

VAN GÖLÜ KUZEYİNDEKİ PLİYÖSEN VOLKANİKLERİNİN PALEOMANYETİZMASI

PALEOMAGNETISM OF THE PLIOCENE VOLCANICS NORTH OF THE LAKE VAN

Sercan Kayın¹, Turgay İşseven²

¹*Gümüşhane Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane*

²*İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa – İstanbul*

Yayına Geliş (Recieved): 03.05.2018, Yayına Kabul (Accepted): 12.06.2018

*Sorumlu yazar/Corresponding author: sercankayin@gumushane.edu.tr

Öz

Doğu Anadolu'da, Neojen'den Kuvaterner'e kadar çarpışmaya bağlı gelişen yaygın bir volkanizma ve bu volkanizmaya ait kayaçların dağılımı görülmektedir. Bölgede daha önce yapılmış çalışmalarda bu volkaniklerin oluşumu, kökeni ve bölgenin tektonik gelişimi ile ilgili birçok jeodinamik model önerilmiştir. Bu çalışma, bölgedeki tektonik deformasyonları paleomanyetik açıdan incelemek ve bölge tektoniğinin gelişimine katkı koymak amacıyla yapılmıştır. Bu kapsamda, Van Gölü kuzeyindeki Pliyosen yaşlı volkanik kayaçlardan 82 mevkiden yönlü paleomanyetik numune toplanmıştır. Toplanan paleomanyetik numuneler, Etrüsk Volkanı ürünlerinin yanında plato bazaltları gibi farklı volkanik merkezlerin ürünleridir. Paleomanyetizma verilerinin desteklenmesi ve kayaçların farklı manyetik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Eş Isıl Kalıntı Miknatıslanma (EIKM), Yüksek Sıcaklık Süseptibilitesi ve Manyetik Süseptibilite Anizotropisi (AMS) gibi Kaya manyetizması çalışmaları da yapılmıştır. EIKM çalışmalarından, kayaçların büyük birçoğunun miknatıslanmasından sorumlu mineralin "Manyetit", diğer kısmının ise "Manyetit+Hematit" olduğu belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık süseptibilitesi çalışmalarından, kayaçların Curie sıcaklıkları ve ısınma esnasında kayaç içerisinde oluşan alterasyon belirlenmiştir. AMS çalışmaları ile Van Gölü kuzeyinde yeralan kayaçların paleo-akıntı yönleri tespit edilerek volkanik çıkış merkezleri belirlenmiştir. Paleomanyetizma sonuçlarına göre; Van Gölü kuzeyinde Erciş Fayı/Fay Zonu bölgenin genel tektoniğini şekillendiren ana unsur olmakla birlikte fay zonunun kuzeyinde bir rotasyon görülmezken, güneyinin saatin tersi yönünde dönme hareketine maruz kaldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Anadolu, Paleomanyetizma, Kaya manyetizması, Pliyosen.

Abstract

In Eastern Anatolia, there is a common volcanism due to the collision from the Neogene to the Quaternary and the distribution of rocks related to this volcanism are observed. In previous studies, many geodynamic models were proposed about both tectonic evolution of the region and formation & origin of these volcanics. This study was carried out to investigate the tectonic deformations paleomagnetically and contribute to development of tectonism in the region. For this purpose, paleomagnetic samples were collected in 82 Pliocene sites from north of Lake Van. These paleomagnetic samples are products of different volcanic centers Etrusk, Mountain and plateau basalts. To support the paleomagnetic data and determine the different magnetic properties of the rocks, rock magnetic studies such as Isothermal Remanent Magnetization, High Temperature Susceptibility and Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS) have also been carried out. It is obtained that, Magnetite are the responsible mineral for the magnetisation in the majority of the rocks, in the remaining rocks, responsible minerals are magnetite + hematite from IRM studies. Curie temperatures and alteration of the rocks during heating were identified from the high temperature susceptibility studies. In the AMS studies, the paleo-flow directions of the volcanic rocks and their volcanic centers were revealed to the north of Lake Van. According to our paleomagnetic results, Erciş Fault / Fault Zone in the north of Lake Van is the main element shaping the general tectonic settings of the region. Paleomagnetic data reveal that the area to the north

of the fault zone does not comprise any rotation whereas the south of the fault zone was rotated counter clockwise.

Keywords: Eastern Anatolia, Paleomagnetism, Rock magnetism, Pliocene.

GİRİŞ

Dünyanın en genç ve geniş ikinci platosu olan Doğu Anadolu Platosu, Neotetis'in kuzey ve güney kollarına ait kenet kuşaklarının bir araya geldiği bir tür kenetlenme zonunu temsil etmektedir (Şengör ve Kidd, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1983; Dewey ve diğ., 1986). Neotetis okyanusunun kollarının Geç Kretase'den itibaren kuzey güney yönlü yaklaşması sonucu Neotetis'in güney kolu Anadolu Bloğu'nun altına (kuzeye) doğru dalmış, bu dalma-batma sonucunda okyanusal litosferin tamamen yitirilmesi nedeniyle Arap levhası ile Anadolu Bloğu, Orta Miyosen sonlarında çarpışmıştır (Dewey ve diğ., 1986). Doğu Anadolu altında meydana gelen dalma batma ve sonrasında oluşan kıta-kıta çarpışmasına bağlı olarak bölgede yaygın bir volkanizma meydana gelmiştir. Bölgenin volkanik aktivitesi, Üst Miyosen döneminden başlayarak neredeyse hiç kesilmeden günümüze kadar devam etmiştir (Özdemir ve diğ., 2011).

Doğu Anadolu Yüksek platosunun aktif tektoniği, kuzey-güney yönlü sıkışma ile karakterize edilmektedir. Bölgede, doğu-batı doğrultulu kıvrımlar ile ters faylarla birlikte, çok sayıda kuzeydoğu-güneybatı yönlü sol yanal atımlı ve güneydoğu-kuzeybatı yönlü sağ yanal atımlı fayların meydana geldiği birçok yazar tarafından belirtilmiştir (Şaroğlu and Güner, 1981; Şengör ve Yılmaz, 1981, Şengör ve diğ., 1985; Dewey ve diğ., 1986; Hempton, 1987; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Dilek ve Moores, 1990; Bozkurt, 2001; Koçyiğit ve diğ., 2001 ve Dhont ve Chorowicz, 2006). Doğu Anadolu Bölgesi'nde meydana gelen bu deformasyonun doğrultu atımlı faylarla Kafkasya'ya kadar iletildiği (Sandvol ve diğ., 2003; Şengör ve diğ., 2003; Dhont ve Chorowicz, 2006; Djamour ve diğ., 2011), GPS çalışmalarıyla elde edilen verilerin bu sonuçlar ile uyumlu olduğu belirtilmektedir (McCusky ve diğ., 2000; Vernant ve diğ., 2004; Reilinger ve diğ., 2006; Dhont ve Chorowicz 2006). Doğu Anadolu içerisinde sıkışmanın halen aktif olduğu, 23 Ekim 2011'de ters faylanma mekanizmalı olarak meydana gelen Van depremi (Mw=7.1) ile de açıkça gözlenmektedir (Koçyiğit, 2013) (Şekil 1).

Çalışma alanı ve civarında yapılmış olan paleomanyetizma çalışmalarına bakıldığında; Sanver, (1968)'in lokal bir alandaki Kuvaterner yaşlı vol-

kanik kayalar üzerindeki paleomanyetik sonuçları bölgenin Kuvaterner'den günümüze kadar hemen hemen hiç rotasyona uğramamış (saatin tersi yönünde $\sim 3^\circ$ lik) olduğu yönündedir. Doğu Anadolu bölgesi civarında yapılan diğer bir paleomanyetizma çalışması Hisarlı vd. (2015) tarafından yapılmış olup, çalışmada Doğu Anadolu Bölgesi'nde geniş alanlara yayılan Miyosen - Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardan 100 mevkiden numune toplanmış olup bunların 82 tanesi güvenilir sonuç vermiştir. Çalışma sonuçlarına göre bölge, sağ ve sol yönlü doğrultu atımlı fayların birbirinden ayırdığı en az 5 farklı tektonik bloğa ayrılmıştır. Bu sonuca göre Kars Bloğu tüm bloklara nazaran en az saat yönünde rotasyon gösteren bloktur. Saat yönünün tersine en çok tektonik rotasyon görülen bloklar Anadolu Bloğu (AB) ve Pontid Bloğu (PB) olarak belirlenmiş olup saat yönünde en büyük rotasyonun ise Van Bloğunda (VB) olduğunu belirtmiştir. Hisarlı vd., (2015), Arap plakasının kuzeye doğru hareketinin Anadolu Bloğunun batıya kaçışına ve saatin tersi yönünde rotasyonuna, aynı zamanda Van Bloğunun da doğuya doğru kaçışına ve saat yönündeki rotasyonuna sebep olduğunu iddia etmektedir.

Bu çalışma, Hisarlı vd., (2015)'nin Van Bloğu olarak adlandırdığı bloğun doğu kısmında yapılmıştır. Aynı zamanda 23 Ekim 2011 tarihinde bu bölgede meydana gelen Van - Tabanlı depremi episantrının herhangi bir fay üzerinde olmaması sebebiyle bölgede daha fazla gömülü fay olabileceği düşünülmüş olup daha kuzeyde bulunan volkaniklerden 82 mevkiden alınan numunelerle bölgenin paleomanyetik olarak daha detaylı bir şekilde incelenmesi amaçlanmıştır.

