

Antropojenik Jeomorfoloji Yaklaşımı ile Marmara Adası'nda Mermer Ocaklarından Kaynaklı Değişimlerin Analizi

Analysis of Changes Caused by Marble Quarries in Marmara Island with Anthropogenic Geomorphology Approach

Murat UZUN 

Marmara Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Göztepe Yerleşkesi, İstanbul, Türkiye



Bu çalışma 3. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

This study was presented at the 3rd Istanbul International Geography.

Geliş Tarihi/Received: 18.07.2023

Kabul Tarihi/Accepted: 01.12.2023

Yayın Tarihi/Publication Date: 27.12.2023

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:
Murat UZUN
E-mail: murat.uzun@marmara.edu.tr

Cite this article as: Uzun, M. (2023). Analysis of changes caused by marble quarries in Marmara Island with anthropogenic geomorphology approach. *Eastern Geographical Review*, 28(50), 75-87.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

ÖZ

Geçmişten günümüze insanoğlunun artan talepleri neticesinde doğal ortam koşulları ile olan etkileşim ve bu ortamlar üzerindeki antropojenik baskı farklı boyutlara ulaşmıştır. Antropojenik kökenli meydana gelen bu baskılar jeomorfolojik süreç ve birimlerde değişimlere yol açabilmektedir. Belirtilen kapsamda bu çalışmada Marmara Adası'ndaki mermer ocaklarından kaynaklı değişimler antropojenik jeomorfoloji yaklaşımı ile analiz edilmiştir. Çalışmada 1975–2020 yılları arası beşer yıllık periyotlar halinde ve 2022 yılına ait uydu görüntülerinden mermer ocaklarındaki değişimin zamansal ve alansal boyutları tespit edilmiştir. Daha sonra 1985 ve 2022 yılları uydu görüntülerine Normalleştirilmiş Bitki Fark İndeksi, Normalleştirilmiş Yapay Alan Farkı İndeksi, Normalleştirilmiş Geçirimsiz Yüzey İndeksi analizleri yapılarak antropojenik değişimin boyutu saptanmıştır. 2022 yılı uydu görüntüsü üzerinden ise adanın yer yüzeyi sıcaklığı tespit edilmiştir. Elde edilen bütün bulgular korelasyona tabi tutulmuş ve tekrar analiz edilerek değişim verileri nokta bulutuna dönüştürülmüştür. Daha sonra bu veriler düzenlenmiş, IDW yöntemi ile enterpole edilerek Marmara Adası'nın antropojenik kaynaklı rölyef değişim modeli oluşturulmuştur. Marmara Adası'nın kuzeyinde son 47 yılda 2,5 artışla doğu-batı yönünde genişleyen mermer ocakları sahasında topoğrafya ortalama 4,3 metre değiştirilmiştir. En yüksek değişim boyutunun 32 metreye ulaştığı mermer ocakları sahasında yer yüzeyi sıcaklığının adadaki diğer arazi kullanım sahalarına göre 1,2°C artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Antropojenik jeomorfoloji, coğrafi bilgi sistemleri, uzaktan algılama, Marmara Adası

ABSTRACT

As a result of the increasing demands of human beings from the past to the present, the interaction with the natural environment conditions and the anthropogenic pressure on these environments have reached different dimensions. These pressures of anthropogenic origin can also lead to changes in geomorphological conditions and elements. In this study, the changes originating from the marble quarries in Marmara Island were analyzed with the anthropogenic geomorphology approach. In the study, the temporal and spatial dimensions of the change in marble quarries were determined in five-year periods between 1975 and 2020 and from satellite images of 2022. Then, the extent of anthropogenic change was determined by analyzing the Normalized Vegetation Difference Index, Normalized Artificial Area Difference Index, and Normalized Impervious Surface Index on the satellite images between 1985 and 2022. The ground surface temperature of the island was determined from the 2022 satellite image. All the data obtained were correlated and reanalyzed, and the change data were converted into point cloud data. Then, these data were interpolated with the modified IDW method, and the anthropogenic-sourced relief change model of Marmara Island was created. In the area of marble quarries, which have expanded in the east-west direction with an increase of 2.5 in the last 47 years in the north of Marmara Island, the topography has changed by an average of 4.3 meters. It has been determined

that the ground surface temperature in the marble quarries area, where the highest change size reaches 32 meters, increased by 1.2°C compared to other sections.

Keywords: Anthropogenic geomorphology, geographic information systems, remote sensing, Marmara Island

Giriş

Geçmişten günümüze doğal ortam koşullarını oluşturan atmosfer, hidrosfer, litosfer ve biyosfer ile beşerî faaliyetler arasında yoğun bir etkileşim ve ilişki bütünü bulunmaktadır. Farklı dönemlerde talep ve ihtiyaçlar doğrultusunda doğal ortam unsurları daima kullanılmış ya da insanoğlunun faaliyetleri, bu koşulların zamansal ve mekânsal unsurlarına göre şekillenmiştir (Goudie, 1993; Uzun, 2020). Ancak insan faaliyetlerinin doğal koşullar üzerindeki baskısının her geçen gün artması ve teknolojik gelişmeler artık antropojenik faaliyetlerin doğanın dinamik sürecine daha fazla etki ettiği yargısını ortaya koymuştur (Cuff, 2008). Bu kapsamda yeni bir jeolojik devir olarak öne sürülen antroposen kavramı aslında birçok bilim dalı içerisinde farklı alanlardaki boşluğu doldurmuş ve üzerine çeşitli analizler yapılmıştır (Brown ve ark., 2017; Ertek, 2017). Antropojenik etkinin doğal unsurların içerisinde jeomorfolojik koşullara, birimlere ve dinamik süreçlere de çok farklı boyutlarda etkisi olmuş ve olmaya devam etmektedir (Szabó, 2010; Li ve ark., 2017). Bu kapsamda jeomorfoloji bilim dalı içerisinde antropojenik jeomorfoloji kavramı ortaya çıkmıştır (Cuff, 2008; Rózsa & Novák, 2011). Yerleşme, sanayi, tarım, ulaşım, turizm, madencilik ve birçok çeşitli antropojenik etken kökeninde geçmişten günümüze jeomorfolojik unsurlar ve topoğrafik yüzey değiştirilmeye çalışılmış (makro veya mikro boyutta) ya da yeniden tanzim edilerek antropojenik faaliyetler tarafından şekillendirilmiştir (Xiang ve ark., 2019). Bu değişim boyutu dünyanın farklı jeomorfolojik birimlerinde çeşitli şekillerde meydana gelmeye devam etmektedir (Byzigiuro ve ark., 2015; Aguilar ve ark., 2020; Henselowsky ve ark., 2021; Pierik, 2021). İnsanoğlunun artan talepleri, genişleyen kentsel alanlar, ulaşım ağlarının artışı, artan madencilik ve turizm faaliyetleri, yeni tarım alanı oluşturma çabası ve yeni kara alanlarının

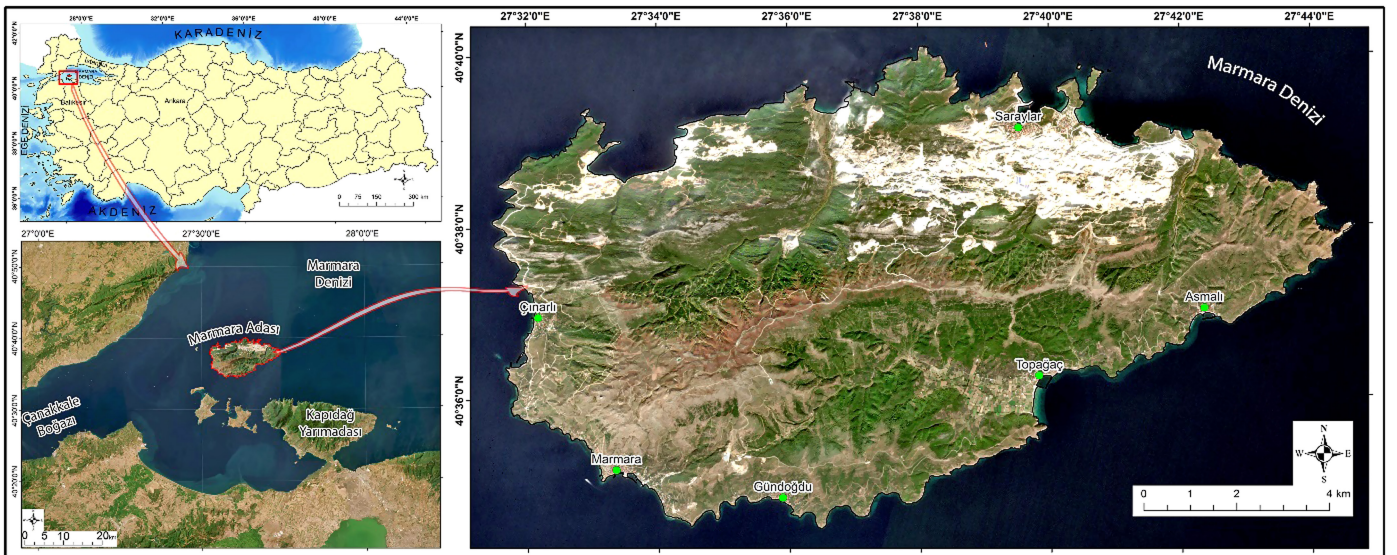
ortaya konması gibi faaliyetler, jeomorfolojik unsur ve süreçlerin değiştirilmesinin ana sebeplerini oluşturmaktadır (Tarolli ve ark., 2019; Cao ve ark., 2020).

Türkiye'de de antik dönemden günümüze insanoğlunun talepleri neticesinde jeomorfolojik unsurlar ve dinamik süreçler antropojenik etki altına girmiştir (Kopar ve ark., 2018; Uzun, 2021). Bu nedenle farklı alanlarda çeşitli antropojenik jeomorfoloji unsurları ortaya çıkmış, rölyef mekânsal, zamansal ve boyutsal olarak değiştirilmiştir. Bu değişim alanlarından biri de Marmara Adası'dır. M.Ö. 3 yy. dan itibaren işletildiği bilinen mermer ocaklarının günümüze kadar gelen değişim ve etkisi rölyef üzerinde farklı boyutlarda ve süreçlerde değişimleri de meydana getirmiştir (Sertkaya Doğan, 2009). Belirtilen kapsam doğrultusunda çalışmada, Marmara Adası'ndaki mermer ocaklarından kaynaklı değişimler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri kullanılarak antropojenik jeomorfoloji yaklaşımı ile incelenmiştir.

