



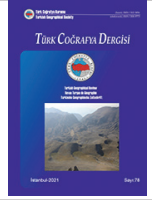
Basılı ISSN 1302-5856

Türk Coğrafya Dergisi

Turkish Geographical Review

www.tcd.org.tr

Elektronik ISSN 1308-9773



Bozdağ'da (Denizli) dolinlerin morfometrik özellikleri¹

*Dolines morphometric properties in Bozdağ (Denizli)*²

Selman Aydın ^a  Kadir Tuncer ^{a*} 

^a Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Burdur, Türkiye.

ORCID: S.A. 0000-0001-8611-4866; ORCID: K.T. 0000-0002-8222-0116

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 22.10.2021

Kabul/Accepted: 27.10.2021

Anahtar Kelimeler:

Bati Toroslar

Bozdağ

Karst jeomorfolojisi

Dolin morfometrisi

Plato karstı

Keywords:

Western Taurus

Bozdağ

Karst geomorphology

Doline morphology

Plateau karst

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(K. Tuncer) tunkadir@gmail.com

DOI: 10.17211/tcd.1013232



Atf/Citation:

Aydın, S., & Tuncer, K. (2021). Bozdağ'da

(Denizli) dolinlerin morfometrik özellikleri.

Türk Coğrafya Dergisi, (78), 33-48.

<https://doi.org/10.17211/tcd.1013232>

ÖZ / ABSTRACT

Bozdağ, Akdeniz bölgesinin Antalya bölümünde ve Denizli il sınırları içinde yer almaktadır. 78.6 km² alana sahip çalışma alanı tektonik olarak doğudan Acıpayam, batıdan Barz fayı ve güneyden Beyağaç fayı ile sınırlanmış bir horst özelliğindedir. Kırıklı ve tabakalı yapıya sahip alanda lapa, dolin, uvala, paleo vadi ve flüvyo-karstik vadi şekilleri gelişmiştir. Çalışma alanının relief sistemlerini Alt-Orta Miyosen, Üst Miyosen, Pliyosen ve Pleistosen dönemlerine ait yüzeyler oluşturmaktadır. Sahanın düşük eğimli alanları plato yüzeyinde bulunan Alt-Orta Miyosen relief sistemlerine karşılık gelmektedir. Bu alanlar dolinlerin yoğun bir şekilde görüldüğü yerlerdir. Çalışma sahasını karst jeomorfolojisi açısından incelemek, tektonik ve jeomorfolojik gelişimini açıklamak, alanda bulunan dolinlerin morfometrik özelliklerini belirlemek çalışmanın amacını oluşturmaktadır. 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından yararlanılarak 212 dolin tespit edilmiş ve bu dolinlerin kantitatif açıdan açıklanması amacıyla dolinlerin morfometrik özellikleri hesaplanmıştır. 1470 metre ile 2370 metre arasında dağılım gösteren dolinlerin ortalama yükseltisi 1996 metredir. Bu karstik şekiller düşük ve orta yoğunluk sınıfında bulunmaktadır. Dairesellik indisinin ortalama değeri 1,21 olan dolinler, dairesellik formunu kaybetmiştir. Dolinlerin, en fazla (94 dolin) dağılım gösterdiği eğim aralığı 15° ile 20° arasında orta eğimli alanlardır. Uzun eksen yönelimleri D-B yönündedir ve bu yönelimler KD-GB yönelimli süreksizlikler ile uyum göstermemektedir.

Bozdağ is located in the Antalya part of the Mediterranean region and within the borders of Denizli province. The study area, which has an area of 78.6 km², has a horst feature, tectonically bounded by the Acıpayam faults from the east, the Barz faults from the west, and the Beyağaç faults from the south. Lapias, doline, uvala, paleo valley and fluvio-karstic valley forms have developed in the area, which has a fractured and layered structure. The relief systems of the study area consist of surfaces belonging to the Lower-Middle Miocene, Upper Miocene, Pliocene and Pleistocene periods. The low sloping areas of the field correspond to the Lower-Middle Miocene relief systems on the plateau surface. These areas are places where dolines are seen intensely. The aim of the study is to examine the study area in terms of karst geomorphology, to explain its tectonic and geomorphological development, to determine the morphometric features of the dolines in the area. 212 dolines were determined by using the 1/25.000 scaled topography maps and the morphometric characteristics of these dolines were calculated in order to explain these dolines quantitatively. The average elevation of the dolines, which are distributed between 1470 meters and 2370 meters, is 1996 meters. These karst shapes are in low and medium density class. Dolines with an average value of 1.21 for the circularity index have lost their circularity form. Dolines are medium-sloping areas between 15° and 20° with a maximum distribution (94 dolines). The long axis orientations are in the E-W direction and these orientations are not consistent with the NE-SW directed discontinuities.

¹ Bu makale Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilen "Bozdağ'da (Denizli) Karstik Şekillerin Morfometrik Özellikleri ile Oluşumu ve Gelişimi" başlıklı tezden yararlanılarak üretilmiştir.

² This article was produced by making use of the thesis titled "Morphometric Properties and Development of Karst Shapes in Bozdağ (Denizli)", which was accepted as a master's thesis at Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Institute of Social Sciences, Department of Geography.

Extended Abstract

Introduction

Located in the Antalya part of the Mediterranean region, Bozdağ is under the influence of Mediterranean humid climatic conditions. Lapias, doline, uvala, paleo valley and fluvio-karst valley shapes have developed from karst shapes in Bozdağ, which consists of carbonate layers of Lycian nappes suitable for dissolution. The study area, which has an area of 78.6 km², was tectonically bounded by Acıpayam fault from the east, Barz fault from the west and Beyağaç fault from the south, uplifted as a horst and took its present shape with the block movements in Plio-quaternary. The relief systems of the study area consist of surfaces belonging to the Lower-Middle Miocene, Upper Miocene, Pliocene and Pleistocene periods. The low sloping areas of the field correspond to the Lower-Middle Miocene relief systems on the plateau surface. In addition, dolines are seen intensively in these areas. In order to quantitatively explain the dolines, which are macro karstic shapes, 1/25.000 scale topographic maps were used, and 212 dolines were identified. The detected dolines were digitized on the GIS base and morphometric analyzes of the dolines were made.

Data and Method

1/100.000 scaled geological maps and 1/25.000 scaled topography maps were used to explain the morphometric features, formation and development of the karstic shapes in Bozdağ. The obtained maps were digitized on the GIS base and the geological map and elevation map were created. Mineralogical, petrographic and porosity analyzes were performed with sample rocks taken from 5 different geological formation during the field study. Considering the top closed contour curve of 212 dolines determined from topographic maps, they were digitized (Day, 1983; Denizman, 2003; Öztürk et al., 2016; Öztürk et al., 2017b; Öztürk et al., 2018a; Öztürk et al., 2018b; Öztürk, 2018a; Poyraz et al., 2021) and their morphometric analyzes were performed. In this context, the central X and Y coordinate values of the dolines were determined. Lithology, elevation, slope values and density analysis were calculated for the determined points. The grid method (Öztürk et al., 2015; Öztürk, 2018a) was used to determine the slope characteristics and doline densities of the area. Accordingly, the average slope value (°) of each 1 km² area was calculated and the slope degrees corresponding to the dolines were obtained. The density of doline was calculated as the number of dolines per km² (doline/km²) (Öztürk et al., 2016; Öztürk et al., 2017b; Öztürk et al., 2018a; Öztürk et al., 2018b; Öztürk, 2018a; Öztürk, 2018b; Poyraz et al., 2021; Şimşek et al., 2019) and are classified according to Faivre and Pahernik (2007) (Table 1). The circularity index (Ic) (Goudie, 2003; Öztürk, 2018b) was calculated by creating the area (A) and perimeter (P) data sets of the polygonally digitized dolines (Formula 1). The long axis and short axis values of the dolines were also created and the elongation ratio (R_E) (Formula 2) was calculated by dividing the long axis by the short axis (Basso et al., 2013; Öztürk et al., 2018a; Öztürk, 2018b). The results of the elongation ratio of dolines are classified according to Basso et al. (2013) (Table 2). The angle (azimuth angle-α) value of the long axis with the north was used to determine the orientation characteristics of the dolines (Öztürk vd.,

2018a). Since there is no meteorology station in the study area, 50 years (1960-2010) climate maps data created by Fick and Hijmans (2017) were used to explain the climatic conditions of the area.

Results and Discussion

Located in a complex region between the Menderes massif and the Taurus Mountains, Bozdağ is bounded by the Acıpayam faults in the east, the Beyağaç faults in the south and the Barz faults in the west. The area, which was compressed and deformed until the end of the Late Miocene, experienced the first block faulting at the end of the Miocene and the beginning of the Pliocene. In the Plio-quaternary, the second block, which took its current shape, was faulted. Structural and morphological surfaces formed by the neo-tectonic regime show that the horst in the tectonic zone reached its present dimensions in the Pleistocene. Relief systems of Lower-Middle Miocene, Upper Miocene, Pliocene and Pleistocene periods are located between 1200 and 2400 meters in the area. Bozdağ consists of the carbonate rocks of the Lycian nappes, which gained their current position during the Laramian phases (Late Cretaceous-Early Miocene). Karst shapes have developed in the area, which has carbonate rocks in terms of lithology, with the effect of the Mediterranean humid climate type. In Bozdağ, lapias, doline, uvala, paleo valley and fluvio-karstic valley forms have developed from karstic shapes. Some morphometric analyzes were carried out in order to quantitatively examine the dolines, which are macro karstic shapes commonly seen in the field. According to GIS-based analyzes of 212 dolines determined from the topographic map; Dolines with an average height of 1996 meters have an area between 96 m² and 90149 m². The perimeters are between the shortest 38 meters and the longest 1.5 kilometers. The heights of the dolines are distributed between 1470 meters and 2370 meters and 82.5% of them are between 1900 and 2200 meters. Dolines are mostly found in Bozdağ formation which has a high purity value (48 dolines). Doline density was made by considering the classification created by Faivre and Pahernik (2007). Accordingly, the dolines in Bozdağ are in the low and medium density class. Since the 1/25.000 scaled topographic maps do not cover all the dolines in the area, the dolines were determined by the Google Earth program and density analysis was made. 556 dolines were detected in the Google Earth program. According to the 556 dolines detected, there are low, medium and high doline density classes in Bozdağ. According to the circularity index result, the average value of the dolines is 1.21. According to the elongation rate result, the average elongation rate of dolines is 1.56, and they are semi-elliptical in character. The dolines are located between 15° and 20° inclinations, which are the most (94 dolines) medium inclined values. E-W directions are dominant in the extension of the dolines. In general, there are dolines developed according to these directions, as well as dolines that do not conform to the lineaments developing in the NE-SW direction in the area. In addition, developed dolines suitable for paleo valley directions are present in the area. Factors affecting the distribution and orientation of dolines are topographic slope, climate, structural features, geomorphological evolution and drainage features and density.

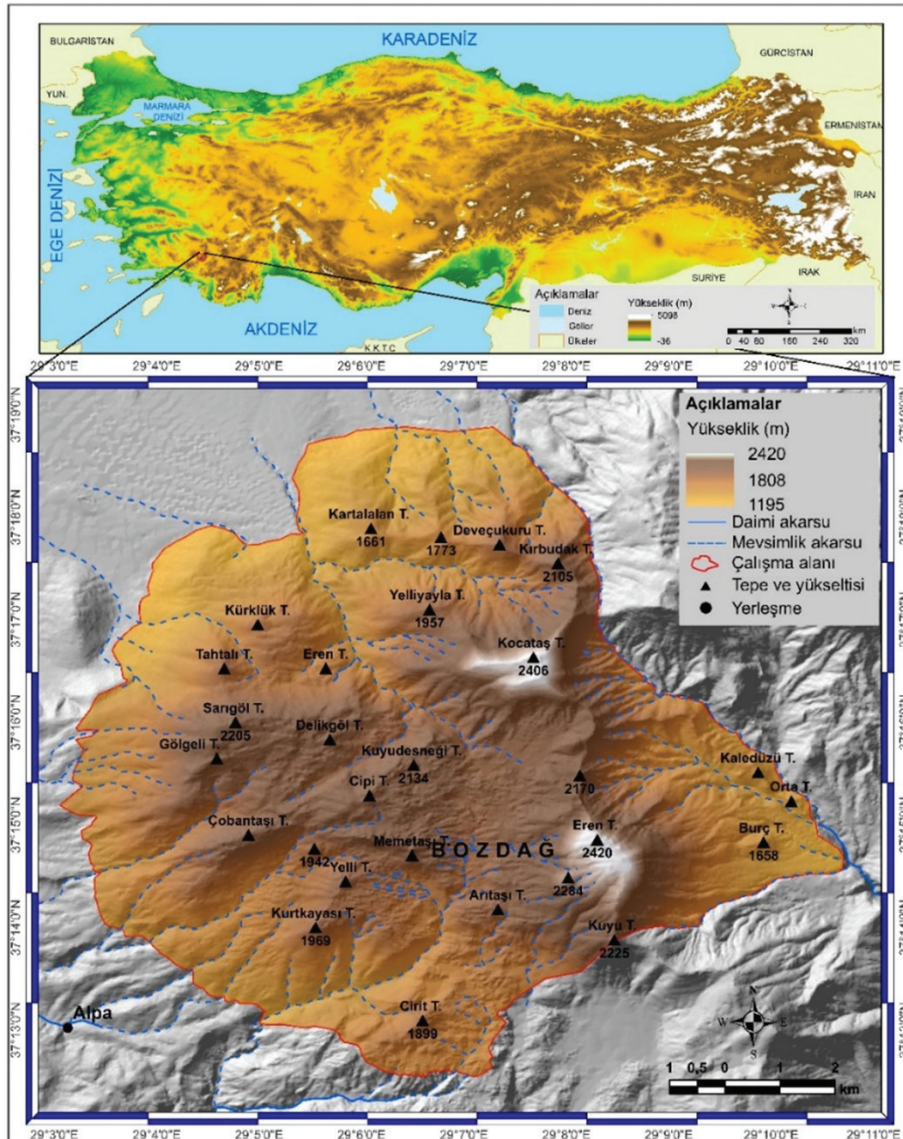
1. Giriş

Bozdağ Akdeniz bölgesinin Antalya bölümünde, Denizli il sınırları içinde yer alır. Coğrafi koordinat sistemine göre $29^{\circ}05'05''$ – $29^{\circ}17'80''$ doğu boylamları ile $37^{\circ}20'82''$ – $37^{\circ}31'37''$ kuzey enlemleri arasında bulunan Bozdağ, kuzey ve kuzeybatıda Barz Polyesi (Tuncer, 2021a), kuzeydoğuda Kırdagları, doğu ve güneydoğuda Dalaman Çayı vadisi ve güneybatıda Akçay'ın kolları ile sınırlıdır. Ortalama yükseltisi 1808 metre olan çalışma sahasının en yüksek noktasını 2420 metre ile Eren Tepesi oluşturur (Şekil 1).

