



## BİLECİK MERKEZ BÖLGESİNDEKİ MERMER OCAKLARININ ARAZİ DEĞİŞİMİ VE ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNİN DESTEK VEKTÖR MAKİNE YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Can ALTUĞER<sup>1\*</sup>, Koray ULAMIŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ankara University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, 06110, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Ankara University, Faculty of Engineering, Geological Engineering, 06830, Ankara, Türkiye

**Özet:** Bilecik ili Türkiye'nin en önemli doğaltaş alanlarından birisidir. Son yıllarda, Bilecik çevresinde yeni mermer ocaklarının açılmasıyla birlikte bölgede doğaltaş üretimi giderek artmıştır. Sakarya kıtasının batısında bulunan çalışma alanında birçok mermer ocağı bulunmaktadır. Bu kıtaya ait birimler, mavişist metamorfizması geçirmiştir. Metamorfik birimlerin üzerine uyumsuzlukla örten Geç Jura-Erken Kretase yaşlı birimler, transgresyona uğramıştır. Mermer ocaklarının yer aldığı Geç Jura-Erken Kretase yaşlı birimler, Bilecik Formasyonu'ndan oluşmaktadır. Bu birimlerde; beyaz-pembe, kahverengi-gri ve bej renkli mermerler bulunmaktadır. Arazi kullanımı/arazi değişimi (LULC) sınıflaması kullanılarak uzaktan algılama yöntemi ile bölgedeki mermer ocaklarının 5 er yıllık (2006, 2011, 2016 ve 2021) arazi değişimi gösterilmiştir. Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI multispektral uydu görüntüleri makine öğrenme yöntemlerinden Destek Vektör Makineleri (DVM) metoduyla sınıflandırılmıştır. LULC doğruluğunu ispat etmek için doğruluk matrisi ve Kappa indisi oluşturulmuştur. Tematik haritaların doğruluğu sırasıyla %95,75 , %92,00, %93,60, %95,20, Kappa katsayısı değerleri de; 0,92, 0,86, 0,89, 0,91 olarak belirlenmiştir. Mermer ocak sayısının artması, katı atık miktarındaki artışı beraberinde getirmektedir. Bu durum, katı atık depolama sahalarının yetersiz kalması nedeniyle gelecekte kenti olumsuz olarak etkileyebilecektir.

**Anahtar kelimeler:** Doğaltaş, Bilecik, Mermer ocağı, LULC, Uzaktan algılama, Destek Vektör Makineleri


### Determination of Land Change and Land Cover Change of Marble Quarries in Bilecik Central Region by Support Vector Machine Method


**Abstract:** Bilecik province is one of Türkiye's most important natural stone areas. In recent years, with the opening of new marble quarries around Bilecik, natural stone production has gradually increased in the region. There are many marble quarries in the study area located in the west of the Sakarya continent. The units belonging to this continent have undergone blueschist metamorphism. The Late Jurassic-Early Cretaceous units have undergone a transgression, which unconformably overlies the metamorphic units. Late Jurassic-Early Cretaceous aged units with marble quarries consisting of the Bilecik Formation. There are white-pink, brown-grey, and beige-colored marbles in these units. Using the land use/land change (LULC) classification, the land change of the marble quarries in the region for every 5 years (2006, 2011, 2016, and 2021) has been shown by the remote sensing method. Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI multispectral satellite images were classified by the Support Vector Machines (SVM) method, one of the machine learning methods. To prove the accuracy of LULC, an accuracy matrix, and Kappa index were created. The accuracy of the thematic maps was 95.75%, 92.00%, 93.60%, 95.20% and Kappa index values were 0.92, 0.86, 0.89, and 0.91, respectively. As a result of the increase in marble quarries, it brings an increase in the amount of solid waste. This situation can be will negatively affect the city in the future with the inadequacy of solid waste storage areas.

**Keywords:** Natural stone, Bilecik, Marble quarry, LULC, Remote sensing, Support Vector Machine

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Ankara University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, 06110, Ankara, Türkiye

E mail: canaltuger2@gmail.com (C. ALTUĞER)

Can ALTUĞER  <https://orcid.org/0000-0001-7261-0623>

Koray ULAMIŞ  <https://orcid.org/0000-0002-1808-8077>

**Gönderi:** 01 Şubat 2023

**Kabul:** 09 Mart 2023

**Yayınlanma:** 01 Nisan 2023

**Received:** February 01, 2023

**Accepted:** March 09, 2023

**Published:** April 01, 2023

**Cite as:** Altuğer C, Ulaşım K. 2023. Determination of land change and land cover change of marble quarries in Bilecik central region by support vector machine method. BSJ Eng Sci, 6(2): 102-110.

