

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

GEDİZ VADİSİNDE ERKEN PLEİSTOSEN DÖNEMİ SUALTI VOLKANİZMASI: KAVTEPE - KULA VOLKANİK YÖRESİ Subaqueous Volcanism in the Early Pleistocene Period in Gediz Valley: Kavtepe - Kula Volcanic Province

Ahmet Serdar AYTAÇ^a, Tuncer DEMİR^b

^a Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Şanlıurfa
aserdaraytac@harran.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0001-8638-038X>

^b Akdeniz Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Antalya
tuncerdemir@akdeniz.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0003-2740-7268>

Makale Tarihiçesi

Geliş 10 Ekim 2020
Düzenleme 20 Ekim 2020
Kabul 21 Ekim 2020

Article History

Received October 10, 2020
Received in revised form 20 October, 2020
Accepted October 21, 2020

Anahtar Kelimeler

Gediz, Subaqueous Volcanism, Yastık lav,
Kula-Salihli Jeoparkı, Ege Bölgesi

Keywords

Gediz, Subaqueous Volcanism, Pillow
Lava, Kula - Salihli Geopark, Aegean
Region of Turkey

Atıf Bilgisi / Citation Info

Aytaç, A.S. & Demir, T. (2021) Gediz
Vadisinde Erken Pleistosen Dönemi
Sualtı Volkanizması: Kavtepe - Kula
Volkanik Yöresi / Subaqueous
Volcanism in the Early Pleistocene
Period in Gediz Valley: Kavtepe - Kula
Volcanic Province, *Jeomorfolojik
Araştırmalar Dergisi / Journal of
Geomorphological Researches*, 2021 (6):
1-20
doi:10.46453/jader.808847

ÖZET

Dünya üzerinde volkanizmanın oldukça önemli bir kısmı okyanus diplerinde meydana gelmesine rağmen sualtı volkanizma araştırmaları oldukça sınırlı kalmıştır. Bununla birlikte özellikle son dönemlerde deniz dibi jeomorfolojisi ile ilgili araştırmalarda önemli gelişmeler kaydedilmesi bu gizemli alanın önceden tahmin edilemeyen özelliklerinin de belirlenmesine yardımcı olmuştur. Gerçekten de bugün için okyanus ortası sırtlarında bulunan volkanların yeryüzündeki volkanların yaklaşık olarak %75'ini oluşturduğu bilinmektedir. Her ne kadar su altı volkanlarının önemli bir kısmı derin deniz ve okyanus tabanlarında yer alsalar da bunların bazıları ise sığ deniz alanları ile göl ortamlarında da yer almaktadırlar. Dünya üzerinde karasal volkanizmanın oluşum süreçleri, ürünleri ve ortaya çıkan şekiller çok iyi bilinmesine rağmen denizaltı veya sualtı volkanizmasına ilişkin bilgilerimiz oldukça yenidir. Bu durumun temel nedeni sualtı volkanizmasına ilişkin birçok sürecin kolaylıkla gözlemlenememesidir. Yakın bir zamana kadar, sualtı volkanizmasına ilişkin bilgilerimizin önemli bir kısmı geçmiş volkanizmaların izleri üzerine yorumlama ile elde edilmektedir. Bu yönüyle Kula Yöresi gerek karasal volkanizma gerekse sınırlı bir alanda gerçekleşiş olsa bile su altı volkanizması açısından yer tarihinin önemli delillerini barındırmaktadır. Bu çalışmada Erken Pleistosen döneminde Kula'da Gediz Nehri'nin önceki yatağı üzerinde oluşan lav seti gölü (paleo-göl) içerisinde meydana gelen su altı volkanizması ve buna bağlı oluşan volkanik şekillerin oluşumunun jeomorfolojik delillerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Araştırmada uzun yıllardan beri yörede yürütölmekte olan projelerimizin arazi bulgularından yararlanılmıştır. Çeşitli stratigrafik birimlerin yaş bilgileri ise söz konusu projelerin yaşlandırma analizlerinden veya alana ilişkin literatürden temin edilmiştir. Araştırma kapsamında Kavtepe'nin yörede yaygın görölen Miosen yaşlı sedimanter birimleri kesip çıkan bir volkanik çıkış merkezi, volkan bacası olduğu; Kavtepe volkanizmasının iki evrede gerçekleştiği, başlangıçta volkanizmanın Gediz Nehri'nin önceki vadisine yakın bir yerde başladığı ve açığa çıkan lavların Gediz'in VI. taraçasını kısmen örttüğu belirlenmiştir. Volkanizmanın ikinci evresinin ise Akçeme volkanının Gediz Nehri'ni bloke ettikten sonra oluşan paleogöl içerisinde gerçekleştiği ve ikinci evrede açığa çıkan lavların, doğrudan su ile temas ederek yastık lava dönüştüğu tespit edilmiştir.

ABSTRACT

Most volcanism on Earth occurs beneath the oceans, but underwater volcanoes are difficult to study. So the number of studies that are related to submarine volcanism are limited. Recent advances in the study of geomorphology of sea floor have revealed up an unprecedented view of mystery on the seabed. Many submarine volcanoes are located near areas of tectonic plate formation, known as mid-ocean ridges. The volcanoes at mid-ocean ridges alone are estimated to account for 75% of the magma output on Earth. Although most submarine volcanoes are located in the depths of seas and oceans, some also exist in shallow water of seas and lakes. Although the formation processes, products and emerging shapes of

terrestrial volcanism are well known, our knowledge about submarine or underwater volcanism is quite new and pretty insufficient. The main reason for this is that many processes related to underwater volcanism cannot easily be observed. Until recently, an important part of our knowledge was obtained by interpreting traces of past volcanisms. In this regard, the Kula volcanic region contains some important historical evidence of both terrestrial volcanism as well as underwater volcanism even if it occurred in a limited area. This study aims to investigate geomorphological evidence of the occurrence of a volcanism taken place underwater in an Early Pleistocene lava dam lake in the Paleo Gediz Valley in the Kula volcanic region. In this study, we benefited from the results of datums and observations of our geomorphological projects that have been carried out in the region for many years. The age data of various stratigraphic units and lavas were obtained from the age analysis of the projects in question or from the relevant literature on the field. The findings reveal that Kartepe is in fact a typical volcanic chimney or a cone which was formed as a volcano erupted out of the Miocene sedimentary units common in the region. Kartepe volcanism took place in two phases, initially it erupted close to the Paleo-Gediz valley and partly buried the Terrace VI of Paleo-Gediz. The second phase took place in the lake formed as a result of eruption of Akçeme volcano blocking the Gediz River in downstream reach. It was found that the lava erupted in this second phase turned into pillow lava by directly contacting with water.

© 2021 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

GİRİŐ

Volkanizma yeryüzünün Őekillenmesinde etkili olan en önemli i etmen ve süreçlerden biri olup, püskürme biçimi, Őekilsel zellikler, faaliyet tipi, volkanik püskürme ürünleri, oluŐum yeri gibi değişik özellikler açısından farklılık gösterir ve kategorilere ayrılabilir. Örneğin volkanizma, aktivitenin gerçekleŐme yeri açısından derinlik volkanizması (Pltonizma) ve yüzey volkanizması Şeklinde kategorize edilirken, püskürme siliti açısından effüsif (effusive), eksplosif (explosive) volkanizma Şeklinde de 2 ana grup altında değerlendirilir. Eksplosif volkanizma kendi içerisinde Havaii, Bazalt akımı, Plinian, İgnimbrit oluşturan püskürmeler, Stromboli, Vulcanian ve hidromagmatik püskürme olmak üzere alt gruplara ayrılır (Parfitt & Wilson, 2008). Söz konusu alt gruplar içerisinde Dünyada en yaygın görüleni, magma-su etkileŐimini kapsayan hidromagmatik pskrmelerdir (Wohletz vd., 2012). Bu durum yer kabuğunun su içeren doğal yapısının bir sonucu olup bu tip volkanizma deniz tabanından l bölgelerine kadar çok farklı ortamlarda meydana gelir ve effüsif volkanik aktiviteden oldukça patlayıcı tipte volkanik aktiviteye kadar çok farklı özellikler gösterebilir (Wohletz vd., 2012). Nitekim Dünya'da bir yılda gerçekleşen volkanizmanın %70-80'i okyanus ortası sırtlarda meydana

gelir (Parfitt ve Wilson, 2008). Başka bir ifade ile Dünya zerindeki volkanizmanın çok önemli bir kısmı denizaltı volkanizması Şeklinde gerçekleşir (YiđitbaŐıođlu, 2000). Deniz tabanında akıcı lavların su altında soğuması ile yastık lavlar oluŐmakta ve yastık lavlar Dünya üzerinde en çok bulunan volkanik kaya formlarını oluşturmaktadır (Moore, 1975).

Dünya üzerinde karasal volkanizmanın oluŐum süreçleri, ürünleri ve ortaya çıkan Şekiller çok iyi bilinmesine rağmen denizaltı veya sualtı volkanizmasına ilişkin bilgilerimiz oldukça yenidir. Bu durumun temel nedeni sualtı volkanizmasına ilişkin birçok sürecin kolaylıkla gzlemlenememesidir. Sualtı volkanizmasına ilişkin bilgilerimizin önemli bir kısmı ise geçmiş volkanizmaların izleri üzerine yorumlama ile elde edilmektedir (Cas & Giordano, 2014). Bu yönüyle Kula Yöresi gerek karasal volkanizma gerekse sınırlı bir alanda gerçeklemiŐ olsa bile su altı volkanizması açısından yer tarihinin önemli delillerini barındırmaktadır.

Kula Yöresi geçirmiŐ olduğu jeolojik evrimin özelliklerinden dolayı özellikle yerbilimleri açısından dünyanın nadide sahalarından birisini oluşturmaktadır. Bu alan sadece yer tarihinin son 200 milyon yıldan daha uzun jeolojik geçmiŐine ait kayıtları muhafaza eden

doğal bir arşiv olmaktan ziyade, aynı zamanda bu kadar uzun sürede bölgede yer Őekillerinin Őekillenmesinde etkili olan etmen ve süreçlerin izlerini de önemli ölçüde bulundurması bakımından da özel bir önem arz eder. Öte yandan bu yöre Gediz Nehri tarafından oluşturulan taraçalara ev sahipliği yaparak Doğu Akdeniz’de Erken Pleistosen dönemi iklim değişikliklerinin delillerini de muhafaza etmesi nedeniyle de ayrıca öneme sahiptir.

Kula Volkanik Yöresi’nin yerin jeolojik evrimine ait kayıtları günümüze kadar muhafaza etmesinin en temel nedeni, bölgede Kuaterner’in değişik dönemlerinde meydana gelmiş volkanik faaliyetler ve bu faaliyetlerin ürünü olan lav akıntılarının geniş sahalara yayılarak Kuaterner ve öncesi dönemlerde oluşmuş yer Őekilleri ve bunlarla ilgili sedimanter birimleri önemli ölçüde kaplaması ve sonraki dönemlerde meydana gelen erozyon olaylarından önemli ölçüde korumuş olmasıdır. Her ne kadar ülkemizin diğer bölgelerinde de oldukça geniş sahalarda volkanizmaya bağlı olarak volkanizma öncesi topografyalar lav veya piroklastik maddeler ile rtlmşler ise de, rneğin Doğu Anadolu’nun lavlarla rtl Erzurum-Kars lav platoları sahasında olduğu gibi, lavlar oldukça kalın örtüler oluşturduklarından alttaki topografyaya ait izleri görmek neredeyse olanaksızdır.

Kula Yöresi Kuaterner volkanizması Erken Pleistosen’de başlamış ve aralıklı olarak Orta ve Geç Pleistosen’de de devam etmiştir (Bunbury - Richardson, 1992). Her dönemde meydana gelmiş volkanizma ve bunlarla ilgili volkanik püskürme ürünleri (lav ve piroklastik maddeler) söz konusu dönemlerdeki topografyaları maskeleyerek onları erozyonal süreçlerden korumuşlardır. Nitekim günümüzde yöredeki Burgaz, Sarnıç ve İbrahimağa lav platoları altında Erken Pleistosen’de oluşmuş yer Őekilleri (Maddy vd., 2005; 2007; 2012; 2015; 2017; 2020) ve günümüzden yaklaşık olarak 4.7 bin yıl öncesi dönemde yaşamış prehistorik insana ait ayak izleri üzerlerini kaplayan volkanik püskürme ürünleri nedeniyle varlıklarını önemli ölçüde korumuşlardır (Ulusoy vd., 2019). Benzer Şekilde, Orta Pleistosen volkanizması ile oluşan lav akıntıları da yörede Orta

Pleistosen’de oluşmuş olan nehir ve gl taraçaları, ötelenmiş nehir yatakları gibi yer Őekillerini örterek onları aşınıp yok olmaktan korumuşlardır.