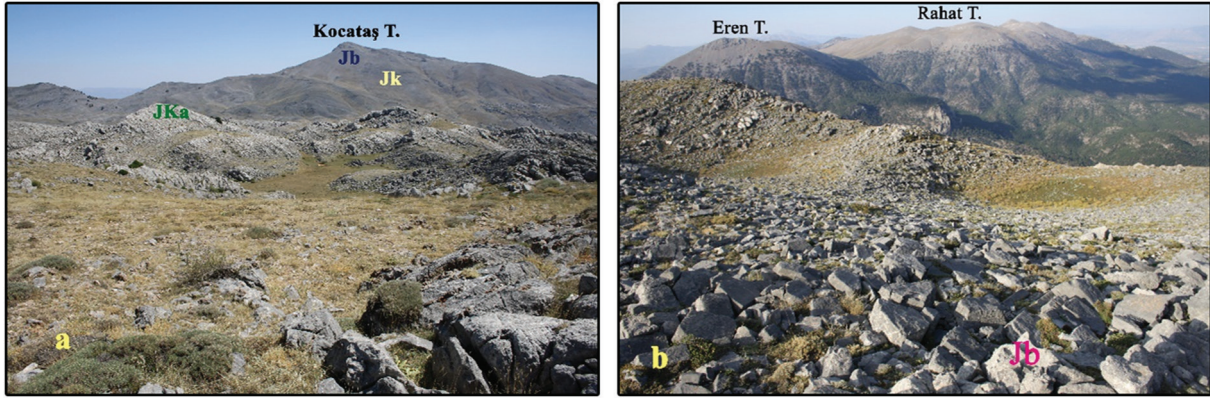
Türkiye'de çözülmeye uygun karbonatlı ve evaporitik kayalar %40'lık bir alan kaplamaktadır (Nazik & Tuncer, 2010: 8; Nazik & Poyraz, 2015: 204; Nazik vd., 2019: 181), buna yeraltı karstlaşmasının karakteristik örneğini oluşturan mağaralar da dahil edildiğinde bu oran %60'ı bulmaktadır (Nazik & Poyraz, 2017: 44; Tuncer, 2021a: 101). Bu alanlar, Eroskay (1982), Ekmekçi (2003), Nazik ve Tuncer (2010) ve Nazik ve Poyraz (2017) tarafından farklı bölge ve bölümler şeklinde sınıflandırılmıştır. Çalışma sahası, Nazik ve Tuncer (2010) ile Nazik ve Poyraz (2017)'e göre "Toros Dağları karst bölgesi", "Batı Toroslar karst alanı" içinde yer almaktadır.

Çalışma alanının lito-stratigrafik özelliklerini, allokton konumlu Batı Toros (Likya) napları (Akdeniz, 2011; Becker-Platen, 1970; Brunn vd., 1970; Ersoy, 1989; Ersoy, 1990; Graciansky, 1968; Okay, 1989; Rimmelé vd., 2003; Şenel, 2007) belirlemektedir. Alanda Likya naplarına ait stratigrafileri, sahanın çoğunluğunu kaplayan Bodrum napına ait Bozdağ biriminin karbonat platformu kayaları ile sahanın küçük bir bölümünü kaplayan Domuzdağ napına ait Dutdere kireçtaşının karbonatlı kayaları oluşturmaktadır (Akdeniz, 2011). Çalışma sahasının genelini karakterize eden çözülmeye uygun karbonatlı kayaların bulunması ve bu kayalar ile birlikte suyun çözücü özelliği, uygun iklim ve vejetasyon koşullarının varlığı alanda farklı karstik şekillerin meydana gelmesini sağlamıştır. Çalışma alanında, bu karstik şekillerden lapyalar, dolinler, uvalalar, paleo vadiler ve flüvyo-karstik vadiler yoğun olarak görülmektedir.

Bozdağ, Öztürk vd. (2017a)'nin Köppen-Geiger iklim sınıflamasına göre Türkiye'nin iklim tipleri çalışmasında, kışları ılıman nemli orta enlem (C) iklim tipine ait Akdeniz iklimine karşılık gelen kışları ılık, yazları çok sıcak iklim tipinin (Csa) görüldüğü bir alana karşılık gelmektedir. Erinç yağış etkinlik indisi (Aydın vd., 2019; Erinç, 1996: 485) ve Thorntwaite iklim sınıflamasına (Ardel vd., 1969: 291; Birsoy & Ölgen, 1992; Bölük, 2016;



Şekil 1. Çalışma alanı yerbulduru haritası.
Figure 1. Location map of the study area.



Fotoğraf 1. Tam karst sınıfında yer alan Karataş (JK), Bozdağ (Jb), Ayderesi (JKa) (a) ve Bozdağ (Jb) (b) formasyonları.
Photo 1. Karataş (JK), Bozdağ (Jb), Ayderesi (JKa) (a) and Bozdağ (Jb) (b) formations in holokarst class.

Yılmaz & Çiçek, 2016) göre ise inceleme alanında nemli ve yarı denizel iklim tipi hakimdir. Fick ve Hijmans (2017) tarafından oluşturulan iklim haritaları verilerine göre Bozdağ, ortalama sıcaklık değeri en düşük ocak ayındaki $-1,3^{\circ}\text{C}$ ile en yüksek temmuz ayındaki $18,7^{\circ}\text{C}$ arasında değişen ve yıllık ortalama sıcaklığın $8,4^{\circ}\text{C}$ olduğu bir alandır. Yıllık ortalama toplam yağış ise en az ağustos ayında $15,3\text{ mm}$, en fazla aralık ayında $119,3\text{ mm}$ olup yıllık ortalama toplam yağış $732,9\text{ mm}$ 'dir.

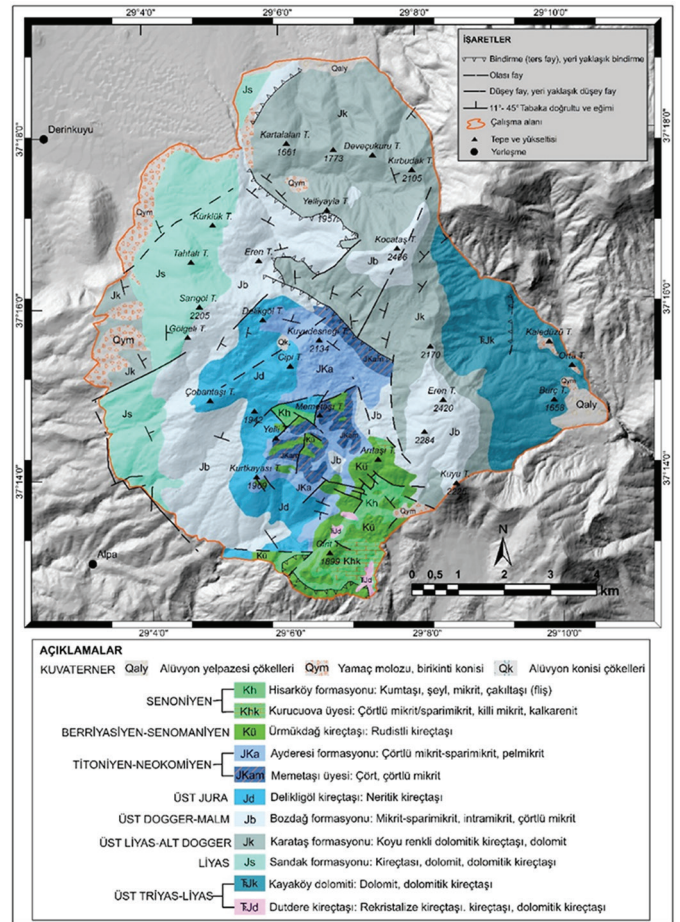
Çalışma sahasında daha önce karst jeomorfolojisi üzerine bir çalışma yapılmadığından dolayı plato karakterindeki bu alanın karstik özelliklerini açıklamak ve bunun yanı sıra alanda yoğun olarak görülen dolinlerin morfometrik özelliklerini, dağılışını, yoğunluğunu ve yönelimlerini inceleyerek bunların üzerinde etkili olan litoloji, eğim, tektonik ve yapı ile ilgili faktörleri belirlemek çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

1.1. Jeolojik Özellikler

Karstlaşmanın meydana gelmesinde ilk koşul, suda ve CO_2 içeren suda çözünebilir kayaların varlığı olmakla beraber, karstik gelişimin başlamasında temel etken jeolojik (litostratigrafik ve yapısal) özelliklerdir (Erinç, 2001: 111; Tuncer, 2018: 73). Çalışma alanında da, karstlaşmaya uygun litolojiler çok geniş alanlar kaplar. Bu litolojiler, Menderes masifi ile Toroslar arasındaki Likya naplarına ait alloktan konumlu bindirme ürünü karbonat platformu birimlerdir (Ersoy, 1990; Şenel, 2007). Menderes masifinin güneyinde yer alan Likya napları, güneyden Beydağları otoktonunun platform karbonatları ile sınırlanır (Aksoy & Aksarı, 2008).

Bu sahada görülen Likya naplarına ait tektonik konumlu birimler alttan üste doğru metamorfizma geçirmemiş Tavas napı, Bodrum napı ve Marmaris ofiyolit napı şeklinde istiflenmiştir (Konak, 2003; Şenel, 2007). Çalışma alanının %94'ünü Geç Permiyen-Erken Triyas karbonat istifini kapsayan Bodrum napının Bozdağ birimine ait on farklı kireçtaşı formasyonları kaplamaktadır. Ayrıca alanda Orta-Geç Triyas-Liyas Domuzdağ napına ait Dutdere kireçtaşı (TRJd) da bulunmaktadır. Bunlardan litolojik ve yapısal özellikler itibarıyla; Kayaköy dolomiti (TRJk), Sandak formasyonu (Js), Bozdağ formasyonu (Jb), Delikligöl kireçtaşı (Jd), Karataş formasyonu (JK), Ayderesi formasyonu (JKa), Ürmükdağı kireçtaşı (Kü) ve Dutdere kireçtaşı (TRJd) tam karst (holokarst) (Şahinci, 1991) (Fotoğraf 1a-b); Memetaşı üyesi (JKam), Hisarköy formasyonu (Kh) ve Kurucuova üyesi (Khk) ise kısmi karst (merokarst) (Şahinci, 1991) sınıfı içinde yer almak-

tadır (Şekil 2). Bu tam ve kısmi karstik birimler üzerinde farklı boyutlarda ve yoğunluklarda bozulmuş polye, flüvyo-karstik vadiler, uvala ile iç içe gelişmiş dolinler gelişim göstermiştir.



Şekil 2. Bozdağ jeoloji haritası (Akdeniz, 2011'den düzenlenmiştir).
Figure 2. Bozdağ geological map (edited from Akdeniz, 2011).

1.2. Tektonik Özellikler

Bozdağ, Menderes masifi ile Beydağları otoktonu arasında yer almaktadır. Alan, Menderes masifinin güney ve güneydoğusunda yer alan (Kazancı vd., 2011), güncel konumlarını Laramiyen fazları (Geç Kretase-Erken Miyosen sonu) esnasında kazanan, alloktan konumlu Üst Paleozoyik-Alt Tersiyer Likya naplarının (Bodrum ve Domuzdağ napları) istifleri ile bunları transgresif olarak örten Üst Tersiyer-Kuvaterner neo-otokton



Fotoğraf 2. Bozdağ Yaylası'nda Neojen'e ait örtü kalıntıları.
Photo 2. Cover remains of Neogene in Bozdağ Plateau.

konumlu istiflerle yüzeylenir. (Akdeniz, 2011: 40; Ersoy, 1990; Şenel, 2003).