### 1. Giriş

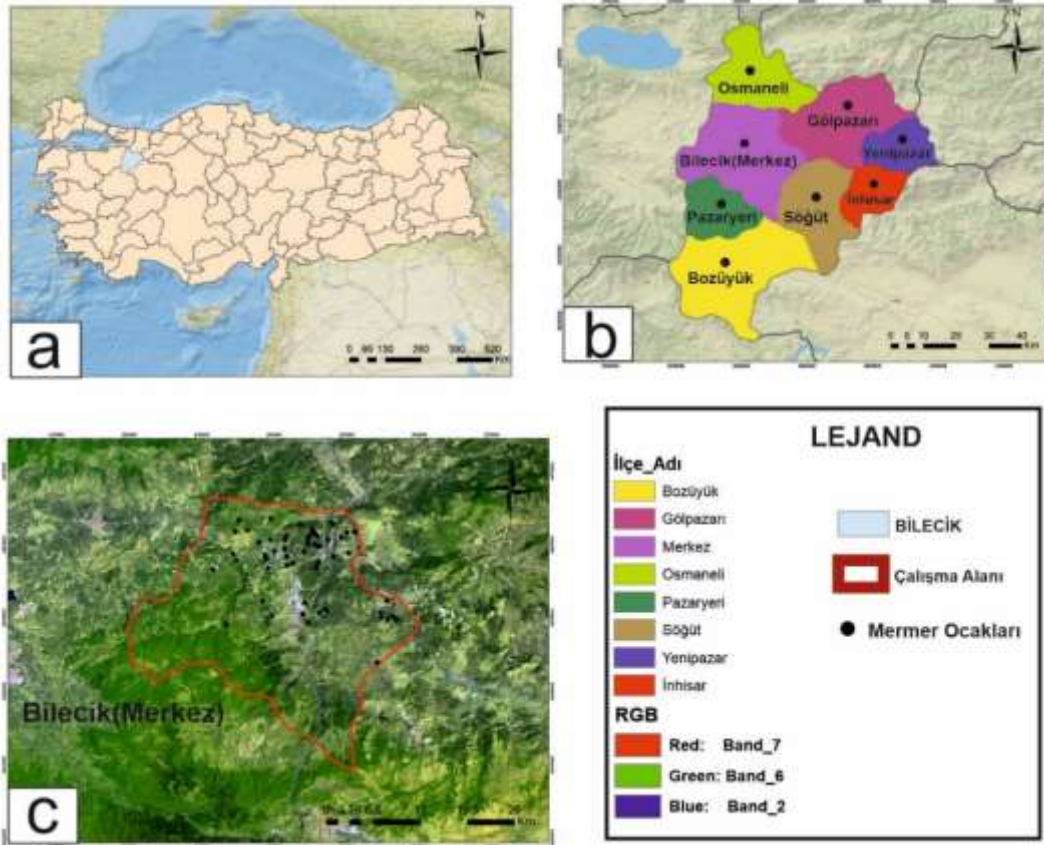
Bilecik çevresindeki mermer ocaklarının, Google Earth görüntülerinde geçmiş yıllara nazaran günümüzde artan bir şekilde üretim faaliyetlerini sürdürdüğü görülmektedir. Bilecik'te mermer endüstrisinin bilinçsiz bir şekilde gelişmesiyle birlikte, tarım arazileri, endüstriyel alanlar, bitki örtüsü ve yerleşim alanları da zarar görmektedir. Kent gelişiminin düzenli bir şekilde olabilmesi için arazi kullanımında zamansal değişimler belirlenmeli, sürdürülebilir kent anlayışında kentleşme

planı, çevre, mermer ocakları ve kişiler arasında bir denge kurulması gerekmektedir. Bu nedenle uzaktan algılama, şehirdeki kontrollü planlama için gerekli olan verilerin elde edilmesi bakımından kullanışlı bir yöntemdir. Türkiye mermer üretiminin yaklaşık %10'u Bilecik ilinden yapılmaktadır (Kacı, 2017). Bilecik'te mermercilik faaliyetleri, çok eski dönemlerden beri devam etmektedir. Antik dönemden bugüne Bilecik ve çevresinde, taş ocaklarının yaygın olduğu, özellikle Osmanlı Dönemi'nde başta İstanbul olmak üzere, birçok il'e de mermer



gönderildiği bilinmektedir. 1950'li yıllardan günümüze dek mevcut sahalardaki üretim miktarının artmasıyla mermercilik sektörü oldukça gelişmiştir (Uncu ve Karakoca, 2021). Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı (BEBKA) tarafından "2014-2023" yılları arasında hazırlanan raporda Bilecik bej mermerinin uluslararası piyasada en çok tanınan mermer çeşitleri arasında yer aldığını belirtmiştir (BEBKA, 2014). Bilecik ilinin mermer endüstrisinin dünya çapında yer edinmesinin nedeni, jeolojik yapısıdır. Bölgedeki Bilecik Formasyonu'nda bulunan kireçtaşları, endüstriyel hammadde olma yönünden elverişli bir yapıya sahiptir. Mermer ocak üretiminin de jeolojik yapı farklılığından dolayı, 3 farklı ticari isimle, 10 farklı seleksiyonda doğaltaş üretimi gerçekleştirilmektedir. Ocaktan çıkarılan doğaltaş ve isimleri Cappucino, Golden Tobacco, Golden Primrose olarak adlandırılmıştır (Yurdakul, 2020). Bilecik (Gölpazarı) güneydoğusunda mermer ocakları faaliyetlerinin artarak devam ettiği, Sakarya nehri beslenme alanlarının korunması adına, nehir boyunca bir bariyer konulması gerektiği belirtilmiştir (Güneş ve Uyguçgil, 2022). Son yıllarda uzaktan algılama ve coğrafi bilgi teknolojileri, arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişiklikleri izlemek için önemli bir fayda sağlamıştır. Gelişen kentleşmeyle birlikte, kentlerin izlenmesi, sürdürülebilir kalkınma bağlamında oldukça zorlaşmaktadır (Masser, 2001).

Özellikle uzaktan algılama teknolojisi, arazi tahmininde küresel ölçekte güvenilir bilgi sağlamaktadır (Lillesand ve Kiefer, 1999). Bu teknolojiler, nispeten hızlı ve uygun maliyetli olması nedeniyle arazi örtüsündeki değişimleri ve arazi kullanımını (LULC) tespit etmek için önemli ve etkili bir araçtır (Yang ve Lo, 2002; Lo ve Choi, 2004; Xian ve Crane, 2005; Xiao ve ark., 2006; Jensen, 2007; Kaiser, 2009; Ikiel ve ark., 2012; Curebal ve ark., 2014; Corner ve ark., 2014; Rawat ve Kumar, 2015; Hassan ve ark., 2015; Wu ve ark., 2016; Atay ve Kut, 2020). Arazi örtüsü değişimi ve arazi kullanımı, modern bilimde farklı anlamları olan terimlerdir. Arazi kullanımı, insan ile ilgili faaliyetleri ifade ederken arazi örtüsü, arazi üzerindeki doğal örtüyü ifade etmektedir (Burley, 1961; Lo, 1986). Bu çalışmanın amacı, makine öğrenme yöntemlerinden olan Destek Vektör Makineleri (DVM) algoritması kullanarak, 2006-2021 yılları arasındaki Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI multispektral uydu görüntüleri ile birlikte Bilecik ilinin merkez bölgesindeki mermer alanlarındaki arazi kullanımı ve arazi örtü değişimini tespit etmektir (Şekil 1). Böylece, uydu görüntülerinden elde edilen zamansal ve mekânsal değişimlerle geçmiş 15 yıldaki süreç zarfında görsel ve istatistiksel değişimlerle birlikte, bölgede gün geçtikçe artış gösteren mermer ocaklarındaki değişim anlaşılmasına çalışılmıştır.

