

AKÜ FEMÜBİD 17 (2017) 015504 (172-184)  
DOI: 10.5578/fmbd.52775

AKU J. Sci. Eng. 17 (2017) 015504 (172-184)

**Araştırma Makalesi / Research Article**

**LANDSAT 8 OLI Multispektral Verileri Kullanılarak Litolojik Harita Yapımı**

**Melih Doğru<sup>1</sup>, Mehmet Ali Yücel<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü, Yer Etüt Dairesi Başkanlığı, Ankara.

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Çanakkale.  
e-posta: aliyucel@comu.edu.tr

Geliş Tarihi:17.12.2016 ; Kabul Tarihi:25.03.2017

**Özet**

Uydu görüntüleri, jeolojik harita yapımı çalışmaları kapsamında araziye çıkmadan önce saha hakkında ayrıntılı bilgi sahibi olmayı ve bu sayede arazi çalışmalarının kolaylaşmasını sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) uydusunun 19 Haziran 2013 tarihine ait geometrik ve radyometrik düzeltmesi yapılmış görüntülerinin kaya türlerinin tanımlanmasında ve farklı litolojilere yönelik harita yapımında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda Biga Yarımadası'ndaki Ezine ve Çan ilçelerinden iki farklı saha seçilmiştir. Ezine ilçesi ve yakın çevresini kapsayan birinci uygulama sahasına ait görüntüde KYM 7 4 2 bant bileşimi oluşturulmuş ve görüntü zenginleştirme işlemi yapılarak ENVI yazılımında litoloji haritası hazırlanmıştır. Harita, 1:100.000 ölçekli Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü tarafından 2008 yılında hazırlanan jeoloji haritası ile karşılaştırılıp karşılaştırılmış ve iki haritanın birbiri ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca arazi çalışmaları ile birimlerin litolojileri ve dokanak sınırları kontrol edilmiştir. İkinci uygulama sahası olarak seçilen kömür ocaklarının yaygın olduğu Çan ilçesi Etili beldesinde ise uydu görüntüleri görüntü keskinleştirme (pan-sharpening) yöntemi ile 15 m mekansal çözünürlüğe yükseltilerek pasaların bulunduğu lokasyonların yansıma alanları belirlenmiştir. KYM 6/7 5/4 7/5 bant oranlaması ile belirlenen kil minerallerince zengin pasa alanları uydu görüntüsü üzerinde pembe renkli yansıma vermiştir. Pasa alan sınır haritaları sayısallaştırılmış, alan sınırları arazi çalışmaları ile doğrulanmıştır. Geliştirilmiş Landsat 8 OLI uydu görüntülerinin arazi çalışmaları ile birlikte değerlendirildiğinde, çeşitli kaya birimlerini ayırt etmede başarılı ve güvenilir olduğu saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler**

Landsat 8 OLI; Litoloji;  
Uydu görüntüsü; Biga  
Yarımadası

**Lithological Mapping Using LANDSAT 8 OLI Multispectral Data**

**Abstract**

Satellite images allow access to detailed knowledge about the field before beginning fieldwork for geological mapping studies and in this way make fieldwork easier. Within this study, it was investigated the usability of geometrically and radiometrically-corrected images from 19 June 2013 from Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) satellites for identifying rock types and lithological mapping. With this aim, two different areas were chosen in Ezine and Çan counties in the Biga Peninsula. The lithological map, which was produced for Ezine and surroundings with the RGB 7 4 2 band composition and image enhancement processes using ENVI software, was compared with the 1:100.000 scale geological map of the General Directorate of Mineral Research and Exploration, produced in 2008, to identify the compatibility between the two maps. Additionally the lithologies and contact boundaries of the units were checked with field studies. Etili in Çan county with common coal mines was chosen as the second region and the 15 m spatial resolution of satellite images of the region was increased with the image pan-sharpening method to determine reflection areas of the locations with mine wastes. The clay-rich waste areas determined with the RGB 6/7 5/4 7/5 band ratio gave a pink color reflection on the satellite images. A boundary map for the mine wastes was digitized, and the waste areas were confirmed with the field studies. The advanced Landsat 8 OLI satellite images were found to provide successful and reliable results for distinguishing a variety of rock units when assessed in combination with field studies.

**Keywords**

Landsat 8 OLI;  
Lithology; Satellite  
image; Biga Peninsula

## 1. Giriş

Litoloji, kaya birimlerinin arazide gözle görülebilen renk, doku, tane boyutu ya da bileşimi gibi fiziksel karakteristiğinin tanımlanmasıdır (Bates ve Jackson 1984). Litolojik haritalar yüzeye yakın kaya birimlerinin mekânsal dağılımı hakkında bilgi vermektedir. Yüzey litolojisinden üretilen dijital veritabanı jeolojik harita yapımı, mineral arama ve çevresel karakterizasyon gibi arazi özelliklerinin belirlenmesine destek sağlamaktadır (Leverington ve Moon 2012). Teknolojik gelişmeler, her alanda olduğu gibi doğal kaynakların araştırılması ve yer bilimleri alanında da verinin/bilginin toplanması, işlenmesi, analizi ve görselleştirilmesi için yeni yaklaşımlar sağlamaktadır. Uzaktan algılama uyduları, ticari olarak kullanılmaya başladığı 1972 yılından bu yana sürekli olarak algılayıcı teknolojisindeki gelişmelerle birlikte kullanıcılara yer yüzeyine ait doğru ve güncel bilgilere hızlı ve ekonomik olarak erişimi olanaklı hale getirmiştir (Kavzoğlu ve Çölkesen 2010). Uydu görüntüleri yüzey topografyası ve litolojinin yorumlanmasının yanı sıra yüzey ve yüzeye yakın yapıların jeolojik modellemesi için de kullanılmaktadır (Laake ve Insley 2007; Laake ve ark. 2008; Laake, 2011). Landsat uydu görüntüleri ile jeolojik birimlerin ve litolojinin belirlenmesi konusunda Gad ve Kusky (2006), Youssef ve ark. (2009), Amiri ve ark. (2011), Leverington ve Moon (2012), Pour ve Hashim (2014), Adiri ve ark. (2015) gibi birçok araştırmacı çalışma yapmıştır. Esat (2005) uydu görüntülerinin jeolojide özellikle kaya türlerinin tanımlanması, jeolojik haritaların revize edilmesi, ana jeolojik birimlere, magmatik sokukumlara, güncel volkanik yüzey depolarına, yeryüzü şekillerine, çizgiselliklere ve kıyı çizgisi değişimlerine yönelik haritaların yapımı, maden-mineral aramaları, bölgesel yapıların, kumsalların ve sığ alanların belirlenmesi gibi birçok alanda kullanıldığını ifade etmiştir.

