



## Distribution of Volcanic Activity on Earth and Examples from Turkey

Taner Ekici<sup>1,a\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Geological Engineering, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Turkey

\*Corresponding author

### Research Article

#### History

Received: 28/02/2023

Accepted: 11/04/2023

### ABSTRACT

Volcanoes that are currently lava or pyroclastic or that have the potential to erupt in the future and that have been active during the Holocene (approximately the last 12,000 years) are defined as active volcanoes. The distribution of active volcanoes shows that they are closely related to the plate boundaries, although active volcanoes are also observed within the plate. The Mediterranean belt we live in is home to about 20% of all volcanoes in the world. Some of the volcanoes that are still active today are: Etna (Sicily-Italy), Stromboli (Stromboli Island-Italy), Vesuvius (Naples-Italy), Fuji (Japan), Mauna Loa (Hawaii), Kileuea (Hawaii), Tambora (Indonesia), Mayon (Philippines), Krakatao (Indonesia), Iceland and Santorini (Aegean Sea-Greece) volcanoes.

Turkey is located on the Alpine-Himalayan collision belt, which is one of the two important belts in the world in terms of seismic and active volcanic activity. In this belt, as a result of geodynamic events that started 65 million years ago and continue today in the form of closure and collision, many geochemically different volcanisms have developed. Widespread magmatic intrusions and volcanic eruptions in the crust at various stages from millions of years ago to historical times on the Anatolian platelet, as a result of the subduction and collision of the northern branch of Neotethys to the north under the Pontides and the southern branch to the north again under the Tauride/Anatolides. The areal size of the volcanic rocks formed during the Cenozoic period covers approximately 16% of Turkey's surface area. With the neotectonic period that started in the Late Miocene with the continent-continental collision of the Anatolian bloc and the Arabian platform, a widespread volcanism period starting from the Neogene-Quaternary to historical times began in all of Turkey, especially in the Eastern Anatolia region.

Kula volcano, located in the Aegean-Mediterranean volcanic belt, is one of these active volcanoes. According to the geochronological age data obtained from the Kula volcanics, its last activity belongs to 4,700±700 years ago. Karapınar volcano, which is one of the active volcanoes of Central Anatolia, was founded about 10,000 years ago, when the Hasandağ stratovolcano erupted in BC. 6.750-7.550, Erciyes volcano also BC. In 6,880, Acıgöl volcano was also destroyed in BC. It was determined that it was active between 4,300-11,000 years. It is stated that Nemrut stratovolcano, one of the active volcanoes of Eastern Anatolia, last erupted on April 13, 1692, Tendürek volcano in 1855, and Ağrıdağı stratovolcano on July 2, 1840. When all these data are evaluated together, it is seen that there are many active volcanoes within the borders of our country as well as in the world. These volcanoes, which are now extinct, and their immediate surroundings are also areas with high potential for geothermal energy.

**Keywords:** Volcanism, Active Volcanoes, Holocene, Turkey

## Yeryüzündeki Volkanik Aktivitenin Dağılımı ve Türkiye'den Örnekler

#### Süreç

Geliş: 28/02/2023

Kabul: 11/04/2023

### Öz

Halen lav veya piroklastik veya gelecekte püskürtme olasılığı olan ve Holosen döneminde (yaklaşık son 12.000 yıl) aktivite göstermiş volkanlar, aktif volkan olarak tanımlanmaktadır. Aktif volkanların dağılımı onların büyük ölçüde plaka sınırları ile yakın ilişkili olduklarını göstermekle birlikte plaka içlerinde de aktif volkanlar gözlenmektedir. İçerisinde bulunduğumuz Akdeniz kuşağı ise Dünya'daki tüm volkanların yaklaşık % 20'sine ev sahipliği yapmaktadır. Günümüzde halen aktif olan volkanlardan bazıları şunlardır. Etna (Sicilya-İtalya), Stromboli (Stromboli adası-İtalya), Vezüv (Napoli-İtalya), Fuji (Japonya), Mauna Loa (Hawaii), Kileuea (Hawaii), Tambora (Endonezya), Mayon (Filipinler), Krakatao (Endonezya), İzlanda ve Santorini (Ege Denizi-Yunanistan) volkanlarıdır.

Türkiye, Dünya'da sismik ve aktif volkanik faaliyet açısından önemli iki kuşaktan birisi olan Alp-Himalaya çarpışma kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Bu kuşakta 65 milyon yıl önce başlayan, kapanma ve çarpışma şeklinde günümüzde de devam eden jeodinamik olaylar sonucunda jeokimyasal olarak birbirinde farklı birçok volkanizma gelişmiştir. Neotetis'in kuzey kolunun kuzeye doğru Pontid'lerin, güney kolunun ise yine kuzeye doğru Torid/Anatolid'lerin altına dalıp batması ve çarpışması sonucunda yaygın biçimde Anadolu plakacığı üzerinde milyonlarca yıl öncesinden başlayarak tarihsel zamanlara kadar çeşitli evrelerde kabuk içinde yaygın magmatik sokulumlar ve volkanik püskürmeler olmuştur. Senozoyik döneminde oluşan volkanik kayaçların alansal büyüklüğü Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %16'sını kaplamaktadır. Anadolu bloğu ile Arap platformunun kıta-kıta çarpışması ile Geç Miyosen'de başlayan neotektonik dönemle birlikte başta Doğu Anadolu bölgesi olmak üzere tüm Türkiye'de Neojen-Kuvaterner'den tarihsel zamanlara kadar uzanan yaygın bir volkanizma dönemi başlamıştır.

Ege-Akdeniz volkanik kuşağında bulunan Kula volkanı bu aktif volkanlardan birisidir. Kula volkanitlerinden elde edilen jeokronolojik yaş verilerine göre en son faaliyeti 4.700±700 yıl öncesine aittir. Orta Anadolu'nun aktif volkanlarından Karapınar volkanı da yaklaşık 10.000 yıl öncesinde, Hasandağ stratovolkanının M.Ö. 6.750-7.550, Erciyes volkanının da M.Ö. 6.880 yılında, Acıgöl volkanının da M.Ö. 4.300-11.000 yılları arasında aktivite gösterdiği saptanmıştır. Doğu Anadolu'nun aktif volkanlarından Nemrut stratovolkanının en son 13 Nisan 1692 yılında, Tendürek volkanının 1855 yılında, Ağrıdağı stratovolkanının ise en son 2 Temmuz 1840 yılında püskürdüğü belirtilmektedir. Tüm bu veriler birlikte değerlendirildiğinde Dünya'da olduğu gibi ülkemiz sınırları içinde de birçok aktif volkan olduğu görülmektedir. Günümüzde sönmüş durumda gözlenen bu volkanlar ve yakın çevresi aynı zamanda önemli jeotermal enerji potansiyeli yüksek olan alanlardır.

**Anahtar Kelimeler:** Volkanizma, Aktif Volkanlar, Holosen, Türkiye

#### License



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

[tanere@cumhuriyet.edu.tr](mailto:tanere@cumhuriyet.edu.tr)

<https://orcid.org/0000-0002-7420-3877>

How to Cite: Ekici T. (2023) Distribution of Volcanic Activity on Earth and Examples from Turkey, Journal of Science and Technology, 2(1): 5-15.

