalışmada arazi sınıflarını; yerleşim alanları, su yüzeyleri, orman alanları, tarım alanları, doğal bitki örtüsü, çıplak toprak, kayalık 1 ve kayalık 2 olmak üzere 8 sınıfa ayırmıştır. Çalışmada uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları kullanarak, uydu görüntüleri için 1987 – 2002 yılları arasındaki arazi kullanımı değişimini, hava fotoğraflarından da 1973 – 2005 yılları arasındaki arazi kullanımı değişimini belirlemiştir. Ayrıca kent merkezi ve yakın çevresi için yerleşime uygunluk haritası çıkarmıştır.

Hoberg ve Rottensteiner (2010), yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri aracılığıyla yerleşim alanlarının sınıflandırılması için koşullu rastgele alanların olasılığını araştırmıştır. CRF'nin sınıflandırmadaki kabiliyetini vurgulamak için, testleri yalnızca minimum özellikler kümesi (minimum set of features) ve basit bir bağlam modeli kullanarak yapmıştır. CRF, sadece en yakın görüntü piksellerinin sınıf etiketleri arasında değil, aynı zamanda etiketler ve görüntü özellikleri arasında model bağımlılıklarını ayırt etme kabiliyetlerinden dolayı, ayırt etmesi zor piksellere sahip görüntüler için kullanışlı bir yöntem haline gelmiştir. IKONOS görüntüleri kullanılarak % 90 ve üzeri doğruluk değerleri elde edildiğini göstermiştir. CRF yaklaşımı, Maksimum Olabilirlik sınıflandırmasından çok daha iyi bir sonuç vermiştir.

Gezici (2012), 1985 - 2011 yılları arasındaki arazi kullanımında meydana gelen değişiklikleri uydu görüntüleri ile incelemiştir. Bu çalışmada, denetimli ve denetimsiz sınıflandırma yöntemlerini uygulamış ve IKONOS yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerini, mevcut inceleme alanına ait topoğrafik harita ile desteklemiştir. Denetimsiz sınıflandırmada tekrarlı veri analizi (ISODATE) yöntemini, denetimli sınıflandırmada ise maksimum olabilirlik yöntemini uygulamıştır. Gezici, arazi kullanım sınıflarını yerleşim alanları, kullanılmayan alanlar, tarım arazileri ve bitki örtüsü olmak üzere dört sınıfa ayırmıştır. 1985 - 2011 yılları arasında çalışma alanında kentleşmenin hızlı bir şekilde gerçekleştiğini tespit etmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre denetimli ve denetimsiz sınıflandırma yöntemlerinin kentleşme sürecinin izlenmesi ve yönetimi için etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Butt vd. (2015) ERDAS'ta kontrollü sınıflandırma maksimum olabilirlik algoritmasını uygulamışlardır. Bu çalışmada, Simly havzasında, Pakistan'da sırasıyla Landsat 5 1992 ve SPOT 5 2012 yıllarına ait uydu görüntülerini kullanarak arazi kullanım sınıflarındaki değişiklikleri tespit etmişlerdir. Bu arazi kullanım sınıflarındaki değişimin, havza kaynakları için ciddi bir tehdit oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Murayama ve diğ. (2017) düzenlenmiş bir arazi sınıflandırma şemasını kullanmıştır. Bu çalışmada, yerleşim alanları, yerleşim olmayan alanlar ve sulak alanlar olmak üzere üç arazi kullanım sınıflandırması belirlemişlerdir. Arazi kullanım haritaları oluşturmak amacıyla 1990, 2000, 2014 Landsat görüntüleri RF sınıflandırıcısı kullanılarak sınıflandırılmıştır. Sırasıyla 1976, 1988 ve 2000 yılları için Landsat MSS, Landsat TM ve Landsat ETM+ görüntülerinin analiz edilmesi sonucu olarak yerleşim alanlarının 47 kat arttığını ortaya koymuştur. UA ve CBS entegrasyonunun, arazi kullanımı / arazi örtüsü değişikliklerini izleme ve planlama için gerekli değerli bilgileri sağlamada etkili olduğunu belirtmişlerdir..

Karakuş (2019), 1989 - 2015 yılları aralığındaki Landsat uydu görüntülerini kullanarak, Sivas kent merkezi ve yakın çevresinin arazi kullanımı sınıflarındaki meydana gelen değişimin, bitki örtüsü ve arazi yüzey sıcaklığı ile arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırmacı, yerleşim alanlarının ve çıplak toprakların en yüksek arazi yüzey sıcaklığı değerine sahip olduğunu, yerleşim alanlarının yüzey sıcaklığında değişkenlik gözlenirken, kırsal alanların yüzey sıcaklıklarında düşme eğiliminde olduğunu belirlemiştir. Ayrıca bu çalışmada kentsel bir ısı adası oluşumu tespit etmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Bu çalışmada, arazi kullanım şekillerinin belirlenmesi, su kütlelerinin belirlenmesi ve arazi yüzey sıcaklık haritalaması çalışmalarında, 4 Eylül Barajı ve arazi yüzey sıcaklığı haritalamasında Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Kil ve nem içeriği haritalaması işlemlerinde, kayaç türü belirleme çalışmalarında ise Landsat 8 OLI ve Sentinel – 2 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Nemliliğin ve arazi yüzey sıcaklığının değişiklik gösterdiği sonbahar ve yaz mevsimlerine ait uydu görüntüleri iki farklı dönem olarak ayrı ayrı incelenmiştir. Çalışmada kullanılan Landsat uydu görüntülerinin özellikleri Çizelge 2.1, 2.2, 2.3 ve 2.4’de görülürken Sentinel -2 uydusuna ait özellikler ise Çizelge 2.5’te görülmektedir.

Çizelge 2.1 Landsat – 2 uydu görüntülerinde yer alan bantlar

LANDSAT – 2 Multispectral Scanner			
Bant Numarası	Açıklama	Dalgaboyu Aralığı (µm)	Çözünürlük (m)
Bant 4	Yeşil	0.5 - 0.6	60
Bant 5	Kırmızı	0.6 - 0.7	60
Bant 6	Yakın Kızılötesi	0.7 - 0.8	60
Bant 7	Yakın Kızılötesi	0.8 - 1.1	60

Çizelge 2.2 Landsat – 5 uydu görüntülerinde yer alan bantlar

LANDSAT 5 THEMATIC MAPPER			
Bant Numarası	Açıklama	Dalgaboyu Aralığı (µm)	Çözünürlük (m)
Bant 1	Mavi	0.45 - 0.52	30
Bant 2	Yeşil	0.52 - 0.60	30
Bant 3	Kırmızı	0.63 - 0.69	30
Bant 4	Yakın Kızılötesi	0.76 - 0.90	30
Bant 5	Kısa dalga Kızılötesi 1	1.55 - 1.75	30
Bant 6	Termal	10.4 - 12.3	120
Bant 7	Kısa dalga Kızılötesi 2	2.08 - 2.35	30

Çizelge 2.3 Landsat – 7 uydu görüntülerinde yer alan bantlar

LANDSAT - 7 ENHANCED THEMATIC MAPPER			
Bant Numarası	Açıklama	Dalgaboyu Aralığı (µm)	Çözünürlük (m)
Bant 1	Mavi	0.45 - 0.52	30
Bant 2	Yeşil	0.52 - 0.60	30
Bant 3	Kırmızı	0.63 - 0.69	30
Bant 4	Yakın Kızılötesi	0.76 - 0.90	30
Bant 5	Kısa dalga Kızılötesi 1	1.55 - 1.75	30
Bant 6	Termal	10.4 - 12.3	60
Bant 7	Kısa dalga Kızılötesi 2	2.08 - 2.35	30
Bant 8	Pankromatik	0.52 - 0.90	15

Çizelge 2.4 Landsat – 8 uydu görüntülerinde yer alan bantlar

LANDSAT - 8 OPERATIONAL LAND IMAGER AND THERMAL INFRARED SENSOR			
Bant Numarası	Açıklama	Dalgaboyu Aralığı (µm)	Çözünürlük (m)
Bant 1	Kıyı / Aerosol	0.433 - 0.453	30
Bant 2	Mavi	0.450 - 0.515	30
Bant 3	Yeşil	0.525 - 0.600	30
Bant 4	Kırmızı	0.630 - 0.680	30
Bant 5	Yakın Kızılötesi	0.845 - 0.885	30
Bant 6	Kısa-Dalga Kızılötesi	1.56 - 1.66	30
Bant 7	Kısa-Dalga Kızılötesi	2.10 - 2.30	60
Bant 8	Pankromatik	0.50 - 0.68	15
Bant 9	Cirrus	1.36 - 1.39	30
Bant 10	Uzun-Dalga Kızılötesi	10.3 - 11.3	100
Bant 11	Uzun-Dalga Kızılötesi	11.5 - 12.5	100

Çizelge 2.1, 2.2, 2.3 ve 2.4'teki Landsat uydu görüntülerinde yer alan yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi bantları tüm Landsat uydu görüntülerinde ortak özelliklere sahiptir. Bu üç ortak bandın RGB kombinasyonunda, uydu görüntülerindeki bitki örtüsü, su yüzeyleri, çıplak toprak gibi birbirinden farklı alanlar, renklendirme yardımıyla daha kolay ayırt edilebilmektedir (URL - 1).

Yakın kızılötesi bandı bitki örtüsü belirleme yöntemi olan NDVI yönteminin kullanıldığı banttır. Bitkilerin yapraklarındaki su kızılötesi dalgaları geri yansıtmaktadır. Kısa dalga kızılötesinin (SWIR) farklı dilimlerini kapsayan kısa dalga kızılötesi 1 ve kısa dalga kızılötesi 2 bantları ise (Landsat 8 için 6 ve 7, Landsat 7 ve Landsat 5 için 5 ve 7. bant) nemlilik içeriği çıkarımında ve jeolojik belirlemelerde oldukça faydalıdır (Çizelge 2.2, 2.3, 2.4). Bu çalışmada SWIR bantlarından kaya türü belirlemede yararlanılmıştır. Diğer bantlarda benzer görünen kaya ve topraklar SWIR'da sıklıkla güçlü kontrastlara sahiptir. Landsat 7 uydusundan itibaren uydu görüntülerinde yer alan bant 8 ise pankromatiktir (Çizelge 2.3, 2.4). Pankromatik bantta, yakın kızılötesinin ve görünür renk tayfının tümüne veya bir bölümüne sahip spektral aralıkta siyah – beyaz görüntü yer almaktadır (URL - 1).

Diğer Landsat uydu görüntülerinden farklı olarak çizelge 2.4'de gösterilen Landsat 8 uydu görüntülerinde yer alan 1. bant kıyı / aerosol bandı olarak da isimlendirilir. Sığ su görüntüleme, toz ve duman gibi ince partikülleri tespit etmede oldukça iyidir. Görünür renkleri ayrı olarak toplamak yerine, onları tek bir kanalda birleştirmektedir. Bu sensör diğerlerinden daha fazla ışık görebildiği için, 15 metre (50 fit) çözünürlüğe sahip tüm bantların en keskinidir. Landsat 8 uydu görüntülerinin 10. ve 11. bantları olan termal kızılötesi bantlar (TIR) ısıyı algılamaktadırlar. Hava istasyonları gibi, havanın sıcaklığını ölçmek yerine, termal kızılötesi bantlar, çoğu zaman havadan çok daha yüksek sıcaklık değerine sahip olan arazi yüzey sıcaklığını ölçmektedir (URL - 1).

Çizelge 2.5' de gösterilen Sentinel – 2 uydu görüntülerinin 1. bandı aerosol tespiti için kullanılmaktadır. 2. bandı toprak ve bitki örtüsü ayırma, orman tipi haritalama ve antropojenik etkilerin olduğu alanların tanımlanması için kullanılmaktadır. Band 2, atmosferden saçılan, gölgede kalmış alanları daha uzun dalga boyları sayesinde daha iyi aydınlatmaktadır. 3. band berrak ve bulanık su arasında belirleyici bir kontrast sağlar ve berrak suya oldukça iyi nüfuz eder. Su yüzeyindeki yağ ve bitki örtüsünün bulunmasına yardımcı olur. Diğer görünür renklerden daha fazla yeşil ışık yansıtır. Yerleşim alanları, baraj inşaatları gibi antropojenik etkiler görüntülenebilir (URL - 1).

Çizelge 2.5 Sentinel - 2 uydu görüntülerinde yer alan bantlar

SENTINEL – 2			
Bant Numarası	Bant Adı	Dalgaboyu Aralığı Merkezi (µm)	Çözünürlük (m)
Bant 1	Kıyı / Aerosol	0.443	60
Bant 2	Mavi	0.49	10
Bant 3	Yeşil	0.56	10
Bant 4	Kırmızı	0.665	10
Bant 5	Bitki örtüsü Kırmızı Eşiği	0.705	20
Bant 6	Bitki örtüsü Kırmızı Eşiği	0.74	20
Bant 7	Bitki örtüsü Kırmızı Eşiği	0.783	20
Bant 8	Yakın Kızılötesi	0.842	10
Bant 8A	Bitki örtüsü Kırmızı Eşiği	0.865	20
Bant 9	Su Buharı	0.945	60
Bant 10	Kısa-Dalga Kızıl Ötesi - Cirrus	1.375	60
Bant 11	Kısa-Dalga Kızıl Ötesi	1.61	20
Bant 12	Kısa-Dalga Kızıl Ötesi	2.19	20

Bant 4, ölü bitki örtüsünden iyi yansır ve bitki örtüsü tipleri, toprakları ve kentsel (şehir ve kasaba) özellikleri belirlemek için kullanışlıdır. Su yüzeylerini algılayabildiği derinlik sınırlıdır ve klorofil içeren canlı bitki örtüsünden iyi yansımamaktadır. Bant 5, 6, 7 ve 8A bitki örtüsü tespiti için kullanışlıdır. Bant 8, bitki örtüsü ve biyokütle içeriğini haritalamada kullanışlıdır. Bant 11 ve 12 toprağın ve bitki örtüsünün nem içeriğini ölçmek için kullanışlıdır ve farklı bitki örtüsü türleri arasında iyi bir kontrast sağlar. Kar ve bulutlar arasında ayırım yapmaya yardımcı olur. Öte yandan, bulutları da belirli bir derinliğe kadar algılama yeteneğine sahiptir (URL- 1).

Çalışma alanındaki yapılaşma faaliyetlerinin çevreyi ne ölçüde değiştirdiği ve ne tür zeminlerde gerçekleştirildiğini belirlemek amacıyla, arazi kullanım sınıflarında 1977 - 2018 yılları arasında meydana gelen değişim Landsat uydu görüntüleri kullanılarak incelenmiştir. Landsat 8 ve Sentinel – 2 uydu görüntüleri kaya türleri haritalaması, su kütlesi belirleme, arazi yüzey sıcaklığı belirleme, nem içeriği ve kil haritalaması için kullanılmıştır. Uydu görüntüleri üzerinde ARCGIS 10.2 programı kullanılarak denetimli sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri çizelge 2.6 ‘da sıralanmıştır.

Çizelge 2.6 Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri.

Uydu Adı	Sensör	Tarih	Yörünge/Sıra	Çözünürlük (m)	Bant Sayısı
LANDSAT 8	OLI	09.2018	174/32	30	9
	TIRS			100	2
LANDSAT 8	OLI	07.2018	174/32	30	9
	TIRS			100	2
LANDSAT 8	OLI	10.2017	174/32	30	9
	TIRS			100	2
LANDSAT 8	OLI	07.2017	174/32	30	9
	TIRS			100	2
LANDSAT 8	OLI	03.2017	174/32	30	9
	TIRS			100	2
LANDSAT 8	OLI	07.2016	174/32	30	9
	TIRS			100	2
LANDSAT 8	OLI	07.2015	174/32	30	9
	TIRS			100	2
LANDSAT 8	OLI	07.2014	174/32	30	9
	TIRS			100	2
LANDSAT 7	ETM+	07.2010	174/32	30	8
LANDSAT 7	ETM+	06.2006	174/32	30	8
LANDSAT 7	ETM+	07.2000	174/32	30	8
LANDSAT 5	TM	07.1990	174/32	30	8
LANDSAT 2	MSS	07.1977	188/32	60	4
SENTINEL - 2	MSIL1C	08.2015	0208/121	20	14
SENTINEL - 2	MSIL2A	08.2018	0208/121	10	8
				20	13
				60	15

2.2 Yöntem

Uydu görüntüleri üzerinde su kütlesi belirleme için NDWI (Normalized Difference Water Index – Normalize Edilmiş Su İndeksi Farkı) yöntemi, bitki örtüsü belirlenmesi için NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – Normalize Edilmiş Bitki İndeksi Farkı) yöntemi, kil ve nemlilik içeriği belirleme yöntemleri, arazi yüzey sıcaklığı belirleme yöntemi uygulanmıştır. Arazi kullanım sınıflarını ve kaya türlerini belirlemek amacıyla sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Bu sınıflandırma işleminde kontrollü sınıflandırma metodu olarak en yakın benzerlik yöntemi kullanılmıştır.

Çalışma alanında kentin su ihtiyacını karşılamak amacıyla inşaatı 2002 yılında tamamlanan 4 Eylül Barajı'nın yıllar içinde su yüzey alanında meydana gelen değişimler Landsat uydu görüntülerine NDWI yöntemi uygulanarak belirlenmiştir. Arazi kullanım sınıflarının 1977 - 2018 yılları arasındaki değişimi tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın bir diğer konusu da çalışma alanındaki mevcut kaya türlerinin UA yöntemleri ile tespit edilebilme yeteneğinin sorgulanması olmuştur. Landsat 8 ve Sentinel – 2 uydu görüntülerine bant oranlama ve bant kombinasyonları yöntemleri uygulanarak denetimli sınıflandırma işlemi ile uydu görüntülerinin kaya türleri belirleme yeteneği test edilmiştir. Çalışma alanına ait kaya türleri jips, alüvyon, kireçtaşı, traverten, çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı, kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı olmak üzere 6 sınıfa ayrılmıştır. Belirlenen bu 6 sınıf üzerinden uydu görüntülerine denetimli sınıflandırma yöntemi uygulanarak elde edilen sonuçlar referans olarak kabul edilen 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası ile karşılaştırılmıştır.

2.2.1 Görüntü işleme yöntemleri

2.2.1.1 Denetimli sınıflandırma

Landsat ve Sentinel uydu görüntüleri üzerinde denetimli en yakın benzerlik sınıflandırma yöntemi uygulanarak, yıllar içinde meydana gelen arazi kullanım değişimi ve kaya türleri incelenmiştir. Arazi kullanım sınıfları; yerleşim alanları, sulak alanlar, tarım alanları, kayalık zemin ve yeşil alanlar olmak üzere beş sınıfa ayrılarak incelenmiştir. Kaya türleri sınıfları ise jips, kireçtaşı, traverten, alüvyon, çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı ve kumtaşı-çamurtaşı- kireçtaşı olmak üzere 6 sınıfa ayırarak incelenmiştir. Denetimli sınıflandırma işlemi için Arcgis programının “Maximum Likelihood Supervised Classification” eklentisi kullanılmıştır. Uydu görüntüleri üzerinde belirlenen arazi sınıfları işaretlenerek programa tanıtılmıştır. Denetimli sınıflandırma eklentisi, belirlenen arazi kullanım sınıflarının pixel değerlerine en yakın olan değerleri tespit edip ait olduğu sınıfa atayarak o sınıfa özel belirlenen renk ile harita üzerinde işaretleme yapmaktadır.

2.2.1.2 Su kütlesi belirleme yöntemi

Uydu görüntüleri üzerinde NDWI yöntemi su kütlesi çıkarımı yöntemleri arasında en popüler yöntemlerden biridir (Xu, 2006). Bu çalışmada da su kütlesi çıkarımı için NDWI yönteminden yararlanılmıştır.

- **NDWI**

NDWI yöntemi su yüzeylerinin kara parçalarından ayırt edilmesini sağlayan bir yöntemdir. Uydu görüntülerinin yeşil ve yakın kızılötesi (NIR) bantları kullanılarak hesaplama yapılmaktadır (Xu, 2006).

$$NDWI = \frac{Yeşil - Yakın Kızılötesi}{Yeşil + Yakın Kızılötesi}$$

2.2.1.3 Arazi yüzey sıcaklığı haritalaması

Uydu sensörlerinin yüzeyden yansıyan değerleri algılaması sayesinde uydu görüntüleri üzerinden arazi yüzey sıcaklığı çıkarımı yapılabilmektedir. Bu çalışmada arazi yüzey sıcaklığı haritalamasında, Landsat 5 ve Landsat 7 uydu görüntülerinde yer alan termal bant (6. bant) ve Landsat 8 uydu görüntülerinde yer alan termal bant (10. bant) kullanılmıştır. Bu termal bantlar sayesinde yüzey sıcaklığı hesaplamaları yüksek doğrulukta gerçekleştirilebilmektedir (Sobrino vd., 2004).

Arazi yüzey sıcaklığını belirlemek için öncelikle sensörlerin algıladığı parlaklık değerleri hesaplanmaktadır (L_λ):

$$L_\lambda = M_L * Q_{cal} + A_L$$

M_L ve A_L değerleri uydu görüntülerine ait metadata dosyalarında yer almaktadır.

Daha sonra atmosfer üst kısmının yansıma değerinin parlaklık sıcaklığına dönüştürüldüğü formül kullanılır:

$$T_B = \frac{K_2}{\left(\ln \left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1 \right) \right)}$$

K_1 ve K_2 değerleri uydu görüntülerine ait metadata dosyalarında yer almaktadır.

Ardından bitki örtüsü belirleme yöntemi olan NDVI yöntemi uygulanmaktadır:

$$NDVI = \frac{(Yakın Kızılötesi - Kırmızı)}{(Yakın Kızılötesi + Kırmızı)}$$

Daha sonra yayılma değeri olan “E” hesaplamalarına geçmek için gerekli olan bitki örtüsü oranı hesaplanıp, ardından yayılma değeri hesaplanmaktadır:

$$Pv = \left(\frac{(NDVI - NDVImin)}{(NDVImax - NDVImin)} \right)^2$$

$$E = (0.004 * Pv) + 0.986$$

Arazi yüzey sıcaklığının belirlendiği son işlem olan parlaklık sıcaklığı “TB” yüzey sıcaklığına dönüştürülür ve arazi yüzey sıcaklığı °C cinsinden elde edilir:

$$T = \frac{T_b}{1 + \ln(E) * \left(\frac{(\lambda * T_b)}{C_2} \right)} - 273.15$$

$$C_2: h*c/s = 1.4388*10^{-2} \text{ mK}$$

$$h: \text{Planck sabiti} = 6.626*10^{-34} \text{ J s}$$

$$c: \text{Işık hızı} = 2.998*10^8 \text{ m/s}$$

$$s: \text{Boltzmann sabiti} = 1.38*10^{23} \text{ J/K}$$

2.2.1.4 Nemlilik ve kil indexlerinin belirlenmesi

Uydu görüntülerinin yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi bantları kullanılarak incelenen alana ait arazinin nemlilik özelliği çıkarılabilmektedir. Landsat 8 uydu görüntülerinin 5. ve 6. bantları, Sentinel uydu görüntülerinin 11 ve 8A numaralı bantları nem içeriği belirlemede kullanılmaktadır (Zhang vd., 2017).

$$\text{Nem İçeriği} = \frac{(\text{Yakın kızılötesi} - \text{kısa dalga kızılötesi})}{(\text{Yakın kızılötesi} + \text{kısa dalga kızılötesi})}$$

Uydu görüntülerinin kısa dalga kızılötesi bantları kullanılarak incelenen alana ait arazinin kil içeriği haritalanabilmektedir. Landsat 8 uydu görüntülerinin 6. ve 7. bantları, Sentinel uydu görüntülerinin 11 ve 12 numaralı bantları kil içeriği belirlemede kullanılmaktadır (Boulet vd., 2015).

$$\text{Kil içeriği} = \frac{(\text{kısa dalga kıızılötesi1} - \text{kısa dalga kıızılötesi2})}{(\text{kısa dalga kıızılötesi1} + \text{kısa dalga kıızılötesi2})}$$

2.2.1.5 Ortalama karesel hata, ortalama yüzde hata, ortalama değeri

Belirlenen kaya türleri alanlarının referans haritasındaki alanlar ile uyumu karşılaştırılarak, değerlendirilmesi amacıyla ortalama karesel hata (RMSE), ortalama yüzde hata (MAPE) ve ortalama değeri eşitliklerinden yararlanılmıştır (Chai and Draxler, 2014; Kim and Kim, 2016, URL – 2).

$$RMSE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N At^2 ,$$

Ortalama değeri;

$$X = \frac{\sum_{i=1}^N Xi}{N} = \frac{x1 + x2 + x3 \dots + xn}{N}$$

N: sınıf sayısı

Xi: sınıf değeri

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{At-t}{At} \right|$$

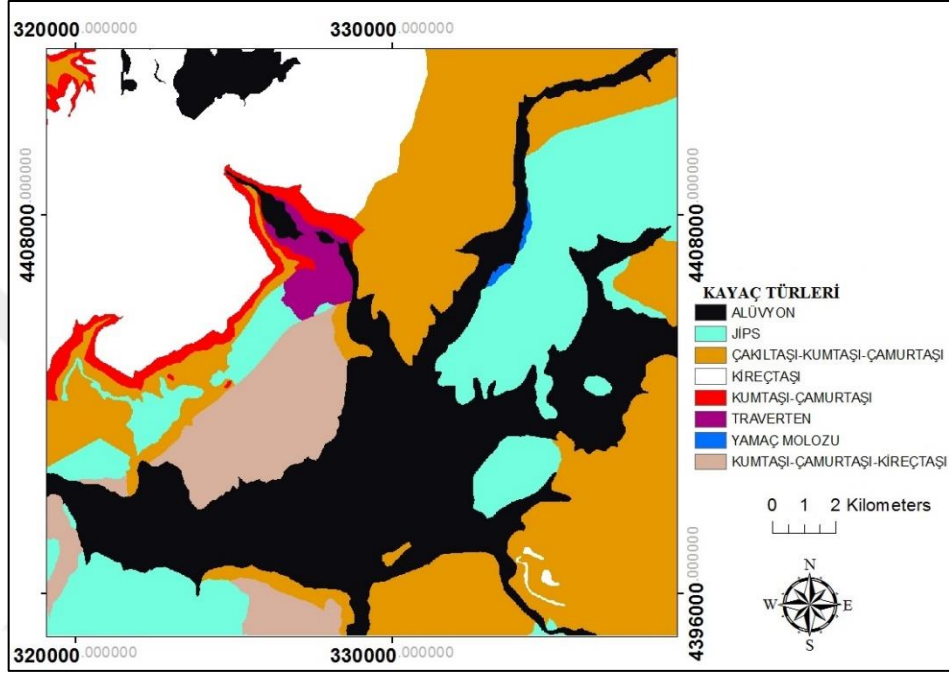
At: referans alan

N: Sınıf sayısı

t: hesaplanan alan

3. ÇALIŞMA ALANININ İNCELENMESİ

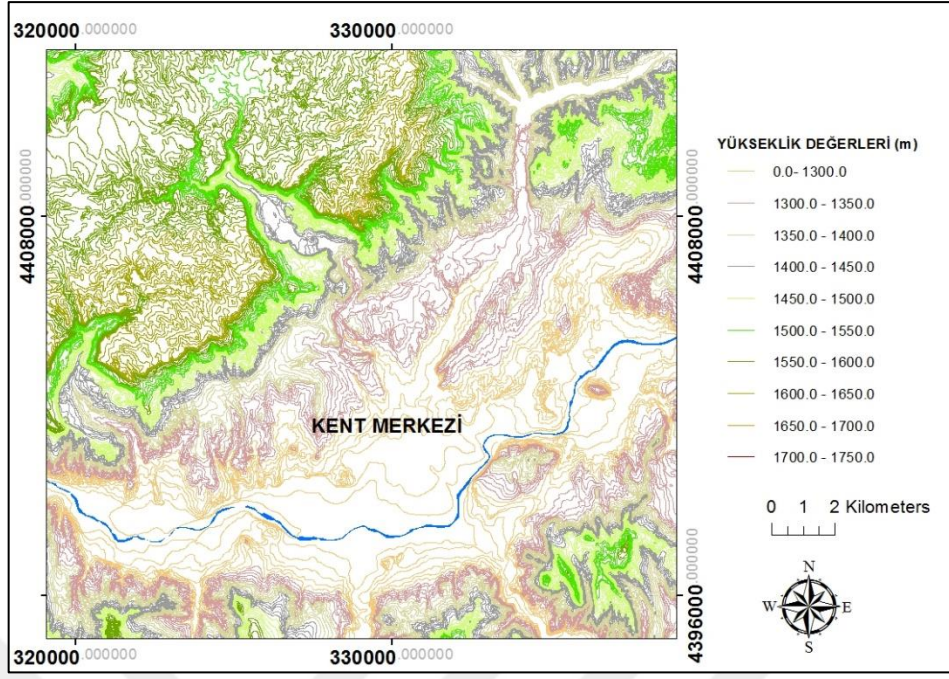
Bu çalışmada jeolojik yapının incelenmesi ve UA yöntemleri ile denştirilmesinde, MTA'dan temin edilmiş olan sayısal jeoloji haritası kullanılmıştır.