VAN GÖLÜ KUZEYİNDE VOLKANİZMA

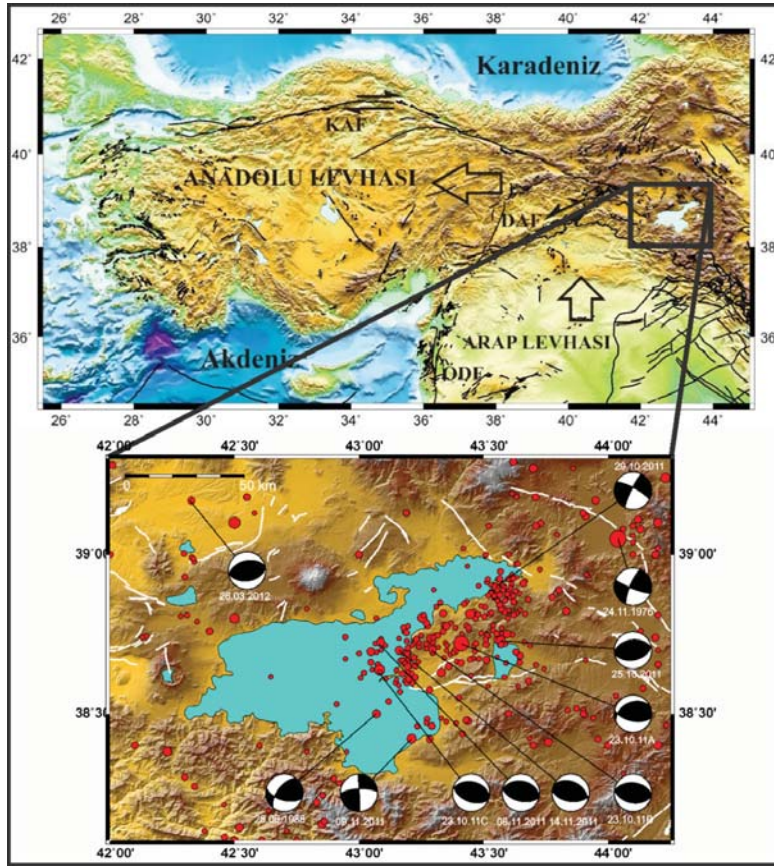
Doğu Anadolu Bölgesi'nin temelinde ofiyolitik melanaj ve filiz istifli ile tanımlanan Doğu Anadolu Yığılma Karmaşığı yer almaktadır (Şengör ve diğ., 2003; 2008). Bu birimlerin üzerine Alt Miyosen ve Üst Miyosen yaşlı sedimanter çökeller yerleşmektedir. Çalışma alanında temel birime ait litoloji, Erciş ilçe merkezinde görülen Alt Miyosen yaşlı Adilcevaş kireçtaşlarıdır. Volkanik aktiviteler sonucunda püskürmüş olan lav ürünleri bu birimleri örtmektedir.

Van Gölü kuzeyi, Doğu Anadolu'nun en büyük

volkanik alanlarından bir tanesidir ve bölgede irili ufaklı birçok volkanik çıkış merkezi olup başlıcaları Girekol, Meydandağ, Aladağ, Tendürek ve Etrüsk Volkanlarıdır. Bu bölgedeki çarpışma ile ilişkili volkanizma yaklaşık olarak Orta Miyosen'de başlamış olup her biri 1-2 My süren dört aşamalı yoğun bir faaliyet göstermiştir (Lebedev ve diğ., 2010). Orta Miyosen döneminde (15-13.5 My) temelde Aladağ volkanı civarında, Tendürek Volkanı güneyinden Erciş ilçesinin kuzey ve kuzeydoğu kesimlerine Zilan Vadisi ve Deliçay'a uzanan bir zonda farklı bir yitim zonu bileşeni özelliği gösteren andezitik lavlar ve piroklastikler görülmektedir. Geç Miyosen boyunca (10-9 My) tekrar başlayan volkanizma bazaltlar, trakibazaltlar ve dasitlerden oluşan lavları üretmiştir. Bu lavlar Orta Miyosen döneminde oluşan lavları üzerlemiştir. Pliyosen döneminde (5.8-3.9 My) Erciş ilçe merkezinin kuzeyini tümüyle saran trakit, trakiandezit ve bazaltların çıkışı ile volkanizma tekrardan başlamıştır. Bu dönemde oluşan

bazaltik lav akışları Etrüsk Volkanı kuzeyinde geniş alanlar kaplayan bir plato oluşturmuştur. Pliyosen dönemindeki volkanik aktivitenin son safhası Etrüsk Volkanı'ndaki trakitik, trakiandezitik, trakidasitik ve riolyolitik lavların çıkışı ile oluşmuştur. Bu dönemdeki en önemli olaylardan birisi de Van Gölü'nün kuzeydoğusunda, bulunan Etrüsk Volkanı'nın 3.7 My'da meydana gelen patlama ile kaldera oluşumasıdır.

Yaklaşık 5 km genişliğinde ve güneye doğru açılan bir at nalı şeklinde olan bu kaldera Etrüsk volkanının merkezinde bulunmaktadır. Kuvaterner döneminde (1.0-0.4 My) Etrüsk Volkanı güneybatısından bazaltların ve trakibazaltların çıkış yapmasıyla volkanizma yeniden başlamıştır. Bu volkanik ürünler ağırlıklı olarak bir kuzey-güney uzanan fissürlerden, skoria konilerinden (Karnıyarık tepe) ve Maar şeklinde bir volkanik merkezden (Düzgeyik çukuru) üretilmiştir (Oyan, 2011).

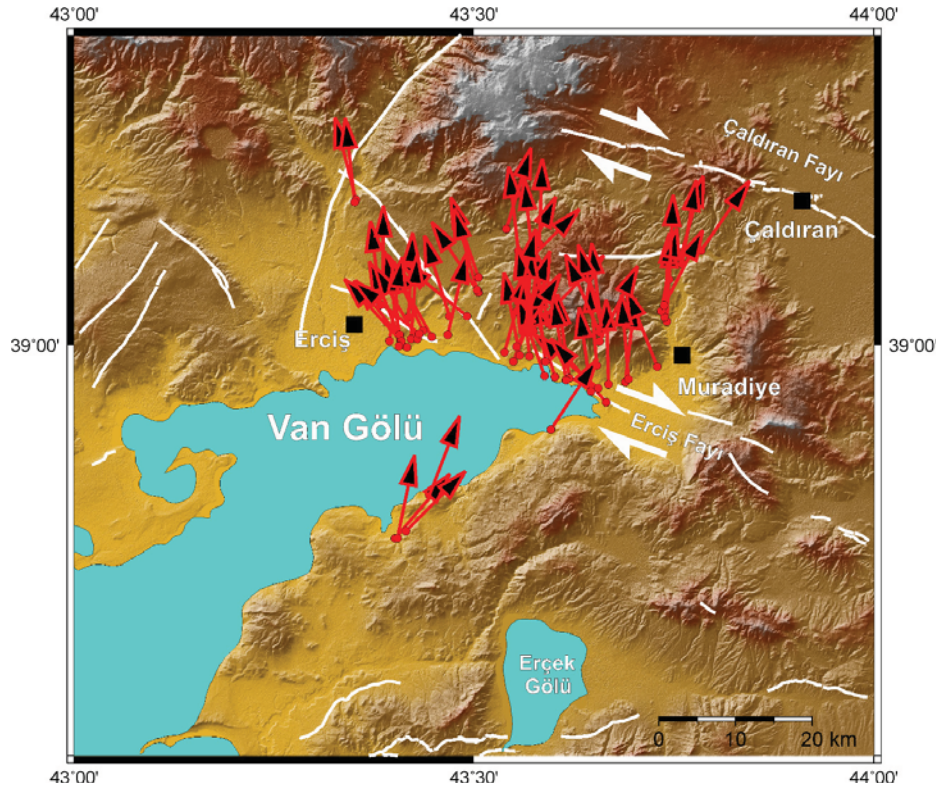


Şekil 1. a) Türkiye ve çevresindeki ana tektonik unsurlar; Kuzey Anadolu Fayı (KAF); Doğu Anadolu Fayı (DAF); Ölü Deniz Fayı (ÖDF), Siyah çerçeveli alan çalışma bölgesini göstermektedir. b) Van Gölü civarının sismisitesi (Deprem episanırları 1900-2018 yılları arası $M > 4.0$, odak mekanizması çözümleri 1976-2018 yılları arası $M > 5.0$). **Figure 1.** a) Tectonic map of the Turkey and its around, North Anatolian Fault Zone (NAFZ), East Anatolian Fault zone (EAFZ), Death Sea Fault Zone (DSFZ). b) Seismicity of the vicinity of Lake Van ($M > 4.0$ Earthquakes between 1900-2017 and focal mechanism solutions of $M > 5.0$ Earthquakes).

PALEOMANYETİK VERİ TOPLAMA VE DEĞERLENDİRME

Van Gölü kuzeyinde, Pliyosen’de yaygın bir volkanizma hüküm sürmüş olup volkanik ürünler geniş alanlara yayılmıştır. Bu çalışmada, Doğu Anadolu Bölgesi’nde Van Gölü’nün kuzey kesimlerinden, Pliyosen yaşlı 82 mevkiden paleomanyetik yönlü karot numunesi toplanmıştır (Şekil 2). Volkanik kayalardan yönlü numune toplama işlemi portatif iki zamanlı bir karotiyer kullanılarak yapılmış olup karot numunenin yönlendirme işleminde jeolog pusulası ile birlikte güneş pusulası kullanılmıştır. Araziden toplanan yönlü karot numuneler, Boğaziçi Üniversitesi ile İstanbul Teknik Üniversitesi ortak laboratuvarı olan “KANTEK Paleomanyetizma Laboratuvarı’nda” ölçüme hazır standart numuneler haline getirilmiştir. Molspin spinner manyetometresi ile her numunenin Doğal Kalıcı Mıknatıslanmaları (DKM) ölçümleri yapılmıştır. Her bir mevkiden pilot numuneler seçilerek o mevkinin sahip olduğu karakteristik kalıcı mıknatıslanma bileşenleri elde edilmiştir. Daha sonra her bir mevkinin ortalama mıknatıslanma doğrultuları belirlenmiş olup mevkilerden elde edilen mıknatıslanma doğrultuları ve lokasyonları ilgili tablolarda verilerek haritalarda gösterilmiştir. İstatistiki olarak güvenilir mıknatıslanması olmayan 5 mevki (koz3, trta, al5, park ve cay5) ve istatistiki olarak güvenilir olup komşu mevkilere göre çok farklı rotasyonlar gösteren 6 mevki (kışla, isb, yeni, krb, snty3 ve al6) değerlendirmeye alınmamıştır. Dolayısıyla Van Gölü kuzeyinde, güvenilir mıknatıslanmaya sahip 71 Pliyosen yaşlı mevki değerlendirilmeye katılmıştır. Pliyosen yaşlı mevkilere ait genel bilgiler ve demanyetizasyon sonuçları Çizelge 1’de, bu mevkilerden elde edilen ortalama mıknatıslanma doğrultuları ise Şekil 2’de verilmiştir.

Pliyosen yaşlı mevkilerin rotasyonlarına bakıldığında (Şekil 2), KB-GD uzanımlı Erciş Fayı’nın hemen güney/güneybatısında kalan mevkilerde saatin tersi yönünde rotasyon gözlenmekte olup fay zonu üzerinde ve doğusunda kalan mevkilerde ise genel olarak kayda değer bir rotasyon gözlenmemiştir. Erciş Fayı’nın güneydoğusunda Erçek Gölü’nün kuzeybatısında ise 5 mevkinin tamamının (yayla, yayla2, tımar, krb ve sglm) birbirleriyle uyumlu bir şekilde ve saat yönünde rotasyon göstermesi, ayrıca Muradiye kuzeyindeki mevkilerin Erciş Fayı’ndan uzaklaştıkça saat yönünde gösterdikleri rotasyon miktarındaki artış bölgenin genel tektonik hareketin saat yönlü olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 2 : Pliyosen yaşlı mevkiler ve ortalama mıknatıslanma doğrultuları.

Figure 2 : Mean remanent magnetization directions of Pliocene volcanic rocks.

