

# Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

## Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



### Araştırma Makalesi / Research Article

## BOZBURUN DAğI (ANTALYA) BUZULLAşMA ALANLARININ JEOMORFOLOJİK AÇIDAN DEğERLENDİRİLMESİ

### Geomorphological Evaluation of Bozburun Mountain (Antalya) Glacier Areas

Ergin CANPOLAT

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Hatay  
 ergincanpolat@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-2123-3551>

#### Makale Tariğesi

Geliş 5 Nisan 2022

Kabul 19 Mayıs 2022

#### Article History

Received 5 April 2022

Accepted 19 May 2022

#### Anahtar Kelimeler

Buzullaşma, Paleobuzul, Buzul jeomorfolojisi, Bozburun Dağı, Batı Toroslar.

#### Keywords

Glaciation, Paleoglacial, Glacial Geomorphology, Bozburun Mountain, Western Taurus.

#### Atıf Bilgisi / Citation Info

Canpolat, E. (2022) Bozburun Dağı (Antalya) Buzullaşma Alanlarının Jeomorfolojik Açıdan Değerlendirilmesi / Geomorphological Evaluation of Bozburun Mountain (Antalya) Glacier Areas, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2022 (9): 1-18.

doi: 10.46453/jader.1098786

#### ÖZET

Son yıllarda yapılan çalışmalar ile Anadolu'da Kuvaterner'e ait buzullaşma izlerinin görüldüğü dağlık sahalara yenileri eklenmektedir. Toros Dağ Kuşağı'nın yüksek kesimleri de buzullaşma alanlarına ait envanterlerde yerini almaktadır. Yakın zamanlarda özellikle Batı Toroslarda yapılan çalışmalar, bazı dağlık alanların düşük enlem ve yükselti değerlerine rağmen buzullaşma izleri taşıdığını ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada buzullaşma izlerini taşıdığı görülen Bozburun Dağı buzul jeomorfolojisi açısından değerlendirilmiştir. Bozburun Dağı, Antalya'nın kuzeyinde Serik (Antalya) ile Sütçüler (Isparta) arasında, coğrafi olarak da Köprüçay ile Aksu vadileri arasında yer alan ve maksimum yüksekliği 2504 m olan bir dağdır. Faylanma sonucu parçalı yapı gösteren dağlık alanda özellikle kuzeydoğu kesimde Jura-Kretase kireçtaşları içerisinde yoğun karstlaşma izlerine rastlanmaktadır. Çalışmada, sahaya ait litolojik ve tektonik yapının incelenmesi, meteorolojik veriler ile yüksek çözünürlüklü topoğrafik veriler edinilmiştir. İhtiyaç duyulan bazı lokasyonlar için İHA kullanılarak görüntüler elde edilmiştir. Yapılan saha çalışmalarını neticesinde de sirk ve moren tespiti geręekleřtirilen lokaliteler için Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında GlaRe yazılım eklentisi kullanılarak paleobuzul rekonstrüksiyon işlemleri yapılmıştır. Ayrıca farklı formülasyonlarla paleo-ELA hesaplaması yapılmıştır. Dağlık alanın doğu kesiminde iki, kuzeybatısında iki olmak üzere toplam dört adet buzullaşma alanı tespit edilmiştir. Muhtemelen Son Glasyal Maksimum ile Genç Dryas sürecinde oluşan bu buzullaşma alanları toplamda 1,09 km<sup>2</sup> alan kaplamaktadır. Buzullaşma alanının en geniş olduğu ve paleobuzul uzunluğunun en fazla olduğu (1203 m) saha kuzeybatıdaki Bilezik Sirkli buzullaşma alanıdır. Sahada buzullaşma izlerinin en alçak seviyelerde görüldüğü lokasyon da bu buzullaşma alanındadır. Bu kesimde buzul terminal yüksekliği 1873 m olarak hesaplanmıştır. Bozburun Dağı'ndaki buzullaşma rekonstrüksiyonu hesaplamalarının sonuçlarına göre maksimum buzul kalınlığının ortalaması ise 73 m'dir. Sahada AABR 1,69 değerine göre ortalama 2144 m Paleo-ELA değeri hesaplanmıştır. Buzullaşma izlerinin görüldüğü Bozburun Dağı'nın yüksek kesimlerinde litolojik ve tektonik yapıya bağlı gelişen yüksek eğim değerleri ise buzul jeomorfolojisi oluşumlarının gelişimini sınırlandırmıştır.

#### ABSTRACT

With the studies carried out in recent years, new ones are being added to the mountainous areas where traces of Quaternary glaciation are seen in Anatolia. The high parts of the Taurus mountain belt are also included in the inventories of glaciation areas. Recent studies, especially in the Western Taurus, have revealed that some mountainous areas have traces of glaciation despite low latitude and low altitude values. In this study, Bozburun Mountain, which is seen to have traces of glaciation, was evaluated in terms of glacial geomorphology. Bozburun is a mountain with a maximum height of 2504 m, located between Serik (Antalya) and Sütçüler (Isparta) in the north of Antalya, geographically between Köprüçay and Aksu valleys. In the mountainous area, which shows a fragmented structure as a result of faulting, intense karstification traces are observed within the Jura-Cretaceous limestones, especially in the northeastern part. In the study, the examination of the lithological and tectonic structure of the field, meteorological data and high resolution topographic data were obtained. Images were obtained by using UAV for some needed locations. As a result of the field studies, paleoglacial reconstruction processes were carried out for the localities, where cirques and moraine were detected, using the GlaRe software add-on in the Geographical Information System environment. In addition, paleo-ELA calculations were made with different

formulations. A total of four glaciation areas were identified, two in the eastern part of the mountainous area and two in the northwest. These glaciation areas, probably formed during the Last Glacial Maximum and the Younger Dryas period, cover a total area of 1.09 km<sup>2</sup>. The area with the largest glaciation area and the longest paleoglacial length (1203 m) is the Bilezikci Cirque glaciation area in the northwest. The location where the traces of glaciation are seen at the lowest levels in the field is also in this glaciation area. In this section, the glacial terminal height was calculated as 1873 m. According to the results of the glaciation reconstruction calculations on Bozburun Mountain, the average of the maximum glacier thickness is 73 m. According to the AABR 1.69 value an average of 2144 m Paleo-ELA values was calculated. The high slope values developed due to the lithological and tectonic structure in the high parts of Bozburun Mountain, where traces of glaciation are observed, limited the development of glacial geomorphology formations.

© 2022 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology  
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

## 1.GİRİŞ

Yüksek ve engebeli bir topoğrafik yapıya sahip olan Türkiye, Alp-Himalaya orojenez kuşağında yer aldığından aktif tektoniğin etkilerinin oldukça fazla hissedildiği ülkelerdendir. Özellikle Orta Miyosen'den itibaren kuzey, güney ve doğu kesimlerinde tektonik anlamda sıkışma rejimi nedeniyle yükselişini sürdüren Türkiye'nin yüksek sahaları, Kuvaterner buzullaşma periyotlarının izlerini taşıdığı gibi yer yer aktif buzul alanları da barındırmaktadır (Erinç, 1951, 1952, 1953; Turoğlu, 2011; Sarıkaya vd., 2011; Bayrakdar vd., 2015; Yeşilyurt vd., 2018; Doğu, 2019). Yüksek dağlık sahaların daha çok kuzey yamaçlarında korunaklı vadi ve sirklerde yer alan aktif buzullar, günümüz iklim şartlarına bağlı olarak erimekte ve yok olmaya yüz tutmaktadır (Çiner, 2003). Aktif buzulların olduğu sahalardan aktif buzul olmadığı halde buzullaşmanın jeomorfolojik kanıtlarının görüldüğu sahalardan araştırılması, bu sahalardan jeomorfolojik gelişimin açıklanması bakımından önem taşıdığı gibi geçmiş dönem dış kuvvetlerinin, paleoiklim özelliklerinin açıklanması açısından da önem taşımaktadır. Bu kapsamda buzul jeomorfolojisi araştırma yöntem ve teknikleri giderek gelişmektedir. Özellikle radyokarbon tarihlendime, kozmojenik tarihlendirme, Optik Lüminesans (OSL) tarihlendirmesi gibi sayısal veriler üreten tarihlendirme çalışmaları yapılmakta, Uzaktan Algılama ve Coğrafî Bilgi Sistemleri teknolojilerinde de yararlanılmaktadır. Geliştirilmiş bu yöntem ve araçlar ile Türkiye'nin muhtelif yüksek dağlık alanlarında yapılan çalışmalarla yeni buzullaşma alanları da literatüre kazandırılmaktadır (Bayrakdar vd., 2015). Kuvaterner'de Dünyadaki iklim değişiklikleri nedeniyle yaşanan buzul çağlarında Türkiye'de buzullaşma alanlarında artışlar olmuştur.

Türkiye'de yapılan buzul jeomorfolojisi araştırmaları en eski, Geç Kuvaterner buzul ilerlemesinin başlangıcı olarak MIS-4 (71 bin yıl önce) ve bu dönemin sonlanmasını ise MIS-3 (29-30 bin yıl) olarak ortaya koymaktadır (Sarıkaya ve Çiner, 2015). Yaklaşık 21 bin yıl önce ise Son Glasyal Maksimum periyodu yaşanmıştır. Yapılan tarihlendirme çalışmaları, bu periyotta buzullaşma alanlarının fazla olduğuna dair veriler üretmektedir. Bu periyottan sonra ise Geç Buzul Dönemi (19-13 bin yıl) ve Genç Dryas (13-11,7 bin yıl) periyotlarında buzullaşmada artışlar yaşanmıştır (Akçar vd. 2017; Sarıkaya ve Çiner 2017; Bayrakdar vd., 2020).

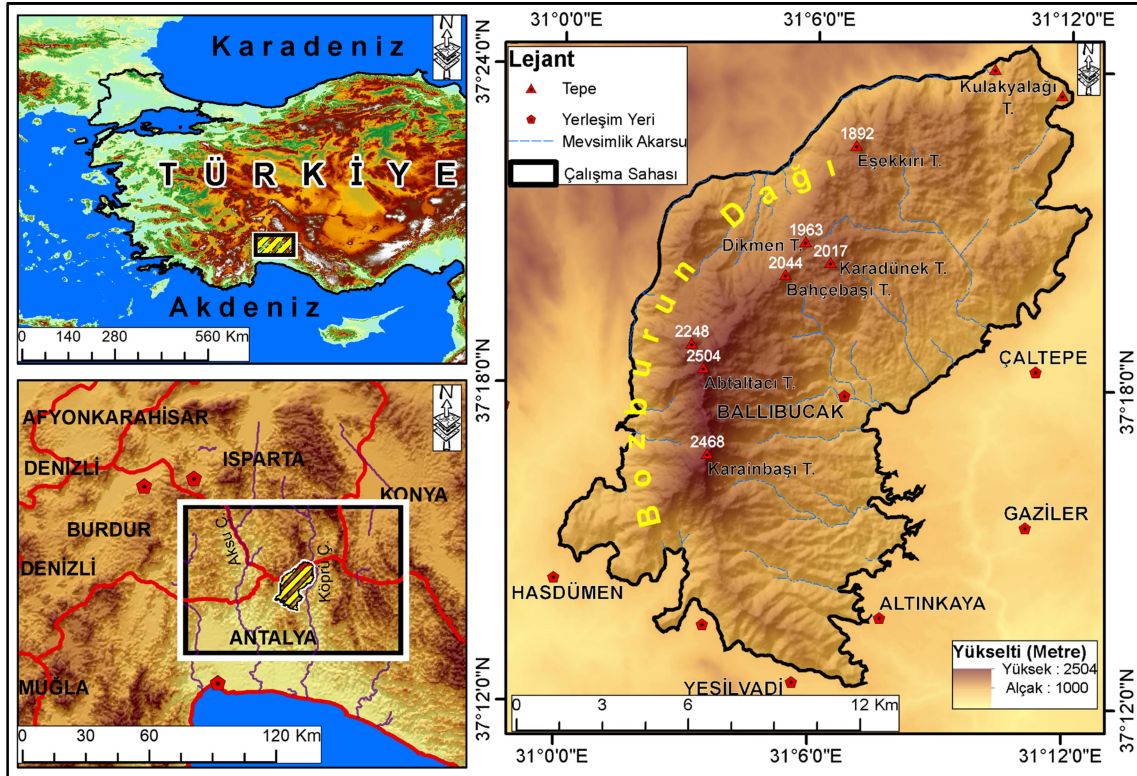
Bu çalışmada irdelenen Bozburun Dağı'nın da içerisinde yer aldığı Batı Torosların yüksek seviyelerinde çok sayıda buzullaşma alanına rastlanmaktadır. Farklı araştırmacıların Batı Toroslarda buzullaşma alanları için yaptıkları çalışmalar incelendiğinde, Sandıras (Philipson, 1915; Messerli, 1967; Erinç, 1971; Doğu, 1993; Sarıkaya vd., 2008; Doğan, 2011; Sarıkaya ve Çiner, 2015), Karadağ (Bayrakdar vd., 2017b) Akdağ (Kaş) (Onde, 1952; Planhol ve İnadık, 1958; Doğu vd., 1999; Bayrakdar, 2012; Sarıkaya vd., 2014; Bayrakdar vd., 2017a), Beydağları (Louis, 1944; Messerli, 1967; Çılđın ve Bayrakdar, 2020), Davraz, Barla (ArDOS, 1974; ArDOS, 1977; Atalay, 1987), Dedegöl (Zahno vd., 2010; Çılđın, 2012; Çılđın, 2015; Köse vd., 2019), Geyikdağ Dağları (Çiner vd., 2015; Sarıkaya vd., 2017; şimşek vd., 2019a), Akdağ (Alanya) (Bayrakdar, 2020) ve Bozburun Dağı yüksek kesimlerinde buzullaşma izleri barındıran dağlar olduğu anlaşılmaktadır.

