

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده: علوم زمین

گروه: پترولوژی و زمین شناسی اقتصادی

بررسی مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی جنوب ظفرقند

(اردستان) به وسیله روش AMS

نگار گوانجی

استاد راهنما:

دکتر محمود صادقیان

اساتید مشاور:

دکتر حبیب اله قاسمی

دکتر رمضان رضانی اومالی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

تیر ۱۳۸۹

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده: علوم زمین
گروه: پترولوژی و زمین شناسی اقتصادی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم نگار گوانجی
تحت عنوان:

بررسی مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی جنوب ظفرقند
(اردستان) به وسیله روش AMS

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و
با درجه و امتیاز مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی: دکتر حبیب اله قاسمی		نام و نام خانوادگی: دکتر محمود صادقیان
	نام و نام خانوادگی: دکتر رمضان رضانی اومالی		

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی: دکتر پرویز امیدی
			نام و نام خانوادگی: دکتر حبیب علی محمدیان

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

آنان که تجلی آرزوهایشان را

در موفقیت فرزندان خود می‌دانند

تقدیر و تشکر

خدایا تو را سپاس

خدایا تو را سپاس به پاس توفیق آگاهی که به من ودیعه دادی. خدایا همچون گذشته به من قدرتی عطا کن تا به استقبال آینده‌ایی روشن پیش روم، صبر مرحمت فرما تا در سختی‌های روزگار دوباره بکوشم. امیدم، رویایی تازه است در انتظار، کمک کن تا بدان دست یابم.

با توجه به عنایات خاصه خداوند متعال، مساعدت و یاری خانواده عزیز، اساتید بزرگوار و دوستان مهربانم، اکنون که پایان نامه خود را به پایان رسانده‌ام بر خود لازم می‌دانم تا مراتب تشکر و قدردانی خود را ابراز نموده و کمال تشکر و امتنان را دارم.

در ابتدا پدر بزرگ و مادر بزرگ مهربانم که هرآنچه دارم از آن‌هاست. پدرم که همواره بهترین مشوقم بوده است. مادرم که محکم‌ترین تکیه‌گاه زندگی‌ام است. آرش، ندا و نازنین که محبت‌های بی‌دریغشان هرگز فروکش نمی‌کند.

استاد ارجمند، آقای دکتر محمود صادقیان که با راهنمایی‌های ارزنده، زحمات بی‌دریغ و تلاش‌های بی‌وقفه‌اشان در تمام مراحل انجام این پروژه، ره‌گشای اینجانب بودند.

اساتید و کارمندان محترم دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود، به‌ویژه آقایان دکتر حبیب‌اله قاسمی، دکتر رمضان رضانی اومالی، دکتر امید، دکتر کرمی، دکتر فردوست، مهندس خانعلی‌زاده، مهندس میرباقری و خانم‌ها دکتر شبیبی، فارسی و سعیدی که همیشه مرا از رهنمودهایشان بهره‌مند کردند.

و در نهایت دوستانم: خانم‌ها سمیرا الهیاری، ماهرخ رحمانی، مینو رجایی، مرجان جامه‌بزرگی و آقایان تدین، شمسی و سعیدیان که همواره، همراه بی‌منت‌م بودند.

دانشجو تایید می نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مرتبت از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد.

تیر ۱۳۸۹

چکیده

توده گرانیتوئیدی ظفرقند در ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی اردستان قرار دارد. این توده دارای طیف ترکیبی متنوعی متشکل از گابرو، گابرو دیوریت، دیوریت، کوارتز دیوریت، گرانودیوریت و آلکالی فلدسپار گرانیت است. سنگ‌های میزبان آن را سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی-رسوبی ائوسن تشکیل می‌دهند. سنگ‌های میزبان توده، توسط تعداد زیادی دایک آندزیتی با روند غالب شمال غربی- جنوب شرقی قطع شده‌اند. برخی از این دایک‌ها، توسط توده گرانیتوئیدی ظفرقند قطع شده‌اند. این دایک‌ها به عنوان دایک‌های نسل اول در نظر گرفته شده‌اند. به علاوه، برخی دایک‌های آندزیتی، توده گرانیتوئیدی را قطع می‌کنند و به عنوان دایک‌های نسل دوم در نظر گرفته شده‌اند. براساس شواهد صحرایی، توده ظفرقند در طی یک سازوکار دو مرحله‌ای جایگزین شده است، که عبارتست از: ۱- جایگزینی توده گابرویی تا کوارتز دیوریتی و ۲- جایگزینی توده گرانودیوریتی تا آلکالی فلدسپار گرانیتی. حضور گسترده آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک، دایک‌های گسیخته و متاسوماتیسم در مرز بین این دو گروه سنگی (به ویژه در منطقه برگهر) این تقسیم بندی را تأیید می‌کند. اندازه گیری حساسیت مغناطیسی نمونه‌ها نشان می‌دهد که مقادیر میانگین حساسیت مغناطیسی (برحسب μSI) بدین قرار می‌باشد: گابروها (۳۸۱۲۰)، دیوریت‌ها (۲۶۵۵۸)، گرانودیوریت‌ها (۱۶۹۲۲)، گرانیت‌ها و آلکالی فلدسپار گرانیت‌ها (۹۸۸۵). بدین ترتیب گابروها دارای بیشترین حساسیت مغناطیسی و گرانیت‌ها دارای کمترین حساسیت مغناطیسی می‌باشند. مقادیر بالای حساسیت مغناطیسی بیانگر آن است که این توده گرانیتوئیدی، در زمره گرانیتوئیدهای فرومغناطیس واقع می‌شود. این نوع گرانیتوئیدها، تقریباً معادل گرانیتوئیدهای نوع I می‌باشند. همچنین بر اساس نمودارهای ترمومگنتیت، عامل اصلی بروز رفتار مغناطیسی در نمونه‌های توده ظفرقند، مگنتیت است. بررسی مقادیر شیب خطوارگی‌های مغناطیسی نشان می‌دهد که در راستای شمال غرب- جنوب شرق که تقریباً با بخش مرکزی توده گرانیتوئیدی ظفرقند منطبق است، خطوارگی‌ها و برگوارگی‌های مغناطیسی دارای شیب زیادی هستند. ترکیب سنگ شناسی این مناطق (گابرو تا کوارتز دیوریت) و شواهد گسترده اختلاط ماگمایی در حاشیه‌های این مناطق، مؤید این موضوع است. در حاشیه غربی و شمال غربی توده گرانیتوئیدی ظفرقند، شیب خطوارگی‌های مغناطیسی بسیار کم است. این ویژگی همراه با شیب کم برگوارگی‌های مغناطیسی بیانگر آن است که این بخش از توده گرانیتوئیدی به شکل سیل جایگزین شده است. حضور آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک بزرگ و تقریباً افقی در گرانودیوریت‌ها و سطح تماس تقریباً افقی سنگ‌های گرانودیوریتی با سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی میزبان این امر را تأیید می‌کند. با توجه به اصول فابریک مغناطیس، توده گرانیتوئیدی ظفرقند به ۵ قلمرو (قلمروهای 1A، 1B، 2، 3، 4 و 5) تقسیم بندی شد. قلمروهای 1A، 1B، 3 و 5 دارای ترکیب گرانودیوریتی- گرانیتی می‌باشند و رفتار مغناطیسی آن‌ها نشان می‌دهد که به صورت سیل جایگزین شده‌اند. در حالی که قلمروهای 2 و 4 به صورت مناطق تغذیه کننده عمل نموده‌اند. تجزیه و تحلیل نهایی داده‌ها نشان می‌دهد که توده گرانیتوئیدی ظفرقند طی دو مرحله اصلی جایگزین شده است. ابتدا سنگ‌های مافیک- حدواسط با ترکیب گابرو تا کوارتز دیوریت در امتداد یک زون شمال غربی- جنوب شرقی جایگزین شده‌اند. سپس در مرحله بعد، ماگماهای تفریق یافته در اتاق ماگمایی عمدتاً از بخش‌های حاشیه‌ای سنگ‌های مافیک- حدواسط به ترازهای بالاتر راه یافته و به شکل سیل گرانودیوریتی- گرانیتی جایگزین شده‌اند. شواهد ساختاری موجود نشان می‌دهد که گسل قم- زفره و شاخه‌های فرعی آن در جایگزینی توده‌های نفوذی منطقه اردستان تا کاشان سهم بسزایی داشته و توده گرانیتوئیدی ظفرقند در راستای کلی گسل ماریین- رنگان جایگزین شده است.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- مطالعه ناهمگنی حساسیت مغناطیسی (AMS) در توده گرانیتوئیدی جنوب ظفرقند، هفدهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه بوعلی سینا همدان، ۲۱ تا ۲۲ مرداد ۱۳۸۸.

۲- تعیین مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی اونج (جنوب شرق اردستان) به روش بررسی ناهمگنی حساسیت مغناطیسی (AMS)، سومین همایش تخصصی زمین‌شناسی کاربردی دانشگاه پیام نور، اصفهان، ۴ تا ۶ آبان ۱۳۸۸.

۳- بررسی‌های پتروگرافی و پتروفابریک در بخش شمالی توده گرانیتوئیدی ظفرقند، بیست و هفتمین گردهمایی علوم زمین و سیزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، تهران، اسفند ۱۳۸۸.

4- Petrography and magnetic investigation of western part of Zafarghand granitoidic pluton, Ardestan, Isfahan. -Frist International Applied Geological Congress (IAGC 2010), Department of Geology Faculty of Sciences, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Iran, April 26-28.

فهرست مطالب

عنوان	چکیده
ز	فهرست مطالب
ط	فهرست شکل ها
ل	فهرست جداول
ع	فصل اول: کلیات
۱	۱-۱- موقعیت جغرافیایی
۲	۱-۲- راه های ارتباطی
۲	۱-۳- آب و هوا، ریخت شناسی و جغرافیایی انسانی
۳	۱-۴-۱- مطالعات پیشین در منطقه مورد مطالعه
۶	۱-۴-۲- مطالعات پیشین در زمینه AMS
۸	۱-۵- روش مطالعه
۹	۱-۶- اهداف مطالعه
۱۰	فصل دوم: زمین شناسی عمومی و سنگ شناسی منطقه
۱۱	۲-۱- مقدمه
۱۲	۲-۲- واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه
۱۴	۲-۲-۱- واحدهای ائوسن (مجموعه آتشفشانی، آتشفشانی - تخریبی و رسوبی)
۱۴	۲-۲-۲- واحدهای سنگی اواخر ائوسن - اوایل الیگوسن (توده نفوذی مورد مطالعه)
۱۵	۲-۲-۳- کواترنری (آبرفت ها، مخروط افکنه و واریزه ها)
۱۸	۲-۳- زمین شناسی اقتصادی منطقه
۱۸	۲-۴- زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه
۱۹	۲-۵- بررسی های سنگ شناسی
۲۴	۲-۵-۱- دایک های آندزیتی نسل اول
۲۶	۲-۵-۲- گابرو و گابرو دیوریت
۲۶	۲-۵-۳- دیوریت و کوارتز دیوریت
۳۰	۲-۵-۴- گرانودیوریت
۳۵	۲-۵-۵- گرانیت و آلکالی فلدسپار گرانیت
۳۷	۲-۵-۶- آپلیت ها
۴۰	۲-۵-۷- آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک
۴۱	۲-۵-۸- دایک های آندزیتی نسل دوم
۴۲	۲-۶- ترتیب تبلور سنگ های نفوذی منطقه ظفرقند
۴۳	

۴۵.....	۷-۲- نتایج.....
۴۷.....	فصل سوم: معرفی روش فابریک مغناطیسی.....
۴۸.....	۱-۳- مقدمه.....
۵۲.....	۲-۳- رفتار و ویژگی های مغناطیسی کانی ها.....
۵۳.....	۱-۲-۳- دیامغناطیس.....
۵۳.....	۲-۲-۳- پارامغناطیس.....
۵۴.....	۳-۲-۳- فرومغناطیس.....
۵۹.....	۳-۳- اندازه گیری مغناطیس سنگ.....
۶۵.....	۴-۳- روش نمونه برداری.....
۷۱.....	۵-۳- خطاها.....
۷۲.....	۶-۳- خصوصیات و روش کار دستگاه.....
۷۶.....	۷-۳- اصول کار با دستگاه.....
۷۶.....	۱-۷-۳- اندازه گیری AMS با روش نمونه چرخشی.....
۸۸.....	۸-۳- پارامترهای جهت یابی O.P.....
۹۱.....	۹-۳- کالیبراسیون دستگاه.....
۹۹.....	۱۰-۳- پارامترهای مغناطیسی.....
۱۰۱.....	۱-۱۰-۳- پارامتر حساسیت مغناطیسی میانگین Km.....
۱۰۲.....	۲-۱۰-۳- پارامتر انیزوتروپی مغناطیسی P.....
۱۰۳.....	۳-۱۰-۳- پارامتر شکل T.....
۱۰۴.....	۴-۱۰-۳- پارامتر L, F.....
۱۰۶.....	فصل چهارم: تفسیر داده های مغناطیسی و نتیجه گیری.....
۱۰۷.....	۱-۴- کلیات کار.....
۱۲۹.....	۲-۴- بررسی نقشه های مغناطیسی.....
۱۲۹.....	۱-۲-۴- نقشه خطوارگی مغناطیسی.....
۱۳۳.....	۲-۲-۴- نقشه برگوارگی مغناطیسی.....
۱۳۶.....	۳-۲-۴- نقشه حساسیت مغناطیسی میانگین.....
۱۴۷.....	۴-۲-۴- نقشه درصد انیزوتروپی P.....
۱۵۱.....	۵-۲-۴- نقشه پارامتر شکل T.....
۱۵۵.....	۳-۴- انواع فابریک یا ساخت های ماگمایی.....
۱۵۵.....	۱-۳-۴- فابریک های ماگمایی.....
۱۵۶.....	۲-۳-۴- فابریک های ساب ماگمایی.....
۱۵۸.....	۳-۳-۴- فابریک ساب سولیدوس حالت جامد.....
۱۵۸.....	۴-۴- خصوصیات مغناطیسی سنگ های توده زلفرقد.....

۱۶۰	.....	۱-۴-۴-۱-گرانیت ها
۱۶۰	.....	۲-۴-۴-۲-گرانودیوریت ها
۱۶۱	.....	۳-۴-۴-۳-دیوریت ها
۱۶۱	.....	۴-۴-۴-۴-گابروها
۱۶۱	.....	۵-۴-۴-۵-دایک آندزیتی
۱۶۱	.....	۵-۴-۴-۵-قلمروبندی توده ظفرقند
۱۶۴	.....	۱-۵-۴-۱-قلمرو ۱
۱۷۰	.....	۲-۵-۴-۲-قلمرو ۲
۱۷۳	.....	۳-۵-۴-۳-قلمرو ۳
۱۷۴	.....	۴-۵-۴-۴-قلمرو ۴
۱۷۶	.....	۵-۵-۴-۵-قلمرو ۵
۱۸۸	.....	پیوست
۲۱۲	.....	منابع فارسی
۲۱۴	.....	Refrence
۲۲۰	.....	Abstract

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه های ارتباطی منطقه مورد مطالعه ۴
- شکل ۱-۲- تصویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه ۵
- شکل ۱-۳- دورنمای کلی منطقه مورد مطالعه ۵
- شکل ۱-۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه تقسیم بندی ساختاری ایران ۱۲
- شکل ۲-۲- بخشی از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان ۱۳
- شکل ۳-۲- تصویری از دایک های گرانیتی- گرانودیوریتی در سنگ های دیوریتی- کوارتزدیوریتی ۱۶
- شکل ۴-۲- تصویری از دایک گرانیتی در سنگ های آندزیتی ائوسن ۱۶
- شکل ۵-۲- تصویری از قطع شدگی دایک آندزیتی و میزبان آندزیتی آن توسط گرانودیوریت ها ۱۷
- شکل ۶-۲- تصاویری از دایک ها در سنگ های آتشفشانی- رسوبی ۱۷
- شکل ۷-۲- تصاویری از دایک های دایک های نسل دوم در سنگ های گرانودیوریتی ۱۸
- شکل ۸-۲- الف و ب موقعیت کلی منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه گسل های فعال ایران. ج- طرح شماتیک قرارگیری توده های نفوذی در امتداد گسل راستگرد قم- زفره ۲۰
- شکل ۹-۲- نقشه شکستگی های موجود در منطقه ۲۱
- شکل ۱۰-۲- تصویر ماهواره ای نشان دهنده وجود دایک های لوکوگرانیتی قطع کننده توده ۲۳
- شکل ۱۱-۲- رز دیاگرام نشاندهنده، راستای کلی دایک های آندزیتی قدیمی تر از توده ۲۳
- شکل ۱۲-۲- تصویری از بافت دانه ای شکل دار تا نیمه شکل دار ۲۹
- شکل ۱۳-۲- تصویری از بافت بین دانه ای در گابروها ۲۹
- شکل ۱۴-۲- تصویری از مگنتیت های لخته ای شکل ۲۹
- شکل ۱۵-۲- تصاویری از مگنتیت های دارای حاشیه هلالی شکل و خمیده ۲۹
- شکل ۱۶-۲- تصویری از حضور بلورهای اوژیت، پلاژیوکلاز و مگنتیت در دیوریت ها ۳۳
- شکل ۱۷-۲- تصویری از بافت دانه ای در کوارتزدیوریت ها ۳۳
- شکل ۱۸-۲- تصویری از شکستگی و ریز دانه شدن موضعی بلور پلاژیوکلاز در کوارتزدیوریت ۳۳
- شکل ۱۹-۲- تصاویری از لخته های مگنتیت در دیوریت های کوارتزار ۳۴
- شکل ۲۰-۲- تصویری از مگنتیت با ساختمان اسکلتی در دیوریت ها ۳۴
- شکل ۲۱-۲- تصویری از بافت دانه ای نیمه شکل دار در دیوریت ها ۳۴
- شکل ۲۲-۲- تصویری از حضور زیرکن به صورت ادخال در بیوتیت های موجود در سنگ های دیوریتی ۳۴
- شکل ۲۳-۲- تصویری از بافت گرافیکی بسیار زیبا در گرانودیوریت ها ۳۷
- شکل ۲۴-۲- تصاویری از بلورهای اسفن در گرانودیوریت ها ۳۷
- شکل ۲۵-۲- تصویری از بافت گرافیکی در گرانیت ها ۴۰
- شکل ۲۶-۲- تصویری از بافت گرافیکی در لوکوگرانیت ها ۴۰
- شکل ۲۷-۲- تصویری از تبلور اکسید آهن به صورت تیغه ای (اولیژیست) در گرانیت ها ۴۰
- شکل ۲۸-۲- تصویری از حضور کوارتز، اسفن و آهن تیغه ای (اولیژیست) در گرانیت ها ۴۰
- شکل ۲۹-۲- تصویری از حفرات میارولیتی ایجاد شده در آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک ۴۲
- شکل ۳۰-۲- تصویری از بافت میکروولیتی پورفیری در آندزیت ها ۴۲
- شکل ۳۱-۲- نمایش ترسیمی ترتیب تبلور کانی های سازنده سنگ های مورد مطالعه ۴۴

- شکل ۳-۱- (الف) چرخش الکترون در اطراف هسته، (ب) عبور جریان از سیم پیچ..... ۵۲
- شکل ۳-۲- نمودار حساسیت مغناطیسی در مقابل میزان کانی های فرومغناطیس و پارامغناطیس ۵۵
- شکل ۳-۳- گرانیتهای فرومغناطیس واجد مگنتیت و گرانیتهای پارامغناطیس فاقد مگنتیت ۵۶
- شکل ۳-۴- نمایش ساده جهت یابی حوزه های مغناطیسی تشکیل شده در مواد فرومغناطیس ۵۷
- شکل ۳-۵- میزان حساسیت مغناطیسی به عنوان تابعی از ترکیب سنگ شناسی ۶۰
- شکل ۳-۶- بیضوی مغناطیسی مبتنی بر مقادیر K_1, K_2, K_3 ۶۲
- شکل ۳-۷- مقادیر K_{11}, K_{22}, K_{33} برابر $K_{max}, K_{int}, K_{mint}$ ۶۲
- شکل ۳-۸- موازی با ترتیب ذرات باشد، جسم بیشترین مقدار حساسیت مغناطیسی الف- H عمود بر ترتیب قرارگیری ذرات، شکل ب- جسم کمترین مقدار حساسیت مغناطیسی ۶۳
- شکل ۳-۹- شیب و جهت شیب نمونه (زاویه های I و D) در فضای جغرافیایی ۶۴
- شکل ۳-۱۰- الف دستگاه مغزه گیر قدیمی. ب دستگاه مغزه گیر جدید. ج خط راهنما و محل حفاری مغزه ۶۵
- شکل ۳-۱۱- نحوه برداشت شیب و جهت شیب، توسط کمپاس و تراز یاب مغزه ۶۷
- شکل ۳-۱۲- الف- نحوه خارج ساختن مغزه از زمین بعد از مشخص کردن شیب و جهت شیب ب- نحوه استفاده از نیم لوله پلاستیکی برای هاشور زدن مغزه. ج- شماره گذاری مغزه ۶۹
- شکل ۳-۱۳- دستگاه MFK1-FA ۷۳
- شکل ۳-۱۴- نمایش شماتیک علامت گذاری نمونه در موقعیت های مختلف و چرخش حول محورهای X, Y و Z ۷۷
- شکل ۳-۱۵- الف نمایش بخش اندازه گیری کننده. شکل ب و ج نحوه قرارگیری نمونه در F_1 ۷۹
- شکل ۳-۱۶- نحوه قرارگیری نمونه در مرحله F_2 ۸۰
- شکل ۳-۱۷- نحوه قرارگیری نمونه در مرحله F_3 ۸۱
- شکل ۳-۱۸- صفحه نتایج ۸۴
- شکل ۳-۱۹- وضعیت قرارگیری پارامترهای P_1 ۸۹
- شکل ۳-۲۰- چگونگی تعریف پارامتر P_2 ۹۰
- شکل ۳-۲۱- تصاویری از نمونه استاندارد جهت کالیبراسیون دستگاه ۹۲
- شکل ۳-۲۲- تصویری از نرم افزار Anisoft 4.2 ۹۷
- شکل ۳-۲۳- نحوه نمایش داده ها در نرم افزار Anisoft 4.2 ۹۸
- شکل ۳-۲۴- تصویر سیم پیچ حامل جریان و ایجاد میدان مغناطیسی ۱۰۰
- شکل ۳-۲۵- الف و ب- نمودار M بر H ۱۰۰
- شکل ۳-۲۶- بیضوی مغناطیسی و سه محور K_1, K_2, K_3 ۱۰۰
- شکل ۳-۲۷- سه محور K_1, K_2, K_3 در استریوگرام ۱۰۱
- شکل ۳-۲۸- الف- بیضوی مغناطیسی دوکی شکل. ب- بیضوی مغناطیسی کلوچه ای شکل ۱۰۳
- شکل ۳-۲۹- نمودار L در مقابل F ۱۰۵
- شکل ۳-۳۰- نمودار L در مقابل F . با افزایش L و F مقدار P نیز افزایش می یابد ۱۰۵
- شکل ۳-۳۱- نمودار L در مقابل F در نمونه های منطقه ظرفرند ۱۰۵
- شکل ۴-۱- نقشه زمین شناسی توده گرانیتهای ظرفرند ۱۰۸
- شکل ۴-۲- مختصات جغرافیایی ایستگاه های مغزه برداری ۱۱۰
- شکل ۴-۳- تصاویر استریونت بدست آمده از نرم افزار Anisoft 42 ۱۱۷
- شکل ۴-۴- نقشه خطواری های مغناطیسی ۱۳۱
- شکل ۴-۵- نقشه منطقه بندی تغییرات شیب خطواری مغناطیسی ۱۳۲

- شکل ۴-۶- نقشه برگوارگی های مغناطیسی..... ۱۳۴
- شکل ۴-۷- نقشه منطقه بندی تغییرات شیب برگوارگی مغناطیسی..... ۱۳۵
- شکل ۴-۸- نقشه تغییرات حساسیت مغناطیسی میانگین..... ۱۳۷
- شکل ۴-۹- نقشه منطقه بندی تغییرات حساسیت مغناطیسی میانگین (پارامتر Km)..... ۱۳۸
- شکل ۴-۱۰- تصاویری از کانی مگنتیت در مقاطع صیقلی..... ۱۳۹
- شکل ۴-۱۱- مقایسه نتایج اندازه گیری پارامترهای مغناطیسی ۱۶ نمونه ارسالی به فرانسه با نتایج حاصل از آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود..... ۱۳۹
- شکل ۴-۱۲- نمودار درصد وزنی Fe_2O_3 در مقابل Km..... ۱۴۰
- شکل ۴-۱۳- نمودار Na_2O در مقابل K_2O ۱۴۱
- شکل ۴-۱۴- توزیع حساسیت مغناطیسی در کلیه ایستگاه نمونه برداری با ترکیب سنگ شناسی متفاوت..... ۱۴۲
- شکل ۴-۱۵- نمودار ستونی تغییرات حساسیت مغناطیسی در مقابل سنگ شناسی توده گرانیتوئیدی ظرفرند..... ۱۴۲
- شکل ۴-۱۶- قرارگیری آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک با شیب کم در توده گرانیتوئیدی ظرفرند..... ۱۴۲
- شکل ۴-۱۷- نمودار حساسیت مغناطیسی در مقابل دما..... ۱۴۵
- شکل ۴-۱۸- نقشه انیزوتروپی مغناطیسی..... ۱۴۸
- شکل ۴-۱۹- نقشه منطقه بندی تغییرات پارامتر P..... ۱۴۹
- شکل ۴-۲۰- نمودار توزیع کلی پارامتر P بر حسب لیتولوژی در کلیه ایستگاه ها..... ۱۵۰
- شکل ۴-۲۱- نمودار توزیع لگاریتمی Km در مقابل P..... ۱۵۰
- شکل ۴-۲۲- نقشه پارامتر شکل..... ۱۵۲
- شکل ۴-۲۳- نقشه منطقه بندی تغییرات پارامتر T..... ۱۵۳
- شکل ۴-۲۴- نمودار توزیع کلی پارامتر T در کلیه ایستگاه ها بر حسب سنگ شناسی..... ۱۵۴
- شکل ۴-۲۵- نمودار توزیع لگاریتمی Km در مقابل T..... ۱۵۴
- شکل ۴-۲۶- تصاویر میکروسکپی از فابریک ماگمایی در توده گرانیتوئیدی ظرفرند..... ۱۵۶
- شکل ۴-۲۷- تصاویر میکروسکپی از فابریک ساب ماگمایی در توده گرانیتوئیدی ظرفرند..... ۱۵۷
- شکل ۴-۲۸- نقشه توزیع ایستگاه های نمونه برداری بر حسب سنگ شناسی..... ۱۵۹
- شکل ۴-۲۹- نمودار ستونی فراوانی سنگ شناسی در مقابل درصد ایستگاه های نمونه برداری..... ۱۶۰
- شکل ۴-۳۰- نقشه قلمروهای مغناطیسی در توده گرانیتوئیدی ظرفرند..... ۱۶۲
- شکل ۴-۳۱- نقشه بخش بندی هایی برگوارگی های مغناطیسی..... ۱۶۳
- شکل ۴-۳۲- استریوگرام نشاندهنده وضعیت خطواره های مغناطیسی در قلمرو 1A..... ۱۶۶
- شکل ۴-۳۳- استریوگرام نشاندهنده وضعیت قطب برگواره های مغناطیسی در قلمرو 1A..... ۱۶۶
- شکل ۴-۳۴- استریوگرام نشاندهنده وضعیت خطواره های مغناطیسی در قلمرو 1B..... ۱۶۸
- شکل ۴-۳۵- استریوگرام نشاندهنده وضعیت قطب برگواره های مغناطیسی در قلمرو 1B..... ۱۶۸
- شکل ۴-۳۶- بررسی وضعیت کنتاکت در توده گرانیتوئیدی..... ۱۶۹
- شکل ۴-۳۷- استریوگرام نشاندهنده وضعیت خطواره های مغناطیسی در قلمرو ۲..... ۱۷۱
- شکل ۴-۳۸- استریوگرام نشاندهنده وضعیت قطب برگواره های مغناطیسی در قلمرو ۲..... ۱۷۱
- شکل ۴-۳۹- تصاویری از آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک در حاشیه روستای برگره..... ۱۷۲
- شکل ۴-۴۰- استریوگرام نشاندهنده وضعیت خطواره های مغناطیسی در قلمرو ۳..... ۱۷۴
- شکل ۴-۴۱- استریوگرام نشاندهنده وضعیت قطب برگواره های مغناطیسی در قلمرو ۳..... ۱۷۴
- شکل ۴-۴۲- استریوگرام نشاندهنده وضعیت خطواره های مغناطیسی در قلمرو ۴..... ۱۷۶

- شکل ۴-۴۳- استریوگرام نشاندهنده وضعیت قطب برگواره های مغناطیسی در قلمرو ۴..... ۱۷۶
- شکل ۴-۴۴- استریوگرام نشاندهنده وضعیت خطواره های مغناطیسی در قلمرو ۵..... ۱۷۸
- شکل ۴-۴۵- استریوگرام نشاندهنده وضعیت قطب برگواره های مغناطیسی در قلمرو ۵..... ۱۷۸
- شکل ۴-۴۶- تصویری از توده لوکوگرانیتهی چاه شیرین..... ۱۷۹
- شکل ۴-۴۷- تصویری از توده گرانیتهی شمال مزرعه سید..... ۱۷۹
- شکل ۴-۴۸- استریوگرام نشاندهنده وضعیت خطواره ها در کل قلمروهای توده گرانیتهوئیدی ظفرقند..... ۱۸۱
- شکل ۴-۴۹- استریوگرام نشاندهنده وضعیت قطب برگواره های مغناطیسی در کل قلمروهای توده گرانیتهوئیدی ظفرقند..... ۱۸۱
- شکل ۴-۵۰- استریوگرام نشاندهنده وضعیت برگواره های مغناطیسی در قلمروهای پنجگانه توده گرانیتهوئیدی ظفرقند..... ۱۸۲
- شکل ۴-۵۱- نقشه قلمروهای مغناطیسی و استریوگرام های مربوطه..... ۱۸۳
- شکل ۴-۵۲- الگوی کلی جایگزینی توده نفوذی ظفرقند..... ۱۸۶

فهرست جداول

- جدول ۱-۳- معرفی میزان حساسیت مغناطیسی از کانی های دیا، پارا و فرومغناطیس ۵۵
- جدول ۲-۳- برخی از ویژگی های دستگاه حساسیت سنج مغناطیسی MFK1-FA ۷۵
- جدول ۳-۳- اطلاعات نمایش داده شده بر روی صفحه نمایش پس از اندازه گیری در هر مرحله. ۷۹
- جدول ۴-۳- راهنمای کلیدهای منوی اصلی ۸۵
- جدول ۵-۳- نمایش فهرست دستورات یا گزینه های کمکی ۸۶
- جدول ۶-۳- اطلاعات نمایش داده شده بعد از اندازه گیری نمونه استاندارد کالیبراسیون ۹۲
- جدول ۷-۳- پارامترهای مغناطیسی قابل استفاده در تفسیرهای مغناطیسی ۹۵
- جدول ۸-۳- مقادیر اولیه حاصل از اندازه گیری حساسیت مغناطیسی به ازای هر نمونه. ۹۶
- جدول ۱-۴- میانگین کلی پارامترهای مغناطیسی کلیه ایستگاه ها جهت رسم نقشه های مغناطیسی
..... ۱۱۱
- جدول پیوست-۱- داده های موقعیت جغرافیایی، شیب و امتداد مغزه های برداشت شده در هر
ایستگاه..... ۱۸۹
- جدول پیوست-۲- داده های خروجی حاصل از اندازه گیری پارامترهای انتخابی توسط دستگاه
MFK1-FA به ازای هر نمونه. ۱۹۲

فصل اول

کلیات

۱-۱- موقعیت جغرافیایی

منطقه مورد مطالعه در ۱۶۰ کیلومتری شمال شرق اصفهان و ۴۰ کیلومتری جنوب شرق اردستان قرار دارد. این منطقه بخشی از نقشه‌های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشان و ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان را شامل می‌شود و دارای مختصات جغرافیایی $۲۷^{\circ} ۵۱'$ تا $۵۱^{\circ} ۵۷'$ طول جغرافیایی شرقی و $۳۳^{\circ} ۳۳'$ تا $۳۲^{\circ} ۵۹'$ عرض جغرافیایی شمالی می‌باشد. توده گرانیتوئیدی ظفرقند در محدوده‌ای تقریباً به وسعت ۸۰ کیلومتر مربع رخنمون دارد و دارای روند کلی شمال غربی - جنوب شرقی است. با این وجود، توده مزبور، خود از چند توده کوچک و بزرگ تشکیل شده است.

۱-۲- راه‌های ارتباطی

منطقه مورد مطالعه در جنوب ظفرقند و در محدوده روستاهای قهساره، مبارکه، ماربین، تقی‌آباد و اونج قرار دارد. از لحاظ مسیر دسترسی، می‌توان این توده را به دو بخش شرقی - غربی تقسیم کرد. دسترسی به بخش شرقی توده مورد مطالعه از طریق راه‌های زیر امکان‌پذیر است: در جاده اصفهان - نائین پس از پلیس راه سگزی، جاده‌ای به سمت شمال شرق منشعب می‌شود که شهرهای زفره و ظفرقند را به هم متصل می‌کند. در این مسیر پس از گذر از زفره و قهساره به روستاهای مبارکه، ماربین، تقی‌آباد و بیدشک می‌رسیم. راه‌های منتهی به این روستاها و سایر راه‌های خاکی موجود در منطقه، دسترسی به این بخش را امکان‌پذیر می‌سازد.

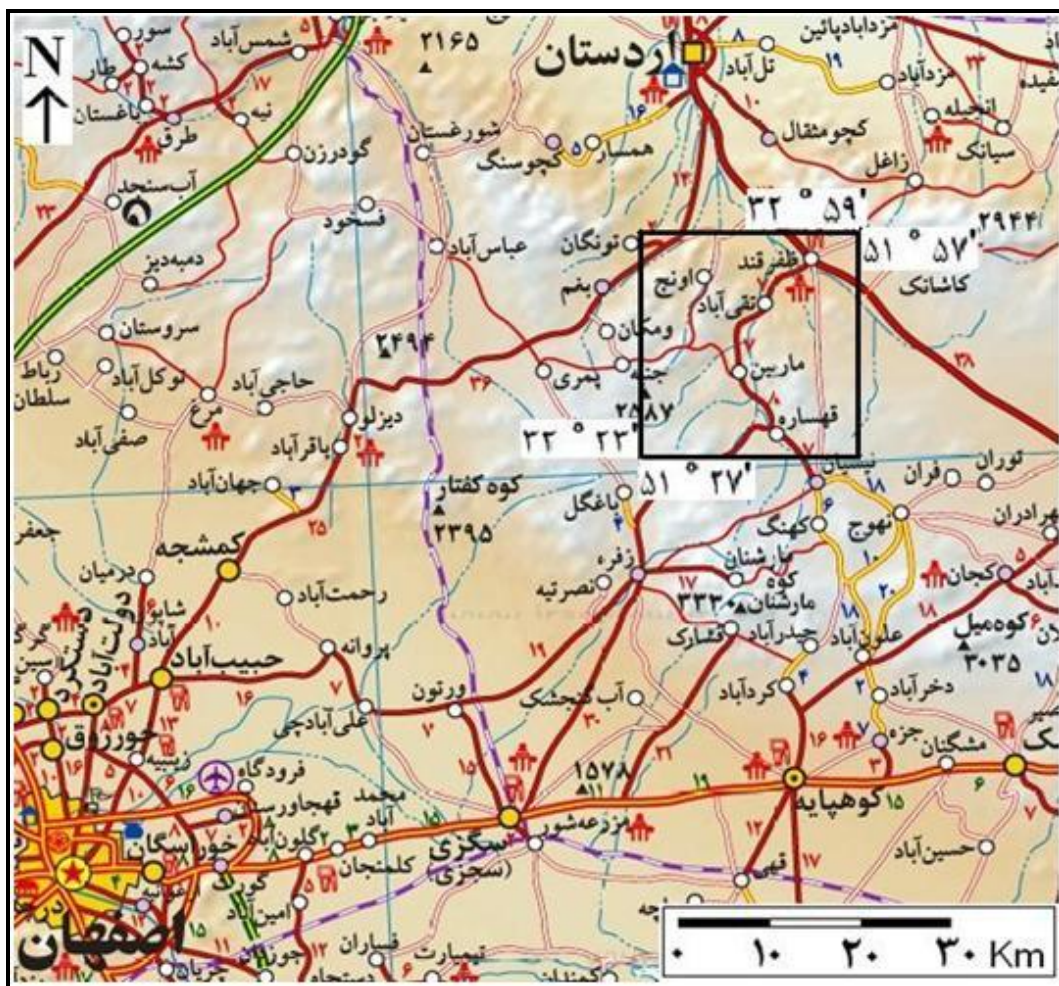
دسترسی به بخش غربی منطقه از طریق جاده اردستان- اصفهان امکان پذیر است. پس از خارج شدن از جاده اردستان- نائین (از محل سه راهی جاده اصفهان- نائین)، ۱۲ کیلومتر به سمت جنوب حرکت می‌نماییم، از آنجا جاده‌ای به سمت شرق منشعب می‌شود که با تابلوی راهنمای اونچ مشخص شده است. پس از طی مسافت حدود ۱۰ کیلومتر به روستای اونچ می‌رسیم. از شمال روستای اونچ جاده‌ای به سمت شرق منشعب می‌شود که پس از گذر از روستای مخروبه برگهر، دسترسی به بخش غربی را امکان پذیر می‌سازد (شکل ۱-۱).

۳-۱- آب و هوا، ریخت شناسی و جغرافیای انسانی

آب و هوای منطقه، تابع وضعیت ریخت شناسی بوده و دارای تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد و خشک می‌باشد. میزان کم تا متوسط بارندگی در این منطقه باعث شده است که سفره‌های آب زیرزمینی به خوبی تغذیه نگردند. به همین علت تعداد کمی چشمه در منطقه وجود دارد و رودخانه‌های موجود در منطقه نیز غالباً فصلی هستند. قنات‌ها منبع اصلی تأمین کننده آب ساکنین این منطقه می‌باشند. به علت بارندگی کم و طبیعت خشک منطقه، پوشش گیاهی ضعیف و اغلب از نوع استپ بیابانی است.

ریخت شناسی منطقه متأثر از جنس و تنوع سنگ شناسی، عوامل تکتونیکی، فرسایش و آب و هوای منطقه است (شکل ۱-۲ و ۳-۱).

اغلب فعالیت‌های ساکنین مناطق اطراف توده نفوذی، باغداری، کشاورزی، دامداری و صنایع دستی می‌باشد. از مهمترین محصولات منطقه می‌توان به گندم، جو، صیفی‌جات، انار، بادام، انگور، سیب، گردو و انجیر اشاره کرد.



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی منطقه مورد مطالعه.



شکل ۱-۲ تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه برگرفته از نرم‌افزار Google Earths .



شکل ۱-۳ دورنمای کلی منطقه مورد مطالعه، دید به سمت جنوب غرب. در این تصویر، روستای ماربین در بین درختان دیده می‌شود.

۱-۴-۱- مطالعات پیشین در منطقه مورد مطالعه

اشتوکلین (۱۳۳۳) از اولین محققانی بود که با هدف تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰۰۰، مناطق اصفهان، اردستان و کاشان را مورد مطالعه قرار داد.

عمیدی (۱۳۵۴) در پایان نامه دکتری خود به بررسی ویژگی‌های زمین شناسی، پترولوژی و چینه‌شناسی منطقه نطنز- سروک پرداخته است. وی در پایان نامه خود، به طور مختصر به سنگ‌های نفوذی منطقه اردستان اشاره کرده و سن سنگ‌های نفوذی را به بعد از الیگوسن (۱۹ تا ۱۷ میلیون سال) نسبت داده است.

پورحسینی (۱۹۸۱) در پایان نامه دکتری خود چند مورد از توده‌های نفوذی نوار ماگمایی ارومیه- دختر را مورد بررسی قرار داده که توده نفوذی نطنز نیز از آن جمله است. نامبرده معتقد است که سن توده‌های بازیک و حدواسط گابرو- دیوریتی (۳۳ میلیون سال) قدیمی‌تر از گرانیتوئیدها (۱۷-۱۹ میلیون سال) است اما با توجه به مشاهدات صحرایی این تحقیق، این فاصله زمانی منطقی به نظر نمی‌رسد.

عمیدی و زاهدی (۱۳۶۲) نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوش کاشان را تهیه نمود. در همین راستا توده‌های نفوذی اردستان را نیز مطالعه کردند.

سجادی (۱۳۶۹) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود به بررسی خصوصیات پترولوژی، چینه‌شناسی و فسیل شناسی سنگ‌های منطقه نطنز- اردستان پرداخته است.

کریمی (۱۳۷۰) هیدرواقليم منطقه نطنز- اردستان را در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود مورد مطالعه قرار داده است.

خلعتبری جعفری (۱۳۷۱) پلوتونیسیم ترشیری منطقه اردستان را در پایان نامه کارشناسی ارشد خود، مورد ارزیابی قرار داده است.

وهابی مقدم (۱۳۷۲) پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های ماگمایی و دگرگونی جنوب نائین را در پایان نامه کارشناسی ارشد خود مورد بررسی قرار داده است.

محمدی (۱۳۷۴) ولکانیسم ترشیری منطقه اردستان را در پایان نامه کارشناسی ارشد خود بررسی نموده است و خصوصیات پتروگرافی، پترولوژی و ژئوشیمی سنگ‌های آتشفشانی را مورد بحث و بررسی قرار داده است.

لطیفی (۱۳۷۹) زمین شناسی، پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های نفوذی جنوب و شمال غرب ظفرقند را در پایان نامه کارشناسی ارشد خود بررسی کرده است.

محبلی (۱۳۷۹) نقش فضاهای کششی نردبانی (ان‌اشلان) در فعالیت‌های سنگ‌های آذرین منطقه کاشان- اردستان را به عنوان الگویی برای شکل‌گیری کمان آتشفشانی ارومیه دختر مورد بررسی قرار داده است.

یگانه‌فر (۱۳۸۵) ژئوشیمی و پتروژنز سنگ‌های بازیک جنوب اردستان را بررسی کرده است.

ترابی و همکاران (۱۳۸۵) سنگ‌های آتشفشانی میزبان توده نفوذی ظفرقند و کانی‌های موجود در درز و شکاف‌های آن را بررسی کرده‌اند.

بهرامیان (۱۳۸۶) پترولوژی و ژئوشیمی سنگ‌های توده نفوذی بغم در شمال شرق اصفهان (غرب منطقه مورد مطالعه) را مورد بررسی قرار داده است.

نصر اصفهانی (۱۳۸۸) در قالب طرح پژوهشی به بررسی پترولوژی توده گرانیتوئیدی جنوب ظفرقند پرداخته است (این پژوهش در حال انجام می‌باشد و هنوز داده‌ای از آن منتشر نشده است).

۱-۴-۲- مطالعات پیشین در زمینه AMS

در این پایان نامه، به منظور تعیین سازوکار جایگزینی توده گرانیتوئیدی ظفرقند از روش انیزوتروپی حساسیت مغناطیسی (Anisotropy of Magnetic Susceptibility ; AMS) استفاده شده است. از آنجائی که این روش در ایران جدیداً مورد استفاده قرار گرفته است، لذا در این بخش به مطالعات انجام شده قبلی در زمینه AMS در ایران اشاره می‌کنیم.

اولین بار در ایران، قلمقاش (۱۳۸۱) در پایان نامه دکتری خود، توده نفوذی اشنویه را به روش AMS مطالعه کرد. نتایج حاصل از این مطالعه در مجله Asian Earth Science -35- 2009 ارائه گردید.

وکیلی (۱۳۸۲) در پایان نامه خود به مرور نظری روش AMS پرداخته است.

صادقیان (۱۳۸۳) در پایان نامه دکتری خود بخشی از توده نفوذی زاهدان را به کمک روش AMS مورد بررسی قرار داده که نتایج آن در مجله Asian Earth Science-25- 2005 به چاپ رسیده است.

اسماعیلی (۲۰۰۷) مدل ژئودینامیکی جایگیری توده گرانیتوئیدی شاه کوه را با استفاده از تکنیک AMS مطالعه کرد. نتایج حاصل از این مطالعه در مجله Tectonophysics-39-2007-pp.149-170 به چاپ رسیده است.

رسولی (۱۳۸۷) در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد خود، انیزوتروپی قابلیت مغناطیس‌شدگی توده گرانیتوئیدی بروجرد را مورد مطالعه قرار داده است.

شیبی (۱۳۸۸) مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی شیرکوه را به روش AMS در قالب پایان نامه دکتری خود بررسی نموده است.

احدنژاد (در حال انجام) با استفاده از روش AMS در حال بررسی مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی ملایر در پایان نامه دکتری خود می‌باشد.

نوابی (در حال انجام) مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی مشهد به روش AMS را به عنوان پایان نامه دکتری خود برگزیده است.

۱-۵- روش مطالعه

با فراهم شدن امکانات آزمایشگاهی AMS و دستگاه MFK1-FA در دانشگاه صنعتی شاهرود، آزمایشات و اندازه‌گیری نمونه‌ها با این دستگاه، برای اولین بار در ایران انجام شد. اجرای روش اینزوئروپی حساسیت مغناطیسی AMS، مستلزم طی مراحل مختلف و متنوعی است که در فصل سوم به طور مفصل توضیح داده خواهد شد، ولی معرفی مقدماتی این روش در اینجا ضروری است. برای اینکار، در ابتدا اطلاعات زمین‌شناسی منتشر شده قبلی، نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه، تصاویر ماهواره‌ای گردآوری شده و اطلاعات منتشر شده قبلی از جمله پایان‌نامه‌ها و گزارش‌های زمین‌شناسی مرتبط با منطقه مورد مطالعه، جمع‌آوری و مطالعه گردید. در این راستا علاوه بر مطالعات مورد نیاز، به جمع‌آوری اطلاعات مرتبط با روش AMS نیز پرداخته شده و پیشینه‌های مرتبط با این موضوع مورد بررسی قرار گرفت.

در مرحله بعد وسایل و لوازم مورد نیاز جهت برداشت‌های صحرایی از جمله نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ و توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای، کمپاس، موتور مغزه‌گیر، چکش و ترازباب مغزه تهیه گردید. برداشت‌های زمین‌شناسی، بررسی‌های صحرایی و مغزه‌برداری در طی چندین مرحله بازدید صحرایی از آبان ۱۳۸۷ تا آذر ۱۳۸۸ انجام شد. در مجموع در ۱۲۳ ایستگاه، مغزه برداری صورت گرفت و ۲۹۴ مغزه به دست آمد که پس از برش به ۱۰۰۸ قطعه تبدیل شد و در نهایت پارامترهای مغناطیسی این قطعات اندازه‌گیری شد. از بین این تعداد ۳۰۰ مقطع نازک نیز تهیه شده است.

برای تعیین فابریک مغناطیسی با روش AMS باید از توده نفوذی مورد مطالعه، مغزه‌های جهت‌دار برداشت کرد. در هر ایستگاه به همراه برداشت مغزه باید توسط کمپاس شیب و جهت شیب مغزه را قبل از خروج مغزه از زمین اندازه‌گیری و ثبت کرد. در کنار این مراحل، در هر ایستگاه اقدامات دیگری نیز انجام گرفت از جمله: بررسی و مطالعه واحدهای سنگی مختلف و نحوه ارتباط این واحدها با

یکدیگر، بررسی پراکندگی آنکلاوها، تشخیص امتداد دایک‌ها، بررسی پیامدهای گرمایی توده نفوذی و شناسایی ساخت‌های تکتونیکی از جمله درزه و گسل و... .

۱-۶- اهداف مطالعه

امروزه به منظور شناخت سازوکار جایگیری توده‌های نفوذی، علاوه بر روش‌های سنتی، از روش مطالعه فابریک‌های مغناطیسی نیز استفاده می‌شود. این تحقیقات جهت تعیین فابریک مغناطیسی و به عنوان بخشی از علم پتروفابریک انجام می‌گیرند. توده گرانیتوئیدی مورد مطالعه تاکنون از جنبه‌های مختلف نظیر پتروگرافی، ژئوشیمی، پترولوژی و پتروژنز مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. روش بررسی فابریک‌های مغناطیسی به غیر از موارد ذکر شده در بخش ۱-۴-۲، تاکنون بر روی دیگر توده‌های نفوذی موجود در ایران صورت نگرفته است. در این پایان‌نامه علاوه بر مطالعه فابریک‌های مغناطیسی، پتروگرافی سنگ‌های سازنده توده نفوذی ظفرقند نیز مورد توجه و بررسی قرار گرفت. از تحلیل‌های ژئوشیمیایی و آنالیز میکروپروب صورت گرفته توسط دیگر محققین از جمله لطیفی (۱۳۷۹) و قفاری (در حال انجام) نیز جهت تأیید داده‌های حاصل از فابریک مغناطیسی در بخش‌های آتی استفاده خواهد شد.

کلیه اندازه‌گیری‌های پارامترهای مغناطیسی که در بخش‌های مطالعات پیشین AMS به آن‌ها اشاره شد، همگی در آزمایشگاه‌های خارج از ایران انجام شده است. به نحوی که نمونه‌های برداشت شده از مناطق مورد مطالعه، جهت اندازه‌گیری با دستگاه حساسیت‌سنج مغناطیسی به کشورهای دیگر منتقل شده است. اما در این پایان‌نامه، برای اولین بار، کلیه اندازه‌گیری‌ها در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود با کیفیتی برابر با آزمایشگاه‌های معتبر دنیا (از جمله دانشگاه تولوز فرانسه) صورت گرفته است. در نهایت امید است این پژوهش بتواند مدل نسبتاً جامع و دقیقی جهت توجیه نحوه جایگزینی توده گرانیتوئیدی ظفرقند ارائه نماید.

فصل دوم

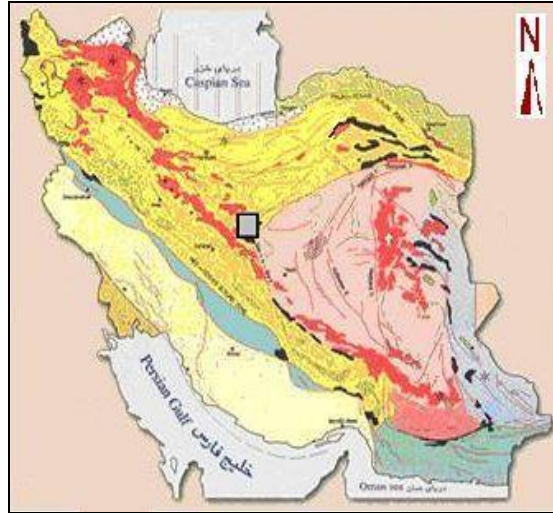
زمین شناسی عمومی

و

سنگ شناسی منطقه

۱-۲- مقدمه

توده ظفرقند بر اساس تقسیم بندی نبوی (۱۳۵۵) در زون ارومیه- دختر واقع شده است (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه تقسیم بندی ساختاری ایران (نبوی، ۱۳۵۵) با علامت □ مشخص شده است.

بسیاری از زمین شناسان معتقدند فعالیت ماگمایی نوار ارومیه- دختر حاصل فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر پوسته قاره‌ای ایران مرکزی بوده است بربریان و کینگ^۱، ۱۹۸۱؛ داوود زاده و اشمیت^۲، ۱۹۸۴؛ ریکو^۳ و همکاران، ۱۹۷۷؛ درکورت^۴ و همکاران، ۱۹۸۶؛ آگارد^۵، ۲۰۰۶. فعالیت-های ماگمایی این نوار از تریاس آغاز شده است و در ائوسن و الیگومیوسن به بیشترین حد خود رسیده است. نتیجه این فعالیت‌ها در سنوزوئیک، تشکیل چندین سری واحدهای آتشفشانی و آتشفشانی-رسوبی و تعداد زیادی توده‌های نفوذی است. سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی-رسوبی منطقه مورد

۱- Berberian & King

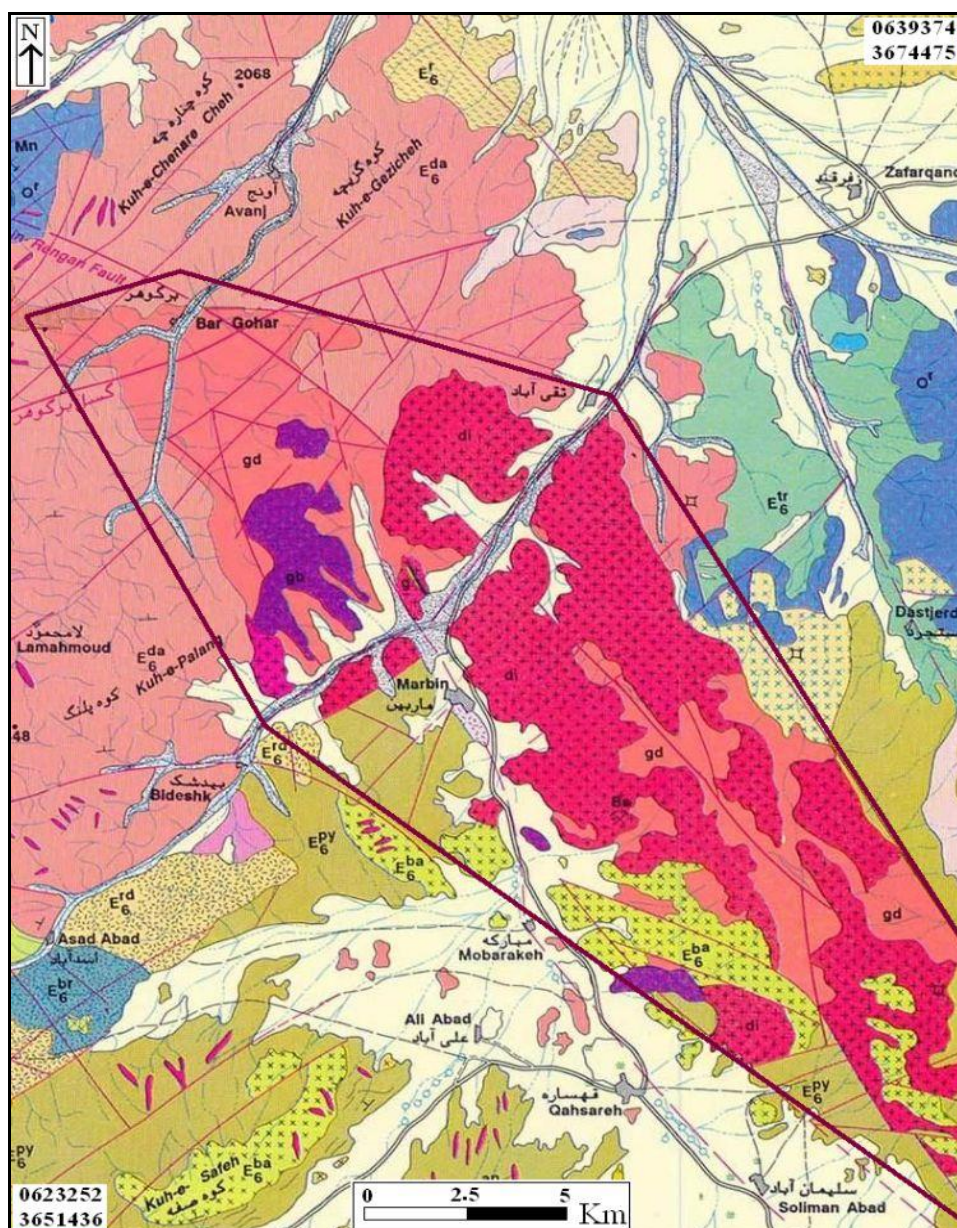
۲- Davoudzadeh

۳- Ricou

۴- Dercourt

۵- Agard

مطالعه دارای سن ائوسن میانی- فوقانی هستند. البته نگاهی اجمالی به کل نوار ارومیه- دختر نشان می‌دهد که فعالیت‌های ماگمایی به صورت مختلف، تا کواترنر ادامه داشته است. در نقشه‌های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ قم، نائین، کاشان، ساوه، سبزواران، انار، الله آباد، جازموریان، ارومیه، اهر و ... محصولات ماگمایی این فعالیت‌ها به صورت گدازه، سنگ‌های آذرآواری، توده‌های نفوذی عمیق تا نیمه عمیق، دایک، سیل و ... مشاهده می‌شوند. در شکل ۲-۲ موقعیت توده نفوذی مورد مطالعه در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان مشاهده می‌شود.



شکل ۲-۲- بخشی از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان (رادفر، ۱۳۷۸) که توده گرانیتوئیدی ظفرقند در آن مشخص شده است.

در قسمت جنوب غرب منطقه ظفرقند، بخشی از سنگ‌های رسوبی مزوزوئیک، متعلق به نوار دگرگونی سنندج- سیرجان توسط گسل قم- زفره در کنار سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی- تخریبی و آتشفشانی- رسوبی نوار ارومیه- دختر قرار گرفته‌اند. گسل قم- زفره به عنوان یکی از گسل‌های پی سنگی مهم با مشخصات امتدادلغز، راستگرد و روند کلی شمال غرب- جنوب شرق، یکی از عوامل اصلی تشکیل ساخت‌های زمین‌شناسی در محدوده مورد مطالعه می‌باشد و علاوه بر تأثیر در جایگیری توده- های نفوذی منطقه، در ساختار مورفولوژیکی منطقه نیز نقش مهمی ایفا کرده است (محجل و پروهان، ۱۳۸۴).

۲-۲- واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه

واحدهای سنگی موجود در منطقه مورد مطالعه را می‌توان بر اساس سن زمین‌شناسی به سه دسته زیر تقسیم کرد: ۱- واحدهای ائوسن (مجموعه آتشفشانی، آتشفشانی- تخریبی و آتشفشانی- رسوبی)، ۲- واحدهای اواخر ائوسن- اوایل الیگوسن (توده نفوذی مورد مطالعه) و ۳- واحدهای کواترنری (آبرفت‌ها، مخروط‌افکنه و واریزه‌ها).

۲-۲-۱- واحدهای ائوسن (مجموعه آتشفشانی، آتشفشانی- تخریبی و رسوبی)

فعالیت‌های آتشفشانی در این منطقه در ائوسن زیرین شروع شده و در ائوسن میانی- بالایی به اوج خود رسیده است (محمدی، ۱۳۷۴). این واحد از انواع سنگ‌های آذرآواری از جمله توف برش، توف ماسه‌ای و گدازه‌های آندزیتی در جنوب روستای قهساره، گدازه‌های بازالت تا آندزیت بازالت کاملاً تیره رنگ در جنوب غرب توده مورد مطالعه، سنگ‌های داسیتی و ریوداسیت‌های خاکستری به صورت گنبد مانند و گسترده در اطراف روستاهای اونج و برگهر و سنگ‌هایی با جنس ریولیت تا ریوداسیت و توف ریولیتی در شرق توده مورد مطالعه تشکیل شده است. دایک‌های متعددی توده گرانیتوئیدی ظفرقند و سنگ‌های آتشفشانی منطقه مورد مطالعه را در چندین نوبت سنی مجزا قطع می‌کنند.

۲-۲-۲- واحدهای سنگی اواخر ائوسن - اوایل الیگوسن (توده نفوذی مورد

(مطالعه)

سنگ‌های نفوذی منطقه ظفرقند در ابعاد کاملاً متفاوت و متنوع دیده می‌شوند و تعدادی توده کوچک و بزرگ را شامل می‌شوند. سنگ‌های نفوذی منطقه مورد مطالعه دارای طیف ترکیبی گابرو، دیوریت، گرانودیوریت و گرانیت هستند. گابروها و گابرویدیوریت‌ها به تدریج به دیوریت تبدیل می‌شوند و اکثراً در بخش‌های مرکزی توده مورد مطالعه، رخنمون دارند. گرانودیوریت‌ها بیشترین حجم توده نفوذی ظفرقند را به خود اختصاص می‌دهند. گرانیت‌ها در نمونه دستی عموماً دانه ریز و دارای رنگ سفید مایل به صورتی بوده‌اند. گرانیت‌های توده مورد مطالعه معمولاً بخش‌های تفریق یافته‌تر و تقریباً کوچکی از توده گرانیتوئیدی ظفرقند را تشکیل می‌دهند که به صورت دایک، آپوفیز، رگه و رگچه می‌باشند. این گرانیت‌ها دارای آنکلاوهایی از جنس میکروگرانولار مافیک می‌باشند که معرف اختلاط ماگمایی صورت گرفته بین آن‌ها و ماگمای دیوریتی است. در مشاهدات صحرایی مرز گرانیت‌ها با گرانودیوریت‌ها تدریجی می‌باشد. در بعضی نقاط زبانه‌هایی از سنگ‌های گرانودیوریتی - گرانیتی به صورت دایک سنگ‌های میزبان خود (سنگ‌های گابرویدیوریتی یا آتشفشانی-رسوبی) را قطع کرده‌اند (شکل‌های ۲-۳ و ۲-۴). گرانیت‌ها فازهای تفریق یافته بعدی همان ماگمایی هستند که گابروها و دیوریت‌ها را به وجود آورده‌اند. این مطلب در بخش‌های بعدی مفصل‌تر توضیح داده می‌شود.

همان‌طور که گفته شد تعدادی زیادی دایک در منطقه مورد مطالعه وجود دارد که بر اساس مشاهدات صحرایی می‌توان آن‌ها را به دو دسته دایک‌های نسل اول و نسل دوم نامگذاری کرد. دایک‌های نسل اول، دایک‌های آندزیتی هستند که غالباً سنگ‌های آتشفشانی میزبان را قطع می‌کنند و در مجاورت توده گرانیتوئیدی ظفرقند، امتداد آن‌ها توسط توده ظفرقند قطع می‌شود، به عبارت ساده‌تر توده گرانیتوئیدی، دایک‌های آندزیتی نسل اول را قطع می‌کند. این دایک‌ها در حد فاصل همّت آباد تا بیدشک (جنوب منطقه مورد مطالعه) به وفور دیده می‌شوند (شکل ۲-۵ و ۲-۶).

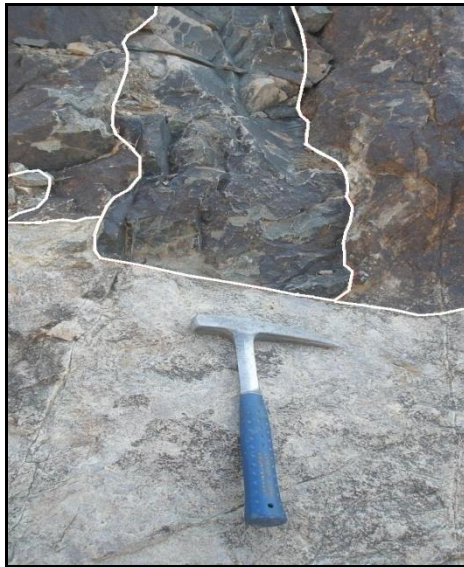


شکل ۲-۳- تصویری از دایک‌های گرانیتی - گرانودیوریتی که سنگ‌های دیوریتی - کوآرتزدیوریتی را قطع کرده‌اند.



شکل ۲-۴- تصویری از دایک گرانیتی که سنگ‌های آندزیتی ائوسن را قطع کرده است.

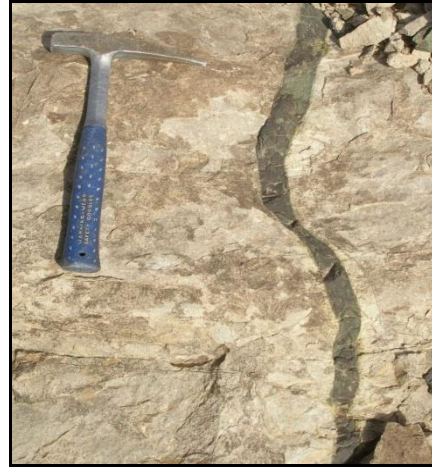
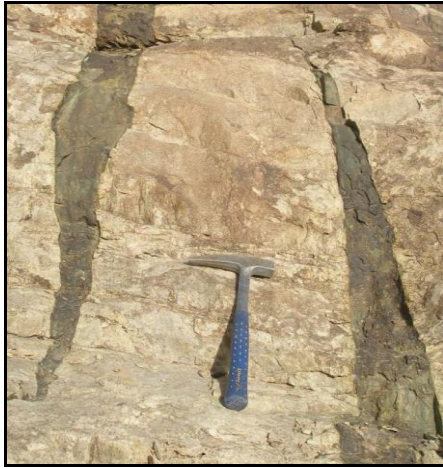
دایک‌های نسل دوم، دایک‌هایی سین‌پلوتونیک با ترکیب آندزیتی یا معادل درونی آن هستند که توده گرانیتوئیدی ظرف‌قند را قطع می‌کنند (شکل ۲-۷). شواهد صحرایی و مورفولوژی حاشیه دایک‌ها (حالت کنگره‌دار یا سینوسی شکل بودن، باریک شدن دایک به صورت یک زبانه) (پیچرا، ۱۹۹۳) همزمانی آن‌ها با تکتونیک (Syntectonic) را تأیید می‌کند.



شکل ۲-۵- تصویری از قطع شدگی دایک آندزیتی و میزبان آندزیتی آن توسط گرانودیوریت‌ها (شمالی‌ترین بخش توده نفوذی ظفرقند) در غرب جاده زفره- ظفرقند (جنوب غربی تقی آباد).



شکل ۲-۶- تصاویری از دایک‌هایی که سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی را در نزدیک روستای همت آباد قطع کرده‌اند.



شکل ۲-۷- تصاویری از دایک‌های سین پلوتونیک (دایک‌های نسل دوم) که سنگ‌های گرانودیوریتی را قطع می‌کنند.

به طور کلی سنگ‌های نفوذی منطقه مورد مطالعه، براساس مشاهدات صحرایی به انواع گرانیت و آلکالی فلدسپارگرانیت، گرانودیوریت، دیوریت و کوارتزیدیوریت، گابرو و گابرویدیوریت، آپلیت‌ها، آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک و دایک‌های آندزیتی نسل دوم تقسیم بندی می‌شوند.

۲-۲-۳- نهشته‌های کواترنری (آبرفت، مخروط افکنه و واریزه‌ها)

رسوبات آبرفتی در منطقه مورد مطالعه شامل قلوه سنگ‌های واحدهای قدیمی‌تر، رسوبات درون آبراهه‌ها و رسوبات مخروط افکنه‌ای و واریزه‌ها می‌باشد.

۲-۳- زمین شناسی اقتصادی منطقه

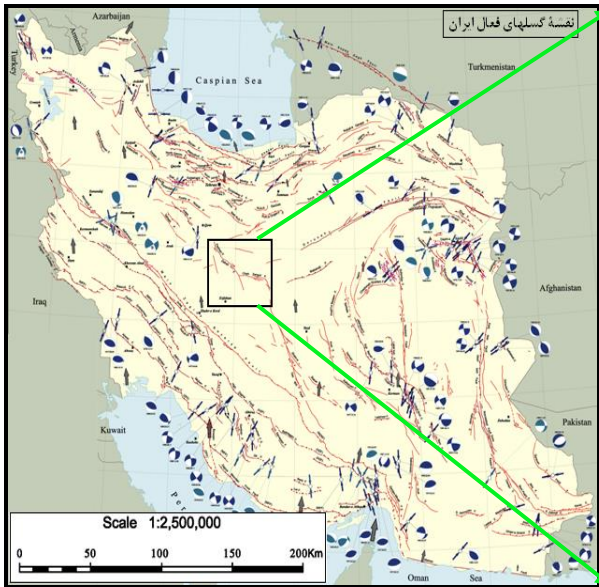
عملکرد گسل‌های موجود در منطقه منجر به شکستگی و برشی شدن سنگ‌های توده گرانیتوئیدی شده و از این رو، سنگ‌های مذکور بندرت قابلیت بلوک‌دهی دارند. به همین دلیل فعالیت‌های معدنی صورت گرفته در این منطقه ناموفق بوده است و چندین معدن سنگ ساختمانی متروکه در منطقه وجود دارد (جنوب غرب چاه شیرین، شمال و شمال غرب ماربین). کانه‌زایی اندکی (به عنوان مثال کانه‌زایی مس به صورت کالکوپیریت، مالاکیت و آزوریت) در مکان‌های مختلف و به صورت پراکنده مشاهده می‌شود که غالباً فاقد ارزش اقتصادی هستند.

۲-۴- زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه

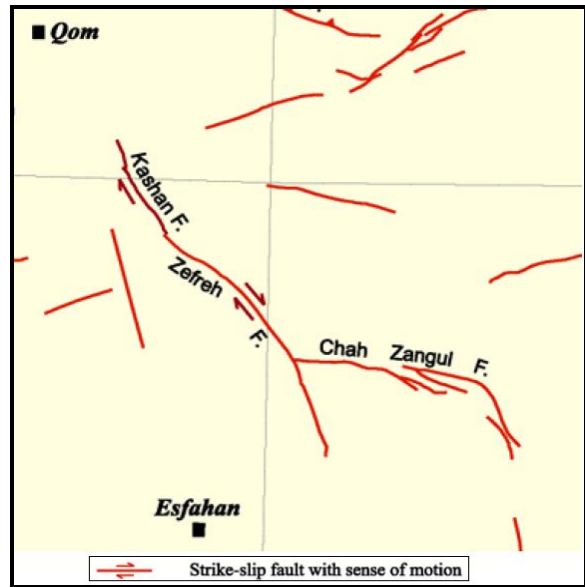
توده گرانیتوئیدی ظفرقند در زون ارومیه- دختر واقع شده است. گسل امتداد لغز راستگرد قم- زفره را می توان به عنوان بخشی از مرز زون سنندج سیرجان و زون ارومیه- دختر در نظر گرفت (محجل و پروهان ۱۳۸۴). سرشاخه های این گسل در منطقه مورد مطالعه، سبب جابجایی و خردشدگی در واحدهای سنگی مختلف شده است. گسل ها، شکستگی ها و چین خوردگی های موجود در توده ظفرقند را می توان با گسل قم- زفره مرتبط دانست.

گسل قم- زفره به صورت سه قطعه گسلی معرفی شده است که عبارتند از: ۱- قطعه شمال غربی، ۲- قطعه میانی (گسل نطنز) و ۳- قطعه جنوب شرقی (گسل امتداد لغز و راستگرد میلآجرد- زفره). از جمله مهمترین گسل های مرتبط با گسل قم- زفره در بخش جنوب شرقی می توان به گسل های ماربین- رنگان، گسل کچومثقال و گسل برگهر اشاره کرد (شکل ۲-۸). گسل امتداد لغز راستگرد (احتمالاً با مؤلفه معکوس) ماربین- رنگان دارای امتداد شمال غربی- جنوب شرقی است و در انتهای غربی خود با زاویه ۳۰ درجه، گسل قم- زفره را قطع می کند. گسل معکوس برگهر نهشته های آتشفشانی ائوسن را قطع کرده و توده های داسیتی جوان در امتداد آن نفوذ کرده اند. گسل امتداد لغز چپگرد کچومثقال با مؤلفه معکوس می باشد و به سمت جنوب شیب دارد (محجل و پروهان، ۱۳۸۴). به نظر می رسد گسل ماربین- رنگان نقش مهمی در جایگزینی توده گرانیتوئیدی ظفرقند ایفا کرده باشد (شکل ۲-۹).

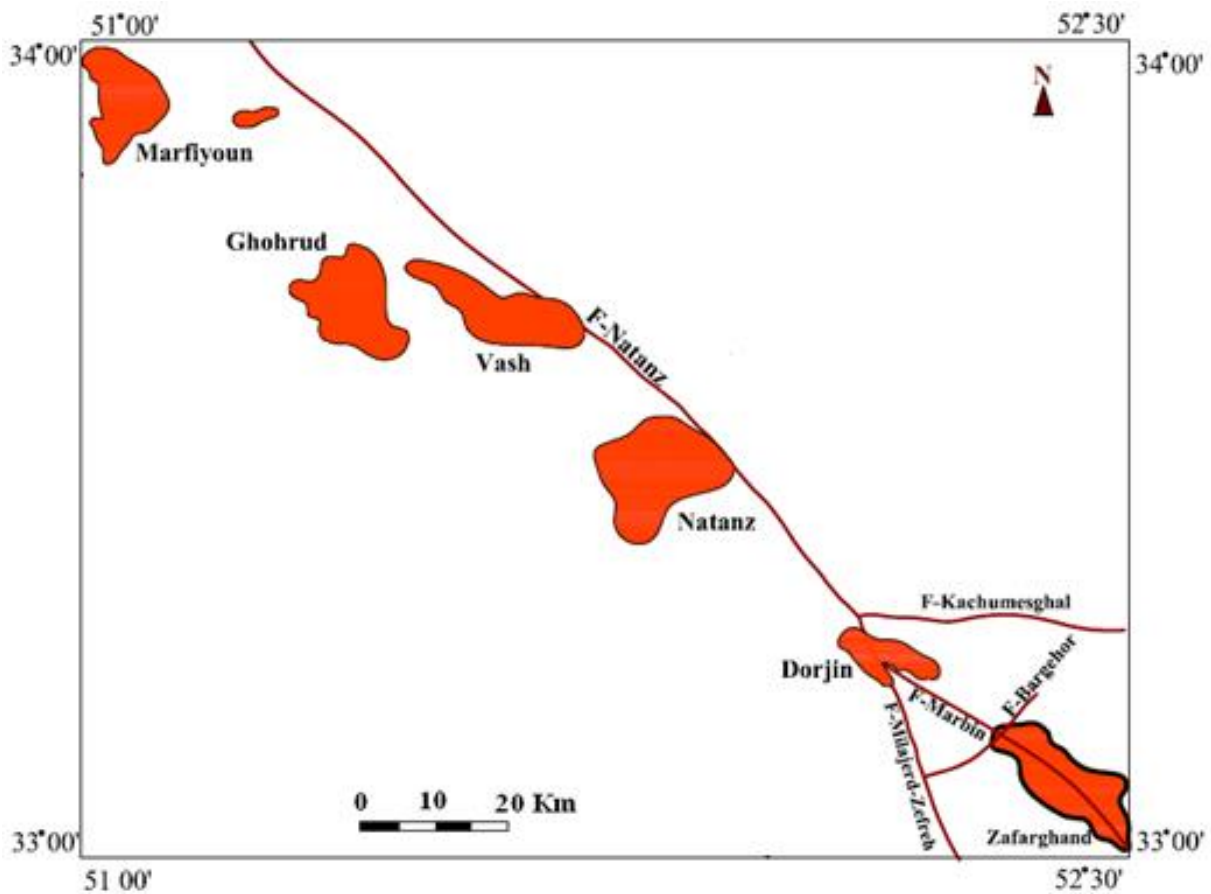
عملکرد گسل امتداد لغز راستگرد قم- زفره و شاخه های فرعی مرتبط با آن، امکان راهیابی توده های نفوذی به ترازهای بالاتر پوسته را میسر کرده است. نگاهی اجمالی به توده های نفوذی ظفرقند، دورجین، نطنز، وش، قهرود، مارفیون و فشارک در نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان، کجان، کاشان، نطنز و نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشان این موضوع را تأیید می کند. توده گرانیتوئیدی ظفرقند در امتداد گسل ماربین- رنگان قرار می گیرد.



الف

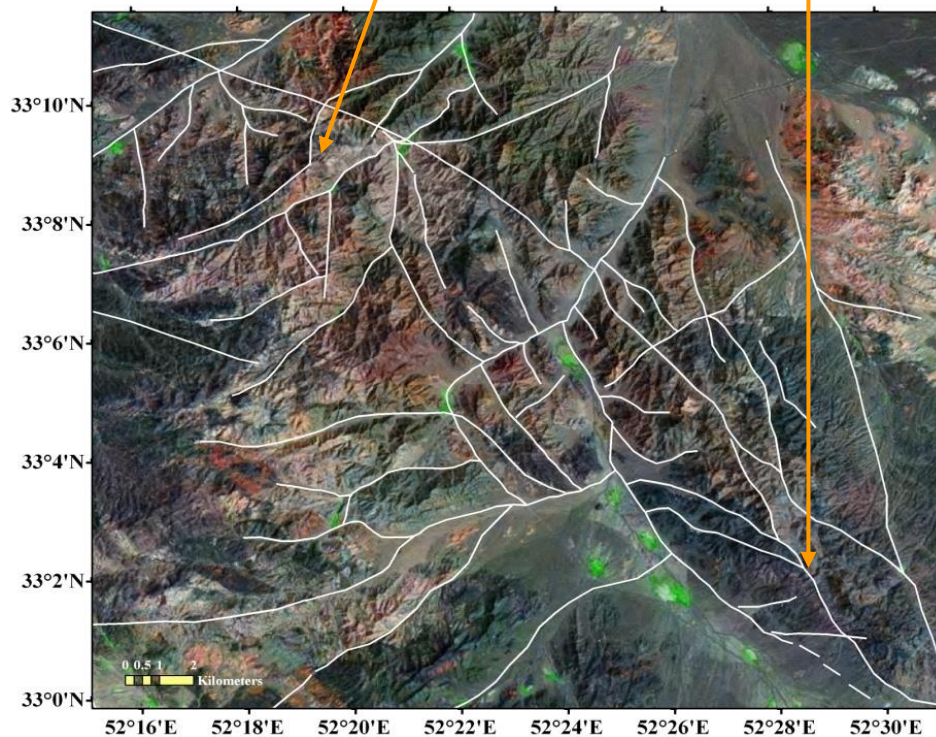
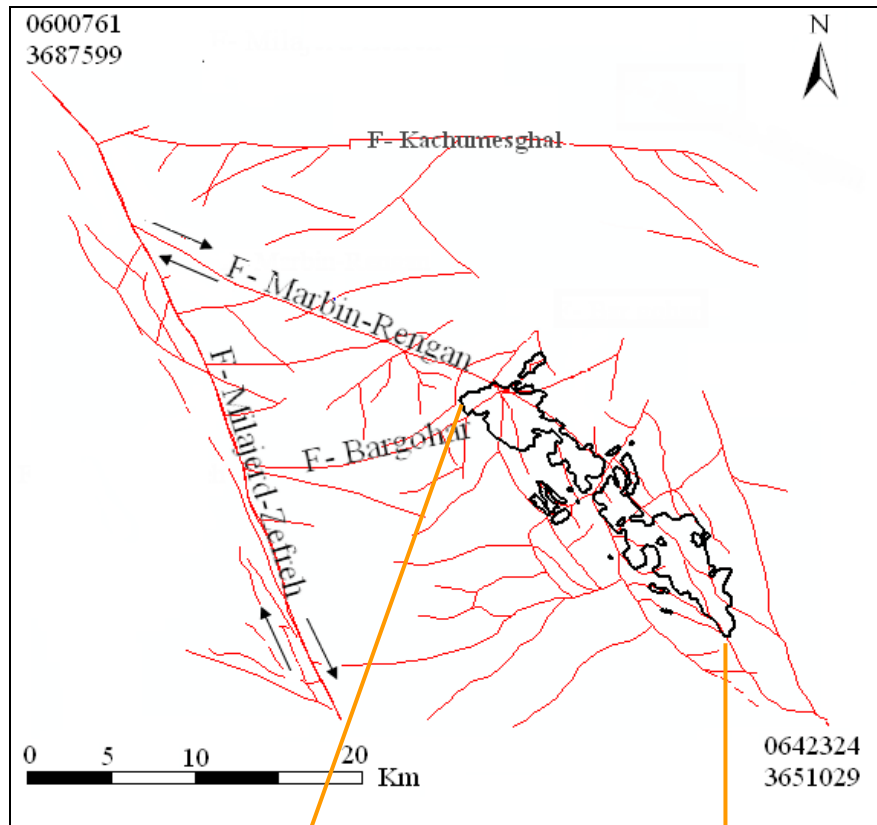


ب



ج

شکل ۲-۸- الف و ب موقعیت کلی منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه گسل‌های فعال ایران با □ مشخص شده است. شکل ۲-۸- ج- طرح شماتیک قرارگیری توده‌های نفوذی (مناطق قرمز رنگ) در امتداد گسل راستگرد قم- زفره (گسل نطنز و گسل میلاجرد-زفره) براساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشان.



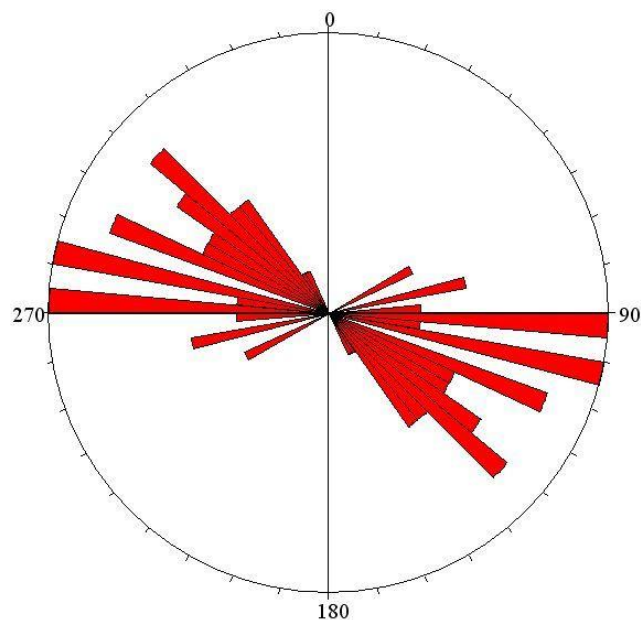
شکل ۲-۹- نقشه شکستگی‌های موجود در منطقه که براساس خطواره‌های موجود در تصاویر ماهواره‌ای، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان و ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشان ترسیم شده است.

با توجه به شواهد مورفولوژیکی نظیر پیچش آبراهه‌ها به سمت شرق، این گسل دارای مؤلفه راستگرد می‌باشد. عملکرد راستگردی سیستم‌های گسلی مرتبط با گسل قم- زفره و ماربین- رنگان توانسته است فضای مناسبی برای جایگزینی توده گرانیتوئیدی ظفرقند فراهم نمایند. قرارگیری زون تغذیه کننده ماگمایی (مشخص شده بر اساس مطالعات فابریک مغناطیسی) با راستای کلی شمال- غرب- جنوب شرق و هم‌راستا با گسل ماربین- رنگان نیز این موضوع را تأیید می‌کند. دایک‌های آندزیتی متعددی که سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی موجود در منطقه را قطع می‌کنند و غالباً دارای روند شمال غرب- جنوب شرق هستند، شاهد دیگری بر این ادعا می‌باشند (شکل‌های ۲-۱۰ و ۲-۱۱) و نشان می‌دهد، در قبل و همزمان با جایگزینی و حتی در مراحل پایانی تزریق توده نفوذی رژیم تکتونیکی تقریباً مشابهی در منطقه حاکم بوده است.

نکته جالب توجه دیگر آن است که توده گرانیتوئیدی دورجین در کنتاکت بلافصل گسل ماربین- رنگان رخمون یافته است. همچنین در محل تلاقی گسل قم- زفره با گسل ماربین- رنگان (جنوب حسن آباد) سنگ‌های دیوریتی- میکرودیوریتی رخمون پیدا کرده‌اند که از دیگر دلایل نقش گسل‌ها در جایگزینی توده نفوذی می‌باشد.



شکل ۲-۱۰- تصویر ماهواره‌ای نشان‌دهنده وجود دایک‌های لوکوگرانیتهی بزرگ قطع‌کننده توده نفوذی ظفرقند
برگرفته از نرم افزار Google Earths.



شکل ۲-۱۱- رز دیاگرام نشان‌دهنده، راستای کلی دایک‌های آندزیتی (۳۳ نمونه) قدیمی‌تر از توده ظفرقند.

به طور کلی سنگ‌های گرانیتوئیدی ظفرقند با روند عمومی شمال غرب- جنوب شرق از روند کلی گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه تبعیت می‌کند و از جهت تنوع ترکیب از گرانیت تا گابرو متغیر است. توده نفوذی ظفرقند، سنگ‌های آتشفشانی متعلق به ائوسن را قطع می‌کند. بنابراین توده نفوذی، جوانتر از ائوسن است و در محدوده سنی اواخر ائوسن تا اوایل الیگوسن در درون سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی جای گرفته است. با توجه به شواهد زمین شناسی سن رادیومتری ۳۳ میلیون سال تعیین شده توسط عمیدی (۱۹۷۵) برای گابروها و دیوریت‌ها، منطقی است اما سن ارائه شده وی برای گرانیت‌ها (۱۷ میلیون سال) منطقی نیست، زیرا شواهد اختلاط ماگمایی و آنکلاوهای دارای حاشیه‌های انحناءدار معرف جایگزینی همزمان بخش بازیگ و اسیدی می‌باشد و وجود پدیده اختلاط ماگمایی در مرز سنگ‌های گابرو- دیوریتی و گرانودیوریتی- گرانیتی نشانگر همزمانی تقریبی جایگزینی این دو گروه سنگی است. پدیده‌های میکروسکپی و شواهد صحرایی جالب که در ارتباط با توده نفوذی ظفرقند به چشم می‌خورند عبارتند از: دایک‌های فلسیک و مافیک گسیخته، رگه‌های آپلیتی، آپوفیزهای گرانیتی، استوک‌های گرانیتی، آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک در ابعاد مختلف و فلدسپارزایی.

۲-۵- بررسی‌های سنگ شناسی

با توجه به ماهیت مطالعات انجام شده (فابریک مغناطیسی) در این پایان نامه، در اینجا به بررسی اختصاری سنگ شناسی سنگ‌های آذرین اکتفا می‌کنیم. بررسی ویژگی‌های کانی شناسی و تحولات قابل مشاهده سنگ در مقیاس میکروسکپی را سنگ شناسی (پتروگرافی) می‌گویند. در این راستا فرآیندهایی نظیر توالی و ترتیب تبلور تفریقی، هضم، اختلاط و آرایش ماگمایی، متاسوماتیسم و دگرسانی مورد بحث و بررسی قرار گرفت. به منظور انجام مطالعات سنگ شناسی و کانی شناسی توده گرانیتوئیدی ظفرقند، برداشت نمونه‌های سنگی در کنار برداشت مغزه صورت گرفت.