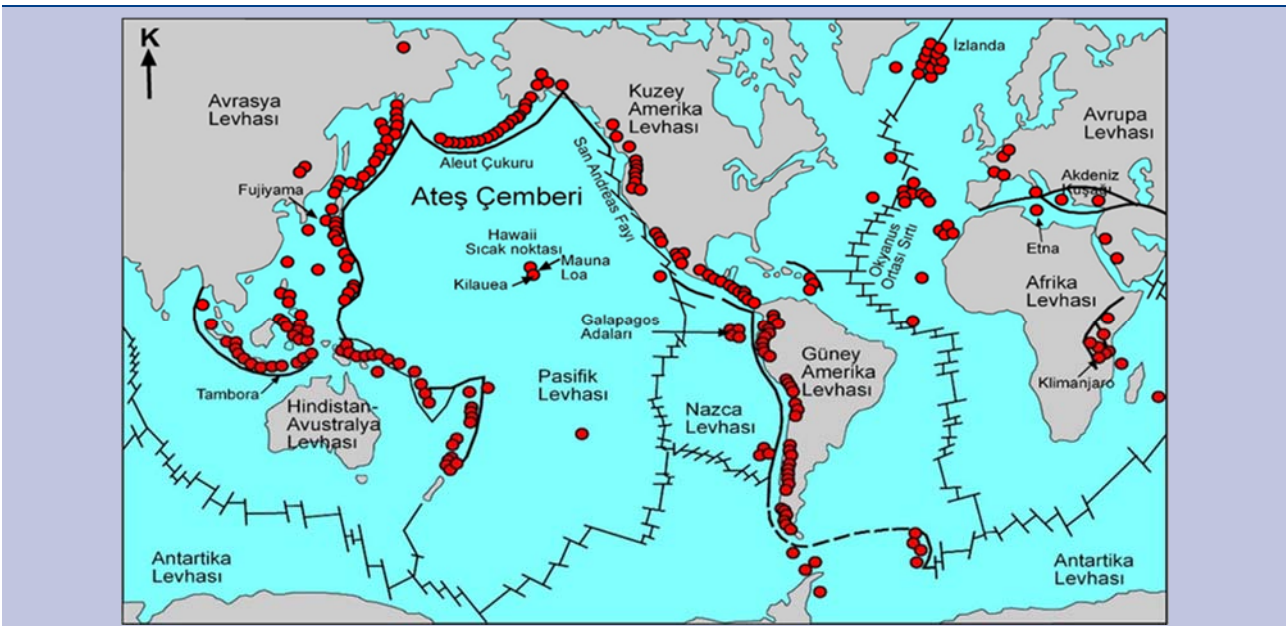
## Giriş

Günümüzde insanlar tarafından oluşumu önlenemeyen doğal afetlerden depremlerden başka bir diğer doğal afet de aktif volkanlardır. Ancak aktif volkanların faaliyetleri sırasında yakınında bulunan bölgedeki insanlara ve yerleşim alanlarına zarar verme riskini alınacak önlemlerle en aza indirebilmek olanaklıdır. Dünyada şu anda kıtalarda ve denizin üzerinde adalar halinde gözlenen yaklaşık 600 dolayında aktif volkan vardır. Bu sayı sadece gözle görülür şekilde kıtasal alanlarda ve okyanus seviyesinin üzerinde ada şeklinde gözlenebilen son 12.000 yıldan beri (Holosen) en az bir kez püskürmüş olan volkanları içermektedir. Bunlardan başka karada birkaç bin sönmüş volkanın daha var olduğu onların biçimlerinden, yapılarından veya karakteristik kayaç türlerinden bilinmektedir. Aktif volkanlar yeryüzünde çok iyi bilinen zonlar ve kuşaklar üzerinde gelişmiştir. Dünya üzerindeki aktif volkanların %60'a varan büyük çoğunluğu okyanus tabanlarında yer almakta ve "Ateş Çemberi" olarak bilinen Pasifik kuşağı üzerinde bulunmaktadır (Şekil 1).

Dünya'da bir yılda gerçekleşen volkanizmanın %70-80'i okyanus içlerinde meydana gelmektedir (Partfitt ve Wilson, 2008). Okyanus içlerindeki aktif volkanların %90'ı daha çok dalma-batma zonunun hemen üzerinde ve/veya çevresinde "ateş çemberi" diye adlandırılan bu kuşak üzerinde bulunmaktadır (Şekil 1). Geri kalanlar ise Doğu Afrika'daki Etiyopya ve Kenya gibi ülkelerde ve GB Amerika'da New Mexico eyaletindeki Rio Grande bölgesinde gelişen kıta içi açılma (rift) zonları ile ilişkilidir. Diğerleri ise plaka sınırlarından bağımsız olarak, sıcak derin kökenli mantonun ürünü olarak okyanusal ya da kıtasal alanlarda "sıcak nokta" magmatizması ya da "manto sorgucu" şeklinde yükselmenin ürünü olarak ortaya çıkarlar. Bugün okyanus adası olarak gözlenen ve

sıcak nokta magmatizması ile ilişkili aktif volkan oluşumlarına, en iyi örnek Hawaii adası verilebilirken, kıtasal alanlarda manto sorgucu şeklinde oluşanlara ise Yellowstone (ABD) ulusal parkının bulunduğu bölgedeki volkanlar örnek verilebilir. Aktif volkanların çoğunluğu okyanus ortası sırtlarda veya onun kenarlarında bulunmaktadır. Bunlardan en uzun Atlantik Ortası sırtıdır. Bu volkanların çoğu denizaltı volkanıdır. Günümüzde de etkinliğini sürdüren İzlanda adasını oluşturan volkanlar, Atlantik Okyanusu ortasından geçen iraksayan plaka sınırlarındaki okyanus ortası sırtı volkanizmasının deniz seviyesi üzerine çıkarak oluşumunu sürdüren tek güncel örneğidir. Tüm volkanların yaklaşık %20 si de ülkemizin de içinde bulunduğu Alp-Himalaya çarpışma kuşağı üzerinde yer alan Akdeniz alt kuşağında yer alır. Pasifik ve Akdeniz volkan kuşağındaki volkanların büyük çoğunluğu kompozit/stratovolkan türündedir. Bu kuşağın Akdeniz alt kuşağı üzerindeki, en aktif volkanlar Etna, Stromboli, Vezüv, Santorini, Nisiros, Kos, Methana ve Milos volkanlarıdır. Bu aktif volkanların bir kısmı deniz içinde bir kısmı ise ana kara üzerinde gelişmiştir. Türkiye üzerinden doğuya doğru devam eden aktif volkanlar Ermenistan, Azerbaycan ve İran üzerinden doğuya doğru devam eder.

Hem geçmişte faaliyet göstermiş hem de günümüzde faal olan volkanlar, faaliyetlerinin büyüklüğü ile doğru orantılı olarak bazen yerel bazen de küresel ölçekte çıkardıkları lav, kül ve gaz buharı gibi malzemeler nedeniyle çevre felaketi olarak nitelenebilecek can ve mal kaybına neden olmaktadır. En çok can kaybına neden olan son 200 yılda meydana gelen 10 volkanik patlama/püskürme Tablo 1'de verilmiştir (Kursky, 2008).



Şekil 1. Aktif volkanların Dünya haritası üzerindeki dağılımları. (Monroe ve Wicander, 2005)

Figure 1. Distribution of active volcanoes on the world map. (Monroe and Wicander, 2005)

**Tablo 1.** Son 200 yıl içerisinde gerçekleşmiş ve en çok insan kaybına neden olan volkanik patlamalar.**Table 1.** Volcanic eruptions that took place in the last 200 years and caused the most human loss.

Volkan, Ülke	Patlama Yılı	Ölü Sayısı
Tambora, Endonezya	1815	92.000
Krakatau, Endonezya	1883	36.500
Mount Pele, Martinik	1902	29.000
Nevada del Ruiz, Kolombiya	1985	24.000
Santa Maria, Guetemala	1902	6.000
Galunggung, Endonezya	1822	5.500
Awu, Endonezya	1826	3.000
Lamington, Papua Yeni Gine	1951	2.950
Agung, Endonezya	1963	1.900
El Chichon, Meksika	1982	1.700

Püskürme sırasında çıkan volkanik kökenli **gazlar** heterojen bir karışım olup, bu karışımın en bol bulunan **gaz** su buharıdır (H<sub>2</sub>O). Bunu karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) takip eder. Diğer **gazlar** hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S), hidrojen klorür (HCl), hidrojen florür (HF), hidrojen (H<sub>2</sub>), karbon monoksit (CO) ve helyumdur (He). Doğrudan atmosfere yayılan bu gazların insan sağlığına doğrudan çok fazla bir etkisi olmadığı belirtilmekle beraber, 1782 de İzlanda'da çatlaklardan çıkan toksik gazlardan dolayı çiftlik hayvanlarının %75'i telef olmuş, tarımsal ürünlerin azalmasına bağlı kıtlık oluşmuş ve nüfusun %24'nün ölümü gibi bazı felaketleri de beraberinde getirmiştir (Aydın, 2001). Atmosfere yayılan özellikle karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gazının sera etkisi yaratıp yaratmadığı konusunda da tartışmalar olmakla beraber, andropojenik (insan kaynaklı) etkinin yanında bunun önemsiz olduğu, hatta küresel ısınmanın aksine küresel soğumaya neden olduğu belirtilmektedir (Gerlach, 2011). Pinatubo volkanı örneğinde atmosfere yayılan sülfat parçacıklarının güneş ışınlarını engellemesi nedeniyle 15 ay boyunca küresel sıcaklığın 0,6°C azaldığı açıklanmıştır (Gerlach, 2011).