Araştırma kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) tekniklerinin etkin kullanılarak uydu görüntüleri üzerinden NDVI, NISI, NDBI analizlerinin yapılması, sahanın 2022 yılı yer yüzeyi sıcaklığının tespit edilmesi ile diğer topoğrafik verilerin ortak birleşiminde yapılan analiz doğrultusunda rölyef değişiminin modellenmesi çalışmanın özgün kapsamını ve antropojenik jeomorfoloji içerisindeki yaygın etki değerini ortaya koymaktadır.

Çalışma Alanının Lokasyonu ve Genel Özellikleri

Çalışma alanı, Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Marmara Denizi'nin G-GB kesimindeki Marmara Takım Adaları'nın alansal olarak en büyük adasıdır. Adanın yüzölçümü 114,68 km²'dir. Coğrafi koordinat sistemine göre Marmara Adası 40°34'–40°40' kuzey

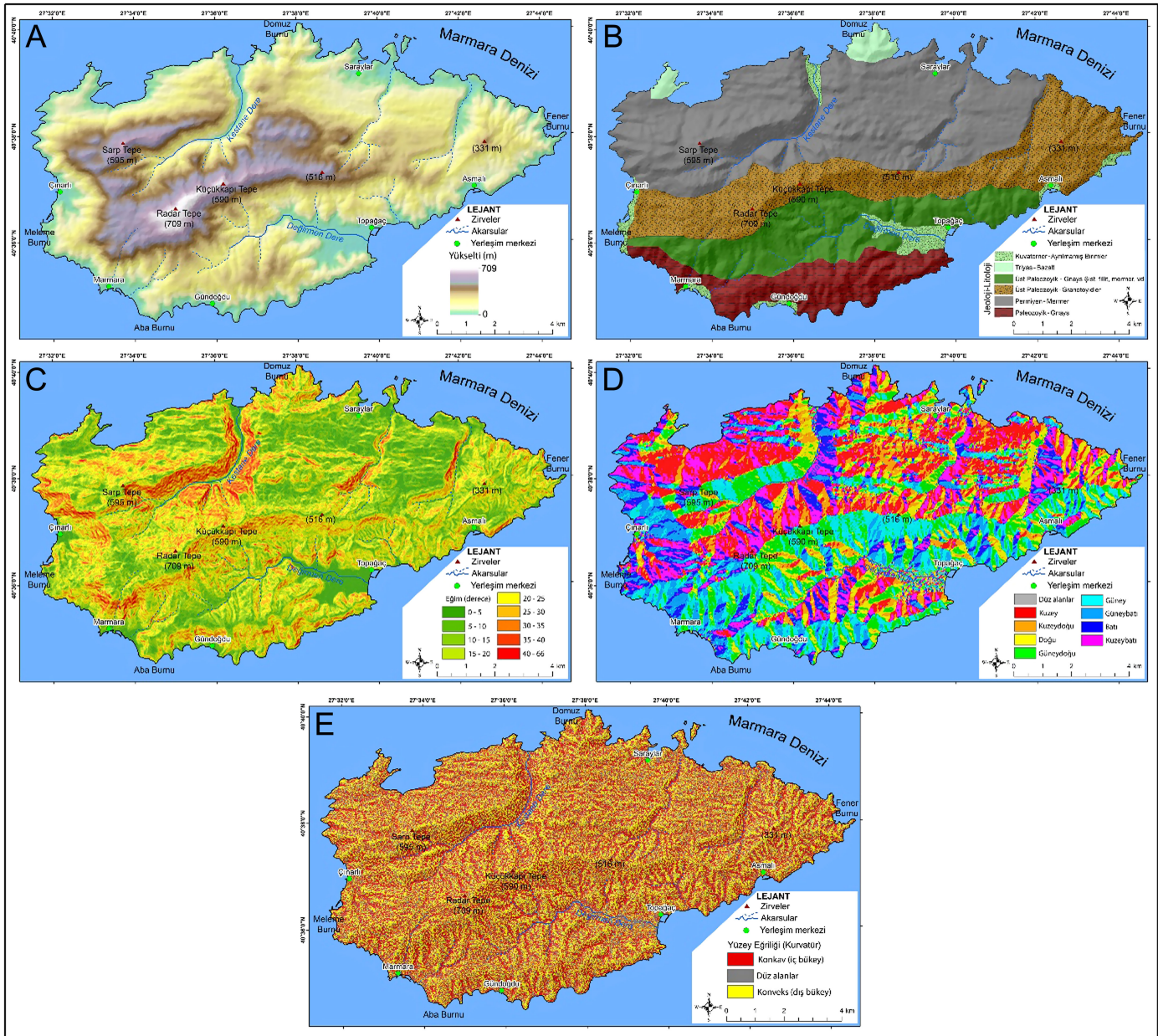


Şekil 1. Marmara Adası'nın lokasyon haritası ve Sentinel uydu görüntüsü (2022).

enlemleri ile 27°30'-27°45' doğu boylamları arasında yer alır (Şekil 1).

Marmara Adası farklı zamanlara ait litolojik birimleri barındırmaktadır. Ada, jeolojik evrimindeki kompleks gelişimler seyretmekte ve neo-tektonik hareketlerle şekillenerek günümüzdeki görünümünü almıştır (Aksoy, 1999; Koç & Gündüz, 2022). Adanın kuzeyinde Permiyen'e ait mermerler metamorfik yapının temelini oluşturur (Şekil 2). Adanın ortasına doğru dokanaklı ve monoklinal yapı gösteren bu litolojik birim Üst Paleozoik granodioritleri ile sınırlandırılmıştır (Aksoy, 1999). Adanın daha güneyinde ise diğer metamorfikleri oluşturan Paleozoik'e ait gnays, şist, fillitler bulunur. Mevsimlik akarsuların ve geçmiş dönemli sedimanların oluşturduğu alüvyonlar en genç birimleri teşekkül eder. Ada neo-tektonik hareketlerle ve östatik etkenlerle son görünümünü

aldığı için en yüksek sahalardan orta kesiminde D-B yönünde uzanmakta ve 700 m seviyesine ulaşmaktadır (Aksoy, 1999) (Şekil 2). Adanın güneyinde Topağaç, Gündoğdu ve Marmara ile kuzeyde Saraylar çevresinde alüvyal düzlükler ve gerilerinde vadiler bulunur. Ada kıyılarının büyük çoğunluğu yüksek ve dik kıyı özelliği gösterirken, mevsimlik akarsu ağızlarında kıyılar alçak özelliktedir (Koç & Gündüz, 2022). Adada, eğim oranı 0°-66° arasında değişirken, en eğimli bölgeler akarsu vadilerinde, adanın batı ve güneyindedir. Marmara geçişi ve Akdeniz iklimi özellikleri adada klimatolojik unsurların temel verilerini oluşturur. Hidrografik olarak mevsimlik akarsuların olduğu (Kestane Dere, Değirmen Dere, Viranköy Deresi, Sallu Dere, Yanar Dere vd.) adanın büyük toprak gruplarını kahverengi orman toprakları, kireçsiz kahverengi orman toprakları, kolüvyal topraklar ve kireçsiz kahverengi topraklar oluşturur (Sertkaya Doğan, 2009).



Şekil 2.

Marmara Adası'nın A) sayısal yükselti modeli B) jeoloji haritası (MTA'dan faydalanılarak) C) eğim, D) bakı, e) yüzey eğriliği (kuvatür) haritaları.

Adanın yerleşme tarihi antik döneme kadar uzanmakta ve bu zamanda adada mermer ocaklarının işletildiği bilinmektedir (Sertkaya Doğan, 2009). Balıkesir iline bağlı Marmara takım adalarının tamamını içine alan Marmara ilçesinin 2022 yılı nüfusu 10,601 kişi iken Marmara Adası'nın 2022 yılı nüfusu 4111 kişidir. Günümüzde madencilik, turizm ve tarım odaklı ekonomik coğrafya yapısına sahip adada yazın turizm faaliyetleri ile nüfus ve antropojenik baskı artmaktadır. Adanın kuzey kesimi mermer ocaklarının temel yayılım alanı iken adanın güney kesimi turizm ve tarım alanların hâkim olduğu sahayı oluşturur.

Yöntem

Çalışmanın amacı, geçmişten günümüze mermer ocaklarının bulunduğu Marmara Adası'nda bu faaliyetten kaynaklı topoğrafik değişimleri antropojenik jeomorfoloji kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri kullanarak analiz etmektir.

Araştırmada materyal olarak, Harita Genel Müdürlüğü'nden alınan 1 : 25,000 ölçekli topografya paftaları, MTA'dan 1 : 100,000 ölçekli jeoloji haritası, United States Geological Survey'den (USGS) Landsat uydu görüntüleri, Copernicus'dan Sentinel uydu görüntüsü, Google Earth Engine ve Pro arazi ve uydu görüntüsü verileri ile daha önce yapılmış çalışmalarda yazılı-basılı kaynaklar, fotoğraflar ve arazi çalışması sonucu elde edilen bulgular kullanılmıştır.

Çalışmada ilk olarak Marmara Adası'nın topoğrafik verileri (yükseleti, eğim, baki, yüzey eğriliği) ve jeoloji haritaları üretilmiştir. Daha sonra USGS'den 1975–2020 yılları arasında 5 yıllık periyotlar halinde ve 2022 yılına ait uydu görüntüleri temin edilmiştir (Tablo 1 ve Şekil 3). Daha yüksek çözünürlüklü Sentinel 2A uydu görüntüsü de çalışmada kullanılmak üzere temin edilmiştir. ArcGIS yazılımı kullanılarak uydu görüntülerinin ön işlem düzenlemeleri yapılmıştır. Daha sonra 1975–2005 arası Red-3, Green-2, Blue-1, 2010–2022 arası Red-4, Green-3, Blue-2 (doğal görünüm şeklindeki) bant kombinasyonları üzerinden sonra kontrollü sınıflandırma yöntemi ile mermer ocakları sahaları tespit edilmiştir. Tespit işleminde her bir periyot için uydu görüntülerinden farklı sayıda referans noktaları kullanılmış ve bunlar daha sonra doğruluk analizine tabi tutulmuştur.