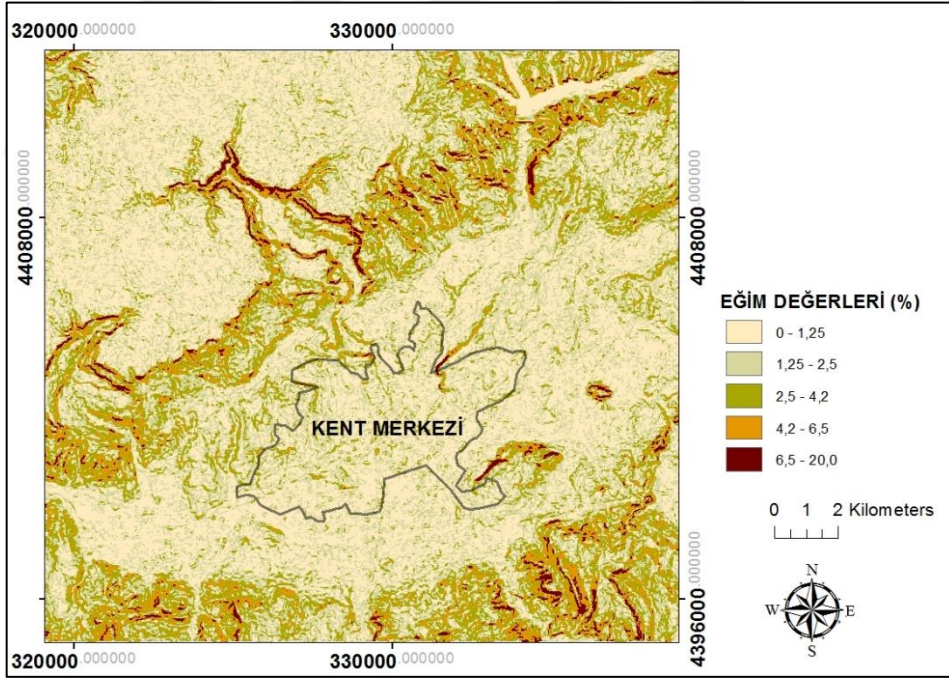
Şekil 3.1 Çalışma alanı jeoloji haritası

Çalışma alanı sınırlarında 8 adet kaya türü sınıfı bulunmaktadır. Bunlar; alüvyon, jips, çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı, kireçtaşı, kumtaşı-çamurtaşı, traverten, yamaç molozu-birikinti konisi, kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı birimleridir. Uydu görüntüleri yardımıyla kaya türü belirlemesi çalışmalarında bu 8 sınıftan çok düşük miktarda alan kaplayan ve diğer sınıflarla çok yakın özellik gösteren yamaç molozu-birikinti konisi ve kumtaşı-çamurtaşı birimleri sınıflandırmaya dahil edilmemiştir.

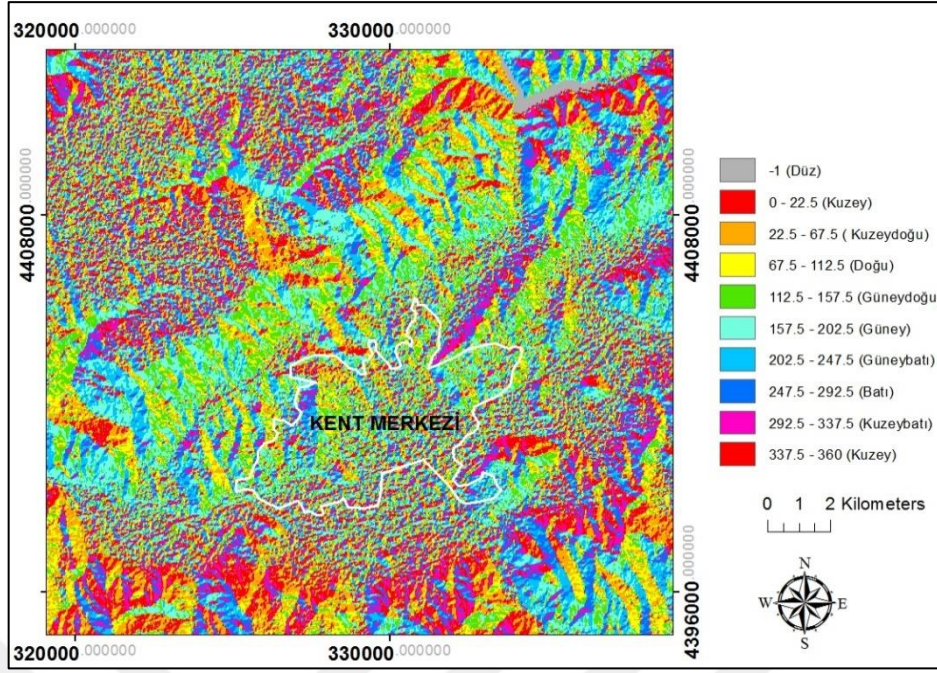
Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiş olan sayısal yükseklik verileri yardımıyla çalışma alanının topografik haritası (Şekil 3.2), eğim haritası (Şekil 3.3) ve bakı haritası (Şekil 3.4) üretilmiştir.



Şekil 3.2 Çalışma alanı topografik haritası



Şekil 3.3 Çalışma alanı eğim haritası



Şekil 3.4 Çalışma alanı bakı haritası

Kent merkezi, yakın çevresine göre daha düşük kotta yer almaktadır. Çalışma alanına ait eğim haritası incelendiğinde, yerleşimlerin yoğun olduğu kent merkezinde eğimin çok düşük olduğu gözlenmektedir. Kent merkezinin kuzeyinde ve güneyinde ise eğim artışı görülmektedir. Alanın ortalama eğimi ise % 1 – 4 arasındadır.

Çalışma alanı bakı haritası incelendiğinde yerleşimlerin yoğun olduğu ve büyük bölümü alüvyon zemin üzerine inşa edilen kent merkezi ve kent merkezi güneyinde kalan bölgenin ağırlıklı olarak kuzey ve kuzeydoğu cephesine bakmakta olduğu gözlenmektedir. Bu cephelerin ısınmasında güneş, güney cephelere göre çok daha az etki etmektedir. Kent merkezinin batı, kuzeybatı ve güneydoğu taraflarındaki alanlarda ise güneşe bakan cepheler mevcuttur. Bu cephelerin ısınmasında güneş etkisi daha fazla olduğu için, diğer bölgelere göre daha düşük ısınma ihtiyacı gerektirecektir.

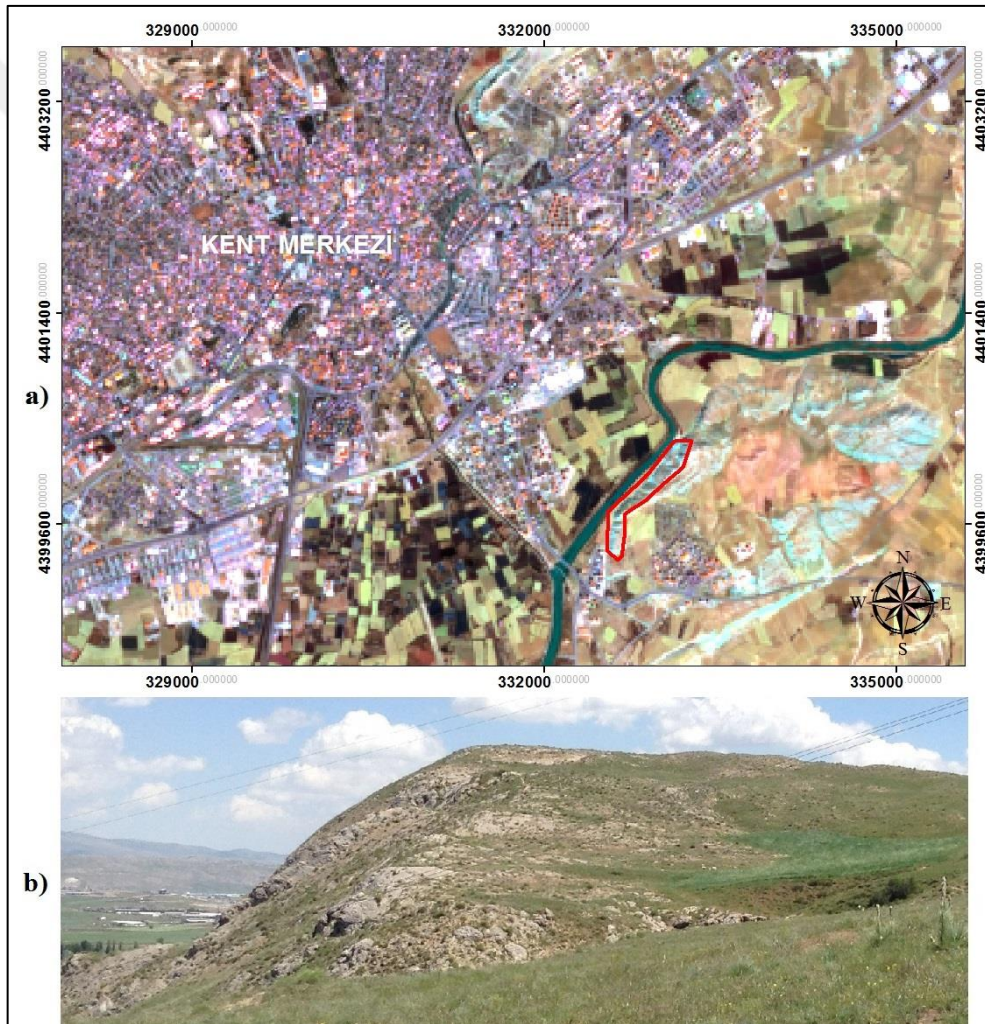
3.1 Arazi Çalışmaları

Uydu görüntüleri üzerinde uygulanan bant oranları ve bant kompozisyonu yöntemlerinin ardından elde edilen sonuçların kontrol edilmesi amacıyla görüntüler üzerinde belirlenen noktalara gidilerek arazideki birimler hakkında gözlemler ve deneştirmeler yapılmıştır.

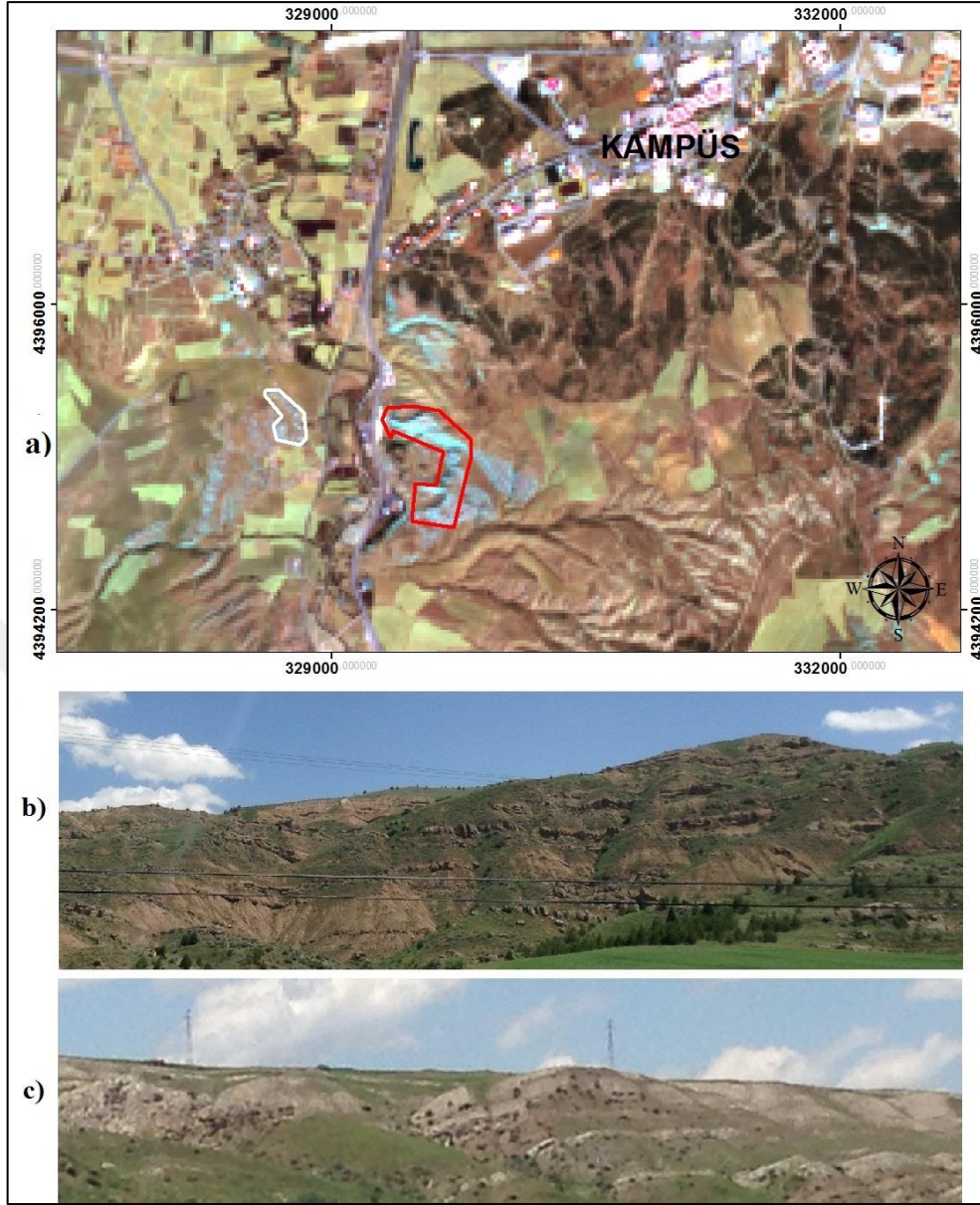
Üniversite Toki Konutları'nın kuzey ve kuzeydoğusunda kalan jipslerin yer aldığı arazi incelenmiş ve yerinde denetimler yapılmıştır. Şekil 3.5'de uydu görüntüsü üzerinde işaretlenen Üniversite Toki Konutları civarındaki jipsli alanlar gösterilmektedir.

Sentinel – 2 uydu görüntülerinin 12, 4 ve 2. bantları kullanılarak oluşturulan görüntüde jipsler genellikle turkuaz renklerde gözlenmektedir. Çevresine göre yüksekte kalan bölgelerde jipsler, yüzeyde gözlenebilmektedir.

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi kampüsü güneyinde kalan taşlıdere civarındaki jipsli bölge incelenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.5 Ünivesite Toki konutları kuzeyinde yer alan jipslere ait görüntüler
a) Çalışma alanının uydu görüntüsü
b) Uydu görüntüsünde kırmızı işaretli jipslerin görüntüsü (bakış kuzeydoğuya)



Şekil 3.6 Cumhuriyet Üniversitesi Kampüsü güneybatısındaki jipslere ait görüntüler
a) Çalışma alanının uydu görüntüsü
b) Uydu görüntüsünde kırmızı işaretli jipslerin alan görüntüsü (bakış doğuya)
c) Uydu görüntüsünde beyaz işaretli jipslerin alan görüntüsü (bakış batıya)

Taşlıdere civarında yolun her iki tarafında da yer alan jipsler, arazinin doğal örtüsünün bozulmaması ve çevresine göre yüksekte kalması sebebiyle de uydu görüntüsünden de kolayca seçilebilmektedir.

Uydu görüntüsü üzerinde yapılan 12/4/2 RGB kombinasyonundan elde edilen renklendirilmiş görüntüde bu noktalar, jipsleri temsil eden turkuaz renginde gözükmetedir.

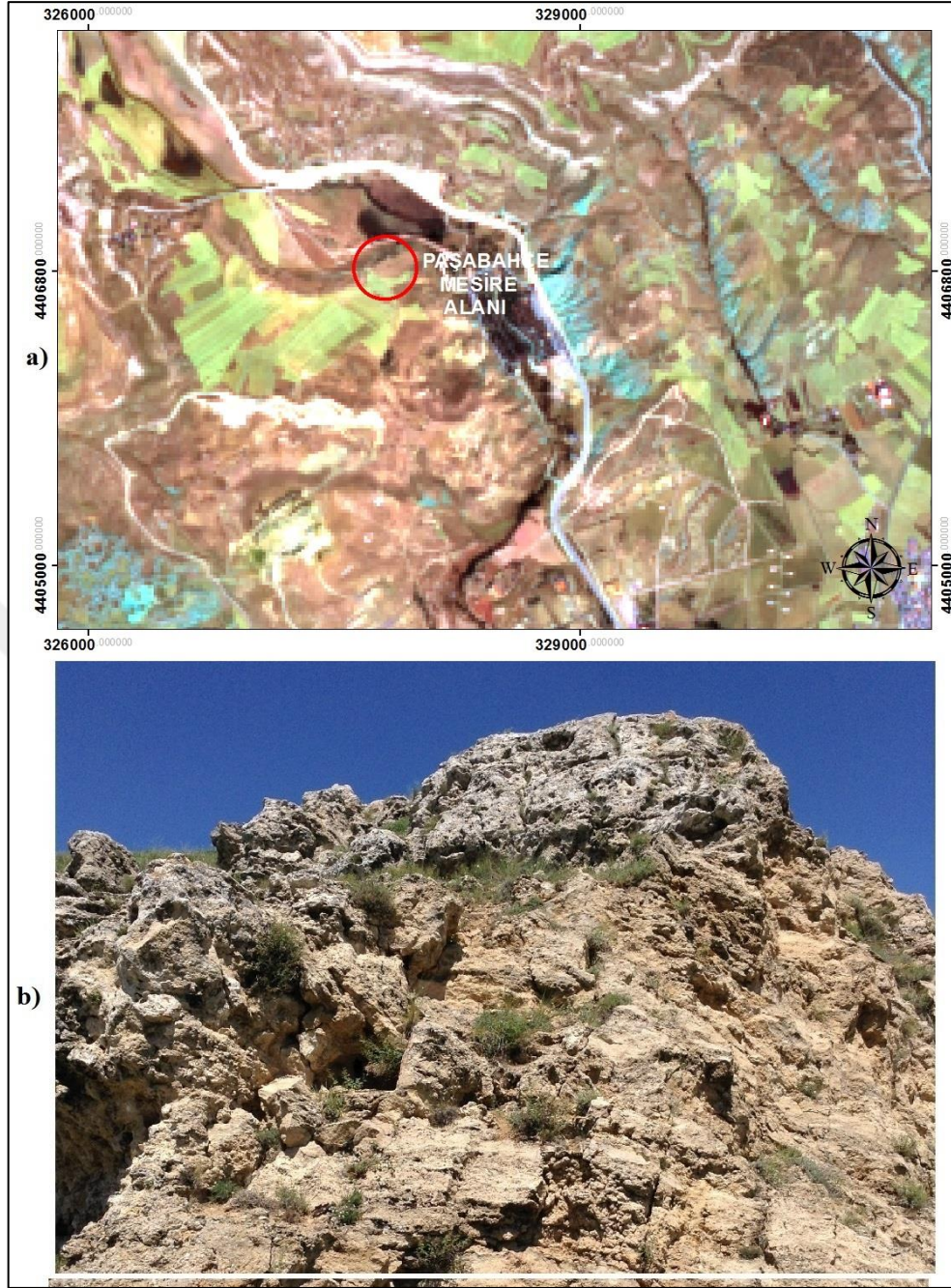
Paşabahçe Mesire Alanı civarında yapılan incelemede üst kısım kireçtaşı alt kısımda ise jipslerin yer aldığı bölge Şekil 3.7’de gösterilmektedir.

İnceleme alanı arazisinin doğal örtüsü bozulmadığı için, uydu görüntülerinde de rahatça görülebilen üst kısmı kireçtaşı ile örtülü jipslerin tespiti kolayca yapılabilmektedir.



Şekil 3.7 Paşabahçe Mesire Alanı kuzeyi üst kısım kireçtaşı altta jipslere ait görüntüler
a) Çalışma alanının uydu görüntüsü
b) Uydu görüntüsünde kırmızı ile işaretlenmiş jipslerin alan görüntüsü (bakış kuzeydoğuya)

Paşabahçe Mesire Alanı civarında yer alan travertenlere ait uydu görüntüsü ve arazideki görünümü Şekil 3.8’de gösterilmiştir.

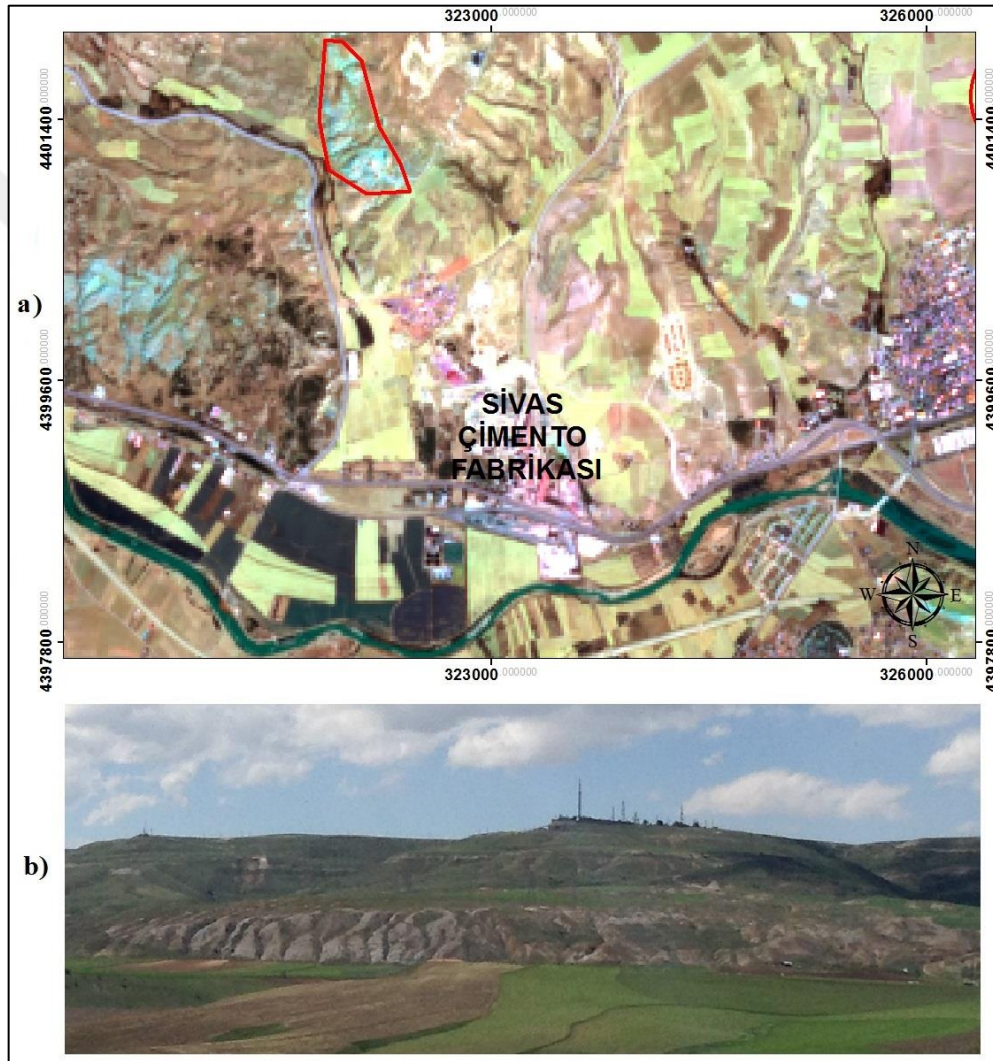


Şekil 3.8 Paşabahçe mesire alanı tarafı travertenlere ait görüntüler
a) Çalışma alanının uydu görüntüsü
b) Uydu görüntüsünde kırmızı işaretli travertenlerin alan görüntüsü (bakış güneybatıya)

İnceleme alanındaki travertenler 12/4/2 RGB kombinasyonu ile incelendiğinde diğer bölgelerle arasında küçük bir renk değişimi gözlenmektedir. Travertenlerin kapladığı alan diğer bölgeye göre daha parlak renkte gözükmektedir. Travertenler genellikle sıcak su kaynaklarına bağlı olarak gelişmiş, karbonatlı su çıkışları nedeniyle oluşmuştur. Kuvaterner döneme ait olduğu belirlenmiştir. (Karacan vd., 1996).

Çalışma alanı sınırlarında yer alan Sivas Çimento Fabrikası kuzeyinde üst kısmı kireçtaşı alt kısmı jipsli bölge incelenmiştir (Şekil 3.9).

Sivas Çimento Fabrikası kuzeybatısında yer alan jipslerin çevresi tarlalar ile çevrilidir. Bu bölgedeki jipslerin doğal örtüsü bozulmayan kısımlar uydu görüntüsü incelemesinde turkuaz renkte gözükmektedir. Doğal arazi örtüsü bozulan yerlerde turkuaz renklere nadiren rastlanmaktadır.

