

## TÜRKİYE'NİN DOĞU BÖLGELERİNDE GÖZLENEN KUVATERNER YAŞLI VOLKANİK ETKİNLİKLERİ

Ahmet TÜRKECAN\*

Türkiye jeolojik dönemler boyunca çok yoğun volkanik faaliyetlerin etkisi altında kalmış ve tarihsel zamanlara kadar, çeşitli evrelerde volkanik püskürmelere sahne olmuştur. Günümüzden 66 milyon yıl öncesine kadar uzanan Senozoyik Zamanı boyunca yaşanan volkanik faaliyetler sonucu Türkiye'nin yaklaşık % 16'sı volkanik ürünlerle örtülmüştür. Türkiye'nin Senozoyik yaşlı volkanizması Türkecan (2015) de ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Son çalışmalara göre Kuvaterner dönemi günümüzden 2.6 milyon yıl öncesine kadar uzanmaktadır. Bu sürenin günümüzden 12 000 yıl öncesine kadar olan kısmı Holosen, 12 000 yıl ile 2.6 milyon yıl arasında kalan kısmı ise Pleyistosen dönemleri olarak isimlendirilmektedir. İşte ülkemiz de bu 2.6 milyon yıl öncesinden günümüze süregelen Kuvaterner dönemi boyunca pek çok önemli volkanik faaliyetlere sahne olmuştur. Genel olarak bakılırsa ülkemizin batısından doğusuna, kuzeyinden güneyine kadar hemen her bölgesinde çeşitli dönemlerde Kuvaterner volkanik etkinliğinin olduğu görülmektedir

Doğu Karadeniz Bölgesi ülkemizde Kuvaterner yaşlı volkanik etkinliğin en az bilindiği bölgesidir. Ancak, son zamanlarda yapılan çalışmalar Doğu Karadeniz Bölgesinde de bu volkanik etkinliğin varlığını açıkça ortaya koymaktadır. Türkiye'nin önemli volkanik alanlarından olan Doğu Anadolu bölgesi ise denizden 2 km yüksekliği ile Alp-Himalaya dağ kuşağındaki yüksek platolardan birini oluşturur. Bu bölge, Kuvaterner'de de yoğun bir volkanik aktivitenin etkisi altında olup, farklı püskürme tipleri ve bileşimlerine sahip lav ve piroklastik ürünler ortama yerleşmiştir. Yine Güneydoğu Anadolu Bölgesi de, üzerinde Kuvaterner yaşlı volkanik çıkımların gözlemlendiği ülkemizin bir başka önemli bölgesini oluşturmaktadır.

Türkiye'nin doğu bölgelerinde yaklaşık 12 değişik yörede gözlenen Kuvaterner yaşlı volkanik etkinlikler şekil 1 üzerinde gösterilmiş

olup, volkanlara ilişkin bazı özellikler aşağıda özetlenerek sunulmuştur.

### 1. KARS-ARDAHAN YÖRESİNDE VOLKANİK ETKİNLİK

Kars ve Ardahan yörelerinde geniş alanları kaplayan, Duru ve Keskin (2013) tarafından genel olarak Sazlısu volkanitleri adı altında toplanan Geç Pliyosen-Erken Pleyistosen yaşlı volkanitler, andezit, dasit ve riyalit bileşimindedirler. Sırtlar ve domlar şeklinde andezitik lav çıkışları, domlar şeklinde dasitik kayalar ve yer yer görülen riyalitik lav akıntıları yüzlekler vermektedir.

#### 1.1. Ardahan Andeziti

Ardahan Ovası çevresinde, Posof'un batı ve kuzeybatısında Gürcistan sınırına yakın kesimlerde yüzlekler vermektedir (Karaköse vd., 1994).

Kırmızımsı, koyu ve açık külrengi renklerde gözlenen andezitler, çoğunlukla çıplak gözle de görülebilen akma yapısına sahiptir. Bu akma yapıları, yer yer yapraklanma şeklinde bir görünüm kazanmaktadır. Ardahan kuzeyinde görünür kalınlığı 450-500 m'ye ulaşmaktadır.

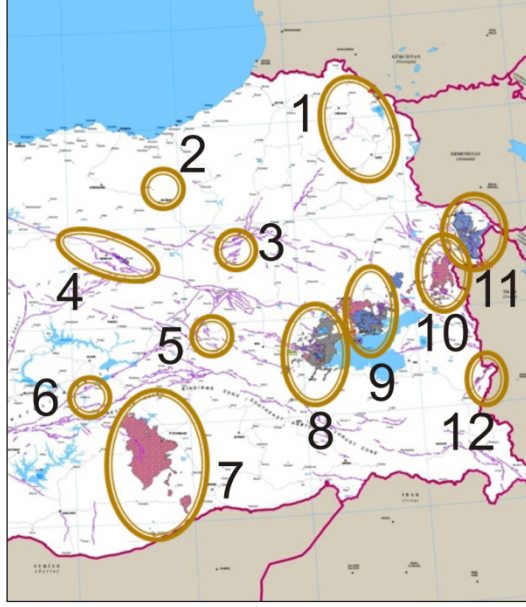
Innocenti ve diğerlerinin (1982), Kars kuzeyi-Çıldır olarak belirttikleri ve büyük olasılıkla Kısırdağı batısından geçen Kars-Ardahan yolu üzerindeki andezitlerden K/Ar yöntemiyle elde ettikleri  $1.8 \pm 0.1$  milyon yıllık yaş bulguları vardır. Bu veri doğrultusunda volkanizmanın Geç Pliyosen-Erken Pleyistosen yaşlı olduğu kabul edilmiştir (Karaköse vd., 1994).

#### 1.2. Ulgartepe Andeziti

Genelde Ardahan kuzeyindeki büyük yükseltilerde, akma yapısı göstermeyen porfiritik dokulu ve ortaç bileşimli volkanitler de yüzlekler vermektedir (Şekil 2) (Karaköse vd., 1994). Ulgartepe andeziti, Ulgar Tepe (Ulgardağı), Cındağı, Gözedağı (Arsiyandağı) ve Keldağ (Harman Tepe, Kuşka Tepe, Ahaşendağı, Kuşka Dağı) gibi günümüz topoğrafyasında oldukça yüksek yerlerde, Ardahan andezitini keserek çıkmaktadır.

Makroskopik olarak kirli beyaz, açık külrengi, açık pembe ve yer yer de kızılımsı renklerde porfiritik andezitler olarak gözlenmektedir.

\* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.