Mermer ocaklarındaki antropojenik faaliyetlerinin neden olduğu topoğrafyadaki değişimlerin mekânsal dağılışının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amacıyla 1985 ve 2022 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri indis analizleri tabii tutulmuştur (Öztürk, 2022; Su ve ark., 2022). Bu indisleri, Normalleştirilmiş Bitki Fark İndeksi (NDVI), Normalleştirilmiş Yapay Alan Farkı İndeksi (NDBI), Normalleştirilmiş Geçirimsiz Yüzey İndeksi (NISI) oluşturmaktadır (Tablo 2).

Araştırmada kullanılan NDVI, NISI ve NDBI analiz sonuçları -1 ve 1 arasında değerlerle ifade edilir. NDVI analizinde değerler 1'e yaklaşırsa bitki yoğunluğunu, değer -1'e yaklaşırsa çıplak yüzeyleri ve mermer ocakları sahası olduğunu ifade eder. NISI analizinde 1'e yakın değerler geçirimsiz yüzeyleri (mermer ocakları ve çıplak yüzey alanlarını), -1'e yakın değerler geçirimli yüzeyleri ortaya koyar (Su ve ark., 2022). NDBI analizinde 1'e yakın değerler yapay ve antropojenik sahaları, -1'e yakın değerler doğal ve bitki örtüsünün yoğun olduğu alanları ortaya koyar (Zha ve ark., 2003).

Çalışmada NDVI, NISI ve NDBI indis analizlerinden sonra 2022 yılı mermer ocaklarının etkisini ve değişim alanlarını ile topoğrafik

değişimin ön bulgusunu tespit etmek amacıyla Yer Yüzeyi Sıcaklığı (YYS) hesaplanmıştır. Yer yüzeyi sıcaklığı hesaplanması için ilk olarak band 10 ve band 11'in radyans değerleri hesaplanmıştır ($L - \lambda = 'gain * DN + 'bias'$) (Giannini ve ark., 2015; Mercan, 2020). Daha sonra parlaklık sıcaklığı dağılışı üretilmiştir ($(Tb = K2 / ln) (K1 / L\lambda + 1)$). Daha sonra parlaklık sıcaklığından Santigrad (°C) sıcaklık haritası oluşturulmuştur (Sobrinho ve ark., 2008; Ünsal & Avcı, 2023). Bunun için sabit bir formül kullanılmıştır ($C = K - 273.15$). Yayınırılık değeri ($\epsilon\lambda = \epsilon\nu\lambda Pv + \epsilon s\lambda (1 - Pv) + C\lambda$) formülü ile hesaplanmıştır (Barbieri ve ark., 2018). NDVI ve Bitki Oranı'nın hesaplanmıştır (Chander & Markham, 2003). Son olarak Marmara Adası'nın yer yüzeyi sıcaklığının ortaya konması için ($Ts = Tb / 1 + (\lambda \times Tb / h \times c / b) \times ln\epsilon\lambda$) formülü kullanılarak YYS haritası üretilmiştir (Avdan & Jovanovska, 2016; Ünsal & Avcı, 2023).

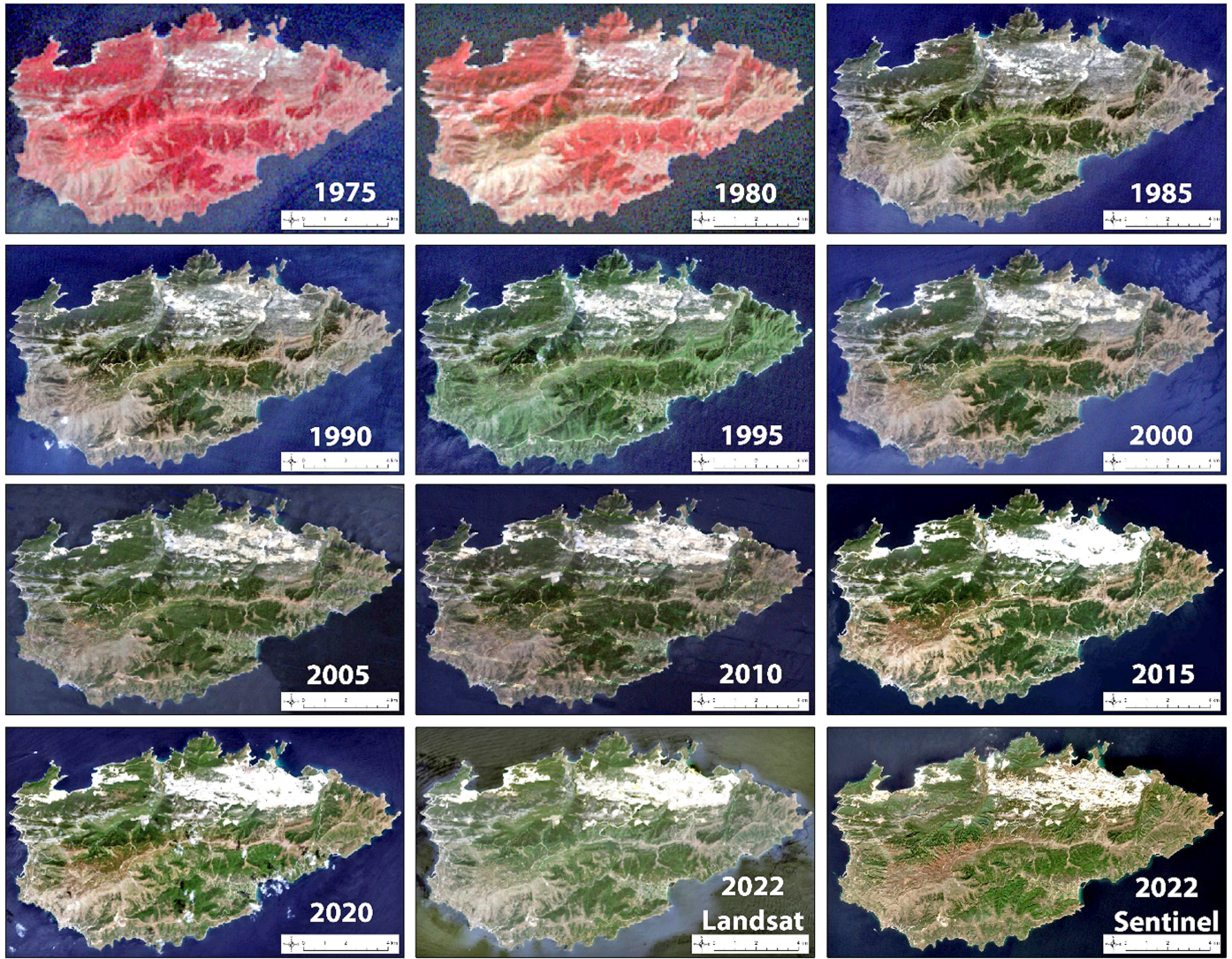
Marmara Adası'nda mermer ocaklarının zamansal ve mekânsal değişim verileri, NDVI, NDBI, NISI analizleri, yer yüzeyi sıcaklık verilerinde değişim durumları analiz edilmiştir. Elde edilen analiz bulguları nokta bulutuna çevrilmiştir (Wu ve ark., 2019; Nie ve ark., 2022). Daha sonra bu veriler 2 ve 3 boyutlu uydu ve hava fotoğrafı sağlayan açık kaynaklı servislerden alınan bulgular ve yapılan ölçümler sonucu manuel şekilde düzenlemeler yapılarak metre cinsine çevrilmiştir. Bütün noktasal veriler ters ağırlıklı mesafe (Inverse Distance Weighting-IDW) yöntemi ile entepole edilmiş ve Marmara Adası'nın mermer ocaklarından kaynaklı antropojenik kökenli topoğrafik değişim modeli oluşturulmuştur (Şekil 4).

Bulgular

Marmara Adası'nda mermer ocaklarının zamansal ve mekânsal değişimi, çalışmada belirtilen tarihler üzerinden kontrollü sınıflandırma yöntemi kullanılarak ortaya konmuştur (Tablo 3). Çalışmadaki analizlere göre adada 1975 yılında 6,2 km² alan kaplayan mermer ocakları, 1980'de 7,7 km², 1985'de 10,3 km², 1990'da 10,4 km², 1995'de 10,7 km², 2000'de 12,1 km², 2005'de 12,2 km², 2010'da 13,6 km², 2015'de 13,7 km², 2020'de 14,7 km² alan kaplamaktadır (Şekil 5 ve 6). Veriler zamansal olarak mermer ocaklarının daima artış gösterdiğini ve belli periyotlar arasında oransal ve alansal olarak artış miktarlarının fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca mermer ocakları 2022 yılı Landsat uydu görüntüsüne göre 15,1 km² alan kaplarken daha yüksek çözünürlüklü (10 m) Sentinel 2A uydusuna göre 2022 yılında 15,8 km² alan kaplamaktadır.

Tablo 1.
Araştırmada kullanılan uydu görüntülerinin özellikleri (USGS, 2022)

Tarih	Uydu	Uydu Türü	Çözünürlük	Bulutluluk
16.07.1975	Landsat 1-5	MSS	60 m	% 0
13.11.1980	Landsat 1-5	MSS	60 m	% 0
27.07.1985	Landsat 4-5	TM	30 m	% 0
07.08.1990	Landsat 4-5	TM	30 m	% 0
01.05.1995	Landsat 4-5	TM	30 m	% 0
25.07.2000	Landsat 7	ETM	30 m	% 0
08.08.2005	Landsat 7	ETM	30 m	% 1
06.08.2010	Landsat 7	ETM	30 m	% 0
12.08.2015	Landsat 7	ETM	15 m	% 0,25
25.08.2020	Landsat 8	OLI	15 m	% 0,76
22.07.2022	Landsat 8	OLI	15 m	% 0,03
27.11.2022	Sentinel	2A	10 m	% 1,2



Şekil 3.

Araştırmada kullanılan uydu görüntüleri (1975–2005 arası Red:-3 Green-2 Blue-1, 2010–2022 arası Red-4 Green-3 Blue-2, doğal görünüm şeklindeki bant kombinasyonları kullanılmıştır).