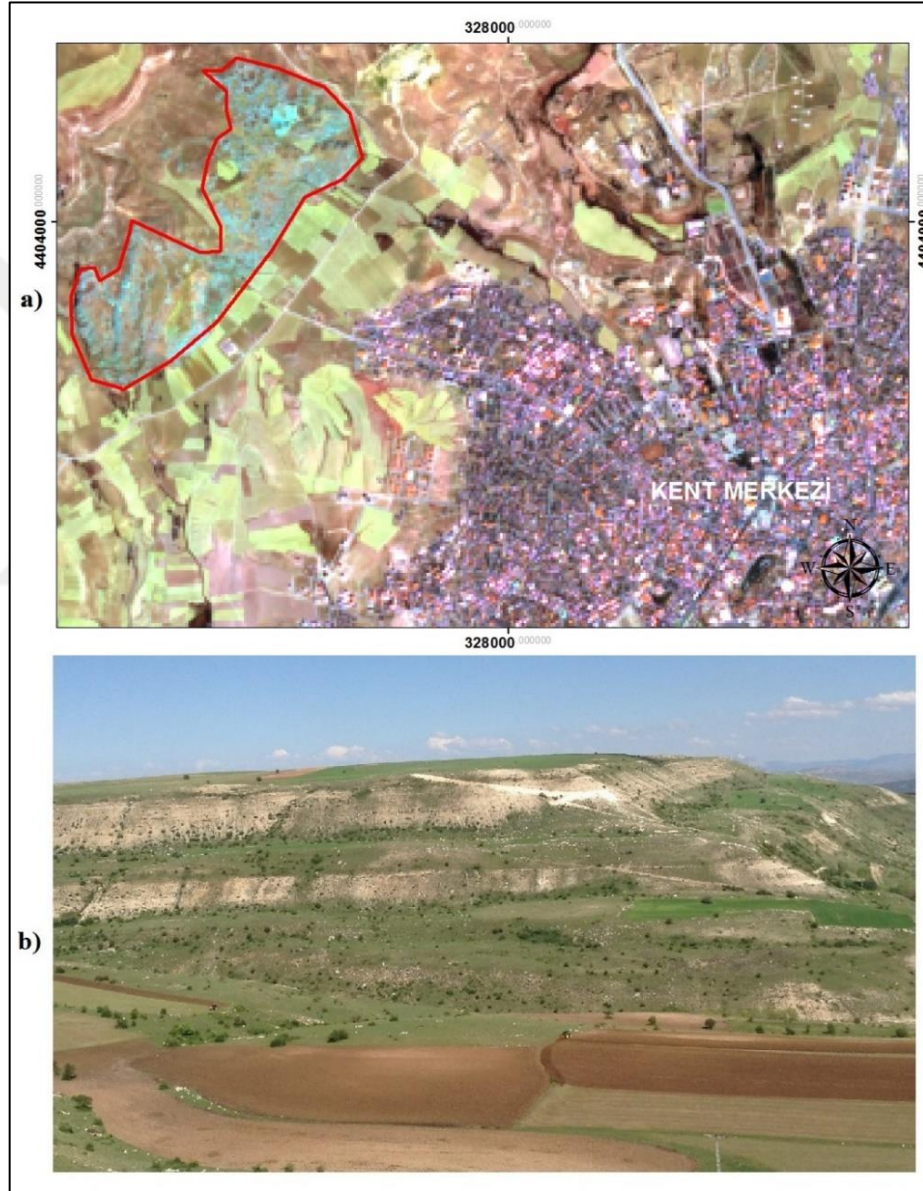


Şekil 3.9 Sivas Çimento Fabrikası kuzeyinde yer alan jipslere ait görüntüler (Danıştmentgazi Mahallesi)
a) Çalışma alanının uydu görüntüsü
b) Uydu görüntüsünde kırmızı işaretli jipslerin alan görüntüsü (bakış güneybatıya)

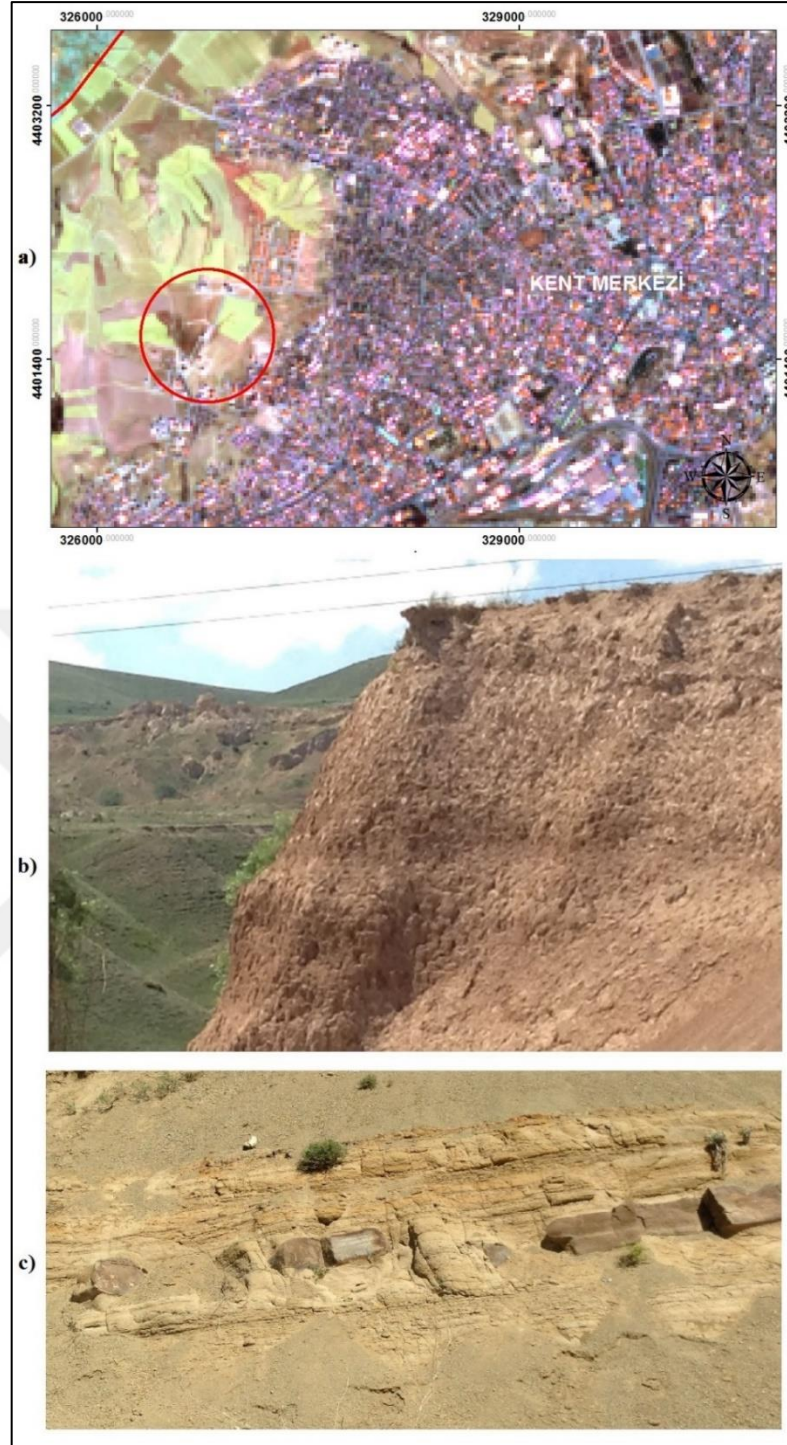
Kent merkezi kuzeybatısındaki jipslerin çevresine göre yüksekte yer aldığı için ve doğal örtüsünü koruması sebebiyle uydu görüntüsüne uygulanan 12/4/2 RGB

kombinasyonunda, çevresindeki renklerden farklı olarak turkuaz renkte rahatlıkla ayırt edilebilmektedir (Şekil 3.10).

Kent merkezi batısında yer alan killi zeminde yapılan incelemede, zeminin ağırlıklı olarak kilden meydana geldiği gözlenmiştir. Ayrıca kil ağırlıklı kumtaşı - kıltaşı serisi de inceleme alanında görüntülenmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.10 Kent merkezi kuzeybatısı üst kısım kireçtaşları alt kısım jipslerin görüntüleri
a) Çalışma alanının uydu görüntüsü
b) Uydu görüntüsünde kırmızı işaretli jipslerin alan görüntüsü (bakış kuzeydoğuya)



Şekil 3.11 Kent merkezi batısındaki kil ve kil ağırlıklı kumtaşı-kiltaşı serisi görüntüleri (Danışmentgazi Mahallesi)
a) Çalışma alanının uydu görüntüsü
b) Uydu görüntüsündeki kırmızı işaretli pekişmemiş killerin alan görüntüsü (bakış kuzeybatıya)
c) Uydu görüntüsündeki kırmızı işaretli kumtaşı – kiltaşı serisinin alan görüntüsü (bakış kuzeydoğuya)

İnceleme alanındaki kil zemin üzerinde tarlalar sürülmekte, bu nedenle arazinin doğal örtüsü bozulmaktadır. Bu durum nedeniyle uydu görüntülerinden jeolojik özelliklerini belirlemek çok kolay olmamaktadır. 12/4/2 RGB kombinasyonunda incelenen bölgede renk değişimi de çok karmaşık gözlenmektedir. Renkte meydana gelen karmaşıklığa, arazideki kil içeriklerinin değişimi ve bölgede yapılaşma faaliyetleri kapsamında gerçekleştirilen kazı çalışmalarının da neden olabileceği düşünülmektedir.

Arazi çalışması kapsamında incelenen noktaların zemin özellikleri GPS yardımıyla harita üzerinde işaretlenerek referans harita olan jeoloji haritası ile karşılaştırılmıştır. Arazi çalışmalarında tespit edilen türler referans jeoloji haritası ile denştirilerek, uydu görüntüleri üzerinde denetimli sınıflandırma yapmak için gerekli kaya türü sınıfları oluşturulmuştur.

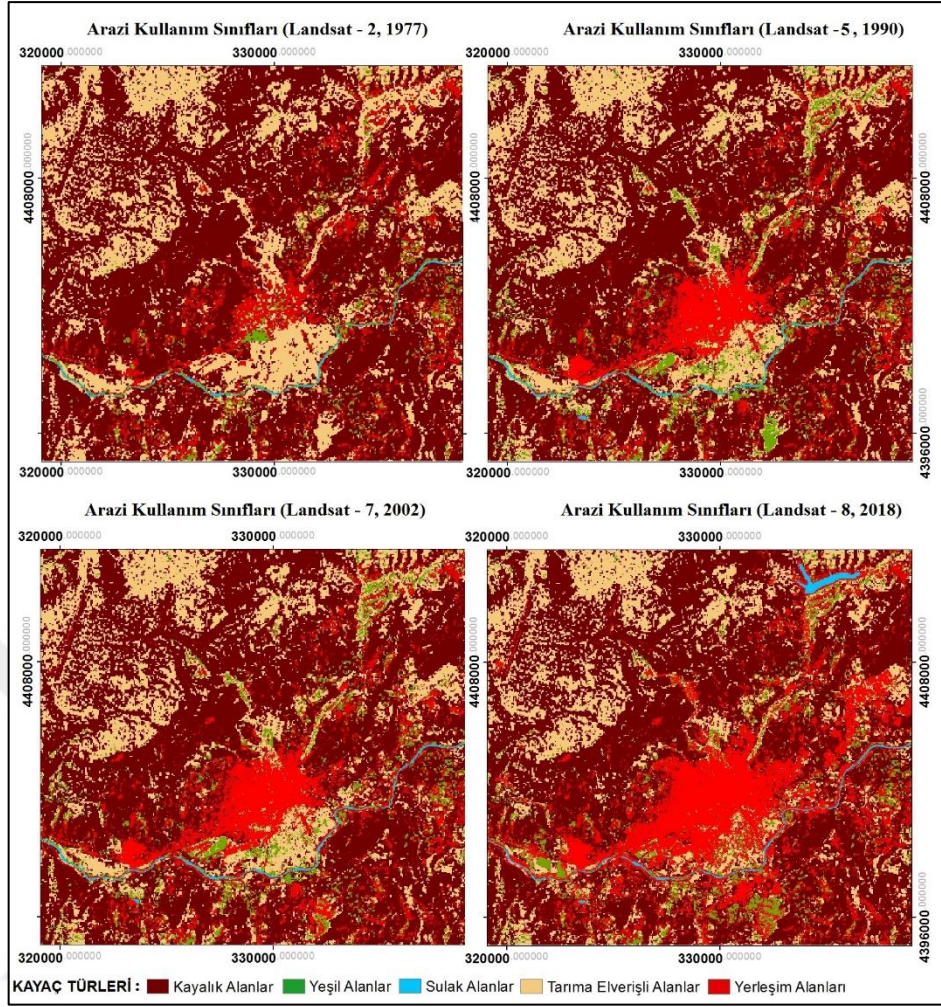
3.2 Çalışma Alanı Arazi Kullanımı Değişiminin İncelenmesi

Çalışma alanı arazi kullanım sınıflarını belirlemek amacıyla ilk olarak 1977 yılına ait Landsat uydu görüntüsü üzerinde ve daha sonra sırasıyla 1990, 2002, 2018 uydu görüntüleri üzerinde sınıflandırma yapılmıştır. Şekil 3.12’de 1977, 1990, 2002 ve 2018 yıllarına ait uydu görüntülerinin sınıflandırılmasıyla elde edilen arazi kullanım sınıfları ve çizelge 3.1’de de arazi kullanım sınıflarının 1977 – 2018 yılları arasındaki değişimleri gösterilmiştir. Artış gösteren yerleşim alanlarına karşılık tarım alanları ve yeşil alanlarda meydana gelen değişiklik Şekil 3.13’de gözükmektedir.

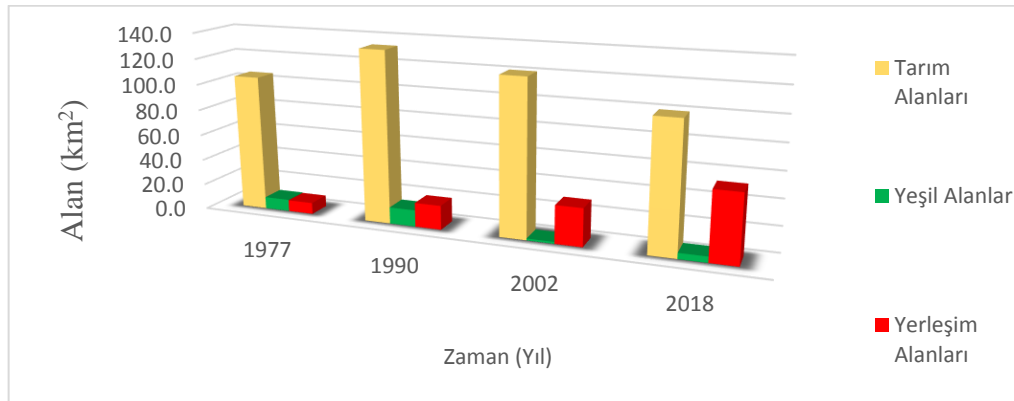
Landsat uydu görüntülerine üzerinde yapılan denetimli sınıflandırmada 1977 – 2018 yılları arasındaki arazi kullanım sınıflarındaki meydana gelen değişimlere göre; yerleşim alanları 8.9 km²’den 52.9 km²’ye yükselirken, buna karşılık tarım alanları 128.7 km² seviyesinden 99.9 km²’ye düşmüştür. Şekil 3.13’de tarım alanları, yerleşim alanları ve yeşil alanların değişimi gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Arazi kullanım sınıflarının 1977-2018 yılları arasındaki değişimi

SINIFLAR / YILLAR	1977	1990	2002	2018
Sulak Alanlar	5,7	2,30	3	5,1
Yerleşim Alanları	8,9	18,8	29,4	52,9
Kayalık Alanlar	259,6	249	255,4	249,4
Tarım Alanları	128,7	129	120,7	99,9
Yeşil Alanlar	9,1	12,9	3,5	4,7
Toplam Alan	412 (KM ²)			



Şekil 3.12 Landsat uydu görüntülerinden elde edilen arazi kullanım sınıfları



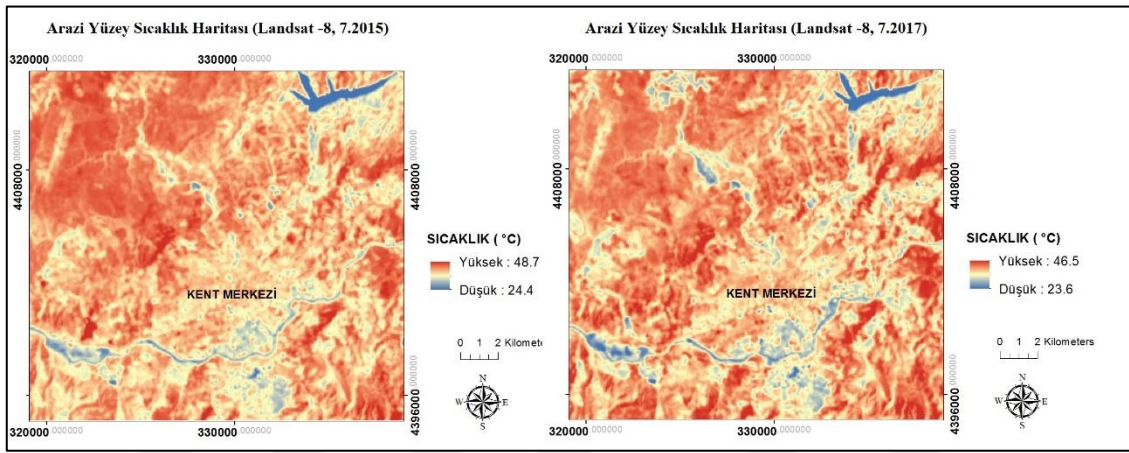
Şekil 3.13 Arazi kullanım sınıflarında yıllar içinde meydana gelen değişim

3.3 Çalışma Alanının Arazi Yüzey Sıcaklıklarının İncelenmesi

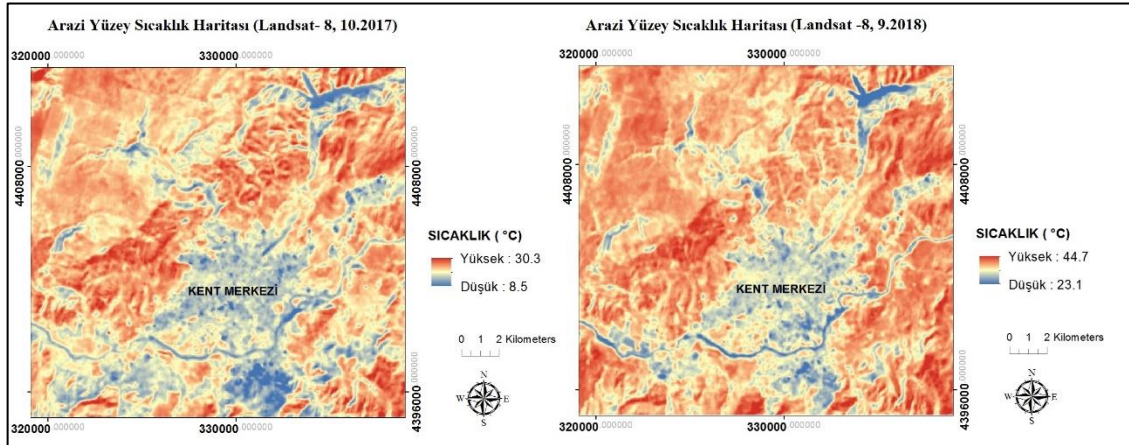
Uydu görüntülerinin termal bantları kullanılarak çıkarılan arazi sıcaklık değerleri, kış mevsiminin soğuk geçtiği çalışma alanındaki arazi yüzey sıcaklık değerlerinin

belirlenmesi amacıyla incelenmiştir. Bu çalışmada Landsat 7 uydu görüntülerinin termal bandı olan 6. bandı ve Landsat 8 uydu görüntülerinin 10. bandı, arazi yüzey sıcaklığı belirlemede kullanılmıştır.

Arazi yüzey sıcaklık haritalamasında daha önceki çalışmalarda da sıkça tercih edilen termal bant olan 10. bant kullanılmıştır. Şekil 3.14’de yaz mevsimine ait arazi yüzey sıcaklık haritası ve Şekil 3.15’ de farklı yılların sonbahar mevsimine ait uydu görüntülerinden elde edilen arazi yüzey sıcaklık değerleri gösterilmektedir.



Şekil 3.14 Arazi yüzey sıcaklık haritası (Landsat – 8, yaz)



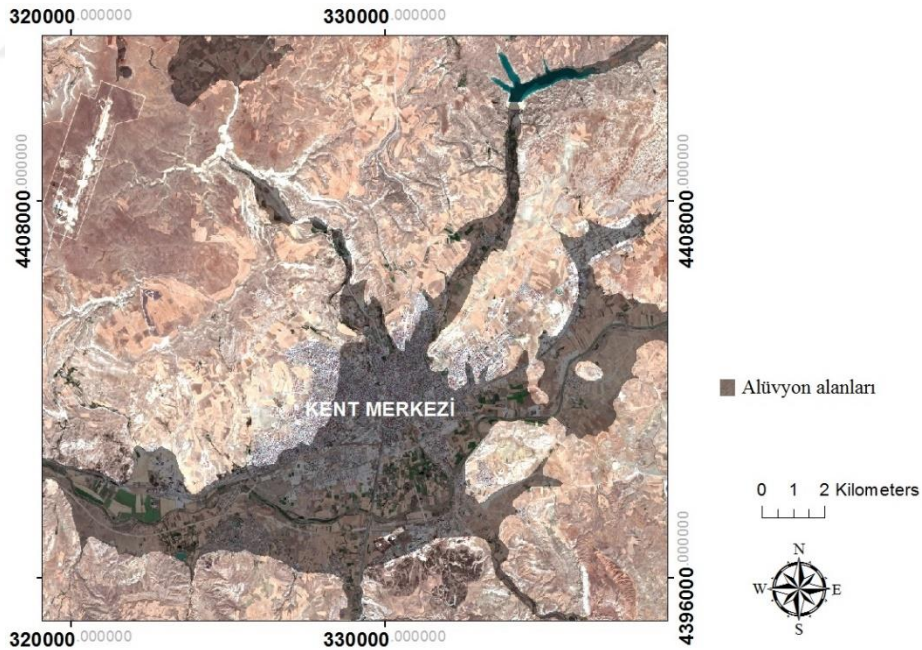
Şekil 3.15 Arazi yüzey sıcaklık haritası (Landsat – 8, sonbahar)

Kent merkezi ve yakın çevresinin arazi yüzey sıcaklık haritalaması için, iki adet yaz dönemi ve iki adet sonbahar dönemine ait uydu görüntüleri seçilmiştir. Farklı dönem uydu görüntülerinin tercih edilme sebebi, farklı mevsimlerde değişen hava sıcaklığının

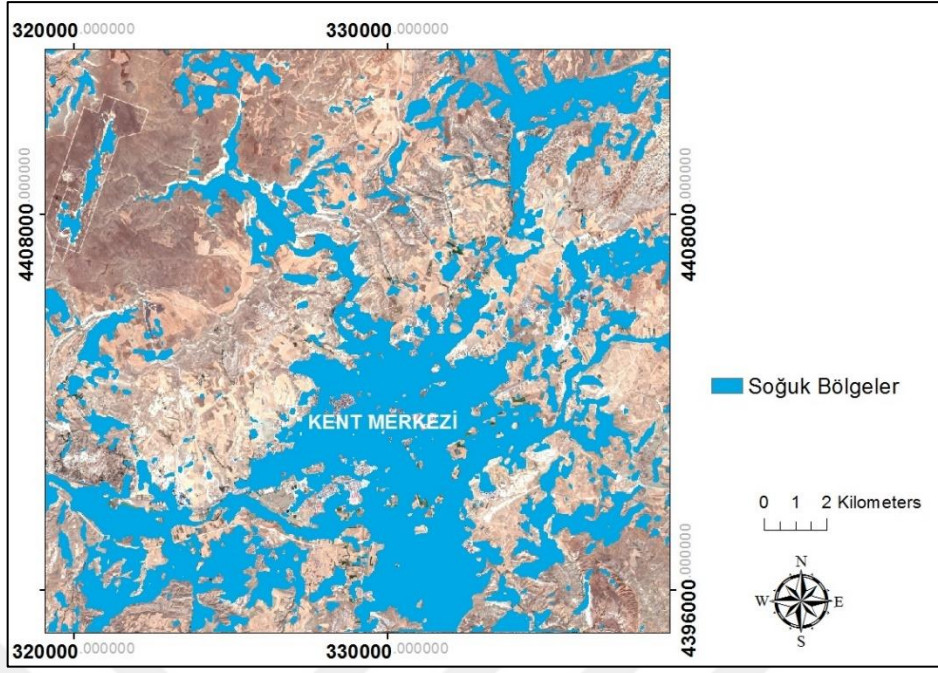
etkisi ile arazi yüzey sıcaklıklarında meydana gelebilecek değişiklikleri tespit ederek, her iki dönemin sonuçlarına göre ortak bir arazi yüzey sıcaklık haritası oluşturmaktır.

Kent merkezi ve çevresindeki yapılacak yeni yerleşim alanlarında ısınma ihtiyacının azaltılması adına, bulutluluk oranı analiz yapmaya elverişli olan yaz ve sonbahar mevsimlerine ait uydu görüntüleri yardımıyla hazırlanan arazi yüzey sıcaklık haritası 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası ile üst üste çakıştırılarak, soğuk ve sıcak bölgelerin jeolojik yapıyla ilişkisi incelenmiştir. Arazi yüzey sıcaklık haritasında çevresine göre daha soğuk gözükten bölgelerin ağırlıklı olarak alüvyon zeminlere denk geldiği belirlenmiştir (Şekil 3.16 ve 3.17). Ayrıca sıcaklık haritası ve jeoloji haritası, bakı haritası ile bir arada incelendiğinde soğuk olan alüvyon bölgelerin genellikle kuzey ve kuzeydoğu bakı yönüne sahip olduğu gözlenmektedir (Şekil 3.16).

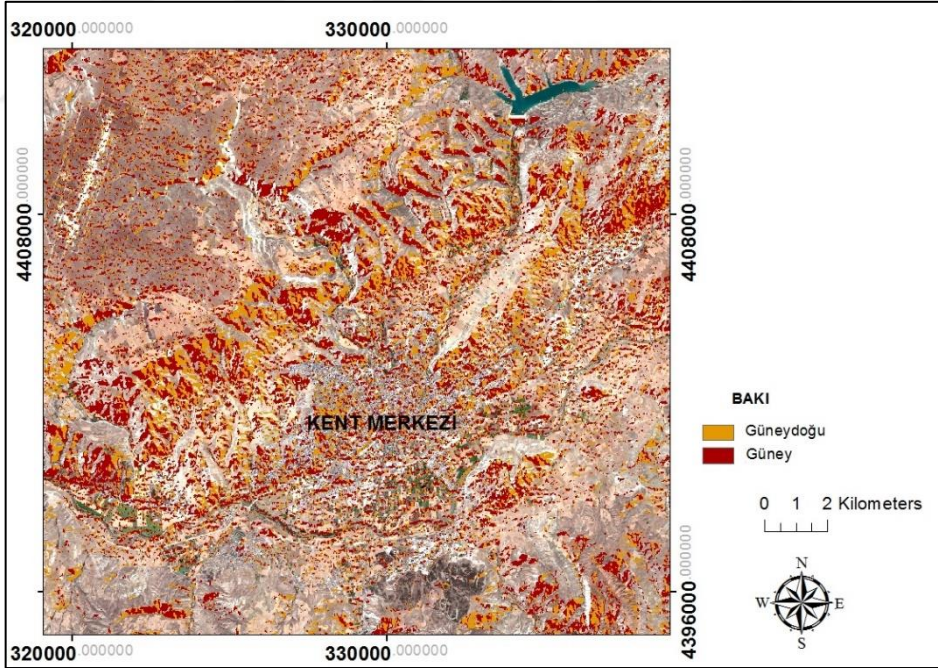
Ortalama yıllık güneşlenme süresi 2540 saat/yıl olan Sivas İli'nin bakı yönü güney ve güneydoğu olan bölgelerinde ise arazi yüzey sıcaklıklarının, çevresine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.16 1/25000 ölçekli jeoloji haritasından çıkarılan alüvyon alanları



Şekil 3.17 Sonbahar ve kış aylarına ait üç farklı uydu görüntüsünden çıkarılan arazi yüzey sıcaklıklarına göre düşük sıcaklıktaki bölgeler



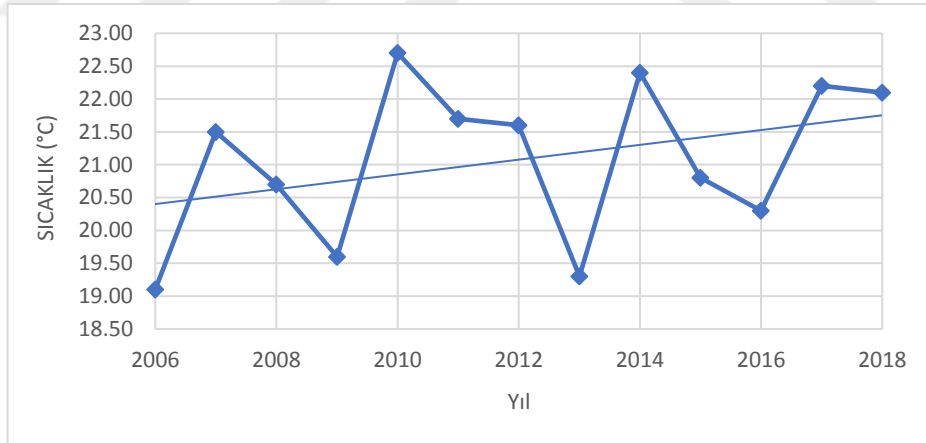
Şekil 3.18 Bakı yönleri güney ve güneydoğu olan bölgeler

3.4 4 Eylül Barajı Yüzey Alanının Yıllara Göre Değişiminin İncelenmesi

Sivas'ın içme suyu teminini karşılamak amacıyla 2002 yılında inşaatı tamamlanan 4 Eylül Barajı'nın yüzey alanı uydu görüntüleri yardımıyla incelenmiştir. Barajın yüzey alanını belirlemek amacıyla bulutluluk oranı en az olan Temmuz ayına ait Landsat uydu görüntülerinde NDWI yöntemi yardımıyla su kütlesi çıkarımı gerçekleştirilmiştir.