بدین منظور، حدود ۳۰۰ نمونه مقطع نازک میکروسکوپی تهیه گردید که جهت مطالعه، شناسایی و تعیین نوع کانی‌ها، ترکیب کانی شناسی، کانی‌های اصلی، فرعی و ثانویه، ترتیب تبلور کانی‌ها، بافت، نام سنگ، دگرسانی کانی‌ها و دیگر شواهد سنگ شناسی استفاده شد. در این راستا و پس از بررسی - های سنگ شناسی، سنگ‌های منطقه ظفرقند به واحدهای زیر تقسیم می‌شوند:

۱. دایک‌های آندزیتی نسل اول

۲. گابروها و گابرودیوریت‌ها

۳. دیوریت‌ها و کوارتز دیوریت‌ها

۴. گرانودیوریت‌ها

۵. گرانیت‌ها و آلکالی فلدسپار گرانیت‌ها

۶. آپلیت‌ها

۷. آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک

۸. دایک‌های آندزیتی نسل دوم

در تفاسیر سنگ شناسی این فصل، کانی اصلی به کانی گفته شد که بیش از ۵ درصد در سنگ حضور داشته باشد. اگر درصد حضور کانی در سنگ کمتر از ۵ درصد باشد، به آن کانی فرعی گفته شد. اگر درصد حضور کانی در سنگ کمتر از ۱ درصد و متشکل از عناصر کمیاب باشد آن را کانی عارضه‌ای دانسته و در نهایت کانی‌های حاصل از دگرسانی را نیز می‌توان تحت عنوان کانی ثانویه نام برد. علائم اختصاری به کار برده شده در تصاویر این فصل عبارتند از:

علائم اختصاری	نوع کانی	علائم اختصاری	نوع کانی
Qtz	کوارتز	Mt	مگنتیت
Hb	هورنبلند سبز	Bio	بیوتیت
Plg	پلاژیوکلاز	Sph	اسفن
Or	ارتوکلاز	Chl	کلریت
Zr	زیرکن	Epd	اپیدوت
Aug	اوزیت	Ol	الیوین

۲-۵-۱- دایک‌های آندزیتی نسل اول

این دایک‌ها دارای سن ائوسن و ترکیب غالباً آندزیتی و داسیتی هستند. دایک‌های آندزیتی نسل اول در مشاهدات صحرایی اکثراً به رنگ سبز دیده می‌شوند. در بررسی‌های میکروسکوپی دارای بافت پورفیری و میکروولیتی- پورفیری می‌باشند.

۲-۵-۲- گابرو و گابرو دیوریت

این سنگ‌ها در سه محل مجزا (ایستگاه‌های ۱۶، ۹۵ و ۱۰۰ در شمال روستای ماریین) با رخنمون محدود مشاهده می‌شوند. گابروها، مافیک‌ترین بخش توده گرانیتوئیدی ظفرقند هستند که حجم بسیار اندکی از توده را به خود اختصاص می‌دهند. در مشاهدات صحرایی دارای رنگ سبز تیره تا سیاه و خاکستری می‌باشند و از درشت دانه، تا دانه ریز هستند. گابروها در مقاطع میکروسکوپی دارای بافت دانه‌ای شکل دار تا نیمه شکل دار (شکل‌های ۲-۱۲ و ۲-۱۳) و حاوی پلاژیوکلاز، اوژیت، هورنبلند سبز، اسفن و مگنتیت می‌باشند. در این سنگ‌ها بر اثر دگرسانی، هورنبلند سبز و اوژیت به کلریت، اپیدوت و کلسیت و درضمن بر اثر دگرسانی پلاژیوکلاز به اپیدوت و کلسیت تبدیل شده‌اند. با ادامه تفریق ماگما، ترکیب این سنگ‌ها به سمت دیوریت و کوارتز دیوریت تحول پیدا کرده است.

کانی‌های اصلی

- پلاژیوکلاز: پلاژیوکلازها عمده‌ترین کانی روشن موجود در این سنگ‌هاست و عموماً شکل دار تا نیمه شکل دار با ماکل پلی‌سنتتیک و منطقه‌بندی ترکیبی دیده می‌شوند. منطقه‌بندی ترکیبی در این بلورها، بیانگر تغییر ترکیب ماگما، در اثر تزریق مداوم ماگما به مخزن ماگمایی و تغییر شرایط پیرامون بلورهای پلاژیوکلاز است (هولتن^۱ و همکاران، ۲۰۰۰). آپاتیت به صورت بلورهای منشوری و سوزنی

۱- Holton

شکل در درون پلاژیوکلاز دیده می‌شود. برخی از پلاژیوکلازها به اپیدوت و کلسیت دگرسان شده‌اند. - **اوزیت:** این کانی در سنگ‌های گابرویی، عموماً بی‌شکل با حالت اسکلتی و با فراوانی متغیر دیده می‌شود. بعضی از اوزیت‌ها به اورالیت، هورنبلند، اپیدوت، کلریت و مقداری کانی اپک دگرسان شده‌اند. در اثر رشد همزمان پلاژیوکلاز و اوزیت بافت افیتیک در سنگ‌های گابرویدیوریتی مشاهده می‌شود. برخی از اوزیت‌ها با دربرگرفتن کانی‌های اپک، پلاژیوکلاز و ادخال‌های دیگر، بافت پوئی‌کلیتیک نشان می‌دهند.

- **هورنبلند سبز:** بلورهای آن شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار هستند و دارای ماکل ساده می‌باشند. برخی از هورنبلندهای سبز در اثر دگرسانی به کلریت، اپیدوت، کلسیت و اسفن و در اثر متاسوماتیسم پتاسیک به بیوتیت تبدیل شده‌اند

کانی‌های فرعی

- **الیوین:** اغلب بی‌شکل و گرد شده، به صورت هم‌رشد با اوزیت و کانی اپک (احتمالاً ناشی از تجزیه) است. الیوین با فراوانی کم در سنگ‌های گابرویی یافت می‌شود.

- **مگنتیت:** مگنتیت‌ها حالت خمیری داشته و دارای حاشیه‌های هلالی شکل می‌باشند که معرف جریان یافتن لخته‌های مگنتیت در بین پلاژیوکلاز، اوزیت و هورنبلند بوده و گویای تشکیل همزمان این کانی‌ها می‌باشند. در اکثر موارد مگنتیت‌های لخته‌ای شکل توسط هاله‌ای از بیوتیت در بر گرفته شده‌اند (شکل ۲-۱۴) و احتمالاً مگنتیت به عنوان واسطه یا هسته برای رشد بیوتیت عمل کرده است. می‌توان گفت محلول‌های متاسوماتیسم کننده حاوی پتاسیم بر روی کانی‌های مافیک در برگیرنده لخته‌های مگنتیت تأثیر گذاشته و آن‌ها را به بیوتیت تبدیل کرده‌اند. مگنتیت از مهمترین کانی‌های اپک مشاهده شده در سنگ‌های توده گرانیتوئیدی ظفرقند است (شکل ۲-۱۵) که با آزمایش‌های فابریک مغناطیس و مشاهده مقاطع صیقلی، ماهیت آن تأیید گردید. میزان مگنتیت به ویژه در گابروها و دیوریت‌ها بسیار چشمگیر می‌باشد. جدایش آهن از مذاب، تقریباً با مرز تحولی گابرو به

دیوریت همراه است. به گونه‌ای که گابرودیوریت‌ها منبع مهم تأمین کننده آهن در کانسارهای آهن مرتبط با توده‌های گرانیتوئیدی هستند و تفریق آن‌ها می‌تواند به تشکیل کانسارهای آهن منجر شود از جمله اسکارن‌های مگنتیت‌دار قهرود و اسکارن‌های مگنتیت‌دار فشارک). حضور مگنتیت، حاکی از فوگاسیتة بالای اکسیژن در زمان تشکیل این سنگ‌هاست.

- **بیوتیت:** بیوتیت‌ها به دو صورت اولیه و متاسوماتیک دیده می‌شوند. فراوانی بیوتیت در سنگ‌هایی که تحت تأثیر متاسوماتیسم پتاسیک قرار گرفته‌اند، بیشتر می‌باشد. بیوتیت‌های اولیه معمولاً شکل‌دار، دانه درشت و دارای چند رنگی قهوه‌ای بارز می‌باشند. بیوتیت‌های متاسوماتیک معمولاً لکه لکه هستند و اغلب بر روی کانی‌های مافیک قبلی نظیر اوژیت و هورنبلند سبز رشد کرده‌اند. نفوذ سیالات داغ حاوی پتاسیم، آب و سایر مواد مورد نیاز برای تشکیل بیوتیت، به درون شبکه ساختاری هورنبلند سبز و اوژیت و خروج عناصری نظیر کلسیم و سدیم، شرایط لازم برای تشکیل بیوتیت را فراهم کرده است.

کانی عارضه‌ای

- **اسفن:** اسفن‌ها غالباً بی‌شکل و دانه ریز هستند و برجستگی بالا دارند و به دو صورت اولیه شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار و ثانویه غالباً بی‌شکل و ریزدانه دیده می‌شوند. برخی از کانی‌های اپک نظیر مگنتیت و تیتانومگنتیت در اثر دگرسانی به اسفن تبدیل شده‌اند. البته کلسیم لازم برای ساخت اسفن به ازای از بین رفتن کانی‌های کلسیم‌دار مثل اوژیت و پلاژیوکلاز تأمین شده است.

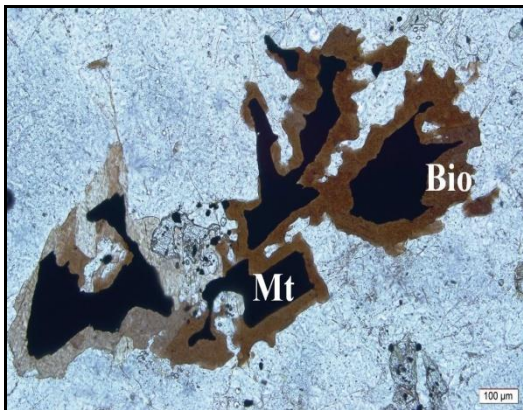
- **آپاتیت:** به شکل سوزنی و کشیده می‌باشد و به صورت ادخال در پلاژیوکلازها یافت می‌شود که معرف تبلور آپاتیت، قبل و یا همزمان با تشکیل پلاژیوکلازها است.

کانی‌های ثانویه

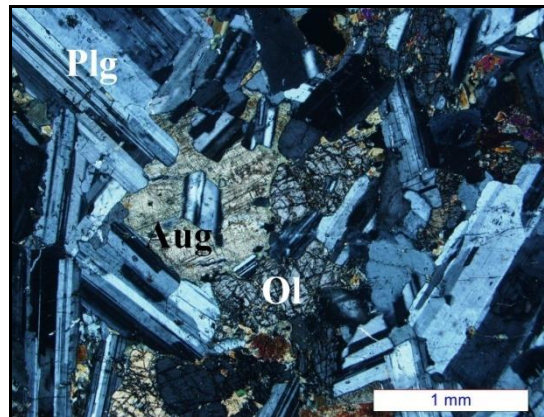
کانی‌های ثانویه سازنده این سنگ‌ها عبارتند از: کلسیت، کلریت. این کانی‌ها حاصل دگرسانی پلاژیوکلاز، اوژیت، هورنبلند سبز و بیوتیت می‌باشند.



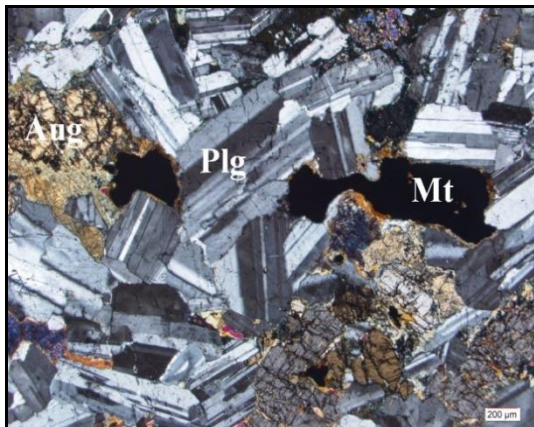
شکل ۲-۱۲- تصویری از بافت دانه‌ای شکل دار تا نیمه شکل دار حاصل از اجتماع بلورهای پلاژیوکلاز و اوژیت (XPL).



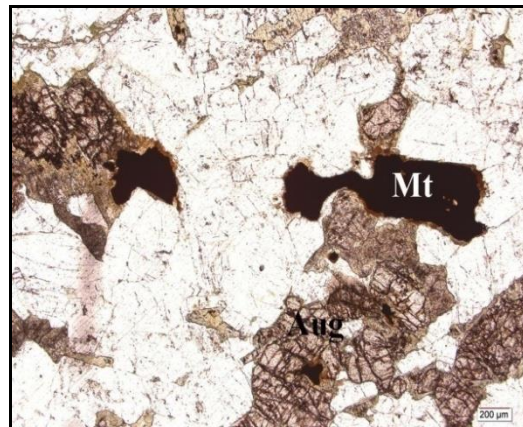
شکل ۲-۱۴- تصویری از مگنتیت‌های لخته‌ای شکل که توسط هاله‌ای از بیوتیت فراگرفته شده‌اند (PPL).



شکل ۲-۱۳- تصویری از بافت بین دانه‌ای در گابروها که با حضور الیوین، اوژیت و پلاژیوکلاز حاصل شده است (XPL).



ب (XPL)



الف (PPL)

شکل ۲-۱۵- تصاویری از مگنتیت‌های دارای حاشیه‌ی هلالی شکل و خمیده که معرف شکل پذیری در زمان تبلور بوده است. اوژیت و الیوین نیز در این تصاویر مشاهده می‌شوند. زمینه‌ی روشن تصویر الف به علت وجود پلاژیوکلاز می‌باشد.

۲-۵-۳- دیوریت و کوارتز دیوریت

دیوریت‌ها بعد از گرانودیوریت‌ها بخش قابل توجهی از توده نفوذی ظفرقند را به خود اختصاص می‌دهند و در نمونه دستی تیره رنگ یا سبز تیره هستند. دیوریت‌ها دارای بافت دانه‌ای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار می‌باشند (شکل‌های ۲-۱۶ و ۲-۱۷). تجزیه پلاژیوکلاز به اپیدوت و کلسیت و تجزیه هورنبلند سبز به کلریت، اپیدوت و کلسیت (پروپلیتی شدن) از پدیده‌های قابل مشاهده در دیوریت‌ها هستند که در اثر فعالیت‌های گرمایی ایجاد شده‌اند و به طور موضعی مجموعه‌های متراکمی از کانی‌های کلسیت، کلریت و اپیدوت را تشکیل داده‌اند. با افزایش تفریق یافتگی و افزایش مقدار سیلیس، ترکیب ماگمای دیوریتی به سمت کوارتز دیوریت تحول یافته و از فراوانی هورنبلند سبز نیز کاسته شده است.

کانی‌های اصلی

- پلاژیوکلاز: فراوان‌ترین کانی روشن در دیوریت‌هاست و به صورت بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار با اندازه‌های چند میکرومتر تا چند میلی‌متر یافت می‌شود. پلاژیوکلازها دارای ماکل پلی سینتیک و کارلسباد و منطقه بندی ترکیبی هستند. آپاتیت، اسفن، مگنتیت و زیرکن به صورت ادخال در پلاژیوکلاز یافت می‌شوند. پلاژیوکلازها به سریسیت، کلسیت و اپیدوت دگرسان شده و تحت تأثیر فرایند متاسوماتیسم پتاسیک در بخش‌های حاشیه‌ای تحلیل رفته‌اند. در بعضی مواقع پلاژیوکلازها توسط پوششی از آلکالی فلدسپار (ارتوز) دربرگرفته شده‌اند و یا کوارتز به صورت میرمکیت اطراف آن‌ها را احاطه کرده است. با توجه به شواهد بافتی، پلاژیوکلاز دیرتر از الیوین و اوژیت و قبل از هورنبلند سبز متبلور شده و آن‌ها را به صورت ادخال دربرمی‌گیرد. تصویری از شکستگی و ریزدانه شدن موضعی بلور پلاژیوکلاز در شکل ۲-۱۸ مشاهده می‌شود.

- **اوژیت:** اوژیت‌ها شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار هستند و در اثر هم‌رشدی و همراهی با پلاژیوکلاز بافت افیتیک نشان می‌دهند. هنگامی که آب در ماگما زیاد می‌شود، اوژیت‌ها به هورنبلند سبز تبدیل شده و در اثر دگرسانی به اپیدوت، کلریت، کلسیت و اسفن دگرسان می‌شوند.

- **هورنبلند سبز:** این کانی، فراوان‌ترین کانی مافیک سنگ‌های دیوریتی است و به صورت شکل-دار تا نیمه شکل‌دار دیده می‌شود. ادخال‌های آپاتیت، مگنتیت، زیرکن و اسفن عامل ایجاد بافت پوئی-کلیتیک در سنگ هستند. هورنبلندها اغلب به کلریت و اکتینولیت دگرسان شده‌اند ولی ممکن است به اپیدوت، کلسیت و اسفن ثانویه نیز دگرسان شوند. هورنبلند سبز بر اثر متاسوماتیسم پتاسیک و با از دست دادن کلسیم و دریافت پتاسیم، توسط بیوتیت جایگزین شده است. مقدار بیوتیت حاصل، چندان زیاد نیست و اغلب به صورت کانی فرعی در کنار هورنبلند سبز مشاهده می‌شود. حضور هورنبلند سبز در گابرودیوریت‌ها بیانگر تبلور تفریقی و افزایش مقدار آب در ماگمای باقیمانده است.

کانی‌های فرعی

- **مگنتیت:** میزان مگنتیت مشاهده شده در دیوریت‌ها بسیار زیاد است. حضور این کانی مبین فوگاسیتئ بالای اکسیژن در زمان تشکیل این سنگ‌هاست. مگنتیت‌ها به صورت اولیه و با بافت اسکلتی و حالت لخته‌ای و یا دانه‌های دارای حاشیه‌های هلالی شکل مشاهده می‌شوند. مگنتیت به فراوانی در کلیه سنگ‌های توده‌ظرف‌اند دیده می‌شود. در برخی موارد بیوتیت‌ها به صورت هاله‌ای بلور مگنتیت اولیه را در برگرفته‌اند. بنابراین ابتدا مگنتیت و سپس بیوتیت تشکیل شده‌است. بیوتیت‌ها به صورت بلورهای ریز و رشته‌ای در کنار مگنتیت‌ها قرار می‌گیرند (شکل‌های ۲-۱۹ و ۲-۲۰).

- **بیوتیت:** در سنگ‌هایی که تحت تأثیر دگرسانی پتاسیک قرار گرفته‌اند، بیشتر حضور دارد. بیوتیت‌های اولیه شکل‌دار، قهوه‌ای رنگ و دارای چند رنگی بارز می‌باشند (شکل‌های ۲-۲۱)، در حالی که بیوتیت‌های حاصل متاسوماتیسم پتاسیک، بی‌شکل هستند و با هورنبلند سبز همراه می-

باشند. پتاسیم مصرفی از طریق ذوب بخشی سنگ منشاءهای گوشته‌ای فراهم شده است. حضور بیوتیت در سنگ‌های گابرو دیوریتی با ماهیت گوشته‌ای ماگمای سازنده آنها سازگار می‌باشد.

- **ارتوز:** این کانی به صورت بین دانه‌ای و بی‌شکل دیده می‌شود. حضور میرمکیت شاخص خوبی برای شناخت ارتوز است. ارتوزها در اثر دگرسانی گرمایی و هوازدگی به کانی‌های رسی و کائولینیت تبدیل شده‌اند.

- **کوارتز:** در دیوریت‌ها حجم بسیار اندکی داشته و به طور پراکنده و به مقدار متغیر دیده می‌شود.

کانی عارضه‌ای

- **آپاتیت:** بلورهای این کانی از حالت بی‌شکل تا کاملاً شکل‌دار (سوزنی، شش گوش و ...) دیده می‌شوند. به دلیل اینکه آپاتیت‌ها زودتر از کانی‌های پلاژیوکلاز، اوژیت و هورنبلند متبلور شده‌اند، اغلب به صورت ادخال در این کانی‌ها قرار دارند.

- **اسفن:** غالباً بی‌شکل و دانه ریز است و برجستگی بالا دارد. اسفن اولیه دارای بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار است و به صورت کانی مستقل یا ادخال (در هورنبلند و پلاژیوکلاز) یافت می‌شود. حضور اسفن معرف بالا بودن میزان تیتانیوم در ماگمای سازنده این سنگ‌هاست. اسفن بیشتر به صورت ثانویه و تقریباً به مقدار زیاد دیده می‌شود. اسفن ثانویه حاصل تجزیه کانی‌های مافیک به ویژه اوژیت و هورنبلند سبز است. در اثر دگرسانی، تیتانیوم از مگنتیت، تیتانومگنتیت و تیتان اوژیت‌دار خارج شده و با کلسیم و سیلیسیم موجود در محصولات دگرسانی سایر کانی‌ها واکنش داده و اسفن را می‌سازد.

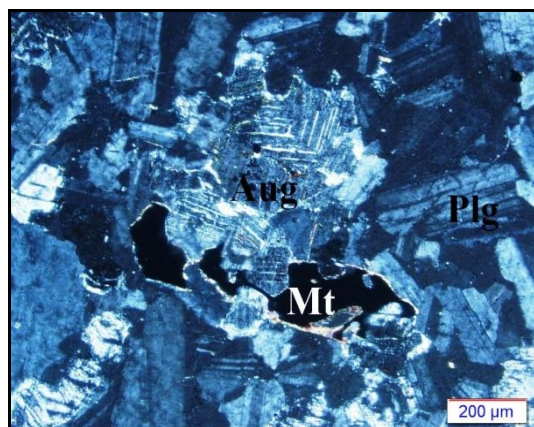
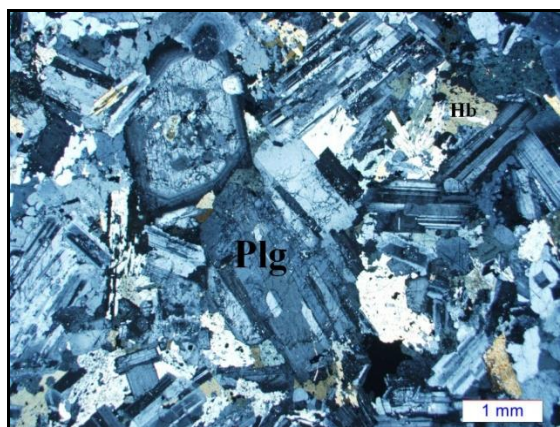
- **زیرکن:** در دیوریت‌ها زیرکن به مقدار کم و به صورت دانه ریز شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار حضور دارد. زیرکن به صورت ادخال مانند با برجستگی بالا یافت می‌شود (شکل ۲-۲۲).

کانی‌های ثانویه

- **اپیدوت:** اپیدوت‌زایی در دیوریت‌ها به طور گسترده مشاهده می‌شود. این کانی حاصل دگرسانی هورنبلند سبز، اوژیت و پلاژیوکلاز است و حضور آن معرف وجود آب در طی دگرسانی می‌باشد. اپیدوت غالباً با کلریت، کلسیت و اسفن ثانویه همراه است.

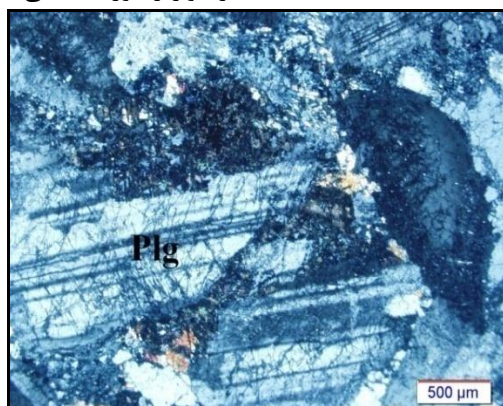
- **کلسیت:** این کانی غالباً بی شکل و حاصل دگرسانی پلاژیوکلازها و کانی‌های فرومنیزیم کلسیم-دار نظیر هورنبلند سبز و اوژیت است.

- **کلریت:** از دگرسانی کانی‌های هورنبلند سبز، اوژیت و بیوتیت حاصل می‌شود و معرف حضور سیال آبدار در طی دگرسانی، خروج پتاسیم از کانی بیوتیت و خروج کلسیم از هورنبلند یا اوژیت است.

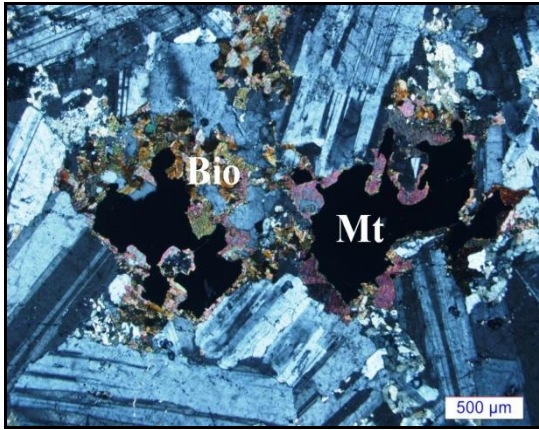


شکل ۲-۱۷- تصویری از بافت دانه‌ای که حاصل حضور دانه‌های شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار پلاژیوکلاز و هورنبلند در کوارتز دیوریت‌ها می‌باشد (XPL).

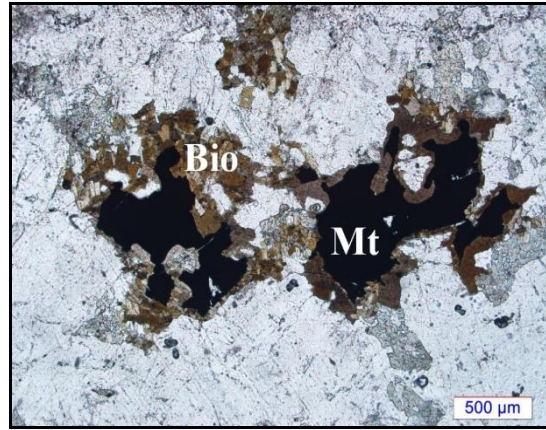
شکل ۲-۱۶- تصویری از حضور بلورهای اوژیت، پلاژیوکلاز و مگنتیت در دیوریت‌ها (XPL).



شکل ۲-۱۸- تصویری از شکستگی و ریز دانه شدن موضعی بلور پلاژیوکلاز در کوارتز دیوریت (XPL).

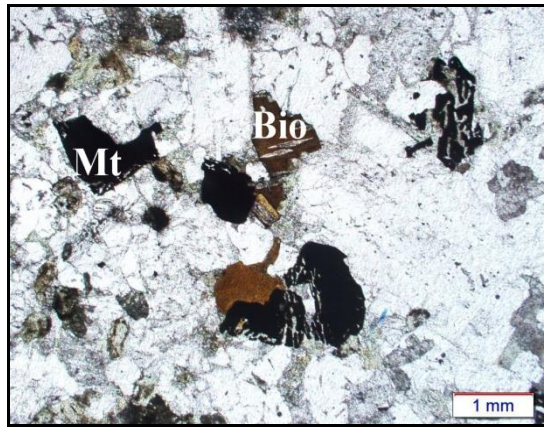


ب

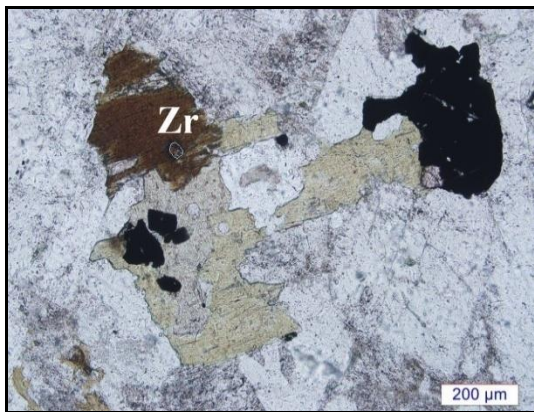


الف

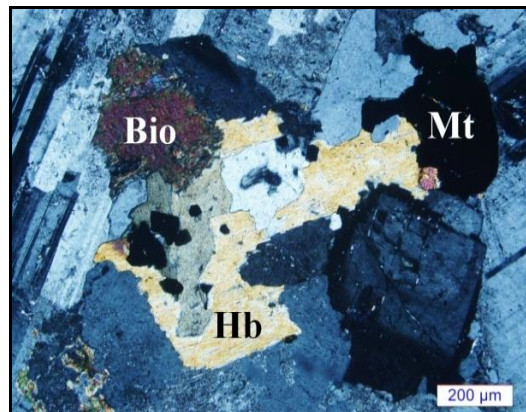
شکل ۲-۱۹- تصاویری از لخته‌های مگنتیت در دیوریت‌های کوارتزار که توسط بیوتیت دربرگرفته شده اند. الف (PPL) و ب (XPL).



شکل ۲-۲۰- تصویری از مگنتیت با ساختمان اسکلتی در دیوریت‌ها (PPL).



شکل ۲-۲۲- تصویری از حضور زیرکن به صورت ادخال در بیوتیت‌های موجود در سنگ‌های دیوریتی (PPL).



شکل ۲-۲۱- تصویری از حضور بلورهای هورنبلند، بیوتیت و مگنتیت با بافت دانه‌ای نیمه شکل‌دار در دیوریت‌ها (XPL).

۲-۵-۴- گرانودیوریت

گرانودیوریت‌ها از سازندگان مهم توده نفوذی ظفرقند می‌باشند که به همراه گرانیته‌ها، سنگ‌های بخش‌های تفریق یافته‌تر و روشن توده نفوذی ظفرقند را تشکیل می‌دهند. این سنگ‌ها بیشتر در جنوب روستای اونج و در مجاورت روستای برگهر رخنمون دارند. گرانودیوریت‌ها در نمونه دستی به رنگ خاکستری متمایل به سبز روشن با بافت فانریتیک مشاهده می‌شوند. این دسته سنگ‌ها در مقاطع میکروسکوپی دارای بافت‌های دانه‌ای و ریز دانه، شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار و گرافیکی می‌باشند (شکل ۲-۲۳). در گرانودیوریت‌های منطقه ظفرقند، آنکلاوهایی از نوع میکروگرانولار مافیک در اندازه‌های بین چند میلی‌متر تا چند سانتی‌متر وجود دارند که معرف اختلاط ماگمایی است. گرانودیوریت‌ها در برخی نقاط توسط تعدادی دایک آندزیتی قطع شده‌اند.

کانی‌های اصلی

- پلاژیوکلاز: این کانی به صورت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار با ماکل پلی‌سنتتیک و در ابعاد مختلف در گرانودیوریت‌ها وجود دارد. در برخی موارد پلاژیوکلازها توسط پوششی از ارتوز دربرگرفته شده و بافت راپاکی‌وی ایجاد کرده‌اند.

- هورنبلند سبز: فراوان‌ترین کانی مافیک در گرانودیوریت‌هاست. این کانی غالباً به صورت بی‌شکل تا نیمه شکل‌دار با بلورهای ریز و درشت در متن سنگ دیده می‌شود. در بعضی جاها هورنبلندهای سبز به کلریت، اپیدوت و اسفن دگرسان شده‌اند. هورنبلند سبز تحت تأثیر واکنش با مذاب و سیالات ماگمایی پتاسیم‌دار (متاسوماتیسم پتاسیک) به بیوتیت تبدیل شده است.

- ارتوز: ارتوزها دارای حالت پرتیتی و ماکل کارلسباد هستند. برخی از ارتوزها در اثر دگرسانی گرمایی و هوازدگی به کانی‌های رسی و کائولینیت تبدیل شده‌اند و اغلب به عنوان پرکننده فضای بین سایر کانی‌ها عمل کرده‌اند.

- کوارتز: به صورت بی‌شکل و همراه با خاموشی موجی دیده می‌شود.

کانی‌های فرعی

- **مگنتیت:** مهمترین کانی اپک موجود در گرانودیوریت‌هاست و در اثر اکسیداسیون و اضافه شدن اکسیژن، به هماتیت تبدیل شده است.

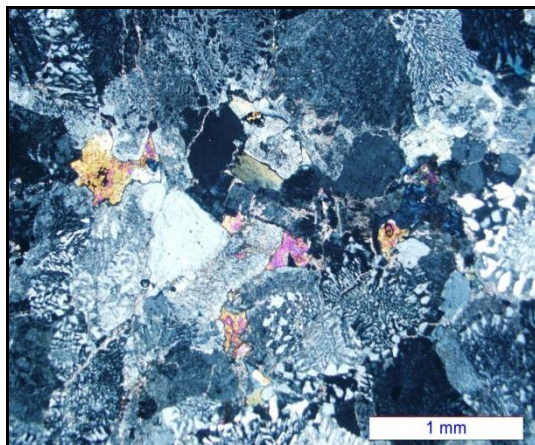
- **بیوتیت:** بلورهای آن به صورت نیمه شکل‌دار تا بی‌شکل دیده می‌شود. بیوتیت به دو حالت اولیه و متاسوماتیک وجود دارد. بیوتیت اولیه به صورت بلورهای بی‌شکل و یا صفحه‌ای شکل‌دار مشاهده می‌شود. بیوتیت‌ها در برخی موارد به کلریت، اسفن و اکسید آهن دگرسان شده‌اند. بیوتیت^۰ متاسوماتیک، حاصل متاسوماتیسم پتاسیک هورنبلند است.

کانی عارضه‌ای

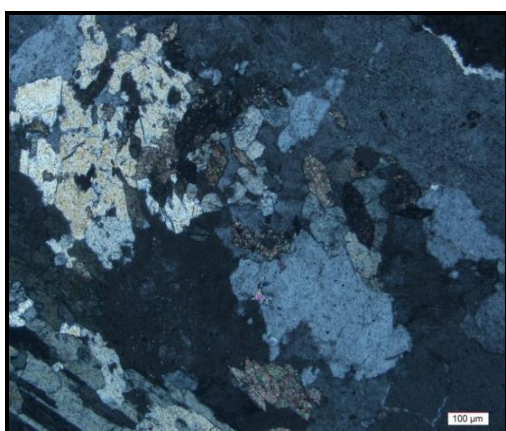
- **اسفن:** اسفن با فراوانی زیاد و اکثراً بی‌شکل در گرانودیوریت‌ها مشاهده می‌شود. حضور اسفن نشانهٔ زیاد بودن تیتانیم در ماگما است (شکل ۲-۲۴).

کانی‌های ثانویه

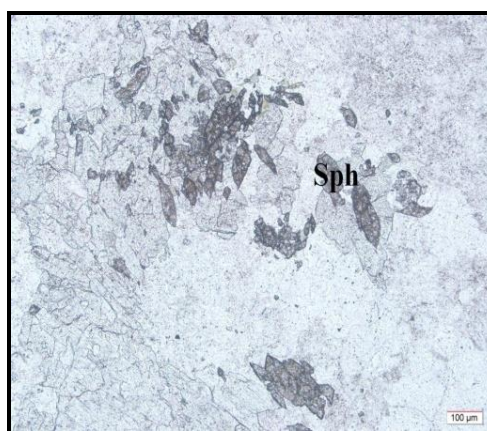
کلریت، اپیدوت و کلسیت حاصل دگرسانی پلاژیوکلاز و هورنبلند هستند. حضور این کانی‌ها مؤید دگرسان شدن کانی‌های مافیک در حضور آب می‌باشد. اپیدوت یکی دیگر از کانی‌های ثانویه می‌باشد که حضور آن معرف وجود آب در طی دگرسانی است. کلریت نیز از دگرسانی کانی‌های فرومنیزین (اوزیت، بیوتیت و هورنبلند سبز) به وجود آمده و معرف حضور سیال آبدار می‌باشد. کلریت اکثراً به صورت الیاف آبی، قهوه‌ای و سبز رنگ و به صورت شعاعی جایگزین کانی‌های مافیک شده است.



شکل ۲-۲۳- تصویری از بافت گرافیکی بسیار زیبا در گرانودیوریت‌ها (XPL).



ب



الف

شکل ۲-۲۴- تصاویری از حضور فراوان بلورهای اسفن در گرانودیوریت‌ها که مؤید غنی بودن ماگمای سازنده آنها از تیتانیوم می‌باشد. الف (PPL) و ب (XPL).

۲-۵-۵- گرانیت و آلکالی فلدسپار گرانیت

در مقاطع میکروسکپی گرانیت‌ها دارای بافت دانه‌ای، در برخی موارد بافت گرافیکی، میکروگرافیکی و پورفیروئیدی هستند (شکل‌های ۲-۲۵ و ۲-۲۶). بافت میکروگرافیک نشانه تبلور سریع و همزمان کوارتز و اورتوز از یک مذاب دمایی پایین در عمق کم است (ناگودی^۱، ۲۰۰۳). در ادامه تفریق ماگما و با افزایش درصد ارتوکلاز، ترکیب ماگما از گرانیت به سمت آلکالی فلدسپار گرانیت تحول یافته است.

۱- Nagudi

کانی‌های اصلی

- **هورنبلند سبز:** مهمترین کانی مافیک در گرانیت‌ها است. این کانی به ندرت به کلریت و کلسیت دگرسان شده است.

- **پلاژیوکلاز:** دارای بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار می‌باشد و دارای ماکل پلی‌سنتتیک و حالت منطقه‌ای است. منطقه بندی در پلاژیوکلازها بیانگر نوعی عدم تعادل در حین تبلور و انجماد بلورهای پلاژیوکلاز است. این عدم تعادل می‌تواند در اثر تغییرات شرایط محلی تشکیل بلور ایجاد شود.

- **ارتوز:** به صورت بین دانه‌ای یافت می‌شود و از نیمه شکل‌دار تا بی‌شکل می‌باشد. ارتوز در اثر دگرسانی به کانی‌های رسی و سربسیت تبدیل گردیده است. هم‌رشدی بین ارتوز و کوارتز در نقطهٔ اتکتیک به ایجاد بافت گرافیکی (خط میخی- میرمکیتی) بسیار زیبایی منجر شده است. در بعضی موارد ارتوز به کانی‌های رسی دگرسان شده (کائولینیتی شدن) و منظرهٔ ابر مانند و غبارآلودی را به وجود آورده است.

- **کوارتز:** کوارتز پس از پلاژیوکلاز فراوان‌ترین کانی موجود در گرانیت‌هاست. دانه‌های کوارتز به فراوانی در این گروه سنگی یافت می‌شوند و عمدتاً بی‌شکل و نیمه شکل‌دار هستند. بلورهای کوارتز در برخی موارد دارای خاموشی موجی بوده و خردشدگی کمی را نشان می‌دهند. کوارتزها فضای بین بلورها از جمله ارتوکلاز و پلاژیوکلاز را پر می‌کنند. برخی کوارتزها با هم‌رشدی در کنار ارتوز، بافت گرافیکی زیبایی به وجود آورده‌اند.

کانی‌های فرعی

- **مگنتیت:** این کانی در ابعاد متوسط تا درشت به میزان متغیر تا زیاد و به صورت پراکنده و دانه‌ای در این سنگ‌ها یافت می‌شود. مگنتیت به صورت بافت اسکلتی در گرانیت‌ها دیده می‌شود. در شکل‌های ۲-۲۷ و ۲-۲۸ تبلور اکسید آهن به صورت تیغه‌ای (اولیژیست) در گرانیت‌ها نشان داده شده است.

- **بیوتیت:** از دیگر کانی‌های مافیک سنگ‌های گرانیتی است و اغلب در فضای بین پلاژیوکلازها رشد کرده است. عمدتاً ریز دانه و بی‌شکل و گاهی به صورت غده‌ای و لخته‌ای مشاهده می‌شود. برخی از بیوتیت‌ها در اثر دگرسانی به کلریت تبدیل شده‌اند.

کانی عارضه‌ای

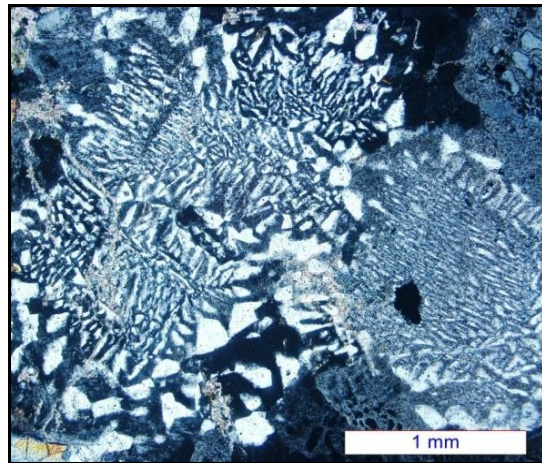
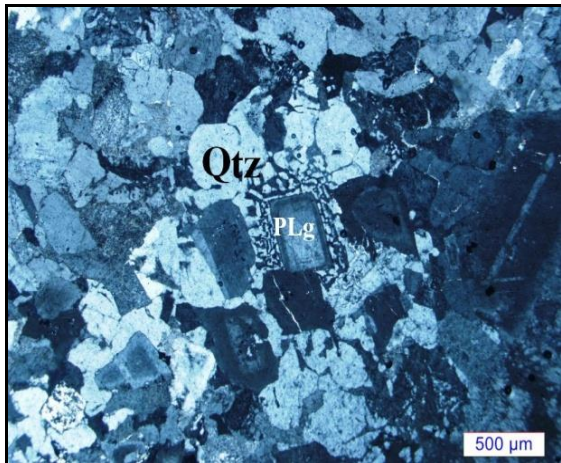
- **زیرکن:** به صورت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار و به مقدار کم و پراکنده، به همراه مگنتیت و آپاتیت در این گرانیت‌ها یافت می‌شود.

- **اسفن:** اسفن به صورت بی‌شکل و دانه ریز دیده می‌شود.

کانی‌های ثانویه

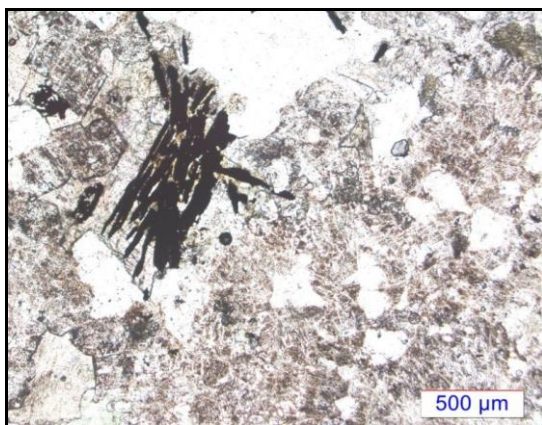
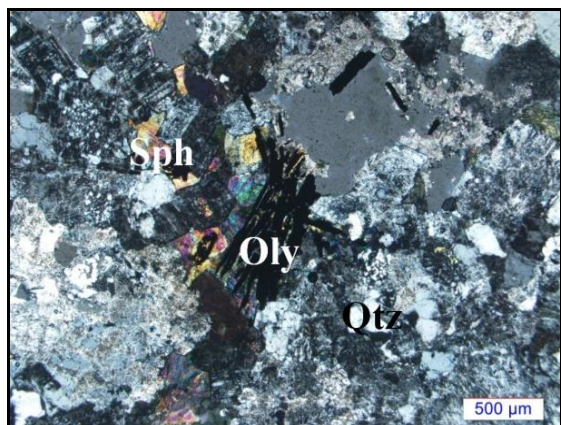
- **کلریت و کلسیت:** کلریت در اثر دگرسانی هورنبلند سبز و بیوتیت به وجود آمده است. دگرسانی هورنبلندهای سبز به کلریت، باعث آزاد شدن مقداری کلسیم، تیتانیم و آهن شده است. این عناصر به همراه سیالات موجود در محیط، به تشکیل اسفن‌های ثانویه، کلسیت، اپیدوت و اکسید یا هیدروکسید آهن (هماتیت و لیمونیت) منجر شده‌اند. در برخی موارد کلریت، اسفن، اپیدوت و کلسیت جایگزین هورنبلند شده‌اند. کلسیت اغلب بر اثر دگرسانی پلاژیوکلازها نیز به وجود می‌آید.

- **کانی‌های رسی و سریسیت:** در برخی از نمونه‌ها پلاژیوکلاز و ارتوز به سریسیت تبدیل شده‌اند. کانی‌های رسی، حاصل تجزیهٔ فلدسپارهای آلکالن بوده و به صورت پوششی کدر و غبار مانند سطح آن‌ها را می‌پوشانند و منظرهٔ غبارآلودی را به وجود آورده‌اند.



شکل ۲-۲۶- تصویری از بلورهای پلاژیوکلاز و کوارتز و بافت گرافیکی در لوکوگرانیت‌ها (XPL).

شکل ۲-۲۵- تصویری از بافت گرافیکی در گرانیت‌ها (XPL).



شکل ۲-۲۸- تصویری از حضور کوارتز، اسفن و آهن تیغه‌ای (اولیژیست) در گرانیت‌ها (XPL).

شکل ۲-۲۷- تصویری از تبلور اکسید آهن به صورت تیغه‌ای (اولیژیست) در گرانیت‌ها (PPL).

۲-۵-۶- آپلیت‌ها

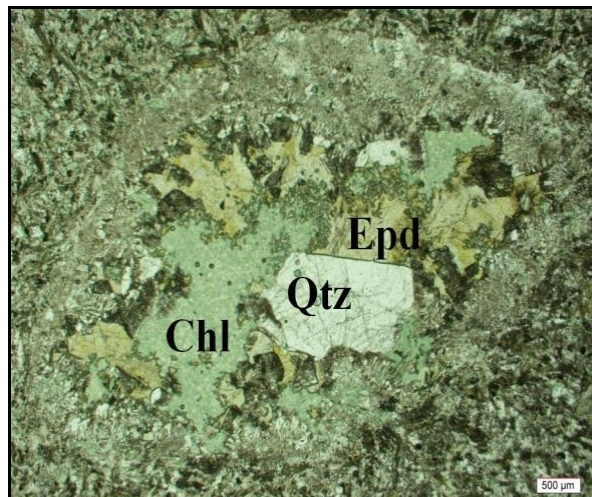
رگه‌ها و دایک‌های آپلیتی، آخرین فعالیت‌های ماگمایی توده گرانیتوئیدی ظرفرند هستند. رگه‌های آپلیتی دارای بافت دانه‌ای نیمه شکل‌دار تا بی‌شکل و بافت گرافیکی هستند. سنگ‌های آپلیتی دارای ترکیب کانی‌شناسی پلاژیوکلاز، ارتوز و کوارتز می‌باشند. پلاژیوکلازها در آپلیت‌ها اکثراً به صورت کشیده و خودشکل، با ماکل پلی‌سینتتیک حضور دارند. رگه‌های آپلیتی اکثراً فاقد دگرسانی بوده و اغلب سالم هستند.

۲-۵-۷- آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک

در سنگ‌های گرانیتوئیدی ظفرقند (در حوالی روستای برگهر) تعداد فراوانی آنکلاو میکروگرانولار مافیک با ابعاد چند میلی‌متر تا چند متر و ترکیب دیوریت و کوارتز دیوریت وجود دارد. این آنکلاوها دارای اشکال گرد، بیضوی، بی‌شکل و دارای حاشیه‌های گرد شده یا کنگره‌دار می‌باشند. ترکیب کانی‌شناسی آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک با سنگ‌های میزبان آن‌ها (دیوریت‌ها) تقریباً مشابه است و کانی‌های آن عمدتاً از پلاژیوکلاز و هورنبلند سبز تشکیل شده‌اند. آپاتیت و اسفن از کانی‌های فرعی این آنکلاوها می‌باشند. عامل این شباهت ترکیب را می‌توان به هم منشأ بودن دیوریت‌ها و آنکلاوها نسبت داد. به عبارت دیگر آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک بخش‌هایی از ماگمای دیوریتی پیش‌رس هستند که بعداً توسط ماگما حمل شده و به قسمت‌های بالاتر راه یافته‌اند. آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک یکی از مشخصات گرانیتوئیدهای نوع I هستند (دیدیه^۱، ۱۹۸۲) و وجود آن‌ها را می‌توان دال بر اختلاط ماگمای دیوریتی با ماگمای فلسیک‌تر دانست (دوریس^۲ و همکاران، ۱۹۹۰). از شواهد اختلاط ماگمایی می‌توان به وجود بافت گرافیکی و حضور حفرات پر شده از ارتوز، پلاژیوکلاز، کوارتز و کانی‌های ثانویه کلریت و اپیدوت در آنکلاوها اشاره کرد (شکل ۲-۲۹).

۱- Didier

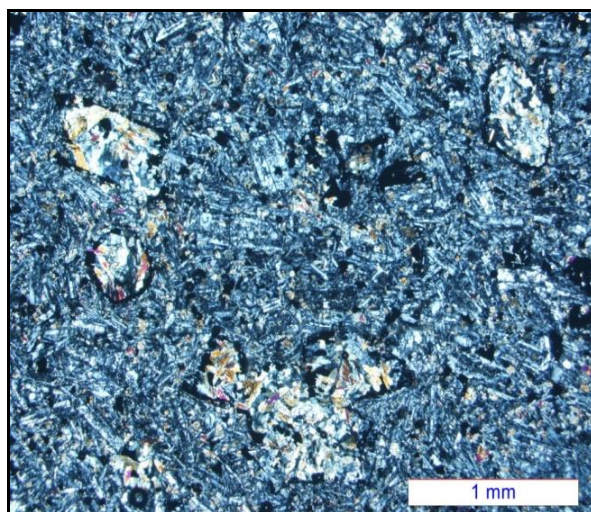
۲- Dorais



شکل ۲-۲۹- تصویر از حفرات میارولیتی ایجاد شده در آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک که از حاشیه به سمت داخل توسط ارتوز و کوارتز پر شده و بقیه فضاهای باقیمانده توسط کلریت و اپیدوت پر شده است و بافت آمیبی را به وجود آورده است (PPL).

۲-۵-۸- دایک‌های آندزیتی نسل دوم

تعدادی دایک آندزیتی، توده نفودی ظفرقند را در حاشیه جنوب غرب آن قطع می‌کند. رنگ آن‌ها اغلب تیره و به رنگ‌های سبز و یا خاکستری می‌باشند. این دایک‌ها در مطالعات میکروسکوپی دارای بافت پورفیری، پورفیروئیدی و یا میکروولیتی پورفیری هستند (شکل ۲-۳۰) و حاوی پلاژیوکلاز، هورنبلند سبز-قهوه‌ای، اوژیت و ندرتاً کوارتز می‌باشند. در برخی موارد کانی‌های مافیک آن‌ها به کلریت و اپیدوت دگرسان شده‌اند.



شکل ۲-۳۰- تصویر از بافت میکروولیتی پورفیری در آندزیت‌ها (XPL).

۲-۶- ترتیب تبلور سنگ‌های نفوذی منطقه ظفرقند

ترتیب تبلور کانی‌های موجود در سنگ‌های مورد مطالعه با توجه به قانون روزنبوش بر اساس شواهد بافتی و مطالعات پتروگرافی صورت گرفته به صورت ترسیمی در شکل ۲-۳۱ نشان داده شده است.

با توجه به شواهد سنگ شناسی و زمین شناسی، ماگمای سازنده توده گرانیتوئیدی ظفرقند یک تفریق دو مرحله‌ای عمده را پشت سر گذاشته است: ۱- تفریق از گابرو تا دیوریت- کوارتز دیوریت و ۲- تفریق از گرانودیوریت تا آلکالی فلدسپار گرانیت. بنابراین در ابتدا سنگ‌های گابرویی تا دیوریتی- کوارتز دیوریتی حاصل شده‌اند، سپس سنگ‌های گرانودیوریتی تا آلکالی فلدسپار گرانیت‌ها حاصل فازهای تفریق یافته بعدی همان ماگمای تشکیل دهنده گابروها و دیوریت‌ها هستند.

۱- تفریق از گابرو تا دیوریت- کوارتز دیوریت. ترتیب تبلور کانی‌های در این مرحله بدین صورت است: آپاتیت، مگنتیت، الیوین، پلاژیوکلاز، اوژیت، هورنبلند سبز، اسفن و کوارتز.

۲- تفریق از گرانودیوریت تا آلکالی فلدسپار گرانیت. ترتیب تبلور کانی‌ها در این مرحله بدین صورت است: اوژیت، پلاژیوکلاز، هورنبلند سبز، مگنتیت، بیوتیت، اسفن، ارتوکلاز و کوارتز.

نوع سنگ	نوع کانی
گابرو	
_____	الیومین
_____	اوژیت
_____	هورنبلند سبز
_____	بیوتیت اولیه
_____	پلاژیوکلاز
_____	آپاتیت
_____	مگنتیت
_____	اسفن اولیه
دیوریت	
_____	پلاژیوکلاز
_____	اوژیت
_____	هورنبلند سبز
_____	بیوتیت اولیه
_____	آپاتیت
_____	مگنتیت
_____	اسفن اولیه
گرانودیوریت	
_____	هورنبلند سبز
_____	پلاژیوکلاز
_____	ارتوکلاز
_____	کوارتز
_____	مگنتیت
_____	آپاتیت
_____	اسفن اولیه
_____	زیرکن
گرانیت	
_____	هورنبلند سبز
_____	پلاژیوکلاز
_____	ارتوکلاز
_____	کوارتز
_____	مگنتیت
_____	اسفن اولیه
_____	زیرکن

شکل ۲-۳۱- نمایش ترسیمی ترتیب تبلور کانی‌های سازنده سنگ‌های مورد مطالعه.

۲-۷- نتایج

همان‌طور که گفته شد سنگ‌های نفوذی منطقه ظفرقند به صورت توده‌های متعدد کوچک و بزرگ ظاهر شده‌اند و از نظر سنگ شناسی از آلكالی‌فلدسپارگرانیت، گرانیت، گرانودیوریت، کوارتز دیوریت، دیوریت و به مقدار کمتر گابرو دیوریت و گابرو تشکیل شده است. از بین سنگ‌های نام برده در منطقه مورد مطالعه، گرانودیوریت‌ها دارای بیشترین فراوانی و گابروها دارای کمترین فراوانی هستند. این سنگ‌ها تنوعی از بافت‌های دانه‌ای، پورفیروئیدی، گرافیکی و میرمکیتی نشان می‌دهند. کانی‌های فلسیک توده ظفرقند اغلب شامل پلاژیوکلاز، کوارتز و آلكالی‌فلدسپار و کانی‌های مافیک شامل هورنبلند سبز، اوژیت، الیوین و بیوتیت هستند. کلریت‌زایی، اپیدوت‌زایی و اسفن‌زایی از مهمترین دگرسانی‌های قابل مشاهده در این سنگ‌ها هستند. محلول‌های گرمابی، عامل ایجاد کانی‌های ثانویه نظیر کانی‌های رسی، سریسیت، اپیدوت، کلریت و کلسیت در اکثر سنگ‌های مورد مطالعه هستند. برخی از سنگ‌های منطقه، متحمل متاسوماتیسم پتاسیک شده و از آثار آن، به خوردگی پلاژیوکلازها، پوشش ارتوز در اطراف پلاژیوکلاز، اسفن‌زایی کانی‌های اپک و تبدیل هورنبلند و اوژیت به بیوتیت در نمونه‌های میکروسکوپی می‌توان اشاره کرد. اکثر سنگ‌های نفوذی منطقه مخصوصاً گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌ها حاوی آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک با ترکیب دیوریتی می‌باشند. این آنکلاوها اغلب بیضوی شکل و تیره‌تر از سنگ میزبان‌شان می‌باشند. در حقیقت آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک بخش‌هایی از ماگمای دیوریتی هستند که در اثر اختلاط با گرانودیوریت، در آن‌ها گسیخته و پراکنده شده‌اند.

حضور آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک، فلدسپارزایی و متاسوماتیسم پتاسیک از شواهد بارز اختلاط ماگمایی در سنگ‌های توده گرانیتوئیدی ظفرقند به حساب می‌آیند. دلایلی همچون حضور تعادلی کانی‌های کوارتز، ارتوز، پلاژیوکلاز، بیوتیت، هورنبلند سبز، مگنتیت، آپاتیت و اسفن در کنار هم و حضور مقادیر قابل توجهی کانی‌های فرعی از جمله مگنتیت، اسفن و تیتانومگنتیت نشان‌دهنده

فوغاسیتة بالای اکسیژن و بیانگر شرایط اکسیدان در طی تحول ماگمای سازنده گرانیتوئیدی توده ظفرقند است. لطیفی (۱۳۷۹) با توجه به ترموبارومتري‌های انجام داده بر روی هورنبلندهای سبز منطقه ظفرقند، فشار تشکیل این توده را حدود ۲-۰/۵ کیلوبار و دمایی در حدود ۷۰۰-۹۰۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته است که البته جای تأمل دارد. با توجه به نتایج بدست آمده قفاری و همکاران (۱۳۸۸) از نتایج آنالیز داده‌های ژئوشیمیایی و دیاگرام‌های ژئوشیمیایی مشخص شد توده گرانیتوئیدی ظفرقند دارای طیف ترکیبی پیوسته گابرو تا گرانیت با ماهیت متآلومین و کالک آلکالن می‌باشد.

فصل سوم

معرفی روش

فابریک مغناطیسی

۳-۱- مقدمه

مطالعه ساختار داخلی گرانیت‌ها از چند دهه قبل تاکنون مورد توجه و بررسی قرار گرفته است (کلوس^۱، ۱۹۳۲). این مطالعات به بررسی جایگیری و تغییر شکل توده‌های نفوذی معطوف بوده است (بوشه^۲ و همکاران، ۱۹۸۱؛ گویت^۳ و همکاران، ۱۹۸۵). امروزه روش انیزوتروپی حساسیت مغناطیسی (Anisotropy of Magnetic Susceptibility ; AMS) جایگاه ویژه‌ای در تعیین سازوکار و مدل جایگزینی توده‌های نفوذی از جمله توده‌های گرانیتی و گرانودیوریتی دارد و بر پایه مطالعه فابریک‌های مغناطیسی استوار است (تارلینگ و هرود^۴، ۱۹۹۳). این روش ۵۰ سال قبل برای اولین بار در کشور لهستان با بررسی در رشته فیزیک آغاز شد. اما پس از گذشت زمان کمی در زمینه‌های مختلف علوم مغناطیس از جمله زمین‌شناسی و معدن کاربرد پیدا کرد. درک و فهم چگونگی جایگزینی ماگمای سازنده گرانیتوئیدها، هدف بخشی از این مطالعات می‌باشد که به جریان ماگمایی مولد آن بستگی دارد.

در گذشته، برای مشخص کردن مدل جایگیری توده‌های نفوذی از یک سری روش‌های خاص، نظیر اندازه‌گیری ساخت‌های بزرگ مقیاس مثل خطوارگی و برگوارگی موجود در توده‌های نفوذی استفاده می‌شد (پانوزو و هیلبرونر^۵، ۱۹۹۲، لونو^۶ و همکاران، ۱۹۹۴). در این روش‌ها اندازه‌گیری فابریک مستقیماً در صحرا انجام می‌شد یا نمونه جهت‌دار به آزمایشگاه منتقل می‌شد و در آنجا انجام می‌گرفت

۱-Closs

۲-Bouchez

۳-Guillet

۴-Tarling & Hrouda

۵-Panozzo & Heilbronner

۶-Launeau

(مولیه^۱، ۱۹۸۴). نبود رخنمون واضحی از سنگ‌ها در کل مناطق مورد مطالعه برای اندازه‌گیری فابریک سنگ‌ها، همگن بودن توده، وقت‌گیر بودن و زیاد بودن مراحل اندازه‌گیری و فراگیر نبودن معیارهای اندازه‌گیری، یعنی عدم وجود کانی‌های جهت‌دار و کشیده مثل بیوتیت و هورنبلند در برخی از سنگ‌ها از جمله معایب این روش بودند که مانع ارائه نتایج در حجم وسیع و دقیق می‌شدند. بنابراین، روش‌های سنتی در کل جوابگوی تعیین سازوکار جایگزینی توده‌های نفوذی نبوده و دستیابی به اهداف مورد نظر با این روش مشکل بود. در چند سال اخیر با ظهور روش AMS و استفاده از این روش، موج جدیدی از مطالعات در تعیین مکانیسم جایگزینی توده‌های گرانیتوئیدی و بررسی ساختار آنها صورت گرفته است.

روش AMS به اندازه‌گیری پارامترهایی می‌پردازد که منعکس کننده فابریک مغناطیسی سنگ‌هاست. این روش به عنوان روشی جدیدتر، سریع‌تر و قابل اعتمادتر نسبت به روش‌های قدیمی، جهت تعیین سازوکار جایگزینی توده‌های نفوذی کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است. علاوه بر این، تکنیک AMS، در بسیاری از سنگ‌ها و رسوبات نرم نیز کاربرد دارد. پارامترهای حاصل از روش AMS، بر رفتار مغناطیسی کانی‌ها مبتنی هستند (بوشه، ۱۹۹۷). به کمک روش AMS می‌توان بر گوارگی و خطوارگی مغناطیسی را در سنگ‌هایی که در نمونه دستی و صحرایی فاقد بر گوارگی و خطوارگی قابل رؤیت هستند، مشخص نمود (رومن - بردیل^۲ و همکاران، ۱۹۹۸؛ نابا^۳ و همکاران، ۲۰۰۳؛ تالبوت^۴ و همکاران، ۲۰۰۵). این پارامترهای مغناطیسی برای تشخیص ویژگی‌های کانی شناسی نیز مفید هستند. داده‌های حاصل از بررسی فابریک‌های مغناطیسی با مشاهدات صحرایی یعنی فابریک‌های

۱-Mollier

۲-Roman-Berdie

۳-Naba

۴-Talbot

قابل مشاهده در صحرا مطابقت می‌کنند. مهمترین کاربرد اندازه‌گیری انیزوتروپی مغناطیسی، مطالعه پتروفابریک سنگ‌هاست که با شناخت کانی‌های سنگ و مشخصات انیزوتروپی مغناطیسی آن‌ها امکان‌پذیر می‌گردد. مزیت‌های روش AMS نسبت به دیگر روش‌های آنالیز پتروفابریک، قدرت وضوح بسیار بالا، سرعت عمل بالا، مقرون به صرفه بودن از لحاظ هزینه و مهم‌تر از همه، اجرای روش به طور سیستماتیک بر روی کل رخنمون توده‌های نفوذی می‌باشد (تارلینگ و هرود، ۱۹۹۳). البته در عمل همیشه دسترسی به این فرض ایده‌آل امکان‌پذیر نیست. چون مشکلاتی نظیر دگرسانی، مورفولوژی غیر قابل دسترس، مشکلات مالی و امنیتی و گاه خرابی موتور مغزه‌گیر و یا وسایل نقلیه همیشه دست به گریبان این نوع کارهای تحقیقاتی می‌باشند (صادقیان، ۱۳۸۳).

فابریک، نتیجه عملکرد نیروهای گوناگون در طی تشکیل سنگ و پیشینه زمین‌شناسی احتمالی آن‌ها می‌باشد. نیروی ثقل، نیروی هیدرودینامیک و تنش‌های تکتونیکی از جمله این نیروها هستند. همه این عوامل میل دارند تا بلورها و ذرات را بر مبنای شکل و اندازه‌شان ردیف کرده و آرایش دهند. این جهت‌یابی بر طبق توازن بین نیروهای حاکم بر کانی‌ها می‌باشد. در حقیقت مشخصات هندسی و رفتار ماگمایی یک توده نفوذی از روی فابریک آن قابل تشخیص است (بوشه، ۱۹۹۷). فابریک استنباط شده توسط روش AMS، نتیجه نهایی این عوامل است و مدلی شماتیک از جایگزینی کلی توده‌های نفوذی ارائه می‌دهد. جایگزینی سنگ‌های آذرین درونی همزمان با سرد شدن ماگما و در طی مدت زمانی طولانی رخ می‌دهد. سنگ‌های آذرین، مدل‌های جایگزینی متفاوتی دارند و سازوکارهای متعددی در جایگیری توده‌های نفوذی جایگزین شده در پوسته قاره‌ای نقش دارند.

این سازوکارها توسط جرم حجمی، گرانی، دما، ترکیب شیمیایی، میزان سیالیت ماگما و تنش‌های همزمان با جایگزینی کنترل می‌شود و به فرایندهای تکتونیکی اعمال شده در ناحیه، دیاپیریسم، کنده‌شدگی، قرارگیری به صورت دایک و ... بستگی دارند. با توجه به اینکه در سنگ‌های آذرین، فرایند تشکیل بلور، همزمان یا بعد از جایگزینی ماگما انجام می‌شود و بلورها برطبق جهت جریان ماگما جهت‌یابی پیدا می‌کنند، فابریک اولیه توده پایه گذاری می‌شود. بنابراین فابریک کلی توده متأثر

از جریان ماگما است. مهمترین مشخصه فابریک در مقیاس کلی توده‌های آذرین نفوذی این است که تغییرات از منطقه‌ای به منطقه دیگر ادامه می‌یابد.

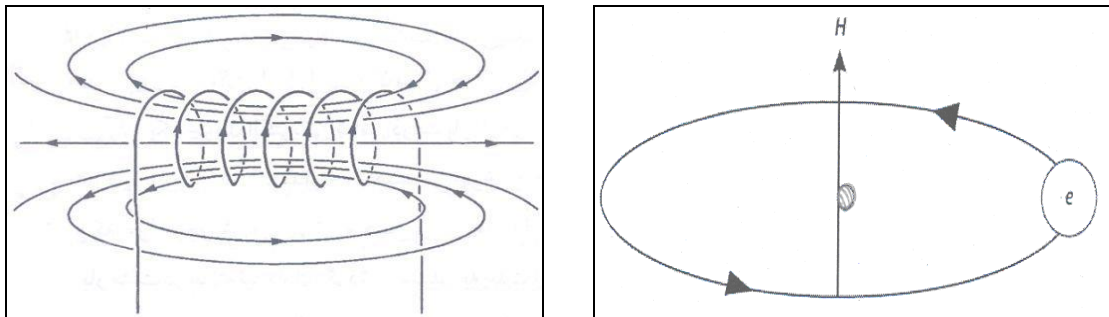
فابریک‌های غیرعادی، نشانه‌ای از حرکات آشفته ماگما می‌باشند. مثلاً در موارد تزریق ماگما در شکستگی‌های وسیع، عملکرد شدید تنش در حین جایگزینی، فشردگی ایجاد شده در اثر بار لیتواستاتیک احاطه کننده ماگما بعد از گذر زمان و ... این حالت رخ می‌دهد (لانزا و ملونی^۱، ۲۰۰۶). در پژوهش‌ها و بررسی‌های انجام شده ژئومغناطیس، مشخص شده است که کانی‌های شاخص و تاثرگذار در فابریک کدام هستند. فابریک غالب در گرانیتهای نوع I، فابریک مگنتیت است (ایشیهارا^۲، ۱۹۷۷). این گرانیتهای به عنوان گرانیتهای فرومغناطیس شناخته شده اند. ذرات فرومغناطیس از جمله مگنتیت با بزرگترین بعد، موازی با جریان ماگما جهت‌یابی پیدا کرده و خطوارگی مغناطیسی موازی با جهت جریان پیدا می‌کنند (بوشه، ۱۹۹۷). در سنگ‌های بازیک، معمولاً مقدار مگنتیت بیشتر از ۰/۱ درصد است و فابریک مغناطیسی سنگ را کنترل می‌کند. فابریک‌های بیوتیت و ایلمنیت در گرانیتهای نوع S، فابریک‌های شاخص هستند و این گرانیتهای به عنوان گرانیتهای پارامغناطیس شناخته می‌شوند (ایشیهارا، ۱۹۷۷). این مطالب در بخش‌های بعد، به طور کامل‌تر توضیح داده می‌شود.

۱-Lanza & Meloni

۲-Ishihara

۳-۲- رفتار و ویژگی‌های مغناطیسی کانی‌ها

با توجه به اینکه جسم باردار در حال حرکت، اثر مغناطیسی دارد و هر اتم در نتیجه چرخش الکترون‌ها در مدارها به دور هسته به صورت یک دوقطبی یا حوزه مغناطیسی کوچک عمل می‌کند، بنابراین با چرخش الکترون به دور هسته، میدان مغناطیسی H در ذره تولید می‌شود (آریلی، ۱۹۸۴). این رفتار مشابه عبور جریان (I یا J) از یک سیم پیچ است که به ایجاد میدان مغناطیسی و خاصیت مغناطیسی منجر می‌شود (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳- چرخش الکترون در اطراف هسته (الف)، مشابه عبور جریان از سیم‌پیچ (ب) است و باعث ایجاد میدان مغناطیسی H می‌شود.

عموماً الکترون‌ها به صورت گروه‌های زوج و دوگانه به دور هسته می‌چرخند که به آن‌ها زوج‌های الکترونی می‌گویند. با توجه به این ویژگی اتم‌ها، رفتار مواد در میدان مغناطیسی متفاوت است. به نحوی که میدان مغناطیسی بر حوزه‌های مغناطیسی موجود در اتم‌ها تأثیر می‌گذارد و سبب می‌شود که دو قطبی مغناطیسی هر حوزه تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار گیرد. با این تعاریف مواد براساس خاصیتی که در میدان مغناطیسی از خود نشان می‌دهد به سه دسته دیامغناطیس، پارامغناطیس و فرومغناطیس تقسیم می‌شوند (کلوس، ۱۹۳۱).

۳-۲-۱- دیامغناطیس

در این مواد، الکترون‌ها در دو دسته و به تعداد مساوی در خلاف جهت یکدیگر به دور هسته می‌چرخند. پس، اثر مغناطیسی یکدیگر را خنثی کرده و ماده، فاقد خاصیت مغناطیسی است. هنگامی که این مواد در یک میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند، الکترون‌ها در مدارهای الکترونی بر خلاف جهت میدان مغناطیسی القایی، چرخیده، به گونه‌ای که یک میدان مغناطیسی مخالف با جهت میدان اولیه پیدا می‌کنند و دارای میدان مغناطیسی منفی و ضعیف در حدود 10^{-10} μSI می‌شوند (توکلی، ۱۳۸۳). حساسیت مغناطیسی کلی کانی‌های دیامغناطیس پایین است (جدول ۳-۱) و در صورت حضور کانی‌های پارامغناطیس و فرومغناطیس از میزان حساسیت مغناطیسی آن‌ها صرف نظر می‌شود (تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳). معمول‌ترین مواد دیامغناطیس، عبارتند از: تمام کانی‌های غیر فلزی مثل گرافیت، ژیپس، کوارتز، کلسیت، دولومیت، کربنات‌ها و فلدسپار و ترکیبات آلی (رابینسون و کوروه^۱، ۱۹۸۸).

۳-۲-۲- پارامغناطیس

در مواد پارامغناطیس الکترون‌ها به صورت دو گروه نامساوی و در خلاف جهت یکدیگر به دور هسته می‌چرخند و خاصیت مغناطیسی ضعیفی ایجاد می‌کنند. در مواقع عادی چون اتم‌ها و ملکول‌ها به صورت نامنظم در ماده پراکنده‌اند، ماده، فاقد حساسیت مغناطیسی است، ولی در حضور میدان مغناطیسی خارجی، الکترون‌ها به طور تقریبی در جهت میدان خارجی قرار گرفته و حساسیت مغناطیسی ضعیف و مثبتی (در حدود 5000 تا 100 μSI) پیدا می‌کنند (جدول ۳-۱). با افزایش دما، حساسیت مغناطیسی در این گروه کاهش می‌یابد. پیروکسن، میکا، آمفیبول و الیوین از جمله کانی‌های پارامغناطیسی هستند که در سنگ‌ها یافت می‌شوند (لانزا و ملونی، ۲۰۰۶).

۱-Rabinson & coruh

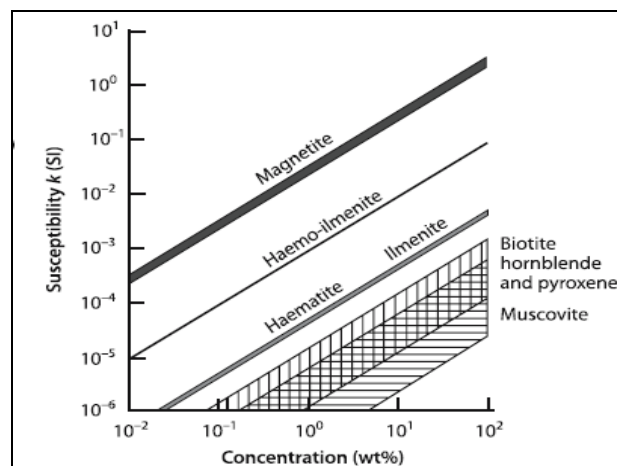
۳-۲-۳- فرومغناطیس

در مواد فرومغناطیس، تعدادی از اتم‌ها که وضعیت مشترک دارند، به هم پیوسته و گروه کوچکی را تشکیل می‌دهند. همه اتم‌های موجود در یک گروه، دوقطبی‌های کوچک هستند و به گونه‌ای ردیف می‌شوند که یک دو قطبی یا حوزه مغناطیسی کوچک را تشکیل دهند. در حالتی که میدان مغناطیسی خارجی وجود نداشته باشد، هر حوزه نسبت به حوزه دیگر، به طور نامنظم و در جهت‌های انتخابی قرار می‌گیرد. ولی هنگامی که ماده در یک میدان مغناطیسی قرار گیرد، اتم‌های موجود در حوزه‌ها به گونه‌ای چرخیده که راستای مغناطیسی آن‌ها در راستای میدان مغناطیسی خارجی قرار گیرد. این قرارگیری به گونه‌ای است که حوزه‌هایی که نسبت به میدان در وضعیت مناسبی قرار دارند، رشد کرده و حجم‌شان افزایش می‌یابد. در مقابل حوزه‌هایی که جهت‌گیری مناسبی با میدان ندارند، حجم‌شان کوچک‌تر می‌شود، بنابراین مرز بین حوزه‌ها جابه‌جا می‌شود. مواد فرومغناطیس دارای حساسیت مغناطیسی قوی و مثبت (جدول ۳-۱) در حدود 10^4 تا 10^7 μSI هستند (لانزا و ملونی، ۲۰۰۶). با افزایش دما حساسیت مغناطیسی در این گروه کاهش می‌یابد. کانی‌های فرومغناطیس اغلب به مقدار کم و به عنوان کانی‌های فرعی (کمتر از ۵٪ درصد) در سنگ حضور دارند. با این حال، در صورتی که مقدار مگنتیت بیشتر از ۱٪ درصد حجم سنگ را تشکیل دهد، اثر مغناطیسی کانی‌های دیگر را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد و جسم مورد نظر حساسیت مغناطیسی شدیداً بالایی را نشان می‌دهد (هرودا و کاهان^۱، ۱۹۹۱) (به شکل ۳-۲ و ۳-۳ رجوع کنید).

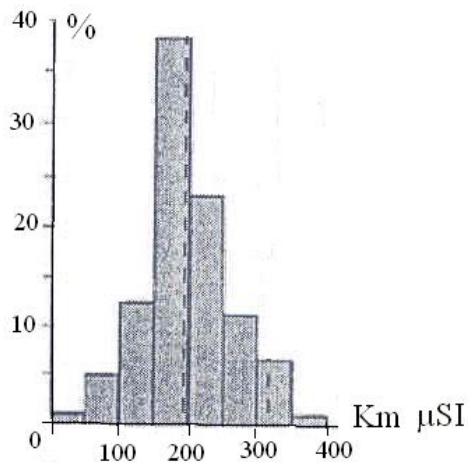
جدول ۳-۱- معرفی میزان حساسیت مغناطیسی چند مورد از کانی‌های دیا، پارا و فرومغناطیس (تارلینگ ۱۹۹۳).

$$10^{-6} \text{ SI} = 1 \mu\text{SI}$$

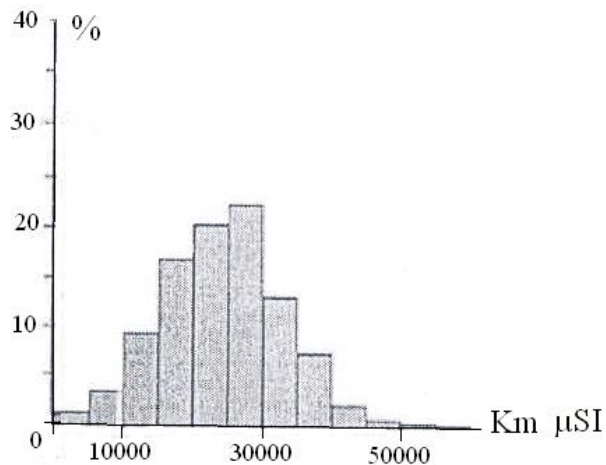
فرومغناطیس		پارامغناطیس		دیامغناطیس	
μSI	کانی	μSI	کانی	μSI	کانی
10^6 تا 10^7	مگنتیت	۲۰ تا ۶۰۰	کلینوپیروکسن	-۴۰	دولومیت
5×10^4 تا 3×10^5	پیروتیت	۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰	ارتوپیروکسن	-۱۳	کلسیت
5×10^4 تا ۱۰۰۰	هماتیت	۱۰۰ تا ۱۰۰۰	آمفیبول	-۱۵	کوارتز
۲۰۰۰	گوتیت	۸۰۰ تا ۳۰۰۰	بیوتیت	-۱۵	فلدسپار پتاسیم
		۴۰ تا ۷۰۰	مسکوویت	-۱۵	گچ
		۷۰ تا ۱۵۵۰	کلریت	-۸	گرافیت
		۱۳- تا ۵۰۰۰	اولیوین		



شکل ۳-۲- نمودار حساسیت مغناطیسی بر حسب SI در مقابل میزان کانی‌های فرومغناطیس و پارامغناطیس (بر حسب درصد وزنی). توجه نمایید که مگنتیت چقدر می‌تواند حساسیت مغناطیسی را افزایش دهد (هرودا و کاهان، ۱۹۹۱).



ب



الف

شکل ۳-۳ الف-گرانیت‌های فرومغناطیس واجد مگنتیت و شکل ۳-۳ ب-گرانیت‌های پارامغناطیس فاقد مگنتیت آورده شده است. این اشکال نشان می‌دهند که مگنتیت تاثیر زیادی بر حساسیت مغناطیسی دارد (ایشیهارا، ۱۹۷۷).

کانی‌های فرومغناطیس در دو گروه ژئوشیمیایی ۱- آهن، تیتانیم و اکسیژن (Fe, Ti, O) و ۲- گروه آهن و گوگرد (Fe, S) رده بندی می‌شوند (گارلند^۱، ۱۹۹۰).

گروه آهن، تیتانیم و اکسیژن: کانی‌هایی نظیر مگنتیت (Fe_3O_4)، اولوواسپینل (Fe_2TiO_4)، هماتیت (Fe_2O_3)، ایلمنیت ($FeTiO_3$)، تیتانومگنتیت ($(FeTi)_3O_4$) و ... را شامل می‌شود.

گروه آهن و گوگرد: در این گروه می‌توان به پیروتیت Fe_7S_8 (فرمول ترکیبی آن بین تروپلیت FeS و پیریت FeS_2 است) اشاره کرد.

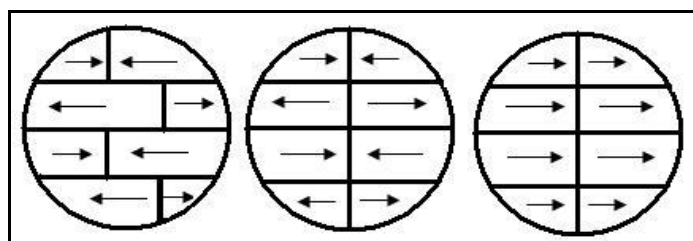
مواد فرومغناطیس خود به سه دسته ۱- فرومغناطیس واقعی، ۲- آنتی فرومغناطیس و ۳- فری-مغناطیس تقسیم می‌شوند (تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳). این تقسیم بندی براساس قرارگیری امتداد ممان‌های مغناطیسی داخل حوزه‌ها در هنگامی که ماده در یک میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، تعریف شده است.

۱-Garland

در یک "ماده فرومغناطیس واقعی" حوزه‌ها همه در یک جهت امتداد یافته‌اند (شکل ۳-۴-الف). مواد فرومغناطیس واقعی مانند آهن، کبالت و نیکل دارای ممان‌های مغناطیسی موازی‌اند و در نتیجه به مغناطیس‌شدگی قوی منجر می‌شوند که در غیاب میدان مغناطیسی خارجی هم باقی می‌مانند. این مواد به ندرت در طبیعت به طور خالص یافت می‌شوند (تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳).

در "آنتی فرومغناطیس"، حوزه‌ها به طور مساوی و در دو جهت مخالف یکدیگر قرار گرفته‌اند (شکل ۳-۴-ب). کانی‌های آنتی فرومغناطیس مثل هماتیت (Fe_2O_3) و گوتیت ($FeOOH$) دارای حوزه مغناطیسی مواد خنثی می‌باشند و در اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی، زیاد تأثیرگذار نمی‌باشند یا به عبارتی دارای حساسیت مغناطیسی قابل توجهی نیستند (تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳). هماتیت فراوان-ترین کانی آهن در طبیعت است و دارای حساسیت مغناطیسی کمی است. به همین دلیل است که در بسیاری از ذخایر کانسارهای آهن، ناهنجاری مغناطیسی دیده نمی‌شود (توکلی، ۱۳۸۳).

در دسته "فری مغناطیس"، میدان مغناطیسی خارجی دیواره‌های این حوزه‌ها را به گونه‌ای جابه‌جا می‌کند که در حوزه‌های مجاور، ممان‌ها، در دو جهت مخالف هم (که یک جهت قوی‌تر است) و غیرمساوی قرار گیرند (شکل ۳-۴-ج). در این نوع قرارگیری، حوزه دارای ممان مغناطیسی جهت‌دار می‌شود مثل مگنتیت و پیروتیت. کانی‌های فری مغناطیس در پوسته زمین منبع آنومالی‌های مغناطیسی در بررسی‌های ژئوفیزیکی می‌باشند (رابینسون و کوروه، ۱۹۸۸).



الف) فرومغناطیس واقعی ب) آنتی فرومغناطیس ج) فری مغناطیس

شکل ۳-۴- نمایش ساده جهت‌یابی حوزه‌های مغناطیسی تشکیل شده در مواد فرومغناطیس.

۳-۲-۴- عوامل تأثیرگذار بر حساسیت مغناطیسی کانی‌ها

گرما، فرایندهای هوازدگی و دگرگونی میزان حساسیت مغناطیسی کانی‌ها و سنگ‌ها را کاهش می‌دهند. افزایش دما باعث کاهش میزان حساسیت مغناطیسی ماده می‌شود به طوری که با افزایش دما و رسیدن به درجهٔ کوری، خاصیت مغناطیسی ماده از بین می‌رود. دمای کوری، دمایی است که در آن جسم خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهد. به عنوان مثال، دمای کوری مگنتیت ۵۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد است. این قانون توسط پی‌یر کوری^۱ در سال ۱۸۹۵ کشف شد.

بر طبق این قانون مقدار مغناطیس‌شدگی یا M در دمای صفر مطلق (-273°C) به بیشترین میزان خود رسیده و در دمای کوری به صفر می‌رسد. قبل از جایگزینی ماگما، اثر میدان مغناطیسی غالباً خنثی است. زیرا در این هنگام، دمای ماگما بالاتر از دمای کوری کانی‌ها می‌باشد. انرژی گرمایی باعث ارتعاش اتم‌ها شده و ممان‌های مغناطیسی را به طور نامنظم قرار می‌دهد، به گونه‌ای که برآیند جهات حوزه‌ها، یکدیگر را خنثی نموده و ماده را غیرمغناطیس می‌سازد. از این‌رو، درجهٔ یکنواختی حوزه‌ها به دو عامل شدت میدان مغناطیسی و دما وابسته است. اما در درجه حرارت کمتر از نقطهٔ کوری، انرژی اتصال شیمیایی ذرات بر انرژی گرمایی برتری دارد (نایفه و براسل^۲، ۱۹۸۵).

در زمان جایگیری ماگما، دما کم‌کم پایین آمده و در نهایت با درجه حرارت طبیعی (نرمال) سنگ میزبان هم دما می‌شود. حرارت زیاد ماگما، در ابتدا تمام حوزه‌های مغناطیسی موجود در اتم‌ها را از بین می‌برد. در حین سرد شدن و بعد از گذر از نقطهٔ کوری حوزه‌های مغناطیسی در داخل کانی‌ها به وجود می‌آیند (گریفیتس و کینگ^۳، ۱۹۸۸).

۱-Pierre Curie

۲-Nayfeh & Brussel

۳-Griffiths & King

یکی از دلایلی که هوازدگی باعث کم شدن حساسیت مغناطیسی می‌شود این است که در اثر اکسیداسیون (ناشی از هوازدگی) مگنتیت به هماتیت، تبدیل می‌گردد. بنابراین درجهٔ اکسیداسیون، نقش اساسی در میزان حساسیت مغناطیسی دارد. پس، واضح است که ترکیب شیمیایی و ساختمان بلور نقش مهمی در تعیین ویژگی‌های مواد فرومغناطیس دارد.

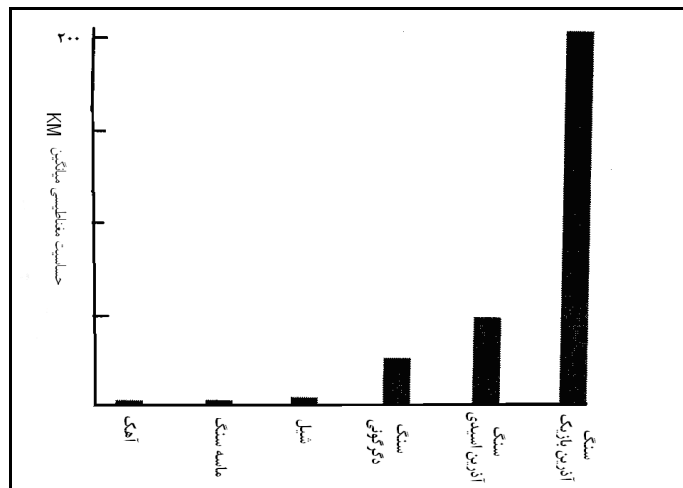
۳-۳- اندازه گیری مغناطیس سنگ

مجموع حساسیت مغناطیسی کانی‌های تشکیل دهنده یک سنگ، میزان حساسیت مغناطیسی کل آن را مشخص می‌کند. اندازه‌گیری‌های مغناطیسی سنگ‌ها بستگی به نسبت حجمی کانی‌های دارای خاصیت مغناطیسی و شیوهٔ پراکندگی آن‌ها، دامنهٔ بزرگی از مقادیر حساسیت مغناطیسی را ارائه می‌کنند. در مجموع، سنگ‌های رسوبی از پایین‌ترین و سنگ‌های آذرین از بالاترین میزان حساسیت مغناطیسی برخوردار هستند. البته موارد استثناء نیز وجود دارد. به طور مثال، میزان حساسیت مغناطیسی در سنگ‌های آذرین بازیک، دامنه‌ای از 1500 تا 90000 μSI را دربرمی‌گیرد، این امر به دلیل داشتن مقدار مگنتیت بیشتر می‌باشد (شکل ۳-۵). یکی از ویژگی‌های گرانیت‌های نوع I، حضور مگنتیت در گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌هاست که باعث بالا رفتن میزان حساسیت مغناطیسی آن‌ها می‌شود (تاکاهاشی^۱ و همکاران، ۱۹۸۰؛ چاپل و وایت^۲، ۲۰۰۱). بنابراین می‌توان گفت، هرچه درصد حجمی کانی‌های فرومغناطیس از جمله مگنتیت در سنگ بیشتر باشد، حساسیت مغناطیسی آن نیز بیشتر می‌شود.

