

## Ground magnetic survey over an aeromagnetic anomaly in the Dahaneh Siah copper deposit and KC5 exploration prospect (Bardaskan)

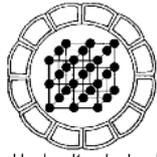
M. R. Haidarian Shahri, M. H. Karimpour, A. Malekzadeh

*The Geology department, Ferdowsi University of Mashhad  
E-mail: hshahri@ferdowsi.um.ac.ir*

(Received: 16/06/2005, received in revised form: 08/08/2005)

**Abstract:** KC5 copper exploration prospect is located 80 Km to the northwest of Bardaskan and 4 Km to the Northeast of Dahaneh Siah copper mine in Khorasan Razavi. KC5 and Dahaneh Siah areas belong to Sabzevar geological Zone. Copper mineralization is observable mainly as secondary minerals such as Malachite and Chlorite which fills joints and fractures in a faulty contact at the boundary of the volcanic and Oriyan sedimentary (carbonaceous and tuff) rocks. High intensity ellipsoidal aeromagnetic anomaly overlies the boundary between the volcanic and carbonaceous rocks which follows old abandoned copper mines and extends to the KC5 prospect and Dahaneh Siyah area. Studies indicate the presence of magnetite up to maximum 5% in the volcanic rocks. Magnetic susceptibilities of the volcanic rocks in the KC5 west, KC5 east and Dahaneh Siyah show that this parameter is 2 times smaller in the first area than in the second and third. Magnetic anomalies of the two volcanic units in the KC5 east are similar but their amplitudes are lower than the anomalies produced by the same units in the KC5 west. Anomaly amplitudes of the Dahaneh Siyah volcanic are smaller than those produced by the same volcanic unit in the KC5 west and east. Lower magnetic susceptibilities of surface volcanic samples in the KC5 west and their higher amplitude anomalies in comparison with the anomalies from similar volcanic units in the KC5 east and Dahaneh Siyah implies that the source of the anomaly and main mineralization at KC5 west must be deep. Correlation of aeromagnetic anomaly with old abandoned copper mine (including the Dahaneh Siyah copper mine and the KC5 prospect area), upper boundary of the volcanic and carbonaceous sediment and geochemical anomaly of the region are indications of the relation of main mineralization with aeromagnetic anomaly.

**Keywords:** *Magnetic susceptibility, Magnetic anomaly, KC5, Dahaneh Siah.*



## مغناطیس سنجیهای زمینی بر روی بی‌هنجاریهای مغناطیسی هوابردی در منطقه معدن مس دهنه سیاه و منطقه اکتشافی KC5 (بردسکن)

محمد رضا حیدریان شهری، محمد حسن کریم پور و آزاده ملک زاده سفارودی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد  
E-mail: hshahri@ferdowsi.um.ac.ir

(دریافت مقاله ۸۴/۳/۲۶، دریافت نسخه نهایی ۸۴/۵/۱۷)

