

Sakarya Nehri'nin İnhisar (Bilecik) Çevresindeki 6 Yıllık Arazi Kullanımı Değişiminin Uzaktan Algılama Tabanında İncelenmesi

Investigation of 6-Year Land Use Change of Sakarya River Around İnhisar (Bilecik) using Remote Sensing

Coşkun Güneş^{1*}, Hakan Uyuçgil²

¹Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve CBS Anabilim Dalı, Eskişehir/Türkiye.

²Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir/Türkiye.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

***Sorumlu yazar:**

Coşkun Güneş
coskungunes@eskisehir.edu.tr

doi: 10.48123/rsgis.1111906

Yayın süreci

Geliş tarihi: 01.05.2022

Kabul tarihi: 06.09.2022

Basım tarihi: 18.09.2022

Özet

Güneybatıda Söğüt (Bilecik), kuzeydoğuda Yenipazar (Bilecik) ilçeleriyle sınırlanan çalışma alanının merkez-doğusunda İnhisar (Bilecik) yer almaktadır. Sakarya Nehri bölgenin merkezinde Doğu-Batı doğrultusunda yaklaşık olarak 40 km boyunca devamlılık sunmaktadır ve hem kuzeyden hem güneyden drenaj ağlarıyla beslenmektedir. Bölgede ekonomik değeri olan mermer işletmeleri yaygın olarak gözlenmektedir. Bununla birlikte bölgede yer alan İnhisar şelalesi, Harmankaya Kanyonu Tabiat Parkı gibi alanların insan faaliyetlerinin yol açabileceği zararlardan korunması doğal çevre için oldukça önem arz etmektedir. Çalışmanın temel amacı, çevre için önem arz eden doğal yapıların bulunduğu alanları, yer gözlem uydularının sağladığı verilerle bölgesel ölçekte incelemek ve bu alanların zamana bağlı değişimlerini tanımlamaktır. Landsat-8 uydusu görüntüleri, 12.5m çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli ve jeoloji haritası çalışmanın ana verilerini oluşturmaktadır. Rastgele orman algoritmasıyla sınıflandırılması yapılan Landsat görüntüleri üzerinden yapılan değişim analizi bulguları jeoloji ve topografya haritaları üzerinde tartışılmıştır. 6 yıllık değişim analizi bulguları yorumlandığında, özellikle Gölpazarı dolaylarında yoğunluk kazanan maden faaliyetlerinin doğusundaki Yenipazar-İnhisar hattına yakınlaşmaması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Değişim analizi, Landsat-8 uydusu, Uzaktan algılama

Abstract

İnhisar (Bilecik) is located in the center-east of the study area, which is bounded by Söğüt (Bilecik) in the southwest and Yenipazar (Bilecik) in the northeast. Sakarya River, located in the center of the study area, provides continuity in the East-West direction for approximately 40 km and is fed by drains from both the north and the south. Marble enterprises with economic value are widely observed in the region. In addition, it is very important for the natural environment to protect areas such as İnhisar waterfall and Harmankaya Canyon Nature Park in the region from harm that may be caused by human activities. The main purpose of the study is to examine the areas with natural structures that are important for the environment on a regional scale with data provided by earth observation satellites and to define the time-dependent changes of these areas. Landsat-8 satellite images, a 12.5m-resolution digital elevation model and geology map constitute the main data of the study. The results of the change analysis conducted on the Landsat images classified with the random forest algorithm are discussed on the geology and topography maps. When the 6-year change analysis findings are interpreted, it is suggested that the mining activities, which intensified especially around Gölpazarı, should not approach the Yenipazar-İnhisar line in the east.

Keywords: Change detection, Landsat-8 satellite, Remote sensing

1. Giriş

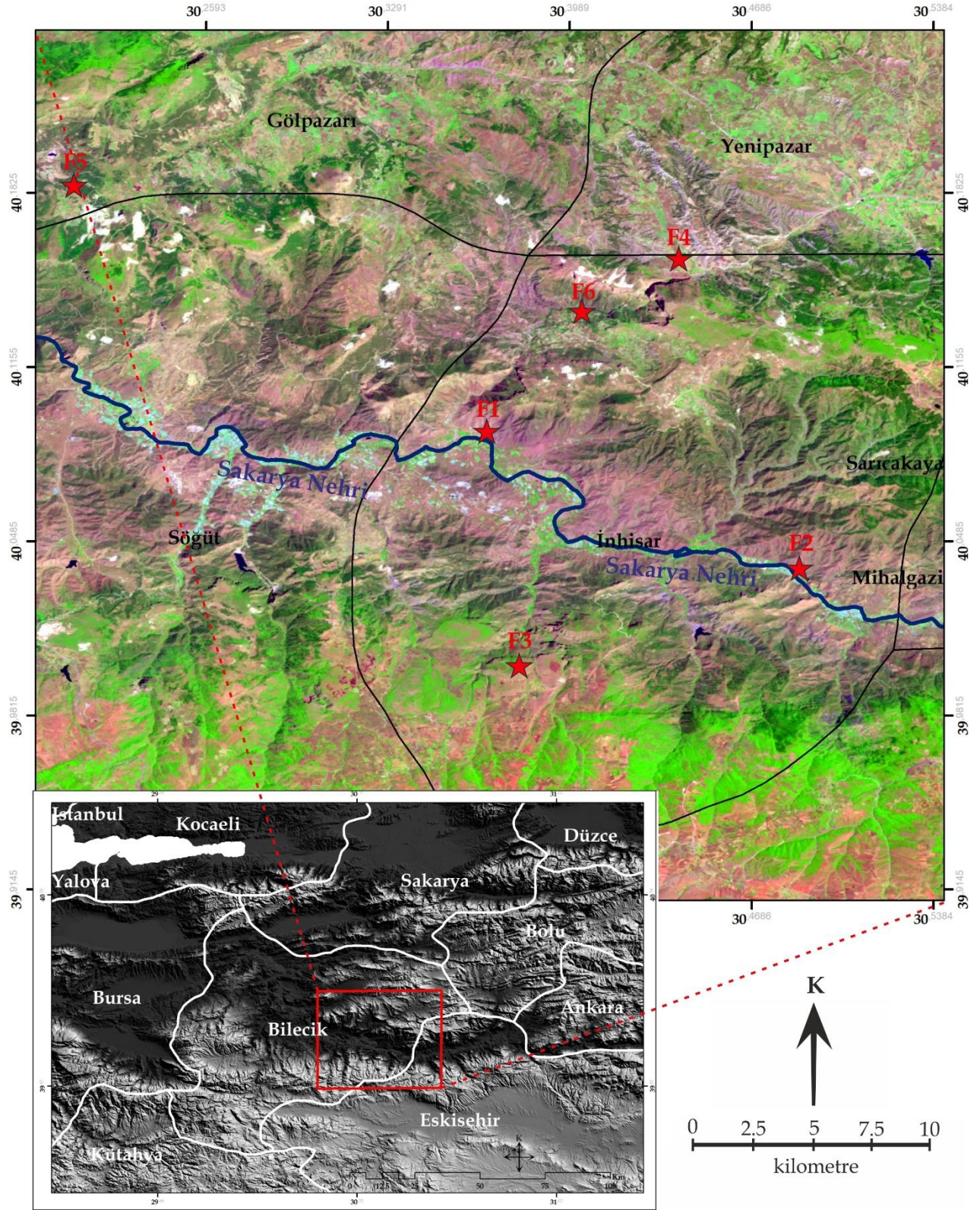
Elektromanyetik spektrumun 0.433-12.50 µm aralığında algılama yapabilen Landsat-8 yer gözlem uydusu, Şubat 2013'ten itibaren aktif bir şekilde yerbilimleri çalışmalarına katkı sağlayan veriler sağlamaktadır. Uzaktan algılamanın temel prensipleri, yer materyallerinin elektromanyetik radyasyona karşı gösterdikleri yansıtma ve soğurma özelliklerine dayanmaktadır. Başka bir ifadeyle; yer materyallerinin elektromanyetik radyasyona karşı gösterdikleri tepkiler, karakteristik spektral imzalarını belirlemektedir. Su kütleleri, sağlıklı bitki örtüsü, farklı litolojik özellikteki kayalar karakteristik spektral imzaları kullanılarak Uzaktan Algılama tabanında tanımlanabilmektedir (Kaplan ve Avdan, 2017; Atak ve Tonyaloğlu, 2020; Kamel vd., 2022). Akarsu, nehir, bitki örtüsü, kayaç jeokimyası gibi parametreler ekosistemin önemli unsurları olmakla birlikte birçok canlı türünün doğal yaşam alanlarını doğrudan etkilemektedir. Landsat-8 uydusunun 30 m konumsal çözünürlüğündeki bantlarına uygulanan sayısal işlemlerle arazi değişimi, bitki örtüsü değişimi, su kütlelerinin azalması veya artması ve yanmış alanların belirlenmesi gibi fark analizleri yapılabilmektedir (Algancı, 2018; Pekkan, 2018; Kaya ve Kaplan, 2021; Yılmaz vd., 2022). Sakarya Nehri'nin İnhisar (Bilecik) doğusundan, Söğüt (Bilecik) dolaylarına kadar BKB-DGD doğrultusunda yaklaşık olarak 40 km devamlılık sunduğu alanın çevresindeki arazi değişimlerini araştırmak bu çalışmanın ana hedefini oluşturmaktadır.