۱-Takahashi

۲-Chappell & White

عمدتاً در محاسبات انیزوتروپی مغناطیسی، خواص مغناطیسی کل سنگ یعنی مجموع مغناطیس کل کانی‌های تشکیل دهنده سنگ بدست می‌آید. به عبارتی می‌توان گفت انیزوتروپی حساسیت مغناطیسی یک سنگ حاصل جهت‌یابی انیزوتروپ (ناهمگن) کانی‌ها در آن سنگ می‌باشد.



شکل ۳-۵- میزان حساسیت مغناطیسی به عنوان تابعی از ترکیب سنگ شناسی .

حساسیت مغناطیسی سنگ‌ها توسط دستگاه مغناطیس‌سنج اندازه‌گیری می‌شود. به طور کلی اصول کار در دستگاه‌های حساسیت‌سنج مغناطیسی این‌گونه است که از یک سیم پیچ حامل جریان الکتریکی برای تولید میدان مغناطیسی استفاده می‌شود. با قرار گرفتن اتم‌ها در میدان مغناطیسی، حوزه‌های اتمی موازی میدان القایی جهت‌گیری می‌کنند و مغناطیس‌شدگی القایی در نمونه ایجاد می‌شود. شدت مغناطیس‌شدگی یا مغناطش (M) به شدت میدان مغناطیس‌کننده اعمال شده بر جسم (H) بستگی دارد و رابطه خطی $M=KH$ در بین آن‌ها برقرار می‌باشد. این رابطه، از تفسیر روابط زیر بدست می‌آید: (جریان $I = J$ ، حجم $V =$ ، شدت مغناطیس‌شدگی $M =$ ، میدان مغناطیسی H).

$$J = M/V \quad \text{رابطه (۱-۳)}$$

$$I = J = KH \quad \text{رابطه (۲-۳)}$$

با ثابت گرفتن میزان V یا حجم در رابطه (۱-۳) می‌توان گفت:

$$M = KH \quad \text{رابطه (۳-۳)}$$

رابطه (۲-۳) در مواد همگن، یک رابطه خطی است و K ثابت منفرد می‌باشد. اما اگر ماده، ناهمگن باشد، K توسط مجموعه‌ای از ثابت‌های K_{ij} نشان داده می‌شود. این ثابت‌ها یک رابطه غیرخطی به صورت ماتریس با ضریب تنسوری متقارن مرتبه دوم را تشکیل می‌دهد. پس رابطه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\begin{pmatrix} J_1 \\ J_2 \\ J_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \end{pmatrix}$$

$$J_1 = K_{11} H_1 + K_{12} H_2 + K_{13} H_3$$

$$J_2 = K_{21} H_1 + K_{22} H_2 + K_{23} H_3$$

$$J_3 = K_{31} H_1 + K_{32} H_2 + K_{33} H_3$$

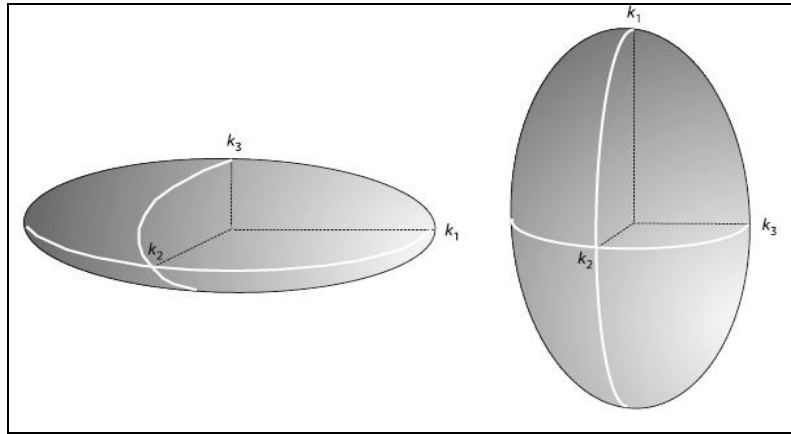
در این معادلات با داشتن اندیس‌های 1، 2 و 3، یک سیستم مختصات x, y, z (سه بعدی) خواهیم داشت و چون ماتریس متقارن است، بنابراین در آن $K_{ij} = K_{ji}$ می‌باشد. پس، مؤلفه‌های غیرقطری ماتریس همدیگر را خنثی می‌کند و مقادیر $K_{12} H_2$ ، $K_{13} H_3$ ، $K_{21} H_1$ ، $K_{23} H_3$ ، $K_{31} H_1$ و $K_{32} H_2$ از رابطه بالا حذف می‌شود، که در نهایت روابط زیر باقی می‌ماند.

$$J_1 = K_{11} H_1$$

$$J_2 = K_{22} H_2$$

$$J_3 = K_{33} H_3$$

K_{11} ، K_{22} ، K_{33} مقادیر ویژه تنسور هستند و به ترتیب با علامت K_{max} ، K_{int} ، K_{min} نشان داده می‌شوند (تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳). بر همین اساس در مطالعات فابریک مغناطیسی، حساسیت مغناطیسی به صورت یک بیضوی نمایش داده می‌شود که به بیضوی مغناطیسی معروف است (شکل ۳-۶ و شکل ۳-۷). این مطالب در فصل ۴ به تفصیل توضیح داده خواهد شد.

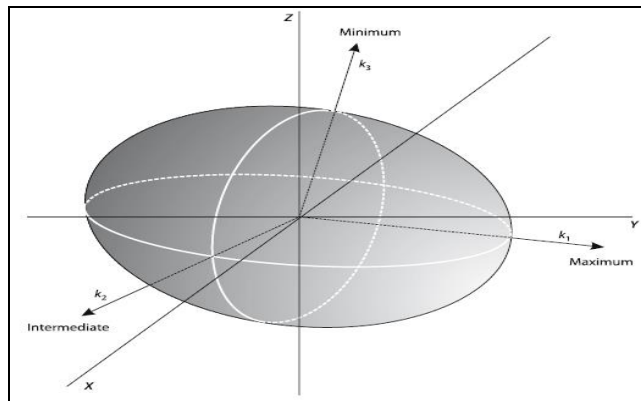


الف ب

شکل ۳-۶- بیضوی مغناطیسی مبتنی بر مقادیر K_1, K_2, K_3

الف: بیضوی مغناطیسی دوکی یا سیگاری شکل.

ب: بیضوی مغناطیسی کلوچه‌ای شکل.

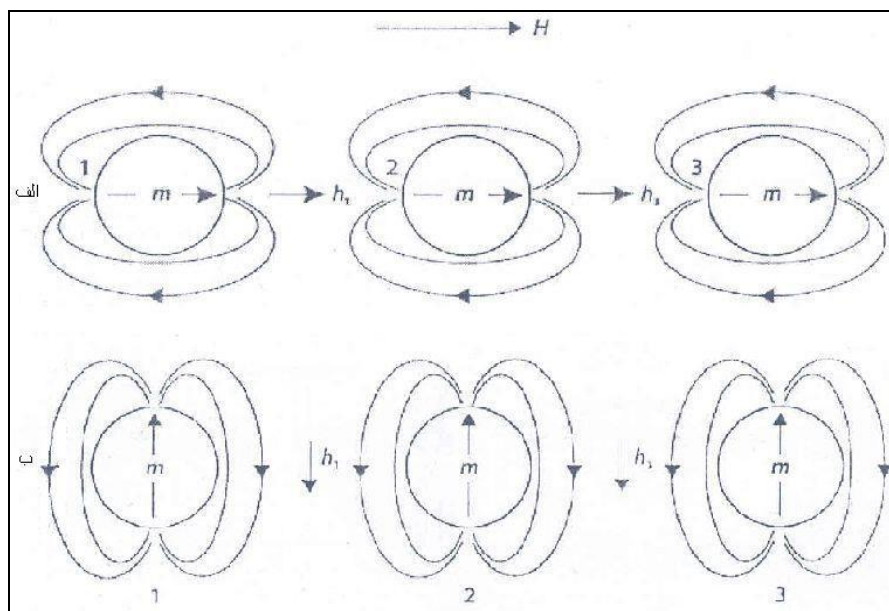


شکل ۳-۷- مقادیر K_{11}, K_{22}, K_{33} به ترتیب با علامت $K_{max}, K_{int}, K_{mint}$ نشان داده می‌شوند.

در واقع حساسیت مغناطیسی یک جسم معرف میزان مغناطیس شدگی آن است. این مقدار به صورت K که همان ثابت تناسب رابطه (۳-۳) است، تعریف می‌شود. با توجه به اینکه M و H هر دو، یک واحد (Ampere/Meter) دارند پس در نتیجه K واحد نداشته و در دستگاه استاندارد بین المللی بر حسب SI و یا μSI تعریف می‌شود. بنابراین میزان K ، فقط به نوع ماده بستگی دارد (رابینسون و کوروه، ۱۹۸۸). حساسیت مغناطیسی K در واقع نمادی از تقویت یا تضعیف میدان مغناطیسی است. به نحوی که در حضور مواد فرومغناطیس، میدان مغناطیسی تقویت و در حضور مواد دیامغناطیس این میدان تضعیف می‌شود. این ویژگی به این علت است که جهت‌گیری حوزه‌ها در اتم‌های مواد مختلف فرق دارد.

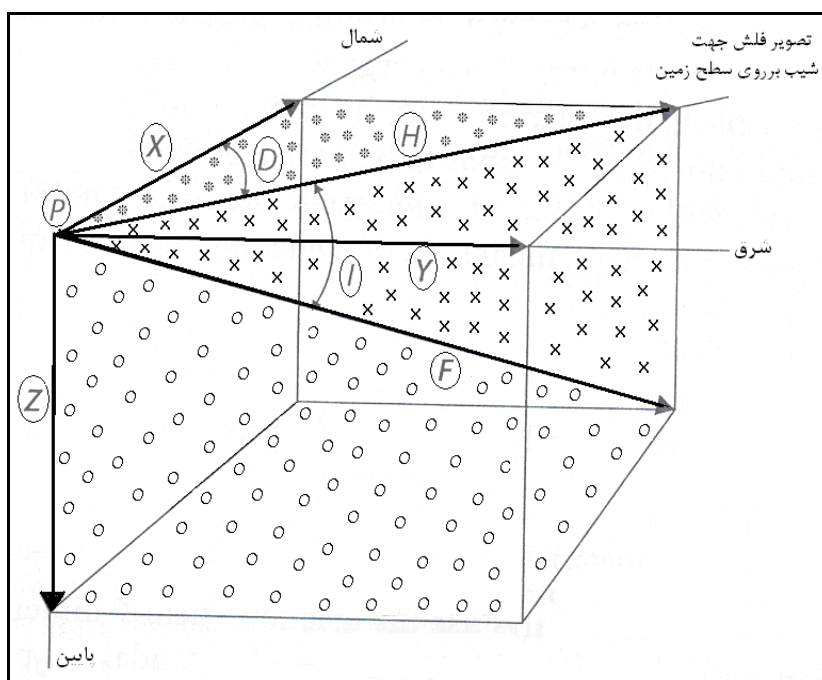
همان طور که قبلاً اشاره شد جهت گیری هر حوزه به عواملی چون شدت میدان مغناطیسی القاء شده و دمای محیط بستگی دارد. به طور کلی تا زمانی که تغییرات دمایی محیط کم و شدت میدان مغناطیسی ثابت باشد، K را می توان ثابت در نظر گرفت. جهت یابی محورهای مغناطیسی موازی با کشیدگی بلوری کانی ها در سنگ می باشد. با توجه به اینکه آرایش اتم ها اتفاقی است، لذا رفتار مغناطیسی آن ها نیز در جهات مختلف متفاوت است.

به شکل ۸-۳ دقت کنید، در حضور میدان مغناطیسی خارجی H ، ذره، ممان مغناطیسی m را بدست می آورد که میدان مغناطیسی القاء شده h را تولید می کند. اگر H موازی با ترتیب ذرات باشد، h و H ، در یک جهت قرار گرفته و جسم بیشترین مقدار حساسیت مغناطیسی را بدست می آورد (شکل ۸-۳ الف). زمانی که H عمود بر ترتیب قرارگیری ذرات باشد کمترین مقدار حساسیت مغناطیسی در جسم ایجاد می شود (شکل ۸-۳ ب). در مقادیر کوچک H ، جابه جایی ممان ها برگشت پذیر است و با حذف میدان، ممان ها به حالت اولیه خود برمی گردند (استیفنسون^۱، ۱۹۹۴).



شکل ۸-۳-ا اگر H موازی با ترتیب ذرات باشد، جسم بیشترین مقدار حساسیت مغناطیسی (شکل الف) و زمانی که H عمود بر ترتیب قرارگیری ذرات باشد، جسم کمترین مقدار حساسیت مغناطیسی (شکل ب) را بدست می آورد.

با توجه به شکل ۳-۹ می‌توان چگونگی اندازه‌گیری و تعیین حساسیت مغناطیسی را توضیح داد. بدین‌گونه که برای بررسی توزیع عناصر مغناطیسی در زمین و لحاظ شدن جهات مغناطیسی باید از نقطه P، سه محور مختصات جغرافیایی X, Y, Z در نظر گرفت و ترسیم کرد. اگر محور F نشان‌دهنده شیب و جهت شیب قرارگیری نمونه در سطح زمین باشد، تصویر آن بر روی سطح زمین، محور H می‌شود. زاویه محور H با محور F را زاویه میل I (شیب یا Inclination) و زاویه محور H با محور X را جهت شیب یا (Declination) می‌نامند.



شکل ۳-۹- این شکل شیب و جهت شیب نمونه (زاویه‌های I و D) را در فضای جغرافیایی حقیقی نشان می‌دهد.

دستگاه حساسیت مغناطیسی نمونه را در سه جهت X, Y, Z و نه در جهات واقعی قرارگیری نمونه در زمین، اندازه می‌گیرد. بنابراین در حین نمونه برداری باید شیب و جهت شیب نمونه برداشت گردد. قبل از اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی این مقادیر به قسمت داده پرداز دستگاه MFK1-FA وارد می‌شود. دستگاه برطبق پیش فرض‌های نرم افزاری خاصی که برای آن مطرح شده است، شیب و جهت شیب اندازه‌گیری شده را مبنا قرار داده و در نهایت میزان حساسیت مغناطیسی نمونه را متناسب با وضعیت قرارگیری واقعی نمونه در زمین به کاربر ارائه می‌دهد.

۳-۴- روش نمونه برداری

تعیین فابریک مغناطیسی به کمک روش AMS، موضوع پژوهش صورت گرفته در این پایان نامه می‌باشد. در روش تعیین فابریک مغناطیسی، نمونه‌ها باید به صورت مغزه برداشت شوند. نمونه‌های مورد آزمایش قطعاتی از مغزه‌های برداشت شده در صحرا هستند که به وسیله موتور مغزه‌گیر قابل حمل، بدست آمده‌اند. موتور مغزه‌گیر در واقع یک ماشین حفاری کوچک است که توانایی برش سنگ به شکل مغزه به طول ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر و قطر ۲۵ میلی‌متر را دارد. در این پایان نامه برای برداشت مغزه از دو دستگاه موتور مغزه‌گیر استفاده شد (شکل ۳-۱۰- الف و ب). در ساخت دستگاه دوم، موتور قوی‌تری به کار گرفته شد، به طوری که زمان مغزه‌گیری با این دستگاه به ۲/۵ دقیقه به ازای هر مغزه کاهش یافت. در هنگام استفاده از دستگاه اول (شکل ۳-۱۰- الف) و یا حتی معادل‌های خارجی آن، زمان مغزه‌گیری برای هر مغزه گاهی اوقات به ۲۰ دقیقه هم می‌رسید.

برای حفاری ابتدا باید محل مناسبی انتخاب کرد. در این محل، سنگ باید دارای رخنمون خوبی باشد، ترجیحاً فاقد درز و شکاف باشد و تا حد امکان، استقرار موتور جهت حفاری در آنجا آسان باشد. بعد از انتخاب محل مناسب، با چکش زمین شناسی چند ضربه به قسمت در نظر گرفته شده، می‌زنیم تا از استحکام سنگ، برجا بودن و هوازده نبودن آن مطمئن شویم. در مرحله بعد با مازیک ضد آب روی سنگ خط مستقیمی به عنوان راهنما رسم می‌کنیم (شکل ۳-۱۰- ج).



ج



ب



الف

شکل ۳-۱۰- الف دستگاه مغزه‌گیر قدیمی. ب دستگاه مغزه‌گیر جدید. ج خط راهنما و محل حفاری مغزه.

ترسیم این خط الزامی است، زیرا در صورت جابه‌جا شدن یا شکستن مغزه، می‌تواند به ما کمک - کند تا مغزه را به حالت اولیه و حقیقی خود بازگردانیم. رسم این خط بسیار مهم است، چون با جابه‌جایی و چرخش، کلیه اندازه‌گیری‌ها، فاقد اعتبار علمی و تحلیلی می‌شود.

برای خنک شدن سرمته در حین حفاری، از آب استفاده می‌شود. مخزن آب توسط یک شیلنگ به ورودی تعبیه شده بر روی گیربکس موتور حفاری متصل می‌شود و آب لازم در طی حفاری را تأمین می‌کند. به منظور صرفه‌جویی در میزان آبی که به دستگاه وارد می‌شود از یک شیر کنترل استفاده می‌شود. توسط این شیر، میزان آب خروجی از مخزن تنظیم می‌شود. تنظیم آب خروجی از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا در برخی مناطق، تهیه آب به راحتی امکان‌پذیر نیست و فراهم کردن مجدد آب، مستلزم طی مسافت زیادی است که اکثراً نیز باید به صورت پیاده طی شود. خوشبختانه تمهیداتی که اعمال شد، مصرف آب به ازای حفر هر مغزه را از ۵ لیتر (و حتی بیشتر) به ۲ تا ۳ لیتر کاهش داد. میزان بنزین موتور و آب موجود در مخزن آب نیز بهتر است در طی حفاری کنترل شود تا در حین حفاری به اتمام نرسد، زیرا ممکن است موتور در طی حفاری خاموش شود و یا مته در محل حفاری شده، گیر کند و مته یا مغزه بشکند. البته در این موارد تجربه حفار، می‌تواند تا حد امکان از بروز این‌گونه مشکلات جلوگیری کند.

وقتی همه شرایط برای حفاری مهیا شد، موتور را روشن کرده و شیر آب را باز می‌کنیم سپس سر مته حفاری را بر روی خط مستقیم ترسیم شده بر روی زمین قرار داده و حفاری آغاز می‌گردد. سرعت حفاری در کل به قدرت موتور، قدرت بدنی کاربر و جنس سنگ‌ها بستگی دارد. ولی به طور میانگین و در شرایط ایده‌آل حدود ۵ تا ۱۰ دقیقه زمان برای حفاری لازم است. البته موتور دوم، این زمان را به ۲ تا ۳ دقیقه کاهش داده است. در حین حفاری ممکن است به علت درز و شکاف‌های داخل سنگ مغزه بشکند. در این حالت موتور را به آرامی بیرون آورده، به گونه‌ای که به مته آسیبی نرسد. قطعه شکسته را بیرون آورده و دوباره به حفاری می‌پردازیم. پس از اینکه مته به میزان کافی به داخل سنگ فرورفت، حفاری را متوقف کرده و موتور خارج می‌گردد.

اگر مغزه در حین حفاری شکسته شود باید قطعات شکسته را درآورده و با آب تمیز کنیم سپس با چسب قطره‌ای بهم بچسبانیم. پس از خشک شدن چسب، دوباره باید مغزه را سر جای خود قرار داد. این بار خط راهنمایی که قبل از حفاری رسم شده بود، به ما کمک می‌کند تا مغزه را به موقعیت حقیقی خود برگردانیم. این کار بسیار مهم است زیرا شیب و جهت شیب مغزه‌ها باید بدون هیچ‌گونه انحرافی برداشت گردد.

هدف از این نوع نمونه برداری‌ها، برداشت مغزه‌های جهت‌دار است و باید قبل از بیرون آوردن مغزه از زمین، شیب و جهت شیب مغزه توسط کمپاس و ترازیاب مغزه اندازه‌گیری گردد. یکی از مهمترین اصول در مطالعات فابریک مغناطیسی این است که مغزه از جای خود هیچ حرکتی نکند در غیر اینصورت شیب و جهت شیب قرائت شده تغییر نموده و فاقد ارزش خواهد شد. برای اندازه‌گیری شیب و جهت شیب مغزه از یک وسیله مخصوص به نام ترازیاب مغزه استفاده می‌کنیم. در بخش بالایی این وسیله یک تراز افقی بر روی تکه‌ای تخته (که فاقد خاصیت مغناطیسی است) نصب گردیده است. در بخش پایینی این تخته یک لوله مسی تعبیه شده است. جنس لوله از مس انتخاب شده تا فاقد خاصیت مغناطیسی باشد و بر روی کمپاس تأثیر نگذارد. بدین منظور، باید بعد از تمام شدن حفاری، موتور و سایر وسایل آهنی از جمله چکش زمین‌شناسی و ابزارآلات فلزی تا چند متر از محل حفر مغزه و اندازه‌گیری شیب و جهت شیب مغزه، دورتر قرار داده شود (شکل ۳-۱۱).



شکل ۳-۱۱- در این تصاویر نحوه برداشت شیب و جهت شیب، توسط کمپاس و ترازیاب مغزه نشان داده شده است.

لوله مسی از طریق فضای خالی ایجاد شده در اطراف مغزه (محل برش) به درون زمین فرو رانده می شود و آن را آنقدر چرخانده تا حباب افقی واقع بر روی تراز یاب مغزه دقیقاً در قسمت وسط قرار گیرد و کاملاً تراز شود به گونه ای که حالت افقی را نشان دهد. شیب و جهت شیب مغزه را می توان با قرار دادن کمپاس در کنار تخته تراز خوانده و ثبت کرد. جهت شیب در محدوده ۰ تا ۳۶۰ درجه و مقدار آن نیز بین صفر (۰) تا نود (۹۰) درجه تغییر می کند. اگر نمونه برداری کاملاً قائم باشد یعنی کمپاس، شیب دقیقاً ۹۰ یا بسیار نزدیک به آن را نشان دهد نیازی به خواندن جهت شیب نیست (شیب و جهت شیب به صورت 0، 90، یا داشت می شود) و فقط جهت شمال بر روی قسمت بالایی مغزه مشخص می گردد. لازم به ذکر است، قرائت و ثبت شیب و جهت شیب مغزه، امری واجب و ضروری است. در غیر اینصورت هنگام کار با دستگاه حساسیت سنج مغناطیسی، مقادیر K1، K2 و K3 معناداری توسط نرم افزار Safyr.exe به کاربر ارائه نخواهد شد و عملاً تلاش های انجام شده بیهوده و بدون ثمر خواهد شد.

بعد از مشخص شدن این دو پارامتر، با مازیک ضد آب، جهت شیب مغزه بر روی سنگ واقع در حاشیه محل مغزه حفاری شده و کنار "لوله مسی علامت گذاری شده" را علامت زده و تراز به آرامی بیرون کشیده می شود. حال، علامت کنار دیواره محل حفر شده را به نزدیکترین نقطه مغزه منتقل می کنیم. در محل این نقطه، یک فلش رسم می کنیم که بخش انتهایی آن به سمت حاشیه بیرونی مغزه باشد. در واقع، به کمک علامت کنار مغزه و نقطه مرکزی مغزه، قطر مغزه را به صورت یک فلش رسم کرده، به گونه ای که نوک فلش جهت شیب مغزه یا Dip Direction را نشان دهد. سپس مغزه را به کمک پنس به آرامی از زمین خارج کرده، پس از خشک شدن و تمیز کردن گل و لای روی آن، با نیم لوله پلاستیکی اثر دو انتهای فلش به صورت دو خط راست بر روی بدنه مغزه رسم می شود. باید نیم لوله پلاستیکی، در راستای دو انتهای این خط قرار گیرد. خطی که از قسمت سر فلش منشعب می گردد، با علامت هاشور مشخص می شود. یعنی خطی که در سمت فلش واقع بر روی بخش بالای مغزه می باشد، به سمت پایین هاشور زده می شود.

زاویه حاده بین خط راست و هاشورها در راستای سمت پایین مغزه، می‌باشد. یا به عبارتی زاویه حاده، سمت پایین را نشان می‌دهد. در مرحله بعد، شماره ایستگاه نمونه برداری بر روی مغزه درج می‌گردد. از آنجایی که تعداد مغزه‌ها در هر ایستگاه بیش از یک مغزه می‌باشد، لذا مغزه‌ها با پسوند A,B,C نامگذاری می‌شوند تا از بروز هرگونه خطایی در درج ویژگی‌های شیب و جهت شیب آن‌ها جلوگیری شود. مثلاً ۶۴A، ۶۴B، ۶۴C (شکل ۳-۱۲).

مختصات جغرافیایی هر ایستگاه با استفاده از GPS برداشت می‌شود و در دفترچه صحرائی ثبت می‌گردد. باید سعی شود از همه واحدهای سنگی موجود در منطقه مغزه گرفته شود و در هنگام ثبت موقعیت جغرافیایی، داده‌های GPS باید از حداکثر صحت و دقت برخوردار باشند. ترجیحاً دقت GPS در حد ۵ متر یا حتی کمتر باشد. در ضمن توزیع نقاط یا ایستگاه‌های مغزه‌گیری در سطح رخنمون توده یا توده‌های نفوذی باید تا حد امکان همگن باشند. در نهایت مختصات جغرافیایی هر ایستگاه برای مشخص شدن توزیع محل‌های نمونه برداری در کل توده نفوذی بر روی نقشه زمین‌شناسی یا توپوگرافی دارای مقیاس مطلوب منتقل می‌شود.



شکل ۳-۱۲- الف- نحوه خارج ساختن مغزه از زمین بعد از مشخص کردن شیب و جهت شیب ب- نحوه استفاده از نیم لوله پلاستیکی برای هاشور زدن مغزه. ج- شماره گذاری مغزه.

در هر ۱ تا ۲ کیلومتر مربع از رخنمون توده نفوذی، لازم است حداقل یک ایستگاه مغزه‌گیری داشته باشیم. هرچه تراکم ایستگاه‌های نمونه برداری بیشتر باشد، تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده آسان‌تر خواهد بود. در هر ایستگاه حداقل ۲ مغزه به فاصله چند متر تهیه می‌شود. این کار باعث می‌شود جامعه آماری بزرگتر و نتایج دقیق‌تری بدست آید.

گاهی به علت همجواری واحدهای سنگی مختلف و تنوع لیتولوژی در یک ایستگاه، تعداد مغزه‌های برداشت شده بیشتر می‌شود و از هر واحد جداگانه مغزه‌گیری می‌شود. در طی نمونه برداری، در صورت وجود آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک از آنها نیز مغزه برداری می‌شود. در حین نمونه برداری باید به خصوصیات سنگ شناسی واحدهای سنگی مختلف، نحوه ارتباط آنها با یکدیگر، چگونگی پراکندگی آنکلاوها، امتداد دایک‌ها، دگرگونی‌های احتمالی موجود و ساختارهای تکتونیکی از جمله درزه، گسل، چین خوردگی و ... توجه شود.

در این تحقیق، با توجه به تسهیلات و شرایط کاری، نمونه برداری در ۵ مرحله زمانی، از آبان ۸۷ تا آذر ۸۸ صورت گرفت. پس از اتمام نمونه برداری، مغزه‌های جهت‌دار بدست آمده، به کارگاه برش دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود منتقل شد. در این مرحله، مغزه‌ها به قطعات ۲۲ میلی-متری برش داده شد. در حین برش مغزه‌ها، ترتیب قرارگیری قطعات خیلی مهم است و لازم است بسیار دقت شود که قطعات برش یافته هر مغزه جابه‌جا نشود، به گونه‌ای که هر مغزه برش یافته از بالا به پایین با شماره‌های ۱، ۲ و ۳ مشخص می‌گردند، مثلاً 64-A-3، 64-A-2، 64-A-1. از هر مغزه ۳ تا ۴ قطعه نمونه بدست می‌آید. پس از برش، بر روی تک‌تک نمونه‌ها، با مازیک ضدآب شماره نمونه‌ها، نوشته می‌شود و فلش معرف جهت شیب (Dip Direction) مغزه رسم می‌گردد. سپس نمونه‌ها توسط اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، شستشو داده می‌شود. یعنی تقریباً به ازای هر لیتر آب حدود ۴cc (۴ سانتی-متر مکعب) اسید کلریدریک ۱ نرمال به آب اضافه می‌شود. مدت زمان قرارگیری نمونه‌ها در آب حاوی اسید ۲ ساعت می‌باشد (بوشه، ۱۹۹۷). در ضمن باید توجه داشت که در طی اسید شویی، شماره نمونه‌ها پاک نشود. با اسیدشویی، ذرات آهن‌دار و ناخالصی‌هایی که بر روی مغزه در حین حفاری و بعد از حفاری قرار گرفته‌اند، به صورت یون‌های محلول در آب درآمده و پس از شستشو از محیط خارج می‌شوند. بعد از ۲ ساعت، نمونه‌ها با آب خالص شسته شده و به کمک برس پلاستیکی یا مسواک تمیز می‌گردند. نمونه‌ها پس از خشک شدن، برای اندازه‌گیری با دستگاه مغناطیس سنج آماده هستند.

۳-۵- خطاها

در طی نمونه برداری، ممکن است خطاهایی صورت گیرد که آگاهی داشتن نسبت به آنها، امکان بروز این خطاها را به حداقل و یا حتی به صفر می‌رساند. این خطاها که عمدتاً به صورت تجربی و در خلال کار به وجود آنها پی برده شده است، عبارتند از:

(۱) قرائت نادرست شیب و جهت شیب توسط کمپاس (اشتباه چشمی یا تأثیر مواد فلزی نزدیک کمپاس).

(۲) نگارش اشتباه شیب و جهت شیب، شماره نمونه یا ایستگاه و موقعیت جغرافیایی در دفتر یادداشت صحرائی.

(۳) رسم نادرست و کم دقت فلش معرف جهت شیب بر روی مغزه.

(۴) نگارش اطلاعات یک مغزه برای مغزه دیگر.

(۵) ترسیم نامتعادل خطوط مربوط به جهت شیب بر روی بدنه مغزه (این خطوط باید به گونه‌ای رسم گردد که مغزه را به دو بخش مساوی تقسیم کند).

(۶) چرخش و تکان خوردن مغزه از جایگاه اولیه خود در زمین قبل از ثبت شیب و جهت شیب.

(۷) رسم نادرست سمت هاشورخوردۀ خط امتداد یافته از سر فلش معرف جهت شیب.

(۸) ثبت نادرست اسم نمونه بر روی مغزه.

(۹) ناخوانا بودن و پاک شدن نوشته‌های روی مغزه.

(۱۰) جابه‌جا شدن ترتیب قرارگیری نمونه‌های حاصل از برش یک مغزه

(۱۱) پاک شدن شماره نمونه‌ها توسط اسید.

۳-۶- خصوصیات و روش کار دستگاه

در این پژوهش حساسیت مغناطیسی نمونه‌های مورد مطالعه توسط دستگاه حساسیت‌سنج مغناطیسی مدل (FA) MFK1-FA (Multi Functions Kappabridge) در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود اندازه‌گیری شده است. میدان مغناطیسی برابر ۲۰۰ میلی تسلا (T) است و دارای شدت ثابتی است. این دستگاه قادر است حساسیت مغناطیسی نمونه‌ها را تا دقت 10^{-8} SI اندازه‌گیری کند.

دستگاه MFK1-FA یکی از جدیدترین، بهترین و دقیق‌ترین وسایل آزمایشگاهی موجود در دنیاست که برای اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی نمونه‌های سنگی و خاکی استفاده می‌شود. این دستگاه مزیت‌های زیادی نسبت به دیگر دستگاه‌های موجود دارد از جمله: حساسیت بالا، میانگین-گیری خودکار، چرخش آرام نمونه، اندازه‌گیری سریع آنیزوتروپی مغناطیسی، کارکرد آسان، دقت بالا، کنترل کامل با کامپیوتر، نیاز به تنها ۳ بار تغییر در وضعیت قرارگیری نمونه، هشدار هوشمند دستگاه در صورت بروز مشکل و صفر کردن (Zeroing) در طول اندازه‌گیری به طور خودکار. دستگاه شامل سه قسمت است:

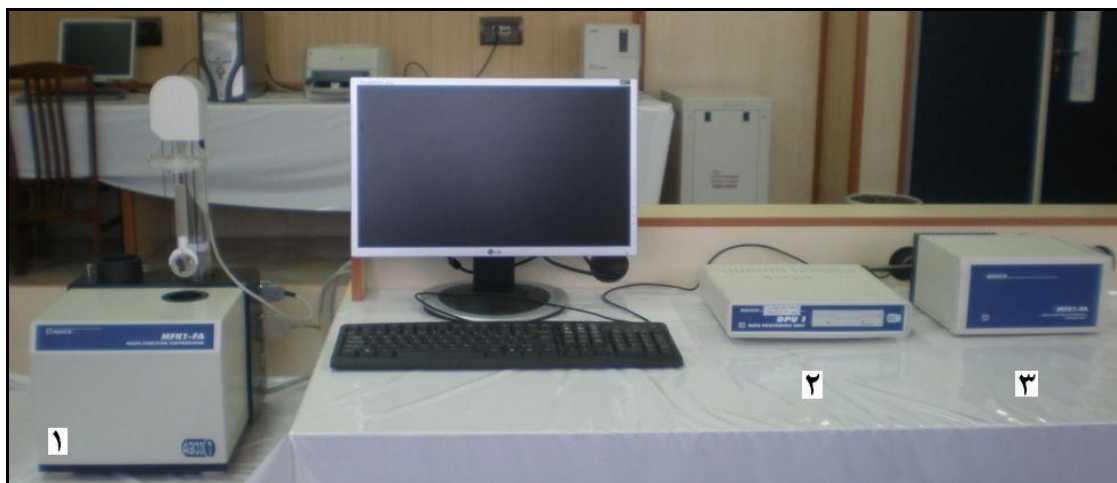
۱- ریز پردازشگر (Microprocessor)، ۲- واحد پردازش داده {Data Processing Unit- (DPU)} و ۳- بخش اندازه‌گیری کننده Kappabridge (شکل ۳-۱۳).

تمامی عملکردهای دستگاه توسط قسمت پردازشگر داده و ریز پردازشگر کنترل می‌شود. واحد پردازش داده و ریز پردازشگر به دستگاه اندازه‌گیری متصل می‌شوند. سیگنال‌های خروجی از محفظه اندازه‌گیری تقویت شده، فیلتر شده و به صورت داده‌های دیجیتال به ریز پردازشگر و واحد پردازش داده منتقل می‌شود. در این پژوهش، اندازه‌گیری به صورت چرخشی است و نمونه با سرعت کم در درون محفظه اندازه‌گیری حول ۳ محور (X, Y, Z) چرخش می‌کند. بنابراین دقت اندازه‌گیری بیش از پیش افزایش می‌یابد. از آنجایی که محور چرخش دستگاه ثابت است از این رو با قرار دادن محورهای

X, Y, Z در راستای محور چرخش دستگاه کاپابریج، این امر عملی می‌شود. در ضمن حساسیت مغناطیسی کل نمونه مورد نظر، حول محور Z در حالت ثابت و بدون چرخش اندازه‌گیری می‌شود. در بخش‌های آتی این امر به تفصیل بحث خواهد شد.

در هنگام اندازه‌گیری، می‌توان حساسیت مغناطیسی زمینه محیط اندازه‌گیری یا به عبارتی پس زمینه مغناطیسی محیط آزمایشگاه را حذف کرد. دستگاه قادر است تغییرات حساسیت مغناطیسی را در سطوح عمود بر محور چرخش اندازه‌گیری کند. چون موقعیت اندازه‌گیری در ۳ جهت عمود برهم تنظیم گردیده، زمان اندازه‌گیری کاهش می‌یابد. نرم افزار Safyre که بر روی واحد پردازش داده DPU نصب شده است، عملکرد دستگاه را کنترل می‌کند و دستورات لازم برای هدایت روند اندازه‌گیری را به عهده دارد.

لازم به ذکر است ترتیب قرار گیری اجزا فوق باید طوری باشد که ریزپردازشگر از بخش اندازه‌گیری کننده دورتر باشد. ترتیب صحیح قرارگیری این اجزا در آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود رعایت شده و به شکل ۳-۱۳ است.



شکل ۳-۱۳- دستگاه MFK1-FA شامل سه قسمت (۱): بخش اندازه‌گیری کننده Kappabridge. (۲): واحد پردازش داده (Data Processing Unit-DPU) (۳): ریز پردازشگر (Microprocessor).

انتخاب مکان مناسب برای قراردادن دستگاه حساسیت سنج مغناطیسی بسیار مهم است زیرا برخی تجهیزات نزدیک به دستگاه، بر روی اندازه‌گیری‌ها تأثیر می‌گذارند. بهتر است ریزپردازشگر نزدیک به

دستگاه کاپابریج نباشد و در واقع واحد پردازش داده و مانیتور در بین دستگاه کاپابریج و ریزپردازشگر قرار گیرد. چون نوسانات برق ریزپردازشگر بر روی میدان مغناطیسی تأثیر می‌گذارد، مقدار حساسیت مغناطیسی اندازه‌گیری شده را تحت تأثیر قرار داده و ممکن است به بروز خطا منجر گردد. با توجه به این موضوع دستگاه نباید در نزدیکی منابع الکتریکی متغیر نظیر لامپ برق، سیم‌های جریان برق و منابع گرمایی نظیر بخاری و شوفاژ قرار گیرد. همچنین باید از قرار دادن دستگاه در معرض حرارت مستقیم و نور خورشید خودداری شود. بهتر است موقعیت دستگاه ثابت باشد و حتی المقدور از جابه‌جایی دستگاه پرهیز شود. تغییرات شرایط آب و هوایی باعث تغییرات دمایی بالایی در محفظه اندازه‌گیری می‌شود و بایستی دما در آزمایشگاه تا حد امکان ثابت نگه داشته شود.

در کل تغییرات دمایی نباید از ۲ درجه سانتی‌گراد در ساعت بیشتر باشد. جریان مستقیم هوا به داخل آزمایشگاه (باز بودن درها و پنجره‌ها) بر روی روند اندازه‌گیری تأثیر می‌گذارد. لذا در موقع اندازه‌گیری باید درها و پنجره‌ها بسته باشد. در موقع اندازه‌گیری، کاربر باید از همراه داشتن موبایل، دسته کلید، ساعت، طلا و زیورآلات فلزی خودداری کند.

در نهایت، برای پیشگیری از صدمه دیدن دستگاه، علاوه بر نکات ذکر شده باید به مطالب زیر نیز دقت نمود: از تجهیزات استاندارد کارخانه سازنده دستگاه نظیر کابل و فیوز مناسب جهت اتصال دستگاه به منبع نیرو یا جریان الکتریسیته استفاده شود. در شرایط نمناک، مرطوب و دارای بخار از دستگاه استفاده نشود. منبع نیرو دارای ولتاژ مناسب و استاندارد باشد. در هنگام روشن بودن دستگاه از جدا کردن اتصالات خودداری شود.

برای تمیز کردن دستگاه، از جمله محفظه نگهدارنده نمونه و تسمه چرخاننده بایستی از آب خالص و برس نرم استفاده شود. بخش بالا و پایین رونده نیز با چرخاندن یک تکه کاغذ سفید در درون استوانه آن تمیز می‌شود. هرگز از الکل برای تمیز کردن دستگاه استفاده نشود زیرا به علت گرمای تبخیر پایین، به دستگاه آسیب می‌رساند.

برخی از ویژگی‌های دستگاه MFK1-FA در جدول ۳-۲ ارائه شده است.

جدول ۳-۲- برخی از ویژگی‌های دستگاه حساسیت‌سنج مغناطیسی MFK1-FA

اندازه نمونه	در روش نمونه در حال چرخش	در روش نمونه ثابت
قطر استوانه (در مورد نمونه‌های استوانه‌ای شکل)	۲۵/۴ میلی‌متر (خطای ابعاد ۲ تا ۱/۵- میلی‌متر)	۲۵/۴ میلی‌متر (خطای ابعاد ۱ تا ۱- میلی‌متر)
طول استوانه (در مورد نمونه‌های استوانه‌ای شکل)	۲۲ میلی‌متر (خطای ابعاد ۰/۵ تا ۱/۵- میلی‌متر)	۲۲ میلی‌متر (خطای ابعاد ۲ تا ۱/۲- میلی‌متر)
مکعب (در مورد نمونه‌های با اضلاع مکعبی شکل)	۲۰ میلی‌متر (خطای ابعاد ۰/۵ تا ۱/۵- میلی‌متر)	۲۰ میلی‌متر (خطای ابعاد ۰/۵ تا ۲- میلی‌متر)
مکعب		۲۳ میلی‌متر (خطای ابعاد ۰/۵ تا ۲- میلی‌متر)
جعبه ODP		۱۹,۵x۲۵x۲۶ (میلی‌متر مکعب)
حجم کل محفظه قرارگیری نمونه		۴۰ سانتی‌متر مکعب
قطر درونی قسمت بالا و پایین رونده	۴۳ میلی‌متر	
حجم اسمی نمونه	۱۰ سانتی‌متر مکعب	
فرکانس دستگاه	در F1، ۹۷۶ هرتز؛ در F2، ۳۹۴ هرتز و در F3، ۱۵۶۱۶ هرتز	
شدت میدان	در F1، ۲ تا ۷۰۰؛ در F2، ۲ تا ۳۵۰ و در F3، ۲ تا ۲۰۰ (آمپر بر متر)	
یکنواختی میدان (در ۹۷۶ و ۳۹۰۴ هرتز)	در F1 و F2، ۰/۵ درصد	
یکنواختی میدان (در ۱۵۶۱۶ هرتز)	در F3، ۱ درصد	
میانگین‌گیری (در F1 ۹۶۷ هرتز)	از صفر تا ۰/۹ SI	
میانگین‌گیری (در F2 ۳۹۰۴ هرتز)	از صفر تا ۰/۳ SI	
میانگین‌گیری (در F3 ۱۵۶۱۶ هرتز)	از صفر تا ۰/۷ SI	
میزان حساسیت مغناطیسی دستگاه در F1 (۴۰۰ آمپر بر متر)	3×10^{-8} (AMS و حجم در روش نمونه ثابت)	
میزان حساسیت مغناطیسی دستگاه در F1 (۴۰۰ آمپر بر متر)	2×10^{-8} (AMS و حجم در روش نمونه چرخشی)	
میزان حساسیت مغناطیسی دستگاه در F2 (۲۰۰ آمپر بر متر)	5×10^{-8} (AMS و حجم در روش نمونه ثابت)	
حساسیت مغناطیسی در F3 (۲۰۰ آمپر بر متر)	1×10^{-8} (AMS و حجم در روش نمونه ثابت)	
میانگین دمای هوا در حین کار با دستگاه	۱۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد	

ادامه جدول ۲-۳

درجه دقت با یکبار میانگین گیری	۰/۱ درصد
درجه دقت میانگین کلی	۰/۳ درصد
درجه دقت کالیبراسیون مطلق	۳ درصد
شدیدترین میدان الکترومغناطیسی موجود	۱ ولت بر متر
ولتاژ مورد نیاز	۱۰ ± ۲۴۰، ۲۳۰، ۱۲۰، ۱۰۰ درصد، ۵۰ تا ۶۰ هرتز
ولتاژ مصرفی	۴۰ ولت آمپر
رطوبت نسبی	حداکثر ۸ درصد
وزن و اندازه دستگاه اندازه گیری	۴ کیلوگرم و ۱۳۰ x ۲۲۰ x ۲۳۵ (میلی متر مکعب)
وزن و اندازه دستگاه بالا و پایین رونده	۱۱ کیلوگرم و ۳۲۰ x ۳۵۵ x ۲۸۰ (میلی متر مکعب)
وزن و اندازه دستگاه چرخاننده	۱۱ کیلوگرم و ۷۰ x ۶۵ x ۳۲۰ (میلی متر مکعب)

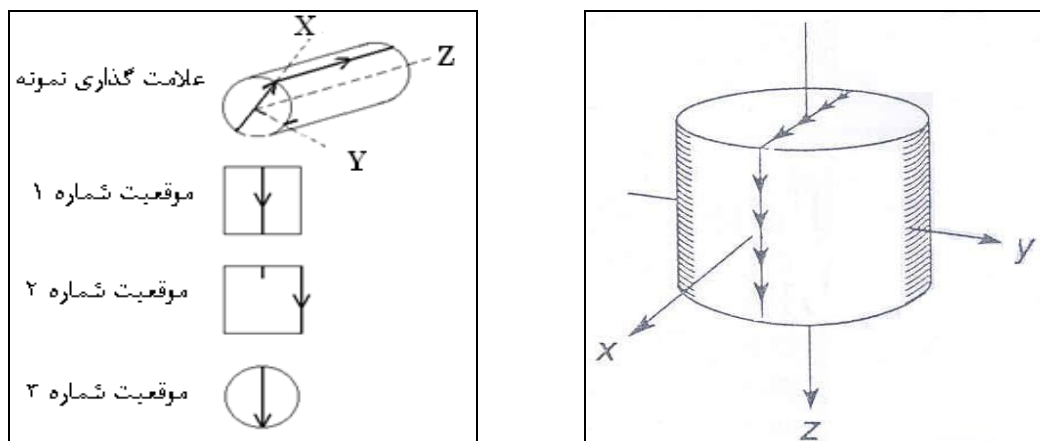
۳-۷- اصول کار با دستگاه

قبل از روشن کردن و شروع کار با دستگاه، باید تمامی شرایط ذکر شده، کنترل گردد و از اتصال کابل‌ها به محل‌های مربوطه مطمئن شد. اگر قسمتی از اتصالات مشکل داشته باشند پیام هشدار بر روی صفحه مانیتور ظاهر می‌شود و در غیر اینصورت دستگاه با محیط پیش فرض داس (Dos) روشن می‌گردد. از منوی اصلی محیط Dos می‌توان نرم‌افزار Safyre.exe را اجرا کرد. دستگاه به طور خودکار، قبل از ورود به محیط نرم‌افزار، تمام شرایط لازم برای اندازه‌گیری را کنترل کرده و در صورت نبود مشکل در تنظیمات پیش فرض، وارد صفحه اندازه‌گیری می‌شود.

۳-۷-۱- اندازه‌گیری AMS با روش نمونه چرخشی

اندازه‌گیری AMS با روش نمونه چرخشی در این دستگاه به گونه‌ای است که در هنگام اندازه‌گیری، نمونه به آرامی حول ۳ محور عمود بر هم می‌چرخد و به سنجش اختلاف حساسیت مغناطیسی نمونه در حین چرخش منجر می‌شود. به طور کامل‌تر می‌توان گفت هر نمونه در محل قرارگیری نمونه در دستگاه ثابت است و حساسیت مغناطیسی نمونه در ۴ حالت سنجیده می‌شود، به نحوی که هر بار که نمونه داخل محفظه اندازه‌گیری می‌شود، حول یکی از محورهای X، Y و Z دو بار چرخش می‌کند

و در حالت چهارم، بدون چرخش، حساسیت مغناطیسی میانگین کل آن بدست می‌آید. نمونه در حالت چهارم به صورت ثابت نگه داشته می‌شود، به گونه‌ای که در امتداد ثابت قرار گرفته است. به عبارتی نمونه حول محور Z ثابت نگه داشته می‌شود و حساسیت مغناطیسی آن اندازه‌گیری می‌شود (شکل ۳-۱۴).



شکل ۳-۱۴- نمایش شماتیک علامت‌گذاری نمونه در موقعیت‌های مختلف و چرخش حول محورهای X ، Y و Z

دستگاه در هر ۶ درجه، یکبار مقدار حساسیت مغناطیسی نمونه را اندازه‌گیری می‌کند و در هر بار ورود نمونه ۶۴ اندازه‌گیری صورت می‌گیرد که جمعاً در ۳ جهت X ، Y و Z تعداد ۱۹۲ اندازه‌گیری انجام می‌شود. به دلیل تعداد زیاد اندازه‌گیری‌ها، این دستگاه از دقت بسیار بالایی برخوردار است. این اطلاعات به شکل یکسری پارامترهای خاص، قالب داده‌های خروجی دستگاه کاپابریج را تشکیل می‌دهد.

نرم‌افزار Safyre برای هماهنگی پردازشگر، قسمت چرخان و اندازه‌گیر دستگاه کاپابریج توسط شرکت آجیکو طراحی شده است. در این نرم‌افزار، هر کلید کیبورد یک کاربرد دارد و چون بر پایه سیستم DOS کار می‌کند، موس کارایی ندارد. پس از کنترل شرایط لازم توسط دستگاه، ابتدا صفحه اصلی اندازه‌گیری باز می‌شود.

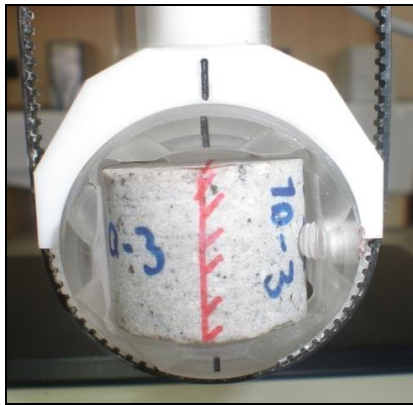
حال به معرفی کلیدها و کاربرد آنها می‌پردازیم:

کلید F1

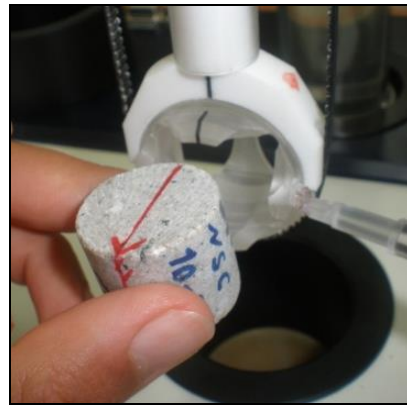
با فشار دادن کلید F1 واقع بر روی صفحه کلید، اولین مرحله اندازه‌گیری آغاز می‌شود. در این مرحله، نمونه را مطابق محور X در محفظه اندازه‌گیری قرار داده (شکل ۳-۱۵) و آن را توسط پیچ پلاستیکی موجود بر روی محفظه نگهدارنده نمونه، ثابت و محکم می‌کنیم، تا نمونه در محل خود به طور ثابت قرار گیرد و در طی اندازه‌گیری، نمونه از موقعیت اصلی خود خارج نشده، هیچ‌گونه چرخش اضافی انجام ندهد، به گونه‌ای که نمونه به همراه اهرم پایین رونده در داخل محفظه اندازه‌گیری فرومی‌رود یا به عبارتی فرآیند صفر کردن یا Zeoring صورت می‌گیرد و اندازه‌گیری شروع می‌شود. قبل از شروع چرخش نمونه، کاپابریج خود به خود صفر می‌شود. فرآیند Zeoring به طور خودکار یا اتوماتیک پس از روشن کردن دستگاه انجام می‌شود و انجام صحیح آن معرف سالم بودن دستگاه و به ویژه بخش چرخان یا Rotator می‌باشد. در صورت وجود مشکل در برنامه Zeoring و عدم توانایی Zeoring توسط Rotator، دستگاه قادر نیست بقیه دستورات نرم‌افزار Safyre را اجرا کند و عملاً هیچ‌کاری انجام نخواهد شد. سلامت Rotator به استفاده صحیح از آن و تمیز نگه داشتن تسمه پلاستیکی و سایر متعلقات Rotator بستگی دارد. سفت بستن بیش از حد تسمه پلاستیکی، باعث درگیر شدن چرخ دنده بر روی محفظه نگهدارنده و اهرم سفیدرنگ می‌شود. این کار باعث خورده شدن اهرم بازدارنده می‌شود که به خارج شدن تسمه از حالت استاندارد منجر شده و عملاً اندازه‌گیری‌ها مختل می‌شوند.



الف



ج



ب

شکل ۳-۱۵- الف نمایش بخش اندازه‌گیری کننده kappabridge. شکل ب و ج نحوه قرارگیری نمونه در مرحله F1.

با فشار دادن کلید F1، نمونه شروع به چرخش می‌نماید و در حین چرخش نمونه حساسیت مغناطیسی اندازه‌گیری می‌شود. بعد از اتمام چرخش و اندازه‌گیری، اهرم نگهدارنده نمونه به همراه نمونه بالا آمده و اطلاعات، ارزیابی شده و بر روی صفحه مانیتور ظاهر می‌شوند. این اطلاعات به صورت زیر در اختیار کاربر قرار می‌گیرند (جدول ۳-۳).

جدول ۳-۳- اطلاعات نمایش داده شده بر روی صفحه نمایش پس از اندازه‌گیری در هر مرحله.

Ax	RANG	Cosine	Sine	Error خطا برحسب 10^{-9}	Error% درصد خطا
1	1	-5.709 E -06	-2.102 E-06	8.2 E -09	0.14

A X نشان دهنده آن است که نمونه حول محور X چرخیده و اندازه‌گیری در صفحه YZ انجام

شده است. Rang نشان دهنده دامنه اندازه‌گیری انیزوتروپی است.

کلید F2

قبل از فشردن کلید F2 باید نمونه، ۹۰ درجه به سمت دست راست بچرخد یعنی نمونه طوری قرار گیرد که محور Y در راستای خط نشانه روی بدنه نگهدارنده نمونه قرار گیرد. با فشردن کلید F2 اهرم نگهدارنده محفظه نمونه پایین رفته و اندازه‌گیری انجام می‌شود. از آنجایی که محور چرخش دستگاه ثابت است، لذا بهتر است بگوییم محور Y در راستای چرخش دستگاه قرار می‌گیرد و به عبارت ساده‌تر نمونه حول محور Y می‌چرخد و در سطح XZ حساسیت مغناطیسی اندازه‌گیری می‌شود. بقیه مراحل مثل مرحله قبل است (شکل ۳-۱۶).



شکل ۳-۱۶- نحوه قرارگیری نمونه در مرحله F2.

کلید F3

در مرحله سوم، نمونه حول محور Z وارد محفظه اندازه‌گیری دستگاه شده و اندازه‌گیری انجام می‌شود. یعنی طوری نمونه در محفظه نگهدارنده نمونه قرار می‌گیرد که فلش معرف جهت شیب مغزه به سمت پایین قرار گیرد. به عبارت دیگر نمونه طوری قرار می‌گیرد که محور Z با راستای چرخش دستگاه در یک امتداد قرار گرفته است. سپس کلید F3 را فشار می‌دهیم. در این حالت چرخش نمونه حول محور Z و اندازه‌گیری در سطح XY انجام می‌شود (شکل ۳-۱۷).



شکل ۳-۱۷- نحوه قرارگیری نمونه در مرحله F3.

کلید F4

با فشردن این کلید، اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی کل، در راستای محور Z یا همان حالت سوم انجام می‌شود و به تغییر موقعیت نمونه نیازی نیست، البته به شرطی که از مرحله سوم به مرحله چهارم وارد شده باشیم. در این حالت، نمونه ثابت نگه داشته می‌شود و چرخش در حالت ثابت و در راستای محور Z انجام می‌شود. این کار باعث می‌شود تعبیر و تفسیرها با دقت بیشتری انجام شود. قبل از هر بار پایین رفتن، اهرم دستگاه به طور خودکار روی موقعیت صفر تنظیم می‌شود. صفر کردن قابلیت است که بعد از وارد کردن نمونه در محفظه نگهدارنده انجام می‌شود و نمونه در محفظه نگهدارنده در جایگاه صحیح قرار می‌گیرد.

لازم به ذکر است در صورتی که در هر یک از مراحل F1 تا F4 اشتباهی رخ دهد، با تکرار آن مرحله، می‌توان اندازه‌گیری را به طور مجدد انجام داد. در ضمن اگر نمونه در موقعیت صحیح خود قرار گیرد، ترتیب انجام وظایف مربوط به کلیدهای F1 تا F4 چندان هم مهم نیست، ولی بهتر است این کار با ترتیب ذکر شده انجام شود.

کلید F5

کلید F5 معادل ارزیابی (Evaluation) می‌باشد. پس از اتمام اندازه‌گیری (مراحل F1 تا F4)، باید کلید F5 را فشار داد تا داده‌ها ارزیابی شود. این کلید در وضعیتی قابل دسترس است که مراحل اندازه‌گیری

تکمیل شده باشند. در این مرحله، پارامترهای مربوط به نمونه اندازه گیری شده، تدوین می گردد. قبل از اجرای این مرحله، سایر مراحل F1 تا F4 تکرارپذیر است. بنابراین وقتی کلید F5 فعال شد، دیگر مراحل قبل را نمی توان تکرار کرد و در صورت نیاز باید کل مراحل اندازه گیری نمونه را از ابتدا آغاز کرد. با فشردن کلید F5 کلیه اطلاعات مبتنی بر اندازه گیری های مغناطیسی و پارامترهای مربوط به آن در یک صفحه بر روی مانیتور به کاربر نشان داده می شوند.

پس از فشردن کلید F5 و قبل از باز کردن صفحه کلیات، سؤال هایی در مورد مشخصات نمونه بر روی مانیتور نمایان می شود که کاربر باید متناسب با اطلاعات مبتنی بر دستورالعمل کار با دستگاه و نرم افزار یا آموزش های قبلی خود به آنها جواب دهد. این سؤالات به صورت زیر است. هر سوال تک تک عنوان می شود به طوری که پس از جواب دادن به هر کدام، سؤال بعدی ظاهر می شود.

– مسیری که اطلاعات در آن باید ذخیره شود؟ برای مثال Path? C:

نام فایل ذخیره که اطلاعات در آن ذخیره خواهد شد؟ Name of file? Zafarghand

نام فایل نباید بیشتر از ۸ حرف یا کاراکتر باشد و از نقطه و ممیز نیز نباید استفاده شود.

– نام نمونه؟ Specimen name? GZ-26-1A

اگر مرحله F5، برای اولین بار بعد از اندازه گیری اجرا شود، در ادامه پرسش های بالا، این سؤالات نیز بر روی مانیتور ظاهر می شود.

این سؤال در مورد روش وارد کردن داده جهت دار مطرح می شود.

Select:

Using geological file [1]

Manual input from memo-book [2]

Non-oriented specimen [3]

[1] – اگر فایل داده زمین شناسی قبلاً ایجاد شده باشد با انتخاب گزینه [1] بازخوانی می شود. این

فایل توسط برنامه Anisoft ایجاد می شود. با فشردن کلید 1 بر روی صفحه کلید، این گزینه انتخاب می شود.

[3] - در صورت انتخاب گزینه [3] که با فشردن کلید 3 صفحه کلید، این کار انجام می‌شود، به ورود اطلاعات و داده زاویه‌داری نیاز نیست.

[2] - اگر این گزینه انتخاب شود، سؤالات زیر مطرح می‌گردد:

Manual input from memo-book [2]

2 Sampling angles? - دو زاویه شیب و جهت شیب مغزه؟

[2] لازم به ذکر است که در این پژوهش گزینه [2] استفاده شده است.

در اینجا باید مشخصات نمونه یعنی به ترتیب جهت شیب و مقدار شیب مغزه که توسط کمپاس در صحرا اندازه‌گیری شده، را وارد کرد. ابتدا جهت شیب و سپس شیب نمونه وارد می‌گردد. به طور مثال جهت شیب و شیب نمونه GZ-1-1A به ترتیب 157 و 81 می‌باشد که به صورت 157,81 وارد می‌شود. لازم به ذکر است که اعداد باید حتماً توسط علامت کاما (,) از یکدیگر تفکیک شوند.

بعد از وارد کردن شیب و جهت شیب، سؤال زیر مطرح می‌شود:

Number of tectonic systems (0 to 2):

چون این اندازه‌گیری بر روی سنگ غیرمتورق انجام شده، باید عدد صفر 0 وارد شود. در صورتی که سنگ متورق باشد باید از گزینه‌های [1] یا [2] استفاده شود. اگر در اندازه‌گیری‌ها برگوارگی یا فولیاسیون اندازه‌گیری شده باشد، با توجه به پیش فرض‌های نرم افزار می‌توان از گزینه‌های 1 یا 2 استفاده کرد. با وارد کردن کامل این اطلاعات، برنامه به مرحله بعد رفته و صفحه نتایج را نشان می‌دهد. در این صفحه (شکل 3-18) کلیه اطلاعات بدست آمده توسط کاپابریج را می‌توان مشاهده و کنترل کرد. با فشردن کلید ESC برنامه از این صفحه خارج می‌شود.

کلید F6

این کلید برای وارد کردن حجم واقعی نمونه‌ای است که باید پارامترهای مغناطیسی آن اندازه‌گیری شود. اگر همه نمونه‌ها در یک مجموعه حجم مشابه داشته باشند، کافی است تنها حجم یکی از آنها را یک مرتبه وارد کرد. این تنظیمات حتماً باید قبل از اندازه‌گیری‌های مغناطیسی صورت گیرد.

کلید F7

این گزینه، کلید Help یا کمک می‌باشد و دسترسی به صفحه راهنمای طراحی شده در نرم‌افزار با فشردن این کلید امکان‌پذیر است.

کلید F8

این گزینه، کلید Stop یا توقف است. کاربرد آن متوقف کردن عملیات و بالا آمدن اهرم و نمونه است. در صورتی که به هر دلیلی بخواهیم اندازه‌گیری را متوقف کنیم، کلید F8 را فشار می‌دهیم تا اجرای برنامه متوقف شود.

NZ-1-1A ANISOTROPY OF SUSCEPTIBILITY Program SAFYR ver.2.4							

Azi	157	O.P. : 12 90 12 0			Nom. vol. 10.00		
Dip	81	Demag. fac. : YES			Holder	0.00E+00	Act. vol. 11.20
T1	F1	L1	T2	F2	L2		
00	0/0	0/0	00	0/0	0/0		
Field	Mean	Standard	Tests for anisotropy				
[A/m]	susc.	err. [%]	F	F12	F23		
200 F1	7.823E-03	0.007	36081.7	73.1	57828.0		
Normed principal susceptibilities			95% confidence angles				
			Ax1	Ax2	Ax3		
1.0100	1.0089	0.9811	6.0	0.3	0.3		
+ 0.0001	0.0001	0.0000	0.3	6.0	0.3		
Anisotropy factors (principal values positive)							
L	F	P	P	T	U	Q	E
1.001	1.028	1.029	1.033	0.923	0.922	0.040	1.027
Principal directions			Normed tensor				
Specimen D	44	135	288	1.0094	1.0087	0.9819	
system I	4	9	80	0.0008	0.0045	-0.0014	
Geograph D	21	291	119	1.0094	1.0076	0.9830	
system I	2	15	75	0.0012	-0.0061	0.0034	

شکل ۳-۱۸- در این شکل، صفحه نتایج، نمایش داده شده است. در صفحات بعد موارد نشان داده در این شکل به اختصار شرح داده شده است.

کلید F9

این کلید باعث تعلیق در عملیات فعلی می‌شود و اندازه‌گیری در حال انجام را متوقف می‌سازد.

کلید F10

کلید F10 برای وارد شدن به منوی کمکی (فهرست دستورات یا گزینه‌های کمکی) دستگاه است. منوی کمکی برای کنترل و تنظیم پیش فرض‌های تجهیزات دستگاه می‌باشد. با فشردن کلید F10، صفحه نمایش، دستورات بررسی پارامترهای اولیه دستگاه را نمایش می‌دهد. راهنمای کلیدهای منوی فرعی (صفحه دستورات اجرایی اصلی) در جدول ۳-۴ و راهنمای کلیدهای منوی اصلی (صفحه دستورات کمکی) در جدول ۳-۵ آورده شده است. اگر مشکل خاصی در روند مراحل اندازه‌گیری پیش نیاید، کابر تنها به استفاده از کلیدهای F1 تا F5 نیاز دارد. روند اندازه‌گیری کلیه نمونه‌ها همان‌گونه که در بالا ذکر شد مثل قبل است و همان مراحل دوباره اجرا می‌گردد.

جدول ۳-۴- راهنمای کلیدهای منوی اصلی

اندازه‌گیری انیزوتروپی در ۱۵ جهت در نگهدارنده‌های دستی (دستگاه‌های مدل FB و B).	F1 <Dir15>
اندازه‌گیری انیزوتروپی در موقعیت شماره ۱، چرخش حول محور X (دستگاه‌های مدل FA و A).	F1 <Ax1>
اندازه‌گیری انیزوتروپی در موقعیت شماره ۲، چرخش حول محور Y.	F2 <Ax2>
اندازه‌گیری انیزوتروپی در موقعیت شماره ۳، چرخش حول محور Z.	F3 <Ax3>
اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی کل در موقعیت شماره ۳ (دارای جهت).	F4 <TSus3>
اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی در حالت کلی.	F4 <TSus>
جهت تنظیم میدان.	F5 <Field>
در پایان اندازه‌گیری در تمام موقعیت‌ها، کلید <Eval> روشن می‌شود و اطلاعات نمونه را می‌توان از طریق صفحه کلید وارد کرد، یا از داخل پوشه زمین‌شناسی قرائت کرد. در این مرحله، تنسور و پارامترهای انیزوتروپی محاسبه می‌گردند.	F5 <Eval>
وارد کردن حجم واقعی نمونه در روش حجمی.	F6 <ActVol>
وارد کردن وزن واقعی نمونه در روش وزنی.	F 6 <Mass>
این گزینه دستیابی به تشریح عملکردها را امکان‌پذیر می‌سازد.	F7 <Help>
برای تنظیم فرکانس دستگاه‌های مدل FA و FB استفاده می‌شود.	F8 <Freq>
فرایند اندازه‌گیری را متوقف می‌کند ولی اطلاعات قبلی را حفظ می‌کند.	F8 <Stop>
فرایند اندازه‌گیری را متوقف و اطلاعات قبلی را حذف می‌کند.	F9 <Kill>
برای وارد شدن به منوی کمکی.	F10 <Aux>

جدول ۳-۵- نمایش فهرست دستورات یا گزینه‌های کمکی

در این حالت حساسیت مغناطیسی کل نمونه اندازه‌گیری می‌شود. این گزینه برای نمونه‌های سنگی و پودری کاربرد دارد (BSUS= Bulk Susceptibility).	F1 <BSus>
گزینه‌های کمکی (که غالباً برای تنظیم پیش فرض‌های دستگاه کاپابریج می‌باشد و یا برای تست و کنترل آن کاربرد دارد).	F2 <ACmd>
در حالتی که بخش بالا و پایین برنده غیرفعال شده باشد، وظیفه بالا یا پایین بردن محور نگهدارندهٔ محفظهٔ نمونه و کنترل آن را دارد. در حالت متعارف دستگاه به طور اتوماتیک این کار را انجام می‌دهد.	Up/Down
فعال و غیرفعال کردن دستگاه بالا و پایین رونده.	Enable/Disable
فعال و غیرفعال کردن موتور چرخاننده.	Enable/Disable Rotator
تنظیم کاپابریج و صفر کردن آن.	Zeroing
تنظیم دستگاه نگه‌دارنده در بالا و تنظیم چرخاننده با محور چرخش.	Init
وارد کردن جهت‌های متداول حساسیت مغناطیسی نمونهٔ استاندارد برای کالیبراسیون.	F2 <CStd>
تعریف و بیان پارامترهای جهت‌یابی یا جهت‌گیری.	F2 <Or Par>
مجموعه‌ای از فاکتورهای انیزوتروپی.	F2 <An Fac>
تنظیم روش حجمی برای اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی حجمی.	F2 <Vol>
تنظیم روش جرمی برای اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی جرمی.	F2 <Mass>
اجرای تست اندازه‌گیری با سنجش خطای استاندارد.	F2 <Sigma>
لیست کردن فایل‌های مربوطه.	F2 <List>
کالیبراسیون.	F3 <Cal>
اندازه‌گیری مقادیر واقعی و استاندارد حساسیت مغناطیسی- این مقادیر از حساسیت اندازه‌گیری شده، کم می‌شوند (حساسیت مغناطیسی فضای اطراف نمونه و داخل کویل را اندازه‌گیری می‌کند).	F4 <Holder>
تنظیم شدت میدان مغناطیسی.	F5 <Field>
وارد کردن حجم واقعی نمونه (بسته به اینکه براساس حجم یا جرم اندازه‌گیری شود).	F6 <ActVol>
وارد کردن وزن واقعی نمونه برای اینکه حساسیت مغناطیسی متناسب با آن تصحیح گردد.	F6 <Mass>
با انتخاب این گزینه به دستورالعمل‌های کمکی دستگاه دسترسی پیدا می‌کنیم.	F7 <Help>
تنظیم فرکانس.	F8 <Freq>
با فشردن این کلید، عملیات متوقف می‌شود و نمونه به حالت اولیه برمی‌گردد.	F9 <Kill>
بازگشت به منوی اصلی.	F10 <Main>

نتایج نمایش داده شده در شکل ۳-۱۸ بدین گونه است:

Azi : آزیموت شیب یا جهت شیب (اولین زاویه جهت یابی).

Dip : مقدار شیب مغزه (دومین زاویه جهت یابی).

O.P : پارامترهای جهت یابی (در بخش پارامترهای جهت یابی در صفحات بعد به طور کامل توضیح

داده خواهد شد). لازم به ذکر است تنظیم پارامترهای جهت یابی متناسب با روش نمونه برداری امری

ضروری است.

Nom.vol. : حجم اسمی استوانه پلاستیکی (10 cm^3).

Act.vol. : حجم واقعی نمونه های اندازه گیری شده در کارهای متداول (اغلب $11/2 \text{ cm}^3$).

Demag.fac. : در مورد فاکتور مغناطیس زدایی اطلاعاتی را در اختیار کاربر قرار می دهد.

Holder : حساسیت مغناطیسی فضای اطراف محفظه نگهدارنده نمونه و داخل کوئل اندازه گیری،

تعیین یا ارزیابی می شود.

T1 : کد اولین جفت خطوارگی (لیناسیون) و برگوارگی (فولیاسیون) مزوسکوپی.

F1 : مشخصات قطب برگوارگی در سری اول (جهت شیب و مقدار شیب).

L1 : مشخصات خطوارگی در سری اول (جهت شیب و مقدار شیب).

T2 : کد تعریف شده برای خطوارگی و برگوارگی مزوسکوپی.

F2 : زوایای جهت یابی برای قطب برگوارگی ثانویه.

L2 : زوایای جهت یابی برای خطوارگی ثانویه.

Field and Frequency : میدان پیک بر حسب A/M و فرکانس F1، F2 یا F3.

Mean : حساسیت مغناطیسی میانگین.

Standard errors. [%] : خطای استاندارد حساسیت مغناطیسی اندازه گیری شده.

F, F12, F23 : آماری از آزمون تک محوری، سه محوری و انیزوتروپی.

Normed principal susceptibilities : مقادیر حساسیت مغناطیسی اصلی تعدیل شده براساس

فاکتور تعدیل و خطاهای تخمین مربوط به آن.

95% confidence angles, e12, e23, e13 : میزان قابل اعتماد بودن زوایای بدست آمده

برای K1، K2 و K3. برای مثال این عبارت بدین معناست که مقدار قابل اعتماد بودن زاویه‌ها در حد

۹۵ درصد می‌باشد. یعنی کار از دقت بالایی برخوردار است.

Anisotropy factors : مقادیر فاکتورهای انیزوتروپی انتخاب شده.

Principal Directions : راستاهای اصلی که حساسیت مغناطیسی در آن جهات اندازه‌گیری شده

یا می‌شود.

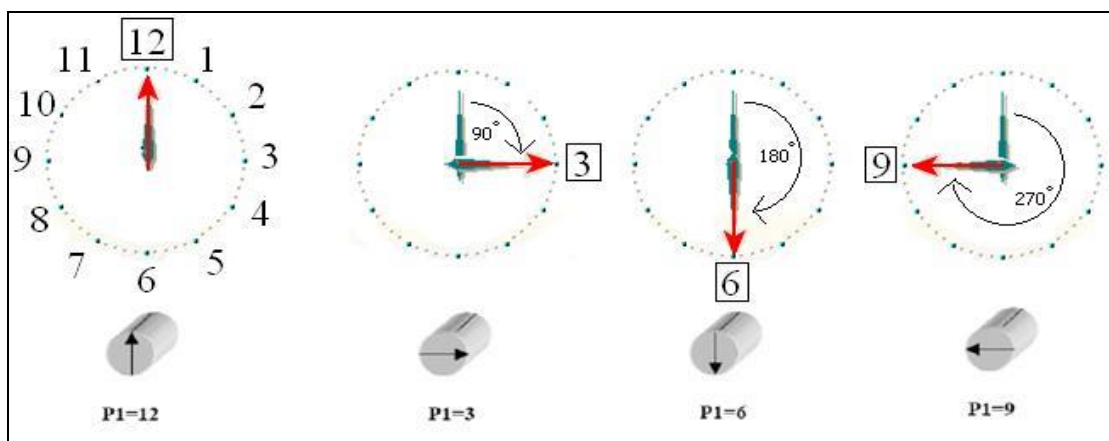
Normed tensor : مقادیر تنسور حساسیت مغناطیسی تعدیل یافته در سیستم مختصات مقتضی.

۳-۸- پارامترهای جهت‌یابی O.P^۱

برای انجام مطالعات مغناطیسی به ویژه برای بررسی انیزوتروپی مغناطیسی و پالئومغناطیس لازم است نمونه‌ها، به صورت جهت‌دار نمونه برداری شوند. شرکت‌های سازنده دستگاه‌های اندازه‌گیری کننده پارامترهای مغناطیسی، روش‌های متعددی را برای انطباق مشخصات نمونه و پارامترهای از پیش تعیین شده پیشنهاد و معرفی کرده‌اند. کاربر می‌تواند متناسب با نیاز خود از آن‌ها استفاده کند. با توجه به تنوع این پارامترها و برای رفع این مشکل، یک راه حل نرم افزاری ارائه شده است. این نرم افزار داده‌ها را از طریق پارامترهای جهت‌یابی تعریف شده، سیستم مختصات نمونه را به سیستم مختصاتی جغرافیایی، جغرافیای دیرینه و تکتونیکی تغییر می‌دهد، یا به عبارتی با این سیستم‌ها هماهنگ می‌سازد. این پارامتر را می‌توان به وضعیت قرارگیری عقربه‌های ساعت تشبیه کرد.

۱-O.P = Orientation Parameters

پارامتر P1: پارامتر P1 بدین صورت تعریف می‌شود که خط هاشورزده ترسیم شده بر روی بدنه مغزه، نقش ساعت ۱۲ را بازی می‌کند و مبنای بررسی می‌باشد. خطی که بر روی سطح بالایی مغزه ترسیم می‌شود، معرف جهت شیب می‌باشد و به عقربه ساعت تشبیه می‌شود (شکل ۳-۱۹).



شکل ۳-۱۹- این شکل وضعیت قرارگیری پارامترهای P1 در حالت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

P1=12 فلش معرف جهت شیب و خط هاشور دار روی بدنه مغزه در یک راستا قرار دارند.
P1=3 فلش معرف جهت شیب نسبت به خط هاشوردار روی بدنه مغزه، در جهت عقربه‌های ساعت، ۹۰ درجه اختلاف راستا دارد. لازم به ذکر است P1=3 با موقعیت عقربه ساعت‌نما برای ساعت ۳ تشابه مکانی دارد.

P1=6 فلش معرف جهت شیب نسبت به خط هاشوردار روی بدنه مغزه، در جهت عقربه‌های ساعت ۱۸۰ درجه اختلاف راستا دارد. به عبارت ساده‌تر، کاملاً در جهت مخالف یکدیگر قرار دارند. در ضمن P1=6 با موقعیت عقربه ساعت‌نما برای ساعت ۶ تشابه مکانی دارد.

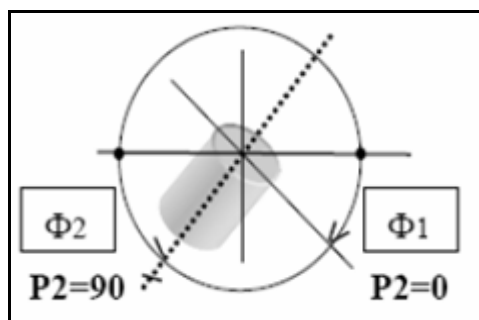
P1=9 فلش معرف جهت شیب نسبت به خط هاشوردار واقع بر روی بدنه مغزه، در جهت عقربه‌های ساعت، ۲۷۰ درجه اختلاف راستا دارد. به عبارت دیگر P1=9 با موقعیت عقربه ساعت‌نما، برای ساعت ۹ تشابه مکانی دارد.

با توجه به وضعیت نمونه برداری انتخابی ما که با آزمایشگاه‌های تحقیقاتی فرانسه (آزمایشگاه مغناطیس دانشگاه پل‌سباتیه^۱ تولوز) مطابقت می‌کند، از پارامتر $P1=12$ استفاده می‌کنیم و آن را به عنوان پیش فرض برای دستگاه معرفی کرده‌ایم. انتخاب صحیح پارامتر $P1$ امری بسیار مهم است.

پارامتر $P2$: مقدار این پارامتر به طور قراردادی 0 یا 90 است. اگر مقدار $P2$ برابر صفر باشد یعنی زاویه، متناظر مقدار شیب اندازه‌گیری شده است و مطابق شکل ۳-۲۰ برابر Φ_1 است. زاویه Φ_1 در حقیقت زاویه بین عمود بر صفحه محوری استوانه (قطب صفحه محوری) و خط افق می‌باشد. اگر مقدار $P2$ برابر 90 باشد یعنی شیب صفحه محوری استوانه، اندازه‌گیری شده است و برابر Φ_2 می‌باشد و برابر زاویه بین خط افق و سطح صفحه محوری می‌باشد. در این پژوهش اندازه‌گیری مقدار شیب مشابه روشی که در آن $P2=90$ در نظر گرفته می‌شود.

پارامتر $P3$: این پارامتر مقدار ساعت‌گردی است که جهت اندازه‌گیری شده در صحرا را نشان می‌دهد و متناسب با جهت فلش روی مغزه می‌باشد. در این پژوهش $P3$ را برابر ۱۲ در نظر گرفتیم.

پارامتر $P4$: این پارامتر، دو مقدار 0 یا 90 دارد. مقدار صفر معرف آن است که جهت شیب (آزموت شیب) و شیب برگوارگی مزوسکوپی اندازه‌گیری شده است. مقدار 90 نیز معرف آن است که امتداد (مثل سیستم غربی‌ها) و شیب اندازه‌گیری شده است.



شکل ۳-۲۰- با توجه به توضیحات ارائه شده در متن، این شکل چگونگی تعریف پارامتر $P2$ را نشان می‌دهد.

به طور کلی در این پژوهش پارامترهای P1 تا P4 به صورت زیر تعریف شده‌اند.

$$P1=12$$

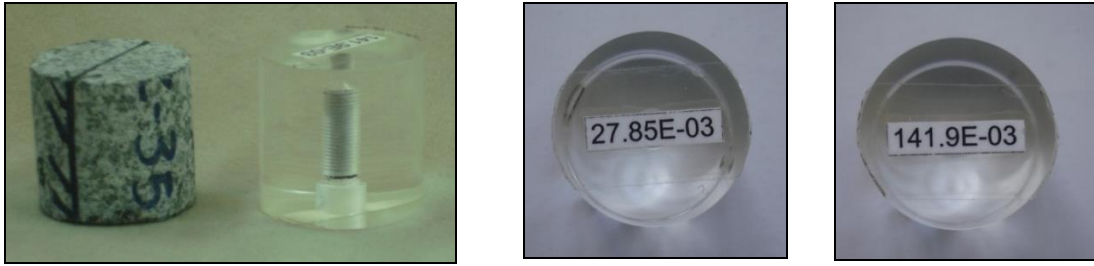
$$P2=90$$

$$P3=12$$

$$P4=0$$

۳-۹- کالیبراسیون دستگاه

در ابتدای اندازه‌گیری و بعد از انجام تعدادی اندازه‌گیری، بهتر است دستگاه کالیبره شود. برای اطلاع داشتن از صحت کارکرد دستگاه MFK1-FA شرکت آجیکو یک نمونه استاندارد ارائه کرده است. نمونه کالیبراسیون استاندارد، جهت کالیبراسیون، همراه دستگاه مذکور به استفاده کنندگان عرضه می‌شود، نمونه کالیبراسیون استاندارد به صورت یک استوانه پلاستیکی است و در درون آن یک جسم دارای حساسیت مغناطیسی معین، جای داده شده است و به صورت میله‌ای یا استوانه‌ای شکل و نقره‌ای رنگ می‌باشد که در راستای ارتفاع استوانه قرار دارد. برای کالیبراسیون نیز باید حتماً نمونه استاندارد در حالت قائم در محل محفظه نگهدارنده نمونه قرار گیرد. در دو سر نمونه استاندارد دو عدد مختلف نوشته شده است (شکل ۳-۲۱). در پژوهش صورت گرفته و مطابق با سفارش کارشناس رسمی نصب و راه‌اندازی دستگاه MFK1-FA عدد $10^{-3} \times 141/9 \mu SI$ (۱۴۱/۹) مبنای بررسی کنترل صحت و کارکرد دستگاه قرار گرفت. میزان حساسیت مغناطیسی حجمی حداکثر برابر $10^{-3} \times 136/7$ است. کلید Cal3 یا F4 در منوی فرعی برای کالیبراسیون دستگاه استفاده می‌شود. بدین منظور نمونه استاندارد را در محفظه نگهدارنده گذاشته و کلید F3 را فشار می‌دهیم پس از اندازه‌گیری اطلاعات مندرج در جدول ۳-۶ در صفحه مانیتور نمایش داد می‌شود.



شکل ۳-۲۱- تصاویری از نمونه استاندارد جهت کالیبراسیون دستگاه و یک مورد از نمونه مغزه‌های گرفته شده از سنگ‌های توده گرانیتوئیدی ظفرقند.

جدول ۳-۶- اطلاعات نمایش داده شده بعد از اندازه‌گیری نمونه استاندارد کالیبراسیون

	Bulk	Cos	Sin	Delta	A Gain	B Gain
OLD	136.7 E -03	54.85 E -03	0.00 E +00	- 22.77	3.5023	3.5005
MEAS	136.6 E -0	54.84 E -03	38.51 E -06	-22.77	3.5023	3.5005
NEW	136.7 E -03	54.85 E -03	0.00 E +00	-22.81	3.5027	3.5008

Bulk نشانگر حساسیت مغناطیسی استاندارد در طول محور Z است. Cos، مقدار مؤلفه کسینوس انیزوتروپی را نشان می‌دهد. Sine، مقدار مؤلفه سینوس انیزوتروپی را نشان می‌دهد. در صورتی که میزان حساسیت مغناطیسی اندازه‌گیری شده با میزان درج شده بر روی نمونه برابر باشد (مقادیر جدید و قدیم) کلید Ctrl را فشار می‌دهیم. با اینکار اطلاعات کالیبراسیون ذخیره می‌شود. ردیف Old در جدول ۳-۵ نشانگر اطلاعات مربوط به کالیبراسیون قبلی در دستگاه است.

در صورتی که مقدار حساسیت مغناطیسی دستگاه با مقدار پیش فرض قبلی آن مغایرت یا اختلاف داشته باشد، دستگاه به طور اتوماتیک و به صورت پیام کتبی به کاربر هشدار می‌دهد تا کاربر ضمن کنترل مقدار به دست آمده، صحت یا عدم صحت آن را تأیید کند. در برخی موارد، وجود مواد دارای خاصیت مغناطیسی در اطراف دستگاه یا وجود ذرات ریز دارای خاصیت مغناطیسی در درون کویل، عامل خطای بوجود آمده می‌باشد. در این حالت باید داخل کویل را تمیز کرد و اجسام و ابزار دارای خواص مغناطیسی را از اطراف دستگاه دور کرد و مجدداً دستگاه را کالیبره کرد تا به وضعیت مطلوب دسترسی پیدا کنیم. وقتی اندازه‌گیری نمونه استاندارد به اتمام رسید، فشردن همزمان کلید Ctrl + Q باعث می‌شود نرم افزار Safyre بسته شده و سیستم به صفحه اصلی Dos بازگردد.

نرم افزار Safyre، ۸ پارامتر اندازه‌گیری به کاربر ارائه می‌دهد. بدین معنی که فابریک مغناطیسی را می‌توان یک بیضوی دارای شکل و جهت‌گیری تصور کرد. هر بیضوی مشخصات ویژه‌ای دارد. این مشخصات از مقادیر اولیه‌ی اندازه‌گیری مشتق می‌شود. بیش از ۳۰ پارامتر برای این منظور پیشنهاد شده است (جدول ۳-۷). برنامه Safyre تنها ۸ پارامتر را برحسب نیاز ارائه می‌دهد. بقیه پارامترها نیز بر اساس مقادیر K1، K2 و K3 به کمک معادلات ریاضی تعریف می‌شوند. انتخاب این پارامترها بر طبق نظر کاربر فرق می‌کند و به کارایی آنها در تفاسیر مورد نیاز بستگی دارد. اغلب چند پارامتر اصلی و مهم برای پیش فرض در تنظیمات همه دستگاه‌ها انتخاب و عرضه می‌شود.

داده‌های حاصل از مجموع اندازه‌گیری‌های دستگاه، در مسیر انتخابی مشخص شده توسط کاربر به صورت دو فایل Ran* و Asc* ذخیره می‌شود. فایل Asc* توسط پردازشگر و به کمک کلید F3 یا View قابل مشاهده و بازخوانی است و اطلاعات آن پس از پردازش و تبدیل شدن به فرمت Txt قابل مشاهده می‌شود. این اطلاعات توسط یک دستگاه کوچک فلاپی‌خوان بر روی دیسکت منتقل می‌شود تا به کامپیوتر انتقال یابد.

انتقال اطلاعات تنها از طریق فلاپی دیسک امکان پذیر است. به کمک نرم افزار Anisoft 4.2 فایل داده اولیه که دارای پسوند اولیه Ran می‌باشد و از واحد پردازش داده (DPU) بدست آمده به فایلی با فرمت txt تبدیل می‌شود. پس از تبدیل داده‌ها به فرمت txt می‌توان آنها را به فرمت‌های قابل قرائت برای برنامه‌های Excel یا Word تبدیل و آماده کرد. نمونه‌ای از نتایج اندازه‌گیری‌های بدست آمده از دستگاه در جدول ۳-۸ ارائه شده است.

پردازش داده‌های AMS توسط نرم افزار 4.2 Anisoft انجام می‌شود. این برنامه جدیدترین نرم‌افزار ارائه شده شرکت Agico می‌باشد (شکل‌های ۳-۲۲ و ۳-۲۳) که توسط کادینما و یلینک^۱ در سال ۲۰۰۸ طراحی شده است. البته نرم افزارهای دیگری نیز برای تعبیر و تفسیر داده‌ها وجود دارد که از آن جمله می‌توان به MacroAsm اشاره کرد. 4.2 Anisoft توانایی تبدیل داده‌های خام به استریوگرام و نمودار را دارد. البته در این تحقیق برای انجام بررسی‌های بیشتر داده‌ها از نرم افزارهای StereoWin1.2، Tectonic fp32 و ... نیز استفاده شد.