Bu çalışmada Erken Pleistosen döneminde Kula’da Gediz Nehri’nin eski yatağı üzerinde oluşan lav seti gl (paleo-gl) içerisinde meydana gelen su altı volkanizması ve buna bağlı oluşan volkanik Őekillerin oluşumunun jeomorfolojik delillerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Araştırma kapsamında öncelikle ana hatları ile hidrovulkanizmaya yer verilecek, akabinde araştırma alanının jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri ile hidrovulkanik aktivite ve sonuçları üzerinde durulacaktır.

Kula Yöresi doğal, jeolojik, kültürel ve arkeolojik zenginliğinden dolayı antik dönemlerden günümüze dek pek çok seyyahın ve araştırmacının ilgisini çekmiş ve onların eserlerine konu olmuştur. Nitekim antik Yunan Coğrafyacısı Strabon’un “Geographica” adlı eserinde Kula’yı “Yanıık lke” anlamına gelen “Katakekaumene” olarak tarif etmiştir. Bunun yanı sıra Keppel (1830), Hamilton & Strickland (1841), Texier (1862), Bresh & Premerstein (1891), Washington (1900), Philippson (1914) da eserlerinde Kula’dan söz etmiş araştırmacılardan yalnızca bazılarıdır. Kula Yöresi’nde volkanların göreceli yaşları ilk olarak Erinç (1970) tarafından yapılmıştır. Erinç bu sınıflamasında volkan konileri ve bunlarla ilgili lav akıntılarının topografik durumları ile morfolojik görünümlerini dikkate almış ve toplamda 68 Volkan konisi belirlemiştir (Erinç, 1970). Özellikle son 30 yılda yapılan yerbilimleri amaçlı çalışmalar kapsamında sahada mevcut volkan konileri ve bunlarla ilgili lav akıntılarının bazılarının mutlak yaş tayinleri (K-Ar veya Ar-Ar) büyük bir doğrulukla belirlenmiştir (Bunbury - Richardson, 2001; Westaway vd., 2004; 2006; Maddy vd., 2015-2017).

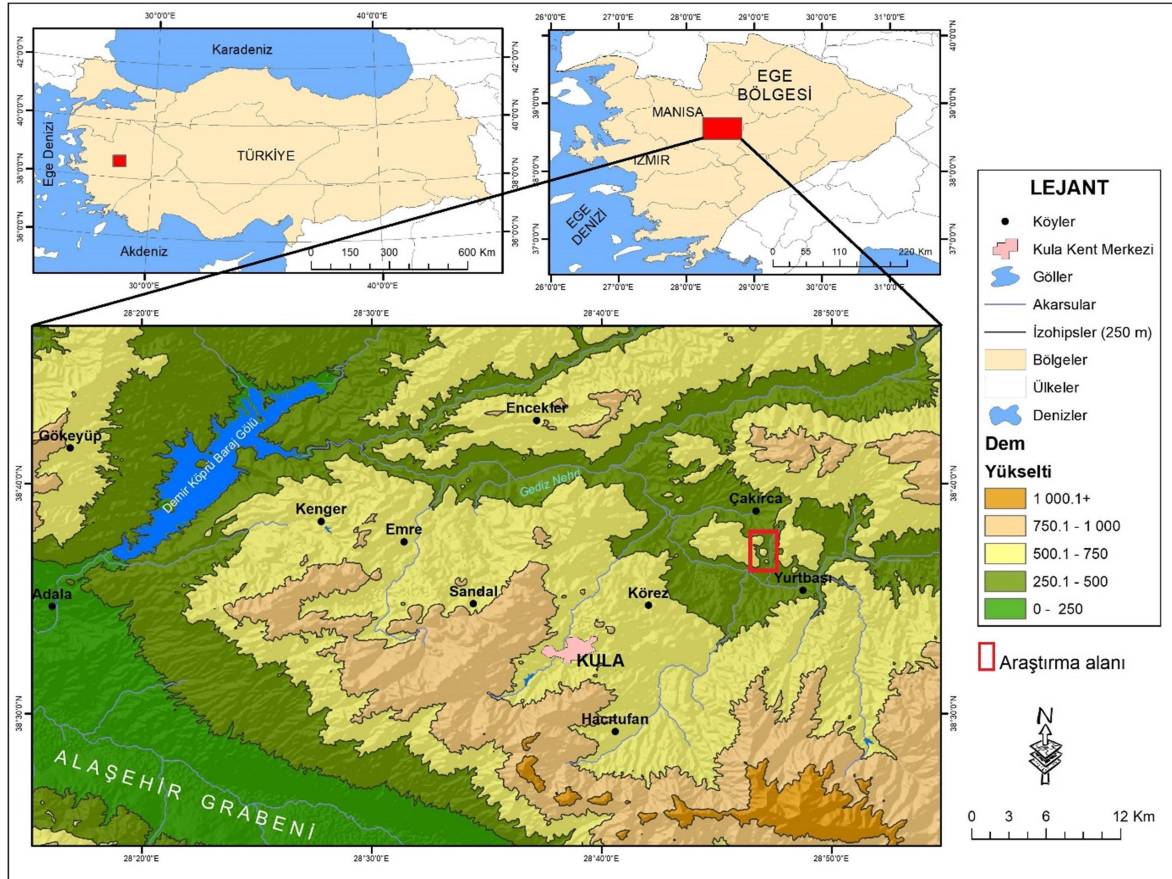
Yörede son yıllarda yabancı ve Türk araştırmacıların ortak projeleri Şeklinde yapılan bu çalışmalar hiç Őüphesiz Kula Yöresi’nin gerek uluslararası ve gerekse de ulusal düzeyde popülaritesinin daha da artmasına önemli katkılar sağlamıştır. Kula Yöresi sahip olduğu eşsiz doğal ve kültürel

zenginliklerinden dolayı uluslararası üne kavuşmuş ve 2013 yılı itibari ile de UNESCO Jeoparkı olarak kabul edilmiş ve Avrupa ve Dünya Jeoparklar Ağı'nın bir üyesi olmuştur (Aytaç & Demir, 2019).

1.1. Araştırma Alanının Yeri ve Sınırları

Araştırma alanı, Ege Bölgesi'nin İç Batı Anadolu Bölümü'nün batısında, Alaşehir Grabeni'ni kuzeyden sınırlandıran Kula Volkanik

Platosu'nun kuzeydoğusunda, Gediz Nehri'nin bir kolu olan Bozler Deresi vadisi içerisinde kalan Kavtepe volkan konisi ve çevresini kapsar. İdari açıdan Manisa ili Kula İlçesi sınırları içerisinde bulunan araştırma sahası aynı zamanda Kula Salihli UNESCO Global Jeopark'ı sınırları içerisinde yer alır. Araştırma sahasının doğusunda Kula Peribacaları Tabiat Anıtı yer alır (Şekil 1).



Şekil 1: Kavtepe - Kula Volkanik Yöresinin Lokasyon Haritası / Figure 1: Location Map of the Kavtepe – Kula Volcanic Province

1.2. Hidrovolkanizma

Hidrovolkanizma magma veya lavların yer kabuğunun içinde veya yüzeyindeki sularla etkileşime girmesi şeklinde ifade edilir (Parfitt & Wilson, 2008; Németh & Kósik, 2020; Wohletz vd., 2012). Bu etkileşim derin deniz tabanından sığ sulara, akarsu göl, deniz, buzul ortamlarından yer altı suyuna kadar birçok değişik ortamda gerçekleşebilir (Parfitt & Wilson, 2008) ve bu etkileşim bazen patlayıcı (eksplosif / explosive) bazı durumlarda da sakin (effüsif / effusive) bir şekilde gerçekleşebilir. Bu etkileşimin dolayısıyla volkanik aktivitenin karakteri üzerinde (effüsif /

eksplosif) magmanın / lavın kimyasal bileşimi, uçucu madde içeriği (Lav içerisindeki su ve CO₂ miktarı ve bunların kritik seviyesi) ve onların çözünürlüğü, Magmanın akışkanlığı, termal enerjisi (sıcaklığı) ile suyun veya buharın termal iletkenliği ve ısı kapasitesi, suyun içerisindeki hidrostatik basınç gradyanı, suyun özgül ağırlığı ve suyun hacimsel modülü (deforme olabilirlik / sıkıştırılabilirliği) gibi özelliklere göre değişmektedir (Cas & Giordano, 2014).

Hidromagmatizma esnasında meydana gelen etkileşimin tipi su ve magma miktarının oranı ile bu ikisinin karışımının boyutlarına/ temas

yüzeyi alanına bağlıdır. Deniz altı gibi suyun bol olduğu ortamlarda magma ve su arasındaki etkileşim patlayıcı karakterde olmamakta, magma suyun içerisine püskürdüğünde yastık olarak ifade edilen lav lobları oluşmaktadır (Parfitt & Wilson, 2008). Magma ile suyun ilk etkileşimi yeteri kadar yumuşak ve yavaş gerçekleşir ise suyun kaynaması ile magma ve su arasında bir buhar katmanı oluşur (Sheridan & Wohletz 1983; Parfitt & Wilson, 2008). Gelişmekte olan yastıkların yüzeyinde oluşan yaklaşık 1 mm kalınlıktaki buhar tabakası, lav ile su arasındaki ısı transferini sınırlandırır, kontrol eder ve bu şekilde yastık lavlar (Pillow lava) oluşur. Oldukça stabil bir yapıda olan buhar tabakasının dışında su kaynama noktasının altında bulunmaktadır (Parfitt & Wilson, 2008).

Buna karşılık ortamda bulunan su miktarının magma/lav miktarına göre az olduğu durumlarda su doğrudan magma tarafından ısıtılmakta ve su sıkışmış buhara dönüşmektedir. Söz konusu buhar sonradan genişleyerek patlamaya neden olur. Sıcak akışkanlardan soğuk akışkanlara hızlı ısı aktarımı, termal enerjinin hızla kinetik enerjiye dönüşmesine ve sonuçta patlamaya neden olur (Parfitt & Wilson, 2008). Başka bir değişle suya göre oldukça yüksek sıcaklığa sahip magmadan hızlı ısı transferi ve düşük basınçta suyun hızla kaynaması, magma ve suyun hızlı etkileşimi anlamına gelmektedir ki bu durum patlamaya veya patlamalı volkanik aktiviteye neden olur (Batiza & White, 2000). Bu durum en temelde mağma ve suyun hızlı ve şiddetli etkileşimi ile magma su arasındaki yüzeyde ilk etapta oluşan buhar katmanının çökmesi nedeniyle oluşur. Söz konusu buhar katmanının çökmesi durumunda, magma ve su arasındaki etkileşimi doğru düzgün kontrol eden yeni buhar katmanı oluşamaz. Buhar katmanının çökmesi; sismik dalgaların etkileşim yüzeyinden geçmesi, buharın yoğunlaşırken içe doğru patlaması, magmatik patlama dolayısıyla magmanın suya ani girişi gibi nedenlerle oluşabilir (Parfitt & Wilson, 2008).

Buhar katmanı bozulduktan sonra magma ile su, termal ve mekanik olarak temas kurar ve hızlı bir şekilde az miktardaki su, çok miktarda buhara dönüşür. Buharın genişlemesi magma

ve su arasındaki temas yüzeyini bozar ve dalgalandırır. Bu yüzey üzerinde artan temas, buhar oluşumunu artırır. Magmanın sıcaklığının düşmesi, suyla temas yüzeyi boyunca lavı katılaştırır. Soğuma yeteri kadar hızlı olursa sıcaklık gradyanının neden olduğu basınç katılaşan kısmı parçalar. Bu parçalanma magma parçalarının serbest kalmasına ve suya karışmasına neden olur. Söz konusu parçalar yeteri kadar sıcaksa daha fazla suyu kaynatır ve buhar oluşumunu artırır. Öte yandan katılaşan kabuğun parçalanması yeniden sıcak lav ile suyun temasına neden olur ki bu durum buhar oluşumunu daha da artırır. Bu olayın her tekrarı magmayla suyun yeniden temasına, katılaşmaya, basınçla parçalanmaya ve yeniden buhar oluşumuna neden olur ki bu durum her defasında şiddetli patlamaya neden olur. Bu döngü etkileşime giren magma ve suyun termal enerjileri tükenene kadar devam eder (Sheridan & Wohletz, 1983; Parfitt & Wilson, 2008).