En son küresel ölçekte etkili olan 2010'daki Eyjafjallajökull (İzlanda) yanardağ patlaması sonucunda atmosfere yükselen kül, toz ve gaz bulutu nedeniyle aylarca Avrupa üzerindeki hava ulaşımının durmasına neden olmuştur. Yakın tarihsel geçmişte küresel boyutta yaşamı olumsuz yönde etkileyen büyük can kayıplarına ve küresel ölçekte mevsim değişimlerine ve buna bağlı kıtlıklara neden olan birçok volkanik patlama yaşanmıştır. Örneğin küresel ölçekte etkili olan 1600 yılında Peru'da (Güney Amerika) meydana gelen Huaynaputina patlaması son 2000 yılda tarihteki en büyük volkanik patlamalardan birisi olup, tarihsel kanıtlar 1601'de hem Çin hem de Kore Yarımadası'nda ani bir soğuma dönemine ve salgın hastalıklara neden olmuştur (Fei ve diğ., 2016). Akdeniz havzasındaki Vezüv yanardağının M.S. 79'daki patlaması sonucunda Pompeii şehri tamamen küllerle örtülmüştür. Yalnızca Pompeii'de, "nuee ardent" olarak bilinen, patlamayla birlikte hızla hareket eden sıcak akkor halindeki kül akıntısının altında kalan 16.000 kişi ölmüştür (Kursky, 2008). Endonezya'daki Tambora Yanardağı'nın 1815'deki faaliyeti sonucunda püskürme merkezinden 75 km uzakta 1 m kalınlıkta kül birikmiş ve 11-12.000 kişi hemen 60.000 kişi ise mahsul yetersizliği nedeniyle açlık ve hastalıktan ölmüştür (Oppenheimer, 2003). Stothers

(1984), 1816 yılında aşırı iklim anormalliği nedeniyle ortalama küresel sıcaklığın 0.4-0.7°C azaldığını ve yazsız bir tarım yılı felaketi yaşandığını doğrudan ve dolaylı etkilerle can kaybının 88.000 den fazla olduğunu belirtmektedir. Benzer şekilde Akdeniz coğrafyasında Ege Denizi'ndeki Thera (günümüzdeki adı Santorini) volkanının M.Ö. 1613'de Minos patlaması olarak adlandırılan püskürmesi sonucunda Minos Uygarlığı yok olmuştur (Gürsoy ve diğ., 2022). Minos patlaması sonucunda Ege ve Akdeniz kıyılarında tsunami oluşmuş ve atmosfere yayılan büyük miktarlarda kül ve kükürt dioksitin neden olduğu sıcaklıklardaki düşüş, daha sonra bölgede birkaç yıl süren soğuk ve yağışlı yazlara yol açarak bu coğrafyadaki tarımsal hasadı olumsuz etkilemiştir.

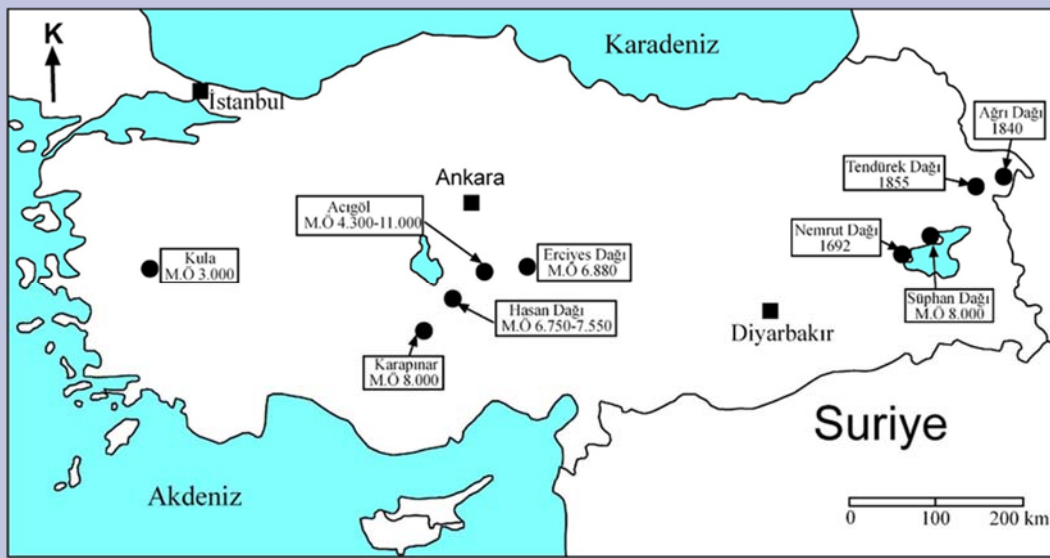
### Türkiye'deki Aktif Volkanlar

Türkiye, Dünya'da sismik ve aktif volkanik faaliyet açısından önemli iki kuşaktan birisi olan Alp-Himalaya çarpışma kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Günümüz Türkiye coğrafyasında yüzeyleyen tüm kayalar, bütün jeolojik zamanlar boyunca Pantalassa, Paleotetis ve Neotetis okyanusunun kollarının açılıp kapanma sürecinde gelişen birçok jeodinamik olaylara ait kanıtları taşımaktadır. Avrasya ile Afrika kıtaları arasında yer alan günümüz Türkiye'sinin Senozoyik başındaki paleocoğrafyasında varolan Neotetis okyanusunun kolları, son 65 Milyon yıldan bu yana Avrasya ile Afrika plakaları arasındaki K-G yakınsama hareketine bağlı olarak kapanmaya başlamıştır. Bu kapanma sürecinde Neotetis'in kuzey kolunun kuzeye doğru Pontid'lerin, güney kolunun ise yine kuzeye Torid/Anatolid'lerin altına dalıp batması ve çarpışması sonucunda yaygın biçimde Anadolu plakacığı üzerinde milyonlarca yıl öncesinden başlayarak tarihsel zamanlara kadar çeşitli evrelerde kabuk içinde yaygın magmatik sokulumlar ve volkanik püskürmeler olmuştur. Senozoyik döneminde oluşan volkanik kayaların alansal büyüklüğü Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %16'sını kaplamaktadır (Türkecan, 2015). Paleosen'den günümüze kadar süren jeodinamik olaylar sonucunda morfolojik, yapısal, jeokimyasal ve petrografik/petrolojik özellikleri birbirinden farklı birçok volkanizma gelişmiştir. Anadolu bloğu ile Arap platformunun kıta-kıta çarpışması ile Geç Miyosen'de başlayan neotektonik dönemle birlikte başta Doğu Anadolu bölgesi olmak üzere tüm Türkiye'de Neojen-

Kuvaterner'den tarihsel döneme kadar uzanan yaygın bir volkanizma dönemi başlamıştır. Bu volkanizma Batı, Orta ve Doğu Anadolu'da köken açısından farklı petrolojik ve jeokimyasal karakterler taşıdığı bilinmektedir. Bölgesel olarak farklı jeokimyasal, petrolojik karakterleri ve tarihsel dönemlere kadar varan farklı yaşları aynı zamanda Türkiye'nin jeomorfolojik yapısının da şekillenmesinde önemli rol oynamıştır. Bu kıtasal çarpışma sonucunda Doğu Anadolu'da bir kabuksal kalınlaşma (Dewey ve diğ., 1986) ile ilişkilendirilen volkanizmanın aslında bölgenin altındaki manto litosferinin delaminasyonu sonucunda (Pearce ve diğ., 1990; Keskin ve diğ., 1998; Keskin, 2003, 2007) oluştuğu görüşleri kabul görmektedir.

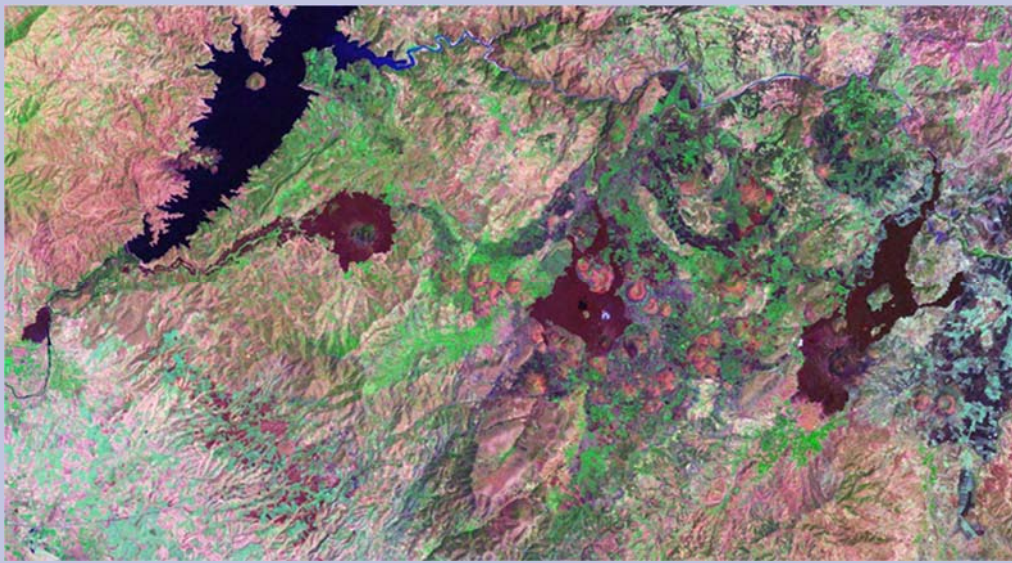
Türkiye'de bilinen ve tarihsel dönemlerde faaliyet göstermiş ve gösterme potansiyeli olan çok sayıda aktif volkan bulunmaktadır (Şekil 2). Son 12.000 yıllık zaman