Kılıç ve Başkaya (2018), çalışma alanının içerisinde yer aldığı, Bilecik iline ait agro-turizm potansiyelini değerlendirmişler ve bu bölgeyi agro-turizm için elverişli olarak tanımlamışlardır. Bu çalışmada bölgenin; Osmanlı Devleti'nin kuruluş yeri olması, güvenli olması, geleneksel köy kültürünü koruması, doğal özelliklerini koruması, kırsal alanların organik tarım için elverişli olması, farklı iklim tiplerine bağlı biyolojik çeşitliliğindeki zenginlik ve biyolojik çeşitliliğini bölgenin agro-turizm için güçlü yanları olarak tanımlamışlardır. Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Genel Jeoloji ilkelerince yürütülen bu çalışma sonucunda da kuzeybatıda Gölpazarı (Bilecik), güneydoğuda Mihalgazi (Eskişehir) arasında yer alan bölgenin doğal ve kültürel zenginliklerinin korunması adına madencilik faaliyetleri yerine ekonomik değerlerin, Kılıç ve Başkaya (2018), tarafından önerilen doğal ve kültürel bütünlüğüyle uyumlu alanlarda geliştirilmesi önerilmiştir.

1.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı kuzeyde Gölpazarı ve Yenipazar (Bilecik), batıda Söğüt (Bilecik), doğuda Mihalgazi ve Sarıcakaya (Eskişehir) ilçeleriyle sınırlanmakta ve yaklaşık 150 km²'lik bir alan kapsamaktadır (Şekil 1). Sakarya Nehri çalışma alanının merkezinden geçmekte, güneydoğuda Mihalgazi-İnhisar-Söğüt hattını izleyerek kuzeybatıya doğru devam etmektedir. Paleotektonik süreç içerisinde Neo-Tetis okyanusunun kapanma sürecinden etkilenmiş olan bölgedeki temel kayaları Paleozoyik metamorfik birimler oluşturmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Tüysüz, 1999; Okay, 2011). Geç Kretase-Paleosen zaman dilimindeki Güneyde Tavşanlı Zonu, kuzeyde Sakarya Zonu arasında gerçekleşen dalma – batma tektonizmasıyla ilişkili olarak bölgede mermer, ofiyolit, metabazit gibi metamorfik kayalara ait yüzlekler oldukça geniş alanlar kaplamaktadır (Okay vd., 2020). Paleozoyik-Kretase zaman aralığındaki metamorfik ve magmatik kökenli kayalar Paleojen ve Neojen karasal çökelleri tarafından örtülmektedir (Mueller vd., 2019). Sakarya Nehri'nin (Şekil 2: a ve b) doğrultusu boyunca çökelen Kuvaterner alüvyonlar bölgedeki en genç ve güncel oluşuklardır.

Metamorfik kayaların oluşumunda, sıcaklık ve basınca bağlı olarak değişen kimyasal koşullar kayaç yapısına yeni minerallerin katılmasına veya yapılarındaki minerallerin değişimlerine neden olabilir (Galán, 2006). Özellikle plaka tektoniği gibi geniş ölçekli zonlar boyunca oluşan metamorfik kuşaklar, metalik minerallerin oluşturduğu önemli cevher yatakları içerebildiklerinden ekonomik değere de sahiptirler (Boehlke vd., 1986; Otto vd., 2007; Sarıfakioğlu vd., 2008; Turan, 2018). Karbonatlı tortul kayaçların metamorfizması sonucu oluşan mermerler çalışma alanı kuzeyinde mostralara sunmaktadır. Jeolojik tanımıyla mermer, kireçtaşının metamorfizması sonucu oluşmaktadır ancak karbonat kökenli sert, kompakt kireçtaşları da mermer olarak işletilebilmektedir. Mermer inşaat sektöründe, dekorasyon, süs eşyası yapımı ve heykelticilik gibi alanlarda ekonomik değere sahiptir. Ancak aynı zamanda kompakt yapısı ve bölgenin paleojeolojik koşulları nedeniyle oldukça kırıklı yapıda olan mermer ve kireçtaşları, doğal su kaynakları için rezervuar zonları oluşturmaktadır. Yüksek reflektans değerlerine sahip olan karbonat kökenli kayalar uzaktan algılama ortamında bant oranlama, kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma, spektral profillere bağlı sınıflandırma gibi işlemlerle tanımlanabilmektedir (Xie vd., 2015; Radwin ve Bowen, 2021).



Şekil 1. Kırmızı: bant 7, yeşil: bant 5, mavi: bant 2 Landsat-8 renk kompozisyonunda çalışma alanı yer bulduru haritası



Şekil 2. (a) İnhisar batısında Sakarya Nehri'nden bir görünüm (bakış yönü: D, lokasyon Şekil 1: F1), (b) Sakarya Nehri'nin Mihalgazi batısındaki görünümü (bakış yönü: B, lokasyon Şekil 1: F2).

