

دیرینه مغناطیس آتشفشان دماوند در طی نیم میلیون سال گذشته

محمد حامدپور دارابی^{۱*}، علی اکبر بهمنی زاده^۲ و بهروز اسکوئی^۳

^۱استادیار، گروه فیزیک، دانشگاه هرمزگان، ایران

^۲دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فیزیک زمین، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

^۳استادیار، گروه فیزیک زمین، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

(دریافت: ۹۰/۶/۳۰، پذیرش نهایی: ۹۲/۱۱/۱۵)

چکیده

آتشفشان دماوند در طی تاریخ فعالیت‌های خود تحت تاثیر فعالیت‌های زمین‌ساختی منطقه‌ای نیز بوده است. فوران‌های متوالی دماوند در حضور میدان مغناطیسی وقت، این امکان را فراهم آورده است که بتوان از جهت‌های مغناطیسی ضبط شده درون گدازه‌های برهم نهشته، تاریخچه میدان مغناطیسی زمین را در بازه فعالیت‌های دماوند بررسی و همچنین حرکت‌های زمین‌ساختی آتشفشان دماوند را با استفاده از جابه‌جایی ظاهری قطب‌های مغناطیسی زمین (Apparent polar wandering) بررسی کرد. نتایج به‌دست آمده از آنالیزهای دیرینه مغناطیسی بر روی نمونه‌های جمع‌آوری شده از ۱۰ سایت در دامنه آتشفشان دماوند، گویای چرخش مخروط در خلاف جهت عقربه‌های ساعت به میزان ۰/۷ درجه به‌ازای هر ۱۰۰۰ سال است. نمودار دیرینه میل مغناطیسی دو وارونگی مغناطیسی در بازه‌های زمانی ۷۰۰۰ سال و ۲۷۰۰۰ سال را نشان می‌دهد که در قسمت آخرین قطبیدگی معمولی (Brunhes) مقیاس زمانی قطبیدگی مغناطیسی بین المللی دوره پلیوستوسن پایانی و دوره هولوسن مشاهده نشده است.

واژه‌های کلیدی: آتشفشان دماوند، قطب دیرینه مغناطیسی، وارونگی قطب‌ها، چرخش مخروط دماوند

Paleomagnetism of Damavand volcano over the last half million years

Hamedpour Darabi, M.¹, Bahmanizadeh, A. A.² and Oskooi, B.³

¹Assistant Professor, Physics Department, Hormozgan University, Iran

²M.Sc. Student, Earth Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

³Assistant Professor, Earth Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

(Received: 21 Sep 2011, Accepted: 04 Feb 2014)

Summary

Damavand volcano with 5671 m height from sea level which covers 400 square km of area is the highest peak in the Middle East. It is located at 50 km to the east of Capital city of Tehran, Iran. It is in the fumarolic stage and exemplifies ongoing Quaternary volcanic activity. Damavand volcano was influenced by regional tectonics during its history. Allenbach (1966) believed that the volcano originates from a fault that already existed in the sedimentary basin which allowed the magma to rise. Darvishzadeh (1985) believed that the compression movement of Iran plate that influenced the Alborz Mountains which commenced the two curved faults (Vara-rud and Ask) that joined under the cone of the volcano and let the magma rise to the earth's crust.

Frequent eruptions during ~ 1.8 Ma of Damavand volcanos make the opportunity to study the Earth's magnetic field records in its stacked lava to clear out tectonic movement of the cone. Davidson et al., (2004) reported three major phases of volcanic activity during the past 1.8 Ma. They present radiometric age dating (U-TH)/ He, for several samples from different lava deposits around the cone. The youngest deposits of lava are

distributed on the western flank of the cone and most of them are Trachytes. On the southern flank of the cone in which lava deposits are of the Trachy-andesites, show the oldest age among the collected samples. We followed Davidson et al., 2004, sampling sites to use their dated ages for our study.

We used a water supplied petrol drill to collect 200 oriented samples from 10 sites around the cone, from north-west to the north-east. All samples were thermally demagnetized and results were plotted on orthogonal diagrams and principal component analysis (PCA) was carried out to extract primary magnetic remnant components.

Orthogonal diagrams of the sites D1- D10 mostly show two magnetic components of $100-400^{\circ}\text{C}$ and $400-600^{\circ}\text{C}$. sites D10, D9, D8 and D6 also show a third hematite bearing component with curie temperature around 675°C . VRM components exist in very low temperatures with a maximum boundary of 300°C , they have omitted from the data list during component analysis. Magnetic susceptibility variations with temperature during thermal treatments show a stable mineral composition till 600°C therefore we have not included the components over 600°C . Magnetic directions and their palaeomagnetic pole positions were calculated. The calculated α_{95} for most of the mean directions were low therefore mean directions and consequently pole positions are reliable. Magnetic inclination and declination variations are plotted according to the Davidson *et al.*, 2004, from old to the youngest ages.

Our results show two Earth's magnetic polarity anomalies in 7000 and 27000 years ago, which have not been shown in GPTS for Late Pleistocene and Holocene normal polarity chron (Cande & Kent, 1992). Magnetic inclinations for these two sites show reverse polarity however, magnetic inclination only for 27000 y.a. event have a 180° rotation and it has a rotation of 90° for the 7000 y.a. event. Therefore a reversal for the 27000 y.a. event and an excursion for the 7000 y.a. event is probable. However we don't see such record in the previous works therefore these might be the effect of a non-dipole in this area in that time.