استریوگرام میزان همگنی داده‌ها در حول هر یک از محورهای K1، K2 و K3 را نشان می‌دهد. استریوگرام ارزش تصویری و نمودار ارزش عددی دارد. دو فایل *.Ran و *.Asc مرتبط با هم استفاده می‌شوند و باید از آسیب دیدن آنها جلوگیری شود. از نتایج حاصل از این استریوگرام‌ها می‌توان جداول آماری جدید و مورد نیاز را بدست آورد. داده‌های فایل دارای فرمت Asc در سیستم Dos و در زیر مجموعه‌ای به نام Safyre.exe قابل رؤیت و بررسی می‌باشد.

جدول ۳-۷- پارامترهای مغناطیسی قابل استفاده در تفسیرهای مغناطیسی

پارامتر	توضیحات ریاضی	علامت اختصاری
1	$(15/2)[(K1-K)^2+(K2-K)^2+(K3-K)^2]/(3 \times K)^2$	
2	$\exp\{\sqrt{2[(\eta_1-\eta)^2+(\eta_2-\eta)^2+(\eta_3-\eta)^2]}\}$	Pj
3	$\sqrt{2[(\eta_1-\eta)^2+(\eta_2-\eta)^2+(\eta_3-\eta)^2]}$	Ln P
4	K1/K3	P
5	Ln (K1/K3)	Ln P
6	100(K1-K3)/K1	
7	(K1-K3)/K2	
8	(K1-K3)/K	
9	K1/K2	L
10	Ln (K1/K2)	Ln L
11	(K1-K2)/K	
12	2K1/(K2+K3)	
13	K2/K3	F
14	Ln (K2/K3)	Ln F
15	(K1+K2)/(2K3)	
16	(K1+K3)/(2K2)	
17	(2K2)/(K1+K3)	
18	(1-K3/K2)	
19	(2K1-K2-K3)/(K1-K3)	
20	(K1+K2)/2-K3]/K	
21	(K2-K3)/K	
22	$K1/\sqrt{(K2 \times K3)}$	
23	$(K1 \times K3)/(K2^2)$	
24	$(K1-K2)/[(K1+2)/2-K3]$	Q
25	$(K1-K2)/(K2-K3)$	
26	$(K2-K3)/(K1-K2)$	
27	$\text{arc sin}\{\sqrt{[(k2-k3)/(k1-k3)]}\}$	
28	$(K2^2)/(K1 \times K3)$	E
29	$K2(K1-K2)/[K1(K2-K3)]$	
30	$(K2/K3-1)/(K1/K2-1)$	
31	$(2 \eta_2 - \eta_1 - \eta_3)/(\eta_1 - \eta_3)$	T
32	$(2K2-K1-K3)/(K1-K3)$	U
33	$(K1+K2-2K3)/(K1-K2)$	
34	$\sqrt{\{(k1-k)^2+(k2-k)^2+(k3-k)^2\}/3}/k$	R
35	$(K1 \times K2 \times K3)^{(1/3)}$	
36	$K3(K1-K2)/[K1(K2-K3)]$	
37	$K3(K1-K2)/(K2^2-K1 \times K3)$	
38	$(K1-K2)(2K1-K2-K3)/[(K2-K3)(K1+K2-2K3)]$	
$\eta_1 = \text{Ln } K1$ $\eta_2 = \text{Ln } K2$ $\eta_3 = \text{Ln } K3$ $\eta = \sqrt[3]{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3}$		

بهرتر است در هر نوبت اندازه‌گیری و قبل از خاموش کردن دستگاه اطلاعات موجود در فایل اندازه‌گیری، به کمک کلید F5 که معادل کپی در سیستم Dos می‌باشد، بر روی دیسکت کپی و به کامپیوتر منتقل گردد تا از داده‌ها یک فایل پشتیبان یا ذخیره، داشته باشیم. از این مرحله به بعد، پردازش اطلاعات به کمک نرم افزار Anisoft 4.2 انجام می‌شود. در صفحه اصلی به کمک کلید F3 که با گزینه View در نرم افزار مطابقت می‌کند، می‌توان متن فایل‌های Asc و Ran را مشاهده کرد. در جدول داده‌ها، مقادیر ارائه شده در ردیف‌های K3dec, K3inc, K2dec, K2inc K1dec, Km, K1inc از بیشترین اهمیت برخوردار هستند و اساس کلیه تعبیر و تفسیرها در مطالعات فابریک مغناطیسی به حساب می‌آیند. پارامترهای موجود در این جدول بعداً به طور کامل تر توضیح داده می‌شود.

جدول ۳-۸- مقادیر اولیه حاصل از اندازه‌گیری حساسیت مغناطیسی به ازای هر نمونه.

Name	GZ-64-1A	GZ-64-2A	GZ-64-3A	GZ-64-1B	GZ-64-2B	GZ-64-3B
Field	200	200	200	200	200	200
Freq.	F1	F1	F1	F1	F1	F1
Km	21055.74	23832.34	19184.57	21946.29	25358.97	20645.29
L	1.01	1.014	1.013	1.007	1.004	1.003
F	1.005	1.006	1.003	1.005	1.004	1.003
P	1.015	1.02	1.016	1.012	1.008	1.007
Pj	1.015	1.021	1.017	1.012	1.008	1.007
T	-0.312	-0.387	-0.639	-0.198	-0.051	-0.004
U	-0.315	-0.391	-0.642	-0.201	-0.053	-0.006
K1dec	69.1	75.3	65.2	0.6	14.4	172.9
K1inc	10.7	9.9	5	22.7	28.7	1.6
K2dec	173.3	279.3	332.4	109.6	250.4	263.6
K2inc	52.4	79.2	28.8	37.8	45.6	24
K3dec	331.3	166	164.2	247.1	123.3	79.2
K3inc	35.5	4.3	60.7	43.6	30.6	65.9
K11	0.99705	0.9926	0.9983	1.00487	1.00205	1.00319
K22	1.0059	1.00962	1.00702	0.99711	0.9981	0.99952
K33	0.99705	0.99778	0.99469	0.99802	0.99985	0.99729
K12	0.00457	0.00471	0.00496	-0.00082	0.00206	-0.0005
K23	0.00282	0.00216	0.00068	0.0022	-0.00095	-0.00117
K13	-0.00147	0.00104	0.0016	0.00344	0.00262	-0.00032

Geographic
co ordinate
system

Equal-area
projection
N=35


Anisoft 4.2.

Anisotropy data browser

for Windows

(release Jan 7, 2009)

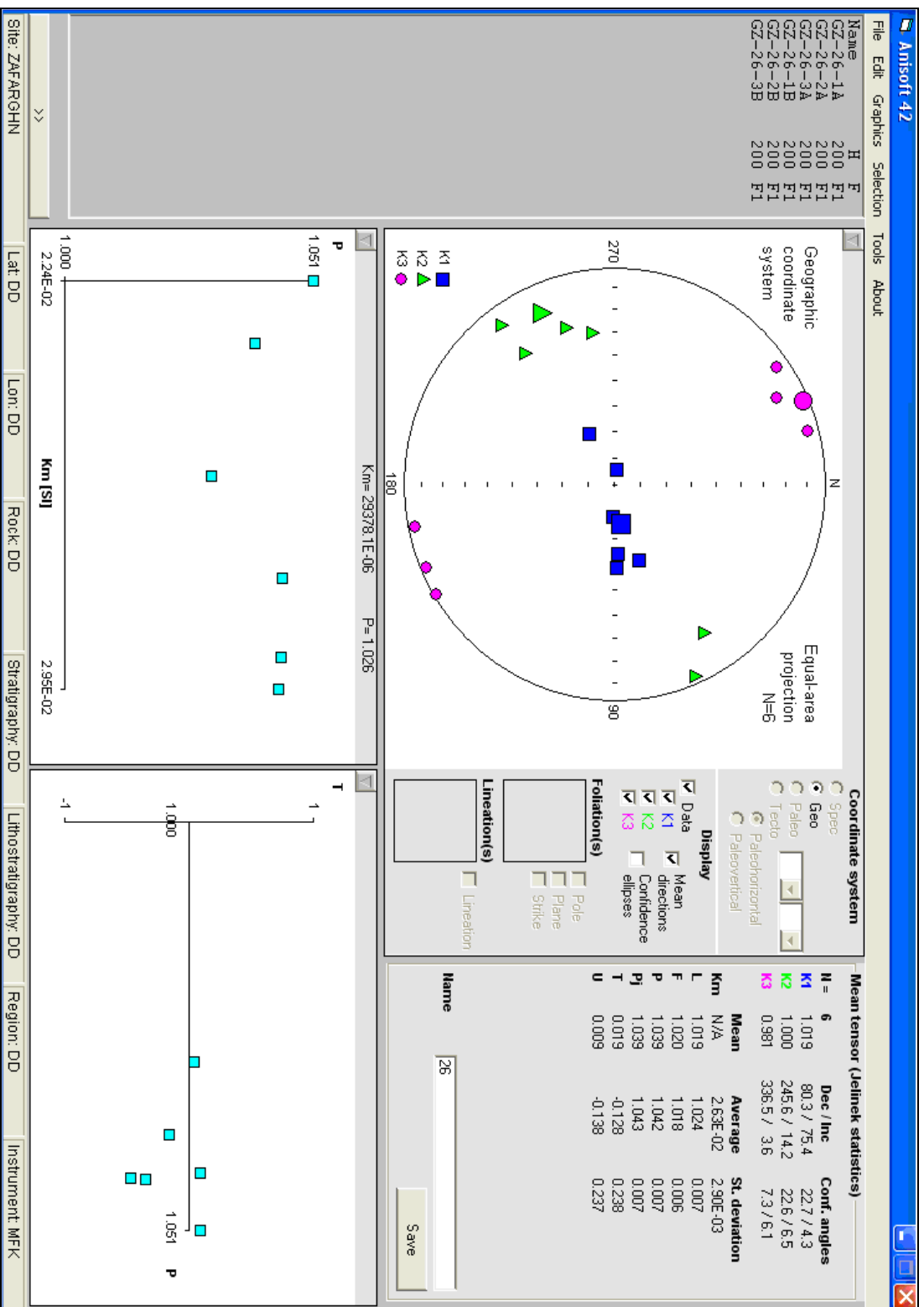
Written by:
Martin Chadima
Vit Jelínek



Agico, Inc.

Jecna 29a
CZ 621 00 Brno
Czech Republic
Phone: +420 541 634 323
Fax: +420 541 634 328
chadima@sci.muni.cz
www.agico.com

شکل ۳-۲۲- تصویری از نرم افزار Anisoft 4.2. در چین باز شدن.



شکل ۳-۲۳- در این شکل، نحوه نمایش داده‌ها در نرم افزار Anisoft 4.2 مشاهده می‌شود.

۳-۱۰- پارامترهای مغناطیسی

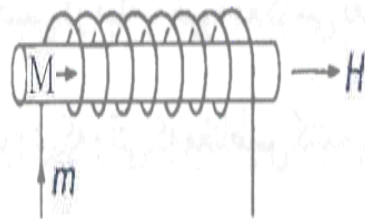
در این بخش به تعریف پارامترهای مغناطیسی مورد استفاده می‌پردازیم. همان‌گونه که قبلاً اشاره شد نحوه کار دستگاه‌های حساسیت‌سنج به گونه‌ای است که نمونه در داخل سیم پیچ حاوی جریان به چرخش درآمده و یک میدان مغناطیسی القایی با شدت مغناطیس معین H (با واحد آمپر بر متر A/M) بر نمونه اعمال می‌شود (شکل ۳-۲۴). با اینکار بردارهای مغناطیسی ذرات یا اجسام، بسته به شدت مغناطیس القا شده در یک راستا قرار می‌گیرند و در نمونه‌ها مغناطیس شدگی M (با واحد آمپر بر متر A/M) ایجاد می‌شود.

$$M = H \times K \Rightarrow K = \frac{M}{H}$$

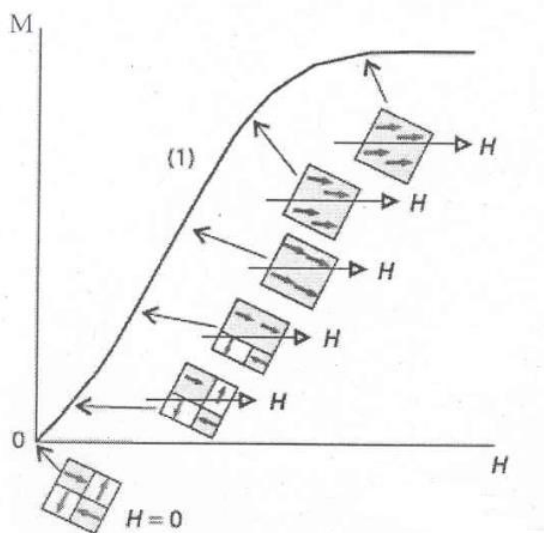
K ضریب حساسیت مغناطیسی نامیده می‌شود. K فاقد بعد است و به نوع ماده بستگی دارد. K رابطه‌ای خطی است و شیب نمودار M بر حسب H را نشان می‌دهد (شکل ۳-۲۵ الف و ب). با استفاده از آن می‌توان قدرت مغناطیس القایی (M) را با میدان مغناطیسی وارد شده (H) که نسبت ثابتی است، مطابقت داد (تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳).

اگر پارامتر K را به صورت یک بیضوی تجسم کنیم که محورهای اصلی آن منطبق بر بردارهای مغناطیسی باشد (سیگموند و همکاران^۱، ۱۹۹۵)، می‌توان سه بردار: K_{max} (بزرگترین محور بیضوی)، K_{int} (محور متوسط بیضوی) و K_{min} (محور کوچک بیضوی) را تعریف کرد (تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳). با این روش، انیزوتروپی بیضوی مغناطیسی نمونه از لحاظ ترسیمی می‌تواند توسط یک شکل بیضوی نمایش داده شود. K_{max} با عنوان خطوارگی (Lineation) مغناطیسی و K_{min} به عنوان قطب برگوارگی (Foliation) مغناطیسی شناخته می‌شود (بوشه و همکاران، ۱۹۹۷). K_{int} و K_{max}

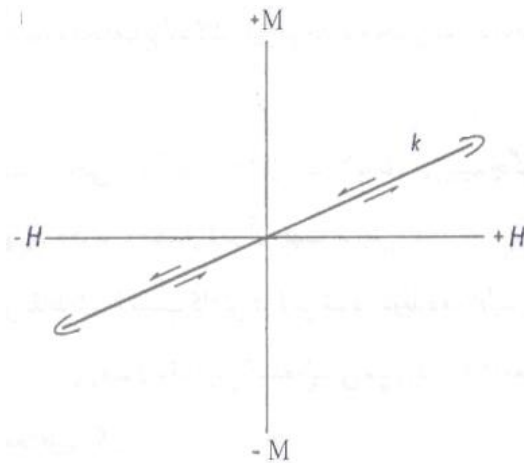
بر روی صفحهٔ برگوارگی مغناطیسی قرار دارند. مقدار K_{int} به عنوان میانگین عددی K_{min} و K_{max} نمی‌باشد، بلکه مقدار آن در محدودهٔ بین آنها تغییر می‌کند (شکل ۳-۲۶) که تجسم بیضوی مغناطیسی را امکان‌پذیر می‌سازد (لانزا و ملونی ۲۰۰۶).



شکل ۳-۲۴- این شکل تصویر سیم پیچ حامل جریان و ایجاد میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.

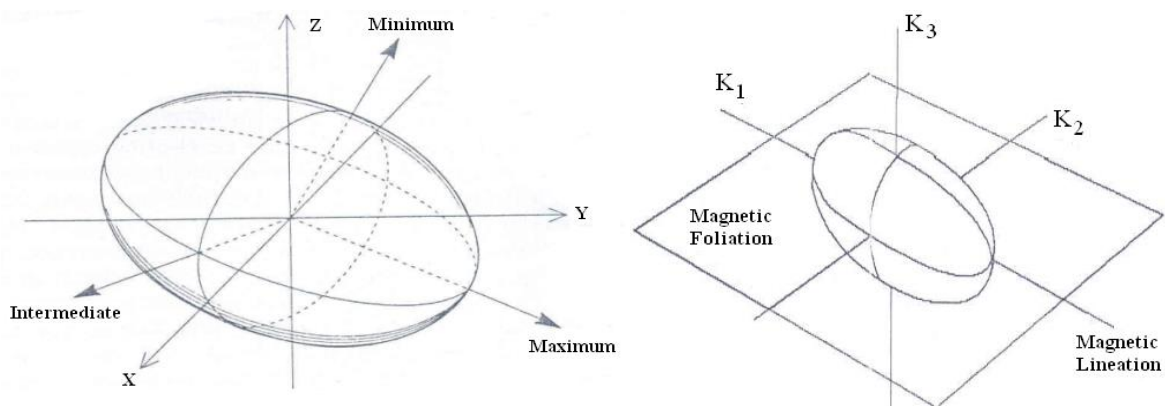


ب



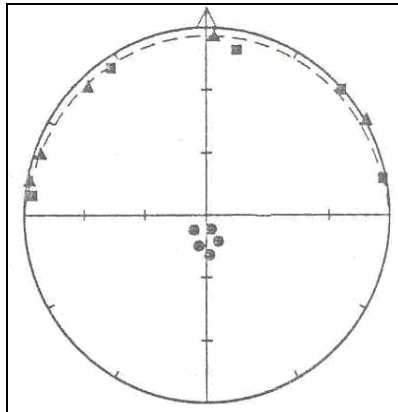
الف

شکل ۳-۲۵- در این اشکال نمودار M بر H نشان داده شده است. حساسیت مغناطیسی (K) معرف شیب نمودار است.



شکل ۳-۲۶- در این اشکال، بیضوی مغناطیسی و سه محور K_1 , K_2 و K_3 نمایش داده شده است.

وضعیت جهت‌یابی K در هر ایستگاه را می‌توان بر روی یک استریوننت نشان داد. بر روی هر استریوننت به طور قراردادی موقعیت Kmax یا K1 با علامت ■، با Kint یا K2 با علامت ▲ و Kmin یا K3 با علامت ● مشخص می‌گردد (شکل ۳-۲۷).



شکل ۳-۲۷- استریوگرام نشان دهنده سه محور K1، K2 و K3.

مقادیر Kmax یا K1، Kmin یا K3 و Kint یا K2 بر اساس معادلات ارائه شده توسط مراجع علمی معتبر برای محاسبه پارامترهای فابریک مغناطیسی استفاده می‌شوند. کلیه پارامترهای مغناطیسی تعریف شده از نسبت محورهای بیضوی مغناطیسی حاصل می‌شود و می‌توان بر پایه آنها روابط فابریک مغناطیسی را تعریف کرد (جدول ۳-۶). پارامترهای K1، K2 و K3 که در تعریف پارامترهای مغناطیسی استفاده می‌شود، مقادیر برداری نبوده بلکه مقادیر حساسیت مغناطیسی در راستای محورهای بزرگ، متوسط و کوچک بیضوی مغناطیسی می‌باشند.

۳-۱۰-۱- پارامتر حساسیت مغناطیسی میانگین Km

K ضریب حساسیت مغناطیسی است و فاقد بعد می‌باشد، اما در اندازه‌گیری‌ها براساس SI یا μSI تعریف می‌شود. SI مخفف Standard International است که مبنایی برای سنجش بزرگی یک مقدار (Value) می‌باشد. K مهمترین پارامتر در سنجش فابریک مغناطیسی است و قابلیت انطباق قدرت مغناطیس القایی M با میدان مغناطیسی القاء شده H را نشان می‌دهد (تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳). اگر

از مقادیر K_{max} یا K_1 ، K_{min} یا K_3 و K_{int} یا K_2 میانگین گیری شود میزان حساسیت مغناطیسی میانگین بدست می آید. لازم به ذکر است مقدار آماری K_m بهترین معرف میزان حضور و درصد فراوانی کانی هایی است که دارای حساسیت مغناطیسی هستند یا به عبارتی به میدان مغناطیسی القاء شده بر آنها پاسخ می دهند.

$$K_m \text{ (مقدار حساسیت مغناطیسی میانگین)} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3}$$

۳-۱۰-۲- پارامتر انیزوتروپی مغناطیسی P

میزان انیزوتروپی بدست آمده را درجه انیزوتروپی مغناطیسی P می گویند. درجه بزرگی انیزوتروپی، نشانگر رابطه بین K_1 و K_3 است. وقتی $K_1=K_2=K_3$ باشد مقدار P برابر ۱ و فضای مغناطیسی سه بعدی (تجسمی) به شکل کره درمی آید (در طبیعت چنین حالتی بندرت اتفاق می افتد). هرچه میزان حساسیت مغناطیسی بیشتر باشد، بین محورها تفاوت بیشتری ایجاد شده و درجات انیزوتروپی بیشتر می شود. در بیشتر کانی ها، P دارای مقداری بین ۱ تا ۱/۷ است. اما در بعضی موارد می تواند بزرگتر از ۱۰۰ نیز باشد مثل هماتیت و پیروتیت (لانزا و ملونی ۲۰۰۶). مقدار P می تواند خطا داشته باشد. مقدار P تصحیح شده را P_j (jelinek) می نامند. در بیشتر موارد استفاده از P_j ترجیح داده می شود. زیرا در اندازه گیری P_j هر سه میزان K دخالت دارد. بدین دلیل اطلاعات کامل تری در اختیار ما قرار می دهد (یلینک، ۱۹۸۱ - هرودا، ۱۹۸۲).

$$P = \frac{K_1}{K_3} \text{ (انیزوتروپی مغناطیسی)}$$

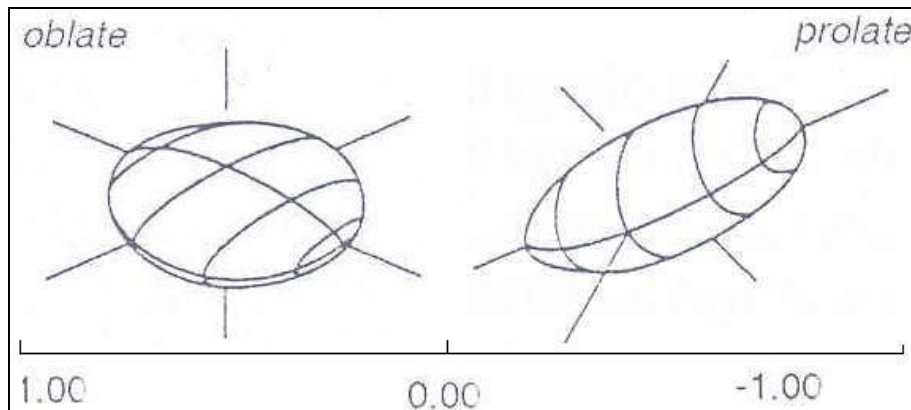
$$P_j = \exp\sqrt{\{2 [(\eta_1 - \eta)^2 + (\eta_2 - \eta)^2 + (\eta_3 - \eta)^2]\}}$$

$$\eta_1 = \ln K_1 \quad \eta_2 = \ln K_2 \quad \eta_3 = \ln K_3 \quad \eta = \sqrt[3]{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3}$$

۳-۱۰-۳ پارامتر شکل T

این پارامتر به توصیف شکل بیضوی مغناطیسی می‌پردازد. شکل بیضوی از دوکی شکل (بیضوی کشیده) تا کلوچه‌ای شکل (بیضوی پهن) تغییر می‌کند. T در محدوده‌ای بین +۱ تا -۱ تغییر می‌کند. اگر T بین ۰ تا -۱ باشد بیضوی مغناطیسی حاصل به شکل دوکی، سیگاری و کشیده (Prolate) در می‌آید. در این حالت $K_1 > K_2 \geq K_3$ است. اگر T بین ۰ تا +۱ قرار گیرد شکل حاصل کلوچه‌ای و بشقابی (Oblate) است و $K_1 \geq K_2 > K_3$ می‌باشد (شکل ۳-۲۸). در حالتی که $K_1 = K_2 = K_3$ باشد شکل بیضوی به صورت کره درمی‌آید (یلینک، ۱۹۸۱-هرودا، ۱۹۸۲).

$$T \text{ (پارامتر شکل)} = \left(\frac{2 \ln(K_2/K_3)}{\ln(K_1/K_3)} \right) - 1$$



شکل ۳-۲۸ الف- بیضوی مغناطیسی دوکی، سیگاری و کشیده شکل.
 ۳-۲۸ ب- بیضوی مغناطیسی کلوچه‌ای یا بشقابی شکل.

۳-۱۰-۴ - پارامتر L, F

این دو پارامتر، حاصل نسبت محورهای اصلی بیضوی مغناطیسی می‌باشند. Lineation یا L معرف درجه خطی بودن انیزوتروپی است و میزان خطوارگی مغناطیسی را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر پارامتر لیناسیون یا خطوارگی بیضوی مغناطیسی را توصیف می‌کند (بالزلی و بودینگتون^۱، ۱۹۶۰).

$$L = K1/K2$$

Foliation یا F درجه صفحه‌ای بودن انیزوتروپی است و در واقع فولیاسیون یا برگوارگی مغناطیسی را نشان می‌دهد (استیسی و همکاران^۲، ۱۹۶۰).

$$F = K2/K3$$

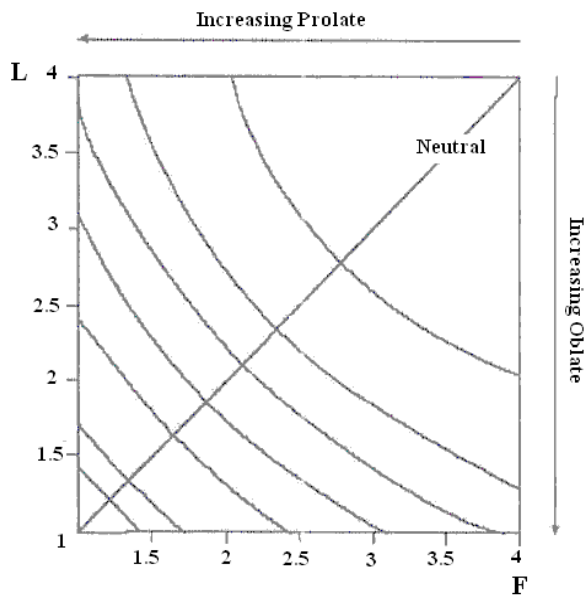
جهت $K1$ ، لیناسیون یا خطوارگی مغناطیسی را نشان می‌دهد. فولیاسیون یا برگوارگی مغناطیسی معرف صفحه‌ای است که در برگیرنده $K1$ و $K2$ است و بر $K3$ عمود می‌باشد (تارلینگ و هرودا^۳، ۱۹۹۳). درجه صفحه‌ای بودن (F) و خطی بودن انیزوتروپی (L) برای مشخص کردن پارامتر شکل T نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۳-۲۹). T می‌تواند با توجه به L و F تعریف شود و به عنوان تابعی از لیناسیون و فولیاسیون باشد. با افزایش L و F مقدار P نیز افزایش می‌یابد (شکل ۳-۳۰).

$$T = 2 \ln(k_2/k_3) / \ln(k_1/k_3) - 1 = (\ln F - \ln L) / (\ln F + \ln L)$$

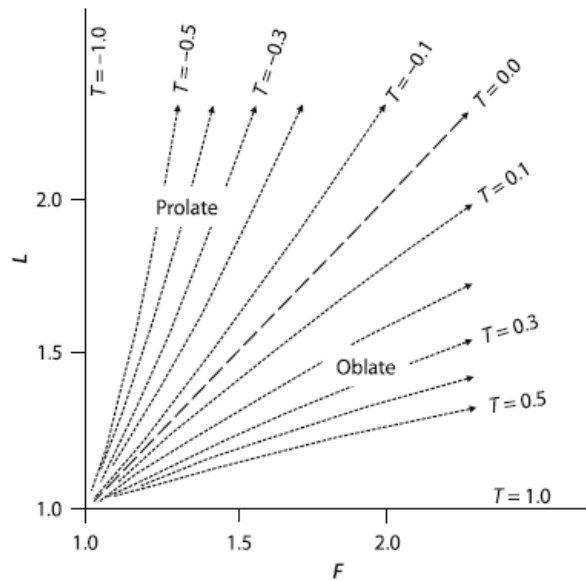
شکل ۳-۳۱ نمودار L در مقابل F را با توجه به داده‌های حاصل از اندازه‌گیری نمونه‌های منطقه ظفرقند نشان می‌دهد. در پایان یادآوری می‌نمایم که افراد علاقمند به مطالعات فابریک مغناطیسی، نیازمند آشنایی با موارد بالا می‌باشند. بدین علت در این فصل سعی بر آن شد تا حدامکان و در حد مجال پایان‌نامه، جزییات مربوطه ارائه گردد. امید است راهنمای مفیدی برای سایر کاربران باشد.

۱-Balsley & Buddington

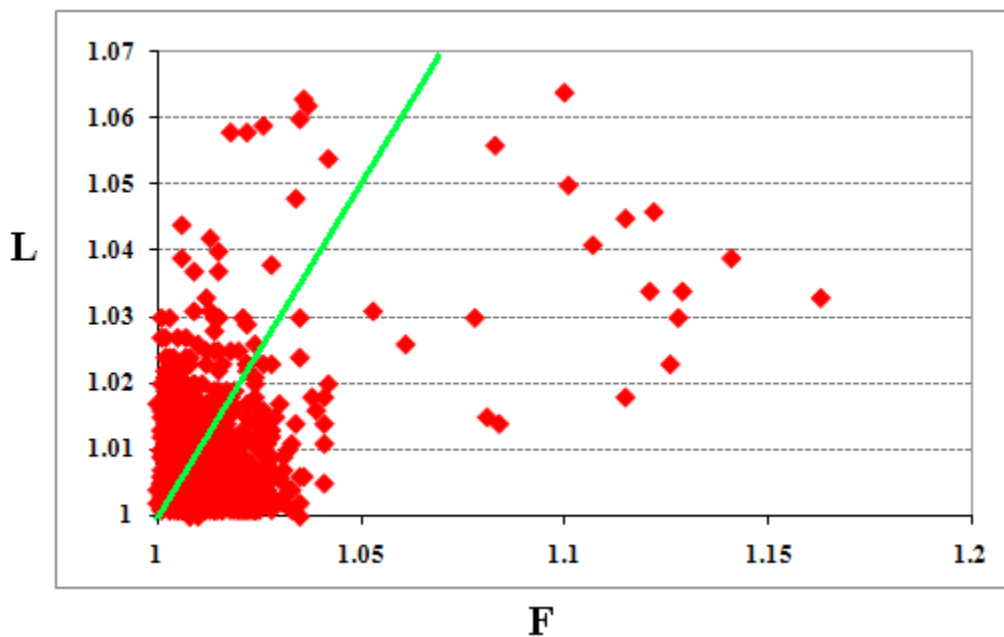
۲-Stacey



شکل ۳-۳۰- نمودار L در مقابل F را نشان می‌دهد که با افزایش L و مقدار F نیز افزایش می‌یابد (یلینک، ۱۹۸۱).



شکل ۳-۲۹- نمودار L در مقابل F را نشان می‌دهد که میزان کشیدگی بیضوی مغناطیسی بر روی آن نمایش داده شده است (تارلینگ و هرودا، ۱۹۹۳).



شکل ۳-۳۱- نمودار L در مقابل F در نمونه‌های منطقه‌ی ظرفرند را نشان می‌دهد.

فصل چهارم

تفسیر داده‌های مغناطیسی

و

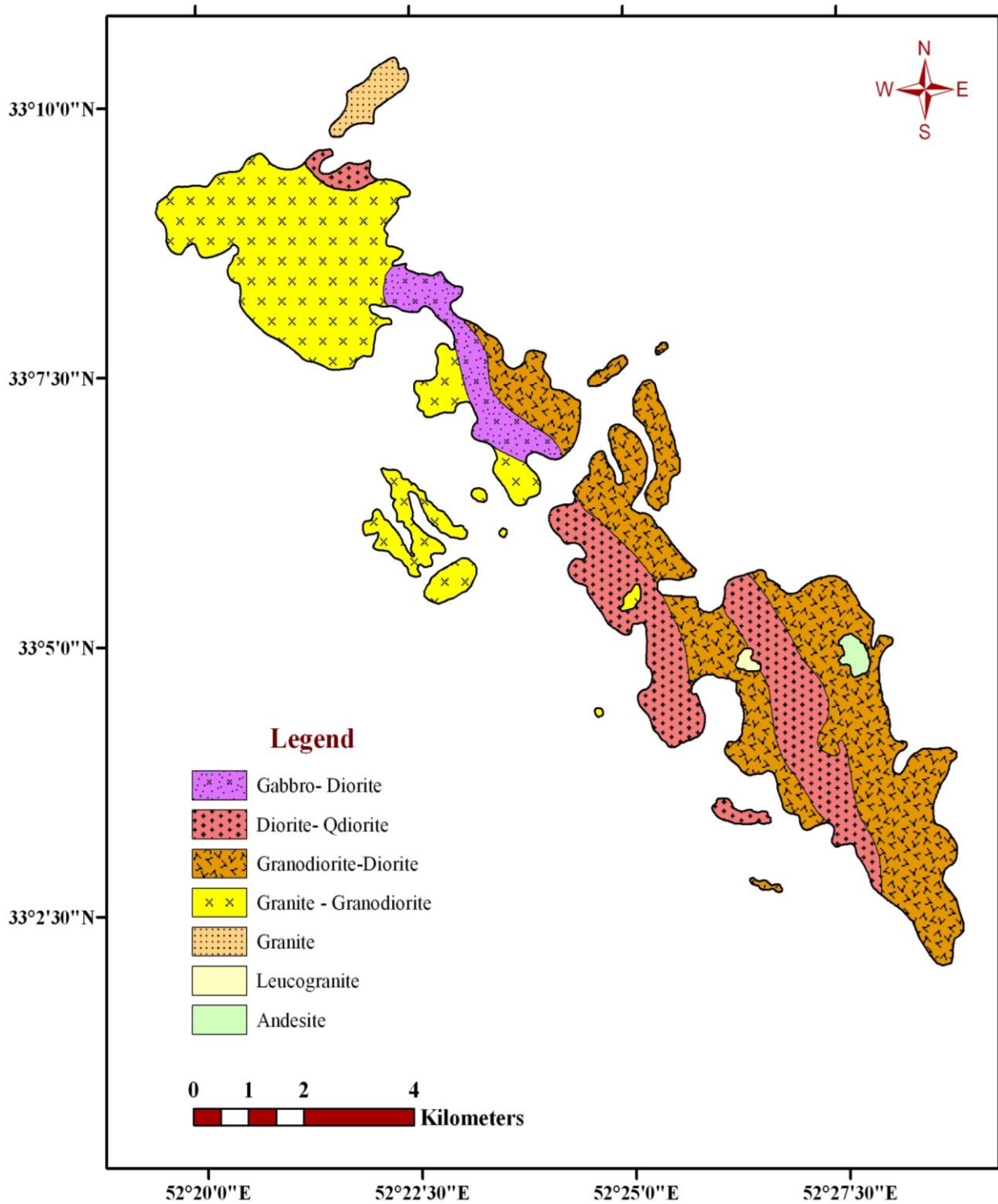
نتیجه‌گیری

۴-۱- کلیات کار

توده گرانیتوئیدی ظفرقند به عنوان منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شد و سعی بر این شد در طی عملیات مغزه‌گیری کل توده پوشش داده شود. به منظور نمونه برداری از این توده در ابتدا موقعیت توده نفوذی با توجه به تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی و زمین شناسی مورد ارزیابی قرار گرفت و مناطق مناسب جهت حفاری مغزه، علامت‌گذاری و از روی نقشه ۱:۲۵۰۰۰ موقعیت یابی شد. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان (شکل ۲-۲) و ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه ماست بندی، بیدشک، قهساره و ظفرقند تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی کشور جهت پیدا کردن موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری استفاده شد، اما در ادامه کار و براساس بررسی‌ها و مشاهدات صحرایی حاصل از بازدیدهای صحرایی یکساله و طی طریق کیلومتر به کیلومتر منطقه به صورت پیاده، نقشه زمین شناسی اصلاح شده و دقیق‌تری از توده ظفرقند تهیه شده است. این نقشه در شکل ۴-۱ نمایش داده شده است. همچنین نقشه حاصله در رسم اطلاعات فابریک مغناطیسی به عنوان نقشه مبنا مورد استفاده قرار گرفت.

با حضور در منطقه ظفرقند، حفاری به منظور بدست آوردن مغزه در ایستگاه‌های مشخص شده صورت گرفت. به گونه‌ای که از هر ایستگاه ۲ مغزه برداشت شد. در بعضی ایستگاه‌ها با توجه به تنوع سنگ شناسی، بیشتر از ۲ مغزه حفاری شد. لازم به ذکر است، ترکیب سنگ شناسی هر ایستگاه با توجه به مشاهدات صحرایی و بررسی‌های مقاطع نازک میکروسکوپی در ۴ رده سنگی گابرو، دیوریت، گرانودیوریت و گرانیت مشخص شد. در هر ایستگاه علاوه بر مغزه‌گیری، توصیف مشخصات صحرایی، ویژگی‌های سنگ شناسی و برداشت دقیق موقعیت و مختصات جرافیایی با GPS نیز انجام شد. با انتقال موقعیت‌های نقاط برداشت شده نقشه موقعیت ایستگاه‌ها بدست آمد، سپس بر روی نقشه مبنا زمین‌شناسی منتقل گردید.

Geological map of Zafarghand granitoidic pluton

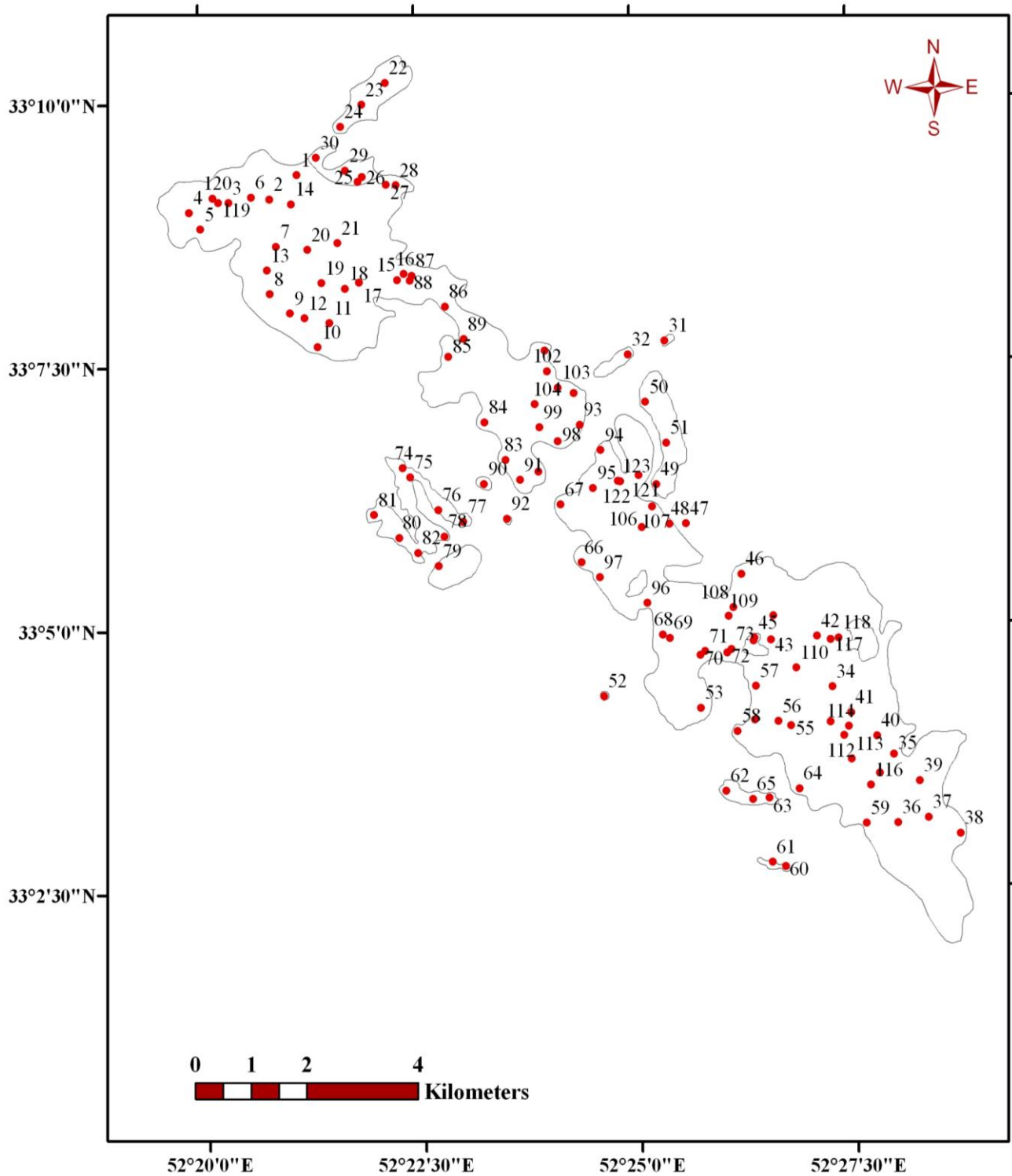


شکل ۱-۴ نقشه زمین شناسی توده گرانیتوئیدی ظرفرند.

بدین منظور مختصات جغرافیایی هر ایستگاه به شکل دوایر توپر نشان داده می‌شود. این نقشه در شکل (۲-۴) نمایش داده شده است. بنابراین ۲۹۴ مغزه از ۱۲۳ ایستگاه برداشت شد که در نهایت پس از برش به ۱۰۰۸ قطعه ۲۲ میلی‌متری تبدیل گردید تا قابل استفاده در دستگاه حساسیت‌سنج مغناطیسی باشد. پس از انجام مراحل شماره‌گذاری و شستشو، نمونه‌ها اندازه‌گیری گردید. حساسیت مغناطیسی و پارامترهای لازم برای تعیین فابریک مغناطیسی نمونه‌ها به وسیله دستگاه مغناطیس‌سنج MFK1-FA در دانشگاه صنعتی شاهرود اندازه‌گیری شد. روش و موازین کار با این دستگاه در فصل قبل توضیح داده شده است. جدول موقعیت جغرافیایی، آزیموت و شیب مغزه‌های برداشت شده در بخش پیوست (جدول پیوست-۱) آورده شده است. در نمونه‌ای از نتایج اولیه که حاصل از اندازه‌گیری دستگاه مغناطیس‌سنج می‌باشد، به صورت داده خام در جدول (۳-۸) ارائه شده است. از تفسیر این داده‌ها مقادیر میانگین پارامترهای (Km, K1, K2, K3, P, T) بدست می‌آید. نتایج خروجی از دستگاه مطابق جدول (۳-۸) می‌باشد و کاربر مطابق با نیاز خود، به مرتب کردن داده‌های این جداول، جهت کاربردی‌تر شدن داده‌ها، می‌پردازد. در جدول پیوست-۲ نتایج اندازه‌گیری‌های حاصل از تک تک نمونه‌ها نشان داده شده است. به دلیل حجم زیاد داده‌ها این جدول در پیوست پایان نامه از صفحات ۱۹۱ تا ۲۱۰ درج شده است.

پس از بررسی همه اطلاعات حاصل از داده‌ها و با اضافه کردن ستون ترکیب سنگ شناسی هر ایستگاه مغزه برداری، جدول ۴-۱ با پارامترهای Km حساسیت مغناطیسی میانگین، K1 خطوارگی مغناطیسی، K3 قطب بر گوارگی مغناطیسی، P درصد انیزوتروپی و T پارامتر شکل به ازای هر ایستگاه تهیه شد. در واقع میانگین کلی پارامترهای مغناطیسی کلیه ایستگاه‌ها در جدول ۴-۱ نشان داده شده است. ارقام این پارامترها برای ترسیم نقشه‌های ساختاری مبتنی بر فابریک‌های مغناطیسی و نمودارهای مغناطیسی لازم است و همه نقشه‌ها و نمودارهای مغناطیسی که از این پس ارائه خواهد شد براساس ارقام موجود در جدول ۴-۱ خواهد بود. هرچه تعداد ایستگاه‌ها در منطقه بیشتر و فاصله آنها از یکدیگر کمتر باشد، جامعه آماری بزرگ‌تر و تفسیر نتایج بدست آمده راحت‌تر می‌شود.

Sampling map



شکل ۴-۲- مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های مغزه برداری بر روی نقشه زمین شناسی ظفرقند.

جدول ۴-۱- میانگین پارامترهای مغناطیسی کلیه ایستگاه‌ها جهت رسم نقشه‌های مغناطیسی در این جدول نشان داده شده است.

Station	X	Y	Lithology	Km	P	T	K1D	K1I	K3D	K3I	K3DF	K3IF	Foliation		
NZ-1	626103	3669311	Grd	7411	1.02	0.745	290.6	14.4	125.8	75.1	218.7	14.6	N38.7E	14.6	NW
NZ-2	625608	3668883	Grd	8894	1.019	0.74	271.4	1.3	91.6	88.7	189.5	2	N9.5E	2	NW
NZ-3	624869	3668820	Grd	5005	1.005	0.299	347.9	4.1	93.7	75.2	181.3	14.3	N1.3E	14.3	NW
NZ-4	624162	3668647	Grd	20606	1.013	0.035	342.5	17.5	251.4	3.7	341.7	86.5	N18.3W	86.5	NE
NZ-5	624364	3668357	Grd	1736	1.031	0.817	268.5	11.5	41.9	73.5	133.4	16.6	N46.6W	16.6	SW
NZ-6	625280	3668919	Grd	13650	1.02	0.461	279.5	2.9	150.1	82.7	241.6	8.9	N61.6E	8.9	NW
NZ-7	625729	3668054	Grd	4245	1.027	0.774	309.2	2.3	54.8	81.4	145.7	8.6	N34.3W	8.6	SW
NZ-8	625618	3667221	Gr	7318	1.011	0.753	327.9	6.3	118.3	82.8	207.8	7	N27.8E	7	NW
NZ-9	625982	3666884	Gr	8636	1.018	0.763	152.9	11	3.4	77.3	93	12.4	N87W	12.4	SW
NZ-10	626483	3666289	Gr	11519	1.017	0.596	198.8	7.2	83.1	73.8	171.9	16.1	N8.1W	16.1	SW
NZ-11	626694	3666712	Grd	13612	1.022	0.745	302.4	1.3	201	83.5	294.2	7.1	N65.8W	7.1	NE
NZ-12	626240	3666800	Gr	7361	1.017	0.79	274.6	2.4	6.3	35.3	96.8	54.2	N83.2W	54.2	SW
NZ-13	625563	3667634	Gr	6323	1.003	-0.835	90.1	4.9	0	1.5	90	89.5	N90E	89.5	S
NZ-14	626002	3668800	Grd	4120	1.002	-0.152	220.8	38.1	264.7	17.8	50.9	77.7	N50.9E	77.7	SE
NZ-15	627913	3667472	Grd	20028	1.014	0.736	285.2	5.8	188.4	49.7	279.1	39.9	N80.9W	39.9	NE
NZ-16	628028	3667578	Gbr	24530	1.063	0.853	333.2	40	197.1	40.6	287.1	48.9	N72.9W	48.9	NE
NZ-17	627225	3667424	Dio	11782	1.004	0.405	256.7	1.9	310.2	79.2	41.3	10.8	N41.3E	10.8	SE
NZ-18	626973	3667319	Gr	7305	1.007	-0.596	97.8	13.1	248	75	341.2	15.1	N18.8W	15.1	NE
NZ-19	626545	3667415	Gr	8267	1.018	0.694	264	1.3	170	72	259.5	17.9	N79.5E	17.9	NW
NZ-20	626292	3667999	Gr	8720	1.001	0.396	305	5.9	104.4	83.5	194	6.7	N14E	6.7	NW
NZ-21	626835	3668116	Gr	9215	1.021	0.923	230	4.2	72.7	85.5	167.9	4.6	N12.1W	4.6	SW
NZ-22	627691	3670933	Grd	2962	1.012	-0.564	180.9	83.4	23.4	6.1	114	83.9	N66W	83.9	SW
NZ-23	627267	3670548	Grd	13096	1.01	-0.024	171.1	50.8	55.3	6.8	145	83.5	N35W	83.5	SW
NZ-24	626886	3670161	Grd	12129	1.006	0.313	141.4	69.8	316.6	20.2	46.4	69	N46.4E	69	SE
NZ-25	627201	3669193	Grd	7588	1.018	-0.461	155.6	83.8	344.6	6.1	74.4	83.1	N74.4E	83.1	SE
NZ-26	627278	3669280	Dio	26322	1.039	0.019	80.3	75.4	336.5	3.6	66.4	87.5	N66.4E	87.5	SE

ادامه جدول ۱-۴

Station	X	Y	Lithology	Km	P	T	K1D	K1I	K3D	K3I	K3DF	K3IF	Foliation		
NZ-27	627709	3669147	Grd	12037	1.016	0.45	257.4	21.6	114.4	63.6	204	26.5	N24E	26.5	NW
NZ-28	627883	3669134	Grd	6185	1.02	0.533	117	13.1	293	76.2	24.8	14	N24.8E	14	SE
NZ-29	626973	3669391	Dio	41292	1.021	0.108	212.1	10.3	315.3	17	45.2	72.9	N45.2E	72.9	SE
NZ-30	626449	3669616	Dio	32164	1.028	0.154	178.7	63.7	83.9	2.4	173.9	87	N6.1W	87	SW
NZ-31	632727	3666412	Gr	5200	1.027	0.666	322.7	15.5	136.2	74.4	226.7	15.6	N46.7E	15.6	NW
NZ-32	632064	3666166	Dio	14495	1.007	-0.089	267.2	71.2	67.4	17.7	157.6	71.9	N22.4W	71.9	SW
NZ-33	634686	3661586	Dio	24065	1.01	-0.046	137.8	31.9	27.5	29.1	117.7	61.5	N62.3W	61.5	SW
NZ-34	635752	3660341	Grd	19850	1.019	-0.494	172.5	80.9	275	2	5.4	88.2	N5.4E	88.2	SE
NZ-35	636862	3659163	Dio	13533	1.01	0.362	245.3	27.1	144.6	20	234.6	68.9	N54.6E	68.9	NW
NZ-36	636934	3657959	Grd	15887	1.014	0.551	222	18.7	314.9	8.5	45.3	82	N45.3E	82	SE
NZ-37	637487	3658053	Grd	26897	1.011	0.63	359.5	60.5	148.9	25.9	239	63.7	N59E	63.7	NW
NZ-38	638062	3657775	Dio	27115	1.01	-0.216	310.5	81.3	136.4	13.9	226.3	75.8	N46.3E	75.8	NW
NZ-39	637326	3658698	Grd	32705	1.015	-0.281	298	60.6	141.1	27.4	230.8	62.5	N50.8E	62.5	NW
NZ-40	636558	3659482	Dio	33372	1.022	0.139	36.6	13.4	132.9	24.8	222.7	65.2	N42.7E	65.2	NW
NZ-41	636090	3659892	Dio	24102	1.01	0.044	243.3	14.9	4.1	62.5	93.3	28.2	N86.7W	28.2	SW
NZ-42	635475	3661229	Grd	6531	1.01	0.173	31.4	12.2	143.9	56.6	233.5	33.1	N53.5E	33.1	NW
NZ-43	634645	3661164	Dio	12029	1.02	0.029	1.9	74.9	138.8	11.2	228.8	78.9	N48.8E	78.9	NW
NZ-44	634336	3661145	Gr	87	1.003	-0.569	100.5	19.1	217.9	53	308.5	37.1	N51.5W	37.1	NE
NZ-45	634350	3661196	Gr	1397	1.01	-0.107	107.5	82.3	311.2	7	41	83.1	N41E	83.1	SE
NZ-46	634108	3662319	Dio	40681	1.025	-0.627	238	80.6	357.7	4.7	87.4	85.6	N87.4E	85.6	SE
NZ-47	633113	3663202	An-D	42851	1.033	0.136	282.1	26.8	28.7	29.6	118	60.8	N62W	60.8	SW
NZ-48	632819	3663197	Gr	17171	1.024	0.007	20.8	0.8	286.7	78.7	15.7	10.8	N15.7E	10.8	SE
NZ-49	632579	3663892	Grd	11636	1.008	0.3	16.2	4.3	276.1	50.6	6.2	39.6	N6.2E	39.6	SE
NZ-50	632379	3665336	Grd	12730	1.03	0.476	340.2	11.6	223.9	65.1	313.9	25	N46.1W	25	NE
NZ-51	632756	3664620	Dio	10667	1.015	0.249	27.4	1.6	295.5	50.2	25.9	40.1	N25.9E	40.1	SE
NZ-52	631641	3660169	Grd	45817	1.013	-0.086	9.7	14.9	266	41.6	356.1	48.5	N3.9W	48.5	NE

ادامة جدول ١-٤

Station	X	Y	Lithology	Km	P	T	K1D	K1I	K3D	K3I	K3DF	K3IF	Foliation		
NZ-53	633385	3659968	Dio	73955	1.023	0.985	91.9	70.1	253.3	19	343.6	71	N16.4W	71	NE
NZ-54	634354	3659759	Dio	21701	1.014	0.201	50.9	50.7	291.9	21.7	22.3	68.9	N22.3E	68.9	SE
NZ-55	635013	3659662	Dio	16983	1.041	-0.087	301.7	83.8	138.7	5.9	228.8	84	N48.8E	84	NW
NZ-56	634777	3659733	Grd	20226	1.017	-0.402	193.1	3.8	285.1	28.4	15	62	N15E	62	SE
NZ-57	634374	3660351	Grd	27009	1.02	-0.319	223	18.6	125.2	22.1	214.9	67.9	N34.9E	67.9	NW
NZ-58	634048	3659561	Grd	18246	1.009	0.246	174.2	20.1	272.6	21.8	2.3	67.8	N2.3E	67.8	SE
NZ-59	636370	3657947	Grd	22368	1.012	-0.114	93.4	78.5	277.7	11.5	7.5	77.8	N7.5E	77.8	SE
NZ-60	634914	3657190	Gr	7486	1.017	0.417	184.5	16.7	354.6	73.1	84.4	16.7	N84.4E	16.7	SE
NZ-61	634675	3657261	Grd	16451	1.012	0.09	211.1	1.8	314.2	82.1	48.2	8.3	N48.2E	8.3	SE
NZ-62	633845	3658509	Dio	16629	1.013	-0.372	287.2	36.3	22.1	6.6	111.7	83.6	N68.3W	83.6	SW
NZ-63	634616	3658389	Grd	25157	1.013	-0.066	4.8	14.7	248.9	59.1	338.7	30.6	N21.3W	30.6	NE
NZ-64	635162	3658552	Grd	21974	1.007	-0.487	56.7	12.6	168.3	58.5	258.5	31.1	N78.5E	31.1	NW
NZ-65	634324	3658368	Dio	15355	1.018	-0.625	13.7	64.1	139	15.7	229	74.2	N49E	74.2	NW
NZ-66	631238	3662516	Dio	18091	1.009	-0.097	235.5	68.5	63.6	21.3	153.7	69.2	N26.3W	69.2	SW
NZ-67	630857	3663533	Dio	13743	1.016	0.485	279.7	71.4	98.2	18.6	187.8	71.6	N7.8E	71.6	NW
NZ-68	632700	3661250	Dio	24166	1.016	0.773	44.3	42	286.3	27.5	16.5	62.5	N16.5E	62.5	SE
NZ-69	632822	3661191	Gr	49	1.003	-0.526	209.2	55	88.2	16.6	177.8	73.7	N2.2W	73.7	SW
NZ-70	633377	3660897	Dio	43454	1.038	0.277	180.3	18.3	278.9	24.3	9.3	66	N9.3E	66	SE
NZ-71	633458	3660962	Gr	163	1.01	0.764	350.2	51.1	90.7	8.3	180.2	81.6	N0.2E	81.6	NW
NZ-72	633857	3660940	Dio	6458	1.011	-0.658	187.2	23.3	69.9	47.6	159.9	42.4	N20.1W	42.4	SW
NZ-73	633938	3660999	Gr	19028	1.012	-0.196	35.3	84.7	239.5	4.8	329.8	84.8	N30.2W	84.8	NE
NZ-74	628014	3664165	Dio	6374	1.015	0.239	36.6	3.9	234.9	85.9	326.3	3.5	N33.7W	3.5	NE
NZ-75	628144	3664012	Grd	4590	1.016	-0.363	2	18.2	102.6	33.2	193	57.2	N13E	57.2	NW
NZ-76	628652	3663437	Gr	6122	1.011	0.273	200.2	43.6	294.2	4.1	24	85.9	N24E	85.9	SE
NZ-77	629105	3663232	Gr	7125	1.005	-0.109	138.3	30.9	302.6	58	33.7	32	N33.7E	32	SE
NZ-78	628762	3662969	Grd	6137	1.022	0.884	178.8	3.9	278.4	68	10	22.5	N10E	22.5	SE

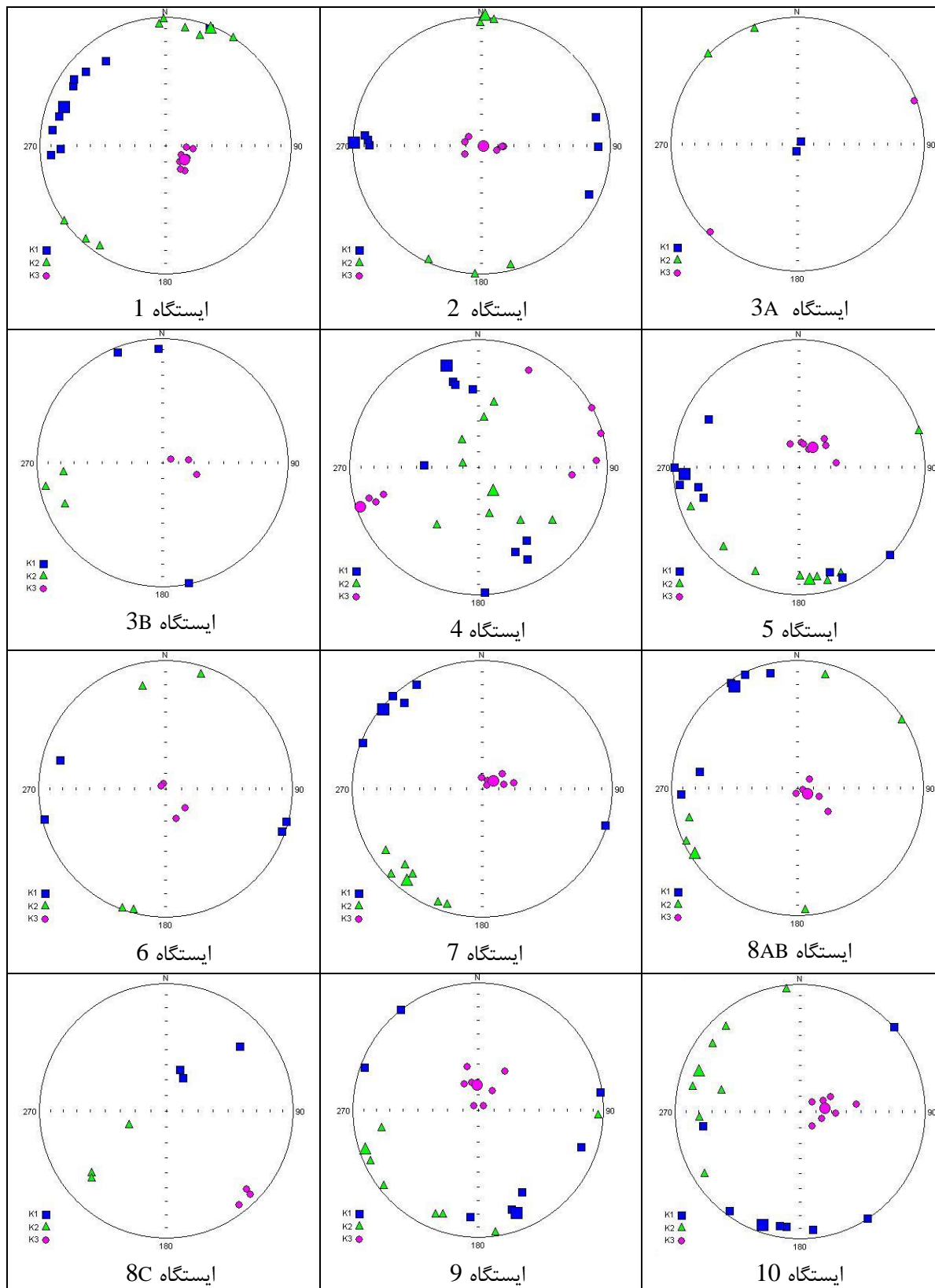
ادامة جدول ١-٤

Station	X	Y	Lithology	Km	P	T	K1D	K1I	K3D	K3I	K3DF	K3IF	Foliation		
NZ-79	628659	3662450	Dio	15376	1.005	-0.322	246.1	60.6	152.8	1.6	242.6	88	N62.6E	88	NW
NZ-80	627952	3662945	Grd	6343	1.017	-0.221	184.1	6.4	35.9	82.4	125	7.9	N55W	7.9	SW
NZ-81	627499	3663348	Gr	4293	1.022	0.465	193.5	4.4	302.6	76.9	33.3	13.6	N33.3E	13.6	SE
NZ-82	628289	3662682	Gr	3234	1.01	0.612	177.5	17.8	302.6	60.9	33.2	29.4	N33.2E	29.4	SE
NZ-83	629864	3664313	Dio	16471	1.018	0.542	216.7	0.6	308.2	66.9	39.8	22.9	N39.8E	22.9	SE
NZ-84	629487	3664975	Dio	14232	1.021	-0.38	104.9	86.9	264.2	2.9	354.3	86.9	N5.7W	86.9	NE
NZ-85	628836	3666126	Grd	15790	1.012	0.348	190	5	280.8	8.9	11	81.3	N11E	81.3	SE
NZ-86	628773	3667007	Grd	28067	1.013	0.06	350.8	50.8	242.6	14.3	333.2	76.8	N26.8W	76.8	NE
NZ-87	628170	3667549	Dio	28521	1.076	0.246	182.2	16.8	272.9	2.2	3	88.8	N3E	88.8	SE
NZ-88	628137	3667462	Grd	17430	1.014	0.579	39.7	20.8	275.1	56.2	6.2	33.7	N6.2E	33.7	SE
NZ-89	629112	3666434	Dio	16795	1.018	0.682	19.6	72.3	111.2	0.5	201	89.3	N21E	89.3	NW
NZ-90	629478	3663891	Gr	10507	1.01	0.224	128.9	10.6	337	78	66.8	12.4	N66.8E	12.4	SE
NZ-91	630123	3663965	Dio	46286	1.023	-0.092	203.3	7	294.4	10.2	24.4	81	N24.4E	81	SE
NZ-92	629894	3663282	Dio	37515	1.016	0.128	144.6	18.5	244.9	27.9	335.1	62.3	N24.9W	62.3	NE
NZ-93	631199	3664932	Grd	15165	1.019	0.16	106.3	14	278.9	75.9	9	14.5	N9E	14.5	SE
NZ-94	631576	3664487	Dio	21699	1.023	-0.533	215	5.7	106.3	72.6	196.4	17.3	N16.4E	17.3	NW
NZ-95	631440	3663824	Gbr	21366	1.016	-0.575	208	24.1	111	15.3	200.6	74.3	N20.6E	74.3	NW
NZ-96	632417	3661806	Grd	50301	1.02	0.694	139.6	79.5	311.9	10.4	42.1	79.1	N42.1E	79.1	SE
NZ-97	631566	3662254	Dio	28572	1.017	-0.723	316.7	77.9	214.6	2.6	304.7	87.5	N55.3W	87.5	NE
NZ-98	630807	3664640	Grd	13348	1.017	-0.111	21.2	67.3	280.3	4.5	10.5	86	N10.5E	86	SE
NZ-99	630473	3664885	Grd	8560	1.027	-0.754	357	80.8	259.1	1.3	349.3	89.2	N10.7W	89.2	NE
NZ-100	630459	3664110	Gbr	51711	1.026	0.461	210.1	16.8	114.9	16.8	204.5	72.8	N24.5E	72.8	NW
NZ-101	630571	3666231	Grd	21119	1.025	0.572	39.1	4.9	213.9	85	309.8	5.1	N50.2W	5.1	NE
NZ-102	630610	3665872	Grd	12915	1.01	0.653	283.6	0.7	14.4	45.9	104.5	45	N75.5W	45	SW
NZ-103	630807	3665582	Gr	10539	1.01	-0.212	18.8	38.8	263.4	28.1	354.1	62.7	N5.9W	62.7	NE
NZ-104	630385	3665292	Grd	16833	1.033	0.138	204.6	1.4	301.4	78	33.3	12.4	N33.3E	12.4	SE

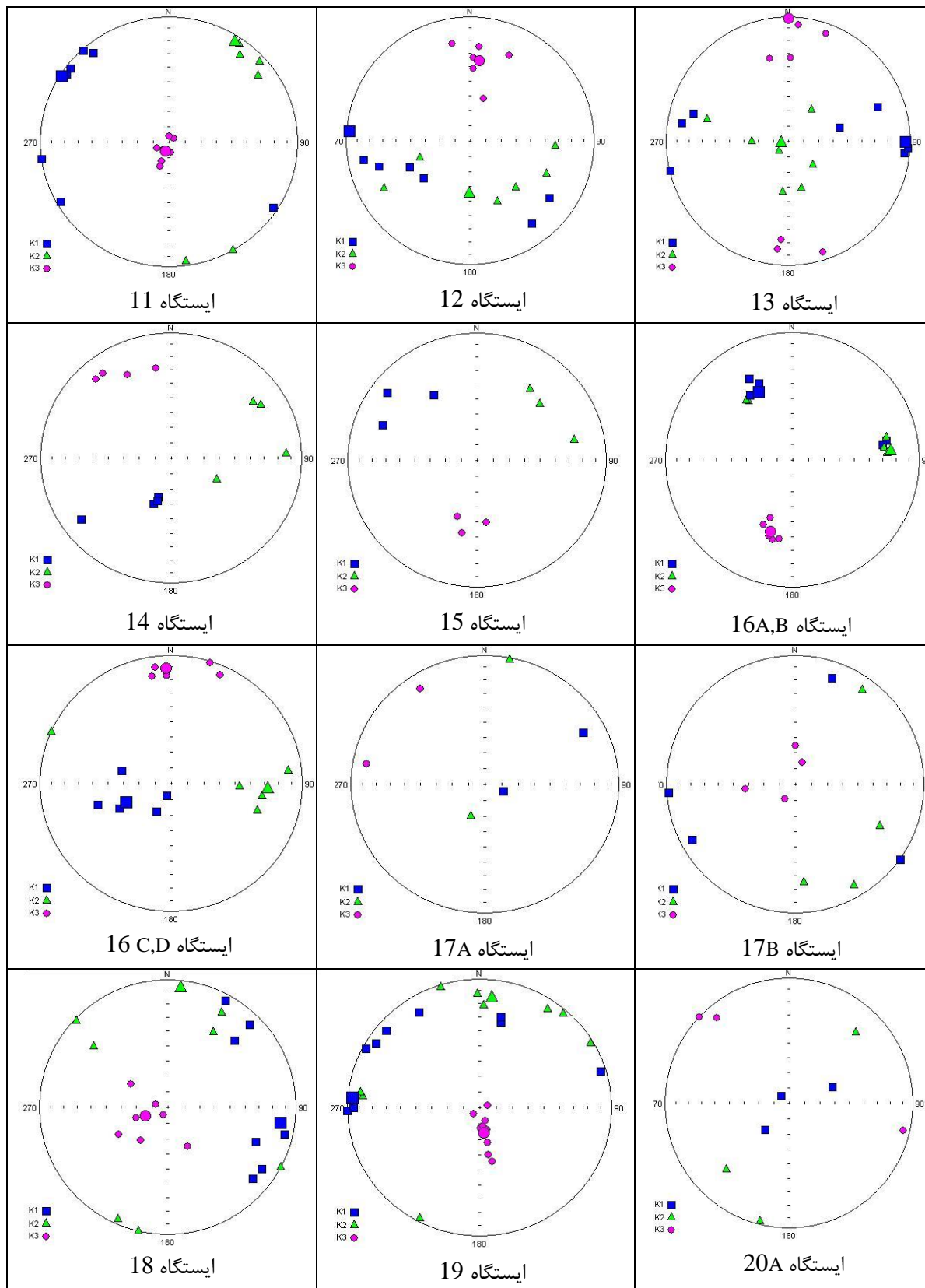
ادامه جدول ۱-۴

Station	X	Y	Lithology	Km	P	T	K1D	K1I	K3D	K3I	K3DF	K3IF	Foliation		
NZ-105	631093	3665491	Grd	62516	1.018	-0.618	172.5	7.1	75	46.5	165.1	44	N14.9W	44	SW
NZ-106	632318	3663136	Grd	35101	1.01	0.031	183.4	31.8	310.6	44.2	40.6	45.6	N40.6E	45.6	SE
NZ-107	632503	3663504	Grd	28932	1.016	0.561	174.7	34	278.2	18.9	8.3	71.7	N8.3E	71.7	SE
NZ-108	633964	3661730	Grd	16881	1.014	0.114	323.7	5.8	189.7	81.7	274.8	7.8	N85.2W	7.8	NE
NZ-109	633881	3661577	Grd	16204	1.016	-0.181	263.9	21.3	137.9	52.9	227.5	37.1	N47.5E	37.1	NW
NZ-110	635102	3660673	Grd	31862	1.018	0.664	102	73.3	258.3	15.3	348.7	74.6	N11.3W	74.6	SE
NZ-111	635720	3659725	Grd	39230	1.017	0.282	257.7	2.9	158.7	71.8	249.9	18	N69.9E	18	NW
NZ-112	635969	3659487	Grd	35684	1.02	-0.578	29.4	6.7	282.2	68.4	13.8	21.8	N13.8E	21.8	SE
NZ-113	636097	3659073	Grd	11648	1.003	-0.107	228.5	77.2	128.3	4	217.6	86	N37.6E	86	NW
NZ-114	636049	3659650	Grd	18987	1.029	0.357	343.8	65.6	101.9	12	191.9	78.1	N11.9E	78.1	NW
NZ-115	636612	3658831	Grd	14553	1.011	0.446	321.8	5.3	77.3	77.8	164.9	12.4	N15.1W	12.4	SW
NZ-116	636448	3658616	Grd	23306	1.012	0.364	309.2	13.4	62.2	58.6	151.9	32	N28.1W	32	SW
NZ-117	635722	3661173	Gr	965	1.003	0.009	226.5	5.7	331.8	69.2	61.8	20	N61.8E	20	SE
NZ-118	635865	3661202	Gr	17638	1.022	-0.288	255	62.6	18.8	16.1	109.2	74	N70.8W	74	SW
NZ-119	624688	3668826	Grd	28842	1.013	0.359	16.8	3.1	115.8	71	204.4	18.9	N24.4E	18.9	NW
NZ-120	624582	3668901	Grd	37451	1.006	0.26	319.9	41.3	130.7	59	219.8	30.7	N39.8E	30.7	NW
NZ-121	632257	3664053	Grd	16599	1.009	-0.563	347.3	41	251.6	6.2	341.7	83.7	N18.3W	83.7	NE
NZ-122	631929	3663942	Dio	20180	1.008	-0.252	148.6	44.3	357.9	41.7	88.4	48.1	N88.4E	48.1	SE
NZ-123	631888	3663946	Dio	17701	1.024	0.066	319.6	12.2	55.5	25.4	146	64.8	N34W	64.8	SW

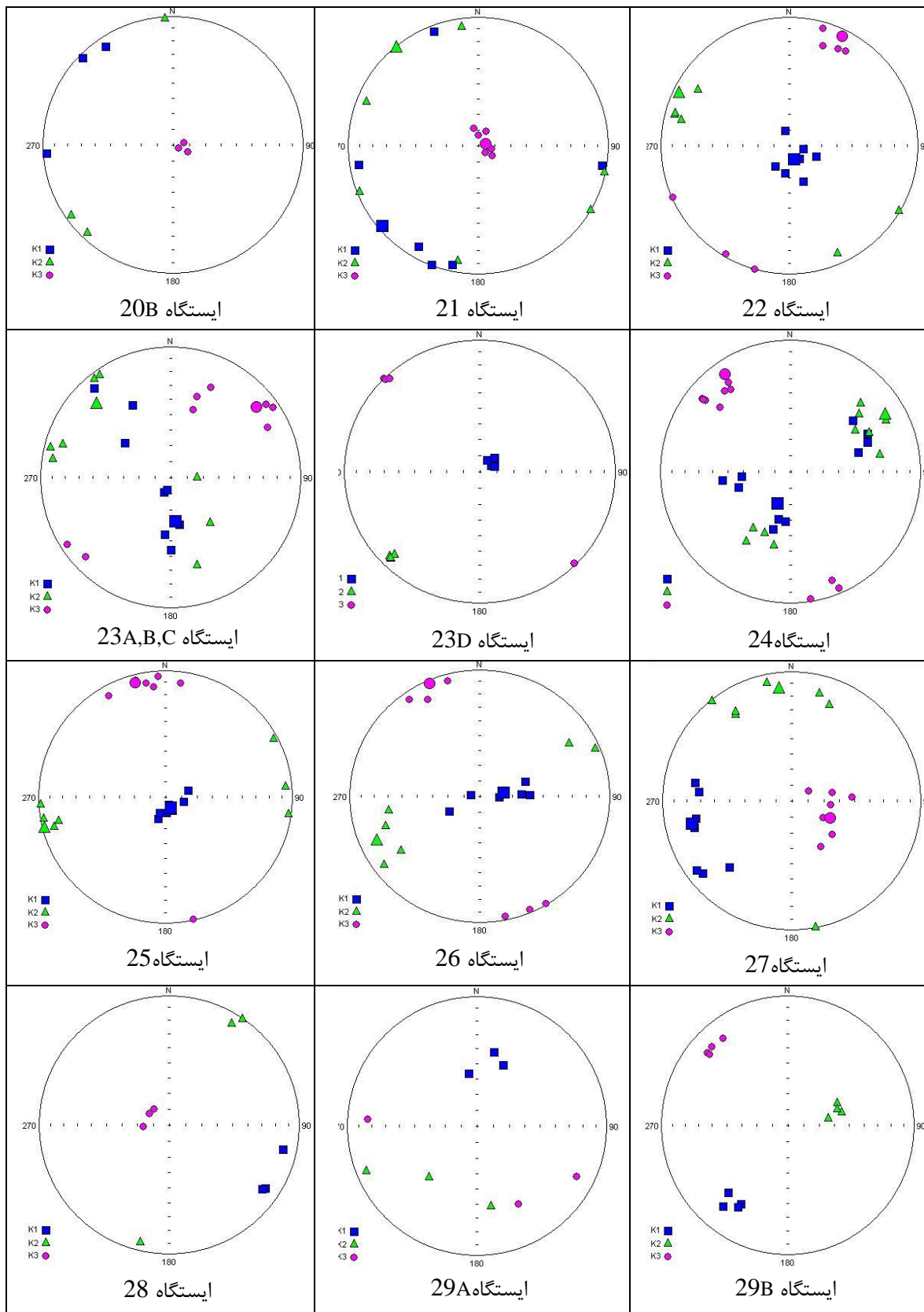
از انتقال داده‌های حاصل از دستگاه به نرم‌افزار Anisoft 4.2 استریونت‌های مبتنی بر پارامترهای K_1 ، K_2 و K_3 رسم می‌گردد. تصاویر این استریونت‌ها در شکل ۳-۴ نشان داده شده است. بر روی هر استریونت موقعیت K_1 یا K_{max} بزرگترین محور بیضوی مغناطیسی، K_2 یا K_{int} محور متوسط بیضوی مغناطیسی و K_3 یا K_{min} کوچکترین محور بیضوی مغناطیسی مشاهده می‌شود. مقادیر این محورها در جدول داده‌ها به صورت آزمون و مقدار شیب هر محور مشخص می‌شود. استریونت‌ها ارزش تصویری داشته و بررسی میزان همگنی و صحت داده‌ها را به آسانی میسر می‌سازند. به طور مثال تجمع نقاط معرف K_1 و K_3 در یک محل از استریونت غیرعادی و نادرست است.



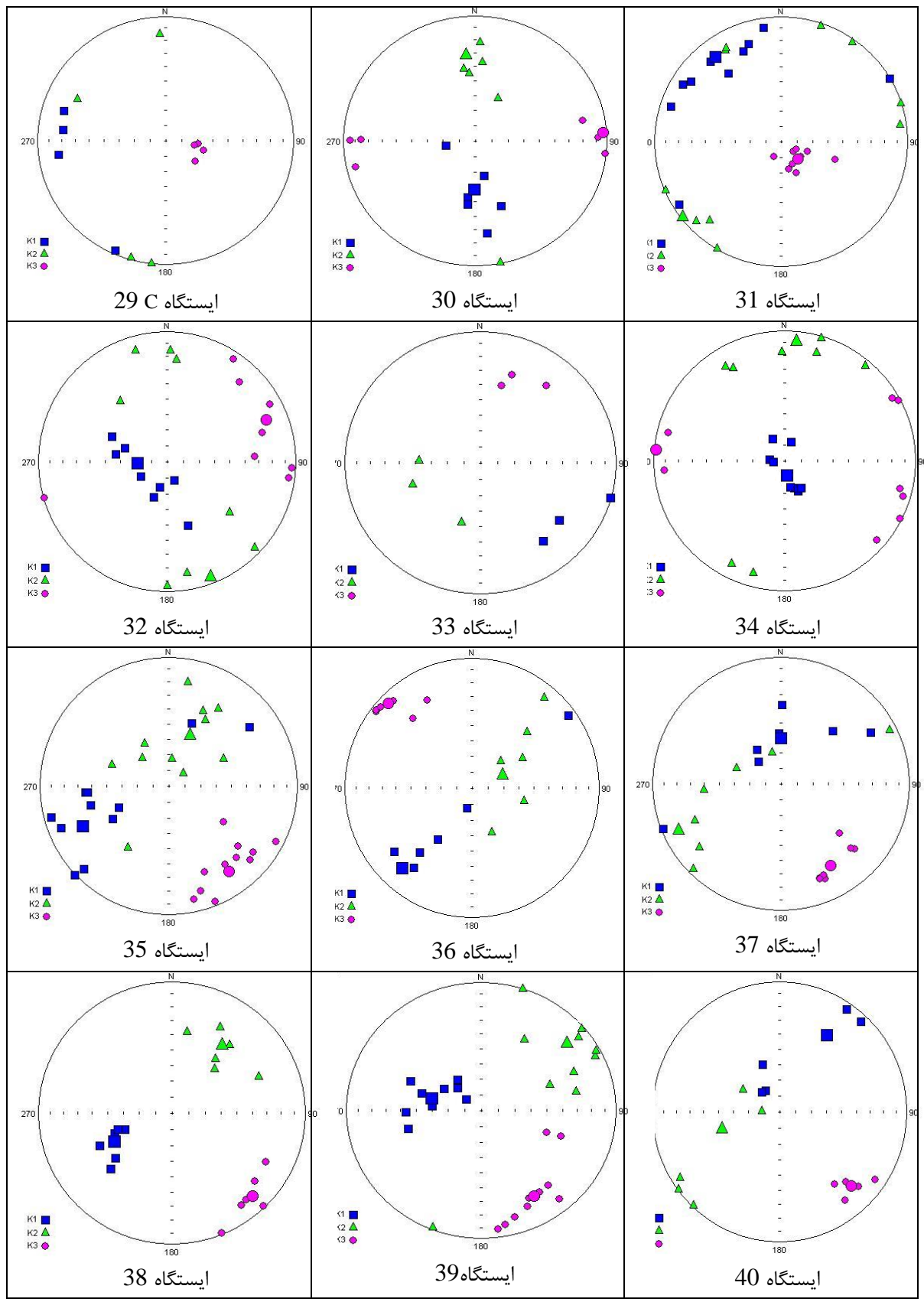
شکل ۴-۳- استریوگرام‌های نشان‌دهنده موقعیت محورهای بیضوی حساسیت مغناطیسی (K1، K2 و K3) در ۱۲۳ ایستگاه (با استفاده از نرم افزار Anisoft 42).



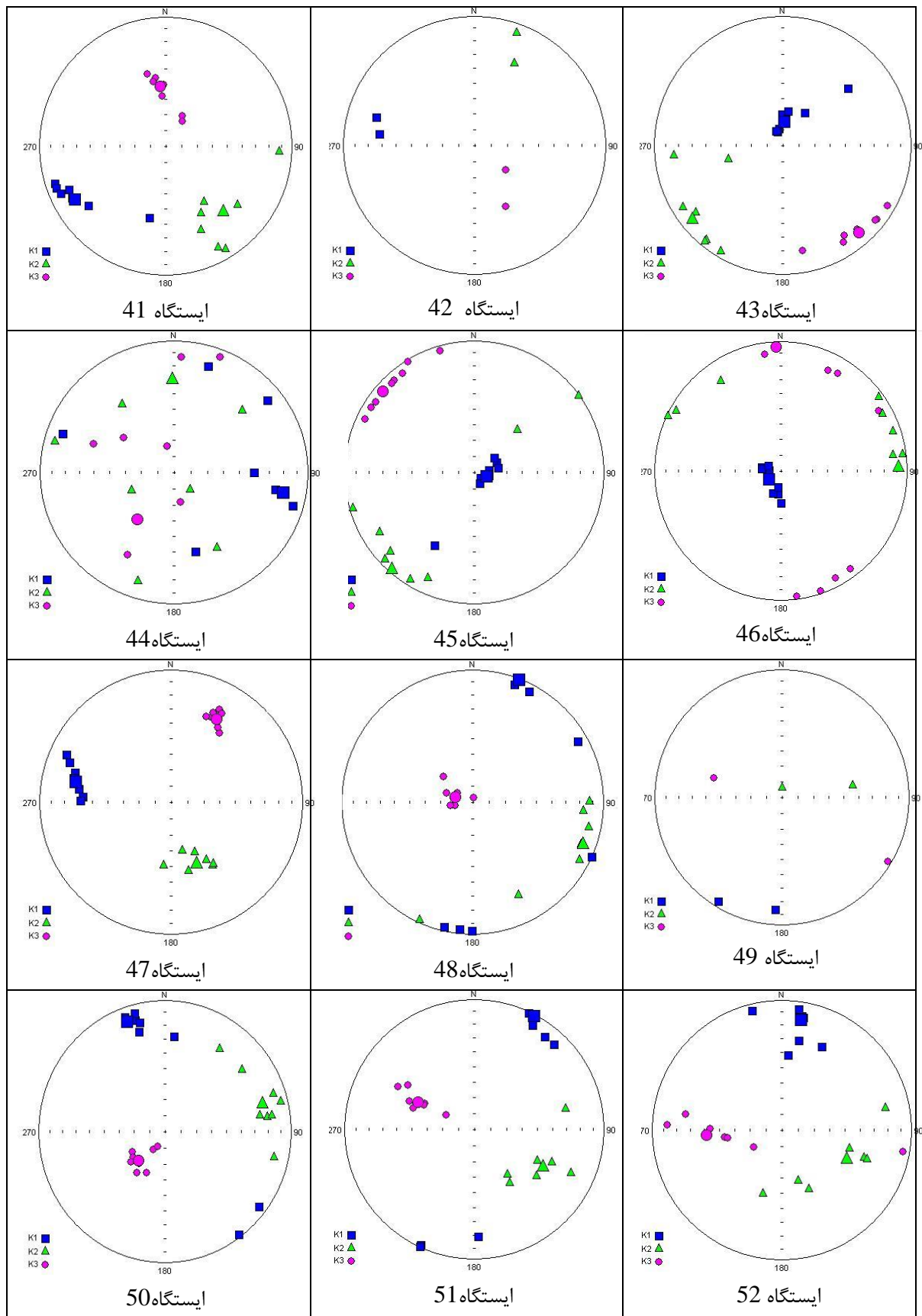
ادامه شکل ۴-۳- استریوگرام‌های نشان‌دهنده موقعیت محورهای بیضی حساسیت مغناطیسی (K1، K2 و K3) در ۱۲۳ ایستگاه (با استفاده از نرم افزار Anisoft 42).



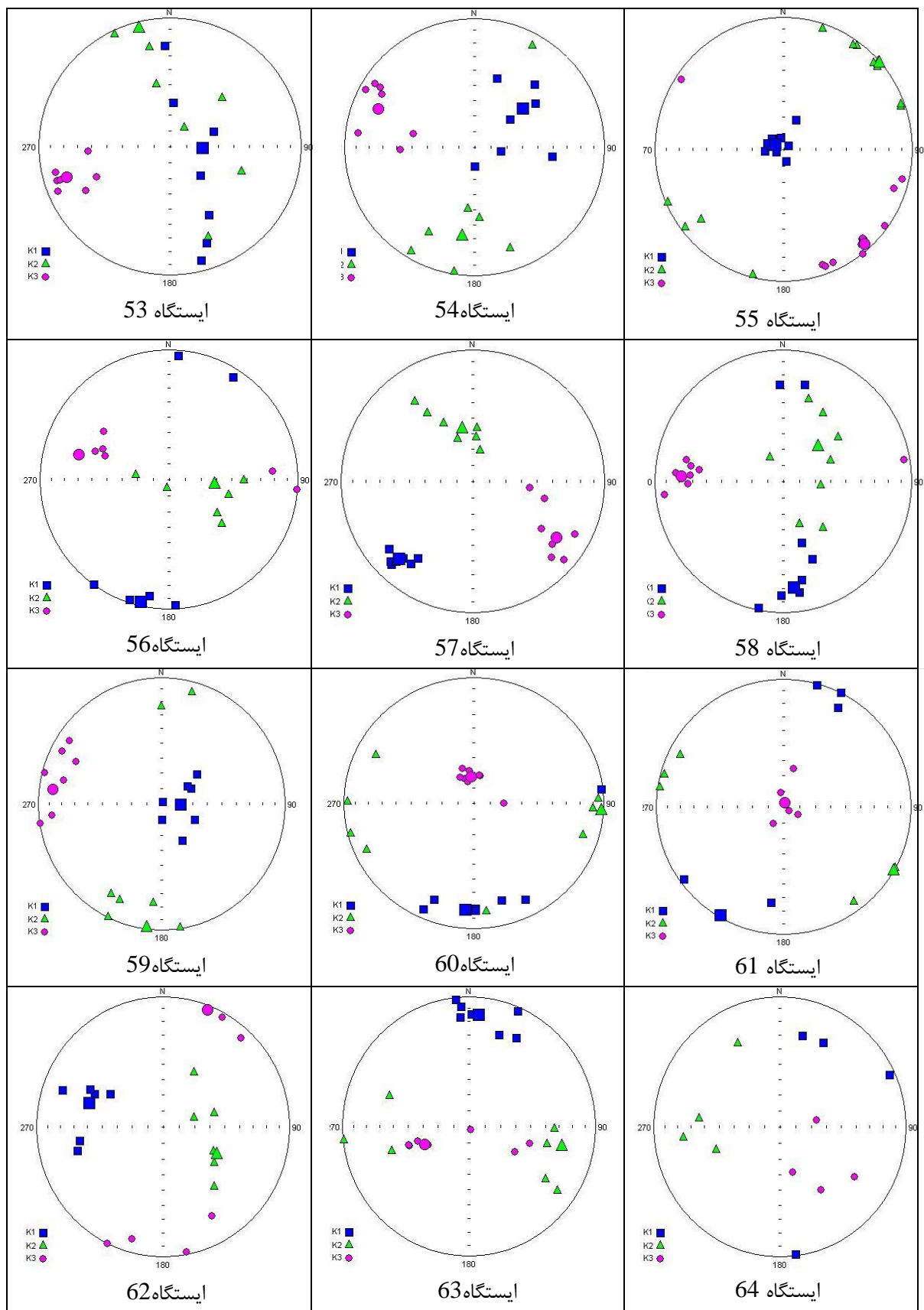
ادامه شکل ۴-۳- استریوگرام‌های نشان‌دهنده موقعیت محورهای بیضوی حساسیت مغناطیسی (K1، K2 و K3) در ۱۲۳ ایستگاه (با استفاده از نرم افزار Anisoft 42).