Uydu görüntüsü kullanarak litolojik harita yapımı çalışmalarında genellikle Landsat ve ASTER uydu görüntüleri kullanılmaktadır. Bunun nedeni bu

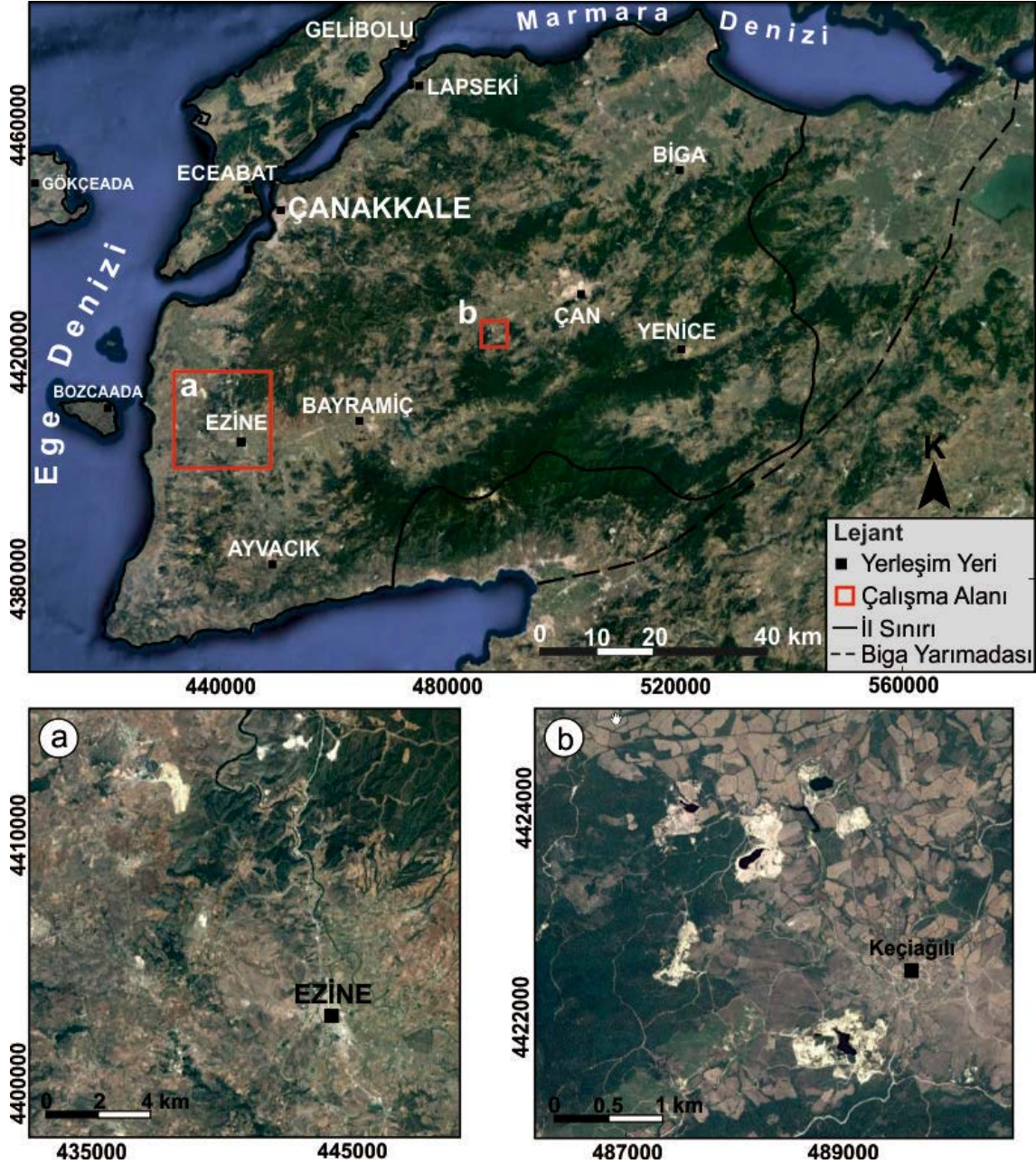
uydu görüntülerinin; ücretsiz olarak sağlanıyor olması, kullanıcılara çok bantlı görüntü olanağı sunması, mekânsal çözünürlük olarak orta ölçekli jeolojik harita yapımına uygun olması ve büyük alan kaplayan çalışmalara olanak sağlamasıdır. Kavak (2005) Landsat ETM+ ve ASTER uydu görüntülerini kullanarak farklı proses metodları ile Sivas havzasında jips sahalarını belirlemiştir. Vural ve ark. (2012) Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri ile Gümüşhane ilinde litolojik farklılıkların ve maden arama amaçlı olarak alterasyon alanlarının belirlenmesine yönelik çalışmıştır. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri de litolojik harita yapımında kullanılmaktadır. Ancak büyük alanları kaplayan yüksek çözünürlüklü veriler ile çalışırken yüksek işlemci kapasiteli bilgisayarlara gerek duyulması ve görüntü maliyetinin yüksek olması bu veriler ile çalışmayı zorlaştırmaktadır. Girouard ve ark. (2004) jeolojik harita yapımında orta çözünürlüklü Landsat TM ve yüksek çözünürlüklü Quickbird uydu görüntülerini karşılaştırmış ve yüksek mekânsal çözünürlüklü görüntüler ile daha detaylı harita üretildiğini ancak kullanılan uydu görüntüsünün spektral bant sayısının fazla olmasının jeolojik harita yapımında mekânsal çözünürlükten daha önemli olduğunu belirtmiştir.

Geçirdiği jeolojik ve tektonik süreçler ile şekillenen endüstriyel hammadde, enerji hammaddesi ve metalik maden yataklarına sahip olan Biga Yarımadası ülkemizin kuzeybatısında, büyük bir bölümüyle Çanakkale il sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu çalışma kapsamında Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) uydusunun 19 Haziran 2013 tarihine ait geometrik ve radyometrik düzeltilmesi yapılmış görüntülerinin kaya türlerinin tanımlanmasında ve farklı litolojik birimlere yönelik haritaların yapımında kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Biga Yarımadası'ndaki Ezine ilçesi ve yakın çevresi ile Çan ilçesi Etili beldesinde iki farklı saha seçilmiştir (Şekil 1).

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışma, büro çalışması ve arazi çalışması olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Büro çalışmaları, uydu görüntülerini işleme, yorumlama ve veri görselleştirme işlemlerini, arazi çalışmaları ise uydu görüntüleriyle tespit edilen litolojik birimlerin ve dokanak sınırlarının arazide kontrol edilmesi işlemlerini içermektedir. Uydu görüntülerinden

tespit edilen litolojik birimlerin coğrafi koordinatları belirlendikten sonra GARMIN 62s el tipi GPS ile arazide konumları bulunarak gözlemler yapılmıştır. Arazi çalışmalarında literatürdeki jeoloji haritalarından faydalanılmıştır. Farklı litolojilere ait kayaçların dokanak ilişkileri, yapısal ve dokusal özellikleri incelenerek fotoğrafları çekilmiştir.