Çizelge 1. Pliyosen yaşlı mevkilere ait genel bilgiler ve demanyetizasyon sonuçları. $D_g^{(s)}$, $I_g^{(s)}$: Tektonik düzeltilme öncesi ve sonrasında denklasyon ve inklasyon açıları, k : Prezisyon parametresini, α_{95} : Emniyet çemberini ve D_n/T_n : Değerlendirmeye katılan numune sayısı / Toplam numune sayısı 'nı göstermektedir. **Table 1.** Paleomagnetic results from Pliocene rocks. $D_g^{(s)}$, $I_g^{(s)}$: Declination and Inclination angle geographic (before tilt correction) and stratigraphic coordinates (after tilt correction), respectively, k : precision parameter, α_{95} : 95 % confidence circle, D_n/T_n : T_n denotes number of samples per locality, D_n the number of samples used for site mean calculation.

Mevki adı	Enlem	Boylam	D_n/T_n (adet)	$D_g^{(s)}$ (°)	$I_g^{(s)}$ (°)	D_s (°)	I_s (°)	R	k	α_{95} (°)	Volkanik Birim	
tpnk4	39.056	43.541	8/8	189.6	-48.2	201.3	-62.1	7.96	192.58	4	Trakidasit	
tpnk3	39.07	43.557	7/8	205.2	-51.8			6.8	30.59	11.1	Trakidasit	
tpnk2	39.074	43.557	9/10	217.7	-41.8	224.8	-59.6	8.97	236.55	3.4	Trakidasit	
koz3	39.036	43.554		İstatistik olarak güvenilir miknatıslanması yoktur								Riyolit
drk	38.964	43.689	9/9	186.8	-56.4			8.96	207.7	3.6	Riyolit	
drk2	38.967	43.693	8/8	175.2	-48.9			7.91	80.3	6.2	Riyolit	
krh	38.962	43.668	8/8	178.5	-67.6			7.97	250.42	3.5	Riyolit	
blk	38.979	43.729	7/8	158.4	-54.4			6.88	51.58	8.5	Riyolit	
brj	39.023	43.741	7/8	182.5	-51			6.97	217.29	4.1	Riyolit	
kmr	39.027	43.738	7/8	183.4	-54.7			6.99	763.2	2.2	Riyolit	
kmr2	39.033	43.734	9/9	190.6	-34			8.97	245.25	3.3	Riyolit	
goz3	39.066	43.505	7/9	171.6	-46.5	160.9	-49.3	6.99	627.76	2.4	Trakit	
tpnk1	39.079	43.573	7/9	174.2	-52.6			6.91	64.15	7.6	Latit	
ykoz1	39.021	43.593	6/8	167.5	-66.8			5.92	62.77	8.5	Latit	
ykoz2	39.028	43.589	8/9	198.2	-39.8	224.1	-69.8	7.91	78.03	6.3	Latit	
al1	39.004	43.657	6/6	206.7	-52.5			5.97	190.22	4.9	Latit	
al6	38.978	43.651	7/8	99.5	-55.2			6.9	60.73	7.8	Latit	
al7	38.98	43.653	6/7	175.2	-62.2			5.99	336.01	3.7	Latit	
snty3	38.967	43.659	7/8	335.8	-67.1	333.2	-65.5	6.83	34.78	10.4	Latit	
kmr3	39.039	43.738	6/8	175.8	-21.4	207.2	-31.2	5.87	37.14	11.1	Riyolit	
mur	39.064	43.744	10/12	183.8	-19.2	182.8	-36.1	9.92	110.76	4.6	Riyolit	
kadı	39.027	43.418	5/6	182.8	-58.6			4.99	427.51	3.7	Trakit	
sglm	38.918	43.596	5/8	33.4	64.5			4.77	17.15	19	Trakit	
tv1	39.039	43.383	7/7	173.1	-53.5			6.96	167.91	4.7	Trakit	

Çizelge 1 : Devam
Figure 1 : Continued

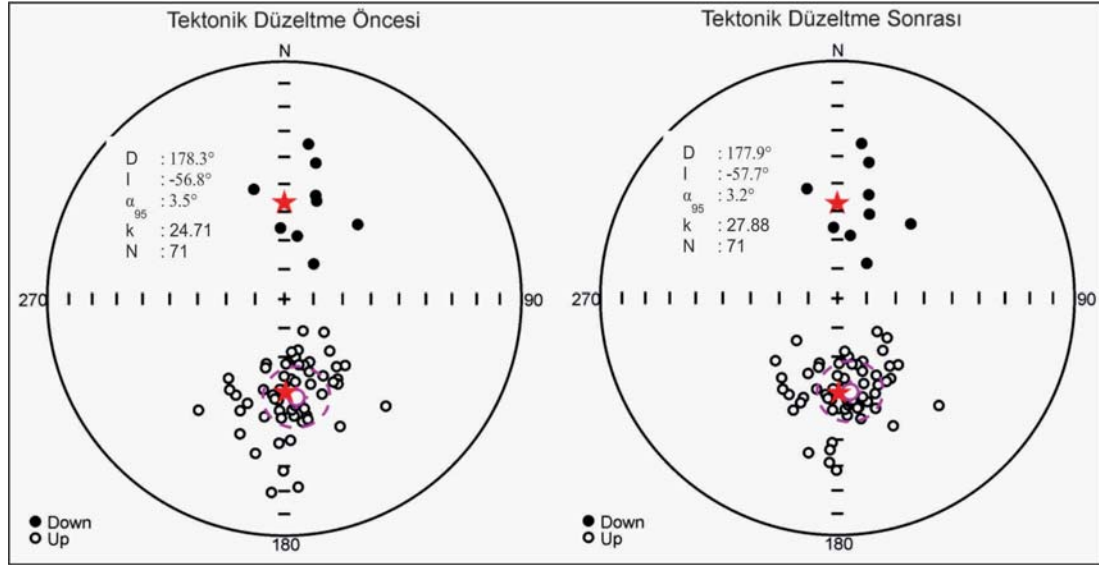
Mevki adı	Enlem	Boylam	Dn/Tn (adet)	D _g (°)	I _g (°)	D _s (°)	I _s (°)	R	k	α ₉₅ (°)	Volkanik Birim	
kisla2	39.053	43.386	7/8	180.3	-28.2			6.96	156.74	4.8	Trakit	
inc3	39.028	43.491	6/8	129.4	-40.4			5.89	45.72	10	Trakiandezit	
snty2	38.958	43.655	7/8	130	-72.2			6.98	398.13	3	Trakit	
kisla	39.056	43.383	5/8	248.5	-2.1			4.88	34.57	13.2	Trakit	
trt	38.989	43.569	8/8	174.6	-54.6			7.97	202.24	3.9	Trakit	
trta	38.988	43.57				İstatistikî olarak güvenilir mknatıslanması yoktur						Trakit
ptr	38.99	43.557	7/7	169.3	-69.5			6.97	189.74	4.4	Trakit	
ant	38.984	43.549	7/9	201.5	-47.9			6.98	352.33	3.2	Trakit	
kzc	38.968	43.619	7/7	172	-69.2			6.96	136.62	5.2	Trakit	
kzc2	38.966	43.615	6/7	165	-71.8	171.2	-58.1	5.99	556.27	2.8	Trakit	
uns	38.969	43.601	7/8	163.4	-66.2			6.95	131.69	5.3	Trakit	
uns2	38.97	43.588	8/8	161.1	-63.4			7.98	394.41	2.8	Trakit	
ukg	38.984	43.589	8/8	173.4	-54.6			7.98	337.49	3	Trakit	
ykoz3	39.015	43.571	5/8	171.5	-54.2			4.99	412.85	3.8	Trakit	
ykoz5	38.999	43.553	8/11	211	-53.1			7.97	248.96	3.5	Trakit	
al5	39.006	43.656				İstatistikî olarak güvenilir mknatıslanması yoktur						Trakit
koz2	39.033	43.553	6/8	13.1	41			5.77	22.2	14.5	Trakit	
goz5	39.053	43.504	6/7	344.4	50.5			5.9	48.54	9.7	Latit	
goz4	39.051	43.505	8/9	146.4	-56.6			7.85	47.33	8.1	Latit	
koz7	39.013	43.56	8/8	181.4	-48.3	198.9	-53.5	7.99	818.97	1.9	Latit	
al2	39.013	43.657	8/9	156.4	-40.9			7.91	80.37	6.2	Latit	
al3	39.017	43.659	12/14	173.6	-51.4			104.51	104.51	4.3	Trakidasit	
dere	39.079	43.76	8/9	9.7	32.6			7.89	66.32	6.9	Latit	
bbc	39.092	43.784	9/9	214.8	-56.6			8.93	112.65	4.9	Latit	
bbc2	39.085	43.758	7/10	195.5	-60.2			6.78	27.06	11.8	Latit	
tas	39.028	43.469	7/8	162.9	-59.1			6.97	215.12	4.1	Latit	
ako	38.993	43.538	7/7	195.5	-66.8			6.99	455.9	2.8	Trakit	
al4	39.019	43.66	7/8	169.2	-48.5	163.8	-52.5	6.92	75.22	7	Trakiandezit	
koz6	39.013	43.564	7/8	184.3	-52.4			6.96	140.47	5.1	Trakit	
goz1	39.092	43.555	7/9	173.5	-52.8			6.98	341.95	3.3	Latit	