Buzullaşmanın görüldüğu dağlık sahalardan Beydağları, Davraz, Barla, Dedegöl, Geyik Dağları, Akdağ (Alanya) ve Bozburun Dağı

Antalya K rfesi çevresinde yer almaktadır. Beydağı (3070 m) Antalya K rfesi batısında yer almaktadır. Beydağı, Louis (1944) ve Messerli (1967) tarafından buzullaşma alanı olarak tanımlanmıştır. Isparta sınırları içerisinde kalan Barla ve Davras dağları, Ardos (1974 ve 1977), Atalay (1987) tarafından araştırılmış ve Geç Kuvaterner buzullaşma alanları olarak nitelendirilmiştir. Isparta ve Konya sınırında yer alan Dedegöl Dağı ise Zahno ve ark. (2010) tarafından 10 Be ve 26 Al tarihlendirmesine göre Son Glasyal Maksimum,  ilg n (2012 ve 2015) OSL tarihlendirmesi ve Köse vd., (2019)  alışmasında 36 Cl tarihlendirme çalışmalarına göre ise Kuvaterner'den erken Holosen'e kadar birden çok buzullaşmaya sahne olduğu ifade edilmiştir. Antalya K rfesi'nin doğusundaki Geyik Dağları buzullaşmanın en geniş görüldüğu sahalardan biridir (Bayrakdar, 2020). Bu saha için  iner vd., (2015) tarafından yapılan çalışmada buzullaşma Son Glasyal

Maksimum ile Genç Dryas'a atfedilmektedir. Sarıkaya vd., (2017) bu saha için yaptığı 36 Cl kozmojenik tarihlendirmesine göre buzullaşmayı Geç Buzul ve Erken Holosen olarak nitelendirmiştir.

Bu çalışmanın konusunu oluşturan Bozburun Dağı, Antalya K rfesi kuzeyinde, Batı Toroslar üzerinde yer almaktadır. Dağlık alanın doğu kesiminde yer alan Ballıbuca k y , Serik'e 79 km ve Antalya'ya 123 km mesafede bulunmaktadır. Sahada buzullaşma izlerine Ballıbuca k y  batı ve kuzeybatısındaki yüksek alanda rastlanmaktadır. Bu kesimde 2504 m zirve y ksekliliğine sahip Aptaltacı Tepe ve 2468 m zirvesi olan Karainbaşı Tepe yer alırken, dağlık alanın kuzey ve kuzeydoğusuna doğru zirve yükselteleri düşmektedir. Bahçebaşı Tepe (2044 m), Karad nek Tepe (2017 m), Dikmen Tepe (1963 m), Eşekkırı Tepe (1832 m) bu alandaki başlıca zirvelerdir (Şekil 1).



Şekil 1: Çalışma Sahası Lokasyon Haritası / Figure 1: Location Map of the Study Area

Bu  alışmada Bozburun Dağı'nın buzul morfolojisine ait izler taşıdığı, daha önceki bazı çalışmalarda ifade edilmiştir (Louis, 1944; Sağdıç, 2009; Fural, 2016, Evans vd., 2021). Louis (1944)  alışmasında kısaca Bozburun Dağı'nda Son Buzul  ağı'nda kalıcı kar sınırının 2400 m'de olduğuna değinmiştir. Sağdıç (2009) "K pr cayı Havzası'nın Coğrafi Etüdü" başlıklı

 alışmasında Bozburun Dağı'nda Plesitosen'de buzullaşmanın yaşanmış olduğuna, Kurucaova Yaylası'nın batısında 2150 m yükseltide yer alan Gölcük G l 'nün bir sirk g l  olduğuna değinmiştir. Bu makalenin yazarının da içinde yer aldığı Evans vd., (2021) Güneybatı Türkiye (Batı Toros) Sirklerinin Biçimi, Dağılımı ve Paleoklimsel Etkileri (İng. The form,

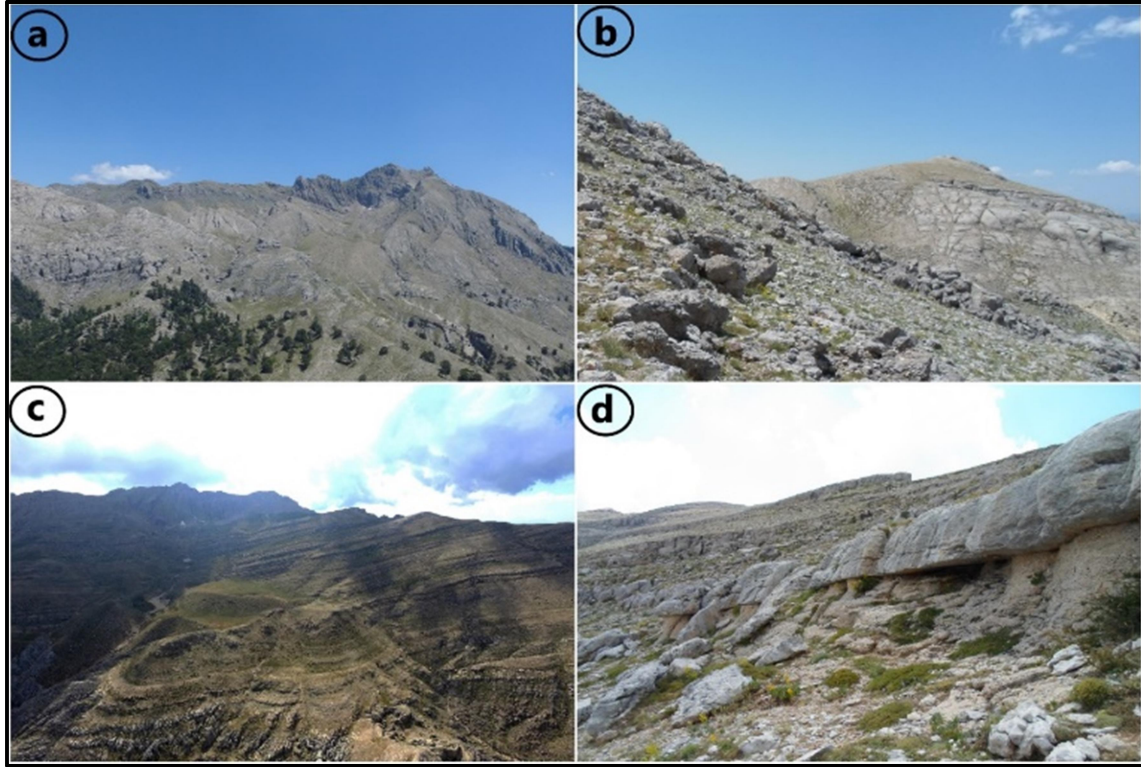


distribution and palaeoclimatic implications of cirques in southwest Turkey (Western Taurus)) başlıklı çalışmada Bozburun Dağı 3 sirk yapısının ortalama taban ykseklilđi 2074 m, ELA ise yaklaşık 2200 m olarak hesaplanmıştır.

Dağlık alana yönelik yapılan n büro çalışmaları ve gerekleştirilen arazi çalışmaları neticesinde buzul jeomorfolojisi öğeleri haritalanmıştır. Mevcut veriler işığında güncel iklimatik özellikler ve bu özelliklerden hareketle paleoklimatik özellikler üzerinde durulmuştur. Klimatik ve topoğrafik veriler ile buzullaşmaya ilişkin jeomorfolojik kanıtlardan yararlanılarak paleo buzul rekonstrüksiyonu haritası oluşturulmuştur.

## Jeoloji

Çalışma sahası Toros Dağ Kuşağı'nda Isparta açısının doğu kesimine yer almaktadır. Tektonik açıdan son derece karmaşık yapısı olan bu kesim otokton ve allokton birimlerin olduğu bir sahadır ve litolojik olarak Prekambriyen'den Kuvaterner alvyonlarına kadar birçok birim barındırmaktadır. Saha yakın çevresiyle genel bir şekilde değerlendirildiğinde; Antalya Napları, Beydağları Otoktonu, Tavas-Burdur Post-Tektonik Molası Havzası, Anamas-Akseki Otoktonu ve diğer ofiyolitik nap karmaşıklarından oluşmaktadır (şenel, 2010).



**şekil 2:** a. Batı yamaçlarında konglomera tabaka dalımları, b. Batı yamaçlarda buzul ve kar etkisiyle cilalanmış, törpülenmiş yüzeyler, c. Doğu yamaçlarda tabakalar, d. Tabaka kornişlerinin yakından görünümü.

**Figure 2:** a. Conglomerate layer plungings on the western slopes, b. Polished and rasped surfaces on the western slopes due to the effect of glacier and snow, c. Layers on the eastern slopes, d. Close-up view of the layers cornices.

Bozburun Dağı kuzey ve kuzeydoğu kesimlerinde Jura-Kretase kireçtaşları (Kb) yer almaktadır. Bu birim kalın neritik kireçtaşları olarak adlandırılmaktadır. Bu birim üzerinde yoğun karstlaşma görülmektedir. Bu birim, Bozburun Dağı'nın kuzey kesimindeki Eşekkırı Tepe civarında faylanma nedeniyle yerini dar bir saha boyunca Paleosen Olistostromu'na bırakmaktadır. Bozburun dağının yüksek

kesimlerini oluşturan saha ise Neojen'in Miyosen devresinde Serravaliyen Tortoniyen (Orta-st Miyosen) ağlarına ait konglomeralardan oluşmaktadır (şekil 2). Bu birim Poisson (1977) tarafından Aksu formasyonu olarak adlandırılmıştır. şenel vd., (1992, 1996) birimi Serravaliyen?-Tortoniyen yaşlı olduğunu beyan etmişlerdir. Aksu konglomeraları masif, kalın orta tabakalı, orta-

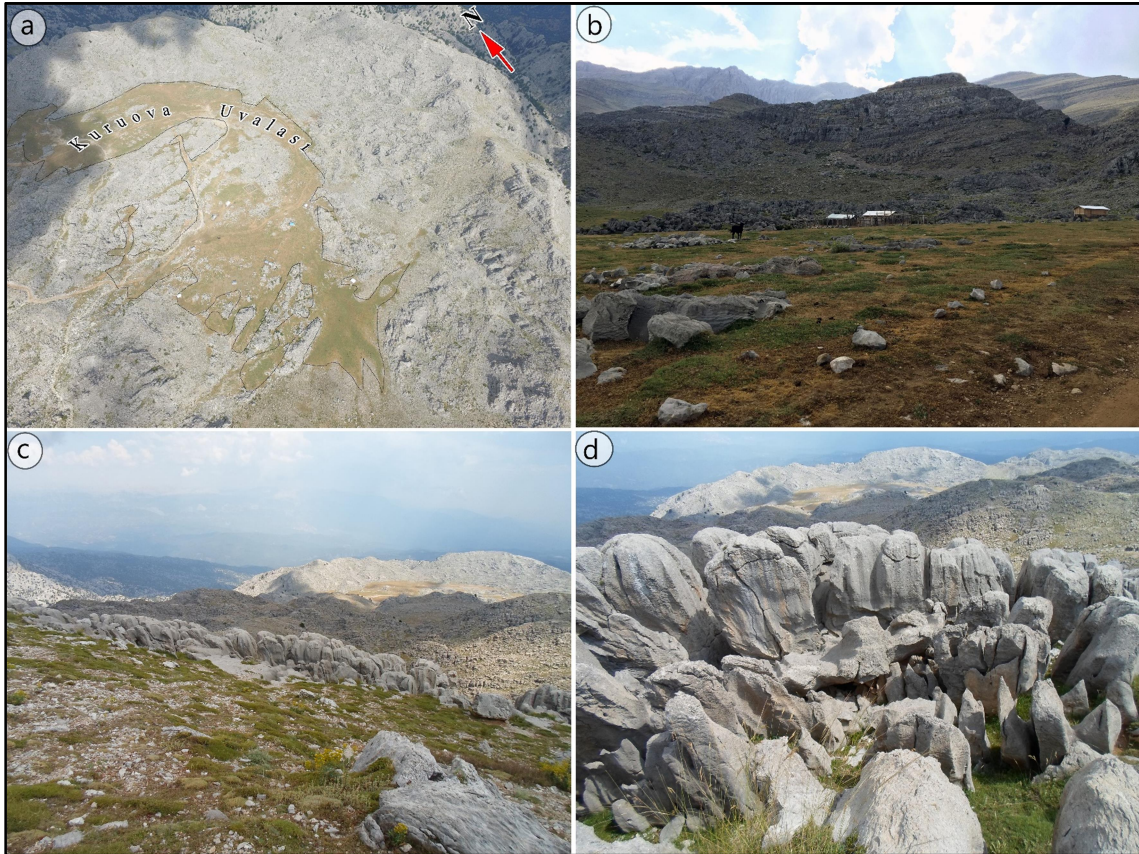


iyi boylanmalı yuvarlak, yarı yuvarlak, yer yer köşeli ve bloklı konglomeralardan oluşur (Şekil 2 a-b).