**چکیده:** محدوده اکتشافی مس KC5 در ۸۰ کیلومتری شمال غرب بردسکن و ۴ کیلومتری شمال شرقی معدن مس دهنه سیاه در خراسان رضوی است. مناطق KC5 و دهنه سیاه جزء زون زمین شناسی سبزوار هستند. کانی سازی مس بیشتر در غالب کانیهای ثانویه ملاکیت و کالکوزیت به صورت پرکننده درز و شکستگیها در مرز سنگهای آتشفشانی و سنگهای سری عریان (کربنات و توف)، که گسلی است مشاهده می شود. بی‌هنجاری مغناطیس سنجی هوابردی بیضی شکل با شدت بالایی روی مرز بین سنگهای آتشفشانی و سنگهای کربناته معدن مس قدیمی متروکه را تعقیب کرده و تا منطقه اکتشافی KC5 و معدن مس دهنه سیاه ادامه می دهد. مطالعات وجود مگنتیت حداکثر تا ۵ درصد در سنگهای آتشفشانی را نشان می دهد. پذیرفتاریهای مغناطیسی سنگهای آتشفشانی در مناطق KC5 غربی، KC5 شرقی و دهنه سیاه نشان می دهد که این پارامتر در اولی نصف دومی و سومی است. بی‌هنجاریهای مغناطیسی واحدهای آتشفشانی در KC5 شرقی تفاوت چندانی با یکدیگر نداشته اما دامنه آنها کمتر از بی‌هنجاریهای مربوط به همان واحدها در منطقه KC5 غربی است. دامنه بی‌هنجاری واحد آتشفشانی دهنه سیاه از بی‌هنجاریهای همان واحد در مناطق KC5 غربی و شرقی کوچکتر است. پذیرفتاری مغناطیسی کوچکتر نمونه های سطحی واحدهای آتشفشانی در منطقه KC5 غربی و بی‌هنجاری با دامنه بزرگتر آنها در مقایسه با بی‌هنجاریهای واحدهای آتشفشانی مشابه در KC5 شرقی و دهنه سیاه می رساند که باید خاستگاه بی‌هنجاری مغناطیسی و کانی سازی اصلی در منطقه KC5 غربی عمیق باشد. هم آهنگی بی‌هنجاری مغناطیسی هوابردی با معدن مس قدیمی (از جمله معدن مس دهنه سیاه و منطقه اکتشافی KC5)، مرز فوقانی بین سنگهای آتشفشانی و ته نشسته های کربناته و بی‌هنجاریهای ژئوشیمیایی نشان دهنده ارتباط کانی سازی اصلی با بی‌هنجاری مغناطیسی است.

**واژه های کلیدی:** پذیرفتاری مغناطیسی، بی‌هنجاری مغناطیسی، KC5، دهنه سیاه و بردسکن.

## مقدمه

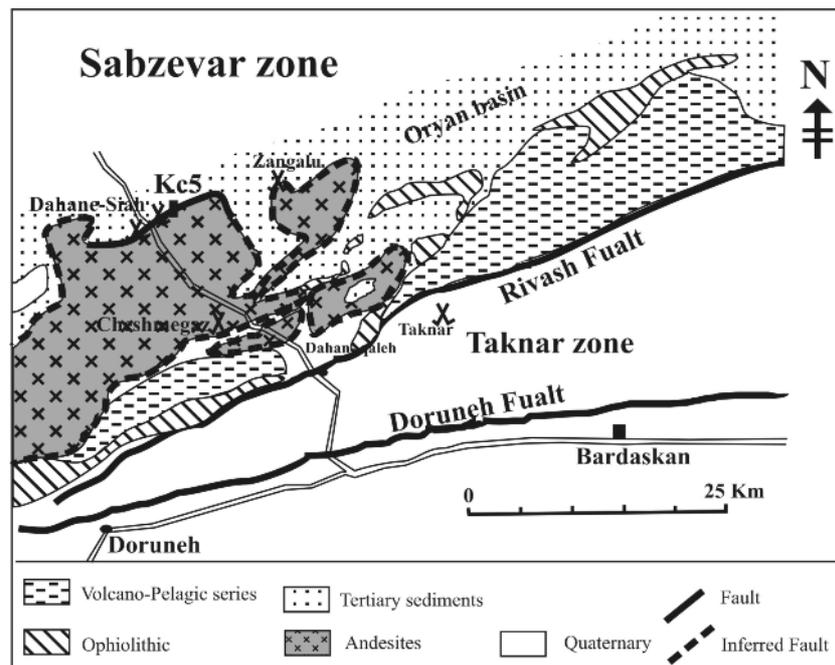
محدوده اکتشافی مس KC5 در ۸۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان بردسکن و در ۴ کیلومتری شمال شرقی معدن مس دهنه سیاه در محدوده خراسان رضوی قرار دارد. از نظر ساختاری این دو منطقه جزئی از زون زمین‌شناسی سبزوار محسوب می‌شوند. زمین‌شناسی زون سبزوار متشکل از سنگهای آتشفشانی پلاژیک، افیولیت، سنگهای آتشفشانی و تهنشستهای عریان بوده و به وسیله گسل تکنار (ریوش) در جنوب و گسل شاهرود در شمال محدود می‌شود (شکل ۱). در سمت غرب مرز جنوبی این زون گسل درونه است [۱ تا ۶]. شکل ساختاری این زون متأثر از گسلهای محدودکننده آن بوده به‌طوری‌که روند بسیاری از مجموعه‌های چین خورده هماهنگ با گسلهای محدودکننده آن (شرقی- غربی تا شمال شرقی- جنوب غربی) است. کانی‌سازی مس در هر دو منطقه بیشتر در غالب کانیهای ثانویه مالاکیت و کالکوزیت (در سطح، کندوکاوه‌های قدیمی و مغزه‌های حفاری دو چاه از دهنه سیاه) به صورت پرکننده درز و شکستگیها در مرز فوقانی واحد آتشفشانی (آندزیتی) و بخش تحتانی تهنشستهای عریان که یک مرز گسلی است، مشاهده می‌شود.

