



# Akdağ Kütlesi'nde (Batı Toroslar) Pleistosen buzullaşmalarının jeomorfolojik özellikleri ve optik uyarmalı lüminesans (OSL) ile yaşlandırılması<sup>1</sup>

*The geomorphological characteristics of pleistocene glaciation in Akdağ Massive (West Taurus) and dating of these glaciation with optical stimulated luminescence (OSL)*

Cihan Bayrakdar<sup>\*a</sup>  Nafiye Güneç Kıyak<sup>b</sup>  Hüseyin Turoğlu<sup>a</sup>  Tuğba Öztürk<sup>c</sup>  Timur Canel<sup>d</sup> 

<sup>a</sup> İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, İstanbul.

<sup>b</sup> Işık Üniversitesi, Lüminesans Araştırma ve Tarihlendirme Laboratuvarı, İstanbul.

<sup>c</sup> Işık Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, İstanbul.

<sup>d</sup> Kocaeli Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Kocaeli.

## BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 01.06.2017

Kabul/Accepted: 10.07.2017

Anahtar Kelimeler:

Akdağ Kütlesi

Buzul jeomorfolojisi

Optik uyarmalı lüminesans (OSL)

Keywords:

Akdağ Massive

Glacial geomorphology

Optically stimulated luminescence (OSL)

\*Sorumlu yazar/Corresponding author  
(C. Bayrakdar) cihanbyr@istanbul.edu.tr

<http://dx.doi.org/10.17211/tcd.318170>

## ÖZ / ABSTRACT

Batı Torosların en yüksek ikinci zirvesine (Uyluk T. 3014 m) sahip olan Akdağ, batıda Eşen Ovası (60 m) doğuda Elmalı Ovası (1100 m) arasında yer alan ve 2700 m üzerinde birçok zirve barındıran, çevresine göre oldukça yüksek bir kütle görünümündedir. Akdağ Kütlesi'nde Kuaterner'de meydana gelen buzul şekillerini incelemek ve OSL ile tarihlendirmek çalışmanın temel amacıdır. Bu çalışmada coğrafi bilgi sistemleri ve morfolojik analizler, OSL tarihlendirme yöntemi ve sedimentolojik analizlerden faydalanılmıştır. Akdağ Kütlesi'nin jeomorfolojik gelişiminde birden fazla etken ve sürecin rolü olmuştur. Bu süreçlerin başında karst, buzul, tektonik ve flüviyal gelmektedir. Akdağ Kütlesi'nde etkili olan Pleistosen buzullaşmaları, büyük ölçüde karstik yapıya uyumlu gelişmiş ve 2500 m ve üzerindeki paleo-karstik depresyonlarda kalın plato buzulları oluşmuştur. Akdağ Kütlesi'nde üçü büyük, beş buzul vadisi tespit edilmiştir. Bu buzul vadileri gelişmiş sirklerle başlayıp 2500 m seviyelerinde paleokarstik depresyonlara uyumlu olarak düşük eğimli, geniş tabanlı ve büyük ölçüde taban ve yanallı morenleri ile kaplı iken 2500 m seviyelerinden sonra vadiler daralır klasik tekne vadi formu alıp 2000 m seviyelerinde cephe morenleri ile sonlanırlar. Akdağ Kütlesi'nde morenlerden alınan örneklerle ait OSL tarihlendirmelerinde 17-21 bin yaşları çıkmıştır ki bu da son buzul dönemi MIS 2 ye denk gelmektedir.

*Having the second highest peak (Uyluk Peak 3014 m) in Western Taurus, Akdağ has much higher elevations than its neighboring areas such as Eşen Plain (60 m) in the west and Elmalı Plain (1100 m) in the east. The main purpose of the study is to examine the glacial shapes that form in the Quaternary in Akdağ Mass and to date them with OSL. In this study, geographic information systems and morphometric analyzes, OSL dating method and sedimentological analyzes were used. Due to the relief of Akdağ, it appears as a massive consisting of several peaks over 2700m. Several factors and processes have played roles in the geomorphological development of Akdağ Massive. Karst, glacier, tectonic and fluvial are primary among these processes. Pleistocene glaciations, which were efficient in Akdağ Massif, developed in accordance with the karst topography to a great extent and thick plateau glaciers expanded in paleo karstic depressions which were situated at the altitude of 2500 m and over. Five glacial valleys, three of them are larger, are identified in Akdağ Massive. These glacier valleys start with well developed cirques. While these valleys are in harmony with the paleokarstic depressions at the elevation of 2500 m as having low slope degrees, wide valley base and covered by ground and lateral moraines, below the elevation of 2500 m the valleys are being narrowed and the classical trough valley form is taken and the valleys end at the elevation of 2000 m with terminal moraines. According to acquired OSL ages belonging to samples obtained from glacier deposits which are products of these glaciers, it is revealed that they were 17-21 thousand years old and this is synchronous the last glacial maximum.*

<sup>1</sup>Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalında hazırlanan "Akdağ Kütlesi'nde (Batı Toroslar) Karstlaşma-Buzul ilişkisinin Jeomorfolojik Analizi" başlıklı basılmamış doktora tezinden üretilmiştir.

## 1. Giriş

Akdağ, batıda Eşen Ovası (60 m) doğuda Elmalı Ovası (1100 m) arasında yer alan ve 2700 m üzerinde birçok zirve barındıran (Uyluk T. 3014 m), konik bir yapıdan çok, dört tarafı faylarla sınırlanmış, farklı yükseltilerde düz ve düze yakın seviyelerin olduğu çevresine göre oldukça yüksek bir kütle görünümünde olan bir dağdır (Şekil 1).

nırlanmış, farklı yükseltilerde düz ve düze yakın seviyelerin olduğu çevresine göre oldukça yüksek bir kütle görünümünde olan bir dağdır (Şekil 1).



ve cephe morenlerinden faydalanılarak CBS ortamında düzenlenmiştir.

Çalışma sahasındaki buzul depolarından mutlak yaşlar elde etmek için; kuvars tanelerinin en son ne kadar zaman önce gün ışığına maruz kaldığını belirleyen Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) yöntemi kullanılmıştır. Bu maksatla 40 cm uzunluğunda 7 cm çapındaki demir boruların morenlere yatay olarak çakılması suretiyle örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin mutlak yaş tayinleri Işık Üniversitesi Fizik Bölümü Lüminesans Araştırma ve Arkeometri Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Ayrıca sağlıklı kuvars sayımının yapılabilmesi için aynı numuneler U, Th, K analizi için Kanada'da AcmeLabs'a gönderilmiştir.