Landsat-8 uydu görüntüleri kırmızı-yeşil-mavi renk uzayında (Kırmızı: Kısadalga kızılötesi bant, Yeşil: Yakındalga kızılötesi bant, Mavi: Mavi bant) renk kompozisyonu altında incelendiğinde (Şekil 1); Özellikle Sakarya Nehri'nin kuzeyinde D-B doğrultusunda kesikli olarak geniş alanlar kapsayan, yüksek reflektans değerine sahip, madencilik faaliyetleri sonrası gelişen, bölgenin doğal yapısıyla kontrast oluşturan yüzeylerin geliştiği göze çarpmaktadır. Bu alanların özellikle Söğüt kuzeyi ve Gölpazarı güneybatısında yoğunluk kazandığı, doğuya doğru kesikli olarak Yenipazar-İnhisar hattına doğru devam ettiği gözlenmektedir. Bölgenin doğal yapısında; doğal su çıkışları, şelaleler (Şekil 3: a), kanyon vadiler gibi doğal tabiat için önemli yapılar yer almaktadır. Çalışma sürecinde tanımlanan ana hedef; madencilik faaliyetlerine bağlı gelişen mostralara, Uzaktan Algılama ortamında elde edilen 6 yıllık fark analizi bulgularıyla ekonomik değerler ve bölgenin doğal tabiatını gözeterik tartışmaktır.



Şekil 3. (a) Sakarya Nehri'ni güneyden besleyen İnhisar Şelalesi doğal su çıkışı (bakış yönü: GB, lokasyon Şekil 1: F3), (b) Kireçtaşlarının aşınması sonucu gelişen Harmankaya kanyonu ve kuzeyden güneye akan Harmanköy deresi (bakış yönü: KD, lokasyon Şekil 1: F4)

2. Yöntem

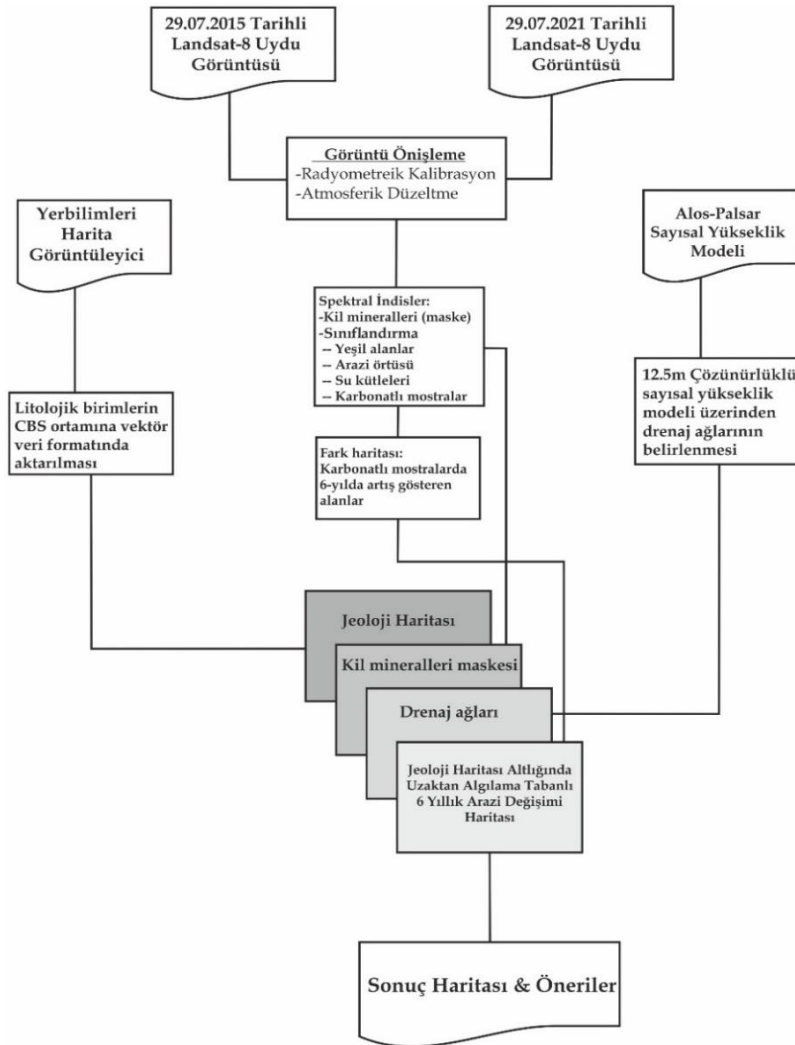
Çalışmanın ana hedefi doğrultusunda tasarlanan yöntem, madencilik faaliyetleri sonucu gelişen yüzeylerin Uzaktan Algılama ortamında tespit edilerek Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanında yorumlanması adımlarını kapsamaktadır. Vektör veri formatına aktarılan litolojik birimlerin yer aldığı bir jeoloji haritası en alt katmanda yer almaktadır. Bu katmanın üzerinde kil minerallerine uygulanan bir maske katmanı yer almaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında çizdirilen drenaj ağları ve onun da üzerine gelen 6 yıllık karbonatlı kayaların değişim değerleri sonuç haritasının en üst katmanını oluşturmaktadır. Çalışma sürecindeki ana girdiler; 29.07.2015 ve 29.07.2021 tarihli Landsat-8 Seviye-1 uydu görüntüleri, Alos-Palsar sayısal yükseklik modeli ve jeoloji haritalarından oluşmaktadır.

Landsat-8 uydu görüntülerine radyometrik kalibrasyon ve atmosferik düzeltme ön işleme adımları uygulanmıştır. Görüntü ön işleme adımları, uydu sensörünün kaydetmiş olduğu dijital değerlerin yüzey reflektans değerlerine dönüşümünü sağlamaktadır. Yüzey reflektans değerleri elde edilen görüntü üzerinde yer materyallerinin sahip olduğu karakteristik spektral imzalar sayesinde bitki örtüsü, su kütleleri, karbonatlı kayalar, kil mineral toplulukları gibi karakteristik yüzey elemanları, uydu görüntülerine uygulanan işlemlerle tespit edilebilmektedir. Bu işlemler için Landsat-8 uydu görüntüsü; 30m konumsal çözünürlükte 8 banta, 15m konumsal çözünürlükte 1 adet pankromatik banta ve termal algılama yapabilen 100m konumsal çözünürlükte 2 adet banta sahiptir. Su kütleleri, 0.85-0.88 mm aralığındaki yakın dalga kızılötesi bantta yüksek soğurma özelliğinden ayrılabilir. Su kütleleri, 0.85-0.88 mm aralığındaki yakın dalga kızılötesi bantta yüksek soğurma özelliğinden ayrılabilir.