نقشه ۱:۵۰۰۰۰ مغناطیس‌سنجی هوابردی سازمان انرژی اتمی (۸-۱۹۷۶) با فاصله خطوط پرواز ۴۰۰ الی ۱۰۰۰ متر و ارتفاع پرواز ۱۲۰ تا ۱۸۰ متر بی‌هنجاری مغناطیسی بیضی شکل با شدت بالایی را بر روی سنگهای آتشفشانی (آندزیتها) منطقه KC5 نشان می‌دهد که در جهت جنوب غربی تا معدن مس دهنه سیاه ادامه دارد (شکل ۲) [۷]. این بی‌هنجاری در امتدادی نسبتاً طولانی با معادن مس متروکه قدیمی، بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی ناحیه‌ای و نیز شاخصهای معدنی هم‌آهنگی دارد. هدف از این تحقیق پیدا کردن ارتباط بین بی‌هنجاری با شدت بالای مغناطیس‌سنجی هوایی مشاهده شده و کانی‌سازی مس در معدن مس دهنه سیاه است. نتایج این ارتباط می‌تواند به منطقه اکتشافی KC5 که همان واحد سنگی، ویژگیهای کانی‌سازی و بی‌هنجاری مغناطیس‌سنجی هوایی را دارد تعمیم داده شود.

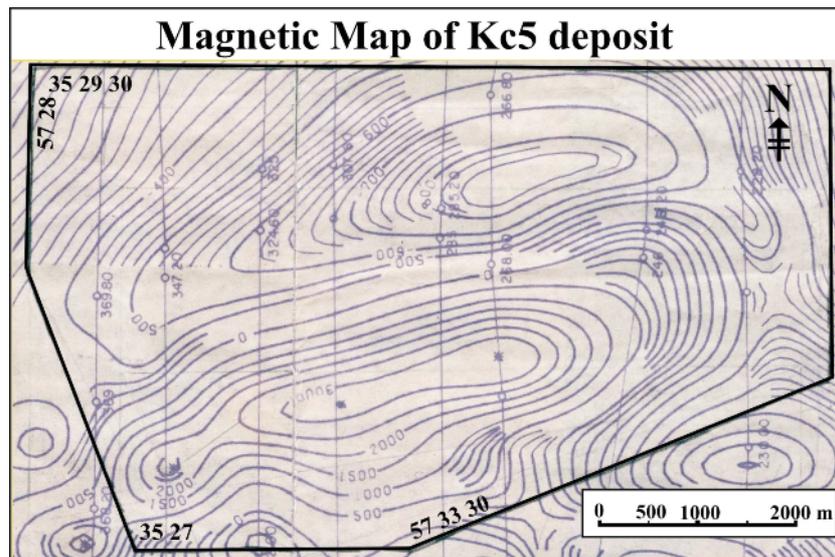
## روش مطالعه

به منظور بررسی ارتباط زمین‌شناسی - کانی‌سازی منطقه و پاسخهای مغناطیسی آن، مطالعات در دو بخش زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی انجام شد. مطالعات زمین‌شناسی - کانی‌سازی شامل:

- ۱- تصحیح نقشه زمین‌شناسی محدوده اکتشافی مس KC5 بر روی نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر.
- ۲- مطالعه ۲۳ مقطع نازک و ۲ بلوک صیقلی از KC5 و دهنه سیاه (از سطح در KC5 و از مغزه‌ها در دهنه سیاه).
- ۳- مطالعه مغزه‌های حفاری چاه شماره ۱۲ به عمق ۹۲/۸۵ متر و چاه شماره ۲۸ به عمق ۶۰ متر از معدن دهنه سیاه.
- ۴- مطالعات کانی‌شناسی با استفاده از XRD محتویات داخل حفره‌های سنگهای آتشفشانی ۴ نمونه.



شکل ۱ نمای زون سبزوار و واحدهای تشکیل دهنده آن (با تغییرات پس از [۱] [۷]).



شکل ۲ بی‌هنجاری مغناطیسی مثبت روی محدوده KC5 (برگرفته از نقشه ۱:۵۰۰۰۰ مغناطیس هوایی سازمان انرژی اتمی).

## مطالعات ژئوفیزیکی شامل:

۱- اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی روی ۶۵ نمونه از واحدهای آتشفشانی در سطح زمین در هر دو منطقه و مغزه‌های دهنه سیاه، نمونه‌های سرباره معدن دهنه سیاه و چند نمونه آهکی - مارنی از KC5.

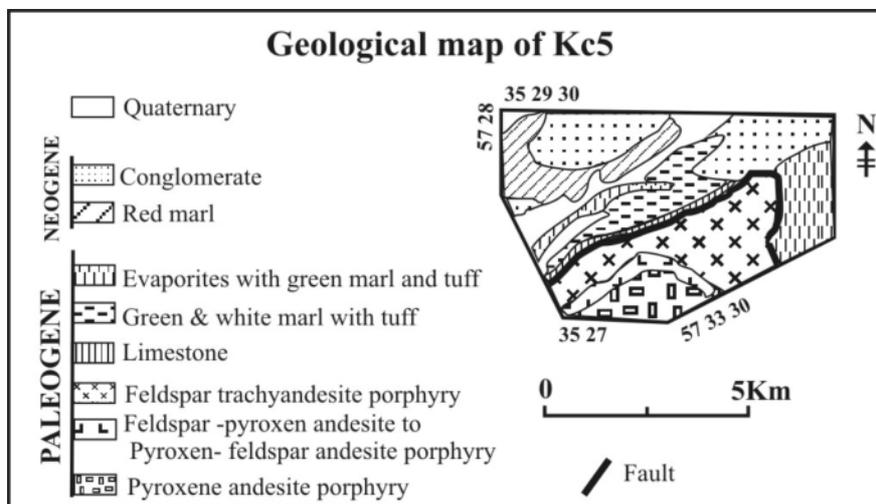
۲- اندازه‌گیری شدت کل میدان مغناطیسی (TMI) جمعاً در ۲۳۶ نقطه (هشت نیمرخ) دو منطقه که ۵۲ نقطه آن به دهنه سیاه و بقیه متعلق به KC5 تعلق دارد.

مغناطیس سنج مورد استفاده از نوع پروتون مدل ENVI با دقت ۰/۱ گاما و پذیرفتاری سنج به کار برده شده مدل GMS2 با دقت  $1 \times 10^{-5}$  SI بوده که هر دو ساخت شرکت سینترکس کانادا و متعلق به بخش زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد بوده است.

## زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی

زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی واحدهای آتشفشانی منطقه KC5 و دهنه سیاه توسط کریم‌پور و ملک‌زاده [۸] و حیدری و همکاران [۹] به تفصیل تشریح شده است. زمین‌شناسی محلی محدوده اکتشافی KC5 و دهنه سیاه بیشتر شامل مجموعه سنگهای آتشفشانی و تهنستی ترشیری است.