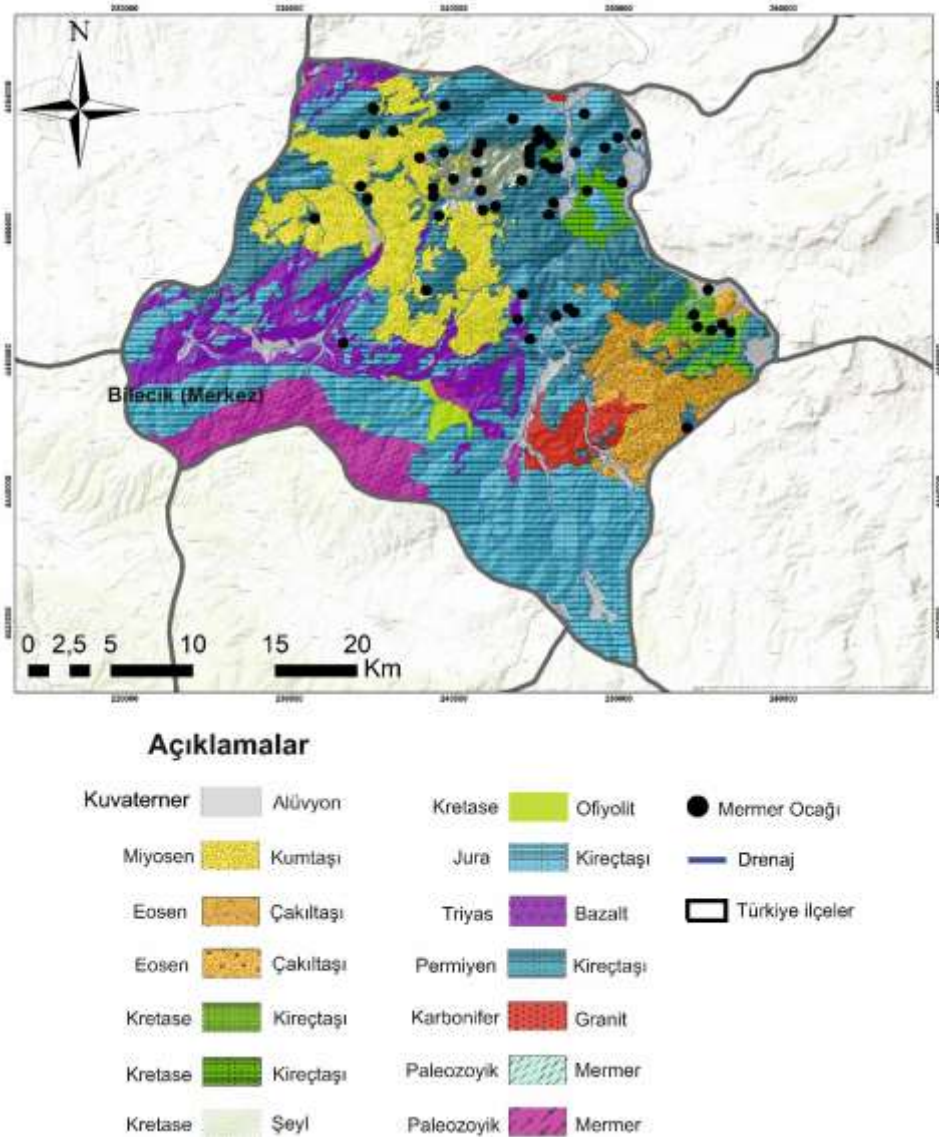


Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası. a) Bilecik ilinin Türkiye'deki konumu, b) Bilecik ilindeki ilçeler, c) Mermer ocaklarının 2021 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsünün yalancı renk kombinasyonu.

## 2. Bölgesel Jeoloji

Bilecik ve çevresinde, Paleozoyik zamandan günümüze kadar çeşitli yaştaki kayaçlar yüzlek vermektedir. Bu kayaç türleri ile birlikte volfram (W), antimuan (Sb), manganez (Mn), molibden (Mo), bakır (Cu), altın (Au) gibi metalik maden yatakları, kaolen, kil, manyezit, feldispat ve mermer gibi endüstriyel hammadde yatakları bulunmaktadır (MTA, 2010). Bölgedeki en yaşlı litoloji topluluğu Sakarya kıtasının temel birimlerini oluşturan, Karakaya karmaşığında meydana gelmektedir (Tüysüz ve Yiğitbaş, 1994) (Şekil 2). Bu birim Metelav, Metatüf ardalanmasını içermektedir. Permiyen yaşlı kireçtaşı bloklarından oluşmakla birlikte mavişist veya yeşilşist metamorfizmasından etkilenmiştir (Akyazı ve ark., 2001). Çalışma alanının güneyinde görülen Karbonifer yaşlı granitler, tipik ayrışım şekilleri ile sahada kolay ayırtedilir (Demirkol, 1977). Batı bölgesinde Triyas yaşlı bazaltik birimler yüzeylenirken, bu birimlerin üzerine Jura yaşlı kayaçlar gelmektedir. Jura yaşlı birimler, Jura transgresyonunun ilk ürünleri olup, çakıltası ve