Bitki örtüsü ve yeşil alanların tespitinde yakındalga kızılötesi bant ve 0.85-0.88 mm aralığındaki kırmızı bantın oranlanmasından ((yakındalga kızılötesi bant – kırmızı bant) / (yakındalga kızılötesi bant + kırmızı bant)) elde edilen normalize edilmiş fark bitki indeksi (NDVI) yaygın olarak kullanılan bir orandır. Kil mineral toplulukları, 1.57-1.65 mm kısadalgı kızılötesi-1 ve 2.11-2.29 mm kısadalgı kızılötesi-2 bantlarının (kısadalgı kızılötesi-1 / kısadalgı kızılötesi-2) oranında düşük reflektans değerlerinden ayırtlanabilmektedir (Drury, 1987). Belirtilen bant oranlarında konumsal çözünürlük 30 m'dir. Kil mineral toplulukları ve karbonat içerikli kayalar birbirlerine yakın soğurma veya reflektans değerlerine sahip olabilmektedir. Çalışmanın ana hedefinde tanımlanan sadece insan faaliyetleri sonucu gelişen yüzeyleri bulmak amacıyla kil mineral toplulukları çalışmanın sonuç haritasında maske katmanı olarak yer almıştır.

12.5 m konumsal çözünürlükte sayısal yükseklik modeli Alos Palsar verilerinden temin edilmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanına aktarılan yükseklik modeli üzerinde; vadilerin eğim yönleri, su-akış yönleri ve su-birikim alanları tanımlanarak vektör formatında drenaj ağları çizdirilmiştir.

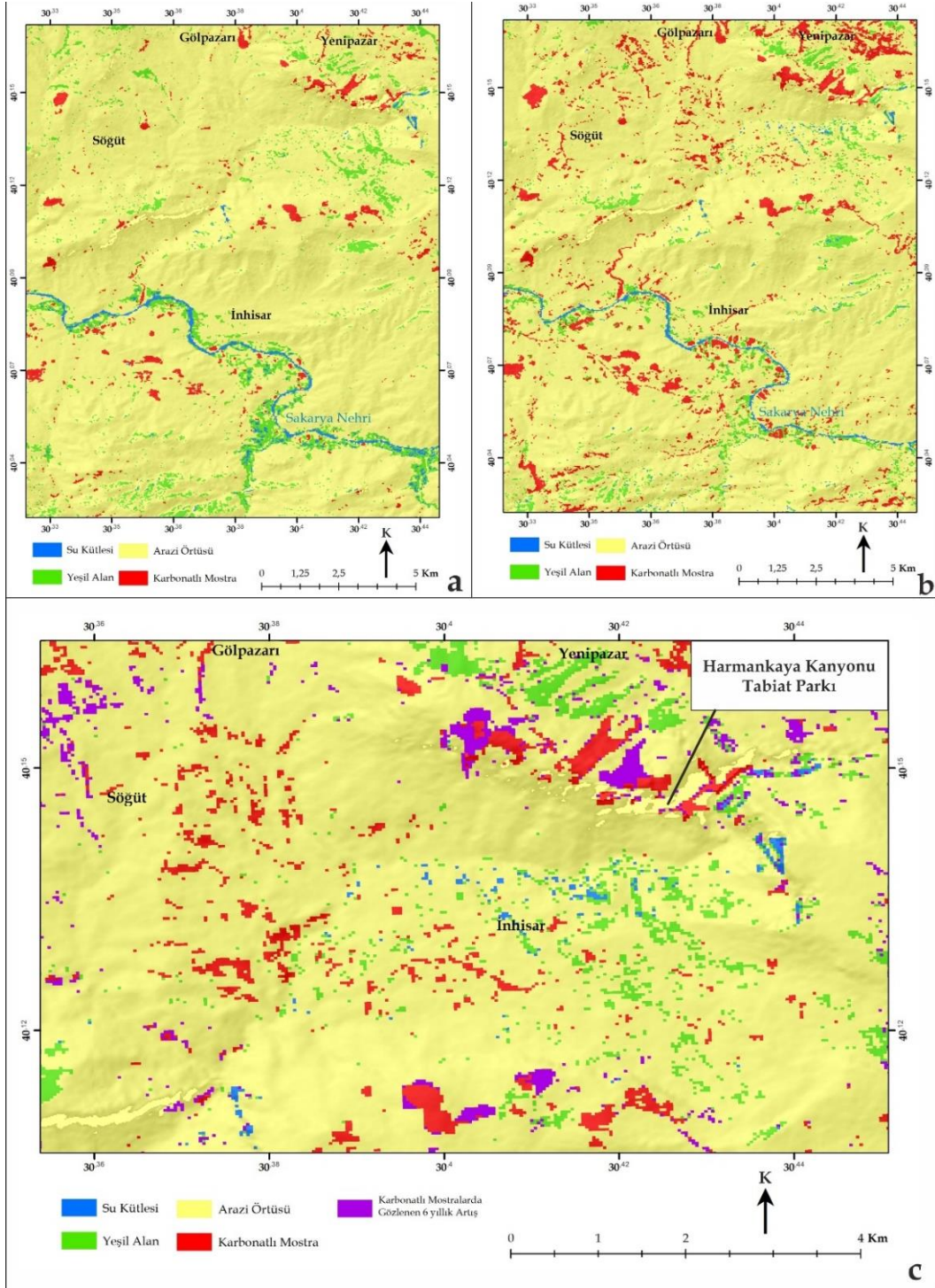
ENVI yazılımında ön işleme yapılan Landsat-8 görüntüleri SNAP yazılımına aktarılmıştır. Hedef alanların ayırtlanması için kullanışlı bir yöntem olan rastgele orman algoritmasıyla (Akar ve Güngör, 2012; Akar ve Görmüş, 2019) görüntüler sınıflandırılmış ve tematik haritalar üretilmiştir. Görüntü sınıflama işlemlerinde Landsat 8'in 30m konumsal çözünürlüklü bantları kullanılmıştır. Temmuz 2015 tarihli görüntüde 4408, Temmuz 2021 tarihli görüntüde 4456 piksel eğitim seti kullanılmıştır. 29 Temmuz 2015 ve 29 Temmuz 2021 tarihli Landsat-8 uydu görüntülerinde; su kütleleri, yeşil alanlar, arazi örtüsü ve karbonatlı mostralarda sınıfları için oluşturulan iki farklı tematik harita üzerinde fark-değişim analizi yapılarak, karbonatlı mostralarda gözlenen artış miktarı tartışılmıştır (Şekil 4). Toplamda 502' şer kontrol noktası atanarak haritaların doğruluk analizleri yapılmıştır. 2015 tarihli tematik haritanın kullanıcı doğruluğu değerleri; Su kütleleri: %83, yeşil alanlar: %80, arazi örtüsü: %90, karbonatlı mostralarda: %76 genel doğruluk %84 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler 2021 tarihli tematik haritada; Su kütleleri: %78, yeşil alanlar: %76, arazi örtüsü: %88, karbonatlı mostralarda: %71 ve genel doğruluk %80 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. Çalışma yönteminin şematik gösterimi

3. Bulgular

Yergözlem uydularının sağladığı veriler; jeoloji, kentleşme, iklim değişikliği gibi alanlarda olduğu gibi çevre değişimi çalışmalarına da olanak sağlamaktadır. Sakarya Nehri, Harmankaya Kanyonu Tabiat Parkı, İnhisar Şelalesi gibi çevre için önemli olduğu düşünülen alanların çevresinde yürütülen çalışmada uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri tekniklerinden yararlanılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama uygulamalarının bütünlük olarak kullanıldığı çalışmada anahtar rolü, rastgele orman algoritmasıyla sınıflandırması yapılan 2015 ve 2021 tarihli görüntülerin tematik haritaları oynamaktadır (Şekil 5a, 5b ve 5c).