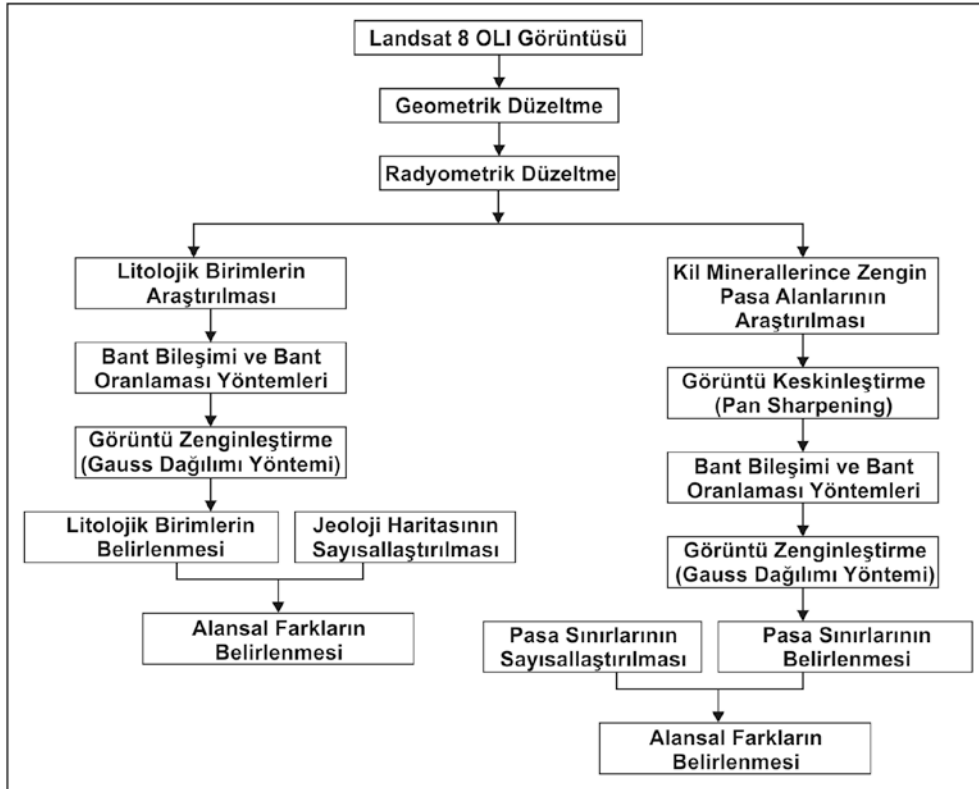
**Şekil 1.** Çalışma alanlarının Pleiades uydu görüntüsündeki konumları **a.** Ezine ilçesi ve yakın çevresi (2013 yılı) **b.** Çan ilçesi Etili beldesi Keçiagılı köyü ve yakın çevresi (2016 yılı).



Bu çalışma kapsamında kullanılan Landsat 8 OLI uydusuna ait uydu görüntüsü Amerikan Jeoloji Servisi (USGS) internet sitesinden geometrik ve radyometrik düzeltmesi yapılmış olarak temin edilmiştir. Bu görüntü, Universal Transverse Mercator (UTM) koordinat sistemi dilim 35 ve WGS84 datumundadır. Landsat 8 OLI uydusu 2013 yılı Şubat ayında yörüngesine oturmuş ve multispektral (1-7, 9) ve Thermal Infrared Sensor (TIRS) (10, 11) bantlarda 30 m, pankromatik bantta (8) ise 15 m mekansal çözünürlüklü veri toplamaktadır (Int Kyn. 1). Landsat 7 ile kıyaslandığında Landsat 8 görüntüleri; kıyıların izlenmesi amaçlı mavimsi (deep blue) bant ve su kalitesi ile bulut tespitinde kullanılan Shortwave Infrared (SWIR) banttan oluşan iki yeni banda sahiptir (Int Kyn. 1). ENVI 5.0 yazılımında, bant bileşimi, bant oranlaması ve görüntü zenginleştirme yöntemleri verilere uygulanmıştır. Görüntü zenginleştirme işleminde Gauss Dağılımı Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde piksel değerleri histogram aracılığıyla 0-255 renk aralığına

yayılarak ve kontrast değerleri arttırılarak işlem yapılmaktadır.

Bant oranlama, temelinde bir banttaki bir piksele ait gri renk değerini aynı pikselin başka bir banttaki değerine bölünmesi veya diğer matematiksel işlemler uygulanmasıyla yeni piksel değerlerinin elde edildiği bir görüntü zenginleştirme analiz yöntemidir (Eğri ve ark. 2009, Khan ve ark. 2012). Ayrıca, bu görüntü zenginleştirme yöntemi kullanılarak, bantlar arasındaki spektral farklılıklar zenginleştirilip, görüntüler üzerindeki arazi engebesinin etkisi de azaltılmaktadır (Gupta ve ark. 2005). Bant oranlamaları sonucu elde edilen zenginleştirilmiş görüntüler, farklı jeolojik ve mineralojik ortamlarda ve değişik topografyalarda aynı sonuç ve yorumlanabilirliği vermeyebilmektedir (Kalinowski ve Oliver 2004). Bundan dolayı, bu çalışma için Landsat 8 OLI bantlarına uygulanan bant oranlamaları sonucu elde edilen zenginleştirilmiş bantların K-Y-M (Kırmızı-Yeşil-Mavi) renk kompozitleri kayaç gruplarının birbirlerinden ayrılması ve alansal veri sağlamaları için kullanılmıştır. Şekil 2'de çalışma yöntemi adımları sunulmuştur.



Şekil 2. İş akış şeması.