kumtaşından oluşmaktadır (Görür ve ark., 1983). Bölgedeki Jura- Kretase yaşlı kayaçlar, Bilecik Kireçtaşı olarak adlandırılmaktadır. Gittikçe derinleşen bir ortamda çökelen bu kayaçlar alt düzeyleri beyaz, pembe tabakalı kireçtaşlarından oluşurken, üst düzeyi ise sütlü kahverengi, sert dokulu yer yer marn ara katkılı kireçtaşından oluşmaktadır (Akyazı ve ark., 2001). Bilecik kireçtaşına tedrici olarak geçiş yapan ince neritik kireçtaşı, yeşilden gri renge kadar değişen şeyl ve kumtaşı araldanmasından oluşmuştur (Eroskay, 1965). Bilecik Kireçtaşının üzerine uyumsuz olarak gelen birimler, krem-sarı renkli, orta kalın tabakalı, orta sert dokulu bol fosilli kireçtaşlarından oluşmuştur (Akyazı ve ark., 2001). Kretase yaşlı ofiyolitik birimler ise çalışma alanının güneybatı bölgesinde yüzeylenmektedir. Eosen'de filiş karakterindeki çökel birimler git gide sığlaşarak Miyosen zamanında kapanan deniz, yerini kara ortamına bırakmıştır (Akyazı ve ark., 2001). İlk olarak çapraz tabakalı kumtaşları gibi örtü kayaçlar çökelmiştir. Bölgedeki en genç birimler ise, açılal uyumsuz olarak gelen Kuvaterner yaşlı alüvyondan oluşmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Bilecik merkezinin jeolojisi (Yanılmaz, 1980; Erendil ve Kuşçu, 1985)

### 3. Materyal ve Yöntem

Görüntü sınıflama yöntemleri, bir görüntüdeki tüm piksellerin arazi veya temaya göre otomatik olarak sınıflandırılmasıdır. Spektral yansıma değerlerinin benzer bileşimini paylaşan pikseller, yüzey özelliklerin temsilcisi olan özel sınıflarla birlikte gruplanır (Lillesand ve ark., 2015). Görüntü sınıflandırma yöntemi, kontrollü ve kontrolsüz olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. Kontrollü sınıflandırma yöntemi, uydu görüntülerinin sınıflandırmasında eğitim alanlarının sınıflandırma sonuçlarının doğruluğu ve güvenilirliği bakımından, en çok tercih edilen yöntemdir (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010). Destek vektör makineleri (DVM), regresyon ve sınıflandırma analizlerinde kullanılan makine öğrenme yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, son yıllarda uzaktan algılama alanındaki sınıflama süreçlerinde birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Mondal ve ark., 2012; Awad ve Khanna, 2015; Kumar ve ark., 2015; Thanh ve Kappas, 2017; Aliyazicioglu ve ark., 2021). Özellikle, yerbilimleri ve çevre bilimlerinde zamansal ve mekânsal modelleme işlemleri içinde kullanılmaktadır (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010). DVM, regresyon ve sınıflandırma sorunlarını çözmek için kontrollü sınıflama yöntemi olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, veriyi daha yüksek bir boyuta dönüştürmek için hiper düzlem kullanılır. Düzlem, iki sınıfı birbirinden ayırma prensibine dayanır (Cortes ve Vapnik, 1995; Vapnik, 2000). Doğrusal olmayan veri kümesinde, doğrusal bir hiper düzlem çizilemez (Demirci, 2019). DVM, diğer sınıflama yöntemlerine göre bazı avantajlar sağlar. Kompleks verilerle, iyi sınıflandırılmış sonuç vermektedir. Daha önce öngörülmemiş verilerin yanlış sınıflama olasılığını en aza indirmek için risk minimizasyon ilkesi kullanılır (Vapnik, 1998).

Bu çalışmada, Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI mültspektral uydu görüntüleri ve Google Earth uydu görüntüsüyle, Bilecik merkez bölgesindeki mermer ocaklarındaki değişim analiz edilmiştir. Bu analizlerde, bölgedeki arazi değişimini ortaya koymak için 5 yıllık periyotlarla arasındaki uydu görüntüleri kullanılmıştır. 2006 ile 2011 yıllarına ait Landsat 5 TM ve 2016 ile 2021

yıllarına ait Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılmıştır (Tablo 1). Landsat uydu görüntüleri, Amerikan Jeoloji Kurumu'nun (USGS) <http://earthexplorer.usgs.gov/> adresinden temin edilmiştir. Landsat görüntüleri, 30 m çözünürlükte ve Google Earth görüntüleri ise 0.50 m çözünürlükte. Uydu fotoğrafları, WGS 1984 UTM 36 Zon koordinat sistemine göre sayısallaştırılmıştır. Uydu görüntülerinin indirilirken % 10'dan az bulutlu olmasına dikkat edilmiştir. LULC sınıflaması ile birlikte su, tarım, bitki örtüsü ve mermer ocakları tanımlanmıştır (Tablo 2). Uydu görüntüleri çalışma alanına göre kesildikten sonra, Landsat uydu görüntülerinde görüntü analizini yapabilmek için ArcGIS 10.6 ve QGIS 3.26.3 programları kullanılmıştır. QGIS eklentilerinden biri olan Semi Automatic Classification Plugin yardımıyla Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI mültspektral uydu görüntüsü, radyometrik ve atmosferik düzeltme görüntü ön işleme yapılmıştır. Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI 30m\*30m çözünürlüğünde pixel bazlı analizler gerçekleştirilmiştir. Bant oranlamasıyla spektral imzalar toplandıktan sonra, makine öğrenme yöntemlerinden biri olan DVM algoritması kullanılarak her yıl için kontrollü sınıflama yapılmıştır (Şekil 3).