Çalışma alanının kuzeyinde ve güneybatısında bulunan ofiyolit napının çalışma sınırları içinde bulunmamasından dolayı Bozdağ'ı örtüp örtmediği bilinmemektedir. Fakat alanın kuzeydoğusunda ve güneybatısında bulunan ve Likya naplarını transgresif olarak örten neo-otokton konumlu Neojen çökelleri ince örtü tabakaları halinde çalışma alanında görülmüştür. Bozdağ'ın yüksek kesimlerinde görülen bu örtü biriminin alanın genelini olmasa da yer yer örttüğü kuvvetle muhtemeldir (Fotoğraf 2).

Geç Miyosende çalışma alanının da içinde bulunduğu Batı Toroslar genel anlamda en az 1000 m yükselmiştir. Bölgedeki Anadolu peneplen parçalarının sahada 1800 m ile 2500 metrelere çıkmış olması bunun kanıtlarındandır.

Geç Miyosen sonuna kadar alanın sıkışarak deformasyona uğraması, kıvrımların, doğrultu atımlı fayların ve bindirmelerin meydana gelmesini sağlamıştır. Yeni tektonik evrede genellikle blok yükselmelerin etkili olduğu alanda, ilk yükselme Miyosen sonu Pliyosen başında yaşanmış olup, bölgeye bugünkü asıl görünümünü veren ikinci yükselme ise Pliyo-kuvaterner'de gerçekleşmiştir. Bu dönemde Bozdağ asıl yükseltisini kazanmış ve horst özelliği göstermiştir. Bozdağ'ın alanda en yüksek seviyelere çıkması ise güneyden etkili olan Beyağaç fayı (Fotoğraf 3) ile sınırlandırılması ve bu fayın etkisiyle KD yönünde Kırdagları'na doğru tiltlenmesinden kaynaklanmaktadır.

Bozdağ, Batı Anadolu tektonik bölgesi olarak tanımlanan ve batıya doğru açılan devrik "V" içindeki bir alanı kaplayan Batı Anadolu Tektonik Kamasının (Şaroğlu vd., 1987; Şaroğlu & Güler, 2020) güney sınırında bulunmaktadır. Belirtilen tektonik kuşağın güneyinde KD-GB yönünde uzanan Burdur-Fethiye makaslama zonu (Bozcu vd., 2007; Elitez & Yaltrak, 2014) bulunmaktadır. Çalışma alanında KB-GD yönünde gelişen çekim kuvvetinin sonucunda, güneybatıda Köyceğiz graben alanına, kuzeydoğuda Afyon-Akşehir tektonik çukurluğuna uzanan KD-GB yönlü normal fay gelişmiştir. Gelişen normal fay, Bozdağ'ın 1800-2400 metrelere ulaşmasını ve bir horst özelliği kazanmasını sağlamıştır. Bu yeni tektonik etkilerin meydana getirdiği morfolojik ve yapısal yüzeyler, tektonik zonda meydana gelen blok yükselmelerin günümüzdeki boyutlarına Pleistosen döneminde ulaştığını göstermektedir.

1.3. Genel Jeomorfolojik Özellikler

Çalışma alanının jeomorfolojisi, Miyosenden günümüze kadar süren, tektonik rejim, flüvyal aşınım ve birikim, iklimik değişimler ile karışma etken ve süreçlerinin kontrolünde şekillenmiştir. Çalışma alanı, Erol (1979, 1981, 1983, 1993) sistemi sınıflamasına göre 1200-2400 metreler arasında uzanım gösteren Alt-Orta Miyosen (DI), Üst Miyosen (DII), Pliyosen (DIII) ve Pleistosen (DIV) dönemlerine ait reliyef sistemlerinin şekil ve yapılarından oluşmaktadır (Şekil 3).



Fotoğraf 3. Bozdağ'ın batısında bulunan Beyağaç fayı.
Photo 3. The Beyağaç fault located to the west of Bozdağ.

Araştırma alanındaki bu reliyef sistemlerine ait morfolojiler, kuzey, batı ve güneyindeki Akçay havzasına, kuzeydoğu ve güneydoğuda Dalaman Çayı havzasına bağlı olarak gelişim göstermekle birlikte saha neotektonik dönemde gerçekleşen tektonik hareketler (kıvrımlanma, bölgesel yükselme, bindirme, faylanma) sonucunda özellikle KD-GB doğrultusunda kırılarak parçalanmış ve horst şeklinde yükselmiştir. Tektonik hareketlerle farklı yüksekliklere çıkmış olan bu şekillerden Alt-Orta Miyosen dönemine ait olanlar, bölgede tektonik yapının oluşturduğu doğrultuya uygun olarak KD-GB ve KB-GD yönlerinde gelişmiştir. Üst Miyosen dönemine ait olan relief sistemleri orojenik uzanım doğrultularına uyumlu şekilde KD-GB ve KB-GD yönelimlidir. Pliyosen dönemine ait olanları ise çoğunlukla Miyosen şekillerinin uzanım yönü olan KD-GB yönünde uzanmaktadır. Buna karşılık alanın Barz Polyesi ile sınır oluşturduğu alanda görülen Pleistosen şekilleri K-G yönünde uzanım gösterirler. Sahanın en karakteristik şekilleri ise çözünme dolinleri ile flüvyo-karstik vadilerdir. Sahada görülen bu morfolojik şekiller genel anlamda flüvyal ve karstik süreçlere bağlı olarak litoloji ve yapıya uyumlu bir şekilde gelişim göstermiştir.

Çalışma alanındaki Alt-Orta Miyosen dönemi reliyef sistemleri, genel olarak 1900-2400 metreler arasındaki yükseltilerde uzanmaktadır. Genç tektonik hareketler sonucunda yükselen, parçalanmış ve farklı yönlerde eğilenen bu sistemin en karakteristik şekilleri eski peneplen parçalarında gelişen aşınım yüzeyleri, iç içe gelişmiş dolinler, açılmış uvalalar, askıda kalmış paleo vadiler, bozulmuş polyeler ile flüvyo karstik vadilerdir (Şekil 3). Sahanın düşük eğimli alanlarına karşılık gelen bu yüzeyler dolinlerin en fazla görüldüğü alanlardır.

Üst Miyosen reliyef sistemine ait şekiller genel olarak, kütleli en yüksek kesimlerinin etrafındaki daha alçak kesimlerinde 1600-2100 metreler arasında bulunmaktadır. Üst Miyosen döneminin karakteristik şekilleri dolinler, uvalalar, askıda kalmış paleo vadiler ve flüvyo karstik depresyonlardır. Blok faylanmaların etkisiyle Üst Miyosen yüzeylerinde çok dönemli gelişim gösteren iç içe gelişmiş karstik şekil (polye içinde dolinler) (Fotoğraf 4) örnekleri de bulunmaktadır. Araştırma alanının yakın çevresindeki Beyağaç ve yukarı Dalaman havzasındaki karasal kırıntılılar, Miyosen aşınım yüzeylerinin korelat depolarını oluşturmakla birlikte dolgu yüzeylerine karşılık gelmektedirler (Şekil 3). Bozdağ'ın diğer bir relief sistemi ise Pliyosen dönemine aittir. Bu dönemin şekilleri genel olarak Bozdağ'da 1300-1800 metreler arasında uzanmaktadır. Üst Miyosen sistemleri etrafında basamaklar şeklinde bulunan Pliyosen reliyef

sisteminin karakteristik şekilleri; aşınım yüzeyleri, dolin, uvala, askıda kalmış paleo vadiler, flüvyo-karstik vadiler ve fosil yüzeylerdir (Şekil 3). Sahadaki Pleistosen relief sistemlerine ait şekiller ise, alanın sadece kuzeybatısında Barz polyesi sınırında bulunmaktadır. Pleistosen döneminin karakteristik şekilleri, iyi gelişmemiş aşınım yüzeyleri, flüvyo-karstik vadiler ve lapyalardır (Şekil 3).

Burdur-Fethiye makaslama zonu içinde yer alan çalışma alanı (Bozcu vd., 2007; Elitez & Yaltrak, 2014), batıdan Barz fayı, güneyden Beyağaç fayı, doğudan ise Dalaman Çayı'nın üstünde kurulduğu Acıpayam fayı ile sınırlandırılmıştır. Neotektonik dönemde blok halinde yükselen çalışma alanı, Beyağaç fayının güneyden etkili olması sonucunda, Bozdağ KD yönünde Kırdagları'na doğru tiltlenmiştir. Bu tiltlenme sonucunda alan, çevresine göre daha fazla yükselti kazanmıştır. Alanda jeolojik ve morfolojik açıdan belirgin olan fay sistemleri ve tiltlenme sahadaki reliyef sistemlerinin farklı yükselti basamaklarına çıkmasına ve aşınım yüzeylerinin 2000 metrelerin üstünde görülmesine neden olmuştur.

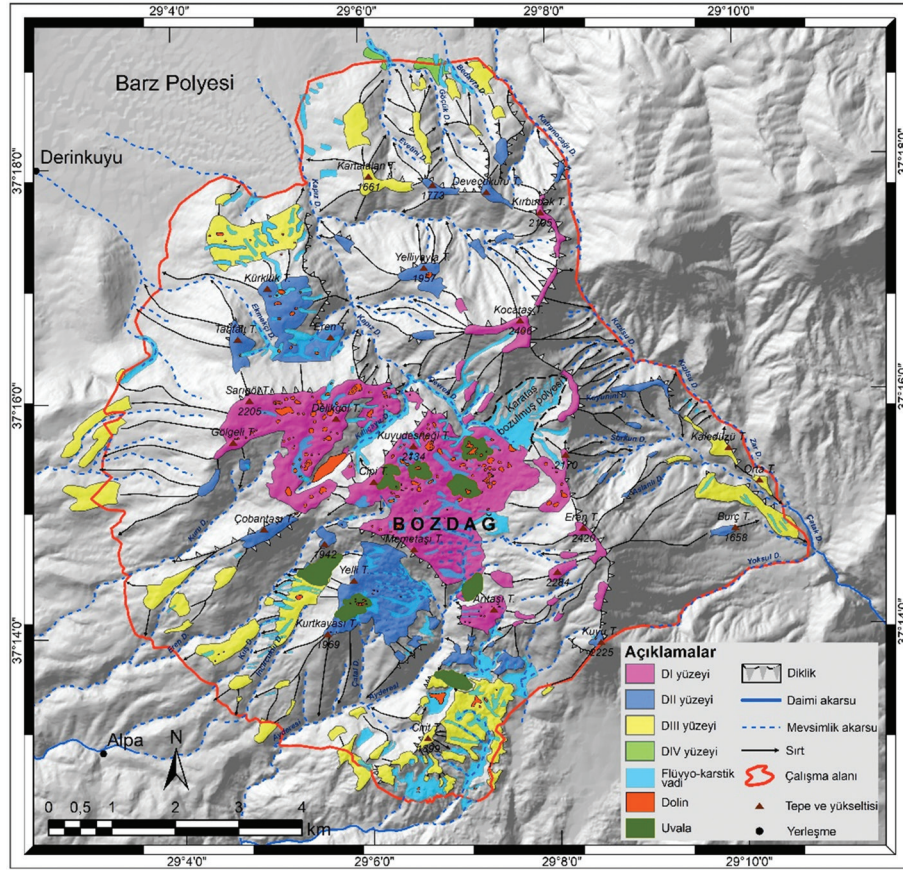
2. Materyal, Yöntem ve Amaç

İlk aşamada sahanın jeolojik özelliklerinin belirlenmesinde 1/100.000 ölçekli açınmalı N22 paftası jeoloji raporu ve haritası kullanılmıştır. Arazi çalışmalarında ise beş farklı formasyondan örnek alınarak bu örneklerin "modal (kantitatif) mineralojik petrografik analizi", "standart kantitatif mineral analizi" ve "porozite (gözeneklilik) analizi" Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'ne (MTA) yaptırılmıştır.

Alandaki dolinlerin belirlenmesinde ise 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından yararlanılmış ve tespit edilen 212 dolinin en üst kapalı kontur eğrisi Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında poligon olarak sayısallaştırılmıştır (Day, 1983; Denizman, 2003; Öztürk vd., 2016; Öztürk vd., 2017b; Öztürk vd., 2018a; Öztürk vd., 2018b; Öztürk, 2018a; Poyraz vd., 2021). Elde edilen veriler ile dolinlerin dağılımında etkili olan faktörler ve şekilsel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, dolinlerin merkez X ve Y koordinat değerleri, yükselti, eğim, yoğunluk, uzun eksen, kısa eksen, uzama oranları, dairesellik indisi, alan, çevre uzunlukları ve uzun eksenin kuzeye yaptığı açı (°) hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra dolinlerin litolojik özelliklerinin belirlenmesinde, dolin merkez X ve Y koordinatına karşılık gelen formasyonlar belirlenmiş ve dolinlerin litolojik özellikleri incelenmiştir. 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından elde



Fotoğraf 4. Karataş bozulmuş polyesinde gelişmiş çözünme dolinleri (iç içe karst) (Eren Tepe'den bakış).
Photo 4. Dissolution dolines developed in Karataş degraded polje (karst in karst) (view from Eren hill).



Şekil 3. Çalışma alanı jeomorfoloji haritası.