Barajın yüzey alanında meydana gelen değişim, bölgeye ait meteoroloji istasyonundan elde edilen yıllık ortalama sıcaklık, aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama nispi nem miktarı, aylık ortalama yağış miktarı verileri ile ve arazi yüzey sıcaklıkları ile bir arada incelenmiştir.

Arazi yüzey sıcaklık haritalaması için 2000 ile 2018 aralığındaki çeşitli yılların Temmuz ayına ait uydu görüntüleri kullanılmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü 17090 numaralı Sivas İstasyonu'ndan alınan meteoroloji verileri kullanılarak 2006 – 2018 tarihleri arasında Temmuz ayına ait aylık ortalama sıcaklık, aylık toplam yağış miktarı ve aylık ortalama nispi nem miktarlarında meydana gelen değişim gösterilmiştir (Şekil 3.19, 3.20, 3.21).



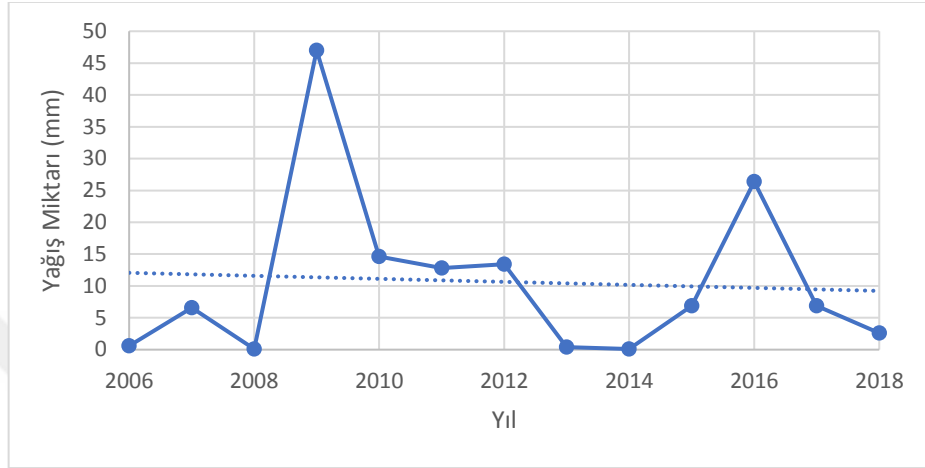
Şekil 3.19 Sivas Meteoroloji İstasyonu temmuz ayı aylık ortalama sıcaklık (°C)

Temmuz aylarına ait aylık ortalama sıcaklığın 2006 – 2018 yılları değişim grafiğindeki eğilim çizgisine göre 1 °C'den fazla arttığı gözlemlenmektedir (Şekil 3.19).

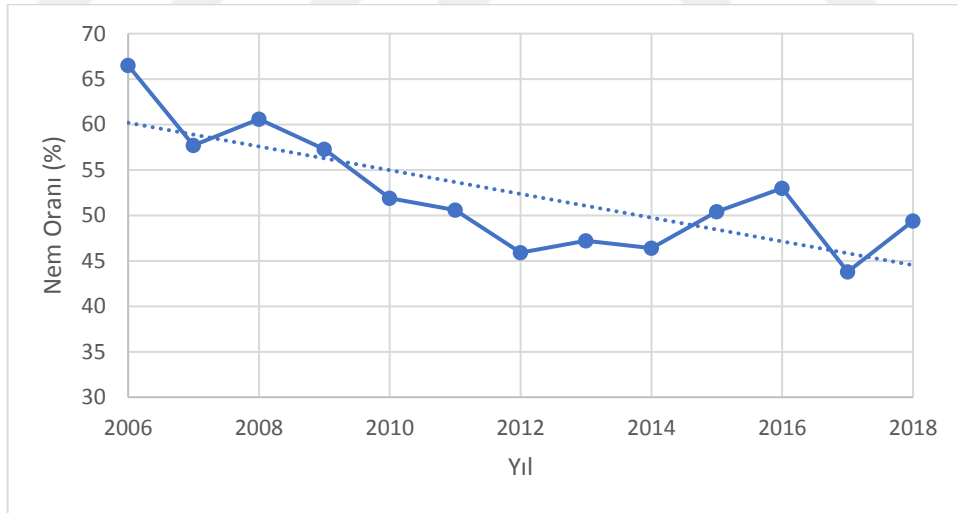
Temmuz aylarındaki aylık toplam yağışta azalma meydana geldiği görülmektedir (Şekil 3.20). Temmuz ayına ait aylık ortalama nispi nem miktarı değişimi incelendiğinde, 2006

– 2018 yılları aralığında eğilim çizgisinin % 60 oranından düşerek % 45 oranına gerilediği gözlenmektedir (Şekil 3.21).

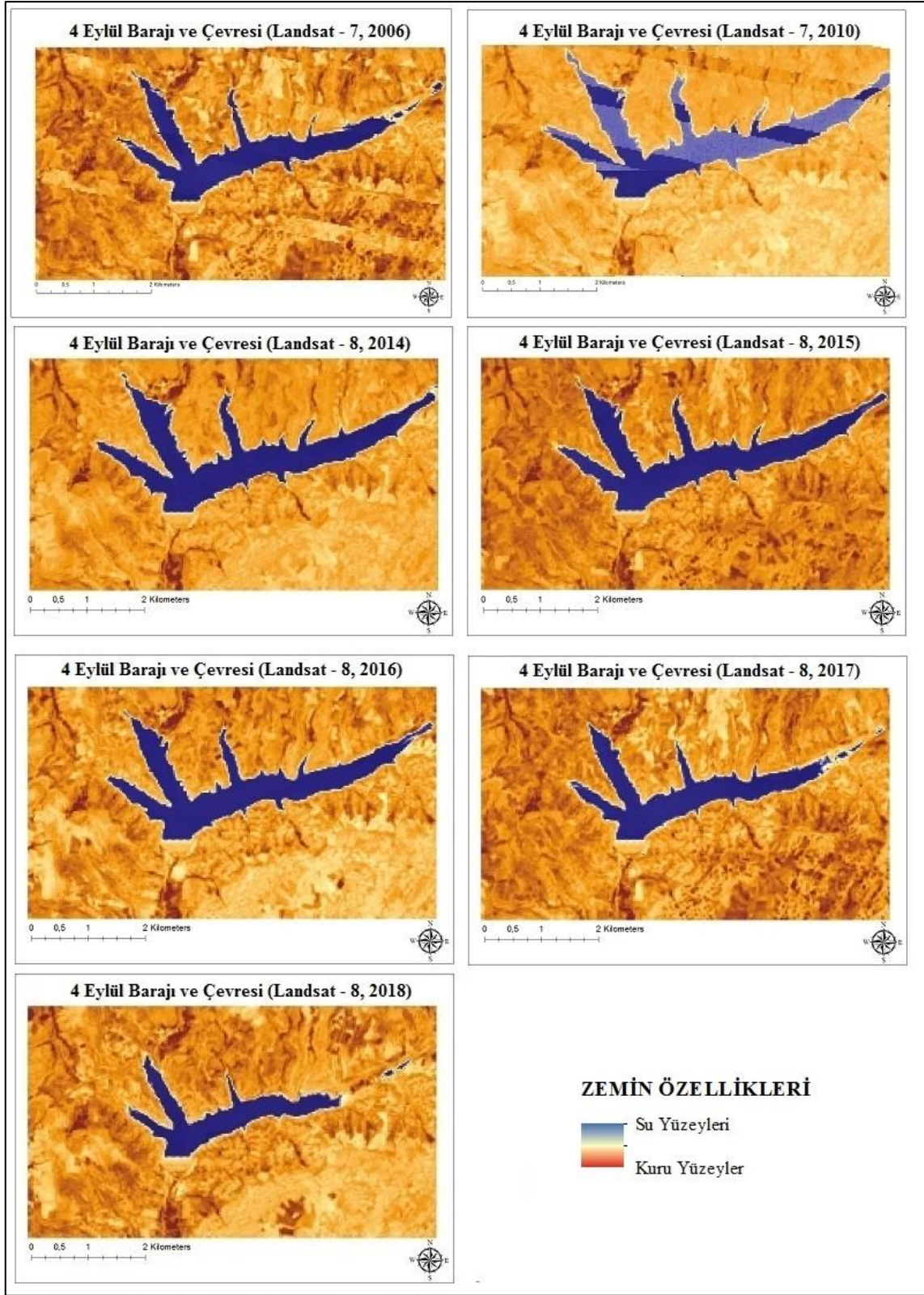
Barajın yüzey alanını belirlemek amacıyla Landsat uydu görüntülerine uygulanan su kütlesi belirleme yöntemi olan NDWI yönteminin sonuçları Şekil 3.22’de gösterilmiştir.



Şekil 3.20 Sivas Meteoroloji İstasyonu Temmuz ayı aylık toplam yağış miktarı (mm)



Şekil 3.21 Sivas Meteoroloji İstasyonu Temmuz ayı aylık ortalama nispi nem miktarı (%)

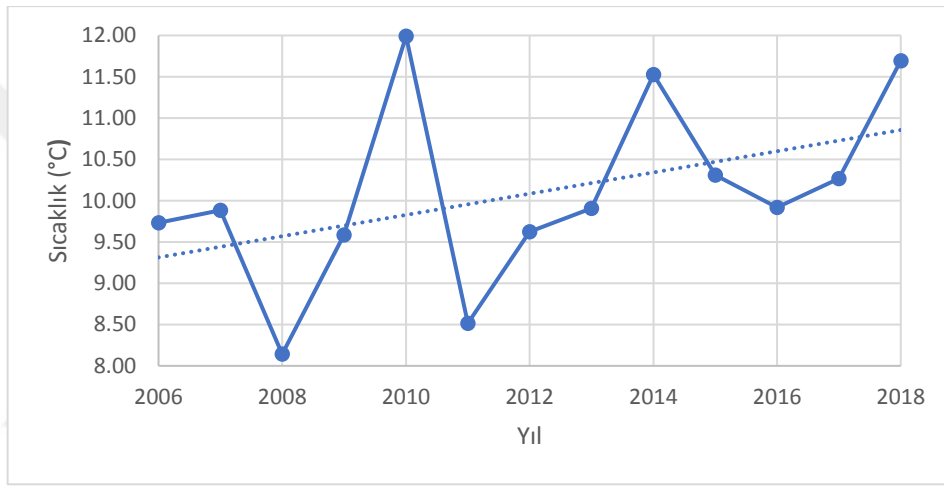


Şekil 3.22 Landsat uydu görüntülerine NDWI yöntemi uygulanması sonucu belirlenen, barajın yüzey alanında meydana gelen zamana bağlı değişim

NDWI yöntemi sonuçlarına bakıldığında 2014 yılından itibaren barajın yüzey alanında gözle görülür derecede değişim meydana gelmiştir.

Meteorolojik veri grafiklerine bakıldığında (şekil 3.19, 3.20, 3.21) 2006 – 2018 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklıkta ve Temmuz aylarına ait ortalama sıcaklıkta artış meydana geldiği, aynı yıl aralığında temmuz aylarındaki ortalama nispi nem miktarının düştüğü, buna paralel olarak da temmuz ayları ortalama yağış değerlerinde düşüş olduğu gözlenmektedir.

Temmuz ayı aylık ortalama sıcaklıktaki meydana gelen artışın doğruluğunu test etme amacıyla, aynı yıllar aralığındaki yıllık ortalama sıcaklığın değişimini gösteren grafik Şekil 3.23’de verilmiştir.

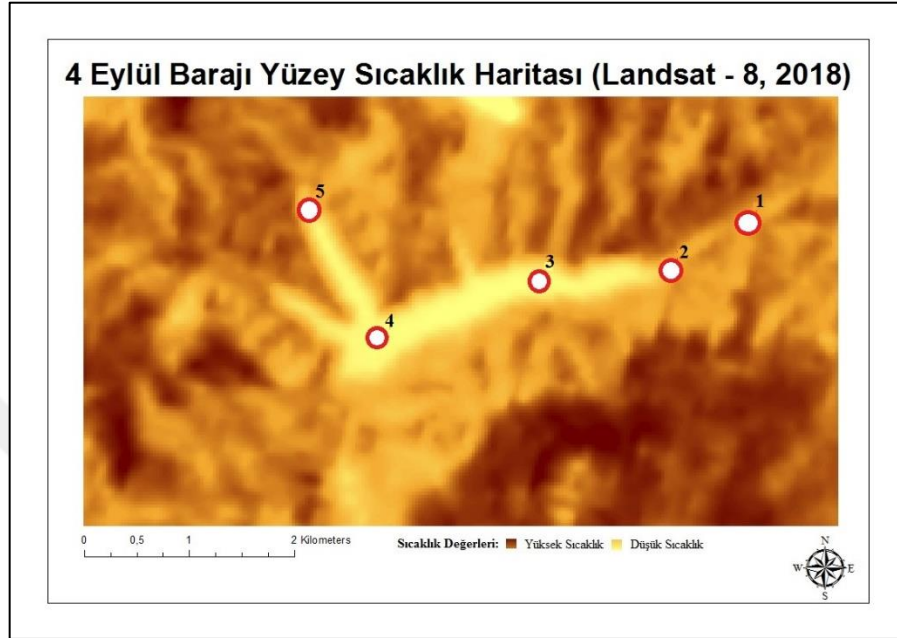


Şekil 3.23 2006 – 2018 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklıktaki meydana gelen değişim

Yıllık ortalama ve aylık ortalama sıcaklıklarındaki artış, aylık nispi nem miktarının düşmesi, ve yağış miktarının az bir seviye de olsa düşmesi, 4 Eylül Barajı'nın yüzey alanındaki meydana gelen ciddi azalmanın nedenlerini oluşturduğu düşünülmektedir.

Ayrıca Landsat 8 uydu görüntüleri yardımıyla arazi yüzey sıcaklığı çıkarımı formülü kullanılarak barajı ve çevresini kapsayan alanın arazi yüzey sıcaklığında yıllar içerisinde meydana gelen değişim belirlenmiştir. Barajın belirli noktalarındaki sıcaklıkta meydana gelen değişimler arazi yüzey sıcaklık haritasıyla (Şekil 3.25) birlikte incelenmiştir. Meteorolojik verilerin, uydu görüntüsü yardımıyla hesaplanan arazi yüzey sıcaklığı verileriyle bir arada değerlendirilmesi ile barajın yüzey alanında yıllar içinde meydana gelen değişim yorumlanmıştır.

Barajın çeşitli bölgelerinde belirlenen 5 farklı nokta Şekil 3.24'te gösterilmiştir. Bu noktaların sıcaklıklarında meydana gelen değişim ise çizelge 3.2' de ve Şekil 3.26'da verilmiştir.

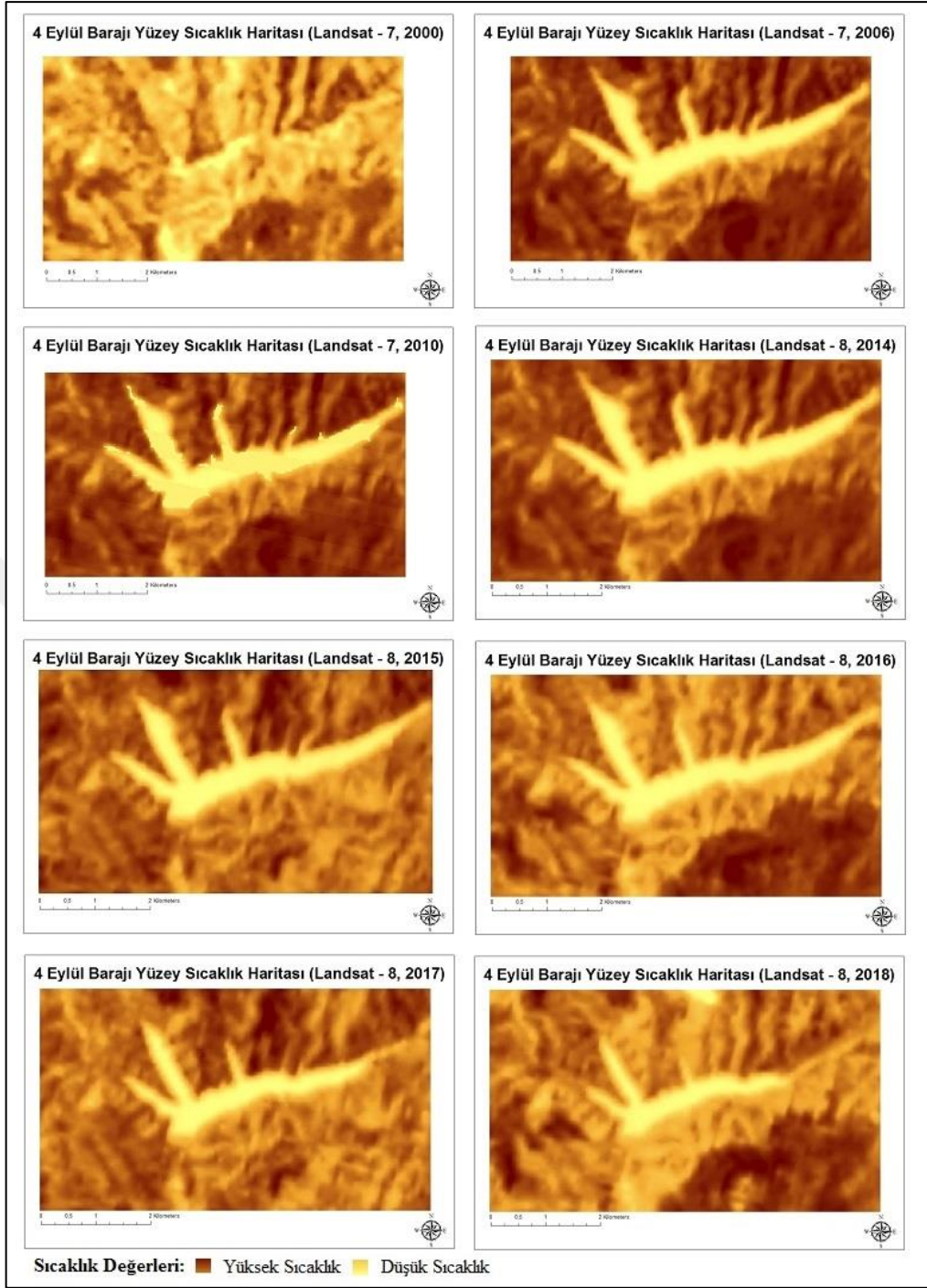


Şekil 3.24 Barajın çeşitli bölgelerinde belirlenen sıcaklık ölçüm noktaları

Çizelge 3.2 Barajın çeşitli bölgelerinden seçilen noktaların yüzey sıcaklıkları değerleri

Sıcaklık Değerleri (°C)								
Nokta/Yıl	2000	2006	2010	2014	2015	2016	2017	2018
1. Nokta	39.9	36.4	29.2	27.3	26.2	28.8	32.2	32.5
2. Nokta	34.5	25.4	28.4	25.1	25.8	29.4	25.6	32.8
3. Nokta	39.2	28.4	27.9	24.5	25.2	28.4	23.9	25.1
4. Nokta	32.5	26.3	27.5	24.1	24.5	28.1	23.8	25.2
5. Nokta	36.0	28.4	29.6	24.9	24.9	28.5	23.9	28.3

Çizelgede 3.2'de görüldüğü gibi barajın çeşitli bölgelerinden seçilen noktalar arasında 1. nokta hariç diğer noktalarda 2000 – 2006 yılları aralığında ciddi bir sıcaklık düşüşü gözlenmektedir. Sıcaklıktaki bu düşüşün başlıca etkeni, 2006 yılında barajın su tutmaya başlaması ve bu nedenle seçilen noktaların kuru zeminden su yüzeylerine dönüşmesidir.

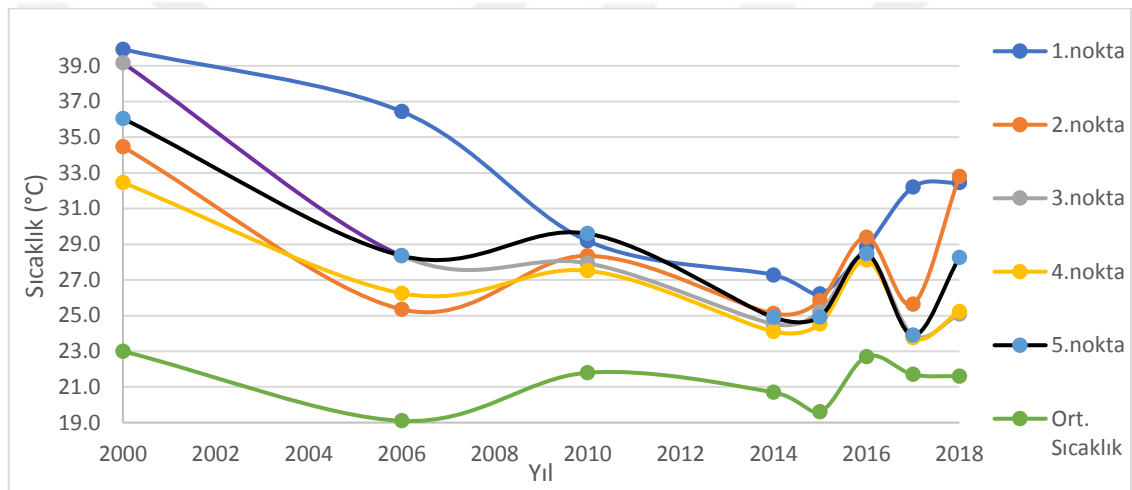


Şekil 3.25 2000 – 2018 yılları arasındaki arazi yüzey sıcaklık haritaları

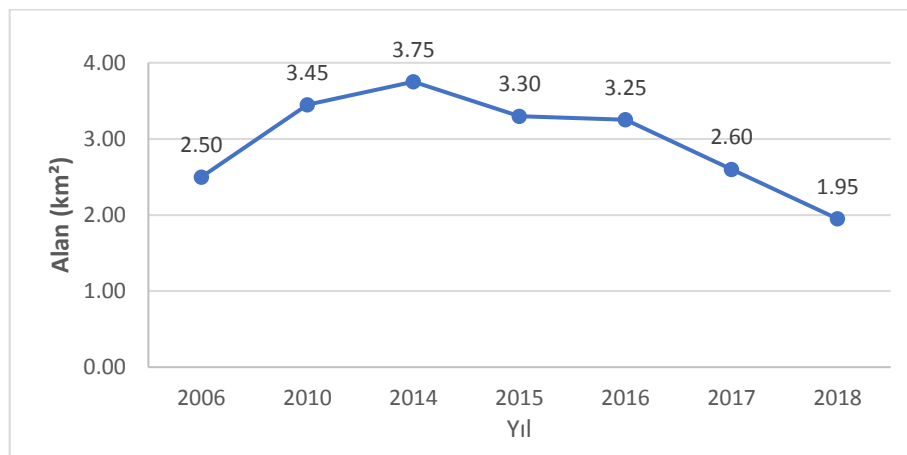
Barajın inşaatı devam ettiği 2000 yılında seçilen noktalar henüz su yüzeyine dönüşmediği için arazi yüzey sıcaklıkları 2000 yılında seçilen noktalarda yüksek çıkmıştır. Sonraki yıllarda baraj su depolamaya ve seçilen noktalar su yüzeylerine dönüşmeye başladığı için arazi yüzey sıcaklıklarında düşüş meydana geldiği gözlemlenmiştir. 2018 yılına gelindiğinde ise seçilen noktalar arasında, daha önce su kütlesi belirleme yöntemi

sonuçlarını gösteren Şekil 3.22 'deki kuruyan bölgelerde, arazi yüzey sıcaklıklarında artış meydana gelmiştir. Eskiden su yüzeyi olan ve günümüzde kurumuş olan noktalarda, nemlilik faktörü nedeniyle arazi yüzey sıcaklıklarının 2000 yıllarındaki kuru alan sıcaklıklarına yükselmediği belirlenmiştir (Şekil 3.26).

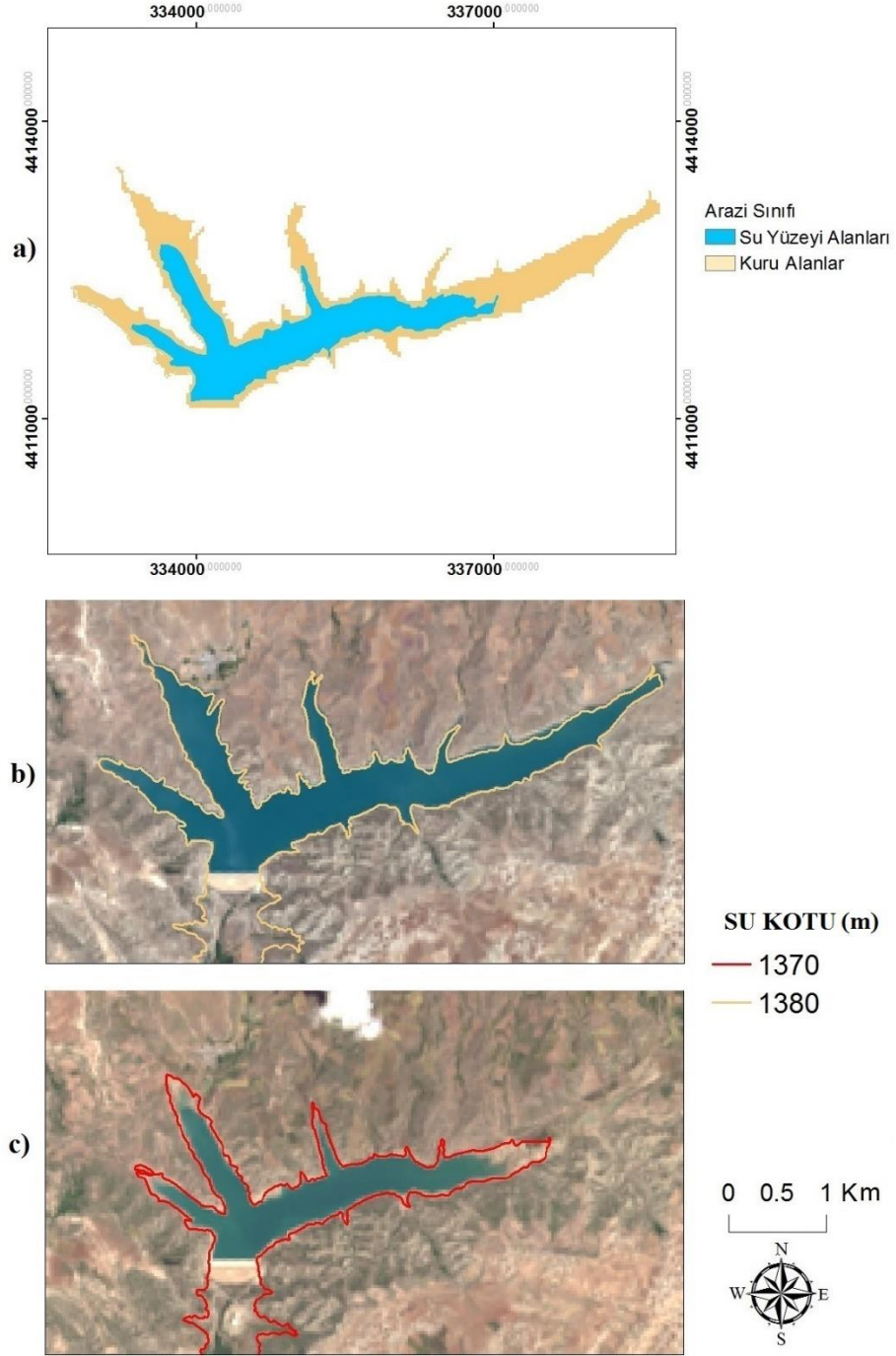
Şekil 3.27'de 2006 yılından itibaren barajın su yüzey alanında meydana gelen değişim grafiği, Şekil 3.28'de ise 2014 – 2018 yılları aralığında barajın yüzey alanında meydana gelen kritik azalmanın, uydu görüntüleri ve çalışma alanı eşyükseklik eğrileri ile birlikte incelenerek barajın su yüzey alanı ve su kotunda meydana gelen değişim gösterilmektedir.