Hidromagmatizma, derin deniz, lavın suya akması, sığ deniz, buzul altı ve yeraltı suyu gibi değişik ortamlarda, magmanın değişik şekil ve koşullarda su ile etkileşime girmesiyle meydana gelir ve her ortamda volkanizmanın tipi ve karakteri farklılık gösterir.

Dünya üzerinde gerçekleşen volkanizmanın %70-80'inin okyanus ortası sırtlarında meydana gelir ve burada volkanizma effüsif karakterde gerçekleşir. Bunun iki nedeni vardır. Öncelikle deniz tabanına yayılan lavın üzerinde bulunan su kütlesinin hidrostatik basıncı oldukça yüksektir. Bu basınç magma okyanus tabanına sızarken içerisinde bulunan gazları baskılar. Öte yandan lav suyun içerisine akarken çevredeki su kütlesi lavı hızla soğutur ve katılaştırır. Bu iki durum volkanizmanın patlayıcı karakterde meydana gelmesine mani olur (Parfitt & Wilson, 2008).

Derin deniz ortamlarında en yaygın görülen şekil lav akıntısının dış yüzeyinin hızla soğumasına bağlı oluşan yastık lavlardır (Parfitt & Wilson, 2008). Yastık lavlar, yalnız derin denizde değil aynı zamanda lavın denize aktığı yerlerde, akarsu ve göllerde de oluşabilir. Örneğin Hawaii'de Kilauea Volkanı'ndan çıkan lavlar uzun bir süre kara

yüzeyinde aktıktan sonra denize boşalıp su içerisinde de bir süre akmaya devam eder ve burada yastık lavlar oluştururlar (Batiza & White, 2000). Yastık lavlar, küresel, düzleşmiş, boru gibi çok çeşitli şekillerde olabilirler. (Batiza & White, 2000). Yastık lavların fasiyes özellikleri dikey ve yanal yönde önemli ölçüde değişiklik gösterebilir (Cas, 1992). Yastık lavların bolluğu lavın çıkışı ve yayılma hızı ile doğrudan ilişkilidir. Lavın yavaş hareketi, dolayısıyla düşük hızda yayılması yastık oluşumunu olumlu yönde etkiler. Başka bir ifade ile yüksek hızlı lav çıkışı kabuk oluşumunu engellerken yavaş çıkış kabuk oluşumunu olumlu yönde etkilemektedir. Buna karşılık hızlı soğuma yastık oluşumunu desteklerken yavaş soğuma kabuk oluşumunu geciktirdiği için yastık oluşumunu olumsuz yönde etkilemektedir (Batiza ve White, 2000).

Lavın suya akması durumunda değişik durumlar gözlenebilir. Şöyle ki; lav suya akıp hızla soğuyup sessizce katılaşabilir. Bu durum Hawaii'de, Kilauea volkanında gözlemlenir. Buna karşılık lavın suyla hızlı etkileşimi patlamaya, suya akan lavın parçalanarak havaya ve etrafa yayılmasına, soğuyan parçacıkların kıyı etrafında çökmesine neden olabilir (Parfitt & Wilson, 2008).

Sığ deniz ve göllerde meydana gelen volkanizma, genellikle 100 metreden daha az derinliklerde meydana gelir. Şiddetli patlama ile karakterize olan bu tipte su derinliği arttıkça püskürme ve patlamanın şiddeti azalır. Sığ su ortamlarında volkanizmanın tipi Surtseyan, phreatomagmatik ve phreatoplinian gibi değişik sitillerde meydana gelebilir (Németh & Kósik, 2020). Sığ su ortamlarında, volkanik aktivite esnasında şiddetli patlamaya bağlı yüksek buhar sütunu, piroklastik malzemelerden oluşan bulut meydana gelebilir. Çevrede ince taneli piroklastiklerden oluşan depolar, base surge yapıları, tuf halkaları, tuf konileri oluşabilir (Németh & Kósik, 2020; Parfitt & Wilson, 2008).

Buzul altı volkanizması, vadi buzulları ve örtü buzulları altında gerçekleşen volkanizmadır (Smellie, 2000; Jakobsson & Gudmundsson, 2008; Smellie, 2016). Buzul altı

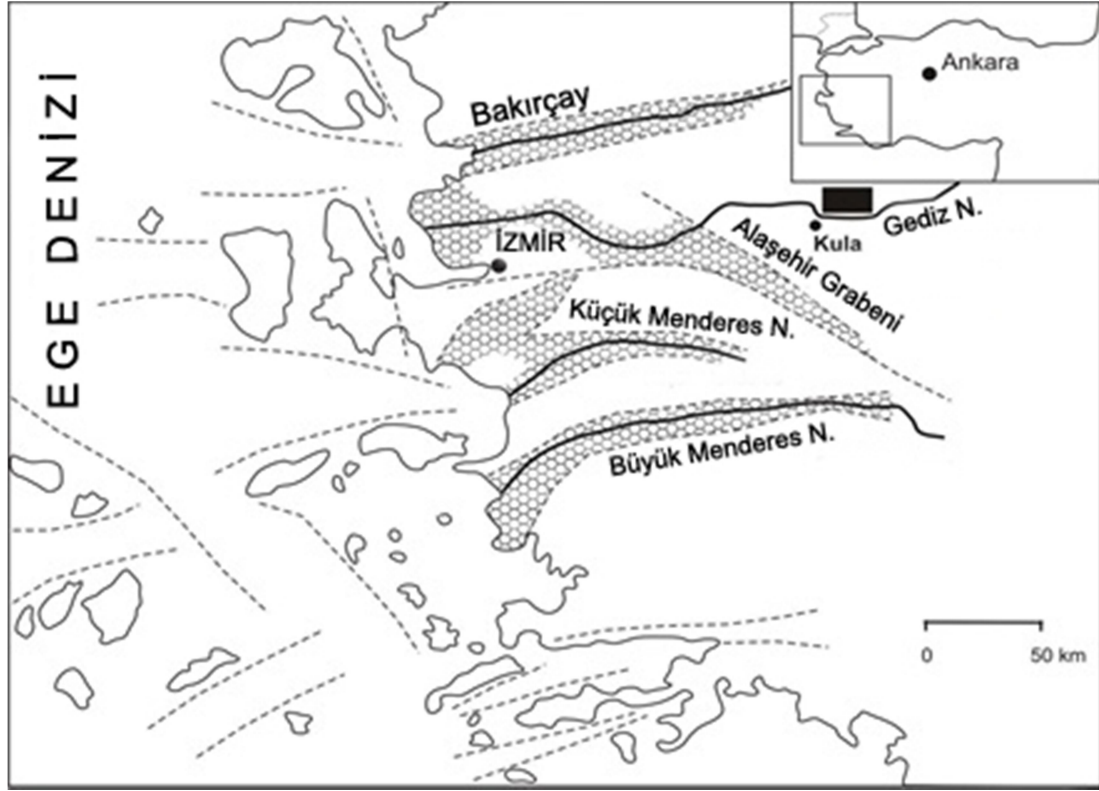
volkanizmasının püskürme stili, esas olarak, buz kalınlığı, magma bileşimi, magma-buz arasındaki ısı transferinin etkinliği ve yerel buzul hidrolojisi gibi faktörler tarafından kontrol edilir (Smellie, 2000; Gudmundsson, 2003). Buzul altı volkanizması, erime kaynaklı ortaya çıkan suyun miktarına bağlı olarak patlamalı veya effüsif karakterde meydana gelebilir (Smellie, 2000). Buralarda patlamanın karakteri ve oluşan şekiller üzerinde buz kalınlığının rolü büyüktür. Nitekim nispeten ince ve geçirgen buz katmanları altında erime ile açığa çıkan su akışa geçip uzaklaşır ve patlamalı volkanizma meydana gelir ve sonucunda hyalokalastitler, tuf ve tefra konileri oluşabilir. Buna karşılık kalın buz katmanı altında volkanizmanın başlaması ve dolayısıyla erime ile açığa çıkan su birikerek göl oluşturur. Oluşan bu gölün içerisinde gerçekleşen nispeten sakin effüsif volkanizmaya bağlı olarak yastık lavlar, lavdan oluşan masa tipi tepeler (tüya veya stapi) ve palagonit, tuf, breş, lavlardan oluşan iki tarafı dik sırtlar (tindar) meydana gelir (Smellie, 2000).

Hidro-magmatizma magmanın yeraltı suyu ile etkileşimi ile de gerçekleşebilir ki bu freatik magmatizma (phreatomagmatic) olarak adlandırılır. Magmanın suyla hızlı etkileşime girmesine bağlı olarak ani buhar patlamaları meydana gelebilir. Freatik volkanizmaya bağlı oluşan en önemli şekil maarlar ve bunların çevresinde görülen base surge yapılarıdır (Parfitt & Wilson, 2008).

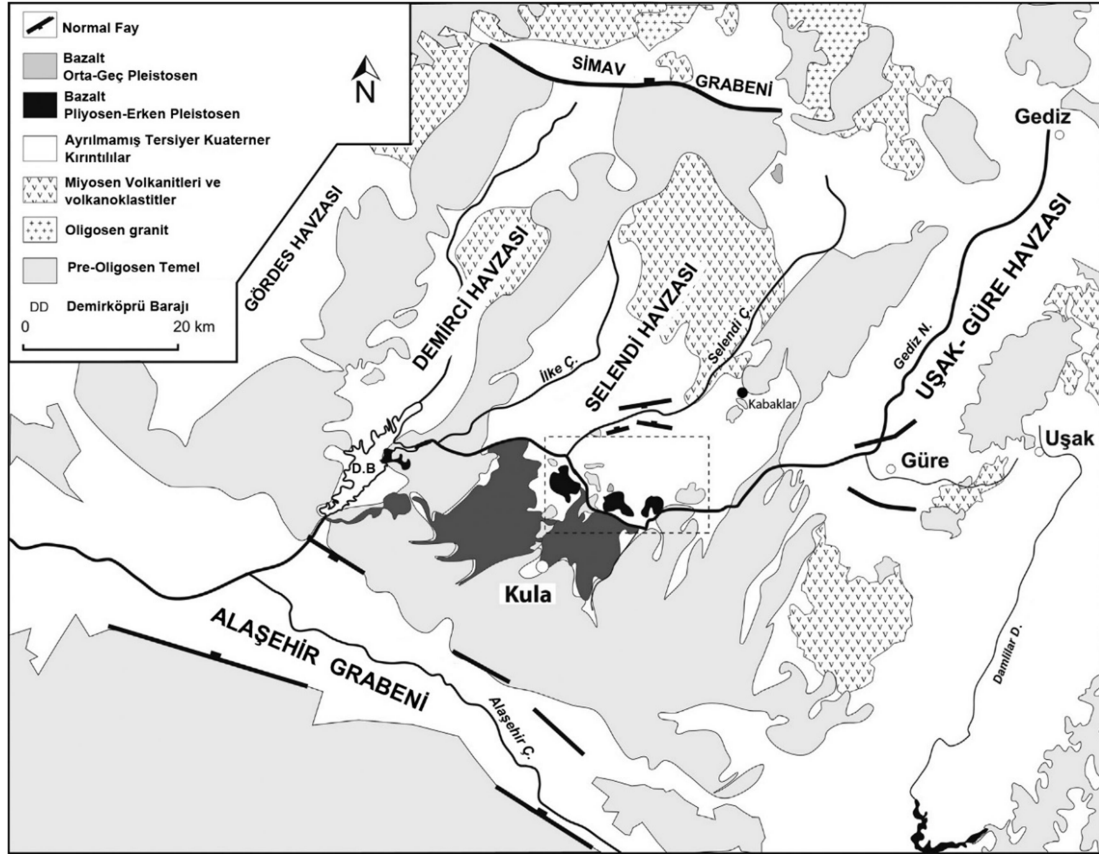
1.3. Alanın Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikleri

Kula Yöresi, Selendi Havzası'nın güney kesimi ile Gediz Grabeni'nin kuzey kenarını oluşturan horst bloğu üzerinde yer almaktadır. Bu saha Batı Anadolu aktif gerilme tektonik rejiminin etkili olduğu alanda yer almaktadır (Sarica, 2000; Bozkurt, 2001), (Şekil 2).