Figure 3. Geomorphology map of the study area.

edilen yükselti haritası ile dolinlerin merkez noktasına karşılık gelen yükselti değeri elde edilmiş ve yükselti basamaklarına göre dağılımları açıklanmıştır. Alanın eğim özellikleri ve dolin yoğunluklarının belirlenmesinde karelej yöntemi (Öztürk vd., 2015; Öztürk, 2018a) kullanılmıştır. Buna göre her 1 km² alanın ortalama eğim değeri (°) hesaplanmış ve dolinlerin karşılık geldiği eğim dereceleri elde edilmiştir. Dolin yoğunluğu, km²'ye düşen dolin sayısı (dolin/km²) şeklinde hesaplanmıştır (Öztürk vd., 2016; Öztürk vd., 2017b; Öztürk vd., 2018a; Öztürk vd., 2018b; Öztürk, 2018a; Öztürk, 2018b; Poyraz vd., 2021; Şimşek vd., 2019). Topoğrafya haritalarından 212 dolin tespit edilmiş olmasına rağmen arazi çalışmalarında alanda daha fazla dolinin olduğu anlaşılmış; bundan dolayı dolin yoğunluğunu daha iyi ortaya koymak amacıyla Google Earth Pro programı ile diğer dolinler belirlenmiş; toplamda 556 dolin sayısallaştırılarak bunların yoğunluk analizi yapılmıştır. Dolin yoğunluğunun sınıflaması ise Faivre ve Pahernik (2007)'e göre oluşturulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Faivre ve Pahernik (2007)'e göre dolin yoğunluğu sınıflaması.

Table 1. Doline density classification according to Faivre and Pahernik (2007).

Dolin yoğunluğu (Dy-dolin/km ²)	Tanım
10'dan küçük	Düşük yoğunluk
10 ile 40 arası	Orta yoğunluk
40 ile 70 arası	Yüksek yoğunluk
70'ten büyük	Çok yüksek yoğunluk

Dairesellik indisi (I_c) (Formül 1) ve bu indisin hesaplanmasında kullanılan alan (A) ve çevre uzunluğu (P) değerleri dolinlerin geometrik şekilleri hakkında fikir veren parametrelerdir

(Goudie, 2003; Öztürk, 2018b). Dairesellik indisi sonucuna göre değer 1 olması şeklin dairesel olduğu 1'den uzaklaşması ise şeklin biçimsel olarak bozulduğu anlamına gelmektedir (Öztürk, 2018a-b). CBS ortamında sayısallaştırılan dolinlerin alan ve çevre uzunluğu verileri oluşturuldu ve bu veriler ile dolinlerin dairesellik indisi hesaplanmıştır.

$$I_c = \frac{A}{\pi \left(\frac{2A}{P} \right)^2} \quad (1)$$

Uzama oranı (R_E) (Formül 2), uzun eksenin kısa eksene bölünmesiyle elde edilir (Basso vd., 2013; Öztürk vd., 2018a; Öztürk, 2018b). Uzama oranının sonucuna göre değer 1'e yaklaşması şeklin dairesel olduğu, 1'den uzaklaşması ise şeklin eliptik özellikte olduğunu gösterir (Basso vd., 2013). Yapılan uzama oranı sonuçlarına göre dolinler Basso vd. (2013)'e göre sınıflandırılmıştır (Tablo 2).

$$R_E = \frac{\text{Uzun eksen (m)}}{\text{Kısa eksen (m)}} \quad (2)$$

Tablo 2. Basso vd. (2013)'e göre uzama oranı değerine göre dolin sınıflaması (Kaynak: Öztürk, 2018b).

Table 2. Basso et al. (2013) doline classification according to the elongation rate value (Source: Öztürk, 2018b).

Uzama oranı (R_E)	Şeklin tanımı
1.21'den küçük	Dairesel, yarı dairesel
1.21 ile 1.65 arası	Yarı eliptik
1.65 ile 1.8 arası	Eliptik
1.8'den büyük	Uzamış

Tablo 3. Örneklerin modal (kantitatif) minerolojik petrografik analizi mikroskobik tanımlaması.**Table 3.** Modal (quantitative) mineralogical petrographic analysis and microscopic description of the samples.

Formasyonlar	Doku	Bileşen	Bağlayıcı
Bozdağ for. (Jb)	Kırıntılı	Karbonat grubu mineraller, Fosil kavkaları, Ooid, Pellet	Sparit çimento
Delikgöl kireçtaşı (Jd)	Kırıntılı	Karbonat grubu mineraller, Pellet	Sparit çimento
Sandak for. (Js)	Kırıntılı	Karbonat grubu mineraller, Kireçtaşı parçaları, Fosil kavkaları, İntakrast, Pellet	Sparit çimento
Ürmükdağ kireçtaşı (Kü)	Kırıntılı	Karbonat grubu mineraller, Fosil kavkaları, Pellet	Mikritik çimento
Kurucaova üyesi (Khk)	Kırıntılı	Kaya parçaları (magmatik, metamorfik), Kireçtaşı parçaları, Karbonat parçaları, Kuvars, Opak mineral	Demiroksit bağlayıcı

Dolinlerin yönelim özelliklerini açıklamak amacıyla da dolinlerin uzun ekseninin kuzey ile yaptığı açı (azimut açısı- α) (Öztürk vd., 2018a; Şimşek vd., 2021) hesaplanmıştır. Elde edilen açı verileri gül diyagramı yardımıyla gösterilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Petrografik ve Kimyasal Bulgular

Karbonat çamuru (matriks), gözeneklilik (porozite) ve tane tipi gibi dokusal bileşenleri ifade eden petrografik yapı çözünme hızını belirler (Keser, 2004: 17; Tuncer, 2021b: 1632). Çalışma sahasının karbonatlı birimlerinin petrografik özelliklerini ortaya çıkarmak amacıyla Bozdağ, Sandak, Delikgöl formasyonları, Ürmükdağ kireçtaşı ve Kurucaova üyesinden alınan kayaç örneklerine modal (kantitatif) minerolojik petrografik, standart kalitatif mineral ve gözeneklilik (porozite) analizleri yapılmıştır. Modal (kantitatif) minerolojik petrografik analizin mikroskobik özelliklerine göre, bütün örnekler kırıntılı dokuya sahiptir. Sandak ve Bozdağ formasyonları ile Delikgöl kireçtaşının bağlayıcı özelliğini sparit çimento oluştururken, Ürmükdağ kireçtaşı mikritik çimento ve Kurucaova üyesi demiroksit bağlayıcılarından oluşmaktadır. Buna göre Kurucaova üyesi dışındaki örneklerde karbonat grubu mineraller bulunmaktadır (Tablo 3).

Pekcan (1999)'a göre CaCO_3 ne kadar saf ise karstlaşmanın da artacağını ve en güzel karstik şekillerin, içerisinde %96'nın üzerinde CaCO_3 barındıran kalkerlerde görüldüğünü belirtmiştir.

Yapılan kimyasal analizlere göre örneklerin modal bileşimindeki kalsit, dolomit ve diğer bileşenlerin oranları hesaplan-

mıştır. Buna göre; Kurucaova üyesi dışındaki diğer örneklerde CaCO_3 oranı en düşük %97,24 en yüksek oran ise %98,16'dır. Oranların yüksek olması karstlaşma için uygun koşullardan birini oluşturmaktadır ve bu örneklerin temsil ettiği formasyonlar, karst sınıflamasında tam karst (holokarst) sınıfında yer almaktadır. Kurucaova üyesi örneğinde ise kireçtaşı parçaları ve karbonat taneleri %61 oranına sahip olsa da kalsiyum karbonat dışı oranların bulunmasından dolayı üye kısmi karst (merokarst) sınıfında yer almaktadır. Bu özelliklere göre; Kurucaova üyesi konglomera diğer örnekler ise kireçtaşı ve fosilli kireçtaşı olarak adlandırılmıştır (Tablo 4). Karstlaşma üzerinde etkili olan diğer bir faktör de gözenekliliktir. Gözeneklilik yüksek ise genel olarak geçirimsizlikte fazladır (Pekcan, 1999: 22), geçirimsizliğin fazla olması da karstlaşmayı hızlandıran bir etken oluşturur. Kayaç gözenekliliğinde, kayanın oluşması esnasında meydana gelen birincil boşlukluluk ve geçirimsizlik sistemlerinin yanı sıra sıkıştırılmalar, faylanmalar, basınçlar, bindirmeler bunların yarattığı ezilmeler, ikincil (oluşum sonrası) çatlak sistemlerinin oluşmasını sağlamaktadır. Bunların yarattığı ortam boşlukluluğu ve ortam geçirimsizliği ise çok daha önemlidir (Öztaş, 1992). Formasyonlardaki etkin gözeneklilik incelendiğinde diğer formasyonlara göre dolomit oranının az olduğu, Delikgöl kireçtaşında %4,3 ve Bozdağ formasyonunda %4,2'dir. Sandak formasyonunda ise %2,1 ve Ürmükdağ kireçtaşında %2 şeklindedir (Tablo 4).

Geyssant (2001)'in CaCO_3 oranına göre oluşturduğu kireçtaşının saflık derecesi sınıflamasında, Kurucaova üyesi saf olmayan sınıfta yer alırken, diğer formasyonlar yüksek saflık sınıfındadır (Tablo 5).

Tablo 4. Örneklerdeki modal bileşimindeki kalsit, dolomit ve diğer oranlar ile kayaç adı tablosu.**Table 4.** Calcite, dolomite and other ratios in the modal composition of the samples and the rock name table.

	CaCO_3 (%)	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (%)		Kayaç Adı			Etkin Gözeneklilik (%)	Karst Sınıflaması
		Kireçtaşı parçaları (%)	Karbonat taneleri (%)	Kuvars (%)	Opak mineral (%)	Demiroksit çimento (%)		
Bozdağ form. (Jb)	98.16	1.84		Oopelbiosparit (Fosilli Kireçtaşı)			4,2	Tam karst
Delikgöl kireçtaşı (Jd)	98.16	1.84		Pelsparit (Fosilli Kireçtaşı)			4,3	Tam karst
Sandak form. (Js)	97.24	2.76		Kireçtaşı			2,1	Tam karst
Ürmükdağ kireçtaşı (Kü)	97.7	2.3		Pelmikrit (Fosilli Kireçtaşı)			2,0	Tam karst
Kurucaova üyesi (Khk)	Magmatik, metamorfik kaya parçaları (%)	Kireçtaşı parçaları (%)	Karbonat taneleri (%)	Kuvars (%)	Opak mineral (%)	Demiroksit çimento (%)	Kayaç Adı	Karst Sınıflaması
	8	45	16	6	6	19		

Tablo 5. Safılık derecesine göre kireçtaşlarının sınıflandırılması (Geyssant, 2001).
Table 5. Classification of limestones according to the degree of purity (Geyssant, 2001).

Kategori/Sınıflama	(%) CaCO ₃	Formasyon
Çok yüksek safılık	> 98.5	
Yüksek safılık	97 - 98.5	Bozdağ ve Sandak formasyonları, Delikgöl ve Ürmükdağ kireçtaşları
Orta derece safılık	93.5 - 97	
Düşük derecede safılık	85 - 93.5	
Saf olmayan	< 85	Kurucaova üyesi

Yüksek kalsiyum karbonat içeriğine (%98.16) sahip formasyonlardan Bozdağ formasyonu ile Delikgöl kireçtaşı yüzeylerinde; etkin gözenekliliğin yüksek olması, çözünmeye uygun karbonat grubu mineraller içermesi ve spartit çimento bağlayıcılara sahip olması nedenleriyle yoğun karstik şekiller gelişebilmiştir. Tam karst sınıfında bulunan bu formasyonlar, yüksek safılık derecesi içinde yer almakta olup Bozdağ formasyonunda 48, Delikgöl kireçtaşında 41 çözünmeye dolini gelişmiştir (Şekil 4a). Tam karst sınıfında bulunan ve yüksek safılık derecesine sahip Sandak formasyonu, Bozdağ formasyonu ve Delikgöl kireçtaşının petrografik özelliklerine yakın değerlere sahip olmasına rağmen çalışma alanında daha az alan kaplaması ve daha yüksek ortalama eğime sahip olmasından dolayı daha az yoğunlukta dolin gelişebilmiştir. Ürmükdağ kireçtaşı üzerinde ise diğer formasyonlara oranla daha az alan kapladığı için dolin yoğunluğu düşük degerde kalmıştır.

3.2. Dolinler

Dolinler kenarları hafif eğimli ile dik eğimli arasında değişen, çapları birkaç metreden 1 km'ye kadar ulaşabilen dairesel veya yarı dairesel şekillerdir (Ford & Williams, 2007: 339). Çevresine göre farklı toprak, bitki örtüsü ve mikro iklimatik özelliklere sahip olan çözünmeye dolinleri (Bárány-Kevei, 1999; Öztürk, 2018b; Öztürk & Savran, 2020) tarımın yapıldığı, hayvanların otlatıldığı ve barınakların yapıldığı alanlardır. Ayrıca dolinler seyrekte olsa kaynakların çıktığı, suyutanların (düden) bulunduğu ve geçici göllerin oluştuğu alanlardır (Atalay, 2017: 393).