Şelf yamacı ortamında çökelen birim yer yer marn, kumtaşı, kiltası ve seyrek de olsa kömür düzeyleri içermektedir. Aksu konglomeralarının kalınlığı ise en fazla 400 m.'dir (Şenel, 2010). Bozburun Dağı'nın hem batı hem de doğu yamaçlarında yoğun karbonat içerikli Neojen'e ait Aksu konglomera serileri tabakalı görüntü sunmaktadır (Şekil 2 a-b). Tabakaların korniş oluşturdıkları veya mostra verdikleri kısımlarda lapyta oluşumları yaygındır (Şekil 2 c-d). Batı yamaçlarda eğimin fazla olduğu kesimlerde ve sirk yamaçlarında ise faylanmaya ek olarak kar ve buz etkisiyle yamaç yüzeyleri daha pürüzsüz hale gelmiş ve kaya blokları ovalleştirilmiştir (Şekil 2 b).

Toros kuşağında Kampaniyen sonları ve Maastrichtiyen'de okyanusal ve kıtasal kabuk bindirmesi nedeniyle Antalya napları Paleosen

başlarında Beydağları otoktonu doğu ve kuzeydoğusuna, Anamas-Akseki otoktonunun ise güney kesimlerine itilmişlerdir. Saha Orta Miyosen'de yatay hareketlere maruz kalmıştır (Şenel vd., 1992, 1996). Sahada Orta Miyosen'den sonra Tortoniyen'de D-KD ile B-GB doğrultusunda sıkışma rejimi kendini göstermiş, Pliyosen ve Pliyosen sonunda doğrultu atımlı faylar ile normal faylar oluşmuştur. Çalışma sahasının doğusunda yer alan ve önemli bir tektonik unsur olan Kırkkavak fayı (Dumont ve Kerey, 1975), Miyosen'de doğrultu atımlı fay olarak aktivite göstermişken daha sonra ise sıkışma rejiminin kontrolüne girmiştir (Şenel, 2010). Bozburun Dağı zirve kesimi, yani buzul jeomorfolojisine ait birimlerin görüldüğü yüksek kesim faylarla sınırlandırılmıştır (Şekil 4). Çoğunlukla K-G yönde uzanan faylar, dağın zirve hattına doğru yüksek eğim değerlerinin oluşmasında etkili olmuştur.



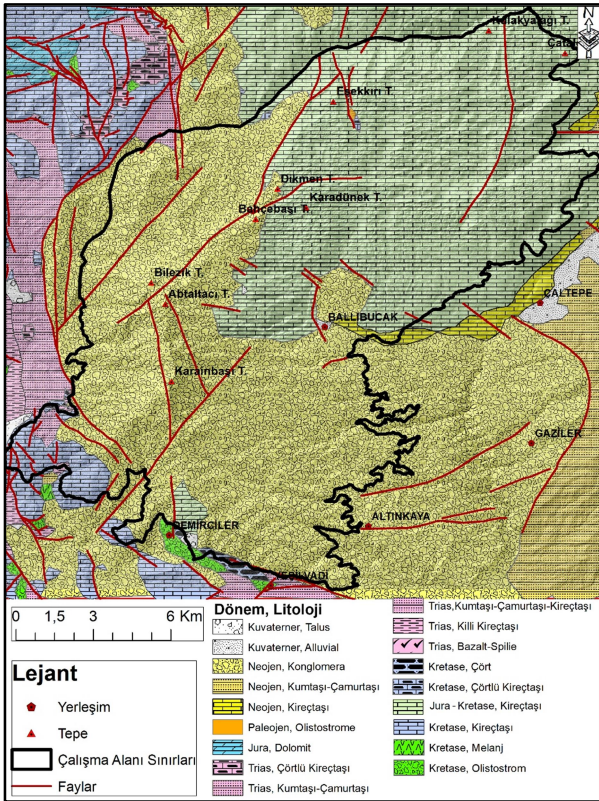
**Şekil 3:** Çalışma sahasındaki karstik oluşumlara örnekler. a, b-Kuruova Uvalası, c,d- Dağlık alanda kireçtaşları içerisinde oluşmuş lapyalar.

**Figure 3:** Examples of karstic formations in the study area. a, b-Uvala of Kuruova, c,d- Lapies (Karren) formed in limestones in mountainous area.

Toros Dağları'nın litolojik, topoğrafik, tektonik ve iklimik özellikleri poligonal karst

gelişimine neden olmaktadır. Poligonal karst, dolinler açısından değerlendirildiğinde

dolinlerin %90'nı 1680-2050 metre yükselti aralığında yer aldığı görülmektedir. Dolin dağılımının en yoğun olduğu kesim ağaç üst sınırının üzeri ve periglasyal alanlardır (Öztürk vd., 2018; Şimşek vd., 2019b). Bozburun Dağı karst jeomorfolojisine ait öğeler de içermektedir. Dağlık sahada özellikle doğu kesiminde aflore olan kireçtaşı tabaklarının kenar kısımlarında delikli ve oluklu lapy yapıları oldukça belirgindir (Şekil 3 c-d). Dağlık sahanın doğu kesiminde özellikle 1000-2000 m yükselti aralığında Kretase kireçtaşlarında çok sayıda dolin ve uvala yer almaktadır. Zirve hattının doğusunda Kretase kireçtaşları içerisinde oluşmuş olan Kuruova Uvalası 0,17 km<sup>2</sup> genişliğinde bir alan kaplamaktadır (Şekil 3). Bu uvalanın düdeni ise uvalanın güneydoğusunda yer almaktadır.



**Şekil 4:** Çalışma Sahası Jeoloji Haritası (Şenel vd., 2010'dan çizilmiştir).

**Figure 4:** Geological Map of The Study Area (Drawn from Şenel et al., 2010).

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma sahasında topoğrafik modelleme amacıyla Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1/25000 ölçekli topoğrafya haritaları

kullanılmıştır. Bu haritaların 10'ar m yükselti aralıklı izohipsleri kullanılarak yaklaşık 10 m çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) üretilmiştir. Çalışma kapsamında ayrıca 5 m çözünürlüklü DEM verisi ve Ortofoto görüntüsü de HGM'den temin edilerek kullanılmıştır. Sahada DJI marka Phatom 3 serisi drone ile 10 cm hassasiyetli görüntü temin edilmiş ve bu görüntüler ortofotoya dönüştürülerek yüksek çözünürlüklü DEM üretilmiştir.

Litolojik ve tektonik özelliklerin açıklanabilmesi amacıyla MTA'nın 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Isparta N-26 açınmalı paftası ve raporu kullanılmıştır.

Sahanın iklim özelliklerinin açıklanması için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Isparta, Antalya meteoroloji istasyonlarının uzun yıllar verileri temin edilmiştir. Dağlık sahaya yakın olan Sütçüler (18 yıl), Derebucak (8 yıl), Beşkonak (10 yıl), Gebiz (10 Yıl), Karacaören (10 Yıl) meteoroloji istasyonlarının verilerinden de yararlanılmıştır.

Modelleme ve haritalama amacıyla ArcMap 10.8 yazılımı, Drone görüntülerinin işlenmesi ve ortofoto ve hassas DEM üretme amacıyla Agisoft Metashape Professional yazılımı, QGIS, 3.16.2 yazılımları kullanılmıştır.

Dağlık alanda meteoroloji istasyonu olmadığı için yakın meteoroloji istasyonların hangilerinin verilerinin kullanılacağı Thiessen poligonlaması metodu uygulanarak tespit edilmiştir (Thiessen ve Alter, 1911). Buna göre Sütçüler, Gebiz ve Beşkonak istasyonlarının verilerinin kullanılması kararlaştırılmıştır. LapseRate her 100 m yükseklik artışında sıcaklığın 0,65°C azalacağı şekilde kararlaştırılmıştır (Kuhlemann vd., 2008). Buna göre topoğrafya haritası üzerinde ilgili meteoroloji istasyonunun Thiessen poligonlaması alanına denk gelen izohipslerin yükselti değerlerine noktasal olarak O istasyonun yıllık sıcaklık ortalamasının değeri LapseRate hesaplanarak atanmıştır. Daha sonra sıcaklık değerleri göz önünde bulundurularak IDW enterpolasyon uygulanmıştır. IDW enterpolasyon ise enterpolasyonun gerçekleştirileceği sahada yakındaki noktaların uzaktaki noktalara oranla daha fazla ağırlığa sahip olduğunu göz önünde bulundurmaya



dayanmaktadır (Özdemir, 2007; Turoğlu, 2008). IDW enterpolasyon sonucunda sıcaklık dağılış haritası raster verisi üretilmiştir.

Buzulun bir yüzey üzerinde oluşturduğu aşınım ve birikim şekilleri, buzul ortadan kalktıktan sonra da bir dönem varlıklarını korumaktadır. Ancak genellikle kar birikim zonlarında bu yapılar ortadan kalkmakta veya ilksel yapılarından farklı görünüm ve özellikler kazanmaktadır (Pelliterovd., 2016). Paleobuzul rekonstrüksiyonunda ise eski buzulun oluşturduğu jeomorfolojik birimlere ihtiyaç vardır ve rekonstrüksiyon için bu üniteler kullanılır (Lukas, 2006; Çılđın, 2015; Pellitero vd., 2016, Çılđın ve Bayrakdar, 2017). Rekonstrüksiyon daha çok sayısal verilere dayanan ve sahada hali hazırda var olmayan eski buzulun bıraktığı jeomorfolojik yapıları kanıt olarak gösterme prensibine dayanmaktadır. Yüksek yamaçlarda yer alan sirk yapıları, asılı vadiler, u şekilli buzul vadileri, kayaç yüzeylerindeki törpülenme çizgileri, morenler, makaslanma gerilimi dengesi ve sürtünme katsayısı (Fs) faktörü gibi kanıtlar eski buzulun rekonstrüksiyonunda kullanılmaktadır. Bu çalışmada Nye'nin (1952) çalışmasında kullandığı buzul akışı denklemleri metodu esas alınmıştır. Niceliksel yaklaşıma dayalı bu metod buzul denge profilini eski buzul altı topoğrafyaya göre çizmeye dayanmaktadır. Pellitero vd., (2016) bu yöntemin üç varsayım göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmesini ifade etmektedir. Buna göre; a. Bugünkü topoğrafya, paleobuzulun altındaki topoğrafya ile aynıdır. b. Rekonstrüksiyonu yapılan buzul iklimle dengedeydi. c. Paleobuzul kara yüzeyiyle sınırlıdır.

ELA (Equilibrium Line Altitude) buzulun birikim alanı ile ablasyon alanı arasındaki sınır denge hattı anlamına gelmektedir (Turoğlu, 2011) ve yüzeydeki noktaların ortalama yüksekliğidir. ELA, bir buzulun yüzeyindeki yıllık kütle dengesinin sıfır olduğu noktaların ortalama yüksekliği şeklinde de ifade edilebilir (Porter, 2001). Kalıcı kar sınırı, denge hattı ile aynı anlama geldiğinden, kalıcı kar sınırı, denge hattı çizgisi olan ELA olarak kabul edilmiştir (Benn ve Evans, 1998; Porter, 2001; Stansell

vd., 2007; Turoğlu, 2011; Çılđın, 2015; Evans vd., 2021).