We have used window method (Besse, & Courtillot, 2002) for averaging paleomagnetic poles in three ranges of age of 7.0-7.2 Ky, 25-65 Ky and 250- 400 Ky. Poles arrangement shows an anti-clockwise rotation of Damavand cone with an average of $7/0^{\circ}$ per 1 Ky. Many faults which are distributed around the cone can be the evidences for such a rotation for the cone.

Keywords: Damavand volcano, Palaeopole reversals, Cone rotation

۱ مقدمه

به علت دارا بودن گدازه‌های گسترده از قسمت‌های دیگر متمایز است (بوت و دراوو، ۱۹۶۱؛ آلن باخ، ۱۹۶۶). یال شمال شرقی دماوند نیز با شیب کمتری که نسبت به سمت غربی آن دارد این نبود تقارن را به خوبی نشان می‌دهد. دره حاجی دلا- ناندل در شمال دماوند قرار دارد و در شمال این دره گدازه‌های ساردوییچ وجود دارند که از جنس سنگ‌های آتشفشانی دماوند هستند. گدازه‌های دماوند در سمت شمال غربی دماوند و در غرب دره حاجی دلا-ناندل تا روی کوه هاره امتداد دارند. آلن باخ (۱۹۶۶) تشکیل

آتشفشان دماوند با مساحت 400 کیلومتر مربع و ارتفاع قله آتشفشانی 5671 متر از سطح دریا در شرق تهران با مختصات $24'$ ، $6'$ ، 52° طول شرقی و $5'$ ، $57'$ ، 35° عرض شمالی در شرق البرز مرکزی قرار دارد. رشته کوه‌های البرز به صورت کمانی از علی‌آباد گرگان تا آستارا به دور دریای خزر کشیده شده‌اند و اگر البرز شرقی و غربی را امتداد دهیم در محل دماوند این دو امتداد از هم دور می‌شوند. آتشفشان دماوند به شکل مخروط نامتقارنی است که نیم مخروط جنوب غربی آن

آتشفشانی دماوند را در پلور می‌توان دید که از گدازه‌های بازالت آلکالن الیون‌دار تشکیل شده‌اند. مقدار کمی از گدازه‌های تراکی‌اندزیتی دماوند در بالای گدازه‌های بازیک پلور قرار گرفته‌اند لذا می‌توان نتیجه گرفت که بازالت‌های آلکالن پلور نسبت به سایر گدازه‌های سازند دماوند قدیمی‌ترند (ایران نژادی، ۱۳۷۱). جدیدترین گدازه‌های دماوند که شامل سنگ‌های تراکیتی‌اند، از سمت قله به طرف غرب، قابل تعقیب هستند. در قسمت غربی دهانه آتشفشانی دماوند محل خروج این گدازه‌ها به‌خوبی مشخص است. بین روستاهای تینه و کرف در یک محدوده کوچک که حدود یک کیلومتر مربع مساحت دارد، سنگ‌های تراکی‌اندزیتی و بازالتی و همچنین توف‌ها دیده می‌شوند که با سایر سنگ‌های دماوند تفاوت‌هایی دارند و به نظر می‌رسد که آنها در یک فاز قدیمی‌تر نسبت به ساختمان اصلی دماوند تشکیل شده‌اند. سنگ‌های مزبور عمدتاً شامل تراکی‌اندزیت‌های بیوتیت‌اوژیت‌هور نبلنددار هستند و در بین این تراکی‌اندزیت‌ها، تراکی‌بازالت‌هایی یافت شده‌اند که فاقد الیون‌اند و جوان‌تر از بازالت‌های پلور هستند جوان‌تر بودن آنها نسبت به سنگ‌های بازیک پلور به‌واسطه ترکیب شیمیایی و همچنین موقعیت زمین‌شناسی آنها است؛ زیرا این گدازه‌های تراکی‌بازالتی بین گدازه‌های تراکی‌اندزیتی قرار گرفته‌اند. در شمال کوه هاره به دو گروه از سنگ‌های آتشفشانی بر می‌خوریم که تفاوت‌هایی با سنگ‌های اصلی دماوند دارند و قدیمی‌تر از گدازه‌های تراکیتی و تراکی‌اندزیتی دماوند هستند. در این منطقه سنگ‌های تراکی‌داسیتی در زیر و سنگ‌های تراکی‌اندزیتی در قسمت فوقانی آنها قرار دارند (ایران نژادی، ۱۳۷۱).

آلن باخ (۱۹۶۶) معتقد است که گسل‌های تشکیلات رسوبی موجب صعود گدازه‌ها به سطح زمین شده‌اند. او معتقد است گسل بایجان که از دره حاجی دلا-ناندل