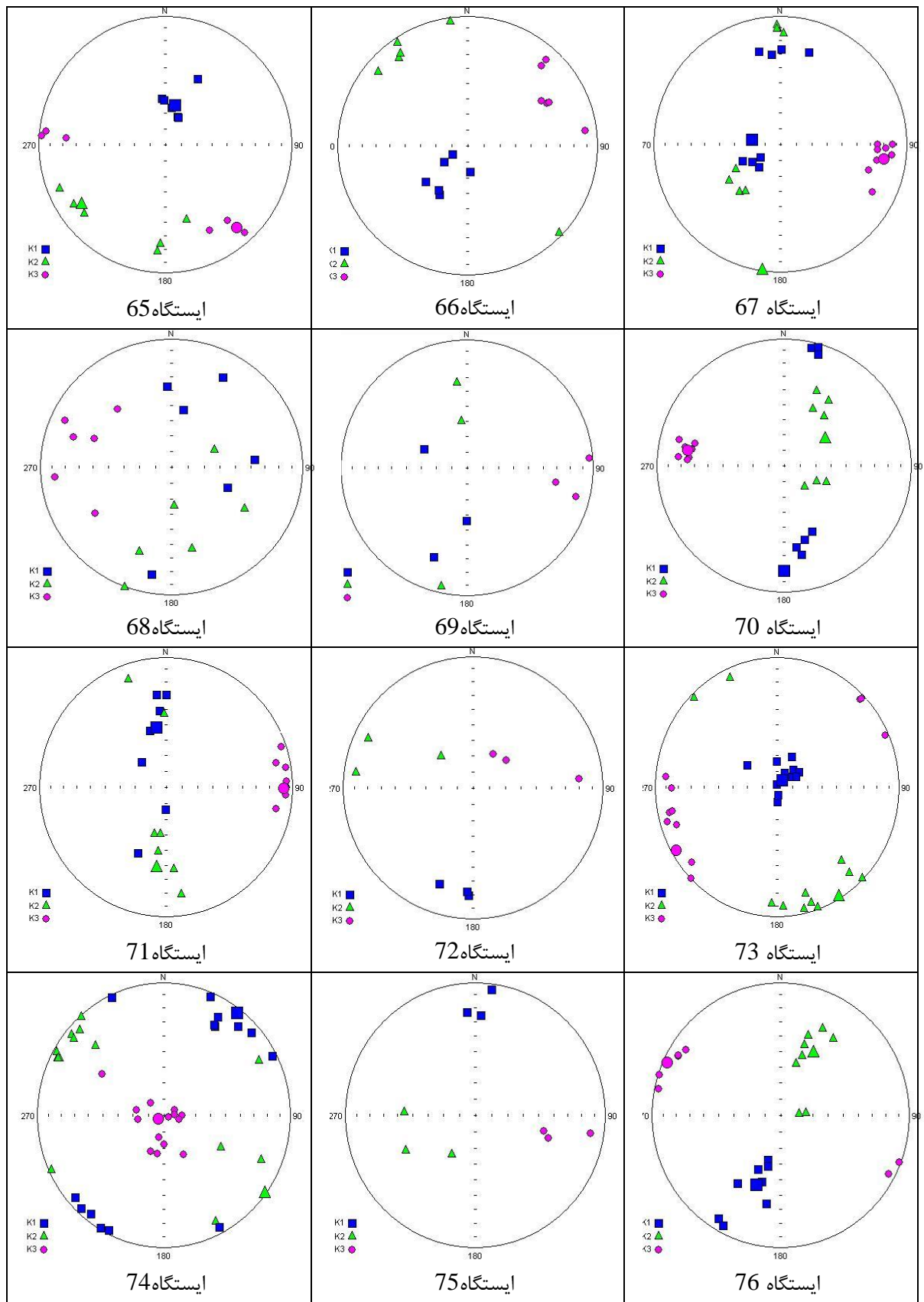
ادامه شکل ۴-۳- استریوگرام‌های نشان‌دهنده موقعیت محوره‌های بیضوی حساسیت مغناطیسی (K1, K2 و K3) در ۱۲۳ ایستگاه (با استفاده از نرم افزار Anisoft 42).



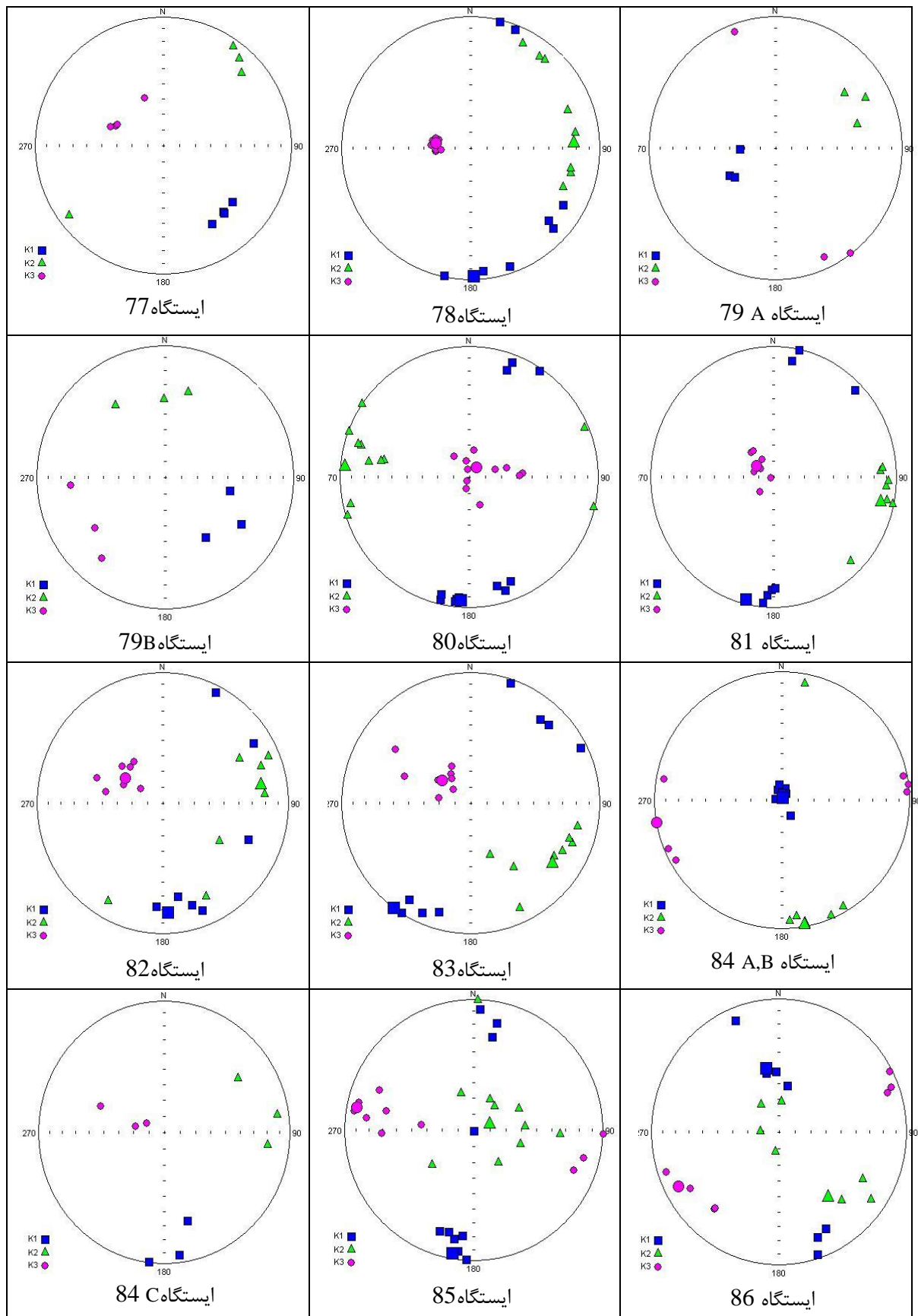
ادامه شکل ۴-۳- استریوگرام‌های نشان‌دهنده موقعیت محورهای بیضی حساسیت مغناطیسی (K1, K2 و K3) در ۱۲۳ ایستگاه (با استفاده از نرم افزار Anisoft 42).



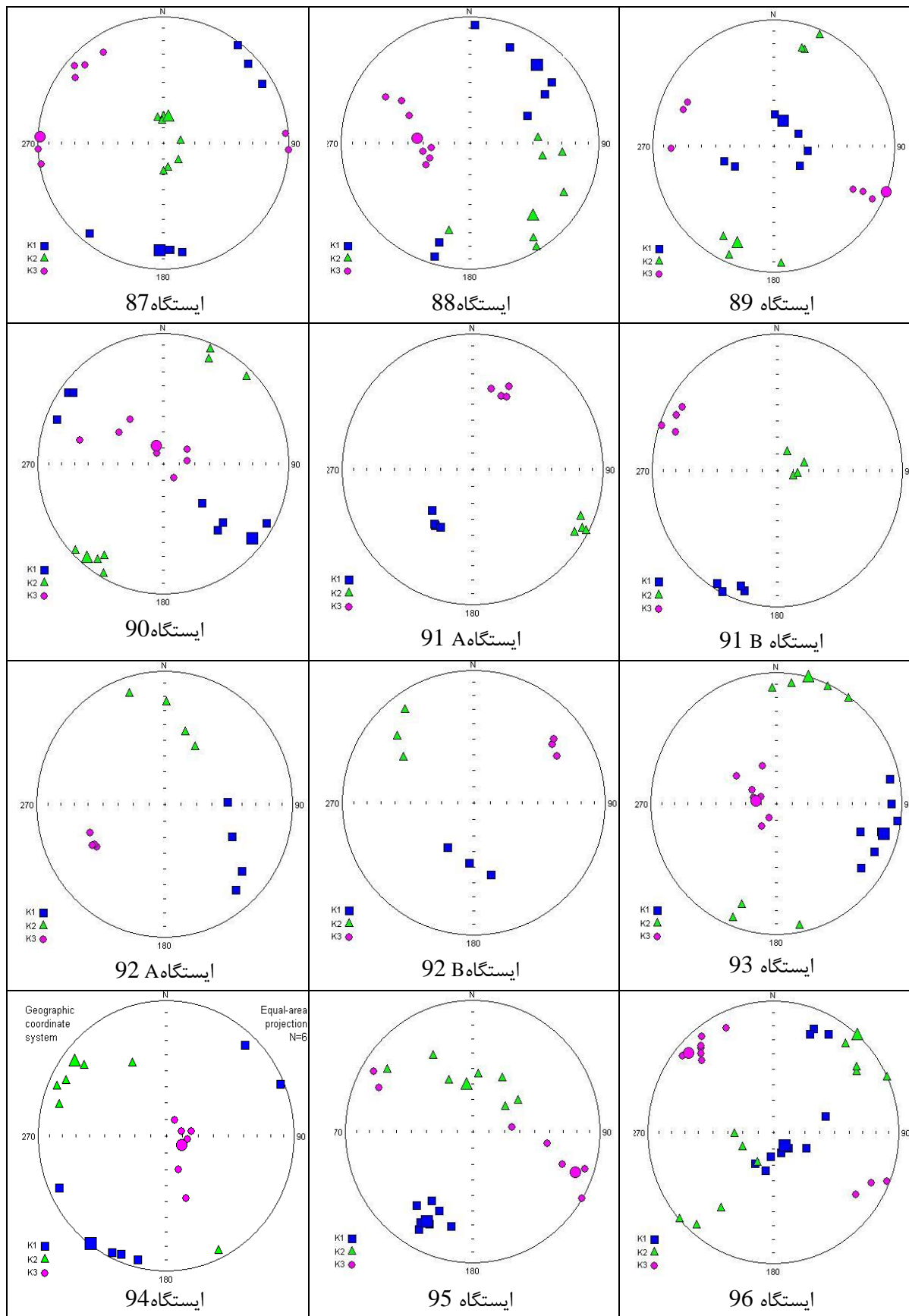
ادامه شکل ۴-۳- استریوگرام‌های نشان‌دهنده موقعیت محوره‌های بیضوی حساسیت مغناطیسی (K1، K2 و K3) در ۱۲۳ ایستگاه (با استفاده از نرم افزار Anisoft 42).



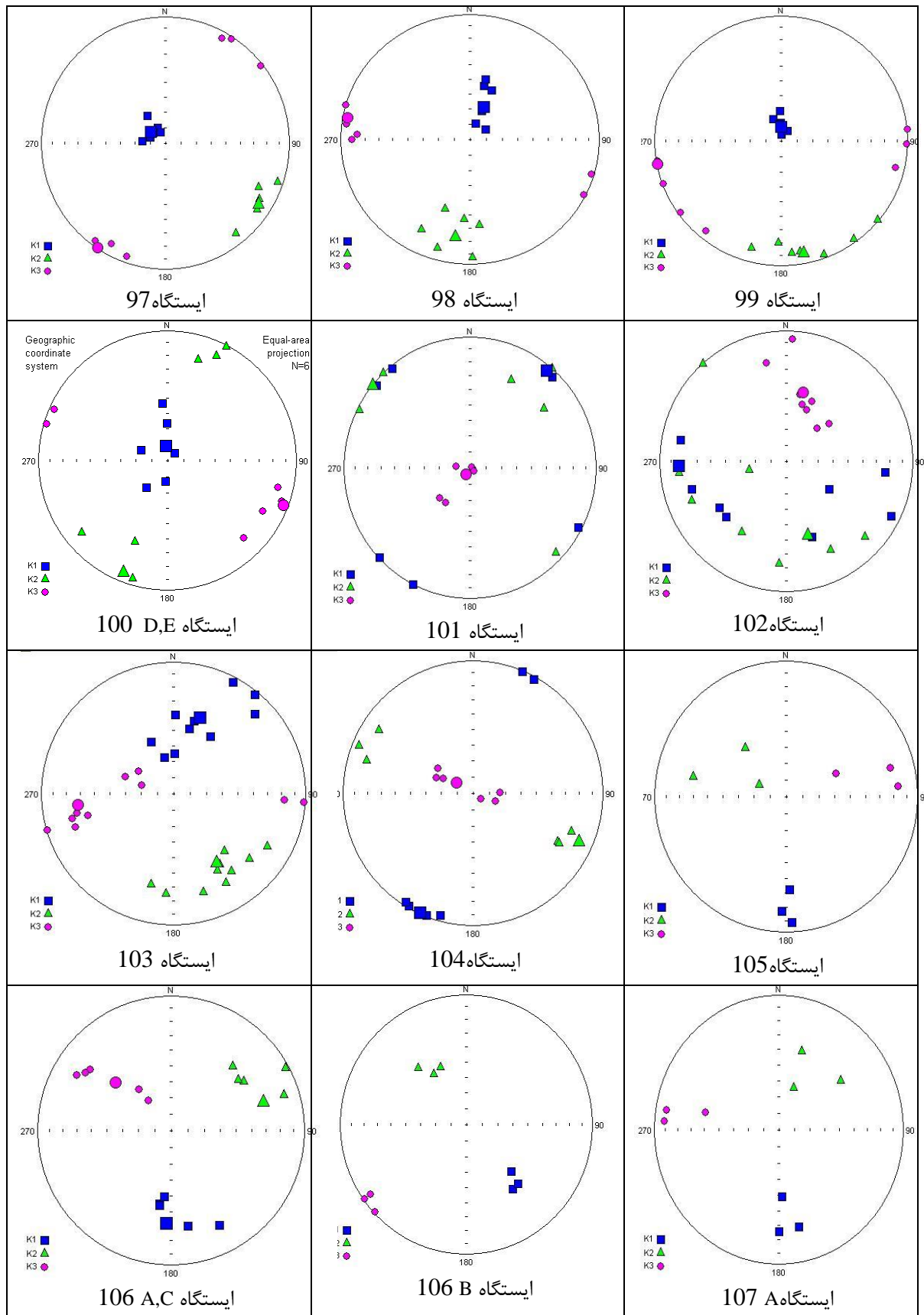
ادامه شکل ۴-۳- استریوگرام‌های نشان‌دهنده موقعیت محوره‌های بیضوی حساسیت مغناطیسی (K1، K2 و K3) در ۱۲۳ ایستگاه (با استفاده از نرم افزار Anisoft 42).



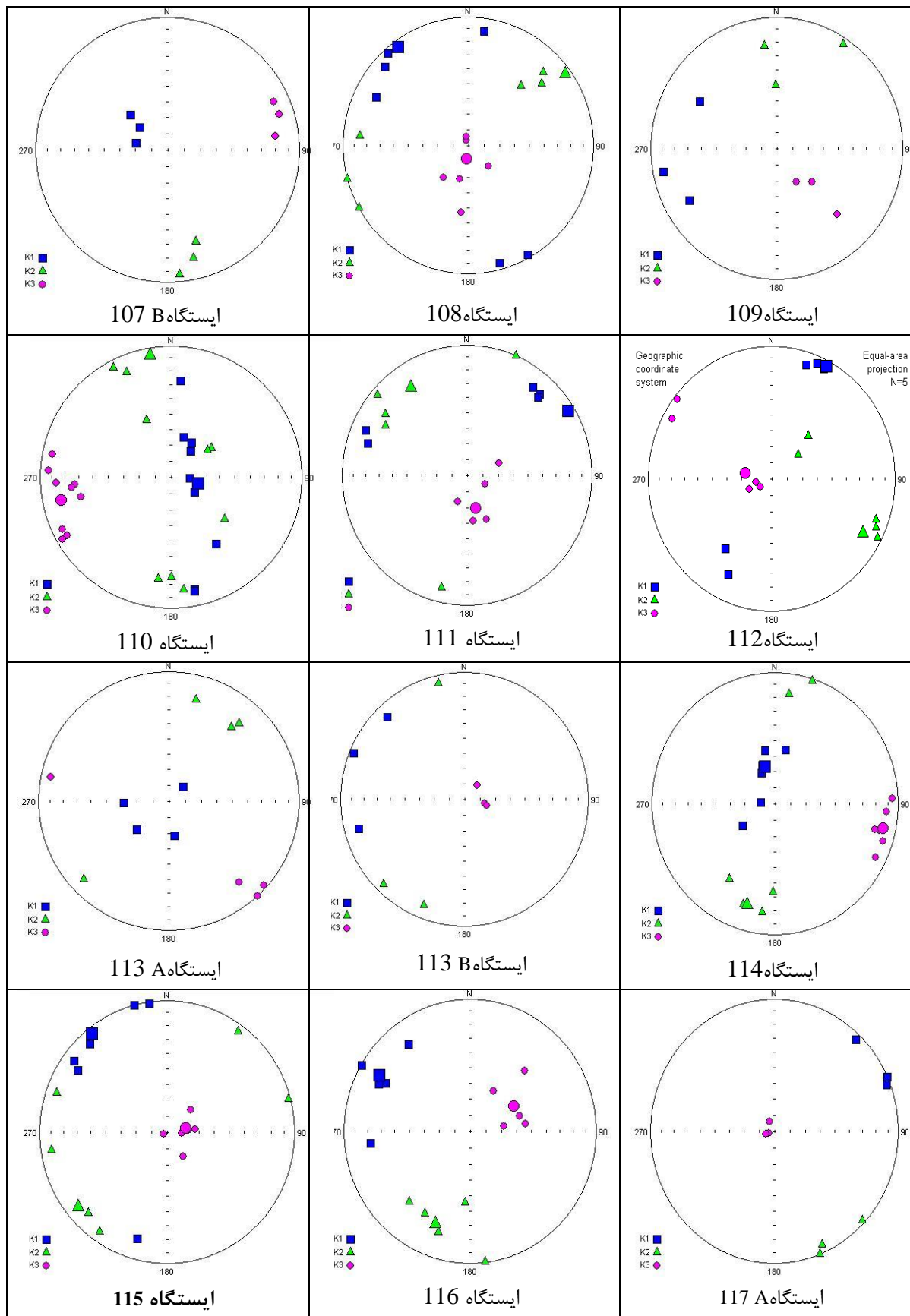
ادامه شکل ۳-۴- استریوگرام‌های نشان‌دهنده موقعیت محوره‌های بیضوی حساسیت مغناطیسی (K1، K2 و K3) در ۱۲۳ ایستگاه (با استفاده از نرم افزار Anisoft 42).



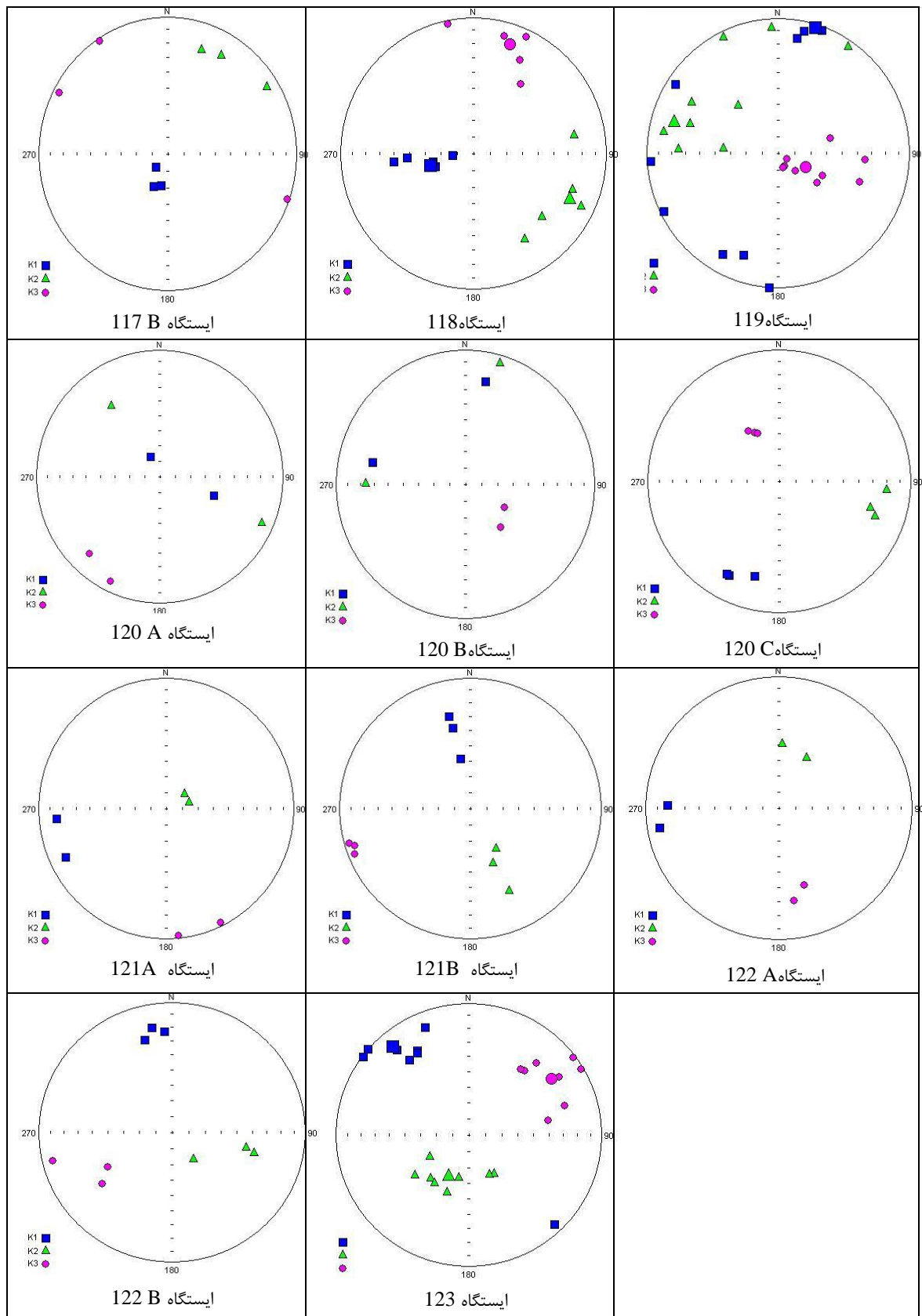
ادامه شکل ۴-۳- استریوگرام‌های نشان‌دهنده موقعیت محورهای بیضوی حساسیت مغناطیسی (K1، K2 و K3) در ۱۲۳ ایستگاه (با استفاده از نرم افزار Anisoft 42).



ادامه شکل ۴-۳- استریوگرام‌های نشان‌دهنده موقعیت محوره‌های بیضوی حساسیت مغناطیسی (K1، K2 و K3) در ۱۲۳ ایستگاه (با استفاده از نرم افزار Anisoft 42).



ادامه شکل ۴-۳- استریوگرام‌های نشان‌دهنده موقعیت محورهای بیضوی حساسیت مغناطیسی (K1، K2 و K3) در ۱۲۳ ایستگاه (با استفاده از نرم افزار Anisoft 42).



ادامه شکل ۳-۴- استریوگرام‌های نشان‌دهنده موقعیت محورهای بیضوی حساسیت مغناطیسی (K1، K2 و K3) در ایستگاه ۱۲۳ (با استفاده از نرم افزار Anisoft 42).

۴-۲- بررسی نقشه‌های مغناطیسی

پس از اتمام اندازه‌گیری نمونه‌ها با دستگاه مغناطیس‌سنج و بدست آوردن ارقام و نتایج نهایی (جدول ۴-۱) نقشه‌های لازم جهت بررسی فابریک مغناطیسی ترسیم شد. در زیر به توضیح و تفسیر هر یک از این نقشه‌ها به طور جداگانه پرداخته شده است.

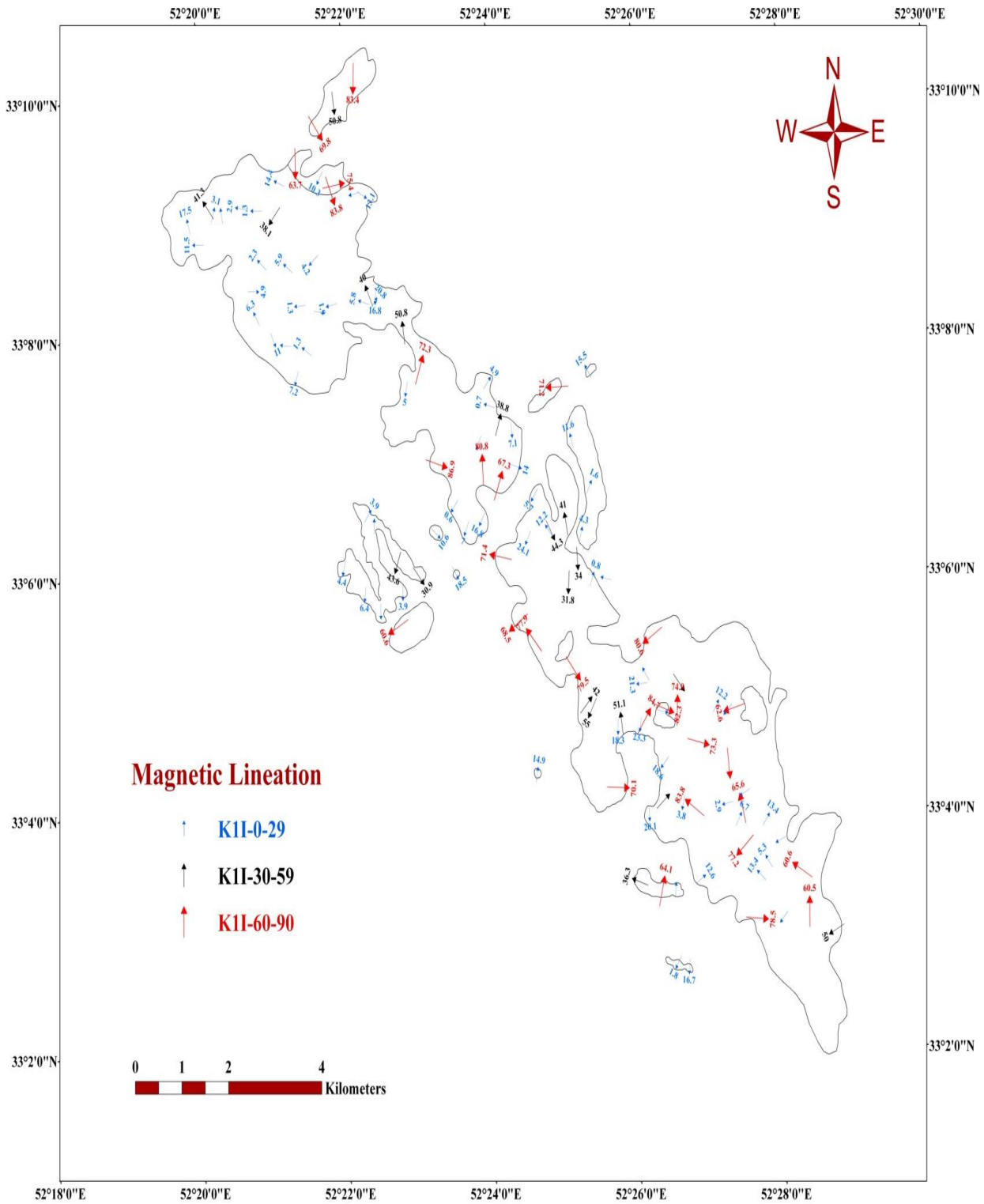
۴-۲-۱- نقشه خطوارگی مغناطیسی

همان‌گونه که در فصل سوم ذکر شد، K1 معرف خطوارگی مغناطیسی است و در رسم نقشه‌های خطوارگی مغناطیسی استفاده می‌شود. برای ترسیم این نقشه‌ها نماد فلش \uparrow معرف خطوارگی مغناطیسی در هر ایستگاه می‌باشد. مقدار شیب خطوارگی در سه دسته شیب ۲۹-۰ با فلش کوتاه، ۵۹-۳۰ با فلش متوسط و ۹۰-۶۰ با فلش بلند نمایش داده شده است. با توجه به مقدار شیب خطوارگی هر ایستگاه، فلش مربوطه را انتخاب کرده و در نقشه استفاده می‌کنیم. برای اینکار هر فلش نسبت به شمال نقشه توجیه می‌گردد و با توجه به آزیموت خطوارگی، هر فلش از محل شمال به سمت راست چرخش داده می‌شود و مقدار شیب خطوارگی در کنار فلش درج می‌شود. در نهایت و با رعایت اصول ذکر شده نقشه خطوارگی مغناطیسی توده ظرفرند (شکل ۴-۴ در صفحه ۱۳۱) بدست آمد. لازم به ذکر است این فرآیند به کمک نرم‌افزار ArcGis 9.3 انجام شده است.

با رسم نقشه منطقه بندی یا کنتوربندی مقدار شیب خطوارگی‌های مغناطیسی و به نمایش درآوردن تغییرات آن به صورت کنتور دیاگرام و نیز پهنه بندی آن در شکل ۴-۵، تفسیرهای مربوطه بسیار راحت‌تر می‌شود. نقشه منطقه بندی، شیب خطوارگی‌های مغناطیسی نشان می‌دهد که بخش شمال‌غرب و غرب منطقه دارای خطوارگی‌های مغناطیسی با شیب بسیار کم می‌باشد و نتیجه‌گیری-های بعدی ما دال بر ظاهر شدن این مناطق به صورت سیل را تأیید می‌کند. در تعدادی از ایستگاه‌ها به طور پراکنده شیب خطوارگی‌های مغناطیسی کم می‌باشد که می‌تواند از تغییرات موضعی و آشفته‌گی‌های محلی ناشی شده باشد. در این نقشه نکته جالب توجه این است که مناطق دارای

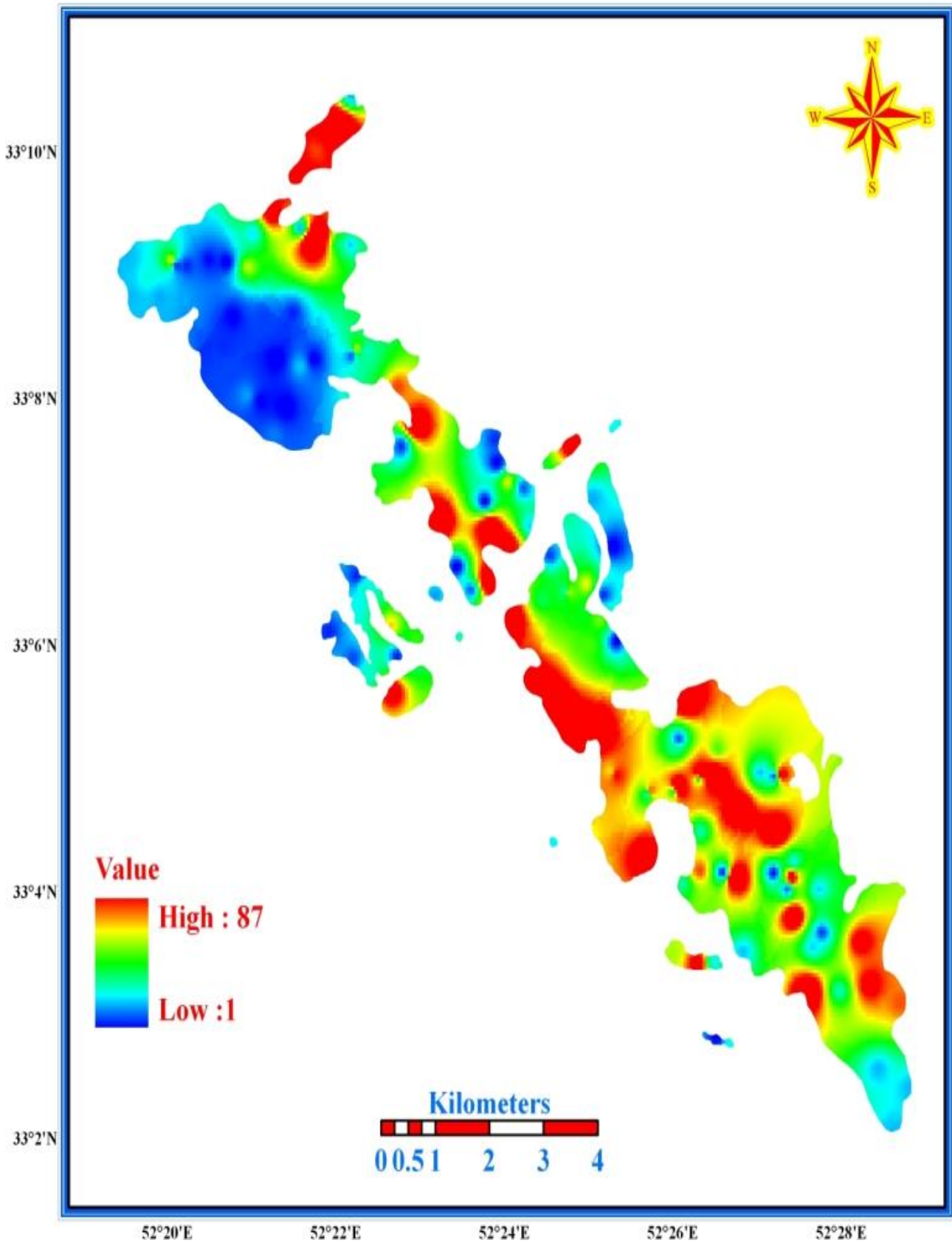
حساسیت مغناطیسی زیاد دارای خطوارگی‌های با شیب مغناطیسی زیاد می‌باشند و امکان حضور زون‌های تغذیه کننده را تأیید می‌نمایند. در سایر نقاط توده نفوذی، شیب خطوارگی‌های مغناطیسی دارای مقادیر متوسط تا زیاد است که در بحث‌های قلمروهای مغناطیسی، تغییرات آن‌ها به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار گرفته است ولی با نگاهی کلی‌تر به این نقشه حضور یک روند شمال‌غرب-جنوب‌شرقی مشخص می‌شود.

Magnetic Lination Map



شکل ۴-۴ - نقشه خطوارگی های مغناطیسی

Magnetic lineation dips map



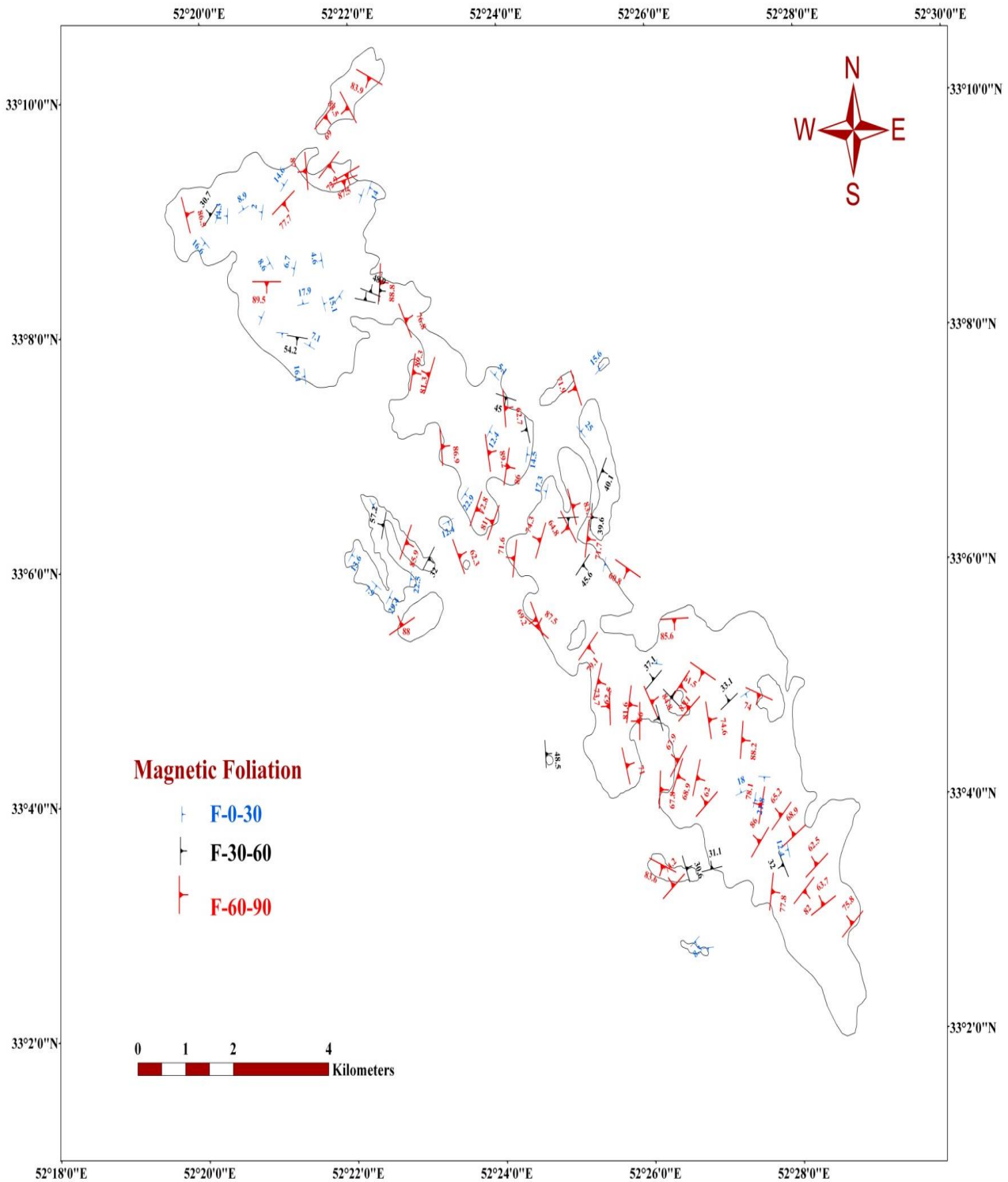
شکل ۴-۵- نقشه منطقه بندی تغییرات شیب خطوارگی مغناطیسی.

۴-۲-۲- نقشه برگوارگی مغناطیسی

نقشه برگوارگی مغناطیسی براساس موقعیت‌های K3 (قطب برگوارگی مغناطیسی) مندرج در جدول ۴-۱ رسم شده است. برای ترسیم صفحات برگوارگی مغناطیسی، از نماد \perp استفاده می‌شود که خط بزرگتر آزمون و خط کوچک‌تر عمود بر آن، جهت شیب را نشان می‌دهد. برای نشان دادن زاویه شیب، مقدار آن در کنار نماد برگوارگی درج می‌شود. با وارد کردن برگوارگی کلیه ایستگاه‌ها نقشه برگوارگی مغناطیسی توده بدست می‌آید (شکل ۴-۶ در صفحه ۱۳۴).

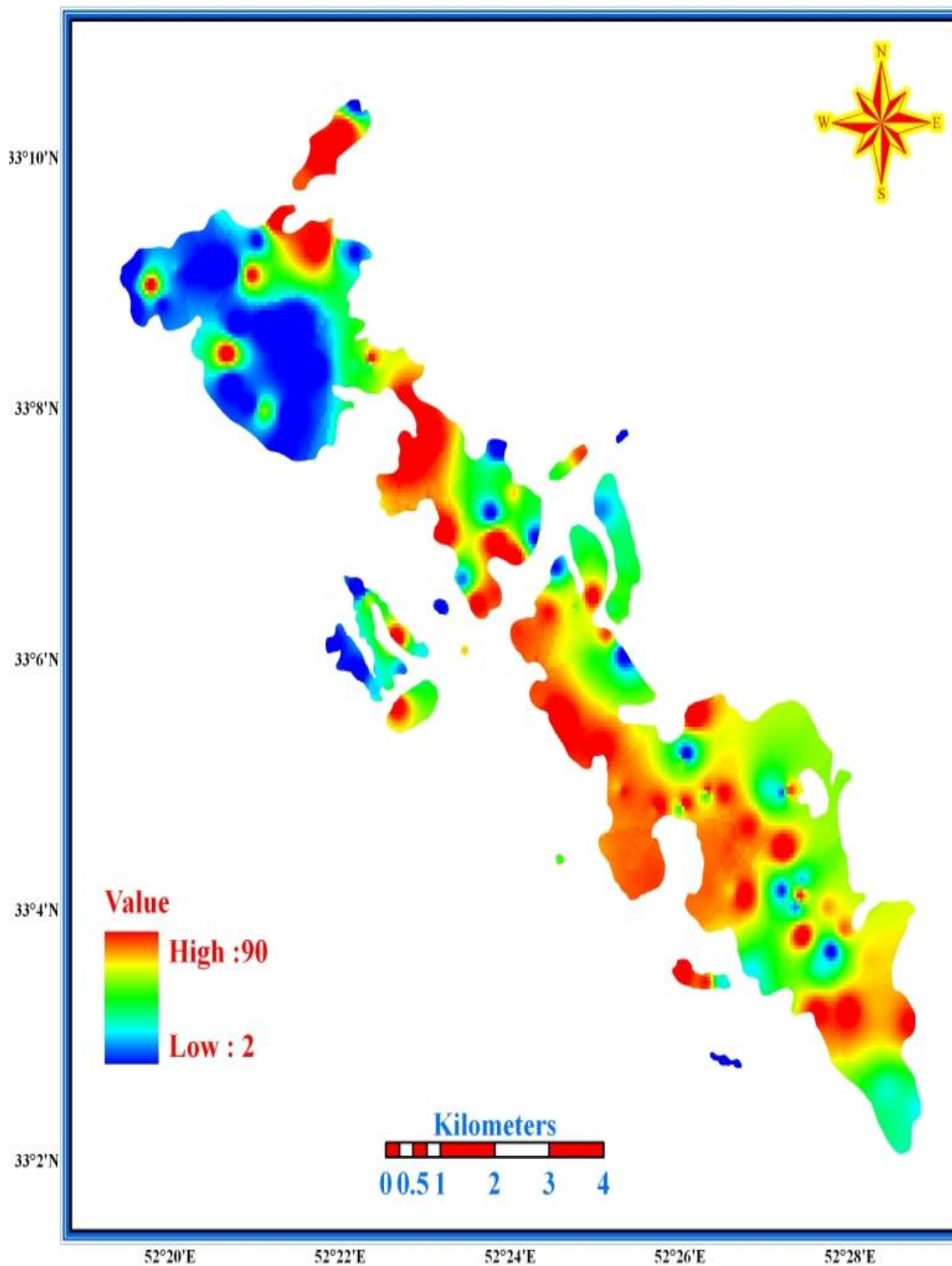
نقشه منطقه بندی شیب برگوارگی‌های مغناطیسی در شکل ۴-۷ نشان داده شده است.

Magnetic Foliation Map



شکل ۴-۶- نقشه برگوارگی های مغناطیسی

Magnetic foliation dips map

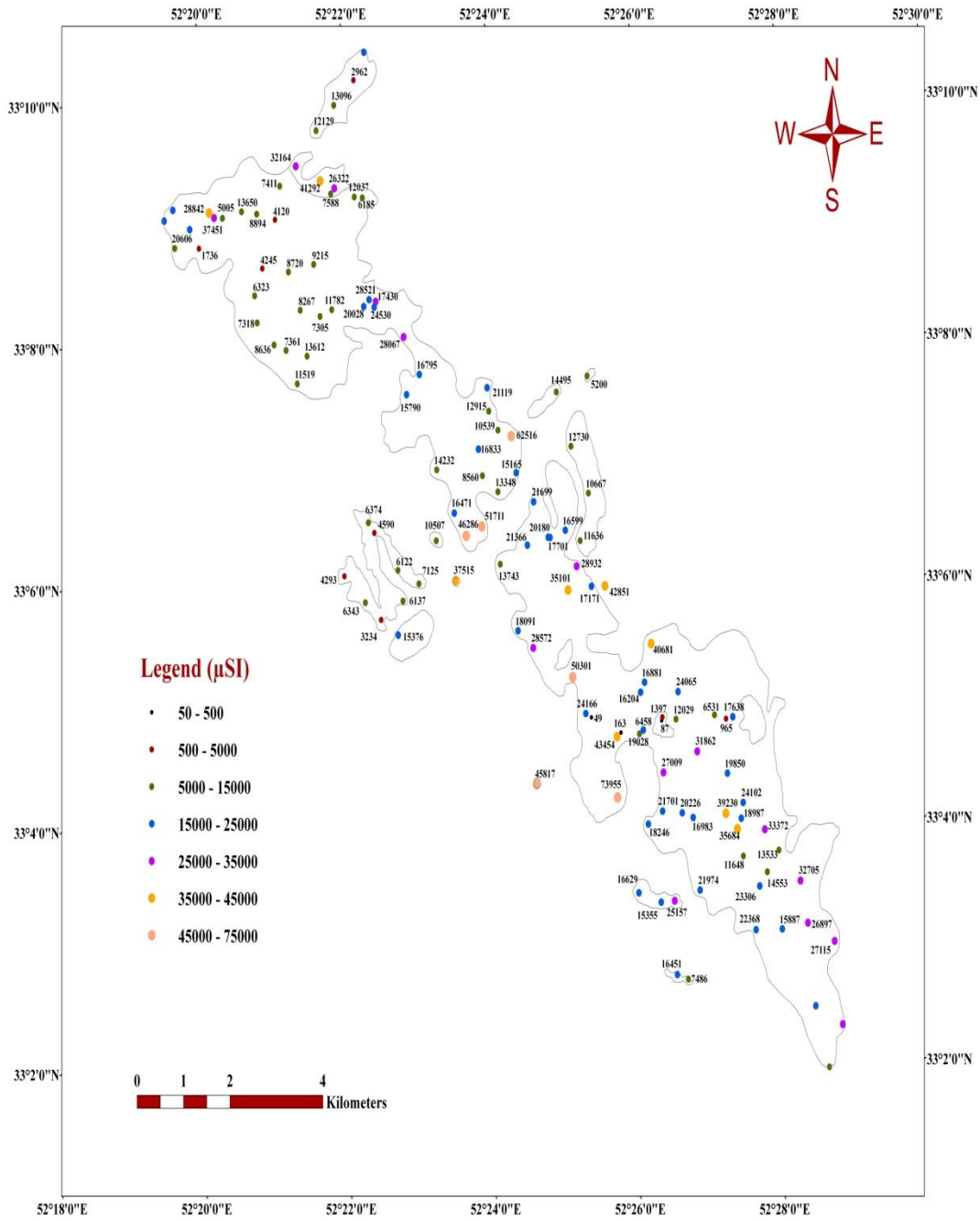


شکل ۴-۷- نقشه منطقه بندی تغییرات شیب برگوارگی مغناطیسی.

۴-۲-۳- نقشه حساسیت مغناطیسی میانگین

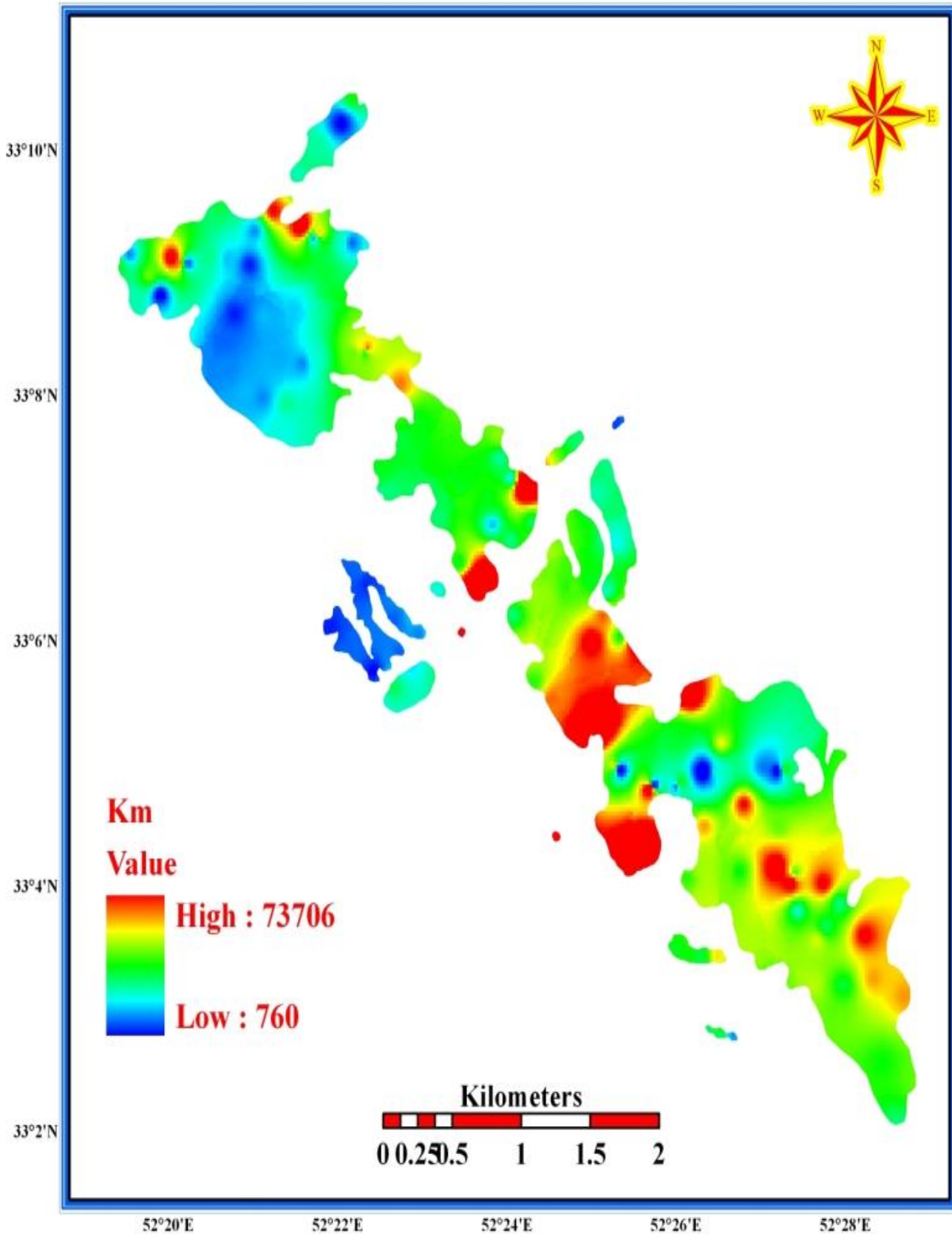
از جمله مهمترین پارامترهای مغناطیسی، پارامتر حساسیت مغناطیسی میانگین Km است. نقشه تغییرات حساسیت مغناطیسی میانگین، با نمایش مقدار Km هر ایستگاه بدست می‌آید (شکل ۴-۸ در صفحه ۱۳۷). اگر مقدار Km را در محدوده متغیری تقسیم‌بندی کنیم، بررسی این نقشه‌ها ساده‌تر انجام گرفته و می‌توان نوعی منطقه بندی را در توده مشخص کرد (شکل ۴-۹). با این کار حالت انطباق نقشه حساسیت مغناطیسی با نقشه پراکندگی فازهای آذرین یا لیتولوژی ملموس تر خواهد شد. به نمایش درآوردن تغییرات مقادیر حساسیت مغناطیسی به صورت کنتور دیاگرام و نیز پهنه بندی آنها فهم پارامترهای مربوطه بسیار راحت تر می‌شود. با توجه به نقشه شکل ۴-۹ نقشه حساسیت مغناطیسی میانگین بخش‌های شمال غرب-غرب و مقداری از بخش‌های توده گرانیتوئیدی ظفرقند نسبت به بقیه بخش‌های آن دارای حساسیت مغناطیسی کمتری (کمتر از $15000 \mu SI$) هستند. محدوده‌های دارای این مقادیر حساسیت مغناطیسی میانگین پایین که در شکل با رنگ‌های آبی روشن تا تیره مشخص می‌شوند با محل حضور سنگ‌های گرانیتی گرانودیوریتی مطابقت می‌نمایند. با توجه به این شکل متوجه می‌شویم که در برخی نقاط مقدار حساسیت مغناطیسی بیش از $25000 \mu SI$ می‌باشد. این مناطق در نقشه به رنگ قرمز-قهوه‌ای بوده و با محل حضور سنگ‌های گابرویدیوریتی مشخص می‌شوند. در حد فاصل بین مقادیر ذکر شده ($15000 \mu SI$ تا $25000 \mu SI$) که بخش قابل توجهی از توده گرانیتوئیدی ظفرقند را کامل می‌کند ترکیبات سنگی نظیر گرانودیوریت، کوآرتز دیوریت و دیوریت (به رنگ‌های سبز تا زرد) رخنمون دارند. با این تفسیر می‌توان نتیجه گرفت بین ترکیب سنگ‌شناسی و مقدار حساسیت مغناطیسی میانگین ارتباط مستقیمی وجود دارد. محل‌های دارای حساسیت مغناطیسی زیاد با محل مشاهده شواهدی نظیر اختلاط ماگمایی مطابقت می‌کند. نقشه منطقه بندی حساسیت مغناطیسی و نقشه منطقه بندی خطواره‌های مغناطیسی در مقابل سایر نقشه‌های منطقه بندی گویاتر بوده و یکدیگر را بهتر تأیید می‌کنند.

Magnetic Susceptibility (Km)



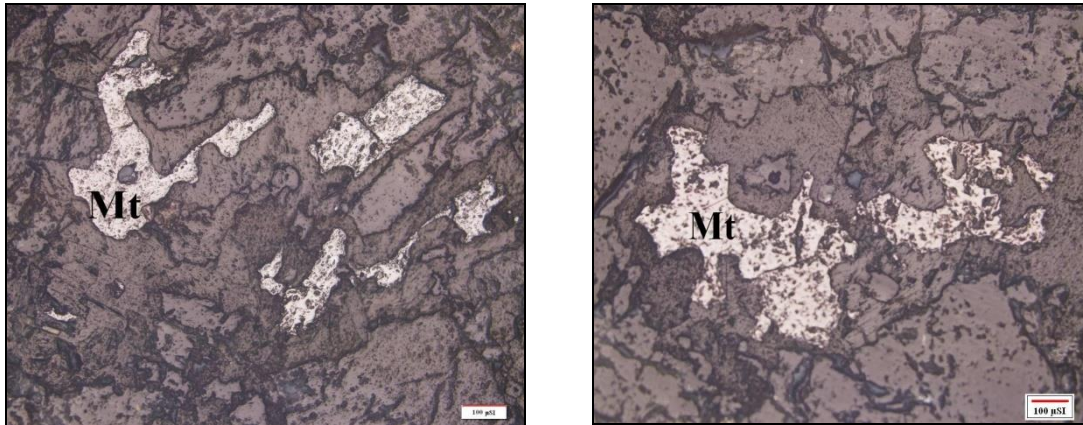
شکل ۴-۸ نقشه تغییرات حساسیت مغناطیسی میانگین.

Mean magnetic susceptibility (Km) map



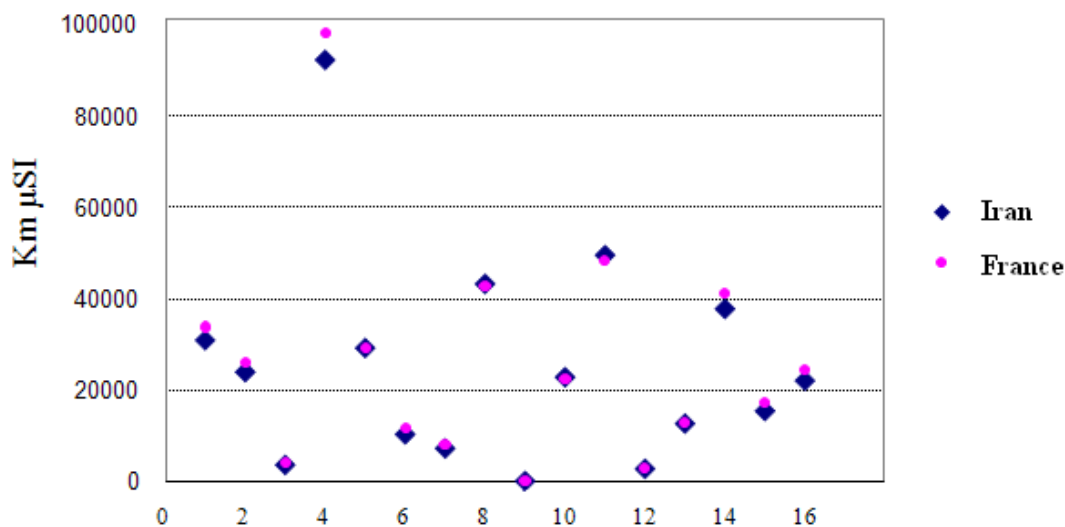
شکل ۴-۹- نقشه منطقه بندی تغییرات حساسیت مغناطیسی میانگین (پارامتر Km).

براساس نتایج حاصل از حساسیت مغناطیسی، توده ظفرقند در محدوده گرانیتوئیدهای فرومغناطیس نوع I با $Km > 500$ قرار می‌گیرد. این میزان بالای Km در توده ظفرقند به دلیل وجود کانی مگنتیت بخصوص در دیوریت‌ها و گابروها می‌باشد. به منظور اثبات حضور این کانی، چند نمونه مقطع صیقلی تهیه شد که در آنها به وضوح کانی مگنتیت مشاهده شد (شکل ۴-۱۰).



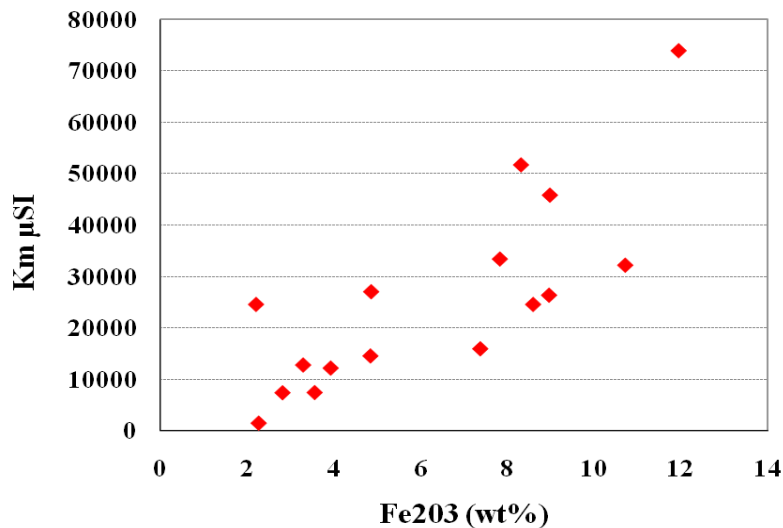
شکل ۴-۱۰- تصاویری از کانی مگنتیت در مقاطع صیقلی.

در ضمن تعدادی از نمونه‌ها به آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه پل‌سابتیه تولوز فرانسه جهت مغناطیس‌سنجی ارسال گردید. نتایج ارسالی این آزمایشگاه با نتایج آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود کاملاً همخوانی داشت و ما را از صحت و دقت دستگاه مورد استفاده مطمئن کرد (شکل ۴-۱۱).



شکل ۴-۱۱- مقایسه نتایج اندازه‌گیری پارامترهای مغناطیسی ۱۶ نمونه ارسالی به فرانسه با نتایج حاصل از آزمایشگاه ژئومغناطیس دانشگاه صنعتی شاهرود. تغییرات جزئی مشاهده شده به شرایط محیطی اندازه‌گیری مربوط می‌شود.

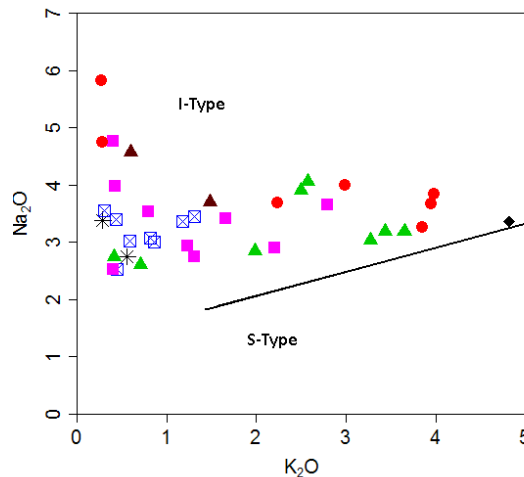
از تطابق میزان Fe_2O_3 تعداد ۱۷ نمونه حاصل از نتایج آنالیز ژئوشیمیایی آزمایشگاه Acme کانادا (قفاری در حال انجام) با میزان حساسیت مغناطیسی همان نمونه‌ها نمودار شکل ۴-۱۲ بدست آمد. این نمودار به خوبی ارتباط مستقیم درصد وزنی Fe_2O_3 با میزان حساسیت مغناطیسی نمونه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۲- نمودار درصد وزنی Fe_2O_3 در مقابل Km.

بنابراین عامل اصلی بالا بودن میزان Km توده ظفرقند، مربوط به حضور کانی‌های فرومغناطیس از جمله مگنتیت می‌باشد. بررسی چند مقطع میکروسکوپی با جنس آندزیت نیز حجم زیادی از اکسی-هورنبلندهایی که توسط مگنتیت احاطه شده است را نشان می‌دهد و معرف این است که ماگمای اولیه غنی از آهن بوده است. بنابر این نتایج و تأیید فراوانی آهن در توده ظفرقند می‌توان گفت بخش عمده سنگ‌های منطقه مورد مطالعه جزء گرانیتوئیدهای فرومغناطیس نوع I می‌باشد. در سنگ‌های گرانیتوئیدی توده جنوب ظفرقند کانی‌های مافیک نظیر هورنبلند سبز، اوژیت، بیوتیت و بندرت الیوین حضور دارند و از فراوانی قابل توجهی برخوردار هستند که سهم بسزایی در تعیین میزان Km دارا می‌باشند. حضور گسترده این کانی‌ها به ویژه مگنتیت در گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌ها از ویژگی‌های

گرانیت‌های نوع I محسوب می‌شود (تاکاهاشی^۱ و همکاران، ۱۹۸۰، چاپل و وایت، ۲۰۰۱). نتایج آنالیزهای ژئوشیمیایی در منطقه ظفرقند (شکل ۴-۱۳) نیز این موضوع را تأیید می‌کنند (قفاری و همکاران، ۱۳۸۸).

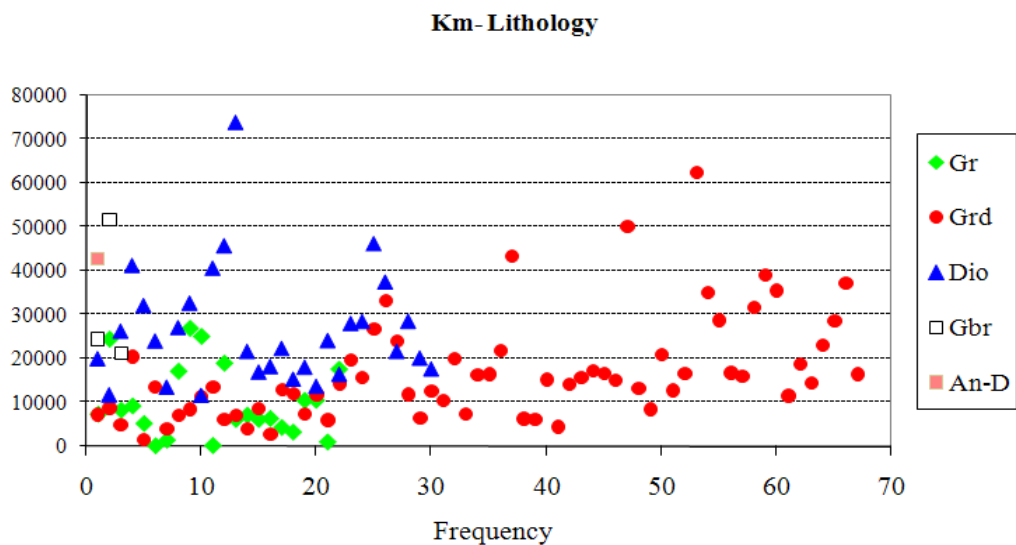


شکل ۴-۱۳- نمودار Na_2O در مقابل K_2O (چاپل و وایت، ۲۰۰۱).

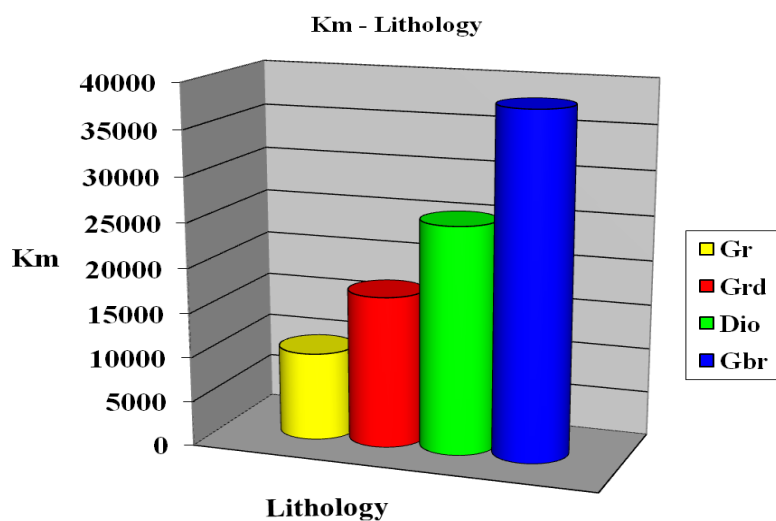
● گرانیت، ▲ گرانودیوریت، ■ دیوریت، * گابرو، ▲ مونزوگابرو، * کوآرتز مونزونیت، □ گابرو دیوریت.

به طور کلی مقادیر Km توده ظفرقند بین $73955 \mu\text{SI}$ (در ایستگاه ۵۳ با جنس دیوریت) تا $87 \mu\text{SI}$ (در ایستگاه ۴۴ با جنس گرانیت) در تغییر است و مقدار متوسط آن برحسب μSI در گابروها 32535 ، دیوریت‌ها 26558 ، گرانودیوریت‌ها 16922 و گرانیت‌ها 9885 می‌باشد (شکل ۴-۱۴). در نمودار ستونی شکل ۴-۱۵ میانگین Km در گروه‌های سنگی مورد مطالعه نشان داده شده است و نشان می‌دهد، کانی‌های فرومگنتیک در جهت ذکر شده افزایش می‌یابند که منطبق با میزان و محتوای آهن این سنگ‌هاست. با توجه به نزدیک بودن دامنه تغییرات مقادیر حساسیت مغناطیسی دیوریت‌ها و آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک و همچنین شواهد پتروگرافی آن‌ها می‌توان نتیجه گرفت که آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک از گسیخته شدن توده‌های دیوریتی به وجود آمده و هر دو دارای ماهیت مشابه هستند (شکل ۴-۱۶).

۱-Takahashi



شکل ۴-۱۴- توزیع حساسیت مغناطیسی در ۱۲۳ ایستگاه نمونه برداری دارای ترکیب سنگ شناسی متفاوت.



شکل ۴-۱۵- نمودار ستونی تغییرات حساسیت مغناطیسی در مقابل سنگ شناسی توده گرانیتوئیدی ظرفرند.



شکل ۴-۱۶- قرارگیری آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک با شیب کم در توده گرانیتوئیدی ظرفرند.

برای تعیین حامل‌های اصلی رفتار مغناطیسی سنگ‌های مورد مطالعه ۶ نمونه با جنس سنگ-شناسی مختلف از ایستگاه‌های ۵۷A (گرانیت)، ۷۷B (گرانیت)، ۹۴A (دیوریت)، ۱۶C (گابرو)، ۵۳B (گرانودیوریت) و ۱۰۰C (گابرو) انتخاب شد و پودر گردید. سپس این نمونه‌ها در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کشور با استفاده از دستگاه CS3 که خود بخشی از دستگاه حساسیت‌سنج مغناطیسی سازمان می‌باشد، تا دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد گرم شد.

دستگاه حساسیت‌سنج مغناطیسی با توجه به نرم‌افزارهایی که بر روی آن پیش‌بینی شده است، می‌تواند همزمان تغییرات مغناطیسی در مقابل دما را بر روی صفحه مانیتور نشان دهد. به این نمودارها، نمودارهای ترمومگنتیک گفته می‌شود. این نمودارها قابلیت ذخیره شدن بر روی کامپیوتر را با فایل‌های نوع Cursor داشته و توسط نرم‌افزار 8 Cureval قابل اجرا می‌باشند.

نمودارهای ترمومگنتیک بدست آمده برای نمونه‌های مورد نظر در شکل ۴-۱۷ نشان داده شده‌اند. در این دیاگرام‌ها دو روند یا منحنی مشاهده می‌شود. منحنی قرمز رنگ معرف مرحله گرم کردن (Heating Curve) نمونه و منحنی آبی رنگ معرف مرحله سرد شدن (Cooling Curve) نمونه می‌باشد. با توجه به نمودارهای بدست آمده و مطابق با کارهای تجربی انجام شده در مورد بررسی رفتار مغناطیسی کانی‌ها در دمای بالا مشخص شد که مگنتیت عامل اصلی رفتار مغناطیسی در نمونه‌های سنگی توده گرانیتوئیدی ظفرقند است.

دلیل حضور مگنتیت در نمونه‌های مورد مطالعه آن است که نمودارهای ترمومگنتیت حاصل در محدوده دمای کوری مگنتیت (۵۸۰ درجه سانتی‌گراد) با افت شدید مقدار حساسیت مغناطیسی همراه هستند. در نمونه‌های شماره ۵۷A، ۷۷B و ۹۴A مقدار کمی هماتیت نیز وجود دارد.

در مراجعی از قبیل چن و همکاران^۱، ۲۰۰۲؛ ایرنه^۲ و همکاران، ۲۰۰۳؛ ۲۰۰۷؛ ۲۰۰۹؛ چهوری^۳ و همکاران ۲۰۰۶؛ جوردانووا^۴ و همکاران، ۲۰۰۷؛ هنری^۵ و همکاران، ۲۰۰۷ نمودارهای ترمومگنتیتی ارائه شده که با دیاگرام‌های بدست آمده در این تحقیق، همخوانی کاملاً زیادی نشان می‌دهند. بر طبق این مراجع رفتارهای دیگری که از کانی‌های مختلف در هنگام گرم شدن می‌توان انتظار داشت عبارتند از:

- در دمای حدوداً 320°C مقدار حساسیت مغناطیسی پیروتیت به شدت افت می‌کند و به نزدیک صفر می‌رسد.
- در دمای حدوداً 700°C شدت مغناطیسی هماتیت به شدت کاهش پیدا می‌کند و منحنی تغییرات مقدار حساسیت مغناطیسی دارای شیب ملایم‌تری می‌باشد.
- کانی‌هایی نظیر مگنتیت یا تیتانومگنتیت در دمای حدوداً 560°C تا 580°C افت شدید مقدار حساسیت مغناطیسی را نشان می‌دهد.
- حساسیت مغناطیسی ماگهمیت (هیدروکسید آهن) در دمای حدوداً 350°C به شدت افت می‌کند.
- کانی‌های سولفیدی با افزایش دما تخریب می‌شوند و مقدار حساسیت مغناطیسی آنها به شدت کاهش می‌یابد.

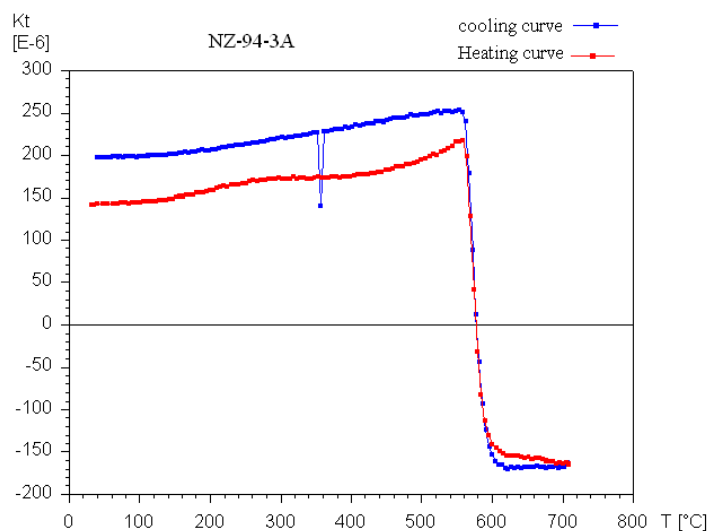
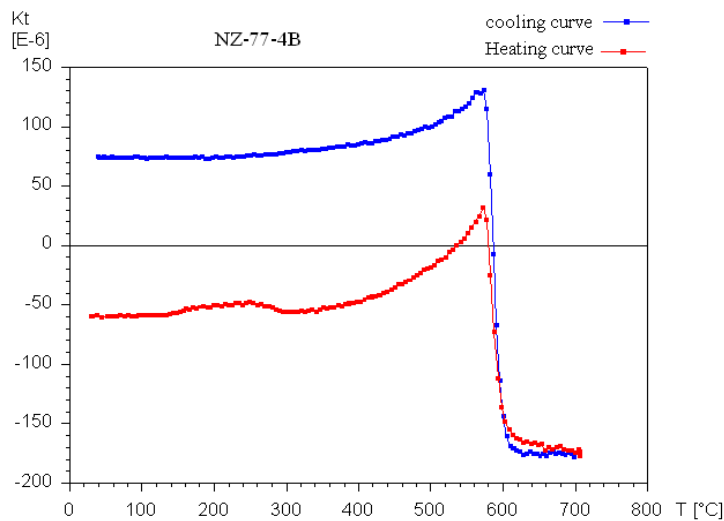
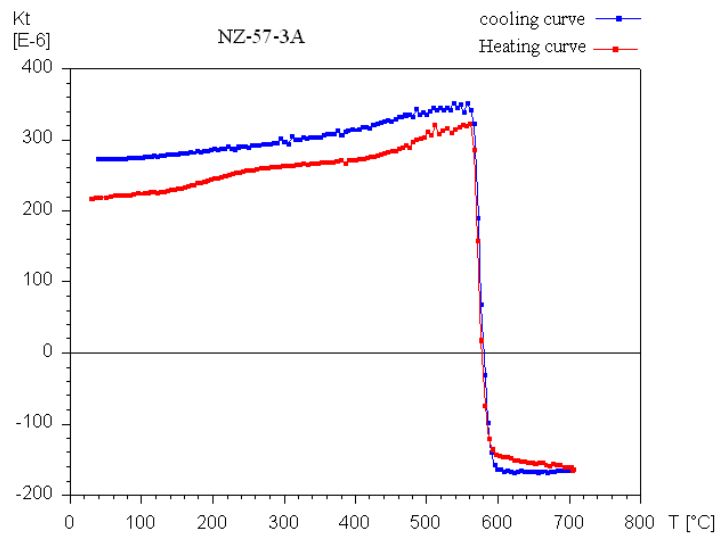
۱- Chen

۲- Irene

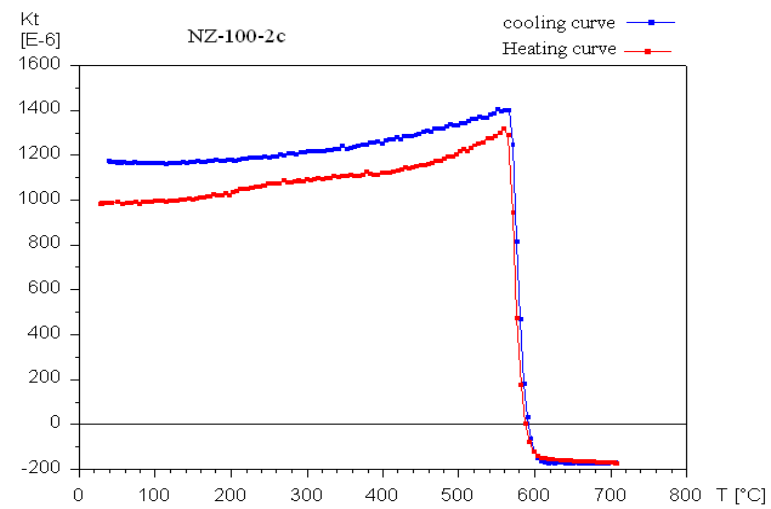
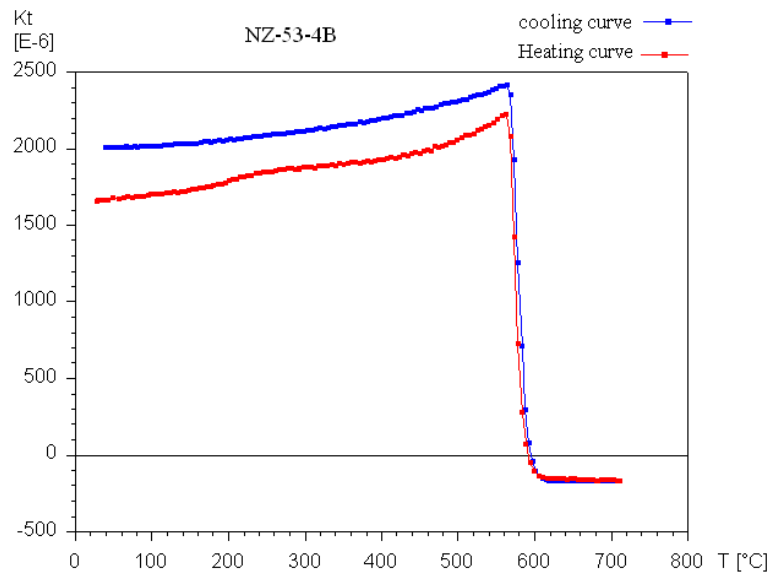
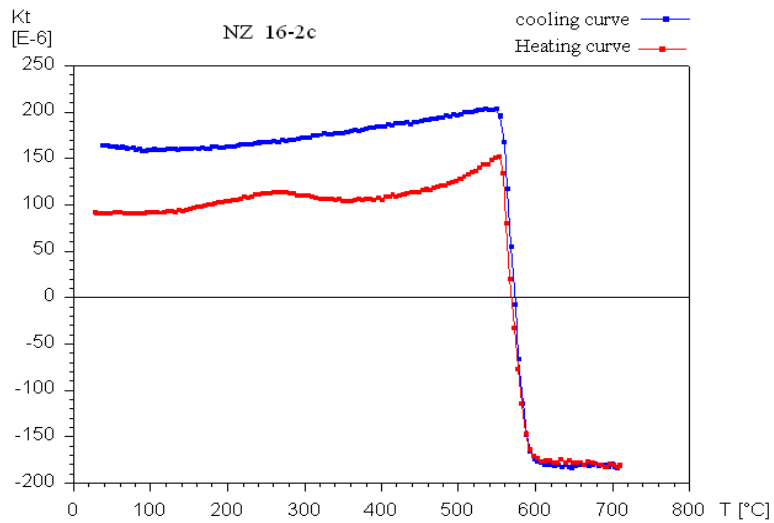
۳- Chevrier

۴- Jordanova

۵- Henry



شکل ۴-۱۷- نمودار حساسیت مغناطیسی در مقابل دما (حاصل گرم کردن نمونه تا 720°C) با استفاده از دستگاه CS3. انجام شده در آزمایشگاه محیط دیرینه سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. افت بسیار شدید حساسیت مغناطیسی در دمای حدود 580°C (دمای کوری مگنتیت) معرف حضور مگنتیت در نمونه‌های سنگی می‌باشد. حضور پیک اندکی متفاوت در کاهش دما معرف حضور مقداری هماتیت در نمونه‌های مورد مطالعه می‌باشد.



ادامه شکل ۱۷-۴- نمودار حساسیت مغناطیسی در مقابل دما.

۴-۲-۴- نقشه درصد انیزوتروپی P

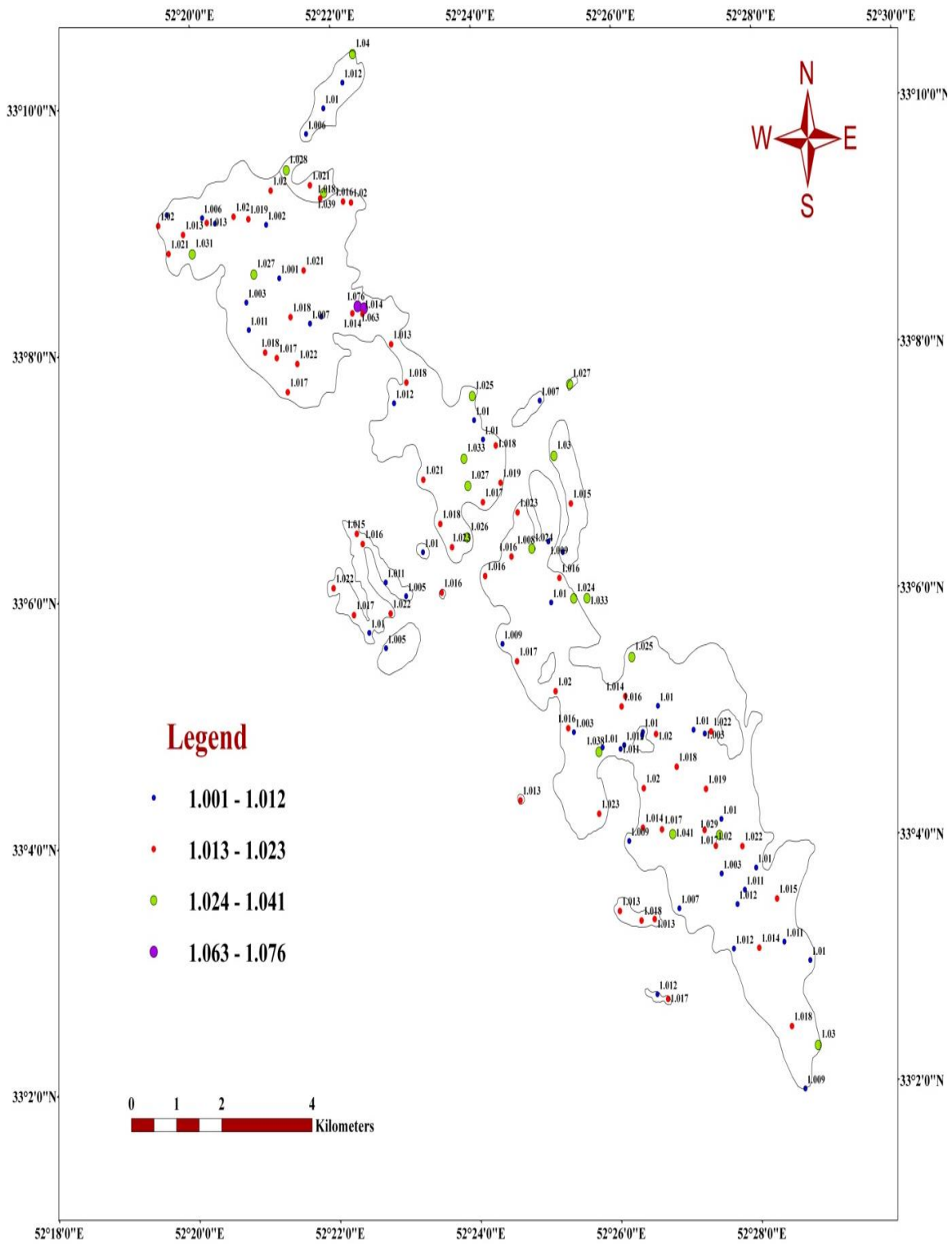
پارامتر P یا درصد انیزوتروپی یکی دیگر از پارامترهای لازم برای تفسیر فابریک‌های مغناطیسی است. این پارامتر به طور کامل در فصل سوم توضیح داده شده است. پارامتر P در واقع نشانگر رابطه بین مقدار حداکثر و حداقل حساسیت مغناطیسی است. همان‌طور که قبلاً گفته شد مقادیر K1 و K3 در ارتباط با عواملی چون اندازه کانی‌های پارامگنتیک و فرومگنتیک و چگونگی آرایش آنهاست (هارگیروز^۱ و همکاران، ۱۹۹۱؛ استیفنسون، ۱۹۹۴؛ گریگوری^۲ و همکاران، ۱۹۹۵). دگرشکلی‌های تکتونیک یا ثانویه می‌توانند بر روی چگونگی توزیع، آرایش و اندازه دانه‌های مگنتیت تأثیر گذارند. مقادیر P در جدول ۴-۱ نشان داده شده است. با وارد کردن مقادیر P به موقعیت هر ایستگاه، نقشه تغییرات مقادیر P به صورت عددی بدست می‌آید (شکل ۴-۱۸ در صفحه ۱۴۸).

