

Chronology of the Quaternary glaciations of the Southern Black Sea coast and paleoclimatic interpretations

Naki AKCAR¹, Vural YAVUZ², Susan IVY-OCHS^{3,4}, Conradin ZAHNO¹, Marcus CHRISTL⁵, Peter KUBIK⁵, and Christian SCHLÜCHTER¹

University of Bern, Institute of Geological Sciences, Baltzerstrasse 1+3, 3012 Bern, Switzerland, akcar@geo.unib.ch

Istanbul Technical University, Faculty of Mines, 80626 Maslak, Istanbul, Turkey

Laboratory of Ion Beam Physics, ETH Zürich, 8093 Zürich, Switzerland

Department of Geography, University of Zürich, 8057 Zürich, Switzerland

Paul Scherrer Institute, ETH Hönggerberg, 8093 Zürich, Switzerland

Today's climate on the southern Black Sea coast is dominated by the Black Sea itself and the North Anatolian mountain chain. This huge inland water mass is the main moisture source and the mountain chain is the main

orographic barrier; their interaction results in a humid climate. The increase in altitude of the mountain chain from west to east causes a pronounced precipitation maximum in the latter. This is evidenced by the mean annual precipitation of around 900 mm in the Istanbul area, rising to 2200 mm in Rize. The opposite is valid for mean summer and winter temperatures that decrease to the east. Just as the North Anatolian mountain chain forms an orographic barrier; it also acts as a weather divide to the interior of the Anatolian Peninsula. A dramatic drop in mean annual precipitation occurs from Rize (2200 mm) 130 km inland, to Erzurum (400 mm).

The geological record of paleoglaciers of the southern Black Sea coast (Mt. Uludağ in the western sector and Kaçkar Mountains in the eastern) merits special attention in the quantification of Quaternary paleoclimate change in area of the Black Sea and its surroundings. The reconstruction of ice volume fluctuations of Continental ice sheets and mountain glaciers is one of the key tools used in this quantification. Surface exposure dating is a method used to place glacier fluctuations and moraine sequences into a chronological frame. The aim of this study is to construct the glacial chronology of the southern Black Sea coast by exposure dating. With this aim, 68 samples were collected from erratic boulders, glacially abraded and glacially unaffected bedrock surfaces. ¹⁰Be exposure ages indicate that the Last Glacial Maximum (LGM) advance of paleoglaciers occurred before around 21 ka. This advance continued until around 20 ka, after which paleoglaciers receded. Subsequent to this retreat, paleoglaciers in the Kaçkar Mountains most probably separated into smaller glaciers that were restricted to the tributary valleys. A Lateglacial (most probably Younger Dryas) advance took place around 11 to 10 ka and produced terminal moraines in the Kaçkar Mountains. Whereas distinct phases of Lateglacial advances are exposure dated to no later than around 16 ka, around 13 ka, and around 11 ka in the Mt. Uludağ, Little Ice Age (LIA) moraines appear to be absent in all sites. Several snow-avalanche ridges were distinguished in the Kaçkar Mountains. ¹⁰Be exposure ages from five granitic boulders vary ranging from around 7 to 2 ka. These ages show that these events occurred during the Holocene and are therefore not linked to glacier fluctuations.

The timing of events in the mountains of the southern Black Sea coast is in concert with the global paleoclimate signal. The LGM advance of paleoglaciers appears to correlate well with other exposure age data sets from Anatolia (Aladağ Mountains, Dedegöl Mountains, Mount Sandıras & Mount Erciyes) and seems to be synchronous with the last maximum glaciation occurred in the European Alps, Central Apennines (Italy) and the Greek Mountains during the global LGM (21±2 ka) within Marine Isotope Stage-2 (MIS-2). Lateglacial warming that is evidenced by: (1) the deposition of reddish-brown clay layers in the northwestern Black Sea; (2) a rapid vegetation response in Anatolia and the Eastern Mediterranean Region; (3) the deposition of ice-rafted debris layers in the North Atlantic during HI; and (4) the retreat of LGM paleoglaciers. On the southern Black Sea coast, terrestrial geological records with regard to the Younger Dryas and the LIA cooling still remain to be studied in detail. Huge and active rock glaciers in the cirque areas may be related to the LIA cooling; absolute dates, however, are still absent. Dry and cold climatic conditions during the LIA could explain the absence of glacier advance, as the conditions were not conducive for the build-up of ice. This idea is also supported by the freezing events in the Bosphorus during the

last 2 ka. *Keywords: Quaternary paleoglaciations, surface exposure dating, paleoclimate, Black Sea*

Güney Karadeniz sahillerinde Kuvaterner buzullaşmalarının kronolojisi ve paleoklimsel değerlendirmeleri

Karadeniz'in güney sahilinin güncel iklimi Karadeniz ve Kuzey Anadolu sıradağları tarafından belirlenmektedir. Ana nem kaynağı olarak Karadeniz sularının ve orografik engel olarak da sıradağların etkileşimleri sonucunda bölgenin iklimi ılıman ve yağışlıdır. Batıdan doğuya doğru sıradağların artan yükseklikleri orografik etkiyi artırarak, doğu Karadeniz bölgesinde belirgin bir yağış maksimumuna neden olur. Bu nedenle İstanbul'da yıllık toplam yağış miktarı 900 mm civarında iken bu miktar Rize'de 2200 mm Tere ulaşır. Bu etkinin tam tersi batıdan doğuya doğru azalan ortalama yaz ve kış mevsim sıcaklıkları için geçerlidir. Kuzey Anadolu dağları, orografik engel etkisinin yanı sıra Rize'den Erzurum'a (ortalama yıllık toplam yağış 400 mm) doğru yaklaşık 130 km'lik mesafede toplam yağış miktarında dramatik bir düşüşe ve dolayısıyla da İç Anadolu'da belirgin bir "Yağış Ayrım Kuşağı"na neden olmaktadır.