دره حاجی دلا-ناندل را به کالدرای نسبت داده ولی دلیل کافی برای آن عرضه نکرده است. بررسی‌های قدیمی گرچه براساس شواهد زمین‌شناسی، فعالیت‌های دماوند را در طول زمان بررسی کرده‌اند ولی اخیراً دیویدسون و همکاران (۲۰۰۴) دامنه شمال شرق تا شمال غرب را نمونه‌برداری و آنها را به روش تابش‌سنجی، عمرسنجی کرده‌اند. سن نمونه‌های بررسی شده از ۷۰۰۰ تا ۵۴۵۰۰۰ سال به‌دست آمده است. تحقیقات دیرینه مغناطیسی وسیعی که در ارتباط با تاریخچه فعالیت‌های آتشفشانی دماوند و همچنین حرکت‌های زمین‌ساختی منطقه دماوند در طی این دوران باشد، تا به حال صورت نگرفته است. در این مقاله برای اینکه بتوانیم از سن‌های اندازه‌گیری شده دیویدسون و همکاران (۲۰۰۴) استفاده کنیم، سایت‌های نمونه‌برداری را براساس مختصات عرضه شده ایشان انتخاب کرده‌ایم. از ده سایت شامل حدوداً ۲۰۰ نمونه را برای بررسی‌های دیرینه مغناطیسی جمع‌آوری کرده‌ایم. در این تحقیق با استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری مغناطیسی موجود در موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران با استفاده از روش مغناطیس‌زدایی حرارتی (والتون، ۱۹۹۱) به تجزیه و تحلیل مولفه‌های مغناطیسی ضبط شده در گدازه‌های آتشفشانی دماوند پرداخته‌ایم. چینه‌نگاری مغناطیسی (تغییر قطبیدگی قطب‌های مغناطیسی زمین برحسب زمان) گدازه‌های برهم‌نهشته آتشفشان دماوند، تعیین قطب‌های دیرینه مغناطیسی و جابه‌جایی آنها در ارتباط با تغییرات سده‌ای و چرخش مخروط آتشفشان، از جمله مطالبی است که در این مقاله بررسی خواهیم کرد.

۲ زمین‌شناسی دماوند

سنگ‌های اصلی سازنده آتشفشان دماوند، گدازه‌های تراکی‌اندزیتی و تراکیتی هستند. سنگ‌های تراکی‌اندزیتی قدیمی‌تر از تراکیت‌ها هستند و در نقاط گوناگون مخروط دماوند دیده می‌شوند. قدیمی‌ترین فاز فعالیت

در جهت شرق- جنوب شرقی امتداد دارد که محل یک کالدر است و احتمالاً گدازه‌های قدیمی سارودویچ و کوه هاره و حوالی کرف و تپه به واسطه این گسل بالا آمده است و دهانه مرکزی دماوند در منطقه راندگی اسک- نوا و شاهان دشت قرار دارد. مجموعه این راندگی‌ها باعث تشکیل و تکمیل آتشفشان دماوند شده است. درویش‌زاده (۱۳۶۴) معتقد است که آخرین حرکات کمپرسیونی که فلات ایران را تحت تأثیر قرار داده و باعث چین‌خوردگی و بالازدگی و جمع شدن پوسته قاره‌ای ایران شده؛ محل تا شدگی البرز را هم تحت فشار قرار داده است. این فشار موجب فعال شدن شکستگی‌های عمیق و خروج مواد مذاب شده است. حرکت گسل‌های ورا رود و اسک که دارای خمیدگی هستند، باعث ایجاد یک منطقه کشش در محل خمیدگی شده و آتشفشان دماوند را ایجاد کرده‌اند. همچنین اگر دو سر آنها را در دو طرف دماوند در نظر بگیریم و به هم وصل کنیم، محل باز شدگی در زیر دماوند خواهد بود. این گسل‌ها به ترتیب دارای امتداد 15° ، 11° شمالی و 130° شمالی هستند.

آتشفشان دماوند در مرحله کنونی در فاز فعالیت فرمولی است. فومرول‌ها عبارت از گازهای آتشفشانی هستند که از راه دهانه‌های آتشفشانی و مقادیر کمتری از شکاف‌هایی در مخروط آتشفشان و یا از قاعده اطراف آن منتشر می‌شوند. فومرول‌ها ممکن است تا هزاران سال بعد از خاموشی آتشفشان نیز متصاعد شوند. احتمالاً این گازها از توده‌های ماگمایی در اعماق زمین منشأ می‌گیرند و حین صعود و برخاستن به طرف سطح زمین، سرد و متراکم می‌شوند.

۳ ابزار و روش‌ها

۱-۳ انتخاب سایت‌ها:

از آنجا که اولویت انتخاب سایت‌های نمونه‌برداری از

گدازه‌های آتشفشان دماوند براساس سن آنها بوده است، لذا سایت‌های نمونه‌برداری شده دیویدسون و همکاران (۲۰۰۴) مبنای انتخاب محل نمونه‌برداری در این تحقیق بوده است با این حال اطلاع از زمین‌شناسی منطقه کمک زیادی به انتخاب بهترین نمونه‌ها کرده است (شکل ۱). به جز در منطقه پلور که سایت‌های آن در کنار جاده آسفالت هستند و می‌توان با خودرو به آنجا رفت، برای نمونه‌برداری از سایت‌های دیگر بایستی حدوداً ۲۰ لیتر آب برای هر سایت را به همراه دستگاه دریل حفاری و تجهیزات آن از راه‌های سنگلاخی حمل کرد و پس از پیاده‌روی زیاد، به محل موردنظر رسید که کاری بسیار سخت و طاقت‌فرسا است. نمونه‌ها از گدازه‌هایی که کمتر دچار فرسایش شده‌اند برداشت شد و به همین علت دریل کردن این سنگ‌ها به سختی و کندی صورت گرفت، به طوری که برای هر سایت که شامل حداقل شش نمونه است، به طور متوسط چهار ساعت زمان صرف شد. از یال شمال غربی تا یال شرقی قله دماوند مجموعاً ۹۰ نمونه بزرگ از ۱۰ سایت جمع‌آوری شد (جدول ۱). نمونه‌های بزرگ در آزمایشگاه مؤسسه ژئوفیزیک به اندازه‌های ۲/۵ سانتی‌متری برش داده شد و در نهایت بیش از ۲۰۰ نمونه آماده اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری این نمونه‌ها ۹ ماه به طول انجامید.