dilimi içinde faaliyet göstermiş olan 9 volkanik çıkış merkezinin birincil morfolojik yapıları stratovolkan, kaldera, kalkan, lav kubbesi, maar ve volkanik alan şeklinde gelişmiştir. Ağrı, Erciyes, Hasandağ, Nemrut ve Süphan Dağları stratovolkan morfolojileri ile karakteristik bir görünüme sahiptir. Bazılarının üzerinde ve çevresinde ise kaldera ve küçük parazitik koniler gelişmiştir. Tendürek ve Karacadağ (Diyarbakır) volkanları ise kalkan şekilli bir morfoloji gösterir. Buldukları bölgedeki vadiler içerisine doğru akmıştır. Kula (Manisa) bölgesi vadi içlerine akmış üçü büyük boyutta onlarca küçük koni ve birkaç maardan oluşan bir volkanik alandır (Ercan, 1993; Richardson Bunbury, 1996; Türkecan, 2015). Karapınar (Konya) ve yakın dolayında Meke maarının yanı sıra değişik boyutta birçok cüruf/kül konisi gelişmiştir.



Şekil 2. Türkiye'de Holosen-Günümüz arasında faaliyet göstermiş volkanların konumu.

Figure 2. The location of the volcanoes that were active between the Holocene and the present in Turkey



Şekil 3. Kula volkanik alanının üç ana ve onlarca küçük kül/cüruf konilerinin vadi içine akan lavların SİD uydu görüntüsü.

Figure 3. SID satellite image of lava flowing into the valley of three main and dozens of small ash/slag cones of the Kula volcanic field

### Kula Volkanı

Holosen (son 12.000 yıl) döneminde Ege-Akdeniz volkanik kuşağında Anadolu yarımadası üzerinde üçü büyük bir dizi küçük volkanik çıkış merkezinden oluşan volkanlar topluluğu Kula (Manisa) volkanı olarak bilinmektedir (Şekil 3). Ünlü tarihçi Strabon'un "Geographica" eserinde Kula'yı "Yanık ülke" anlamına gelen "Katakekaumene" olarak adlandırmıştır (Pekman, 2000). Kula bölgesindeki genç volkan konilerinin ve lav akıntılarının volkanolojik ve jeomorfolojik özellikleri il kez Erinç (1970) tarafından ortaya konulmuştur. Korunmuş morfolojisi ile dikkat çeken Kula bölgesi volkanik alanı ve kendine özgü yapı tarzına sahip evleriyle birlikte 2013 yılında UNESCO tarafından kültürel jeopark ağına alınmıştır.

Kula volkanik alanında 1969 yılında Cüruf konisi (Sinder) çevresinde bazalt lavı akıntısı yakınındaki tuf ara tabakalar içinde fosil insan ayak izleri bulunmuştur. Cüruf konisi çevresindeki piroklastik malzemenin işletilmesi sırasında ortaya çıkan bu ayak izleri Tekkaya (1976), Öngür (1976) ve Kayan (1992) tarafından bilim dünyasına duyuran yazılar ve makaleler yazılmıştır (Şekil 4). Ancak Ulusoy ve diğerleri (2019) çalışmasında çakallar konisi

dolayındaki hidrovolkanik kül içindeki insan ayak izleri üzerine gelen cüruf birikintilerinden  $4.700 \pm 700$  yıl yaşını saptamıştır. Ayrıca bu bölgede kaya üzerine volkanı andıran biçimde çizilen resimlerin de Tunç Çağı'na (M.Ö. 3.000-1.200 arası) ait olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

### Karapınar Volkanı

Karapınar volkanik sahası çok sayıda polijenetik volkan ve monojenetik koni ve maarlardan oluşan Neojen-Kuvaterner yaşlı Kapadokya Volkanik Bölgesinin en güneybatı kesiminde bulunmaktadır (Keller, 1974; Toprak, 1998). Karadağ (Karaman) ile Karacadağ volkanik yüzlekleri arasında KD-GB yönünde dizilmiş olan bir dizi koni ve hat üzerinde Büyük Meke, Küçük Meke bazaltik konileri ile Meke ve Acıgöl maarı bulunmaktadır (Şekil 5) (Kuzucuoğlu, 2019). Bu koni ve maarların GB'dan KD'ya doğru gençleştiğini belirtmekte ve Geç Pleyistosen (en üst sınırı 11.700 yıl) yaşını önermektedir. Karapınar bölgesindeki bu volkanizma GVP (2013) "Global Volcanism Programme, 2013" web sitesi veri tabanında Türkiye'de Holosen döneminde yaklaşık 10.000 yıl öncesinde aktif olmuş volkanlar kategorisinde değerlendirilmektedir.



**Şekil 4.** Demirköprü Barajı batı kısmında açık renkli volkanik kül tabakası üzerinde ayak izleri. İzler bazaltik cüruf parçaları ile örtüldüğü için günümüze kadar bozulmadan kalabilmiştir (Kayan, 1992'den alınmıştır).

**Figure 4.** Footprints on the light colored volcanic ash layer on the west bank of Demirköprü Dam. Since the traces were covered with basaltic slag fragments, they remained intact until today (taken from Kayan, 1992).



**Şekil 5.** Meke Krater Gölünün görünümü.  
**Figure 5.** View of Meke Crater Lake

### **Hasandağ Stratovulkani**

Hasandağ stratovulkanının 130 km güneybatısındaki Çatalhöyük'te yapılan arkeolojik kazı çalışmalarında yerleşkenin VII katındaki MÖ 6600-6400 (günümüzden 8.600-8.400 yıl önce) öncesine tarihlendirilen bir evin kalıntılarında bulunan ve üzerinde noktalar bulunan bir çizim bulunmuştur. Bu çizimin altındaki bir yerleşim krokisini (Şekil 6) andıran geometrik şekillerin volkanı temsil ettiği düşüncesi (Mellaart, 1967) uzun zamandan beri tartışma konusu olmuştur. Günümüzde çift zirveli gözlenen Hasandağ ile söz konusu kroki resmin benzerliğinden yola çıkılarak Schmitt ve diğerleri, (2014) Büyük Hasan Dağı'nın zirvesinden alınan pomza örneğinden (zirkon minerallerinden U/Th-He yaşı)  $8.970 \pm 640$  yıl yaş saptanmıştır. Kesin olmayan bazı verilere göre Hasandağ stratovulkanının M.Ö 6.750 ve M.Ö 7550 yıllarında da aktivite gösterdiği belirtilmektedir (GVP, 2013).

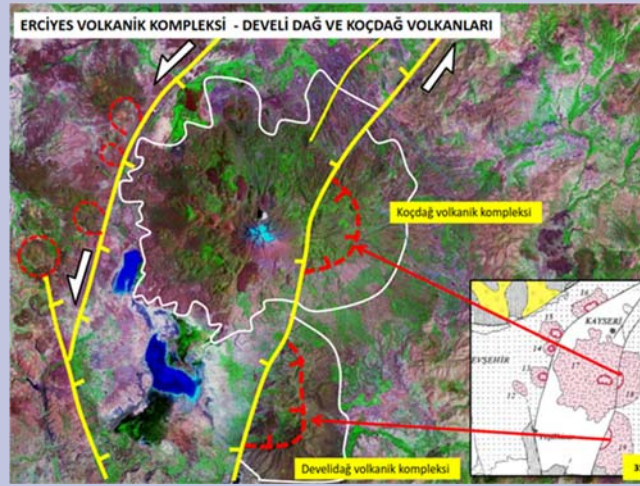
Son yıllarda yapılan çalışmalarda (Aydar ve Gourgaud, 1998; Deniel ve diğerleri, 1998; Kuzucuoğlu ve diğerleri, 2020) Büyük Hasandağ volkanının sadece Geç Pleistosen'de değil aynı zamanda Holosen'den yakın tarihsel çağlara kadar aktif olduğunu kanıtlamaktadır. Hasan Dağı'nın zirvesinde K/Ar yaşlandırması yapılmış ve elde edilen genç yaşlar volkanın Son Buzul Çağı'nda ve Holosen'de patladığını göstermektedir (Kuzucuoğlu vd.,1998). Kuzucuoğlu ve diğerleri (1998)'nin ayrıca Dikmen köyü yakınında bir lav akıntısından elde ettiği "0" K/Ar yaşının gösterdiği gibi daha güncel zamanlarda da volkanik faaliyet devam etmiştir.