دامنه تغییرات P در توده گرانیتوئیدی ظفرقند بین ۱/۰۷۶ تا ۱/۰۰۱ است. اگر این مقادیر را در محدوده متغیر تقسیم بندی کنیم، نقشه مقادیر درصد انیزوتروپی به صورت منطقه بندی حاصل می‌شود (شکل ۴-۱۹). دقت کنید محدوده‌های دارای ترکیب گابرویی تا دیوریتی - کوارتز دیوریتی دارای مقدار انیزوتروپی بیشتر و محدوده‌های دارای ترکیب سنگی گرانیتی - گرانودیوریتی دارای انیزوتروپی کمتری هستند. نمودار شکل ۴-۲۰ توزیع کلی پارامتر P بر حسب سنگ شناسی را در کلیه ایستگاه‌ها نشان می‌دهد. کمترین مقدار P (۱/۰۰۱) متعلق به ایستگاه ۲۰ با جنس گرانودیوریت و بیشترین مقدار P (۱/۰۷۶) در ایستگاه ۸۷ با جنس دیوریت بوده است. این شرایط نشانگر این است که درصد انیزوتروپی از سنگ‌های فلسیک به طرف سنگ‌های مافیک افزایش یافته است. نمودار شکل ۴-۲۱ توزیع لگاریتمی Km در مقابل درصد P را نمایش می‌دهد.

۱-Hargraves

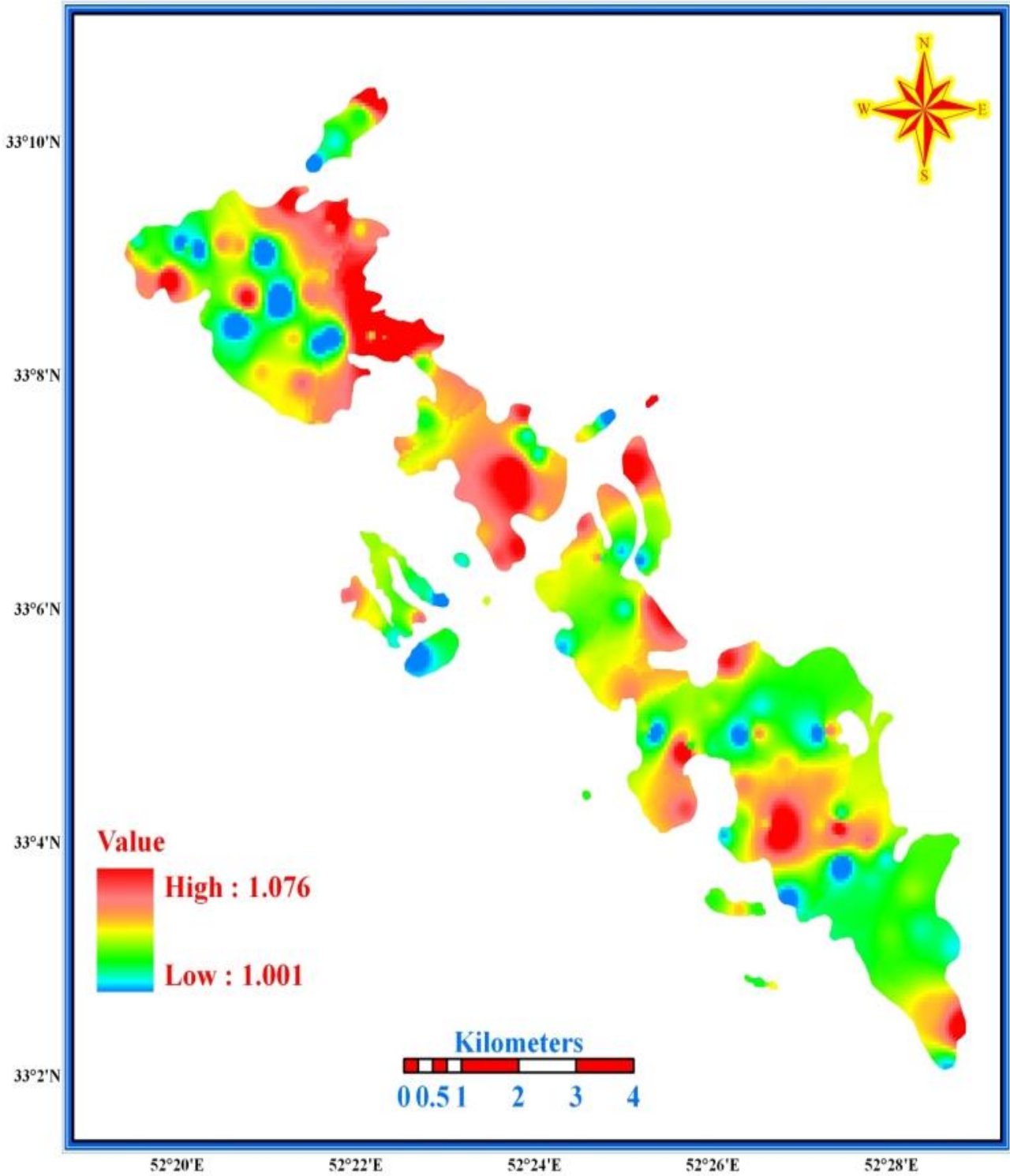
۲-Gregoire

Anisotropy Parameter (P)



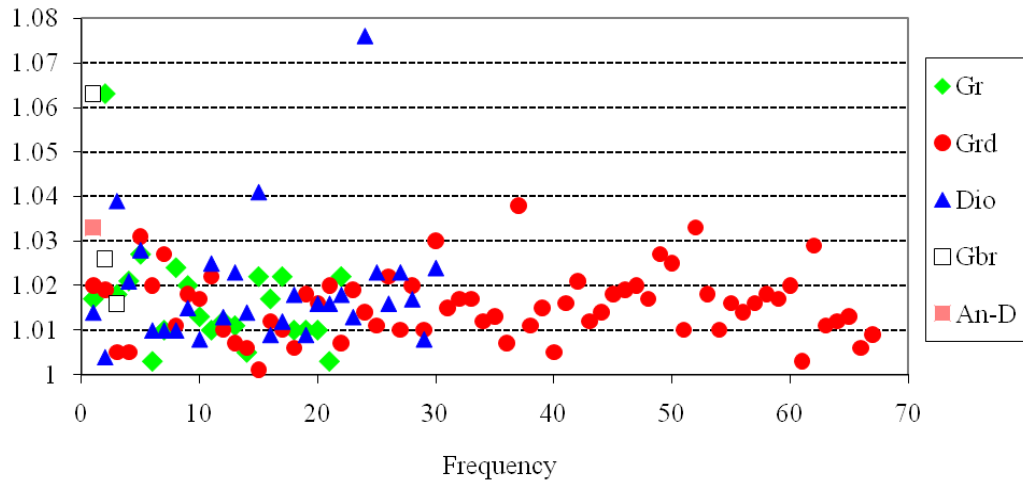
شکل ۴-۱۸- نقشه انیزوتروپی مغناطیسی

Anisotropy (P) map

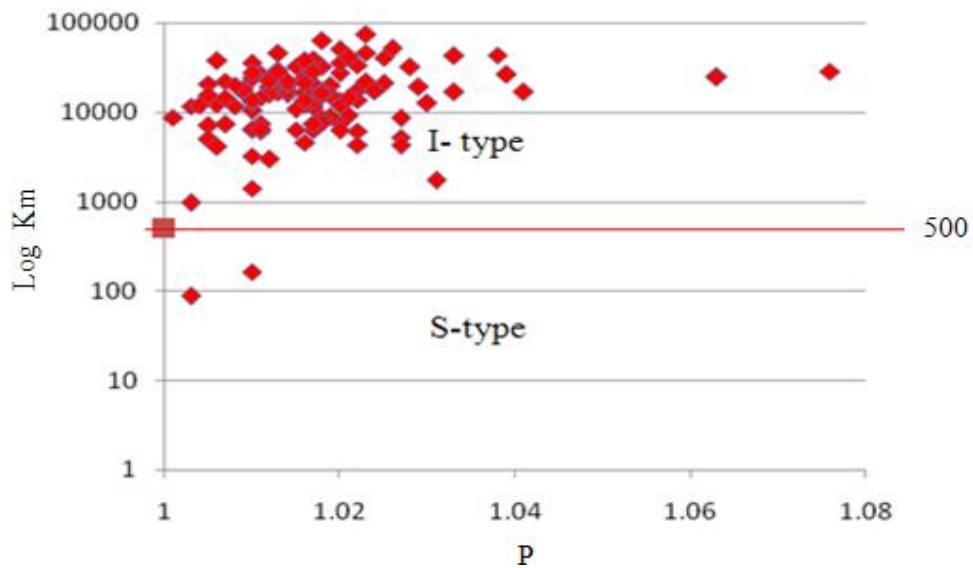


شکل ۴-۱۹- نقشه منطقه بندی تغییرات پارامتر P.

P- Lithology



شکل ۴-۲۰- نمودار توزیع کلی پارامتر P بر حسب لیتولوژی در کلیه ایستگاهها



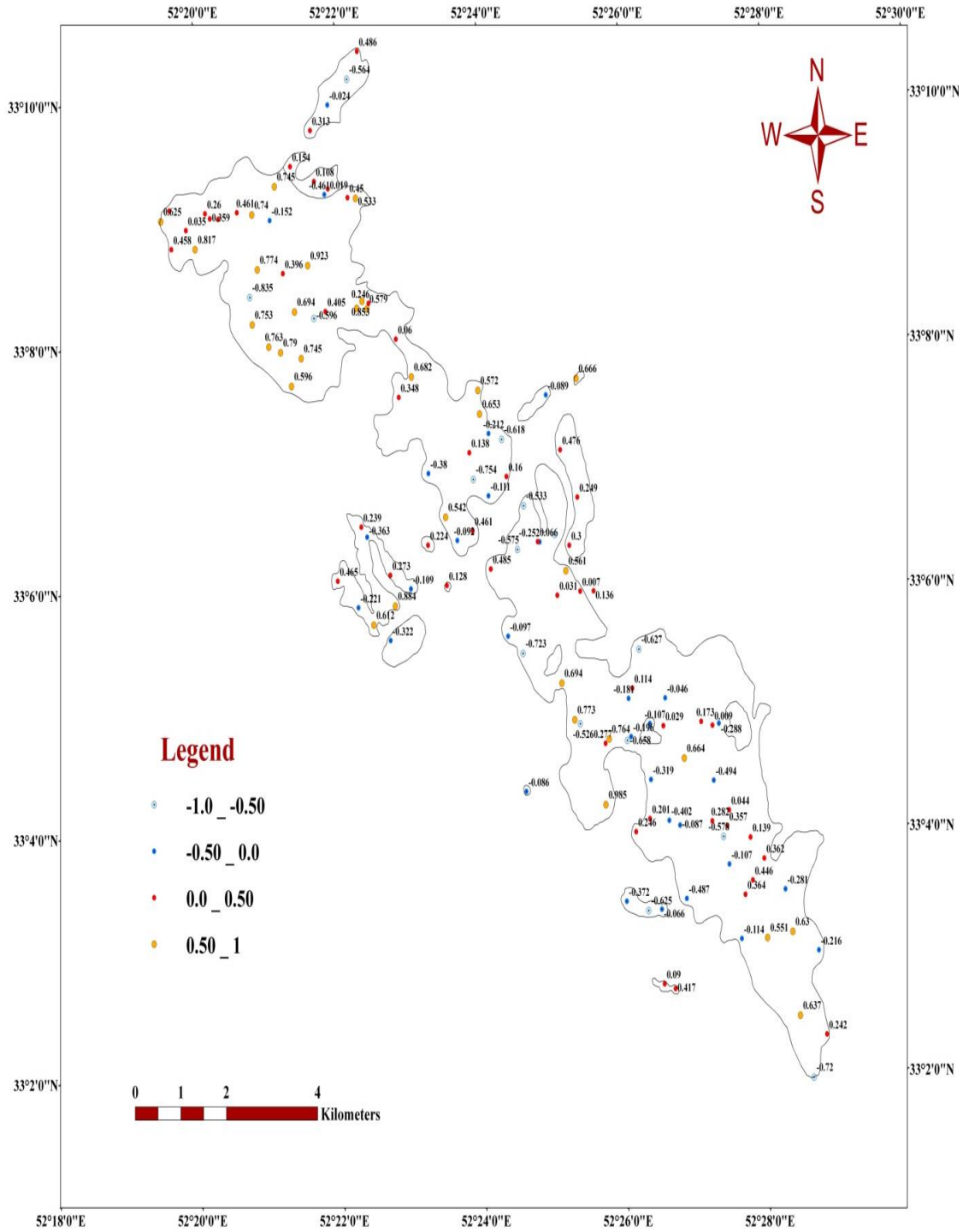
شکل ۴-۲۱- نمودار توزیع لگاریتمی Km در مقابل P.

۴-۲-۵- نقشه پارامتر شکل T

به وسیله این پارامتر، شکل بیضوی مغناطیسی مشخص می‌شود. همان‌طور که در فصل سوم گفته شد، مقدار پارامتر شکل همواره بین +۱ تا -۱ در تغییر است. اگر مقدار T کمتر از صفر و منفی باشد، بیضوی مغناطیسی شکل سیگاری، دوکی و یا خطی (Prolate) خواهد داشت و در صورتی که T بزرگتر از صفر و مثبت باشد، شکل بیضوی مغناطیسی کلوچه‌ای یا صفحه‌ای (Oblate) است. دامنه تغییرات T با توجه به جدول ۴-۱ در منطقه ظفرقند از ۰/۹۸۵ تا -۰/۷۵۴ است. با نسبت دادن مقادیر T به ایستگاه‌های مربوطه، نقشه تغییرات مقادیر T حاصل می‌شود (شکل ۴-۲۲ در صفحه ۱۵۲). تغییرات پارامتر T در محدوده متغیری تقسیم‌بندی شد و نقشه رده‌بندی یا منطقه بندی T حاصل گردید (شکل ۴-۲۳). در این نقشه مشاهده می‌شود که محدوده‌های دارای ترکیب گرانیتی-گرانودیوریتی (به ویژه در شمال غرب منطقه) دارای مقدار T مثبت نسبتاً زیاد می‌باشند. این ویژگی، فرض سیل بودن در این نواحی را تأیید می‌کند، اگرچه تغییرات موضعی در روند آن‌ها مشاهده می‌شود. در سایر مناطق توده، به ویژه در بخش‌های دیوریتی-کوارتزدیوریتی تا گرانودیوریتی مقدار T منفی است و بیانگر بیضوی‌های مغناطیسی دوکی شکل یا کشیده برای این مناطق می‌باشد. مناطق دارای بیضوی-های دوکی شکل با حضور مذاب‌های سیال‌تر حدواسط مافیک و زون‌های تغذیه کننده ماگمایی مطابقت می‌کند.

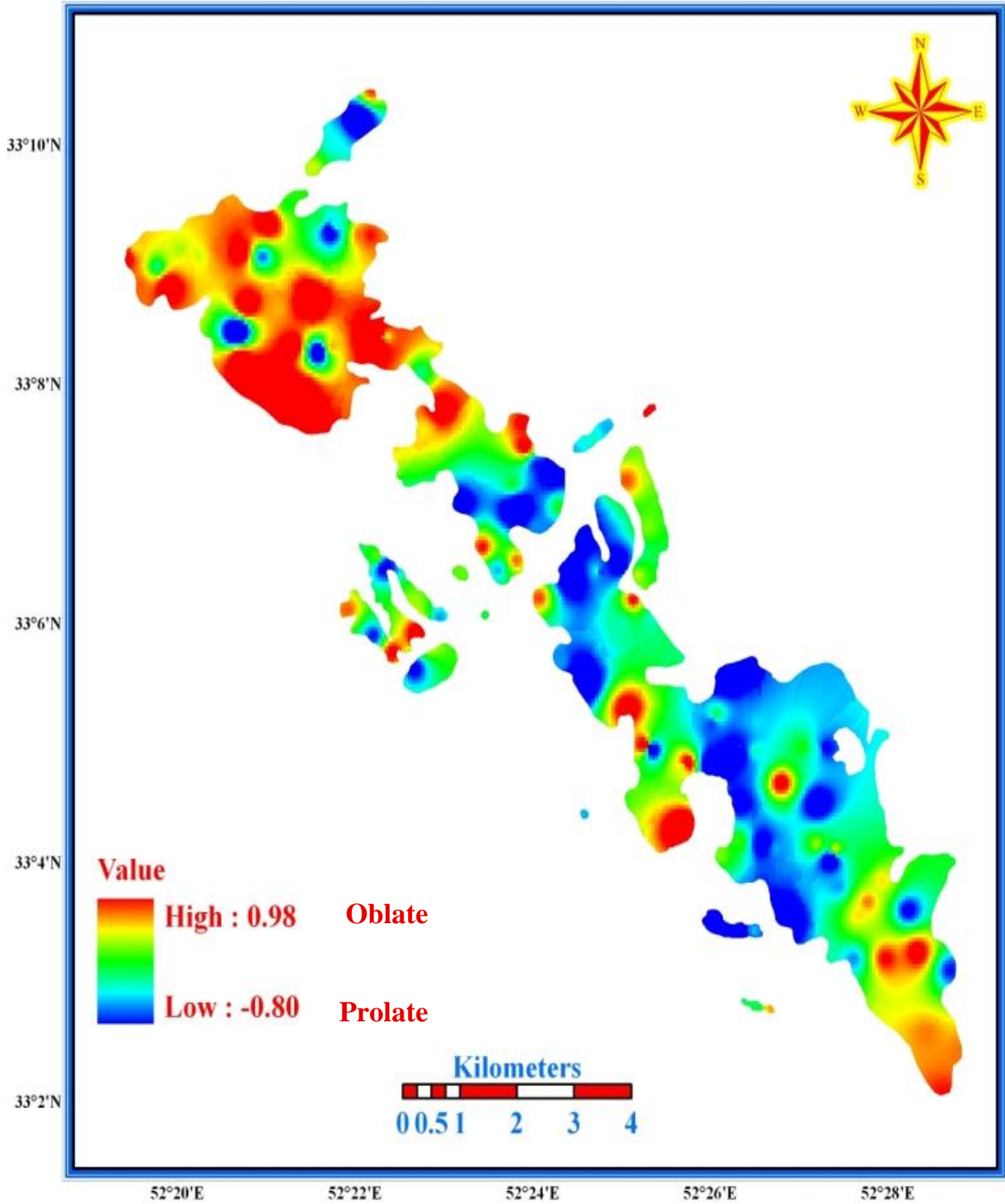
نمودار شکل ۴-۲۴ توزیع کلی پارامتر T برحسب لیتولوژی را در کلیه ایستگاه‌ها نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار بیشترین مقدار T (۰/۹۸۵) در ایستگاه ۵۳ با جنس دیوریت و کمترین مقدار T (-۰/۷۵۴) در ایستگاه ۱ با جنس گرانودیوریت می‌باشد. نمودار شکل ۴-۲۵ توزیع لگاریتمی Km در مقابل T را نمایش می‌دهد.

Shape Parameter (T)



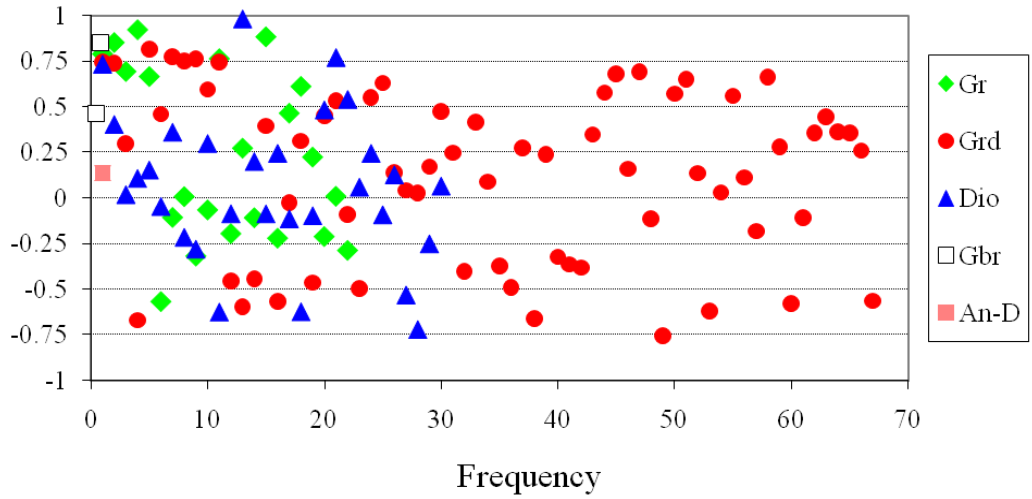
شکل ۴-۲۲- نقشه پارامتر شکل

Shape parameter (T) map



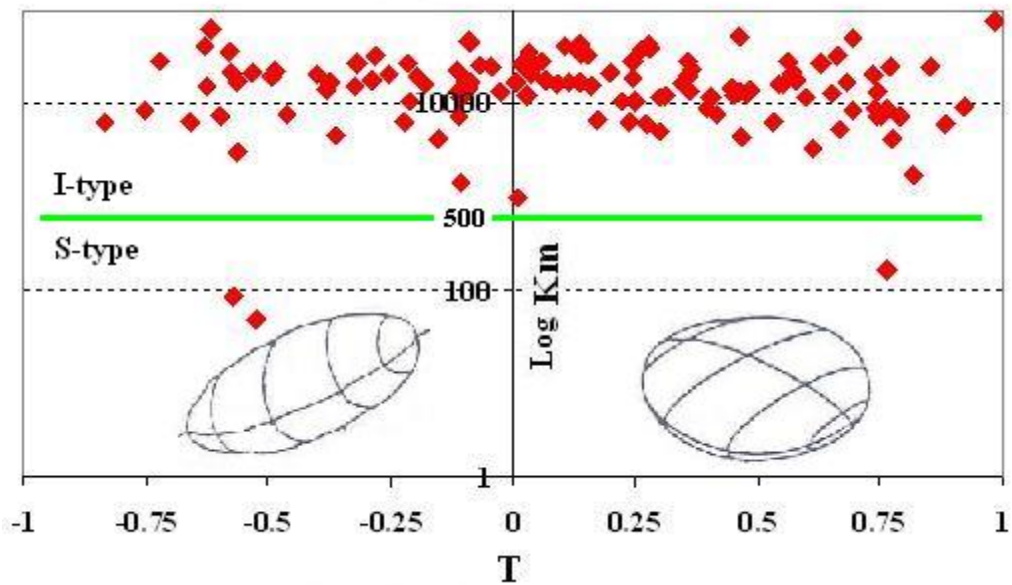
شکل ۴-۲۳- نقشه منطقه بندی تغییرات پارامتر T.

T- Lithology



شکل ۴-۲۴- نمودار توزیع کلی پارامتر T در کلیه ایستگاه‌ها برحسب سنگ شناسی.

Km - T diagram



شکل ۴-۲۵- نمودار توزیع لگاریتمی Km در مقابل T.

۴-۳- انواع فابریک یا ساخت‌های ماگمایی

توده‌های نفوذی در طی جایگزینی و بعد از جایگزینی به طور متفاوتی دگرشکل می‌شوند و شاخص مفیدی در تعیین دگرشکلی ناحیه‌ای منطقه محسوب می‌شوند (برون و پون^۱، ۱۹۸۱). تشخیص و تفکیک دگرشکلی همزمان با جایگزینی و بعد از جایگزینی، نیازمند بررسی دقیق ساخت‌های ماکروسکوپی است. دگرشکلی توده‌ها را می‌توان به دو حالت در نظر گرفت. حالت اول: تشکیل ساخت-های میکروسکوپی در حضور فاز مذاب باقیمانده و حالت دوم، حالت بعد از تبلور است که معرف ساخت‌های میکروسکوپی حاصل از دگرشکلی بعد از جایگزینی است. در حالت دوم، ساخت‌ها در شرایط ساب سولیدویس تشکیل شده و دانه‌های سازنده سنگ دگرشکلی بیشتری را متحمل می‌شوند. در این قسمت به بررسی فابریک‌های حاصل از تبلور ماگما در توده گرانیتوئیدی ظفرقند می‌پردازیم. فابریک‌های حاصل از تبلور ماگما به ۳ دسته ماگمایی، ساب ماگمایی و ساب سولیدوس (دمای بالا و دمای متوسط تا پایین) قابل تقسیم هستند.

۴-۳-۱- فابریک‌های ماگمایی

در هنگام سرد شدن و انجماد ماگما، اگر درصد حجمی مواد تبلور یافته از ماگما، کمتر از ۶۰ درصد باشد، به اندازه کافی مواد مذاب وجود دارد تا بلورها به طور آزادانه و مستقل بدون تحت تاثیر قرار دادن یکدیگر حرکت نمایند و بدون تداخل بلوری در طی دگرشکلی ماگما جابه‌جا شوند. این رفتار ماگما باعث به وجود آوردن فابریک ماگمایی می‌شود (فرناندز^۲، ۱۹۸۷؛ بن و آلارد^۳، ۱۹۸۹). از جمله

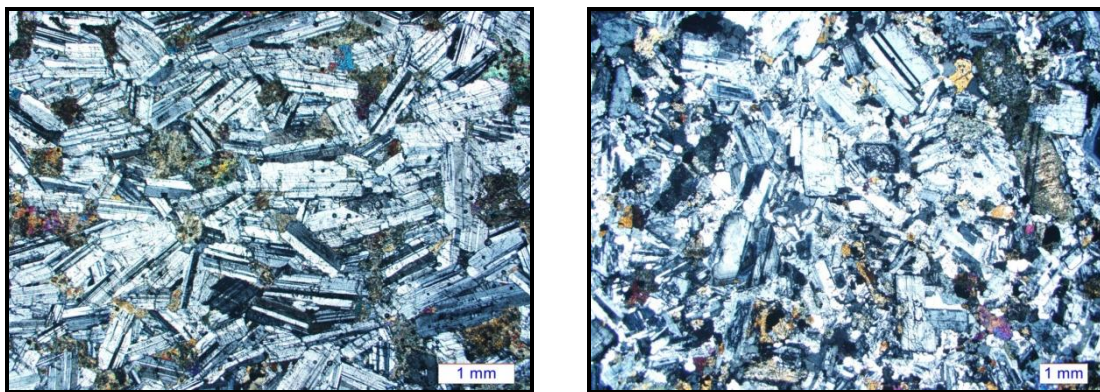
۱-Brun & Pon

۲-Fernandez

۳-Benn & Allard

این ساخت‌های ماگمایی، پلاژیوکلازهای دارای منطقه‌بندی ترکیبی هستند. این فابریک در بالای سولیدوس ماگمایی تشکیل می‌شود. پس از تبلور کامل، هیچ‌گونه واتنش حالت جامدی در آنها رخ نمی‌دهد. این ساخت‌های ماگمایی، دگرشکلی حالت جامد شاخصی را نشان نمی‌دهند ولی ممکن است گاهی در کوارتزها خاموشی موجی دیده شود (پاترسون^۱ و همکاران، ۱۹۸۹).

فابریک ماگمایی، حالت تبلور یافته بدون تغییر شکل بلور، بدون خاموشی موجی و بدون خرد شدگی است. فابریک ماگمایی در حضور فاز مذاب باقیمانده تشکیل شده است. در شکل ۴-۲۶ تصویر میکروسکپی فابریک ماگمایی نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۶- تصاویر میکروسکپی از فابریک ماگمایی در توده گرانیتوئیدی ظفرقند.

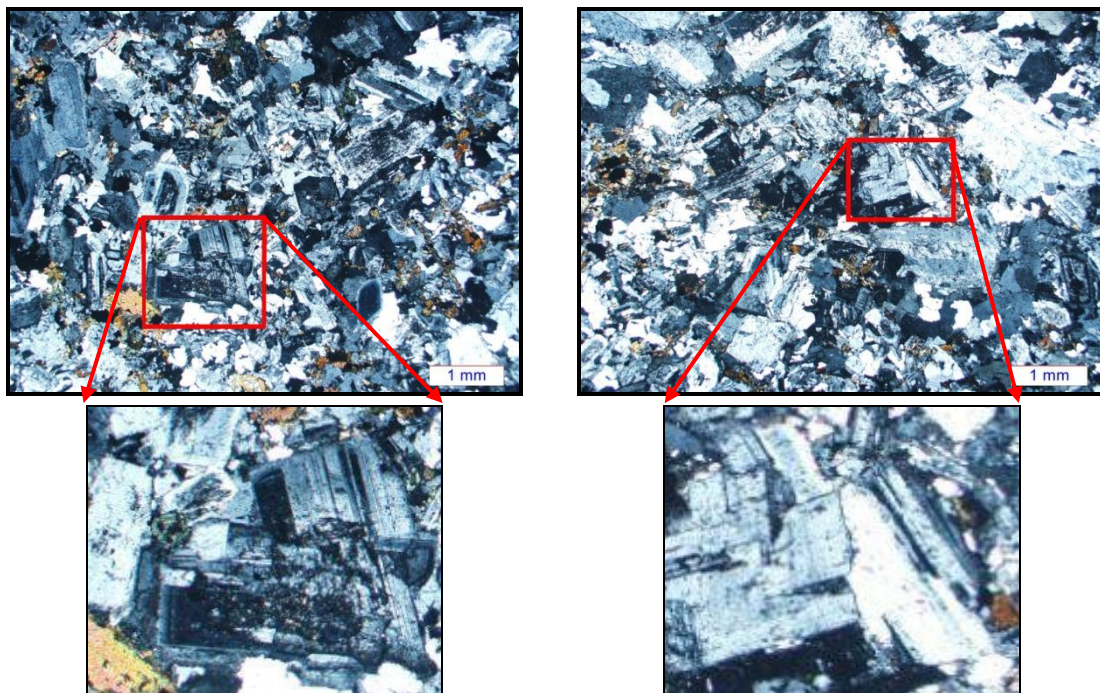
۴-۳-۲- فابریک‌های ساب ماگمایی

هنگامی که با کاهش دما، درصد حجمی بخش تبلور یافته، افزایش یابد و فراتر از ۶۰ درصد شود بلورها با یکدیگر درگیر شده و زمینه بین آنها را مذاب فرا می‌گیرد. اگر مقدار این مذاب باقیمانده از حد بحرانی به وجود آوردن جریان ماگمایی، کمتر شود، فابریک ساب ماگمایی ایجاد می‌گردد (هیبارد^۲، ۱۹۸۷؛ پاترسون و همکاران، ۱۹۸۹).

۱-Paterson

۲-Hibbard

فابریک ساب ماگمایی یک حالت انتقالی است. هنگامی که بلورها با یکدیگر درگیر شوند، گرانیروی ماگما افزایش یافته، به چندین برابر می‌رسد. در این حالت مقدار ماده مذاب به ۱۰ تا ۶۰ درصد می‌رسد و ماگما در مقابل تنش‌ها شبیه به یک جسم جامد عمل می‌کند (مک بیرنی و موریس^۱، ۱۹۸۴). فابریک ساب ماگمایی در بالای سولیدوس ماگما تشکیل می‌شود. بلورها علاوه بر اینکه در حضور ماده مذاب هستند، رفتار شکننده از خود بروز می‌دهند. شکستگی‌های میکروسکوپی پلاژیوکلاز مثالی برای فابریک ساب ماگمایی است که غالباً از کوارتز و فلدسپات پر شده است. در مواردی که بعد از تبلور نیز تنش وارد بر سنگ‌ها ادامه یابد فابریک ساب ماگمایی از بین رفته و سنگ تحت تأثیر دگرشکلی حالت جامد قرار می‌گیرد. بافت ساب ماگمایی شبیه بافت ماگمایی است ولی در آن رگه و رگچه‌های کوارتزی که عرض بلورها را قطع می‌کند، یافت می‌شود. تصاویری از فابریک ساب ماگمایی مشاهده شده در توده گرانیتوئیدی ظفرقند در شکل ۴-۲۷ نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۷- تصاویر میکروسکوپی از فابریک ساب ماگمایی در توده گرانیتوئیدی ظفرقند.

۴-۳-۳- فابریک ساب سولیدوس حالت جامد

این فابریک در دمای پایین‌تر از سولیدوس ماگما تشکیل شده و کانی‌ها در آن رفتار شکننده دارند. فابریک حالت جامد در ۲ مرحله گرمایی طبقه بندی می‌شود (سن بلانکا و تیکوف، ۱۹۹۷).

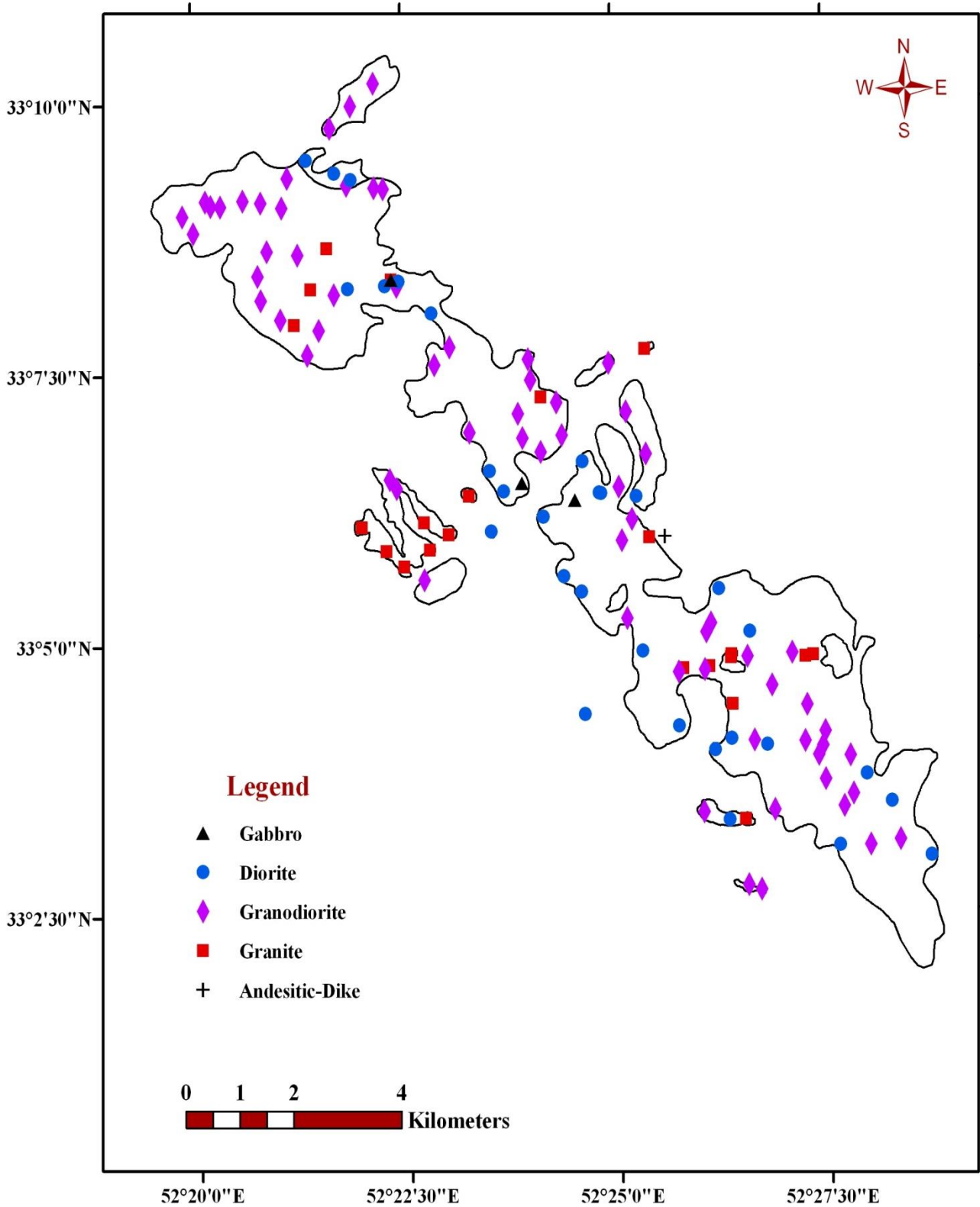
۱- حالت جامد دمای بالا: بلورها در ضمن کشیدگی و خمیده شدن، مقداری شکستگی نیز نشان می‌دهند. پلاژیوکلاز خمیده، بیوتیت خمیده و پیچ و تاب‌دار و کوارتز با بافت شطرنجی از جمله حالات قابل انتظار در مقاطع میکروسکوپی بافت‌های حالت جامد دمای بالاست.

۲- حالت جامد دمای متوسط تا پایین: از شواهد بارز این بافت خردشدگی، تبلور مجدد یا دانه ریز شدن است. این بافت با افزایش واتنش یا استرین به بافت پورفیروکلاستی تبدیل می‌شود و بلورها تبلور مجدد دینامیک (خردشدگی بدون خمیدگی) نشان می‌دهند. در نهایت، سنگ به یک زمینه ریز دانه تبدیل می‌گردد. لازم به ذکر است این بافت‌ها (فابریک ساب سولیدوس حالت جامد) در توده گرانیتوئیدی ظفرقند مشاهده نشده است.

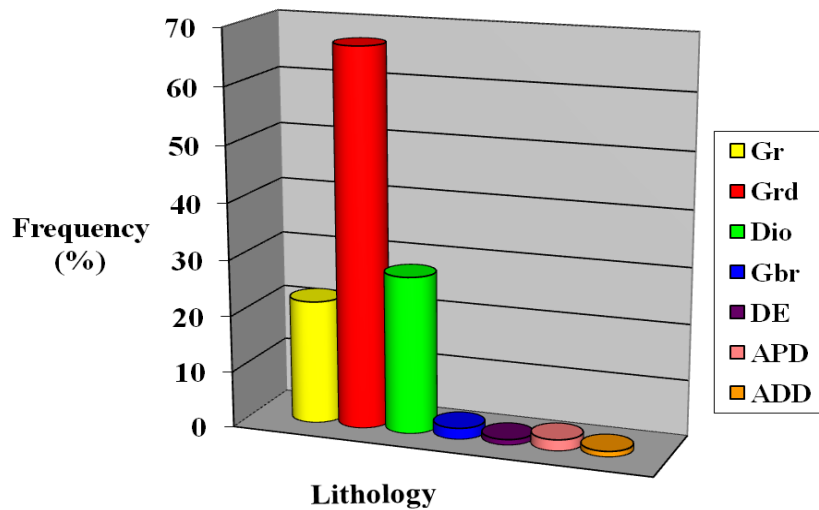
۴-۴- خصوصیات مغناطیسی سنگ‌های توده ظفرقند

در شکل ۴-۲۸ نقشه توزیع ایستگاه‌های نمونه برداری بر حسب سنگ شناسی نشان داده شده است. نمودار ستونی شکل ۴-۲۹ نیز درصد فراوانی و توزیع نمونه برداری‌ها در کل توده ظفرقند را در مقابل سنگ شناسی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشتر ایستگاه‌ها دارای جنس گرانودیوریت هستند.

Lithology map



شکل ۴-۲۸- نقشه توزیع ایستگاه‌های نمونه برداری بر حسب سنگ شناسی.



شکل ۴-۲۹- نمودار ستونی فراوانی سنگ شناسی در مقابل درصد ایستگاه‌های نمونه برداری.

۴-۴-۱- گرانیت‌ها

گرانیت‌ها اغلب در قلمروهای 1A و 1B قرار دارند. ۲۲ ایستگاه در گرانیت‌ها مغزه برداری شد. نتایج بدست آمده در جدول ۴-۱ نشان داد، حساسیت مغناطیسی در گرانیت‌ها از $27009 \mu SI$ تا ۸۷ و با میانگین ۹۸۸۵ است. درصد انیزوتروپی در این واحد به طور متوسط $1/016$ است. متوسط پارامتر شکل $0/23$ و به صورت کلوچه‌ای یا صفحه‌ای (Oblate) است.

۴-۴-۲- گرانودیوریت‌ها

گرانودیوریت‌ها این سنگ‌ها شامل ۶۸ ایستگاه بوده و در قلمروهای 1A، 1B، ۳ و ۵ حضور بیشتری دارند. گرانودیوریت‌ها دارای حساسیت مغناطیسی $62516 \mu SI$ تا ۱۷۳۶ و میانگین ۱۶۹۲۲ هستند. درصد انیزوتروپی در این واحد به طور متوسط $1/015$ است. متوسط پارامتر شکل $0/142$ و به صورت کلوچه‌ای یا صفحه‌ای (Oblate) است.

۴-۴-۳- دیوریت‌ها

دیوریت‌ها اغلب در قلمروهای ۲ و ۴ توده قرار دارند و شامل ۳۰ ایستگاه مغزه برداری هستند. نتایج بدست آمده در جدول ۴-۱ نشان می‌دهد که حساسیت مغناطیسی در دیوریت‌ها از $73955 \mu\text{SI}$ تا 11636 و با میانگین 26558 است. درصد انیزوتروپی در این واحد به طور متوسط $1/0.19$ است. متوسط پارامتر شکل $0/0.67$ و به صورت تقریباً کلوچه‌ای یا صفحه‌ای (Oblate) است.

۴-۴-۴- گابروها

این واحد سنگی تنها در ۳ ایستگاه (۱۶، ۹۵ و ۱۰۰) رخمون دارد و نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که حساسیت مغناطیسی در گابروها از $51711 \mu\text{SI}$ تا 24530 و با میانگین $38120/5$ است. درصد انیزوتروپی در این واحد به طور متوسط $1/0.35$ است. متوسط پارامتر شکل $0/246$ و به صورت کلوچه‌ای یا صفحه‌ای (Oblate) است.

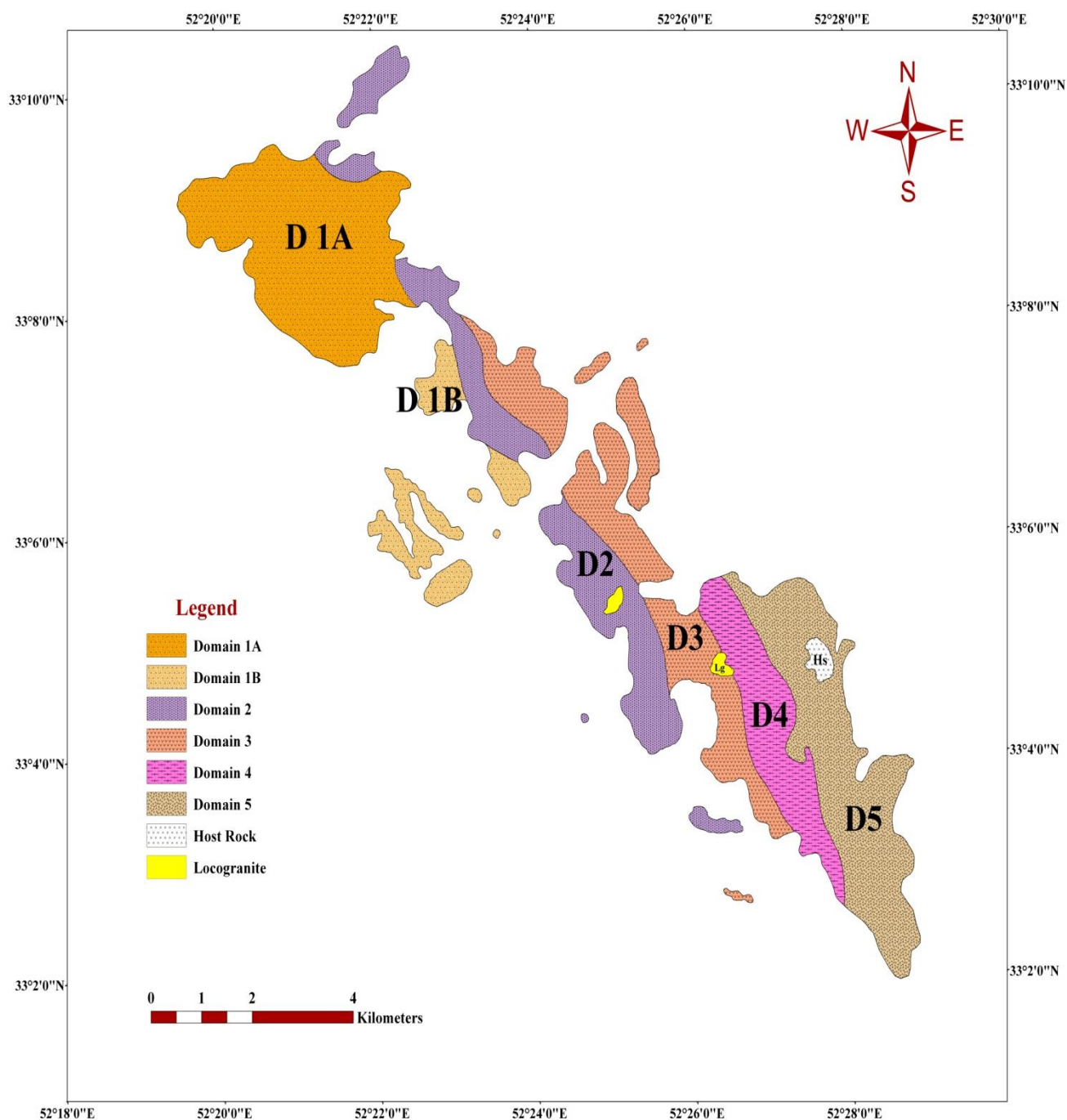
۴-۴-۵- دایک آندزیتی

این واحد سنگی در ایستگاه ۴۷ نمونه برداری شد. حساسیت مغناطیسی آن $42851 \mu\text{SI}$ است. درصد انیزوتروپی در این ایستگاه $1/0.33$ و متوسط پارامتر شکل آن $0/136$ است. مقدار بالای حساسیت مغناطیسی این نمونه با پدیدهٔ اپک‌زایی در اطراف بلورهای هورنبلند یا تشکیل اکسی-هورنبلند در مقطع نازک این ایستگاه قابل توجیه است (به شکل ۲-۲۸ رجوع شود).

۴-۵- قلمروبندی تودهٔ ظفرقند

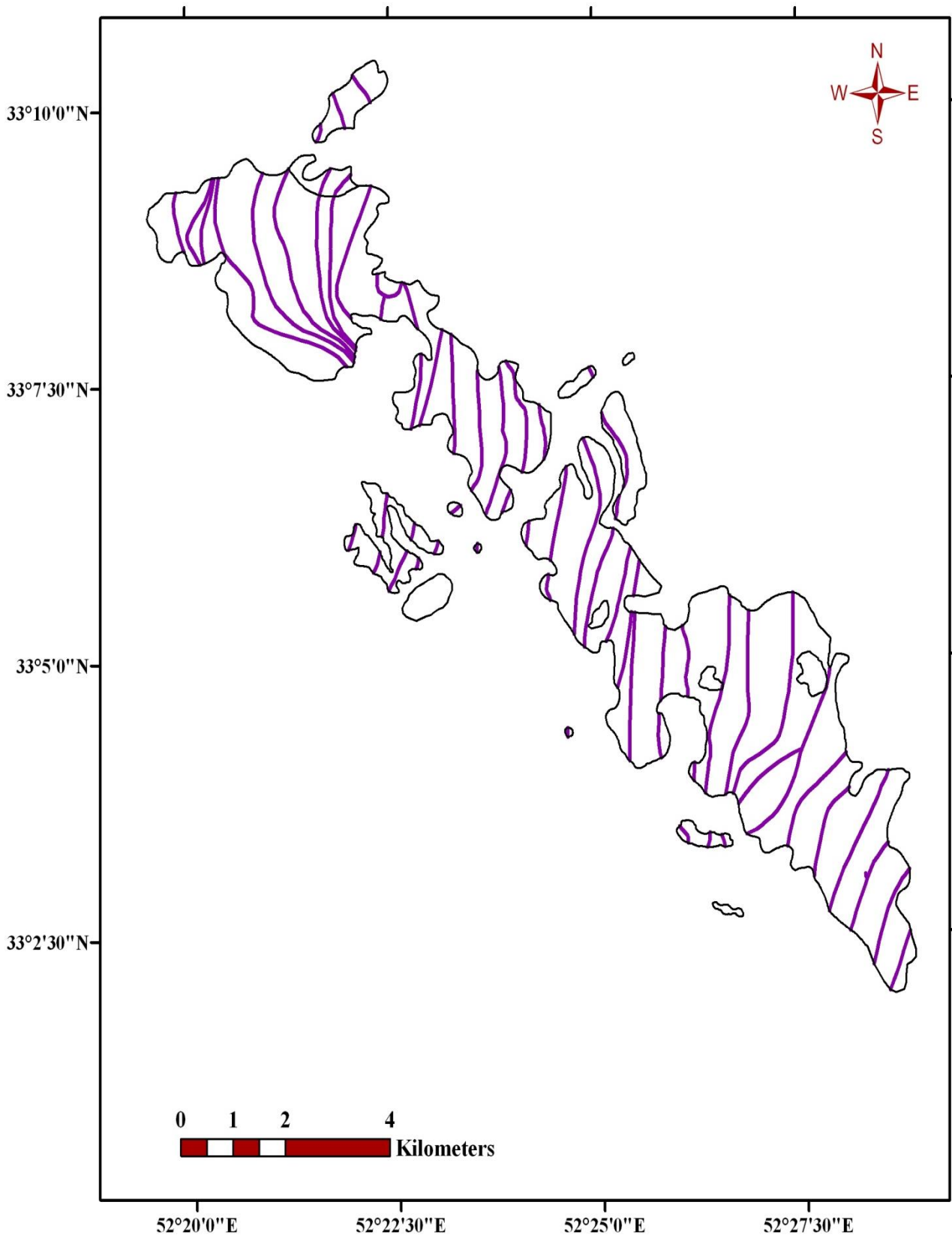
در نهایت براساس نتایج حاصل از بررسی نقشه‌های مغناطیسی، مطالعات صحرائی و پتروگرافی و ساخت‌های میکروسکپی تودهٔ ظفرقند به ۵ قلمرو تقسیم بندی شد (شکل ۴-۳۰). نقشهٔ بخش بندی-هایی مغناطیسی حاصل از برگوارگی‌های مغناطیسی در شکل ۴-۳۱ است.

Magnetic Domains Map



شکل ۴-۳۰- نقشه قلمروهای مغناطیسی در توده گرانیتوئیدی ظفرقند.

Foliation Pattern map



شکل ۴-۳۱- نقشه خطوط همراستای برگوارگی های مغناطیسی.

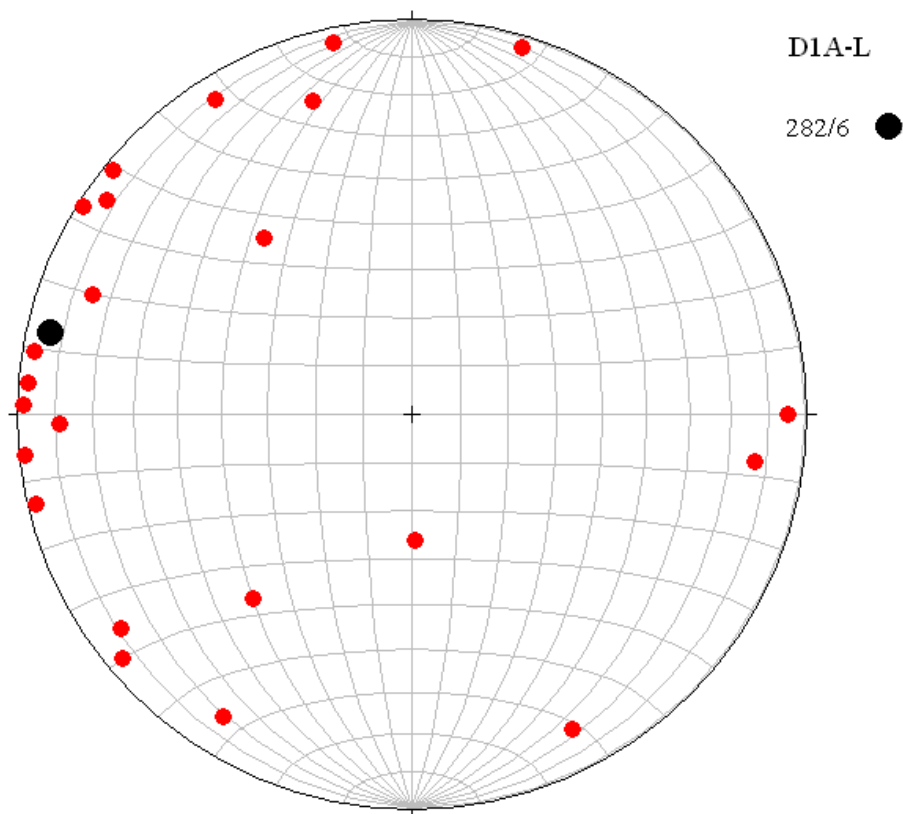
۴-۵-۱- قلمرو ۱

این قلمرو به دو زیر گروه 1A و 1B تقسیم بندی شده است.

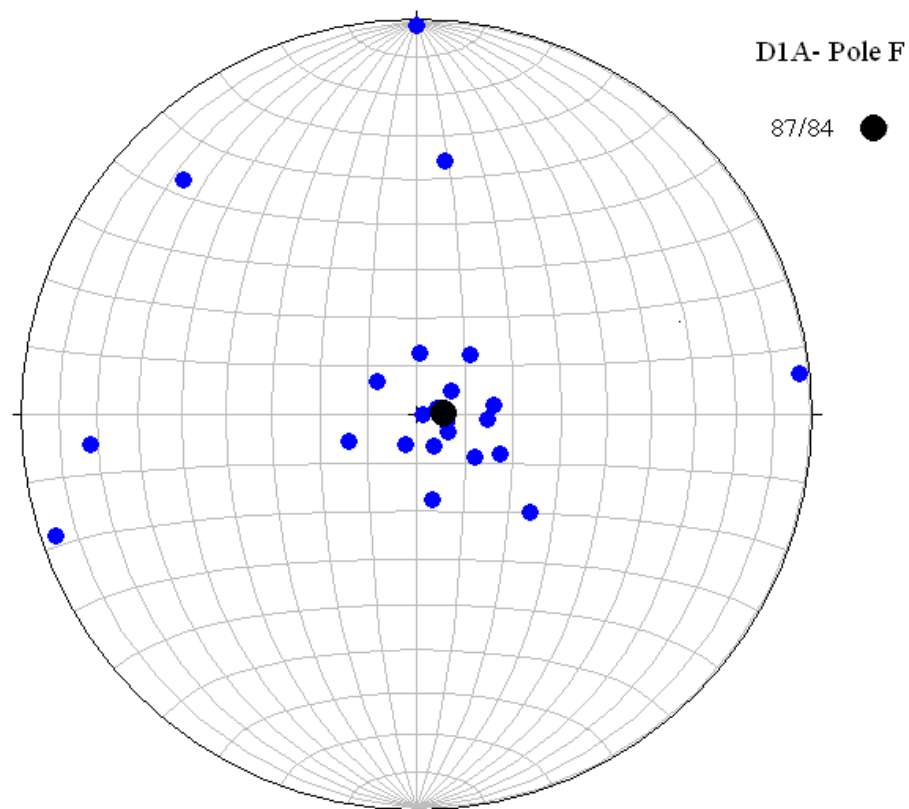
قلمرو 1A: در این قلمرو ۲۳ ایستگاه نمونه برداری شد. ترکیب سنگ شناسی قلمرو 1A شامل گرانیت و گرانودیوریت است. فابریک مشاهده شده در این قلمرو از نوع ماگمایی است. بافت سنگ‌های گرانیتی و گرانودیوریتی این قلمرو گرانولار و پورفیروئیدی است. شکل ۴-۳۲ استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت خطوارگی‌های مغناطیسی در این قلمرو را به نمایش می‌گذارد. با توجه به این شکل اغلب خطوارگی‌های مغناطیسی دارای شیب بسیار کم و نزدیک به افق می‌باشند. در ضمن شیب بیشتر خطوارگی‌های مغناطیسی به سمت غرب می‌باشد. خط معرف بهترین خطوارگی مغناطیسی دارای مشخصات ۲۸۲/۶ است. این استریوگرام نشان می‌دهد که ماگما با شیب بسیار کم و نزدیک به افق به سمت غرب-شمال غرب حرکت کرده است. شیب بسیار کم خطوارگی‌های مغناطیسی معرف این است که این بخش از توده نفوذی سیل مانند می‌باشد، که به سمت غرب-شمال غرب گسترش پیدا کرده است. شواهد صحرایی از جمله حضور آنکلاوهای شناور در توده نفوذی با شیب بسیار کم نیز این موضوع را تأیید می‌کند. این آنکلاوها به صورت اجسام شناور در درون توده نفوذی همراه با ماگمای گرانودیوریتی حمل شده‌اند (شکل ۴-۱۶).

استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت قطب برگوارگی‌های مغناطیسی در قلمرو 1A در شکل ۴-۳۳ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود اکثر قطب برگوارگی‌های مغناطیسی حول مرکز استریونت تجمع پیدا کرده‌اند که نشان‌دهنده شیب زیاد قطب برگوارگی‌های مغناطیسی می‌باشند. این امر نشان می‌دهد که قطب برگوارگی‌های مغناطیسی قائم یا نزدیک به قائم می‌باشد. مختصات بهترین قطب برگوارگی‌های مغناطیسی این قلمرو ۸۷/۸۴ است. تعداد بسیار کمی از قطب برگوارگی‌ها دارای شیب کم می‌باشند. شیب زیاد قطب برگوارگی‌ها در واقع بدین معنی است که برگوارگی‌ها دارای شیب بسیار کم نزدیک به افق می‌باشند. این ویژگی به همراه شیب کم خطوارگی‌های مغناطیسی در این

قلمرو و شواهد صحرایی از جمله حضور آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک با وضعیت تقریباً افقی می-
توانند بیانگر سیل بودن شکل توده نفوذی در این قلمرو باشد. تعداد اندکی از قطب‌های برگوارگی
دارای شیب نسبتاً کم می‌باشند که با توجه به بررسی‌های مجدد صحرایی مشخص شد نقاط حفاری
مربوط به این ایستگاه‌ها، مربوط به ایستگاه‌هایی در نزدیکی مناطق حاوی آنکلاو میکروگرانولار مافیک
بوده است و شواهدی از اختلاط ماگمایی نشان می‌دهد. وجود آنکلاوهای زیاد می‌تواند به عنوان مانعی
در مقابل حرکت ماگما عمل کند و باعث آشفته‌گی جریان ماگما شود و به طور محلی بر روی برگوارگی
مغناطیسی ماگمای در حال تبلور تأثیر گذارد.

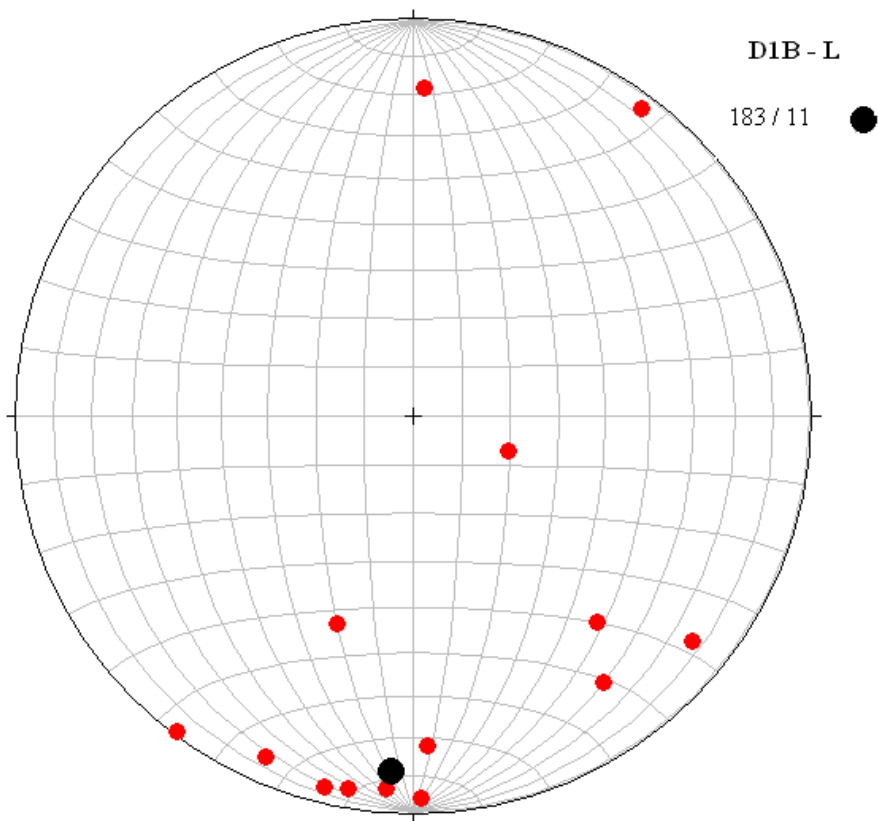


شکل ۴-۳۲- استریوگرام نشان دهنده وضعیت خطواره‌های مغناطیسی ۲۳ ایستگاه در قلمرو 1A.

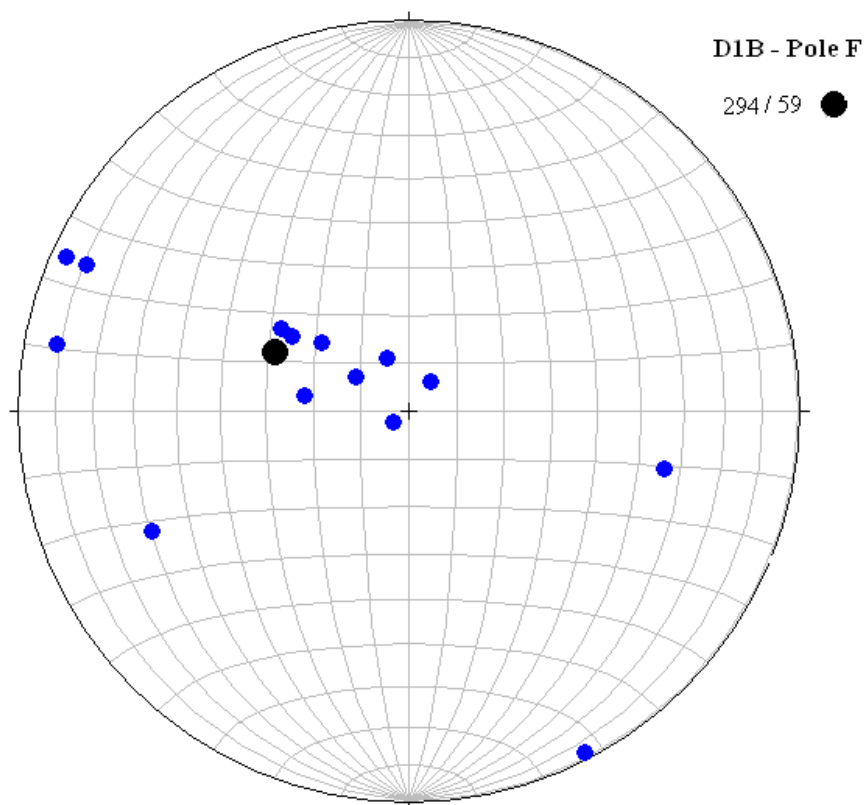


شکل ۴-۳۳- استریوگرام نشان دهنده وضعیت قطب بر گواره‌های مغناطیسی ۲۳ ایستگاه در قلمرو 1A.

قلمرو 1B : این قلمرو ۱۴ ایستگاه را پوشش می‌دهد. ترکیب سنگ شناسی غالب در این قلمرو گرانیت، گرانودیوریت و ندرتاً دیوریتی است. بافت غالب نیز گرانوفیری و گرافیکی است و فابریک ماگمایی دارد. این قلمرو بخش تفریق یافته‌تر توده نفوذی است. دگرشکلی‌ها بیشتر از نوع شکننده (Brittle) است و نشان می‌دهد که خردشدگی‌های موجود در توده، پس از جایگزینی ماگما به وجود آمده است. شکل ۴-۳۴ استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت خطوارگی‌های مغناطیسی در این قلمرو است و نشان می‌دهد شیب اکثر خطوارگی‌ها به سمت جنوب و دارای مقدار کم می‌باشد. خط معرف بهترین خطوارگی مغناطیسی این موضوع را تأیید می‌کند. این خط یا خطواره مغناطیسی دارای مشخصات ۱۸۳/۱۱ می‌باشد. از این رو شواهد صحرایی، اطلاعات بدست آمده از فابریک را تأیید می‌کند. استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت قطب برگوارگی‌های مغناطیسی در قلمرو 1B در شکل ۴-۳۵ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید در قلمرو 1B شبیه قلمرو 1A اکثر قطب برگوارگی‌های مغناطیسی در اطراف مرکز استریونت واقع می‌شود، این امر معرف شیب زیاد آن‌ها می‌باشد. مختصات بهترین قطب برگوارگی‌های مغناطیسی این قلمرو برابر است با ۲۹۴/۵۹. به عبارتی برگوارگی‌ها در این قلمرو دارای شیب کم تا نزدیک به افقی می‌باشند و همراه با خطوارگی‌های مغناطیسی دارای شیب کم در این قلمرو، فرض جاری شدن ماگما در این منطقه به صورت سیل را تأیید می‌کنند. تعداد اندکی از ایستگاه‌ها دارای قطب برگوارگی مغناطیسی با شیب کم می‌باشند که این موضوع همانند قلمرو 1A از آشفتگی‌های محلی و موضعی ماگما ناشی می‌شود. شیب بسیار کم خطوارگی‌های مغناطیسی در این قلمرو مبین آن است که ماگمای گرانودیوریتی با شیب بسیار کم به سمت جنوب حرکت نموده است. بررسی وضعیت کنتاکت در ابتدای دره بیدشک و دره شرقی- غربی مقابل روستای ماریین نشان می‌دهد که سطح بالایی کنتاکت توده گرانیتوئیدی تقریباً افقی است (شکل ۴-۳۶).



شکل ۴-۳۴- استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت خطواره‌های مغناطیسی ۱۴ ایستگاه در قلمرو 1B.



شکل ۴-۳۵- استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت قطب برگواره‌های مغناطیسی ۱۴ ایستگاه در قلمرو 1B.



الف



ب

شکل ۴-۳۶- بررسی وضعیت کنتاکت در (الف) ابتدای دره شرقی- غربی مقابل روستای ماربین و (ب) دره بیدشک نشان می‌دهد که سطح بالایی کنتاکت توده گرانیتوئیدی تقریباً افقی است و جاری شدن ماگما در این منطقه به صورت سیل را تأیید می‌کند.

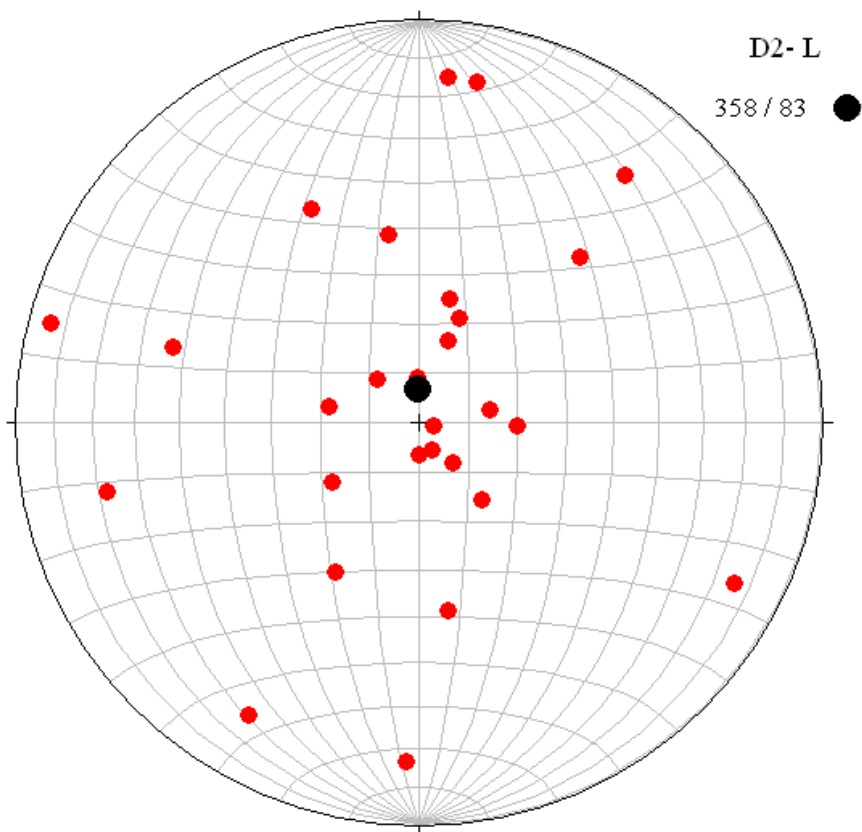
علت تفکیک قلمرو 1A و 1B آن است که جهت کلی خطواره‌های مغناطیسی در این دو قلمرو بسیار متفاوت می‌باشد. در قلمرو 1A ماگما به سمت غرب حرکت کرده، در حالی که در قلمرو 1B به سمت جنوب حرکت کرده است. از آنجایی که ترکیب سنگ شناسی این دو قلمرو تقریباً یکسان است و شیب خطواره‌گی‌ها در هر دو قلمرو بسیار کم است، لذا تصمیم بر آن شد این دو محدوده، با نام قلمرو 1 به دو زیر مجموعه A و B تقسیم شود. شواهد اختلاط ماگمایی در بخش‌های حاشیه‌ای این قلمرو به صورت حضور آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک مشاهده می‌شود. به طور قطع نمی‌توان تقدم و تأخر این دو قلمرو را بر همدیگر مشخص نمود. ولی با توجه به مشخصات سنگ شناسی (داشتن ترکیب سنگ شناسی مشابه) می‌توان گفت این دو قلمرو تقریباً همزمان تشکیل شده‌اند.

۴-۵-۲- قلمرو ۲

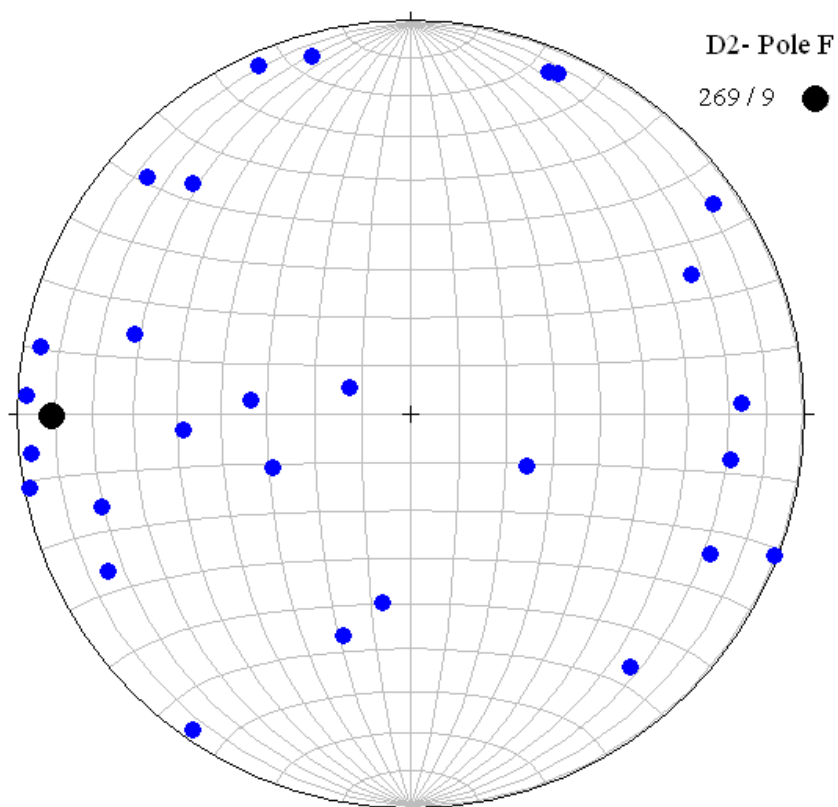
این قلمرو شامل ۲۸ ایستگاه مغزه برداری است و ترکیب سنگ شناسی آن دیوریت، گابرو دیوریت و به مقدار کمتر کوارتز دیوریت است. فابریک این قلمرو از نوع ماگمایی است. در شکل ۴-۳۷ وضعیت خطوارگی‌های مغناطیسی مربوط به قلمرو ۲ نشان داده شده است. استریوگرام‌ها نشان می‌دهد که اکثر خطواره‌های مغناطیسی دارای شیب زیاد می‌باشد. میانگین این خطوارگی‌های مغناطیسی در این قلمرو ۳۵۸/۸۳ می‌باشد که خود مؤید شیب زیاد خطوارگی‌ها است. شیب زیاد خطوارگی‌های مغناطیسی طبق تعاریف از قبل مطرح شده (بوشه و همکاران، ۱۹۹۷، صادقیان و همکاران، ۲۰۰۵، هورسمن^۱ و همکاران، ۲۰۰۵ و فره^۲ و همکاران، ۲۰۰۲) معرف مکان‌هایی است که ماگما در آنجا با شیب زیاد به سمت سطح زمین صعود کرده است. به عبارت دیگر چنین مناطقی به عنوان زون تغذیه کننده توده‌های نفوذی به حساب می‌آید. حضور سنگ‌های مافیک تا حدواسط یعنی گابروها و دیوریت‌ها و برخی اعضا کم تحول یافته‌تر آن‌ها نظیر کوارتز دیوریت‌ها در این قلمرو، در کنار حضور آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک در مرز بین این قلمرو با قلمروهای 1A و 1B مؤید آن است که این قلمرو به عنوان یک زون تغذیه کننده ماگما عمل نموده است. استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت قطب برگواری‌های مغناطیسی در قلمرو ۲ در شکل ۴-۳۸ نشان داده شده است. در قلمرو ۲ قطب برگواری-های مغناطیسی اکثر نمونه‌های برداشت شده دارای شیب بسیار کم و نزدیک به افقی می‌باشند. یعنی برگواری‌های مغناطیسی این قلمرو دارای شیب نسبتاً زیاد می‌باشند. مختصات بهترین قطب برگواری-های مغناطیسی این قلمرو برابر است با ۲۶۹/۹.

۱- Horsman

۲- Ferre

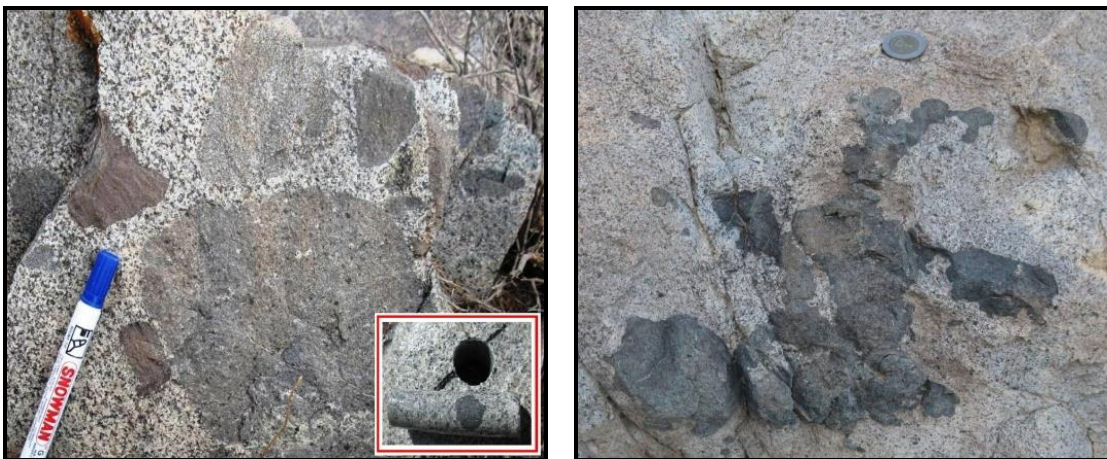


شکل ۴-۳۷- استریوگرام نشان دهنده وضعیت خطواره‌های مغناطیسی ۲۸ ایستگاه در قلمرو ۲.



شکل ۴-۳۸- استریوگرام نشان دهنده وضعیت قطب بر گواره‌های مغناطیسی ۲۸ ایستگاه در قلمرو ۲.

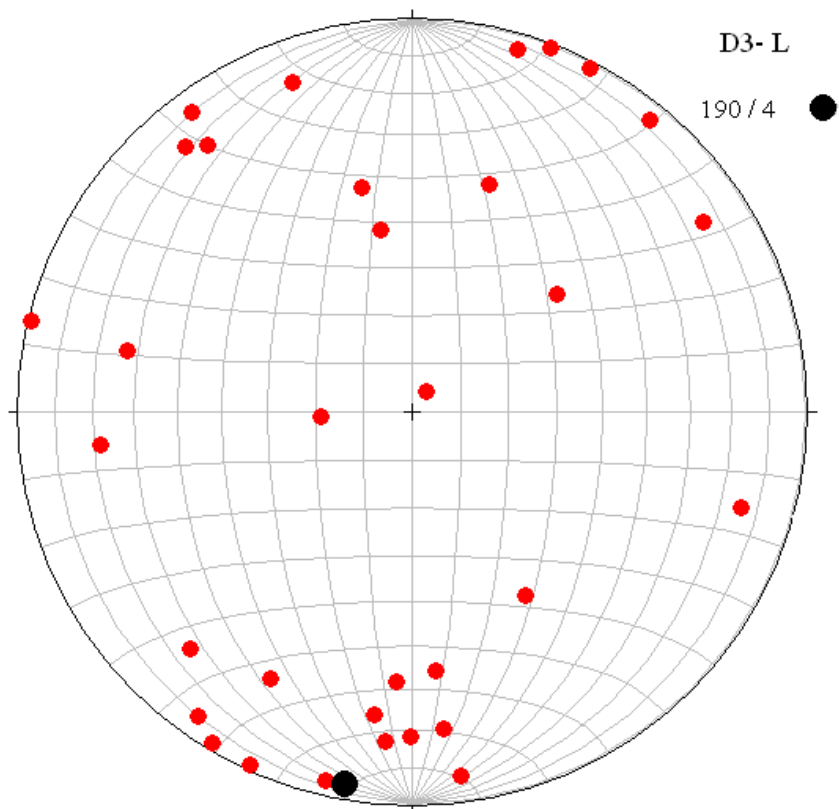
در عین حال ترکیب سنگی در این قلمرو از الیوین گابرو تا دیوریت و کوارتز دیوریت متغیر است. در نتیجه، با در نظر گرفتن کلیه مبانی بررسی‌های فابریک مغناطیسی می‌توان این قلمرو را به عنوان یک **زون تغذیه کننده ماگمایی** به حساب آورد. حضور آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک زیاد در مرز بین این قلمرو و قلمروهای 1A، 1B و 3 مؤید این موضوع می‌باشد. برای مثال در حاشیه روستای مخروبه برگهر تعداد زیادی آنکلاو میکروگرانولار مافیک با ابعاد میلی‌متری تا چند متری به وضوح مشاهده می‌شود (شکل ۴-۳۹).



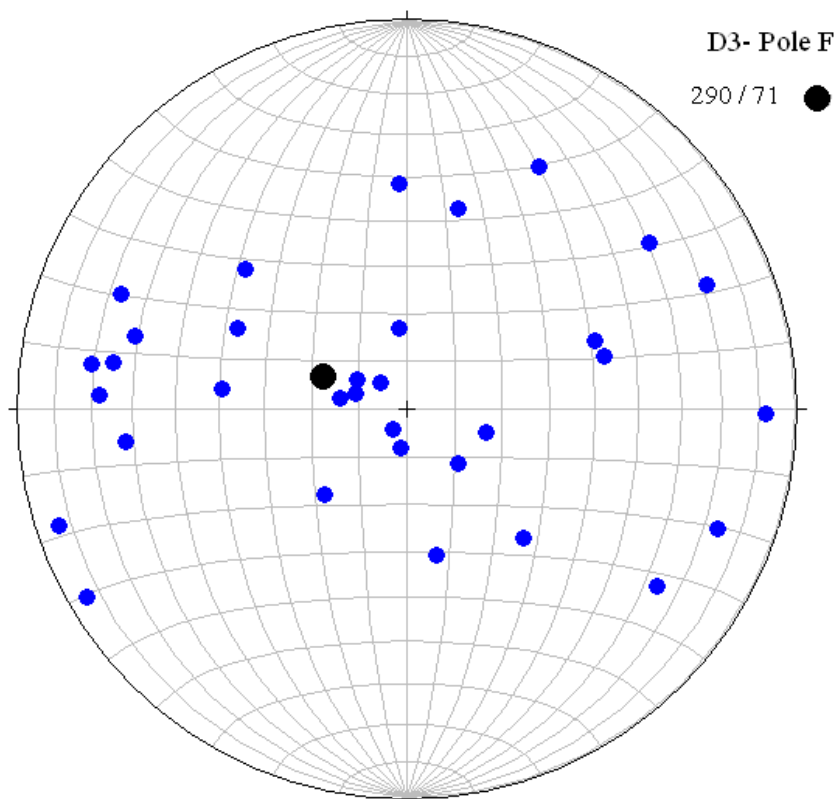
شکل ۴-۳۹- تصاویری از آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک در حاشیه روستای برگهر. به وضعیت گردشگری و خمیده بودن حاشیه‌های آنکلاوها توجه نمایید. این امر شکل‌پذیر بودن آن‌ها را در زمان راه‌یابی به ماگمای گرانودیوریتی - گرانیتی تأیید می‌کند.

۴-۵-۳- قلمرو ۳

این قلمرو ۳۴ ایستگاه را پوشش می‌دهد. ترکیب سنگ شناسی غالب در این قلمرو گرانودیوریت، کوارتز دیوریت و دیوریت است و ندرتاً به سمت ترکیبات گرانیتی تمایل پیدا می‌کند. این قلمرو فابریک ماگمایی داشته، بافت میکروسکوپی آن گرانولار و گرافیکی شاخص است و به دلیل مشاهده مقادیر بیشتر کوارتز، تحول یافته‌تر است. شکل ۴-۴۰ وضعیت خطوارگی‌های مغناطیسی را در قلمرو ۳ نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، بیشتر خطواره‌های مغناطیسی حول قطب‌های شمالی و جنوبی استریونت تمرکز پیدا کرده‌اند و دارای شیب کم تا زیاد می‌باشند. با توجه به اینکه سنگ‌های موجود در این قلمرو دارای طیف ترکیبی گرانودیوریت تا دیوریت هستند و تفریق یافتگی تدریجی در بین آن‌ها مشاهده می‌شود. لذا منطقی به نظر می‌رسد که شیب خطوارگی‌های مغناطیسی رفتار متغیرتری نشان دهند. در نتیجه ماگما می‌تواند شبیه به یک ساقه قارچی شکل به اطراف توزیع شده باشد. میانگین خطواره‌های مغناطیسی این قلمرو دارای مختصات زیر است: ۱۹۰/۴. استریوگرام و رز دیاگرام نشان‌دهنده وضعیت قطب برگوارگی‌ها در شکل ۴-۴۱ نشان داده شده است. در این قلمرو قطب برگوارگی‌های مغناطیسی دارای شیب کم تا زیاد می‌باشند پس به همین نحو، برگواره‌های مغناطیسی آن‌ها نیز دارای شیب کم تا زیاد می‌باشند. مختصات بهترین قطب برگوارگی‌های مغناطیسی این قلمرو ۲۹۰/۷۱ است. بررسی خطوارگی‌های مغناطیسی در قلمرو ۳ که غالباً دارای شیب کم می‌باشند، می‌تواند این فرض را منطقی تلقی کند که این بخش از توده ماگمایی همانند یک کلاهدک قارچی شکل بوده و توسعه ماگما در این قلمرو غالباً به سمت جنوب می‌باشد.



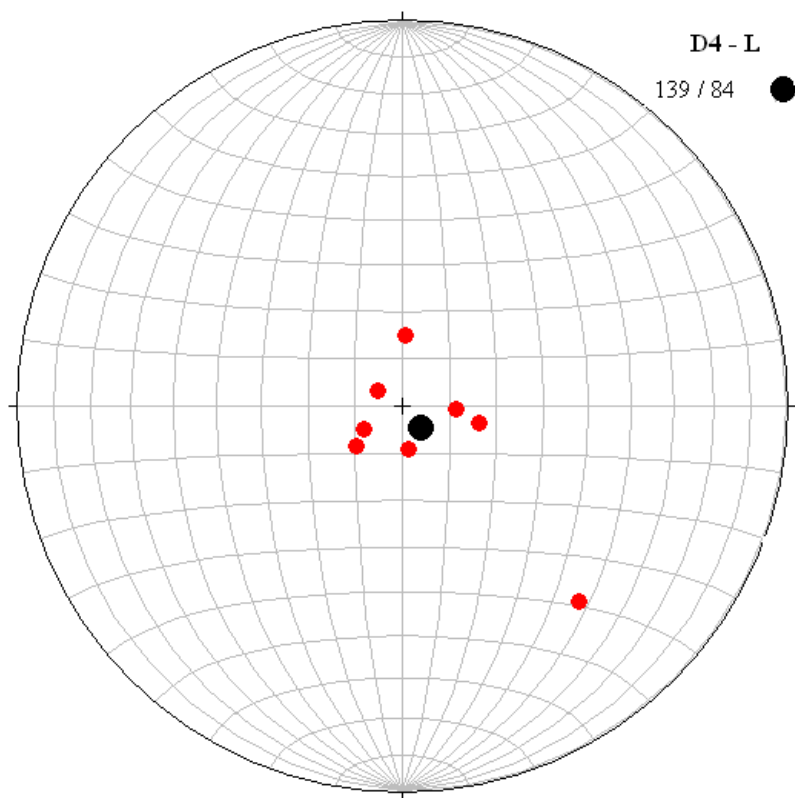
شکل ۴-۴- استریوگرام نشان دهنده وضعیت خطواره‌های مغناطیسی ۳۴ ایستگاه در قلمرو ۳.