Şekil 1- Doğu Anadolu'nun Kuvaterner yaşlı volkanitleri: 1- Kars-Ardahan volkanitleri, 2) Rize (Çağrankaya) volkanitleri, 3) Erzurum (Çat) volkanitleri, 4) Erzincan volkanitleri, 5) Muş volkanitleri, 6) Elazığ volkanitleri, 7) Karacadağ volkanitleri, 8) Nemrut volkanitleri / Bitlis-Reşadiye-İncekaya volkanitleri 9) Süphan volkanitleri, / Girekol Dağı volkanitleri, 10) Tendürek volkanitleri, 11) Ağrı volkanitleri, 12) Yiğit Dağı volkanitleri.

Yaklaşık kalınlığı 300 - 350 m kadar olan Ulgartepe andeziti,  $1.8 \pm 0.1$  yaştaki Ardahan andezitini kesmesine dayanarak Karaköse vd. (1994) tarafından Erken Pleyistosen'den daha genç olarak düşünülmektedir.

### 1.3. Dumanlıdağ Piroklastikleri

Gri, boz, kül, siyah, kırmızı, sarı renklerde, yer yer belirgin tabakalanmalı, eklemli, pulumsu-toprağımsı-çubuğumsu-yongamsı ayrışmalı tüf, pomza, perlit, obsidiyen gibi genellikle asidik türde volkanitlerden oluşmaktadır (Aktimur vd., 1991). Birim, K/Ar yöntemiyle yapılan yaş tayinlerine göre 2.7 ile 1.9 milyon yıl önce oluşmuştur (Innocenti vd., 1982). Birimin kalınlığı 50 ile 500 m arasında değişmektedir (Aktimur vd., 1991).

### 1.4. Taşköprü Andeziti

Kurşuni renkli, belirgin akma yapılı, ince levhamsı ayrışmalı, eklemli, bol iri plajiyoklaz

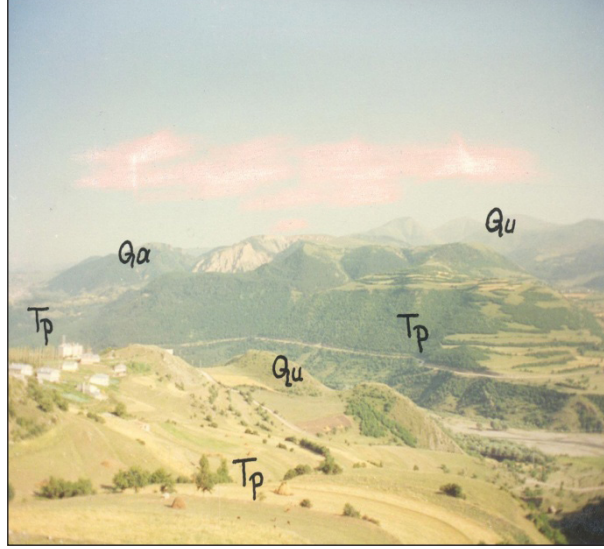
ile az piroksen fenokristalleri içeren andezitten oluşmuştur. Kalınlığı 5-15 m arasında değişen birim, radyometrik bulgulara göre 1.8 milyon yıl önce oluşmuştur (Innocenti vd., 1982). Kuvaterner yaşlı çökeller üzerinde bulunmaktadır.

### 1.5. Aküzüm İgnimbiriti

Türkiye – Ermenistan sınırı yakınlarında Arpaçay Barajı'nın batı ve güneyinde yüzeyleyen (Aktimur vd., 1991). Koyulu-açıklı, kahve-siyah renkli, kalın tabakalı, eklemli, az-çok kaynaklanmış olan Aküzüm ignimbiriti, Taşköprü andeziti ile birlikte, ya da hemen sonra akmış olup, Geç Pliyosen – Erken Kuvaterner yaşlı akarsu çökellerini tabla şeklinde örtmektedir. Erken Kuvaterner yaşlı olan birim 5-10 m kalınlıktadır.

### 1.6. Melikler Bazaltı

Kars ili doğusunda ve güneyinde, Digor ve Arpaçay yörelerinde geniş bir alanda yüzlekler vermektedir.



Şekil 2 - Ulgartepe andeziti Posof batısından kuzeydoğuya doğru Ulgar Tepe ve Hıram Mevkiine bakış. Tp-Posof Volkanitleri, Qa - Ardahan Andeziti, Qu - Ulgartepe Andeziti (Fotoğraf Karaköse vd., 1994 den alınmıştır).

Çoğunlukla siyah renkli, gaz boşluklu, yer yer cürüflü, eklem sistemi gelişmiş bazik lav akıntılarında oluşmaktadır. Kalınlığı 50 m ye kadar ulaşan Melikler bazaltından K/Ar yöntemiyle 1.6 - 1.3 milyon yıl yaşları saptanmıştır (Innocenti vd., 1982).

### 1.7. Borluk volkaniti

Özellikle Arpaçay yöresinde yüzlekler veren Borluk volkaniti, koyu siyah renkli, ince taneli, sert, mikrokristalin, andezitik lav ile açık gri-sarı renkli, tabakalanmasız külden oluşmaktadır. Ürünler tek tek küçük konilerden çıkmış olup, Kuvaterner volkanizmasının en son ürünleridir (Aktimur vd.,1991).

## 2. RİZE - İKİZDERE YÖRESİNDE VOLKANİK ETKİNLİK

Rize İkizdere'de bazanitten başlayarak riyolite kadar değişen bileşimde volkanitler yüzlek vermekte olup, en genç ürünler olan riyolit ve obsidiyenler, Maden Tepe, Büyüksulata Sırtı, Küçüksulata Sırtı, Büyük Yayla ve çevresi, Sırıklı Tepe, Tekem Tepe, Kara Tepe ve yakın yörelerini kapsayan, yaklaşık 10 km<sup>2</sup> lik bir alanda yüzlek verirler (Hanedan Nar, 2008). Kalınlığı yaklaşık 600 m'dir (Heide vd., 1996). İnceleme alanının en genç ürünü olan obsidiyenler (Şe-

kil 3) genellikle riyolitin üzerinde gözlenmekte olup, yer yer de onunla ardalanmalı olarak bulunurlar.

Riyolitlerde ondüasyonlu, konsantirik hâleler şeklinde kıvrımlı ve bantlı yapılar barizdir. Renkleri açık griden koyu grimsi yeşil ve beyaza kadar değişmektedir.

Rize - İkizdere ilçesine bağlı Çağırankaya Yayla yöresindeki obsidiyen ve volkanik lav akıntıları, kuzeydoğu - güneybatı doğrultulu faylara bağlı olarak gelişen kırık dolgusu püskürükler şeklinde yüzeylenmektedir. Obsidiyen çıkmaları, sistematik olarak doğukuzeydoğu - batıgüneybatı ve kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu bir çizgisellik sunmakta olup, bu çizgisellikleri oluşturan faylar volkanik püskürme nedeniyle örtülmüştür (Boztuğ vd., 2005).