Marmara Adası'nda 1975–2022 yılları arasında mermer ocaklarında zamansal olarak pozitif yönlü değişim yaşandığı tespit edilmiştir. Meydana gelen değişim mekânsal olarak incelendiğinde, ilk

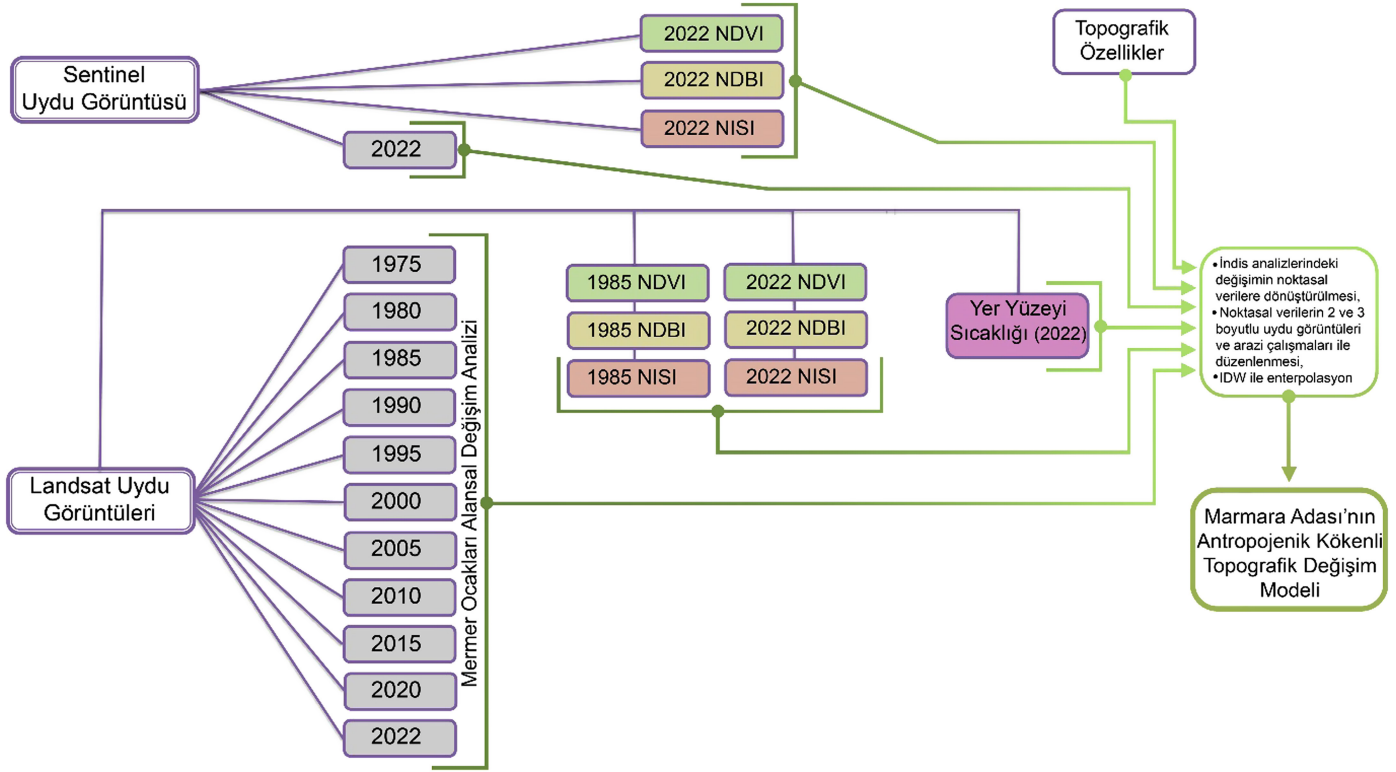
olarak Saraylar yerleşimin kuzeyinde parçalar halinde yoğunlaşan mermer ocakları sahası, 1985 yılı itibarıyla kuzey ve doğu güzerghahında genişlemiştir. 2000 yılında mermer ocaklarının batıdaki

Tablo 2.

Araştırmada kullanılan indisler ve formülleri

İndis Adı		Formülü	Kaynak
Normalleştirilmiş Bitki Fark İndeksi	NDVI	$NDVI = \frac{(P_{NIR} - P_{red})}{(P_{NIR} + P_{red})}$	Myneni ve ark., 1995.
Normalleştirilmiş Yapay Alan Farkı İndeksi	NDBI	$NDBI = \frac{P_{SWIR1} - P_{NIR}}{P_{SWIR1} + P_{NIR}}$	Zha, Gao, & Ni, 2003
Normalleştirilmiş Geçirimsiz Yüzeysel İndeksi	NISI	$NISl = \frac{(P_{blue} + P_{grem} + P_{red}) - P_{NIR}}{(P_{blue} + P_{grem} + P_{red}) + P_{NIR}}$	Su, Tian, Dong, Tian, Wang, & Xi, 2022

Teknik Özellikler-1985 ve 2022 Landsat uydu görüntülerinde: bant 2-blue, bant 3 green, bant 4 red, bant 5 NIR (yakın kızılötesi), bant 6 SWIR 1 (birinci kısa dalga kızılötesi)



Şekil 4.

Araştırmanın iş-akış şeması ve antropojenik kökenli topoğrafik değişim modeli.

körfez kıyılarından itibaren yeni ocak sahasında genişleme gösterdiği ayrıca doğu kesiminde de yeni mermer ocakları sahalarının olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5, 6 ve 7). 2010 ve 2020'li yıllarda batıdaki körfez sahasından iç kesimlere doğru genişleyen mermer ocakları ayrıca güneyde adanın yüksek kesimlerine doğru genişleme kaydetmiştir. 2022 yılı uydu görüntüsüne göre yeni mermer ocakları sahası güney kesimdeki yüksek alanlarda ve adanın batısındaki körfez kıyılarından iç kesimlere doğru genişlemiştir. Mermer ocaklarında meydana gelen mekânsal yönelimler adanın jeolojik-litolojik yapısıyla ve işletim alanlarıyla yakından ilgilidir.

Marmara Adası'nda mermer ocaklarından kaynaklı zamansal ve mekânsal değişim geçmiş dönemli antropojenik baskıya ve deformasyona uğrayan sahalardaki değişimin boyutunun daha yüksek seviyede olmasına da neden olmuştur. Bu durum özellikle adanın kuzeyinde doğu-batı istikametinde meydana gelen mekânsal değişimin topografyada daha büyük ölçekli kazma ve aşındırma

işlemini meydana getirdiğini ortaya koyar. Mermer ocaklarından kaynaklı antropojenik kökenli topoğrafik değişimler, açık maden sahasında güvenlik ve prosedür gereği taraçalı deformasyonların olduğu alanlarda yoğun şekilde gözlemlenmektedir. (Fotoğraf 1). Bu durum topoğrafya üzerinde büyük değişimlerin olduğunu göstermektedir. Özellikle daha eski maden sahası olan ve halihazırda işletilebilir mermer yatakları barındıran alanlarda dar yüksek boyutlu topoğrafik değişimler yaşanmıştır. Bu nedenle mermer sahalарının kıydan güneye doğru belli alanlarda yoğun antropojenik kökenli topoğrafik değişimler yaşanmıştır.

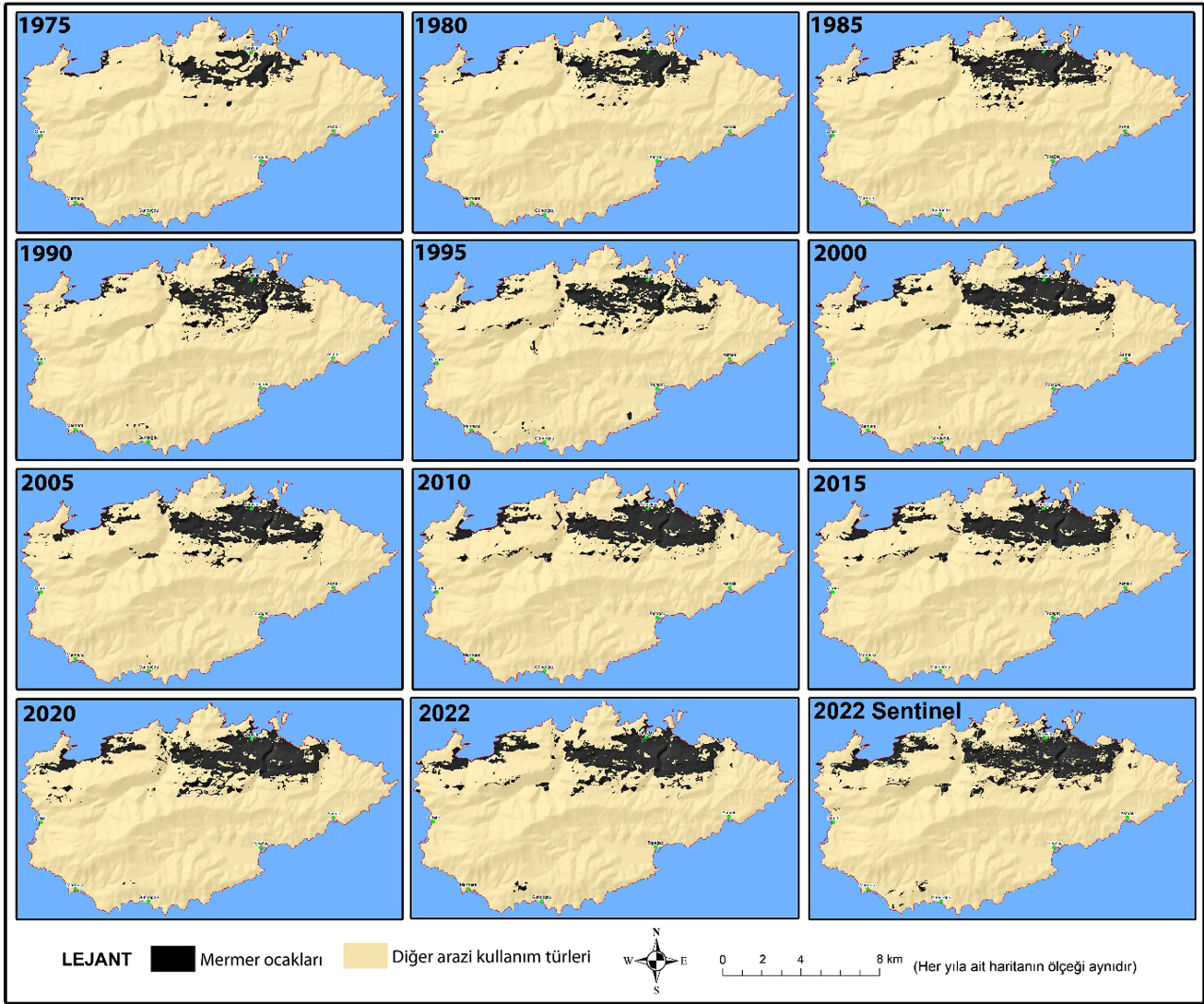
Marmara Adası'nda mermer ocaklarının zamansal ve mekânsal değişimi aynı zamanda adada kapladığı ve etkilediği alanın oransal olarak da değişmesine neden olmuştur. Mermer ocakları, 1975 yılında adanın %5,4'ünü oluştururken, 1980'de %6,7, 1985'de %9,1, 1990'da %9,1, 1995'de %9,3, 2000'de %10,5, 2005'de %10,6, 2010'da %11,9, 2015'de %11,9, 2020'de %12,9 ve 2022 yılında %13,1'lik oranda alan kaplamaktadır (Şekil 6).