۲-۳ مغناطیس‌زدایی حرارتی و نمودارهای زایدرفلد:

مغناطش بازماند در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه مغناطیس‌زدای حرارتی و مغناطیس‌سنج اسپینر موجود در آزمایشگاه دیرینه مغناطیس مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران اندازه‌گیری، و با نرم‌افزار پلاتکر نمودار زایدرفلد آنها رسم شد (اس و زایدرفلد، ۱۹۵۸). شکل ۲ نمودار زایدرفلد مربوط به سایت‌های $D10 - D1$ را نشان می‌دهد، شکل ۲-الف نمودار زایدرفلد سایت $D1$ را نشان می‌دهد که دو مؤلفه مغناطیسی، یکی مربوط به دماهای

درجه بالا هستند. براساس این نمودارها گرچه نمی‌توان وجود کانی مگنتیت را نفی کرد ولی حضور کانی هماتیت به‌خاطر دمای کوری زیاد مشهود است. شکل ۲-ج نمودار زایدرفلد مربوط به سایت DV یک مؤلفه را که شدت مغناطش آن در دمای کوری مگنتیت (۵۷۵ درجه) به صفر رسیده است، نشان می‌دهد. نمودارهای ۲-ج، ۲-ح، ۲-خ و ۲-د مربوط به سایت‌های D۶، D۸، D۹ و D۱۰ یک مؤلفه با دمای کوری هماتیت را نشان می‌دهند.

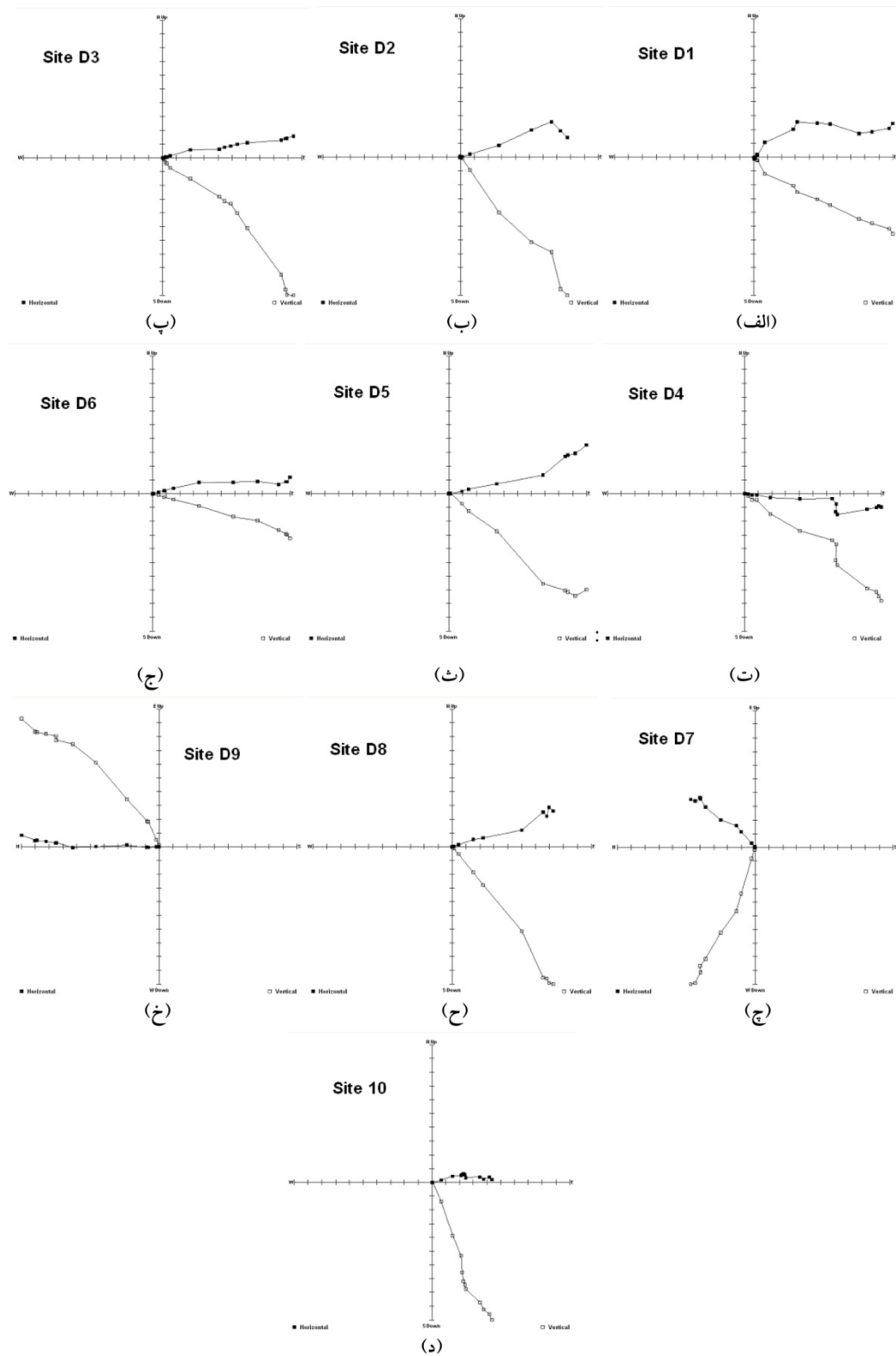
کم یعنی از صفر تا ۴۰۰ درجه سلسیوس و مؤلفه دیگر مربوط به دمای بالا یعنی از ۴۰۰ تا ۶۰۰ درجه سلسیوس در این نمودار مشهود است. شکل ۲-ب نمودار مربوط به سایت D۲ دارای دو مؤلفه دمای پایین صفر تا ۳۰۰ درجه و دمای بالای ۳۰۰ تا ۵۷۵ درجه است. در این دو نمونه با توجه به دمای کوری به‌دست آمده (۶۰۰-۵۷۵ درجه) حضور کانی مگنتیت محتمل است شکل ۲-پ و ۲-ت و ۲-ث مربوط به سایت‌های D۳ و D۴ و D۵ دارای دو مؤلفه دمای پایین صفر تا ۴۰۰ درجه و دمای ۴۰۰ تا ۶۷۵