Şekil 3.26 Barajın seçilen noktalardaki temmuz ayına ait yüzey sıcaklık değerleri ile aynı aya ait aylık ortalama sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 3.27 4 Eylül Barajı yüzey alanında yıllar içinde meydana gelen değişim



Şekil 3.28 4 Eylül Barajı göl alanında günümüze kadar meydana gelen değişim
a) 2018 yılına kadar barajın su yüzey alanında meydana gelen değişim
b) 2014 yılı baraj su kotu
c) 2018 yılı baraj su kotu

Arazi yüzey sıcaklık değerleri çizelgesi ve bu değerlerin yıllık ortalama sıcaklık verileriyle birlikte incelendiği Şekil 3.26'ya bakılarak; barajın inşaat faaliyetlerinin gerçekleştirildiği tarih olan 2000 yılında seçilen noktaların 33 °C - 39 °C aralığındaki sıcaklık değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Aynı yıl meteorolojik verilerden elde

edilen aylık ortalama sıcaklık 23 °C olarak ölçülmüştür. Barajın su depolamaya başladığı tarihten ileri bir tarih olan 2006 yılındaki seçilen noktaların arazi yüzey sıcaklık değerlerine bakıldığında ise 6 °C - 13 °C arasında ciddi şekilde düşüş gözlenmektedir. Bu noktalar su yüzeyi alanlarına dönüştüğü için bu düşüşler meydana gelmiştir. Buna paralel olarak meteorolojik verilerden elde edilen aylık ortalama sıcaklıkta da 2000 yılına göre 2006 yılında 4 °C'lik bir düşüşle 19 °C olduğu gözlenmektedir. Bu durum seçilen noktalardaki sıcaklık düşüşünün, sadece arazinin su yüzeyine dönüşmesinden dolayı olmadığı, aynı dönemde hava sıcaklıklarındaki düşüşün de bu duruma etki ettiği tespit edilmiştir. İlerleyen yıllarda da seçilen noktaların kuruyan bölgelerinin arazi yüzey sıcaklıklarında yavaş yavaş yükselme meydana geldiği gözlenmektedir. Şekil 3.26 incelendiğinde, meteorolojik verilerle uydu görüntüsünden çıkarılan arazi yüzey sıcaklık değerlerinin uyumlu olduğu anlaşılmaktadır.

Ayrıca barajın su kotundaki değişimi tespit etmek amacıyla çalışma alanına ait eşyükseklik eğrileri, incelenen uydu görüntülerinden elde edilen en geniş yüzey alanına sahip 2014 yılının uydu görüntüsü ve günümüze en yakın tarih olan 2018 yılındaki uydu görüntüsü ile karşılaştırılarak barajın su kotu belirlenmiştir (Şekil 3.28)

Kullanılan uydu görüntülerinden, barajın en geniş yüzey alanına sahip olduğu 2014 yılı incelendiğinde su kotunun 1380 metre yüksekliğe kadar ulaştığı gözlenmektedir. Günümüze en yakın tarih olan 2018 yılı incelendiğinde ise su kotunun 1370 metre yüksekliğindeki eşyükseklik eğrileri ile kesiştiği tespit edilmiştir. Eşyükseklik eğrilerine göre, barajın su kotunun 10 metre düştüğü tespit edilmiştir.

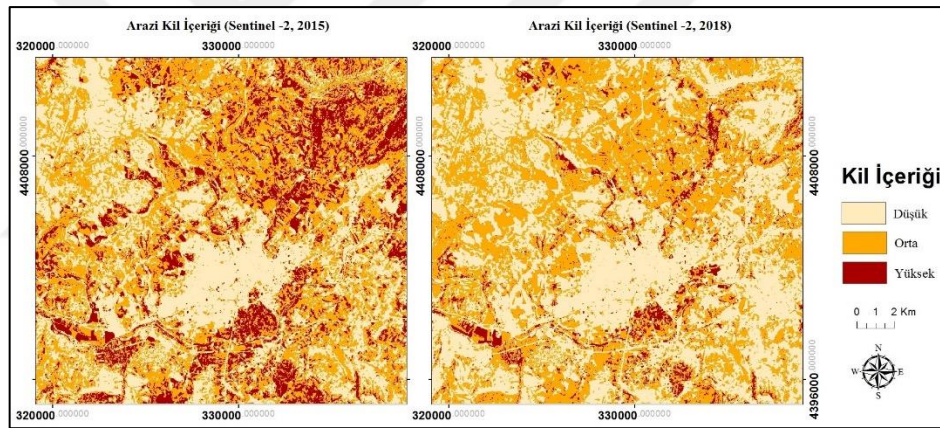
3.5 Kil ve Nem İçeriği Haritalaması

Uydu görüntüleri yardımıyla kil haritalaması işlemi bitki örtüsü belirleme yöntemi olan NDVI yöntemine ve nem içeriğine bağlıdır. Toprak özelliklerini belirlemede zeminin nemliliği ve ne oranda bitki örtüsü ile kaplı olduğu belirlenmelidir (Nawar vd., 2015). Nemlilik faktörü mevsimlere göre değişiklik gösterdiği için bu çalışmada yaz ve sonbahar dönemleri uydu görüntüleri ayrı ayrı incelenmiştir. Arazi nemlilik değerinin yaz ve sonbahar dönemlerinde kendi aralarında uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Kil ve silt içeren toprakların ısı transfer kabiliyeti kumlu topraklara göre çok daha düşük olması nedeniyle iki farklı mevsime ait gerçekleştirilen nemlilik değeri belirlemesine ek olarak aynı görüntüler üzerinde arazi yüzey sıcaklıkları da incelenmiştir. Ayrıca yoğun bitki

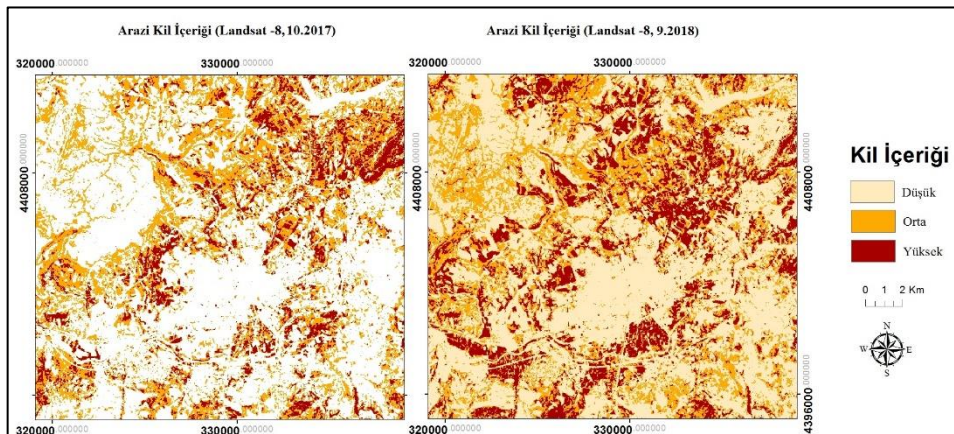
örtüsü ile kaplı alanlarda kil haritalaması yapmak oldukça güçtür. Bu durumdan dolayı uydu görüntülerine uygulanan NDVI yönteminden elde edilen sonuçların eşik değeri 0.2 olarak belirlenmiştir (Nawar vd., 2015, Smith ve Byers, 1938).

Landsat 8 ve Sentinel - 2 uydu görüntüleri üzerinde uygulanan kil içeriği çıkarımı sonuçları Şekil 3.29, 3.30, 3.31’de gösterilmiştir.

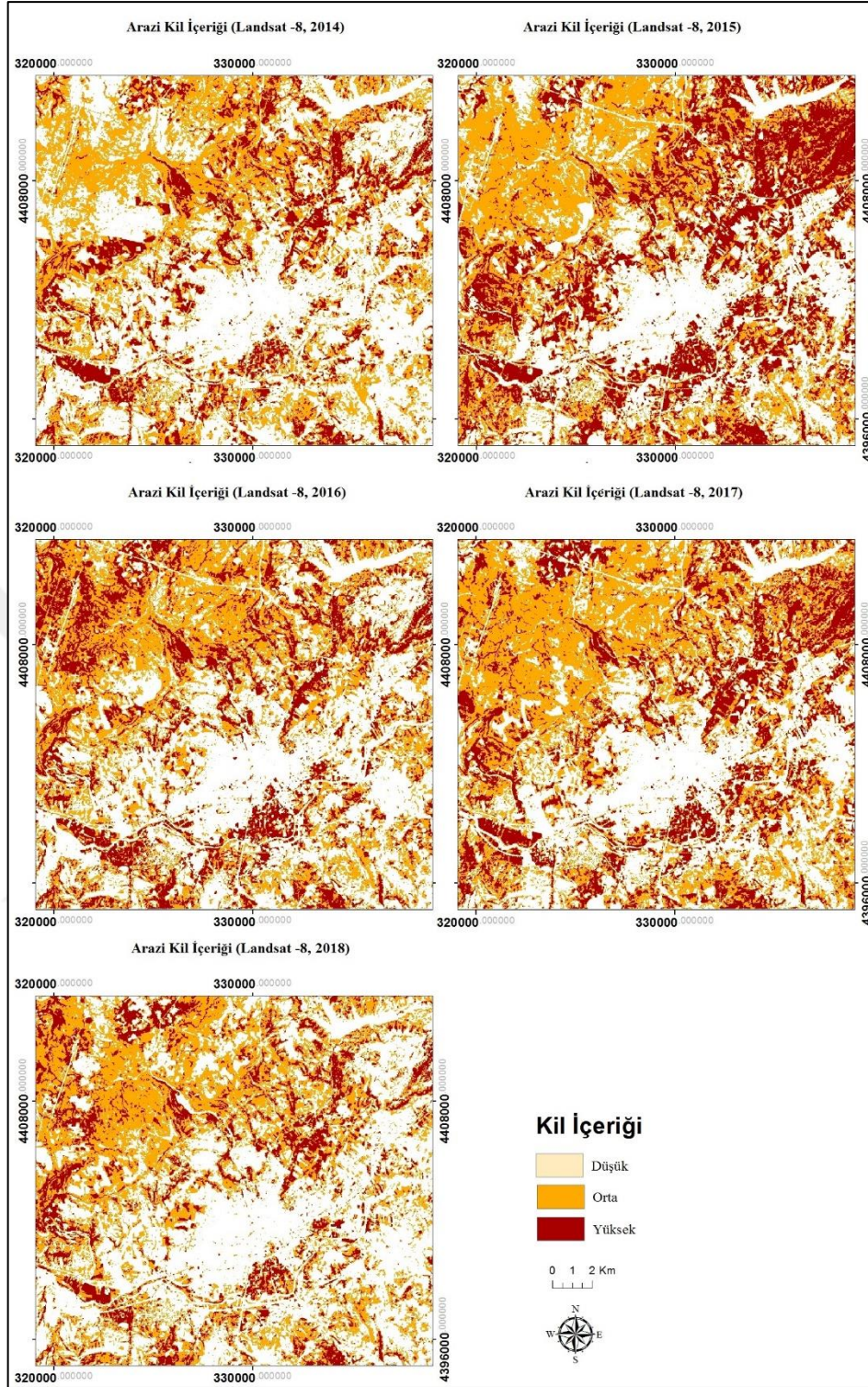
Sonbahar ve yaz mevsimi olmak üzere iki farklı döneme ait uydu görüntülerine uygulanan kil içeriği ve nem içeriği belirleme yönteminden elde edilen sonuçlar, her iki dönemde de birbirine çok yakındır. Ortaya çıkan bazı farklılıklar ise arazinin sıcaklık, yağış ve bitki örtüsü parametrelerinden kaynaklanmaktadır. Landsat 8 ve Sentinel - 2 uydu görüntüleri üzerinde uygulanan nem içeriği belirleme işlemleri sonuçları Şekil 3.32, 3.33 ve 3.34’de gösterilmiştir.



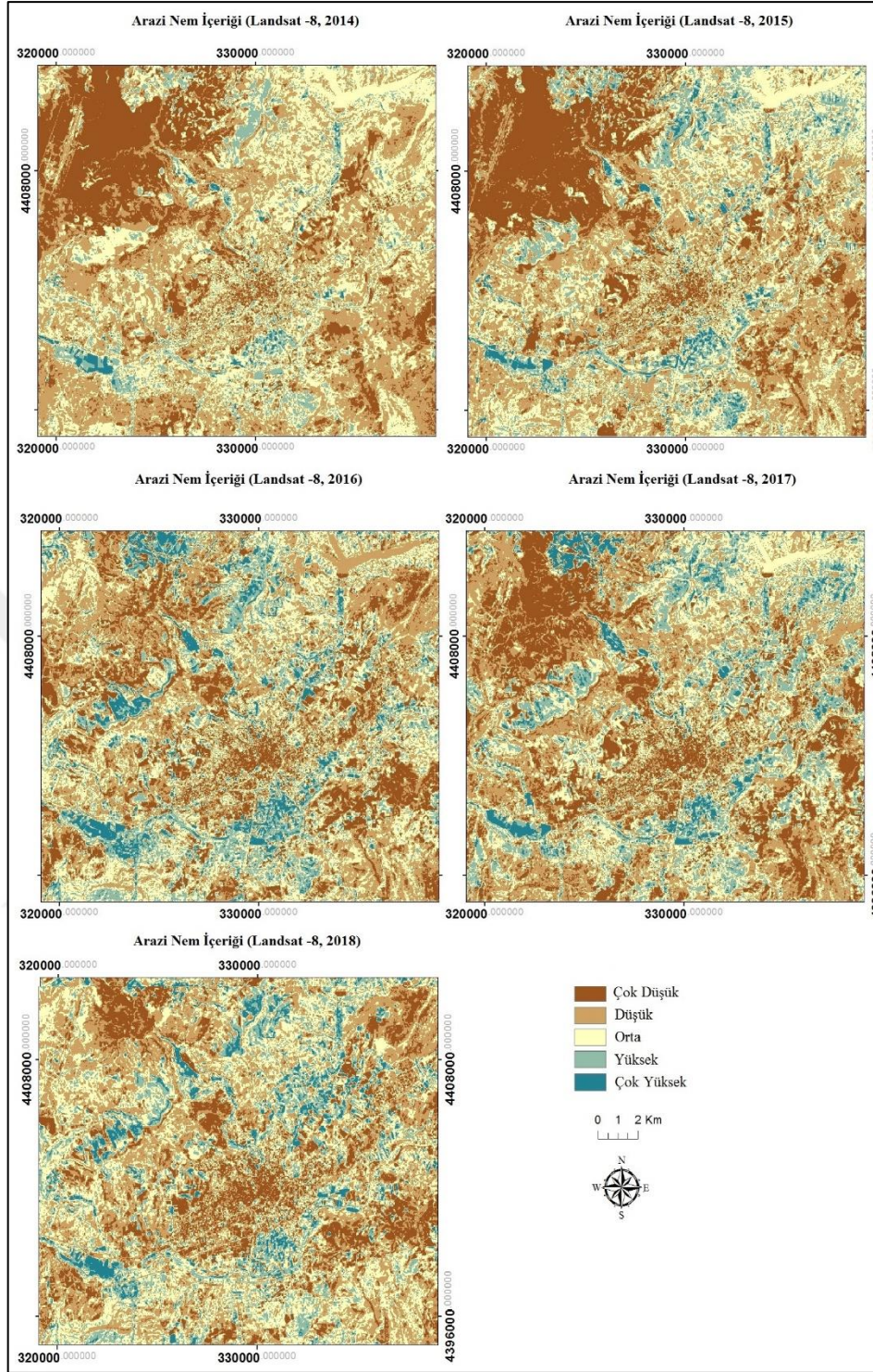
Şekil 3.29 Arazi kil içeriği dağılımı (Sentinel – 2, yaz dönemi)



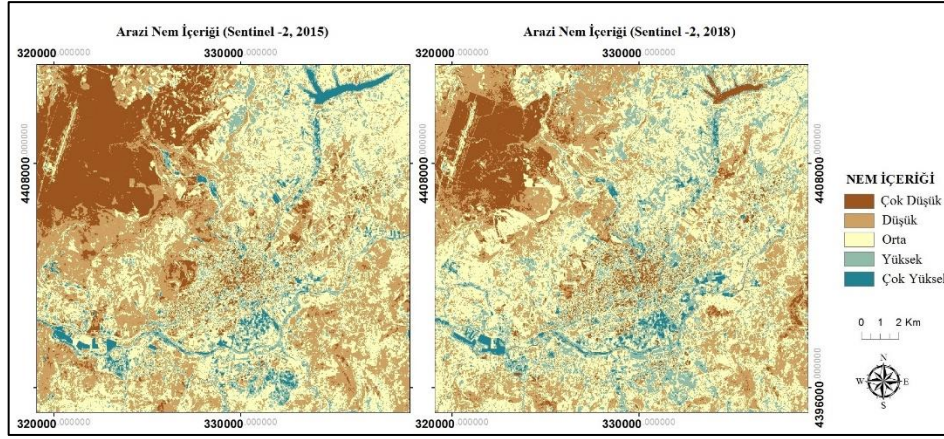
Şekil 3.30 Arazi kil içeriği dağılımı (Landsat – 8, Sonbahar dönemi)



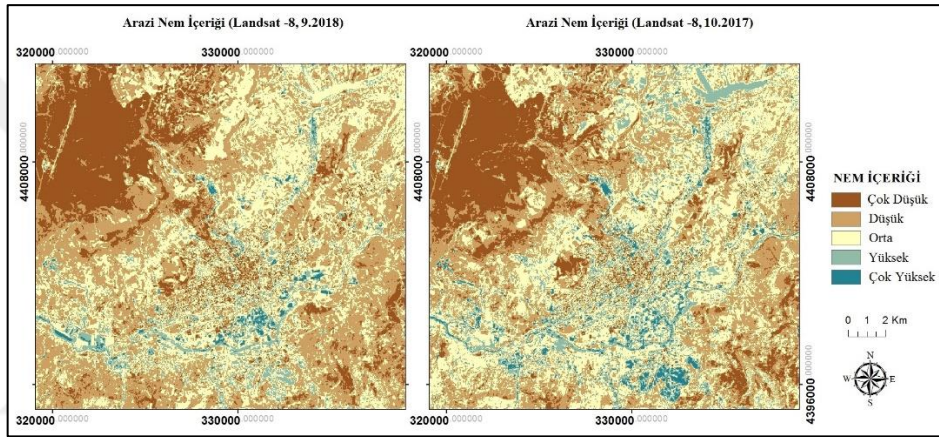
Şekil 3.31 Arazi kil içeriği dağılımı (Landsat – 8, yaz dönemi)



Şekil 3.32 Nemlilik içeriği dağılımı (Landsat – 8, yaz dönemi)



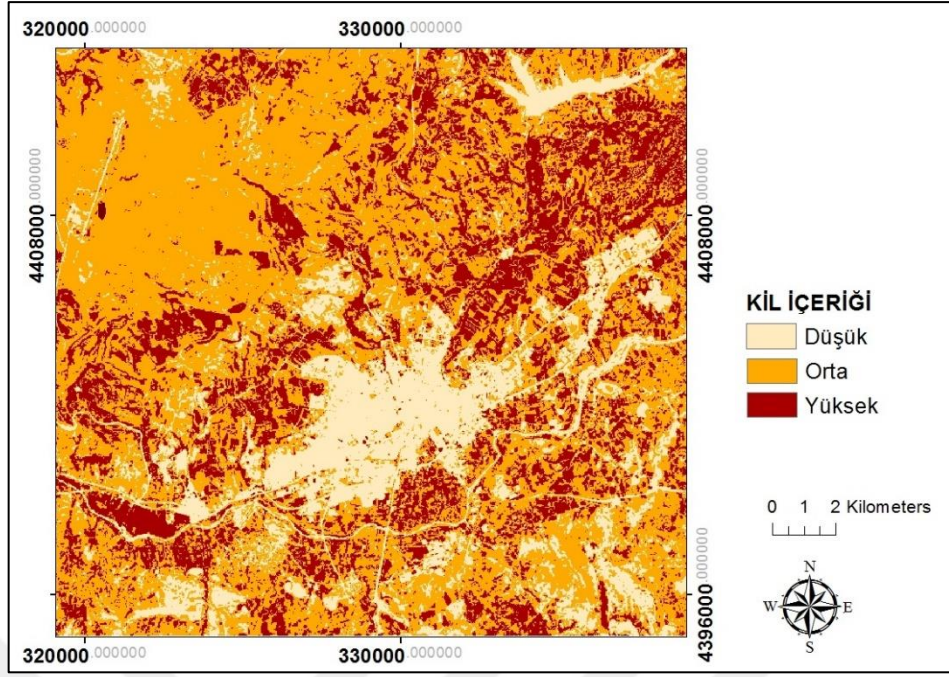
Şekil 3.33 Nemlilik içeriği dağılımı (Sentinel – 2, yaz dönemi)



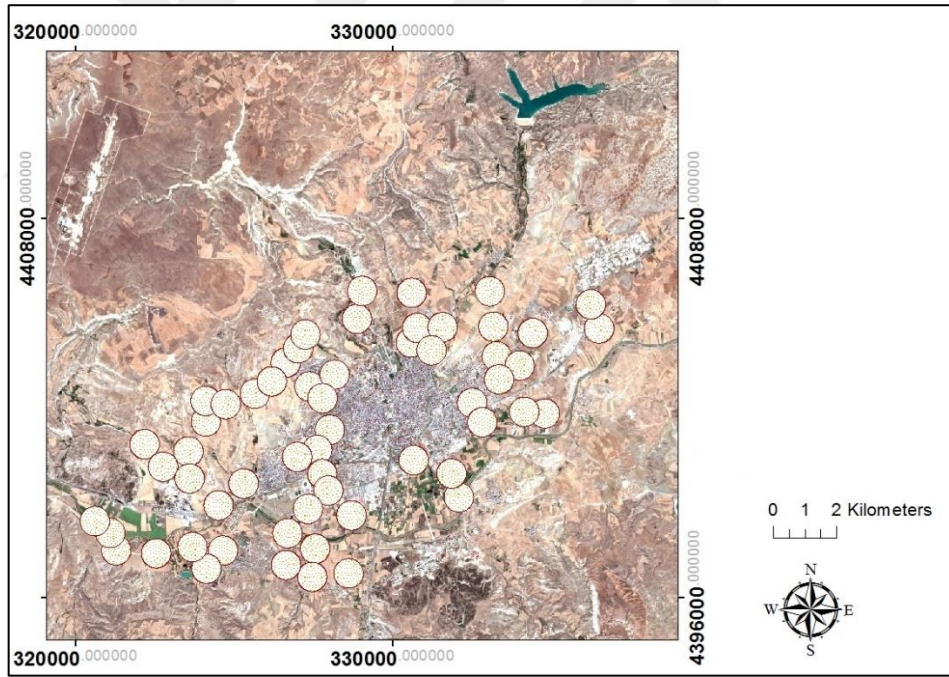
Şekil 3.34 Nemlilik içeriği dağılımı (Landsat – 8, sonbahar dönemi)

Uydu görüntülerinden elde edilen nem içerikleri mevsime, sıcaklık ve yağış durumuna göre değişmektedir. Sonbahar ve yaz dönemi olmak üzere iki farklı döneme ait uydu görüntülerinden belirlenen nem içeriklerinde, yıllara göre azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Uydu görüntülerinde kil içeriği belirleme yöntemi, bitki örtüsü belirleme yöntemi (NDVI), nemlilik çıkarım yöntemi (Moisture Index), arazi yüzey sıcaklık haritalaması ve Sivas Belediyesi'nden alınan zemin özelliklerinin raporlandığı sondaj raporu ile bir arada değerlendirilerek çalışma alanının kil dağılımı haritalaması yapılmıştır (Şekil 3.35).

Sivas Belediyesi'nden temin edilen zemin sınıfları verileri (Şekil 3.36) kent merkezi ve yakın çevresindeki mahalleleri kapsayan verilerdir. Çalışma alanında bu verilerin dışında kalan bölgelerinin killi zeminlerin karşılaştırılması amacıyla jeoloji haritasında belirlenen killi zemin özelliklerine sahip bölgeler (Şekil 3.37) ile karşılaştırılmıştır.



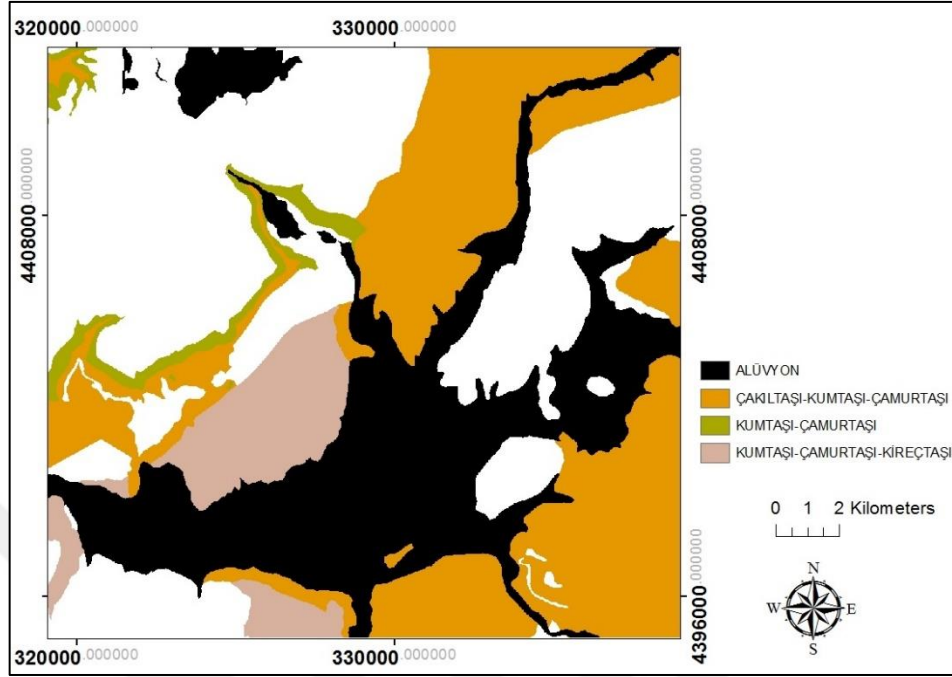
Şekil 3.35 Sivas kent merkezi ve yakın çevresi kil dağılımı haritası



Şekil 3.36 Zemin özelliklerini belirleme amacıyla yapılan sondajlardan elde edilen kil zemin noktaları

Çalışma alanına ait sayısal jeoloji haritası yeniden düzenlenerek killi zemin haricindeki sınıfların haritadan çıkarıldığı, yalnızca killi zemin sınıflarını gösteren harita oluşturulmuştur (Şekil 3.37). Kent merkezi ve yakınındaki alüvyon bölgenin bazı

noktalarının % 96 oranına kadar çıkabilen kil içeriğine sahip olduğu için yeniden düzenlenen jeoloji haritasında, alüvyon bölgeler de yer almaktadır.