Tablo 3.

Araştırmada uydu görüntülerine uygulanan kontrollü sınıflandırmanın doğruluk analizi

Yıl	Referans Nokta Sayısı	Doğru nokta sayısı	Doğruluk Oranı	Yıl	Referans Nokta Sayısı	Doğru nokta sayısı	Doğruluk Oranı
1975	71	56	%80	2005	124	110	%89
1980	76	61	%80	2010	158	143	%91
1985	87	74	%85	2015	163	148	%91
1990	93	81	%87	2020	172	156	%91
1995	105	92	%88	2022 L*	185	170	%92
2000	110	96	%88	2022 S*	193	187	%97

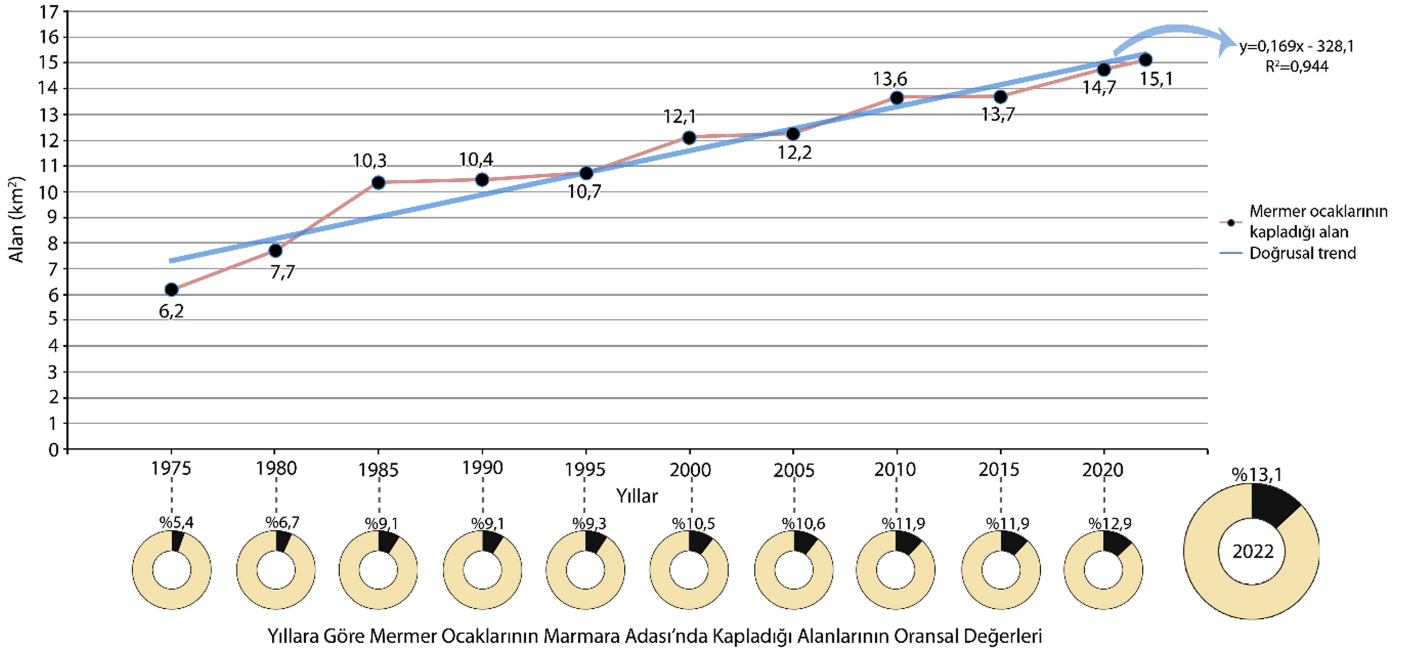
*2022 L Landsat, 2022, S ise Sentinel uydu görüntüsünden elde edilen verilerdir.



Şekil 5.
Marmara Adası'nda mermer ocakları sahasının yıllara göre zamansal ve mekânsal değişimi.



Fotoğraf 1.
Marmara Adası kuzeyindeki (Saraylar çevresi) mermer ocakları sahası ve meydana gelen antropojenik kökenli rölyef değişimi (Web 1, 2 ve 3)

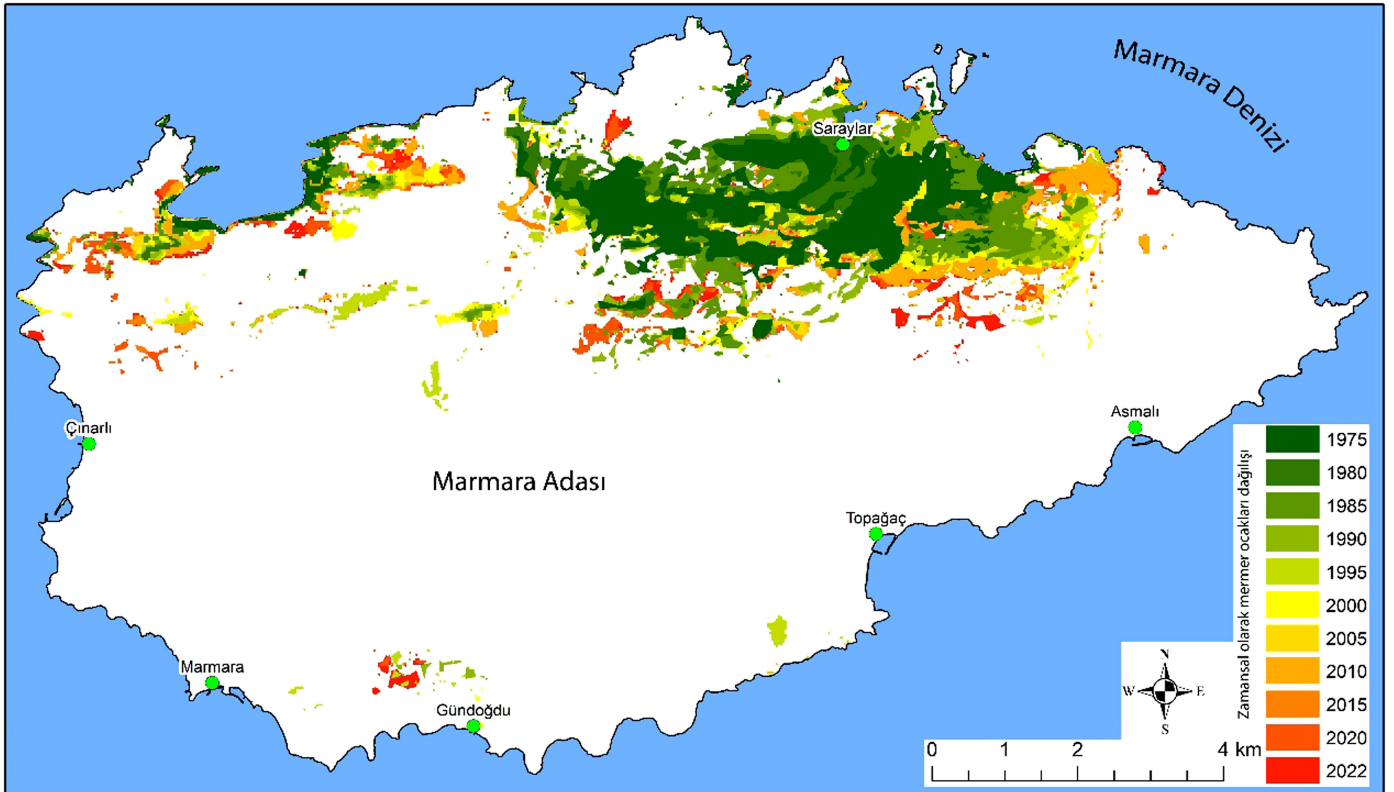


Şekil 6.

Marmara Adası'nda mermer ocaklarındaki zamansal değişimin alansal ve oransal boyutu.

Marmara Adası'nda meydana gelen zamansal değişim sonucu mermer ocakları 1975 yılından 2022 yılına kadar 2,5 kat genişlemiştir. Bu genişlemenin büyük çoğunluğu doğu-batı istikametine yatay ve son yıllarda özellikle adanın batısında ve kuzeyinde yatay ve dikey yönlü arazi örtüsü ve topoğrafik değişimler yaşanmıştır (Şekil 7 ve 8).

Marmara Adası'nda mermer ocaklarının zamansal ve mekânsal değişimi, Normalleştirilmiş Bitki Fark İndeksi (NDVI), Normalleştirilmiş Yapay Alan Farkı İndeksi (NDBI), Normalleştirilmiş Geçirimsiz Yüzey İndeksi (NISI) ile analiz edilmiştir (Şekil 9, 10 ve 11). NDVI analizinde değerlerin -1'e yakın olması NISI ve NDBI analizlerinde ise değerlerin 1'e yakın olması mermer ocakları



Şekil 7.