Ekolojik ve beşerî faaliyetlerde öneme sahip dolinlerin şekli ve derinliği üzerinde önemli ölçüde litolojik birimlerin bünyesindeki kil ya da kalsiyum karbonat miktarı ile tabaka kalınlığı, tabakalaşma durumu ve büyük çatlak sistemleri etkilidir (Atalay, 2017: 393). Litolojik özelliklerin yanı sıra iklimsel özellikler (özellikle yağış miktarı ve dağılışı), birimin tektonik özellikleri (fay ve çatlak sistemleri), yüzey (drenaj özellikleri, eğim) ve yüzeyaltı koşulları (özellikle mağaraların dağılışı) dolin yoğunluğu ve morfolojisini belirleyen etkenlerdendir (Öztürk, 2018b: 26). Ayrıca içinde kalıcı veya geçici göller barındıran dolinler,

sedimentler için etkili bir kapan görevi gördüğünden içinde sakladığı sedimentlerde Kuvaterner çevresel değişimlerin kayıtlarını saklamaktadır. Yağmur sularının dolin yamaçlarından akmasıyla da sedimentler birikebilmekte ve yağış koşulları ile özellikle şiddetli yağış dönemleri hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır (Şimşek vd., 2016).

Temel olarak çözünmeye ve çökme olarak ayrılan dolinler (Eriç, 2001: 128) son yıllarda; çözünmeye dolini, çökme dolini, örtü çökme dolini, örtü kayası çökme dolini, örtülmüş dolin ve alüvyal dolin (örtü sübsidans dolini) olmak üzere 6 gruba ayrılmıştır (Doğan, 2004; Öztürk, 2018a; Öztürk, 2018b; Waltham & Fookes, 2003). Bozdağ'da dolin tiplerinden sadece çözünmeye dolini bulunmaktadır.

3.2.1. Dolinlerin morfometrik özellikleri

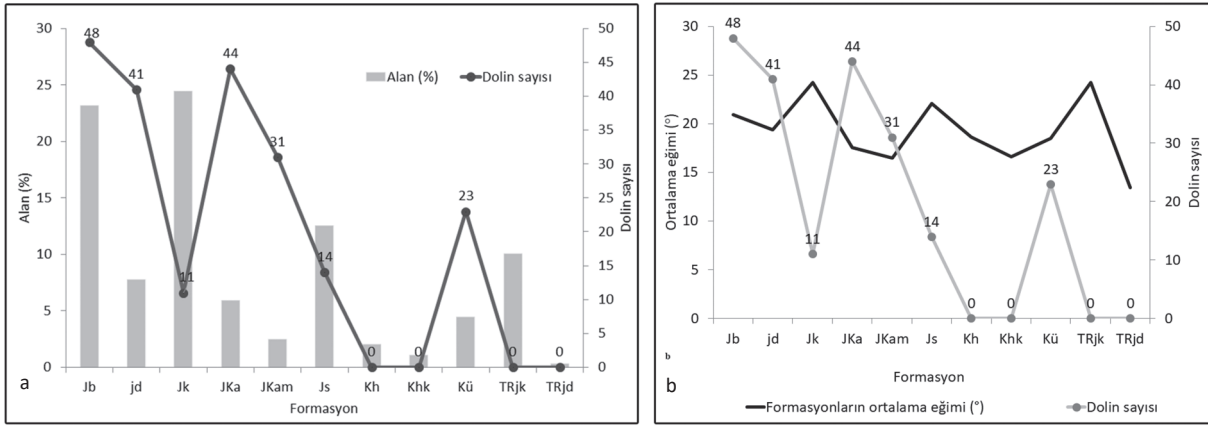
Karstik ortamlara yönelik niceliksel analiz yapmamızı sağlayan dolinlerin morfometrik analizleri ve bu analizlerde kullanılan çeşitli parametrelerin karşılaştırılması alanın karstik evrimi hakkında önemli bilgiler verir (Bondesan vd., 1992). Dolinlerin dağılışı ve şekilleri üzerinde etkili olan faktörlerin belirlenmesi amacıyla topoğrafya haritalarında çalışma sınırları içinde tespit edilen 212 çözünmeye dolinin morfometrik analizleri yapılmıştır.

3.2.1.1. Litolojinin etkisi

Çalışma alanının litolojik özelliklerinin belirlenmesinde 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası kullanılmış ve dolinler ile litoloji arasındaki ilişki incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; dolinlerin sırasıyla en fazla Bozdağ formasyonunda (48), Ayderesi formasyonunda (44) (Fotoğraf 5a) ve Delikgöl kireçtaşında (41) (Fotoğraf 5b) gelişmiş olduğu tespit edilmiştir. Hisarköy formasyonunda, Kurucaova üyesinde, Kayaköy dolomitinde ve Dutdere kireçtaşında ise dolin tespit edilmemiştir (Şekil 4a). Dolinler çoğunlukla tam karst sınıfı içinde yer alan formasyonlarda bulunmasının yanı sıra yarı karstik sınıfındaki Memetaşı üyesinde de (JKam) (31 dolin) yoğun dağılışı göstermektedir. Memetaşı üyesinin düşük eğim ortalamasına ve kırıklı bir yapıya sahip olması, üye üzerinde çok sayıda dolinin gelişmesine olanak sağlamıştır. Formasyonların alansal oranları ile dolin sayısı arasında hesaplanan korelasyona göre, korelasyon değeri ($r=0,3$) pozitif fakat zayıf bir sonuç vermektedir. Litolojik alanlar ile dolinler arasındaki ilişkinin zayıf olması litoloji dışında çatlak sistemlerinin dağılışı, doğrultusu ve yoğunluğu (yapısal özellikler), jeomorfolojik evrim, topoğrafik eğim ve paleo drenaj koşullarının daha etkin olduğunu göstermektedir. Örneğin sahada en fazla alana sahip Karataş formasyonunda (%24,4) dolin yoğunluğunun az olması eğim derecesinin yüksek (24,2°) olmasıyla ilişkilendirilebilir (Şekil 4b).



Fotoğraf 5. Bozdağ Platosu'ndan Ayderesi formasyonunda (a) ve Delikgöl kireçtaşında (b) gelişmiş çözünmeye dolinleri
Photo 5. Dissolution dolines developed in Ayderesi formation (a) and Delikgöl limestone (b) in Bozdağ Plateau.



Şekil 4. Sahada litolojilerin alansal oranları (%) ile dolin sayısı (a) ve litolojilerin ortalama eğim derecesi (°) ile dolin sayısı (b).

Figure 4. The areal ratios of lithologies (%) and the number of dolines (a) and the mean degree of inclination of the lithologies (°) and the number of dolines (b).

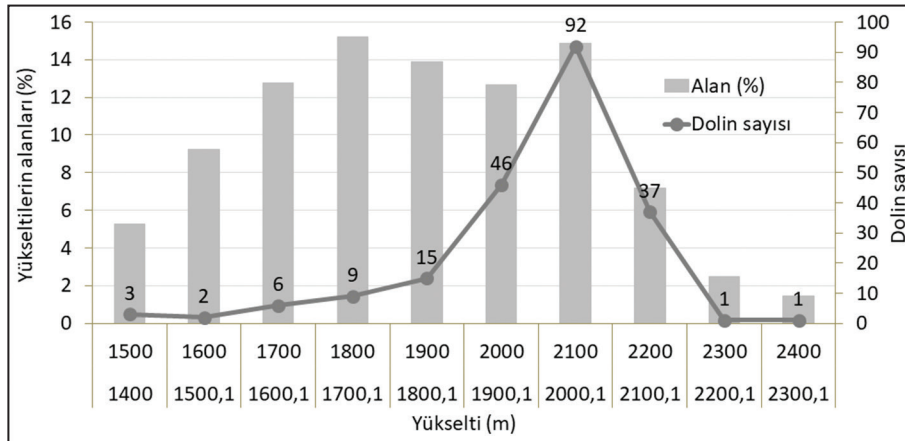
3.2.1.2. Dolinlerin yüksekliğe göre dağılışı

Dolinlerin yükselteleri 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından oluşturulan yükseklik modelinden elde edilmiştir. Dolinlerin ortalama yükseltisi 1996 metre olup dolinler 1470 metre ile 2370 metreleri arasında dağılışı göstermektedir. Homojen olarak dağılışı göstermeyen dolinler, Bozdağ'ın en yüksek (Fotoğraf 6) ve en alçak yükseltilerinde en az sayıda görülmektedir. Dolinler 1900 ile 2200 metreleri arasında %82,5 oranına sahiptir. Ayrıca en fazla dolin sayısı (92 dolin) 2000 ile 2100 metreler arasındadır. Yükselti basamaklarının çalışma alanında kapladığı alanlar ile dolin sayısı arasındaki ilişkinin açıklanması amacıyla korelasyon değeri hesaplanıp değer (r) 0,4 olarak bulunmuştur. Bu sonuç, düşüğe olsa aralarında pozitif bir bağ-

lantı olduğunu göstermektedir. Bu da daha fazla alan kaplayan yükselti basamaklarında dolin sayısında artış olduğu sonucunu vermektedir (Şekil 5).

3.2.1.3. Yoğunluk analizi

Çalışma alanındaki dolin yoğunluğu 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritasında tespit edilen 212 dolin ile yapılmıştır (Şekil 6a). Buna göre; Ortalama dolin yoğunluğunun 2.6 dolin/km² olan çalışma alanında, dolin yoğunluğu 1 km²'lik gridler oluşturularak hesaplanmıştır. Yoğunluk (dolin/ km²) Faivre ve Pahernik (2007)'ye göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflamaya göre; çalışma alanında en yüksek dolin yoğunluğu 24 dolin/km²'dir ve sahada "düşük yoğunlukta" ve "orta yoğunlukta" dolin sınıflamala-

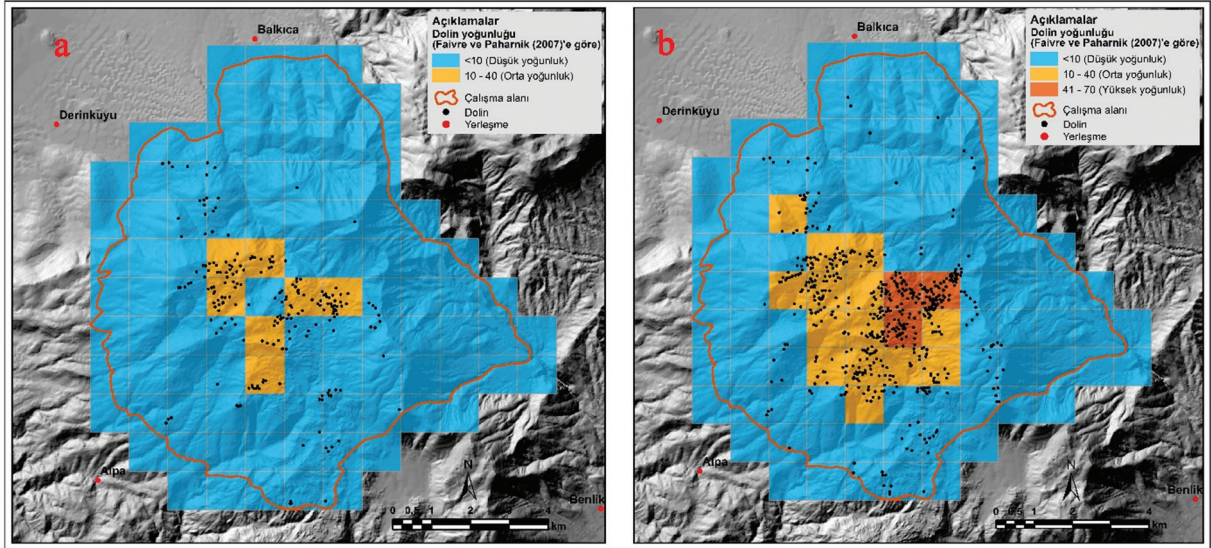


Şekil 5. Çalışma alanındaki dolinlerin yükseklik oranlarına (%) göre dağılımı.

Figure 5. Distribution of dolines in the study area according to their height ratio (%).



Fotoğraf 6. Eren Tepesi (2420 m) yamaçlarında gelişmiş çözünme dolinleri.
Photo 6. Developed dissolution dolines on the slopes of Eren hill (2420 m).



Şekil 6. 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarında (a) ve Google Earth Pro programında (b) belirlenen dolinlerin yoğunluk haritaları.
Figure 6. Density maps of dolines determined in 1/25.000 scale topographic maps (a) and Google Earth Pro program (b).

rı yer almaktadır (Şekil 6a). Orta yoğunlukta bulunan alanlar 1900 ile 2200 metreler arasında yer almakta (Fotoğraf 7) ve 1 km²'lik gridlerin ortalama eğim derecesine (°) göre 10° ve 22° eğim değerleri arasındadır. Topoğrafya haritalarından tespit edilen 212 dolin alandaki tüm dolinleri temsil etmediğinden Google Earth Pro programı ile dolinler belirlenmiş ve toplamda 556 dolin işaretlenmiştir. Belirlenen 556 dolinin yoğunluk haritası yapılmış (Şekil 6b) ve topoğrafya haritasındaki dolinler ile yapılan yoğunluk haritası ile karşılaştırılmıştır. Topoğrafya haritasından elde edilen dolin yoğunluğuna göre alanda düşük ve orta yoğunluk sınıfı yer alırken, Google Earth programında belirlenen dolinlerin yoğunluk sınıflamasında Bozdağ düşük, orta ve yüksek yoğunluklu alanlara sahip olup 1 km²'de en fazla 65 dolin bulunmaktadır (Şekil 6a-b).