Volkanın zirve alanında zayıf fumerol faaliyetleri, kışın yanardağdaki karların yerel olarak erimesi (köylüler tarafından bildirildiği üzere) ve tarihsel zamanlarda (kuzey kenarındaki bir lav kubbesinden <6000 yıl, K/Ar yaşı) etkinliği, Hasan Dağı'nın potansiyel olarak tehlikeli bir volkan olduğunu göstermektedir (Aydar ve Gourgaud, 1998). Kuzucuoğlu ve diğerleri (2020) çevresinde yaşayan nüfus ve şehirler için, özellikle de son faaliyetlerin yoğunlaştığı kuzeyden kuzeybatıya kadar olan bölgeler için tehlikeli olduğunu ve risk yönetimine ilk yanıt olarak MTA tarafından 2015 yılından bu yana Hasandağ yanardağının olası magmatik aktivitesinin izlendiğini belirtmektedir. Yanardağın hareketini izlemeye yönelik olarak 2017-2018 yılları arasında ise GPS çalışmaları yapılmıştır (Ulusoy ve diğerleri, 2019).

2021 yılının sonlarında Niğde ve civarında meydana gelen 5.1 büyüklüğündeki deprem sonucunda Hasandağ civarında Aksaray AFAD ekipleri tarafından yaklaşık  $55^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcak su çıkışları tespit edilmiştir. Bu durum AFAD tarafından Hasandağ stratovulkanının yeniden aktivite göstermeye başlayabileceği şeklinde düşünülmüş olmakla beraber geçen bugüne kadar herhangi bir aktivite yaşanmamıştır (Dönemin gazete haberleri). Ayrıca 25 Şubat 2023 tarihinde Niğde'nin Bor ilçesinde meydana gelen 5.3 şiddetindeki deprem sonrası bölge ve civarında Hasandağ stratovulkanının hareket geçebileceği şeklinde bir korku oluşmuş olsa da şimdilik herhangi bir volkanik hareketlilik gözlemlenmemiştir (Dönemin gazete haberleri).



**Şekil 6.** Kazılardan çıkarılan ve Hasandağ stratovulkanını temsil ettiği düşünülen temsili resmin görünümü (Mellaart, 1967).  
**Figure 6.** View of the representative image, which is thought to represent the Hasandağ stratovolcano from the excavations (Mellaart, 1967).



**Şekil 7.** Erciyes stratovolkanın uydu görünümü (Dirik, 2001).  
**Figure 7.** Satellite view of Erciyes stratovolcano (Dirik, 2001).

### Erciyes Volkanı

Kapadokya Volkanik Kompleksinin en büyük yanardağlarından birisi olan Erciyes stratovolkanı 3917 metre yüksekliğiyle İç Anadolu'nun en yüksek dağıdır. Bölgede Geç Miyosen-Pliyosen'de (2.7-3.0 MY İnnocenti ve diğerleri, 1975; 2.5 MY Ercan ve diğerleri, 1994) başlayan yaygın volkanizmanın ilk çıkış merkezlerinden olan Develidağ ve Koçdağ komplekslerinin batı yarılı günümüz Erciyes volkanik kompleksinin ana gövdesi tarafından örtülmüş ya da Sultansazlığı çöküntüsünün altında kalmıştır (Türkecan ve diğerleri, 1998) (Şekil 7). Konumsal olarak Ecemiş Fayı'nın en kuzeydoğu kesimi ile Deliler Fay Zonunun en GB uzantısını oluşturan Erkilet-Erciyes-Yeşilhisar faylarının kavuştuğu bölgede bulunan Erciyes stratovolkanı, her iki fay sisteminin bir miktar hem doğrultusuna ve hem de hareket karakterindeki değişimine bağlı olarak genişleme bölgesinde gelişmiş bir volkan'dır (Gürsoy, 2023, sözlü görüşme).

Erciyes stratovolkanının Orta Anadolu Fay Zonu'nun (Koçyiğit ve Beyhan, 1988; Dirik, 2001) gelişimi ile eşzamanlı başlamış ve kompleksin ana bacası dışında değişik kesimlerinden lav çıkışı ve püskürmesi tarihsel çağlara kadar devam etmiştir. Ana gövdesi dışında üzerinde ışınal olarak dizilmiş onlarca parazitik koni oluşumları ile kendine özgü bir morfoloji oluşturur.

Ünlü tarihçi Strabon (yaklaşık M.Ö. 63 - M.S. 23) Geographica adlı eserinde Erciyes (Argaios) dağının eteğindeki Mazaka (Kayseri) ile ilgili anlatımında "bütün çevredeki toprak düz olduğu halde, çok kıraçtır ve çift sürmeye elverişli değildir, kumlu ve altı kayalıktır. Biraz daha ilerleyince içinde ateş çukurları bulunan birçok **stadion** (177.4 m) uzunluğundaki volkanik araziye gelir." diye tanımlama yapmıştır. Bu bilgilere göre Erciyes dağı'nın 2000 yıl öncesine kadar en azından fümerol safhası şeklinde aktif olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca bu bölgeye ilişkin eski Roma paraları (MS 253) üzerinde olasılıkla Erciyes'i betimleyen bir yanardağ resmi bulunmaktadır (Feraud ve Özkoçak, 1993). Baykal ve Tatar (1970), Kayseri yakınlarında Kültepe'de arkeolojik kazılar sırasında bulunan volkanik bir cüruf içinde insan eliyle

yapılmış seramik parçalarının ksenolit olarak bulunduğunu belirterek, Erciyes volkanizmasının çok yakın zamanlarda da etkin olduğunu öne sürmüşlerdir. Bu veri arkeolojik sit alanının Tunç çağı (M.Ö.3000-M.Ö.1000) döneminde bir volkanizmadan etkilendiğini göstermekte ancak Tunç Çağı'nın hangi katında bulunduğu dair henüz somut bir bilgi bulunmamaktadır. Devel ve diğ (2009) Yammoûneh paleo gölünden (Lübnan) alınan karotlardaki Holosen sedimanlarında bir volkanik kül tabakası tanımlamışlardır. Bu araştırmacılar Elektron mikroprob analizleriyle volkanik kül içindeki volkan camının temel element kimyası analizlerini Ege Bölgesindeki ve Doğu Anadolu'daki olası çıkış merkezleriyle karşılaştırdıktan sonra bu külün Kapadokya Volkanik Bölgesi kökenli (Hasandağ, Erciyes dağı) olduğunu ve kül tabakasında yer alan kırıntılı ağaç parçalarının radyokarbon tarihlemesinin de yaklaşık olarak 8.600 yıllık bir yaş verdiğini belirtmektedir.

### Acıgöl Volkanik Kompleksi

Kapadokya Volkanik Kompleksi içerisinde Geç Miyosen'de başlayıp Holosen'de de etkin olmuş dom, maar, koni ve kaldera oluşumu biçiminde birçok farklı morfolojik yapılarıyla birlikte tüf, obsidiyen, lav akıntısı ve piroklastik malzemeler çıkarmış bir dizi volkanik çıkış merkezinden oluşan bir topluluktur. Kuzucuoğlu ve diğ. (1998) Orta Anadolu'nun Pleyistosen'deki ortamsal evrimini araştırdığı çalışmada organik maddeleri, jipsleri ve kabukları yaşlandırarak volkanlardan çıkan tefra tabakalarının kronostratigrafisini ortaya koymuştur. Eski Acıgöl maarının sediman dolgusunu inceleyerek Acıgöl ve çevresinde Geç Buzul ve Holosen sırasında birkaç patlamanın varlığını belirlemiştir. GVP (2013) göre Geç Pleyistosen Acıgöl maarı'nın karot sedimanlarında yaklaşık 11.000 ile 4.300 yıl önce yerel tefralardan püskürmüş 13 kül tabakası bulunmuştur. Bu volkanik gruptaki bir kül tabakası, MÖ 2.300-1.850 dönemindeki Roma-Kapadokya çağına ait insan eserlerini de örtmektedir.