واحدهای آذرین محدوده KC5 از گدازه‌های آندزیتی زیر دریایی نهشته در یک حوضه کم-عمق تشکیل شده که با آهکهای غنی از فسلیلهای دوکفهای و نومولیت به سن پالئوسن-اوسن پوشیده شده است. مجموعه آتشفشانی از سه واحد سنگی شامل پیروکسن آندزیت پورفیری، فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری و واحد انتقالی بین آن دو یعنی، فلدسپار پیروکسن آندزیت تا پیروکسن فلدسپار آندزیت پورفیری تشکیل شده است (شکل ۳).



شکل ۳ نقشه زمین‌شناسی محدوده KC5 (برگرفته از [۵] با تغییرات اساسی [۷])

واحد پیروکسن آندزیت پورفیری در آغاز فعالیتهای آتشفشانی فوران کرده و به دلیل داشتن درزه‌ها و شکستگیها و بلورهای درشت تا اندازه‌ای دگرسان شد و سپس تحت تأثیر فرسایش فیزیکی قرار گرفت و تپه ماهورهایی با پستی و بلندی‌های کم را در محدوده KC5 تشکیل داده است. این واحد در معدن مس دهنه سیاه دیده نمی‌شود و بیشتر از درشت بلورهای کلینوپیروکسن در حد اوژیت - اژرین و کمی دیوپسید به میزان ۳۰ تا ۴۰ درصد با بافت پورفیری تا گلوپورفیری تشکیل شده است. کانیهای زمینه شامل پیروکسن، پلاژیوکلاز، کانیهای اوپک و کانیهای حاصل از دگرسانی است. مقدار کانیهای اوپک در این سنگها قابل توجه و در حد ۳ تا ۸ درصد است. حفره‌های ناشی از خروج گازهای آتشفشانی در این واحد در حد ۸ تا ۱۰ درصد بوده و با کانیهای دگرسان پر شده‌اند. دگرسانی در این واحد از نوع پروپلیتیک بوده و کانیهای آن شامل کلریت، اپیدوت، کمی زئولیت و کلسیت است. کلریت و اپیدوت در متن سنگ و زئولیت و کلسیت در حفره‌ها قرار دارند.

واحد فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری به صورت نواری صخره‌ساز با روند شمال شرقی - جنوب غربی ارتفاعات محدوده KC5 و دهنه سیاه را تشکیل داده و از سمت شمال با سنگهای تهنشستی عریان پوشیده شده است. در معدن مس دهنه سیاه سنگهای تهنشستی عریان شمال واحد آتشفشانی شامل ماسه سنگ و کنگلومرا و در KC5 سنگ آهک نومولیت‌دار است. واحد فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری از فنوکریستهای پلاژیوکلاز در حد آندزین تا الیگوکلاز و یا آندزین تا لابرادوریت با میانگین ۲۰ الی ۳۰ درصد تشکیل شده است. کانیهای زمینه شامل پلاژیوکلاز، فلدسپار قلیایی، کوارتز، کانیهای اوپک و کانیهای حاصل از دگرسانی است. مقدار کانیهای اوپک در حد ۳ تا ۶ درصد بوده و اندازه آنها در حد ۲ تا ۳ میلیمتر است. حفره‌های ناشی از خروج گازهای آتشفشانی در این واحد آتشفشانی کمتر از واحد پیروکسن آندزیت پورفیری بوده و در حد ۲ تا ۳ درصد است، در عوض قطر حفره‌ها بزرگتر بوده و تا ۲ میلی متر می‌رسد. حفره‌های سنگها اغلب با کانیهای حاصل از دگرسانی مثل زئولیت و کلسیت پر شده است. زئولیت در حاشیه حفره‌ها و یا در متن سنگ به شکل رشته‌ای بوده و به‌طور متوسط به ۱۵ درصد و کلسیت بیشتر در میان حفره‌ها وجود دارد و تا ۵ درصد می‌رسد.