3.2.1.4. Dolinlerin alan ve çevre uzunluklarının özellikleri ile dairesellik indisi

Çalışma alanındaki dolinlerin alanları, çevre uzunlukları ve dairesellik indisi (Ic) analizine göre; Dolinler arasında en küçük alana sahip dolin 96 m², en fazla alana sahip dolin 90149 m² ve ortalama alan 3283 m²'dir. Çevre uzunluğu en kısa olan dolin ise 38 metre, en uzun ise 1.5 kilometre, ortalama çevre uzun-

luğu da 177 metredir. Alan ve çevre uzunlukları arasındaki korelasyon değeri pozitif ve çok kuvvetli bir sonuç vermektedir (r=0.93). Alan ve çevre uzunlukları verileri kullanılarak hesaplanan dairesellik indisine göre, çalışma sahasındaki dolinlerin ortalama dairesellik değeri 1.21'dir. Dolinlerin ortalama dairesellik indis değerinin 1.2 ile 1.3 arasında olması, dolinlerin içinde birden fazla çıkıntının gelişmesiyle dairesellik formlarını tamamen kaybettiği sonucunu vermektedir (Fotoğraf 8a). Dolinlerin dairesellik indis değerlerine göre; %52.4'ü 1 ile 1.1 değerleri arasında olup dairesel biçimlerini korumaktadır (Fotoğraf 8b). %20.8'i 1.1 ile 1.2 değerlerinde olması dairesel biçiminin bozulmaya başladığı ve %15.1'inin ise 1.5 ile 3 değerleri arasında olması tamamen uzamış veya biçimsiz bir şekil aldığı sonucunu vermektedir (Tablo 6; Öztürk, 2018b). Çalışma sahasındaki dolinlerin %2.3'ünü oluşturan ve alan olarak 20000 m²'den büyük olan dolinler dairesellik indisinde maksimum değerleri oluşturmaktadır. Daha küçük alana sahip ve alanın %97,7'lik oranını oluşturan dolinlerin, dairesellik analizinde değerin yüksek çıkmasını engellemek amacıyla dolinlerin 20000 m²'den büyük olanları hesaplamaya alınmayacak şekilde dairesellik indisinin ortalaması hesaplandığında sonuç 1,19'dur, bu değere göre dolinlerin dairesellikleri bozulmaya başlamıştır. Uzamış dolinler alanda, çoğunlukla paleo vadilerin



Fotoğraf 7. Bozdağ Platosu'nda dolin karst bölgesi.
Photo 7. Doline karst area on Bozdağ Plateau.



Fotoğraf 8. Bozdağ'da dairesel formunu kaybetmiş çözünme dolini (a) ve dairesel formda çözünme dolini (b).
Photo 8. Dissolution doline which has lost its circular form (a) and circular form dissolution doline (b) in Bozdağ.

veya süreksizliklerin bulunduğu alanlara karşılık gelmektedir (Fotoğraf 10).

Tablo 6. Dairesellik indis değerine göre dolin sayısı ve oranı (Kaynak: Öztürk, 2018b).

Table 6. Number and ratio of dolines according to the circularity index value (Source: Öztürk, 2018b).

Dairesellik değeri	Dolin sayısı	Oran (%)
$1 \geq lc > 1.1$	111	52.4
$1.1 \geq lc > 1.2$	44	20.8
$1.2 \geq lc > 1.3$	12	5.7
$1.3 \geq lc > 1.4$	10	4.7
$1.4 \geq lc > 1.5$	3	1.4
$1.5 \geq lc > 3$	32	15.1
$3 \geq lc > 5$	0	0
$5 \geq lc$	0	0

3.2.1.5. Dolinlerin uzun eksen ve kısa eksen özellikleri ile uzama oranı

Dolinlerden elde edilen uzun eksen ile kısa eksen verileriyle eksenlerin uzunlukları ve uzun eksenin kısa eksene oranı ile dolinlerin uzama oranları incelendiğinde; uzun eksenlerin uzunlukları, en kısa 14 metre ile en fazla 704 metre arasında değişmektedir. Ortalama uzunluk ise 65 metredir. Kısa eksenlerin uzunlukları ise en kısa 8 metre ile en fazla 308 metre arasındadır. Kısa eksenin ortalama uzunluğu ise 40 metredir. Dolinler iki yönlü gelişim gösterdiğinden (Öztürk, 2018b) uzun eksen ile kısa eksen arasındaki korelasyon değeri kuvvetli ve

pozitifdir ($r=0,87$). Uzun eksenin kısa eksene oranıyla hesaplanan uzama oranına bakıldığında, uzama oranı en küçük 1, en büyük 3,8 değerleri arasında olup dolinlerin 103'ü (%48.5) yarı eliptik, 55'i (%25.9) dairesel veya yarı dairesel, 43'ü (%20.2) uzamış ve 11'i (%5.1) eliptik özelliindedir (Tablo 7). Ortalama uzama oranı ise yarı eliptik özelliğe karşılık gelen 1,56 değerindedir (Tablo 2).

Tablo 7. Uzama oranı değerine göre dolin sınıflaması ve dolin sayısı.

Table 7. Doline classification according to the elongation rate value and the number of dolines.

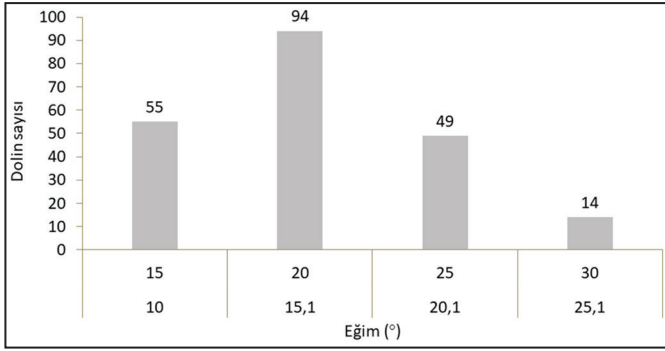
Şeklin tanımı	Dolin sayısı
Dairesel, yarı dairesel	55
Yarı eliptik	103
Eliptik	11
Uzamış	43

3.2.1.6. Eğim koşullarının dolinler üzerindeki etkisi

Dolinlerin ve eğim özelliklerinin arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından elde edilen eğim haritasından 1 km²'lik gridlerde ortalama eğim değerleri (°) oluşturuldu ve ortalama eğim haritasından dolinlerin ortalama eğimi hesaplandı. Buna göre, ortalama eğim değeri 17.7° olan sahada en fazla dolin (94) 15° ile 20° arasında (Fotoğraf 9), en az dolin sayısı (14) ise yüksek eğimli alanlara karşılık gelen 25° ile 30° eğimleri arasındadır. Diğer eğim aralıkları olan 10° ile 15° eğim aralığında 55 dolin ve 20° ile 25° eğim aralığında 49 dolin bulunmaktadır (Şekil 7).



Fotoğraf 9. Karataş bozulmuş polyesi içerisinde düşük eğimli tabanda gelişmiş çözünme dolinleri.
Photo 9. Dissolution dolines developed on a low sloping base in Karataş degraded polje.



Şekil 7. Çalışma sahası dolin sayısının ortalama eğime göre dağılışı.

Figure 7. Distribution of the number of dolines in the study area according to the average slope.

3.2.1.7. Dolinlerin yönelim özellikleri

Fay ve çatlak yapısı gibi zayıf zonlar boyunca gelişebilen dolinlerin alandaki çizgiselliğe uyum gösterip göstermediğinin belirlenmesi amacıyla dolinlerin uzun eksenlerinin ve alandaki çizgiselliklerin kuzeye yaptığı açılar belirlenerek gül diyagramları hazırlandı. Fakat alanda gelişmiş olan tüm dolinlerin 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarında gösterilmemiş olmasından dolayı net bir sonuç elde edilememiştir. Dolinlerin uzanımlarına bakıldığında genel olarak dolinler D-B yönünde uzanım göstermektedir (Şekil 8a). Çizgisellikler ise KD-GB yönünde uzanım göstermektedir (Şekil 8b). Alansal olarak diğer dolinlere oranla daha büyük alana sahip dolinler ise D-B yönü yanı sıra KD-GB yönünde uzanım göstermektedir. Alandaki bindirmelerin etkisiyle kırık ve çatlak yapısı ve tabaka yönelimlerinin kısa mesafelerde değişiklik göstermesine neden olmuştur bu da dolinlerin yönelimlerini etkilemiştir. Arazi çalışmasında hem çizgiselliğe hem de paleo vadilere uyum içinde gelişen dolinler görülmüştür. Çeşitli etkenlere bağlı olarak gelişen do-

linlerin varlığı, dolinlerin tek bir etken yerine farklı etkenlerin dolin dağılışı ve yönelimleri üzerinde etkili olabildiği sonucunu vermektedir. Faylar ve kırık sistemleri, tabaka doğrultuları (Fotoğraf 10a) ve paleo vadiler (Fotoğraf 10b) gibi suyun takip ettiği hatlar boyunca dolinler gelişebilmektedir. Ayrıca tabaka doğrultuları boyunca gelişmiş dolinler asimetric bir yapıya da sahip olmuşlardır.

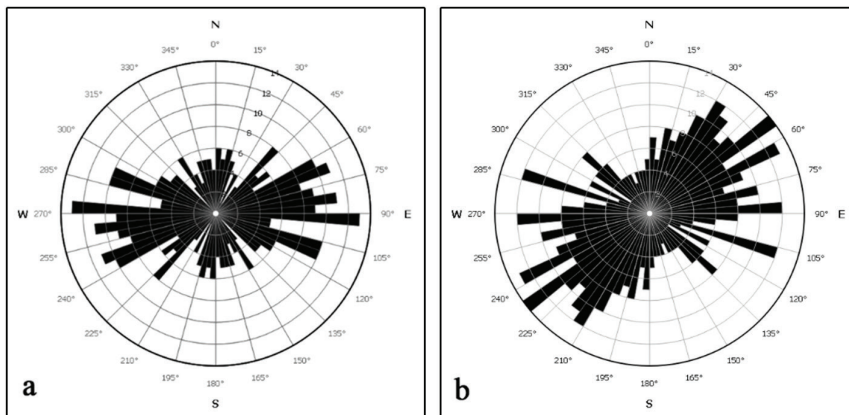
1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarının yanı sıra Google Earth Pro görüntülerinden tespit edilen dolinlerde, çözünme dolini, genç dolin ve yamaç dolinleri tespit edilmiştir. Ayrıca alanda yarım ay şeklinde yarı açık dolinlerin (yamaç dolini) oluşmasındaki neden; sahadaki kireçtaşlarının yapısal özellikleri ile topoğrafik eğim değerleridir. Kireçtaşlarının yapısal özellikleri, kireçtaşlarının bindirmeler ile alana yerleşmesi ve örtü altında kalmaları sonucunda ezilmiş ve sonuçta birbirlerini gelişi güzel kesen kırık ve çatlak sistemlerine sahip olmuşlardır. Bu türden kırıklı yapılar hem karstik çözünmeyi hem de mekanik parçalanmayı artırmıştır.

3.3. Paleo Vadiler

Yüze sularının yeraltına inmesi ile gelişebilen paleo vadilerde yüze suların yer altına inmesi, tektonik bir yükselme ve yarık ile çatlak yapısının gelişmesiyle (Atalay, 2017: 417; Erinc, 2001: 147; Öztürk, 2018b: 72) veya drenaj ağının flüvyal aktivitesini kaybetmesiyle gerçekleşebilir. Çalışma alanında Miyosen ve Pliyosen dönemlerindeki çarpılmalar ve yükselmeler ile kurulan akarsu ağı Pliyosen dönemindeki yükselmeler ile yer altına inmeye başlamış ve Pliyo-kuvaterner döneminde yağışlı dönemdeki sel tipi suların haricinde drenaj ağı yüzeyden kaybolmuştur. Yeraltına inen akarsu ağları yüzeyde paleo vadilerin gelişmesine olanak sağlamıştır. Paleo vadiler, çalışma sahasının sınırları içinde Bozdağ'ın ortalama yükseltisinin üstünde plato yüzeyinde



Fotoğraf 10. Bozdağ Platosu'nda tabaka doğrultusu boyunca gelişmiş uzamış dolin örneği (a) ve Delikgöl Tepesi'nde paleo vadi içinde gelişen uzamış dolinler (b).
Photo 10. Example of an elongated doline developed along the bedding direction (a) and elongated dolines developing in the paleo valley on Delikgöl Hill (b) in Bozdağ Plateau.



Şekil 8. Dolinlerin (a) ve çizgiselliklerin (b) uzanımlarına ait gül diyagramı.
Figure 8. Rose diagram of the extensions of dolines (a) and lineaments (b).

yaklaşık olarak 1808 metrenin üstünde daha çok görülmektedir. Yağmur sularının oluşan paleo vadilerdeki çatlak yapısını eritip genişletmesiyle vadi tabanlarının talveg hattı boyunca çözünme dolinleri oluşur ve zamanla talveg hattı uzamış dolinler ile kaplanır (Öztürk, 2018b: 72). Dolinler ile kaplanan paleo vadi zemini zamanla dolinler tarafından parçalara ayrılabilir ve orijinal akarsu formu tamamen kaybolabilir (Gunn, 2004: 1609). Bozdağ'da buna örnek teşkil eden paleo vadiler içerisinde ve paleo vadilerin uzanımına uygun şekilde gelişen çözünme dolinlerine rastlanılmıştır (Fotoğraf 10b). Toros karst kuşağı içinde birçok alanda dolinlerin uzun eksen yönelimleri dağların orografik uzanımına paralellik göstermektedir (Öztürk vd., 2017b; Öztürk vd., 2018b; Şimşek vd., 2019; Şimşek vd., 2020). Ancak bazı alanlarda dolinlerin yönelimi yapısal etkilerden farklı olarak paleo vadilere uyum gösterebilmektedir (Şimşek, 2021). Çalışma sahasında da yapısal özelliklere uyum göstermeyen dolin yönelimleri genellikle paleo vadi yönelimine uygun şekilde gelişmiştir.