### Nemrut Stratovolkanı

Doğu Anadolu Bölgesi çok geniş bir alanda kalın ve genç bir volkanik örtü ile kaplıdır. Bu volkanik örtünün yüzeye ulaşmasında Nemrut, Süphan, Tendürek, Büyük ve Küçük Ağrı Dağları gibi büyük volkanik çıkış merkezleri önemli rol oynamıştır. Jeokimyasal karakterleri dışında Doğu Anadolu'da böyle birçok büyük volkanik çıkış merkezlerinin tekil jeomorfolojilerinin varlığı kısmen İç Anadolu kısmen de Batı Anadolu bölgesindeki Neojen-Kuvaterner dönemi volkanizmasının çıkış merkezlerinin türü ve boyutlarıyla ayıran en önemli fiziksel özelliklerinden birisidir. Bu kalın ve yaygın volkanik örtünün oluşumunun aynı zamanda çok genç (tarihsel çağlara kadar sürmüş) olması, Doğu Anadolu'nun günümüzdeki sarp jeomorfolojisinin oluşmasında etkili olmuştur.

Doğu Anadolu bölgesinde çok geniş alanlarda yüzeyleyen Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçların oluşturduğu yüksek platoların yanı sıra morfolojik görüntü itibarıyla çevresinden belirgin şekilde göze çarpan genç ve büyük volkan konilerinden birisi de Nemrut stratovolkanıdır. Van gölü ile Muş ovasını ayıran 2935 m yüksekliğindeki bu stratovolkan uzun eksenli 27 km kısa eksenli 18 km boyutunda elips biçimli geniş bir tabana sahiptir (Yılmaz ve diğerleri, 1998). Zirve kısmında ise içinde bir krater gölü olan 6x9 km çaplı çökmüş bir kaldera bulunur (Şekil 8).

2.5 MY önce ilk evre volkanizmasıyla oluşmaya başlayan Nemrut stratovolkanının faaliyeti değişik zaman aralıklarında tekrarlanarak tarihsel çağlara kadar sürmüştür. MS 1441'de meydana gelen ve tarihsel olarak kaydedilmiş bir patlama yaşayan Anadolu'nun tek yanardağıdır (Oswalt, 1912). Bu patlama ile ilgili Karakhanian ve diğerleri (2002) Ermeni tarihi kayıtlarında yer alan belgelerde Nemrut volkanı ilişkili 3 volkanik faaliyeti anlatan ifadeler şöyledir.

1- "1441 yılında Khlát (Ahlat) ve Baghesh (Bitlis) kasabaları arasındaki Nemrut Dağı, korkunç bir fırtına gibi aniden gürlendi; Dağın geniş bir çatlağın nasıl yarıldığını ve çatlaktan puslu duman ve kokuşmuş alev çıktığını görünce tüm ülke ürperdi. Çocuklar bu kokudan bıktı ve yanan alevden kaynakayan taşlar, beş kangoun ağırlığındaki devasa taşlar gökyüzüne fırlatıldı; yangın iki günlük seyahat mesafesinden görüldü. Khlát (Ahlat) kasabası o gök gürültüsünden titriyordu. Dağ yarılarak koca bir uçurum açmış, zirvedeki taşlar kaynayıp eriyip birbirine yapışmış ve bu yıllarca böyle devam etmiş."

2- "13 Nisan 1692 yazında (?) Baghesh (Bitlis) (Van Gölü) kasabasında, güneş ışığı sabahdan beri loş ve renkliydi; insanlar birbirini göremesin diye yeryüzünü karanlık

kapladı. Akşama kadar kırmızı tozlar yere düştü ve deprem oldu, birçok yerleşim yeri yıkıldı ve çok sayıda insan öldü."

"M.S. 1111 yılında Ermenistan'ın Vaspurakan (Van) eyaletinde, kışın gökler gece açıldı ve Van Gölü'ne ateş yağdı. Dalgalar korkunç bir gürültüyle kıyıyı aştı. Hem sular hem de toprak korkunç bir gök gürültüsüyle titredi. Göl suları kırmızıya boyandı. Alev uçurumların kalesini yırttı. Sabah olunca insanlar çok sayıda balığın telef olduğunu gördüler. Kokuşmuş koku etraftaki her şeyi doldurdu. Dünyanın birçok yerinde çok derin yarıklar oluştu."

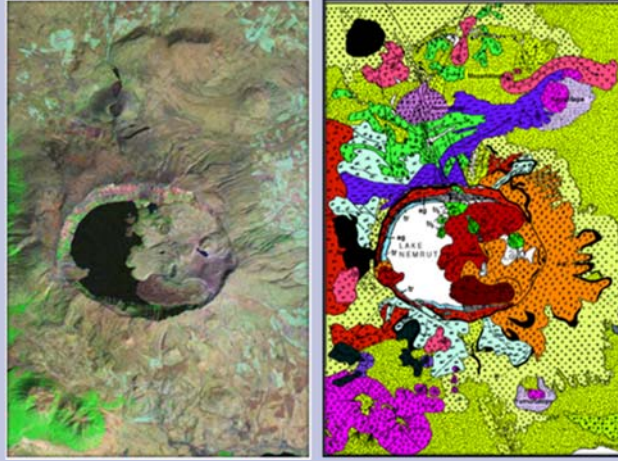
3- "18 Mayıs 1881'de Van'da şiddetli bir deprem oldu; Terzour Köyü'nde herşey yerle bir oldu. Depremden bir gün önce, köylülerden biri Nemrut Dağı'nda korkunç bir yeraltı patlaması duydu. Terzour köyü, 400 yıl önce Nemrut kraterinden akan bir lavın üzerine kurulmuş..."

1441'deki patlama sırasında yöre halkı tarafından Kantaşı olarak bilinen koyu, kırmızı lekeli, trakitik lavlar oluştuğu ifade edilmiştir (Yılmaz ve diğ. 1998). GVP (2013) kayıtlarına göre Holosen döneminde hakkında doğrulanmış 26 kayıt ile de en çok bilginin sahip olduğu bir volkanıdır. Ancak Aydar ve diğ., (2003) en son kaydedilen volkanik aktivitenin 1441'de olduğu bilinmesine rağmen, Nemrut'un son patlamasının daha yakın bir zamanda, olasılıkla 1597'den hemen önce meydana geldiğini belirtmektedir. Mevcut aktif tektonik rejim, tarihsel patlamalar, manto kökenli magmatik gazların oluşumu ve kaldera tabanındaki fumerol ve kaplıca faaliyetleri, Nemrut Volkanı'nı çevresi için gerçek bir tehlike haline getirdiği belirtilmektedir (Aydar ve diğerleri, 2003). Haroutiunian (2006), Milton (1985) kronikleri kaynak göstererek 1.1.1650'de Van Gölü'ndeki sualtı patlaması hakkında 27.10.1650'de gözlemlenen etkilerle ilgili çarpıcı bir tarihsel kanıttan bahsetmektedir. Türkiye'deki en aktif volkanlardan birisi olan Nemrut Volkanı tarihsel dönemler içerisinde 26 defa aktivite göstermiştir (GVP, 2013) (Tablo 2).

#### **Tendürek Volkanı**

Doğu Anadolu bölgesindeki çok geniş alanlarda yüzeyleyen Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçların çıkış merkezlerinden birisi de Tendürek volkanıdır. Bu volkan Doğu Anadolu'da koni şeklinde gelişen devasa boyutlu Nemrut, Ağrı, Süphan, Kirkor, Solhan dağları oluşturan stratovolkanlardan farklı bir morfolojik yapıya sahiptir. Tendürek volkanı doğrudan Doğu Anadolu Yığılma Karmaşığı kayaçlarının (Şengör ve Yılmaz, 1981) oluşturduğu temel üzerinde birisi merkezde ve büyük, diğeri doğuda ve daha küçük iki koni çıkış merkezinden çıkan lavların ışınal olarak akarak oluşturduğu kalkan biçimli bir volkanıdır.