ELA tespiti yapabilmek için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar; sirk tabanı yüksekliği, topuktan zirveye olan yükseklik, buzul yüksekliğinin medyan değeri (MGE), birikim alanı oranı (AAR), alan yükseklik denge oranı (AABR) şeklindedir. Bu çalışmada MGE, AAR ve AABR yöntemleri kullanılmıştır ve ELA hesaplaması Pellitero vd., (2015) tarafından geliştirilen ve ArcGIS yazılımında uygulanabilen otomatik bir hesaplama aracı ile gerçekleştirilmiştir. Hesaplama aracı MGE AAR, AABR yöntemleri için de kullanılabilir. AAR yöntemi, kısmen durgun buzul birikim alanı, tüm buzul alanının sabit bir oranını oluşturmaktadır prensibine göredir (Pellitero vd., 2015). Kısmen durgun sayılan buzul alanı, 0.5 ile 0.8 oranına sahiptir (González-Trueba ve Serrano, 2004). Kern ve Laszlo, (2010) ise Alpin buzulları için değerin 0.67 tutulmasını daha doğru bulmuşlardır. Geçmiş dönem ELA özelliklerinin tespitine yarayan AABR yönteminde ise oran 1,67 ile 2,2 arasında değişmektedir (Benn ve Lehmkuhl, 2000; Benn ve Ballantyne, 2005). Bu yöntem eski buzulun hipsometrisine, birikme oranına ve uzaklaşma gradyanına dayanmaktadır (Osmaston, 2005; Rea, 2009; Pellitero vd., 2015). Rea (2009) ufak hataların da olabileceğini belirterek AABR yönteminde değerin 1,69 olarak tutulmasını önermiştir. Bu çalışmada da AABR için Rea (2009) tarafından Alpler için önerilen 1,69 değeri kabul edilmiştir. Karşılaştırma yapabilmek amacı ile AABR'de değer 0,67, 1.69 ve 2,2 olarak tutulmuştur.

### 3. BULGULAR

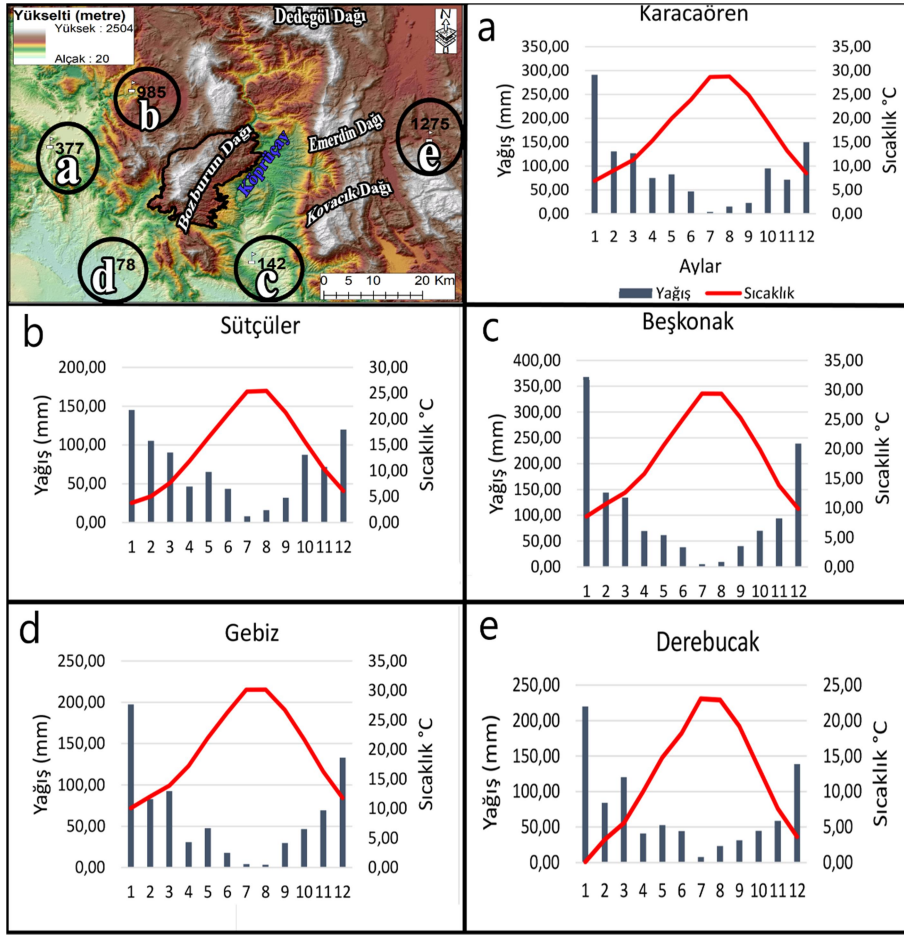
#### 3.1. Klimatik Özellikler

Türkiye, yarı kurak Akdeniz iklim kuşağı (suptropikal) içerisinde yer almaktadır. Çalışma sahasının bulunduğu kesimde Toros Dağları, iklimin kıyı kesimine göre daha soğumasına buna karşılık yağışın artmasına zemin hazırlamaktadır. Böylece sahada yarınemli-nemli bir dağ iklimi hüküm sürmektedir. Dağ kuşağında 1000-2000 m yükselti aralığında yıllık ortalama sıcaklık 10-12°C ile 5-7°C arasında olmaktadır (Atalay, 2011). Bozburun Dağı iklimik bilgilerinin derlenmesi amacıyla



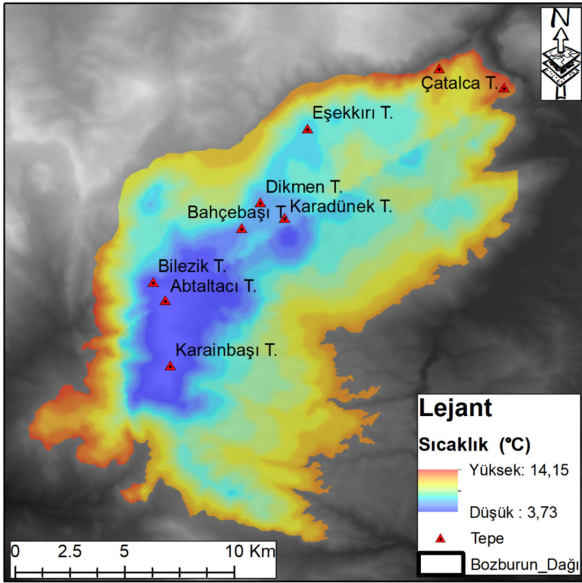
referans alınan meteoroloji istasyonları; Sütçüler, Derebucak, Beşkonak, Gebiz, Karacaören istasyonlardır. Buna göre sahanın

yıllık ortalama sıcaklığı 11-20°C'ler arasında, yıllık toplam yağışı ise 740-1274 mm arası değişmektedir (şekil 5).



**şekil 5:** Dağlık alana yakın olan meteoroloji istasyonlarının klimografları (Kaynak MGM verileri).

**Figure 5:** Climographs of meteorological stations close to the mountainous area.



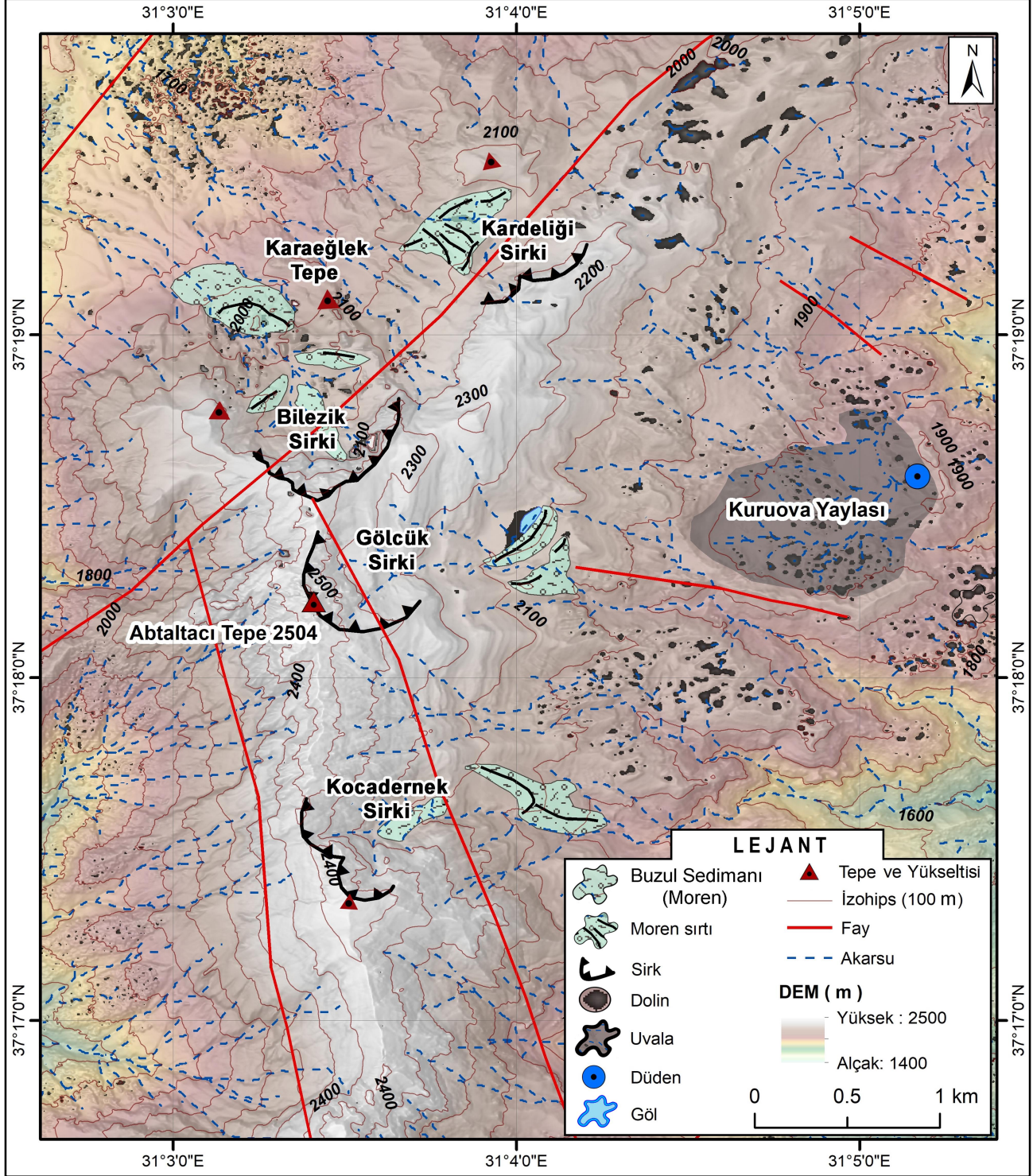
**şekil 6:** IDW enterpolasyona göre dağlık alanda sıcaklığın dağılışı. / **Figure 6:** Distribution of temperature in mountainous area according to IDW interpolation.

Dağlık alandaki sıcaklığ dağılışının tespiti için sahaya yakın meteoroloji istasyonları Thiessen poligonlamasına tabi tutulmuştur. Sütçüler, Gebiz ve Beşkonak istasyonlarına göre belirlenen poligonlarda, istasyonların sıcaklığ verileri, yükselti parametresi göz önünde bulundurularak enterpolasyon araçlarından biri olan IDW enterpolasyon amacıyla kullanılmıştır. Yapılan analize göre, Bozburun Dağı için 1000 m yüseltide sıcaklığ 14,15°C hesaplanmıştır. Zirve kesimi için sıcaklığ 3,73 °C olarak hesaplanmış ve dağlık alanın doğu yamaçlarında ortalama sıcaklığın batı yamaçlara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir (şekil 6).

Sahaya yakın istasyonların yıllık toplam yağışların uzun yıllar ortalamaları; Sütçüler istasyonu (985 m) 818,12 mm, Derebucak (1275 m) 814,78 mm, Beşkonak (142 m) istasyonu 1274,14 mm, Gebiz (78 m) istasyonu

740,26 mm, Karacaören (377 m) istasyonu 1093,13 mm'dir. İstasyonların bu verileri yine istasyon rakımlarıyla birlikte değerlendirildiğinde ve Schreiber (1904) metodu ( $Ph=Po+54xh$ ) göz önünde bulundurulduğunda dağlık sahanın 2000 mm

civarında yağış aldığı ifade edilebilir. Diğer meteoroloji istasyonlarının verileri ile karşılaştırıldığında; Beşkonak Meteoroloji İstasyonu'nun 1274,7 mm olan yıllık yağış toplamı, Bozburun Dağı'nın doğu kesimine daha fazla yağış düştüğünü göstermektedir.