## 2. 1. Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) Analizi

Yakın yıllarda geliştirilen bir tarihlendirme yöntemi olan Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) yöntemi, çevresel radyasyona maruz kalan kuvars minerallerinin optik özelliklerinin analizine dayanmaktadır. Tortul depolarda bulunan kuvars elde etmek için, 90-180 µm boyutundaki taneler ıslak eleme yapılarak ayıklanmış ve sonrasında karbonatların ve organiklerin uzaklaştırılması için HCL ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile işleme tabi tutulmuştur. Bundan sonra, tanelerin dış yüzeyi, alfa radyasyonundan etkilenen kısım çıksın diye, HF (didroflorik asit) ile işleme tabi tutulmuştur. Çıkarılan kuvars taneleri, feldispat kontaminasyonunun mevcut olup olmadığını kontrol etmek için kızıl ötesi uyarılmaya tabi tutulmuştur. Sonrasında, temiz kuvars taneleri OSL ölçümleri için silikon sprej kullanılarak paslanmaz çelik bir disk üzerine yayılmıştır. Lüminesans sinyalleri, U-340 filtreleri (Bøtter-Jensen, 1997) vasıtasıyla mavi (470 nm) ışık uyarmalı Risø TL / OSL okuyucu ile tespit edilmiştir. Tüm laboratuvar işlemleri hafif kırmızı ışık altında gerçekleştirilmiştir. Kuvars içinde biriken paleodoz veya eşdeğer doz, numunenin doğal OSL şiddetinin bilinen ilave radyasyon miktarlarıyla indüklenen OSL sinyalinin artışı ile karşılaştırarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmadaki doz, (Murray ve Wintle, 2000) tarafından sunulan optik uyarmalı lüminesans tek alikot rejeneratif doz (OSL-SAR) protokolü ile hesaplanmıştır. Protokolün genel olarak altı döngüsü vardır. Her bir döngüde, her bir numunenin alikotları 260 °C'de ön ısıtmaya tabi tutulmuş ve sonra doğal ve rejeneratif OSL sinyallerinin kaydedilmesi için 125 °C'de 40 saniye süreyle uyarılmıştır. Döngüler arasındaki hassasiyetin değişimini test etmek için OSL sinyallerini kaydetmeden önce bir sınır ısı sıcaklığının ardından test dozu uygulanmıştır. Duyarlılık değişimi, test dozuna verilen cevap kullanılarak başarıyla izlenmiş ve düzeltilmiştir. Daha sonra eşdeğer doz, düzeltilmiş doğal sinyal ile düzeltilmiş rejeneratif sinyaller karşılaştırılarak elde edilmiştir. OSL ölçümlerinde güvenilirlik için, ağırlanmış alikotlara, bilinen bir laboratuvar dozu verilerek (doğal doza yakın) doz geri kazanım testi uygulanmış ve sonra OSL-SAR protokolü ile değerlendirilmiştir. Doz oranının değerlendirilmesi, tarihlendirme yönteminin en zor kısmıdır. Her bir örnek için doğal çevre yıllık doz oranı ICP-ES / ICP-MS analizi ile elde edilen U, Th ve K konsantrasyonlarından türetilmiştir. OSL yaşları, eşdeğer doz ve yıllık çevre radyasyon dozu Tablo 1'de verilmiştir. Burada yer alan (n), değerlendirilen alikotların sayısını ifade etmektedir. Beta ve gama doz oranları, Olley vd (1996)'nin dönüşüm faktörleri kullanılarak radyoizotop konsantrasyonlarından hesaplanmıştır. Doz oranına kozmik ışın katkısı, Prescott ve Hutton (1988) tarafından verilen formül kullanılarak bulunmuştur.

**Tablo 1.** OSL yaşı, paleodoz ve değerlendirilen her örnek için alikot sayısı ile birlikte doz oranları.

**Table 1.** The OSL ages, paleodose and dose rates together with the number of aliquots for each sample evaluated.

Lab no.	Yaş			Doz			(n)	Doz oranı		
	(ka)			(Gy)				(Gy/ka)		
C-2	20,24	±	3,01	13,47	±	1,90	4	0,67	±	0,03
C-3	3,36	±	1,30	2,77	±	1,06	2	0,82	±	0,04
C-4	5,02	±	1,08	4,13	±	0,87	6	0,82	±	0,04
C-5	17,66	±	4,44	18,68	±	4,64	5	1,06	±	0,04
C-6	17,83	±	3,58	9,96	±	1,92	2	0,56	±	0,03
C-7	4,04	±	0,70	2,12	±	0,35	2	0,52	±	0,03
C-8	123,98	±	8,56	76,87	±	2,03	3	0,62	±	0,06

## 3. Bulgular

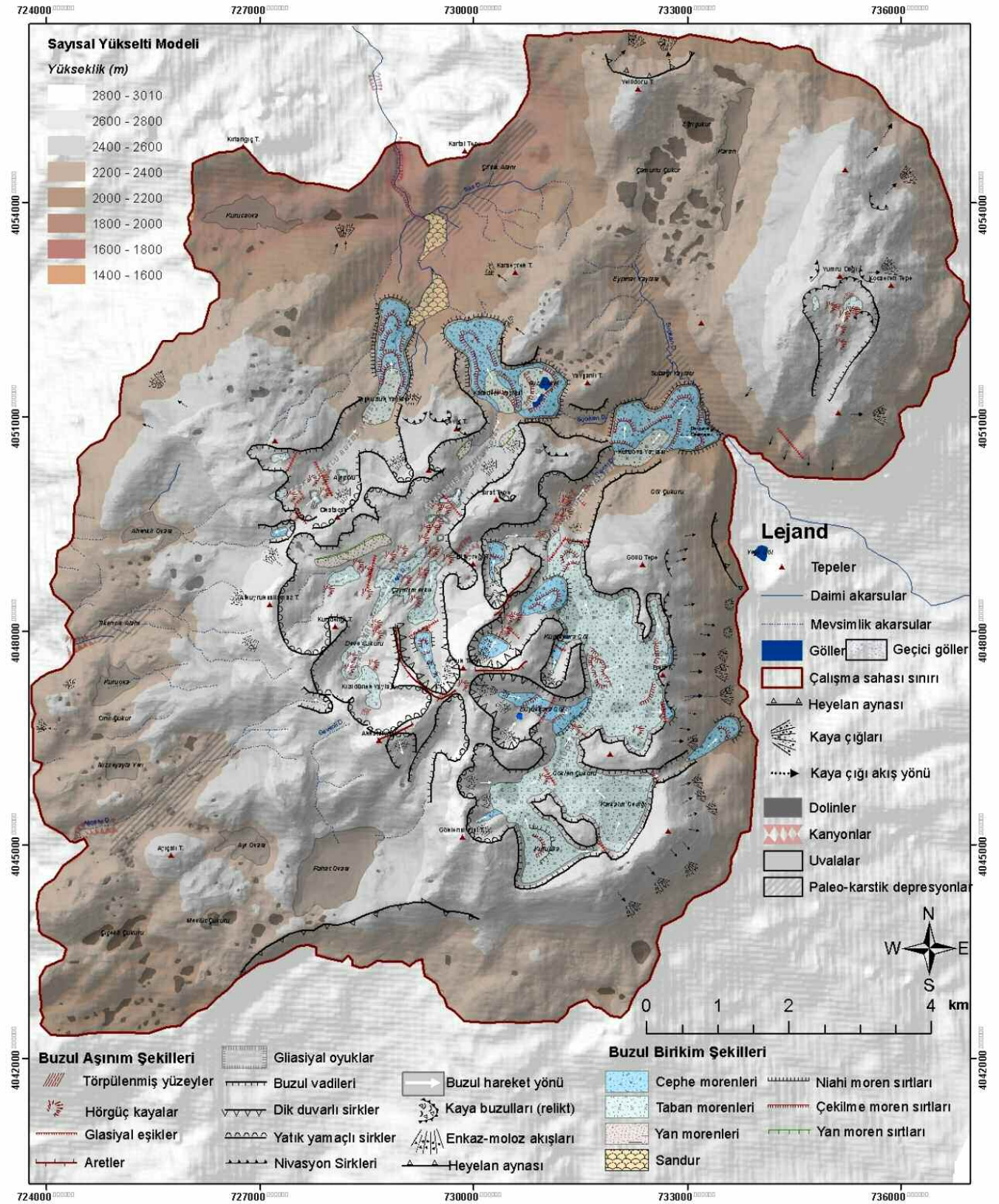
### 3.1. Jeomorfolojik Özellikler

Akdağ Kütlesi; aktif tektonizmaya bağlı dört bir yanında gözlemlenen normal faylarla sınırlanmış ve 2500 m ve üzerinde geniş, yüksek aşınım düzlükleri barındırır. Bu düzlükler üzerinde ise 2700 metreyi aşan çok sayıda zirve yer alır. Bu kütleli özelliği ile Akdeniz üzerinden gelen nemli havayı karşılayan ve orografik karakterdeki yağışlara son derece açık olan Akdağ; Pleistosen'de meydana gelen iklim değişimlerinden çokça etkilenmiş, farklı zamanlarda; birden fazla etken ve sürecin etkisiyle polijenik ve polisiklik topografyanın izlerini barındıran bir jeomorfolojik görünüme kavuşmuştur. Bu jeomorfolojik görünümü yaratan flüvyal ve karstik süreçlerin etkinliği günümüzde de devam etmektedir. Çalışma sahası sınırları içerisinde buzul jeomorfolojine ait etken ve süreçler günümüzde etkinliği yitirse de buzul jeomorfolojisine ait şekillerin Akdağ'ın jeomorfolojik görünümündeki payı çok belirgin ve karakteristiktir (Şekil 2).