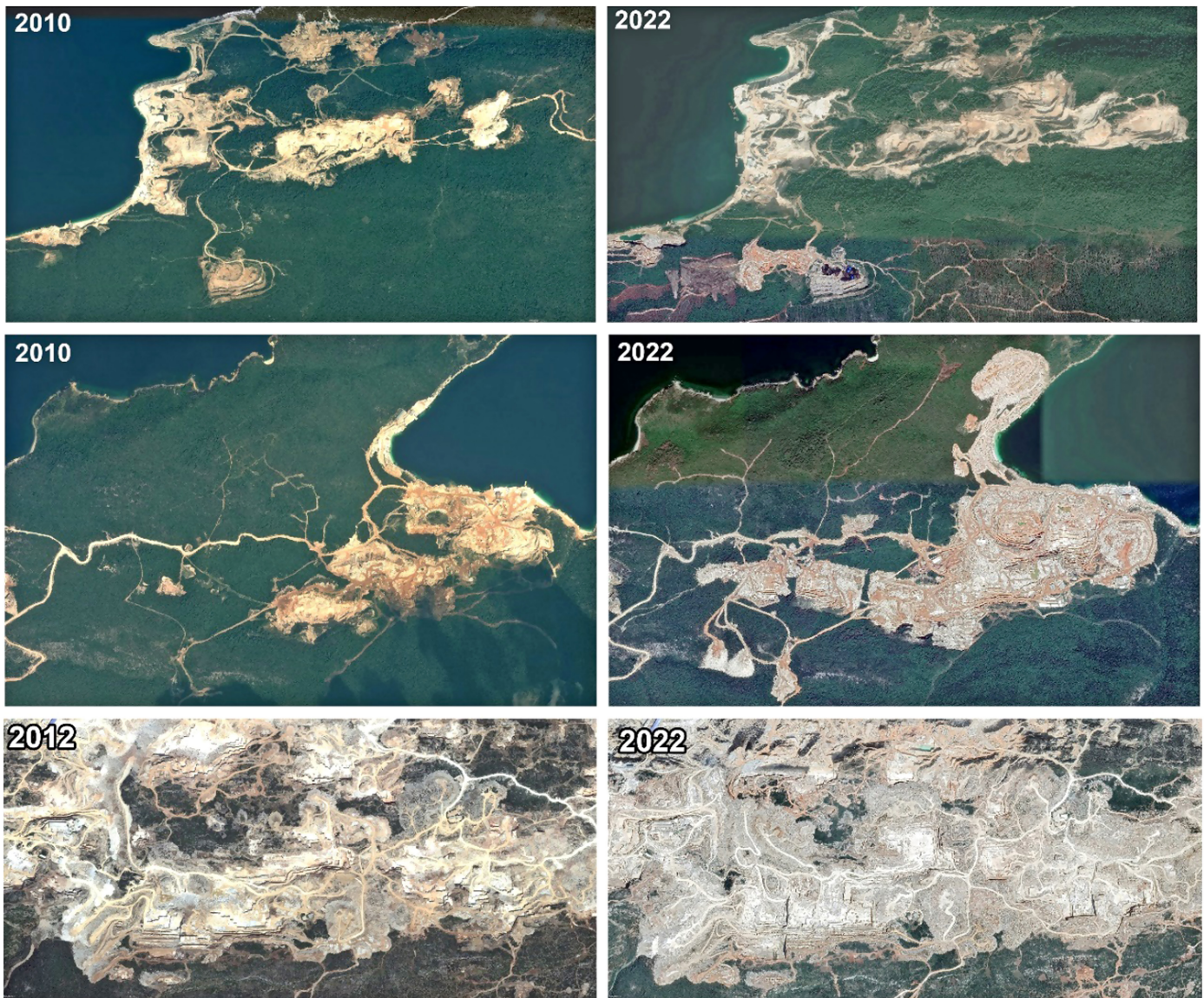
Marmara Adası'nda mermer ocaklarındaki alansal değişimin zamansal boyutu.

sahalarının dağılımını göstermektedir. NDVI analizine göre Marmara Adası'nda mermer ocaklarının kapladığı sahanın 1985 yılından 2022 yılına göre daha belirgin olarak kuzey kesimde yoğunlaştığı anlaşılmaktadır (Şekil 9). Mermer ocaklarının yüzey ve bitki örtüsünü ortadan kaldırması sonucu güneşten gelen ışınların dalga boyu yansımalarının değişmesi NDVI analizinde maden sahalarının daha belirgin olarak tespit edilmesini sağlamıştır.

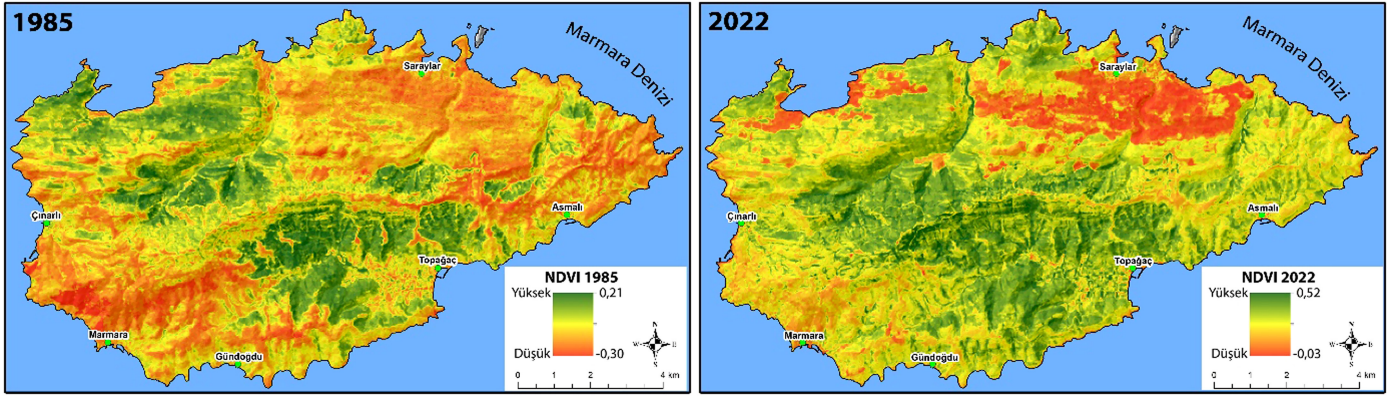
Marmara Adası'nın 1985 ve 2022 yılı uydü görüntülerine uygulanan NDBI ve NISI analizleri, mermer ocaklarının bant görüntülerindeki spektral yansımının farklılaşmasına neden olmuştur. Bu durum 2022 yılında mermer ocakları alanında yapılan antropojenik faaliyetlerin yapay alanı arttırdığı ve geçirimsiz yüzey varlığını genişlettiğini göstermektedir (Şekil 10 ve 11). Özellikle edafik ve floristik örtünün yüzeyden kaldırılması, topografyanın değişmesi sonucu yüzeyin geçirimsizlik düzeyi değişmiştir. Bu durum nedeniyle jeomorfolojik unsurlarda ve dinamik süreçlerde antropojenik olarak değişimler yaşanmıştır.

Topoğrafik yüzeyin değiştirilmesi, arazi örtüsünün kaldırılması sonucu ortaya çıkan litolojik yapının geçirimsiz ve yansayan yapısı nedeniyle yer yüzeyi sıcaklıklarında da değişimler yaşanabilmektedir. Marmara Adası'nda mermer ocaklarından kaynaklı faaliyetlerin topoğrafik değişimlere yol açması yer yüzeyi sıcaklık (YY) dağılımında da etkili olmuştur. Özellikle adanın kuzey kesiminde yoğunlaşan mermer ocakları sahası bakı etkisi nedeniyle güneş radyasyonuna güney yamaçlarından daha az maruz kalmaktadır (Şekil 12).

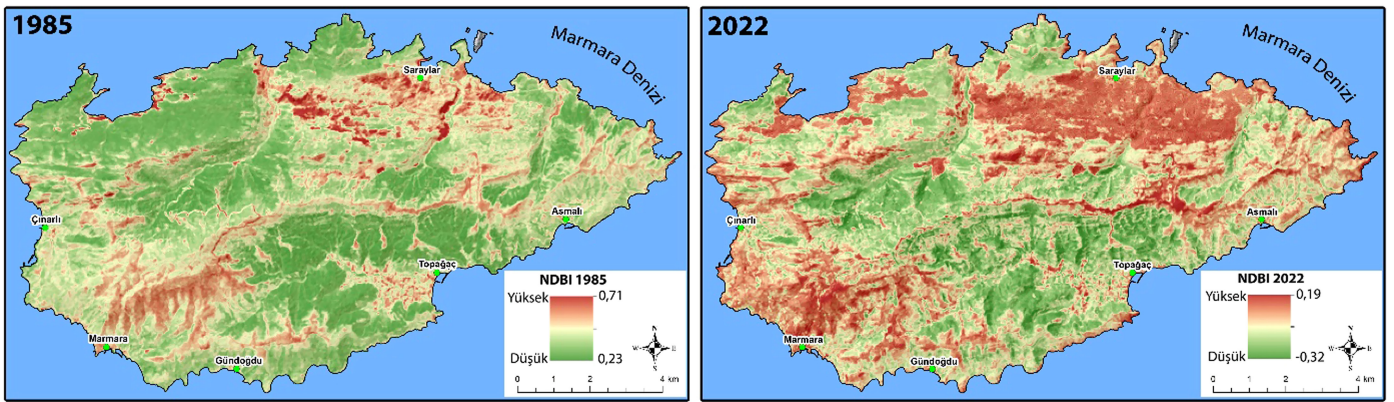
Marmara Adası'nın 2022 yılı YYS haritası incelendiğinde, mermer ocakları sahasında sıcaklıkların kuzey yamaçlara göre daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 12). Adanın bütün kuzey yamaçları ile sadece mermer ocaklarının değişimine uğramış yamaçları arasında antropojenik faktörlerle meydana gelen topoğrafik değişimlerden kaynaklı olarak 1,2°C'lik sıcaklık farkının ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Bu durum maden sahaları, kum taş ocakları, mermer ocaklarında ve bütün açık işletme sahalarında farklı boyutlarda meydana gelmektedir. Marmara Adası'nda da kuzey kesimde



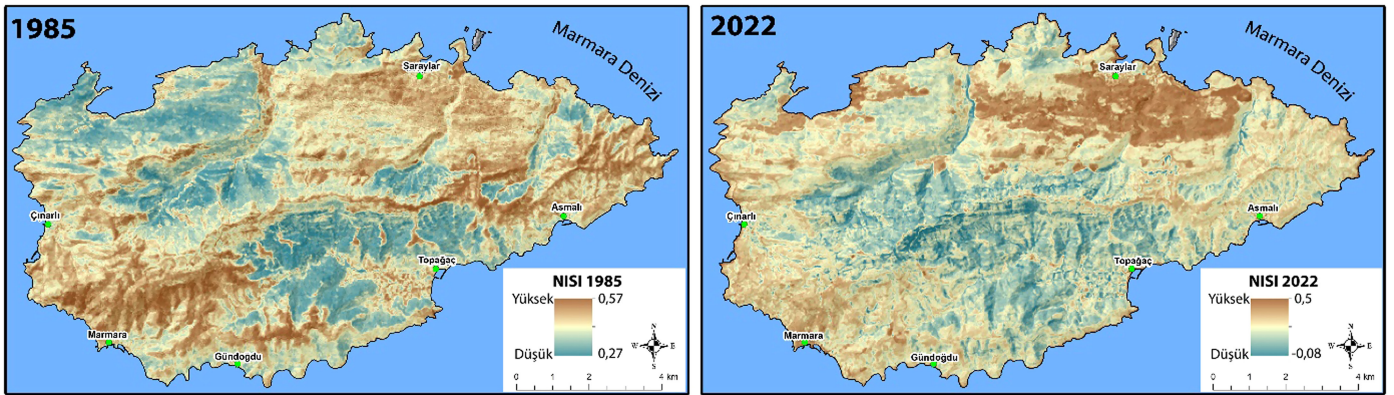
Şekil 8. Marmara Adası'nda mermer ocaklarındaki zamansal ve mekânsal değişim alanlarına örnekler.