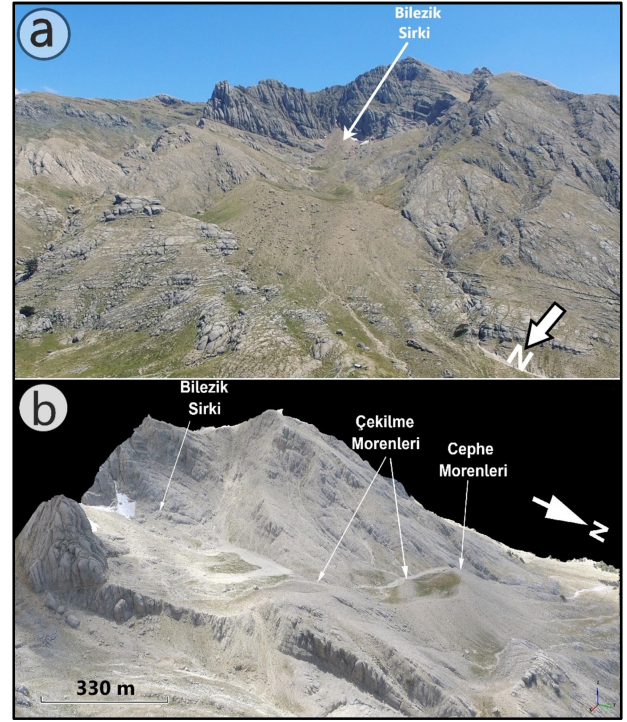
Şekil 7: Çalışma sahası jeomorfoloji haritası. / Figure 7: Geomorphology map of the study area



### 3.2. Buzul Jeomorfolojisi (Sirk, Vadi ve Morenler)

Bozburun Dağı zirve kısmı ve zirve hattına yakın sahada, doğu yamaçlarda 2000 m kuzeybatı yamaçlarda 1800 m yükseltiden itibaren buzullaşma izlerine rastlanmaktadır. Toplam dört farklı lokasyonda sirk ve moren tespit edilen sahada, kuzeybatı kesimde Karaeğlek Tepe güneyinde yer alan Bilezik Sirki buzullaşma sahası en geniş sirk yapısı ve moren birikimleri ile dikkati çekmektedir. Buradaki vadinin uzaniş doğrultusu kuzeybatıdır. Bilezik Sirki kuzeyinde Kardeliği Sirki yer alır. Bu sirkin önünde kuzeybatı yönelimli bir vadi içerisinde bu sirkten ve yakın çevresinden taşınan morenler yer almaktadır. Zirve hattından güneye doğru Abdaltacı Tepe (2504 m)'nin doğusunda Gölcük Sirki yer almaktadır ve bu sirk kuzeydoğuya açılmaktadır. Zirve hattı doğusunda ve en güneydeki buzullaşma sahasında ise Kocadernek Sirki yer almaktadır. Bu sirk ise doğu-kuzeydoğu yönünde açılmaktadır (şekil 7).

Zirve hattının kuzeybatısında yer alan Bilezik Sirki, tabakalı olan ve kuzeybatıya dalımlı konglomera kayalar içerisinde açılmıştır. 2400 m yükseltide başlayan sirk 2030 m yükseltide son bulmaktadır. Yaklaşık 500 m çapı olan Bilezik Sirki'nin duvarları yaklaşık 50° eğime sahiptir. Yüksek eğim değerlerine rağmen sirk duvarları merkezi kesimde yamaç döküntüleri ile örtülü bulunmaktadır. Sirk kuzeybatıya bir vadi ile açılmaktadır. Vadi eğimi ise yaklaşık 30° kadardır. Vadi içerisinde eğimin kısmen azaldığı noktada cephe morenleri çok belirgin olarak görülmektedir. Bilezik Sirki'nin kuzeybatıya doğru alçalan vadisinin yaklaşık 1840 m yükselti seviyesinde kayaç tabaka dalışlarına bağlı oluşan kornişlerin etkisiyle moren birikimi olmuştur. Bu kesimde cephe morenleri, görünüm olarak yarım daire oluşturmuş ve 60 m'den fazla bir kalınlığa sahiptir. Bu morenlerin gerisinde ise buzul dil çanağı meydana gelmiştir. Cephe morenlerinden sirke doğru 2 kademe şeklinde çekilme morenlerine ratlanmaktadır (şekil 8).



**şekil 8:** a- Bilezik Sirki buzullaşma alanının kuzeybatıdan görünümü (Bozburun Dağı Kuzeybatısı), b-Bilezik Sirki buzullaşma alanının kuzeydoğudan görünümü (Drone görüntülerinden üretilmiş yüksek çözünürlüklü ortofoto) (Bozburun Dağı Kuzeybatı Kesimi).

**Figure 8:** a- Bilezik Cirque glaciation area from Northwest (West side of Bozburun Mountain), b- Bilezik Cirque glaciation area view from Northeast (High resolutional orthophoto produced from images taken with drone) (Northeast side of Bozburun Mountain).

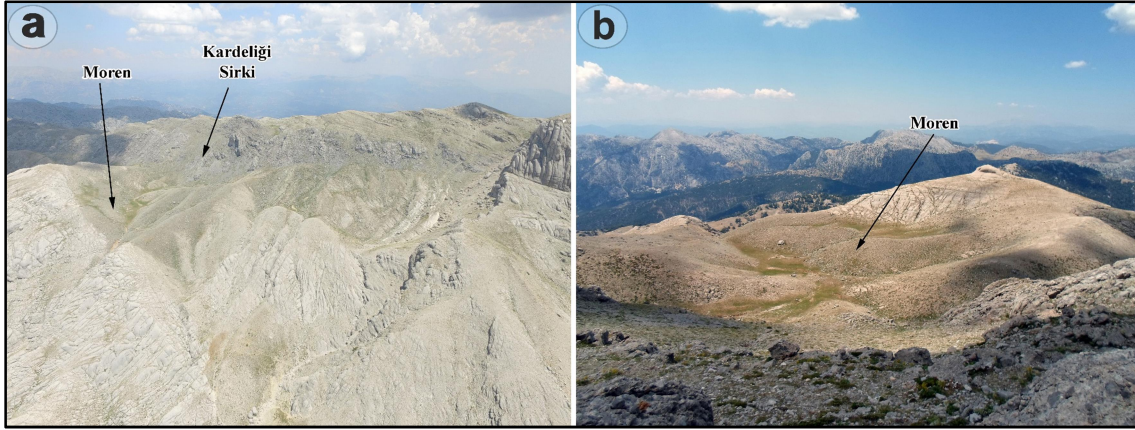
Bozburun Dağı kuzeyinde ve Bilezik Sirki'nin kuzeydoğusunda yer alan Kardeliği Sirki kuzeybatıya doğru açılmaktadır. Tabanı 2050 m yükseltide olan sirkin duvarları yaklaşık 190 m yüksekliktedir. Kardeliği Sirki'nin çapı yaklaşık 300 m, 2060-2140 m yükselti aralığında eğim ise 65° kadardır. Bu yükseltilerden sonra eğimde bir azalma meydana gelmekte ve yaklaşık 50°'ye düşmektedir. Bu sirke ait morenler sirkten en fazla 500 m uzaklaşmıştır. Morenlerin kalınlığı ise yer yer 30 m'yi geçmektedir. Cephe morenleri akarsularca yarılmıştır (şekil 9).

Bilezik ve Kardeliği sirklerinin morfolojisi üzerinde etkili olan faktörlerden biri sirk duvarlarının önünden geçen KD-GB yönelimli fay hattı, ikincisi ise kayaç cinsi ve kayaç tabakalarının dalım özelliğidir. Fay hattı bu



kesimde ortalama 2100 m yükselti ile zirve hattı arasında eğim değerlerinin artmasına yol açmıştır. Bozburun Dağı'nın yüksek kesimlerinde yaygın ve aşınımına karşı direnci zayıf olan konglomeraların, moren oluşturma potansiyeli yüksek olsa da kayaç tabakalarının dalım özellikleri ve faylanmaya bağlı yüksek eğim değerleri morenlerin yamaçlarda birikmesini ve tutunmasını zorlaştırmıştır.

Tabakaların dalımları ve korniş yapıları alçak sahalarda çok belirgin olsa da yüksek kesimlerde kar ve buz aşındırması sirk ve çevresindeki bloklarının yüzeylerini daha pürüzsüz ve oval hale getirmiştir. Kayaç tabakaların kesildiği, korniş oluşturduğu ve eğim değerlerinin azaldığı noktalarda moren birikimi daha fazla gerçekleşmiştir (Şekil 10).



**Şekil 9:** a-Kardeliği Sirk buzullaşma alanı (Bozburun Dağı Kuzeybatı Kesimi), b- Kardeliği Sirk duvarı üzerinden buzullaşma alanı görünümü. / **Figure 9:** a-Kardeliği Cirque glaciation area (Northeast side of Bozburun Mountain), b- View of the glaciation area over the Kardeliği Cirque wall.

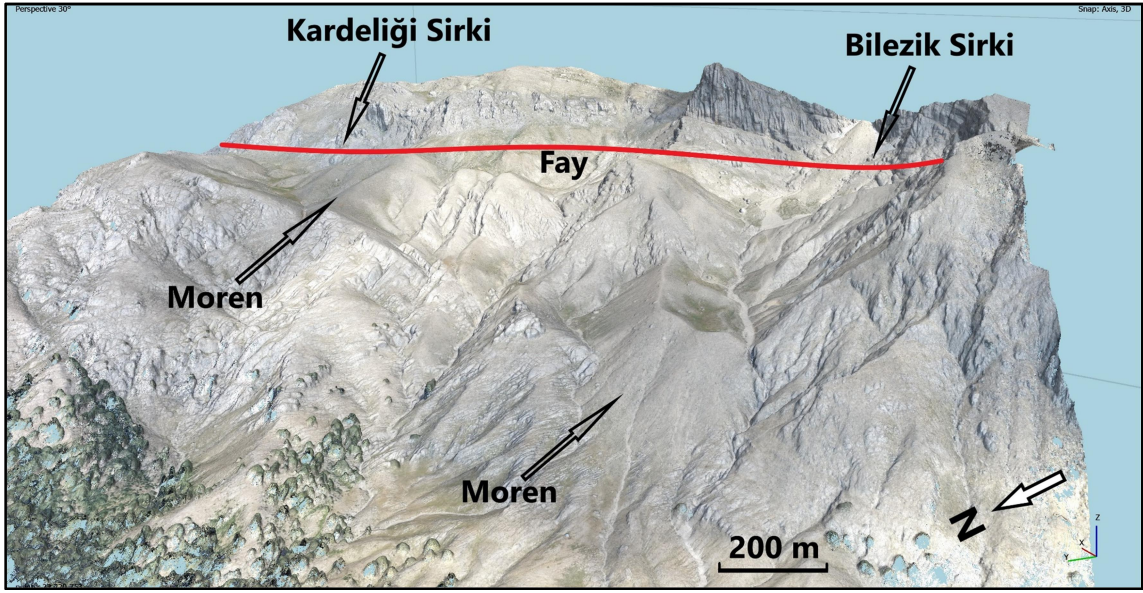
Bozburun Dağı zirvesi olan Abdaltacı Tepe'nin doğusunda yer alan ve kuzeydoğuya açılan Gölcük Sirk'i'nin tabanı yaklaşık 2200 m yükseltide yer almaktadır. Çapı 700 m civarı olan sirk duvarı yükseltisi ise 250 m'yi bulmaktadır. Kayaç tabakalarının dalım özelliğine bağlı olarak sirk duvarları basamaklı bir görüntü verse de sirk duvarlarının ortalama eğimi 50° üzerindedir. Sirk tabanından kuzeydoğuya doğru yaklaşık 900 m uzaklıkta bir kısmı sirkten gelen yan morenler ile yamaçtan koparılan cephe morenleri hilal şekilli yapısıyla bir set gölü oluşturmuştur. Bu kesimde moren kalınlığı 30 m'yi bulmaktadır. Günümüzde sirkten ortasından kaynağını alan sular, yan morenlerini ve cephe morenlerini kat ederek akışını sürdürmektedir. Moren set gölü ile sirke yakın bir noktada su çıkışı olan Gölcük Pınarı hemen doğuda yer alan Kuruova Yaylası için önemli su kaynaklarıdır.