Cizelge 1 : Devam
Figure 1: Continued

Mevki adı	Enlem	Boylam	Dn/Tn (adet)	D _g (°)	I _g (°)	D _s (°)	I _s (°)	R	k	α ₉₅ (°)	Volkanik Birim
goz2	39.099	43.581	6/8	182.1	-38.9			5.94	81.76	7.5	Latit
ykoz4	39.014	43.574	8/8	177.5	-40	168.9	-51.3	7.9	71.24	6.6	Trakit
yeni	39.071	43.756	8/8	10.2	-62.3			7.61	18.14	13.4	Latit
snty	38.955	43.646	7/8	172.1	-71.6			6.98	302.84	3.5	Trakit
krh2	38.944	43.665	8/8	139	-66.2			7.96	168.94	4.3	Trakit
hydr	39.014	43.436	7/8	141.8	-54.7	154.8	-56.8	6.88	49.2	8.7	Trakit
hydr2	39.006	43.421	10/10	184.2	-64.7			9.7	30.09	9	Trakit
shl	38.998	43.416	8/8	142.4	-60.4			7.91	77.65	6.3	Trakit
atok	38.999	43.406	8/8	356.9	65.7			7.97	213.44	3.8	Trakit
atok2	39.004	43.394	5/9	8.6	67.5			4.92	50.25	10.9	Trakit
san	39.005	43.408	8/8	158.2	-66.6			7.96	184.35	4.1	Trakit
park	39.012	43.398									Trakit
İstatistiki olarak güvenilir miknatıslanması yoktur											
ytok	39.01	43.407	7/7	169.7	-51.1			6.98	297.12	3.5	Trakit
bend2	39.01	43.467	8/8	192.9	-57.7			7.95	131.33	4.9	Latit
isik	39.006	43.429	8/8	149.5	-56.5			7.97	230.82	3.7	Trakit
skr	39.008	43.447	8/8	151.1	-55.5			7.91	74.55	6.5	Trakit
san2	39.004	43.409	8/8	137.6	-58.8			7.91	81.36	6.2	Trakit
hydr3	39.011	43.431	8/8	149.6	-77.3	128.5	-68.2	7.84	44.3	8.4	Trakit
yayla	38.812	43.401	7/8	40.5	74.5			6.9	58.46	8	Bazalt
yayla2	38.812	43.404	7/7	11.7	68.1			6.97	197.71	4.3	Bazalt
nors	38.819	43.415	9/9	44.8	53.8			8.98	437.73	2.5	Bazalt
timar	38.854	43.444	7/8	18.3	54.3	20.9	59	6.79	28.52	11.5	Bazalt
krb	38.865	43.465	7/8	130.5	64			6.98	243.61	3.9	Bazalt
tel	39.141	43.352	7/10	175.3	-62.7	165.7	-54.6	6.97	225.99	4	Hawaait
koc1	39.139	43.351	6/8	173.6	-45.2			5.9	52.38	9.3	Trakibazalt
İstatistiki olarak güvenilir miknatıslanması yoktur											
cay5	39.13	43.354									Hawaait
pay2	39.113	43.54	6/6	16.9	52.5			5.8	24.64	13.8	Bazalt
isb	39.161	43.371	6/7	96.2	69.7			5.74	19.14	15.7	Trakit

Pliyosen yaşlı volkanik kayalardan elde edilen ortalama mıknatıslanma doğrultularının stereografik projeksiyonda gösterimi Şekil 3’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi tektonik düzeltme öncesi ve sonrasında mıknatıslanma doğrultularındaki gruplanmanın iyi olması, ayrıca normal ve ters polariteli mevkilerin var olması bu çalışmadaki veri

güvenirliğinin ayrı bir göstergesidir. Aynı zamanda normal ve ters polariteli mevkilerin ortalama mıknatıslanma doğrultularının bir dipolün iki ucunu gösterecek şekilde gruplanması, yeterince geniş bir zaman skalasını kapsamaya açısından değerlendirildiğinde ortalama mıknatıslanma doğrultuları içinde seküler değişimin bulunmadığını göstermektedir.



Şekil 3: Pliyosen yaşlı kayalardan alınan mevkilerin tektonik düzeltme öncesi ve sonrası stereografik projeksiyon gösterimi.

Figure 3: Paleomagnetic mean directions of Pliocene volcanic rocks before and after tectonic correction

KAYA MANYETİZMASI ÇALIŞMALARI

Paleomanyetizma çalışmalarının güvenilirliğini hem desteklemek hem de kontrol etmek amacıyla kalıcı mıknatıslanmadan sorumlu manyetik minerallerin tanımlanması, alterasyonu, koersif kuvveti ve manyetik süseptibilitenin belirlenmesi için kaya manyetizması çalışmaları birçok araştırmacı tarafından başarıyla gerçekleştirilmiştir (Stacey ve Banerjee, 1974; Butler ve Banerjee, 1975; Senanayake ve McElhinny, 1981; 1982; Collinson, 1983; Tarling, 1983; Fuller ve Cisowski, 1987; O'Reilly, 1984; Dunlop ve Özdemir, 1997). Bu çalışma kapsamında; Eş-Isıl kalıntı mıknatıslanma (EIKM), yüksek sıcaklık süseptibilite ölçmeleri ve Manyetik Süseptibilite Anizotropisi (AMS) çalışmaları yapılmıştır.

MANYETİK SÜSEPTİBİLİTE ANİZOTROPİSİ (AMS) ÇALIŞMALARI

Kayaçların fiziksel bir özelliği olan Manyetik süseptibilite anizotropisi (AMS), yapısal ve defor-

masyon analizleri (Borradaile, 1988; Li ve Powell, 1993; Borradaile ve Henry, 1997) ile deformasyona uğramış kayaçların paleomanyetik değerlendirilmeleri (Conge ve Perroud, 1985) ve magmatik intrüzif mekanizması ile akış yönlerinin belirlenmesi (Ernst ve Baragar, 1992) gibi çeşitli uygulamalarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Manyetik süseptibilite anizotropisi (AMS), manyetik süseptibilitenin kayaç içerisindeki yönüne bağlı değişimini ifade etmektedir (Tarling ve Hrouda, 1993). Bu değişim matematiksel olarak ikinci derceden bir tensör ile ifade edilmekle birlikte üç eksenli bir elipsoid olarak tanımlanır. AMS çalışmalarında bu üç eksenli elipsoid tanımlanırken k_1 (k_{max}), k_2 (k_{int}) ve k_3 (k_{min}) terimleri kullanılarak maksimum, orta ve minimum manyetik süseptibilite bileşenleri olarak adlandırılır ve aralarındaki ilişki ise $k_1 > k_2 > k_3$ olarak ifade edilir.

AMS yöntemi sonucu hesaplanan bu parametreler, kayaç sedimanter ise suyun akış yönünü, metamorfik ise kayaçlardaki deformasyonu, volkanik ve plütonik ise lav veya mağma akış yönü-

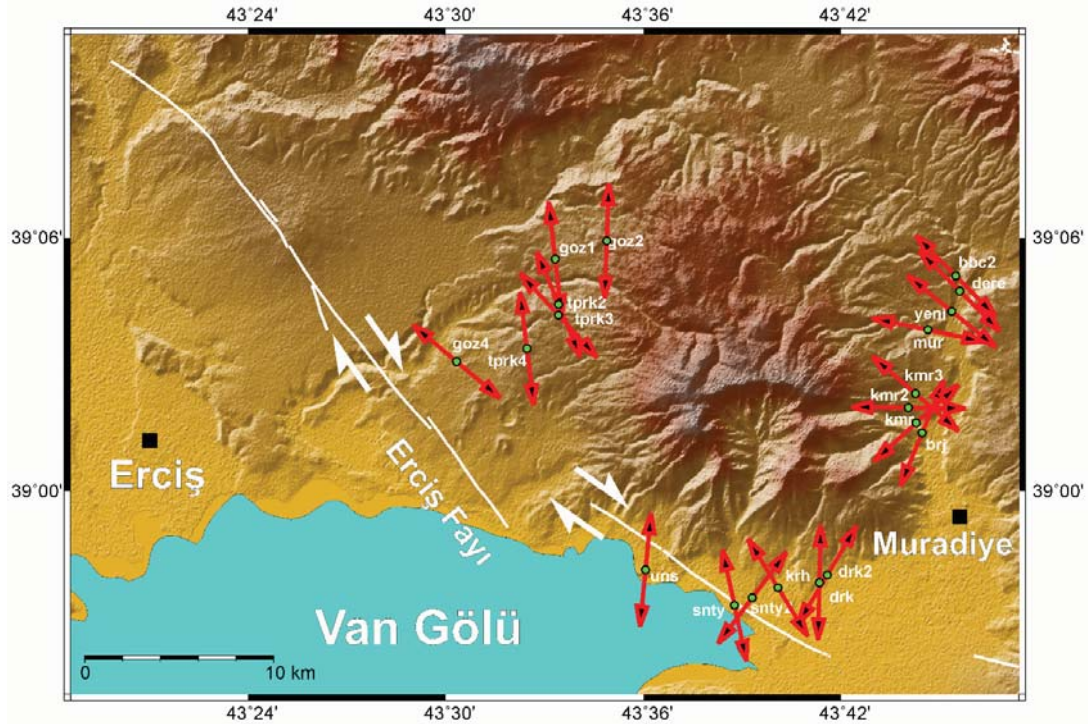
nü, tanımlamak için kullanılmaktadır (Tarling ve Hrouda, 1993).

AMS çalışmalarında kullanılacak numuneler "Bartington MS2 Magnetic Susceptibility System" cihazında 18 farklı ölçüm pozisyonunda ölçülerek farklı eksenlerindeki süseptibilite değerleri belirlenmiştir. Her bir numunenin farklı eksenlerindeki manyetik süseptibilite değerlerinden, AMS elipsoidinin ana eksenlerini tanımlayan maksimum (k_1), orta (k_2) ve minimum (k_3) manyetik süseptibilite değerleri hesaplanmış ve bu değerler kullanılarak numunelerin AMS parametreleri elde edilerek Çizelge 2'de verilmiştir.

Şekil 4'de Muradiye ilçesi kuzeyindeki Babacan Köyü'nden başlayarak güneye doğru Kemerköprü civarında, Bendimahi Çayı'nın Van Gölü'ne ulaştığı noktanın kuzeyinde Dürükkaş, Karhan, Alkasnak köyleri civarında, Ünseli beldesinde ve kuzeybatıda ise Bakırtaş, Yeşilkanat köyleri civarında yaygın yüzlekler veren Pliyosen yaşlı volkanik kayalarda yapılan AMS ölçüm sonuçlarına göre paleo-akıntı doğrultuları verilmiştir. Şekil 4'den izleneceği üzere, paleo-akıntı doğrultuları yaklaşık olarak radyal bir şekilde yayılım göstermekte ve çıkış merkezi olarak Alkasnak Köyü kuzeyindeki Etrüsk Volkan kraterini işaret etmektedir.

EŞ-ISIL KALINTI MIKNATISLANMA (EIKM) ÖLÇÜMLERİ

Eş-ısı kalıntı mıknatıslanma (EIKM) ölçümleri, kayacın içerisinde bulunan ve kayacın mıknatıslanmasından sorumlu olan manyetik minerallerin ayırtlanması ve tanımlanması amacıyla yapılmaktadır. Herhangi bir kalıcı mıknatıslanması olmayan veya kalıcı mıknatıslanması alternatif alan demanyetizasyon yöntemiyle temizlenmiş bir kayaca şiddeti giderek artan bir dış alan uygulandığında danelerin manyetik momenti kolay mıknatıslanma doğrultusuna paralel halde yönlenmektedir (Tarling, 1983). Mıknatıslanmadan sorumlu mineralin türüne göre, doymuş hale gelinceye kadar kayaca yüklenen EIKM'nin şiddeti, uygulanan alanın şiddetine bağlı olarak artmaktadır (Thompson ve Oldfield, 1986). EIKM ölçümlerinin uygulanması öncelikle numunenin kalıcı mıknatıslanmasının alternatif alan demanyetizasyon yöntemi ile temizlenmesiyle başlamaktadır. Kalıcı mıknatıslanması temizlenmiş olan numuneye, oda sıcaklığında, anlık mıknatıslanma yükleyici (pulse magnetiser) ile 0.025 Tesla şiddetinde alan kısa bir süre (~3 ms) uygulanmakta ve kazandığı mıknatıslanma spinner manyetometresi ile ölçülmektedir. Ardından 0.050 Tesla'dan başlayarak 1.0 Tesla'ya kadar aşama aşama aynı işlem uygulanmaya devam edilir.