#### 3.1.1. Buzul vadileri

Akdağ Kütlesi'nde üçü büyük, beş buzul vadisi tespit edilmiştir. Bunlardan Karadere, Taşkuzluklu ve Kuruova buzul vadileri kabaca kuzeydoğuya doğru yönelmiş büyük alanlar işgal eden buzul vadileridir. Bu buzul vadilerinin dışında Uyluk Tepe güneyinde Rahat buzul vadisi ve Yumru Dağı'nda güneye yönelmiş Yumru buzul vadisi olarak iki küçük buzul vadisi de mevcuttur (Şekil 2). Akdağ Kütlesi dağ buzullaşmasını bir örneği olmasına karşın, sahadaki buzul vadileri dağ buzulların tipik tekne karakterini göstermez. Bunda lito-stratigrafik faktörlerin rolü oldukça fazladır. Özellikle son buzullaşma öncesi sahada yaşanan karstlaşma, sonrasında etkili olacak buzullaşmayı ve buzulların hareketini etkilemiş ve yönlendirmiştir.

**Karadere Buzul Vadisi:** Yan yana dizilmiş dört büyük sirkten beslenen ve yaklaşık sekiz kilometre uzunluğa sahip olan Karadere buzul vadisi, beslenme alanı, tekne vadisi ve dil kısmındaki moren depoları ile Akdağ'ın en tipik ve büyük buzullaşma ünitesini oluşturur (Doğu vd. 1999). Karadere buzul vadisi; Akdağ Kütlesi'nin merkezinde, Uyluk Tepe, Akkatsivrisi Tepe ve Atkuyruksalmaz Tepe'lerinin bulunduğu 2700-3000 m sırtlarının kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı yamaçları önünde gelişen sirklerle başlar (Fotoğraf 1). Kuzeydoğuya doğru oldukça geniş bir alanı etkileyerek gelişen buzul vadisi, hörgüç kaya ve cilalanmış yüzeylerin yoğun olarak gözlemlendiği Çayırılı mevkiinde 2600 m seviyelerinde 1600 metrelik oldukça geniş bir alana yayılır (Fo-



Şekil 2. Buzul jeomorfoloji haritası.  
Figure 2. Map of glacial geomorphology.

toğraf 1). Karadere buzul vadisi Çürükkaya mevkiinde daralarak (500 m) "U" şekilli tekne formunu yansıtmaya başlar. Bu alan aynı zamanda vadinin bir eşikle ayrıldığı ve eğiminin arttığı alana tekabül eder (ortalama 30°). Vadi 1500 m "U" şekilli tekne formunu sürdürüp Karadere Yaylası'ndaki morenlerle son bulur.

**Kuruova Buzul Vadisi:** Uyluk Tepe doğusunda güney-kuzey doğ-

rultuda gelişen Kuruova buzul vadisi, Uyluk Tepe ve Göklensivrisi Tepe'nin doğu ve kuzeydoğu yamaçlarında gelişen sirklerle başlar (Fotoğraf 2). Kuruova buzul vadisi genel olarak batı yamacındaki sirklerle beslenmiş olsa da, vadinin gelişimi kuzeye doğrudur. Kuruova buzul vadisi gelişiminde, Karadere buzul vadisinde olduğu gibi son buzullaşma öncesi etkili olan karstlaşmadan büyük ölçüde etkilenmiştir. Eski dolinler morenlerle



**Fotoğraf 1.** Karadere buzul vadisine güneyden bakış.  
**Photo 1.** View from the south of Karadere glacier valley.



**Fotoğraf 2.** Kuruova buzul vadisine batıdan bakış.  
**Photo 2.** View from the south of Kuruova glacier valley.

doldurulmuş dolinleri ayıran sırtlar törpülenmiştir. Bu haliyle eşiklerle birbirinden ayrılan ortalama 2500 m seviyelerinde 2300 m genişliğinde 4700 m uzunluğunda eğiminin ortalama 15° dolaylarında olduğu bir buzul vadisi olarak kuzeye yönelir. Göllü Tepe batısında vadi daralarak (600 m) bir eşikle Taşlı Dere vadisindeki yan kolla birleşerek “U” şekilli tekne vadi yapısıyla kuzeybatıya yönelir ve Subaşı Yaylası’ndaki morenlerle son bulur.

**Taşkuzluklu Buzul Vadisi:** Akdağ Kütlesi’nin batısında, Okatacak Tepe’nin kuzeybatısında çok gelişmemiş sirklerle başlayan Taşkuzluklu buzul vadisi, kuzeydoğuya doğru gelişim göstermiştir. Vadi sirkler kısmında düşük eğimli (15°) ve 700 m genişlikle başlar. Vadi bu şekilde 700 m sonra bir eşikle daralır ve eşikten sonra eğim değeri artarak tipik olmasa da tekne karakteri kazanır. Yatak içi çukurlukların ve hörgüç kayaların gözlendiği bu alandan sonra vadi eğimi azalarak morenlerde son bulur.

Kabaca kuzeye yönelen bu üç büyük buzul vadisinin dışında Akdağ Kütlesi’nde güneye yönelim gösteren münferit küçük buzul vadileri de yer alır. Bunlardan en belirgin Akdağ Kütlesi’nin devamı niteliğinde olan Yumru Dağı zirvesi (2760 m) ve doğusundaki Kocaeren Tepe (2620 m) arasında yatık yamaçlı sirklerle başlayan ve 1.8 km uzunluğunda yönelen Yumru buzul vadisidir. Başlangıçta 700 m genişliğindeki bir kabul havzası karakterindeki vadi gittikçe daralarak bir asılı vadi ile sonlanır. Bir diğer güneye yönelen buzul vadisi ise Uyluk Tepe’nin hemen güneyinden yatık yamaçlı bir sirkle başlayıp Rahat Ovası’na (uvala) doğru 1.5 km “U” şekilli tekne formunu koruyarak karstik bir depresyonda sonlanan Rahat buzul vadisidir. Yine Akkatsivrisi Tepe kuzeybatısında ve Okatacak Tepe batısında iki küçük buzul vadisi de batıya doğru yatık yamaçlı sirkle başlayıp 500 m kadar batıya doğru tekne karakterini koruyarak devam eder.

### 3.1.2. Morenler

Çalışma sahasında morenler; sirklerin hemen önünde başlar. Bunlar büyük ölçüde buzullaşmanın son evresine ait depolar olup sahadaki en genç morenlerdir. Vadinin devamında daha az iri bloklar içeren çakıl, kum ve kil boyutundaki malzemeleri

de ihtiva eden taban ve ablasyon morenleri yer alır. Yine vadinin yamaçlarında yan morenleri de tespit edilmiştir. Vadilerin son bulunduğu kısımlarda ise farklı çekilme seviyeleri barındıran cephe morenleri yer alır (Şekil 2).

**Karadere Buzul Vadisinde Morenler:** Karadere buzul vadisinde Uyluk Tepe batısındaki sirk içinde sirk buzuluna ait iri bloklardan ve kenarlı köşeli malzemelerden oluşan genç morenler yer almaktadır. Sirk duvarının hemen önünde, sirk tabanından (2830 m) başlayan genç morenler ortalama 700 m kadar kuzeye devam eder. İlk 10 metrede düz bir yüzey ile devam eden morenler, sonrasında 10 m kadar bir kot kaybına uğrayarak yüksek eğimli bir yüzey oluşturur. Kuzeye doğru devamında ise morenler düşük eğimli bir yüzeyle devam eder. Bu kot kaybı yaratan eğimli yüzeyin ve önündeki çukurluğun; üzeri kalın yamaç döküntüleriyle kaplı, buzulun çekilmesi esnasında oluşan kettle benzeri bir çökme çukuru olduğu düşünülmektedir (Fotoğraf 3).