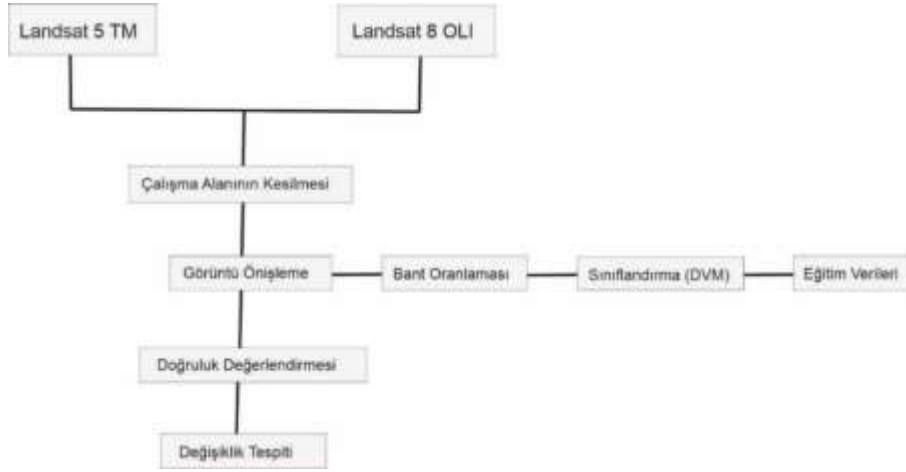
Kontrollü sınıflama yapıldıktan sonra LULC sınıfları, poligon'a dönüştürülmüştür. LULC sınıflama işleminde, Landsat 5 ve Landsat 8 mültspektral uydu görüntüleri doğruluğunu kontrol etmek için 250 tane rastgele nokta yerleştirilmiştir. Sınıflandırma doğruluğunu ifade etmek için karmaşa matrisi veya olasılık tablosu olarak da adlandırılan hata matrisi hesaplanmaktadır. Yer doğrulaması ve kendi kendine yapılmış sınıflandırmanın ilişkili sonuçları arasında hata matrisleri karşılaştırılır. Bu yer doğrulaması, piksel noktalarında arazide temsil edilen güncel arazi örtüsü hakkında bilgi sağlamaktadır (Lillesand ve ark., 2015). Elde edilen matrise göre her yıl için kullanıcı doğruluğu (K.D) "Eşitlik 1", üretici doğruluğu (Ü.D) "Eşitlik 2", genel doğruluk (G.D) "Eşitlik 3" ve Kappa katsayısı (K.K) "Eşitlik 4" hesaplanarak doğruluk analizi hesaplanmıştır (Jenness ve Wynne, 2005; Lillesand ve ark., 2015). 2006 ile 2021 yılları arasında Bilecik (Merkez) bölgesinin arazi değişimi tespit edilmiştir.

**Tablo 1.** Uydu tanımlaması

Uydu/Sensör	Tarih	Mekansal Çözünürlük	Projeksiyon
Landsat 8 OLI	2021-07-13	30m	WGS 84 UTM 36N
Landsat 8 OLI	2016-07-15	30m	WGS 84 UTM 36N
Landsat 5 TM	2011-07-18	30m	WGS 84 UTM 36N
Landsat 5 TM	2006-06-02	30m	WGS 84 UTM 36N

**Tablo 2.** LU/LC tanımlaması

No	Sınıf	Tanımlama
1	Su	Dere, Göl, Baraj
2	Tarım	Ekilebilir Arazi, Üzüm Bağları, Meyve Bahçeleri
3	Bitki	Doğal Bitki Örtüsü
4	Mermer Ocakları	Mermer Kayaları
5	Bina	Apartment, Sanayi Sitesi, Park, Yol



Şekil 3. Arazi kullanımı arazi sınıflandırması (LU/LC) akış şeması.

$$K. D = \frac{n_{ii}}{n_i} \quad (1) \quad n_{i=} \text{ i sütunundaki gözlemlerin toplamı}$$

$n =$  matrise eklenmiş gözlemlerin toplam sayısı

$$Ü. D = \frac{n_{jj}}{n_j} \quad (2)$$

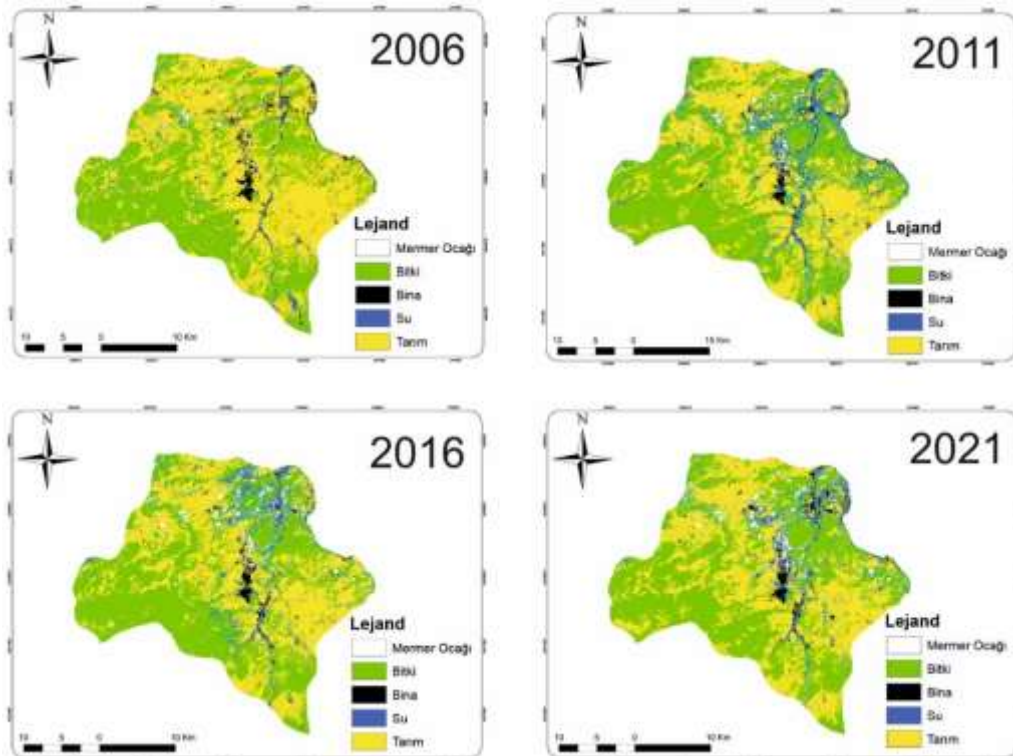
$$G. D = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \quad (3)$$

$$K. K = \frac{n \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_i \cdot n_i}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_i \cdot n_i} \quad (4)$$