Karadeniz'in güney sahilindeki (Batı kısmında Uludağ ve Doğu kısmında Kaçkar Dağları) paleobuzul kayıtları Karadeniz havzası Kuvaterner paleoklim değişikliklerinin nicelleştirilmesinde özel önem arz etmektedir. Kuvaterner paleoklim değişikliğinin belirlenmesinde kullanılan temel yöntemlerden biri de kıta inlandsislerin ve vadi buzullarının hacim değişimlerinin rekonstrüksiyonudur. Buzul hacim değişimlerinin ve moren istiflerinin yaşlandırılmasında kullanılan metot Kozmojenik yaş tayinidir. Uludağ ve Kaçkar dağlarında bulunan paleobuzullara ait jeolojik kayıtların ¹⁰Be radyoizotopunu kullanarak kozmojenik yaş tayinlerinin yapılması sonucunda Türkiye'deki buzul kronolojisinin oluşturulması amacıyla, eratik granit bloklardan, buzul tarafından törpülenmiş ve buzullaşmadan etkilenmemiş ana kaya yüzeylerinden 68 adet örnek alınmıştır. Elde edilen ¹⁰Be kozmojenik yaşlarına göre,

paleobuzulların ilerlemesi 21 bin yıl'dan önce gerçekleşmiş, Son Buzul Maksimumu'ndaki (SBM) ilerleme ise yaklaşık 20 bin yıl civarına kadar devam etmiştir. İlerleme evresini takiben (20 bin yıldan sonra) paleobuzularda bir gerileme evresi yaşanmıştır. Özellikle Kaçkar dağlarında söz konusu paleobuzulların asıllı vadilerle sınırlı küçük buzullara ayrıldıkları öngörülmektedir. Kaçkar dağlarında buzul sonrası döneme ait (büyük olasılıkla Genç Dryas), yaklaşık 11-10 bin yıl olarak yaşlandırılmış cephe morenlerini oluşturan bir buzul ilerlemesi daha belirlenmiştir. Uludağ'da ise yaklaşık 16, 13 ve 11 bin yıl önce buzul sonrası döneme ait 3 adet belirgin ilerleme tespit edilmiştir. Çalışma alanlarında, Küçük Buzul Çağma (KBC) ait herhangi bir buzul ilerlemesinin belirtilerine ise rastlanmamıştır. Bu çalışma sırasında, Kaçkar dağlarında birçok çığ sırtı saptanmış ve bu sırtlarda bulunan 5 adet granit bloğu örneklenmiştir. Çığ sırtlarından elde ettiğimiz ¹⁰Be kozmojenik yaşları hepsi birbirinden farklı olup yaşlar 7-2 bin yıl arasında değişmekte olduğundan, elde ettiğimiz sonuçlar, çığ sırtlarının oluşumunun Erken Holosen'de başladığını, dolayısıyla buzul aktivitesi ile alakalarının olmadığını göstermektedirler.

Güney Karadeniz'de paleobuzul aktivitesinin zamanlaması küresel paleoklim verileriyle uyumludur. Uludağ ve Kaçkar dağlarındaki paleobuzulların SBM'deki ilerlemesi Anadolu'daki diğer dağlardan elde edilen kozmojenik izotop yaşları (Aladağlar, Dedegöl Dağları, Sandıras ve Erciyes dağları) ile eşzamanlı ve İtalyan (Orta Apeninler), Yunanistan ve Alp dağlarındaki 2. Denizel İzotop Basamağı dahilinde küresel SBM (21 ±2 bin yıl) süresince gerçekleşen buzul ilerlemeleri ile de bağdaşmaktadır. Bu ilerleme, Pleniglasyal - Geç Buzul döneminde Anadolu Platosunun içlerinde ağaç türlerinin yokluğu ve Akşehir, Burdur, Beyşehir, Konya, Tuz ve Van gibi kapalı havza göllerinin yüksek seviyeleri ile de uyumludur ve bu durum, iklimin günümüzden daha soğuk, yağış ve buharlaşma oranlarının ise daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Anadolu ve Doğu Akdeniz'deki bitkilerin ani yayılımına, kapalı havza göllerinde ani seviye düşüşlerine veya bu göllerin tamamen kurumalarına, kuzeybatı Karadeniz havzasında kırmızı killi tabakaların çökmesine ve Heinrich-1 döneminde Kuzey Atlantik'deki IRD (Ice-Rafted Debris) tabakalarının çökmesine neden olan Geç Buzul Dönemindeki ısınma Türkiye'de SBM paleobuzullarının ani erimeleri ile kaydedilmiştir. Türkiye'de Genç Dryas ve KBC soğumalarına ait karasal jeolojik kayıtlarının hala araştırılması ve detaylı çalışılması gerekmektedir. Özellikle Kaçkar dağlarındaki

sirklerde belirlenen büyük ve aktif kaya buzulları KBC soğuması ile ilgili olabilir, ancak bu konuda salt yaşlar henüz mevcut değildir. Buna rağmen, KBC süresince etkin olan soğuk ve kuru iklim koşullarının buzul oluşumu için uygun olmaması KBC'ye ait herhangi bir buzul ilerlemesinin belirtilerine rastlanmamasını açıklayabilir ve İstanbul Boğazında son 2 bin yıl'da yaşanan donma olayları da bu düşünceyi desteklemektedir. *Anahtar Kelimeler: Kuvaterner paelobuzullaşması, kozmojenik yaş tayini, paleoiklim, Karadeniz*