**Fotoğraf 3.** Uyluk Tepe batısındaki morenler.  
**Photo 3.** Moraines on the west of Uyluk Tepe.

Dik ve yatık yamaçlı sirklerin önünde eğimin azaldığı buzul vadisinin genişlediği 2700-2600 m seviyelerindeki flüvyal süreçlerle biçimlendirilmiş (yüzeyi düzleştirilmiş ve sel karakterli akarsularca yarılmış) taban morenleri yer alır. Karadere buzul vadisinin genişlediği 2700-2600 m seviyelerinde buzul vadisinin kuzeybatı yamacında büyük ölçüde deforme edilmiş yan morenleri tespit edilmiştir (Fotoğraf 4, 5). Karadere buzul vadisi,

İkizgöl mevkiinde 2330 m seviyelerinde oldukça geniş bir alanda taban morenleri ve cephe morenleriyle son bulur. Bu alanda taban, cephe ve yan morenleri iç içe geçmiş durumdadır. Ayrıca bu alanda cephe morenlerin gerisinde oluşan dil çanağında buzulönü gölleri (İkizgöl) yer alır (Fotoğraf 6). İkizgöl mevkiinde cephe ve taban morenleri, çatallanarak iki farklı vadiyi takip ederek sonlanır. Morenler bu alanda KKD'ya Taşkuzluklu buzul vadisine ve D'ya Subaşı yaylasına olmak üzere iki farklı yönde gelişim gösterip sonlanmışlardır (Şekil 2). Morenlerin sonlandıkları noktalarda ortalama 10 m yükseklikteki nihai morenler yer alır. Doğuya yönelen nihai morenlerin yükseltileri

daha fazla olup, bu alandaki nihai moren sırtları deforme olmamışlardır. Taşkuzluklu buzul vadisine yönelen nihai morenler 1.5 km sonra bir glasiyal eşiğin üstünde 2240 metrelerde saçak buzulu karakterinde sonlanır. Bu alandaki nihai morenler akarsularca yarılmış ve büyük ölçüde deforme edilmişlerdir. Bu nihai morenleri yaran akarsular, eşiğin önünde 2030 m seviyelerinde küçük bir sandur oluşumuna imkan tanımıştır. Karadere yaylasındaki cephe morenlerinde, nihai morenlerin gerisinde üç sıra halinde çekilme morenleri tespit edilmiştir. KKD'ya yönelen çekilme morenleri akarsularca yarılmışken D'ya yönelen çekilme morenlerinde deformasyon gözlenmemiştir (Şekil 3).



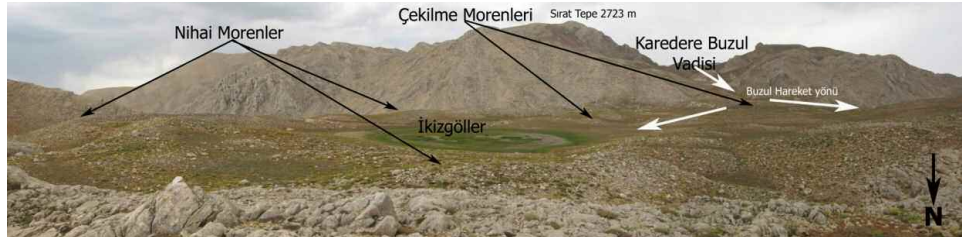
**Fotoğraf 4.** Karadere buzul vadisi KB yamacındaki yan morenlere GD'dan (Uyluk Tepe'den) bakış.

**Photo 4.** View from the SE (from Uyluk Tepe) to the lateral moraines on the NW slope of the Karadere glacier valley.



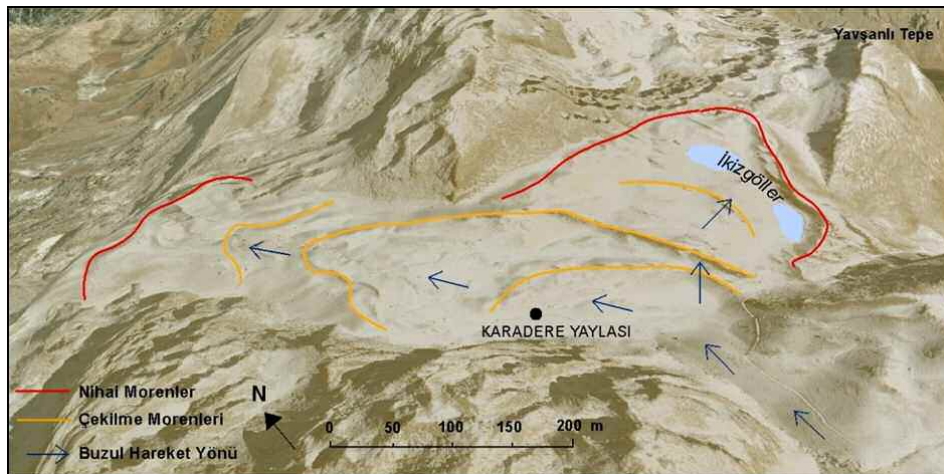
**Fotoğraf 5.** Karadere buzul vadisi KB yamacındaki yan morenlerin enine profiline GB'dan bakış.

**Photo 5.** View from the SW to the transverse profile of the lateral moraines on the NW slope of Karadere glacier valley.



**Fotoğraf 6.** Karadere buzul vadisinin doğuya yöneldiği İkizgöl mevkiinde dil çanağı içindeki İkizgöller ve cephe morenleri (nihai ve çekilme).

**Photo 6.** İkizgöller and the end moraines (terminal and recessional) inside of the glacier tongue depression in the vicinity of İkizgöl where the Karadere glacier valley is heading east.



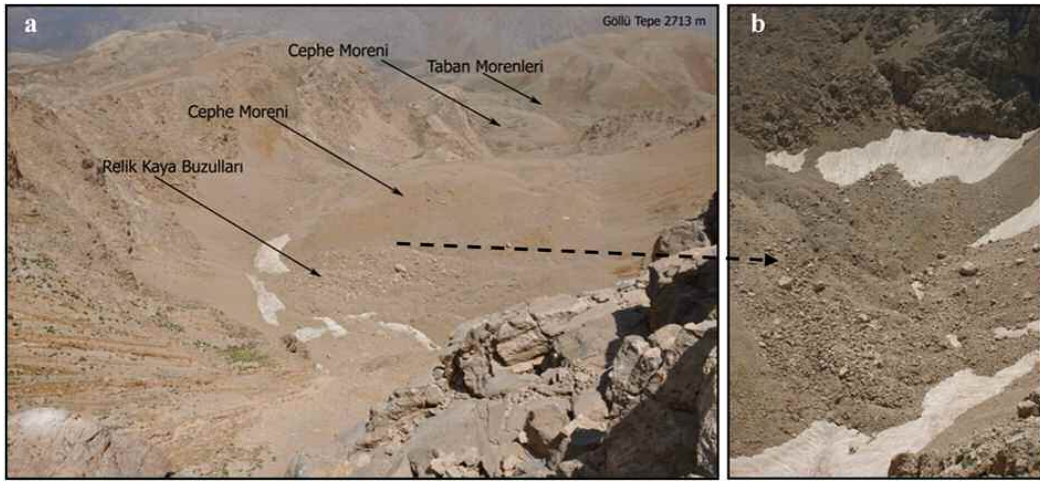
**Şekil 3.** Karadere buzul vadisinin sonlandığı İkizgöl mevkiinde nihai ve çekilme morenleri.

**Figure 3.** Terminal and recessional moraines in İkizgöl vicinity where Karadere glacier valley ended.

**Kuruova Buzul Vadisinde Morenler:** Kuruova buzul vadisinde morenler; Uyluk Tepe ve Göklensivrisi Tepe doğusundaki sirklerin önündeki genç cephe morenleriyle başlar. (Fotoğraf 7). Kuruoava buzul vadisinde taban moren depoları hem çalışma sahasında hem de Türkiye'deki benzer örneklerinden çok daha geniş yayılım alanına ve kalınlılara ulaşmaktadır. Bunda son buzullaşma öncesi gelişen geniş karstik depresyonların etkisi oldukça büyüktür. Kuruova buzul vadisin kuzeye devamında Göllü Tepe batısında vadinin daraldığı kesimde morenler glasiyal bir eşikle kesintiye uğrar. Bu eşik üzerinde cephe morenleri tespit edilmiştir (Fotoğraf 8). Kuruova buzul vadisinin sonunda çalışma sahasının en büyük (800 m<sup>2</sup>) ve en tipik cephe moreni deposu mevcuttur. Birkaç kademe halinde çekilme sırtlarının gözlemlendiği çekilme morenin gerisinde bir dil çanağı yer alır. Son çekilme moreni sırtı dahil tüm moren sırtları Çayırılı Deresi tarafından ortalama 10 m kadar yarılmıştır.

Bu alandaki cephe moreninin 1990 m seviyesinde, Dörtpınar Çeşmesi mevkiinde sonlandığı tespit edilmiştir. Şubaşı Yaylasının içinde bulunduğu düzlük ise cephe morenlerinin Şuçıkan Deresi vadisini tıkayarak gerisinde oluşturduğu moren setti gölünün zamanla akarsularca getirilen alüvyal malzemelerle dolmasıyla oluşan bir düzlüktür (Fotoğraf 9).