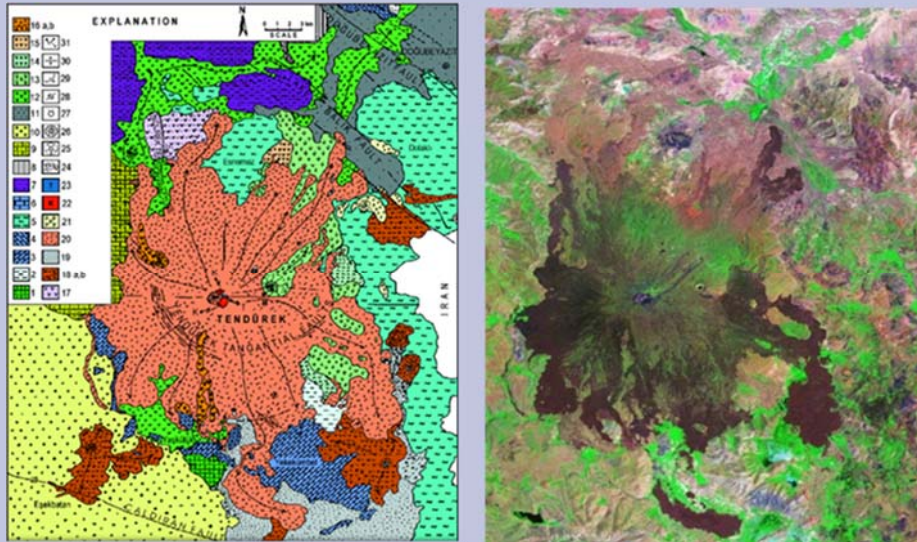
**Şekil 8.** Nemrut stratovulkanının Google Earth ve jeolojik haritadaki konumlarının görünüşleri (Yılmaz ve diğerleri, 1998'den alınmıştır).

**Figure 8.** Views of the location of the Nemrut stratovolcano on Google Earth and on the geological map (taken from Yılmaz et al., 1998).

**Tablo 2.** Nemrut stratovulkanının Holosen dönemi içerisindeki patlama tarihleri (GVP, 2013).

**Table 2.** The eruption dates of the Nemrut stratovolcano in the Holocene period (GVP, 2013).

Volkan Adı	Patlama Tarihi
Nemrut Volkanı	13 Nisan 1692, 27 Ocak 1650, 1597, 1441, 1402, 1111
Nemrut Volkanı	M.Ö.531, M.Ö.657, M.Ö.787, M.Ö.1396, M.Ö.1662, M.Ö.4055, M.Ö.4321, M.Ö.4615, M.Ö.4849, M.Ö.4938, M.Ö.5085, M.Ö.5152, M.Ö.5242, M.Ö.5320, M.Ö.5745, M.Ö.6213, M.Ö.6471, M.Ö.7087, M.Ö.7579, M.Ö.7769, M.Ö.9950,



**Şekil 9.** Tendürek volkanının Google Earth ve jeolojik haritadaki konumlarının görünüşleri (Yılmaz ve diğerleri, 1998'den alınmıştır).

**Figure 9.** Views of Tendürek volcano's positions on Google Earth and on the geological map (taken from Yılmaz et al., 1998).

**Tablo 3.** Ağrıdağı stratovulkanının Holosen dönemi içerisindeki patlama tarihleri (GVP, 2013).

**Table 3.** The eruption dates of the Ağrıdağı stratovolcano in the Holocene period (GVP, 2013).

Volkan Adı	Patlama Tarihi
Ağrıdağı Stratovulkanı	2 Temmuz 1840, 1783, 1450
Ağrıdağı Stratovulkanı	M.Ö.550, M.Ö.2450

Bu temel üzerinde oyulmuş derin vadi içlerini trakitik ve piroklastik malzemeler akarak doldurmuştur (Yılmaz ve diğerleri 1998). Ana gövde üzerinde yay biçimli bir dizi kırık sistemi gelişmiş durumdadır (Şekil 9).

Halen krater ve yan taraflarından fümerol safhasını gösteren sıcak su buharı ve H<sub>2</sub>S ve CO<sub>2</sub> gaz çıkışı devam eden volkandan akan en genç lav 2500 yıllıktır (Nagao ve diğ. 1989; Ercan ve diğ., 1990; Yılmaz ve diğ., 1998). GVP (2013) Tendürek volkanının Holosen döneminde MÖ 550 ve 1855 yıllarında etkin olduğundan söz etmektedir.

### Ağrı Dağı Stratovolkani

Türkiye'nin Ermenistan ve İran ile sınırında yer alan Ağrı dağı 5137 metre yüksekliği ile ülkemizin en yüksek dağıdır. Büyük Ağrı ve Küçük Ağrı şeklinde iki volkan konisi yaklaşık 17 km yarıçaplı dairesel bir taban üzerinde oturmaktadır (Karakhanian ve diğ., 2002). Asidik ve ortaç karakterli bir jeokimyaya sahip olan Ağrı dağından, K/Ar yöntemi ile genellikle 1.5 MY ile 20.000 yıl arasında değişen farklı zaman aralıklarında birçok kez püskürdüğünü gösteren jeokronolojik yaşlar elde edilmiştir (Sanver, 1968; Innocenti ve diğerleri, 1976; Nagao ve diğerleri, 1989; Pearce ve diğerleri, 1990; Ercan ve diğerleri, 1990; Notsu ve diğerleri, 1995; Yılmaz ve diğerleri, 1998).

Karakhanian ve diğerleri, (2002) M.Ö. 2.500-700 yılları arasında volkanik kül felaketinin yaşanmış olabileceğini, Alman jeolog Wagner (1848)'in yörede yaşanan 1840 deprem felaketi ile Ağrı Dağı'nda meydana gelen heyelanın Ağrı Dağı volkanından kaynaklandığını düşündüğünü, konuyla ilgili olarak görgü tanıklarının ifadelerinden aktarmıştır.

"Global Volcanism Programme, 2013" web sitesi veri tabanında tarihsel dönemlerde Ağrı dağında 2 Temmuz 1840, M.Ö 550 ve M.Ö 2450 yılında patlamalar olduğunu bunun yanı sıra her ne kadar doğrulanmamış olmakla birlikte 1450 ve 1783 yıllarında patlamalar olmuş olabileceğini vurgulamaktadır (Tablo 3). Tarihsel dönemlerde aktif olan Ağrı Dağı volkanı Türkiye, İran ve Ermenistan için doğal bir risk faktörü olarak görülmektedir.

### Kaynaklar

1. Aydar, E. & Gourgard, A. (1998). The geology of Mount Hasan stratovolcano, central Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85: 129-152.
2. Aydar, E., Gourgaud, A., Ulusoy, İ., Digonnet, F., Labazuy, P., Sen, E., Bayhan, H., Kurttas, T., Toluoglu, A.Ü. (2003). Morphological analysis of active Mount Nemrut stratovolcano, eastern Turkey: evidences and possible impact areas of future eruption, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 123, Issues 3-4, Pages 301-312.
3. Aydın, A. (2001). Volkanik gazlar ve iklim. *Mavi Gezegen Dergisi*. Sayı 4: 37.
4. Baykal, F. & Tatar, Y. (1970). Erciyes Volkanizmasının Yaşı Hakkında Yeni Gözlemler. *Türkiye Jeoloji Bülteni*. 13 (2): 19-25.
5. Deniel, C., Aydar, E., Gourgaud, A. (1998). The Hasan Dağı stratovolcano-Central Anatolia, Turkey: evolution from calc-alkaline to alkaline magmatism in a collision zone. *Journal of Volcanology Geothermal Research*, 87:275-302.
6. Develle, AL., Williamson, D., Gasse, F., Walter-Simonnet, AV. (2009). Early Holocene volcanic ash fallout in the Yammouneh Lacustrine basin (Lebanon): Tephrochronological implications for the Near East. *Journal of Volcanology Geothermal Research*, 186 (2009) 416-425.
7. Dewey, JF., Hempton, MR., Kidd, WSF., Şaroğlu, F., Şengör AMC. (1986). Shortening of continental lithosphere: The neotectonics of Eastern Anatolia - A young collision zone, in Coward, M.P., and Ries, A.C., Collision tectonics: *Geological Society of London Special Publication* 19, p. 3-36.
8. Dirik, K. (2001). Neotectonic evolution of the northwestward arched segment of the Central Anatolian Fault Zone, Central Anatolia, Turkey. *Geodinamica Acta*, Volume 14, Issues 1-3, Pages 147-158.
9. Ercan, T., Fujitani, T., Matsuda, JI., Notsu, K., Tokel, S., Ui, T. (1990). Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen-Kuvaterner volkaniklerine ilişkin yeni jeokimyasal, radyometrik ve izotopik verilerin yorumu. *MTA Dergisi*, 110: 143-164.
10. Ercan, T. (1993). Interpretation of geochemical, radiometric and isotopic data on Kula volcanics (Manisa-western Anatolia). *Geol. Bull. Turk.* 36 (1): 113e129.
11. Ercan, T., Tokel, S., Matsuda, JI., Ui, T., Notsu, K., Fujitani, T. (1994). Erciyes Dağı (Orta Anadolu) Pliyo-Kuvaterner volkanizmasına ilişkin yeni jeokimyasal, izotopik, radyometrik veriler ve jeotermal enerji açısından önemi. *Türkiye 6. Enerji Kongresi*, Teknik Oturum Tebliği 208-222.
12. Erinc, S. (1970). Kula ve Adala arasında genç volkan Reliefi. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, Cilt 9 sayı 17, sayfa 7-32, İstanbul
13. Fei, J., Zhang, DD. & Lee, HF. (2016). 1600 AD Huaynaputina Eruption (Peru), Abrupt Cooling, and Epidemics in China and Korea. *Hindawi Publishing Corporation Advances in Meteorology*. Volume 2016, 12 pages.
14. Feraud, J. & Özkoçak, O. (1993). Les volcans actifs de Turkey: guide geologique et itineraires de'excursions. *L'Assoc Volc Europeenne (LAVE)*, 2: 1-82.
15. Gerlach, T. (2011). Volcanic versus anthropogenic carbon dioxide. *EOS*, 92 (24): 201-202.
16. Global Volcanism Program. (2013). Volcanoes of the World. Distributed by Smithsonian Institution, compiled by Venzke, E. <https://volcano.si.edu/>.
17. Gürsoy, H., Kürçer, A., Yalçın, HD. (2022). Ege Deniz'inde Bir Denizaltı Volkanı mı Doğuyor? *Mavi Gezegen*, 30: 31-39.
18. Haroutianian, RA. (2006). The historical volcanoes of Armenia and adjacent areas revisited. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 155, Issues 3-4, Pages 334-337.
19. Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquarè, G., Radicati di Brozolo, F., Villari, L. (1975). The Neogene calc-alkaline volcanism of Central Anatolia: geochronological data on Kayseri-Niğde area. *Geological Magazine* 112: 349-360.
20. Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquarè, G., Radicati, F., Villari, L. (1976). Evolution of the volcanism in the area of interaction between the Arabian, Anatolian and Iranian plates (Lake Van, Eastern Turkey). *Geologische Rundschau* 69/1, 292-323.
21. Karakhanian, A., Djr bashian, R., Trifonov, V., Philip, H., Arakelian, S., Avagian, A. (2002). Holocene-historical volcanism and active faults as natural risk factors for Armenia and adjacent countries. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Volume 113, Issues 1-2, Pages 319-344.