Denklemlerde verilen değerler aşağıda açıklanmıştır;  
 k = hata matrisindeki sıra sayısı  
 $n_{ii}$  = i satır sayısı ve i sütunundaki gözlemlerin sayısı  
 $n_{jj}$  = j satır sayısı ve j sütunundaki gözlemlerin sayısı  
 $n_{i.}$  = i satırındaki gözlemlerin toplamı

#### 4. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma, Bilecik (Merkez) bölgesindeki 2006-2021 arasındaki LU/LC araştırılmıştır. Her yıl için uydu görüntüleri, 5 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflar; Mermer Ocakları, Bitki, Bina, Su ve Tarım şeklindedir (Şekil 4). Doğruluk değerlendirmesi, LU/LC haritaları elde edildikten sonra test edilmiştir. Doğruluk değerlendirmesi sırasında 250 rastgele nokta atılmıştır. Bu noktalar ile refere edilen noktalar karşılaştırılmıştır. Doğruluk değerlendirmesi yapmak için, Üretici doğruluğu, Kullanıcı doğruluğu, Kappa katsayısı ve Hata matrisi her yıl için hesaplanmıştır (Tablo 3).



Şekil 4. Bilecik Merkez bölgesindeki mermer ocaklarının LU/LC değişimi (2006-2021).

**Tablo 3.** LU/LC sınıflarının doğruluk analizi

LU/LC Sınıfları	2006		2011		2016		2021	
	K.D.	Ü.D.	K.D.	Ü.D.	K.D.	Ü.D.	K.D.	Ü.D.
Mermer Ocağı	100	100	66,66	100	100	92,85	80	100
Bitki	99,01	93	98,95	87,96	98,27	90,47	99,11	94,91
Bina	70	100	55,55	100	100	87,50	100	100
Su	70	100	53,57	100	29,41	100	50	100
Tarım	96,87	96,87	99,12	94,16	97,93	97,93	98,11	94,54
G.D. (%)	95,75		92,00		93,60		95,20	
K.K.	0,92		0,86		0,89		0,91	

Elde edilen sonuçlara göre, 2006, 2011, 2016 ve 2021 yılları için haritalardaki doğruluk oranları sırasıyla %95,75, %92,00, %93,60 ve %95,20'dir. Kappa katsayısı değerleri de, 0,92, 0,86, 0,89 ve 0,91'dir.

Her LULC sınıfının kapladığı alan Tablo 4' de verilmiştir. Mermer ocakları 2006 yılında 6,68 km<sup>2</sup> alan kaplamaktadır. 2006-2021 yılları arasındaki 15 yıllık periyotta mermer ocakları 20,52 km<sup>2</sup> alan artış göstermektedir. Mermer ocaklarının artışı aynı zamanda tarım arazilerinin 75,3 km<sup>2</sup> alan azalmasıyla ilişkilendirilmiştir. Sulak alanlar, özellikle 2006-2011 yılları arasında önemli bir artış gösterirken, diğer LU/LC sınıflarında ise önemli bir değişim gözlenmemiştir. 2006-2021 yılları arasında LU/LC alanlarının yüzdelik dilime

vurulduğunda (Şekil 5), mermer ocakları %2 artış gösterirken, bitki alanları % 4 artış ve su alanları ise % 3 artış göstermektedir. Tarım alanları, % 11 azalmıştır. Bina alanları ise, yüzde olarak değişim göstermemektedir.

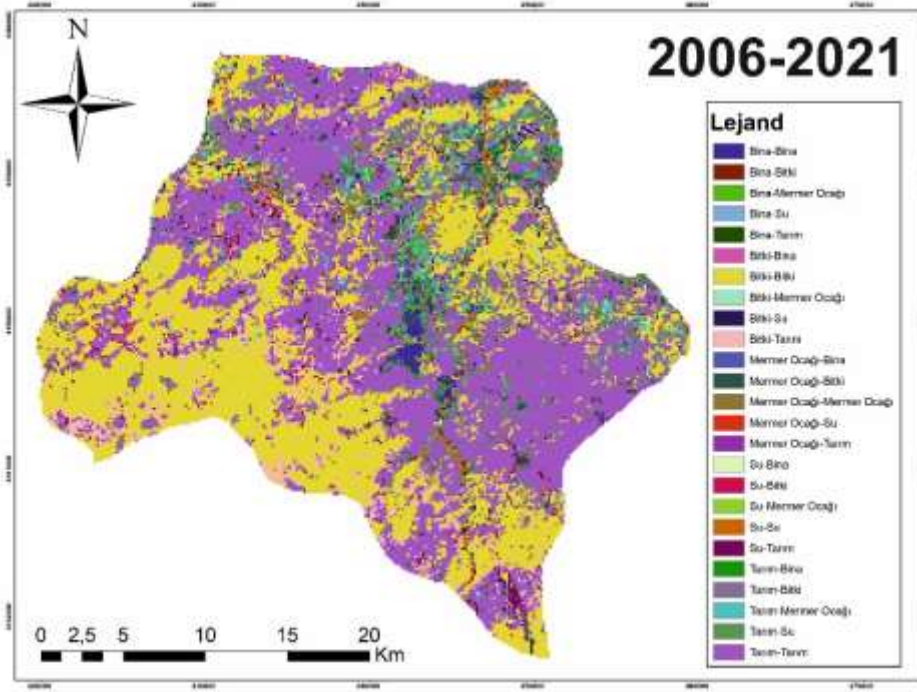
2006-2021 yılları arasındaki değişim haritasında, KB yönünde değişim dikkat çekmektedir. Ayrıca, haritanın KD, B ve D bölgelerinde değişim gösterdiği söylenebilir. Mermer ocaklarının artması, tarım alanlarının azalmasına neden olmaktadır (Şekil 6). Google Earth görüntülerinde görüldüğü üzere, yakın gelecekte Sorgun Deresi ile Karasu Kanyonu, mermer atıklarının olumsuz etkileriyle karşılaşabilecektir (Şekil 7). Mermer alanlarının hızla artması gelecekte şehirleşme ile ilgili önemli bir sorun oluşturabilecektir.