Selendi Havzası, bölgedeki kuzeydoğu-güneybatı doğrultuda uzanan Gördes, Demirci ve Uşak-Güre havzaları ile birlikte Erken Miosen'de etkili olmuş tektonik hareketlere bağlı olarak oluşmuş ve takip eden dönemlerde de flüviyal - kolüviyal kökenli Neojen depolarıyla doldurulmuştur (Şekil 3).



Şekil 2: Batı Anadolu'nun genelleştirilmiş tektonik yapıları (Aksu vd., 1987). (Tarlalı kısımlar Geç Senozoik graben saharlarını ve kesik çizgiler ise bölgedeki ana fayları göstermektedir). / **Figure 2:** Generalised tectonic structures of Western Anatolia (Aksu et al., 1987). (Grey areas show the boundaries of Late Cenozoic graben structures and dashed lines shows main normal faults in the region)



Şekil 3. Yukarı Gediz Havzası'nın ana jeolojik yapıları (Maddy vd., 2012) / **Figure 3.** The upper Gediz River Basin and its relationship to the major geological structures (Maddy et al., 2012)

Temelini genellikle Menderes masifinin veya Kretase yaşlı ofiolitik kayaçların oluşturduğu bu havzaların güney kesimleri sonradan meydana gelen ve kabaca doğu-batı doğrultusunda uzanan doğrultu atımlı faylarla kesilmiştir. Bu havzaların oluşumları konusunda değişik görüşler ileri sürülmektedir. Seyitoğlu (1997) a göre bu havzalar bölgede meydana gelen doğu-batı doğrultulu tektonik gerilimlerin ilk evrelerinde meydana gelen normal faylanmalar sunucunda oluşmuş grabenlerdir. İnci (2002) ye göre ise bu havzalar Post Alpin hareketler sonucu oluşan çökmeler (sbsidanslar) sonucunda oluşmuş olup, faylanmalarla herhangi bir ilgileri bulunmamaktadır. Purvis & Robertson (2004) in geliştirdikleri bir modele göre ise bu havzalar aslında kuzey-güney yönlü olan tektonik gerilimlerin ilk evrelerinde oluşmuşlardır ve bu gerilimler daha sonra Alaşehir ve Simav grabenlerinin oluşumuna sebep olmuşlardır (şekil 3).

Selendi havzasının litostratigrafik özellikleri değişik yerbilimcileri tarafından araştırılmıştır (Seyitoğlu 1997; Purvis & Robertson 2004; Ersoy vd., 2010). Her ne kadar bu araştırmacılar havzadaki ana stratigrafik birimlerin özellikleri konusunda benzer tespitler yapmışlar ise de bu birimlerin yaşları konusunda farklı bulgular ortaya koymuşlardır.

Selendi havzasının temelini sahanın en yaşlı birimi olan Pre-Neojen (Palezoik) yaşlı genellikle gnays, şist, kuvarsit ve mermerlerden oluşan Menderes Masifi oluşturur. Menderes Masifi'ne ait bu kayaçlar genellikle sahanın güney-doğusunda Neojen havza dolgularının erozyonla ortadan kaldırıldığı sahalarda yüzeylenmekte ve ayrıca yörede Gördes, Demirci, Selendi ve Uşak-Gre havzalarını birbirinden ayıran yüksek sahaları oluşurmaktadır. Menderes Masifi aynı zamanda sahada oldukça geniş alanlarda grlen Kretase yaşta ofiyolit ve ofiyolitik melanjlarının da altında bulunmaktadır. Selendi Havzasının en yaşlı dolgularını Hacıbekir Grubu olarak bilinen ve kalınlığı 400 m civarında olan konglomera depoları oluşurmaktadır (şekil 4). Bunu İnay grubu olarak adlandırılan ve aşağıdan yukarıya doğru sırasıyla Ahmetler ve Ulubey formasyonları

takip etmektedir (Seyitoğlu, 1997). Ahmetler Formasyonu gri ve beyazımsı flüviyal / kolüviyal kökenli detritik depolardan ibaret olup; bunun üzerinde Ulubey Formasyonu olarak adlandırılan gösel ortamda oluşmuş karasal kökenli karbonatlardan oluşan kalker ve marnlar bulunmaktadır (Seyitoğlu 1997; Purvis & Robertson 2004; Ersoy vd., 2010; Westaway vd., 2003, 2004).

Bölgede, gerek Geç Miosen'den itibaren hızlanan bölgesel tektonik yükselmeler ve gerekse de yörede NNE-SSW doğrultulu normal fayların oluşumunu başlatan gerilmeli tektonik rejimin başlaması, Selendi Havzası'nda gösel sedimantasyonun sonlanmasını ve flüviyal süreçlere bağlı aşınım olaylarının başlamasını tetiklemiştir (Bozkurt, 2001; Bozkurt & Sözbilir 2004; Ersoy & Helvacı 2010; Maddy vd., 2017). Özellikle Pliosen - Kuaterner döneminde meydana gelen kuzey-güney yönlü tektonik gerilimler, Kula Yöresi'nin hemen güneyinde Alaşehir Grabeni'nin de oluşumuna sebep olan yüksek açılı doğu-batı yönlü normal fayların meydana gelmesini sağlamıştır. Her ne kadar Alaşehir Grabeni'nin oluşumuna sebep olan tektonik gerilimler Geç Pliosen'de (5 MY) başlamış ise de (Bozkurt & Sözbilir, 2004) grabeni sınırlandıran faylardaki hareketlenmelerin hızı yaklaşık olarak 1.6 MY önce artmış ve bu hareketlenmeler yörede Erken Pleistosen'deki ilk volkanizmayı tetiklemiştir (Bunbury vd., 2001). Yukarıda belirtilen bütün bu gerilme rejimli tektonik hareketler ve bunlara bağlı olarak oluşan kabaca doğu-batı yönlü normal faylar, yörede hem flüviyal drenaj sisteminin kurulmasında ve hem de bu sistemin doğrultularının belirlenmesinde önemli tektonik yapılar olarak rol oynamışlardır (Maddy vd., 2017; 2020). Böylece Paleo-Gediz ve kolları, başlangıçta Selendi Havzası'nı dolduran depoların en üst birimini oluşturan karasal kökenli karbonatlardan (kalker) oluşan Ulubey formasyonu üzerine kurularak yataklarını derinleştirmiştir. Bu depoların zamanla geniş bir şekilde erozyonla ortadan kaldırıldığı sahalarda ise Paleo-Gediz ve kolları daha aşağıda yer alan Ahmetler formasyonu üzerine intikal ederek bu havzanın dış drenaja bağlanmasına sebep olmuştur. Gsel ortamda

oluşmuş kalker ve marn depoları (Ulubey Formasyonu) üzerine kurulan Paleo-Gediz ve kolları, başlangıçta dar ve derin vadiler oluşturmuşlardır. Ancak bu depoların aşınımından ortadan kaldırıldığı sahalarda, daha aşağıda bulunan flüviyal - kollüviyal depolardan oluşan ve zayıf konsolide olmuş Ahmetler Formasyonu üzerinde daha geniş yataklar oluşturmuşlardır (Maddy vd., 2017).

Erken Pleistosen'den itibaren küresel ölçekte meydana gelen iklim salınımlarından (Milankovitch iklim salınımları) yöredeki flüviyal süreçlerde etkilenmiş ve bunların sonucu olarak Paleo-Gediz Nehri birtakım taraçalar oluşturmuştur. Bu taraçalar bugün için yöredeki bazaltik lav akıntıları ile kaplı Sarnıç ve Burgaz platoları altında çok iyi muhafaza edilmiş durumdadırlar. Buna karşılık, sahada Erken Pleistosen bazaltik lav akıntıları tarafından korunmayan gevşek dokudaki Miosen döneme ait kollüviyal - flüviyal kökenli havza dolguları ise Gediz Nehri ve kolları tarafından önemli ölçüde aşındırılmış ve bu depolar üzerinde tipik kırgıbayır (badlands) topografya örnekleri gelişme göstermiştir. Günümüzde Miosen yaşta flüviyal kökenli havza dolgularının bütünü ile ortadan kaldırıldığı sahalarda ise temel arazi olan Menderes Masifini oluşturun kayaçlar yüzeylenmektedir (Maddy vd., 2005; 2007; 2012; 2017; 2020; Veldkamp vd., 2015).

Türkiye'nin en genç volkanik sahalarından birisi olan Kula Yöresi'nde, volkanizma Orta Miosen'de başlamış ve değişik evrelerde olmak üzere 2.6 bin yıl öncesine kadar devam etmiştir (Maddy vd., 2012; Westaway vd., 2003, 2004; Wouter vd., 2013; 2016). Yöredeki volkanik püskürme merkezleri ve bunlarla ilgili volkanik püskürme ürünlerinin yaşları, Selendi havzasında kuzeyden-güneye, Alaşehir Grabeni'ne yaklaştıkkça gençleşmektedir. Yöredeki en yaşlı volkanizma Orta Miosen'de meydana gelmiş olup, 14-16 milyon yıl önce gerçekteymiştir (Bunbury vd., 2001; Purvis & Robertson 2005; Maddy vd., 2017). Söz konusu volkanik aktivite bölgede etkili olan sıkışmalı tektonik rejime bağlı olarak meydana gelmiş olup, bu dönemde strato-volkan tipi volkanlar oluşmuştur. Söz konusu volkanlar, bölgedeki kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu Gördes,

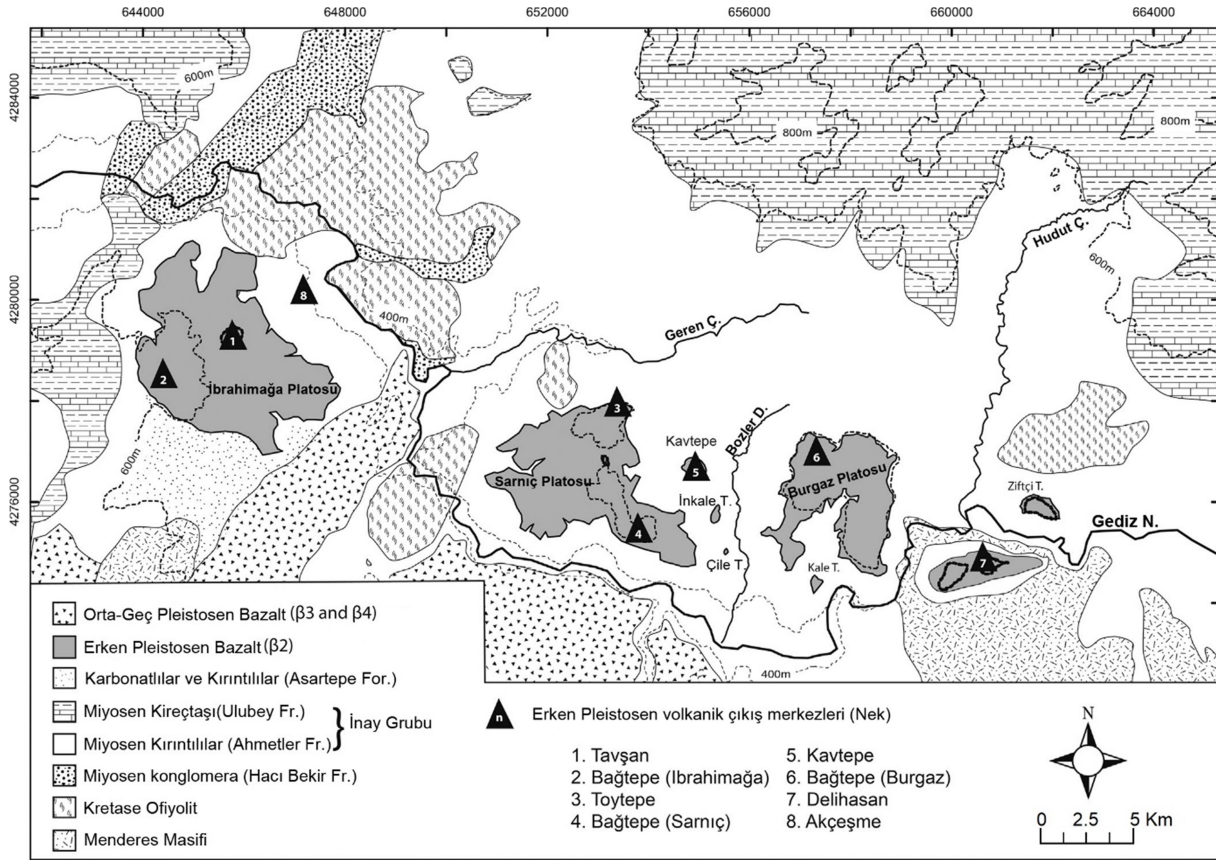
Demirci ve Uşak-Güre havzalarında yer almakta ve bu havzaların en yüksek yer Őekillerini oluşturmaktadır. Yaygın püskürme ürünlerini riyolitik lav, kül, tuf ve diğer piroklastik unsurlar meydana getirir. Bu volkanizmaya ait kül, tuf ve diğer piroklastik unsurlar Selendi Havzası'na Miosen süresince biriken flüviyal - kollüviyal kökenli dolgular arasında volkanoklastik tabakalar Şeklinde ardalanmalı olarak yer almaktadır (Seyitoğlu, 1997; Westaway vd., 2003; 2004; Purvis & Robertson, 2005).