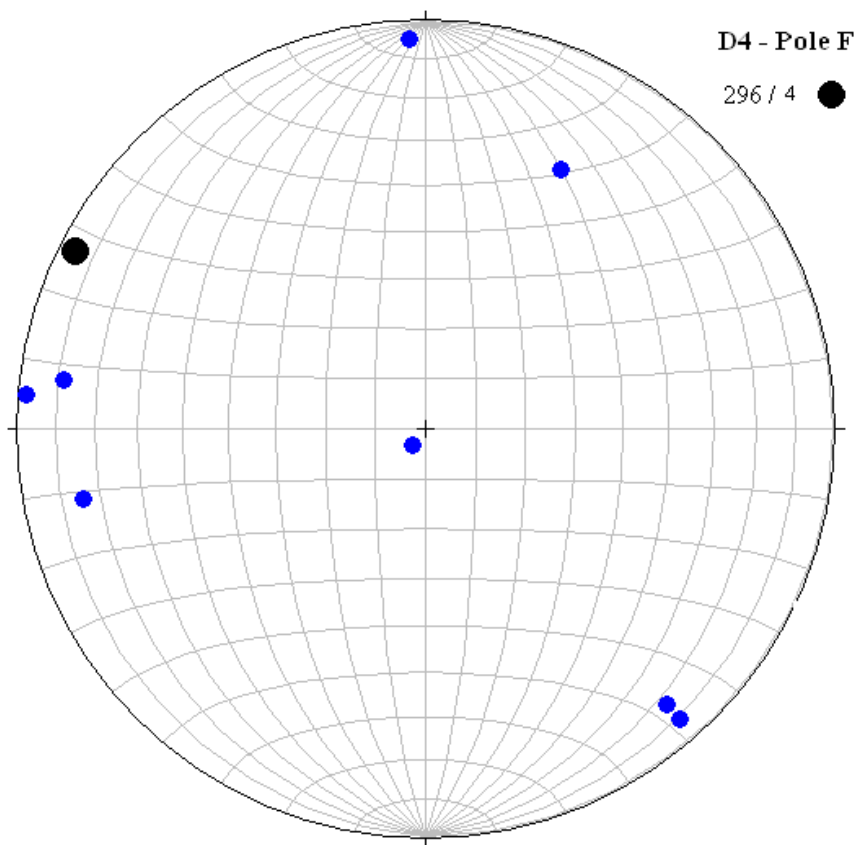
شکل ۴-۴- استریوگرام نشان دهنده وضعیت قطب برگواره‌های مغناطیسی ۳۴ ایستگاه در قلمرو ۳.

۴-۵-۴- قلمرو ۴

این قلمرو در بخش شرقی تا جنوب شرقی توده نفوذی واقع شده است و دارای وسعت محدودتری است. در این قلمرو ۸ ایستگاه نمونه برداری شد. ترکیب سنگ شناسی این قلمرو شامل کوارتز دیوریت تا دیوریت و کمی گرانودیوریت است، فابریک مشاهده شده در قلمرو ۴ به صورت ماگمایی است. بافت کلی سنگ‌های این قلمرو گرانولار است. در این قلمرو بافت گرافیکی بسیار کم است. قلمرو شماره ۴ با خطوارگی‌های مغناطیسی دارای شیب بسیار زیاد (نزدیک به قائم) مشخص می‌گردد (شکل ۴-۴۲) و مختصات میانگین قطب خطواره‌های مغناطیسی در این قلمرو دارای مشخصات ۱۳۹/۸۴ است. همان‌طور که در قلمرو ۲ گفته شد شیب زیاد خطوارگی‌های مغناطیسی در یک قلمرو نشانگر آن است که ماگما در آن قلمرو صعود نموده و سنگ‌های مورد مطالعه را تشکیل داده است. لذا می‌توان قلمرو ۴ را نیز به عنوان زون تغذیه کننده دیگری در نظر گرفت که به موازات قلمرو ۲ تشکیل گردیده است. شکل ۴-۴۳ وضعیت قطب برگوارگی‌ها را در قلمرو ۴ نشان می‌دهد. مطابق این شکل، قطب برگواره‌های مغناطیسی، غالباً دارای شیب بسیار کم می‌باشند، این امر معرف آن است که برگوارگی‌های مغناطیسی دارای شیب زیاد هستند. مختصات بهترین قطب برگوارگی‌های مغناطیسی این قلمرو برابر است با: ۲۹۶/۴ ترکیب سنگ‌شناسی در این قلمرو غالباً دیوریتی- کوارتز دیوریتی است. همچنین تفریق یافتگی‌های موضعی تا حد پگماتیت- دیوریت نیز مشاهده می‌شوند. با توجه به این موارد قلمرو ۴ را می‌توان به عنوان زون تغذیه کننده دوم در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفت. البته باید یادآوری شود که قلمرو ۲ در تغذیه توده ماگمایی از اهمیت بیشتری برخوردار بوده است.



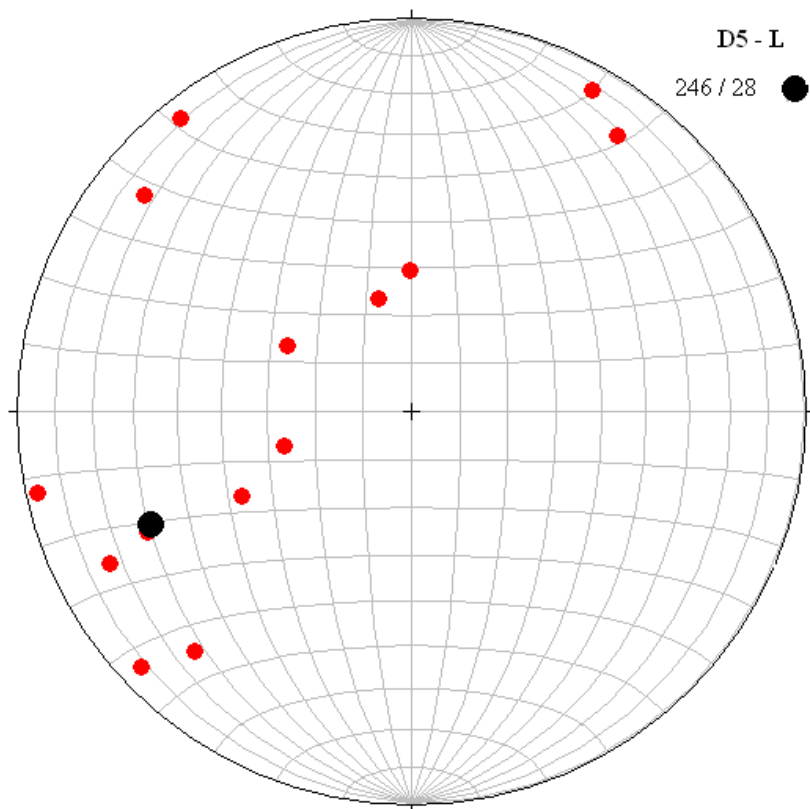
شکل ۴-۴۲- استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت خطواره‌های مغناطیسی ۸ ایستگاه در قلمرو ۴.



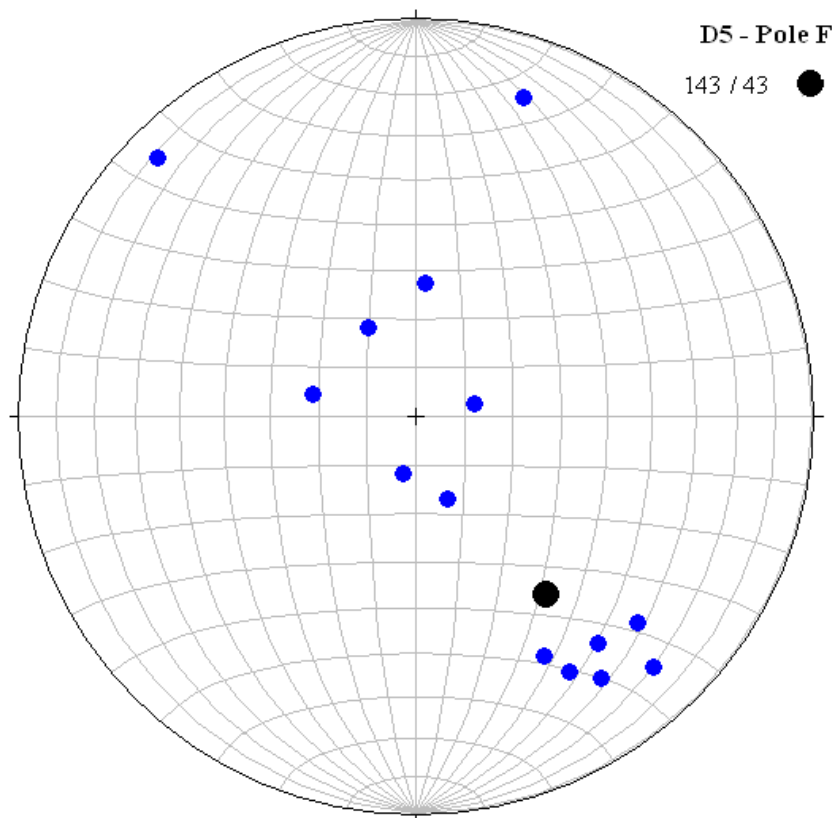
شکل ۴-۴۳- استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت قطب برگواره‌های مغناطیسی ۸ ایستگاه در قلمرو ۴.

۴-۵-۵- قلمرو ۵

این قلمرو ۱۴ ایستگاه را پوشش می‌دهد. ترکیب سنگ شناسی غالب در این قلمرو گرانودیوریت تا دیوریت و کوارتز دیوریت است. بافت شاخص سنگ‌ها در این قلمرو گرانولار و در برخی موارد گرافیکی است و فابریک ماگمایی دارد. در این قلمرو به ندرت بلورهایی از اوژیت دیده می‌شود. وضعیت خطواره‌های مغناطیسی در قلمرو ۵ در شکل ۴-۴۴ نشان داده شده است. در این قلمرو شیب اکثر خطوارگی‌های مغناطیسی کم می‌باشد. با این وجود تعداد اندکی نیز دارای شیب نسبتاً زیاد می‌باشد. با توجه به طیف ترکیبی این قلمرو که شامل گرانودیوریت و دیوریت می‌باشد، تنوع رفتاری در این حوزه، منطقی به نظر می‌رسد. ماگما در این قلمرو با شیب نسبتاً کم در دو سوی شمال غرب و یا جنوب شرق توسعه پیدا کرده است. ویژگی‌های مغناطیسی و شواهد صحرایی در این قلمرو بیانگر آن است که این خصوصیات یک توده آذرین سیل مانند را نشان می‌دهد. مختصات میانگین خطواره‌های مغناطیسی این قلمرو برابر با ۲۴۶/۲۸ است. استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت قطب برگواره‌های مغناطیسی در شکل ۴-۴۵ نشان داده شده است. در قلمرو ۵ شیب برگوارگی‌های مغناطیسی از کم تا زیاد متغیر است و غالباً برگواره‌های مغناطیسی دارای شیبی حدود ۲۰ تا ۵۰ درجه می‌باشند. مختصات میانگین قطب برگوارگی‌های مغناطیسی این قلمرو ۱۴۳/۴۳ است. در قلمرو ۵، به تنهایی و با توجه به حضور قطب برگوارگی‌های مغناطیسی نمی‌توان وضعیت حرکت ماگما را مشخص نمود. ولی با توجه به وضعیت خطواره‌های مغناطیسی در این قلمرو که اغلب دارای شیب حدود ۲۰ درجه می‌باشند. این بخش از توده نفوذی نیز شبیه قسمت قاعده‌ای (ساقه) یک توده قارچی شکل ماگمایی، جایگزین شده است.



شکل ۴-۴- استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت خطواره‌های مغناطیسی ۱۴ ایستگاه در قلمرو ۵.

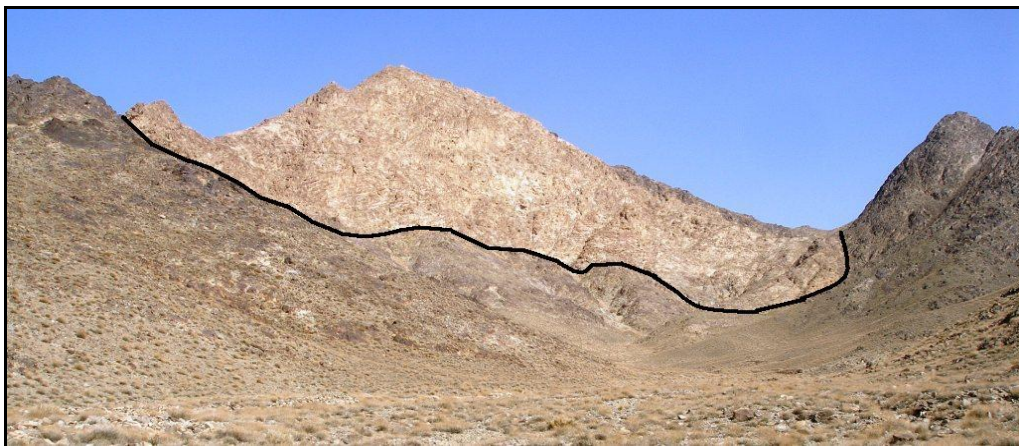


شکل ۴-۵- استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت قطب برگواره‌های مغناطیسی ۱۴ ایستگاه در قلمرو ۵.

در انتها باید ذکر کرد دو توده لوکوگرانیته و چندین دایک لوکوگرانیته بزرگ قلمروهای مذکور را قطع می‌کنند که معرف جوان‌تر بودن آن‌ها نسبت به توده نفوذی می‌باشند. دو توده لوکوگرانیته کم‌وسعت (جنوب چاه شیرین و شمال مزرعه سید) به علت دگرسانی زیاد، خطوارگی و برگوارگی قابل استنادی را ارائه ندادند (به شکل‌های ۴-۴۶ و ۴-۴۷ دقت کنید). ولی شواهد صحرایی نشان می‌دهند که توده نفوذی ظفرقند در آخرین مراحل تبلور خود، مجدداً تحت تأثیر تنش‌های کششی قرار گرفته و ماگمای بسیار تفریق یافته لوکوگرانیته به صورت استوک‌های خیلی کوچک، آپوفیز یا دایک به ترازهای بالاتر صعود نموده و بخش عمده‌ای از توده نفوذی را قطع کرده‌اند.



شکل ۴-۴۶- تصویری از توده لوکوگرانیته چاه شیرین. در قسمت جنوبی خانه‌های مخروبه مشاهده می‌شود.



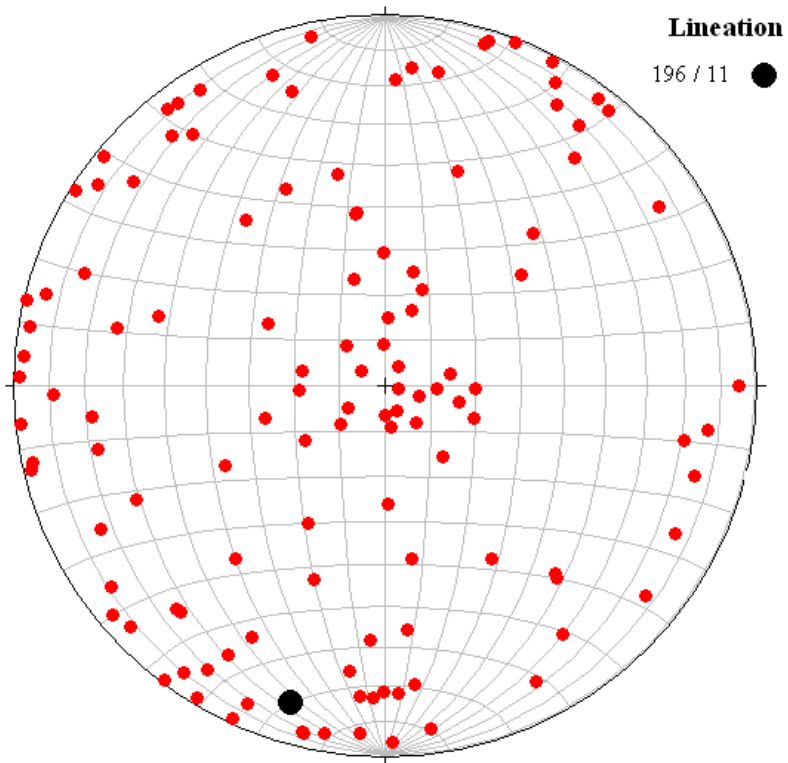
شکل ۴-۴۷- تصویری از توده گرانیته شمال مزرعه سید.

در شکل ۴-۴۸ توزیع کلی خطوارگی مغناطیسی حاصل از کلیه ایستگاه (۱۲۳ ایستگاه) نشان داده شده است. توزیع نقاط در این استریوگرام بیانگر آن است که اغلب خطواره‌های مغناطیسی به سمت غرب شیب دارند. از همین رو با توجه به شواهد سنگ شناسی و بررسی شیب خطوارگی‌های مغناطیسی، آن‌ها را طبق قلمروهای تعریف شده، تفکیک کردیم. خطی که معرف بهترین خطوارگی یا میانگین خطوارگی‌های مغناطیسی می‌باشد دارای مختصات ۱۹۶/۱۱ می‌باشد.

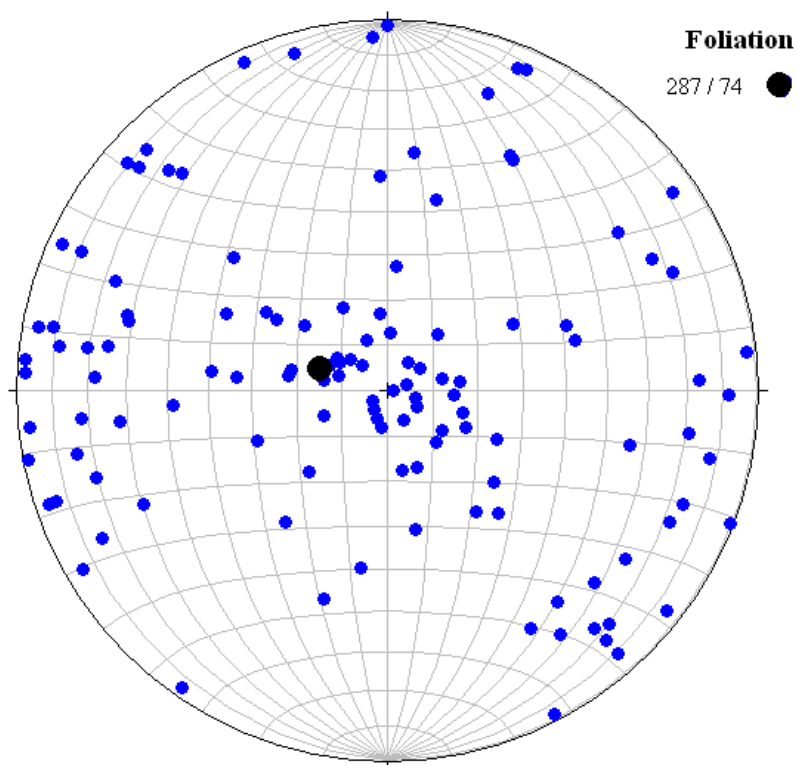
در شکل ۴-۴۹ توزیع کلی قطب برگواره‌های مغناطیسی کلیه ایستگاه‌ها نشان داده شده است. میانگین قطب برگوارگی‌های مغناطیسی دارای مختصات ۲۸۷/۷۴ است. با توجه به این شکل می‌توان نتیجه گرفت که اکثر برگواره‌های مغناطیسی دارای شیب کم و نزدیک به افق می‌باشند. با اندکی تأمل در این شکل متوجه می‌شویم که می‌توان این نقاط را در دو گروه جای داد. گروه اول که از تعداد بیشتری برخوردارند و در اطراف محدوده مرکز استریونت تمرکز پیدا کرده‌اند. این امر نشان‌دهنده آن است که برگواره‌های مغناطیسی غالباً دارای وضعیت افقی یا تقریباً افقی هستند. تعدادی از قطب‌های برگوارگی در پیرامون دایره محیطی استریونت قرار می‌گیرند که نشان‌دهنده قائم یا نزدیک به قائم بودن برگوارگی‌های مغناطیسی می‌باشند. معمولاً این‌گونه برگوارگی‌های مغناطیسی مربوط به زون-های تغذیه کننده ماگما می‌باشند. شیب زیاد خطوارگی‌های مغناطیسی در این نقاط و شواهد سنگ-شناسی این موضوع را تأیید می‌کنند.

استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت برگواره‌های مغناطیسی (تساویر سیکلوگرافیک) در قلمروهای پنج-گانه توده گرانیتوئیدی ظفرقند در شکل ۴-۵۰ نشان داده شده است. این استریوگرام‌ها فهم مقدار شیب برگواره‌ها را آسان‌تر می‌سازد. برای مثال با تمرکز نصف النهارها در کنار دایره محیطی استریوگرام، شیب بسیار کم برگواره‌ها در دو قلمرو 1A و 1B به آسانی قابل درک می‌باشد.

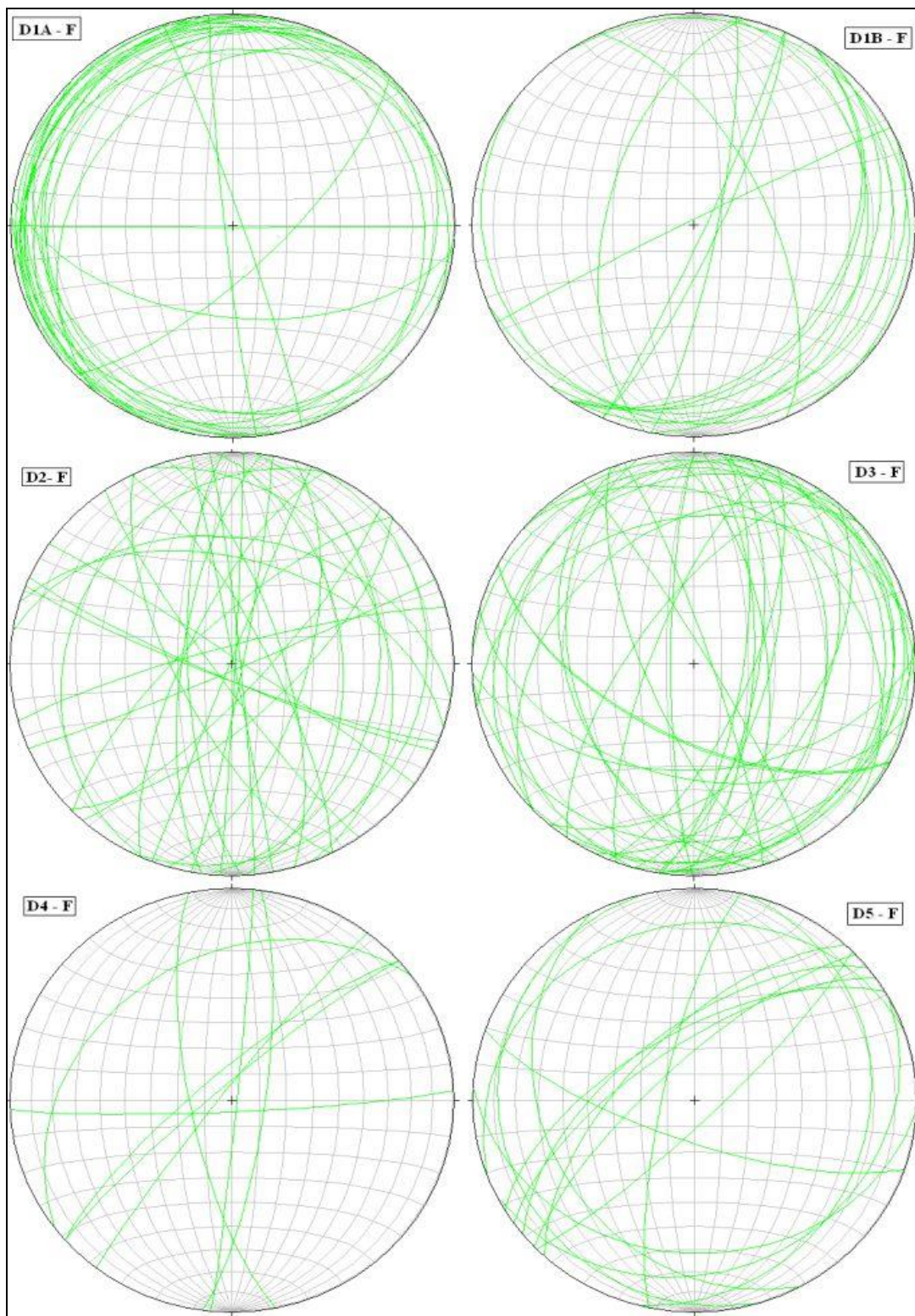
اگر استریوگرام خطوارگی و قطب برگوارگی هر قلمرو را در نقشه قلمروها در کنار قلمروهای مربوطه قرار دهیم، نقشه ۴-۵۱ در صفحه ۱۸۳ بدست می‌آید. در این نقشه، کلیه مفاهیم ذکر شده در کنار هم قابل مشاهده و درک است.



شکل ۴-۴۸- استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت خطواره‌ها در کل قلمروهای توده گرانیتوئیدی ظفرقند.

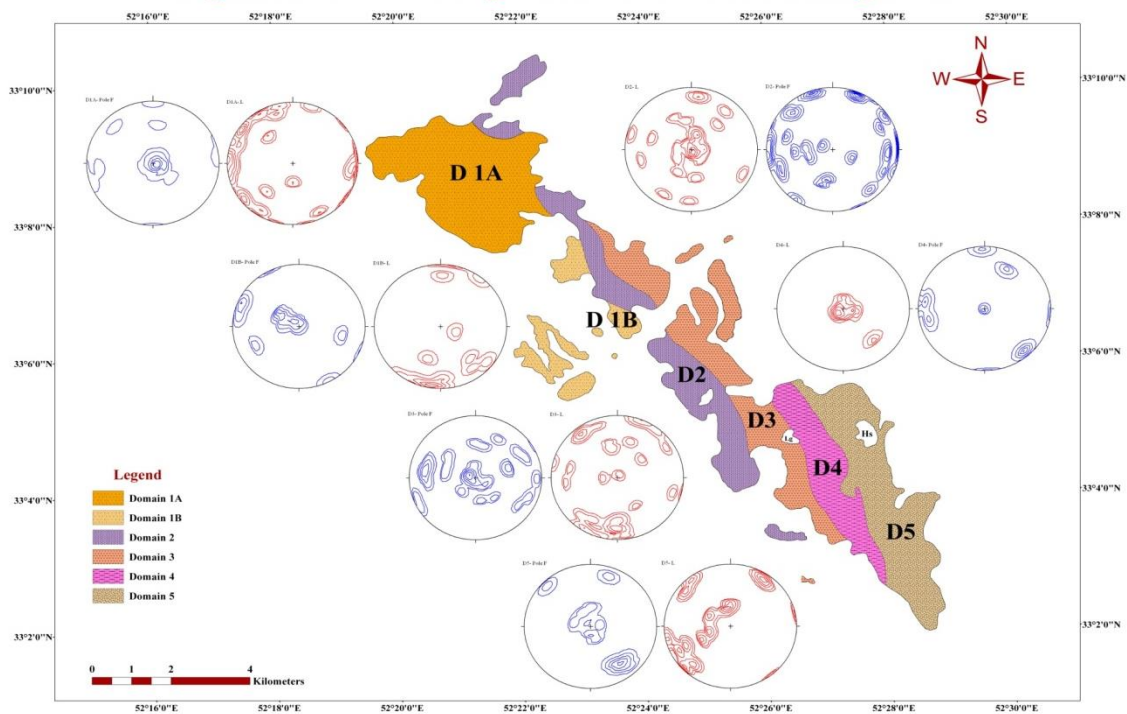


شکل ۴-۴۹- استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت قطب برگواره‌های مغناطیسی در کل قلمروهای توده گرانیتوئیدی ظفرقند.



شکل ۴-۵- استریوگرام نشان‌دهنده وضعیت برگواره‌های مغناطیسی (تساویر سیکلوگرافیک) در قلمروهای پنج‌گانه توده گرانیتوئیدی ظفرقند.

Magnetic Domains Map and their related Stereograms



شکل ۴-۵۱- نقشه قلمروهای مغناطیسی و استریوگرام‌های مربوطه

۴-۶- نتیجه گیری

با توجه به کلیه بررسی‌ها و شواهد صحرائی، پتروگرافی، برداشت‌های مغناطیسی، وضعیت روند گسل‌ها در منطقه، مقادیر حساسیت مغناطیسی، وضعیت خطواره‌ها و برگواره‌های مغناطیسی در مجموع و به صورت قلمرو به قلمرو در توده نفوذی ظفرقند، به نظر می‌رسد، این توده در امتداد شکستگی‌هایی با روند کلی شمال غرب- جنوب شرق که دارای شیب نسبتاً زیاد بوده‌اند، به سمت بالا صعود نموده است. بررسی وضعیت گسل‌های موجود در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که گسل ماریین- رنگان، در فراهم کردن فضای مناسب برای صعود این توده نفوذی نقش شایانی داشته و در امتداد این گسل، توده نفوذی مورد مطالعه به سمت بالا صعود نموده است. با توجه به وضعیت خطواره‌های مغناطیسی در زون‌های تغذیه کننده (قلمروهای 2 و 4)، نتیجه می‌گیریم که وضعیت رژیم تکتونیکی منطقه، در زمان تشکیل توده، بدین صورت بوده است که مؤلفه کششی افقی در راستای شمال شرق- جنوب غرب عمل کرده است و باعث بالا آمدن ماگما به صورت دایک شده است. فازهای تفریق یافته‌تر توده نفوذی در راستای این گسل‌ها بالا آمده و این بار به صورت سیل یا توده- های نفوذی کم شیب جایگزین گردیده‌اند.

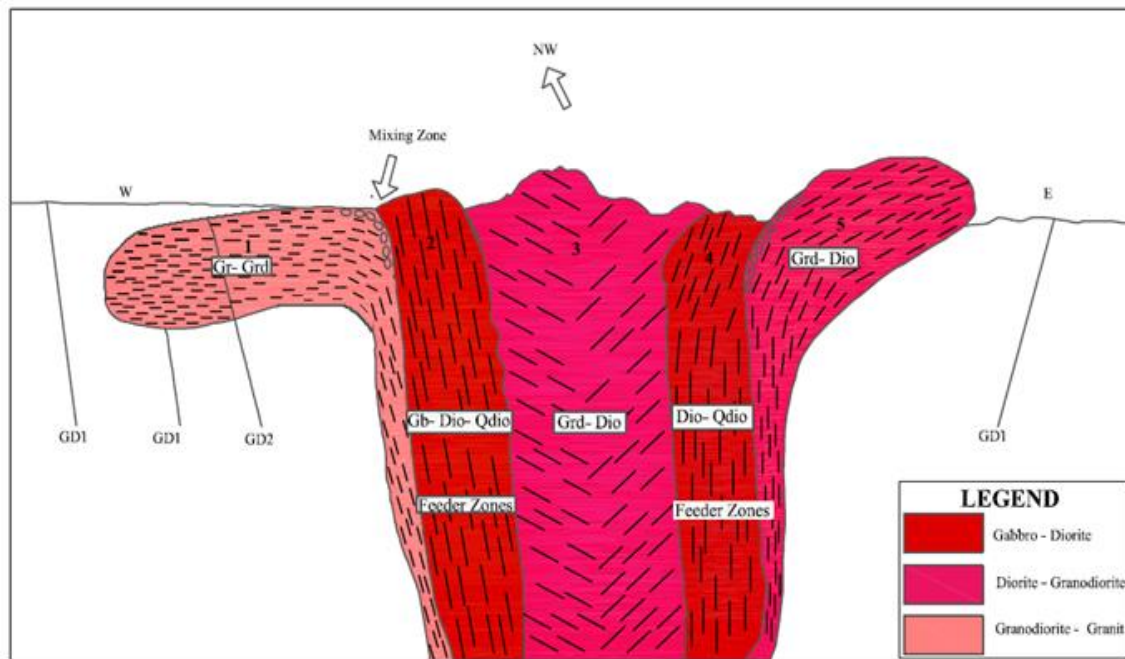
نتایج بدست آمده ناشی از کلیه بررسی‌ها، حاکی از وجود یک منطقه بندی وارون (حضور سنگ- های روشن تر (گرانیتی) در حاشیه و مافیک تر در مرکز توده) در توده مورد مطالعه است. اگر آهنگ جایگزینی بسته ماگمایی آرام باشد و ماگما فرصت کافی برای سرد شدن و انجماد را داشته باشد، پیش از ورود بسته ماگمایی جدید، سخت شده و بسته ماگمایی جدید نیروی کافی برای نفوذ در مرکز بسته منجمد شده قبلی را ندارد و در حاشیه‌های بسته قبلی تزریق می‌شود^۱ (ویگنرس ۲۰۰۴).

۱- Vigneresse

دایک‌های آندزیتی سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی را قطع می‌کنند و از منطقه بغمشاه تا نزدیکی‌های زفره رخنمون دارند. بررسی روند توزیع این دایک‌ها در اطراف توده نفوذی نشان می‌دهد که این دایک‌ها غالباً دارای امتداد شمال غرب- جنوب شرق (آزیموت میانگین ۲۹۶/۷) می‌باشند. این امر نشان می‌دهد، در قبل و همزمان با جایگزینی و حتی در مراحل پایانی تزریق توده نفوذی رژیم تکتونیکی تقریباً مشابهی (کششی) در منطقه حاکم بوده است.

بررسی خطوارگی‌های مغناطیسی در مناطق دارای شیب کم مثل قلمروهای 1A، 1B، 3 و تا حدودی قلمرو 5، نشان می‌دهد که رژیم تکتونیکی در مراحل پایانی تزریق توده نفوذی با تغییراتی همراه بوده است، به طوری که باعث شده بخش‌های تفریق یافته‌تر توده نفوذی که غالباً ترکیب گرانودیوریتی- گرانیتی دارند و در بخش‌های شمال غربی توده نفوذی رخنمون دارند، به صورت سیل جایگزین شوند. توزیع ماگما در قلمروهای 1A، 1B متفاوت بوده است، به گونه‌ای که در قلمرو 1A ماگما با شیب کم به سمت غرب- شمال غرب توسعه یافته است ولی در قلمرو 1B ماگما با شیب بسیار کم به سمت جنوب گسترش پیدا کرده است. در قلمرو 5 ماگما به صورت قارچی شکل در دو سمت جنوب غرب- شمال شرق توسعه پیدا کرده است.

در مجموع اگر بخواهیم یک الگوی کلی برای توده نفوذی ظفرقند ارائه کنیم، می‌توان یک شکل تقریباً قارچی شکل در نظر بگیریم که قلمروهای 2 و 4 معرف بخش ساقه‌ای این قارچ می‌باشند، قلمروهای D1A، D1B، D3 و D5 کلاهک قارچ هستند که به سمت غرب- جنوب غرب یا شمال- شمال شرق (در قلمرو 5) است. در قلمرو 3 نیز ماگما غالباً با شیب کم در دو سوی راستای کلی خود با شیب کم گسترش پیدا کرده است (شکل ۴-۵۲).



شکل ۴-۵۲- الگوی کلی جایگزینی توده نفوذی ظفرقند به صورت تقریباً قارچی شکل است. قلمروهای ۲ و ۴ معرف بخش ساقه‌ای این قارچ و قلمروهای D1A, D1B, D3 و D5 کلاک قارچ را تشکیل می‌دهند.

- شواهد صحرایی نشان می‌دهد در مناطقی که ماگمای تفریق یافته به گسل‌ها و منافذ باز راه پیدا کرده است به صورت رگه، رگچه و یا دایک، سنگ‌های قدیمی‌تر از خود را قطع می‌کند. این پدیده در مقیاس چند سانتی‌متری تا چند کیلومتری قابل مشاهده است.

- در منطقه مورد مطالعه، دو سری دایک تقریباً آندزیتی وجود دارد: دسته اول دارای گسترش و فراوانی زیادتری هستند و بیرون از توده نفوذی رخنمون دارند. این دایک‌ها قدیمی‌تر از توده نفوذی می‌باشند. دسته دوم دایک‌هایی که سنگ‌های گرانیتی و گرانودیوریتی را قطع کرده و جوان‌تر از آنها می‌باشد. این دسته از دایک‌ها به صورت دایک‌های همزمان با تکتونیک به حساب آمده و در ارتباط با مراحل تقریباً پایانی تشکیل توده نفوذی مورد مطالعه به وجود آمده است.

- اپیدوت‌زایی بر روی گرانیت‌ها، گرانودیوریت‌ها، دایک‌ها و سایر اعضای سنگی از جمله دیوریت‌ها بیانگر آن است که توده نفوذی در مراحل پایانی تبلور خود، به طور محدود تحت تأثیر سیالات گرمایی قرار گرفته است. این دگرسانی را می‌توان نوعی پروپلیتی شدن به حساب آورد.

- در توده نفوذی مورد مطالعه، آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک زیادی حضور دارند که یکی از شواهد بارز اختلاط ماگمایی بین اعضا مافیک (گابرو و دیوریت) و اعضا فلسیک (گرانیت و گرانودیوریت) می باشد.

بررسی های ژئوشیمیایی نشان می دهند که در توده گرانیتوئیدی ظفرقند، فرآیند تبلور تفریقی نقش اساسی در تغییر و تحولات آن داشته است (لطیفی، ۱۳۷۹ و قفاری و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین می توان گفت در تشکیل این توده فرآیندهای تبلور تفریقی، آلیش ماگمایی، اختلاط ماگمایی و تزریق متوالی ماگما نقش داشته اند. بررسی های مغناطیسی انجام شده همراه با مقادیر بالای Km در کنار حضور مگنتیت در نمونه های سنگی و بررسی پارامترهای ژئوشیمیایی (لطیفی، ۱۳۷۹ و قفاری در حال انجام) تعلق داشتن توده گرانیتوئیدی ظفرقند به گرانیتوئیدهای نوع I را تأیید می کنند. در ضمن توده گرانیتوئیدی ظفرقند دارای ماهیت کالکوالکالن و متآلومین می باشد که در قوس آتشفشانی حاشیة قاره ای جایگزین گردیده است (قفاری و همکاران ۱۳۸۸).

پیوست

جدول پیوست-۱- موقعیت جغرافیایی، شیب و جهت شیب مغزه‌های برداشت شده در هر ایستگاه.

Station	X	Y	A	B	C	D	E
NZ-1	626103	3669311	157/81	112/85	171/81		
NZ-2	625608	3668883	232/83	110/84			
NZ-3	624869	3668820	153/80	162/85			
NZ-4	624284	3668698	231/85	205/85	231/85	234/80	226.84
NZ-5	624364	3668357	342/79	298/84	344/85		
NZ-6	625280	3668919	0/90	42/85			
NZ-7	625729	3668054	164/76	148/80			
NZ-8	625618	3667221	90/88	0/90	0/90		
NZ-9	625982	3666884	128/49	56/83	173/76		
NZ-10	626483	3666289	139/72	79/85			
NZ-11	626694	3666712	90/82	0/90			
NZ-12	626240	3666800	32/85	32/78			
NZ-13	625800	3667539	81/138	0/90	92/87	290/85	146/83
NZ-14	626002	3668796	124/76	0/90	5/95	252/82	102/85
NZ-15	627913	3667472	42/65	166/86			
NZ-16	628028	3667578	240/82	225/80	106/79	95/82	
NZ-17	627225	3667424	245/82	0/90			
NZ-18	626973	3667319	287/81	353/81			
NZ-19	626545	3667415	327/76	200/81	180/58	0/90	
NZ-20	626292	3667999	266/85	138/80			
NZ-21	626835	3668116	33/85	265/76			
NZ-22	627691	3670933	315/86	155/76	0/90		
NZ-23	627267	3670548	351/77	295/87	0/90	0/90	
NZ-24	626886	3670161	0/90	204/76	348/82		
NZ-25	627201	3669193	225/85	141/86			
NZ-26	627278	3669280	202/87	229/83			
NZ-27	627709	3669147	0/90	4/85.5			
NZ-28	627883	3669134	238/86				
NZ-29	626973	3669391	153/85	250/84	166/85		
NZ-30	626449	3669616	0/90	16/78			
NZ-31	632727	3666412	0/90	25/85	0/90		
NZ-32	632064	3666166	108/83	266/72	155/83		
NZ-33	634686	3661586	337/76	20/76			
NZ-34	635752	3660341	136/82	297/85			
NZ-35	636862	3659163	233/84	260/79	226/85	208/83	
NZ-36	636934	3657959	263/73	275/81			
NZ-37	637487	3658053	356/76	360/78			
NZ-38	638062	3657775	360/81	200/84	264/81	8/78	313/81
NZ-39	637326	3658698	58/81	264/73	334/77		
NZ-40	636558	3659482	65/85	46/86			
NZ-41	636090	3659892	133/83	263/83	357/86		
NZ-42	635475	3661229	30/81	323/87			
NZ-43	634645	3661164	272/83	305/81			
NZ-44	634336	3661145	152/87	145/86			
NZ-45	634350	3661196	330/85	13/85	0/90	0/90	

ادامة جدول پيوست-۱

Station	X	Y	A	B	C	D	E
NZ-46	634108	3662319	60/86	0/90			
NZ-47	633113	3663202	3/80	26/77			
NZ-48	632819	3663197	260/83	0/90	254/82		
NZ-49	632579	3663892	0/90	107/85			
NZ-50	632379	3665336	297/83	244/85			
NZ-51	632756	3664620	347/84	360/80			
NZ-52	631641	3660169	257/78	248/83			
NZ-53	633385	3659968	263/82	233/83			
NZ-54	634354	3659759	269/86	336/85			
NZ-55	635013	3659662	30/82	28/76	65/85		
NZ-56	634777	3659733	352/81	3/86			
NZ-57	634374	3660351	222/79	7/82			
NZ-58	634048	3659561	2/79	315/83			
NZ-59	636370	3657947	0/90	34/86			
NZ-60	634914	3657190	122/85	157/84			
NZ-61	634675	3657261	0/90	0/90			
NZ-62	633845	3658509	0/90	127/83			
NZ-63	634616	3658389	197/85	308/83			
NZ-64	635162	3658552	12/86	275/83			
NZ-65	634324	3658368	0/90	0/90			
NZ-66	631238	3662516	336/84	199/85			
NZ-67	630857	3663533	261/87	91/80			
NZ-68	632700	3661250	52/88	102/88			
NZ-69	632822	3661191	232/88	113/87			
NZ-70	633377	3660897	0/90	6/61			
NZ-71	633458	3660962	315/85	27/83			
NZ-72	633857	3660940	42/79				
NZ-73	633938	3660999	110/86	17/83	274/86		
NZ-74	628014	3664165	310/80	128/84	347/87	328/75	
NZ-75	628144	3664012	313/79				
NZ-76	628652	3663437	309/83	325/84			
NZ-77	629105	3663232	0/90	300/86			
NZ-78	628762	3662969	0/90	350/85			
NZ-79	628659	3662450	357/84	197/86			
NZ-80	627952	3662945	36/84	232/87	86/2		
NZ-81	627499	3663348	279/83	311/87			
NZ-82	628289	3662682	305/82	358/85			
NZ-83	629864	3664313	229/85	330/84			
NZ-84	629487	3664975	0/90	199/87	40/84		
NZ-85	628836	3666126	259/72	194/82	258/82		
NZ-86	628773	3667007	0/90	316/86			
NZ-87	628170	3667549	50/79	133/85			
NZ-88	628137	3667462	353/86	207/77			
NZ-89	629112	3666434	318/84	26/79			
NZ-90	629478	3663891	231/85	257/86			

ادامۂ جدول پیوست-۱

Station	X	Y	A	B	C	D	E
NZ-91	630123	3663965	330/83	325/83			
NZ-92	629894	3663282	147/81	48/82			
NZ-93	631199	3664932	260/82	270/85			
NZ-94	631576	3664487	45/82	205/83	87/83		
NZ-95	631440	3663824	317/83	16/83			
NZ-96	632417	3661806	337/83	348/85	290/84		
NZ-97	631566	3662254	320/85	61/83			
NZ-98	630807	3664640	189/86	331/78			
NZ-99	630473	3664885	276/86	0/90			
NZ-100	630459	3664110	257/81	21/87	0/90	211/84	231/84
NZ-101	630571	3666231	258/86	152/87			
NZ-102	630610	3665872	0/90	300/83	247/84		
NZ-103	630807	3665582	348/86	357/86	116/83		
NZ-104	630385	3665292	352/83	350/86			
NZ-105	631093	3665491	37/83	210/74			
NZ-106	632318	3663136	256/84	262/84	283/83		
NZ-107	632503	3663504	0/90	290/84	0/90		
NZ-108	633964	3661730	0/90	0/90			
NZ-109	633881	3661577	282/84				
NZ-110	635102	3660673	178/86	128/87	0/90		
NZ-111	635720	3659725	215/86	252/85			
NZ-112	635969	3659487	232/82	0/90			
NZ-113	636097	3659073	0/90	0/90	187/84		
NZ-114	636049	3659650	0/90	118/86			
NZ-115	636612	3658831	0/90	327/84			
NZ-116	636448	3658616	333/83	85/83			
NZ-117	635722	3661173	220/85	0/90			
NZ-118	635865	3661202	0/90	85/80			
NZ-119	624688	3668826	222/86	0/90	0/90		
NZ-120	624582	3668901	269/84	309/83	334/80		
NZ-121	632257	3664053	340/85	93/79			
NZ-122	631929	3663942	0/90	0/90			
NZ-123	631888	3663946	310/83	285/72	295/83		

جدول پیوست-۲- داده‌های خروجی حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای انتخابی توسط دستگاه MFK1-FA به ازای هر نمونه.

Name	Km	Pj	T	K1dec	K1inc	K2dec	K2inc	K3dec	K3inc
GZ-1-1A	7834.782	1.033	0.925	20.9	2.5	290.2	15.3	120.1	74.5
GZ-1-2A	7248.914	1.027	0.662	312.1	15.3	221.2	3.5	118.5	74.3
GZ-1-3A	7854.689	1.028	0.77	265.7	9.5	356.7	6.2	119.4	78.6
GZ-1-4A	6236.729	1.03	0.84	324.1	20	233.9	0.6	142.3	70
GZ-1-1B	8543.173	1.025	0.626	277.8	10.2	9.4	8.5	138.3	76.6
GZ-1-2B	7343.886	1.023	0.564	302.9	13.1	33.7	3.2	137.3	76.5
GZ-1-1C	7461.245	1.015	0.428	302.2	14.2	32.5	0.9	125.9	75.8
GZ-1-2C	6973.295	1.014	0.112	268.3	17.7	359.1	2.3	96.3	72.1
GZ-1-3C	7715.192	1.012	0.903	285	13.2	17.7	11.6	147.7	72.3
GZ-1-4C	6898.764	1.015	0.336	305.2	11.6	213.8	6.6	94.9	76.6
GZ-2-1A	10718.41	1.02	0.716	270.3	13.9	0.4	0.4	92.2	76
GZ-2-2A	11290.28	1.023	0.486	273.1	12.8	183.1	0	93.1	77.2
GZ-2-3A	8349.368	1.023	0.553	275.1	9.7	5.4	2	106.9	80.1
GZ-2-1B	8519.623	1.021	0.825	75.9	9.6	166.7	4.7	282.5	79.2
GZ-2-2B	7510.522	1.024	0.907	114.6	9.8	204.9	2	306.5	80
GZ-2-3B	8733.335	1.02	-0.763	170.5	86.8	287.4	1.5	17.5	2.9
GZ-3-1A	8732.589	1.02	-0.758	186.2	84.9	338.1	4.5	68.3	2.4
GZ-3-2A	7661.009	1.024	-0.418	46	86.6	136.9	0.1	226.9	3.4
GZ-3-3A	7232.995	1.023	-0.634	41.6	78.5	218.3	11.5	308.4	0.6
GZ-3-1B	1742.609	1.018	0.159	337.9	4.7	246.6	16.3	83.4	73
GZ-3-2B	3106.34	1.012	0.061	357.8	8.8	264.4	21.6	108.6	66.5
GZ-3-3B	1553.904	1.021	0.769	168.1	1.4	258.2	5.5	64	84.3
GZ-4-1A	13300.08	1.01	0.16	147.8	18.9	239.2	4	340.8	70.7
GZ-4-2A	15421.76	1.008	0.507	152	14.2	243.1	4.3	349.7	75.2
GZ-4-3A	19312.99	1.011	-0.6	178.9	21.4	81.5	18.3	314.4	61.2
GZ-4-1B	10047.66	1.012	0.383	6.1	7.3	273.9	17.1	118.5	71.3
GZ-4-2B	18046.73	1.01	-0.162	176.3	11.5	267.5	5.9	24.3	77
GZ-4-3B	20008.28	1.014	-0.094	179	6.4	88.6	4.3	325.1	82.3
GZ-4-1C	12955.52	1.02	0.3	337.4	6.8	76.9	54.2	242.7	34.9
GZ-4-2C	10110.76	1.024	0.859	183.7	13.8	274.7	4.1	20.7	75.6
GZ-4-1D	16829.23	1.008	0.203	152.5	20.1	328.9	69.9	62.1	1.2
GZ-4-2D	15019.77	1.011	0.04	156.8	28.9	5.6	57.8	254.1	13
GZ-4-3D	12426.92	1.007	-0.184	147	32.7	13.2	47.2	253.9	24.4
GZ-4-1E	22374.7	1.016	0.656	324.4	1.6	54.8	11.9	226.7	78
GZ-4-2E	12037.53	1.017	0.817	14.5	11	283.7	4.2	173.2	78.2
GZ-4-3E	12855.68	1.011	0.668	43.1	5.8	311.7	13.4	155.8	75.4
GZ-4-1F	28628.32	1.007	-0.512	327.2	68.9	79.8	8.4	172.8	19.2
GZ-4-2F	27710.28	1.008	0.646	177.3	2.7	282.9	79.9	86.8	9.7
GZ-4-3F	26210.26	1.005	0.653	272.6	55.3	126.4	29.9	27	15.9
GZ-4-1G	22471.12	1.009	-0.039	343.4	30.7	167.1	59.2	74.4	1.6
GZ-4-2G	25522.58	1.013	-0.76	344.3	33.4	215.3	43.6	94.9	28
GZ-4-3G	25186.74	1.011	-0.262	355.3	38.8	142.3	46.2	251	17.1
GZ-5-1A	15085.16	1.031	0.498	270.1	1.2	179.8	15.7	4.4	74.2
GZ-5-2A	14602.87	1.035	0.597	261.8	5.1	170.5	14.1	11.1	75
GZ-5-1B	2052.97	1.036	0.57	297.6	20.3	203	12.4	83.6	65.9
GZ-5-2B	2437.062	1.036	0.644	252.8	21.4	158.2	11.7	41.4	65.4
GZ-5-3B	2489.971	1.031	0.552	259.3	19.6	165.9	9.5	51.3	68.1
GZ-5-1C	1396.068	1.041	0.986	163.7	16	73.3	1.4	338.3	73.9
GZ-5-2C	1073.658	1.042	0.886	158.4	8.6	249.9	9.7	27.3	77

GZ-5-3C	965.3552	1.039	0.921	133.6	1.3	224	14.4	38.4	75.5
GZ-6-1A	9228.681	1.033	0.716	256.2	2	347	19.9	160.6	70
GZ-6-1B	15198.77	1.018	0.407	285.1	15.2	17.3	7.8	133.5	72.8
GZ-6-2B	14883.82	1.017	0.311	105	2.2	195.1	2.7	335.4	86.5
GZ-6-3B	15290.53	1.016	0.408	110	3.5	200.1	0.8	302.9	86.4
GZ-7-1A	3816.365	1.039	0.73	106.6	2.3	196.9	6.6	357.6	83
GZ-7-2A	2803.496	1.034	0.78	291.4	1.3	201.3	6.2	33.6	83.7
GZ-7-3A	2546.477	1.037	0.851	316.5	0.3	226.5	3.6	51.4	86.4
GZ-7-1B	5509.093	1.023	0.668	318.2	10.7	224.9	16.8	79.2	69.9
GZ-7-2B	5725.697	1.025	0.618	309.8	3.2	218.9	15.4	51.4	74.3
GZ-7-3B	5067.781	1.026	0.74	328	4.6	237	12.8	77.3	76.4
GZ-8-1A	5881.122	1.037	0.814	334.7	2.2	244.6	2.6	104.4	86.6
GZ-8-1A	4997.33	1.039	0.416	327.3	2.3	57.4	2.7	196.9	86.5
GZ-8-1B	7580.465	1.01	0.834	267.1	8.1	176.4	5.3	53.4	80.3
GZ-8-2B	9506.047	1.015	0.746	327.9	7.2	237.4	3.5	121.6	82
GZ-8-3B	9091.021	1.014	0.802	346.4	8.4	254.6	11.8	110.8	75.4
GZ-8-4B	6849.774	1.018	0.752	279.5	22.1	13.7	10.4	127.4	65.3
GZ-8-1C	22100.26	1.009	0.399	48.7	24.3	248.9	64.4	142.3	7.8
GZ-8-2C	19200.13	1.014	-0.167	18.5	62	230.2	24.4	134.2	13
GZ-8-3C	17200.72	1.019	-0.294	26.2	66.5	227.8	22	134.6	7.8
GZ-9-1A	11495.3	1.027	0.824	151.7	28.2	244.9	5.9	345.5	61.1
GZ-9-2A	8671.438	1.043	0.209	184.3	17.6	92.7	5.1	346.9	71.7
GZ-9-3A	11186.39	1.038	0.583	109.3	14.4	202.5	12.2	331.2	70.9
GZ-9-1B	9629.746	1.016	0.544	290.2	4.1	199.1	14.7	35.6	74.8
GZ-9-2B	4935.833	1.031	0.389	161	19.3	259.5	22.9	34.8	59.3
GZ-9-1C	7212.557	1.012	0.168	325.7	27	64.6	16.9	183	57.4
GZ-9-2C	6555.834	1.012	-0.257	337.5	47.8	241.7	5.2	147.1	41.7
GZ-9-3C	9525.95	1.027	0.852	321.8	0	231.8	4.4	51.8	85.6
GZ-9-4C	8509.611	1.025	0.905	81.9	2.4	172	3.3	316.6	85.9
GZ-10-1A	11746.76	1.017	0.427	261.8	22.9	353.4	3.7	92.1	66.8
GZ-10-2A	9995.257	1.017	0.617	48.3	0.2	318.3	12	139.1	78
GZ-10-3A	12814.34	1.02	0.745	216	4.7	307.1	13.6	107.5	75.6
GZ-10-1B	8580.606	1.017	0.68	173.8	7.9	266.7	20.5	63.8	67.9
GZ-10-2B	6694.759	1.019	0.627	147.2	1	237.4	9.8	51.4	80.1
GZ-10-3B	8034.884	1.011	0.475	187	10.5	284.5	35.1	82.7	52.9
GZ-10-4B	5448.596	1.014	0.675	190.5	10.1	282.8	12.9	63.6	73.5
GZ-11-1A	18361.56	1.022	0.926	122.9	4.6	32.3	7.3	245	81.4
GZ-11-2A	15844.88	1.019	0.786	240.4	3.5	150.4	0.5	52.7	86.4
GZ-11-3A	14279.62	1.02	0.688	262.3	0.4	172.2	4	358.3	86
GZ-11-1B	11888.16	1.027	0.749	317.6	1.4	47.7	5.7	214	84.2
GZ-11-2B	13228	1.029	0.509	307.4	3.9	38.2	12.8	200.9	76.6
GZ-11-3B	13430.84	1.029	0.556	304.3	4.7	34.7	5.2	172.3	83
GZ-11-4B	8252.67	1.024	0.749	320.4	8.6	52.7	14.3	200.2	73.2
GZ-12-1A	10070.13	1.015	-0.014	254.4	24.4	136	46.3	1.9	33.6
GZ-12-2A	8628.937	1.012	0.556	260.1	13.7	155.7	45.6	2.4	41.2
GZ-12-3A	6981.429	1.013	0.619	231.6	50.1	93.4	31.9	349.4	21.3
GZ-12-1B	6547.236	1.009	0.877	246.8	45.8	113.3	33.7	5.3	24.9
GZ-12-2B	6125.914	1.01	-0.052	125.8	22.6	251.8	54.7	24.3	25.5
GZ-12-3B	5815.51	1.011	-0.561	143.5	18.3	241.2	22	17.3	60.8
GZ-13-1A	8281.054	1.012	-0.357	24.8	31.1	249.2	49.8	129.5	22.7
GZ-13-2A	7166.875	1.01	-0.559	14.2	29.3	212.5	59.4	108.7	8

GZ-13-3A	4832.542	1.011	-0.477	20.5	49.3	117.7	6.1	212.8	40
GZ-13-4A	4000.067	1.008	-0.007	29.9	53.7	153.4	22.1	255.5	27.2
GZ-13-1B	3766.934	1.012	0.69	300.8	3	32.4	28.4	205.3	61.4
GZ-13-2B	2921.742	1.008	-0.074	95	9.9	185.9	5.5	304.4	78.7
GZ-13-3B	2823.961	1.004	-0.406	151.1	24	252.2	23.5	21	55.3
GZ-13-1C	7318.486	1.014	0.783	92.1	33.2	218.1	42	339.7	30.2
GZ-13-2C	6591.332	1.012	-0.752	86.5	79.5	233.3	8.8	324.2	5.7
GZ-13-3C	8004.071	1.011	-0.571	254.1	84	100.6	5.4	10.3	2.7
GZ-13-4C	5082.588	1.008	0.096	102.3	35.7	266.4	53.2	6.8	7.6
GZ-13-1D	6459.22	1.01	-0.26	75.4	54.4	284.9	31.9	185.9	14.1
GZ-13-2D	6558.009	1.016	0.201	69.1	23.1	269.5	65.5	162.3	7.6
GZ-13-3D	5533.009	1.012	-0.66	86.5	5.6	177.1	5.8	312.7	81.9
GZ-13-4D	3393.103	1.012	0.358	78.7	1.5	348	26	171.7	64
GZ-13-1E	6210.927	1.015	0.458	286.1	20	133.2	67.7	19.5	9.3
GZ-13-2E	5706.766	1.008	-0.729	279.6	12.6	37.2	64.3	184.4	22
GZ-13-3E	6131.003	1.015	-0.101	95.7	5.4	223.3	81.1	5	7
GZ-13-1F	6521.025	1.013	-0.562	90.7	5.9	187.4	48.2	355.5	41.2
GZ-13-2F	7072.018	1.017	-0.465	90	14.9	350.8	30.8	202.3	55
GZ-13-3F	9646.781	1.011	-0.467	80.7	6.5	180.9	57.4	346.6	31.8
GZ-13-1F	6525.78	1.012	-0.36	93.1	2.4	186.7	56.6	1.5	33.3
GZ-13-2F	7072.375	1.017	-0.429	88.1	8	351.7	38.6	187.8	50.3
GZ-13-3F	9642.915	1.011	-0.431	256.2	1	164.7	57.9	346.9	32.1
GZ-14-1A	8064.072	1.007	0.185	38.3	13	130.4	9.2	254.7	74
GZ-14-2A	8527.49	1.006	0.115	163.5	13.2	68.7	19.7	285.2	65.9
GZ-14-3A	7122.337	1.007	-0.696	202.6	23.9	303.1	22.3	70.9	56.3
GZ-14-1B	2539.903	1.01	-0.339	94.1	73.1	296.6	15.7	204.8	6.1
GZ-14-2B	1353.993	1.011	-0.434	112.4	81.4	326.6	7.1	236	4.8
GZ-14-3B	1467.533	1.014	-0.689	110.3	75.8	308.1	13.6	217.1	4.2
GZ-14-1C	6278.304	1.005	-0.176	229.2	4.6	325.3	52.5	135.7	37.2
GZ-14-2C	6545.646	1.007	-0.081	52.6	0.7	322.3	22.1	144.3	67.9
GZ-14-1D	2401.945	1.009	-0.221	200	58.2	87.9	13.1	350.7	28.3
GZ-14-2D	2525.498	1.008	0.134	198.2	63.4	58.3	21	322.2	15.6
GZ-14-3D	1893.586	1.011	-0.211	197.5	60.5	54.6	24.3	317.3	15.7
GZ-14-1E	5978.789	1.009	-0.617	234.7	16.6	116.1	58.1	333.3	26.4
GZ-14-2E	4899.662	1.008	0.569	232.2	18.6	339.2	40.9	123.8	43.2
GZ-14-3E	7019.307	1.008	0.239	198.6	10.8	294.1	26.6	88.5	60.9
GZ-15-1A	13520.41	1.009	-0.169	76.6	14.1	169.8	12.6	300.1	70.9
GZ-15-2A	13553.47	1.008	-0.636	81.2	26.5	199.8	43.8	331.1	34.5
GZ-15-1B	25522.22	1.027	0.901	290.9	22.9	35.9	31.5	171.5	49.3
GZ-15-2B	28500.44	1.023	0.322	326.5	38.7	78	24.5	191.7	41.4
GZ-15-3B	19044.8	1.027	0.361	307.3	14.1	47.4	35	198.9	51.5
GZ-16-1A	25513.82	1.168	0.546	78.2	25.7	322.7	41.8	189.7	37.3
GZ-16-2A	29257.96	1.217	0.644	80.4	29.3	321.8	40.4	194.1	35.7
GZ-16-1B	33802.15	1.196	0.55	326.2	39.1	82.5	28.5	197.3	37.7
GZ-16-2B	25465.36	1.179	0.44	335.9	34.7	86.1	26.5	204.5	43.6
GZ-16-3B	27624.59	1.114	0.442	331.7	28.6	76.7	25.4	201.2	49.9
GZ-16-1C	14799.55	1.107	0.709	243.7	53.5	98.2	31.3	357.6	16.7
GZ-16-2C	15249.79	1.105	0.677	253.8	41.5	92.7	46.9	352.4	9.5
GZ-16-1D	2518.394	1.03	-0.356	285.2	58.1	108.2	31.8	17.4	1.4
GZ-16-2D	2374.592	1.016	-0.229	198.5	81.7	293.5	0.7	23.6	8.3
GZ-16-3D	2272.604	1.011	-0.541	207	70	83.5	11.4	350.1	16.3

GZ-16-4D	1520.23	1.01	0.336	183.5	53.6	293.5	14.2	32.8	32.8
GZ-17-1A	9087.673	1.009	0.061	112.1	78.1	10.6	2.4	280.1	11.6
GZ-17-2A	11262.04	1.007	0.146	61.2	17.8	203.3	67.9	327	12.7
GZ-17-1B	11938.23	1.009	0.594	241.8	10.5	150	10.1	16.9	75.4
GZ-17-2B	13910.86	1.01	0.068	18.8	14	116.4	27.9	265.2	58.2
GZ-17-3B	12720.88	1.009	0.482	125.5	0	35.5	11.4	215.5	78.6
GZ-17-4B	11773.63	1.006	0.258	266.2	1.9	175.4	24.5	0.4	65.4
GZ-18-1A	6571.812	1.017	-0.17	28.2	5.6	118.3	0.4	212.4	84.4
GZ-18-2A	9437.593	1.017	0.155	10.8	33.9	146.7	46.9	264	23.2
GZ-18-2A	9450.968	1.017	0.27	44.4	9.8	309.6	26.2	153.3	61.8
GZ-18-3A	7841.688	1.012	-0.011	44.8	27.4	313.6	2.3	219.2	62.5
GZ-18-4A	6926.564	1.014	-0.662	60.9	13.2	311.6	54.7	159.4	32.1
GZ-18-1A	5951.971	1.012	-0.337	79.6	82.6	219.1	5.7	309.6	4.8
GZ-18-2A	6224.333	1.011	0.02	269.3	89.3	96.3	0.7	6.3	0.1
GZ-18-3A	9161.249	1.008	0.29	83.9	52	309.8	28.6	206.5	22.9
GZ-18-4A	6151.322	1.007	-0.211	92.3	7.5	355.7	41.1	190.7	47.9
GZ-18-1B	6582.439	1.018	-0.139	103.2	8	193.2	0.2	285	82
GZ-18-2B	9442.343	1.018	0.042	123.5	13.5	29.6	15.9	252.1	68.9
GZ-18-3B	7838.035	1.013	0.007	111.5	27.5	203.8	4.4	302.1	62.1
GZ-18-4B	6918.57	1.015	-0.73	130.3	14.4	31	32.3	240.9	53.9
GZ-19-1A	10152.25	1.024	0.689	72.8	4.8	342.6	2.5	225.6	84.6
GZ-19-2A	10364.99	1.02	0.828	298	3.3	207.8	3.4	72.4	85.2
GZ-19-3A	11061.51	1.019	0.085	268.8	0.1	358.8	12.9	178.2	77.1
GZ-19-4A	9774.896	1.023	0.93	328.3	14.2	59.1	3.3	161.9	75.4
GZ-19-1B	5584.148	1.029	0.423	270.2	5.2	2.3	21.8	167.3	67.6
GZ-19-2B	4322.908	1.02	0.506	13.6	32.3	275.7	12.4	167.5	54.8
GZ-19-3B	6642.783	1.028	0.928	12.8	28.3	277.4	9.9	170.1	59.7
GZ-19-1C	16057.54	1.01	-0.01	91.2	31.6	197.2	24.2	317.5	48.3
GZ-19-1D	7392.208	1.026	0.593	302.4	7.7	33.6	8.8	171.6	78.3
GZ-19-2D	9105.607	1.021	0.597	310.4	7.9	41	4.1	158.3	81.1
GZ-20-1A	13159.84	1.012	-0.441	311.5	82.7	193.9	3.4	103.5	6.5
GZ-20-2A	12838.98	1.012	-0.182	222.7	66.5	43.6	23.5	313.4	0.3
GZ-20-3A	10766.32	1.012	-0.123	69.8	59.9	223.8	27.6	319.7	11.3
GZ-20-1B	4279.869	1.009	0.276	314.3	3.7	223.9	5.4	78.8	83.4
GZ-20-2B	5363.754	1.008	0.198	266.1	3.2	356.2	1.9	117	86.3
GZ-20-3B	5912.071	1.01	0.188	326	8.8	235.2	5	116	79.8
GZ-21-1A	9978.694	1.018	0.545	99.3	4.8	190.2	10.2	344.3	78.7
GZ-21-2A	9185.236	1.021	0.681	210.3	10.2	120.3	0.4	27.9	79.8
GZ-21-3A	7638.184	1.022	0.776	192.1	6.5	101.9	1.5	358.8	83.3
GZ-21-1B	9352.805	1.027	0.823	261	7.7	352	7.5	125.8	79.3
GZ-21-2B	9764.591	1.029	0.888	338.8	5.3	248.6	2.3	135.5	84.2
GZ-21-3B	9368.938	1.027	0.855	201.4	1.2	291.5	8.3	103.4	81.6
GZ-22-1A	4308.024	1.016	-0.73	177.5	67	331.9	21	65.4	9.1
GZ-22-2A	3510.36	1.018	-0.452	190	72.5	295.2	4.7	26.6	16.8
GZ-22-3A	3550.283	1.017	-0.278	215.8	74.2	121	1.4	30.6	15.7
GZ-22-1B	2494.354	1.017	-0.755	341.7	80.2	156.2	9.8	246.3	0.9
GZ-22-2B	3068.19	1.017	-0.626	142.4	79.9	285.1	8	15.9	6
GZ-22-3B	3386.391	1.017	-0.383	111.9	71.9	301.3	17.9	210.4	2.8
GZ-22-4B	3191.776	1.017	-0.6	103.3	81.4	286	8.6	195.9	0.4
GZ-22-1C	1712.125	1.012	0.244	158.6	65.9	283.4	14.3	18.5	19
GZ-22-2C	2581.891	1.012	0.024	336.7	70.6	74.5	2.7	165.4	19.2

GZ-22-3C	1818.69	1.008	-0.289	285.1	72.7	40.3	7.5	132.4	15.5
GZ-23-1A	12949.4	1.015	-0.567	170.2	60.1	286.7	14.4	23.8	25.6
GZ-23-2A	11723.86	1.02	-0.079	186.2	53.9	283.9	5.6	17.9	35.6
GZ-23-3A	13890.51	1.021	-0.183	179.9	44	278.9	9.1	18	44.5
GZ-23-1B	11860.05	1.009	0.331	332.1	37.3	139	52	237.2	6.4
GZ-23-2B	11666.53	1.008	0.559	306.7	53.8	163.4	30.4	62.6	17.7
GZ-23-3B	16484.17	1.007	-0.607	319.3	10.9	90.7	73.8	227	11.9
GZ-23-1C	38805.14	1.029	0.108	204.5	79.8	322	4.8	52.7	9
GZ-23-2C	44018.87	1.026	0.185	196.8	82.3	325	4.8	55.5	6.1
GZ-23-1D	23186.91	1.098	-0.259	45.6	78	225.1	12	315.1	0.1
GZ-23-2D	22559.11	1.102	-0.27	59	82.2	225.1	7.6	315.3	1.9
GZ-23-3D	19958.18	1.085	-0.164	70.1	80.7	226.1	8.5	316.7	3.7
GZ-23-4D	21380.36	1.102	-0.243	32.2	81.6	225.3	8.2	135.1	1.9
GZ-24-1A	13844.57	1.011	-0.249	194.9	59.5	46.1	26.8	309.1	13.6
GZ-24-2A	13456.26	1.011	-0.053	186	59.1	62.1	18.5	323.5	23.9
GZ-24-3A	13960.03	1.013	-0.448	197.1	52.6	50.4	32.5	309.7	16.3
GZ-24-1B	8909.572	1.009	0.113	69.1	36.9	213.7	47.4	324.7	18.2
GZ-24-2B	11211.32	1.011	0.11	74.1	45.1	212.8	36.9	320.4	21.9
GZ-24-3B	11570.47	1.009	-0.017	64.1	34.9	193.1	42.1	312.1	28.2
GZ-24-4B	11953.39	1.008	-0.124	50.9	38.5	202.9	47.9	309.2	14.3
GZ-24-1C	12841.7	1.009	-0.641	253.9	55.7	64	33.9	157.1	4.6
GZ-24-2C	15469.96	1.008	-0.438	262.7	46.2	57.6	41	159	12.8
GZ-24-3C	13631.4	1.011	-0.263	264.8	58.8	79.6	31.1	171	2.3
GZ-24-4C	11798.4	1.006	-0.372	281.1	70.6	190.7	0.1	100.7	19.4
GZ-25-1A	6429.363	1.016	-0.507	73.5	75.1	257.4	14.9	167.2	1
GZ-25-2A	7273.542	1.015	-0.122	198.6	75.1	85.2	6	353.7	13.5
GZ-25-3A	6510.202	1.023	0.056	103.6	78.2	254.7	10.3	345.7	5.6
GZ-25-4A	6370.941	1.022	-0.345	158.9	84.9	266.4	1.5	356.5	4.8
GZ-25-1B	9878.637	1.02	-0.013	178	79.8	61.7	4.6	330.9	9.1
GZ-25-2B	8409.133	1.02	-0.876	202	79.3	97.9	2.6	7.4	10.4
GZ-25-3B	8013.026	1.018	-0.744	154.5	80.3	259.9	2.6	350.3	9.4
GZ-25-4B	7822.782	1.022	-0.728	337.5	88.3	177.2	1.6	87.2	0.6
GZ-26-1A	27614.06	1.046	-0.346	88.1	58.8	234.8	26.8	332.4	14.7
GZ-26-2A	28979.34	1.046	-0.47	71.4	60.1	260.8	29.6	168.5	4
GZ-26-3A	29533.05	1.044	0.085	278.7	84.4	66.8	4.7	157	2.9
GZ-26-1B	23527.59	1.039	-0.161	91.6	78	233.5	9.5	324.7	7.3
GZ-26-2B	22448.02	1.051	0.087	243.1	68.8	58.4	21.2	149	1.6
GZ-26-3B	25830.25	1.03	0.035	87.2	64	252.1	25.2	344.9	5.9
GZ-27-1A	12237.1	1.016	0.121	254.7	23	348	7.9	95.8	65.5
GZ-27-2A	11028.06	1.016	0.472	259.6	25.8	169.4	0.4	78.6	64.2
GZ-27-3A	11223.62	1.011	0.339	223.2	30.2	326.6	21.7	86.4	51.4
GZ-27-4A	11535.14	1.012	0.411	231	12.3	321.3	1.7	58.9	77.6
GZ-27-1B	12745.54	1.025	0.511	280.8	25	21.5	21.8	147.5	55.7
GZ-27-2B	12991.28	1.02	0.46	234	10	327.7	19.8	118.6	67.6
GZ-27-3B	12496.81	1.027	0.5	275.6	28.5	14.3	15.5	129.5	56.9
GZ-28-1A	6349.573	1.016	0.69	123.5	13	31.4	9.2	267.1	74
GZ-28-2A	5407.051	1.023	0.357	124.7	14.2	34.3	1.3	299.1	75.7
GZ-28-3A	6800.137	1.026	0.552	102.3	11.6	193.8	7.5	316	76.1
GZ-29-1A	38567.42	1.029	-0.005	22.8	47.7	170.1	37.4	273.4	16.8
GZ-29-2A	42250.5	1.023	0.183	350.7	56.2	247.7	8.5	152.2	32.4
GZ-29-3A	42032.62	1.031	-0.119	12.9	41	222.9	44.9	116.8	15.5

GZ-29-1B	43297.55	1.061	0.375	219.3	20.3	80.6	63.8	315.4	15.9
GZ-29-2B	43773.36	1.064	0.343	211.6	29.8	66.7	55.1	311.4	16.6
GZ-29-3B	42491.22	1.057	0.476	222.3	30.7	77.2	54.1	322.6	16.7
GZ-29-4B	36636.22	1.057	0.403	212.1	26.5	72.7	56.7	311.8	18.7
GZ-29-1C	8107.691	1.019	0.929	204	4	295.9	24.3	105.2	65.3
GZ-29-2C	7593.705	1.017	0.444	262.3	16.9	356.9	14.9	126.1	67.1
GZ-29-3C	8166.123	1.02	0.589	276.5	20.7	186.3	0.3	95.4	69.3
GZ-29-4C	8151.962	1.022	0.563	286.8	18.3	196.1	2.2	99.4	71.5
GZ-30-1A	42905.05	1.042	0.406	187.2	53	4.8	37	95.7	1.2
GZ-30-2A	35840.38	1.024	-0.039	187	47.8	351.1	41.1	88.1	8
GZ-30-3A	46095.3	1.029	0.08	159.4	44.2	354.8	44.8	257	7.8
GZ-30-4A	22499.83	1.044	-0.165	173.2	26.8	26.8	58.7	270.9	14.9
GZ-30-1B	29618.37	1.038	-0.17	146.4	69.2	298.5	18.5	31.5	9.1
GZ-30-2B	27809.43	1.028	0.212	0.3	36.7	182.1	53.3	91	0.9
GZ-30-3B	28747.95	1.057	-0.448	261.4	71.5	168.9	0.8	78.6	18.5
GZ-30-4B	23799.87	1.03	-0.061	166.2	67	2.6	22.2	270.2	5.9
GZ-31-1A	7116.336	1.04	0.619	319	15.9	226.6	8.3	109.8	72
GZ-31-2A	6175.587	1.025	0.942	59.3	1.1	328.9	15.9	153.1	74
GZ-31-3A	5511.121	1.025	0.672	238.3	5.7	329.8	14.5	127.4	74.4
GZ-31-4A	3684.824	1.03	-0.023	322.6	31.7	221.9	16.8	108.2	53.1
GZ-31-1B	4378.195	1.021	0.336	337.4	22.5	247	1	154.5	67.5
GZ-31-2B	4921.369	1.025	0.55	341.6	18.4	72	1.1	165.2	71.5
GZ-31-3B	5377.506	1.032	0.592	351	8.6	81.9	6.1	206.9	79.4
GZ-31-1C	4630.784	1.03	0.767	288.1	9.2	18.6	3.2	127.8	80.2
GZ-31-2C	5177.297	1.044	0.534	304.3	14.9	35.1	3.2	136.7	74.7
GZ-31-3C	5027.048	1.034	0.674	300.6	10.4	210.5	0.8	115.9	79.6
GZ-32-1A	10658.92	1.02	-0.218	104.2	2.6	195.5	25.5	8.8	64.3
GZ-32-2A	10663.5	1.017	0.502	43.6	12.8	133.7	0.8	227.4	77.1
GZ-32-3A	11485.29	1.013	0.42	57.8	10.8	149	6.7	270.6	77.3
GZ-32-1B	16932.19	1.015	-0.139	201.2	66.6	5	22.6	97.4	5.9
GZ-32-2B	19508.9	1.016	-0.095	196.5	73.8	1.6	15.7	92.7	4
GZ-32-3B	18361.27	1.013	-0.02	159	77.7	343.9	12.3	253.7	1
GZ-32-4B	14745.85	1.012	0.404	162	47.5	322	40.7	60.8	10.1
GZ-32-1C	12385.62	1.015	-0.272	241.4	71	134.3	5.8	42.4	18
GZ-32-2C	16577.55	1.023	-0.427	287.6	61.6	169.8	14.2	73.3	24.1
GZ-32-3C	13650.31	1.02	-0.488	278.3	56.6	180.2	5.3	86.7	32.9
GZ-32-4C	14481.77	1.023	-0.72	294.5	51.1	128.6	38	33.1	6.9
GZ-33-1A	24738.74	1.028	0.351	142.3	26	271.9	52.5	39.2	24.9
GZ-33-2A	26003.94	1.017	0.157	95.8	32.3	199.2	20	315.4	50.6
GZ-33-3A	24170.64	1.017	0.047	155.7	33.1	339.8	56.9	246.9	1.9
GZ-33-4A	18117.9	1.019	0.279	127	28.8	252	46.3	18.7	29.8
GZ-33-1B	23986.75	1.01	0.42	341.9	48.3	244.8	6.3	149.3	41
GZ-33-3B	27370.87	1.008	0.843	105.7	1.4	197.4	50.9	14.5	39
GZ-34-1A	18977.83	1.015	-0.084	17.1	77.6	207	12.2	116.6	2.1
GZ-34-2A	16938.85	1.016	-0.216	276.9	80.3	40	5.3	130.7	8.1
GZ-34-3A	19777.36	1.016	-0.028	267.9	82.9	16.6	2.3	106.8	6.7
GZ-34-4A	19121.21	1.02	-0.092	331.4	74.1	195.6	11.5	103.4	10.8
GZ-34-1B	20506.58	1.026	-0.791	156.6	69.9	331.1	20.1	61.8	1.8
GZ-34-2B	20835.1	1.027	-0.803	160.8	72.4	16.2	14.5	283.6	9.7
GZ-34-3B	21938.55	1.031	-0.372	149.8	70.4	358.5	17.3	265.7	8.9
GZ-34-4B	20704.96	1.027	-0.542	167.8	73.6	328	15.5	59.4	5.3

GZ-35-1A	16472.2	1.02	-0.315	226.7	0.1	316.9	65.4	136.6	24.6
GZ-35-2A	18328.9	1.014	0.207	225.9	8.7	330.6	58.8	130.9	29.7
GZ-35-1B	13072.53	1.015	0.248	246.9	55.2	32.4	29.8	132	16.3
GZ-35-2B	17842.25	1.013	0.013	239.9	48.3	24.4	36	128.2	18.2
GZ-35-3B	18222.63	1.008	0.848	19.7	46.8	213.8	42.3	117.3	7.1
GZ-35-1C	6631.75	1.012	-0.695	256.6	37.5	28.8	41.2	144.3	26.3
GZ-35-2C	10966.21	1.01	0.254	248.9	11.5	49.3	77.8	158.1	4
GZ-35-3C	13209.87	1.006	-0.254	265.8	35.5	10.2	19.3	123.1	48.1
GZ-35-1D	8854.384	1.014	0.814	53.7	23.8	290.6	51.1	157.7	28.8
GZ-35-2D	12199.84	1.013	0.622	265.9	36.9	63.2	50.9	167.3	11.2
GZ-35-3D	13062.72	1.016	0.477	255	6.3	5.9	72.7	163.2	16
GZ-36-1A	18421.78	1.014	-0.448	231.4	22.7	103.7	55.6	332.4	24.3
GZ-36-2A	12787.74	1.015	-0.175	53.4	7.3	155.9	59.2	319.2	29.8
GZ-36-1B	17332.9	1.018	0.669	194.4	77.1	39.1	11.8	308	5.3
GZ-36-2B	16761.97	1.014	0.611	220.1	36	60.1	52.3	317.3	9.8
GZ-36-3B	16488.46	1.019	0.81	216.9	24.4	47.4	65.2	308.7	4
GZ-36-4B	13527.02	1.018	0.859	214.6	50.2	45.3	39.3	310.9	5.2
GZ-37-1A	34284.77	1.015	0.384	315.4	69.6	63.2	6.5	155.5	19.2
GZ-37-2A	35696.62	1.013	0.642	59.6	20.4	289.5	60	157.9	21
GZ-37-3A	42006.95	1.016	0.516	43.8	42	265.5	39.7	155.5	22.3
GZ-37-4A	32982.73	1.01	-0.253	248.8	2.1	344.2	69.2	158	20.7
GZ-37-1B	15514.74	1.016	-0.033	357.3	57.3	231.9	20.4	132.2	24.4
GZ-37-2B	12790.58	1.012	0.465	0.3	37.6	246.6	27.6	130.5	40
GZ-37-3B	15003.7	1.011	-0.064	325.1	62.8	225.4	4.9	132.9	26.6
GZ-38-1A	21058.91	1.158	0.433	249.7	63.8	150.9	4.3	58.8	25.8
GZ-38-2A	27880.49	1.164	0.675	288.1	50.3	161.8	26.2	56.9	27.5
GZ-38-3A	27397.15	1.173	0.609	251.8	63.8	147.6	6.9	54.4	25.1
GZ-38-4A	27186.87	1.177	0.57	272.1	57.3	155.2	16.2	56.5	27.5
GZ-38-1B	26470.15	1.089	-0.384	292.9	7.6	31.4	47.8	196.2	41.2
GZ-38-2B	29336.88	1.098	-0.117	302.3	13.5	41.3	33.1	193.3	53.5
GZ-38-3B	31027.12	1.085	-0.439	289.9	10.9	34.8	53.1	192.3	34.7
GZ-38-4B	26564.66	1.081	-0.517	290.8	7.3	46.9	73.7	199	14.4
GZ-38-1C	22194.39	1.028	0.502	24.7	61.9	148.4	16.5	245.3	22.1
GZ-38-2C	24220.92	1.027	0.407	19.7	64.6	149.3	16.8	245.1	18.5
GZ-38-3C	21342.1	1.031	0.571	20.8	51.7	152.2	27.5	255.8	24.4
GZ-38-1D	27411.47	1.017	-0.167	231.1	44.6	10.2	37.5	118	21.7
GZ-38-2D	28409.75	1.013	-0.189	250.7	52.5	39.8	33.3	140.1	15.1
GZ-38-3D	24539.04	1.019	-0.329	250.3	59.3	66.9	30.6	157.8	1.5
GZ-38-1E	29897.09	1.024	-0.315	252.7	55.1	28.9	26.7	129.8	20.7
GZ-38-2E	31716.29	1.018	-0.669	245.4	40.2	38.3	46.5	143.4	13.9
GZ-38-3E	30670.37	1.013	0.152	227.4	37.7	43.6	52.2	136	1.8
GZ-39-1A	30333.26	1.021	-0.131	315.1	70	63.4	6.5	155.6	18.9
GZ-39-2A	31245.65	1.02	-0.131	323.2	65.6	61.2	3.6	152.8	24.1
GZ-39-3A	34809.16	1.015	-0.112	301.8	63.6	51.5	9.5	145.8	24.4
GZ-39-4A	32036.54	1.016	-0.228	307.4	78.5	49.5	2.4	140	11.2
GZ-39-1B	21605.88	1.014	-0.194	269	43.4	68.2	44.7	168.8	10.5
GZ-39-2B	20596.68	1.016	-0.22	279.3	59.5	66.2	26.3	163.5	14.4
GZ-39-3B	18684.52	1.02	-0.28	275.2	59.8	78.1	29.1	172.3	7.4
GZ-39-4B	18319.52	1.013	-0.277	255.6	43.3	29.8	36.5	139.8	24.8
GZ-39-1C	34999.4	1.018	-0.224	286.9	52.1	18.1	0.9	108.7	37.9
GZ-39-2C	32804.01	1.022	-0.165	293.6	42.1	201.6	2.2	109.2	47.8

GZ-40-1A	46039.51	1.033	-0.499	26.1	6.4	293.9	18.5	134.5	70.3
GZ-40-2A	43294.9	1.024	-0.711	42.6	6.5	300	62.6	135.9	26.5
GZ-40-3A	37161.12	1.026	-0.595	33.6	6	273.2	78.3	124.7	10
GZ-40-4A	41435.94	1.029	-0.738	40.5	6.8	131	4.7	255.4	81.7
GZ-40-1B	22594.25	1.032	0.504	339.6	58.1	237	7.8	142.3	30.7
GZ-40-2B	22366.58	1.029	0.233	325.9	73.7	233.1	0.8	142.8	16.3
GZ-40-3B	20711.49	1.03	0.182	316.9	72.9	223.2	1.1	132.9	17.1
GZ-41-1A	12293.25	1.008	0	63.3	10.5	328.8	22.7	176.4	64.8
GZ-41-2A	18588.25	1.006	-0.162	193.4	42.4	92.8	11.4	351	45.4
GZ-41-3A	20018.9	1.008	0.711	251.8	8.6	156.7	30.4	356	58.1
GZ-41-1B	31173.65	1.021	0.227	233.1	24.8	128.7	28.2	357.7	50.8
GZ-41-2B	28776.13	1.015	-0.521	246.2	17.6	152.1	12.7	28.1	68.1
GZ-41-3B	32354.05	1.016	-0.189	241.8	16.7	149.2	8.5	33.2	71.1
GZ-41-1C	23239.74	1.023	0.782	249.5	8.3	152.3	40.8	348.8	48
GZ-41-2C	18943.25	1.016	0.204	246.3	10.2	145.4	46.5	345.5	41.7
GZ-41-3C	31531.97	1.02	-0.461	337.7	27.6	241	12.6	129.1	59.2
GZ-42-1A	6312.251	1.023	-0.058	40.8	11.3	302.6	35.6	145.7	52.1
GZ-42-2A	6325.331	1.024	0.228	21.1	10	113	11	249.9	75.1
GZ-42-3A	7678.746	1.016	0.855	22.6	11.6	114.5	9	241.4	75.2
GZ-42-1B	6839.313	1.007	-0.504	286.4	23	19.9	8.2	128.2	65.4
GZ-42-2B	6772.025	1.009	0.886	9.4	22.1	228.2	62.5	105.8	15.6
GZ-42-3B	5255.935	1.008	0.568	277.2	27.8	25.1	30.4	153.4	46.6
GZ-43-1A	13841.75	1.013	-0.089	358	70.4	238.4	10	145.4	16.7
GZ-43-2A	18394.35	1.019	0.841	49.1	33.2	255.6	53.8	147.6	12.7
GZ-43-3A	18689.36	1.022	0.48	8.5	68.4	232.6	15.9	138.4	14.3
GZ-43-1B	4635.883	1.025	-0.081	346.9	79.4	219.2	6.5	128.2	8.3
GZ-43-2B	6325.034	1.025	-0.109	338.8	81	210.4	5.6	119.7	7
GZ-43-3B	6669.993	1.026	-0.152	335.6	80.1	219.3	4.4	128.6	8.8
GZ-43-4B	15644.48	1.022	-0.124	33.9	65.2	264.7	16.3	169.2	18.2
GZ-44-1A	90.25124	1.008	-0.531	289.6	12.8	137.9	75.6	21.1	6.6
GZ-44-2A	100.4781	1.006	0.156	17.5	16.5	284.9	8.9	167.6	71.2
GZ-44-3A	95.72252	1.004	0.686	51.7	12.8	150.9	35.2	304.9	51.9
GZ-44-1B	83.53252	1.004	0.32	165.2	37.8	47	31.3	290.2	36.5
GZ-44-2B	84.08466	1.002	-0.82	105.8	8.8	198.1	14.1	344.7	73.3
GZ-44-3B	86.24278	1.008	0.169	90.1	40.3	323	35.4	209	29.7
GZ-44-4B	72.49532	1.007	-0.094	99.9	24.5	247.2	61.6	3.6	13.5
GZ-45-1A	1661.8	1.011	-0.622	130.1	84.8	253.8	2.9	344	4.3
GZ-45-2A	1668.14	1.011	-0.217	65.3	74.7	238.2	15.2	328.7	1.8
GZ-45-3A	1367.67	1.012	0.042	78.8	75	226.9	12.8	318.6	7.6
GZ-45-4A	1524.895	1.013	0.158	153.7	82.5	53.9	1.3	323.7	7.4
GZ-45-1B	983.9095	1.014	0.022	53	74.6	204	13.6	295.8	7.2
GZ-45-2B	1318.116	1.025	-0.348	82.6	80.8	211.2	5.8	301.9	7.1
GZ-45-3B	1255.446	1.02	-0.26	102.2	80.7	226.1	5.2	316.8	7.7
GZ-45-1C	5162.565	1.022	0.177	183.9	29.6	331.7	56.1	85.2	14.9
GZ-45-2C	5550.142	1.022	0.234	209.1	36.9	45.2	52	305	7.9
GZ-45-3C	5895.928	1.023	0.47	6.1	27.5	154.4	58.6	268.6	14
GZ-45-4C	5894.944	1.024	0.517	359.5	24.6	144.7	60.9	262.7	14.6
GZ-45-1D	4829.971	1.016	0.051	120.3	23.6	266	62.1	24	14
GZ-45-2D	4699.153	1.019	0.239	255.5	20.4	36.5	64.4	159.9	14.8
GZ-45-3D	4619.107	1.02	0.252	298	18.8	92.5	69.3	205.2	8.3
GZ-45-4D	3565.93	1.023	0.322	359.9	16.2	222.8	68.4	94	14