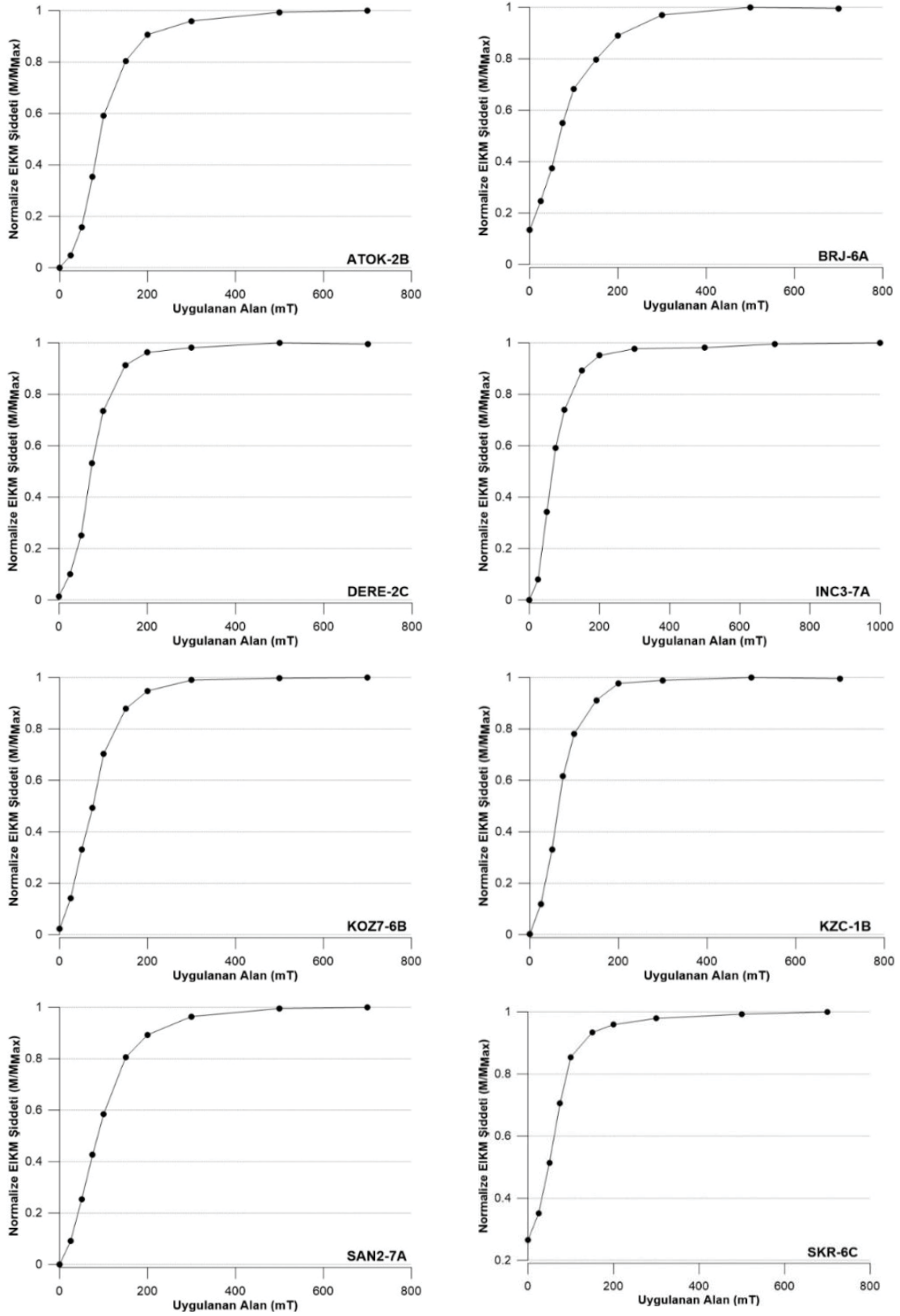


Şekil 4: AMS çalışması sonucunda elde edilen Pliyosen yaşlı mevkielelerin paleo-akıntı yönleri.
Figure 4: Paleo-flow directions of Pliocene volcanic rocks (red vectors).

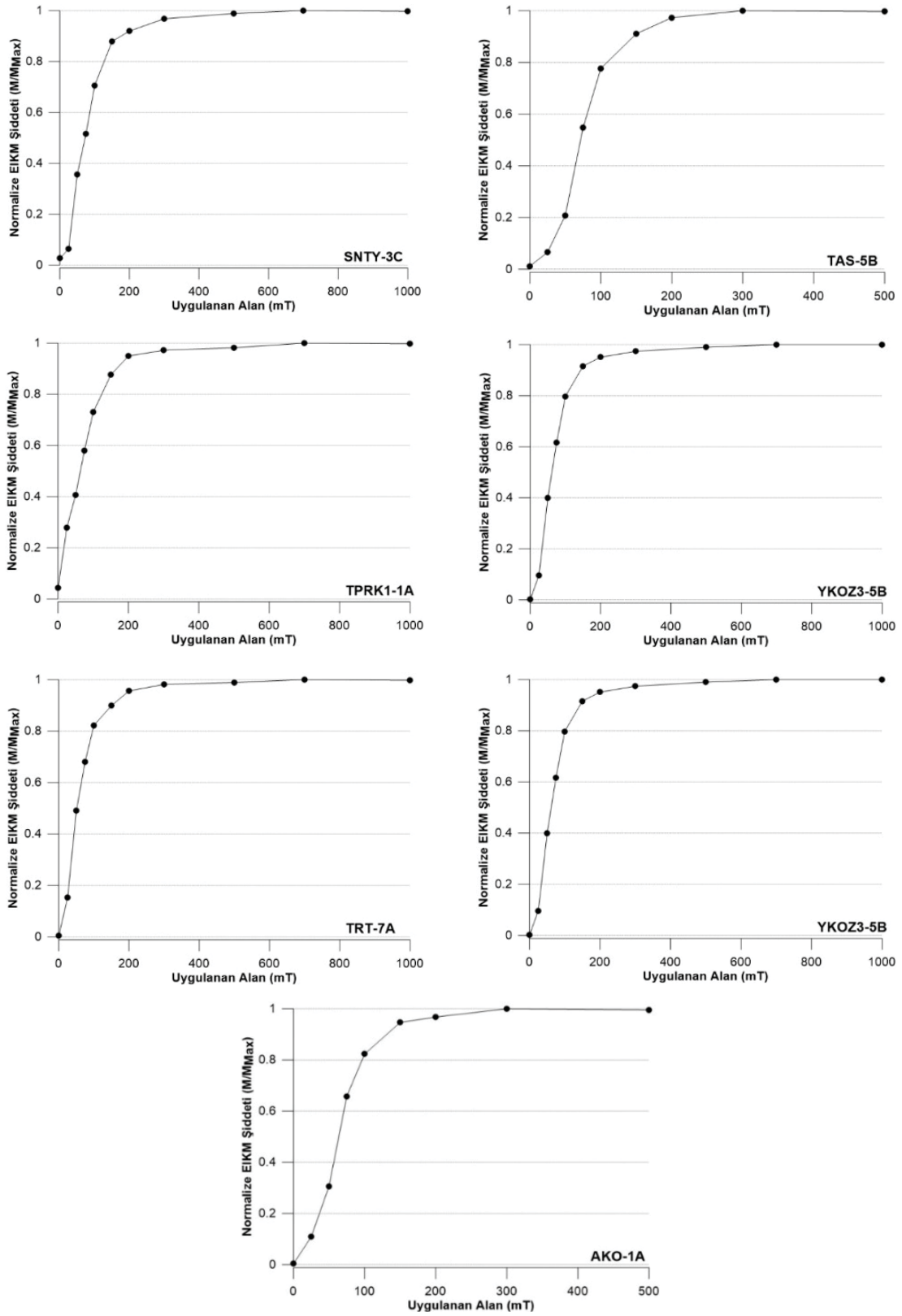
Çizelge 2: AMS Çalışmaları sonucunda elde edilen ortalama AMS parametreleri (k_1 : Maksimum manyetik süseptibilite, k_2 : Ortaç manyetik süseptibilite, k_3 : Minimum manyetik süseptibilite, k_{ort} : Ortalama manyetik süseptibilite, P : Anizotropi derecesi, P_j : Düzeltilmiş anizotropi derecesi, L : Manyetik lineasyon, F : Manyetik foliasyon, T : Şekil parametresi, $D^\circ(k_1) / I^\circ(k_1)$: Maksimum manyetik süseptibilite yönünün denklasyon ve açıları).

Table 2: Average AMS parameters as a result of AMS studies (k_1 : Maximum magnetic susceptibility, k_2 : Medium magnetic susceptibility, k_3 : Minimum magnetic susceptibility, k_{ort} : Mean magnetic susceptibility P : Anisotropy degree, P_j : Corrected anisotropy degree, L : Lineation parameter, F : Foliation parameter, T : Shape parameter, $D^\circ(k_1) / I^\circ(k_1)$: Declination and inclination of maximum magnetic susceptibility (k_1))

Mevki Adı	N	k_1	k_2	k_3	k_{ort}	L	F	P	P_j	T	$D^\circ(k_1)$	$I^\circ(k_1)$
bbe2	5	1116.2	1110.3	1084.6	1103.70	1.0053	1.0237	1.0291	1.0310	0.6309	135.5	11
bij	8	993.5	978.2	958.9	976.87	1.0156	1.0201	1.0361	1.0362	0.1243	202.3	64.4
dere	6	2834.7	2832.5	2757.7	2808.30	1.0008	1.0271	1.0279	1.0319	0.9436	135.3	26.6
dir1	8	714.6	708.6	687.7	703.63	1.0085	1.0304	1.0391	1.0412	0.5605	181.3	47.8
dir2	7	621.6	613.4	597.1	610.70	1.0134	1.0273	1.0410	1.0418	0.3395	210.8	24.6
goz1	8	904.2	901.1	877.2	894.17	1.0034	1.0272	1.0308	1.0338	0.7734	149.3	6.8
goz2	5	1339.6	1326.1	1295.2	1320.30	1.0102	1.0239	1.0343	1.0352	0.3990	224.8	10.5
goz4	6	1158.8	1143.3	1118.5	1140.20	1.0136	1.0222	1.0360	1.0364	0.2391	310.7	46.3
kmr	4	1497.2	1495.1	1452.9	1481.73	1.0014	1.0290	1.0305	1.0345	0.9065	47.7	7
kmr2	9	719.3	714.9	686.5	706.90	1.0062	1.0414	1.0478	1.0520	0.7371	270.7	17.6
kmr3	8	387.1	378.6	367.9	377.87	1.0225	1.0291	1.0522	1.0523	0.1271	131	63.6
krh	6	778.4	769.4	753.2	767.00	1.0117	1.0215	1.0335	1.0339	0.2932	328.6	28.1
mur	11	587.8	576.4	564.3	576.17	1.0198	1.0214	1.0416	1.0417	0.0400	102.3	6.7
snty	7	563.5	558.4	543.8	555.23	1.0091	1.0268	1.0362	1.0377	0.4890	167.9	16.2
snty2	7	1044.3	1024.5	987.9	1018.90	1.0193	1.0370	1.0571	1.0580	0.3105	216.8	0.8
tprk2	5	1027.3	1025.6	977.3	1010.07	1.0017	1.0494	1.0512	1.0583	0.9336	157.4	5.6
tprk3	4	547.4	539.7	530.2	539.10	1.0143	1.0179	1.0324	1.0325	0.1125	317.6	20.5
tprk4	4	767.1	764.4	739.6	757.03	1.0035	1.0335	1.0372	1.0411	0.8068	353.1	8
uns	7	1335.7	1320.2	1296.8	1317.57	1.0117	1.0180	1.0300	1.0302	0.2102	185.6	3.5
yeni	8	1352.8	1346.7	1321.3	1340.27	1.0045	1.0192	1.0238	1.0253	0.6164	309.1	44.3



Şekil 5: Pliyosen yaşlı volkanik kayaç numunelerine ait Eş-Sıcaklık Isıl Kalıcı Mıknatıslanma (EIKM) Eğrileri.
Figure 5: IRM acquisition curves of representative samples



Şekil 5: Devamı.