Şekil 5. (a) Temmuz 2015, (b) Temmuz 2021 tarihli görüntü üzerinden rastgele orman algoritmasıyla sınıflandırılmış tematik harita, (c) Değişim analizi sonucunda karbonatlı mostralarda artış gözlenen alanların tematik gösterimi

Su kütlesi, yeşil alan, arazi örtüsü ve karbonatlı mostralara için belirlenen sınıfların doğruluk analizleri her iki görüntüye atanan, toplam 502'şer noktaya yapılmıştır. Nokta sayılarının belirlenmesinde, Congalton ve Green (2019)'da önerilen "en kötü durum senaryosu" referans alınmıştır. En kötü durum senaryosunda; güvenilirlik aralığının sınıf sayısına oranından elde edilen değer, gerekli doğruluğun karesinin 4 katına bölünerek, sınıflama kontrolü için gerekli nokta sayısı belirlenmektedir. Bu çalışmada güvenilirlik aralığı %85, gerekli doğruluksa %50 olarak seçilmiştir. Temmuz 2015 tarihli görüntüde sınıfların kullanıcı doğrulukları; su kütlesi için %83, yeşil alan için %80, arazi örtüsü için 90, karbonatlı mostra için %76 ve genel doğruluğu %84 olarak belirlenirken (Tablo 1) bu değerler Temmuz 2021 tarihli görüntüde aynı sırayla; %78, %76, %88, %71 ve %80 olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Haritaların kappa tutarlılık katsayıları 0.78 ve 0.72 olarak hesaplanmıştır.

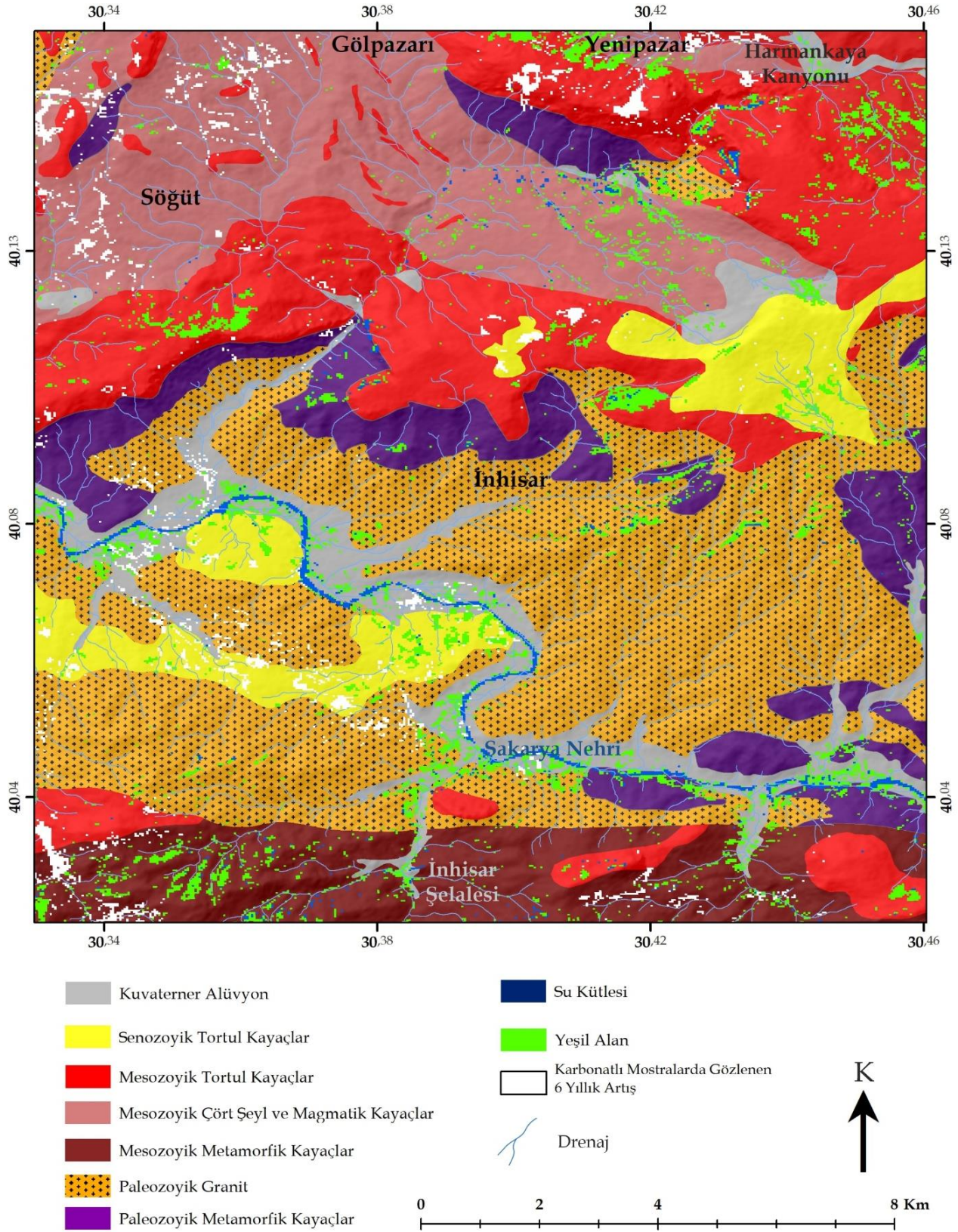
Tablo 1. Temmuz 2015 tarihli görüntüye uygulanan kontrollü sınıflandırma haritasının doğruluk analizi

	Temmuz 2021	Referans Sınıfları				Toplam (Kullanıcı)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
		Su Kütlesi	Yeşil Alan	Arazi Örtüsü	Karbonatlı Mostra		
Tahmin Sınıfları	Su kütlesi	92	6	12	0	110	83
	Yeşil Alan	1	80	19	0	100	80
	Arazi Örtüsü	1	14	171	2	188	90
	Karbonatlı Mostra	1	0	24	79	104	76
	Toplam (Üretici)	95	102	226	81	502	
	Üretici Doğruluğu (%)	96	78	75	97		
	Genel Doğruluk (%)	84					
	Kappa Tutarlılık Katsayısı =	0.78					