**Tablo 4.** LU/LC sınıflarının alanları

LU/LC	2006	2011	2016	2021
Bina	25,53	21,29	14,99	20,93
Bitki	323,388	341,661	359,935	357,75
MermerOcağı	6,68	15,18	22,25	27,20
Su	30,79	85,21	68,34	55,80
Tarım	407,609	330,66	328,479	332,309



**Şekil 5.** 2006-2021 yılı arasındaki LU/LC sınıflarının değişim yüzdesi.



Şekil 6. 2006-2021 yılları arasındaki LU/LC değişimi.



Şekil 7. Sorgun Nehri ve Karasu Kanyonu'nun Google Earth görüntüsü.

## 5. Sonuç

Bu çalışmada, Bilecik merkez bölgesinde yer alan mermer ocaklarının, 2006-2021 yılları arasında LULC değişimi araştırılmıştır. Uydu görüntüleri, her yıl için DVM algoritması ile sınıflandırılmıştır. Mermer ocaklarının değişimi haritalar ve grafikler yardımıyla ortaya çıkarılmıştır. Bilecik merkez bölgesinde 15 yıllık dönemde mermer ocakları %2 artış göstermiştir. Mermer işletmelerinin artmasıyla birlikte, ocaklardan çıkan katı atıklar genellikle mermer çamuru ve kırık mermer şeklinde olmaktadır. Doğadan çıkarılan mermerlerin çevreye tahribatı hiçbir zaman ekolojik dengeyi

bozmamasına rağmen, ÇED Ön Araştırması'na göre tabii metal içermeyen maddeler sınıfında yer almaktadır. Bu durum, gelecekte katı atık depolama sahalarının yetersiz kalması ile kenti olumsuz anlamda etkileyebilecektir. Sürdürülebilir kent anlayışında, mermer ocaklarının çevreye zarar vermemesi için yerel yönetimler tarafınca katı atık depolama sahası planlaması yapılmalıdır. Böylelikle, çıkan katı atıkların sanayide agrega yapımında değerlendirilmesi durumunda ülke ekonomisine katkı sağlamakla birlikte çevre kirliliğini azaltıcı bir sonuç doğurabilecektir.

**Katkı Oranı Beyanı**

Yazar(lar)ın katkı yüzdesi aşağıda verilmiştir. Tüm yazarlar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	C.A.	K.U.
K	50	50
T	50	50
Y	50	50
VTI	50	50
VAY	50	50
KT	50	50
YZ	50	50
KI	50	50
GR	50	50
PY	50	50
FA	50	50

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

**Çatışma Beyanı**

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

**Kaynaklar**

Akyazı M, Toprak Ö, Erdoğan T, Karabaşoğlu A, Ursavaş TŞ. 2001. Bilecik yöresi'nin mezozoyik stratigrafisi. Cumhuriyet Üniv Müh Fak Derg, 18(1): 27-48.

Aliyazıcıoğlu K, Beker F, Topaloğlu RH, Bilgilioğlu BB, Çömert R. 2021. Temporal monitoring of land use/land cover change in Kahramanmaraş city. Turkish J Eng, 5(3): 134-140.

Atay Kaya İ, Kut Görgün E. 2020. Land use and land cover change monitoring in Bandırma (Turkey) using remote sensing and geographic information systems. Environ Monit Asses, 192(7): 430.

Awad M, Khanna R. 2015. Support vector machines for classification. Efficient Learning Machines: Theories, Concepts, and Applications for Engineers and System Designers. Apress Berkeley, Online, pp: 39-66.

BEBKA. 2014. TR 41 Bursa Eskişehir Bilecik Bölge Planı 2014-2023 Mevcut Durum Analizi, Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı, Bursa, Türkiye.

Burley TM. 1961. Land use or land utilization? Professional Geographer, 13(6): 18-20.

Corner RJ, Dewan AM, Chakma S. 2014. Monitoring and prediction of land-use and land-cover (LULC) change. Springer, Dordrecht, The Netherland, pp: 75-97.

Cortes C, Vapnik V. 1995. Support vector networks. Mach Learn, 20(3): 273-297. <https://doi.org/10.1023/A:1022627411411> (erişim tarihi: 15 Ocak 2023).

Curebal I, Efe R, Soykan A, Sonmez S. 2014. Monitoring and assessment of hydrological and ecological changes in Lake Manyas. EGU General Assembly Conference, April 27- May 2, 2014, Vienna, Austria, pp: 8910.

Demirci M. 2019. Destek vektör makineleri ve M5 karar ağacı yöntemleri kullanılarak yağış akış ilişkisinin tahmini. Dicle Üniv Müh Fak Derg, 10(3): 1113-1124.

Demirkol C. 1977. Üzümlü-Tuzaklı (Bilecik) dolayının jeolojisi. Türkiye Jeol Bült, 20(1): 9-16.

Erendil M, Kuşçu İ. 1985. 1/100000 Ölçekli Türkiye jeoloji haritası, Bursa, H-23 paftası. Türkiye Jeoloji Veri Tabanı, Jeoloji Etüdüleri Dairesi Başkanlığı, Maden Tetkik ve Arama Genel

Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

Eroskay SO. 1965. Pasalar Bogazi-Golpazari sahasının jeolojisi. IU Fen Fak Mecm, 1965: 3-4.