22. Kayan, İ. (1992). Demirköprü baraj gölü batı kıyısında Çakallar volkanizması ve fosil insan ayak izleri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 6, 1-32.
23. Keller, J. (1974). Quaternary maar volcanism near Karapınar in central Anatolia. *Bulletin Volcanology*, 38: 378-396.
24. Keskin, M., Pearce, JA., & Mitchell, JG. (1998). Volcano-stratigraphy and geochemistry of collision-related volcanism on the Erzurum-Kars Plateau, North Eastern Turkey: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 85, 355–404, doi: 10.1016/S0377-0273(98)00063-8.
25. Keskin, M. (2003). Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey: *Geophysical Research Letters*, v. 30, no. 24, p. 8046.
26. Keskin, M. (2007). Eastern Anatolia: A hotspot in a collision zone without a mantle plume. *Plates, Plumes and Planetary Processes, Volume 430, Special Paper 430*, 693–722.
27. Koçyiğit, A. & Beyhan, A. (1998). A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics*, cilt 284, ss. 317-336.
28. Kursky, T.M. (2008). Volcanoes: eruptions and other volcanic hazards, 166 p.
29. Kuzucuoğlu, C., Pastre, JF., Black, S., Ercan, T., Fontugne, M., Guillou, H., Hatte, C., Karabıyıköğlü, M., Orth, P., Türkecan, A. (1998). Identification and dating of tephra layers from Quaternary sedimentary sequences of Inner Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85 (1-4), 153-172.
30. Kuzucuoğlu, C., (2019). Geomorphological Landscapes in the Konya Plain and Surroundings, p.353-368 Landscapes and Landforms of Turkey, Eds. C.Kuzucuoğlu, A. Çiner, N. Kazancı, *World Geomorphological Landscapes* ISBN 978-3-030-03513-6.
31. Kuzucuoğlu, C., Gündoğdu Atakay, E., Mouralis, D., Atıcı, G., Guillou, H., Türkecan, A., Pastre, JF. (2020). Geomorphology and tephrochronology review of the Hasandağ volcano (S. Cappadocia, Turkey). *Mediterranean Geoscience Review*. 2: 185–215. <https://doi.org/10.1007/s42990-019-00017-1>.
32. Mellaart, J., (1967). *Catal Huyuk a Neolithic Town in Anatolia*. New York: McGraw Hill, 232 p.
33. Milton, S. (1985). Memory Notes of the Armenian Chronicles of the 17th Century, vol. 3, Academia, Yerevan (1985) 1016 pp. (in Armenian).
34. Monroe, JS., Wicander, R., (2005). Fiziksel Jeoloji Yeryuvarının Araştırılması. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*. 5.Baskı (Baskıya hazırlayanlar, Kadir Dirik ve Mehmet Şener) sayfa 642.
35. Nagao, K., Matsuda, JI., Kita, I., Ercan, T., (1989). Noble gas and carbon isotopic composition in Quaternary volcanic area in Turkey. *Jeomorfoloji Dergisi* 17: 101–110.
36. Notsu, K., Fujitani, T., Ui, T., Matsuda, J., Ercan, T. (1995). Geochemical features of collision related volcanic rocks in Central and Eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 64, 171-192.
37. Oppenheimer, C. (2003). Climatic, environmental and human consequences of the largest known historic eruption: Tambora volcano (Indonesia) 1815. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 27 (2): 230–259.
38. Oswald, F., (1912). Ermenice Bölgesel Jeoloji El Kitabı. H. 10. Heidelberg.
39. Öngür, T. (1976). Fosil insan ayak izlerinin öyküsü (İ. Koçer ile bir söyleşi). *Yeryuvarı ve İnsan*. C.1, 2: 4-7. Türkiye Jeoloji Kurumu. Ankara.
40. Parfitt, EA. & Wilson, L. (2008). *Fundamentals of Physical Volcanology*. Blackwell Publishing.
41. Pearce, JA., Bender, JF., De Long, SE., Kidd, WSF., Low, PJ., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. & Mitchell, JG. (1990). Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 44, p. 189–229.
42. Pekman, A. (2000). Geographica XII-XIII-XIV, Strabon, Antik Anadolu Coğrafyası (Çeviri), *Arkeoloji ve Sanat Yayınları kitabı*, ISBN:978975538202.
43. Richardson Bunbury., JM. (1996). The Kula volcanic field, western Turkey: the development of a Holocene alkali basalt province and the adjacent normal-faulting graben. *Geological Magazine*: 133, 275– 283.
44. Sanver, M. (1968). A palaeomagnetic study of Quaternary volcanic rocks from Turkey. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 1, 403-421.
45. Schmitt, AK., Danisik, M., Aydar, E., Şen, E., Ulusoy, İ., Lovera, OM. (2014). Identifying the Volcanic Eruption Depicted in a Neolithic Painting at Çatalhöyük, Central Anatolia, Turkey. *PLoS One* 9 (1): e84711.
46. Stothers, RB. (1984). The Great Tambora Eruption in 1815 and Its Aftermath. *Science*. 224 (4654): 1191-1198.
47. Şengör, AMC. & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, Volume 75, Issues 3-4, 1 June 1981. Pages 181-190, 193-199, 203-241.
48. Tekkaya, İ. (1976). İnsanlara ait fosil ayak izleri. *Yeryuvarı ve İnsan*. C. 1, 2: 8-10. Türkiye Jeoloji Kurumu. Ankara.
49. Toprak, V. (1998). Vent distribution and its relation to regional tectonics, Cappadocian Volcanics, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85 (1): 55-67.
50. Türkecan, A. (2015). Türkiye'nin Senozoyik Volkanitleri. MTA Özel Yayın Serisi-33, MTA-Ankara.
51. Türkecan, A., Acarlar, M., Dönmez, M., Hepşen, N., Bilgin, R. (1998). Kayseri (Bünyan-Develi-Tomarza) yöresinin jeolojisi ve volkanik kayaların petrolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 10186, Ankara (yayınlanmamış).
52. Ulusoy, İ., Sarıkaya, MA., Schmitt, AK., Şen, E., Danisik, M., Gümüş, E. (2019). Volcanic eruption eye-witnessed and recorded by prehistoric humans. *Quaternary Science Reviews*, Volume 212, 15 Mayıs 2019, Pages 187-198.
53. Wagner, M. (1848). Reise nach dem Ararat und Hochland Armenien. In: Reisen und Landesbeschreibungen. *Widermanna und Hauffa*, Stuttgart, 35, 230.
54. Yılmaz, Y., Güner, Y., Şaroğlu, F. (1998). Geology of the quaternary volcanic centres of the east Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 85, Issues 1–4, Pages 173-210.