Kula Yöresi'nde Kuaterner volkanizması günümüzden yaklaşık olarak 2 milyon yıl öncesinde başlamıştır (Richardson & Bunbury 1996). Bu volkanizma, Batı Anadolu'da Pliosen'de başlamış ve hâlihazırda da devam etmekte olan gerilme tektoniğine bağlı olarak meydana gelmiştir. Belirtilen volkanizmanın, muhtemelen bölgede Alaşehir Grabeni'nin de oluşumuna sebep olan riftlenmeler ile ilgili olduğu ileri sürülmektedir (Ercan, 1993; Ercan vd., 1978-1983) (Şekil 2). Bu volkanların yaygın püskürme ürünlerini ise daha çok alkali türde bazaltik lav akıntıları, tefra ve cüruf gibi piroklastik maddeler oluşturur. Anadolu'da volkan topografyasının en genç örneklerinden birini oluşturun Kula volkanik sahasında bazaltik lav akıntıları ve piroklastik koniler, volkanik reliefin en yaygın Őekillerini oluşturur. Yöredeki volkan konilerinin belirli hatlar boyunca sıralanmaları, sahadaki faylanmalarla doğrudan ilişkili olduklarına işaret etmektedir. Konilerin bir kısmı yalnızca piroklastik malzeme, bazıları da lav akıntılı piroklastik koniler Őekindedirler. Yörede, bu piroklastik konilerin en yenilerine "Divlit" adı verilmektedir.

Kula volkanlarından özellikle Kuaterner süresince meydana gelen volkanik faaliyetlerle ilgili olarak çıkan lavların genellikle alkali bazalt özelliğinde olduğu ve 68 volkan konisinden çıktığı belirtilmektedir (Erinç, 1970). Bu kadar sayıca fazla volkan konisi olmasına rağmen, konilerin yükselteleri oldukça az (150-200 m ler arası) çıkan lav ve piroklastik madde ürünlerinin hacimleri de genelde azdır (2.3 km²) (Richardson & Bunbury, 1996). Yörede, Erken Pleistosen dönemine ait en eski volkan 1.6 milyon yaşında olup Kula'nın yaklaşık olarak 20 km batısında bugünkü

Demirköprü baraj gölü kıyısında bulunmaktadır. Yörede volkanizma 4.7 bin yıl öncesine kadar devam etmiş, volkanizmanın son etkinliğine burada yaşamış olan prehistorik

insanlar da tanıklık etmiş ve nihayet tüfler üzerinde bu insanların ayak izlerine rastlanmıştır (Ulusoy vd., 2019).



Şekil 4: Araştırma alanının jeoloji haritası / **Figure 4:** Generalized geology map of the study area

Şekil 9 sahada Erken Pleistosen döneminde oluşan volkanların bazılarını Tablo 1 bu volkanların faaliyetlerinin kronolojik sıralamasını göstermektedir. Buna göre sahada mutlak yaş tayini yapılmış en eski volkan 1.370 milyon yaşındaki Akçeşme volkanı olup, İbrahimağa Platosu'nun hemen kuzeyinde yer almakta, en genç volkan ise 999 bin yıl yaşındaki yine aynı plato üzerinde bulunan Bağtepe volkanı olup doğuya akmış bazaltik lav akıntısı oluşturmaktadır.

Kula Yöresi'nde Erken Pleistosen dönemi topografyaları Kula ilçe merkezinin yaklaşık olarak 20km kuzeyinde bazaltik lavlarla kaplı Burgaz, Sarnıç ve İbrahimağa Platolarından oluşmaktadır. Ayrıca bu platolar arasında ve daha küçük boyutta olmak üzere Kale Tepe, Çile Tepe, İnkale ve Kavtepe gibi büt benzeri oluşumlar da bu gruba girmektedir (Şekil 5). Esasında Erken Pleistosen döneminde yöre nin en alçak sahalarını oluşturan bu plato alanları, lav akıntıları ile kaplı olduklarından günümüze

kadar aşınımından daha az etkilenmiş ve bugün için sahanın yüksek alanlarını oluşturan plato yüzeylerine dönüşmüşlerdir. Bu yönüyle söz konusu plato yüzeyleri topografik terselme için çok iyi birer örnek konumundadırlar.

Maddy ve diğerleri (2005; 2007; 2015; 2017) uzun yıllardan beri yöredeki flüviyal süreçlerin Kuaterner evrimi üzerine yapmış oldukları araştırmalar neticesinde söz konusu platoları kaplayan bazaltik lav akıntıları altında Erken Pleistosen dönemi Paleo-Gediz Nehrine ait ve değişik seviyelerde yer alan flüviyal depolar ve bunların yükseltilerinin özellikle Burgaz ve Sarnıç platolarında kademeli olarak kuzeyden güneye doğru azaldığını tespit etmişlerdir. Söz konusu araştırmacılar, bu flüviyal depoların esasında sayıları toplamda 11 olan eski nehir yatakları yani taraçaları olduğunu ve bu taraçalardan ilk oluşan 5 tanesinin (T.11-T.7) Erken Pleistosen süresince etkili olan bölgesel tektonik yükselmeler ile küresel iklim değişimlerinin etkileri sonucunda oluştuğunu,

bir kısmının (T.6-T1) oluşumunda ise bölgesel tektonik yükselme ve iklim değişimlerinin yanı sıra lokal faylanmalar ve volkanizmanın da etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırmada 1/100000 ve 1/25000 ölçekli topoğrafya haritaları, MTA Gn. Müdürlüğünden temin edilen 1/100000 ölçekli jeoloji haritaları, SRTM DEM verileri, çalışma sahası ve yakın çevresiyle ilgili literatürden yararlanılmıştır.

Araştırmada uzun yıllardan beri uluslararası bir araştırma ekibi ile birlikte sürdürmekte olduğumuz Gediz Vadisi'nin Geç Senozoik Dönem jeomorfolojik evrimine ilişkin araştırmamızın arazi bulguları ile Kula Salihli Jeoparkı Jeosit Belirleme çalışmaları kapsamında gerçekteştirilen arazi çalışmaları esnasında elde ettiğimiz bulgulardan yararlanılmıştır. Sahaya ilişkin çeşitli stratigrafik birimlerin yaşlandırılmasında tarafımızdan yaptırılan yaş analizleri ile ilgili literatürde mevcut bulunan yaş verilerinden yararlanılmıştır.

2. BULGULAR

Kula Yöresi'nde Erken Pleistosen volkanizmasının başlaması ile Gediz Nehri muhtelif zamanlarda lavlarla bloke olmuş ve buna bağlı olarak Gediz vadisini işgal eden muhtelif boyutlarda lav setti gölleri oluşmuştur. Bu durum nehir yatağının boyuna profilinde lokal taban seviyesi değişmeleri sonucunu doğurmuştur. Diğer bir anlatımla, yörede Erken Pleistosen volkanizmasının başlaması ile flüviyal süreçler ile iklim değişimi ve tektonik yükselme arasındaki dinamik denge kesintiye uğramış ve böylece flüviyal evrimde birtakım kesinti ve karmaşıklıklar oluşmuştur.

Araştırma sahasında radyometrik yaş analizleri ile tespit edilmiş en yaşlı Erken Pleistosen lav akıntıları Akçeşme volkanından kaynaklanmış olup (şekil 9, Koni no: 8) yaşı 1.327 M.Y. dir. En genç olanı ise İbrahimağa Platosu üzerinde haritada 2 numara ile gösterilen koninin doğuya akan lavları oluşturmaktadır (999 bin

yıl). Diğer volkan konilerinden çıkan lavların yaşı bu iki değer arasında olup genellikle aynı volkanizma evresinde oluşmuşlardır ve bu evre volkanizmasına "Burgaz volkanitleri" adı verilir (Westaway vd., 2004; 2006; Maddy vd., 2012).

Yörede birçok volkana ait lavların radyometrik yaş tayinleri (K-Ar veya Ar-Ar) yapılabilmesine rağmen İbrahimağa Platosu üzerinde bulunan Tavşan volkanına (şekil 9, Koni No.1) ait lavlar ile Burgaz ve Sarnıç platoları arasında adeta bir büt görünümünde olan Kavtepe (şekil 9, Koni No. 5) volkanına ait lavların, birden fazla örnek alınmasına rağmen, önemli ölçüde altere olmaları nedeniyle doğru yaş tayinleri yapılamamıştır.

Kavtepe'yi oluşturan lavların akıntı yapılarının adeta yerden fışkırırcasına dikey sütunsu (columnar) şekilde olması, tepe yüzeyinin oldukça düz, tepe kenarlarının oldukça dik olması, tepe yüzeyinde yastık lavlara rastlanması ve tepelyi oluşturan lav akıntılarının yerin derinliklerine doğru devamlılık göstermesi ve söz konusu lavların Ahmetler formasyonunu kesip çıkmış olması gibi nedenlerle morfolojik, stratigrafik özellikleri açısından çevresindeki diğer plato ve bütlerden ayrılmaktadır (şekil 5-6). Oysa gerek Burgaz Platosu'nun güneyinde bulunan Kale Tepe, gerekse de Burgaz ve Sarnıç platoları arasında bulunan Çile Tepe ve İnkale Tepe'yi örten lavların altında Ahmetler Formasyonu olarak bilinen Miosen yaşta flüviyal-kolüviyal depolar ile bazı durumlarda Ulubey formasyonu olarak bilinen kireçtaşı-marnlı sedimanlar bulunmaktadır. Bu durum söz konusu lav akıntılarının muhtemelen Burgaz-Bağtepe konisinden kaynaklandığını ancak sonraki dönemlerde Bozler Deresinin yapmış olduğu aşındırma ile Burgaz Platosu ile bağının koparıldığını ve küçük birer büt şeklinde kaldıklarına işaret etmektedir (şekil 4-5). Nitekim Burgaz Platosu'nun batı çıkıntısını oluşturan lavların yaşı ile İnkale ve Sarnıç Platosu'nun güneydoğu uç kısmını oluşturan lavların yaşı aynı olup 1.170 M.Y' dir. Bütün bu özellikler dikkate alındığında Kavtepe volkan bacası (neck) özelliği göstermektedir. Tepenin en yüksek noktası 600 m dir.