Yöredeki obsidiyenlerden <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar yöntemiyle yapılan yaş tayinlerinde riyolitik faaliyetin 1.7 ±0.28 milyon yıl ile 2.00 ±0.24 milyon yıl arasında olduğu belirlenmiştir (Hanedan Nar, 2008). Yeğinil vd. (2002) ise obsidiyen örnekleri üzerinde Fission Track yöntemiyle yaptıkları yaş belirleme çalışması neticesinde obsidiyenin yaşının 1.73 ±0.10 milyon yıl ile 1.93 ±0.15 milyon yıl arasında değiştiğini bulmuşlardır. Buna göre çalışma alanındaki son volkanik etkinlik yaklaşık 1.7 milyon yıl önce Kuvaterner'de meydana gelmiştir.



Şekil 3- Rize İkizdere obsidiyenleri.

### 2.1. Gümüşhane - Bayburt Yöresinde Volkanik Etkinlik

Kuzeydoğu Anadolu'da Gümüşhane ve Bayburt yörelerinde oldukça genç bir volkanizma gözlenmektedir (Arslan vd., 2007).

Şiran kuzeyinde karmaşık bir çıkış bölgesi olabilecek Beşgöl yöresinde olasılıkla genç yaşta oldukları düşünülen trakitik, riyolitik hatta obsidiyen türü kayalar gözlenmektedir. Obsidiyenler, hiyalen bir dokuya sahip olup, plajiyoklaz, sanidin, biyotit, hornblend mineralleriyle volkanik camdan oluşmaktadırlar.

Ayrıca Gümüşhane yöresinde de yüksek zirvelerde özellikle Duymadık yöresinde camsı özellikte bazaltik lavlar yüzlekler vermektedir.

Yine Bayburt yöresinde de bazik kayaları keserek ortama yerleşmiş obsidiyen yüzlekleri gözlenmiştir.

Söz konusu volkanitlerin gerek stratigrafik konumları gerek benzer özellikteki İkizdere volkanitleriyle deneştirilebilmesi nedeniyle Pliyo-Kuvaterner'de bölgeye yerleşmiş oldukları düşünülmektedir (Arslan vd., 2013).

### 3. ERZURUM - ÇATKÖY YÖRESİNDE VOLKANİK ETKİNLİK

Erzurum ili Çat ilçesi yöresinde Çatköy Barajı'nın güney ve güneybatısında Pleystosen yaşlı bazaltlar bulunmaktadır (Timur vd., 1994). Dağlar arasındaki alüvyonla doldurulmuş düzlüklerde ve fay kontrollü vadilerde yüzlemektedir. Çok küçük alanlarda yüzlekler veren bu bazaltlar, koyu gri, siyah, çıkış merkezlerinde kırmızımsı kahve ve kiremit renkte olup, sert,

sağlam ve bloksu ayrışmalıdır. Yer yer de gaz boşluklu ve akma dokuludur.

### 4. ERZİNCAN YÖRESİNDE VOLKANİK ETKİNLİK

Erzincan havzası yaygın bir Kuvaterner volkanizmasına sahiptir (Şekil 4). Havza içerisinde hem ortaç hem de asidik bileşimlerde volkanik kayalar yer alır. Değişik boyuttaki bu volkanik çıkış merkezleri özellikle havzanın kuzey kenarında, Kuzey Anadolu Fay Zonu'na ait ana kırık boyunca dizilmişlerdir. Havzada 14 civarında çıkış yeri bulunmakta olup, bunlar, Mollaköy Tepe, Ilıca Tepe, Saz Tepe, Çarlık Tepe, Altun Tepe, İraduh Tepe, Tatoğlu Tepe, Köytepe, Yası Tepe, Boztepe, Ağılıtepe, Kurttuni Tepe, Pellittepe ve Güneytepe'de genelde masif domlar şeklinde ortama yerleşmişlerdir. Lav akıntıları önemsenmeyecek derecede azdır. Kaya türleri, trakiandezit, andezit dasit ve riyolitiklerden oluşmaktadır. Domlar çeşitli büyüklükte dirler. Trakiandezitik olanlar birkaç on metre genişlikte ve yükseklikteyken, andezitik, dasitik ve riyolitik domların çapı 3 km'yi, yükseklikleri ise 150 m'yi bulur.

Erzincan volkanitlerinin radyometrik yaşları 102 bin yıl ile 1.060 bin yıl arasında değişmekte olup (Baş, 1979; Adıyaman vd., 2001; Hemp-ton ve Linneman, 1984; Linneman, 2002; Karslı, 2006; 2008; Tatar vd., 2009), ortama Kuvaterner'de yerleşmişlerdir.

### 5. MUŞ-BİNGÖL YÖRESİNDE VOLKANİK ETKİNLİK

Muş ili yöresinde Gazıyan köyü batısında Sergen Tepe'de ve Murat Nehri kenarında





Şekil 4- Erzincan ovasında riyolitik dom.

Mercimekkale köyü yakınlarında riyolitik lav ve tüflerden oluşan volkanitler gözlenmektedir. Beyaz, gri, yeşilimsi gri renklerde, sert, gevrek ve çatlaklı asidik türde lavlarla beyaz sarı pembe renkli tüflerden oluşmaktadır. Riyolitik lavların yakınlarından toplanan obsidiyen örneklerinden ise fizyon izi yöntemiyle  $1.96 \pm 0.16$  milyon yıl saptanmıştır (Bigazzi vd., 1994).

Bingöl ilinin yaklaşık 35 km kuzeyinde de özellikleri çok fazla bilinmeyen obsidiyen çıkarmaları bulunmaktadır (Şekil 5,6). Bunlardan Çamlıca (Hirçik/Arçük) köyü civarındaki obsidiyen yüzleklerinden FT yöntemiyle  $0,65 \pm 0,07$  My, Alatepe'den  $2,05 \pm 0,21$  My, ve Çatak köyü civarındaki yüzleklerden  $1,42 \pm 0,14$  My yaşları elde edilmiştir (Bigazzi vd., 1994).



Şekil 5- Bingöl obsidiyenleri (Cemelan. Fotoğraf Catherine Kuzucuoğlu tarafından çekilmiştir).



Şekil 6- Bingöl obsidiyenleri (Alatepe. Fotoğraf Catherine Kuzucuoğlu tarafından çekilmiştir).