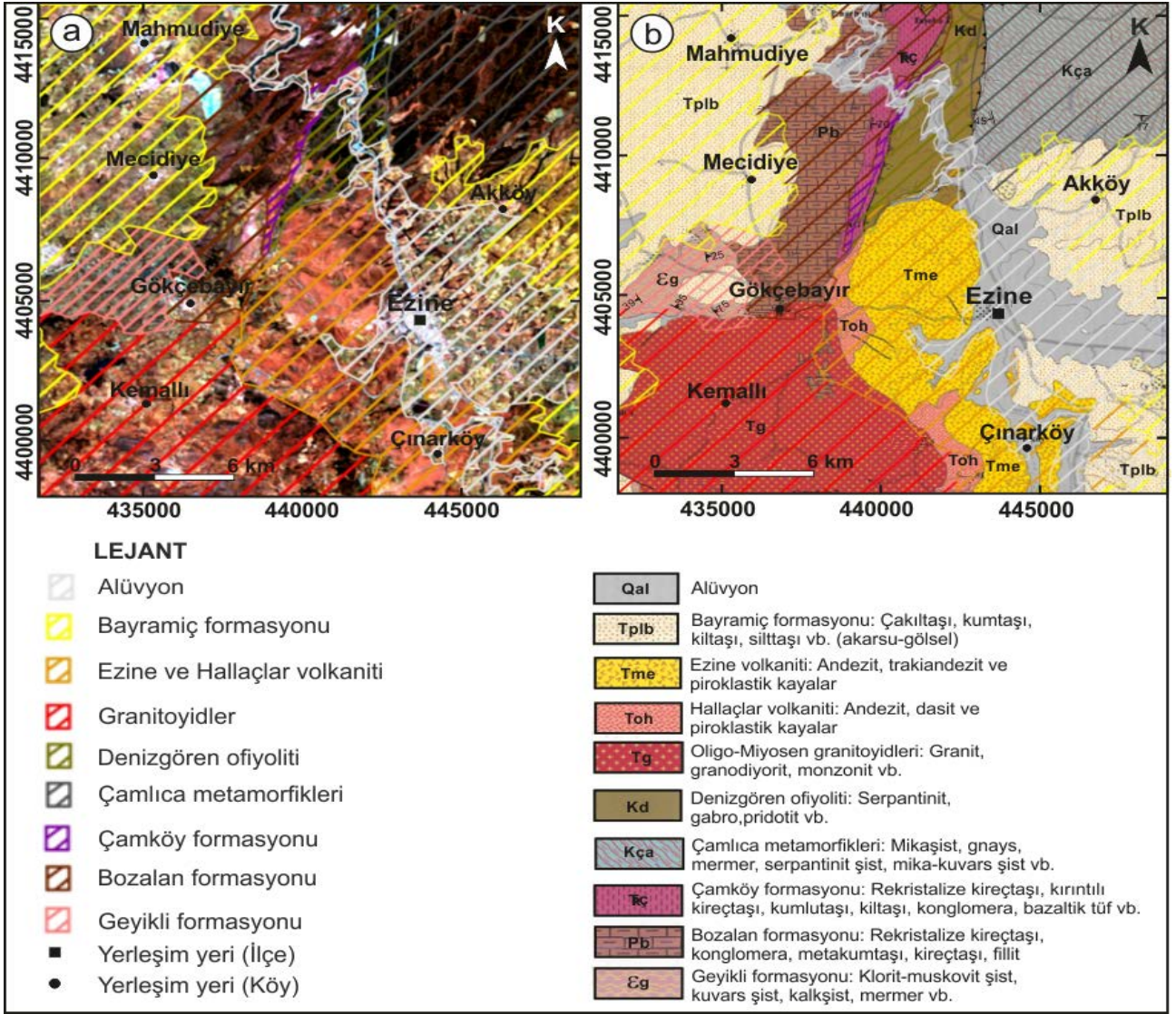
### 3. Bulgular

#### 3.1. Farklı litolojik birimlerin belirlenmesi

Biga Yarımadası'na ait uydu görüntülerinden, farklı litolojileri tanımlamaya yönelik olarak tüm bant bileşimleri denenmiş ve sahaya ait jeoloji haritasıyla en uyumlu olan ve doğru olarak çıkan KYM 7 4 2 bant bileşimi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile çalışma alanındaki litolojik değişimler net olarak ortaya çıkarılmıştır. Bu yöntem için birden çok farklı litolojik birimlerin mostra vermesi, sahada bitki örtüsünün yoğun olmaması gibi birçok faktör ile en iyi sonucun elde edildiği Ezine ilçesi ve yakın çevresi çalışma sahası olarak seçilmiştir.

Yapılan çalışmada Landsat 8 KYM 7 4 2 bant bileşimi kullanarak oluşturulan görüntü üzerinde 9 ayrı litoloji tespit edilmiştir. Birimlerin dokanak sınırları Şekil 3a'da gösterilmiştir. Çalışılan alanın büyük olması ve kullanılan uydu görüntüsü çözünürlüğünün düşük olması nedeniyle tespit

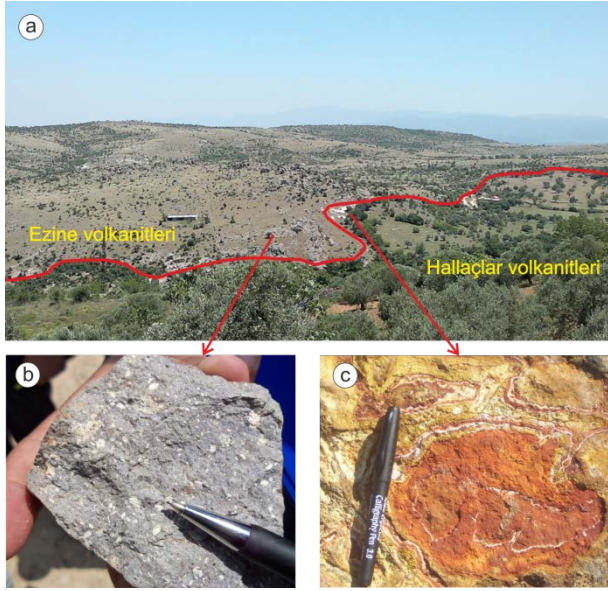
edilen litolojik birimler, bölgenin 1:100.000 ölçekli jeoloji haritasıyla (Ayvalık İ16 paftası) (MTA, 2008) karşılaştırılarak karşılaştırma yapılmıştır (Şekil 3b). Bu aşamada haritanın koordinat sistemi, uydu görüntüsüyle karşılaştırabilmek için UTM Dilim 35 (ED50)'den UTM Dilim 35 (WGS84)'e dönüştürülmüştür. Bu karşılaştırma sonucunda Landsat 8 uydu görüntüsünde tespit edilen litolojik farklılıkların MTA (2008) jeoloji haritasında da aynı bir jeolojik birim üzerine düştüğü görülmektedir. Ancak MTA (2008) jeoloji haritasında 10 jeolojik birim gözlenirken, elde edilen uydu görüntüsü üzerinde 9 jeolojik birim ayrımı yapılmıştır. Bunun nedeni ise Üst Oligosen yaşlı Hallaçlar volkaniti (Dönmez ve ark. 2005) olarak tanımlanan andezit, dasit ve piroklastik kayalar ile Alt-Orta Miyosen yaşlı Ezine volkanitleri (Öngür 1978) olarak tanımlanmış olan andezit, trakiandezit ve piroklastik kayaların benzer litolojiden oluşması nedeniyle kaya ayrımı yapılamamasıdır.



**Şekil 3.** Ezine ilçesi ve yakın çevresindeki litolojik ayrımların **a.** Landsat 8 KYM 7 4 2 bant bileşimi ile hazırlanan uydu görüntüsünde gösterimi **b.** 1:100.000 ölçekli MTA (2008) jeoloji haritası üzerinde gösterimi.

Birimlerin ayrımı arazi çalışmaları ile yapılmıştır (Şekil 4a). Ezine volkanitleri çalışma alanında andezit, andezitik tüf, trakiandezitten oluşmaktadır. Andezitlerde gözlenen genel doku porfirik olup, açık renkli minerallerden plajyoklas ve koyu renkli minerallerden feldspat ve biyotit gözlenmiştir (Şekil 4b). Hallaçlar volkanitlerine ait andezitik tüfler yer yer aşırı alterasyona uğramıştır. Alterasyonlar genellikle limonitleşme, hematitleşme, killeşme şeklinde olup, arazide kahverengi, kırmızı, pembemsi, sarımsı, beyazımsı renklerde görülmektedir (Şekil 4c).