شکل ۱. محل سایت‌های نمونه‌برداری روی تصویر آتشفشان دماوند (Google Earth).

جدول ۱. نام‌گذاری و موقعیت سایت‌های نمونه‌برداری در تحقیق حاضر.

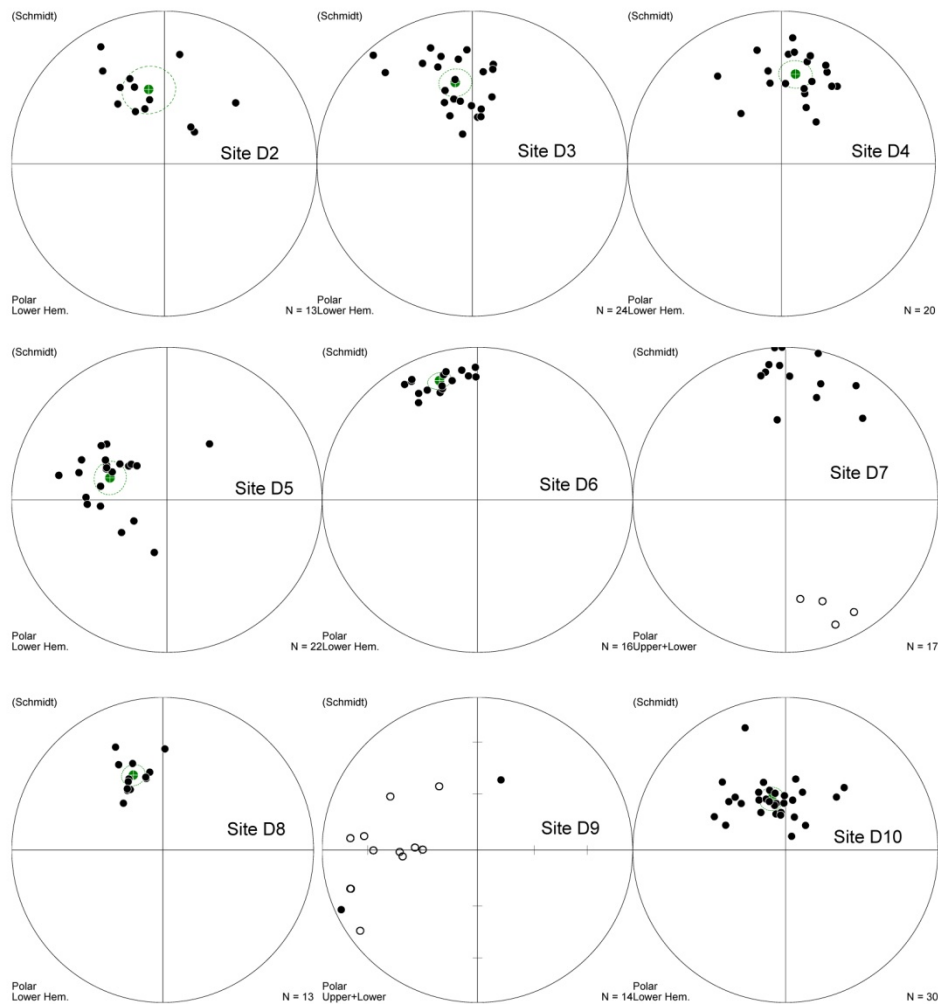
Site Name (Davidson et al)	Site Name (This work)	Age (Ky) U-Th / He	Longitude	Latitude
309	D1	545.0	52, 11, 3.5, E	35, 56, 45.6, N
147	D2	450.0	52, 9, 27, E	35, 33, 27, N
19	D3	201.0	52, 6, 33.8, E	35, 54, 7.2, N
13	D4	280.0	52, 4, 26.5, E	35, 53, 53, N
17	D5	65.0	52, 5, 35.5, E	35, 52, 4.5, N
51	D6	63.0	52, 2, 54.9, E	35, 53, 52, N
7	D7	27.0	52, 3, 15.1, E	35, 51, 17.5, N
12	D8	25.0	52, 4, 31.1, E	35, 51, 21.7, N
34	D9	7.3	52, 3, 5.4, E	35, 57, 30.8, N
126	D10	7.0	52, 1, 48.1, E	35, 56, 34.8, N



شکل ۲. نمونه هایی از نمودارهای زایدرفلد برای سایت های D1 تا D10. دماهای مراحل مغناطیس زدایی به ترتیب از دمای پکم به زیاد عبارت انداز: دمای اتاق، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۴۷۵، ۵۰۰، ۵۲۵، ۵۵۰، ۵۷۵، ۶۰۰، ۶۲۵، ۶۵۰، ۶۷۵ و در بعضی موارد ۷۰۰. دماها برحسب درجه سلسیوس هستند.