## 6. ELAZIĞ YÖRESİNDE VOLKANİK ETKİNLİK

Elazığ yöresinde Çipköy, Çakmaközü ve Gümüşbağlar köyleri civarında bazik bileşimde volkanitler yüzlek vermektedir. Genellikle siyah, yer yer gri renklerde olup, kimi yerlerde gaz boşlukludur. Olivin bazalt bileşimindeki lavlar Murat vadisi taraçaları üzerinde akmış olup, bu lavlardan Ar/Ar yöntemiyle 1.8 ile 1.9 milyon yıl arasında değişen yaşlar ölçülmüştür (Seyrek vd., 2008; Demir vd., 2009).

## 7. KARACADAĞ VOLKANI

Karacadağ volkanı, Güneydoğu Anadolu'da Mardin, Şanlıurfa ve Diyarbakır illeri arasında çok geniş bir alanda yayılım gösteren, bazik bileşimli, 1919 m yüksekliğinde bir volkan olup, büyük bir lav kalkanıdır. Arap otoktonu olarak bilinen platform üzerinde yer alan volkan Geç Miyosen'de penepren şeklinde olan düzlüklerde yarık püskürmesi şeklinde başlamış, ilk evrelerinde plato şeklinde yayılmış, tarihsel zamanlara kadar faaliyetini çeşitli aralıklarla sürdürerek üst üste yığılmış ve kalkan şeklini almıştır. Küçük eksen 80 km, büyük eksen 120 km olup, çevresel kısımlara doğru eğimi azalmaktadır. Kütle ilk şeklini korumakta olup, çok sayıda merkezden çıkarak belirli yönlerde yayılan lav akımlarından oluşmuştur. Merkezler genellikle kuzey-güney yönlü açılma çatlakları üzerinde yerleşmiştir (Şaroğlu ve Güner, 1981; Şaroğlu ve Emre, 1987; Şaroğlu ve Yılmaz, 1987.).

Bölgede yapılan yaşlandırma çalışmalarına bağlı olarak Karacadağ volkanizmasının Geç

Miyosen, Geç Pliyosen ve Kuvaterner dönemlerinde etkin olduğu tespit edilmiştir (Haksal, 1981; Ercan vd., 1990; Lustrino vd., 2010).

Karacadağ volkanizmasının Kuvaterner etkinliği, 1.9 milyon yıl önce başlamış ve günümüzden yaklaşık 100.000 sene öncesine kadar ürünler vermiştir (Haksal, 1981; Ercan vd., 1990; Notsu vd., 1995; Bridgland vd., 2007; Westaway vd., 2009). Geç Miyosen'de başlayan, zaman zaman duraksayan volkanik faaliyet, söz konusu dönemde giderek merkezileşmeye başlamış, çıkış merkezleri kuzey güney yönünde dizilerek çok sayıda koni ve kraterin üzerinde yer aldığı kalkan yapısı oluşmuştur. Bu dönemin lavları Dicle Nehri'nin taraçaları üzerinde akmış olup, Bridgland vd. (2007) tarafından Ar/Ar yöntemiyle 1.1 milyon yıl olarak yaşlandırılmıştır.

Kuvaterner volkanizması Mardin ili Derik ilçesi güneyinde de mostralar vermektedir (Şekil 7). Bunlar fay hatları boyunca dizilmişlerdir. Derik güneyindeki Girkemin Tepe, Beştepe köyü, Üçtepe, Bozbayır, Kuşçu köyü ve Karaburun volkanik konileri bunların başlıcalarıdır (Yıldırım ve Karadoğan, 2010). Söz konusu volkanitlerde Notsu ve diğerleri (1995) tarafından K/Ar yöntemiyle 220.000 ile 400.000 sene arasında değişen yaşlar saptanmıştır.

## 8. NEMRUT DAĞI VOLKANI

Nemrut Dağı Van Gölü'nün batısında Tatvan ilçesine yaklaşık 10 km uzaklıkta volkanik bir dağdır (Şekil 8). Bu volkanik dağ, içinde bir





Şekil 7- Karacadağ'a ait cüruf konisi.

göl de bulunduran bir kalderaya sahip, polijenik bir stratovolkandır. Volkanik aktivite yaklaşık 1 milyon yıl önce başlamış olup, tarihsel etkinlikleri 1441, 1597 ve 1692 yıllarında gerçekleşmiştir (Çubukçu, 2008; Ulusoy, 2008; Ulusoy vd., 2008; Çubukçu vd., 2012). Uzun eksenini 27 km kısa eksenini 18 km olan elips şeklinde kuzey - kuzeybatı güney - güneydoğu yönde bölgeye yerleşmiştir. Volkanın kapladığı alan yaklaşık 486 km<sup>2</sup>'dir. Yaklaşık 337,5 km<sup>3</sup> volkanik malzemedir oluşmuştur. Kaldera 8.3x7 km boyutlarında olup, içinde büyük bir göl ile 4 adet sıcak gölcük bulunmaktadır. Doğu Anadolu'da yerleşim yerleri için tehlikeli sayılabilecek volkanın içinde günümüzde hidrotermal ve fümerolik çıkışlar ile düşük seviyede de olsa volkanik sismik aktivite sürmektedir (Ulusoy vd., 2012). Kaldera tabanından çıkan gazlardan saptanan <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He oranları bunların manto kökenli olduklarını göstermektedir (Nagao vd., 1989).

Nemrut stratovolkanının fiziksel gelişimi kaldera öncesi, kaldera sonrası ve geç evre olmak üzere 3 ana evrede gerçekleşmiştir (Yılmaz vd., 1998; Karaoğlu vd., 2005, Çubukçu vd., 2012).

Nemrut volkanizmasının kaldera öncesi dönemi 1.01 ±0.04 milyon yıl ile 80 ±20 bin sene arasındaki sürede gerçekleşmiştir (Atasoy vd., 1988; Çubukçu, 2012). Volkanın etrafında yer alan Kirkor Dağı, Yumurtadağ, Kalekirina ve Kale tepeleri, Mazik ve Germav domları bu dönemde oluşmuşlardır. Kirkor Dağı 242 ±15 bin sene olarak yaşlandırılmıştır (Atasoy vd., 1988).