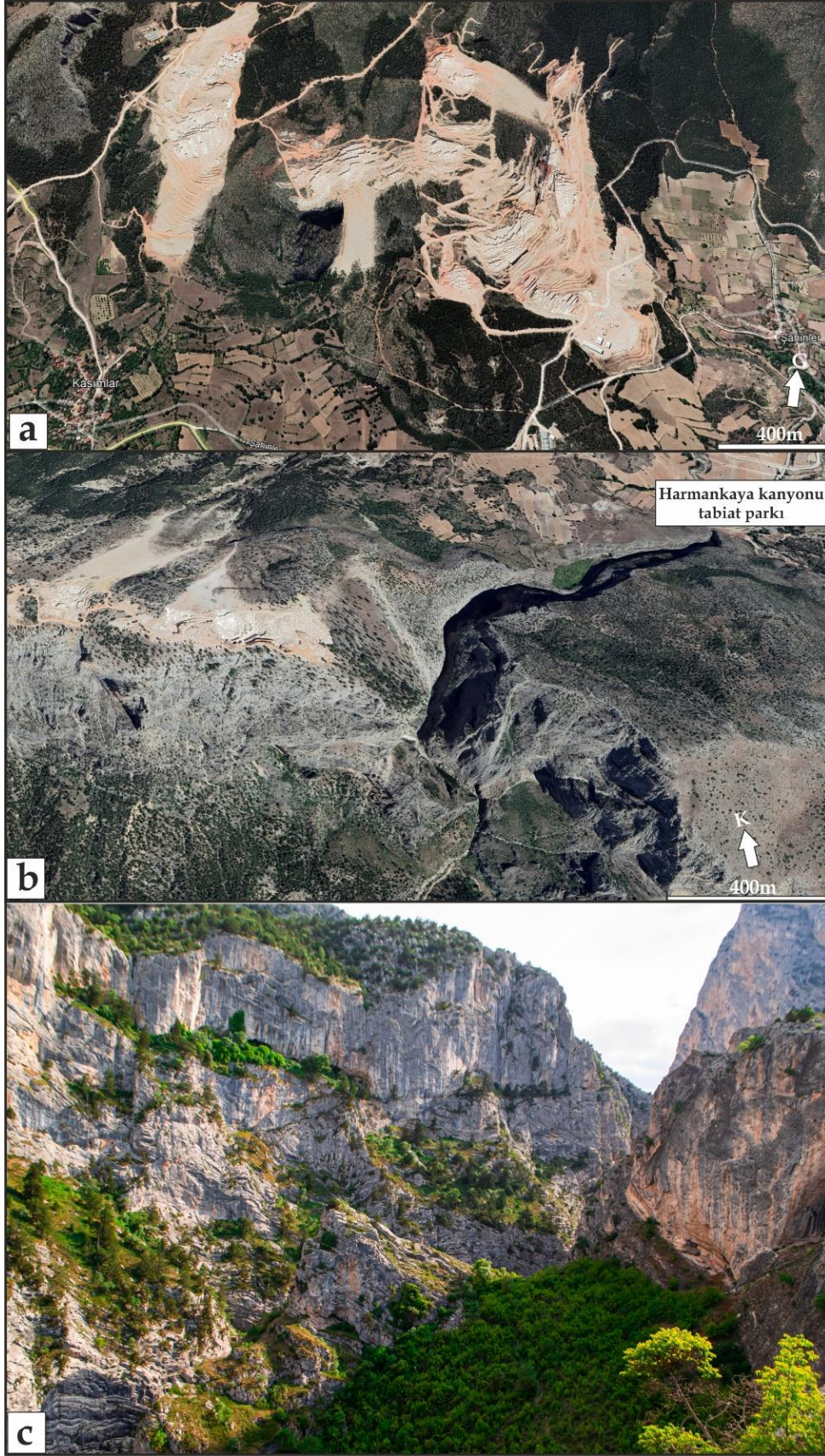
Tablo 2. Temmuz 2021 tarihli görüntüye uygulanan kontrollü sınıflandırma haritasının doğruluk analizi

	Temmuz 2015	Referans Sınıfları				Toplam (Kullanıcı)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
		Su Kütlesi	Yeşil Alan	Arazi Örtüsü	Karbonatlı Mostra		
Tahmin Sınıfları	Su kütlesi	86	9	15	0	110	78
	Yeşil Alan	1	76	23	0	100	76
	Arazi Örtüsü	1	17	166	4	188	88
	Karbonatlı Mostra	3	0	27	74	104	71
	Toplam (Üretici)	91	102	231	78	502	
	Üretici Doğruluğu (%)	94	74	71	94		
	Genel Doğruluk (%)	80					
	Kappa Tutarlılık Katsayısı =	0.72					

Maingi vd. (2002)'de kappa değerleri; 0.40'ın altı için düşük, 0.40-0.79 aralığı için orta ve 0.79'un üstü için güçlü olarak tanımlanmıştır. Her iki harita için %80 ve üzerinde belirlenen genel doğruluk değerleri ve 0.78/0.72 değerindeki kappa katsayıları, bu haritaların değişim analizi için kullanımını uygun göstermektedir. Tarım alanlarını, bozkır bitki örtüsünü ve jeolojik birimleri kapsayan genel bir sınıf olan arazi örtüsü, tematik haritalarda yer almasına rağmen sonuç haritasında bu sınıf yerine bölgenin jeoloji haritasında (Akbaş vd., 2011) yer alan litolojilere yer verilmiştir (Şekil 6). Yeşil alan sınıfıysa, otsu bitkileri ve ormanlık alanları kapsamaktadır. Sakarya Nehri'nin güneyindeki magmatik ve metamorfik kayaların olduğu bölgelerde açılan mostralara, karbonatlı mostra sınıfında yer almasıyla çalışmadaki en büyük kısıtlamayı oluşturmuştur. Ancak bu durum, madencilik faaliyetleri sonrası gelişen yüzeylerin uzaktan algılama ortamında tanımlanması, şeklinde yürütülen çalışmanın ana hedefini büyük ölçüde etkilememektedir. Özellikle Harmankaya Kanyonu Tabiat Parkı'nın batı yamacındaki Mesozoyik kireçtaşı mostralarda artış gösteren alanlar çalışmadaki en kritik bulguyu oluşturmaktadır. Kritik görülen bu alan ve çevresinde, 502'şer noktaya piksel bazında yapılan doğruluk analizlerine ek olarak saha-gözlem çalışmaları yürütülmüştür. Söğüt-İnhisar çevresinde işletilen mermerlerin (Şekil 7a ve 7b) metamorfik kökenli olmayışı ve doğal yapısı gereği jeolojik süreksizliklerin yaygın olması (Şekil 7c) gibi nedenler işletmelerin kalıcı ve sürekli olmasını zorlaştırmakta bu da yeni işletme alanları açılmasına yol açmaktadır. 6 yıllık süreçte yaklaşık olarak 3 km² değerinde tasarimsal olarak hesaplanan madencilik sonrası gelişen mostralardaki artış değerleri yorumlandığında; Yerleşim yerlerinin azlığı, bozkır bitki örtüsünden kaynaklı yeşil alanların göreceli olarak az alan kaplayışı gibi etkenlerin Sakarya Nehri kuzeyinde ve güneyinde mermer veya maden arama-işletme faaliyetlerinin kontrolsüz yayılmasına yol açabileceği öngörüsünü oluşturmuştur.