و D۹ که جهت‌های معکوس آنها شاهد بر وارونگی میدان مغناطیسی زمین است. جابه‌جایی میانگین جهت‌های مغناطیسی در طی تاریخچه چهارصد و پنجاه هزار ساله فعالیت‌های دماوند در ۹ سایت مربوط به سال‌های ۴۵۰، ۲۸۰، ۲۰۱، ۶۵، ۲۷ و ۷ هزار سال در شکل ۳ کاملاً مشهود است. میانگین جهت‌های مغناطیسی به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل نمودارهای زایدرفلد ۹ سایت در جدول ۲ خلاصه شده‌اند. سایت D۱ به علت کمبود تعداد نمونه‌ها از فهرست میانگین‌ها خارج شده است.

۳-۳ جهت‌های مغناطیسی و نمودارهای استریوپلات: در شکل ۳ نمودارهای استریوپلات نمایش داده شده‌اند (کریر، ۱۹۵۸). در این نمودار مجموعه‌ای از جهت‌های مغناطیسی آنالیز شده با نقاط سیاه‌رنگ توپُر و توخالی مشخص‌اند، جهت‌های عادی با دایره‌های توپُر و جهت‌های معکوس‌شدگی با دایره‌های توخالی نشان داده شده‌اند. میانگین جهت‌های مغناطیسی و α_{95} به‌دست آمده در شکل مشخص شده است. اکثر سایت‌ها جهت‌های معمولی را نشان می‌دهند، به‌جز سایت‌های DV

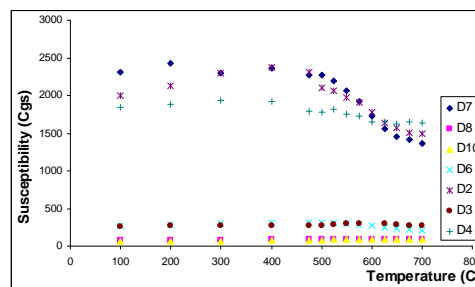


شکل ۳. نمودارهای استریوپلات مربوط به جهت‌های مغناطیسی استخراج شده از سایت‌های D۲ تا D۱۰. دایره‌های نقطه‌چین محدوده ۹۵٪ اطمینان از حضور میانگین (α_{95}) را نشان می‌دهد. محل میانگین با نقطه‌ای در وسط دایره‌های نقطه‌چین نشان داده شده‌اند.

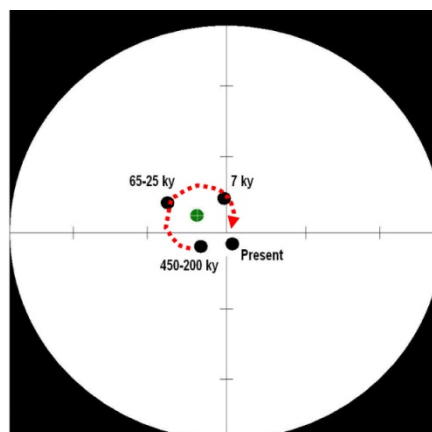
۴ خودپذیری مغناطیسی

تغییرات خودپذیری مغناطیسی با دمای مغناطیس‌زدایی حرارتی می‌تواند نشانگر خوبی بر چگونگی پایداری، صحت و ثبات مولفه‌های مغناطیسی به‌دست آمده از نمودارهای زایدرفلد باشد. تغییر نوع کانی در حین حرارت دادن سنگ می‌تواند ماهیت کانی مغناطیسی را تغییر دهد و به‌واسطه این تغییر مولفه‌های جدید غیر واقعی ظاهر شوند. با توجه به این موضوع که خودپذیری مغناطیسی کانی‌های گوناگون با هم تفاوت بسیار دارند لذا بایستی در صورت تغییرات قابل‌توجه در ترکیبات کانی‌های مغناطیسی، خودپذیری مغناطیسی با دمای مغناطیس‌زدایی در این نمودارها شدیداً تغییر کند. در این تحقیق از هر سایت یک نمونه انتخاب و خودپذیری

مغناطیسی آن بعد از هر مرحله حرارت دهی در دمای اتاق اندازه‌گیری شده است. این اندازه‌گیری‌ها با دستگاه بارتینگتون (Bartington MS2B) موجود در موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران صورت گرفته است (بارتینگتون، ۱۹۹۴). شکل ۴ تغییرات خودپذیری مغناطیسی در دمای اتاق را با دمای مغناطیس‌زدایی نشان می‌دهد. این تغییرات برای نمونه‌هایی که حاوی کانی هماتیت هستند ناچیز است و برای نمونه‌هایی که حاوی کانی مگنتیت هستند، تغییرات بعد از دمای ۶۰۰ درجه تا حدی قابل‌توجه است. از آنجا که مولفه‌های مغناطیسی استخراج شده براساس نقاط قبل از دمای کوری محاسبه می‌شوند لذا تغییرات خودپذیری مغناطیسی بعد از دمای ۶۰۰ درجه بر محاسبه مولفه‌ها تأثیر زیادی نخواهد داشت.



شکل ۴. تغییرات خودپذیری مغناطیسی با دمای مغناطیس‌زدایی.