Görür N, Şengör AMC, Akkök R, Yılmaz Y. 1983. Pontidlerde Neotetisin kuzey kolunun açılmasına ilişkin sedimentolojik veriler. Türkiye Jeol Kurumu Bült, 26(1): 11-20.

Güneş C, Uyguçgil H. 2022. Sakarya Nehri'nin İnhisar (Bilecik) çevresindeki 6 yıllık arazi kullanımı değişiminin uzaktan algılama tabanında incelenmesi. Turkish J Remote Sens GIS, 3(2): 112-125.

Hassan ZU, Shah JA, Kanth TA, Pandit AK. 2015. Influence of land use/land cover on the water chemistry of Wular Lake in Kashmir Himalaya (India). Ecol Proces, 4(1): 1-11.

Ikiel C, Dutucu AA, Ustaoglu B, Kilic DE. 2012. Land use and land cover (LULC) classification using Spot-5 image in the Adapazari Plain and its surroundings, Turkey. Tojsat, 2(2): 37-42.

Jenness J, Wynne JJ. 2005. Cohen's Kappa and classification table metrics 2.0: An ArcView 3. x extension for accuracy assessment of spatially explicit models. Open-File Report OF 2005-1363. Flagstaff, AZ: US Geological Survey. Southwest Biological Science Center, Seattle, WA, US, pp: 86.

Jensen JR. 2007. Remote sensing of the environment: an earth resource perspective. Prentice-Hall, Upper Saddle River, Seattle, WA, US, pp: 97.

Kacır S. 2017. Bilecik mermer sektörü raporu. Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı (BEBKA). URL: <https://bebka.org.tr/> (erişim tarihi: 03 Ocak 2023).

Kaiser MF. 2009. Environmental changes, remote sensing, and infrastructure development: the case of Egypt's East Port Said harbour. Appl Geogr, 29(2): 280-288. DOI: 10.1016/j.apgeo.2008.09.008.

Kavzoğlu T, Çölkesen İ. 2010. Destek vektör makineleri ile uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında kernel fonksiyonlarının etkilerinin incelenmesi. Harita Derg, 144(7): 73-82.

Kumar KS, Bhaskar PU, Padmakumari K. 2015. Application of land change modeler for prediction of future land use land cover: a case study of Vijayawada City. Int J Adv Technol Eng Sci, 3(1): 773-783.

Lillesand T, Kiefer RW, Chipman J. 2015. Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons, New York, NY, US, pp: 736.

Lillesand TM, Kiefer RW. 1999. Remote sensing and image interpretation. Wiley, New York, NY, US, pp: 760.

Lo CP, Choi J. 2004. A hybrid approach to urban land use/cover mapping using Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) images. Int J Remote Sens, 25(14): 2687-2700.

Lo CP. 1986. Applied remote sensing. Longman, London, UK, pp: 393.

Masser I. 2001. Managing our urban future: the role of remote sensing and geographic information systems. Habitat int, 25(4): 503-512.

Mondal A, Kundu S, Chandniha SK, Shukla R, Mishra PK. 2012. Comparison of support vector machine and maximum likelihood classification technique using satellite imagery. Int J Remote Sens GIS, 1(2): 116-123.

MTA. 2010. Bilecik İli Maden haritası. URL: [https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden\\_otansiyel\\_2010/Bilecik\\_Madenler.pdf](https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden_otansiyel_2010/Bilecik_Madenler.pdf) (erişim tarihi: 15 Ocak 2023).

Rawat JS, Kumar M. 2015. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. Egyptian J Remote Sens Space Sci, 18(1): 77-84.

Thanh Noi P, Kappas M. 2017. Comparison of random forest, k-nearest neighbor, and support vector machine classifiers for



- land cover classification using Sentinel-2 imagery. *Sensors*, 18(1): 18.
- Tüysüz O, Yiğitbaş E. 1994. The Karakaya basin: a Palaeo-Tethyan marginal basin and its age of opening. *Acta Geol Hungarica*, 37(3-4): 327-350.
- Uncu L, Karakoca E. 2021. Antropo-jeomorfolojik bir yaklaşımla Bilecik (Merkez ilçe) taş ocaklarının mekânsal ve zamansal değişimi. *Türk Coğrafya Derg.* (77): 119-130.
- Vapnik V. 1998. The support vector method of function estimation. Springer, Boston, MA, US, pp: 55-85.
- Vapnik V. 2000. SVM method of estimating density, conditional probability, and conditional density. *IEEE ISCAS*, 2: 749-752.
- Wu J, Zhang C, Xue T, Freeman B, Tenenbaum J. 2016. Learning a probabilistic latent space of object shapes via 3D generative-adversarial modeling. In *Proceeding of 29<sup>th</sup> Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2016)*, December 5-10, Barcelona, Spain, pp: 1-11.
- Xian G, Crane M. 2005. Assessments of urban growth in the Tampa Bay watershed using remote sensing data. *Remote Sens Environ*, 97(2): 203-215.
- Xiao X, Boles S, Froking S, Li C, Babu JY, Salas W, Moore B. 2006. Mapping paddy rice agriculture in South and Southeast Asia using multi-temporal MODIS images. *Remote Sens Environ*, 100(1): 95-113.
- Yang X, Lo CP. 2002. Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area. *Int J Remote Sens*, 23: 1775-1798.
- Yanılmaz E. 1980. 1/100.000 Ölçekli Türkiye sayısal jeoloji haritası, Adapazarı, H-24 paftası. Türkiye Jeoloji Veri Tabanı, Jeoloji Etüdüleri Dairesi Başkanlığı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Yurdakul M. 2020. Natural stone waste generation from the perspective of natural stone processing plants: An industrial-scale case study in the province of Bilecik, Turkey. *J Cleaner Prod*, 276: 123339.