واحد فلدسپار پیروکسن آندزیت تا پیروکسن فلدسپار آندزیت پورفیری یعنی واحد انتقالی در میان واحدهای پیروکسن آندزیت پورفیری در جنوب و فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری در شمال دیده می‌شود. بافت این سنگ پورفیری و دارای بلورهای درشت و کشیده پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن است. مقدار کلینوپیروکسن در سمت واحد پیروکسن آندزیت پورفیری بیشتر بوده و به طرف واحد فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری به تدریج از مقدار آنها کاسته شده و بر مقدار پلاژیوکلاز به عنوان فنوکریست اضافه می‌شود. این حالت ناشی از تبدیل تدریجی واحد پیروکسن آندزیت پورفیری به واحد فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری است. در واحد انتقالی مقدار فنوکریست در حد ۳۰ تا ۴۰ درصد است. کانیهای زمینه پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن،

کوارتز، کمی قلیایی فلدسپار، کانیهای اوپک و کانیهای حاصل از دگرسانی است. کانیهای اوپاک در حد ۲ تا ۳ درصد بوده و میزان حفره‌ها به ۵ تا ۶ درصد می‌رسد که با کانیهای دگرسان پر شده‌اند. دگرسانی بیشتر پروپلیتیک- زئولیتی بوده و کانیهای آن عبارتند از کلریت، اپیدوت، زئولیت و کلسیت.

#### ژئوشیمی منطقه‌ای ناحیه‌ای و کانی‌سازی

بررسی پی‌جوئیه‌های شیمی منطقه‌ای بر اساس تهنشستهای رودخانه‌ای در ورقه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ درونه و بردسکن که از سوی سازمان زمین‌شناسی کشور در سالهای ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۵ [۱۰] انجام شده وجود چندین بی‌هنجاری مس در شمال درونه را نشان می‌دهد. بررسیهای صحرایی نشان می‌دهد که محدوده‌هایی که بر اساس نتایج بررسیهای ژئوشیمیایی مشخص شده بیشتر در مجاورت شاخصهای کانی‌سازی و معادن متروکه قدیمی قرار دارند [۱۱]. دو نمونه از این محدوده‌ها که دارای بی‌هنجاری است، عبارتند از معدن مس دهنه سیاه و منطقه اکتشافی مس KC5. بی‌هنجاری مس در KC5 بیش از ۱۵۰ ppm است [۱۰]. کانی‌سازی منطقه KC5 و دهنه سیاه به تفصیل تشریح شده است [۸ و ۱۱].

معدن مس دهنه سیاه از دیرباز شناسایی شده و آثار کار شدادی و دپوهای زیادی از سرباره در مجاورت کوره‌های قدیمی ذوب مس در منطقه دیده می‌شود. کانی‌سازی بیشتر به صورت رگچه‌های کالکوزیت و مالاکیت به صورت پرکننده درز و شکستگیها در نزدیک مرز فوقانی واحد آتشفشانی فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری با بخشهای تحتانی واحد کنگلومرای ماسه‌ای اتوسن میانی در مرزی گسلی تشکیل شده است. مغزه‌های حفاری نیز بیشتر همان رگچه‌های کالکوزیت را با ضخامت ۲ تا ۳ میلیمتر نشان داده و فاقد کانی‌سازی مگنتیت است. این بخش از کانی‌سازی، بخش اکسیده و ثانویه بوده و کانی‌سازی اولیه قطعاً در عمق وجود دارد (در قسمتهای اصلی کانی‌سازی معدن). کانیهای کوپریت، بورنیت و کالکوپریت نیز به عنوان کانی فرعی این کانسار ذکر شده است [۱۲].

عرض ناحیه کانی‌سازی شده در محل مرز فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری با تهنشستهای ترشیری سری عریان به ۲۰ متر می‌رسد. طول کانی‌سازی به صورت ناپیوسته در طول مرز واحد آتشفشانی با سنگهای رسوبی حتی در خارج از محدوده معدن از شرق به غرب ادامه دارد و به حدود ۴۰ کیلومتر می‌رسد. عیار مس در معدن مس دهنه سیاه نزدیک به ۱ تا ۳ درصد است (زون غنی شده تا ۸ درصد) و ذخیره آن در حدود ۱۰۰۰۰ تن با عیار میانگین ۲ درصد برآورد شده است [۸ و ۹].