شکل ۵. نمایش قطب‌های دیرینه مغناطیسی، میان‌گیری شده به‌روش دریاچه زمانی برای سه بازه زمانی ۷۲۰۰ - ۷۰۰۰ و ۶۵۰۰۰ - ۲۵۰۰۰ و ۴۰۰۰۰۰ - ۲۵۰۰۰۰ سال. چرخش در جهت عقربه‌های ساعت قطب مغناطیسی با یک تمایل به سمت شمال غرب کاملاً مشهود است.

۵ نتیجه گیری

نمودارهای زایدرفلد تولید شده از مراحل مغناطیس زدایی حرارتی نشان می دهند که مغناطیس بازماند چسبنده VRM (Viscous Remnant Magnetisation) موجود در سنگها حداکثر تا دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس حذف می شوند. با ادامه مغناطیس زدایی حرارتی، بزرگی مغناطیس اولیه به صورت خطی با افزایش دما کاهش می یابد و مضاف بر این میانگین انحراف زاویه ای مولفه ها در حد قابل قبول ۵ درجه ظاهر می شود که در مجموع نشان دهنده پایدار بودن و در نتیجه قابل اعتماد بودن مولفه ها است. نمودارهای زایدرفلد هیچ گونه تداخل بین مولفه های اولیه و ثانویه VRM را نشان نمی دهد لذا مشهود است که عوامل ثانویه، (Natural Remnant Magnetisation) را به صورت محسوس تحت تاثیر قرار نداده اند. با توجه به آذرین بودن نمونه ها و با توجه به سازوکار مغناطش طبیعی این سنگها می توان نتیجه گیری کرد که مغناطیس اولیه این سنگها از نوع TRM (Thermo Remnant Magnetisation) است. بدین ترتیب مغناطیس باقی مانده را می توان درحکم ChRM (Characteristic Remnant Magnetisation) نمونه ها معرفی کرد. مؤلفه ثانویه در مقایسه با NRM قسمت بسیار کوچکی از مغناطش سنگ را تشکیل می دهد که این تاییدی بر جوان بودن آتشفشان دماوند است.

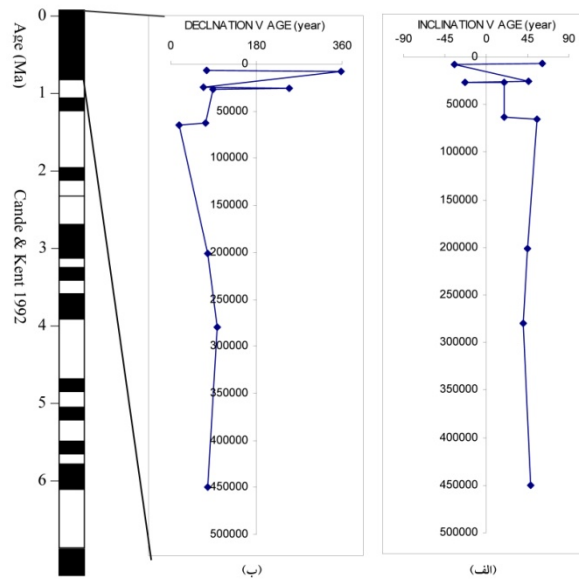
جدول ۲ میانگین جهت های مغناطیسی و موقعیت قطب های مغناطیسی به دست آمده برای سایت های D۲ تا D۱۰ را نشان می دهد. مقادیر میانگین با توجه به ۰.۹۵های به دست آمده قابل اعتماد است و لذا براساس آنها قطب های دیرینه مغناطیسی محاسبه شده اند. با توجه به بازه زمانی نیم میلیون سال و با استفاده از روش دریچه زمانی (بسی و کورتیلوت، ۲۰۰۲) قطب های دیرینه مغناطیسی به دست آمده در سه بازه زمانی ۷۲۰۰ - ۷۰۰۰ و ۶۵۰۰۰ - ۲۵۰۰۰ و ۴۰۰۰۰ - ۲۵۰۰۰۰ سال میانگین گیری شده اند.

بازه های زمانی به قدری بزرگ است که می توان گفت اثر تغییرات سده ای میانگین گرفته شده است مضاف بر اینکه میانگین جهت های مغناطیسی به دست آمده از سایت های متفاوت با هم تفاوت محسوسی دارند (هال، ۱۹۸۶)، بنابراین جابه جایی منظمی که در شکل ۵ مشاهده می شود، دوران ظاهری قطب های مغناطیسی در جهت عقربه های ساعت است. در واقع این دوران ظاهری دوران بلوک دماوند در خلاف جهت عقربه های ساعت است و این به معنای چرخش بلوک دماوند به اندازه حدوداً ۰/۷ درجه برای هر ۱۰۰۰ سال است. وجود گسل های متعدد اطراف مخروط دماوند می تواند تاییدی بر چرخش آن نیز باشد.

شکل ۶-الف ستون تغییرات بُعد و میل مغناطیسی با زمان (سن های اندازه گیری شده گدازه های آتشفشانی دماوند به روش تابش سنجی دیویدسون و همکاران، ۲۰۰۴) را، که از قدیم به جدید مرتب شده اند نشان می دهد. قطبیدگی کنونی میدان مغناطیسی زمین درحکم قطبیدگی معمولی و عکس این حالت، قطبیدگی معکوس نامیده می شود. شکل ۶-ب مقیاس زمانی قطبیدگی مغناطیسی (نوارهای تیره قطبیدگی میدان مغناطیسی معمولی و نوارهای روشن قطبیدگی میدان مغناطیسی معکوس) را از ۴ میلیون سال گذشته تا به حال که شامل چند زیر دوره قطبیدگی می شود نشان می دهد (کندی و کنت، ۱۹۹۲). با توجه به مقایسه صورت گرفته در شکل ۶ واضح است که بازه زمانی مورد بررسی، معادل نیمی از زیر دوره با قطبیدگی معمولی در یک میلیون سال اخیر است. گرچه به طور کلی نتایج به دست آمده در شکل ۶-الف با شکل ۶-ب مطابقت بسیار خوبی دارد ولی در سال های ۲۷۰۰۰ و ۷۰۰۰ معکوس شدگی میل میدان مشاهده می شود. گرچه تعداد نمونه ها در سایت D۷ معکوس زیاد نیست ولی با توجه به تغییر ۱۸۰ درجه ای بُعد مغناطیسی شاید بتوان واقعه ۲۷۰۰۰ سال پیش را به وارونگی نسبت داد. واقعه ۷۰۰۰