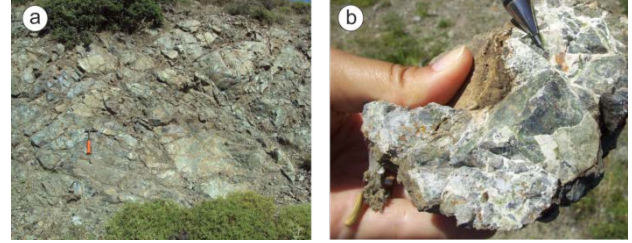
**Şekil 4.** a. Hallaçlar volkanitleri ile Ezine volkanitlerinin dokanağı (UTM Dilim 35 (WGS84) koordinatı (Sağa Değer, Yukarı Değer): 438 784, 4 407 291; Bakış Yönü: B'dan D'ya) b. Ezine volkanitlerine ait porfirik dokulu andezit c. Hallaçlar volkanitlerine ait arjilik alterasyona uğramış andezitik tüf.

Ezine ilçesinin kuzeybatısında, Çamköy'ün kuzeyinde yüzlek veren Üst Permiyen yaşlı Bozalan formasyonu (Beccaletto ve Jenny 2004) gri-bej renkli rekrystalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bozalan formasyonu ile açısız uyumsuz geçiş gösteren Triyas yaşlı Çamköy formasyonu (Beccaletto ve Jenny 2004) beyaz-pembe renkli, breşik dokulu kireçtaşlarından oluşmaktadır. Genel olarak aynı litolojik birimden oluşan formasyonların elde edilen uydu görüntüsü üzerinde litolojik sınırları Şekil 3a'da net bir farklılık göstererek ayırt edilmiştir. Arazi çalışmaları kapsamında Çamköy ve Bozalan formasyonu dokanak sınırları kontrol edilmiştir ve jeoloji haritası ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

### 3.2. Denizgören ofiyolitindeki serpantinlerin dokanak sınırlarının belirlenmesi

Biga Yarımadası'nın batısında yer alan ve büyük bölümü serpantinleşmiş ultrabazik kayalardan oluşan ofiyolitik topluluk Okay (1987) tarafından Denizgören ofiyoliti olarak adlandırılmıştır. Çalışma alanındaki arazi çalışmaları sırasında Denizgören ofiyolitinin en iyi yüzlekleri Karadağ köyü ile Çamköy arasında ve Çamköy'ün doğusunda

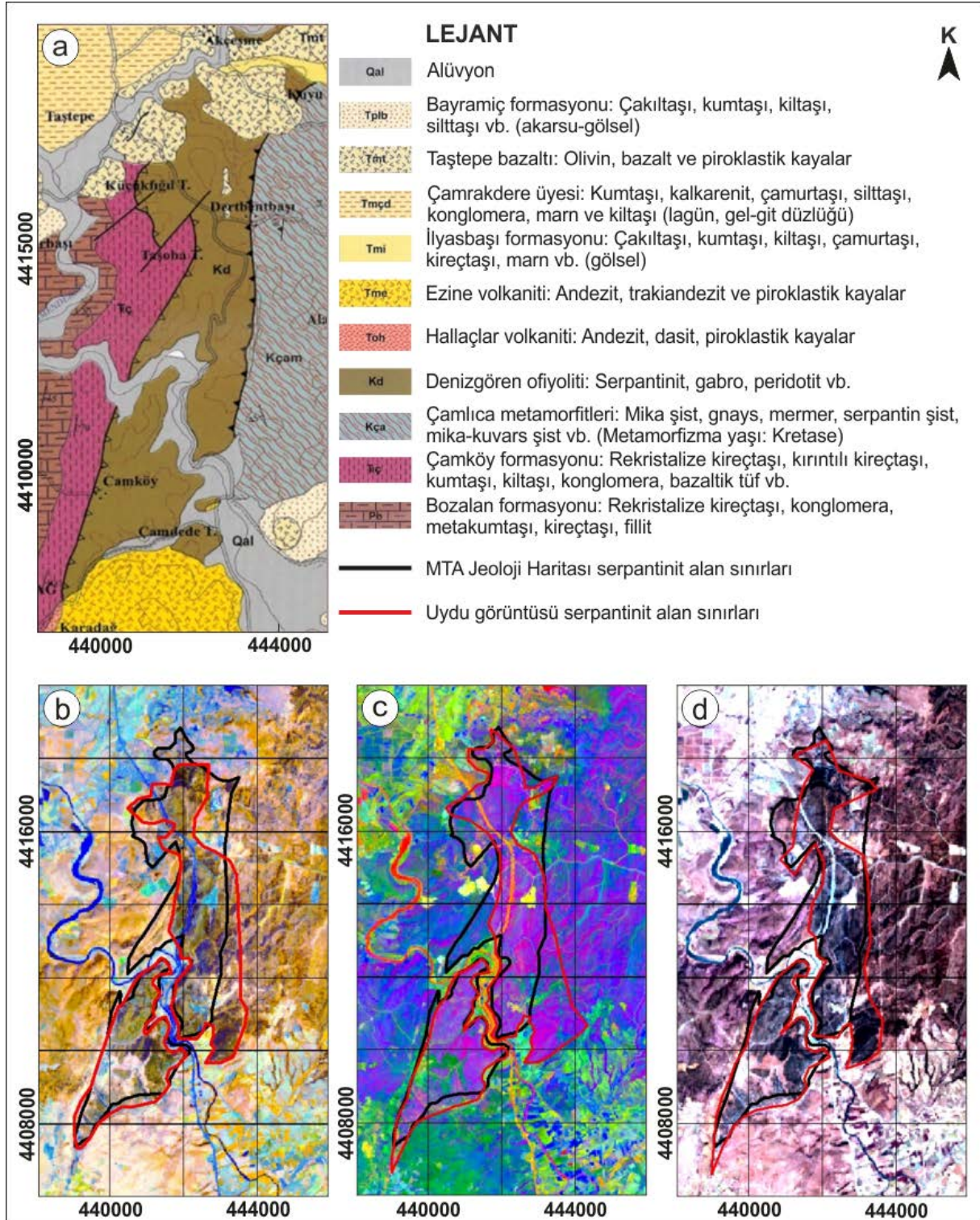
gözlenmiştir. Serpantinler arazide açık ve koyu yeşil, morumsu siyah renklerde olup sert, masif yapılarıyla kolaylıkla tanınabilmektedir (Şekil 5a). Serpantinlerin yakından görünümünde taze yüzeyi açık yeşil renkli ve yağimsidir (Şekil 5b).



**Şekil 5.** Denizgören ofiyolitine ait serpantinlerin a. genel görünümü (UTM Dilim 35 (WGS84) koordinatı (Sağa Değer, Yukarı Değer): 439 411, 4 407 689; Bakış Yönü: GD'dan KB'ya) ve b. taze yüzeyinin görünümü.