**Taşkuzluklu Buzul Vadisindeki Morenler:** Taşkuzluklu vadisi buzul vadisi içindeki moren depolarına daha çok vadinin sonlandığı kısmında rastlanılmaktadır. Taşkuzluklu buzul vadisinin diğer iki buzul vadisine oranla buzullaşmadan daha az etkilenmesine rağmen vadi sonundaki cephe morenleri oldukça geniş alanları kapsamaktadır. Belirgin nihai ve çekilme morenleri gözlemlendiği gibi cephe moreni gerisinde birde dil çanağı mevcuttur. Taşkuzluklu buzul vadisinde nihai morenlerin alt sınırı 2100 m seviyelerine kadar indiği tespit edilmiştir. Bu alandaki cephe morenleri akarsularca derince yarılmış durumdadır. Bu yarıma



**Fotoğraf 7.** Uyluk Tepe kuzeydoğusundaki sirk içinde ve buzul vadisinin devamında cephe morenleri, taban morenleri (a) ve sirk tabanında reli k kaya buzulları (b).

**Photo 7.** Terminal and ground moraines inside of the cirque located in the north-east of Uyluk Tepe and the contiguous glacier valley (a) and relic rock glaciers in the bottom of the cirque (b).



**Fotoğraf 8.** Kuruova buzul vadisinin daraldığı kısımdaki glasiyal eşik ve çekilme morenleri.

**Photo 8.** Glacial threshold and recessional moraines on the part of the Kuruova glacier valley where the valley is narrowing.



**Fotoğraf 9.** Kuruova buzul vadisinin sonlandığı kesimdeki cephe morenleri (nihai, çekilme) ve moren setti gölünün dolmasıyla oluşan düzlük alan.

**Photo 9.** End moraines (terminal and recessional) on the end of Kuruova glacier valley and a flat area formed by the fill of the the moraine dammed lake.

yer yer 30 metreyi bulmaktadır. Karadere, Kuruova ve Taşkuzluklu buzul vadileri dışındaki buzul vadilerinde belirgin moren depolarına rastlanılmamıştır. Sadece Yumru Dağı güneyinde gelişen sirk tabanında çok fazla alan kaplamayan taban tillerine rastlanılmıştır.

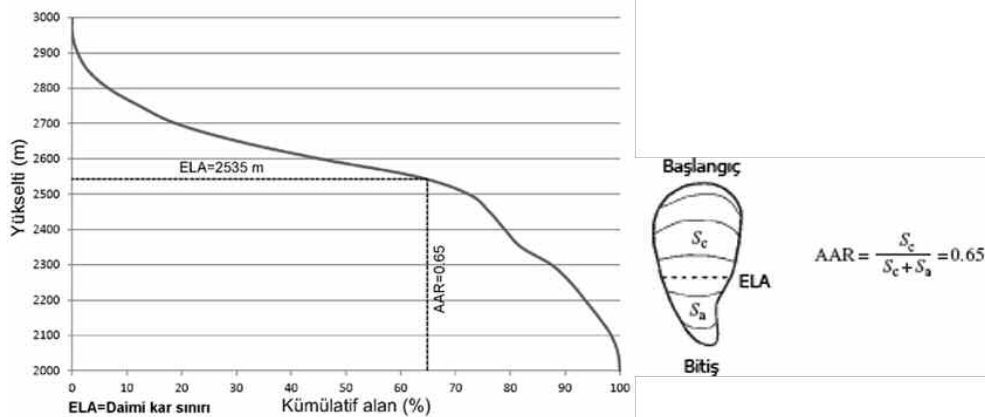
### 3.1.3. Son buzul maksimumu daimi kar sınırı

Pleistosen'de Akdağ Kütlesi'nde 2000 m ve üzerindeki sahalarda buzullaşma yaşanmıştır. Özellikle kuzeye bakan vadiler içerisinde buzullar çok daha geniş alanları işgal etmiştir. Bu deliller ışığında çalışma sahasında son buzul maksimumuna (SBM) ait daimi kar sınırının ortaya konmuştur. Bu amaçla sirk tabanı metodu, çevre dil ortalaması metodu ve yüzölçümü metodu uygulanmıştır (Tablo 2). Bu metodlar uygulandığında her bir metottan farklı yükselti değerlerine ulaşıldığı görülmüştür. Bu farklılık da; çalışma sahasının buzullaşma öncesi yoğun bir karstlaşmaya maruz kalmasının rolü olduğu düşünülmektedir.

**Tablo 2.** Akdağ Kütlesi'nde uygulanan daimi kar sınırı belirleme yöntemleri.  
**Table 2.** Methods for the determining of the ELA in Akdağ Massive.

Daimi Kar Sınırı Belirleme Metotları	Elde Edilen Daimi Kar Alt Sınırı
Sirk Tabanı Metodu	2650 m
Çevre Dil Ortalaması Metodu	2375 m
Yüzölçümü Metodu	2535 m (kuzey), 2650 m (güney)
Ortalama	2520 m

Çalışma sahasında SBM daimi kar sınırı tespiti için sirk tabanı metodu uygulandığında 2650 m değerine ulaşılmıştır. Bu değer, çalışma sahası için yüksek bir değerdir. Akdağ Kütlesi'nde birçok sirk, buzullaşma öncesi yüksek seviyelerdeki dolinlere yerleşen ve tahrip eden buzulların ürünüdür. Dolayısıyla bu yöntem, sirklerin tamamen buzul ürünü olmaması nedeniyle çalışma sahasında güvenilir değildir. Yine çalışma sahasının 2500 m ve üzerinde piramidal zirveler içermeyen basık tepelerden ve bu tepeler arasında geniş ve yüksek paleo-karstik depresyonlardan oluşması, beklenenden daha alt seviyelerde daimi kar sınırı değeri veren çevre dil ortalaması metodunu şüpheli kılmaktadır. Pleistosen'de buzulların daha çok yüksek paleo-karstik depresyonlara yerleştiği bu depresyonlardan taşıdığı noktalarda alt kotlara sarktığından, çalışma sahasında yüzölçümü metodunun sonuçları daha kabul edilebilir görülmektedir (Şekil 4).



**Şekil 4.** Çalışma sahasında kuzeye gelişen buzul vadilerinin hipsometrik eğrisi ve yüzölçümü metoduyla daimi kar sınırının ortaya konması (Porter, 2001; Hubbard & Glasser, 2005).

**Figure 4.** The hipsometric curvature of the glacial valleys developed northward and the prediction of ELA via the method of AAR (Porter, 2001, Hubbard & Glasser, 2005).

### 3.1.4. Buzul rekonstrüksiyonu

Akdağ Kütlesi'nde yapılan arazi gözlemleri ve morfometrik analizler sonucunda son buzul maksimumu olan Würm buzullaşmasının boyutları ve etkileri ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu amaçla jeomorfolojik veriler ışığında Akdağ Kütlesi'nin son buzul maksimumundaki buzul rekonstrüksiyonu (yeniden kurma) yapılmıştır (Şekil 5). Buzul rekonstrüksiyonunda, morenlerin konumları ve yayılış alanları önemli veriler sağlamıştır. Cephe morenleri buzulların ulaştığı en düşük kotları ve dış uzanımlarının sınırını ortaya koyarken, yan morenleri ise buzul kalınlıkları hakkında fikir vermiştir. Yine sirkler ve vadi tabanlarındaki törpülenmiş yüzeyler ve buzul aşınımından etkilenmeyen nunataklar buzulların işgal ettiği sahaları ortaya koymada faydalı olmuştur.