Kaldera oluşumu sırasında oluşan Nemrut volkanına ilişkin piroklastitler çok geniş alanlar

kaplar. Geri düşme ve ignimbirit akıntılarından oluşmaktadır. Yaklaşık 4189 km<sup>2</sup> lik bir alanı örterler. Kuzeyde ve güneyde yayılım gösterir. Ahlat taşı olarak da bilinen trakitik bileşimdeki koyu kahveden siyaha kadar değişen renklerdeki ignimbiritler güneyde Bitlis vadisi içinden bazaltların üzerinden akmıştır. Kaldera oluşumu ile ilgili bu püskürmeler olasılıkla 90.000 ile 30.000 yıl öncesi bir zaman aralığında meydana gelmiştir (Çubukçu vd., 2012). Kaynaklanmış ignimbiritler yörede Ahlat taşı olarak isimlendirilmektedir. Tek bir akış biriminden ibaret olup, siyahtan kahve rengine kadar değişen renklerde dir. Yoğun kaynaklandığı yerlerde sütunsal yapılar göstermektedir.

Kaldera sonrası faaliyet kaldera içinde ve kuzeydeki kırık zonu üzerinde görülmekte olup, üç aşamada gerçekleşmiştir. 30-12 bin yıl arasında kaldera içinde komenditik lav akıntıları ve domlar oluşmuştur. Lavlar çoğunlukla freatik/freatomagmatik ürünler tarafından örtülmüştür. Lavlar camsı, düzgün akış bantlı ve sık sık pomzalı zonlar gösterir.

12.000 yıl ile AD arasında kaldera içindeki freatik/freatomagmatik aktivite yoğunudur. Kaldera içinde 10 adet maar bulunmaktadır (Ulusoy vd., 2008).

Nemrut volkanizmasının son evresi AD ile günümüz arasında Nemrut kırık zonunda tarihsel zamanlarda, 1441-1597 yılları arasında görülür (Oswalt, 1912; Pfaffengolz, 1950; Seifhan, 1597). Karakhanian vd. (2002) tarihsel dönemde Tatvan civarındaki kül ve gaz çıkışlarından söz eder. Ancak olayın yeri hala tartışmalıdır.



Şekil 8- Nemrut volkanı genel görünüşü.

Son aktivite volkanın kuzey yamacında Kantaşı Tepesi ve Nemrut Düzlüğünde gerçekleşmiştir.

### 8.1. Bitlis - Reşadiye - İncekaya Yöresinde Volkanik Etkinlik

Bitlis ilinin Reşadiye köyü dolaylarında ve Bitlis vadisi boyunca bazaltik lavlar yüzeylenmektedir. Bazı eski araştırmacılar Bitlis vadisi boyunca yaklaşık 40 km devam eden bu bazaltik lavların ana çıkış merkezlerinin Nemrut yanardağı olduğunu ve vadi boyunca aktıklarını öne sürmelerine karşın (Özpeker, 1973; Güner, 1984) bu bazaltların Nemrut çıkışlı olmayıp, fissür tipte ayrı bir bazik volkanizma oldukları belirlenmiştir (Ercan vd., 1990). K/Ar yöntemi ile yaşlandırılan bu trakibazalt bileşimli lavlar 2.5 milyon yıldan gençtirler (Ercan vd., 1990).

Yörede bir başka volkanik alan Van Gölü'nün hemen güneydoğusunda bir tuf konisi, bir maar ve altı cüruf konisinden oluşan monojenik volkanik yapılarla kendini göstermektedir. Yaklaşık KKD-GGB doğrultulu uzanan bir fay üzerinde yerleşmiş merkezlerden en önemlisini oluşturan İncekaya tuf konisi, Bitlis metamorfiklerinin içinde kuzey güney doğrultuda ortası çukur ve hilal biçimli şekillenmiştir (Şekil 9). Koni bazaltik tuf ve cüruflardan oluşmuştur.

İncekaya tuf konisinin güneyinde yörenin en büyük cüruf konisi olan Dibekli Köyü yakınındaki Dibekli konisi başlangıçta bazalt çıkarmış ve lavlar doğuya doğru akmıştır (Güner, 1984).

Akköprü, (2011)'e göre Dibekli köyü yöresinde (Şekil 10) birisi masif olivin bazalt lavı diğeri gaz boşluklu bazalt lavı olmak üzere iki farklı özellikte bazaltik lav akıntısı bulunmak-

tadır. Lavlardan K/Ar yöntemiyle  $68 \pm 8$  bin yıl yaşı saptanmıştır (Akköprü, 2011).

Atasoy vd. (1988) İncekaya volkanizmasını Nemrut volkanının kaldera sonrası evresi ile aynı dönemde oluştuğunu belirirken, Çubukçu (2008) volkanik faaliyetin kaldera sonrası evrede etkin olduğunu ileri sürmektedir.

## 9. SÜPHAN DAĞI VOLKANI

Süphan Dağı Van Gölü'nün kuzey kıyısında stratovolkan yapısı gösteren kompleks bir volkan'dır. Deniz seviyesinden 4050 m yüksekliği ve 2000 km<sup>2</sup> nin üstünde bir alana yayılan ürünleriyle Türkiye'nin en önemli Kuvaterner yaşlı volkanlarından biridir (Şekil 11). Krateri tabla şeklinde bir tapa ile tikalıdır (Güner ve Şaroğlu, 1987). Zirvesinde biri krater içinde, diğeri ise krateri kaplayan riyolit domunun üzerinde olmak üzere iki adet göl bulunmaktadır (Özdemir vd., 2011). Süphan Dağı konisini oluşturmak için yeryüzüne  $1.2 \times 10^{12}$  ton ağırlığında volkanik ürün çıkmıştır (Türkünal, 1980). Ana koninin haricinde volkanın farklı noktalarında paraziter karakterde 25 adet monojenetik yapı (dom, maar) gelişmiştir. Volkanın güney eteğinde içindeki gölüyle de dikkati çeken Aygır maarı yer alır (Ercan ve Yıldırım, 1988). Miyosen ve Pliyosen-Pleyistosen yaşlı sedimanter birimler üzerine yerleşen Süphan volkanizmasının tabanında kaynağı çok iyi belirlenememiş volkanik çığ akması (debrise avalanche) çökelleri ile asidik geridüşme çökelleri yer alır. Volkanik çığ ürünlerinin oluşturduğu tepelikli topoğrafya (hummocky topography) yapısı tipik olarak gözlenir. Volkanik çığ ürünlerine ait bloklar riyolitik obsidiyen ve perlitten oluşmaktadır (Özdemir vd., 2011). Bu topoğrafyanın üzerine yerleşen bazaltik, bazaltik trakiandezitik, tra-





Şekil 9- İncekaya tuf konisi.



Şekil 10- Dibekli cüruf konisi (Fotoğraf Catherine Kuzucuoğlu tarafından çekilmiştir).



Şekil 11- Süphan Stratovulkanı (Fotoğraf Byrian Keith tarafından çekilmiştir).

kiandezitik, dasitik ve riyolitik bileşimlerde lav akıntıları, domlar ve piroklastitler günümüzdeki asıl volkanı oluşturan bileşenlerdir (Özdemir, 2011; Yılmaz vd., 1998).