MTA (2008) jeoloji haritasında Denizgören ofiyolitine ait serpantinler Çamköy ile Küçükfiğil tepe arasında kuzey-güney hattı boyunca yüzlek vermektedir (Şekil 6a). Gad ve Kusky (2006) yaptıkları çalışmada Landsat 8 KYM 6/4, 6/2, 7/6 bant oranlaması uygulayarak serpantinlerin koyu kahverengi ve yeşil renk tonunda yansıma verdiğini belirlemiştir (Şekil 6b). Ayrıca Sabins (1999) yaptığı çalışmada Landsat 8 KYM 4/6, 4/2, 6/7 bant oranlaması uygulayarak serpantin birimlerin menekşe renginde yansıma verdiğini belirtmiştir (Şekil 6c). Söz konusu yöntemlerin yanı sıra daha önce Bölüm 3.1'de litolojik birimleri belirlemek için oluşturulan Landsat 8 KYM 7 4 2 bant bileşimi de tekrar uygulanarak, serpantin birimini içereni Denizgören ofiyolitinin mavi renk yansıma verdiği saptanmıştır (Şekil 6d). Denizgören ofiyolitinin dokanak sınırları MTA (2008) 1:100.000 ölçekli jeoloji haritasından çizilerek belirtilen yöntemler üzerinde karşılaştırma için çakıştırmalar yapılmıştır. Tüm yöntemler incelendiğinde, her yöntemin serpantin için bahsedilen renkleri yansıttığı gözlenmiş ve karşılaştırma yapabilmek için birimin alansal sınırları belirlenmiştir. Uydu görüntüsü üzerinde tespit edilen serpantin sınırlarının MTA (2008) 1:100.000 ölçekli jeoloji haritasıyla karşılaştırıldığında alansal olarak farkın % 1,97-3,07 arasında değiştiği, birimin çevre uzunluğu

karşılaştırıldığında ise % 1,75-7,31 arasında değiştiği saptanmıştır (Tablo 1).





**Tablo 1.** MTA (2008) jeoloji haritası ve farklı bant oranları verilerinden elde edilen serpantinitle alanlarının karşılaştırılması.

Serpantinitle sınırları	Alan (da)	Çevre (m)	MTA (2008) Jeoloji Haritasına Göre			
			Alan Farkı (da)	%	Çevre Farkı (m)	%
MTA (2008) Jeoloji Haritası	18.598,74	41.861	-	-	-	-
Landsat 8 6/4 6/2 7/6	18.239,24	39.008	359,50	1,97	2.853	7,31
Landsat 8 4/6 4/2 6/7	19.189,68	43.785	590,94	3,07	1.924	4,39
Landsat 8 7 4 2	18.096,61	42.608	502,13	2,77	747	1,75

### 3.3. Kil minerallerince zengin pasalar alanlarının belirlenmesi

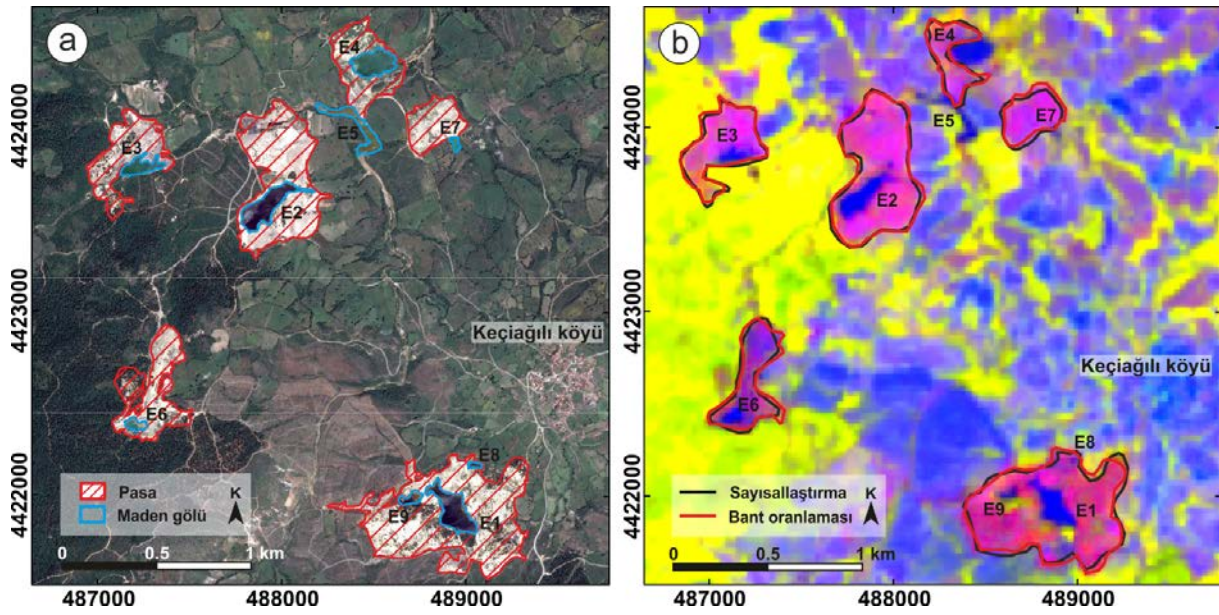
Çan kömür havzasındaki Etili kömür ocağı Landsat 5 TM uydu görüntülerine göre 1980'li yılların başından beri açık ocak madenciliğiyle işletilmektedir (Şanlıyüksel Yücel ve ark. 2014). Sahada yüzlek veren volkanit ve sedimanter kayaların özellikle kömür ve pasaların içerdiği pirit minerallerin hava ve su (dere, yağmur vb.) ile temas etmesi sonucunda sahada asit maden drenajı oluşmaktadır (Şanlıyüksel Yücel ve Baba 2013; Şanlıyüksel Yücel ve ark. 2016). Ayrıca sahada asidi nötralize eden, karbonat minerallerince zengin kayaların bulunmaması nedeniyle oluşan asidik suyun doğal nötralizasyonu sağlanamamaktadır (Şanlıyüksel Yücel ve Baba 2016). Etili kömür ocağında 2015 yılı Ekim ayında insansız hava aracı ile yapılan çekimler sonucunda elde edilen görüntüler sayısallaştırılarak büyüklükleri 546 ile 28506 m<sup>2</sup> arasında değişen 9

adet asit maden gölü saptanmıştır (Yücel ve Turan 2016). Asit maden gölleri düşük pH (<3) ve yüksek konsantrasyonda metal (Al, Fe, Mn, Zn vb.) içermesi nedeniyle çevresel risk taşımaktadır (Şanlıyüksel Yücel ve Baba 2013). Göllerin çevresindeki pasaların toplam alanı 1,06 km<sup>2</sup>'dir (Şanlıyüksel Yücel ve Yücel 2016). Madencilik faaliyetleri neticesinde tane boyutu küçülerek yüzey alanı artan pasalar, sahadaki asit maden drenajı oluşum süreçlerini hızlandırmaktadır (Şekil 7). Pasalar mineralojik bileşimine göre kaolinit grup mineralleri, kuvars, kristobalit, illit/mika grup mineralleri, jips, feldspat grup mineralleri, pirit, jarosit ve alünit minerallerinden oluşmaktadır (Şanlıyüksel Yücel ve Baba 2016). Etili kömür ocağında hidrotermal ya da atmosferik suların etkisiyle yoğun bir kaolenleşme vardır, ayrıca linyitli zonun yakınında yer alan bölgelerde hümik asitin de etkisiyle kaolenleşme görülmektedir (Bozcu ve ark. 2008).