Gölcük Sirk'i'nin güneyinde Kocadernek Sirk'i yer almaktadır (Şekil 11). Kuzeybatıya açılan

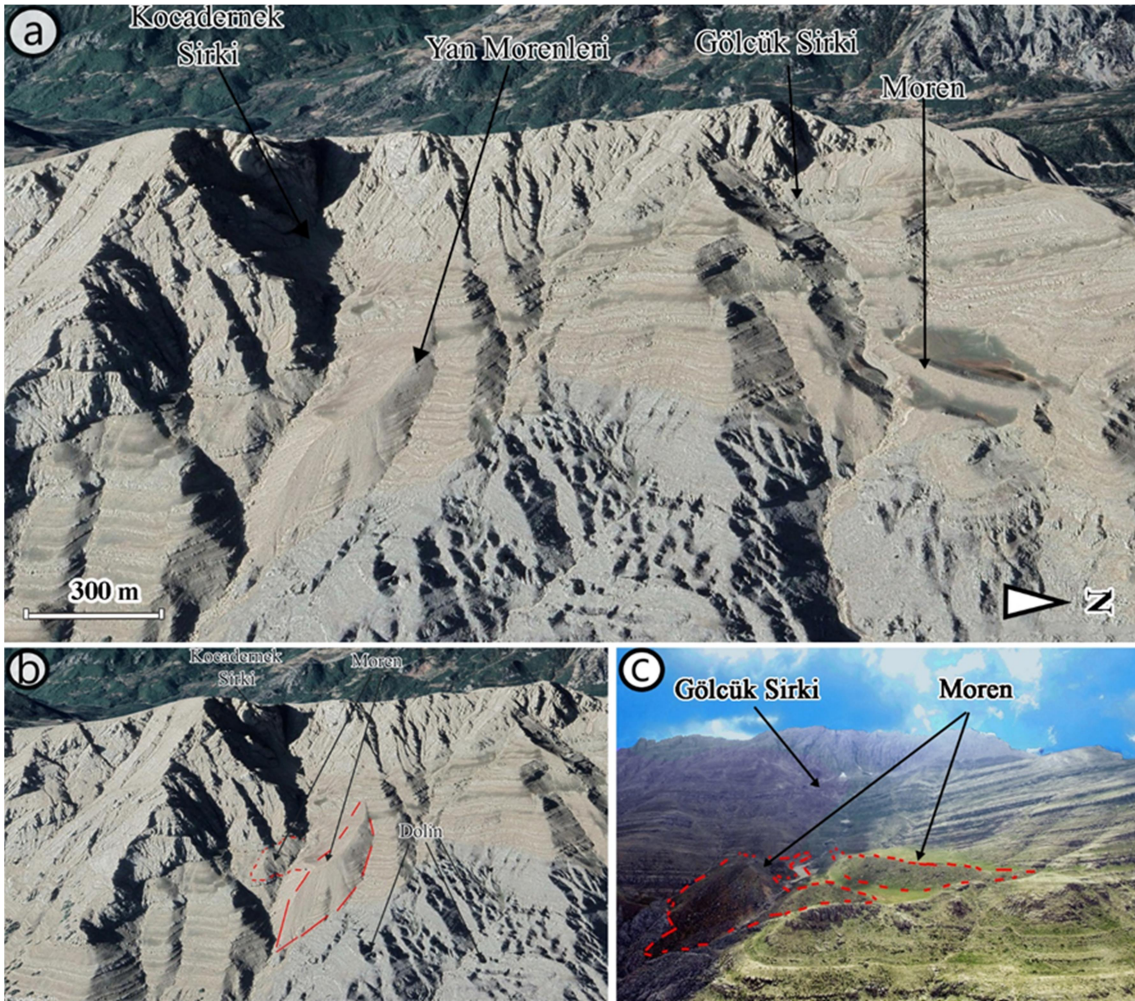
sirk 2100 m yükselti tabana sahiptir. Sirk duvarları ise yaklaşık 300 m yükselmektedir. Sirk duvarı 60° eğime sahiptir. Sirk tabanında morenler yer alsa da moren kalınlığının en fazla olduğu yer sirk duvarından yaklaşık 900 m uzaklıktadır. Bu kesimde moren kalınlığı ortalama olarak 47 m'dir. Buzul vadisinin kuzey yamacında yaklaşık 400 m boyunda uzanan ince bir sırt yapısında olan yan moren yer almaktadır. Buzul vadisinin eğimi ise yaklaşık 20°'dir.

Dağlık alanın doğu kesimindeki litolojik birimlerin kuzeydoğu-güneybatı dalımları ve kornişli yapısı özellikle 2000-2100 m aralığında moren birikimine imkân sağlayan eğim değerleri oluşturmuştur. Buna rağmen daha aşağıda diğer yükselti aralıklarında yamaçtaki eğim değerlerinin yüksek olması buzul jeomorfolojisinin gelişmesinde olumsuz etki yapmıştır.





**Şekil 10:** Bozburun Dağı kuzeybatı kesimindeki sirkler ve moren birikim sahararının batıdan g6r6n6m6 (Drone g6r6nt6lerinden 6retilmiŐ y6ksek 6z6n6rl6kl6 ortofoto). / **Figure 10:** View of the cirques and moraine accumulation areas in the Northwest of Bozburun Mountain from the West (High resolutional orthophoto produced from images taken by drone).



**Şekil 11:** a-Buzullaşma alanının doğu kesimindeki sirkler, b- Kocademek Sirki buzullaşma alanı, c-G6lc6k Sirki buzullaşma alanı / **Figure 11:** a-Cirques in the eastern part of the glaciation area, b- Kocademek Cirque glaciation area, c- G6lc6k Cirque glaciation area.

### 3.3. Buzul Rekonstrüksiyonu

Geçmiş dönem buzullarının kapladığı alanlar ve kalınlıkları hakkında bilgi veren buzul rekonstrüksiyonuna göre; Bozburun Dağı'nın kuzeybatı kesiminde yer alan Bilezik Sirki'nde buzulun oldukça fazla gelişme imkânı bulduğu çıkarımı yapılmıştır. Bunun yanısıra dağın zirve kesimine yakın noktalarda kuzeybatı ve doğu yönelimli sirk ve vadilerlerde buzullaşmanın geliştiği anlaşılmaktadır (Şekil 12a). Genel olarak Bozburun Dağı'nda buzullaşmanın izlerine kuzey sektörlü ve zirveye yakın yamaçlarda rastlandığı ifade edilebilir. Buzullaşma izlerine farklı vadilerde farklı yükseltilerde rastlansa da buzullaşmanın 1873-2450 m yüselti aralığında geliştiği görülmektedir. Bilezik buzullaşma alanındaki buzul uzunluğu 1203 m olarak hesaplanmıştır. Bu kesimde buzulun ortalama kalınlığı 42 m ve maksimum kalınlık 69 m'ye ulaşmıştır. En geniş buzullaşma alanı olan Bilezik buzullaşma alanında buzul genişliği 0,44 km<sup>2</sup>'yi bulmaktadır. Burada terminal buzulu 1873 m'ye kadar inmiştir. Buna karşılık buzul kalınlığı ortalama 47 m'ye ulaşan maksimum

kalınlığı 81 m'yi bulan Kocadernek Sirki ve buzullaşma alanı 0,25 km<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. Bozburun Dağı buzullaşma alanları bir bütün olarak değerlendirildiğinde ortalama buzul uzunluğu 902 m, buzul kalınlığı 43 m ve buzulun kapladığı alan 1,09 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır (Tablo 1).

### 3.4. Paleo-ELA Rekonstrüksiyonu

Bu çalışmada, Paleo-ELA hesaplanması için Birikim Alanı Oranını (Accumulation Area Rate-AAR), Alan-Yükseklik Oranı (Altitude Balance Ratio-AABR), Median Buzul Yüksekliği (Median Glacier Elevation-MGE) yöntemleri kullanılmıştır. Paleo-ELA hesaplaması ile raster topoğrafya verisi üzerinde paleobuzul 3D olarak hesaplanmıştır. Paleo-ELA için AABR 0,67; 1,69; 2,2 değerleri kullanılmıştır. AAR için 0,65 değeri kullanılmıştır. Genel olarak Paleo-ELA birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Median Buzul Yüksekliği (MGE) 2195 m olarak hesaplanmıştır. AAR'a göre 2170 m, AABR 0,67 değerine göre 2145; AABR1,69 değerine göre 2144; AABR 2,2' değerine göre 2120 m Paleo-ELA değeri hesaplanmıştır (Tablo 2, şekil 12b).

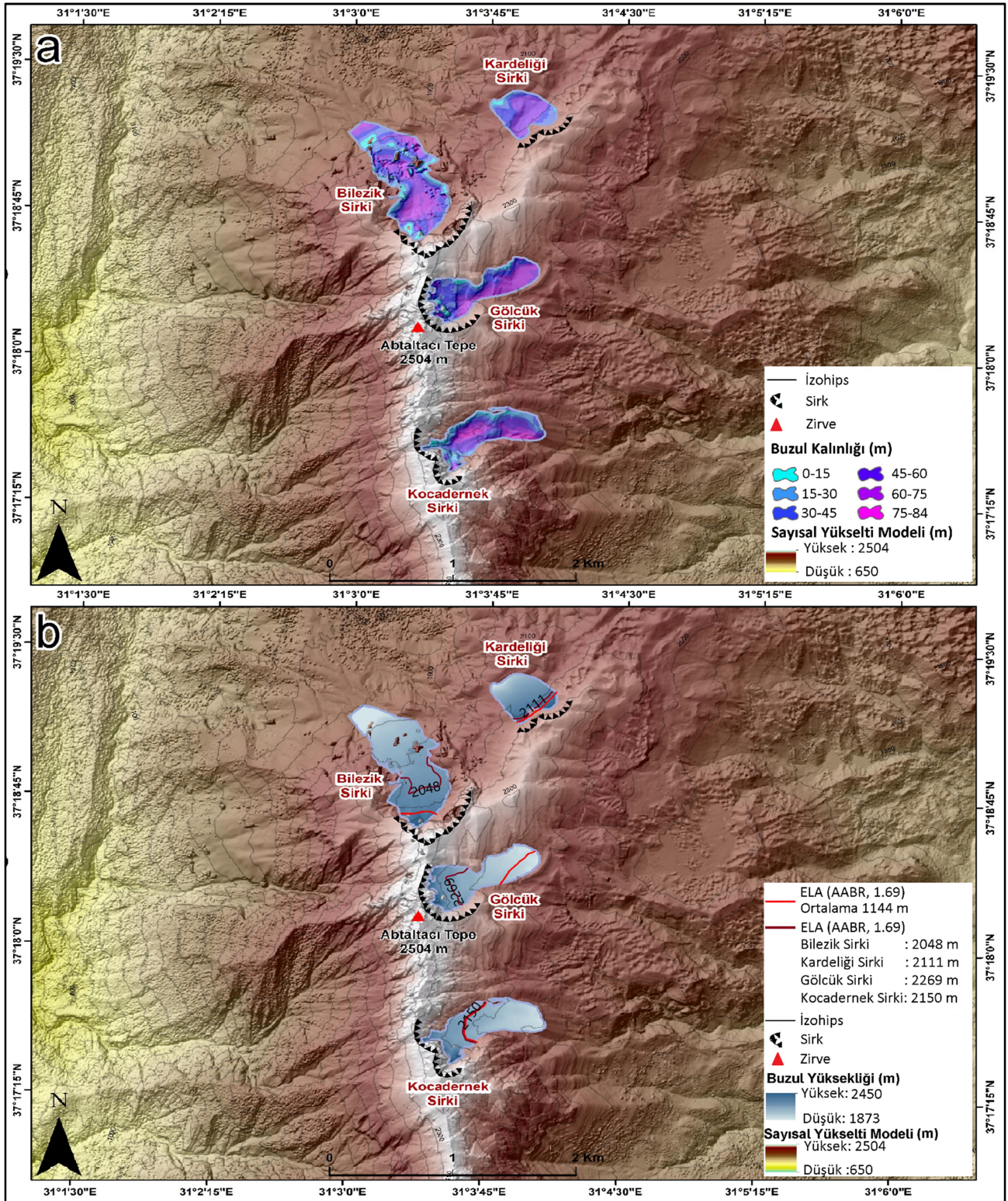
**Tablo 1.** Paleobuzul Rekonstrüksiyonu Metrik Bulguları. / **Table 1.** Metric Findings of Paleoglacial Reconstruction.