Volkanostratigrafik istifin değişik seviyelerinden elde edilen  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ve K/Ar yaşları 0.76 ile 0.06 milyon yıl arasında değişmektedir (Sanver, 1968, Innocenti vd., 1976, 1980; Ercan vd., 1990; Bigazzi vd., 1997; Özdemir, 2011).

### 9.1. Girekol Dağı Volkanı

Van Gölü kuzeyinde hem Girekol minyatür kalkan volkanı gibi merkezi püskürme konilerinden, hem de Yüksektepe ve Ormuktepe gibi açılma çatlaklarına bağlı olarak Kuvaterner yaşlı bazik volkanizma yüzeye ulaşmıştır. Alkali bazalt ve havaiyit bileşimine sahip olan bu vol-

kanik ürünler, K/Ar yaş verilerine göre (Lebedev vd., 2010) 1.08 ile 0.36 milyon yıl arasındaki dönemde farklı merkezlerden püskürmüş olup, porfirikten afiriğe değişen dokusal özellikler sergilerler (Oyan vd., 2013).

### 10. TENDÜREK DAĞI VOLKANI

Ağrı Dağı'nın 50 km güneyinde, İran sınırının yakınında, Çaldıran ve Doğubayazıt ilçeleri arasında bulunan Tendürek Dağı 3500 m yüksekliğinde ve 650 km<sup>2</sup> civarında bir alan kaplayan bir volkanik merkezdir (Şekil 12). 300 km<sup>3</sup> den fazla volkanik ürün çıkarmıştır (Yılmaz vd., 1998).

Tendürek volkanı, kalkan tipi bir volkan olup çok evrelidir. Sağ yönlü doğrultu atımlı karakterli oldukça iyi bilinen Balık Gölü fay zone içerisinde gelişmiştir. Volkan 30 x 20 km boyutlarında elips



Şekil 12- Tendürek Dağı (Fotoğraftaki kişi Dr. Tuncay Ercan).



şeklinde olup, uzun eksen kuzey-güney doğrultusunda uzanır. Tendürek volkanı, tepe bölgesinde iyi gelişmiş iki adet krater sahibidir. Batı krateri doğudakinden daha geniş ve daha yüksektir. Batı krateri, dar huni şekilli bir çukurken, doğu krateri basık olup içinde bir krater gölü oluşmuştur. Bu kraterin kenarında 1-2 m büyüklükteki çukurlardan yaklaşık 50 °C sıcaklıkta su buharı çıkmaktadır. Batı kraterinden sürekli olarak sıcak su buharı ve çeşitli gazlar çıkmakta ve gazların içindeki H<sub>2</sub>S ayrışarak bol miktarda kü-kürt birikimi meydana gelmektedir (Pamir,1951; Ercan,1986). Her iki krateri de çevreleyen az gelişmiş bir yarım kalderası bulunmaktadır.

Volkandan çıkan yüksek akışkanlıkta bazaltik lavlar (Şekil 13) Doğubayazıt ve Çaldıran ovalarında geniş alanları kaplamışlardır. Bu havzaların genç alüvyal ve akarsu çökelleri güncel olarak bu bazalt lavlarını üzerlemektedirler. Çaldıran ilçe merkezinde MTA Genel Müdürlüğü tarafından sondaj çalışması yapılmış ve 103 m derinlikten trakibazaltik karot örneğinden yapılan yaş tayini çalışmalarında K/Ar yöntemiyle 140.000 - 490.000 yıl yaşları saptanmıştır (Ercan vd., 1990). Yine Bendimahı Nehri tabanındaki tefritik lav akıntılarını Lebedev ve diğerleri (2010) K/Ar yöntemiyle 0.2-0.3 milyon yıl olarak yaşlandırmışlardır.

Tendürek Dağı'nın güneyinde yer alan Çaldıran ilçe merkezinde yer yer zeminden CO<sub>2</sub> gazı çıkmaktadır. Nagao ve diğerleri (1989), bu gazlardan aldıkları örneklerde yapmış oldukları He izotop çalışmaları (<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He) ile bunların bir magma rezervuarından türeyen volkanik

kökenli gazlar olduklarını belirtmişlerdir. Çaldıran'a en yakın genç volkanik dağ 25 km kuzeydeki Tendürek Dağı olduğundan, bu gazların Tendürek sistemiyle ilişkili oldukları düşünülmektedir. Tendürek Dağı'nın çevresindeki soğuk su kaynaklarında yapılan kimyasal çalışmalarda yüksek miktarda F içeriği saptanmıştır (Oruç vd.,1976). Bunlar fümerollerle taşınan ve soğuyan lavlardan kaçan florun, yeraltı sularına göçü sonucunda zenginleşmişlerdir.

Tendürek volkanından kaynaklanan lavlar tefrit, trakibazalt, trakiandezit olarak tanımlanmaktadır (Ercan vd., 1990).

K/Ar yöntemi ile yapılan radyometrik yaş belirlemelerinde ise, en yeni olan trakiandezit türde lavların 30.000 ve 70.000 yıldan daha genç oldukları, daha eski bir trakibazaltik lavın 560.000±160.000 yıllık olduğu belirlenmiştir (Ercan vd., 1990).

## 11. AĞRI DAĞI VOLKANI

Ülkemizin, Ermenistan ve İran ile olan sınır bölgesinde yer alan ve 5137 metrelik yüksekliğiyle Türkiye'nin en yüksek dağı olan Büyük Ağrı Dağı ve 3896 m'lik Küçük Ağrı Dağı, birer volkan konisi olup, yaklaşık 17 km'lik yarıçaplı dairesel bir taban üzerine oturmuşlardır (Şekil 13). Bu taban kuzey-kuzeybatı yönlü, 80 km genişliğinde 320 km uzunluğunda bir çek-ayır havzanın kuzeybatı tarafında yerleşmiştir (Karakhanian vd., 2002). Polijenik bir stratovolkan olan Ağrı Dağı esas olarak ortaç ve asidik lav akıntıları, aglomeralar ve tüfler-



Şekil 13- Tendürek volkanı timsah lavı (Fotoğraf Yılmaz Güner tarafından çekilmiştir).



den meydana gelmiştir. Kuvaterner yaşlı olan volkanizmanın etkinliği sonucunda yaklaşık  $3 \times 10^{12}$  ton volkanik ürün yeryüzüne püskürmüştür (Türkunal, 1980). Konilerin taban kısımlarında aglomeralar, volkanik breşler, obsidiyenler ve volkanik küller yaygındır. En son ürün olan bazaltik tüfler, Doğubayazıt ilçe merkezi kuzeyinde görülür. Koniler olasılıkla iki evrede gelişmiştir. Erken Kuvaterner'de her iki koninin esas olarak andezitik stratovolkan yapısı oluşmuş, ikinci evrede (Geç Kuvaterner) ise günümüzdeki morfolojiyi oluşturan en genç ve yeni lav akıntıları ve parazit yan koniler meydana gelmiştir (Blumenthal, 1958). Güner ve Şaroğlu (1987), Ağrı Dağı'nın oluşumunu 11 evrede tamamladığını belirtmişlerdir.