Şekil 9.
Marmara Adası'nın 1985 ve 2022 yılları Normalleştirilmiş Bitki Farkı İndeksi (NDVI) analizi.



Şekil 10.
Marmara Adası'nın 1985 ve 2022 yılları Normalleştirilmiş Yapay Alan Farkı İndeksi (NDBI) analizi.



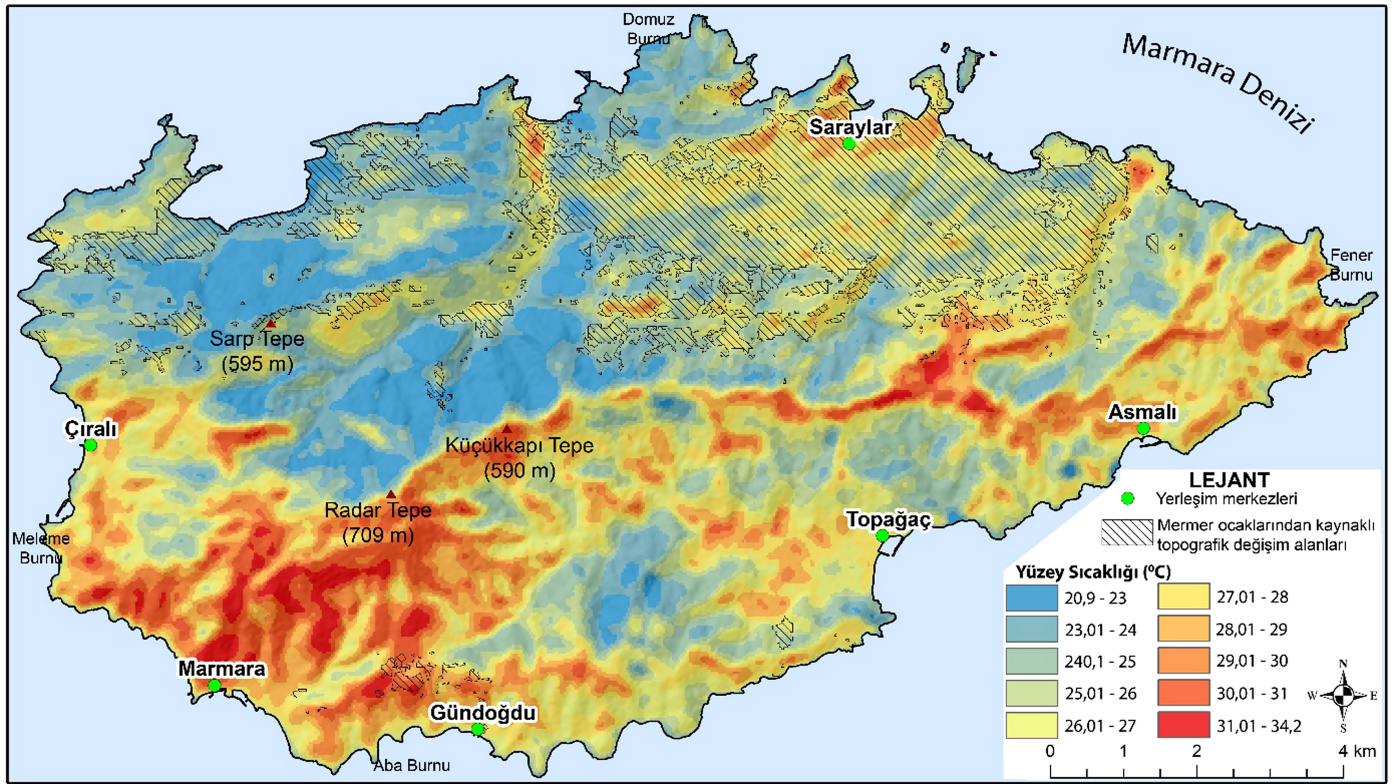
Şekil 11.
Marmara Adası'nın 1985 ve 2022 yılları Normalleştirilmiş Geçirimsiz Yüzey İndeksi (NIS) analizi.

doğu-batı yönde genişleyen mermer ocaklarının yüzeyde meydana getirdiği deformasyon sıcaklığın absorbe edilmesi, tutulması ve yansımaya gibi özelliklerini değiştirdiği için bu durum YYS dağılımına da yansımıştır.

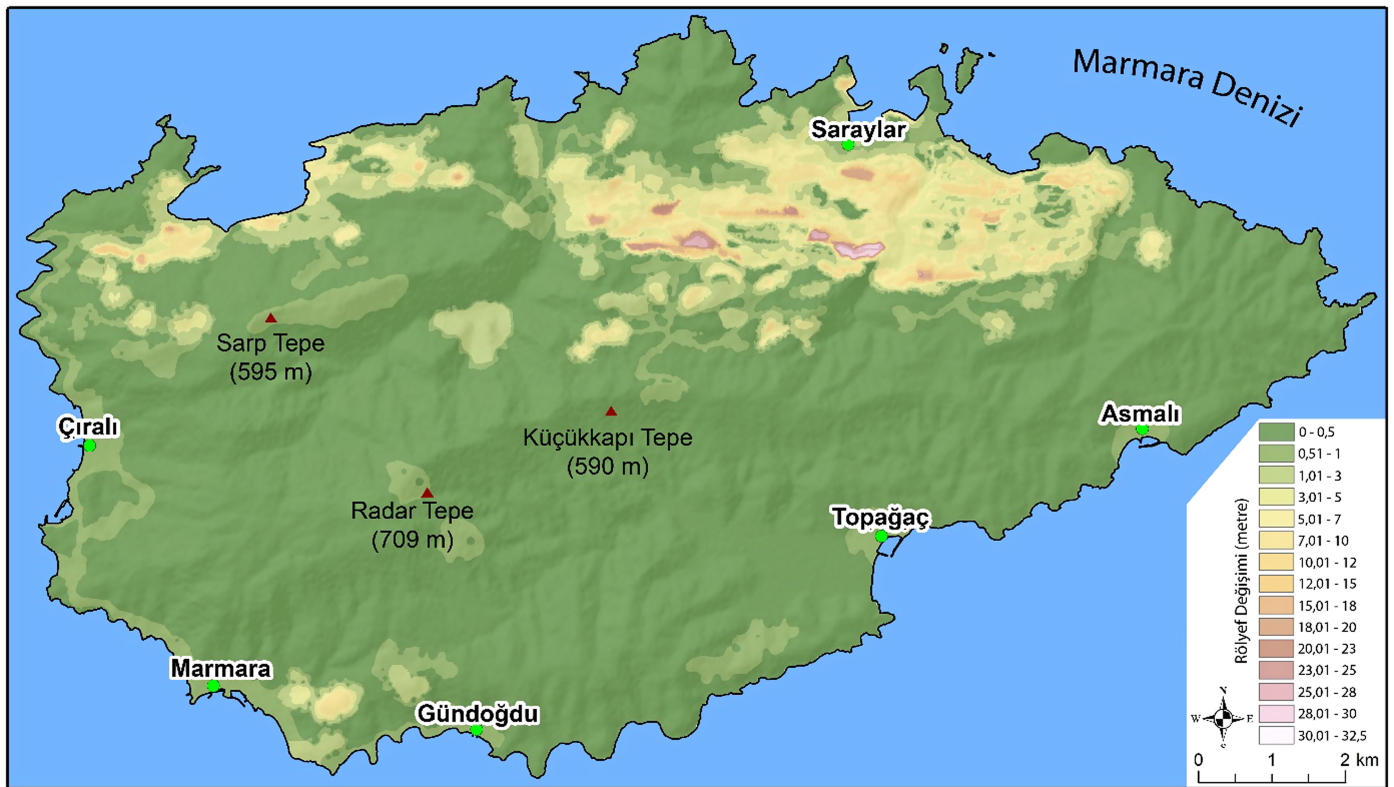
Çalışmadaki bütün analizler kullanılarak farklı yöntemlerin entegrasyonunda ortaya konan topoğrafik değişim modeline göre mermer ocakları sahasında ortalama 4,3 metrelik değişim tespit edilmiştir. Adada mermer ocaklarından kaynaklı değişim boyutu dikey yönlü ve negatif olarak meydana gelmiştir (Şekil 13). En

düşük 1 m, en yüksek 32,5 m'lik değişim saptanmıştır. Özellikle aşındırma faaliyeti yüksek boyutlu topoğrafik değişimlerin oluşmasına neden olurken bazı alanlarda daha düşük boyutlu olarak tesviye-düzleştirme işlemleri meydana gelmiştir.

Topoğrafik değişim modeline göre yüksek boyutlu değişim sahaları mermer ocaklarının güney kesiminde yükselti ve eğimin arttığı alanlarda yoğunlaşmaktadır. Bu sahada D-B yönünde taraçalama ile aşındırmaya maruz kalan rölyef üzerinde derine doğru değişim meydana gelmiştir (Fotoğraf 1).



Şekil 12.
Marmara Adası'nın 2022 yılı yeryüzeyi sıcaklık (YYS) dağılışı.



Şekil 13.
Marmara Adası'nın antropojenik jeomorfoloji kapsamında rölyef değişim dağılışı modeli.