3.4. Karstik Gelişim

Karstlaşmaya uygun neritik ve pelajik kireçtaşlarının bulunduğu çalışma alanı, Likya naplarına ait allokton konumlu bindirmelerden oluşmaktadır. Çözünmeye uygun litolojiye sahip alanda, Laramiyen fazları (Geç Kretase-Erken Miyosen sonu) sırasında günümüzdeki konumlarını kazanan Likya naplarının karbonatlı kayaları, Neojen örtü birimleri ile örtülmüştür. Geç Miyosen sonuna kadar sıkışarak deformasyona uğrayan ve kıvrım, bindirme ile doğrultu atımlı fayların geliştiği alanda, basınç ve bindirmelerin etkisiyle kireçtaşlarında kırık ve çatlak sistemleri gelişmiştir. Yeni tektonik evrede bir horst yapısı kazanan alanda, Miyosen sonu Pliyosen başında yaşanan ilk yükselim hareketinden sonra asıl yükselim Pliyo-kuvaternerde gerçekleşmiştir. Bu yükselmelerle beraber alanın kırık ile çatlak yapısı gelişmiş ve KD-GB yönlü çizgisellikler oluşmuştur. Bu asıl yükselimin gerçekleştiği dönemde tektonik hareketler ile kırık ve çatlak yapısının gelişmesi, kireçtaşı tabakaları üstünde yer alan örtü tabakalarının bu döneme kadar sıyrılmış olması, akarsu drenajının yer altına drene olması, karst taban seviyesinin derinleşmesi ve serin yağışlı evreler ile aralanan sıcak ve az çok yağışlı bir iklimin etkili olmasından dolayı (Güneysu, 1993) karstlaşma süreci hızlanmıştır. Bozdağ karstik platosunda, Alt-Orta Miyosen yüzeylerinde karstik şekillerden uvalaların ve dolinlerin bulunması karstlaşma sürecinin bu dönemde başladığını, Üst Miyosen yüzeylerinde görülen bu karstik şekiller karstlaşmanın devam ettiğini göstermektedir. Fakat Neojen örtülerinin yer yer veya alanın genelini örtmesi karstlaşmayı kesintiye uğratmıştır. Pliyosen sonlarında gerçekleşen tektonizmanın etkisiyle alanın yükselmesi ile örtü birimi sıyrılmış ve buna bağlı olarak alanda karstlaşmanın etkinliğinin artmasıyla neo-karstik şekiller gelişmeye başlamıştır. Ayrıca blok yükselme sonrası karstik şekillerde gençleşme oluşmuş, Alt-Orta Miyosen yüzeylerinde iç içe karst şekilleri gelişmiştir. Miyosen ve Pliyosen dönemlerinde alanda kurulan drenaj ağıyla aşınım ve birikim gerçekleşmiştir. İleriki dönemlerde ise Pliyo-kuvaternerde akarsu drenajının mevsimlik akarsular dışında yer altına drene olması paleo vadilerin oluşmasını sağlamıştır. Oluşan paleo vadiler ise tabanlarında gelişen geçirimsiz toprak dolguları nedeniyle yana doğru aşındırma yaparak flüvyo-karstik vadilerin gelişmesine olanak sağlamıştır.

4. Sonuç

Menderes Masifi ile Toroslar arasında tektonik olarak karmaşık bir bölgede yer alan Bozdağ, mevcut konumlarını Laramiyen

fazları (Geç Kretase-Erken Miyosen sonu) sırasında kazanmış, allokton konumlu Üst Paleozoyik-Alt Tersiyer döneminde oluşmuş Likya Naplarının (Bodrum ve Domuzdağ) karbonatlı kayalarından oluşmaktadır. Burdur-Fethiye fay zonu içinde yer alan, doğuda Acıpayam, güneyde Beyağaç ve batıda Barz faylarıyla sınırlandırılmış Bozdağ, Geç Miyosen sonuna kadar sıkışarak deformasyona uğramış ve Miyosen sonu Pliyosen başında ilk blok faylanmasını yaşamıştır. Pliyo-kuvaternerde ise ikinci blok faylanmalara uğrayarak güncel şeklini almıştır. Neotektonik rejimin meydana getirdiği bu yapısal ve morfolojik yüzeyler, tektonik zondaki Bozdağ horstunun günümüzdeki boyutlarına Pleistosende ulaştığını göstermektedir. Alanın neritik ve pelajik kireçtaşlarından oluşmasından dolayı sahada karst topoğrafyasına ait şekiller hakimdir. Fakat günümüzde etkili olan karstlaşmadan önce sahada flüvyal etkiler hakimdi. Özellikle Miyosen ve Pliyosen dönemlerinde alanda kurulan akarsu drenaj ağı flüvyal aşınım ve birikimin gelişmesini sağlamıştır. Çalışma alanındaki örtü biriminin Pliyosen dönemine kadar geçen süre zarfında sıyrılmaması ve akarsu drenaj ağının bu dönemde yükselmeler ile yer altına intikal etmeye başlayıp Pliyo-kuvaternerde sel tipi sular haricinde yüzeyden çekilmesiyle alanda karstlaşma bu dönemde gelişmiştir. Sahanın relief sistemleri, 1200-2400 metreler arasında uzanım gösteren Alt-Orta Miyosen (DI), Üst Miyosen (DII), Pliyosen (DIII) ve Pleistosen (DIV) dönemlerine ait reliyef sistemlerinden ve bunların şekil ile yapılarından oluşmaktadır. Arazi çalışmasında beş farklı formasyondan alınan kayaç el örneklerinin petrografik ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Bozdağ ve Sandak formasyonları ile Delikgöl ve Ürmükdağ kireçtaşları, içerdiği kalsiyum karbonat oranlarına göre "yüksek saflık derecesinde" yer almaktadır. Bu formasyonların etkin gözeneklilik oranları sırayla Bozdağ formasyonu (%4,2), Delikgöl kireçtaşı (%4,3), Sandak formasyonu (%2,1) ve Ürmükdağ kireçtaşı (%2) şeklindedir. Tam karst sınıfında bulunan bu formasyonların dışında Kurucaova üyesi, içerdiği farklı minerallerden dolayı kısmi karst sınıfında yer almaktadır. Bozdağ formasyonu ile Delikgöl kireçtaşı petrografik ve kimyasal özellikleri bakımından çözünmeye uygun litolojileri oluşturmaktadır. Yoğun karstik şekillerin bulunduğu bu formasyonlarda çözünme dolinleri de yoğun bir dağılışı göstermektedir. Petrografik ve kimyasal özellikler itibarıyla bu iki formasyona yakın değerler göstermesine rağmen Sandak formasyonunun kireçtaşları üzerinde dolin sayısı daha azdır. Bunun nedenleri, Sandak formasyonunun oluşturduğu ortalama eğim değerinin diğerlerine oranla yüksek olması ve çalışma sahasında alansal olarak daha az yer kaplamasıdır. Ürmükdağ kireçtaşından oluşmuş yüzeylerde, Bozdağ formasyonu ve Delikgöl kireçtaşından daha az doline sahip olması ise çalışma alanında daha az yer kaplamasından dolayıdır. Çözünmeye uygun karbonatlı kayalardan oluşan alanda karstik şekillerden lapa, dolin, uvala ve flüvyo-karstik vadiler bulunmaktadır. Bozdağ'da yoğunluk gösteren dolinler ise çözünme dolini şeklindedir. Alanda yoğun bir şekilde dağılıma sahip olan dolinlere yönelik bazı morfometrik analizlerinin yapılması amacıyla 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları kullanılmış ve 212 dolin tespit edilmiştir. Belirlenen dolinler CBS ortamında sayısallaştırılıp, tüm dolinlerin analizleri yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre; dolinler, 96 m² ile 90149 m² arasında alana, en kısa 38 metre en uzun 1.5 kilometre çevre uzunluğuna sahiptir. 1470 metre ile 2370 metreleri arasında dağılışı gösteren dolinlerin ortalama yükseltisi 1996 metre olup %82,5'i 1900 ile 2200 metreleri arasındadır. Dolinler en fazla (48) Bozdağ formasyonunda (Jb) bulunmaktadır. Formasyonların alansal oranı ile dolin sayısı arasında pozitif fakat zayıf bir korelasyon bulunmaktadır (r=0,3). Yoğunlukla tam karst sınıfında bulunan formasyonlarda yoğun bir dağılışı gösteren dolinler, kısmi karst sınıfında yer alan Me-

metaşı üyesinde de yoğun bir dağılım göstermektedir (31 dolin). Bunun nedeni, üyenin oluşturduğu yüzeylerin düşük ortalama eğim değerlerine ve kırıklı bir yapıya sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Litolojik alanlar ile dolinler arasındaki ilişkinin zayıf olması litoloji dışında alandaki çatlak sistemlerinin dağılımının ve yoğunluğunun, alanın paleocoğrafik evriminin, iklim, eğim ve drenaj özelliklerinin de dolinlerin dağılımında etkili olabildiğini göstermektedir. Çalışma alanında dolinler düşük ve orta yoğunluk sınıfında bulunmaktadır. En yüksek yoğunluk ise 24 dolin/km²'dir. Ancak topoğrafya haritalarında tüm dolinler gösterilmediğinden Google Earth Pro programı kullanılarak ayrıca 344 dolin daha tespit edilmiş ve toplam 556 dolinin merkezi noktası işaretlenerek yoğunluk analizi yapılmıştır. Bu 556 dolinin yoğunluk analizinde topoğrafya haritalarındaki yoğunluk haritasından farklı olarak yüksek yoğunluklu alanlar da bulunmaktadır. Dolinlerin, dairesellik indisi sonucuna göre ortalama değer 1.21 olup, içinde birden fazla çıkıntının gelişmesiyle dairesellik formlarını tamamen kaybettiği anlaşılmıştır. Ancak dolinlerin %2.3'ünü oluşturan ve alan olarak 20000 m²'den büyük olan dolinler indiste maksimum değerleri oluşturmaktadır, bunlar analiz dışında bırakıldığında ise ortalama indis değeri 1,19 olup dolinlerin daireselliklerinin bozulmaya başladığı sonucunu vermektedir. Uzun eksen değerleri incelendiğinde uzunlukları en kısa 14 metre ile en fazla 704 metre arasında değişmekle birlikte, ortalama uzunluğu 65 metredir. Kısa eksenlerin uzunlukları ise en kısa 8 metre ile en fazla 308 metreleri arasında olup ortalama kısa eksen uzunluğu da 40 metredir. Dolinlerin ortalama uza- ma oranı 1,56'dır. 1 km²'lik gridler aracılığıyla oluşturulan eğim değerlerine göre, alanın ortalama eğim değeri 17.7°'dir. Alanda en fazla dolin sayısı 94 dolinle orta eğim değerine karşılık gelen 15° ile 20° arasındaki eğimli yüzeylerde bulunurken, en az dolin sayısı ise 14 dolin ile yüksek eğimli alanları oluşturan 25° ile 30° arasındaki eğimli yüzeylerde bulunmaktadır. Çalışma alanında bindirmeler ve blok yükselmelerin sonucunda karbonatlı kayalarda çatlak ve kırık yapısı gelişmiş ve KD-GB yönünde gelişen süresizlikler meydana gelmiştir. Dolinlerin uzun eksenin genel doğrultusu ise D-B yönünde olup süresizliklere uyum göstermemektedir. Ancak uyum göstermeyen dolinlerin yanı sıra bu doğrultulara göre gelişmiş dolinler de bulunmaktadır. Ayrıca paleo vadi doğrultularına uygun gelişmiş dolin örnekleri de mevcuttur. Dolinlerin yönelimlerinde etkili olan diğer bir faktör de paleo vadilerin uzanımlarıdır. Bu çalışmaya göre dolinlerin dağılımında ve yönelimlerinde, topoğrafik eğim, yağış ve sıcaklık koşulları, yapısal özellikler, jeomorfolojik evrim, paleo vadi ve drenaj sistemleri gibi etkilerin olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaynakça

- Akdeniz, N. (2011). *1:100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları Denizli-N22 paftası*, (Yayın No: 164). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Aksoy, R., & Aksarı, S. (2008). Elmalı (Antalya, Batı Toroslar) kuzeyinde Likya naplarının jeolojisi. *Selçuk Üniv. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(2), 45-59.
- Ardel, A., Kurter, A., & Dönmez, Y. (1969). *Klimatoloji tatbikatı*. Taş Matbaası.
- Atalay, İ. (2017). *Türkiye jeomorfolojisi* (3. baskı). Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.
- Aydın, S., Şimşek, M., Çetinkaya, G., & Öztürk, M. Z. (2019). Erinç yağış etkinliği indisine göre belirlenen Türkiye iklim bölgelerinin rejim karakteristikleri. İçinde Gönençgil, B., Ertek, A.T., Akova, İ., & Elbaşı, E. (Eds). 1. *İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi Bildiri Kitabı*, (ss.20-22). <https://doi.org/10.26650/PB/PS12.2019.002.074>
- Bárány-Kevei, I. (1999). Microclimate of karstic dolines. *Acta Climatologica*, 32(33), 19-27.
- Basso, A., Bruno, E., Parise, M., & Pepe, M. (2013). Morphometric analysis of sinkholes in a karst coastal area of southern Apulia (Italy). *Environmental Earth Science*, 70, 2545-2559. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2297-z>
- Becker-Platen, J. D. (1970). Lithostratigraphische untersuchungen im kanozoikum südwest anatoliens (Türkei)-(Kanozoikum und braunkohlen der Turkei), *Beihefte zum Geologischen Jahrbuch*, 97.
- Birsoy, Y., & Ölgen, M. K. (1992). Thornthwaite yöntemi ile su bilançosunun ve iklim tipinin belirlenmesinde bilgisayar kullanımı. *Ege Coğrafya Dergisi*, 6(1) 153-178.
- Bondesan, A., Meneghel, M., & Sauro, U. (1992). Morphometric analysis of dolines. *International Journal of Speleology*, 21(1), 1-55. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.21.1.1>
- Bozcu, M., Yağmurlu, F., & Şentürk, M. (2007). Fethiye-Burdur fay zonunun bazı neotektonik ve paleosismolojik özellikleri, GB-Türkiye. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 31(1), 25-48.
- Bölük, E. (2016). Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü. https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/Thornthwaite.pdf
- Brunn, J. H., Graciansky, P. Ch, de., Gutnic, M., Juteau, T., Lefèvre, R., Marcoux, J., Monods, O., & Poisson, A. (1970). Structures majeures et correlations stratigraphiques dans les Taurides occidentales. *Bulletin Société Géologique de France*, 12(7), 515-556. <https://doi.org/10.2113/gssgfbull.S7-XII.3.515>
- Day, M. (1983). Doline morphology and development in Barbados. *Annals of the Association of American Geographers*, 73(2), 206-219.
- Denizman, C. (2003). Morphometric and spatial distribution parameters of karstic depressions, lower Suwanee River basin, Florida. *Journal of Cave and Karst Studies*, 65(1), 29-35.
- Doğan, U. (2004). Dolin sınıflamasında yeni yaklaşımlar. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(1), 249-269.
- Ekmekçi, M. (2003). Review of Turkish karst with emphasis on tectonic and paleogeographic controls. *Acta Carsologica*, 32/2(17), 205-218. <https://doi.org/10.3986/ac.v32i2.349>
- Elitez, İ., & Yaltrak, C. (2014). Çameli Havzası'nın Miyosen-Kuvaterner jeodinamiği, Burdur-Fethiye Makaslama Zonu (GB Türkiye). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 57(3), 41-67. <https://doi.org/10.25288/tjb.298714>
- Erinç, S. (1996). *Klimatoloji ve metodları*. Alfa Basım Yayım Dağıtım.
- Erinç, S. (2001). *Jeomorfoloji II* (3. baskı). Der Yayınevi.
- Erol O. (1979). Türkiye'de Neojen ve Kuvaterner aşınım dönemleri, bu dönemlerin aşınım yüzeyleri ile yaşıt (korelan) tortullara göre belirlenmesi. *Jeomorfoloji Dergisi*, 8, 1-40.
- Erol, O. (1981). Neotectonic and Gemorphologic evolution of Turkey. In Fairbridge R.W. (Ed.) *Neotectonics, Zeitschrift für Geomorphologie*. N.F. Suppl. Bd., 40, 193-211.
- Erol, O. (1983). Türkiye'nin genç tektonik ve jeomorfolojik gelişimi. *Jeomorfoloji Dergisi*, 11, 1- 22.
- Erol, O. (1993). Ayrıntılı jeomorfoloji haritaları çizim yöntemleri. İstanbul Üniv. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, *Bülten*, 10, 19-39.
- Eroskay, O. S. (1982). Engineering properties of carbonate rocks and karst regions in Turkey. *Bulletin of The International Association of Engineering Geology*, (25), 61-65. <https://doi.org/10.1007/BF02603192>
- Ersoy, Ş. (1989). *Fethiye (Muğla) - Gölhisar (Burdur) arasında Güney Dağı ile Kelebekli Dağ ve dolaylarının jeolojisi*. [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. İstanbul Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ersoy, Ş. (1990). Batı Toros (Likya) naplarının yapısal öğelerinin ve evriminin analizi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 37, 5-16.
- Faivre, S., & Pahernik, M. (2007). Structural influences on the spatial distribution of dolines, Island of Brac, Croatia. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 487-503. <https://doi.org/10.1127/0372-8854/2007/0051-0487>
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302- 4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>

- Ford, D., & Williams, P. (2007). *Karst hydrogeology and geomorphology*. John Wiley & Sons Ltd.
- Geysant, J. (2001). Geology of calcium carbonate. In Tegetoff, W. (Eds.), *Calcium carbonate: from the cretaceous period into the 21st century*, (pp.1-52), Springer Publishing Group.
- Goudie, A. S. (2003). *Geomorphological techniques*. Allen & Unwin
- Graciansky, P. C. (1968). Teke yarımadası (Likya) Torosların üst üste gelmiş ünitelerinin stratigrafisi ve Dinaro-Toroslar'daki yeri. *MTA Enstitüsü Dergisi*, 71, 73-92.
- Gunn, J. (2004). Valleys in karst. In Gunn, J. (Eds.), *Encyclopedia of cave and karst science* (pp.1607-1610).
- Güneysu, A. (2014). Batı Toroslar'da neotektonik hareketlerin karstlaşma üzerindeki etkileri ve karstlaşmanın evrimi (Eğirdir-Beyşehir-Antalya karst alanı). *Türk Coğrafya Dergisi*, 0(28), 329-336. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tcd/issue/21259/228208>
- Kazancı, N., Gürbüz, A., & Boyraz, S. (2011). Büyük Menderes Nehri'nin jeolojisi ve evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 54(12), 25-56.
- Keser, N. (2004). Bezirgan Polyesi ve yakın çevresinin karst jeomorfolojisi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (42), 11-45.
- Konak, N. (2003). Menderes masifinin güneydoğusundaki naplı yapılar. 56. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı*, (ss.304-306).
- Nazik, L., & Poyraz, M. (2015). Türkiye karst morfolojisinde neotektoniğin rolü. İçinde Bahadır, M., Uzun, A., & Zeybek, H. İ. (Eds.), *IV. Ulusal jeomorfoloji sempozyumu bildiriler kitabı: Karst Jeomorfolojisi*, (ss.203-213), Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Nazik, L., & Poyraz, M. (2017). Türkiye karst jeomorfolojisi genelini karakterize eden bir bölge: Orta Anadolu platoları karst kuşağı. *Türk Coğrafya Dergisi*, (68), 43-56. <https://doi.org/10.17211/tcd.300414>
- Nazik, L., & Tuncer, K. (2010). Türkiye karst morfolojisinin bölgesel özellikleri. *Türk Speleoloji Dergisi, Karst ve Mağara Araştırmaları*, 1(1), 7-19.
- Nazik, L., Poyraz, M., & Karabıyıklıoğlu, M. (2019). Karstic landscapes and landforms in Turkey. In Kuzucuoğlu, C., Çiner, A., & Kazancı, N. (Eds.), *Landscapes and Landforms of Turkey*, (pp.181-196), Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03515-0_5
- Okay, A. İ. (1989). Geology of the Menderes Massif and the Lycian Nappes south of Denizli, western Taurides. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey*, 109, 37-51.
- Öztaş, T. (1992). Boğsak karst kaynağı (Mersin-Taşucu) dolayının karst ve karstlaşma özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği*, (41), 118-130.
- Öztürk, M. Z. (2018a). Karstik kapalı depresyonların (dolinlerin) morfometrik analizleri. *Coğrafya Dergisi*, (36), 1-13. <https://doi.org/10.26650/JGEOG371149>
- Öztürk, M. Z. (2018b). Orta Toroslar'da dolinlerin dağılışı ve morfometrik özellikleri. Kriter Yayınevi.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., & Aydın, S. (2017a). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi*, (35), 17-27. <https://doi.org/10.26650/JGEOG295515>
- Öztürk, M. Z., & Savran, A. (2020). An oasis in the Central Anatolian steppe: the ecology of a callose doline. *Acta Biologica Turcica*, 33(2), 100-113. <https://www.researchgate.net/publication/340429695>
- Öztürk, M. Z., Şener, M. F., Şener, M., & Şimşek, M. (2018a). Structural controls on distribution of dolines on Mount Anamas (Taurus Mountains, Turkey). *Geomorphology*, 317, 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.05.023>
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M., & Utlu, M. (2015). Tahtalı Dağları (Orta Toroslar) karst platosu üzerinde dolin ve uvala gelişiminin CBS tabanlı analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (65), 59-68. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tcd/issue/21272/228400>
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M., Şener, M. F., & Utlu, M. (2018b). GIS based analysis of doline density on Taurus Mountains, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 77(536), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7717-7>
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M., Utlu, M., & Şener, F. (2016). Bolkar Dağları batı platosunun flüvyo-karstik evrimi. İçinde Özçağlar, A., Türkoğlu, N., Bayar, R., Yılmaz, E., Aydın, O., & Karabacak, K. (Eds.) *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, (ss.106-115).
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M., Utlu, M., & Şener, M. F. (2017b). Karstic depressions on Bolkar Mountain plateau, Central Taurus (Turkey): Distribution characteristics and tectonic effect on orientation. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 26(4), 302-313. <https://doi.org/10.3906/yer-1702-3>
- Pekcan, N. (1999). *Karst jeomorfolojisi* (3. Baskı). Filiz Kitabevi.
- Poyraz, M., Öztürk, M. Z., & Soykan, A. (2021). Sivas jips karstında dolin yoğunluğunun CBS tabanlı analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (6), 67-80. <https://doi.org/10.46453/jader.863090>
- Rimmelé, G., Jolivet, L., Oberhänsli, R., & Goffé, B. (2003). Deformation history of the high-pressure Lycian Nappes and implications for tectonic evolution of SW Turkey. *Tectonics*, 22(2).
- Şahinci, A. (1991). *Karst*. Reform Matbaası.
- Şaroğlu, F., & Güler, B. (2020). Batı Anadolu Tektonik Kaması'nın güncel deformasyonu: batıya doğru kaçıştan kaynaklanan blok hareketleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 63(2), 161-194. <https://doi.org/10.25288/tjb.593423>
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., & Boray, A. (1987). *Türkiye'nin diri fayları ve deprensellikleri*. (Rapor No: 8174). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Şenel, M. (2003). Toros kuşağının tektonik birlikleri ve bunların korelasyonu. 56. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı*, (ss.307-308).
- Şenel, M. (2007). Likya Naplarının özellikleri ve evrimi: Menderes Masifi Kolokyumu, O. Özcan Dora onuruna, 5-10.
- Şimşek, M. (2021) Silifke-Gülnar platosunda (Orta Toroslar) paleovadi sistemlerinin yüzey karstlaşması üzerine etkisi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (7), 48-60. <https://doi.org/10.46453/jader.949862>
- Şimşek, M., Öztürk, M. Z., & Turoğlu, H. (2019). Geyik Dağı üzerindeki dolin ve uvalaların morfotektonik önemi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (72), 13-20. <https://doi.org/10.17211/tcd.501724>
- Şimşek, M., Öztürk, M. Z., & Utlu, M. (2016). Çözünme dolinlerinin Kuvaterner değişimleri açısından önemi. İçinde Sarıkaya, A. M. (Ed). *VII Türkiye Kuvaterner Sempozyumu Bildiri Özleri Kitabı* (ss.34-35). İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü.
- Şimşek, M., Öztürk, M. Z., Doğan, U., & Utlu, M. (2021). Toros polyelelerinin morfometrik özellikleri. *Coğrafya Dergisi*, 0(42), 101-119. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2020-834461>
- Şimşek, M., Utlu, M., & Öztürk, M. Z. (2020). Gidengelmaz Dağları'nın yüzey karstı özellikleri (Orta Toroslar). İçinde Birinci S., Kaymaz, Ç. K., & Kızıllan, Y. (Eds.), *Coğrafi Perspektifle Dağ ve Dağlık Alanlar (Sürdürülebilirlik-Yönetim-Örnek Alan İncelemeleleri)*, (ss.1-18), Kriter Yayınevi.
- Tuncer, K. (2018). *Sakarya Nehri-Göynük Çayı-Çatak Çayı arasındaki sahanın karst jeomorfolojisi*. Kriter Yayınevi.
- Tuncer, K. (2021a). Tektonik olarak karmaşık bir bölgede yer alan Barz Polyesi (Tavas, Denizli): Oluşumu, gelişimi ve jeomorfolojik özellikleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (77), 99-118. <https://doi.org/10.17211/tcd.910578>
- Tuncer, K. (2021b). Barz, Ovacık, Kızılca havzalarında (Denizli) karstifikasyonu belirleyen parametreler ve karstın gelişimi. *Turkish Studies - Social*, 16(4), 1621-1658. <https://dx.doi.org/10.47356/TurkishStudies.51785v>
- Waltham, A. C., & Fookes, P. G. (2003). Engineering classification of karst ground conditions. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 36, 101-118.
- Yılmaz, E., & Çiçek, İ. (2016). Türkiye Thornthwaite iklim sınıflandırması. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 3973-3994. <https://doi.org/10.14687/jhs.v13i3.3994>