Ağrı Dağı volkanının lavları trakibazalt, trakiandezit, andezit, dasit ve riyolit bileşimlerinde olup, lavlarda K/Ar yöntemi ile 1.5 milyon yıl ile 20.000 yıl arasında değişen yaşlar elde edilmiştir (Sanver, 1968; Innocenti vd., 1976; Nagao vd., 1989; Pearce vd., 1990; Ercan vd., 1990; Notsu vd., 1995; Yılmaz vd., 1998). Bunun ötesinde çeşitli arkeolojik çalışmalardan faaliyetin tarihsel zamanlarda devam ettiğine ilişkin veriler elde edilmektedir. Karakhanian ve diğerleri (2002), Milattan Önce 2500-700 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 görgü tanıklarının ifadeleri ile aktarmaktadır.

## 12. YİĞİT DAĞI VOLKANI

Yiğit Dağı, Van Gölü'nün yaklaşık 150 km güneydoğusunda Türkiye-İran sınırı üzerinde yer almakta, hem Türkiye hem de İran topraklarında yayılım göstermektedir (Şekil 14). 3468 m yüksekliğinde olan volkan yaklaşık 225 km<sup>2</sup> lik bir dairesel taban üzerinde oturur. Volkanik faaliyetler Pliyosen'de başlamış olup, bazaltan riyolite kadar değişen bileşimlerde ürünler ortama yerleşmiştir (Türkecan, hazırlanıyor). İlk evrede karasal çökellerle arakatlı tüfler oluşmuştur. Aynı dönem içinde riyolitik bileşimli Tavla Dağı domu ortama yerleşmiştir. Söz konusu tüfler yer yer kaynaklanma gösteren pomza akmaları şeklinde izlenmektedir. Bu tüfler tektonik olaylar nedeniyle kırılmışlar, parçalanmışlar, doğal olaylar nedeniyle de aşınarak peribacaları oluşturmuşlardır.

Başlangıçta asidik türde ürünler veren Yiğit Dağı, giderek ortaç karaktere dönüşmüş ve



Şekil 13- Ağrı Dağı'nda Cehennemdere Buzulu, geride Ağrı Dağı (Fotoğraf Yılmaz Güner'e aittir).





Şekil 13- Ağrı Dağı'nda Cehennemdere Buzulu, geride Ağrı Dağı (Fotoğraf Yılmaz Güner'e aittir).

ana koniyi oluşturan trakiandezit ve andezit bileşimindeki lavları çıkarmıştır.

Volkanik faaliyetin son evresini bazik bileşimdeki Kuvaterner yaşlı lav akıntıları oluşturmaktadır. Bazaltik lavlar yöredeki kırık hatlarından çıkmış olup, plato şeklinde akmışlar, yer yer çıkış yerlerinde merkezleşmişlerdir (Türkecan,

hazırlanıyor). Benzer bazaltlar İran'da Salman bölgesinde de yer almakta olup, lav akıntılarının yanısıra cüruf konileri de bulundurmaktadırlar. Bu bölgede Ar/Ar yöntemiyle yapılan yaş belirlemede Allen vd. (2011) tarafından  $1.87 \pm 0.07$  milyon yıl yaşı saptanmıştır. Bu yaş verisi de bazaltik volkanizmanın Kuvaterner'de etkin olduğunu göstermektedir.



Şekil 14- Yiğit Dağı ve Zap Suyu vadisi.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Allen, B. M., Mark, F.D., Kheirkhah, M., Barfod, D., Emami, H.M., Saville, C. 2011.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of Quaternary lavas in Northwest Iran: constraints on the landscape evolution and incision rates of the Turkish–Iranian plateau. *Geophysical Journal International*. 1-14
- Atasoy, E., Terzioğlu, N., Mumcuoğlu, Ç. 1988. Nemrut volkanı jeolojisi ve jeotermal olanakları. *TPAO Arama Grubu Başkanlığı, Rapor No: 393*, Ankara (yayımlanmamış).
- Bigazzi, G., Yeğingil, Z., Ercan, T., Oddone, M., Özdoğan, M. 1994. Provenance studies of prehistoric artifacts in Eastern Anatolia: interdisciplinary research results. *Miner. Petrogr. Acta*, XXXVII, 17-36.
- Bigazzi, G., Yeğingil, Z., Ercan, T., Oddone, M., Özdoğan, M. 1997. Doğu Anadolu'daki obsidiyen içeren volkaniklerin Fizyon Track yöntemiyle yaş tayini. *Türkiye Jeoloji Bülteni* 40, 2,57-72.
- Bridgland, D.R., Demir, T., Seyrek, A., Pringle, M., Westaway, R., Beck, A.R., Rowbotham, G., Yurtmen, S. 2007. Dating Quaternary volcanism and incision by River Tigris at Diyarbakır, Southeast Turkey. *Journal of Quaternary Sciences* 22, 387–393.
- Çubukçu, H. E. 2008. Petrologic evolution of Nemrut Stratovolcano (Türkiye): Peralkaline magmatism in a collisional domain. PhD Thesis, *Univ. Clermont-Ferrand II-France and Hacettepe Univ.- Turkey*, 223 pp., (yayımlanmamış).
- Çubukçu, H.E, Ulusoy, İ., Ersoy, O, Aydar, E., Şen, E., Gourgaud, A, Guillou, H. 2012. Mt Nemrut Volcano (Eastern Turkey): Temporal petrological evolution. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 209-210,33-60.
- Demir, T., Seyrek, A., Guillou, H., Scalliet, S., Westaway, R., Bridgland, D. 2009. Preservation by basalt of a staircase of latest Pliocene terraces of the River Murat in Eastern Turkey: Evidence for rapid uplift of the Eastern Anatolia Plateau. *Global and Planetary Change* 68, 254-269.
- Ercan, T. 1986. Anadolu'nun sönmüş volkanları yeniden püskürecekler mi? *Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi*, 222, 17-19.
- Ercan, T., Yıldırım, T. 1988. Maarlar, oluşumları ve Anadolu'daki dağılımları. *Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi* 4, 36-52.
- Ercan, T., Fujitani, T., Matsuda, J-I., Notsu, K., Tokel, S., Ui, T. 1990. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen-Kuvaterner volkanitlerine ilişkin yeni jeokimyasal, radyometrik ve izotopik verilerin yorumu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 110, 143-164.
- Haksal, A. 1981. Petrographie und Geochemie des Schildvulkans Karacadağ. PhD. Thesis, *Hamburg Üniv. Almanya*. (yayımlanmamış).
- Hanedan Nar, A. 2008. Büyükyayla obsidiyenlerinin (İkizdere-Rize) petografisi, mineralojisi, mineral kimyası ve jeokimyasal özellikleri. Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*, 241 s. (yayımlanmamış).
- Hempton, M. R., Linneman, S.R. 1984. Volcanism in the Erzincan pull-part basin: age, composition and tectonic significance. Abstract. *EOS* 65, 84.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, 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). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 1, 103-112.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Serri, G., Villari, L. 1980. Geology of the volcanic area north of Lake Van (Turkey). *Geologische Rundschau* 69/1, 292-323.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati, F., Villari, L. 1982. Tertiary and Quaternary volcanism of the Erzurum-Kars area (Eastern Turkey). Geochronological data and geodynamic evolution. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 13, 223-240.
- Karakhianian, A., Djrashian, 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* 113, 319–344.