**Şekil 7.** Etili kömür ocağında asit maden gölü ve çevresindeki pasalar.

Kil minerallerince zengin pasa alanlarının belirlenmesinde ilk olarak 50 cm mekânsal çözünürlüğü olan Mayıs 2013 tarihli Pleiades uydu görüntüsü kullanılmıştır. Göl ve pasa sınırları uydu görüntüsü üzerinden sayısallaştırılmıştır. Asit maden gölleri ve pasa alanlarının konumu Şekil 8a'da sunulmuştur. Bu çalışmada asit maden göllerinin çevresindeki kil minerallerince zengin pasa sınırlarının bant oranlaması yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için 30 m mekansal çözünürlüğe sahip Landsat 8 uydu görüntüleri "pan sharpening" yöntemi ile 15 m

mekansal çözünürlüğe yükseltılarak pasaların bulunduğu yerlerin yansıma alanları belirlenmiştir. Bu aşamada Landsat 8 KYM 6/7 5/4 7/5 bant oranlaması yöntemi ile belirlenen pasa alanları uydu görüntüsü üzerinde pembe renkli yansıma vermiştir (Şekil 8b). Çalışma sahasındaki asit maden göllerinin çevresindeki pasaların alanı ve çevre uzunluğu her iki yöntemle karşılaştırılmış ve sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur. Sayısallaştırma ve bant oranlaması ile hesaplanan pasa alanları birbirine yakın değerler vermiştir.



Şekil 8. a. Etili kömür ocağındaki asit maden gölleri ve pasa alanlarının Mayıs 2013 tarihli konumu (Şanlıyüksel Yücel ve Yücel 2016) b. Asit maden göllerinin çevresindeki pasa alanlarının Landsat 8 KYM 6/7 5/4 7/5 bant oranlaması yöntemiyle belirlenmesi.

Tablo 2. Asit maden gölleri çevresindeki pasaların Landsat 8 KYM 6/7 5/4 7/5 bant oranlaması ve sayısallaştırma yöntemleriyle elde edilen alan ve çevre uzunlukları.

Pasa	Sayısallaştırma	Bant Oranlaması	Fark	% Fark
Alan (da)	1.066,64	1.037,59	29,05	2,72
Çevre Uzunluğu (m)	12.585	12.380	205	1,63

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma kapsamında Biga Yarımadası'ndaki Ezine ilçesi ve yakın çevresi ile Çan ilçesi Etili beldesi olarak seçilen iki uygulama sahasında farklı litolojik

birimlerin belirlenmesine yönelik uzaktan algılama yöntemlerinin etkinliği incelenmiştir.

Ezine ilçesi ve yakın çevresine ait Landsat 8 KYM 7 4 2 bant bileşimi kullanarak oluşturulan görüntü üzerinde 9 ayrı litoloji tespit edilmiştir. Tespit

edilen litolojik birimler bölgenin Ayvalık İ16 paftası 1:100.000 ölçekli jeoloji haritası (MTA, 2008) üzerine çakıştırılarak karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda Landsat 8 uydu görüntüsünde tespit edilen litolojik farklılıkların genel hatları ile MTA (2008) jeoloji haritası ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Ancak MTA (2008) jeoloji haritasında 10 jeolojik birim gözlenirken, elde edilen uydu görüntüsü üzerinde 9 jeolojik birim ayrımı yapılmıştır. Bunun nedeni Hallaçlar volkaniti ile Ezine volkanitlerinin benzer litolojiden oluşması nedeniyle kaya ayrımı yapılamamasıdır.

Ezine ilçesinin kuzeybatısında yüzlek veren Denizgören ofiyolitine ait serpantinitle Gad ve Kusky (2006) tarafından önerilen Landsat 8 KYM 6/4, 6/2, 7/6 ve Sabin (1999) önerdiği Landsat 8 KYM 4/6, 4/2, 6/7 bant oranlaması uygulanarak beklenen yansıma değerleri alınmıştır. Bunun yanı sıra serpantinilere yönelik Landsat 8 KYM 7 4 2 bant bileşimi ile 1:100.000 ölçekli MTA (2008) jeoloji haritası ile karşılaştırılarak % 1,97 ile %3,07 arasında değişen alansal farkla oluşturulan haritaların birbirleriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

Çan ilçesi Etili beldesindeki asit maden göllerinin çevresindeki kil minerallerince zengin pasa sınırlarının bant oranlaması yöntemi ile belirlenmesi için 30 m mekansal çözünürlüğe sahip Landsat 8 uydu görüntüleri "pan sharpening" yöntemi ile 15 m mekansal çözünürlüğe yükseltılarak pasaların bulunduğu yerlerin yansıma alanları belirlenmiştir. Bu aşamada Landsat 8 KYM 6/7 5/4 7/5 bant oranlaması yöntemi ile belirlenen pasa alanları uydu görüntüsü üzerinde pembe renkli yansıma verdiği saptanmıştır. Çalışma sahasındaki asit maden gölleri çevresindeki pasaların alanı ve çevre uzunluğu her sayısallaştırma ve bant oranlaması yöntemleri ile karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar birbirine yakın değerler sunmuştur.

Bu çalışmada, orta-çözünürlükteki geliştirilmiş Landsat 8 OLI görüntülerinin litolojik ayrımların belirlenmesinde başarılı sonuçlar sunduğu saptanmıştır. Arazi çalışmalarıyla birlikte

değerlendirilen uzaktan algılama yöntemlerinin kullanılması, jeoloji haritalarının daha hassas, hızlı ve ekonomik bir şekilde oluşturulmasına olanak sağlamaktadır.

#### Teşekkür

Bu çalışma Melih Doğru'nun yüksek lisans tezinin bir kısmını kapsamaktadır. Yazarlar Dr. Deniz Şanlıyüksel Yücel'e ve değerli hakemlere görüş ve katkıları için teşekkürlerini sunar.