Şekil 5: Kavtepe volkan konisinin genel görünümü / **Figure 5:** General view of Kavtepe Volcanic Cone



Şekil 6: Kavtepe Volkanı bazaltlarının sütunsu yapısı / **Figure 6:** Columnar structure of the Kavtepe basalts

Kavtepe'nin detaylı morfolojik ve stratigrafik incelemesi, tepenin iki ayrı volkanik evrede oluştuğunu göstermektedir. Şöyle ki; Gediz Nehri VI. taraçasını oluşturan vadi içerisinde akarken, Kavtepe ilk volkanik aktivitesini gerçekleştirmiş; volkandan çıkan lavlar Gediz Nehri'nin VI. taraçasını kısmen örtmüştür (Şekil 7). Takip eden dönemde Kavtepe ikinci defa

faaliyete geçtiğinde, yöredeki bütün volkanik aktivite ve ürünlerinden farklı olarak, çıkan lavlar doğrudan su ile temas ederek yastık lavlar oluşturmuştur. Aşağıda söz konusu bu ikinci evre volkanik aktivitenin zamanlaması, oluştuğu ortam şartları ve bu faaliyete bağlı oluşan yastık lavların oluşumu anlatılacaktır.



Şekil 7: Gediz Nehri taraçası (T6), üstte Kavtepe volkanizması 1. Evre bazaltları / **Figure 7:** Gediz terraces (T6), On the top first stage of the Kavtepe Volcanism

Gerek Burgaz ve gerekse de Sarnıç platolarında özellikle VI. taraça ve sonrasında oluşan daha genç taraçalarda lav akıntılarının altında gösel sedimanlar tespit edilmiştir. Bu sedimanlardan bir kısmı Sarnıç Platosu'nun batı ucunda Çakırca köyünün hemen kuzeybatısında 9 nolu lokasyonda yer almaktadır. Burada, altta Ahmetler formasyonu, onun üzerinde Erken Pleistosen dönemi Gediz Nehri sedimanları, bunların üzerinde oldukça iyi tabakalanma gösteren ve tefra depoları ile karışık yaklaşık 3 m kalınlığında göl sedimanları ve en üstte ise

lav akıntıları yer alır. Sarnıç Platosu üzerinde, akırca Ky'nün hemen güneyinde ve Lokasyon 4'te Gediz'in VI. taraçası üzerinde içerisinde kireçtaşı çakıllarının yoğunlukta olduğu ve tane boyutu yukarıya doğru gittikçe küçülen ve nihayet silt ve kile dönüşen delta depoları mevcuttur (Şekil 9). Bu depoların, muhtemelen Gediz vadisinin aŐaėı ığırında bir lokasyonda bloke olması sonucunda oluşan paleo-gle dökülen ve önceden Gediz'in bir kolu olan akarsu tarafından oluŐturulduėu düŐünülmektedir (Maddy vd., 2012; 2017).

Sarnıç Platosu'nun doğusunda ve 26 nolu lokasyonda, Sarnıç Platosu'nun güneyindeki Bağteğe Volkanı'nın baŐlangıçta maar-tipi faaliyeti sonucunda (Hidro volkanik aktivite) ve belki Kavtepe'nin gl içerisindeki faaliyetlerinin de etkiyle su içerisinde depolandığına hiç Őüphe olmayan ve tabakalanmalı bir yapı gösteren oldukça kalın tefra depoları yer alır (Maddy vd., 2012; 2017). Benzer gösel sedimanlara Burgaz Platosu'nun batı ve doğu kolunu oluşturan lav akıntılarını altında da rastlanır (Şekil 8).



Şekil 8a: akırca Ky'nün hemen güneyinde çarpaz tabakalanma gösteren ve kum-akıldan oluşan delta deposu ile bu deponun st kısımlarına doğru kalker oranı gittikçe artan siltimsi çamur ve en üstte ise bütün bu depoyu örten lav akıntısı. Bütün bu sediman ardalanması deltamsı bir ortamdan derin bir gl ortamına geçiŐi ifade etmektedir. / **Figure 8a:** Outcrop of trough-cross stratified sands and gravel at location 4 located immediately South of akırca Village. The sands and gravels are overlain by calcareous lake muds, which in turn are overlain by basalt. The sequence is interpreted as representing a transition from a deltaic to a deeper water lake environment with

subsequent lava incursion after the lake had drained.

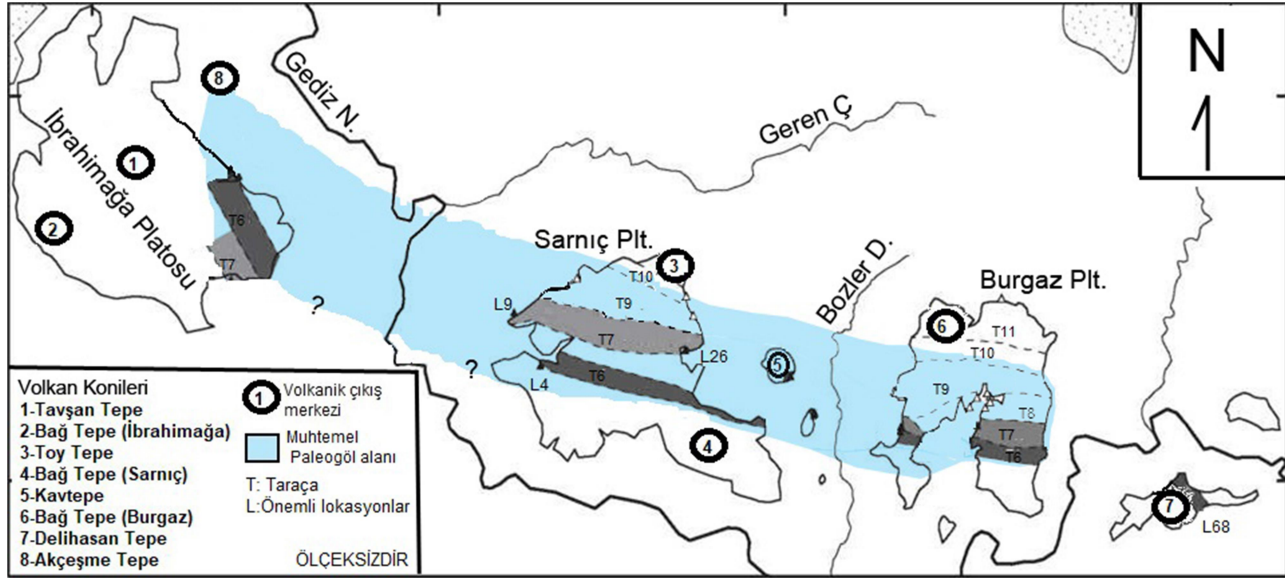


Şekil 8b: Sarnıç Platosu zerinde ve Lokasyon 26 da Bir gl içerisinde biriken yaklaşık kalınlığı 20m olan gsel sedimanlar (silt ve kil tabakaları) ile tefra depolarının ardalanmalı durumunu. / **Figure 8b:** Thick (up to 20m) sequence of interbedded lake muds and tephra deposited within the lake at location 26.

Araştırma sahasındaki volkan konilerinin ve lav akıntılarının topografik durumları ve jeokronolojik durumlarının detaylı incelenmesi, Gediz Nehri vadisini taraça VI seviyesinde bloke ederek gl oluşumuna sebep olan potansiyel volkanların İbrahimağa Platosu veya bunun hemen kuzeyinde yer alan volkanlar olduğu fikrini ortaya çıkarmıŐtır. Sarnıç Platosu kuzeyinde (Şekil 9, Koni No.3) Toytepe volkan konisinden çıkan lavların, birçok lokasyonda (Lokasyon 9, 4 ve 26) gl depolarını örtmesi, bu volkan faaliyete geçmeden önce Gediz'in bloke olduğuna iŐaret etmektedir. Tablo 1 ve Şekil 9'da grldğu üzere Lokasyon 9, 4 ve 26 da gösel sedimanları rten Toytepe kaynaklı lavların yaŐı 1.264 M.Y. dır. Bu da gl oluşumuna sebep olan lavların yaŐının Toytepe kaynaklı olandan daha yaŐlı olmasını gerektirir.

Aşağı ığırda, İbrahimağa Platosu üzerinde Bağtepe ve Tavşantepe volkan konileri ve bunlarla ilgili lav akıntıları söz konusu platoyu kaplamış bulunmaktadırdır. Bu platonun hemen kuzeyinde ise Akçeşme Volkanı bulunmaktadırdır. Bağtepe kaynaklı lavların Tavşan konisinin etrafında iki kola ayrılmakta olması, Bağtepe Volkanı'nın Tavşan Volkanı'ndan daha geç olduğunu gösterir. Nitekim Bağtepe kaynaklı lavların doğu yönünde olanının radyometrik yaşı 1.069 M.Y. batı yönünde olanı ise 1.082 M.Y. yaşındadırdır. Tavşan Volkanına ait belirlenmiş herhangi bir yaş tayini bulunmamaktadır. Sahada yapılan ayrıntılı morfolojik inceleme ve de lavların yaşları dikkate alındığında İbrahimağa kaynaklı lavların hiçbirinin Gediz'i bloke etmediği kanaati oluşmuştur.

İbrahimağa Platosu'nun hemen kuzeyinde Akçeşme Volkanı bulunmakta ve bu volkana ait lavlar oldukça altere olduğu gibi lavların altında Ahmetler formasyonuna (Miosen flvial-kollüviyal sedimanlar) ait sediman bulunmamaktadır. Bu ise söz konusu lavların bulunduğu yerde ve volkanın bizzat çıkış yeri yani bacası olduğuna işaret etmektedir (Maddy vd., 2017). Maddy vd., (2017) e göre, Gediz VI. taraçasını oluşturan vadisi içerisinde akarken Akçeşme Volkanı bu vadi içerisinde faaliyete geçmiş ve çıkan lavlar da Gediz'i bloke etmişlerdir. Bu lavların radyometrik yaşı (Ar-Ar) 1.327 M.Y. olup, MIS 42 dönemine denk gelmektedir (Tablo 1 ve şekil 9; Maddy vd., (2017).



şekil 9: Erken Pleistosen taraçaları ve paleogöl / **Figure 9:** Early Pleistocene terraces and paleolake

Yukarıdaki yapılan tespitler işığında, Gediz Nehri, VI. taraçasını oluşturan yatağını kullanıyor iken yaklaşık olarak 1.327 M.Y. nce Akçeşme Volkanı'nın faaliyete geçmesi ile bloke olmuş ve oluşan lav setinin gerisinde Sarnıç ve Burgaz platolarına kadar uzanan bir gl olmuştur (Maddy vd., 2012; 2017). Söz konusu gln seviyesi gittikçe yükselerek taraça IX seviyesinin üzerine kadar kmıştır. Zira hali hazırda Burgaz ve Sarnıç platolarında Gediz Nehri IX. taraçası üzerinde deniz seviyesinden 600 metre yüksekte bu gl depoları mevcuttur. Akçeşme Volkanı'ndan çıkan lavların Gediz Nehri VI. taraçasını oluşturan yatağını kullanırken bloke ettiği

düşünülürse (yaklaşık 520 m yüksekte) söz konusu gln derinliğinin en az 70 m olduğu, ve Akçeşme Volkanı ile Burgaz-Sarnıç platoları arasında kabaca kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzandığı tespit edilmiştir.

Gl koşulları devam ederken Sarnıç-Bağtepe Volkanı başlangıçta (maar şeklinde) hidrovolkanik aktivite tipinde faaliyete geçmiştir. Sarnıç-Bağ Tepe Volkanı'nın patlamalı bir şekilde faaliyet göstermesi gl nedeni ile yükselen taban suyunun etkisiyle magmanın yeraltı suyuyla hızla etkileşime girmesi ile ilişkili olmalıdır. Nitekim araştırma alanında yer alan kalınlığı yer yer yaklaşık 20

m olan, silt ve killerden müteşekkil paleogöl depoları içerisinde ara tabakalı bir şekilde tefra depoları mevcuttur (Şekil 8a ve 8b, Lokasyon 26). Sarnıç-Bağtepe Volkanı ile aynı dönemde veya bundan hemen sonra, yani göl koşulları devam ederken Kavtepe Volkanı ikinci kez

faaliyete geçmiş ve bugün Kavtepe Volkanı'nın yüzeyinde bulunan yastık lavlar oluşmuştur (Şekil 10). Söz konusu yastık lavlar volkanik aktivitenin su altında gerçekleştiğini göstermektedir.