- Karaoğlu, Ö., Özdemir, Y., Tolluoğlu, A. Ü., Karabıyıköğlu, M., Köse, O., Froger, J.L. 2005. Stratigraphy of the volcanic products around Nemrut caldera: Implications for reconstruction of the caldera formation. *Turkish Journal of Earth Sciences* 123-143.
- Kheirikhah, M., Allen, M.B., Emami, M. 2009. Quaternary syn-collision magmatism from the Iran/Turkey borderlands. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 182, 1–12.
- Lebedev, V.A., Sharkov, E.V., Keskin, M., Oyan, V. 2010. Geochronology of the Late Cenozoic volcanism in the area of Van Lake (Turkey): an example of the developmental dynamics for magmatic processes. ISSN 1028-334X, *Doklady Earth Sciences* 433, 2, 1031–1037, doi: 10.1134/S1028334X1008009X.
- Lustrino, M., Keskin, M., Mattioli, M., Lebedev, V.A., Chugaev, A., Sharkov, E., Kavak, O. 2010. Early activity of the largest Cenozoic shield volcano in the circum-Mediterranean area: Mt. Karacadağ, SE Turkey. *European Journal of Mineralogy* 22, 343–62.
- Nagao, K., Matsuda, J.İ., Kita, İ., Ercan, T. 1989, Türkiye'deki Kuvaterner yaşlı volkanik alanlarda asal gaz ve karbon izotopik bileşimleri. *Jeomorfoloji Dergisi*, 17, 101-110.
- 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
- Oyan, V., Keskin, M., Ünal, E. 2013. Van Gölü kuzeyindeki Kuvaterner mafik alkalin volkanizmanın jeokimyası ve petrolojisi. *66. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı* 384-385.
- Özdemir, Y. 2011. Volcanostratigraphy and petrogenesis of Süphan stratovolcano. Doktora Tezi. *Orta Doğu Teknik Üniversitesi* 279s. (yayımlanmamış).
- Özdemir, Y., Blundy, J.D., Güleç, N. 2011. The importance of fractional crystallization and magma mixing in controlling chemical differentiation at Süphan stratovolcano, Eastern Anatolia, Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 162, 573-597.
- Pearce J.A., Bender J.F., De Long S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S., Mitchell, J.G. 1990. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology Geothermal Research*, 44, 189–229.
- Sanver, M. 1968. A palaeomagnetic study of Quaternary volcanic rocks from Turkey. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 1, 403–421.
- Seyrek, A., Westaway, R., Pringle, M., Yurtmen, S., Demir, T., Rowbotham, G. 2008. Timing of the Quaternary Elazığ volcanism, Eastern Turkey, and its significance for constraining landscape evolution and surface uplift. *Turkish Journal of Earth Sciences* 17, 497–541.
- Şaroğlu, F., Güner, Y. 1981. Doğu Anadolu'nun jeolojik gelişimine etki eden öğeler: jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 24, 2, 39-50.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. 1987. Karacadağ volkanitlerinin genel özellikleri ve Güneydoğu Anadolu otoktonundaki yeri. *Türkiye 7. Petrol Kongresi Bildiriler Kitabı*. 384-391.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, 1986. Doğu Anadolu'da Neotektonik Dönemdeki Jeolojik Evrimi ve Havza Modelleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 107, 73-94.
- Türkecan, A. 2015. Türkiye'nin Senozoyik volkanitleri. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-33. Ankara*.
- Ulusoy, İ. 2008. Etude volcano-structurale du volcan Nemrut (Anatolie de l'Est Turquie) et risques naturels associes. PhD. Thesis, *Univ. Clermont-Ferrand II -France & Hacettepe Univ. Turkey*, 233 pp.
- Ulusoy, İ., Labazuy, P., Aydar, E., Ersoy, O., Çubukçu, E. 2008. Structure of the Nemrut caldera (Eastern Anatolia, Turkey) and associated hydrothermal fluid circulation. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 174, 4, 269-283.
- Ulusoy, İ., Çubukçu, E., Aydar, E., Labazuy, P., Ersoy, O., Şen, E., Gourgaud, A. 2012. Volcanological evolution and caldera forming of Mt. Nemrut (A-Eastern Turkey). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 245-246, 21-39

- Westaway, R., Guillou, H., Seyrek, A., Demir, T., Bridgland, D., Scaillet, S., Beck, A. 2009. Late Cenozoic surface uplift, basaltic volcanism, and incision by the River Tigris around Diyarbakir, SE Turkey. *International Journal of Earth Sciences* 98, 601–625.
- Yıldırım, A., Karadoğan, S. 2010. Derik (Mardin) güneyinde korunması gereken Jeolojik-jeomorfolojik bir doğal miras: Kuşçu krateri. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14, 119-133.
- Yeğingil, Z., Boztuğ, D., Er, M., Oddone, M., Bigazzi, G. 2002. Timing of neotectonic fracturing by fission-track dating of obsidian in-filling faults in the İkizdere-Rize area, NE Black Sea region, Turkey. *Terra Nova* 14, 3, 169-174.
- Yılmaz, Y., Güner, Y., Şaroğlu, F. 1998. Geology of the Quaternary volcanic centers of the East Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85,173-210.