Buzullaşma Alanları	Buzul Uzunluğu (m)	Buzul Terminal Yüksekliği (m.a.s.l)	Buzul Başlangıç Yükseliği (m.a.s.l)	Ortalama Kalınlık (m)	Maksimum Kalınlık (m)	Alan (km <sup>2</sup> )
Bilezik Sirki ve Buzullaşma Sahası	1203	1873	2295	42	69	0,44
Kardeliği Sirki ve Buzullaşma Alanı	497	2042	2192	39	64	0,15
Gölcük Sirki ve Buzullaşma Alanı	924	2144	2450	43	78	0,25
Kocadernek Sirki ve Buzullaşma Alanı	983	2025	2371	47	81	0,25
<b>Bozburun Dağı Genel</b>	<b>902</b>	<b>2021</b>	<b>2327</b>	<b>43</b>	<b>73</b>	<b>1,09</b>

**Tablo 2.** Paleo-ELA Hesaplaması Sonuçları / **Table 2.** Paleo-ELA Calculation

Buzullaşma Alanları	Alan (km <sup>2</sup> )	MGE	AAR (0.65)	AABR (0.67)	AABR (1.69)	AABR (2.2)	Alan (km <sup>2</sup> )
Bilezik Sirki Buzullaşma Sahası	0,44	2098	2048	2048	2048	1998	0,44
Kardeliği Sirki ve Buzullaşma Alanı	0,15	2161	2161	2111	2111	2111	0,15
Gölcük Sirki ve Buzullaşma Alanı	0,25	2319	2269	2269	2269	2219	0,25
Kocadernek Sirki ve Buzullaşma Alanı	0,25	2200	2200	2150	2150	2150	0,25
<b>Bozburun Dağı Genel</b>	<b>1,09</b>	<b>2195</b>	<b>2170</b>	<b>2145</b>	<b>2144</b>	<b>2120</b>	<b>1,09</b>





Şekil 12: a. Buzul kalınlığı rekonstrüksiyon modelleme haritası, b. Buzul rekonstrüksiyonu 3D yüzey modeli

Figure 12: a. Glacial thickness reconstruction modeling map, b. Glacier reconstruction 3D surface model map

#### 4. TARTIŞMA

Bozburun Dağı'nda buzullaşmanın görüldüğü yüksek kesimlerde, hâkim litolojik birim olan Neojen konglomeraları, moren üretmeye uygun özellikler göstermektedir. Fakat yüksek eğim

değerlerinin olması, moren birikiminin fazla olmasını engellemiştir. Buna karşılık, doğu ve kuzeybatı yamaçlarda sirklerin hemen önünde açılan vadilerde taşınmış olan morenler, konglomera tabakalarının yamaç eğim doğrultusuna dik olduğu ve korniş özelliği gösteren az eğimli kısımlarında birikmiştir.



Neojen konglomeraları, yüksek oranda karbonat içermelerine rağmen kısmen yatay tabakalı yapıları dolayısı ile karstlaşma gelişimini sınırlandırmıştır. Buna bağlı olarak sahanın jeomorfolojisinde buzul-karst ilişkisi çok belirgin değildir. Öte yandan dağlık alanın kuzeydoğusunda 2000 m'den daha alçak olan kesimlerde Jura-Kretase kireçtaşları içinde karstlaşma yoğun bir şekilde gerçekteştir.

Meteorolojik verilerin enterpolasyonu, dağlık sahanın yüksek kesimlerinde doğu yamaçların daha soğuk olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır. Beşkonak İstasyonu'nun yağış değerleri, çalışma sahasında doğu yamaçların yağış değerlerinin batı yamaçlara göre daha yüksek olduğuna işaret etmektedir. Bu özellik ise doğudan Kovacık ve Emerdin dağlık alanları ile kuzeyden Dedegöl Dağları ve batıdan Bozburun Dağı ile çevrili olan Köprüçay oluğunun oluşturduğu mikroklimatik koşullardan kaynaklanmaktadır. Akdeniz üzerinden gelerek Köprüçay oluğuna güneyden sokulan nemli hava kütlelerinin sahanın topoğrafik özelliklerine bağlı olarak sıkı sıkıya dağlık alana doğru orografik olarak yükselmeye zorlanması Bozburun Dağı'nın doğu yamaçlarında yağışları arttırmaktadır. Bozburun Dağı'nın doğu yamaçlarındaki bu iklimatik özellikler, Kocadernek ve Gölcük buzullaşma alanlarının gelişiminde etkili olmuştur. Aynı kütlelerin batıya bakan yamaçlarında ise benzer eğim ve litolojik koşullara rağmen buzullaşma izlerine rastlanmamıştır.

şimdiye kadar yapılan çalışmalarda, Güneybatı Anadolu'da en alçak moren seviyeleri Akdağ'da (Alanya), Çakıyalağı buzullaşma alanında 1410 m (Bayrakdar vd., 2020), Sandıras Dağı'nda Kuzeybatı Buzul Vadisi 1900 m olarak tespit edilmiştir (Doğan, 2011). Bozburun Dağı'nın en alçak morenleri ise kuzeybatı yamaçtaki Bilezik Sirki önünde yaklaşık 1800 m'de tespit edilmiştir. Bu dağlık alanlardaki en alçak moren seviyelerinin kuzeybatıya doğru açılan vadilerde yer alması, bakı faktörüne bağlı olarak kuzey sektörlü rüzgarların soğutucu etkisi ve Güneş radyasyonunun bu yamaçlarda daha düşük olmasından kaynaklıdır.

Dağlık sahada, buzul kalınlığı analiz sonuçları ve Paleo-ELA analiz (AAR (0,65), AABR (0,67), AABR (1,69), AABR (2,2) sonuçları birbirine çok

yakın değerler vermiştir. Buna rağmen doğu kesimdeki Gölcük ve Kocadernek buzullaşma sahaslarında AABR (1,69) Peleo-ELA değerlendirme sonuçlarının nispeten daha yüksek çıkması (2269 m, 2150 m) bu kesimin bakı özelliğine bağlı olarak güneş radyasyonundan daha fazla yararlanması ile ilişkilidir. Kuzeybatı kesimdeki Bilezik ve Kardeliği sirklerinin daha alçak olan AABR (1,69) Peleo-ELA değerlendirme sonuçlarının (2048 m, 2111 m) kuzeybatı yamacın güneşlenme potansiyelinin daha düşük olması ile ilişkilendirilebilir.

## 5. SONUÇ

Bozburun Dağı'nın yüksek kesimlerindeki jeomorfolojik özellikler, sahanın buzullaşma süreçlerinden etkilendiğine işaret etmektedir. Bu buzullaşma ise muhtemelen Son Glasyal Maksimum ile Genç Dryas'a oluşmuştur. Bozburun Dağı'nda oluşan buzul jeomorfolojisi öğelerini tespit etmek amacıyla yapılan bu çalışmada, yüksek çözünürlüklü topoğrafik veriler ışığında yapılan çalışma ve değerlendirmelere göre 1800 m'den itibaren buzullaşma izlerine rastlandığı anlaşılmaktadır. Bozburun Dağı'nda zirve hattının güney kesiminde doğu yamaçta iki, kuzey kesimde kuzeybatıya bakan yamaçta da iki olmak üzere toplam dört ana buzullaşma alanı tespiti edilmiştir. Buzullaşma izlerinin görüldüğü toplam alan 1,09 km<sup>2</sup>'dir. En büyük buzullaşma sahası olarak kuzeybatıdaki Bilezik Sirki görülmüştür. Bu kesimde buzul terminal yüksekliği 1873 m buzul uzunluğu ise 1203 m olarak hesaplanmıştır. 0,44 km<sup>2</sup> alan kaplayan buzulun maksimum kalınlığı ise 69 m olarak hesaplanmıştır.

Çalışmada GlaRE aracı ile Paleobuzul rekonstrüksiyonu modeli yapılmıştır. Peleo-ELA hesaplamada AABR için 0,67; 1,69; 2,2 değerleri kullanılmıştır. AAR için 0,65 değeri kullanılmıştır. Genel olarak Paleo-ELA birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Median Buzul Yüksekliği (MGE) ortalama deniz seviyesinden 2195 m yüksekte olarak hesaplanmıştır. AAR'a göre 2170 m, AABR 0,67 değerine göre 2145; AABR 1,69 değerine göre 2144; AABR 2,2 değerine göre 2120 m Paleo-ELA değeri hesaplanmıştır.

Bozburun buzullaşma sahalarında gerek litolojik yapı gerek tektonik yapı yüksek eğim değerlerinin oluşmasına yol açmıştır. Dağlık alanın yüksek kesimlerinde çok kalın olmayan konglomera tabakalarının dağın batı yamaçlarındaki yüksek eğimli dalışları ile doğu yamaçtaki kornişli yapıya ek olarak faylanma buzul ve kar örtüsünün topoğrafyaya tutunmasını engelleyecek yüksek eğim değerleri oluşturmuştur. Bu duruma bağlı olarak buzul vadilerinin çok uzamadığı, çok kalın moren depolarının oluşmadığı, cephe morenleri ve yan morenleri gibi birimlerin akarsular tarafından parçalı bir görünüm kazandığı ulaşılan sonuçlardır. Dağlık alanın yüksek kesimlerindeki litolojik yapı ve tektonizma karstik gelişimi de etkilemiştir. Sahada yoğun karstlaşma izlerine daha çok 2000 m yükseltiden daha aşağıda Jura-Kretase kireçtaşlarında rastlanmaktadır. Fakat yüksek kesimdeki buzullaşma sahalarında tabakalı konglomera kayaçlarında buzullaşma ve karstlaşma arasında belirgin bir ilişki göze çarpmamaktadır.

## KATKI BELİRTME ve TEŐEKKÜR

Bu makale, İstanbul Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimince, desteklenen SDP-2020-36488 nolu ve "Batı Toroslar'da Bilinmeyen Paleo-Buzullaşma Alanlarının Tespiti ve İncelenmesi" başlıklı proje kapsamında üretilmiştir.

Çalışma sürecinde desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Cihan BAYRAKDAR, Doç. Dr. Zeynel ÇILĐIN, Araş. Gör. Doktorant Ferhat KESERCİ ve Yüksek Lisans ğrencim Mahsum BOZDOĞAN'a katkılarından dolayı teŐekkür ederim.

## KAYNAKÇA

- Akçar, N., Yavuz, V., Yeşilyurt, S., Ivy-Ochs, S., Reber, R., Bayrakdar, C., Kubik, P. W., Zahno, C., Schlunegger, F., Schlchter, C. (2017). Synchronous Last Glacial Maximum across the Anatolian peninsula, Geological Society, London, Special Publications, 433(1):251
- Ardos, M. (1974). Barla Dağı civarının jeomorfolojisi ve Barla Dağı'nda Pleistosen glasyasyonu. İstanbul Univ. Coğrafya Enstitüsü Dergisi 20–21.
- Ardos, M. (1977). Barla Dağı civarının jeomorfolojisi ve Barla Dağı'nda Pleistosen glasyasyonu.

- İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi, 20-21, 151-168.
- Atalay, İ. (1987). Introduction to geomorphology of Turkey (in Turkish), 2nd edn. Ege University Press, İzmir, Turkey.
- Atalay, İ. (2011). Türkiye İklim Atlası. İnkılp Kitabevi, İstanbul.
- Bayrakdar C., ilđin, Z., Doker, M.F., Canpolat, E. (2015). Evidence Of An Active Glacier In The Munzur Mountains, Eastern Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, vol.24, pp.56-71.
- Bayrakdar, C. (2012). Akdağ Kütlesi'nde (Batı Toroslar) Karstlaşma-Buzul İlişkisinin Jeomorfolojik Analizi. İstanbul Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Doktora Tezi, p. 201.
- Bayrakdar, C., Gne Kıyak, N., Turoğlu, H., ztrk, T. ve Canel, T. (2017a). Akdağ Kütlesi'nde (Batı Toroslar) Pleistosen buzullaşmalarının jeomorfolojik özellikleri ve optik uyarmalı lüminesans (OSL) ile yaşlandırılması. Türk Coğrafya Dergisi, (69), 27-37.
- Bayrakdar, C., ilđin, Z., Sarış, F. (2017b). Karadağ'da Pleistosen Buzullaşmaları, Batı Toroslar, Türkiye, Türkiye Jeoloji Blteni, Geological Bulletin of Turkey, Sayı: 60 Sayfa: 451-470.
- Bayrakdar, C., ilđin, Z., Keserci, F. (2020). Traces of late quaternary glaciations and 5 paleoclimatic interpretation of Mount Akdağ (Alanya, 2451 m), Southwest Turkey. Med. 6 Geosc. Rev. 2, pp.135–151.
- Benn, D., Ballantyne, C. (2005). Palaeoclimatic reconstruction from Loch Lomond Readvance glaciers in the West Drumochter Hills. J Quat Sci 20:577–592. <https://doi.org/10.1002/jqs.925>.
- Benn, D., Lehmkuhl, F. (2000). Mass balance and equilibrium-line altitudes of glaciers in high-mountain environments. Quatern Int 66:15–29.
- Benn, D. I., Evans, D. J. A. (1998). Glaciers and Glaciation London: Arnold.
- ilđin, Z. (2012). Dedegöl Dağı (Batı Toroslar) Buzul Jeomorfolojisi Etüdü. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Bölümü, Doktora Tezi, İstanbul
- ilđin, Z. (2015). Dedegöl Dağı Kuvaterner buzullaşmaları. Türk Coğrafya Dergisi 64:19–37.
- ilđin, Z., Bayrakdar, C. (2017). Kızıldağ'da (Sivas) Buzullaşma İzleri, Türk Coğrafya Dergisi Sayı; 69 (2017) 101-107.
- ilđin, Z. ve Bayrakdar, C. (2020). Teke Yarımadası'ndaki (Güneybatı Anadolu) glasiyal sirklerin morfometrik zellikleri. Türk Coğrafya Dergisi, (74), 107-121.
- Çiner, A. (2003). Türkiye'nin Güncel Buzulları ve Geç Kuvaterner Buzul kelleri, Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt 46 Sayı 1.