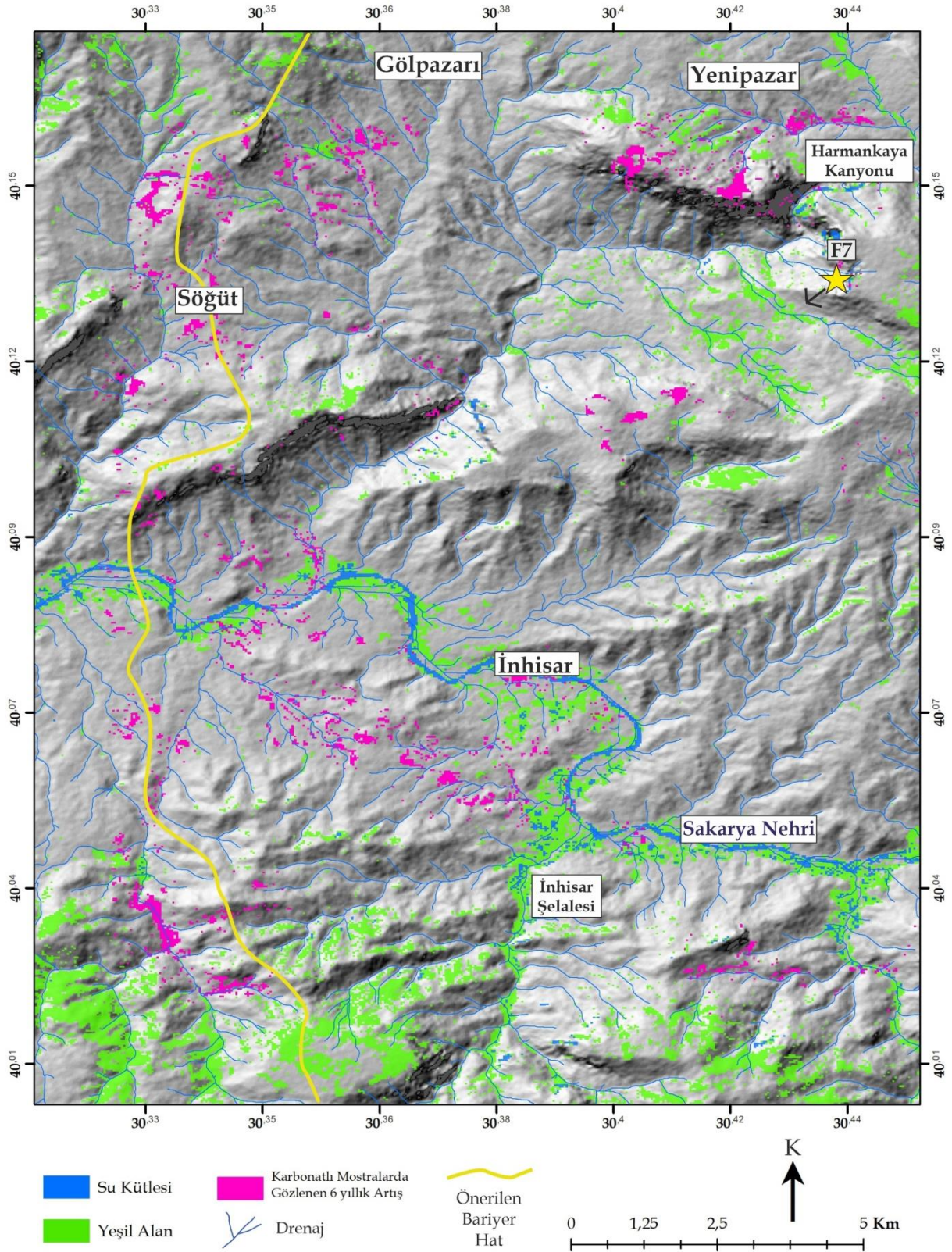


Şekil 6. Jeoloji haritası (Akbaş vd., 2011) (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yer bilimleri portalından (<http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>) sayısallaştırılarak uyarlanmıştır) üzerinde çalışma sürecinde elde edilen uzaktan algılama tabanlı bulgular



Şekil 7. (a) Gölpazarı güneybatısında geniş yayılım sunan işletme sonucu açığı çıkmış karbonatlı kayaç mostrasının Google Earth görüntüsü (lokasyon Şekil 1: F5), (b) Harmankaya Kanyonu Tabiat Parkı'nın batısında gözlenen işletme sonucu oluşan mostraların Google Earth görüntüsü (lokasyon Şekil 1: F6), (c) İşletmelerde kullanılan kayalarda gözlenen doğal deformasyon izleri (bakış yönü: GB, lokasyon: Harmankaya Kanyonu Tabiat Parkı)

Gölpazarı-Yenipazar-İnhisar üçgeni içerisinde yer alan bölgede doğa için önem arz eden; kanyon vadiler, şelaleler, akarsular, yeşil alanlar ve en önemlisi Harmankaya Kanyonu Tabiat Parkı yer almaktadır. Bu alanların yayılmakta olan madencilik faaliyetlerinin olumsuz etkilerinden korunması adına Sakarya Nehri'ni besleyen drenaj ağları gözetilerek tasarimsal bir bariyer zon önerilmiştir (Şekil 8).



4. Sonuç ve Öneriler

Sürekli ve ücretsiz görüntü sağlayan Landsat-8 uydusunun 30m çözünürlüklü bantları kullanılarak yürütülen çalışmadaki alan, konumsal çözünürlük gözetilerek bölgesel ölçekte seçilmiştir. Sakarya Nehri, İnhisar-Söğüt hattında yaklaşık olarak 20 km boyunca devamlılık sunduğu bölgede kuzeyden ve güneyden drenaj ağlarıyla beslenmektedir. Nehrin beslendiği alanlarda İnhisar Şelalesi ve Harmankaya Kanyonu Tabiat Parkı gibi doğal çevre için önemli ve korunması gereken alanlar yer almaktadır.

Gölpazarı güneybatısında yoğun olarak gözlenen, madencilik sonrası gelişen mostraların doğuda Yenipazar'a kadar kesikli olarak yayıldığı gözlenmektedir. Bu mostralar çevre kayaçlara göre daha yüksek reflektans değerlerine sahip olmakta ve Uzaktan Algılama ortamında tanımlanabilmektedir. Çevre değişimini izlemek amacıyla aralarında 6 yıllık fark olan Temmuz 2015 ve Temmuz 2021 yıllarına ait görüntülerden tematik haritalar oluşturularak değişim analizleri yapılmıştır. Genel doğrulukları %84 ve %80 olan haritaların değişim analizleri, insan faaliyetleri sonucu gelişen mostraların 6 yılda yaklaşık olarak 3 km² arttığını göstermektedir. Bu artıştaki kaynağın, bölgede yaygınlaşan mermer arama ve işletme faaliyetlerinden ileri geldiği görülmektedir. Özellikle, Harmankaya Kanyonu Tabiat Parkı'nın batı yamacında mermer işletme faaliyetleri sonucu artış gösteren mostralar, çalışmadaki en dramatik bulguyu oluşturmuştur. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanında derlenen veriler ışığında, çalışma alanı batısında yoğunluk kazanan madencilik faaliyetlerinin, bölgedeki doğal yapıların ve Sakarya Nehri'nin beslenme alanlarının korunması adına, tasarımsal olarak belirlenen bariyer hattın doğusuna geçmemesi gerektiği önerilmektedir.