Figure 5: Continued.

Mıknatıslanmadan sorumlu minerali “*manyetit*” olan kayalara 500-550 mT (0.5 T – 0.55 T) kadar dış alan uygulandığında kayacın kazandığı EIKM doygun hale gelir ve bu noktadan sonra dış alan ne kadar arttırılırsa arttırılsın, kayacın kazandığı mıknatıslanma aynı kalmaktadır. Eğer mıknatıslanmadan sorumlu mineral “*hematit*” gibi yüksek koersiviteli bir mineral ise dış alan şiddeti ne kadar arttırılırsa arttırılsın numunenin kazandığı EIKM’yi doygun hale getirebilmek mümkün olmayacaktır. Eğer kayaç bu şekilde doygun EIKM’ya sahip olmuyorsa kayacın mıknatıslanmasından sorumlu mineralinin hematit olduğu söylenebilir. Kayaç içerisinde mıknatıslanmadan sorumlu mineral “*manyetit + hematit*” ise EIKM eğrisi artan dış alanla birlikte önce manyetit ile ilişkili hızlı bir yükselim daha sonra ise hematit ile ilişkili nispeten daha düşük eğimli bir artış olacaktır. Ancak satürasyon mıknatıslanmasına ulaşmayacaktır.

Şekil 5’de Van Gölü kuzeyindeki Pliyosen volkaniklerinden alınan numunelerden 15 mevkiye ait EIKM eğrileri verilmiştir. EIKM işlemleri uygulanan numunelerin bu çalışma kapsamında toplanan kayaç türlerinin her birinden olmasına özen gösterilmiştir. Şekil 5’de yer alan EIKM eğrilerine bakıldığında çalışılan kayaçların hiçbirinde Hematit mineralinin tek başına bulunmadığı görülmektedir. Diğer taraftan, Manyetit mineralinin hakim olduğu ve EIKM eğrilerinde satürasyonun izlendiği 11 mevki (koz7, kzc vb.) bulunmakla beraber Manyetit+Hematit minerallerinin birlikte yer aldığı 4 mevki (ykoz., Skr, vb.) bulunmaktadır.

YÜKSEK SICAKLIK SÜSEPTİBİLİTE ÖLÇÜMLERİ

Sıcaklığa bağlı süseptibilite değişimleri; düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık süseptibilite ölçümleri olarak iki kısma ayrılmaktadır. Bu çalışmada yüksek sıcaklık süseptibilite ölçümleri “Bartington Susceptibility /Temperature System” cihazı kullanılarak yapılmıştır. Yüksek sıcaklık süseptibilite ölçümlerinde, kayaç içerisindeki manyetik minerallerin manyetik süseptibilitelelerinin ısınma ve soğuma adımları boyunca sergilediği değişimin incelenmesi

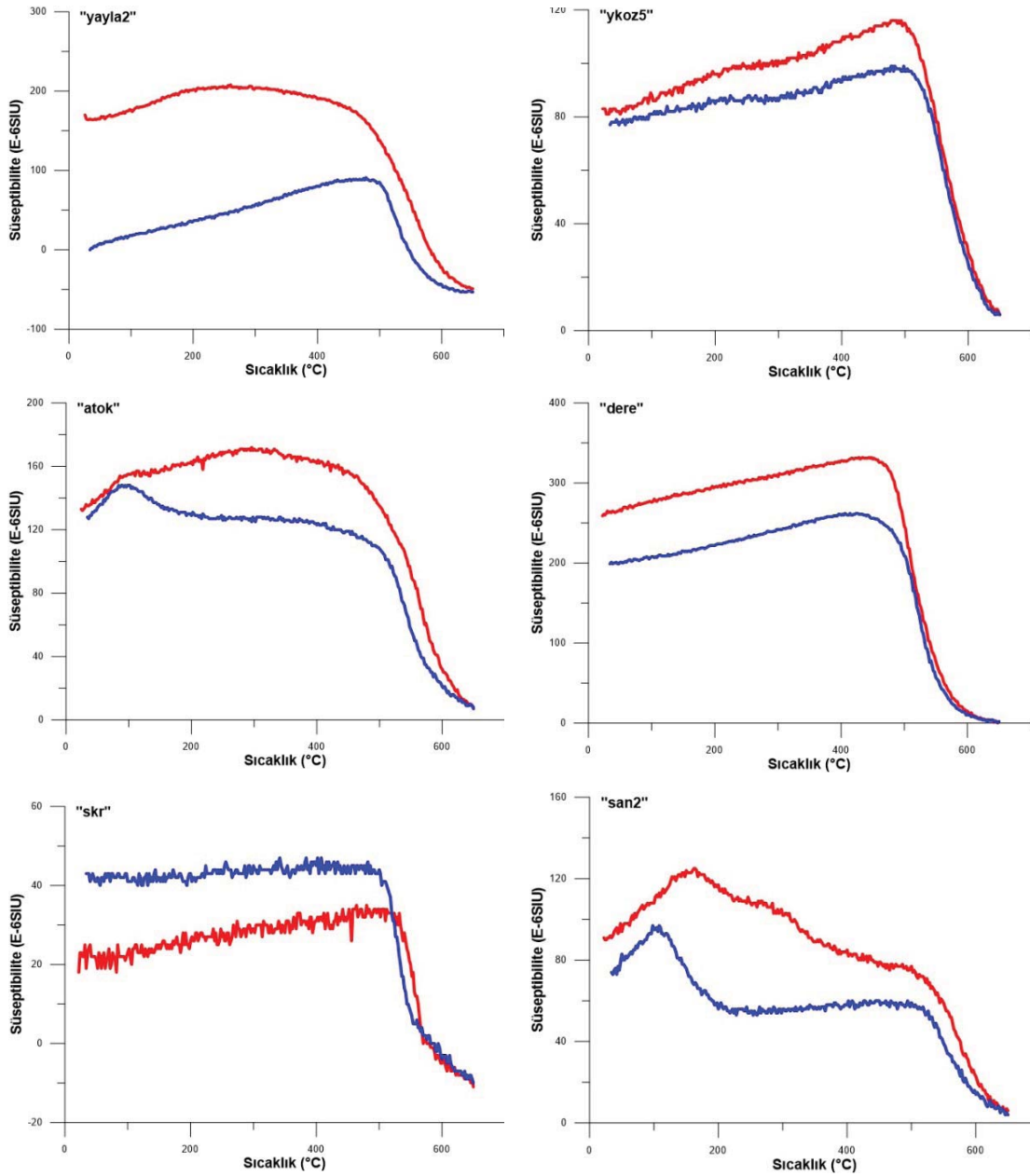
ve oluşabilecek bozuşmaların belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır.

Yüksek sıcaklık süseptibilite eğrilerinde oluşacak farklar, kayaç içerisinde meydana gelen kimyasal bozuşmaları işaret etmekte olup, manyetik mineral tanımlaması ve domen yapısı hakkında da bilgi sağlamaktadır. Kayacın mıknatıslanmasından sorumlu minerallerin tek veya çok domenli oluşu, titanyumlu manyetit içerip içermediği soruları da bu çalışmalar neticesinde karşılık bulunabilmektedir. Ayrıca süseptibilite değerlerinin ani değiştiği ve yok olduğu kısımlarda Curie sıcaklık değerleri, kimyasal bozuşmanın olması durumunda da yine bozuşma sıcaklığına bakılarak bozuşma ürünleri saptanabilmektedir.

Bu çalışmada, Pliyosen yaşlı kayaçlardan kayaç türlerini temsilen toplam 6 mevkiye ait numune seçilerek yüksek sıcaklık süseptibilite ölçümleri yapılmıştır. Şekil 6’de verilen grafiklerde verilen kırmızı eğriler ısınma, mavi eğriler ise soğuma eğrilerini göstermektedir. Isınma eğrilerinin büyük çoğunlukla soğuma eğrilerinin üzerinde kaldığı gözlenmektedir. Numunelerin büyük çoğunluğunda ısınma aşamasında eğri üzerinde dalgalanmalar mevcuttur. Bu ise mineral faz dönüşümüne işaret etmektedir. Söz konusu eğim değişiklikleri numunelerin biri düşük diğer yüksek olmak üzere iki adet Curie sıcaklığına sahip olduğunu göstermektedir. Şekil 8’den de görüleceği üzere düşük Curie sıcaklıklarının çok geniş bir bant aralığında olduğu, daha yüksek sıcaklıklarda olan asıl Curie sıcaklıklarının 580-600°C’ler arasında olduğu görülmektedir.

Yine aynı numunelerin soğuma eğrilerine bakıldığında, genellikle ısınma aşamasında meydana gelen oksidasyon sonucunda soğuma aşamasında tek bir mineralin hâkimiyetinden ve eğrisinden bahsetmek mümkündür.

Şekil 6’de verilen altı adet grafik yardımıyla Van Gölü kuzeyinde yer alan Pliyosen yaşlı kayaçlarda çok domenli manyetik bir yapının hâkim, “Ti-Manyetit” açısından zengin olduğu, genellikle mineral faz dönüşümünün izlendiği söylenebilir.



Şekil 6: Yüksek Sıcaklık Süseptibilite Ölçüm Grafikleri. Kırmızı çizgi ısınma eğrilerini, mavi ise soğuma eğrilerini göstermektedir.