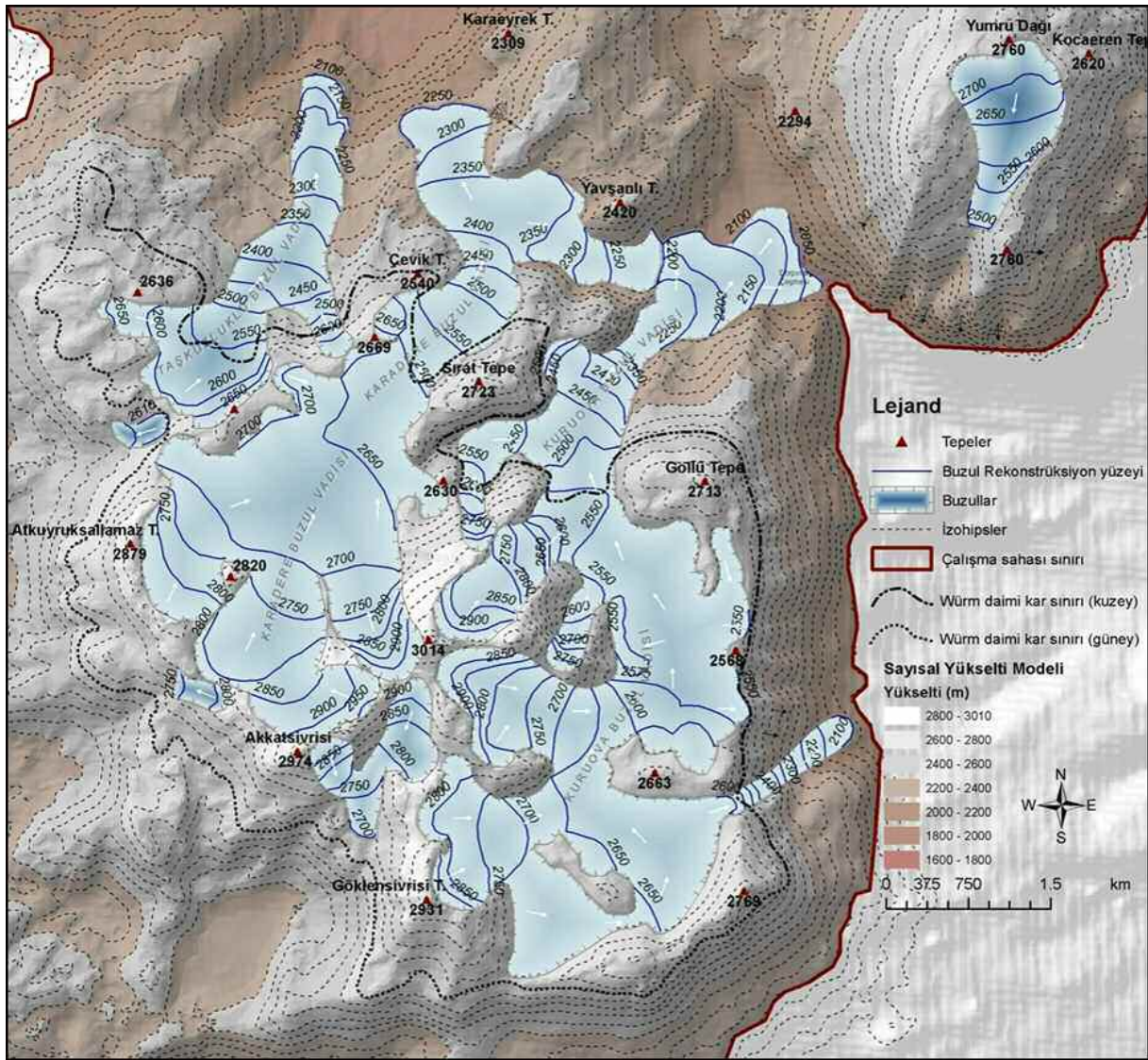
Akdağ Kütlesi'nde yapılan buzul rekonstrüksiyonunda net bir şekilde görünmüştür ki buzullaşma öncesi sahada gelişen karstik etken ve süreçler buzullaşmanın seyrini ve yayılış alanlarını etkilemiştir. Özellikle 2500 m ve üzerindeki paleo-karstik depresyonlarda buzul kalınlıkları ve genişlikleri alışılmadık dağ ve vadi buzullaşmalarından farklı gelişmiştir. Bunda paleo-karstik depresyonların Würm daimi kar sınırı (2535 m) üzerinde yer alması ve buna bağlı olarak bu alanların birikim zonu içerisinde kalmasının etkisi büyüktür.

### 3.2. Buzul Kronolojisi ve Mutlak Yaşlar

Akdağ Kütlesi'nde Pleistosen buzullaşmasının jeomorfolojik kanıtları yapılan arazi çalışmaları sonucunda tespit edilmiştir. Fakat günümüz modern buzul jeomorfolojisi çalışmalarında mutlak yaş tahinleriyle morfolojik kanıtların denetlenmesi zor olmuştur. Bu maksatla çalışma sahasındaki buzul depolarına Optik Uyarımlı Lüminesans (OSL) yöntemi uygulanarak çalışma sahasındaki buzullaşmaya ve yayılış alanlarına dair mutlak yaşlar elde edilmiştir. Dünya'da buzul jeomorfoloji çalışmalarında OSL tercih edilen yaşlandırma yöntemlerinden biridir. Özellikle kuvars ve feldspat mineralleri içeren buzul sedimentlerinde başarıyla uygulanabilmektedir (Hubbard & Glasser, 2005).

Akdağ Kütlesi'nde ilk mutlak yaşlar OSL yöntemi kullanılarak bu makalenin de üretildiği Bayrakdar (2012) tarafından hazırlanan "Akdağ Kütlesi'nde (Batı Toroslar) Karstlaşma-Buzul ilişkisi"





Şekil 5. Akdağ Kütlesi'nde son buzul maksimumunda (Würm) morfolojik buzul rekonstrüksiyonu.

Figure 5. Morphologically produced glacier reconstruction of the last glacial maximum (Würm II) in Akdağ Massive.

sinin Jeomorfolojik Analizi" başlıklı basılmamış doktora tezinde ortaya konulmuştur. Sonrasında Sarıkaya vd., (2014) tarafından kozmojenik  $^{36}\text{Cl}$  yöntemi ile yaşlandırma yapılmıştır. Buzul çalışmalarında dünyada ve ülkemizde oldukça yaygın kullanılan ve güvenilirliği kabul gören bu yöntem ile elde edilen yaşlar OSL yaşları ile büyük ölçüde benzerlik göstermiştir. Sarıkaya vd., (2014) tarafından kozmojenik  $^{36}\text{Cl}$  yöntemi ile 41 adet moren bloğunda yapılan yaşlandırmalar sonucunda; Akdağ'da Türkiye'de ilk defa tanımlanan son buzul maksimumu (SBM) öncesi buzullar ( $35.1 \pm 2.5$  bin yıl) tespit edilmiştir. Son buzul maksimumunda ise buzullar  $21.7 \pm 1.2$  bin yıl öncesinde en geniş pozisyonlarına (denizden 2050 m yüksekliğe) ulaşmış olduğu ortaya konmuştur. Daha sonra, yaklaşık  $15.1 \pm 0.9$  bin yıl öncesinde, Geç Buzul döneminde buzullar bir miktar geri çekilmiş ve kısa bir süre yerlerinde sabit kaldığı belirtilmiştir.

Akdağ Kütlesi'nde OSL yöntemi ile buzul depolarının yaşlandırılması amacıyla yedi lokasyonda cephe ve taban morenlerinden örnekler alınmıştır. Bu örnekler Işık Üniversitesi Fizik Bölümünde analiz edilerek morenlerin en son ne kadar yıldan beri depolanarak gün ışığına maruz kalmadıkları ortaya konmuştur. OSL yaşlandırma yöntemi depolara uygulandığı için morenler tercih edilmiştir. Çalışma sahasında farklı seviyelerdeki tüm moren depolarından örnekler alınmaya çalışılmıştır.

Fakat OSL yaşlandırmasında kuvars miktarı, sağlıklı yaşların elde edilmesi için belirleyicidir. Çalışma sahasının büyük bir kısmının karbonot içeren kayalardan oluşması, bazı numunelerden istenilen dozda kuvarsa ulaşamaması sonucunu doğurmuştur. Bu nedenle alınan yedi numuneden yalnızca dördünden kabul edilebilir sonuçlar elde edilebilmiştir (Tablo 3, Şekil 6).