GZ-46-1A	36261.5	1.02	-0.037	187.3	75.6	299.3	5.5	30.6	13.2
GZ-46-2A	42823.36	1.028	-0.449	180.2	69.7	325.3	16.9	58.7	11
GZ-46-3A	45999.1	1.031	-0.272	200	75.3	295.2	1.4	25.6	14.7
GZ-46-4A	47481.31	1.025	-0.323	191	79.6	82.3	3.4	351.7	9.8
GZ-46-1B	33103.59	1.026	-0.137	281.6	77.3	61.2	9.7	152.6	8
GZ-46-2B	39669.89	1.035	-0.121	272.6	82.3	71	7.2	161.3	2.8
GZ-46-3B	42645.28	1.034	-0.708	276.6	77.7	82.1	11.9	172.7	3
GZ-46-4B	37460.94	1.033	-0.489	291.3	81.3	53.4	4.7	144	7.4
GZ-47-1A	35923.71	1.037	0.431	294.3	13.9	186.9	50.3	34.8	36.3
GZ-47-2A	49926.99	1.038	0.34	287	24.4	154.8	56	27.7	22.2
GZ-47-3A	43149.41	1.038	0.192	291.1	18.6	167	59.1	29.6	23.8
GZ-47-1B	44401.07	1.033	0.285	283.8	24.7	165.7	45.6	32	34.1
GZ-47-2B	43423.78	1.03	-0.399	273.6	33.1	146.9	42.5	25.4	29.7
GZ-47-3B	44860.6	1.03	-0.169	278.4	30.1	148.5	47.9	25.1	26.5
GZ-47-4B	38269.81	1.034	-0.022	271	31.5	146	43.1	22.3	30.7
GZ-48-1A	28345.25	1.05	0.069	185.9	4.4	94.5	16.9	289.9	72.5
GZ-48-2A	23680.13	1.066	0.085	27.2	6.5	118.2	8.7	260.9	79.1
GZ-48-3A	22849.63	1.046	0.311	114.6	0.7	204.6	2.6	8.9	87.3
GZ-48-4A	23587.62	1.042	0.274	60.1	8.4	153.6	22.5	310.9	65.8
GZ-48-1B	11360.43	1.025	0.516	19.7	6.6	111.2	12.5	262.4	75.8
GZ-48-2B	6304.079	1.023	0.22	192.9	3.7	102.2	10.5	302.2	78.9
GZ-48-3B	4067.251	1.028	0.257	180.5	3.2	89.8	12.1	285	77.5
GZ-48-1C	39578.05	1.035	0.094	332.4	14.3	148	75.6	242.1	1
GZ-48-2C	33759.46	1.038	-0.005	324.6	3.6	113.4	85.8	234.5	2.2
GZ-48-3C	39940.71	1.035	0.28	332	5	132.5	84.7	241.9	1.8
GZ-48-4C	38011.12	1.035	0.224	328.3	3.5	107.5	85.3	238.1	3
GZ-49-1A	11137.04	1.023	-0.23	120.4	85.2	26.8	0.3	296.8	4.8
GZ-49-2A	11738.09	1.014	0.216	98.7	78.3	192.5	0.8	282.7	11.7
GZ-49-3A	10939.37	1.008	0.224	211.5	5.3	359.2	83.7	121.2	3.4
GZ-49-1B	12124.71	1.013	0.008	183.3	13.2	80.4	43.5	286.2	43.5
GZ-49-2B	12184.01	1.025	0.101	233.2	21.4	141.5	4.6	40	68.1
GZ-49-3B	11692.5	1.024	0.664	29.8	21.6	130	24.1	262.8	56.6
GZ-50-1A	8992.116	1.036	0.389	143.2	2.6	52.1	24.4	239	65.5
GZ-50-2A	11741.32	1.037	0.528	127.7	7	34.5	24.7	232.5	64.1
GZ-50-3A	12582.8	1.039	0.651	344.7	13	80.9	25.2	229.9	61.2
GZ-50-4A	12230.25	1.036	0.611	346.5	15.9	82.4	19.6	220.3	64.3
GZ-50-1B	14578.51	1.023	0.546	339.9	7.9	71.4	10.8	214.3	76.6
GZ-50-2B	14468.93	1.033	-0.106	344.8	22.5	81.8	16.3	204.7	61.7
GZ-50-3B	15983.04	1.031	0.407	5.8	28.2	102.9	13.1	215.1	58.4
GZ-50-4B	11263.73	1.027	0.068	345	7.4	75.9	6.8	207.9	79.9
GZ-51-1A	7404.245	1.013	-0.224	204.8	2.2	113.2	35.7	297.8	54.2
GZ-51-2A	9850.422	1.018	0.105	205	1.1	114.6	19.8	297.9	70.2
GZ-51-3A	6644.741	1.011	0.097	24.9	1.5	116.4	45.2	293.4	44.7
GZ-51-4A	8676.92	1.021	0.398	29.3	8.9	126.8	40	289	48.6
GZ-51-1B	15626.66	1.023	0.561	177.9	18.7	77.1	29	296.2	54.4
GZ-51-2B	14949.17	1.014	0.492	43.1	11.4	146.6	49.3	303.8	38.5
GZ-51-3B	11515.15	1.014	-0.07	37.2	11.7	144	54.4	299.4	33.1
GZ-52-1A	44693.14	1.019	0.091	10	12.2	108.4	33.9	263.1	53.4
GZ-52-2A	49569.78	1.017	-0.048	8.1	6.9	105.1	45.2	271.4	44
GZ-52-3A	47312.17	1.017	0.218	345.8	6.1	78	19.8	239.5	69.2
GZ-52-4A	44330.77	1.02	0.309	10.9	12.8	109	31.6	261.7	55.3

GZ-52-1B	43777.56	1.014	0.089	25.6	29.7	156	48.6	279.5	25.9
GZ-52-2B	44695.4	1.012	0.13	10.5	30.6	162.8	56.3	272.7	12.8
GZ-52-3B	46338.88	1.013	0.417	4.5	41.8	197	47.5	100.1	6.3
GZ-53-1A	43158.04	1.026	0.318	70.7	61.5	333.9	3.7	242	28.2
GZ-53-2A	44745.92	1.034	0.613	159.5	21.4	46.5	44.9	266.9	37.4
GZ-53-3A	54918.95	1.025	-0.184	357.2	22.9	109.6	42.1	247.1	39.2
GZ-53-1B	98325.09	1.039	0.525	4.3	62	157.7	25.4	252.9	10.9
GZ-53-2B	92843.14	1.04	0.803	150.6	39.4	347.8	49.3	247.7	8.6
GZ-53-3B	96565.97	1.033	0.266	134.3	63.6	348.3	22.4	252.7	13.3
GZ-53-4B	87127.59	1.018	0.719	165	9.3	36.7	75.2	256.9	11.4
GZ-54-1A	28617.61	1.014	0.042	43.2	33.6	186.1	50.3	300.2	18.7
GZ-54-2A	25162.9	1.018	0.765	98.6	73.8	211	6.3	302.7	14.9
GZ-54-3A	19936.47	1.022	-0.071	180.3	78.1	29.3	10.5	298.3	5.7
GZ-54-4A	25983.95	1.019	-0.211	51.2	61.7	208	26.3	302.8	9.6
GZ-54-1B	17637.52	1.015	-0.924	17.5	43.5	176.4	44.5	277.2	10.7
GZ-54-2B	18051.25	1.017	0.251	53.5	41.8	160.8	18.3	268.5	42.5
GZ-54-3B	16519.76	1.023	0.683	97	39.9	189.2	2.7	282.4	49.9
GZ-55-1A	11256.84	1.046	-0.334	265.5	78.1	18.2	4.7	109.1	10.9
GZ-55-2A	13640.68	1.045	-0.117	306.4	83.2	194.1	2.6	103.8	6.2
GZ-55-3A	16910.3	1.054	-0.419	253.2	84.8	36	4.1	126.2	3.1
GZ-55-4A	13615.74	1.046	-0.334	170.2	82.5	34.2	5.4	303.7	5.2
GZ-55-1B	15844.46	1.042	0.246	312.9	80.4	70.4	4.4	161	8.5
GZ-55-2B	17285.95	1.052	-0.159	314.2	81.7	70.8	3.7	161.3	7.4
GZ-55-2B	16081.71	1.041	-0.245	285.9	81.2	49.3	4.9	139.9	7.3
GZ-55-3B	17273.04	1.052	-0.143	310.3	82.5	69.6	3.7	160	6.5
GZ-55-4B	14315.61	1.045	-0.017	346.6	82.5	246	1.4	155.8	7.3
GZ-55-1C	23262.62	1.038	0.336	23.1	70	230.5	17.9	137.7	8.6
GZ-55-2C	21800.8	1.042	0.336	310.5	79.8	47.8	1.3	138	10.1
GZ-55-3C	22500.3	1.044	0.699	289.4	78.8	46.7	5.2	137.6	9.9
GZ-55-4C	17298.7	1.036	0.586	47.9	86.3	232.3	3.7	142.3	0.3
GZ-56-1A	21429.01	1.019	-0.273	215.8	0.6	125.1	52.5	306.3	37.5
GZ-56-2A	26303.03	1.019	0.096	189.8	9.9	90.7	42.1	290.3	46.2
GZ-56-3A	22552.83	1.016	0.191	32	8	130.4	45.9	294.5	43
GZ-56-4A	14044.38	1.022	-0.219	198.4	3.2	104.5	50.9	291	38.9
GZ-56-1B	17633.99	1.028	-0.328	4.4	5.2	193.6	84.7	94.5	0.8
GZ-56-2B	19393.08	1.023	0.113	177	4.2	277.9	68.9	85.5	20.6
GZ-57-1A	18270.92	1.026	-0.061	231.2	19.6	4.5	62.5	134.4	18.4
GZ-57-2A	19135.76	1.03	0.111	224.5	12.7	339.7	62	128.6	24.4
GZ-57-3A	19437.06	1.024	-0.03	225.7	14.2	332.8	49.3	124.6	37.2
GZ-57-4A	21151.29	1.021	-0.232	215.6	29.2	4.3	56.8	117.4	14.4
GZ-57-1B	36181.63	1.017	0.422	223.7	16.9	12.1	70.3	130.7	9.7
GZ-57-2B	30528.77	1.023	-0.156	221.5	11.8	119.6	44.6	322.7	43
GZ-57-3B	33535.16	1.019	-0.649	222.2	22.5	323.8	25.9	96.6	54.5
GZ-57-4B	37830.32	1.023	-0.158	217.1	22.6	326	37.8	103.7	43.6
GZ-58-1A	16405.63	1.009	0.364	357.7	27.1	159.1	61.7	263.7	7.7
GZ-58-2A	17639.18	1.014	0.141	181.1	14.8	66.5	57.6	279.2	28.2
GZ-58-3A	18458.92	1.012	-0.252	171.8	15.9	330.2	73	80.1	5.9
GZ-58-4A	13384.23	1.01	-0.217	159.5	37.1	30.4	39.8	273.6	28.4
GZ-58-1B	18251.88	1.01	0.235	169.1	24.8	51.6	45	277.8	34.7
GZ-58-2B	20404.1	1.007	-0.043	163	49.6	17.2	35.2	274.5	17.3
GZ-58-3B	18848.51	1.012	0.389	191.3	2.3	96.1	66.1	282.3	23.8

GZ-58-4B	22577.23	1.008	0.788	12.6	25.7	139.5	51.3	268.6	26.8
GZ-59-1A	25122.24	1.008	-0.03	260.3	85.4	95.8	4.4	5.7	1.2
GZ-59-2A	20588.1	1.017	-0.038	179.2	80.1	15.1	9.6	284.7	2.7
GZ-59-3A	23094.31	1.019	0.578	149.9	62.8	359.7	24	264.2	12
GZ-59-4A	22728.36	1.015	0.458	12	88.3	171.3	1.6	261.3	0.6
GZ-59-1B	19563.47	1.013	-0.51	114.6	66	205.8	0.5	296	24
GZ-59-2B	20220.13	1.012	-0.397	62.3	68.3	210.2	18.6	303.8	10.7
GZ-59-3B	25234.28	1.016	-0.41	55.5	69.6	204.1	17.6	297.3	10
GZ-59-4B	22390.09	1.012	0.4	50.3	59.6	185	22.4	283.4	19.4
GZ-60-1A	15474.29	1.022	0.115	179.4	17.6	270.5	3.6	11.7	72
GZ-60-2A	12885.24	1.024	0.089	179.3	15.7	87.8	5.2	340.1	73.4
GZ-60-3A	13583.23	1.02	0.391	152.8	14.9	245.7	10.8	10.4	71.4
GZ-60-4A	12768.83	1.02	0.264	164.7	21.2	255.8	2.8	352.9	68.6
GZ-60-1B	1235.591	1.015	0.049	201.8	18.9	106.9	13.9	342.7	66.2
GZ-60-2B	1406.337	1.024	0.188	83.4	2.1	174	14.4	345.5	75.5
GZ-60-3B	1384.589	1.013	-0.115	185.6	16.2	92.7	9.8	332.8	70.9
GZ-60-4B	1148.88	1.013	-0.219	204.6	8.1	297	16.9	90.1	71.2
GZ-61-1A	15279.71	1.016	-0.119	28.6	1.1	120	51.1	297.7	38.9
GZ-61-2A	15839.78	1.02	0.051	234.1	3.9	143.5	8.5	348.4	80.6
GZ-61-3A	19283.29	1.012	0.302	187.7	25.3	278.8	2.4	13.7	64.5
GZ-61-1B	12860.08	1.015	-0.002	26.5	0.2	296.5	10.3	117.5	79.7
GZ-61-2B	15398.15	1.016	-0.006	15.4	1.5	285.3	3.6	127.2	86.1
GZ-61-3B	17896.13	1.014	0.346	28.5	12.5	118.7	1	213.4	77.4
GZ-61-4B	18600.08	1.005	-0.221	98.2	25	197.6	19.4	321.1	57.5
GZ-62-1A	17613.44	1.013	0.732	245.9	19.8	341.3	14.7	105.5	64.9
GZ-62-2A	19984.82	1.011	-0.89	255	30.6	30.2	50.2	150.5	22.9
GZ-62-3A	18776.91	1.017	-0.516	261	33.9	75.1	55.9	169.2	2.8
GZ-62-1B	15092.93	1.025	0.449	295.1	39.9	124.4	49.7	29	4.6
GZ-62-2B	14549.17	1.02	-0.11	296.3	35.8	115.8	54.2	206.1	0.3
GZ-62-3B	16712.07	1.023	-0.076	301	49.7	139.2	38.9	41.8	9.1
GZ-62-4B	13672.15	1.017	-0.039	289.5	16.7	73.2	69.6	196.1	11.4
GZ-63-1A	21879.68	1.015	0.277	28.2	23.3	125.3	15.9	246.6	61.2
GZ-63-2A	25259.23	1.012	0.207	23.2	3.7	290.7	33.4	118.7	56.3
GZ-63-3A	23281.97	1.016	-0.664	355.4	16.6	252.9	36	105.6	49.2
GZ-63-4A	26747.87	1.017	-0.078	18.4	26.6	124.1	28.4	252.9	49.2
GZ-63-1B	27470.73	1.014	-0.736	353.8	2.2	263.8	0.6	157.8	87.8
GZ-63-2B	22878.96	1.017	0.653	1	14.8	102.7	37.6	253.5	48.6
GZ-63-3B	28583.1	1.019	0.818	356	8	91.3	33.6	254.3	55.2
GZ-64-1A	21055.74	1.015	-0.312	69.1	10.7	173.3	52.4	331.3	35.5
GZ-64-2A	23832.34	1.021	-0.387	75.3	9.9	279.3	79.2	166	4.3
GZ-64-3A	19184.57	1.017	-0.639	65.2	5	332.4	28.8	164.2	60.7
GZ-64-1B	21946.29	1.012	-0.198	0.6	22.7	109.6	37.8	247.1	43.6
GZ-64-2B	25358.97	1.008	-0.051	14.4	28.7	250.4	45.6	123.3	30.6
GZ-64-3B	20645.29	1.007	-0.004	172.9	1.6	263.6	24	79.2	65.9
GZ-64-4B	21796.59	1.009	-0.14	27.9	27.9	275.6	35.7	146	41.7
GZ-65-1A	26435.43	1.013	-0.248	26.2	42.4	164.4	39.2	274.1	22.4
GZ-65-2A	21650.51	1.021	-0.116	355.5	60.5	237.3	15	140.2	24.8
GZ-65-3A	24588.46	1.018	0.599	358.3	61.5	247.8	10.8	152.4	26
GZ-65-1B	7216.083	1.032	-0.91	9.4	66.3	183.3	23.6	274.2	2.3
GZ-65-2B	6381.021	1.021	-0.837	23.2	70.6	230.3	17.4	137.7	8.3
GZ-65-3B	5860.486	1.024	-0.844	24.5	70.8	184.4	18.1	276.4	6.1

GZ-66-1A	18081.5	1.009	-0.127	175.5	73.7	309.6	11.5	41.9	11.4
GZ-66-2A	18414.43	1.008	-0.305	241.4	79.3	352	3.8	82.7	10
GZ-66-3A	18875.42	1.01	-0.513	235.4	72	133.8	3.7	42.6	17.5
GZ-66-4A	18656.43	1.015	-0.325	348.7	51.3	101	16.9	202.7	33.6
GZ-66-2B	18692.34	1.016	-0.268	210.3	54	322	15	61.6	31.8
GZ-66-3B	16845.08	1.016	-0.026	213.2	56.6	324	13.2	61.8	30.1
GZ-66-4B	17070.68	1.013	0.232	229.4	55.2	325.6	4.3	58.5	34.4
GZ-67-1A	9640.055	1.013	-0.203	354.1	30.5	221	49.2	99.5	24.3
GZ-67-2A	9978.555	1.011	-0.177	346.9	26.4	216.8	52.3	90.1	24.8
GZ-67-3A	14364.62	1.018	0.013	0.4	26.7	234.9	49.1	106.2	28.4
GZ-67-4A	18807.58	1.02	0.713	17.4	25.5	240.9	56.8	117.4	19.9
GZ-67-1B	12067.65	1.02	0.167	246.8	63.2	358.3	10.5	93.2	24.4
GZ-67-2B	13389.54	1.021	0.033	224.5	70	1.8	14.9	95.3	12.9
GZ-67-3B	14926.26	1.025	-0.086	238	75	358.3	7.7	90.1	12.8
GZ-67-4B	16772.71	1.034	-0.128	239.1	68.6	358.3	10.8	91.9	18.2
GZ-68-1A	19901.9	1.03	0.468	84.8	37	200.6	30	317.9	38.5
GZ-68-2A	20505.97	1.027	0.414	190.3	16.5	67.4	61.5	287.4	22.6
GZ-68-3A	18700.49	1.05	0.409	110.9	52.8	200.9	0	290.9	37.2
GZ-68-1B	26970.03	1.008	0.413	204.3	19.6	304.1	25.4	81	57
GZ-68-2B	25716.47	1.027	0.759	29	21	176.1	65.5	294.3	12.1
GZ-68-3B	30785.23	1.02	-0.113	11.6	52.6	166.6	34.7	265.2	12.1
GZ-68-4B	26581.64	1.022	-0.508	356.5	37.1	120.4	36.4	238.1	32.2
GZ-69-1A	42.22687	1.006	0.005	200.8	26.9	352.2	59.9	104.5	12.3
GZ-69-2A	48.25592	1.019	0.642	180.6	56.1	353	33.6	85.4	3.5
GZ-69-3A	50.80746	1.006	0.002	134.6	19	231.4	19.2	3.2	62.5
GZ-69-4A	40.16534	1.018	0.343	293.3	59.7	192.7	6.1	99.2	29.6
GZ-69-1B	53.08351	1.031	0.049	132.5	13.2	37.8	19.1	255	66.5
GZ-69-2B	56.09521	1.027	-0.493	287.5	44.2	45.5	25.8	155	34.8
GZ-69-3B	62.33271	1.013	-0.006	57.2	47.7	199	35.5	303.9	19.8
GZ-69-4B	37.20112	1.017	-0.369	36	32.7	137.5	17.3	250.9	51.9
GZ-70-1A	32763.13	1.045	-0.03	13	5.4	116	67.2	280.8	22
GZ-70-2A	34381.12	1.044	-0.318	15.9	3.2	111.6	61.1	284.1	28.7
GZ-70-3A	36967.66	1.03	-0.018	16.8	9.3	136.1	71.4	284.2	15.9
GZ-70-1B	51611.47	1.036	-0.053	165	39.6	34.3	38.2	280.3	27.3
GZ-70-2B	53224.5	1.046	-0.02	168.9	29.6	38.8	48.6	275	26.1
GZ-70-3B	51824.46	1.046	0.052	171.5	35.5	26.7	48.9	274.9	18
GZ-70-4B	43406.89	1.048	0.267	157.3	43.3	23.4	36.4	273.3	25
GZ-71-1A	106.639	1.006	0.307	315.3	67.8	172.1	18.1	77.9	12.4
GZ-71-2A	111.905	1.007	0.39	343.7	52.5	174.8	37	80.7	5.4
GZ-71-3A	77.05598	1.005	-0.199	181.9	76	339.9	13	71.1	5.1
GZ-71-1B	205.3238	1.016	0.326	354.8	40.7	187.1	48.6	90.1	6.1
GZ-71-2B	221.3455	1.016	0.387	203.7	43.9	358.1	43.1	100.7	13.1
GZ-71-3B	230.4148	1.02	0.504	359.8	29.7	194.7	59.4	93.6	6.5
GZ-71-4B	189.5625	1.016	0.694	353.7	29	187.6	60.3	87	6
GZ-72-1A	6889.886	1.013	-0.646	184.1	27.3	43.9	56.1	284	18.5
GZ-72-2A	7680.329	1.014	-0.448	182.4	19.5	313.7	61.7	85.2	19.6
GZ-72-3A	5951.397	1.011	-0.863	199.3	23.8	294.9	12.4	50.3	62.8
GZ-72-4A	5311.86	1.01	-0.674	183.4	21.9	277.5	10.1	30.6	65.7
GZ-73-1A	2839.687	1.013	0.202	55.9	78.5	166.8	4.1	257.6	10.7
GZ-73-2A	2778.267	1.011	-0.025	179.1	80.9	335.1	8.3	65.6	3.6
GZ-73-3A	2864.604	1.01	-0.401	26.3	68.7	164.1	16.2	258.2	13.6

GZ-73-4A	1981.619	1.007	-0.368	358.1	73.5	138.3	12.8	230.7	10.2
GZ-73-1B	1221.295	1.01	-0.445	43.6	74.9	183.1	11.6	275.1	9.6
GZ-73-2B	1436.572	1.014	-0.485	57	72.7	177.1	8.9	269.4	14.7
GZ-73-3B	1075.847	1.012	-0.307	61.2	75.9	160.3	2.3	250.8	13.9
GZ-73-4B	760.2282	1.008	-0.31	29	78.8	128	1.8	218.4	11
GZ-73-4B	761.0842	1.009	0.154	26.9	79.6	162.7	7.5	253.6	7.2
GZ-73-1C	16054.18	1.022	0.191	304.5	65.4	137.2	24.1	45	4.8
GZ-73-2C	20094	1.022	-0.135	177	85.3	315.1	3.5	45.2	3.1
GZ-73-3C	20935.22	1.024	-0.041	341.1	87.9	135.3	1.9	225.3	0.9
GZ-74-1A	7544.74	1.016	0.295	29.9	15.7	297.5	8.3	180.6	72.2
GZ-74-2A	8404.162	1.02	0.049	40.9	12.4	309.6	5.9	194.5	76.2
GZ-74-3A	6763.384	1.051	0.769	22.3	3.9	113.5	17.5	280.1	72.1
GZ-74-1B	7191.458	1.02	-0.059	228.5	7.1	318.7	1.7	62.1	82.7
GZ-74-2B	5802.754	1.024	0.079	217.9	7.1	309.1	9.1	90.3	78.4
GZ-74-3B	4767.628	1.02	0.04	223.1	4.7	313.9	8.6	105.1	80.2
GZ-74-4B	4613.195	1.016	-0.025	206.8	3.3	297.1	5.9	87.6	83.2
GZ-74-1C	5828.98	1.012	-0.631	210.7	2	118.4	48.1	302.5	41.9
GZ-74-2C	7038.938	1.008	-0.348	30.8	23.1	299.3	3.5	201.1	66.6
GZ-74-3C	5984.885	1.012	0.187	47.8	7.6	314.1	25.8	152.9	62.9
GZ-74-4C	7030.149	1.009	0.225	30.2	22.5	297.2	7.1	190.7	66.3
GZ-74-1D	7213.135	1.018	0.226	62.3	4.2	153.1	11	311.8	78.2
GZ-74-2D	6838.393	1.014	0.72	335.1	2.3	245	2.2	111.6	86.8
GZ-74-3D	4216.957	1.009	0.166	152.7	5.8	61	16	261.9	72.9
GZ-75-1A	6953.335	1.014	-0.251	3.2	25.6	211.3	61.5	98.9	11.7
GZ-75-2A	5269.54	1.02	-0.22	355.1	23.3	243.9	40	107.1	41
GZ-75-3A	1546.093	1.015	-0.616	7.5	5	272.6	44.4	102.5	45.2
GZ-76-1A	6760.905	1.016	0.05	196.8	61.6	26.2	28.1	294.1	3.9
GZ-76-2A	6306.258	1.016	0.292	196.6	46.5	19.1	43.4	287.9	1.2
GZ-76-3A	6319.074	1.011	0.026	203.7	53.4	19.3	36.6	110.9	2.1
GZ-76-4A	4326.745	1.012	0.297	189.7	33.1	17.1	56.7	281.9	3.4
GZ-76-1B	6040.055	1.009	0.349	211.8	9.4	85.5	74.3	303.9	12.4
GZ-76-2B	6489.298	1.01	0.089	208.5	6.2	85.9	78.5	299.5	9.6
GZ-76-3B	6174.04	1.01	0.319	194.6	57.8	35.2	30.6	299.6	9.3
GZ-76-4B	6564.02	1.008	-0.259	213.1	38.8	20.3	50.5	118	6.3
GZ-77-1A	10461.16	1.009	0	6.3	75.6	184.3	14.4	274.4	0.5
GZ-77-2A	9768.908	1.01	0.286	188.8	60.3	342.2	27	78.1	11.4
GZ-77-3A	9290.975	1.008	0.521	201.1	73.8	352.3	14.3	84.2	7.5
GZ-77-4A	12776.33	1.007	0.668	357.3	17.9	170.1	72	266.6	2.1
GZ-77-1B	3697.819	1.005	-0.042	137.8	31.3	233.5	9.3	338.1	57
GZ-77-2B	2932.148	1.009	-0.086	137.9	30.1	41.1	11.6	292.5	57.3
GZ-77-3B	3661.552	1.011	0.129	148.2	29.7	47.2	18.5	289.8	53.9
GZ-77-4B	4415.586	1.011	-0.055	129	31.6	34.9	6.5	294.5	57.6
GZ-78-1A	4445.442	1.014	0.573	132.6	20	37.3	14.2	274.3	65.1
GZ-78-2A	5514.319	1.017	0.846	121	18.1	26.9	12.2	264.7	67.9
GZ-78-3A	5938.625	1.017	0.888	161.4	6.4	68.9	21	267.4	68
GZ-78-4A	4263.474	1.017	0.897	133.5	13.3	40.4	13.2	267.3	71.1
GZ-78-1B	7189.226	1.033	0.845	13.2	1.7	103.9	21.8	278.9	68.2
GZ-78-2B	6722.417	1.031	0.715	20.7	4.1	112.6	24.2	281.7	65.4
GZ-78-3B	8029.372	1.035	0.818	174.3	7.5	81.6	19.5	284.5	69
GZ-78-4B	6991.583	1.034	0.786	192	1.8	101.2	22.7	286.4	67.2
GZ-79-1A	16628.01	1.009	0.397	236.8	49	76	39.3	338	9.6

GZ-79-2A	18386.11	1.01	0.181	235.8	57.8	52.4	32.2	143.4	1.5
GZ-79-3A	18274.01	1.011	0.111	269.2	66.7	61.4	20.8	155.2	9.9
GZ-79-1B	13253.83	1.013	0.266	101.4	48	324.6	33.3	218.8	22.5
GZ-79-2B	12163.86	1.009	-0.043	121	31.7	359.1	40.5	235	33.3
GZ-79-3B	13553.12	1.013	-0.726	145.4	44	15.3	33.7	265.2	27.3
GZ-80-1A	5646.056	1.02	-0.303	165.5	15.5	257.3	6.4	9.1	73.2
GZ-80-2A	6251.397	1.023	-0.024	162.3	10	252.5	1.4	350.5	79.9
GZ-80-3A	7393.512	1.025	-0.047	158.2	15.5	67.1	4	323	74
GZ-80-1B	5612.204	1.018	-0.807	186.2	7.1	280.9	33.2	85.5	55.8
GZ-80-2B	6354.405	1.025	0.032	193.8	8.9	286.1	14.4	73	73
GZ-80-3B	7517.219	1.027	-0.344	186.7	5.4	280	31.4	88	58
GZ-80-4B	5623.874	1.023	-0.363	185.2	8.5	278.8	22.3	75.8	65.9
GZ-80-1C	890.3089	1.016	-0.383	193.5	4.3	103.4	1.9	349.6	85.3
GZ-80-2C	820.0783	1.013	-0.191	20.5	7.3	290.5	0.6	195.7	82.7
GZ-80-3C	806.2465	1.011	-0.083	19.3	14.2	286.2	11.7	158.1	71.4
GZ-80-4C	782.5914	1.011	-0.496	33.8	2.8	303.8	0.2	210.2	87.2
GZ-81-1A	2776.268	1.018	0.199	11.9	0.9	102	1.6	251.7	88.2
GZ-81-2A	2487.727	1.023	0.291	9.5	10.7	100.9	7.1	224.1	77.1
GZ-81-3A	2037.887	1.018	-0.159	44.6	7	136	11.5	283.8	76.5
GZ-81-1B	5833.41	1.03	0.589	185.2	4.5	94.5	9.1	301.1	79.8
GZ-81-2B	5397.008	1.025	0.296	183.2	10.8	91.7	8	325.9	76.5
GZ-81-3B	5301.984	1.029	0.708	181.2	15.2	87.1	14.7	315.2	68.6
GZ-81-4B	6214.13	1.029	0.419	179.3	16.6	85.5	12.7	319.9	68.8
GZ-82-1A	5501.929	1.007	0.631	163.5	20.2	60.8	31	281.3	51.7
GZ-82-2A	4526.89	1.013	0.287	184	22.3	85.2	20.5	316.9	58.9
GZ-82-3A	5050.48	1.009	0.027	26.4	6.3	123	45.9	290.3	43.4
GZ-82-4A	3939.286	1.007	-0.189	170.5	28.5	69.9	18.7	311.1	54.9
GZ-82-1B	1470.043	1.019	0.776	57.6	16	154.3	22.2	294.9	62.1
GZ-82-2B	1612.284	1.014	0.787	112.2	28	210.1	14.4	324.2	57.9
GZ-82-3B	539.2289	1.016	0.223	159.2	13.8	66.8	9.7	302.6	73
GZ-83-1B	17844.54	1.015	0.066	44.8	16.2	159.6	55.4	305.3	29.6
GZ-83-2A	16084.85	1.012	-0.017	39.8	17.8	145.8	40.6	291.8	44
GZ-83-3A	16963.65	1.014	0.049	212.7	1	122.2	24.9	304.8	65.1
GZ-83-4A	12316.83	1.024	0.581	212.9	13.8	117.3	21.6	333	64
GZ-83-1B	15708.18	1.022	0.689	63.6	5.9	154.9	12.5	308.8	76.1
GZ-83-2B	18230.29	1.028	0.888	196.6	14.3	102.3	16.6	325.3	67.8
GZ-83-3B	18078.61	1.025	0.92	204.2	9.2	111.4	17.1	321.3	70.5
GZ-83-4B	16537.91	1.026	0.518	18.4	3.4	109.6	20.3	279.3	69.4
GZ-84-1A	14783.02	1.029	-0.589	15.6	82.2	150.1	5.5	240.6	5.5
GZ-84-2A	15337.6	1.023	-0.69	30.9	85.1	157	2.9	247.2	3.9
GZ-84-3A	15764.03	1.024	-0.697	359.2	85.4	169.4	4.5	259.5	0.8
GZ-84-4A	13699.87	1.022	-0.461	348.8	79.6	172.9	10.3	82.7	0.7
GZ-84-1B	10151.04	1.058	-0.535	284.5	85.7	169	1.9	78.9	3.9
GZ-84-2B	16682.26	1.042	-0.567	335.4	82.8	176.3	6.7	86	2.6
GZ-84-3B	16346.49	1.055	-0.75	151.6	79.3	11.2	8.3	280.2	6.7
GZ-84-1C	13014.93	1.017	0.133	164.8	31.2	54.9	29.3	291.4	44.5
GZ-84-2C	13737.87	1.019	0.215	187.2	1.3	96.8	18.8	281.1	71.2
GZ-84-3C	12808.07	1.017	0.24	172.9	7	81.6	10.7	295.6	77.2
GZ-85-1A	15203.19	1.014	0.793	12.2	17.4	143.4	64.6	276.4	18
GZ-85-2A	16873.13	1.013	0.363	187.7	7.4	86.1	57.4	282.3	31.6
GZ-85-3A	16295.46	1.02	0.225	2.8	8.1	106.6	59.1	268.2	29.6

GZ-85-1B	13108.41	1.012	0.318	190.4	17	41.2	70.4	283.3	9.5
GZ-85-2B	13751.92	1.014	0.143	186.2	20.3	28	68.3	279	7.4
GZ-85-3B	14252.12	1.016	0.557	193.9	20.9	64.9	58.8	292.8	22.1
GZ-85-4B	13235.31	1.012	-0.76	183.5	1.4	92.6	33.7	275.5	56.3
GZ-85-1C	17061.88	1.012	-0.087	198.5	89.5	1.7	0.4	91.7	0.1
GZ-85-2C	17945.99	1.016	0.854	11.3	28.1	230.6	55.4	111.5	18.5
GZ-85-3C	20176.14	1.017	0.389	198.9	19.3	340.2	65.8	103.9	14
GZ-86-1A	17375.13	1.011	-0.783	17.8	52	273.2	11.2	175	35.7
GZ-86-2A	29300.5	1.028	-0.309	347.6	52.6	118.4	26.5	221.5	24.3
GZ-86-3A	30094.57	1.028	-0.465	10.2	61.2	125.1	13.1	221.4	25.2
GZ-86-4A	28172.59	1.021	-0.138	357	52.7	136.5	30.1	238.6	19.9
GZ-86-1B	27862.57	1.014	-0.165	153.2	20.2	325.5	69.6	62.3	2.5
GZ-86-2B	29801.29	1.007	-0.223	161.7	3.9	271	78.2	71	11.1
GZ-86-3B	30796	1.013	0.417	337.9	10.5	190.6	77.6	69.1	6.6
GZ-86-4B	31133.91	1.013	0.764	159	16.7	4.8	71.5	251.3	7.6
GZ-87-1A	31195.84	1.172	0.214	183.3	15.6	0.9	74.4	93.1	0.6
GZ-87-2A	30991.29	1.17	0.426	176.5	16.6	346.1	73.1	85.6	2.9
GZ-87-3A	28261.47	1.159	0.329	177.1	17	359.8	73	267.4	0.7
GZ-87-4A	24408.59	1.145	0.19	170.1	14.2	356.9	75.7	260.5	1.6
GZ-87-1B	25363.95	1.033	-0.054	37.2	3	138.9	75.4	306.5	14.3
GZ-87-2B	26863.28	1.028	0.093	46.7	8.7	169	74	314.6	13.3
GZ-87-3B	29673.46	1.028	-0.286	59.1	9.8	180.7	71.8	326.4	15.2
GZ-87-4B	31415.74	1.035	0.059	219.6	8.2	81.9	79	310.7	7.3
GZ-88-1A	15897.48	1.016	0.415	197.1	7.2	100.5	42.4	294.8	46.7
GZ-88-2A	13819.4	1.013	0.54	63.6	49	193.4	29.1	299.2	26.2
GZ-88-3A	13839.73	1.014	0.509	197.2	19.2	85.7	46.3	302.6	37.4
GZ-88-1B	18840.97	1.022	0.741	21.9	19.3	118.6	18.5	249	62.7
GZ-88-2B	19781.14	1.024	0.636	52.5	21.5	147.1	11.6	263.6	65.3
GZ-88-3B	20429.25	1.019	0.508	56.3	31.1	148.1	3.1	243.2	58.7
GZ-88-4B	19404.39	1.016	0.807	2.1	6.8	96	29.5	260.3	59.6
GZ-89-1A	18807.7	1.028	0.864	244	60.7	18.3	21.4	116.1	19
GZ-89-2A	19234	1.026	0.418	1	69.3	210.3	18.2	117.1	9.4
GZ-89-3A	20583.54	1.027	0.596	254	54.8	16.4	20.7	117.6	27
GZ-89-1B	16023.18	1.02	0.362	97.8	67	203.3	6.5	295.9	21.9
GZ-89-2B	14969.25	1.023	0.498	126.1	68.6	23.1	5	291.2	20.8
GZ-89-3B	11153.95	1.029	0.678	62.6	71.8	176.5	7.5	268.7	16.4
GZ-90-1A	7743.725	1.011	0.157	133.5	35.2	226.3	4	321.9	54.5
GZ-90-2A	7328.593	1.016	0.315	139.8	34.2	44.8	7.2	304.4	54.8
GZ-90-3A	10032.22	1.01	0.037	134.1	54.8	24.1	13.6	285.4	31.8
GZ-90-1B	11859.16	1.011	0.115	305.6	7.1	213.5	16.3	58.5	72.1
GZ-90-2B	12298.98	1.014	0.262	292.1	9.5	23	5.5	142.6	79
GZ-90-3B	13121.41	1.019	0.146	307.2	10.8	215.2	10.6	81.9	74.8
GZ-90-4B	11166.33	1.021	0.116	119.1	7.1	209.6	3.8	327.7	81.9
GZ-91-1A	26043.07	1.021	0.235	215	48.1	117.7	6.5	22	41.2
GZ-91-2A	27548.69	1.021	0.213	216.4	48.9	112.9	11.5	13.5	38.8
GZ-91-3A	26506.32	1.023	0.325	210.5	49.4	117.7	2.4	25.6	40.5
GZ-91-4A	24548.89	1.025	0.202	226.1	54.6	121.1	10.5	24.1	33.4
GZ-91-1B	60233.24	1.057	0.351	206.6	1.4	109.1	79.1	296.9	10.8
GZ-91-2B	68472.59	1.047	0.488	210.4	5.1	98.2	76.8	301.5	12.1
GZ-91-3B	74258.04	1.04	0.272	196.9	9.1	76.8	72.3	289.3	15.1
GZ-91-4B	62677.37	1.036	0.434	199.2	12.3	30.9	77.5	289.7	2.5

GZ-92-1A	37582.46	1.03	0.832	114.9	41.9	1	24.3	250	38.3
GZ-92-2A	39714.35	1.033	0.742	129.7	22.7	16.6	43.2	239	38.2
GZ-92-3A	39986.46	1.031	0.753	88.1	49.4	341.8	13.5	241.2	37.4
GZ-92-4A	37693.25	1.026	0.497	139.2	16.4	29.1	49.5	241.5	35.8
GZ-92-1B	37664.15	1.022	0.555	210.4	57.9	323.1	13.6	60.7	28.5
GZ-92-2B	37163.07	1.015	0.17	184.3	52.5	310.3	24.3	53.4	26.7
GZ-92-3B	37531.51	1.014	0.236	166.5	43.8	302.2	36.7	51.5	23.8
GZ-92-4B	32785.8	1.021	-0.097	147.9	15.3	56.8	3.9	312.8	74.2
GZ-93-1A	15132.58	1.027	0.523	97.8	3.5	7.3	9.1	208.4	80.2
GZ-93-2A	14789.67	1.023	0.281	90.1	9.9	357.7	13.4	215.5	73.2
GZ-93-3A	13142.29	1.025	0.4	115.2	15.3	24.5	2.6	285.2	74.5
GZ-93-4A	15086.39	1.026	0.789	78.1	9.1	169	6	291.9	79.1
GZ-93-1B	14344.26	1.015	-0.911	111.7	24.3	327.5	60.8	208.7	15.1
GZ-93-2B	15113.55	1.014	-0.604	107.8	30.6	201.9	7	303.5	58.5
GZ-93-3B	17290.95	1.016	-0.231	104.1	15.3	199.6	19.5	338.5	64.8
GZ-93-4B	16420.81	1.022	-0.024	126.1	18.2	35.4	2.1	298.9	71.7
GZ-94-1A	19047.33	1.043	0.137	66.8	4	333.5	39.9	161.5	49.8
GZ-94-2A	17242.67	1.026	-0.151	245.4	9	154.4	6.5	29	78.9
GZ-94-3A	16188.84	1.026	-0.832	42.6	10.1	309.1	18.8	159.5	68.4
GZ-94-4A	30944.52	1.018	-0.026	90	12.6	315.4	72.3	182.8	12.2
GZ-94-1B	20499.23	1.049	-0.721	206.3	4.4	297.3	13	97.8	76.3
GZ-94-2B	20108.68	1.035	0.001	202	6.5	292.9	7.9	73	79.8
GZ-94-3B	19321.92	1.037	-0.416	193.7	6.5	285.4	14.6	80.2	73.9
GZ-94-1C	22181.24	1.027	-0.842	211.1	12.2	34.6	77.8	301.2	0.7
GZ-94-2C	24548.45	1.021	-0.6	212	15.2	340.3	66.3	117	17.7
GZ-94-3C	25910.19	1.02	-0.969	208.4	23.5	115.7	6.3	11.7	65.6
GZ-94-4C	22693.02	1.019	0.117	217	22.5	10.1	65.1	122.8	10.1
GZ-95-1A	20444.42	1.015	0.133	211.4	38.3	29.5	51.7	120.7	0.9
GZ-95-2A	21149.25	1.015	-0.511	193.4	27.1	56.1	55.1	294.3	20.2
GZ-95-3A	21422.46	1.012	-0.23	205.9	23.2	53.6	64.2	300.5	10.7
GZ-95-4A	21989.83	1.015	-0.013	203.9	34.4	5.4	54.1	107.8	8.8
GZ-95-1B	24580.51	1.02	-0.251	218.1	29.6	331.4	34.9	98.6	40.9
GZ-95-2B	22317.79	1.025	-0.457	209.6	15.6	305.2	19.3	83.2	64.8
GZ-95-3B	17661	1.023	-0.78	210.8	21.1	333.7	54.7	109.4	26.9
GZ-96-1A	36388.59	1.019	-0.217	21.7	16.2	246	67.9	116.1	14.6
GZ-96-2A	33964.47	1.018	-0.174	30.1	14.4	267.6	64.4	125.7	20.7
GZ-96-3A	33465.15	1.021	0.04	21.2	21.2	209.8	68.6	112.4	2.9
GZ-96-1B	45046.68	1.028	0.464	211.7	67.4	55.1	20.9	322	8.2
GZ-96-2B	46728.17	1.029	0.475	187.8	74.9	40.5	12.8	308.7	7.9
GZ-96-3B	48000.35	1.032	0.751	192.5	65.7	53.2	18.9	318	14.7
GZ-96-4B	40660.63	1.024	0.902	73	54.5	215.8	29.6	316.3	17.8
GZ-96-1C	73031.59	1.028	-0.084	114.2	67	220.9	7	313.7	21.8
GZ-96-2C	73925.2	1.034	0.295	135.8	76.6	228.6	0.7	318.8	13.4
GZ-96-3C	71797.9	1.03	0.064	158.8	76.7	65	0.9	334.8	13.2
GZ-97-1A	24594.75	1.018	-0.834	23	75.7	244	10.9	152.2	9.1
GZ-97-2A	23998.49	1.021	-0.499	331.8	78.4	125.4	10.4	216.3	5
GZ-97-3A	23336.31	1.02	-0.357	289.9	79.2	123	10.5	32.6	2.4
GZ-97-4A	24044.66	1.026	-0.554	276.1	74.8	120.3	14	28.8	6
GZ-97-1B	32341	1.017	-0.633	322.1	70.9	186.2	14	93	12.8
GZ-97-2B	32311.31	1.02	-0.88	325.7	68.4	115	18.8	208.6	10.2
GZ-97-3B	33118.09	1.017	-0.692	309.7	79.7	141.8	10	51.4	2.1

GZ-97-4B	34833.57	1.018	-0.689	336.8	82.1	108.8	5.3	199.4	5.8
GZ-98-1A	12545.42	1.02	-0.144	17.7	79.2	196.2	10.8	286.2	0.3
GZ-98-2A	11778.01	1.016	-0.545	54.1	78.4	179	6.7	270.1	9.4
GZ-98-3A	11080.24	1.021	-0.644	20.8	69.9	207.5	20	116.7	2.2
GZ-98-1B	15274.72	1.018	-0.051	13.7	53.4	184.1	36.2	277.5	4.6
GZ-98-2B	13973.9	1.018	0.384	22.7	54.9	173.9	31.7	272.5	13.6
GZ-98-3B	15436.4	1.014	0.171	13.3	48.7	199.2	41.1	106.6	2.9
GZ-99-1A	9372.663	1.024	-0.874	339.7	74.8	195.2	12.5	103.3	8.6
GZ-99-2A	7771.139	1.03	-0.632	3	85.4	144.1	3.5	234.3	2.9
GZ-99-3A	7379.637	1.036	-0.817	358.2	85.7	159.6	4	249.7	1.4
GZ-99-4A	6574.239	1.036	-0.935	28.8	82.3	129.5	1.4	219.7	7.5
GZ-99-1B	10028.5	1.033	-0.885	357.8	78.2	170.6	11.7	260.9	1.4
GZ-99-2B	9459.743	1.03	-0.697	352.7	79	174.8	11	84.7	0.4
GZ-99-3B	9332.929	1.021	-0.034	356.8	70.2	181.8	19.7	91.2	1.6
GZ-100-1A	18141.43	1.027	0.253	207.7	7.9	117.3	2.3	10.9	81.8
GZ-100-2A	18513.32	1.031	0.111	197.2	8.4	288.3	6.9	57.1	79.1
GZ-100-3A	18826.74	1.031	0.422	207.9	5.1	298	1.3	41.8	84.7
GZ-100-4A	19687.56	1.028	0.224	205.6	8.3	115.4	1.1	18	81.6
GZ-100-1B	555.4782	1.007	0.802	335.3	31.4	212.9	41.3	88.5	32.8
GZ-100-2B	580.8381	1.007	0.564	311	62.3	192.3	14.2	96.1	23.3
GZ-100-3B	549.0457	1.009	-0.054	17.6	17.6	260.1	55.5	117.5	28.6
GZ-100-4B	568.4879	1.008	0.304	13.1	7.1	275.2	47.8	109.4	41.3
GZ-100-1C	65891.3	1.049	-0.603	212.2	47.3	10.4	40.6	110	11
GZ-100-2C	68219.47	1.067	-0.158	207.6	36.3	348.6	46.6	101.8	20.4
GZ-100-3C	92314.32	1.147	0.718	38.5	0.5	308.2	31.5	129.2	58.5
GZ-100-4C	76924.54	1.06	0.191	37.7	8.6	296.1	53.2	133.9	35.4
GZ-100-1D	34623.87	1.087	0.254	185.9	77	25.1	12.3	294.2	4.1
GZ-100-2D	37185.37	1.056	0.573	218.5	68.6	16.7	20	109.4	7.3
GZ-100-3D	39421	1.091	0.398	42.9	83.5	196.6	5.9	286.9	2.9
GZ-100-1E	36845.67	1.04	-0.303	358.3	66.6	230.3	14.9	135.4	17.6
GZ-100-2E	30938	1.042	0.549	292.2	71.9	27.2	1.6	117.7	18
GZ-100-3E	34747.94	1.038	-0.352	355	53.7	202.3	33.2	103.5	13.2
GZ-101-1A	17132.46	1.038	0.18	206.8	0.1	296.8	2.3	113.3	87.7
GZ-101-2A	20413.66	1.051	-0.035	226.6	0.9	316.6	0.2	58.1	89.1
GZ-101-3A	20954.35	1.032	-0.562	43	5.5	133.7	7.5	276.8	80.7
GZ-101-1B	22381.3	1.025	0.178	310.4	3.2	40.4	0.1	132.2	86.8
GZ-101-2B	22431.76	1.019	0.332	117.9	4.2	25.8	26.4	216.3	63.2
GZ-101-3B	23400.04	1.026	0.121	320.7	2.4	52	27.2	226.1	62.7
GZ-102-1A	18035.26	1.023	0.487	116.9	8.4	213	35.8	15.7	52.9
GZ-102-2A	20132.18	1.021	0.478	254.1	23.1	152.8	24.6	21.8	55.2
GZ-102-3A	17922.99	1.015	0.657	160.6	39.1	264	15.9	11.5	46.6
GZ-102-1B	16490.31	1.012	0.548	123	4.8	28.8	40.9	218.4	48.7
GZ-102-2B	16441.71	1.014	-0.237	122.2	57.4	248.3	20.6	347.9	24.1
GZ-102-3B	14609.53	1.016	0.687	95.9	23.2	257.6	65.7	3	6.8
GZ-102-1C	3596.301	1.01	0.431	228.1	36.3	318.6	0.7	49.5	53.6
GZ-102-2C	4092.965	1.01	0.715	281.1	16.2	184.1	22.6	43.7	61.6
GZ-102-3C	4910.259	1.02	0.584	236.1	36.6	133.3	16.7	23.4	48.6
GZ-103-1A	9934.967	1.017	0.027	15.7	42.2	147.1	36.1	258.6	26.7
GZ-103-2A	10177.79	1.016	0.139	1.3	39.7	139	41.7	250.9	22.8
GZ-103-3A	10104.76	1.016	-0.086	13.5	47.9	150.4	33.5	256.3	22.5
GZ-103-4A	10510.85	1.016	-0.135	32.5	47.4	149.6	22.7	255.9	33.8

GZ-103-1B	13049.7	1.021	0.379	39.2	3.4	130.8	25.5	302.1	64.2
GZ-103-2B	13009.6	1.018	0.089	45.4	15	143.4	27.4	289.9	58.1
GZ-103-3B	11568.2	1.015	0.084	27.9	4.8	119.6	19.7	284.9	69.6
GZ-103-1C	9169.457	1.019	-0.684	346.1	66.8	163.3	23.1	253.7	1
GZ-103-2C	9339.329	1.016	-0.803	0.6	65.2	184.4	24.7	93.8	1.5
GZ-103-3C	8529.072	1.013	-0.293	336.9	54.5	193.9	29.7	93.4	17.7
GZ-104-1A	17323.01	1.046	0.712	201.5	1.5	110.9	20.7	295.6	69.2
GZ-104-2A	16598.86	1.039	0.27	210.4	2.2	119.3	26.7	304.8	63.2
GZ-104-3A	16637.16	1.04	0.326	28.5	2.7	119.8	24.9	292.7	64.9
GZ-104-1B	15014.54	1.036	-0.01	22.3	1.2	292.2	5.6	124.2	84.2
GZ-104-2B	17855.71	1.027	-0.04	195.3	5.1	286.8	15.9	88.1	73.2
GZ-104-3B	17569.93	1.026	0.263	212.4	3.4	303.2	14.3	109.2	75.3
GZ-105-1A	63259.91	1.028	-0.417	177.3	8.3	293.3	71.6	84.8	16.3
GZ-105-2A	62557.78	1.021	-0.588	182.2	16.8	281.7	28.6	65.6	56
GZ-105-3A	60386.72	1.022	-0.283	178.2	32.5	319	50.6	74.9	19.8
GZ-105-4A	61027.45	1.02	-0.557	333.2	14.3	88	58.8	235.7	27.1
GZ-105-1B	65349.91	1.03	0.131	175.6	1	265.6	4	72.3	85.9
GZ-106-1A	26936.72	1.014	0.576	189.6	44.4	56	35.1	306.8	25
GZ-106-2A	27890.9	1.016	0.344	186.4	49.2	44.2	34.3	300.3	19.3
GZ-106-3A	23286.17	1.01	0.565	189.2	43.3	53.3	37.3	303.7	23.7
GZ-106-1B	31370.73	1.013	0.326	135.5	48.3	318.4	41.7	227.1	1.5
GZ-106-2B	32534.65	1.013	0.431	143.9	38.5	326.1	51.5	234.7	1.1
GZ-106-3B	38684.19	1.011	0.376	138.3	38.9	334.7	49.9	234.9	8.2
GZ-106-1C	46566.87	1.028	0.894	80.3	12.7	175.1	20.3	320.4	65.7
GZ-106-2C	44654.92	1.023	0.471	152.8	22.5	61.3	3.5	323	67.2
GZ-106-3C	43985.71	1.019	0.489	169.9	29	72.7	12.7	321.8	57.8
GZ-107-1A	28970.31	1.018	0.707	177.6	49.1	17.3	39.2	279.1	9.8
GZ-107-2A	33123.96	1.015	0.571	179.9	25.7	21.1	62.6	274.1	8.6
GZ-107-3A	29369.94	1.018	0.067	167.4	27.2	53.5	38.3	282.6	39.7
GZ-107-1B	26003.09	1.03	0.052	313.7	58.2	162.8	28.4	65.6	13
GZ-107-2B	28203.17	1.028	0.09	282.6	69.9	174.6	6.4	82.4	19
GZ-107-3B	27921.94	1.029	0.028	309.2	68	166.5	17.8	72.4	12.5
GZ-107-1C	665.0562	1.003	-0.362	258.7	68	43.3	18.2	137.2	11.9
GZ-107-2C	655.0726	1.002	-0.153	331.1	72.1	74.4	4.3	165.7	17.3
GZ-108-1A	18305.62	1.013	0.082	297.2	18.3	41.9	37.5	186.6	46.8
GZ-108-2A	18303.02	1.012	-0.661	312.6	10.7	46.3	18.9	194.7	68.1
GZ-108-3A	18526.09	1.017	0.126	318.3	4.4	50.4	25.5	219.2	64
GZ-108-1B	14332.49	1.026	-0.263	151.1	3.6	241.1	0.3	336	86.4
GZ-108-2B	17219.29	1.019	0.58	165	6	255	0.2	346.9	84
GZ-108-3B	14601.72	1.016	0.219	8.1	11.4	275.1	14.4	135.1	71.5
GZ-109-1A	17287.21	1.014	-0.345	259	9	352.7	22.3	148.4	65.8
GZ-109-2A	15753.78	1.016	-0.413	300.3	30.1	33.3	5.2	132.2	59.4
GZ-109-3A	15572.45	1.018	0.215	240.3	21.4	358.4	50.2	136.3	31.7
GZ-110-1A	36116.34	1.028	0.023	92.9	78.5	332.1	6	241	9.8
GZ-110-2A	34744.53	1.023	0.235	122.9	73.1	337	14.1	244.7	9.1
GZ-110-3A	37686.07	1.028	0.682	146.3	38.8	336.4	50.7	240.3	5
GZ-110-1B	37280.48	1.022	0.49	17.7	63.9	180	25.1	273.2	7
GZ-110-2B	33034.15	1.018	0.236	30.5	65.1	187.5	23.1	281.2	8.7
GZ-110-3B	25066.99	1.013	0.264	37	69.7	173.6	15	267.3	13.3
GZ-110-1C	26861.34	1.018	0.803	5.2	26.8	128.3	47.2	257.9	30.6
GZ-110-2C	28334.68	1.027	0.57	168.4	14.2	53.7	58.8	265.9	27.1

GZ-110-3C	27632.9	1.023	0.364	168.3	12.8	53.5	61.6	264.4	24.9
GZ-111-1A	38876.54	1.029	-0.16	290.9	13.6	186.2	46.4	32.8	40.4
GZ-111-2A	39726.63	1.028	-0.343	287.4	17.6	193.4	12.5	69.9	68.2
GZ-111-3A	46625.03	1.036	-0.578	293	12.7	23.1	0.4	115	77.3
GZ-111-1B	37173.61	1.029	-0.751	42.5	16.2	310.7	6.2	200.5	72.6
GZ-111-2B	37345	1.029	-0.836	37.8	15.3	300.3	25.5	155.7	59.7
GZ-111-3B	35634.91	1.028	-0.793	43.4	18.9	306	20.6	172.3	61.4
GZ-112-2A	31068.19	1.024	0.164	33.8	20.8	244	66.3	128	10.9
GZ-112-2A	36162.02	1.023	0.343	206.3	21.3	48.8	67.2	299.4	8
GZ-112-3A	33858.96	1.024	0.325	215.9	35.9	42.5	53.9	308.1	3.2
GZ-112-1B	35900.1	1.027	0.268	22.6	6.1	113.6	9	258.8	79.1
GZ-112-2B	40199.58	1.037	0.447	26.8	7.5	117.4	4.7	239.2	81.1
GZ-112-3B	36915.97	1.043	0.256	17.9	10.7	110.2	11.7	246.4	74
GZ-113-1A	6974.434	1.01	0.36	228.3	69.4	41.8	20.5	132.6	2.2
GZ-113-2A	9886.983	1.012	-0.052	170.4	68	17.8	19.7	284.4	9.3
GZ-113-3A	10283.25	1.013	0.463	39	80.5	225.5	9.4	135.3	1
GZ-113-1B	12455.46	1.011	0.198	258.5	54.9	42.2	29.5	142.3	17.2
GZ-113-2B	12585.27	1.005	-0.766	241.9	27.8	141.6	18.8	22	55.5
GZ-113-3B	12910.45	1.009	0.584	187.4	29.4	311	44.5	77.4	31.2
GZ-113-1C	14014.63	1.007	-0.547	316.6	11.2	222	21.7	72.1	65.3
GZ-113-2C	14371.58	1.004	0.377	300.8	2.7	210.2	13	42.1	76.7
GZ-113-3C	13177.74	1.006	-0.66	257.6	13.6	165	10.6	38.2	72.7
GZ-113-4C	9824.082	1.015	0.024	304.2	22.1	213.6	1.3	120.6	67.8
GZ-114-1A	17805.61	1.042	0.367	334.3	68.7	187.4	18.1	93.8	10.9
GZ-114-2A	17551.66	1.032	0.044	348.7	55.8	181.5	33.5	87.5	6
GZ-114-3A	15232	1.039	0.148	339.9	64.7	198.8	20.2	103.3	14.6
GZ-114-1B	21203.7	1.02	0.741	237.7	64.5	7.6	17	103.4	18.4
GZ-114-2B	21685.68	1.027	0.462	11.7	55.5	213.2	32.6	116.7	10.1
GZ-114-3B	20442.21	1.024	0.666	275.7	80.2	17.8	2.1	108.1	9.6
GZ-115-1A	12994.47	1.01	-0.45	304.1	16.8	36	6.4	146.2	72
GZ-115-2A	15047.95	1.01	-0.246	306.6	10	215	8.9	84.3	76.6
GZ-115-3A	12182.2	1.01	0.302	317.8	10.7	225.1	14.2	83.5	72.1
GZ-115-1B	10403.33	1.015	0.498	351.7	1.8	261.4	9.1	92.7	80.7
GZ-115-2B	15056.54	1.018	0.787	196.2	17.4	289.2	9.6	46.9	70
GZ-115-3B	21631.86	1.015	0.337	345.1	0.4	75.1	2.3	244.4	87.6
GZ-116-1A	23939.88	1.014	0.602	263.7	21.8	173.3	1.1	80.6	68.1
GZ-116-2A	23250.18	1.013	0.439	298.5	24.5	198.5	20.9	72.8	56.8
GZ-116-3A	23902.79	1.013	0.405	300.2	0.5	209.9	29.2	31	60.8
GZ-116-1B	23950.08	1.013	-0.05	158.1	1.4	248.8	27.5	65.4	62.4
GZ-116-2B	22434.4	1.013	-0.06	323.4	19.3	222.2	29.1	82.2	54
GZ-116-3B	22358.23	1.016	0.198	296.5	20.4	184.2	45.4	43.1	37.5
GZ-117-1A	708.5206	1.012	0.257	68.4	3.8	158.5	0.4	255.1	86.2
GZ-117-2A	793.3928	1.01	0.724	43.2	5.1	133.5	3.1	254.5	84.1
GZ-117-3A	819.3314	1.01	0.384	65.6	0.7	155.7	7.2	330.4	82.8
GZ-117-1B	1240.241	1.008	-0.459	192.6	70.6	29.7	18.6	298	5.3
GZ-117-2B	1249.902	1.007	-0.355	205.5	68.7	18.7	21.2	109.6	2.3
GZ-117-3B	976.9971	1.002	-0.26	225	79.4	57.5	10.4	327.1	2.2
GZ-118-1A	22889.88	1.022	0.459	266.4	48.6	132.3	31.5	26.5	23.9
GZ-118-2A	21347.99	1.021	0.455	264.2	39.7	148.7	27.4	34.8	38
GZ-118-1B	12773.27	1.027	-0.756	266.8	77.1	115.8	11.3	24.5	6.1
GZ-118-2B	17509.79	1.036	-0.291	252.2	65.4	79.9	24.4	348.5	2.9

GZ-118-3B	13667.12	1.024	-0.464	259.6	64.5	109.6	22.5	14.8	11.5
GZ-119-1A	35302.51	1.018	0.539	44.1	2.4	134.4	6.1	292.4	83.4
GZ-119-1A	35294.64	1.018	0.529	243.8	3.4	334.1	5.3	121.5	83.7
GZ-119-2A	29959.28	1.019	0.842	266.4	3.3	356.9	7.6	153.4	81.7
GZ-119-3A	31490.79	1.019	0.805	303.1	7.4	33.8	5.5	160.4	80.8
GZ-119-1B	31384.21	1.019	-0.047	12.1	8.3	280.3	12.3	135.3	75.1
GZ-119-2B	32609.47	1.017	0.466	9.2	14.6	272.2	25.2	126.4	60.3
GZ-119-3B	27075.02	1.015	0.185	19.9	3.5	287.8	30.2	115.9	59.6
GZ-119-1C	23434.72	1.012	0.144	209.6	15	319	51.2	108.9	34.9
GZ-119-2C	25672.66	1.008	-0.124	199.5	21	299.9	25.1	74.4	56.3
GZ-119-3C	22658.3	1.014	0.088	184.2	0.5	275	55.7	93.8	34.3
GZ-120-1A	36830.87	1.006	-0.675	335.3	75.7	114.1	10.9	205.9	9.2
GZ-120-2A	67019.39	1.007	-0.118	108.6	52.2	324.7	32.1	223.1	17.8
GZ-120-1B	35535.8	1.009	0.074	282.9	27.3	16.5	7	119.7	61.7
GZ-120-2B	51520.69	1.006	-0.724	11.5	23.1	270.5	24.1	139.9	55.5
GZ-120-3B	68120.63	1.011	-0.154	358.2	27.9	118.1	43.3	247.4	33.9
GZ-120-1C	14133.48	1.022	0.391	194.7	26.7	94.4	19.5	332.8	56
GZ-120-2C	14142.84	1.022	0.252	208.2	20.4	106.2	29.2	328	53.1
GZ-120-3C	10702.68	1.018	0.345	209.7	20.7	110	24	335.9	57.4
GZ-121-1A	17458.24	1.024	0.165	265.1	14.7	74.9	75	174.4	2.5
GZ-121-2A	17648.09	1.016	0.517	244.9	14.3	51.5	75.3	154	3.3
GZ-121-3A	18498.31	1.014	0.728	45	59	242.2	29.9	147.8	7.6
GZ-121-1B	11925.46	1.021	0.469	348.5	58.2	154.8	31.1	248.5	6.1
GZ-121-2B	16913.18	1.023	0.357	347.3	37.1	158	52.6	253.9	4.5
GZ-121-3B	17151.45	1.028	0.588	346.7	28.4	148	60.3	252.3	8
GZ-122-1A	21477.79	1.019	0.288	287	0.9	196.4	32.7	18.4	57.3
GZ-122-2A	19328.12	1.014	0.182	279.6	12.6	179.5	37.9	24.7	49.3
GZ-122-3A	21488.83	1.014	0.646	204	34.4	297.7	5.4	35.5	55
GZ-122-1B	19301.34	1.027	0.204	156	60.2	46.2	10.9	310.5	27.3
GZ-122-2B	19144.91	1.016	-0.426	156.7	66	13.3	19.6	278.5	13.2
GZ-122-1B	20337.57	1.021	0.61	71.5	61.4	329.7	6.4	236.3	27.8
Gz-123-3B	20338.12	1.021	0.656	79.2	61.6	331.6	9.3	236.9	26.6
GZ-122-2B	19461.59	1.032	0.009	328.9	26	200.8	51.7	72.7	26
GZ-123-1B	17124.97	1.03	0.357	338.1	13.2	233.1	47.7	79.2	39.3
GZ-123-1A	16747.32	1.027	-0.229	320.2	17.1	193.2	62.9	56.7	20.3
GZ-123-2A	17026.25	1.025	0.235	321.7	28.5	147.3	61.4	53	2.3
GZ-123-3A	16405	1.019	0.264	328.2	27.2	153.3	62.7	59.3	2.1
GZ-123-1C	17635.71	1.023	0.001	136.5	7.2	240.5	62.5	42.9	26.4
GZ-123-2C	17524.52	1.033	0.326	310.7	0	220.7	53.9	40.7	36.1
GZ-123-3C	19684.88	1.035	0.041	306.9	1.2	215.3	53.1	37.8	36.8

منابع فارسی

- توکلی، ش. (۱۳۸۳)، "ژئوفیزیک پیام نور"، دانشگاه پیام نور، ص ۲۴۶.
- خلعتبری جعفری، م. (۱۳۷۱)، پایان نامه ارشد: "پلوتونیسم ترشیاری منطقه اردستان"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- رسولی، ج. (۱۳۸۷)، پایان نامه ارشد: "مطالعه انیزوتروپی قابلیت مغناطیس شدگی در توده گرانیتوئیدی بروجرد"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه تهران.
- سازمان زمین شناسی، (۱۳۸۶)، "نقشه زمین شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان" سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران، تهران.
- سایت علوم زمین، "اطلاعات زمین شناسی"، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، <http://www.ngdir.com>.
- صادقیان م، (۱۳۸۶)، "ساز و کار جایگیری توده گرانیتوئیدی زاهدان در پرتو روش AMS" فصلنامه علمی- پژوهشی علوم زمین، شماره ۶۶، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- صادقیان، م. (۱۳۸۳)، پایان نامه دکتری "ماگماتیسم، متالوژی و مکانیسم جایگزینی توده گرانیتوئیدی زاهدان"، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تهران، ص ۵۲۰.
- صادقیان، م. و ولی‌زاده، م. (۱۳۸۳)، "مکانیسم جایگزینی بخش شمالی توده گرانیتوئیدی زاهدان"، مجموعه مقالات هشتمین انجمن زمین شناسی ایران، ص.
- عمیدی، س.م. (۱۹۷۵)، "نقشه زمین شناسی ورقه ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشان" سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران، تهران.
- قفاری، م. صادقیان، م. و قاسمی، ح. (۱۳۸۸)، "پترولوژی و ژئوشیمی توده گرانیتوئیدی ظفرقند (جنوب شرق اردستان)"، بیست و هفتمین گردهمایی علوم زمین و سیزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.

قلمقاش، ج. (۱۳۸۱)، پایان نامه دکتری: "مطالعه توده‌های نفوذی منطقه اشنویه و بررسی ساز و کار جایگزینی آنها".

گارلند، ج.د. (۱۹۹۰)، "آشنایی با ژئوفیزیک"، رحمتی م و شجاع طاهری ج، مرکز نشر دانشگاهی، ص ۶۲۶.

لطیفی، ر. (۱۳۷۹)، پایان نامه ارشد: "بررسی زمین شناسی و پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های نفوذی جنوب و شمال غرب ظفرقند" دانشکده علوم گروه- زمین شناسی، دانشگاه اصفهان.

محل، م. و پروهان، ن. (۱۳۸۴)، "هندسه و سینماتیک سامانه گسل قم- زفره و اهمیت آن در زمین ساخت ترافشاری"، مجله علوم زمین، سال دوازدهم، شماره ۵۶، ص ۷۲-۸۳.

محمدی، س. (۱۳۷۴)، پایان نامه ارشد: "بررسی ولکانیسم ترشیاری منطقه اردستان (ایران مرکزی)"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

نبوی، م. ج. (۱۳۵۵)، "دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ص ۱۰۹.

وکیلی، ف. (۱۳۸۲)، پایان نامه ارشد: "بررسی انیزوتروپی خودپذیری مغناطیسی در توده گرانیتی شاهکوه"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه تهران.

Reference

- Agard P. , Monie P. , Gerber W. et al (2006), “*Transient, syn-obduction exhumation of Zagros blueschists inferred from P-T-deformation-time and kinematic constraints: implications for Neotethyan wedge dynamics*”. Journal of Geophysical Research 111. DOI:10.1029/2005JB004103.
- Balsley J.R. and Buddington A.F. (1960), “*Magnetic susceptibility anisotropy and fabric of some Adirondack granites and orthogneiss*”, American Journal of Science, 258-A, pp.6-20.
- Benn K. and Allard B. (1989), “*Preferred mineral orientations related to magmatic flow in ophiolite layered gabbros*”, J. of Petrol 30, pp.925-946.
- Berberian M. and King G.C.P. (1981), “*Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran*”, Canadian Journal of Earth Science, v. 18, pp. 210-265
- Bouchez J.L. (1997), “*Granite is never isotropic: An introduction to AMS studies in granitic rocks, In Bouchez J.L. , Hutton D.H.W. and Stephens W.E. (eds), Granite: from segregation of melt to emplacement fabrics*”, Kluwer, Dordrecht, pp.95-112
- Bouchez J.L. , Guillet P. and Chevalier F. (1981), “*Structures decoulement liées à la mise en place du granite Guerande (Loire, Atlantique, France)*”, Bulletin société Géologique, France V/XXIII, pp.387-399.
- Bouchez J.L. , Hutton D.H.W. and . and Stephens W.E. (1997), “*Granite: from segregation of melt to emplacement fabrics*”, Kluwer, pp.358.
- Brun J.P. and Pon J.P (1981), “*Strain patterns of pluton emplacement in crust undergoing non-coaxial deformation*”, Sierra Morena, southern Spain, J. of Struct, Geol, 3, pp.219-229..
- Chadima M. and Jelink V. (2008), “*MFK1-FA series Users Guide, Ver. 2.0*” Advanced Geoscience Instruments Co, Brno, Czech Republic, www. AGICO.com.
- Chappell B.W. and White A.J.R. (2001), “*Two contrasting granite types, 25 years later, Australian*”, J. of Earth Sciences, vol 48, pp. 489-499.
- Chen Y. , Wu H. , Courtillot V. and Gilder S. (2002), “*Larg N-S convergence at the northern edge of the Tibetan plateau? New Early Cretaceous paleomagnetic data*

- from Hexi Corridor, NW China*”, J. of Earth and Planetary Science 201, pp.293-307.
- Chevrier V. , Mathe P.E. , Rochette P. and Gunnlaugsson H.P. (2006), “*Magnetic Study of an Antarctic weathering profile on basalt: Implications for recent weathering on Mars*”, J. of Earth and Planetary Science Letters 244, pp.501-514.
 - Cloos E. (1931), “*Der sierra Nevada pluton*”, Geol, Rundschau 22/6, pp.372-384.
 - Cloos E. (1932), “*Structural Survey of the granodiorite south of Mariposa, California*”, American Journal of Science 23, pp.289-304.
 - Davoudzadeh M. and Schmidt K. (1984), “*A review of the Mesozoic paleogeography and paleotectonic evolution of Iran*” N.J.B Geol palaontol, Abh 168, pp.182-207.
 - Dercourt J. , ZONEESHAIN L.P. , RICOU L.E. et al. (1986), “*Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the Lias*”. Tectonophysics 123, 241 - 315.
 - Didier J. , Duthou J.L. and Lameyre J. (1982), “*Mantle and crustal granites: genetic classification of orogenic granites and the nature of their enclaves*”, J Volcanol, Geotherm Res, 14, pp.125- 132.
 - Dorais M.J. , Whitney J.A. and Roden M.F. (1990), “*Origion of mafic enclaves in the Dinkey Creek pluton*”, Central Sierra Nevada Batholith, California.J.Pet, 31, pp.853-81.
 - Fernandez A. (1987), “*preferred orientation developed by rigid markers in two dimensional simple shear strain. A theoretical and experimental study*”, Tectonophysics, 136, pp.151-158.
 - Ferre E.C. ,Bordarier C. , Marsh. J.S. (2002), “*Magma flow inferred from AMS fabrics in a layered mafic sill, Insizwa, South Africa*”, Tectonophysics 354, pp.1-23.
 - Gaillot P. , Blanquat M. and Bouchez J.L. (2006), “*Effects of magnetic inclusions in anisotropy of magnetic susceptibility: Modes, experiments and implications for igneous rock fabrics quantification*”, Tectonophysics, 3-19, pp.418.
 - Gregoire V , de Saint- Blanquat M. , Nedelec A. and Bouchez J.L. (1995), “*Shape anisotropy versus magnetic interactions of magnetite grains: experiments and application to AMS in granitic rocks*”, Geophys, Res, Letters 22, pp.2765-2768.
 - Griffiths D.H. and King R.F. (1988), “*Applied Geophysics for geologists and engineers*”,Pergamon Press. pp.230.

- Guillet P. , Bouchez J.L. and Vignerresse J.L. (1985), "*Le Complexe granitique de plouaret: mise en evidence structural et gravimetrique de diapirs emboites*", Bulletin societe Geologique, France 8, pp.503-513.
- Guillet P. , Bouchez J.L. and Wagner J. (1983), "*Anisotropy of magnetic susceptibility and magnetic structures in the Guerande granite massif (france)*", Tectonics 2 (5), pp.419-429.
- Hargraves R.B. Johnson D. and Chan C.Y. (1991), "*Distribution anisotropy: the cause of AMS in igneous rocks*", Geophys, Res, Lett, 18, 2193-2196.
- Henry B. , Bayou B. , Derder M.E.M. , Djellit H. , Ouabadi A. , Khaldi A. and Hemmi A. (2007), "*Late Panafrican evolution of the main Hoggar fault zones: Implications of magnetic fabric study in the In Telloukh pluton (Tin Serririne basin, Algeria)*", J. of African Earth Sciences 49, pp. 211-221.
- Hibbard M.J. (1987), "*Deformation of incompletely crystallized magma system, granite gneisses and their tectonic implications*", J. of Geol 95, pp.543-561.
- Holton T. , Jamtveit B. and Meakin p. (2000), "*Noise and oscillatory zoning of minerals*", Geochimica Acta, 64, 1893-1904.
- Horsman E. , Tikoff B. and Morgan S. (2005), "*Emplacement-related fabric and multiple sheets in the Maiden Creek sill , Henry Mountains, Utah, USA*", J of Structural Geology 27, pp. 1426-1444
- Horuda F. (1982), "*Magnetic Anisotropy of rocks and its Application in Geology and Geophysics*", Geophys, Surveys 5, pp. 37-82.
- Hrouda F. and Kahan S. (1991), "*The magnetic fabric relationship between sedimentary and basement nappes in the high tatra mountains*", Slovakia, J. of Struct, Geol, 13, pp.431-42.
- Irene B. Raposo M. , D Agrella-Filho M.S. and Pinese J.P.P (2007), "*Magnetic fabrics and rock magnetism of Archaean and Proterozoic dike swarms in the southern Sao Francisco Craton, Brazil*", J. of Tectonophysics 443, pp.53-71.
- Irene B. Raposo M. , D Agrella-Filho M.S. and Siqueira R. (2003), "*The effect of magnetic anisotropy on paleomagnetic directions in high-grade metamorphic rocks from the Juiz de Fora Complex, SE Brazil*", J. of Earth and Planetary Science Letters 209, pp.131-147.

- Irene B. Raposo M. , Gastal P.M.C (2009), “*Emplacement mechanism of the main granite pluton of the Lavras do Sul intrusive complex, south Brazil, Determined by magnetic anisotropies*”, J. of Tectonophysics 466, pp.18-31.
- Ishihara S. (1997), “*The magnetite-series and ilmenite-series granitic rock*”, Mining Geology, 27, pp.293-305.
- Jelink V. (1981), “*Characterisation of the magnetic fabrics of rocks*”, Tectonophysics 79, pp.7-63.
- Jordanova D. , Jordanova N. , Henry B. , Hus J. , Bascou J. , Funaki M. and Dimov D. (2007), “*Changes in mean magnetic susceptibility and its anisotropy of rock samples as a result of alternating field demagnetization*”, Epsl (Earth and Planetary Science Letters 225, pp.390-401.
- Lanza R. and Meloni A. (2006), “*The earth magnetism: An Introduction for geologists*”, Springer.
- Launeau P. , Cruden A. and Bouchez J.L. (1994), “*Mineral recognition in digital image of rocks: A new approach using multichannel classification*”, The Canadian Mineralogist 32, pp.919-933.
- McBirney A.R and Murase T. (1984), “*Rheological properties of magmas*”, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, V.12, pp.337-357.
- Mollier B. (1984), “*Le granite de Brame-st sylverstre st Goussaud; Ses structures magmatiques; Une etude de la distribution de l'uranium al'echelle du grain*”, unpubl, Thesis uni. Nantes, CREUG Mem, Nancy, France, 7, pp.172.
- Naba S. , Lompo M. , Debat P. , Bouchez J.L. and Béziat D. (2003)” *Structure and emplacement model for late-orogenic Paleoproterozoic granitoids: the Tenkodogo – Yamba elongate pluton (Eastern Burkina Faso)*”, Journal of African Earth Sciences, Vol 38, 41-57.
- Nagudi No. , Koberl Ch. , Kurat G. (2003), “*Petrography and Geochemistry of the singo granite ,Uganda and implications for its origin*”, Journal of African earthsciences, 36, pp.1- 14.
- Nayfeh M. and Brussel M. (1985), “*Electricity and magnetism*”, John Wiley and Sons, pp.619.
- O,Reilly W. (1984), “*Rock and mineral magnetism*”, Blackie, Glasgow,uk, pp.220.
- Orsted's , (1820), “*Orsted's Paper:The discovery of electromagnetism*”, J. of fur chemie and physic, 29, pp.275-281.

- Panozzo- Heilbronner R. (1992), *“The Autocorrelation function: An image processing tool for fabric analysis”*, Tectonophysics, 212, pp.351-370.
- Paterson S.R. , Vernon R.H. and Toshiba O.T. (1989) *“A review for the identification of magmatic and tectonic foliations in granitoids”*, J. of Structural Geology II(3), pp. 349-363.
- Pearce J.A. , Harris B.W. and Tindle A.G. (1984), *“Trace element of iseriminant diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks”*, Journal of petrology No 25, PP.956-983.
- Pitcher W.S. (1993), *“The nature and origin of granite”*, Chapman & Hall publications, pp.321.
- Pourhoseini F. (1981), *“Petrogenesis of Iranian plutons, a study of the Natanz and Bazman Intrusive complexes”*, Ph.D, Cambridge.U.K., Geological survey of Iran, Report No 53, 1983
- Ricou L.E. , Braud J. and Brunn J.H. (1977) *“Le Zagros”*, Mém. h. sér. Société Géologique de France 8, 33-52.
- Robinson E. and Coruh C. (1988), *“Basic exploration geophysics”*, John Wiley and Sons, pp.562.
- Roman-Berdiel T. , Aranguren A. , Cuevas J. and Tubia. J.M. (1998), *“Compressional granite-emplacment model: Structural and magnetic study of the Trives Massif (NW Spain)”*, Lithos 44(37-52).
- Sadeghian M. , Bouchez J.L. , Nedelec A. , Siqueir R. and Valizadeh M.V. (2005), *“The granite pluton of Zahedan (SE Iran): a petrological and magnetic fabric study of a syntectonic sill emplaced in a transtensional setting”*, J. of Asian Earth Sciences 25, pp.301-327.
- Saint- Blanquat (de) M. and Tikoff B. (1997), *“Development of magmatic to solid-state fabrics during syntectonic emplacement of the Mono Creek Granite Sierra Nevada batholiths”*, In: Bouchez J.L. , Hutton D.H.W. and Stefens W.E. (Eds.), Granite from segregation of melt to emplacement fabrics, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, pp.231-252.
- Shand S.J. (1943), *“Eruptive Rocks.Therrgenesis, composition, classification and their relation to deposits”*, Thomas Murby and Co, London, pp.448.

- Siegesmund S. , Ullemeyer K. and Dahms M. (1995), “*control of magnetetic rock fabrics by mica preferred orientation: a quantitative approach*”, J. of Structural Geology 17, pp.1601-1613.
- Stacey F.D. , Joplin G. and Lindsay J. (1960), ”*Magnetic anisotropy and fabric of some foliation rocks from SE Australia*”, Geofisica pure e appcata 47, pp.30-40.
- Stephenson A. (1994), “*Distribution Anisotropy: two simple for magnetic lineation and foliation*”, phys, Earth planet, Inter, 82, pp 49-53.
- Takahashi M. , Aramaki S. and Ishihara S. (1980), “*Magnetite series/ Ilmenite series vs.I type/ S type granitoids*”, Mining geology special issue, no.8, pp.13-28.
- Talbot J.Y. , Chen Y. ,Faure M. (2005), “*Magnetic fabric study of the Aigoual-saint Guiral- liroh granite pluton (French massif central) and relation ships with it associated dikes*”, J. of Geophysical Research, vol 110, B 121060.
- Tarling D.H. and Hrouda F. (1993), “*The magnetic Anisotropy of rocks*”, Chapman & Hall, London. pp.217.
- Vigneresse J.L. (2004), “A new paradigm for granite generation”, Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences 95, pp.11-24.

Abstract

Zafarghand granitoidic pluton is located in the 40 km of SE Ardestan and 160 km of NE Isfahan. This pluton is one of the granitoidic pluton of Orumieh Dokhtar structural zone and its lithological composition range includes: gabbros, diorites, granodiorites and granites (show range of acidic composition to basic). Diorite and granodiorite composition include the main part of this pluton. Gabbros outcropped in the very limited areas (with a few kilometers extent) and they gradually evolved to diorite. Granites mainly have whitish cream color and they intruded in the main parts of Zafarghand granitoidic pluton in the form of dike or small stocks, and they are the evidence of late stage magmatic activities of this pluton. Mafic microgranular enclaves are present in very extensive area and they confirm magma mixing process during formation of this pluton. This pluton was intruded in Eocene volcanoclastic rocks and Eocene volcanic and volcano sedimentary are host rocks. Some andesitic dikes cut host rocks and granitoidic pluton. This pluton investigated in the light of Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS) method. Emplacement mechanism of granitoidic rocks is it possible to determine by AMS method. In this direction, we took 294 cores and 1008 samples from 123 stations. Magnetic parameters of these samples have been measured in the magnetic lab of Shahrood University of technology by MFK1-FA kappabridge machine. The measured mean magnetic susceptibility (K_m in μSI) of the different rock groups are as follows: Gabbros (38120), diorites (26558), granodiorites (16922) and granites (9885). Based on these values gabbros and diorites have higher magnetic susceptibility. K_m values which they are more than (500 μSI) indicate that studied granitoidic rocks are ferromagnetic and correlate with I-type granitoids. This characteristic confirmed by the presence of magnetite in thin sections, polished sections and thermal magnetic diagrams. The range of anisotropy parameter (P) increase from granite to diorite. The range of shape parameter (T) are between (-0.754) to (+0.985). Magnetic ellipsoid forms often are positive and Prolate.

Magnetic lineations and foliations which define on the base of magnetic parameters, it is possible to divide this pluton to 5 domains (1A ,1B ,2 ,3 ,4 و 5) , based on field observations, patterns of magnetic lineations and foliations, dip of magnetic lineations, mean magnetic susceptibility, magnetic anisotropy and shape parameter. Magnetic lineation and foliations parameters in diorite and gabbros have higher dip and shows they probably are the main magma feeder zone (2 & 4 domains).So, diorite and gabbros shows very steep magnetic lineations in 2 & 4 domains and it looks like these domains is the main feeder zone of Zafarghand granitoidic pluton.

In the other parts of this pluton, dips of magnetic lineations and foliations are very low and are subhorizontal. These characteristics illustrate that these domains have been emplaced as a large sill in 1A ,1B ,3 and 5 domains. Moreover, existence of fragmented and buoyant mafic dikes (with subhorizontal position) confirms this model of emplacement.

Keywords: Zafarghand; AMS method; Magnetic susceptibility; Magnetic lineations and foliations.



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Science

**Investigation on the emplacement mechanism of the south of
Zafarghand (Ardestan) granitoidic pluton by AMS method.**

Negar Gavanji

Supervisor:

Dr. Mahmoud sadeghian

Advisors:

Dr. Habibollah Ghasemi

Dr. Ramezan Ramezani omali

July 2010