Şekil 3.37 1/25000 ölçekli jeoloji haritasındaki killi zemin sınıfları

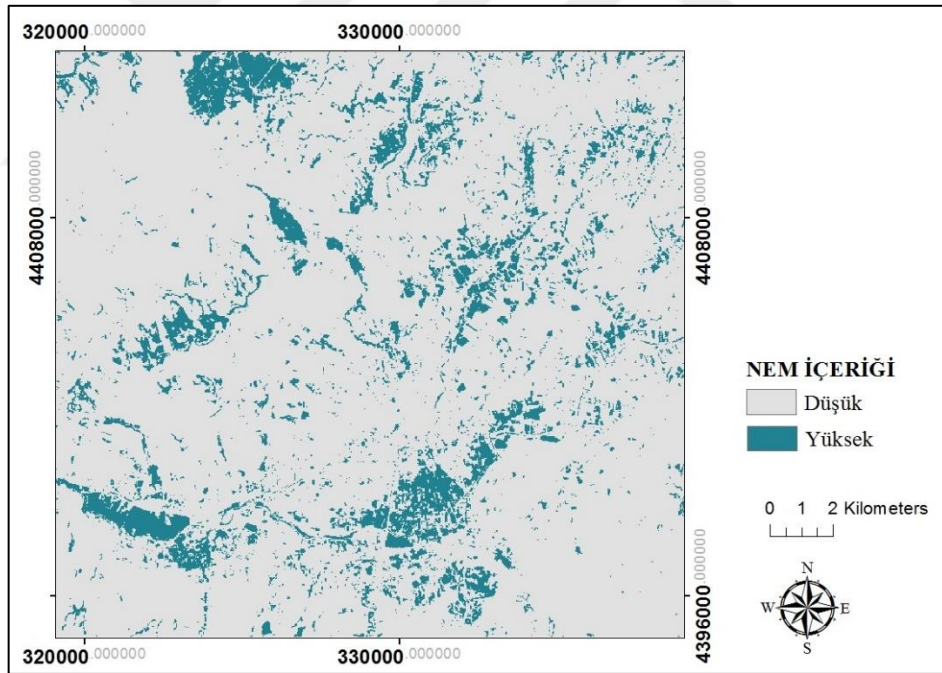
Uydu görüntüleri kullanılarak oluşturulan kil haritasında (Şekil 3.37) yerleşimlerin yoğun olduğu noktalarda kil içeriği belirlemenin mümkün olmadığı gözükmemektedir. Yerleşimlerin daha seyrek olduğu alanlar incelendiğinde, Sivas Belediyesi'nden alınan sondaj raporlarında yer alan killi zeminlerin, uydu görüntüsünde ve yeniden düzenlenen jeoloji haritasında da birbirlerine yakınlık gösterdiği tespit edilmiştir.

Jeoloji haritasında geniş yer kaplayan kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ile çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı kaya türlerinden yaşı daha fazla olan kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı kaya türüne ait alanların yapılaşmanın yoğun olan bölgelerinde kil içeriği tespiti yapılamamasına karşılık, aynı kaya türüne ait alanların, yerleşimin bittiği noktadan itibaren incelenen bölgelerinde, kil zeminlerin kil haritasında açıkça görüldüğü tespit edilmiştir. Çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı kaya türüne ait alanların kent merkezi kuzeyinde yer alan ve jipsli bölgeye çok yakın olan kısımlarında da kil içeriği yoğun şekilde gözlenmektedir.

Bu çalışmada daha önceden yapılmış zemin etüdlerinden belirlenen zemin sınıfları da jeoloji haritası ile birlikte değerlendirilmiştir. Yerleşim açısından problemli zeminler olan CH (yüksek plastisiteli kil) ve OH – MH (yüksek organik madde içeriği, yüksek plastisiteli şist) zemin sınıflarının arazideki konumları işaretlenerek, jeoloji haritası ile üst

üste karşılaştırılmıştır (Şekil 3.39). Ayrıca bu iki zemin sınıfı kil haritası ve nem içeriği (şekil 3.38) haritası ile de bir arada değerlendirilmiştir.

İnceleme sonucunda yerleşim açısından sorun teşkil eden CH ve OH - MH zemin sınıflarının genelde kent merkezi kuzeyinde, jips, çakıltası ve alüvyon kaya türlerinin yan yana olduğu bölgede yer aldığı, aynı zamanda bu iki zemin sınıfının yer aldığı kent merkezi kuzeydoğusundaki bölgenin yüksek nem içeriğine sahip olduğu ve çalışma alanının hidrolojik haritası incelendiğinde, bölgede yeraltı su yolu mevcut olduğu tespit edilmiştir. Bu yüksek nem içeriği ve yeraltı su yoluna sahip bölgelerde yüksek plastisiteye sahip bu iki zemin sınıfı yapılaşma faaliyetleri için olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir. Ayrıca OH – MH zemin sınıfının yer aldığı bölgelerin kil haritasında en yoğun kil içeriğine sahip noktalardan birine denk geldiği ve bu noktalarında alüvyon bölgesi üzerinde yer aldığı tespit edilmiştir. Bu durum organik içeriği yüksek olan alüvyon bölgelerle de uyum göstermektedir.

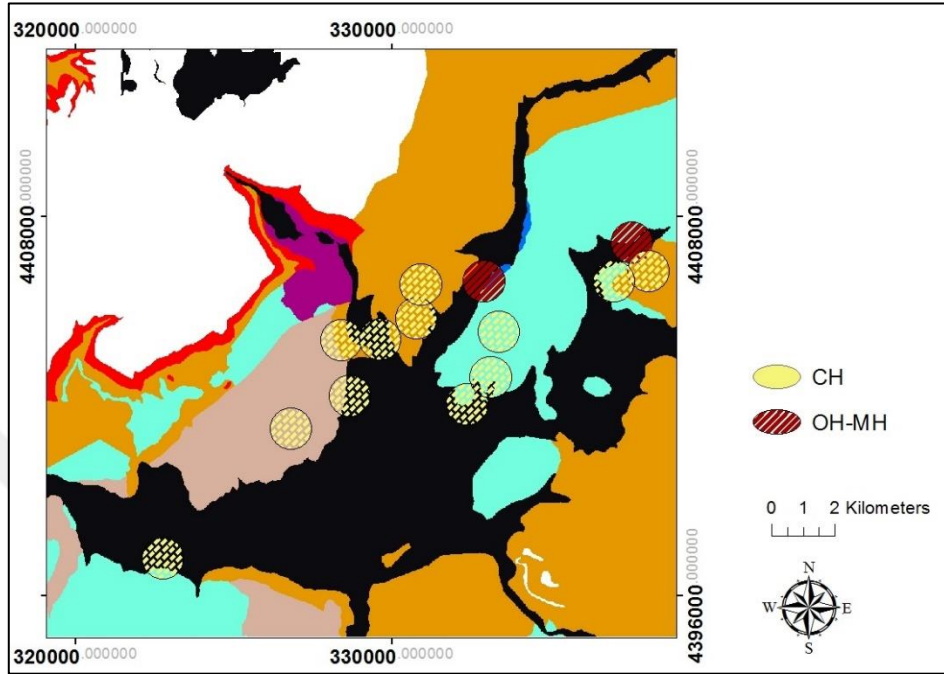


Şekil 3.38 Çalışma alanı genelleştirilmiş nem içeriği haritası

3.3 Çalışma Alanındaki Litolojik Birimlerin İncelenmesi

Landsat 8 OLI ve Sentinel-2 uydu görüntülerine ait bantlara bant oranlaması yapılarak kırmızı, yeşil, mavi (RGB) renkli bant kombinasyonları uygulanarak çalışma alanındaki kaya türleri incelenmiştir. Farklı çözünürlüklere sahip Landsat 8 ve Sentinel – 2 uydu

görüntülerine uygulanan yöntemlerle uydu görüntülerinin kaya türü birimi belirleme yeteneği test edilmiştir.



Şekil 3.39 Zemin inceleme amacıyla yapılan sondajlardan elde edilen CH, OH – MH zemin sınıflarına ait noktaların arazideki konumları

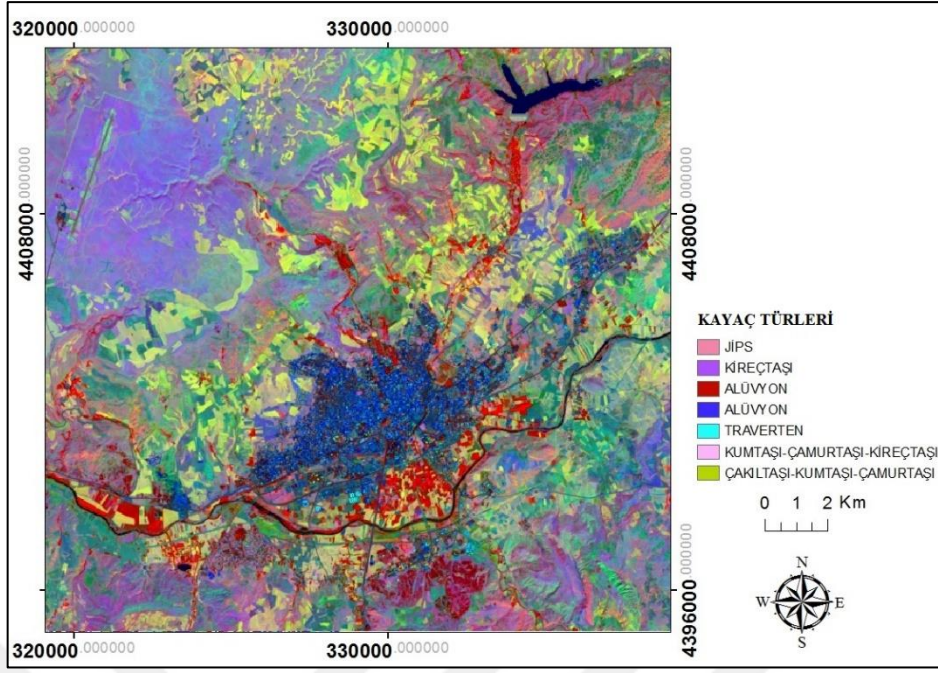
Bant oranlaması ve RGB kombinasyonu yöntemlerinin ardından uydu görüntüleri üzerine denetimli sınıflandırma yöntemi uygulanarak kaya türleri sınıflandırması yapılmıştır. Sonuçlar referans harita ile karşılaştırılmıştır.

3.3.1 Bant oranlamaları

3.3.1.1 Landsat 8 OLI bant oranlamaları

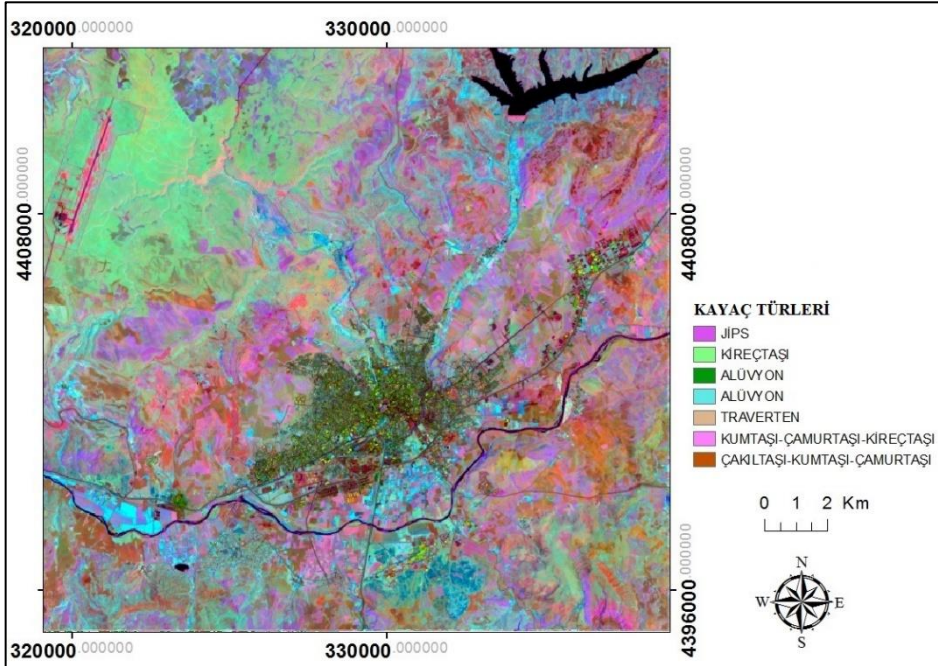
Uydu görüntüleri üzerinden belirlenen alana ait jeolojik birimleri tespit yöntemlerinden birisi bant oranlama yöntemidir. Bant oranlama yöntemleri, kullanılan uydu görüntülerine göre farklılık göstermektedir. Bu çalışmada Landsat 8 OLI uydu görüntülerine Abrams bant oranlaması (Abrams ve Hook, 1995), 4/2, 6/7, 5 bant oranlaması (Pour ve Hashim, 2015) ve 6/7, 6/4, 4/2 bant oranlaması (Zeinelabdein ve El Nadi, 2014) uygulanmıştır.

Aster uydu görüntüleri için kullanılan Abrams bant oranlamasında kullanılan bantların (4/7, 4/3, 2/1) dalgaboyu aralıklarına karşılık gelen Landsat 8 uydu görüntülerindeki bantlar 6/7, 6/5, 4/3 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.40).



Şekil 3.40 Abrams bant oranlaması yönteminin Landsat 8 OLI uydu görüntüsüne uygulanması sonucu elde edilen kayaç türleri

Bu çalışmada kullanılan ikinci bant oranlaması yöntemi ise 6/7, 6/4, 4/2 bant oranlamasıdır. Şekil 3.41’de 6/7, 6/4, 4/2 bant oranlaması sonucu gösterilmektedir.

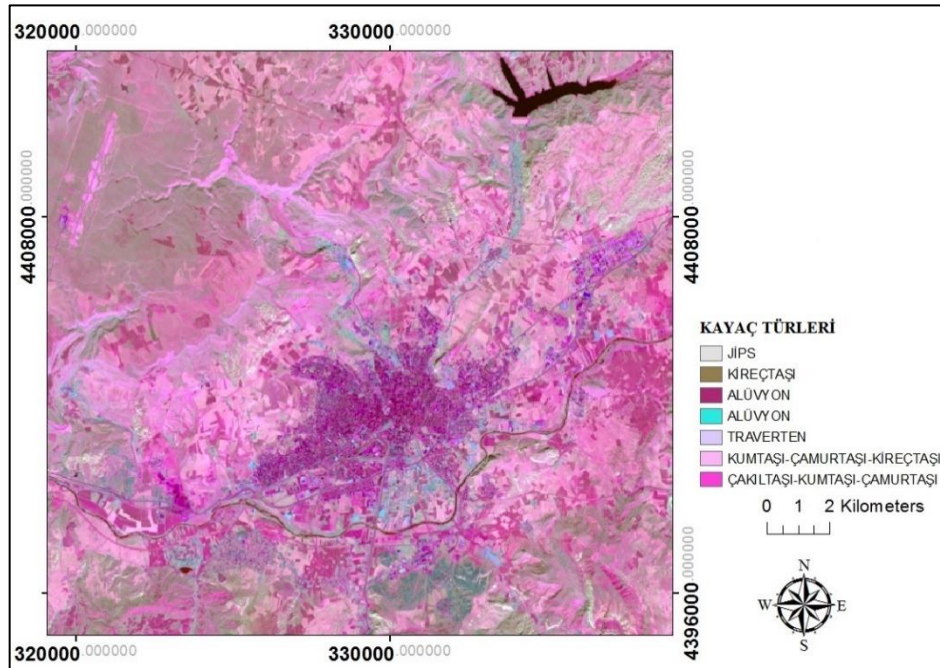


Şekil 3.41 6/7, 6/4, 4/2 bant oranlaması uygulanması sonucu elde edilen kayaç türleri

Fakat bu yöntem birçok kaya türünü aynı renkte göstermektedir. Bu nedenden dolayı kaya türlerini sınıflandırmak için jeolojik farklılıkları ayırt etmek oldukça zor olmaktadır (Zeinelabdein ve El Nadi, 2014). Elde edilen görüntü incelendiğinde, yöntemin jips, kil ve çakıltaşı türlerinin yer aldığı üç farklı kaya türü birimlerine çok yakın renkler atadığı ve bu durumun sınıflandırmaya işlemi için kaya türlerini belirlemeyi zorlaştırdığı görülmektedir.

Çalışmada kullanılan bir diğer bant oranlaması yöntemi olan 4/2, 6/7, 5 bant oranlaması litolojik birimlerin haritalandırılması için Landsat 8 uydu görüntülerinde kullanılmaktadır (Pour ve Hashim, 2015). Bu yöntemde RGB görüntüsünün mavi bandı için herhangi bir matematiksel işlem yapılmayıp, Landsat 8 uydu görüntülerinin 5. bandı eklenmektedir. Bu oranlama litolojik birimlerin farklı renklerle tanımlanmasına olanak sağlar.

4/2 oranı uydu görüntülerinde Demir Oksit içeriğini belirlemede kullanılmaktadır. 6/7 oranlamasıyla kil içeriği çıkarımı gerçekleştirilmektedir. Bu iki işlem gerçekleştirildikten sonra RGB kombinasyonuna kırmızı banda 4/2 oranlaması, yeşil banda 6/7 oranlaması ve mavi banda bant 5 yerleştirilmesiyle Şekil 3.42 elde edilmektedir. Yakın kızılötesi bandı olan 5. bandın bitki örtüsünü tespit edebilme yeteneğinden yararlanılır (Pour ve Hashim, 2015).

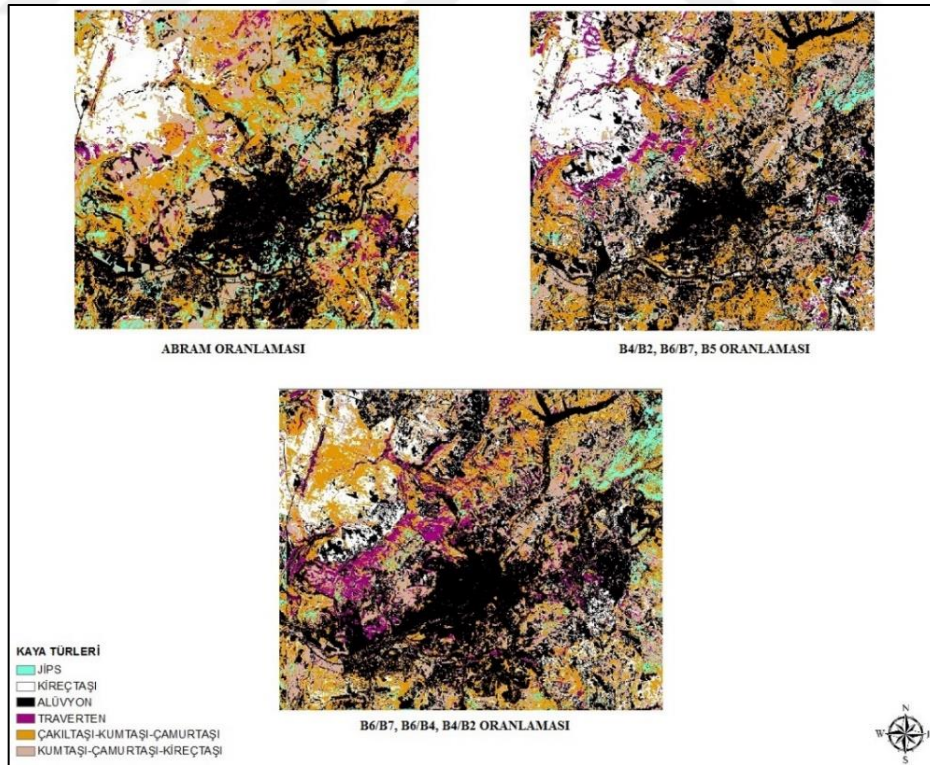


Şekil 3.42 Landsat 8, 4/2, 6/7, 5 bant oranlaması uygulanması sonucu elde edilen kayaç türleri

Denetimli sınıflandırma işlemi için bant oranlama yöntemleri uygulanan uydu görüntülerindeki her bir kaya türü için, görüntü üzerinde temsili alanlar seçilerek programa tanıtılmasının ardından sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3.43).

Denetimli sınıflandırma uygulanan bant oranlama yöntemlerinin doğruluk sonuçları referans jeoloji haritası ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada öncelikle, referans haritadaki kaya türlerinin kapladığı alanlar hesaplanmıştır. Ardından, her bir sınıflandırma sonucunda ortaya çıkan kaya türleri alanları hesaplanmış ve referans harita alanları ile karşılaştırılmıştır.

Landsat 8 uydu görüntülerine uygulanan üç farklı bant oranlama yöntemine göre yapılan denetimli sınıflandırmaların sonucuna göre en yakın sonucu 4/2, 6/7, 5 bant oranlama yöntemi vermiştir. Landsat 8 uydu görüntülerine yapılan bant oranlama yöntemlerinin ardından uygulanan denetimli sınıflandırmaların sonuçları çizelge 3.3’de verilmiştir. Sınıflandırma sonuçlarının referans harita ile karşılaştırıldığı sonuçlar ise çizelge 3.4 ve 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3.43 Bant oranlama yöntemlerine yapılan denetimli sınıflandırma sonucu elde edilen kayaç türleri

Çizelge 3.3 Çalışma alanında yer alan kayaç türlerinin kapsadığı alanların, Landsat 8 bant oranlama yöntemi ile bulunan değerleri

1/25.000 ÖLÇEKLİ JEOLJİ HARİTASI		LANDSAT 8 OLI BANT ORANLAMA		
KAYAÇ TÜRLERİ	ALAN (km ²)	ALAN (km ²)		
		ABRAMS	4/2, 6/7, 5	6/7, 6/4, 4/2
JİPS	60.5	24.1	40.6	33.1
KİREÇTAŞI	77.4	47.4	76.2	70.7
ALÜVYON	92.3	120.2	109.0	64.0
ÇAKILTAŞI	102.1	121.00	86.0	139.2
TRAVERTEN	4.7	13.1	16.7	3.7
KİL-KUM	34.5	45.7	43.0	60.7

Çizelge 3.4 Landsat 8 bant oranlama yöntemleri sınıflandırma sonucu kaya türü doğruluk analizi

1/25.000 ÖLÇEKLİ JEOLJİ HARİTASI	LANDSAT 8 OLI BANT ORANLAMA		
	Doğruluk Oranları (%)		
KAYAÇ TÜRLERİ	ABRAMS	B5	B4/B2
JİPS	39.9	67.0	54.7
KİREÇTAŞI	61.2	98.4	91.4
ALÜVYON	76.8	84.7	69.4
ÇAKILTAŞI	84.3	84.3	73.3
TRAVERTEN	35.8	28.1	78.6
KİL-KUM	75.5	80.2	56.8

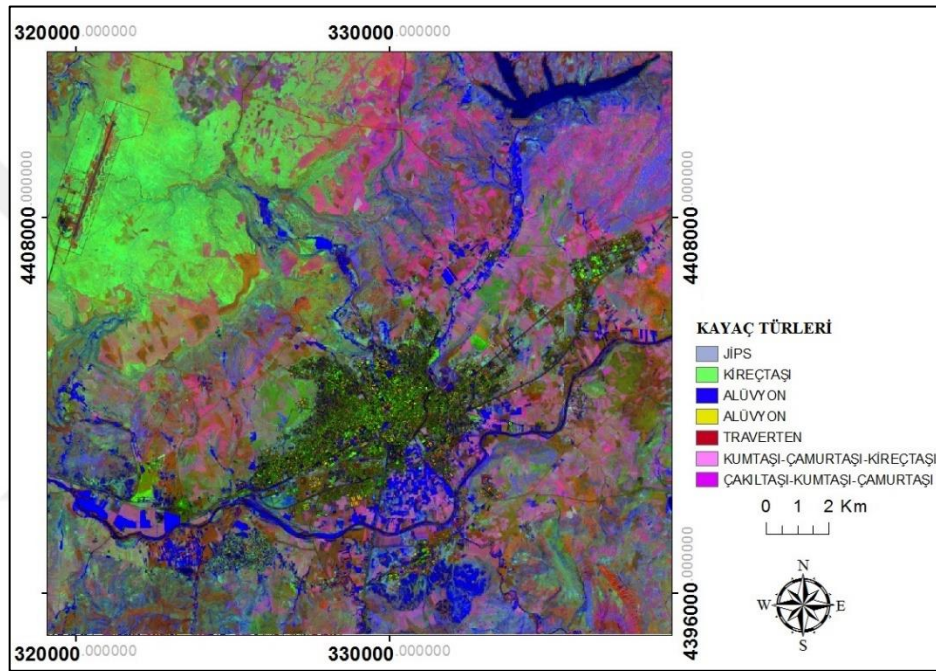
Landsat 8 uydu görüntülerinde bant oranlama yöntemlerle uygulanan sınıflandırma sonucu ortaya çıkan kaya türleri alanlarının ve referans alınan 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasındaki alanların hesaplanmasının ardından, birbirleriyle karşılaştırılması ile ortaya çıkan sonuçlarda en yüksek doğruluk oranını % 83.4 ile 4/2, 6/7, 5 bant oranlaması yöntemi vermiştir.

Çizelge 3.5 Landsat 8 bant oranlama yöntemi sınıflandırma sonuçları doğruluk oranları

DENETİMLİ SINIFLANIRMA YÖNTEMLERİ	LANDSAT 8 OLI BANT ORANLAMA		
	ABRAMS	4/2, 6/7, 5	6/7, 6/4, 4/2
Doğruluk Oranları (%)	69.0	83.4	71.6

3.3.1.2 Sentinel-2 bant oranlamaları

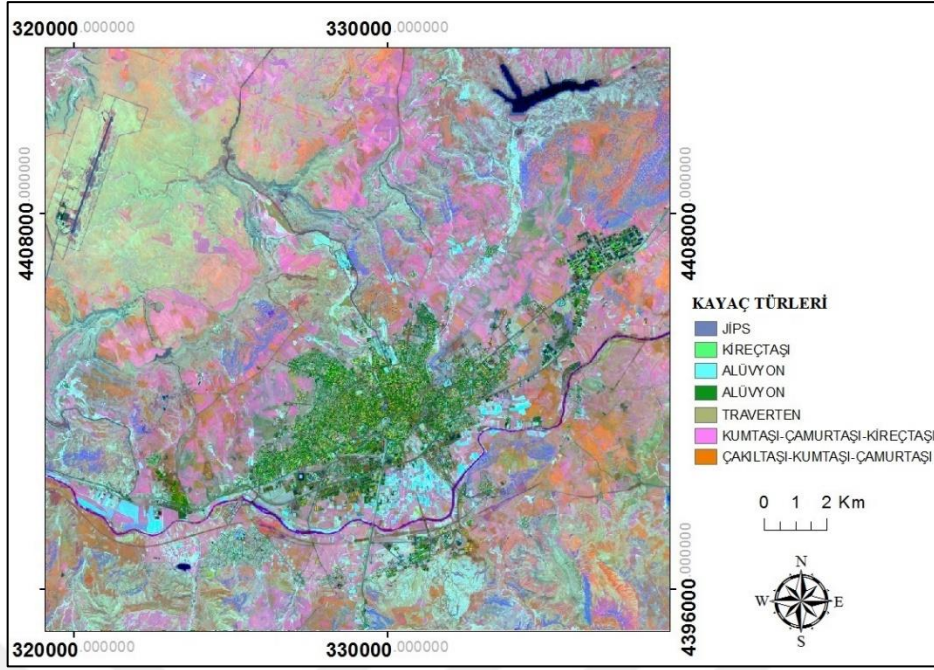
Sentinel – 2 uydu görüntülerinin kaya türü belirleme yeteneğini test etmek amacıyla aynı bant oranlama yöntemleri Sentinel – 2 uydu görüntülerine de uygulanmıştır. Her bir yöntemde kullanılan bantların dalgaboyu aralıkları belirlenerek, bu bantların Sentinel – 2 uydu görüntülerinde hangi bantlara karşılık geldiği tespit edilmiştir. Abrams yönteminde kullanılan bant aralıkları Sentinel – 2 uydu görüntülerinde 11/12, 11/7, 4/3 bant oranlarına karşılık gelmektedir. Şekil 3.44’de Abrams bant oranlama yöntemi gösterilmektedir.