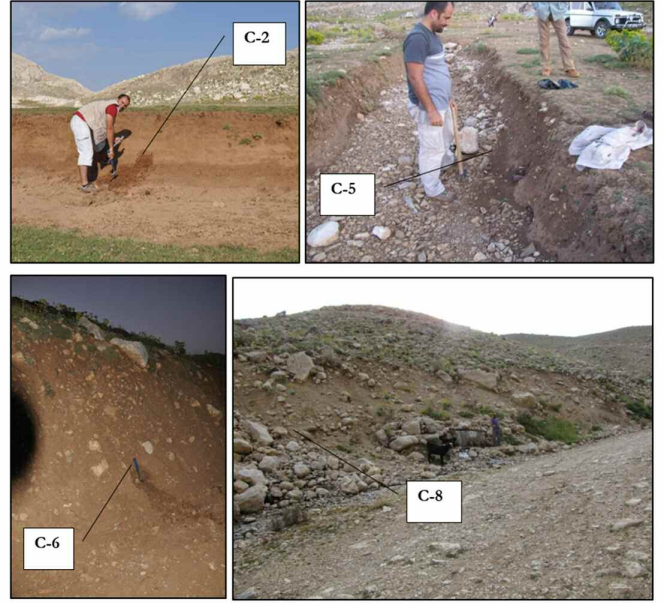
Tablo 3. Çalışma sahasında alınan OSL yaşları.

Table 3. OSL ages aquired from the samples taken at the study area.

Lab no.	Yaş	±	Unc.	Doz	±	Unc.	(n)	Doz oranı	±	Unc.
	(ka-bin yıl)			(Gy)				(Gy/ka)		
C-2. Çayırılı Mv. 2580 m taban moreni	20,24	±	3,01	13,4	±	1,90	4	0,67	±	0,03
C-3. Kuruova sirk önü cephe moreni 2550 m	3,36	±	1,30	2,77	±	1,06	2	0,82	±	0,04
C-4. Kuruova buzul vadisi cephe moreni 2410 m	5,02	±	1,08	4,13	±	0,87	6	0,82	±	0,04
C-5. Karadere yaylası taban moreni 2330 m	17,66	±	4,44	18,6	±	4,64	5	1,06	±	0,04
C-6. Karadere buzul vadisi İkiçizöl mv. cephe moreni 2300 m	17,83	±	3,58	9,96	±	1,92	2	0,56	±	0,03
C-7. Kuruova buzul vadisi cephe moreni 2050 m	4,04	±	0,70	2,12	±	0,35	2	0,52	±	0,03
C-8. Kuruova buzul vadisi nihai morenleri Dörtpinar Çeş. 1990 m	123,98	±	8,56	76,8	±	2,03	3	0,62	±	0,06

Çalışma sahasında C-1 kodunda Uyluk Tepe batısındaki sirk tabanındaki genç cephe morenlerinden numune alınmış olmasına rağmen analiz edilecek düzeyde dahi ince taneli malzeme kuvars bulunmadığından herhangi bir yaş elde edilememiştir. Çalışma sahasındaki diğer alınan OSL numunelerine bakıldığında Karadere Buzul vadisinden alınan C-2 ( $20.24 \pm 3.01$  bin yıl), C-5 ( $17.66 \pm 4.44$  bin yıl) ve C-6 ( $17.83 \pm 3.58$  bin yıl) numunelerinde, yeterli kuvars dozuna ulaşılmışından dolayı sağlıklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre; 2580 m seviyelerindeki taban tilleri içerisindeki C-2 numunesinde, 2330 m seviyelerindeki Karadere Yaylası'ndaki taban morenleri içerisinde alınan C-5 numunesinden ve 2300 m seviyelerindeki İkizgöl mevkiindeki cephe morenlerinin eğimli yüzeyindeki yol yarmasından alınan C-5 numunesinden elde edilen yaşlar; sırasıyla  $20.24 \pm 3.01$ ,  $17.66 \pm 4.44$ ,  $17.83 \pm 3.58$  bin yaşları ile son buzul maksimumu Würm II'e (21-17 bin yıl) denk geldiği görülmüştür (Turoğlu, 2011). Akdağ Kütlesi'nde, 1990 m seviyelerinde tespit edilen en alçak moren seviyesi olan Kuruova buzul vadisinin nihai morenlerindeki C-8 numunesinden  $123,98 \pm 8,56$  bin yıl yaşı elde edilmiştir (Fotoğraf 10).

C-2, C-5, C-6 örnekleri aynı buzul vadisinin farklı seviyelerinden olup, vadideki buzullaşmanın evrimini ortaya koymasına bakımından oldukça faydalı sonuçlar ortaya koymuştur. Bu sonuç çalışma sahasındaki buzul jeomorfolojisine ait şekillerin tümüyle son buzul maksimumunun ürünü olduğu göstermektedir. C-8 numunesinin yaşı ve lokasyonu tartışmaya açık olup, tekrar aynı lokasyonda alınacak başka numunelerle doğrulanmaya ihtiyacı vardır.

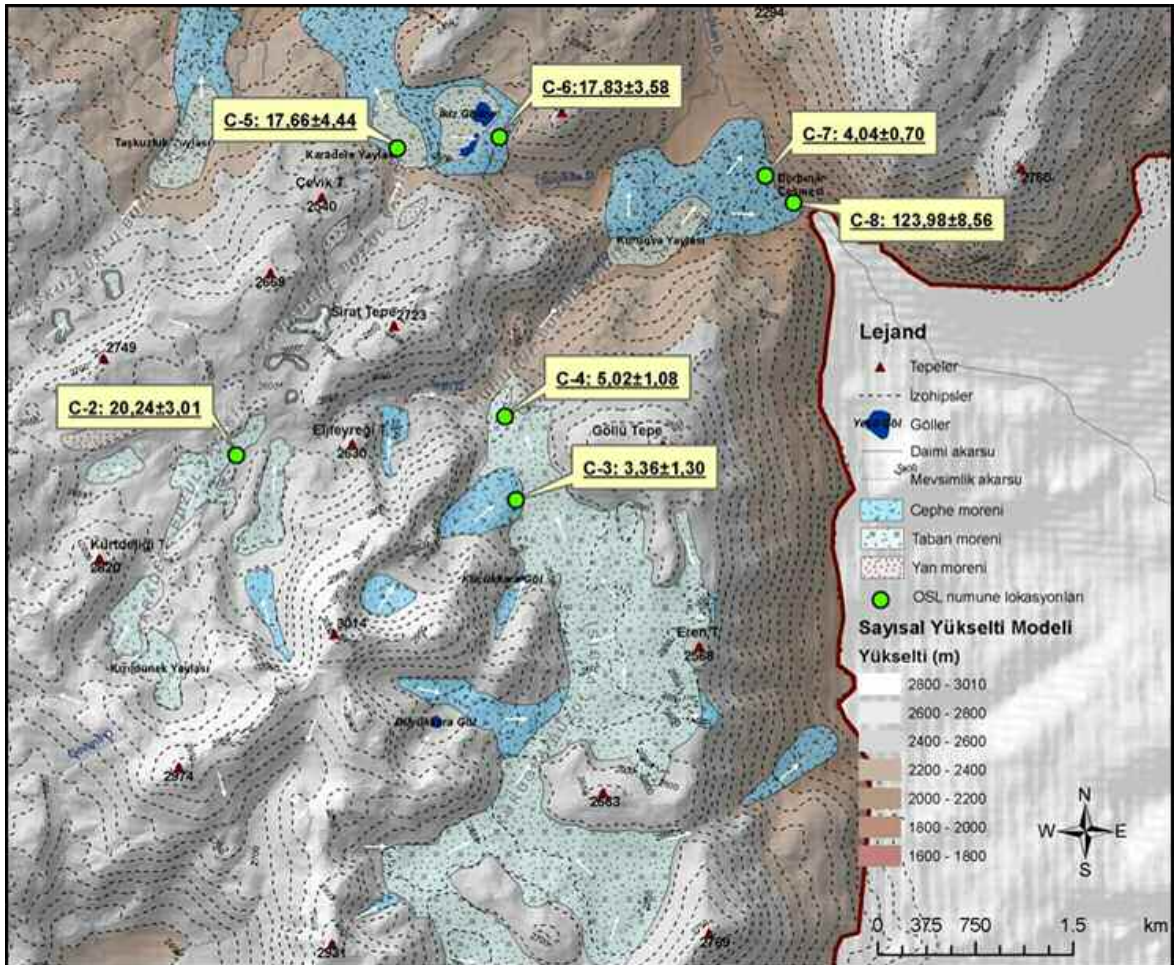


Fotoğraf 10. Çalışma sahasında OSL numunelerin alındığı lokasyonlar.