Sonuç

Marmara Adası'nda antik dönemden günümüze mermer ocaklarının varlığı bilinmektedir. Günümüzde de bu saha açık mermer ocakları olarak kullanılmakta ve doğal ortamlarda antropojenik kökenli değişimler meydana gelmektedir. Uydu görüntüleri üzerinden yapılan analizlerde, 1975 yılında adanın %5,4'ü mermer ocakları sahası iken 1990'da %9,1'ini mermer ocakları sahasının oluşturduğu, 2010'da %11,9'unda, 2020'de %12,9'unda mermer ocaklarından kaynaklı antropojenik değişimlerin yaşandığı tespit edilmiştir. 2022 yılı Sentinel uydu görüntüsüne göre mermer ocakları, adada 15,82 km²'lik alan kaplamakta ve toplam ada alanının %13,8'ini oluşturmaktadır. Marmara Adası'nın kuzeyinde genişleyen mermer ocakları sahası ilk olarak Saraylar yerleşmesinin güneyinde D-B yönünde gelişmiş daha sonra adanın kuzeybatısındaki körfez kıyılarından itibaren genişleme göstermiştir. Dolayısıyla bu alanlarda 1985'den 2022' yılına NDVI, NDBI, NISI ve YYS verilerinden belirgin değişimlerin olduğu tespit edilmiştir. Mermer ocakları sahasında arazi örtüsü kaldırılarak bitki formasyonu tahrip edilmiş, antropojenik kökenli yapay alanlar ortaya çıkmış ve geçirimsizlik durumu değişerek bu sahanın geçirimsizliği artmıştır. Bu etkenler aynı zamanda baki açısından kuzey kesimde kalan mermer ocakları sahasında yer yüzeyi sıcaklığının kuzey yamaçlara göre 1,2°C daha yüksek olmasına neden olmuştur. Bu veriler mermer ocakları sahasında farklı boyutlarda, zamansal ve mekânsal ortamda antropojenik kökenli rölyef değişimlerinin yaşandığını ortaya koymaktadır. Bütün verilerin korelasyonu ve entegresinden elde edilen bulgular, adada mermer ocaklarından kaynaklı topoğrafik değişimlerin ortalama 4,3 m boyutunda olduğunu (mermer ocakları sahasında), bazı alanlarda 32 metreye ulaştığını göstermektedir. Antropojenik jeomorfoloji kapsamında adada mermer ocakları işletmelerinin yapay taraçalar oluşturduğu, yamaç yönelimi ve yüzey büküklüğünde değişimlere neden olduğu saptanmıştır. Marmara Adası'nda mermer ocaklarından kaynaklı olarak topoğrafik rölyef üzerinde yoğun şekilde aşındırma işlemi yapılmış ve doğal rölyef görünümü ile jeomorfolojik süreçler değiştirilmiştir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The author declare that they have no competing interest.

Funding: The author declared that this study has received no financial support.

Kaynaklar

- Aguilar, R. G., Owens, R., & Giardino, J. R. (2020). The expanding role of anthropogeomorphology in critical zone studies on the Anthropocene. *Geomorphology*, 366, 1–25. [CrossRef]
- Aksoy, R. (1999). Marmara Adası'nda ilerleyen bölgesel metamorfizma ile tektonik tarihçe arasındaki ilişki. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 42(1), 1–14.
- Avdan, U., & Jovanovska, G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of Sensors*, 2016, 1–8. [CrossRef]

- Barbieri, T., Despini, F., & Teggi, S. (2018). A multi-temporal analyses of land surface temperature using landsat- 8 data and open source software: The case study of Modena, Italy. *Sustainability*, 10(5), 1678–1690. [CrossRef]
- Brown, A. G., Tooth, S., Bullard, J. E., Thomas, D. S. G., Chiverrell, R. C., Plater, A. J., Murton, J., Thorndycraft, V. R., Tarolli, P., Rose, J., Wainwright, J., Downs, P., & Aalto, R. (2017). The geomorphology of the Anthropocene: Emergence, status and implications. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(1), 71–90. [CrossRef]
- Byzigiros, R. V., Raab, T., & Maurer, T. (2015). Small-scale opencast mining: An important research field for anthropogenic geomorphology. *Journal of the Geographical Society of Berlin*, 146(4), 213–231. [CrossRef]
- Cao, W., Sofia, G., & Tarolli, P. (2020). Geomorphometric characterisation of natural and anthropogenic land covers. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7(1), 1–17. [CrossRef]
- Chander, G., & Markham, B. (2003). Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11), 2674–2677. [CrossRef]
- Cuff, D. (2008). Anthropogeomorphology. In D. Cuff & A. Goudie (Eds.), *Oxford companion to global change*. Oxford University Press.
- Ertek, T. A. (2017). Antropojenik jeomorfoloji: Konusu, kökeni ve amacı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 69, 69–79. [CrossRef]
- Giannini, M. B., Belfiore, O. R., Parente, C., & Santamaria, R. (2015). Land surface temperature from landsat 5 TM images: Comparison of different methods using airborne thermal data. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 8(3), 83–90. [CrossRef]
- Goudie, A. (1993). Human influence in geomorphology. *Geomorphology*, 7(1–3), 37–59. [CrossRef]
- Henselowsky, F., Rölken, J., Kelterbaum, D., & Bubbenzer, O. (2021). Anthropogenic relief changes in a long-lasting lignite mining area ('Ville', Germany) derived from historic maps and digital elevation models. *Earth Surface Processes and Landforms*, 46(9), 1725–1738. [CrossRef]
- Koç, D. E., & Gündüz, Z. (2022). Marmara Adası'nda jeomorfolojik birimler ile arazi kullanımı arasındaki ilişki. *Sosyal, Beşerî ve İdari Bilimler Dergisi*, 5(9), 1279–1292. [CrossRef]
- Kopar, İ., Çelik, M. A., & Bayram, H. (2018). Kapadokya volkanik Provensi'ndeki volkan rölyefinin antropojenik degradasyonu üzerine bir analiz. *Türk Coğrafya Dergisi*, 71, 37–46. [CrossRef]
- Li, J., Yang, L., Pu, R., & Liu, Y. (2017). A Review on anthropogenic geomorphology. *Journal of Geographical Sciences*, 27(1), 109–128. [CrossRef]
- Mercan, Ç. (2020). Yer Yüzey sıcaklığının termal uzaktan algılama görüntüleri ile araştırılması: Muş ili örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2), 42–49. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tuzal/issue/57834/787041>
- Myneni, R. B., Hall, F. G., Sellers, P. J., & Marshak, A. L. (1995). The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33(2), 481–486. [CrossRef]
- Nie, X., Hu, Z., Ruan, M., Zhu, Q., & Sun, H. (2022). Remote-sensing evaluation and temporal and spatial change detection of ecological environment quality in coal-mining areas. *Remote Sensing*, 14(2), 345–372. [CrossRef]
- Öztürk, D. (2022). Sentinel-2A MSI ve Landsat-9 OLI-2 görüntüleri kullanılarak farklı geçirimsiz yüzey indekslerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi: Samsun örneği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 31(2), 401–423. [CrossRef]
- Pierik, H. J. (2021). Landscape changes and human-landscape interaction during the first millennium AD in the Netherlands. *Netherlands Journal of Geosciences*, 100, e11. [CrossRef]
- Rózsa, P., & Novák, T. (2011). Mapping anthropogenic geomorphological sensitivity on global scale. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 55(1), 109–117. [CrossRef]
- Sertkaya Doğan, Ö. (2009). *Beşerî coğrafya açısından Marmara Takımadaları*. Çantay Kitabevi.

- Sobrinho, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., Guillem Sòria, M., Luis Guanter, R., Moreno, J., Plaza, A., & Martínez, P. (2008). Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46(2), 316–327.
- Su, S., Tian, J., Dong, X., Tian, Q., Wang, N., & Xi, Y. (2022). An impervious surface spectral index on multispectral imagery using visible and near-infrared bands. *Remote Sensing*, 14(14), 3391. [CrossRef]
- Szabó, J. (2010). *Anthropogenic geomorphology: Subject and system* (J. Szabó, L. David, & D. Loczy, Eds.; pp. 3–10). Springer.
- Tarolli, P., Cao, W., Sofia, G., Evans, D., & Ellis, E. C. (2019). From features to fingerprints: A general diagnostic framework for anthropogenic geomorphology. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 43(1), 95–128. [CrossRef]
- United States Geological Survey. (2022). Earth explorer. <https://earthexplorer.usgs.gov>. (son erişim 12.10.2022)
- Ünsal, Ö., & Avcı, V. (2023). Yer Yüzeyi Sıcaklıkları ile Kentsel Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi: Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin Örneği. *Turkish Journal of Remote Sensing and GIS*, 4(2), 125–150. [CrossRef]
- Ünsal, Ö., Kuzulugil, A. C., Aytatlı, B., & Demircioğlu Yıldız, N. (2023). Alan kullanım türlerinin yer yüzey sıcaklığı verileri ile zamansal değişiminin belirlenmesi (Erzurum kenti örneği). *Kent Akademisi*, 16(2), 1334–1361. [CrossRef]
- Uzun, M. (2020). Anthropogenic geomorphology in the Dilderesi basin (Gebze-Dilovası): Changes, dimensions and effects. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 41, 319–345. [CrossRef]
- Uzun, M. (2021). Antropojenik kaynaklı jeomorfolojik değişimlerin oluşmasındaki faktörlerin coğrafi analizi: Maltepe İlçesi (İstanbul) örneği. *Öneri Dergisi*, 16(56), 389–418. [CrossRef]
- Web 1. <https://altintasmarmarble.com/Sayfa/2/Marmara---Ocak> (son erişim 12.20.2022)
- Web 2. <https://tripinview.com/tr/places/port/52498/turkey-balikesir-marmara-port-marmara> (son erişim 01.22.2023)
- Web 3. <https://kuzeyormanlari.org/2014/09/22/marmara-adasini-41-ocak-bitiriyor/> (son erişim 03.14.2023)
- Wu, Z. L., Lei, S., Lu, Q., & Bian, Z. (2019). Impacts of large-scale open-pit coal base on the landscape ecological health of semi-arid grasslands. *Remote Sensing*, 11(15), 1–21. [CrossRef]
- Xiang, J., Li, S., Xiao, K., Chen, J., Sofia, G., & Tarolli, P. (2019). Quantitative analysis of anthropogenic morphologies based on multi-temporal high-resolution topography. *Remote Sensing*, 11(12), 1–20. [CrossRef]
- Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583–594. [CrossRef]