Mermerler jeolojik olarak, kireçtaşının sıcaklık ve basınca bağlı metamorfizmasıyla oluşmaktadır ancak sert ve kompakt kireçtaşları da mermer olarak işletilebilmektedir. Mermer işletmeciliğinde jeokimya, dayanım gibi parametrelerin yanısıra süreksizlik düzlemleri önemli rol oynamaktadır. İşletmelerde istenmeyen bir parametre olan süreksizlik düzlemleri genel bir ifadeyle, tektonik faaliyetler sonucu oluşan kayaç ve tabaka devamlılıklarını kesen kırık düzlemleridir. Paleojeolojik süreçte Tetis Okyanusu'nun kapanma sürecinden etkilenmiş olan bölgedeki kayaçlar deformasyon izleri taşımaktadır. Bu kayaçlar üzerinde, uzaktan algılama tabanında tespit edilen, işletmelere bağlı gelişen mostralar sahada gözlemlenmektedir (Şekil 9). Doğal çevre için önemli yapıların olduğu bölgede, jeokimyasal ve tektonik şartlar mermer arama-işletme faaliyetlerinin aleyhine görünmektedir. İnşaat, dekorasyon ve süs eşyası yapımı gibi alanlarda ekonomik değeri olan mermer işletmeciliğine alternatif olabilecek, Kılıç ve Başkaya (2018)' de belirtilen ekonomik getirisi olan agro-turizm gibi çalışmaların geliştirilmesi bölgenin doğal yapısına çok daha uygun görünmektedir.



Şekil 9. Deformasyon izleri gösteren Mesozoyik tortul kayaçlar üzerinde uzaktan algılama tabanlı analizlerde tespit edilen işletmelerin arazi fotoğrafı (lokasyon Şekil 8: F7, bakış yönü: GB)

Kaynaklar

- Akar, Ö., & Güngör, O. (2012). Rastgele orman algoritması kullanılarak çok bantlı görüntülerin sınıflandırılması. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 1(2), 139-146.
- Akar, Ö., & Görmüş, E. T. (2019). Göktürk-2 ve Hyperion EO-1 uydu görüntülerinden rastgele orman sınıflandırıcısı ve destek vektör makineleri ile arazi kullanım haritalarının üretilmesi. *Geomatik*, 4(1), 68-81.
- Akbaş, B., Akdeniz, N., Aksay, A., Altun, İ. E., Balci, V., Bilginer, E., ... & Yurtsever, A. (2011). *1:1.250.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası*. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Algancı, U. (2018). Arazi örtüsü değişimlerinin çok zamanlı Landsat 8 uydu görüntüleri ile belirlenmesi: İstanbul örneği. *Harita Dergisi*, 84(160), 24-33.
- Atak, B. K., & Tonyaloğlu, E. E. (2020). Alan kullanım/razi örtüsü ve bitki örtüsündeki değişimin arazi yüzey sıcaklığına etkisinin değerlendirilmesi: Aydın ili örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 21(4), 489-497.
- Boehlke, J. K., & Kistler, R. W. (1986). Rb-Sr, K-Ar, and stable isotope evidence for the ages and sources of fluid components of gold-bearing quartz veins in the northern Sierra Nevada foothills metamorphic belt, California. *Economic Geology*, 81(2), 296-322.
- Congalton, R. G., & Green, K. (2019). *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. Boca Raton, FL: CRC press.
- Drury, S. A. (1987). *Image Interpretation in Geology*. London: Allen & Unwin.
- Galán, E. (2006). Genesis of clay minerals. In F. Bergaya, B.K.G. Theng & G. Lagaly (Eds.), *Handbook of Clay Science*, (Vol. 1, pp. 1129-1162). Oxford, UK: Elsevier Science.
- Kamel, M., Tolba, A., AbuBakr, M. M., & Omar, M. M. (2022). Utilization of Landsat-8 data for lithological mapping of neoproterozoic basement rocks in north Qena-Safaga Road, North Eastern Desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 186, 104420. doi: 10.1016/j.jafrearsci.2021.104420.
- Kaplan, G., & Avdan, U. (2017). Water extraction technique in mountainous areas from satellite images. *Journal of Applied Remote Sensing*, 11(4), 046002. doi: 10.1117/1.JRS.11.046002.
- Kaya, Ö. A., Kaplan, G. (2021). Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Burdur Gölü'ndeki Alansal Değişiminin Belirlenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1), 1-12.
- Kılıç, T., & Başkaya, Z. (2018). Bilecik ilinin agro-turizm potansiyeli. *International Journal of Geography and Geography Education*, 38, 234-246.
- Maingi, J. K., Marsh, S. E., Kepner, W. G., & Edmonds, C. M. (2002). *An Accuracy Assessment of 1992 Landsat-MSS Derived Land Cover for the Upper San Pedro Watershed (US/Mexico)*. Retrieved from <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P10076P3.PDF?Dockey=P10076P3.PDF>
- Mueller, M. A., Licht, A., Campbell, C., Ocakoğlu, F., Taylor, M. H., Burch, L., ... & Beard, K. C. (2019). Collision chronology along the İzmir-Ankara-Erzincan suture zone: Insights from the Sarıcakaya Basin, western Anatolia. *Tectonics*, 38(10), 3652-3674.
- Okay, A. I., & Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. In B. Durand, L. Jolivet, E. Horvath & M. Seranne (Eds.), *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen* (Vol. 156, pp. 475-515), London: Geological Society.
- Okay, A. İ. (2011). Tavşanlı Zonu: Anatolid-Torid Bloku'nun dalma-batmaya uğramış kuzey ucu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 142, 195-226.
- Okay, A. I., Sunal, G., Sherlock, S., Kylander-Clark, A. R., & Özcan, E. (2020). İzmir-Ankara Suture as a Triassic to Cretaceous Plate Boundary-Data From Central Anatolia. *Tectonics*, 39(5), e2019TC005849. doi: 10.1029/2019TC005849.
- Otto, A., Dziggel, A., Kisters, A. F. M., & Meyer, F. M. (2007). The New Consort Gold Mine, Barberton greenstone belt, South Africa: orogenic gold mineralization in a condensed metamorphic profile. *Mineralium Deposita*, 42(7), 715-735.
- Pekkan, Ö. I. (2018). *NDVI değerleri değişim analizi: Karaburun yarımadası, İzmir örneği* (Yüksek Lisans Tezi), Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye.
- Radwin, M. H., & Bowen, B. B. (2021). Mapping mineralogy in evaporite basins through time using multispectral Landsat data: Examples from the Bonneville basin, Utah, USA. *Earth Surface Processes and Landforms*, 46(6), 1160-1176.
- Sarıfakioğlu, E., Özen, H., Çolakoğlu, A., & Sayak, H. (2008). İzmir-Ankara-Erzincan kenet zonundaki suprasübdüksiyon ofiyolitleri: petrolojisi, mineral kimyası ve tektonomagmatik ortamı. *Geosound*, 52, 111-156.
- Şengör, A. C., & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75(3-4), 181-241.
- Turan, T. İ. (2018). *Kaymaz (Eskişehir) ve Himmetdede (Kayseri) altın yataklarının jeolojik özelliklerinin karşılaştırılması* (Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

- Xie, X., Du, P., Xia, J., & Luo, J. (2015). Spectral indices for estimating exposed carbonate rock fraction in karst areas of southwest China. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 12(9), 1988-1992.
- Yılmaz, B., Demirel, M., & Balçık, F. (2022). Yanmış Alanların Sentinel-2 MSI ve Landsat-8 OLI ile Tespiti ve Analizi: Çanakkale/Gelibolu Orman Yangını. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8(1), 76-86.