- Çiner, A., Sarıkaya, M.A., Yıldırım, C. (2015). Piedmont glaciations in the Eastern Mediterranean, insights from cosmogenic <sup>36</sup>Cl dating of hummocky moraines in southern Turkey. *Quat Sci Rev* 116:44–56.
- Doğu, A.F. (1993). Sandıras Dağındaki Buzul Őekilleri. *Türkiye Coğrafyası Araştırma Türkiye Coğrafyası Araştırma Dergisi*, 263-274.
- Doğan, M. (2011). Sandıras Dağı'nda (Muğla) Buzullaşma ve Buzul Őekilleri, *Ege Coğrafya Dergisi*, 20/1(2011), 29-52. 2014 yılında yayımlanmıştır. (Published in 2014).
- Doğu, A. F., Çiçek, I., Gürgen, G., Tunçel, H. (1999). Akdağ'ın jeomorfolojisi ve bunun beşer'i faaliyetler üzerindeki etkisi (Fethiye-Muğla), Ankara Üniversitesi, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi D., 7, 95- 120.
- Doğu, A.F. (2019). Pleistocene Glacier Heritage and Present-Day Glaciers in the Southeastern Taurus (İhtiyar Őahap Mountains). Kitapta Böl. Editör. Catherine K., Attila Ç., Nizamettin K. *Landscapes and Landforms of Turkey*. Springer, Cham.
- Dumont, J.F., Kerey, E. (1975). Kırkkavak fayı: Batı Toroslar ile Köprüçay baseni sınırında kuzey-güney doğrultu atımlı fay. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 18/1, 59-62.
- Erinç, S. (1951). Glasiyal ve Postglasiyal Safhada Erciyes Glasiyesi. *İ.Ü Coğrafya Enst. Dergisi* 1 (2), 82-90
- Erinç, S. (1952). The Present Day Glaciation in Turkey. General Assembly and 17th International Congress of the Int. (s.326-330). Washington D.C: Geographical Union, 8th Proceedings.
- Erinç, S. (1953). Van'dan Cilo Dağlarına. *İ.Ü Coğrafya Enst. Dergisi* 2 (3-4), 84-106.
- Erinç, S. (1971). Jeomorfoloji II. *İ.Ü Yay. No:1628, İ.Ü Coğr. Enst. Yay. No:23, İstanbul*.
- Evans, I. S., Çilđin, Z., Bayrakdar, C., Canpolat, E. (2021). The form, distribution and palaeoclimatic implications of cirques in southwest Turkey (Western Taurus), *Geomorphology*, Volume 391, 2021, 107885.
- Fural, Ő. (2016). Köprü Çayı Havzası'nın (Antalya - Isparta) jeomorfolojik özelliklerinin morfometrik yöntemler ile analizi, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir
- González Trueba, J., Serrano, E. (2004). El método AAR para la determinación de Paleo-ELAs: análisis metodológico y aplicación en el Macizo de Valdecebollas (Cordillera Cantábrica). *Cuadernos de Investigación Geogr.* 30:7–34.
- Kern, Z., Laszlo, P. (2010). Size specific steady-state accumulation-area ratio: an improvement for equilibrium-line estimation of small palaeoglaciers. *Quatern Sci Rev* 29(19–20): 2871–2887.
- Köse, O., Sarıkaya, M.A., Çiner, A., Candaş, A. (2019). Late quaternary glaciations and cosmogenic <sup>36</sup>Cl geochronology of Mount Dedegöl, southwest Turkey. *J Quat Sci* 34(1):51–63.
- Kuhlemann, J., Rohling, E. J., Krumrei, I., Kubik, P., Ivy-Ochs, S., Kucera, M. (2008). Regional Synthesis of Mediterranean Atmospheric Circulation During the Last Glacial Maximum Science, 321 (2008), pp. 1338-1340
- Lahn, E. (1945). Batı Toros Göllerinin Jeomorfolojisi. *M.T.A. Derg.*, No: 10-2., s: 387-400, Ankara.
- Louis, HL. (1944). Evidence for Pleistocene glaciation in Anatolia. *Geologische Rundschau* 34(7–8):447–481.
- Lukas, S., (2006). Morphostratigraphic principles in glacier reconstruction—a perspective from the British Younger Dryas. *Prog Phys Geogr* 30:719–736.
- Messerli, B. (1967). Die eiszeitliche und die gegenwärtige Vergletscherung im Mittelmeerraum. *Geographica Helvetica* 22(3):105–228.
- Nye, J. (1952). The mechanics of glacier flow. *J Glaciology* 2:82–93.
- Onde, H. (1952). Formes Glaciaires dans le Massif Lycien de l'Akdađ. XIXe Congrès Geologique International, Alger Fasc. XV, (s. 327- 335).
- Osmaston, H. (2005). Estimates of glacier equilibrium line altitudes by the Area×Altitude, the Area×Altitude Balance Ratio and the Area×Altitude Balance Index methods and their validation. *Quatern Int* 138–139:22–31.
- Özdemir, H. (2007). Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi, Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Öztürk, M.Z., Şimşek, M., Őener, M.F., Utlu, M. (2018). GIS based analysis of doline density on Taurus Mountains. *Turk Environ Earth Sci* 77:536
- Pellitero, R., Rea, B., Spagnolo, M., Bakke, J., Hughes, P., Ivy-Ochs, S., Lukas, S., Ribolini, A. (2015) A GIS tool for automatic calculation of glacier equilibrium-line altitudes. *Comput Geosci* 82:55–62.
- Pellitero, R., Rea, B.R., Spagnolo M, Bakke J, Ivy-Oche S, Frew CR, Hughes P, Ribolini A, Lukas S, Renssen H., (2016). GlaRe, a GIS tool to reconstruct the 3D surface of paleoglaciers. *Comput Geosci* 94:77–85.
- Philippson, A., 1915. Reisen und Forschungen im westlichen Kleinasien, Gotha, Petermanns Geogr. Mitteilungen Heft 1–5, 167–183.

- Planhol, X. ve İnadık, H. (1958). La Limite de La Glaciation Quaternaire Dans Le Massif du Yeşil Göl Dağ (Anatolie du Sud-Quest). R. 4, 33- 35.
- Poisson, A. J. (1977). Recherches gcologique dans lcs Taurides occidentales (Turquie). These, Univ. Paris-Sud, 795s. Orsay.
- Porter, S. (2001). Snowline depression in the tropics during the last glaciation, *Quaternary Science Reviews*, 20: 1067–1091.
- Rea, B. (2009). Defining modern day Area-Altitude Balance Ratios (AABRs) and their use in glacier-climate reconstructions. *Quat Sci Rev* 28:237–248.
- Sağdıç, M. (2009). Köprüçay Havzası'nın Coğrafi Etüdü, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstütüsü, Ortaöğretim Sosyal Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı, Coğrafya Öğretmenliği Bilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi. Konya.
- Sarikaya, M. A., Zreda, M., Çiner, A., Zweck, C. (2008). "Cold and wet Last Glacial Maximum on Mount Sandiras, SW Turkey, inferred from cosmogenic dating and glacier modeling", *Quaternary Science Reviews* 27 (7-8), 769-780.
- Sarikaya, M., Çiner, A., & Zreda, M. (2011). Quaternary Glaciations of Turkey. J. Ehlers, P. Gibbard, & P. Hughesiçinde, *Quaterner Glaciations- Extent and Chronology* (s. 393-403). Oxford: Jordan Hill.
- Sarikaya, M.A., Çiner, A., Haybat, H., Zreda, M. (2014). An early advance of glaciers on Mount Akdağ, S W Turkey, before the global Last Glacial Maximum; insights from cosmogenic nuclides and glacier modeling, *Quaternary Science Reviews*, 88, 96-109.
- Sarikaya, M., Çiner, A. (2015). Late Pleistocene Glaciations and Paleoclimate of Turkey. *Bull Min Res Explor* 151:107–127.
- Sarikaya M., Çiner, A., Yıldırım, C. (2017). Cosmogenic <sup>36</sup>Cl glacial chronologies of the Late Quaternary glaciers on Mount Geyikdağ in the Eastern Mediterranean. *Quat Geochronol* 39: 189–204.
- Sarikaya, M.A., Çiner, A. (2017). Late Quaternary glaciations in the eastern Mediterranean. Kitapta Bölüm: Hughes, P. D. & Woodward, J. C. (eds), *Quaternary Glaciation in the Mediterranean Mountains*. Geological Society, London, Special Publications, 433. First published online 11 December, 2015.
- Schreiber, P., (1904). U"ber die Beziehungen zwischen dem Niederschlag und der Wasserfu"hrung der Flu"sse in Mitteleuropa. *Meteor. Z.*, 21, 441–452.
- Stansell, N.D., Polissar, P.J. Abbott, M.B. (2007). Last glacial maximum equilibrium-line altitude and paleo-temperature reconstructions for the Cordillera de Mérida, Venezuelan Andes. *Quat. Res.*, 67 (1), pp. 115-127.
- Şenel, M. (2010). 1/100 000 ölçekli Jeoloji Haritası, Isparta-N26 Paftası, 2. Baskı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Jeoloji Etüdleri Dairesi, Ankara.
- Şenel, M., Gedik, İ., Dalkılıç, H., Serdaroğlu, M., Bilgin, A.Z., Uğuz, M.F., Bölükbaşı, A.S., Korncu, M., Özgöl, N. (1996). Isparta Büklümü doğusunda, otokton ve allokton birimlerin stratigrafisi (Batı Toroslar). *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 1 18, 111-160.
- Şenel. M., Dalkılıç, H., Gedik, İ., Serdaroğlu, M., Bölükbaşı, A.S., Metin, S., Esentürk, K., Bilgin, A.Z., Uğuz, F., Korucu, M., Özgöl, N. (1992). Eğirdir-Yenişarbademli-Gebiz ve Geriş-Köprölü (Isparta-Antalya) arasında kalan alanların jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 9390, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Rapor No: 3 ı 32, 559s, Ankara
- Şimşek, M., Utlu, M., Poyraz, M. ve Öztürk, M. Z. (2019a). Geyik Dağı Kütlesinin Yüzey Karstı Jeomorfolojisi Ve Kütle Üzerindeki Karst-Buzul Jeomorfolojisi İlişkisi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 28 (2), 97-110.
- Şimşek, M., Öztürk, M.Z., Turoğlu, H. (2019b). Geyik Dağı Üzerindeki Dolin ve Uvalaların Morfotektonik Önemi. *T.C.D. 72: 13-20*.
- Thiessen, A. H., J. C. Alter (1911), Climatological data for July, 1911: District No. 10, Great Basin, *Mon. Weather Rev.*, July, 1082 – 1089.
- Turoğlu, H. (2008). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları (Genişletilmiş 2. Baskı). İstanbul, Çantay Kitabevi.
- Turoğlu, H. (2011). Buzullar ve Buzul Jeomorfolojisi. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Yeşilyurt, S., Doğan, U., Akçar, N. (2018). Narlıca Vadisi'nde Geç Kuvaterner buzullaşma izleri, *Kavuşşahap Dağları*. T.C.D. (70), 99-108
- Zahno. C., Akçar, N., Yavuz, V., Kubik, P.W., Schlüchter, C. (2010). Chronology of Late Pleistocene glacier variations at the Uludag Mountain, NW Turkey. *Quat Sci Rev* 29:1173–1187.