Photo 10. Some locations in the study area where OSL samples were obtained

#### 4. Sonuç

- Çalışma sahası sınırları içerisinde buzul jeomorfolojisine ait etken ve süreçler günümüzde etkinliğini yitirse de buzul jeomorfolojisine ait şekillerin Akdağ'ın jeomorfolojik görünümündeki payı çok belirgin ve karakteristiktir. Akdağ Kütlesi'nde üçü



Şekil 6. Çalışma sahasında OSL için numune alınan yerlerin lokasyonları.

Figure 6. Locations of the samples obtained for the OSL dating in the study area.

büyük yedi buzul vadisi tespit edilmiştir. Bunlardan Karadere, Taşkuşluklu ve Kuruova buzul vadileri kabaca kuzeydoğuya doğru yönelmiş büyük alanlar işgal eden buzul vadileridir. Bu buzul vadilerinin dışında güneye yönelen nispeten daha küçük Rahat ve Yumru buzul vadileri ve de mevcuttur.

- Çalışma sahasında morenler; sirklerin hemen önünde başlar. Vadinin devamında taban ve ablasyon morenleri yer alır. Yine vadinin yamaçlarında yan morenleride tespit edilmiştir. Vadilerin son bulunduğu kısımlarda ise farklı çekilme seviyeleri barındıran cephe morenleri yer alır. Çalışma sahasında morenlerin tespit edilen en alt seviyesi 1990 metredir.
- Çalışma sahasındaki buzul depolarına Optik Uyarımlı Lüminesans (OSL) yöntemi uygulanarak mutlak yaşlar elde edilmiştir. Bu kapsamda; taban tilleri, taban morenleri ve cephe morenlerinden alınan numunelerden elde edilen yaşlar; sırasıyla 20, 17, 17 bin yaşları ile son buzul maksimumu Würm II'e (21-17 bin yıl) denk geldiği görülmüştür. Bu sonuç çalışma sahasındaki buzul jeomorfolojine ait şekillerin tümüyle son buzul maksimumunun ürünü olduğu savını doğrular niteliktedir.
- Çalışma sahasındaki morenlerden alınan örneklerde OSL yöntemi için en uygun moren deposunun ince taneli malzeme ve kuvars bakımından en uygun olan taban morenleri olduğu görülmüştür. Bu sonucun OSL yöntemi kullanılarak yapılan buzul çalışmaları için yol gösterici olacağı kanaatindeyiz.

#### Katkı Belirtme

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri 3604 nolu projesi ile desteklenmiştir. Bu çalışma süresince desteği esirgemeyen Prof. Dr. A. Evren ERGİNAL'a, Yrd.Doç.Dr. Zeynel ÇILĞIN'a ve Dr. Ergin CANPOLAT'a teşekkürü borç biliriz.

#### Kaynakça

- Akçar, N., Yavuz, V. et al. (2017). A synchronous Last Glacial Maximum across the Anatolian peninsula. In: 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.
- Ardos, M. (1974-1977). Barla Dağı Civarının Jeomorfolojisi ve Barla Dağında Pleistosen Glasasyonu. İ.Ü Coğrafya Enst. Derg. S 20-21, 151-168.
- Atalay, İ. (1987). Türkiye Jeomorfolojine Giriş. İzmir: Ege Ün. Edebiyat Fak. Yay. No:9.
- Bayrakdar, C. (2012). Akdağ Kütlesi'nde (Batı Toroslar) Karstlaşma-Buzul İlişkisinin Jeomorfolojik Analizi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (Basılmamış doktora tezi).
- Bayrakdar, C., and Çilğın, Z. (2017). Karadağ'da (Teke Yarımadası) Pleistosen Buzullaşmaları. 70. Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, (s. 384-385). Ankara.
- Bøtter-Jensen, L. (1997). Luminescence techniques: instrumentation and methods. Radiation Measurements 17, 749-768.
- Çilğın, Z. (2015). Dedegöl Dağı Kuvaterner buzullaşmaları. Türk Coğrafya Dergisi 64, 19-37.
- Doğu, A.F. (1993). Sandıras Dağındaki Buzul Şekilleri. Türkiye Coğrafyası Araştırma Türkiye Coğrafyası Araştırma Dergisi , 263-274.
- Doğu, A. F., Çiçek, İ, Tunçel, H., and Gürgen, G. (1999). Akdağ'ın Jeomorfolojisi ve Bunun Beşeri Faaliyetler Üzerine Etkisi. Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi S.7 , 95-120.
- Eriç, 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.
- Eriç, S. (1971). Jeomorfoloji II. İ.Ü Yay. No:1628, İ.Ü Coğr. Enst. Yay.

- no:23, İstanbul.
- Erlat, E. (2009). İklim Sistemleri ve İklim Değişimleri. İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları, yayın no:155.
- Hubbard, B., and Glasser, N. (2005). Field Techniques in Glaciology and Geomorphology. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Kiyak, N., Polymeris, G., and Kitis, G. (2007). Component Resolved OSL Dose Response and Sensitization of Various Sedimentary Quartz Samples. Radiation Measurements V.42 I.2 , 144-155.
- Klasen, N., Fiebig, M., Preusser, F., Reitner, J. M., and Radthe, U. (2007). Luminescence dating of proglacial sediments from the Eastern Alps. Quaternary International 164-165, 21-32.
- Kurter, A., and Sungur, K. (1991). Glaciers of the Middle East and Africa- Glaciers of Turkey. J. a. Edited by Richard S. Williams içinde, Satellite Image Atlas of Glaciers of the World (s. 1-30). USGS Professional Paper, 1386-G-I.
- Messerli, B. (1967). Die Eiszeitliche und die Gegenwartige Vergletscherung in Mittelmeerraum. Geographica Helvetica, 22 , 105-228.
- Murray, A. S., and Wintle, A. G. (2000). Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. Radiation Measurements 32, 57-73.
- Olley, J. M., Murray, A. S., and Roberts, R. G. (1996). The effects of disequilibrium in the uranium and thorium decay chains on burial dose rates in fluvial sediments. Quaternary Geochronology 15, 751-760.
- Onde, H. (1952). Formes Glaciaires dans le Massif Lycien de l'Akdağ. XIXe Congrès Géologique International, Alger Fasc. XV, (s. 327-335).
- Planhol, X. (1953). Les Formes Glaciaires du Sandıras Dağı et la Limite Des Neiges Eternelles Quaternaires Dans le so de Anatolie. Compte Rendu Sommaire de la Societe Geologique de France , 263- 265.
- Planhol, X., and İmandık, H. (1958). La Limite de La Glaciation Quaternaire Dans Le Massif du Yeşil Göl Dağı (Anatolie du Sud-Quest). Review 4 , 33-35.
- Porter, S. C. (2001). Snowline Depression in the Tropics During the Last Glaciation. Quaternary Science Reviews, 20. , 1067-1091.
- Richards, B. W., Owen, L. A., and Rhodes, E. J. (2000). Timing of late quaternary glaciations in the Himalayas of northern Pakistan. Journal of Quaternary Science 15, 283-297.
- Sarıkaya, M., Çiner, A., and Zreda, M. (2011). Quaternary Glaciations of Turkey. J. Ehlers, P. Gibbard, and P. Hughes içinde, Quaternary Glaciations - Extent and Chronology (s. 393-403). Oxford: Jordan Hill.
- Sarıkaya, M. A., Çiner, A., Haybat, H., and Zreda, M. (2014). Quaternary Science Reviews 88, 96-109.
- Sarıkaya, M.A., Çiner, A. 2017. Late Quaternary glaciations in the eastern Mediterranean. In: Hughes, P. D. and Woodward, J. C. (eds) Quaternary Glaciation in the Mediterranean Mountains. Geological Society, London, Special Publications, 433. First published online 11 December, 2015.
- Spencer, J. Q., and Owen, L. A. (2004). Optically stimulated luminescence dating of Late Quaternary glaciogenic sediments in the upper Hunza valley: validating the timing of glaciation and assessing dating methods. Quaternary Science Reviews 23., 175-191.
- Turoğlu, H. (2011). Buzullar ve Buzul Jeomorfolojisi. İstanbul: Çantay Kitapevi.
- Walker, M. (2005). Quaternary Dating Method. West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd.