Figure 6: High Temperature Susceptibility Curves. The red line shows the heating and the blue line shows the cooling curves.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Doğu Anadolu’da, Van Gölü kuzeyinde yer alan Pliyosen yaşlı volkanik kayaçlarının kaya manyetizması ve paleomanyetizma çalışmaları yapılmış olup, bölgedeki tektonik gelişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışmalardan ulaşılan sonuçlar sırasıyla aşağıda verilmiştir. **Kaya manyetizması çalışmaları:**

a. Manyetik Süseptibilite Anizotropisi (AMS) çalışmaları neticesinde; Pliyosen yaşlı mevkilerin manyetik anizotropi doğrultuları (paleo-akıntı yönleri) belirlenmiştir. Şekil 4’te görüldüğü üzere, Etrüsk Volkanı civarında yer alan Pliyosen volkaniklerinden saptanan paleo-akıntı doğrultuları daha önce yapılmış olan jeokimyasal çalışmalarda da öngörüldüğü üzere (Lebedev vd., 2010; Oyan, 2011) Etrüsk volkanik çıkış merkezini işaret etmektedir.

b. Van Gölü kuzeyinden örneklenen Pliyosen yaşlı volkanik kayaçlarda (15 mevki) Eş Sıcaklık Isıl Kalıcı Mıknatıslanma (EIKM) çalışmaları yapılmıştır. Söz konusu numunelerin EIKM eğrileri, numunenin doymuş haldede mıknatıslanmaya ulaştığını bu sebeple “Manyetit” mineralinin Pliyosen volkaniklerinin mıknatıslanmasından sorumlu olduğunu göstermiştir. Sadece 4 mevkide önce Manyetit ile ilişkili hızlı bir yükselim daha sonra ise Hematit ile ilişkili nispeten daha düşük eğimli bir artış gözlenmekte ve numunenin tam olarak doymuş hale gelmediği görülmüştür. Bu bağlamda, mıknatıslanmadan sorumlu mineralin “Manyetit+Hematit” olduğu saptanmıştır. Volkaniklerin mıknatıslanmasından yalnızca Hematit’in sorumlu olduğu mevki bulunmaktadır. Özetle, EIKM verileri Pliyosen yaşlı volkanik kayaçların mıknatıslanmasından büyük ölçüde **Manyetit** mineralinin sorumlu olduğunu göstermiştir.

c. Yüksek sıcaklık süseptibilite çalışmaları için kayaç türlerini temsilen altı mevki seçilmiştir. Buna göre; ısınma eğrilerinin genelde soğuma eğrilerinin üzerinde kaldığı ve genellikle ısınma aşamasında meydana gelen oksidasyon sonucunda soğuma aşamasında tek bir mineralin hakimiyetinin var olduğu görülmektedir. Kayaçların çok domenli manyetik yapıya sahip olduğu, “**Ti-Manyetit**” açısından zengin olduğu ve genellikle ısıtma işlemleri neticesinde mineral faz dönüşümünün gerçekleştiği de söylenebilmektedir.

Paleomanyetizma çalışmaları:

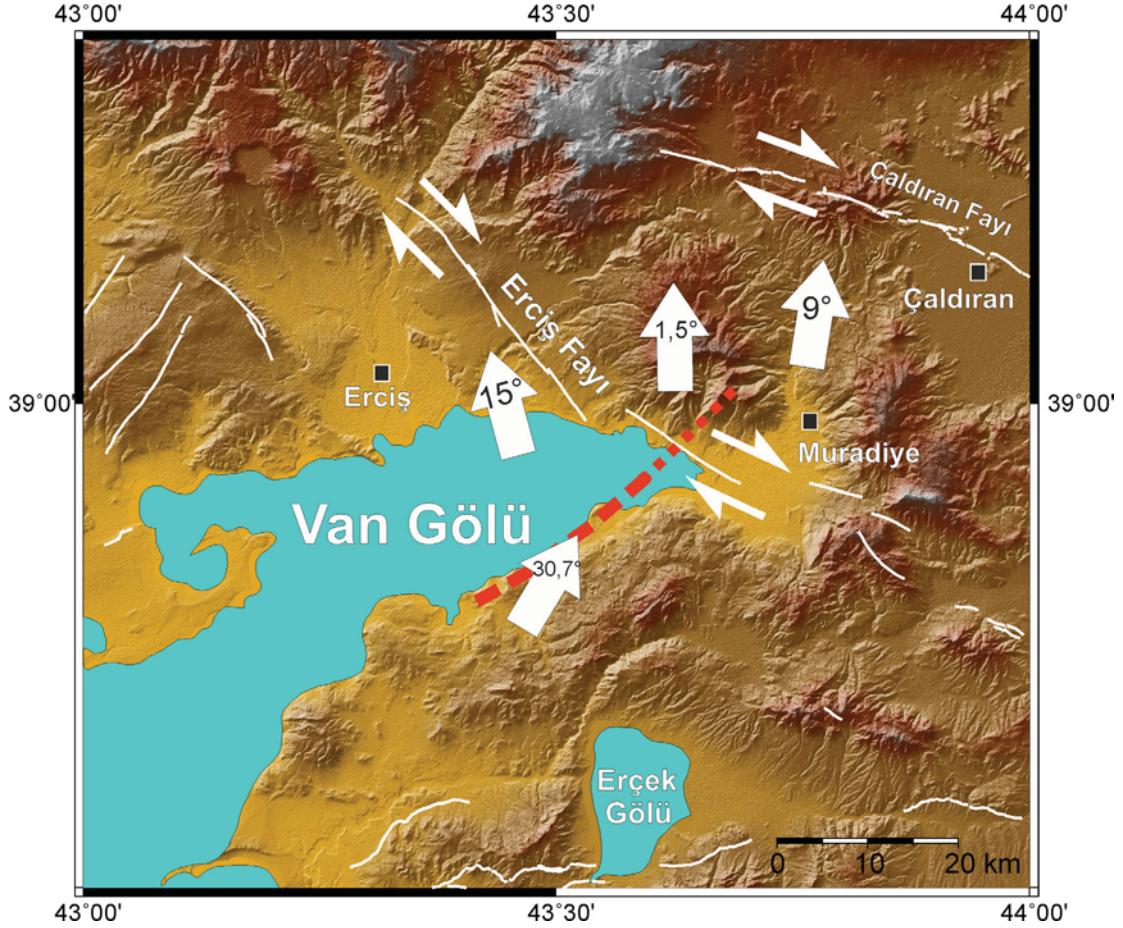
a. Pliyosen yaşlı güvenilir mıknatıslanmaya sahip 71 mevkinin 11’i normal, 60’i ise ters polarite göstermektedir. Normal polariteli mevkilerden denklasyon açısı diğer mevkilere göre anomali gösteren “nors” mevkisi çıkarılmak suretiyle 70 mevkiye “Reversal Test” uygulanmıştır. Pliyosen yaşlı volkaniklerin reversal testinin “B” kategorisinde olduğu ve testi geçtiği görülmektedir. Bilindiği gibi paleomanyetik verilerde yalnız normal veya yalnız ters polarite olması halinde, söz konusu verilerin yermanyetik alanının anlık değerini taşıyabileceği düşünülmektedir. İki tür polaritenin olması halinde ise, paleomanyetik verinin yermanyetik alanının seküler değişimlerinden etkilenmediği kabul edilir. Dolayısıyla çalışmaya ait paleomanyetik veri kalitesinin yüksek olduğu ortaya konmaktadır.

b. Yermanyetik alanının dünya üzerindeki dağılımı, Küresel Harmonik Analiz (KHA) çalışmaları ile modellenerek inklinasyon açısının coğrafik enlem ile değişim bağıntısı “**tg I = 2 tg λ**” olarak ifade edilmiştir. Buna göre; çalışma sahasındaki ortalama coğrafik enlem $\lambda=39^\circ$ alındığında, inklinasyon açısının $I=58^\circ$ olması beklenmektedir. Ortalama mıknatıslanma doğrultularının eğim açısı $\sim 57^\circ$ civarında olduğu saptanmıştır. Eğim açısı α_{95} emniyet çemberi ile birlikte düşünüldüğünde, bölge için beklenen eğim açısını karşıladığı görülmektedir. Bunun anlamı, Pliyosen’de yaşlı volkanikler oluştuğu andan itibaren bölgenin kuzey-güney yönlü enlemsel bir harekete (ötelenmeye) maruz kalmadığı söylenebilir.

c. Tüm Pliyosen yaşlı volkanik kayaçlara ait ortalama mıknatıslanma doğrultusu $D=177.9^\circ$ ’dir. 3.2° ’lik α_{95} emniyet çemberi de dikkate alındığında Pliyosen’den itibaren bölgenin herhangi bir rotasyona maruz kalmadığı söylenebilir. Ancak çalışma alanında farklı lokasyonlardaki mevki topluluklarında küçükte olsa gruplaşmaların olması nedeniyle ayırık ortalamaların da hesaplanması uygun görülmektedir. Bu bağlamda, Erciş Fayı’nın güneyinde bulunan mevkilerde saatin tersi yönünde $\sim 15^\circ$ ’lik net bir rotasyon gözlenmekte, kuzeyinde kalan mevkilerin ortalamalarına bakıldığında yine saatin tersi yönünde $\sim 1.5^\circ$ ’lik bir rotasyon gözlenmektedir. Ancak bu ikinci değer mevkilerin bulunduğu lokal alanda rotasyon olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Erçek Gölü kuzeybatısında, Van-Mu-

radiye karayolu üzerinde (Van Gölü kıyısındaki Çolpan köyü civarında) bulunan mevkiler ile Muradiye kuzeyinde (Çaldıran yolu) bulunan

mekkilere bakıldığında saat yönünde sırasıyla $\sim 31^\circ$ ve $\sim 13^\circ$ 'lik rotasyon göstermektedir.



Şekil 7: Pliyosen yaşlı mevkilerin rotasyonlarından oluşturulan bloklar ile hipotetik fay (kesikli kırmızı çizgi) ilişkisi.
Figure 7: Relation of hypothetical fault (dashed red line) to blocks formed using rotations of site mean directions.

d. Ancak bu alanda rotasyon farklılığını oluşturabilecek fay vb. tektonik bir unsurun olmayışı söz konusu rotasyonun bölgenin genel tektonik hareketini yansıttığını düşündürmektedir. Dolayısıyla, **Pliyosen** yaşlı volkaniklere ait paleomanyetik rotasyonlarda görülen bu farklılığın Van Gölü kuzeydoğusundan başlayarak Erciş Fayı'na dik doğrultuda Muradiye'ye doğru uzanan KD-GB gidişli hipotetik bir fayın (örtülü ve/veya gömülü fay?) (Şekil 7) olabileceği ve bu hattın her iki tarafında farklı rotasyonların gelişmiş olabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Zira bölgede meydana gelen depremlerin bir kısmı mevcut fayların üzerinde olmayıp olası gömülü fayların varlığına işaret etmektedir.