Şekil 10: Yastık lav bloklarından örnekler / Figure 10: Samples of pillow lava blocks

Konu ile ilgili literatüre göre sığ su (Sığ deniz, göl, akarsu, yeraltı suyu) ortamlarında gerçekleşen volkanik aktivitelerin genellikle (hidrovulkanizma, freatik volkanizma / phreatomagmatic) patlamalı (eksplosif) karakterde gerçekleştiği ifade edilmekte ve bazı araştırıcılar 100 m bazı araştırıcılar 200 metreden daha az derinlikteki alanları sığ su olarak kabul etmektedir (Sheridan & Wohletz, 1983; Cas, 1992; Mastin & Witter, 2000). Bu nedenle sahada mevcut bulunan göl depoları içerisinde farklı seviyelerde bulunan tefra katmanları, Sarnıç-Bağ Tepe'nin birden çok defa faaliyete geçmiş olmasına bağlı olarak oluşmuş olabileceği gibi Bağ Tepe yanında su altında faaliyet gösteren Kavtepe Volkanı'nın faaliyetlerine bağlı da oluşmuş olabilir. Ancak günümüzde Gediz Nehri'nin bir kolu olan Bozler Deresi vadisi içerisinde kalmış olan Kavtepe Volkanı'nın püskürme ürünleri Bozler

Deresi tarafından önemli ölçüde aşındırılıp uzaklaştırılmış olmalıdır.

Günümüzde Kavtepe'nin yüzeyinde yastık lavların mevcudiyeti, Kavtepe Volkanı'nın 2. faaliyetinin birden çok faz içerebileceğini su altındaki volkanizmanın başlangıçta yastık lav oluşumuna imkân verecek şekilde sakin (effüsif) karakterde olduğunu ancak ilerleyen aşamalarda volkanik aktivitenin patlamalı bir karaktere dönüşmüş olabileceğini düşündürmektedir.

İlgili literatürde yastık lav oluşumunun derin su ortamlarında gerçekleştiği ifade edilse de sığ deniz, göl akarsu ortamında da oluşabileceği ifade edilmiştir (Batiza & White, 2000). Kavtepe yastık lavlarının oluştuğu paleogölün derinliğinin Gediz Nehri'nin IX. taraça seviyesi de göz önüne alınarak 70-100 metre arasında değişmiş olabileceği, ancak göl derinliğinin

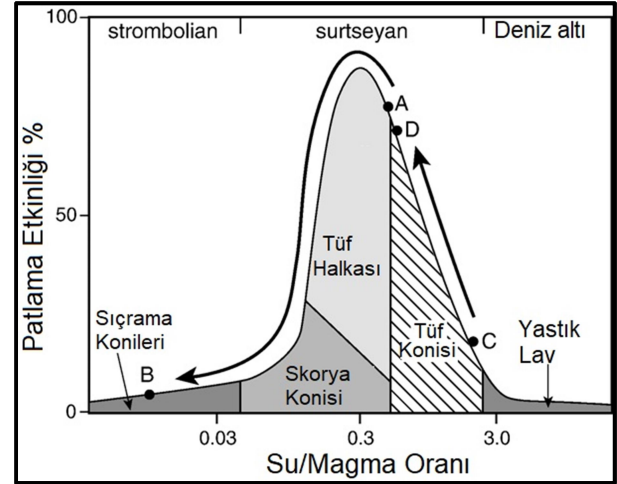
100 metreyi hiçbir zaman aşmamış olduğu dşnlmektedir.

Her ne kadar magmanın suya akması veya volkanizmanın sığ su içerisinde gerçekleşmesi ile oluşmuş, yastık lavlar ve benzeri yapılardan çeşitli araştırmalarda söz edilse de (Jenks & Bonnichsen, 1989; Larsen vd., 2006; Umino, 2006; Martin ve Nemeth, 2007; Tucker & Scott, 2009; Kortemeier vd., 2018,) sığ su ortamlarında yastık lavların oluşumu tam anlamı ile izah edilmiş değildir. Ancak 70-100 metre arasında değişen derinliğin yastık lav oluşumuna imkân vereceği dşnlmektedir.

Hidrovolkanik bir patlamanın enerjisi, magmanın yüksek termal enerjisinin hızlı buharlaşmaya bağlı olarak kinetik enerjiye dönüşmesinin bir sonucudur (Sheridan & Wohletz, 1983; Wohletz & Sheridan, 1983; Wohletz, 1983). Patlama enerjisinin maksimum seviyeye çıktığı durum magma su karışım oranının 0.3 civarında olduğu zamandır (Larsen vd., 2006). Başka bir ifade ile magma su karışımında, karışım içesinde su oranının %20-25 civarında olduğu durumlar en patlayıcı etkinliğin grldğu volkanik aktivitelerdir (Parfitt & Wilson, 2008). şekil 11 farklı su magma karışım oranlarında volkanizmanın sitili, volkanik ürünler ve patlamanın şiddeti arasındaki değişimi göstermektedir. Buna göre su içeriği çok düşük olan magma su karışım oranlarında sıçrama konileri, cüruf konileri oluşurken su oranının nispeten daha fazla olduğu (%30-50) karışımlarda tf halkaları, tf konileri, su oranının daha da fazla olduğu karışımlarda, derin sularda veya ortama su girişinin fazla lav çıkışının yavaş olduğu durumlarda yastık lav oluşumundan söz edilebilir (şekil 11) (Larsen vd., 2006).

Nitekim yastık lav oluşumunda tek değişken su derinliği değildir. Örneğin bazı denizaltı pskrmelerinde birkaç on metre derinlikteki su sütununun, magma içerisindeki gazların baskılanmasını sağlayarak effüsif karakterde volkanik aktiviteye neden olduğu, buna karşılık birkaç yüz metre derinlikteki sularda lavın çok miktarda gaz içermesi, lav ve suyun çok ani bir şekilde etkileşime girmesi gibi nedenlerle patlamalı volkanizma gerçekleştiği gözlemlenmiştir (Smellie, 2000). Buradan

hareketle Kavtepe volkanizması esnasında magma su etkileşimi nispeten yavaş, magma su oranı açısından ise suyun fazla olduğu bir karışım meydana gelmiş olmalıdır.



şekil 11: Patlama etkinliği ile su magma karışım oranları arasındaki ilişki ve volkanizma tipleri (Larsen vd., 2006). şekilde magma ile etkileşim içerisine giren su miktarı ile patlama etkinliği/patlamanın şiddeti arasındaki ilişki gösterilmiştir. Magma ile etkileşime giren su miktarının orta seviyede olması durumunda patlama çok şiddetli meydana gelmekte, su miktarının çok artması durumunda ise magmanın ani soğuma ve içindeki gazların hidrostatik basıncın etkisi ile baskılanması nedeniyle effüsif karakterde volkanik aktivite gerekleşmektedir. / **Figure 11:** Relationship between explosion efficiency and water magma interaction ratios and volcanism types (Larsen et al., 2006). The figure shows the relationship between the amount of water that interacts with the magma and the explosion efficiency / the severity of the explosion. If the amount of water that interacts with the magma is moderate, the explosion occurs very violently, and if the amount of water increases too much, volcanic activity occurs due to the sudden cooling of the magma and the gases in it are compressed by the effect of hydrostatic pressure.

Kavtepe şekil ve morfoloji aısından yüzeyi dz dik kenarlı bir bt grnmndedir. Bu yönüyle Kavtepe kalın buzul rtleri altında gerekleşen volkanik aktivite sonucu oluşmuş Tya veya Stapi olarak adlandırılan ve içerisinde yastık lavların da bulunduğu volkan konilerine oldukça benzerdir. Söz konusu koniler kazlın buzul örtüsü altında buzun erimesine bağlı oluşan gl ortamları içerisinde oluşurlar. Kav tepe gerek şeklen gerekse gerekse oluştuğu ortam açısından (gl) Tya

veya Stapi olarak adlandırılan tepelere benzerlik göstermektedir (Şekil 5).

Son olarak Sarnıç Platosu kuzeyinde yer alan Toytepe Volkanı ilk defa 1.264 M.Y. önce faaliyete geçmiş ve bu faaliyetle ilgili lavlar batı ve güneybatı yönünde akarak Lokasyon 9, 4 ve 26'daki gölssel sedimanların üzerini kaplamışlardır. Bu lavların su ile temas ettiklerine dair herhangi bir alterasyon izine

rastlanmamıştır. Bu durum Sarnıç-Toytepe Volkanı faaliyete geçtiğinde göl koşullarının ortadan kalkmış olduğunu, göl koşullarının yaklaşık 64 bin yıllık süre içerisinde olduğunu gösterir. Bu dönem MIS 42-38 arası dönemi kapsamaktadır. Buradan hareketle Kavtepe volkanizmasının ikinci evresi ve dolayısıyla yastık lavların oluşumu 1.327 M.Y ile 1.264 M.Y arasında gerçekleşmiştir.

Tablo 1: Araştırma alanında Gediz Vadisi'nin evrimi ile ilişkili bazı stratigrafik birimler ve onlarla ilişkili depoların yaşları (Maddy vd., 2012; 2017). / **Table 1:** Ages of some stratigraphic units for the Gediz valley formation and associated deposits in the study area (Maddy et al., 2012; 2017).

Gediz Taraçaları	Püskürme			Göller	Yaş	MIS	
	Ziftçi	Delihasan	Burgaz Pl				Sarnıç Pl
M1	İbrahimağa doğu				999±21	28	
	Burgaz NE				1014±23	28/29	
	M				1069±16	30	
	L				1082±15		
	E				1170±10	35	
	Burgaz Batı (inkale) Sarnıç Bagtepe						
	Toytepe E				1219±27	37	
	G				1239±60		
	F				1254±17	38	
	D				1247±8		
	CD				1246±8		
C				1256±16			
Toytepe W				1264±15	39		
H				1272±80			
B				1286±25	40		
Sarnıç Bagtepe (Maar) Kavtepe				1297±13			
A				1299±17			
K				1325±42	42		
I				1327±11			
GT6						1330e	
GT7						1370e	
GT8						1420e	
GT9						1460e	
GT10						1500e	
GT11						1540e	

3. SONUÇLAR

Bu araştırmada Gediz Nehri vadisinde Erken Pleistosen döneminde Gediz Nehri'nin bloke olması nedeniyle oluşan paleogöl içerisinde gerçekleşen Kavtepe volkanizmasının zamanlaması, volkanik faaliyet esnasındaki ortam koşulları ve bu volkanik faaliyete bağlı olarak ortaya çıkan yastık lavların oluşumu jeomorfolojik delilleri ile açıklanmıştır.

Araştırma kapsamında Kavtepe'nin Kula Yöresi'nde bulunan diğer büt şeklindeki Çile Tepe ve İnkale Tepe ve Kale Tepe'den farklı olduğu, bu tepelerin, Burgaz Platosu'nu oluşturan lav akıntılarının akarsular tarafından yarılması ile oluşmuş oldukları; buna karşılık Kavtepe'nin yörede yaygın görülen Miosen yaşlı sedimanter birimleri kesip çıkan bir volkanik çıkış merkezi, volkan bacası olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma kapsamında Kavtepe volkanizmasının iki evrede gerçekleştiği, başlangıçta volkanizmanın Gediz Nehri'nin eski yatağına yakın bir yerde başladığı ve açığa çıkan lavların Gediz'in VI. taraçasını kısmen örttüğü, volkanizmanın ikinci evresinin ise Akçeme Volkanı'nın Gediz Nehri'ni bloke ettikten sonra oluşan paleogöl içerisinde gerçekleştiği belirlenmiştir. İkinci evrede açığa çıkan lavlar, doğrudan su ile temas ederek yastık lava dönüşmüştür. Uzun süre gl suları ile temasta kalan Kavtepe volkanizmasının 2. evresi ve yastık lavların yaşının 1.327 M.Y ile 1.264 M.Y arasında olduğu tespit edilmiştir.