Şekil 3.44 Abrams bant oranlaması yöntemine göre elde edilen kaya türleri

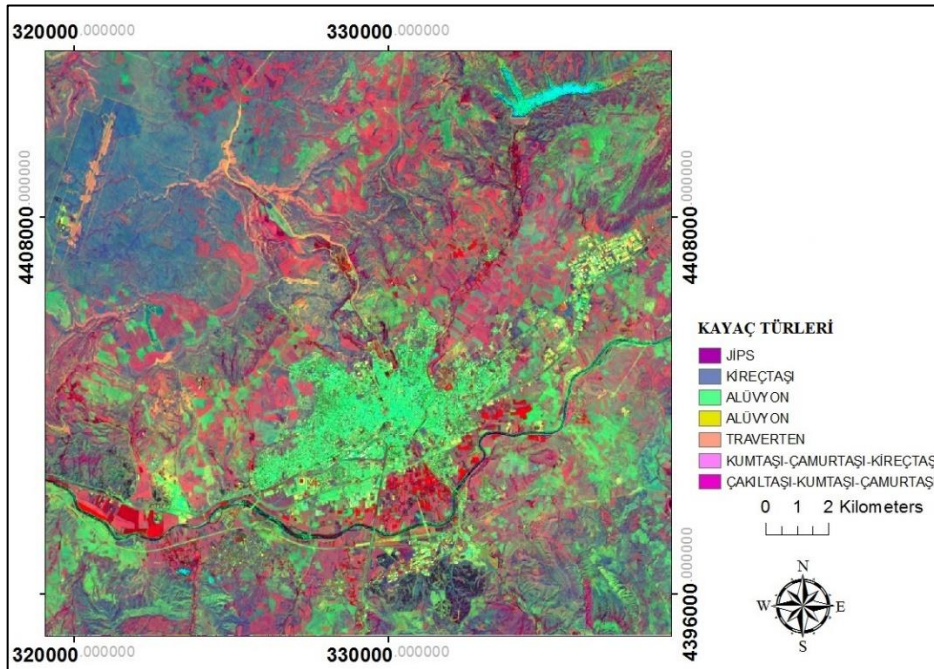
Sentinel – 2 uydu görüntüsüne uygulanan Abrams bant oranlamasında kireçtaşı bölgeleri diğer bölgelere göre daha fazla parlaklığa sahip olduğundan sınıflandırmada kolaylık sağlamaktadır. Abrams yönteminde yeşil alanların, alüvyon bölgelerle aynı sınıfta kümelendiği gözlemlenmiştir.

Bir diğer bant oranlaması yönteminde, Landsat 8 için kullanılan 6/7, 6/4, 4/2 bant oranlaması Sentinel – 2 uydu görüntüsüne uyarlanmıştır. Bu yöntem, Sentinel -2 uydu görüntülerinde 11/12, 11/4, 4/2 bant oranlamasına denk gelmektedir. 4/2 oranı demir oksit içeriği belirlemede, 11/12 oranı ise kil içeriği belirlemede kullanılmaktadır. Kil içeriği kırmızı banda, demir oksit içeriği ise mavi banda yerleştirilerek renkli görüntü oluşturulmaktadır (Şekil 3.45).



Şekil 3.45 11/12, 11/4, 4/2 bant oranlaması yöntemine göre elde edilen kayaç türleri

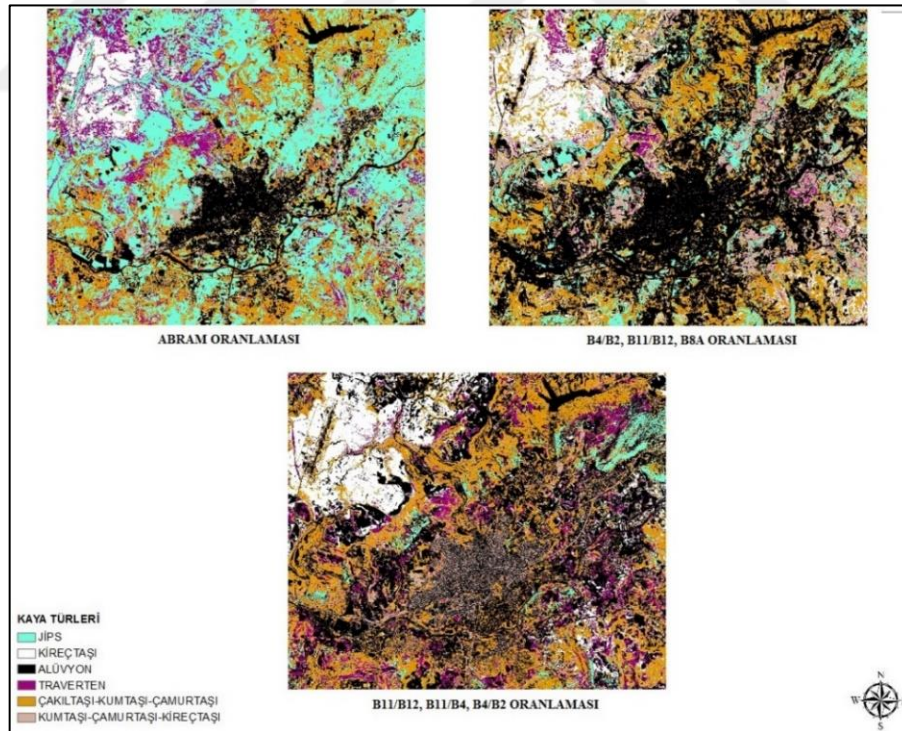
Landsat 8 için uygulanan 4/2, 6/7, 5 bant oranlaması Sentinel – 2 uydusunda 4/2, 11/12, 8A bant oranlamasına denk gelmektedir.



Şekil 3.46 4/2, 11/12, 8A bant oranlaması yöntemine göre elde edilen kayaç türleri

4/2 oranlanması uydu görüntülerinde demir oksit içeriğini belirlemede, 11 ve 12. bantların oranlanması kil içeriği çıkarımında kullanılmaktadır. Bu iki işlem gerçekleştirildikten sonra, RGB kombinasyonunun kırmızı bandına 4/2 oranlaması, yeşil bandına 11/12 oranlaması ve mavi banda bant 8A yerleştirilerek üçlü bant kombinasyonu gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.46). Mavi banda yerleştirilen kızılötesi bandının, bitki varlığı tespit etmedeki yeteneğinden yararlanılarak, kaya türleri arasında daha kolay renk ayrımı sağlanmaktadır (Pour ve Hashim, 2015).

Sentinel - 2 uydu görüntülerinde her bir yöntemde uygulanan denetimli sınıflandırma işlemi sonrasında elde edilen sonuçlar (Şekil 3.47), referans alınan 1/25.000 ölçekli sayısal jeoloji haritası ile karşılaştırılarak, yöntemlerin kaya türü belirleme yeteneği test edilmiştir. Karşılaştırmada, öncelikle referans haritadaki kaya türlerinin kapladığı alanlar hesaplanmıştır. Ardından her bir sınıflandırma sonucunda ortaya çıkan kaya türleri alanları hesaplanmış ve referans haritadaki alanlar ile kıyaslanmıştır (Çizelge 3.6, 3.7, 3.8).



Şekil 3.47 Sentinel – 2 uydu görüntülerine bant oranlamasının ardından denetimli sınıflandırma yönteminin uygulanması sonucu elde edilen kayaç türleri

Çizelge 3.6 Sentinel - 2 bant oranlama yöntemleri sınıflandırma sonuçları

1/25.000 ÖLÇEKLİ JEOLOJİ HARİTASI		SENTINEL – 2 BANT ORANLAMA		
KAYAÇ TÜRLERİ	ALAN (km ²)	ALAN (m ²)		
		ABRAMS	4/2, 11/12, 8A	11/12, 11/4, 4/2
JİPS	60.5	23.7	54.3	35.8
KİREÇTAŞI	77.4	49.1	44.6	76.8
ALÜVYON	92.3	106.8	140.1	79.4
ÇAKILTAŞI	102.1	117.8	88.7	125.8
TRAVERTEN	4.7	19.3	22.5	25.3
KİL-KUM	34.5	54.7	21.2	28.3

Çizelge 3.7 Sentinel - 2 bant oranlama yöntemleri doğruluk oranları

DENETİMLİ SINIFLANIRMA YÖNTEMLERİ	SENTINEL - 2		
	BANT ORANLAMA		
	ABRAMS	4/2, 11/12, 8A	11/12, 11/4, 4/2
Doğruluk Oranları (%)	71.0	72.8	81.9

Çizelge 3.8 Sentinel -2 bant oranlama yöntemleri kaya türleri belirleme doğruluk oranları

KAYAÇ TÜRLERİ	BANT ORANLAMA Doğruluk Oranları (%)		
	ABRAMS	4/2, 11/12, 8A	11/12, 11/4, 4/2
JİPS	39.2	89.7	59.2
KİREÇTAŞI	63.4	57.6	99.3
ALÜVYON	86.5	65.9	86.0
ÇAKILTAŞI	86.6	86.9	81.1
TRAVERTEN	24.2	20.7	18.5
KİL-KUM	63.0	61.5	82.2

Sentinel – 2 uydu görüntülerine uygulanan bant oranlama yöntemlerinden % 81.9 ile en yakın sonucu veren yöntem, 11/12, 11/4, 4/2 yöntemi olmuştur. Daha önce Landsat 8 uydu görüntüsünde uygulanan 4/2, 6/7, 5 bant oranlaması kireçtaşı için çok yüksek oranda doğruluk veren yöntem olmuştur. Sentinel – 2 uydu görüntüsünde ise kireçtaşı bölgeleri için 11/12, 11/4, 4/2 bant oranlama yöntemi % 99.3 oranında doğruluk vermiştir (çizelge 3.8). Landsat 8 uydu görüntüsüne uygulanan ve % 83.4 doğruluk veren 4/2, 6/7, 5 bant oranlaması yöntemi, Sentinel – 2 uydu görüntüsünde karşılık gelen bantlara uygulandığında, % 72.8 doğruluk oranında kaya türü haritalaması yaptığı tespit

edilmiştir. Landsat 8 uydu görüntüsünde % 69 doğruluk veren Abrams yöntemi ise Sentinel – 2 uydu görüntüsünde % 71 oranında doğruluk vermiştir.

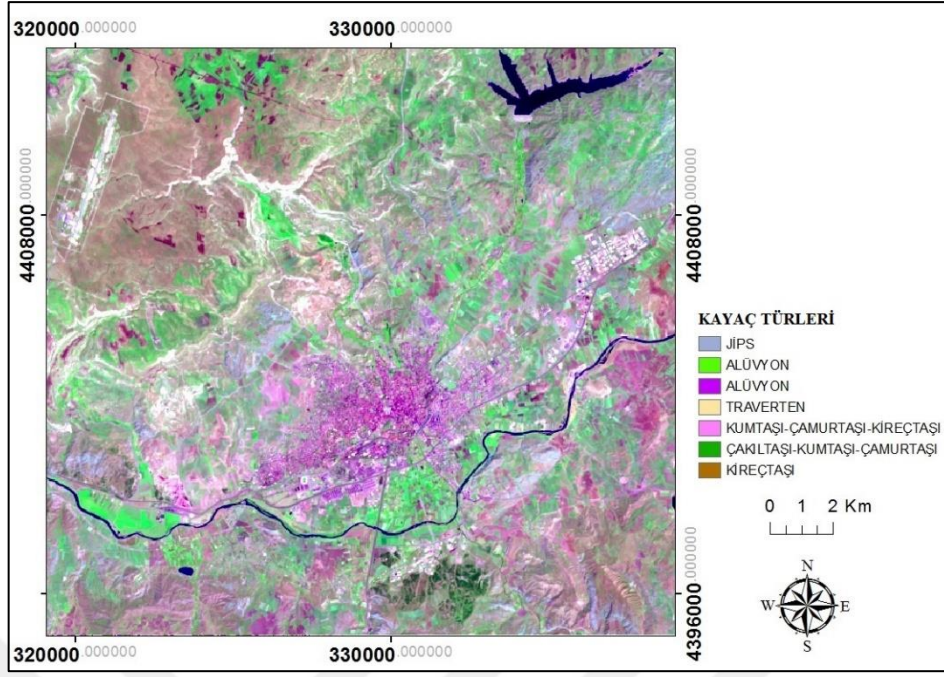
3.3.2 RGB kombinasyonları

Uydu görüntülerinin her bir bandının sahip olduğu farklı dalgaboyu aralıkları vardır. Bu farklı dalgaboyu aralıkları sayesinde her bir bant farklı zemin özelliklerini algılayabilmektedir. Uydu görüntülerinin çeşitli bantları kullanılarak zemin yansımaya değerlerine göre incelenen alanın sahip olduğu jeolojik birimlerin çıkarımı mümkün olabilmektedir (Zeinelabdein ve El Nadi, 2014).

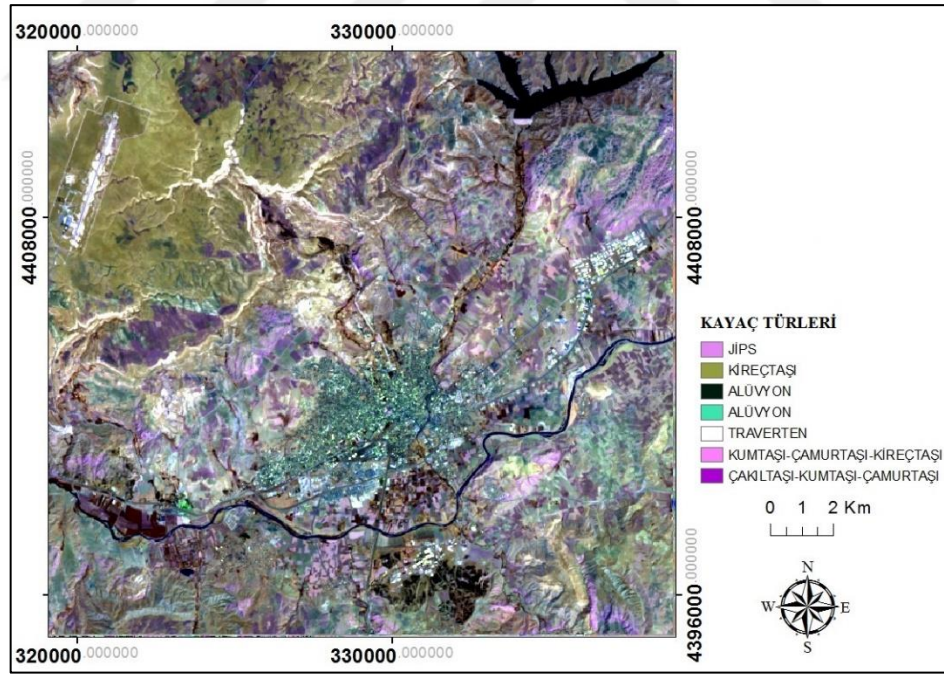
3.3.2.1 Landsat 8 OLI RGB kombinasyonları

Landsat 8 uydu görüntüleri için 2 farklı RGB bant kombinasyonu kullanılarak sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Aster uydu görüntülerine uygulanan 6/3/1 RGB kombinasyonundaki bantların Landsat 8 uydu görüntülerindeki karşılığı 7/5/3 RGB bant kombinasyonu uygulanmıştır. Farklı dalgaboyu aralıklarına sahip olan bu bantların üçlü RGB kombinasyonu sayesinde arazinin jeolojik özellikleri renkledirme yardımı ile daha kolay görüntülenebilmektedir (Zeinelabdein ve El Nadi, 2014). Şekil 3.48’de Landsat 8 uydu görüntüsüne uygulanan 7/5/3 bant kombinasyonu gösterilmektedir. 7. bandın termal yeteneğinden, kızılötesi dalgaboyu aralıklarına sahip 5. bandın ise bitki örtüsü belirleme yeteneğinden yararlanılmıştır.

Çalışmada Landsat 8 uydu görüntüleri için kullanılan diğer bir RGB kombinasyonu ise 6/7/4 numaralı bantların sırasıyla kombinasyonudur (Şekil 3.49). Bu kombinasyonda kısa dalga kızılötesi (SWIR) bantlarının dalgaboyu aralıklarından yararlanılarak incelenen alandaki farklı kaya türleri için farklı renk ataması sayesinde jeolojik özellikleri daha belirgin göstermektedir. Diğer bantlarda benzer görünen kaya ve topraklar SWIR bantlarında sıklıkla güçlü kontrastlara sahiptir (Mwaniki vd., 2015).



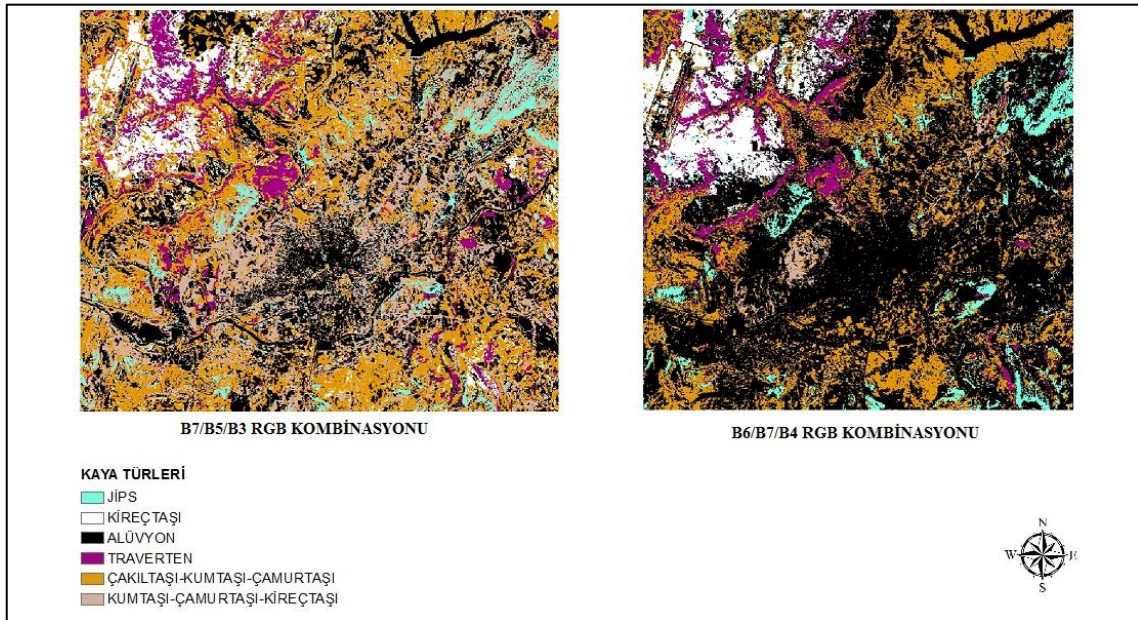
Şekil 3.48 Landsat 8 OLI 7/5/3 bant kombinasyonu uygulanması sonucu elde edilen kayaç türleri



Şekil 3.49 Landsat 8 OLI 6//7/4 bant kombinasyonu uygulanması sonucu elde edilen kayaç türleri

RGB kombinasyonu uygulanan uydu görüntüleri üzerinde denetimli sınıflandırma işlemi gerçekleştirilerek kaya türleri sınıflandırması yapılmıştır (Şekil 3.50).

Landsat 8 uydu görüntülerine uygulanan RGB kombinasyonu yöntemlerine yapılan sınıflandırma çalışması sonuçlarında belirlenen kaya türü alanları çizelge 3.9'da verilmiştir. Sonuçlara göre en yüksek doğruluk oranını % 77.1 ile 7/5/3 kombinasyonu vermiştir (çizelge 3.10). Kaya türü doğruluk oranlarında ise alüvyon belirlemede % 88.6 ile en yüksek doğruluk oranını vermiştir. Bu oranı takip eden birim ise % 88.1 ile çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı birimi olmuştur (çizelge 3.11). Çizelge 3.8'de her bir kaya türü için tespit edilen alan miktarları verilmiştir.



Şekil 3.50 Landsat 8 uydu görüntülerine uygulanan RGB kombinasyonlarına denetimli sınıflandırma uygulanması sonucu elde edilen sonuçlar

Çizelge 3.9 Landat 8 RGB kombinasyonu yöntemleri sınıflandırma sonuçları

1/25.000 ÖLÇEKLİ JEOLJİ HARİTASI		LANDSAT 8 OLI RGB KOMBİNASYONU	
KAYAÇ TÜRÜ/YÖNTEMLER	ALAN (km ²)	ALAN (km ²)	
		6/7/4	7/5/3
JİPS	60.49	17.30	35.89
KİREÇ TAŞI	77.40	57.13	55.82
ALÜVYON	92.31	123.10	104.16
ÇAKILTAŞI	102.05	85.35	115.82
TRAVERTEN	4.67	9.28	2.30
KİL-KUM	34.48	79.24	57.41

Çizelge 3.10 Landat 8 RGB kombinasyonu sınıflandırması doğruluk oranları

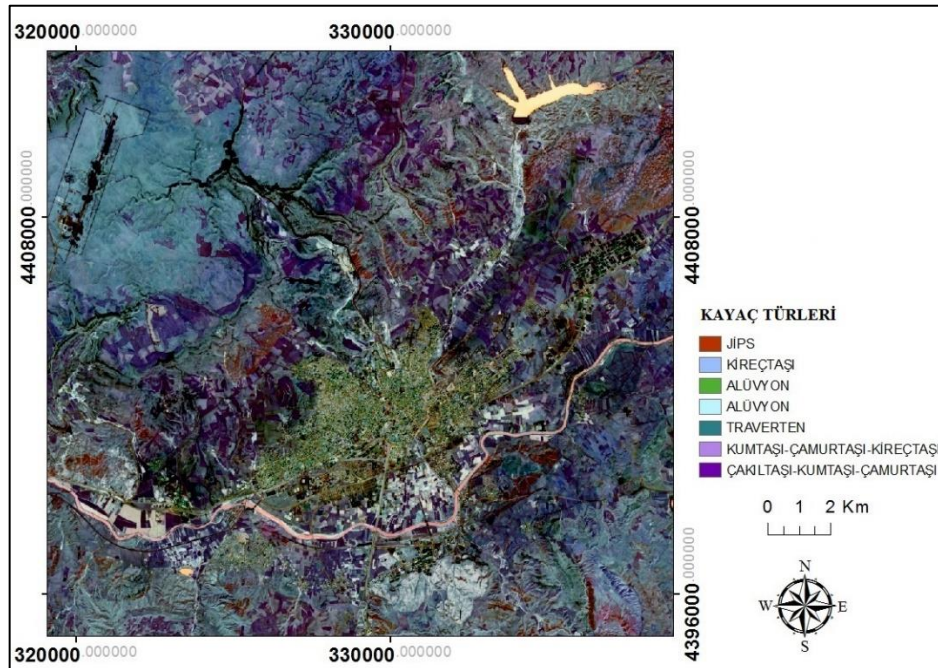
DENETİMLİ SINIFLANIRMA YÖNTEMLERİ	LANDSAT 8 OLI	
	RGB KOMBİNASYONU	
	6/7/4	7/5/3
Doğruluk Oranları (%)	66.3	77.1

Çizelge 3.11 Landat 8 RGB kombinasyonu kaya türü sınıflandırması doğruluk oranları

KAYAÇ TÜRLERİ	RGB KOMBİNASYONU Doğruluk Oranları (%)	
	6/7/4	7/5/3
JİPS	28.6	59.3
KİREÇTAŞI	73.8	72.1
ALÜVYON	75.0	88.6
ÇAKILTAŞI	83.6	88.1
TRAVERTEN	50.3	49.2
KİL-KUM	43.5	60.1

3.3.2.2 Sentinel -2 RGB kombinasyonu ile sınıflandırma yöntemleri

Sentinel -2 uydu görüntülerine 12/4/2 ve 12/8A/3 RGB kombinasyonları uygulanmıştır. İlk RGB kombinasyonu olarak Sentinel-2 uydusunun 12, 4 ve 2 numaralı bantları kullanılarak renklendirme yardımıyla çalışma alanı jeolojisini tanımlamaya yardımcı bir görüntü oluşturulmuştur (Şekil 3.51).

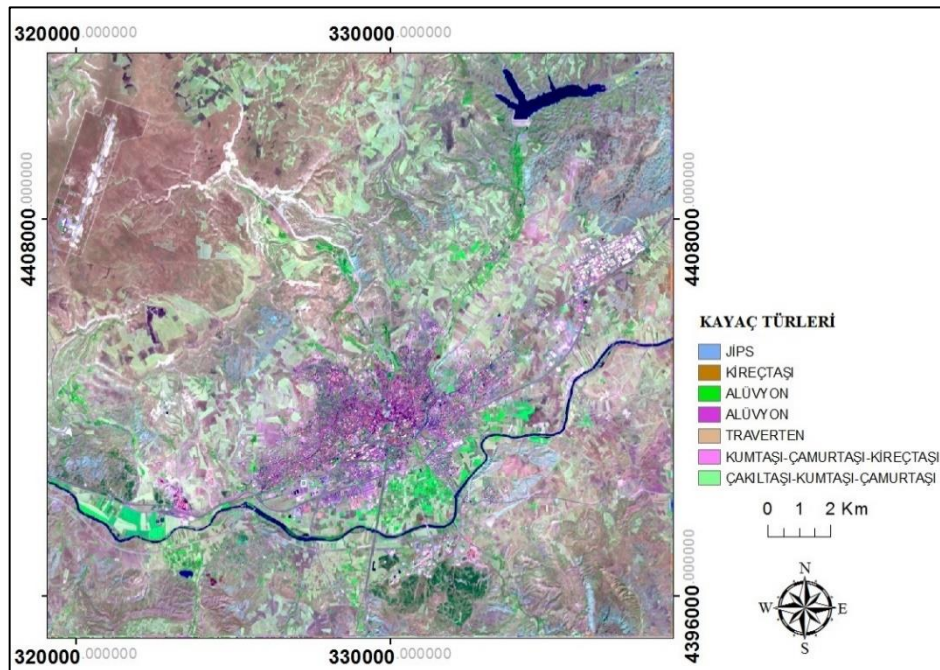


Şekil 3.51 Sentinel – 2 12/4/2 RGB kombinasyonundan elde edilen kayaç türleri

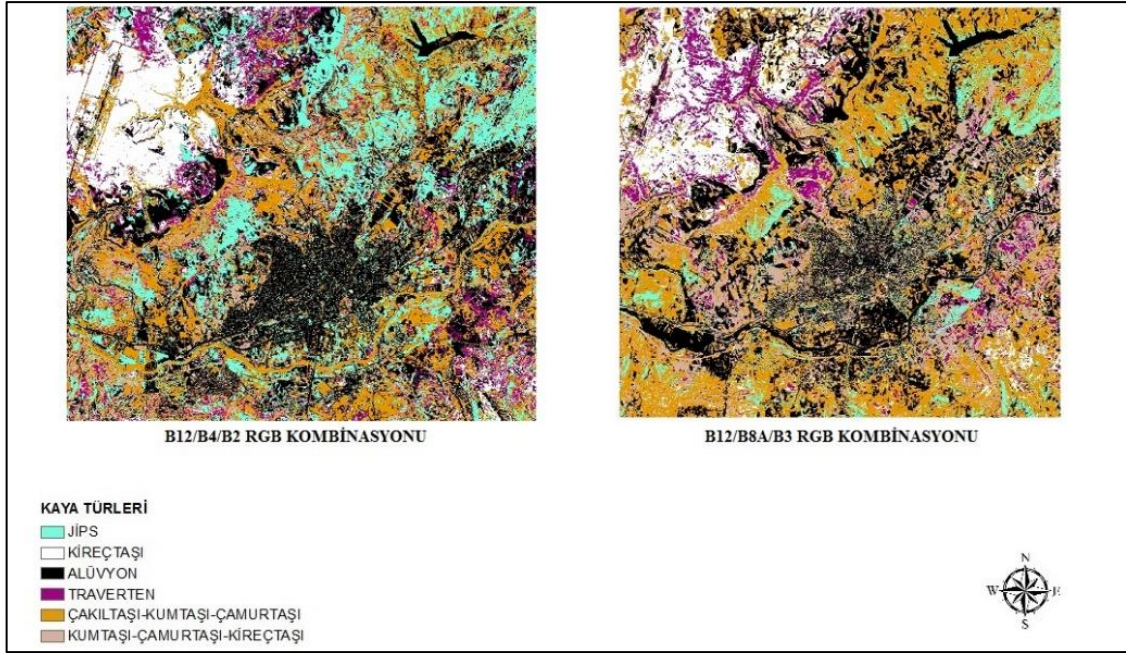
Sentinel – 2 uydu görüntüsünde 12.bant olan SWIR bandının kaya ve toprakları diğer alanlara göre güçlü kontrastta gösterme yeteneğine sahip olmasından dolayı kaya türü belirlemede oldukça işe yaramaktadır.