#### Kaynaklar

- Adiri, Z., El Harti, A., Jellouli, A., Maacha, L. and Bachaoui, E.M., 2015. Lithological mapping using Landsat 8 OLI and Terra ASTER multispectral data in the Bas Drâa inlier, Moroccan Anti Atlas. *Journal Applied Remote Sensing*, **10(1)**, 016005.
- Amiri, A., Chaqui, A., Hamdi Nasr, I., Inoubli, M.H., Ben Ayed, N. and Tlig, S., 2011. Role of preexisting faults in the geodynamic evolution of Northern Tunisia, insights from gravity data from the Medjerda valley. *Tectonophysics*, **506**, 1-10.
- Bates, R.J. and Jackson, J.A., 1984. Dictionary of Geological Terms (3rd ed.). American Geological Institute. p. 299.
- Beccaletto, L. and Jenny, C., 2004. Geology and correlation of the Ezine Zone: A Rhodope fragment in NW Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **13**, 145-176.
- Bozcu M., Akgün, F., Gürdal, G., Bozcu, A., Kapan-Yeşilyurt, S. ve Karaca, Ö., 2008. Çan-Yenice-Bayramiç (Çanakkale) Linyit Havzasının Sedimentolojik, Petrolojik, Jeokimyasal ve Palinolojik İncelenmesi. TÜBİTAK - Proje No: 105Y114. 259.
- Dönmez, M., Akçay, A.E., Genç, Ş.C. ve Acar, Ş., 2005. Biga Yarımadası'nda Orta-Üst Eosen volkanizması ve denizel ignimbritler. *MTA Dergisi*, **131**, 49-61.
- Eğri, M., Güllü, M. ve Özpınar, Y., 2009. Tremolit türü asbest oluşumlarının Aster Görüntüsü kullanılarak belirlenmesi: Denizli Örneği. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **1(3)**, 1-12.
- Esat, K., 2005. Uydu Görüntüleri ve jeolojideki kullanımına genel bir bakış. *Mavi Gezegen Popüler Yerbilimi Dergisi*, **11**, 36-42.
- Gad, S. and Kusky, T., 2006. Lithological mapping in the Eastern Desert of Egypt, the Barramiya area, using



- Landsat thematic mapper (TM). *Journal of African Earth Sciences*, **44**, 196–202.
- Girouard, G., Bannari, A., El Harti, A. and Desrochers, A., 2004. Validated spectral angle mapper algorithm for geological mapping: comparative study between QuickBird and Landsat-TM. XXth ISPRS Congress, Geo-Imagery Bridging Continents, 12-23 July, Istanbul, Turkey.
- Gupta, R.P., Haritashya, U.K. and Singh, P., 2005. Mapping dry/wet snow cover in the Indian Himalayas using IRS multispectral imagery. *Remote Sensing of Environment*, **97(4)**, 458-469.
- Kalinowski, A. and Oliver, S., 2004. Aster minersindex processing, manual. *Remote Sensing Application Geoscience*, **36**, 1-32.
- Kavak, K.S., 2005. Recognition of gypsum geohorizons in the Sivas Basin (Turkey) using ASTER and Landsat ETM+ images. *International Journal of Remote Sensing*, **26(20)**, 4583-4596.
- Kavzoğlu, T. ve Çölkesen, İ., 2010. Karar ağaçları ile uydu görüntülerinin sınıflandırılması: Kocaeli örneği. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **2(1)**, 36-45.
- Khan, A., Ahmad, S. and Khurshid, S., 2012. Geology and geomorphology of the manipur valley using digitally enhanced satellite image and SRTM DEM in the Eastern Himalaya, India. *International Journal of Geosciences*, **3**, 1010-1018.
- Laake, A. and Insley, M., 2007. Near-surface characterization from remote sensing data, *ENVISAT Symposium 2007*, Montreux, April 2007.
- Laake, A., Strobbia, C. and Cutts, A., 2008. Integrated approach to 3D near-surface characterization. *First Break*, **26**, 109-112.
- Laake, A., 2011. Integration of Satellite Imagery, Geology and Geophysical Data, Earth and Environmental Sciences, Dr. Imran Ahmad Dar (Ed.), InTech Europe, 467-492.
- Leverington, D.W. and Moon, W.M., 2012. Landsat-TM-based discrimination of lithological units associated with the Purtunıq Ophiolite, Quebec, Canada. *Remote Sensing*, **4**, 1208-1231.
- MTA, 2008. Ayvalık i16 paftası 1:100.000 ölçekli jeoloji haritası.
- Okay, A.I., 1987. Ophiolite obduction on a Permian carbonate platform in northwest Turkey. Fourth Meeting of the European Union of Geoscience (EUG 4), 13-16 April, Strasbourg, Tera Cognita, **7**, 100.
- Öngür, T., 1978. Behram kalderası Kuzeybatı Anadolu, TJK 32. Bilimsel ve Teknik Kongresi, Bildiri Özetleri Kitabı, 42.
- Pour, B.A. and Hashim, M., 2014. ASTER, ALI and Hyperion sensors data for lithological mapping and ore mineral exploration. *Springerplus*, **3(130)**, 1-19.
- Sabins, F.F., 1999. Remote sensing for mineral exploration. *Ore Geology Reviews*, **14**, 157-183.
- Şanlıyüksel Yücel, D. and Baba, A., 2013. Geochemical characterization of acid mine lakes and their effect on the environment, NW of Turkey. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **64 (3)**, 357-376.
- Şanlıyüksel Yücel, D., Yücel, M.A. and Baba, A., 2014. Change detection and visualization of acid mine lakes using time series satellite image data in geographic information systems (GIS): Can (Canakkale) County, NW Turkey. *Environmental Earth Sciences*, **72(11)**, 4311-4323.
- Şanlıyüksel Yücel, D., Balcı, N. and Baba, A., 2016. Generation of acid mine lakes associated with abandoned coal mines in NW Turkey. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **70 (4)**, 757-782.
- Şanlıyüksel Yücel, D. and Baba, A., 2016. Prediction of acid mine drainage generation potential of various lithologies using static tests: Etili coal mine (NW Turkey) as a case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, **188**, 473. doi:10.1007/s10661-016-5462-5
- Şanlıyüksel Yücel, D. ve Yücel, M.A., 2016. Terk edilmiş kömür ocaklarında oluşan maden göllerinin hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve insansız hava aracı ile üç boyutlu modellenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, doi: 10.5505/pajes.2016.37431.
- Vural, A., Çorumluoğlu, Ö. ve Asri, İ., 2012. Eski Gümüşhane (Süleymaniye) ve yakın çevresindeki alterasyon alanlarının Landsat uydu görüntüsü kullanılarak Crosta Tekniği ile araştırılması. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **2(1)**, 36-48.
- Youssef, A.M., Hassan, A.M. and Mohamed, M.A.E.M., 2009. Integration of remote sensing data with the field and laboratory investigation for lithological mapping of granitic phases: Kadabora pluton,

Eastern Desert, Egypt. *Arabian Journal of Geosciences*, **2(1)**, 69-82.

Yücel, M.A. and Turan, R.Y. 2016. Areal change detection and 3D modeling of mine lakes using high-resolution unmanned aerial vehicle images. *Arabian Journal for Science and Engineering*, **41(12)**, 4867-4878.

**İnternet kaynakları**

1- <https://landsat.usgs.gov/landsat-8>, (15.02.2017)