TEŐEKKÜR

Yazarlar katkı ve önerilerinden ötürü Prof. Darrel Maddy ve Prof. Tom Veldkamp'a şükranlarını sunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Aksu, A.E., Piper, D.J.W. & Konak, T. (1987). Quaternary growth patterns of the Büyük Menderes and Küçük Menderes deltas, Western Turkey. *Marine Geology* 76, 89-104.
- Aytaç, A.S., Demir, T. (2019). Kula UNESCO Global Jeoparkı'nda Yerbilimleri Ve Jeomiras Açısından Uluslararası neme Sahip  Yeni Jeosit nerisi. *Mediterranean Journal of Humanities*. Sayı:9/2 125-140
- Batiza, R., White, J.D.L. (2000). Submarine lavas and hyaloclastite. *Encyclopedia of Volcanoes*; Ed: Sigurdsson, H., Houghton, B.F., McNutt, S.R., Stix, H.R., Academic Press: New York, NY, USA, pp. 361–381.
- Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey a synthesis. *Geodin. Acta* 14, 3–30.
- Bozkurt, E., Szbilir, H. (2004). Tectonic evolution of the Gediz graben: field evidence for an episodic two-stage extension in western Turkey. *Geological Magazine* 141, 63-79.
- Bunbury, J.M., Hall, L., Anderson, G.J. ve Stannard, A., (2001). The determination of fault movement history from the interaction of local drainage with volcanic episodes. *Geol. Mag.* 138, 185e192
- Cas, R.A.F. (1992). Submarine Volcanism Eruption Styles, Products, and Relevance to Understanding the Host-Rock Succession to Volcanic-Hosted Massive Sulfide Deposits. *Economic Geology* Vol. 87, pp. 511-541
- Cas, R.A.F., Giordano, G. (2014). Submarine Volcanism Review of the Constraints, Processes and Products, and Relevance to the Cabo de Gata Volcanic Succession Ital. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.), Vol. 133, No. 3 (2014), pp. 362-377
- Ercan, E., Trkecan, A., Dinel, A. ve Gnay, E. (1983). Kula-Selendi (manisa) Jeolojisi. *Jeoloji Mhendisligi* 17, 3-28
- Ercan, T. (1993). Interpretation of geochemical, radiometric and isotopic data on Kula volcanics (Manisa-western Anatolia). *Geol. Bull. Turk.* 36 (1), 113e129.
- Erin, S. (1970). The young volcanic topography of the Kula-Adala area. *Istanbul Universitesi Cografya Enstitt Dergisi* 17, 7–22.
- Ersoy, Y., Helvacı, C. & Szbilir, H. (2010). Tectono-stratigraphic evolution of the € NE SW-trending superimposed Selendi basin: implications for late Cenozoic crustal extension in Western Anatolia, Turkey. *Tectonophysics* 488, 210-232.
- Gudmundsson, A. (2003). Melting of ice by magma-ice-water interactions during subglacial eruptions as an indicator of heat transfer in subaqueous eruptions. In *Explosive Subaqueous Volcanism; Volume Geophysical Monograph Series*; Ed: White, J.D.L., Smellie, J.L., Clague, D.A., American Geophysical Union: Washington, DC, USA, 61–72.
- İnci, U. (2002). Depositional evolution of Miocene coal successions in the Soma coal field., Western Turkey, *International Journal of Coal Geology*, 51, 1-29.
- Jakobsson, S.P. (2008) Gudmundsson, M.T. Subglacial and intraglacial volcanic formations in Iceland. *Jkull* , 58, 179–196.
- Jenks, M.D., Bonnicksen, B. (1989). Subaqueous basalt eruptions into Pliocene Lake Idaho, Snake River Plain, Idaho. In: Chamberlain, V.E. (Ed.), *Guidebook to the Geology of Northern and Western Idaho and Surrounding Area*. Idaho Geological Survey Bulletin, vol. 28, pp.17–34.
- Kortemeier, W., Calvert, A., Moore, J.G. & Schweickert, R. (2018). Pleistocene volcanism and shifting shorelines at Lake Tahoe, California: *Geosphere*, v. 14, no. 2, p. 812–834,
- Larsen, L.M., Pederson, A.K. & Pederson, G.K. (2006). A subaqueous rootless cone field at Niuluut, Disko, Paleocene of West Greenland. *Lithos* 92, 20–32.
- Maddy, D., Demir, T., Bridgland, D., Veldkamp, A., Stemerink, C., van der Schriek, T. & Westaway, R., (2005). An obliquity-controlled Early

- Pleistocene river terrace record from Western Turkey? *Quat. Res.* 63, 339–346.
- Maddy, D., Demir, T., Bridgland, D., Veldkamp, A., Stemerink, C., van der Schriek, T. ve Schreve, D. (2007). The Pliocene initiation and Early Pleistocene volcanic disruption of the Paleo-Gediz fluvial system, Western Turkey. *Quat. Sci. Rev.* 26 (22–24), 2864–2882.
- Maddy, D., Demir, T., Bridgland, D., Veldkamp, A., Stemerink, C., van der Schriek, T. ve Westaway, R. (2008). The Early Pleistocene development of the Gediz River, Western Turkey: An uplift-driven, climate-controlled system? *Quat. Int.* 189, 115–128.
- Maddy, D., Demir, T., Veldkamp, A., Bridgland, D.R., Stemerink, C., van der Schriek, T. Ve Schreve, D. (2012). The obliquity-controlled early Pleistocene terrace sequence of the Gediz River, Western Turkey: a revised correlation and chronology. *J. Geol. Soc. Lond.* 169, 67–82.
- Maddy, D., Schreve, D., Demir, T., Veldkamp, A., Wijbrans, J.R., van Gorp, W., van Hinsbergen, D.J.J., Dekkers, M.J., Scaife, R., School, J.M., Stemerink, C. ve van der Schriek, T. (2015). The earliest securely-dated hominin artefact in Anatolia? *Quat. Sci. Rev.* 109, 68–75.
- Maddy, D., Veldkamp, A., Demir, Aytaç, A.S., School, J.M., Scaife R., Boomer, I., Stemerink, C., van der Schriek, T., Aksay S. ve Lievens, C. (2020). Early Pleistocene River Terraces of the Gediz River, Turkey: The role of faulting, fracturing, volcanism and travertines in their genesis. *Geomorphology* 358 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107102>
- Maddy, D., Veldkamp, A., Demir, T., van Gorp, W., Wijbrans, J.R., van Hinsbergen, D.J.J., Dekkers, M.J., Schreve, D., School, J.M., Scaife, R., Stemerink, C., van der Schriek, T., Bridgland, D.R. ve Aytaç, A.S. (2017). The Gediz River fluvial archive: a benchmark for Quaternary research in Western Anatolia. *Quat. Sci. Rev.* 166, 289–306.
- Martin, L.G.; Witter, J.B. (2000). The hazards of eruptions through lakes and seawater. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 97, 195–214.
- Martin, U., Nemeth, K. (2007). Blocky versus fluidal peperite textures developed in volcanic conduits, vents and crater lakes of phreatomagmatic volcanoes in Mio-Pliocene volcanic fields of western Hungary. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 159, 164–178.
- Moore, J.G. (1975). Mechanism of Formation of Pillow Lava: Pillow lava, *American Scientist*, Vol. 63, No. 3, pp. 269-277. Published by: Sigma Xi, The Scientific Research Honor Society
- Németh, K., Kósik, S. (2020). Review of Explosive Hydrovolcanism. *Geosciences* 10, 44; doi:10.3390/geosciences10020044
- Parfitt, E. A., Wilson, L. (2008). *Fundamentals of Physical Volcanology*. Blackwell Publishing.
- Purvis, M., Robertson, A.H.F. (2004). A pulsed extension model for the Neogene-Recent E-W trending Alaşehir Graben and the NE-SW trending Selendi and Gördes Basins, western Turkey. *Tectonophysics* 391, 171-201.
- Purvis, M., Robertson, A.H.F. (2005). ⁴⁰Ar–³⁹Ar dating of biotite and sanidine in tuffaceous sediments and related intrusive rocks: implications for the early Miocene evolution of the Gördes and Selendi basins, W Turkey. *Geodin. Acta* 19, 239–254.
- Richardson-Bunbury, J.M. (1992). The basalts of Kula and the irrelation to extension in western Turkey. PhD thesis. Cambridge University.
- Richardson-Bunbury, J.M. (1996). The Kula volcanic field, western Turkey: the development of a Holocene alkali basalt province and the adjacent normal-faulting graben. *Geol. Mag.* 133, 275–283.
- Sarica, N. (2000). The Plio-Pleistocene age of the Büyük Mender and Gediz grabens and their tectonic significance on N–S extensional tectonics in West Anatolia: mammalian evidence from the continental deposits. *Geological Journal* 35, 1–24.
- Seyitoğlu, G. (1997). Late Cenozoic tectono-sedimentary development of the Selendi and Uşak-Güre basins: a contribution to the discussion on the development of east-west and north trending basins in western Turkey. *Journal of the Geological Society of London* 134, 163–175.
- Sheridan, M.F., Wohletz, K.H. (1983). Hydrovolcanism Basic considerations and review. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 17, 1–29
- Smellie, J.L. (2000). Subglacial eruptions. In *Encyclopaedia of Volcanoes*, 1st ed.; Sigurðsson, H., Houghton, B.F., McNutt, S.R., Rymer, H., Stix, J., Eds.; Academic Press: New York, NY, USA, pp. 403–418.
- Smellie, J.L., Edwards, B.R. (2016). *Glaciovolcanism on Earth and Mars: Products, Processes and Palaeoenvironmental Significance*. Cambridge University Press: Cambridge, UK, ISBN 13 978-1107037397.

- Tucker S. D., Scott, K., M. (2009). Structures and facies associated with the flow of subaerial basaltic lava into a deep freshwater lake: The Sulphur Creek lava flow, North Cascades, Washington. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 185
- Ulusoy I., Sarıkaya, M. A., Schmitt, A.K., şen, E., Danisık, M. & Gümüş, E. (2019). Volcanic eruption eye-witnessed and recorded by prehistoric humans. *Quaternary Science Reviews*, 212 187-198
- Umino, S., Nonaka, M., Kauahikaua, J. (2006). Emplacement of subaerial lava sheet flows into water: 1990 Kupaianaha flow of Kilauea volcano at Kaimu Bay, Hawaii. *Bulletin of Volcanology* 69, 125–139.
- Veldkamp, A., Candy, I., Jongmans, A.G., Maddy, D., Demir, T., Schoorl, J.M., Schreve, D., Stemerding, C. ve van der Schriek, T., (2015). Reconstructing Early Pleistocene (1.3 Ma) terrestrial environmental change in western Anatolia: did it drive fluvial terrace formation? *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 417, 91-104.
- Westaway, R., Guillou, H., Yurtmen, S., Beck, A., Bridgland, D.R., Demir, T. ve Rowbottom, G. (2006). Late Cenozoic uplift of western Turkey: improved dating and numerical modelling of the Gediz river terrace staircase and the Kula Quaternary volcanic field. *Glob. Planet. Chang.* 51, 131–171.
- Westaway, R., Pringle, M., Yurtmen, S., Demir, T., Bridgland, D.R. & Maddy, D. (2003). Pliocene and Quaternary surface uplift of western Turkey revealed by long-term river terrace sequences. *Curr. Sci.* 84, 1090–1101.
- Westaway, R., Pringle, M., Yurtmen, S., Demir, T., Bridgland, D.R., Rowbottom, G. ve Maddy, D. (2004). Pliocene and Quaternary regional uplift in western Turkey: the Gediz river terrace staircase and the volcanism at Kula. *Tectonophysics* 391, 121–169.
- Wohletz, K., Zimanowski, B., Büttner, R. (2012). Magma–water interactions. *Modeling Volcanic Processes: The Physics and Mathematics of Volcanism*, eds. Sarah A. Fagents, Tracy K. P. Gregg, and Rosaly M. C. Lopes. Published by Cambridge University Press
- Wohletz, K.H. (1983). Mechanisms of hydrovolcanic pyroclast formation: grain-size, scanning electron microscopy, and experimental studies. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 17, 31–63.
- Wohletz, K.H., Sheridan, M.F. (1983). Hydrovolcanic Explosions II. Evolution of Basaltic Tuff Rings and Tuff Cones. *Am. J. Sci.* 283, 385–413.
- Wohletz, K.H., 1983. Mechanisms of hydrovolcanic pyroclast formation: grain-size, scanning electron microscopy, and experimental studies. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 17, 31–63.
- <http://volcano.oregonstate.edu/what-are-different-types-basaltic-lava-flows-and-how-do-they-form>
- Yiğitbaşoğlu, H. (2000). *Volkanlar, Oluşumları, Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikleri ile Dünyadaki Dağılışları*. Bilim Yayıncılık. Ankara