SUMMARY

To determine tectonic evolution of the North of the Lake Van, oriented paleomagnetic samples were collected from 82 sites of Pliocene volcanic rocks. The origin of the collected paleomagnetic samples from different volcanic series are related to the volcanic centers in this region such as: Etrüsk Mountain and Pliocene plateau basalts. Paleomagnetic laboratory studies and Rock magnetism studies have been performed in the KANTEK Paleomagnetism Laboratory and Istanbul University Doç.Dr.Yılmaz İspir Paleomagnetism Laboratory respectively.

Rock magnetic experiments including high temperature susceptibility measurements, acquisition of isothermal remanent magnetization (IRM) and Anisotropy of magnetic susceptibility (AMS)

studies were carried out from samples of some sites for identifying the magnetic remanence carriers and origin of volcanic rocks. High temperature susceptibility measurements of most samples show a strong decrease in susceptibility between 500 and 600 °C typical of Ti-poor magnetite. Generally, IRM curves show rapid acquisition of magnetization to about 200mT. Paleo-flow directions and volcanic centers of the Pliocene aged volcanic rocks in the north of Lake Van have been identified by using AMS studies.

Our paleomagnetic results suggest that significant differences are observed between both sides of the Erciş Fault. There are mostly anti-clockwise rotations in the western part of the Erciş Fault and there is no any considerable rotation in the eastern part. It is obvious that clockwise rotations exist in the north-west of the Erçek Lake and north-east of Erciş Fault/Fault Zone. These results indicate that there is an active tectonism of the region during the Pliocene times. Our results are consistent with previous paleomagnetic studies (Sanver, 1968; Hisarlı et.al., 2015).

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 115Y208 No'lu proje ve İTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen İTÜ-BAP38661 No'lu proje ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada oluşturulan haritalar Generic Mapping Tools (GMT) (Wessel ve diğ., 2013) programı kullanılarak hazırlanmıştır. Ayrıca, İstanbul Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği bölümünde bulunan Doç. Dr. Yılmaz İspir Paleomanyetizma Laboratuvarı'nın kullanılması hususunda ve bu çalışmaya değerli katkılarından dolayı Bölüm Başkanı Prof. Dr. Z. Mümtaz HİSARLI'ya teşekkür ederiz.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Barka, A. A., Kadinsky-Cade, K., 1988.** Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity . *Tectonics*, 7 (3), 663-684.
- Borradaile, G.J., 1988.** Magnetic susceptibility, petrofabrics and strain. *Tectonophysics*, 156, 1-20.
- Borradaile, G.J., Henry, B., 1997.** Tectonic applications of magnetic susceptibility & its anisotropy. *Earth-Science Reviews*, 42(1), 49-93.
- Bozkurt, E., 2001.** Neotectonics of Turkey - a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14 (1-3), 3-30.
- Butler, R. F., Banerjee, S. K., 1975.** Theoretical single-domain grain size range in magnetite and titanomagnetite. *Solid Earth and Planets*, 80, 4049-4058.
- Collinson, D., 1983.** *Methods in Rock Magnetism and Paleomagnetism*. Springer Netherlands.
- Conge, J. P., Perroud, H., 1985.** Strain removal applied to paleomagnetic directions in an orogenic belt: the Permian red slates of the Alps Maritimes, France, *Earth planet. Sci. Lett.*, 72, 125-140.
- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F., Şengör, A.M.C., 1986.** Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia - a young collision zone, In Coward, M.P. and Ries, A.C. (eds.), *Collision Tectonics*, Geological Society of London Special Publication 19, 3-36.
- Dhont, D., Chorowicz, J., 2006.** Review of the neotectonics of the Eastern Turkish-Armenian Plateau from geomorphic analysis of digital elevation model imagery , *International Journal of Earth Sciences* 95, 34-49.
- Dilek, Y., Moores, E., 1990.** Regional tectonics of the eastern Mediterranean ophiolites , In J. Malpas, E. Moores, A. Panayiotou and C. Xenophontos (eds.), *Ophiolites-oceanic crustal analogues*. *Proceed. Int. Troodos Ophiolite Symp.*, Cyprus, 1987, p. 295-309.
- Djamour, Y., Vernant, P., Nankali, H. R., Tavakoli , F., 2011.** NW Iran-eastern Turkey present-day kinematics: Results from the Iranian permanent GPS network *Earth and Planetary Science Letters*, 307,27-34 doi:10.1016/j.epsl.2011.04.029.
- Dunlop, D. J., Özdemir, Ö., 1997.** *Rock Magnetism: Fundamentals and Frontiers*. Cambridge University Press.
- Ernst, R. E., Baragar, W. R. A., 1992.** Evidence from magnetic fabric for the flow pattern of magma in the Mackenzie giant radiating dyke swarm. *Nature*, 356, 511-513.
- Fuller, M., Cisowski, S. M., 1987.** Lunar paleomagnetism, in *Geomagnetism*, vol. 2, edited by J. A. Jacobs, pp. 307-455, Academic Press, New York.
- Hempton, M.R., 1987.** Constraints on Arabian plate motion and extensional history of the Red sea , *Tectonics*, 6, 687-705.
- Hisarlı Z. M., Çinku, M. C., Ustaömer, T., Keskin, M., Orbay, N., 2015.** Neotectonic deformation in the Eurasia-Arabia collision zone, the East Anatolian Plateau, E Turkey: evidence from palaeomagnetic study of Neogene-Quaternary volcanic rocks. *International Journal of Earth Sciences*.
- Koçyiğit, A., 2013.** New field and seismic data about the intraplate strike-slip deformation in Van region, East Anatolian plateau, E. Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 62, 586-605
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S., and Kuloshvili, S., 2001.** Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and lesser Caucasus: implications for transition from thrusting to strike-slip faulting. *Geodinamica Acta* 14, 177-195.
- Lebedev, V. A., Sharkov, E. V., Keskin, M., Oyan, V., 2010.** Geochronology of Late Cenozoic volcanism in the area of Van Lake, Turkey: An example of development dynamics for magmatic processes, *Doklady Earth Sciences*, 2010, Vol. 433, (2), 1031-1037.
- Li, Z. X., Powell, C. Mc A., 1993.** Late Proterozoic to early Paleozoic paleomagnetism and the formation of Gondwanaland. 'Gondwana eight: assembly, evolution and dispersal', 9-21. (Rotterdam: A.A. Balkema).
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A. Demir, A., Ergintav, C., Georgiev, S., L., Gürkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H. G., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R.E., Şanlı, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M. N., Veis, G., 2000.** Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the Eastern Mediterranean and Caucasus , *Jour. of Geophy. Res.*, 105 (5), 695-720.

- O'Reilly, W., 1984.** Rock and mineral magnetism. Blackie & Son, California University.
- Oyan, V., 2011.** Etrüsk Volkanı ve çevresinin (Van Gölü kuzeyi) volkanostratigrafisi, petrolojisi ve magmatik evrimi. Doktora Tezi. 375 s.
- 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.
- Reilinger R., McClusky S., Vernant P., Lawrances., Ergintav S., Çakmak R., Özener, H., Kadıroğlu, Guliev, I., Stephanyan R., Nardariya M., Hahubia G., Mahmoud S., Sakr K., Arrajehi A., Paradissis D., Al-Aydrus A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren E., Dmitrotsa A., Filikov S. V., Gomez F., Al-Ghazzi R., Karam G., 2006.** GPS Constraints on Continental Deformation in the AfricaArabia-Eurasia Continental Collision Zone and Implications for the Dynamics of Plate Interactions, J. Geophys. Res., 111, B05411.
- Sandvol, E., Türkelli, N., Zor, E., Gök, R., Bekler, T., Gürbüz, C., Seber, D., and Barazangi, M., 2003.** Shear wave splitting in a young continent–continent collision: an example from Eastern Turkey. Geophys. Res. Lett. 30(24):8041 doi: 10.1029/2003GL017390.
- Sanver, M., 1968.** A paleomagnetic study of Quaternary volcanic rocks from Turkey. Phys Earth Planet Inter, 1: 403–421
- Senanayake, W. E., McElhinny, M.W., 1981.** Hysteresis and susceptibility characteristics of magnetite and titanomagnetites: interpretation of results from basaltic rocks. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 26(1-2), 47-55.
- Senanayake, W. E., McElhinny, M.W., 1982.** The effects of heating on low-temperature susceptibility and hysteresis properties of basalts. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 30(4), 317-321.
- Stacey, F. D., Banerjee, S. K., 1974.** The Physical Principles of Fock Magnetism. Elsevier Scientific Publishing Company, Minnesota.
- Şaroğlu F., Güner Y., 1981.** Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik gelişimine etki eden öğeler: jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri. Türkiye Jeoloji Kurumu bülteni, 24, 39–50.
- Şengör, A. M. C., Kidd, W. S. F., 1979.** The post-collisional tectonics of the Turkish-Iranian Plateau and a comparison with Tibet. Tectonophysics, 55, 361–376.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 1981.** Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics 75, 181–241.
- Şengör A.M.C., Yılmaz, Y., 1983.** Türkiye'de, Tetis'in evrimi; Levha tektoniği açısından bir yaklaşım: TJK Yerbilimleri özel dizisi, I, Ankara.
- Şengör, A. M. C., Görür, N., Şaroğlu, F., 1985.** Strike slip faulting, and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study; Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation, Biddle and ChristieBlick, ed., Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 37, 227-264.
- Şengör A.M.C., Özeren, S., Zor, E., Genç, T., 2003.** East Anatolian high plateau as a mantle-supported, north-south shortened domal structure, Geophys Res Lett, 30(24):8045.
- Şengör, A. M. C., Özeren, M. S., Keskin, M., Sakınç, M., Özbakır, A. D., and Kayan, İ, 2008.** Eastern Turkish high plateau as a small Turkic-type orogen: Implications for post-collisional crust-forming processes in Turkic-type orogens. Earth-Science Reviews, Earth-01531; No of Pages 48. journal homepage: www.elsevier.com/locate/earscirev.
- Tarling, D. H., 1983.** Palaeomagnetism: principles and applications in geology, geophysics, and archaeology. Springer Netherlands.
- Tarling, D. H., Hroudá, F., 1993.** The Magnetic Anisotropy of Rocks. Chapman & Hall, London.
- Thompson, R., Oldfield, F., 1986.** Environmental Magnetism. Springer, Dordrecht.
- Vernant Ph. Nilforoushan F., Hatzfeld, D., Abbassi M.R., Vingy, C., Masson, F., Nankali, H., Martinod, J., Ashtiani, A., Bayer, R., Tavakoli, F., Chery, J., 2004.** Present day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman. Geophys. J. Int. 157, 381-398.
- Wessel, P., W. H. F. Smith, R. Scharroo, J. F. Luis, F. Wobbe. 2013.** Generic Mapping Tools: Improved version released, EOS Trans. AGU, 94, 409-410.