Sentinel -2 uydu görüntülerinde kullanılan diğer bant kombinasyonu ise Landsat 8 uydu görüntülerinde 6/7/4 bant kombinasyonu olarak kullanılan Sentinel – 2 uydu görüntülerindeki 12/8A/3 bantlarının kombinasyonudur (Mwaniki vd. 2015). Şekil 3.52’de 12/8A/3 numaralı bantların kombinasyonu gösterilmektedir. Sentinel - 2 uydu görüntüleri 12, 8A ve 3 numaralı bantların RGB kombinasyonunda 20 metre çözünürlükte görüntü sağlayabilmektedir. Landsat 8 uydu görüntülerinde ise bu bantlara yakın dalgaboyu aralıklarına denk gelen 7, 5 ve 3 numaralı bantların oluşturduğu görüntünün çözünürlüğü 30 metre olmaktadır. Uydu görüntülerindeki çözünürlük artışı ile daha detaylı sınıflandırma yapılabilmektedir. 12 ve 8A numaralı bantları SWIR bantları olup kayalık zeminleri diğer zeminlere göre daha yoğun renklere göstermektedir.

RGB kombinasyonlarının ardından uydu görüntüleri üzerine denetimli sınıflandırma yöntemi ile kaya türleri sınıflaması yapılmıştır (Şekil 3.53). Sınıflandırmaların ardından Sentinel – 2 uydu görüntülerinde farklı yöntemler kullanılarak elde edilen kaya türleri, referans harita ile karşılaştırılmış, sonuçlar çizelge 3.12, 3.13 ve 3.14’de gösterilmiştir.



Şekil 3.52 Sentinel – 2 12/8A/3 RGB kombinasyonundan elde edilen kayaç türleri



Şekil 3.53 Sentinel -2 RGB kombinasyonlarına denetimli sınıflandırma uygulanması sonucu elde edilen kayaç türleri

Çizelge 3.12 Sentinel – 2 RGB kombinasyonu yöntemleri sınıflandırma sonuçları

1/25.000 ÖLÇEKLİ JEOLJİ HARİTASI		SENTİNEL – 2 RGB KOMBİNASYONU	
KAYAÇ TÜRÜ/YÖNTEMLER	ALAN (km ²)	ALAN (km ²)	
		12/8A/3	12/4/2
JİPS	60.5	23.6	64.8
KİREÇTAŞI	77.4	61.6	49.2
ALÜVYON	92.3	134.3	109.4
ÇAKILTAŞI	102.1	99.1	92.5
TRAVERTEN	4.7	30.3	21.6
KİL-KUM	34.5	22.6	34.2

Çizelge 3.13 Sentinel – 2 RGB kombinasyonu sınıflandırması doğruluk oranları

DENETİMLİ SINIFLANIRMA YÖNTEMLERİ	SENTİNEL - 2	
	RGB KOMBİNASYONU	
	12/8A/3	12/4/2
Doğruluk Oranları (%)	73.0	83.8

Çizelge 3.14 Sentinel – 2 RGB kombinasyonu kaya türleri sınıflandırması doğruluk oranları

KAYAÇ TÜRLERİ	RGB KOMBİNASYONU Doğruluk Oranları (%)	
	B12/B8A/B3	B12/B4/B2
JİPS	39.0	93.4
KİREÇTAŞI	79.6	63.6
ALÜVYON	68.8	84.4
ÇAKILTAŞI	97.1	90.5
TRAVERTEN	15.4	21.7
KİL-KUM	65.6	99.2

Sentinel – 2 uydu görüntülerine uygulanan RGB kombinasyonu yöntemleri üzerinde yapılan sınıflandırma sonucunda, çalışmada uygulanan yöntemler arasında 12/4/2 RGB kombinasyonu % 83.8 oranı ile en yüksek doğruluğu vermiştir (çizelge 3.12). Ayrıca kumtaşı-kireçtaşı-çamurtaşı birimini belirlemede de referans harita ile % 99.2’lik doğruluk oranı sağlamıştır (çizelge 3.13). Diğer RGB kombinasyonu yöntemi olan 12/8A/3 kombinasyonuna yapılan denetimli sınıflandırma sonucunda belirlenen kaya türlerinin kapladığı alanlar, referans olarak alınan jeoloji haritası ile % 73 oranında uyum göstermektedir. Bu kombinasyonda belirlenen çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı alanı referans harita ile % 97.1 oranında uyum sağlamaktadır.

Uydu görüntülerine uygulanan bant oranlaması ve RGB kombinasyonu yöntemlerine yapılan sınıflandırmalar sonucunda belirlenen kaya türü alanlarının bir arada değerlendirilerek sonuçların incelenmesi adına, elde edilen bütün sonuçlar toplu halde çizelge 3.14 ve 3.15’de, sonuçların referans haritası ile kıyaslanarak elde edilen doğruluk oranları çizelge 3.16’da, kaya türleri belirlemedeki doğruluk oranları en yüksek olan uydu görüntüleri ve uygulanan yöntemleri çizelge 3.17’de gösterilmiştir.

Landsat 8 ve Sentinel – 2 uydu görüntülerinde kaya türlerinin tespit edilmesi için kullanılan her bir yöntemde belirlenen kaya türleri alanları referans harita ile karşılaştırılarak ve referans haritada kapladığı alanların yüzdelik dilimi dikkate alınarak yapılan hesaplamadan elde edilen sonuçlar çizelge 3.16’da verilmiştir.

Landsat - 8 ve sentinel – 2 uydu görüntülerine uygulanan bant oranlama ve bant kombinasyonu yöntemlerinin ardından yapılan denetimli sınıflandırma sonucu uydu görüntülerinin kaya türleri belirleme yeteneği sorgulanmıştır.

Çizelge 3.15 Landsat 8 OLI uydu görüntülerine bant oranlaması ve RGB kombinasyonu yöntemlerinin denetimli sınıflandırma sonuçları

1/25.000 ÖLÇEKLİ JEOLJİ HARİTASI		LANDSAT 8 OLI				
KAYAÇ TÜRLERİ	ALAN (km ²)	BANT ORANLAMA			RGB KOMBİNASYONU	
		ABRAMS	4/2, 6/7, 5	6/7, 6/4, 4/2	B6/B7/B4	B7/B5/B3
JİPS	60.5	24.1	40.6	33.1	17.3	35.9
KİREÇTAŞI	77.4	47.4	76.2	70.7	57.1	55.8
ALÜVYON	92.3	120.2	109.0	64.0	123.1	104.6
ÇAKILTAŞI	102.1	121.00	86.0	139.2	85.4	115.8
TRAVERTEN	4.7	13.1	16.7	3.7	9.3	2.3
KİL-KUM	34.5	45.7	43.0	60.7	79.3	57.4

Çizelge 3.16 Sentinel - 2 uydu görüntülerine bant oranlaması ve RGB kombinasyonu yöntemlerinin denetimli sınıflandırma sonuçları

1/25.000 ÖLÇEKLİ JEOLJİ HARİTASI		SENTINEL - 2				
KAYAÇ TÜRLERİ	ALAN (km ²)	BANT ORANLAMA			RGB KOMBİNASYONU	
		ABRAMS	4/2, 11/12, 8A	11/12, 11/4, 4/2	B12/B8A/B3	B12/B4/B2
JİPS	60.5	23.7	54.3	35.8	23.6	64.8
KİREÇTAŞI	77.4	49.1	44.6	76.8	61.6	49.2
ALÜVYON	92.3	106.8	140.1	79.4	134.3	109.4
ÇAKILTAŞI	102.1	117.8	88.7	125.8	99.1	92.4
TRAVERTEN	4.7	19.3	22.5	25.3	30.3	21.5
KİL-KUM	34.5	54.7	21.2	28.3	22.6	34.2

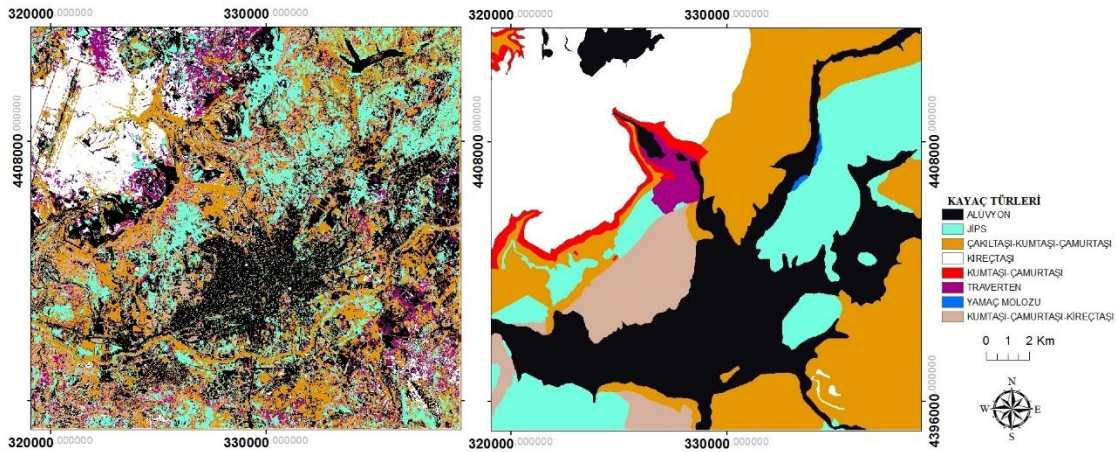
Çizelge 3.17 Landsat 8 ve Sentinel – 2 uydu görüntülerine yapılan denetimli sınıflandırma sonucunda elde edilen alanların referans haritasıyla karşılaştırılması

DENETİMLİ SINIFLANIRMA YÖNTEMLERİ	LANDSAT 8 OLI				
	BANT ORANLAMA			RGB KOMBİNASYONU	
	ABRAMS	4/2, 6/7, 5	6/7, 6/4, 4/2	B6/B7/B4	B7/B5/B3
Doğruluk Oranları (%)	71.8	83.4	71.6	66.3	77.1
DENETİMLİ SINIFLANIRMA YÖNTEMLERİ	SENTINEL - 2				
	BANT ORANLAMA			RGB KOMBİNASYONU	
	ABRAMS	4/2, 11/12, 8A	11/12, 11/4, 4/2	B12/B8A/B3	B12/B4/B2
Doğruluk Oranları (%)	71.0	72.8	81.9	73.0	83.8

Çizelge 3.18 Sınıflandırma sonucunda kaya türlerini en yüksek doğrulukta tespit eden yöntemler

KAYA TÜRLERİ	YÖNTEM VE UYDU	DOĞRULUK ORANLARI (%)
JİPS	SENTINEL 2 – RGB - 12/4/2	93.4
KİREÇTAŞI	SENTINEL 2 – Bant Oranlama -11/12, 11/4, 4/2	99.3
ALÜVYON	LANDSAT 8 – RGB - 7/5/3	88.6
ÇAKILTAŞI	SENTINEL 2 – RGB - 12/8A/3	97.1
TRAVERTEN	LANDSAT 8 – Bant Oranlama - 6/7, 6/4, 4/2	78.6
KİL-KUM	SENTINEL 2 – RGB - 12/4/2	99.2

Referans harita ile karşılaştırılan sonuçlara göre en yüksek doğruluğu veren uydu ve yöntem Sentinel – 2 12/4/2 bant kombinasyonu yöntemidir (Çizelge 3.18). Şekil 3.54’de sınıflandırma sonucu oluşturulan kaya türü haritalaması ile referans alınan 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası karşılaştırılmıştır. Yöntem % 83.8 doğrulukta sonuç vermiştir. Çalışma alanının, yapılaşma ve tarımsal faaliyetler nedeniyle doğal örtüsünün bozulması kaya türlerinin kolayca belirlenmesine engel olmaktadır. Landsat 8 uydu görüntüsü 4/2, 6/7, 5 bant oranlama yöntemi de referans harita ile % 83.4 oranında benzerlik göstermiştir. Bu iki yöntem kullanılarak UA yöntemleri ile jeolojik haritalamanın yapılabileceği sonucuna varılmıştır.



Şekil 3.54 12/4/3 RGB kombinasyonu ile jeoloji haritasının karşılaştırılması

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, UA ve CBS yöntemleri kullanılarak, uydu görüntüleri üzerinde çeşitli yöntemler uygulanması sonucu arazi özelliklerinin tanımlanmasını sağlayan bir çalışmadır.

1) Landsat 2 1977 yılı uydu görüntüsünden başlanarak sırasıyla Landsat 5 1990 yılı, Landsat 7 2002 yılı ve Landsat 8 2018 yılı uydu görüntüleri üzerine yapılan denetimli sınıflandırma sonucunda, 1977 yılı ile 2018 yılları aralığında arazi kullanım sınıfları değişimi incelemesinde, 1977 yılında 8.9 km² olarak tespit edilen yerleşim alanları 2018 yılında 52.9 km²'ye yükselmiştir. Tarım yapmaya uygun alanlar ise aynı yıl aralıklarında 128.7 km²'den 99.9 km²'ye düşmüştür (Çizelge 3.1).

2) İncelenen uydu görüntüleri arasında, 4 Eylül Barajı'nın su tutmaya başlayarak ideal seviyelere yaklaştığı ilk yıllar olan 2006 yılında barajın su yüzey alanı 2.50 km² iken 2014 yılında bu rakam 3.75 km² seviyesine çıkmış, sonraki 4 yılda su tüketimi ve sıcaklık artışları nedeniyle ciddi bir düşüş meydana gelerek 1.95 km² seviyesine düşmüştür (Şekil 3.27). Baraj yüzey alanındaki bu kritik düşüşün nedenleri iklim verileriyle incelendiğinde; uydu görüntülerinin ait olduğu temmuz ayının ortalama sıcaklık değerleri 2006 yılından 2018 yılına kadar 1 °C artmıştır. Temmuz ayları toplam yağış miktarı düşme eğiliminde olmakla birlikte, temmuz ayları ortalama nispi nem miktarı da % 60 seviyesinden % 45 seviyelerine düşmüştür. 2006 - 2018 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklık bazında bakıldığında ise 12 yıl içerisinde 1.5 °C'ye yakın sıcaklık artışı görülmektedir (Şekil 3.23). Barajın yüzey alanındaki bu kritik düşüş sebebiyle barajdan önümüzdeki yıllar içerisinde su temin edilemeyeceği öngörülmekle birlikte, içme suyu ihtiyacı 1 m³/sn olan kent merkezi su temini için alternatif kaynaklar sağlanmalıdır

3) Kent merkezi ve yakın çevresini kapsayan jeolojik haritalama işlemi için uydu görüntülerine yapılan sınıflandırmalar sonucu referans alınan 1/25.000 ölçekli sayısal jeoloji haritasına en yakın doğrulukta sonuç veren yöntem Sentinel -2 uydu görüntüsünde kullanılan B12/B4/B2 RGB bant kombinasyonu olmuştur. Yöntem % 83.8 oranla doğruluk sağlamıştır (Çizelge 3.17).

4) Landsat 8 OLI uydu görüntülerinin 2017 yılı Mart ve Ekim ayı uydu görüntüleri ile 2018 yılının Eylül ayı uydu görüntüsü üzerinde arazi yüzey sıcaklığı belirleme işlemleri uygulandığında, üç uydu görüntüsünden de elde edilen sonuçlara göre ısınma ihtiyacının

fazla olduğu sonbahar ve kış aylarında kent merkezinin arazi yüzey sıcaklığı, yakın çevresinin arazi yüzey sıcaklığına göre daha düşük çıkmıştır (Şekil 3.14, 3.15). Bu duruma istinaden kent merkezinin, sıcaklığın düştüğü sonbahar ve kış aylarında yakın çevresine göre daha soğuk ve dolayısıyla ısınma ihtiyacının daha fazla olduğu bölgede yer aldığı söylenebilmektedir. Kent merkezinin zeminin önemli bir kısmını oluşturan alüvyon zeminin sınırları jeoloji haritasından belirlenerek, arazi yüzey sıcaklık haritası ve bakı haritasıyla üst üste karşılaştırıldığında, alüvyon bölgeler ile çevresine göre daha düşük sıcaklığa sahip olan kuzey ve kuzeydoğu cephelerinin kesişmekte olduğu ve civarındaki bakı yönü genellikle güney olan killi, jipsli bölgelere göre sıcaklığının daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Sivas gibi kışları oldukça soğuk geçen bir bölgede inşa edilecek yerleşim alanlarının yer seçimi planlanırken, alüvyon bölgeler gibi kuzeye bakan cephelerin daha soğuk olduğu ve ısınma ihtiyacının dolayısıyla da enerji tüketiminin artacağı durumu göz önüne alınmalıdır.

Bakı yönleri ile arazi yüzey sıcaklıkları haritası karşılaştırıldığında (Şekil 3.18), diğer bölgelere göre daha sıcak olduğu belirlenen güney yönüne bakan kent merkezinin batı, kuzeybatı, bölgelerinin zemin özellikleri de dikkate alınarak ilerleyen zamanlarda yerleşim planlamasına dahil edilmesi durumunda, çevresindeki yerleşimlere oranla daha az ısınma ihtiyacı duyulan, dolayısıyla da ısınmada daha az enerji tüketilen yapılar inşa edilmiş olacağı öngörülmektedir.

5) Çalışma alanının arazi yüzey sıcaklığı, nem içeriği ve bitki örtüsü faktörlerinin, kil içeriği belirleme yöntemiyle birarada incelenmesiyle oluşturulan çalışma alanının kil haritası, sondaj verilerinden elde edilen zemin sınıfları ile birlikte yorumlanarak, CH ve OH – MH gibi yerleşim açısından problemli zeminlerin kent merkezinin kuzeyinde ağırlıklı olarak yer alması (Şekil 3.39), bu bölgelerin önemli bir kısmının da nemli alanlarla kesişmesi nedeniyle bu bölgenin zemininin yerleşimler açısından uygun olmayacağı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akkök, İ.**, (2009). Geological mapping using remote sensing technologies, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi*, 78s, Ankara.
- Aktimur, H. T., Tekirli, M. E., Yurdakul, M. E.**, (1990). Sivas-Erzincan tersiyer havzasının jeolojisi, *MTA Dergisi*, 111, 25-36s, Ankara.
- Altuntaş, C. ve Ö. Çorumluoğlu**, (2002). Uzaktan algılama görüntülerinde dijital görüntü işleme ve rsmage yazılımı, *Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği öğretiminde 30. yıl sempozyumu*, 16-18 ekim Konya, s.434-442.
- Atmaca, E.**, (2004). Sivas İl Merkezi Katı Atık Yönetiminin İrdelenmesi ve Yeniden Planlanması, Doktora Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, 137s, Sivas.
- Artan Ü. Ve Sestini, G.**, (1971). Sivas-Zara-Beypınarı bölgesinin jeolojisi: *MTA Dergisi*, 76, 80-97s, Ankara.
- Balçık, F. ve Göksel, Ç.**, (2011). Terkos havzası sulak alanları ve civarının hyperion eol görüntüsü ile sınıflandırılması, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 1822, Nisan 2011, Ankara.
- Bingöl, E.**, (1989). Türkiye Jeoloji Haritası, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını*, Ankara.
- Butt, A., Shabbir, R., Ahmad, S.S. and Aziz, N.** (2015). Land Use Change Mapping and Analysis Using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Simly Watershed, Islamabad, Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18, 251-259p.
- Bouilet, G., Zribi, M., Mougnot, B., Shabou, M., Chabaane, Z. L., Walter, C., Aissa, N. B.**, (2015). Soil clay content mapping using a time series Landsat Tm data in semi-arid lands, 6059-6078p, Toulouse, France.
- Campbell, J. B., Wynne, R.H.**, (2011), Introduction to Remote Sensing, Fifth Edition, *The Guilford Press*, 662s.
- Cater, J.M.L., Hanna, S.S., Ries, A.C., Turner, P.**, 1991. Tertiary evolution of the Sivas basin, Central Turkey, *Tectonophysics*, 195, 29-46s.
- Chai, T., Draxler, R. R.**, (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?, geoscientific model development discussions, National Oceanic and Atmospheric Administration, *World Journal of Engineering and Technology*, Vol.4 No.3D.
- Değirmenci, M., Kaçaroğlu, F., Cerit, O.**, (1995). Sivas yakın doğusu jips karstı hidrojeolojisi, *Cumhuriyet Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü*, Sivas.
- DSİ**, (2001). Sivas İli'nin Mevcut Su Potansiyeli: DSİ XIX. Bölge Md., Sivas, 4s.
- Elsahabi, M., Negm, A., El Tahan, A. H. M. H.**, (2015). Performance evaluation of surface water areas extraction techniques using Landsat ETM+ data: Case study Aswan High Dam Lake (AHDL), Aswan University, Egypt.

- Gezici, A.,** (2012). Uzaktan algılama ve cbs entegrasyonu ile arazi örtüsü/kullanımı değişiminin analizi: konya ili örneği, *Hava Harp Okulu*, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 87s.
- Green, K., Congalton, R. G., Tukman, M.,** (2017). Imagery and gis: Best practis for extracting information from imagery, 437s.
- Gupta, P., Follette-Cook, M.,** (2017). Fundamentals of satellite remote sensing, *University of California, Riverside*, 8(6), 261p.
- Hoberg, T., Rottensteine, F.,** (2010). Classification of settlement areas in remote sensing imagery using conditional random fields, international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences:[100 years isprs advancing remote sensing science].
- Karacan, E.,** (1989). Sivas Güneydoğusundaki Jipslerin Jeo-Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 99s.
- Karacan, E., Arslan, A. T., Kılıçdağı, R., ve Keskin, Ö.,** 1996, Sivas kenti yerleşim alanının mühendislik jeolojisi özellikleri, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, Sayı: 11, s.26-36.
- Karakuş, C. B.,** (2009). Sivas ve yakın yöresi arazi kullanımı ve çevre yönetimi planlaması, *Cumhuriyet Üniversitesi*, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Karakuş, C. B.,** (2019). The impact of land use/land cover (lulc) changes on land surface temperature in Sivas City center and its surroundings and assessment of urban heat island, *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 1979 – 7951, 16 p.
- Kavak, K. Ş., Poisson, A., Guezou J. C.** (1997). Tectonostratigraphy of the Southern Sivas Tertiary Basin (Central Turkey) and Comparison with Landsat MSS Imagery, *International Geology Review*, Vol. 39, 353-364
- Kavzoglu, T., Colkesen, I.,** (2011). Assessment of environmental change and land degradation using time series of remote sensing images, *Fresenius Environmental Bulletin*, 20(1a), 274-281.
- Kim, S., Kim, H.,** (2016). A new metric of absolute percentage error for intermittent demand forecasts, *International Journal of Forecasting* 32(3):669-679.
- Kurtman, F.** (1961). Sivas Divriği arasındaki sahanın jeolojisi ve jipsli seri hakkında müşahedeler, *MTA Dergisi*, S.56, SS: 14-25 Ankara.
- Kurtman, F.,** (1973). Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı: *MTA Dergisi*, 80, 1-32.
- Liu, J. G., Mason, P. J.,** (2009). Essential Image Processing and GIS for Remote Sensing, UK, USA.
- M. Abrams and S.J. Hook,** (1995). Simulated ASTER data for geologic studies. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 33, 692–699s.
- Menderes, A.,** (2014). İstanbul'un uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonu ile arazi örtüsünün/arazi kullanımının zamana bağlı değişiminin modellenmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

- Murayama, Y., Wang.** (2017). Change of land use/cover in Tianjin city based on the markov and cellular automata models, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 6, 150 s.
- Mwaniki M., Schellman, G., Möller, M.** (2015), A comparison of Landsat 8 (OLI) and Landsat 7 (ETM+) in mapping geology and visualising lineaments: A case study of central region Kenya, Vol. XL-7/W3, 897 – 903p.
- Nawar, S., Buddenbaum, H., Hill, J.**, (2015). Digital mapping of soil properties using multivariate statistical analysis and ASTER data in an arid region.
- Pour, A.B., Hashim, M., (2015).** Hydrothermal alteration mapping from Landsat - 8 data Sar Cheshmeh copper mining district, south-eastern Islamic Republic of Iran.
- Smith, W. O., Byers, H. G.**, (1938). The thermal conductivity of dry soil of certain of the great soil groups, *Soil Sci. Am. Proc.* 3:13-19.
- Sobrino, J. A., Munoz, J. C. J., Paolini, L.**, (2004). Land surface temperature retrieval from Landsat 5 TM, Global Change Unit, Department of Thermodynamics, Faculty of Physics, *University of Valencia*, Spain.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y.**, (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Tanrıöver, A. A.** (2011). Adana kentsel gelişiminin uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak modellenmesi, doktora tezi, *Çukurova Üniversitesi*.
- Xu, H.**, (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery, *College of Environment and Resources Fuzhou University*, China.
- Walter, V.**, (2004). Object-based classification of remote sensing data for change detection, Institute for Photogrammetry, *University of Stuttgart*, Almanya.
- Yılmaz, A., Yılmaz, H.**, (2006). Characteristic features and structural evolution of a post collisional basin: The Sivas Basin, Central Anatolia, Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 164–176.
- Yuan, F., Sawaya, K. E., Loeffelholz, B. C., Bauer, M. E.**, (2005). Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing, *University of Minnesota*, USA.
- Zhang, T., Su, J., Liu, C., Chen, W. C.**, (2017). Band selection in Sentinel – 2 satellite for agriculture applications, *Loughborough University*, UK.
- Zeinelabdein, K. A. E., El Nadi, A. H.**, (2014). The use of Landsat 8 OLI image for the delineation of gossanic ridges in the Red Sea Hills of NE Sudan, Department of Geology, *Al – Neelain University*.
- URL – 1** <<https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-bands/>>, alındığı tarih: 10.06.2019
- URL – 2**
<<https://web.itu.edu.tr/~ozcanm/kim/Deneysel%20Verilerin%20Degerlendirilmesi.pdf>>, alındığı tarih: 25.06.2019



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Yusuf GEDİK
Doğum Yeri ve Tarihi	Aydın, 09.10.1993
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dili	İngilizce
İletişim Adresi	Murathan Mah. 1201 sok. no:42 müstakil, Buca / İzmir
E-posta Adresi	ygedik35@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Şirinyer Lisesi, 2012
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2017
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2019

İş Tecrübesi

Yayınlar

Ulusal
Uluslararası

Kongreler ve Bildiriler

Ulusal
Uluslararası

Ödüller, Teşvikler ve Üvelikler