مورد بالا در ثبت‌های جهانی ذکر نشده‌اند لذا احتمال دارد که این وقایع در جریان حرکت غیر دوقطبی‌ها از این منطقه اتفاق افتاده باشند و اساساً پدیده وارونگی نباشد.

سال پیش معکوس‌شدگی میل مغناطیسی را نشان می‌دهد ولی بُعد مغناطیسی آن حدود ۹۰ درجه چرخیده است لذا وارونگی قطب‌ها محتمل نیست و می‌توان آن را به احتمال زیاد به گردش قطب‌ها نسبت داد. از آنجا که دو



شکل ۶. مقایسه مقیاس زمانی قطبیدگی مغناطیسی (Geomagnetic Polarity Time Scale, GPTS) با تغییرات میل مغناطیسی با زمان به‌دست آمده در این تحقیق. (الف) داده‌های تحقیق حاضر و (ب) مقیاس زمانی قطبیدگی مغناطیسی.

جدول ۲. میانگین جهت‌های مغناطیسی و قطب‌های دیرینه مغناطیسی به‌دست آمده برای سایت‌های D1 تا D10. جهت‌های مغناطیسی از راه مغناطیس‌زدایی حرارتی به‌دست آمده‌اند و بازه حرارتی بین ۱۰۰ تا ۷۰۰ درجه سلسیوس بوده است. بیشتر نمونه‌ها دو مولفه‌ای بودند که معمولاً مولفه اول از ۱۰۰ تا ۴۵۰ و مولفه دوم از ۴۵۰ تا ۶۷۵ درجه سلسیوس جداسازی شده‌اند.

Site Name	Mean Mag. Declination	Mean Mag. Inclination	No. of samples	α 95	K	Pole long.	Pole lat.	Dp	Dm
D2	348.1	48.8	13	13.4	8.4	293.3	78.2	11.6	17.7
D3	348.3	44.9	24	8	12.8	281.7	76.2	6.4	10.1
D4	8.8	40.3	20	8.1	14.9	199.3	74.9	5.9	9.8
D5	263.9	60.6	22	14	4.5	134.9	75.2	5.5	8.1
D6	342.6	19.2	16	10.6	10.9	267.5	59.5	5.8	11.1
D7	353.4	6.8	17	8.8	19.5	235/2	63.9	9	16.8
D7 (R)	159.1	-23.4	5	15.8	19.6	235/2	63.9	9	16.8
D8	340.2	44	13	11.2	12	303.0	69.8	12.1	15.8
D9 (R)	267.7	-34.1	14	15.2	6.1	128.0	12.7	9.9	17.4
D10	344.8	61.5	30	6.4	16	356.2	76.5	7.6	9.9

- Geophys. Res, **107**(B11), EPM 6-1–EPM 6-31.
- Bout, P. and Derruau, M., 1961, Le Damavand, C.N.R.S., Paris, Mem.et Doc., **8**, 9-112.
- Cande, S. C. and Kent, D. V., 1992, A new geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic, J. Geophys. Res., **97**(13), 917-951.
- Creer, K. M., 1958, Preliminary palaeomagnetic measurements from South America, Annis. Geophys., **14**, 373-389.
- Davidson, J., Hassanzadeh, J., Berzins, R., Stockli, D. F., Bashukoo, B., Turrin, B. and Pandamouz, A., 2004, The geology of Damavand volcano, Alborz Mountains, northern Iran, Gst Bulletin, **116**(1/2), 16-29.
- Halls, H. C., 1986, Paleomagnetism, structure and longitudinal correlation of Middle Precambrian dykes from northwestern Ontario and Minnesota, Can. J. Earth Sci., **23**, 142-157.
- Walton, D., 1991, A new technique for determining palaeomagnetic intensities, J. Goemag. Geoelectr., **43**, 333-339.
- مراجع
- درویش زاده، ع.، ۱۳۶۴، اصول آتشفشان شناسی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ایران نژادی، م. ر.، ۱۳۷۱، مطالعه پترولوژی و ولکانولوژی آتشفشان دماوند، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی.
- Allenbach, P., 1966, Geologie und petrographie des Damavand und seiner Umgebung (Zentral-Elborz, Iran), Mitt Geol Inst ETH, Univ.Zürich63, PP 114.
- As, J. A. and Zijderveld, J. D. A., 1958, Magnetic cleaning of rocks in palaeomagnetic research, Geophys. J. R. Astr. Soc., **1**, 308-319.
- Bartington, G. W., 1994, Operation manual for MS2 magnetic suseceptibility system, Oxford England.
- Besse, J. and Courtillot, V., 2002, Apparent and true polar wander and the geometry of the geomagnetic field over the last 200 Myr, J.