در محدوده اکتشافی KC5، کانی‌سازی مشاهده شده نیز بیشتر مالاکیت و کمی کالکوزیت (در کنده‌کارهای قدیمی) به صورت پرکننده درز و شکستگیهاست که با عرضی در حدود ۲/۵ متر در محل مرز واحد فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری و بخش تحتانی واحد آهکی (مرز

گسلی) دیده می‌شود. کنده‌کاریهای قدیمی در تمامی این مرز مشاهده می‌شود. طول زون کانی‌سازی نیز به صورت ناپیوسته (با اندازه طول واحد آتشفشانی و رسوبی) در حدود ۴۰ کیلومتر، در محدوده اکتشافی و خارج از آن ادامه دارد [۸ و ۹].

### دگرسانی

دگرسانی مشاهده شده همراه با کانی‌سازی در معدن مس دهنه سیاه غالباً از نوع زئولیت-کلسیت و کمی پروپلیتیک است. کلسیت بیشتر در وسط حفره‌ها و زئولیت در حاشیه قرار دارد. در منطقه اکتشافی KC5، دگرسانی مرتبط با محلول کانی‌ساز به دو زون پروپلیتیک و زئولیت-کلسیت قابل تفکیک است. اولی در واحد پیروکسن آندزیت پورفیری و دور از کانی‌سازی مشاهده شده و شامل کانیه‌های کلریت و اپیدوت است، و دومی در واحد فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری همراه با کانی‌سازی دیده می‌شود، و شامل زئولیت در متن سنگ و در حاشیه حفره‌ها و کلسیت بیشتر در میانه آنها قرار دارد [۸ و ۹].

به منظور تعیین نوع زئولیتها، محتویات درون حفره‌های سنگهای آتشفشانی از منطقه دهنه سیاه و KC5 خارج و پر از پودر کردن مورد آنالیز XRD قرار گرفتند. بررسیها نشان داد که زئولیتها بیشتر از نوع لامونتیت ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}, 2\text{H}_2\text{O}$ )، واراکیست ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}, 2\text{H}_2\text{O}$ ) و اسکلوپسیت ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}, 3\text{H}_2\text{O}$ ) هستند [۹ و ۱۲].

### اندازه‌گیریهای پذیرفتاری مغناطیسی

پذیرفتاری مغناطیسی یکی از سرشتیهای مغناطیسی سنگ بوده که آگاهی از آن تعبیر و تفسیر مغناطیسی را محدود ساخته و می‌تواند بسیاری از ابهامات را که بر روش مغناطیس‌سنجی اثر می‌گذارد، پاسخ دهد [۱۳ و ۱۴]. به منظور آگاهی از میزان پذیرفتاری مغناطیسی سنگ میزبان (واحد فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری) در معدن مس دهنه سیاه، از دو چاه حفر شده در این واحد اندازه‌گیریهای پذیرفتاری مغناطیسی انجام شد (این دو چاه دور از کانی‌سازی اصلی معدن قرار داشته و چاههای محل کانی‌سازی اصلی که در اختیار شرکت توس مس بود، در اختیار قرار نگرفت). چاه شماره ۱۲ تا عمق ۹۲/۸۵ متر بوده که به طور تصادفی از ابتدا تا انتهای چاه تعداد ۲۵ اندازه‌گیری انجام شد (جدول ۱). محدوده تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی در این واحد بین حداکثر  $\text{SI } 20.32 \times 10^{-5}$  تا حداقل  $\text{SI } 1.11 \times 10^{-5}$  متغیر است (جدول ۱). این میزان پذیرفتاری مغناطیسی اندازه‌گیری شده در محدوده پذیرفتاری مغناطیسی آندزیت قرار می‌گیرد [۱۵]. واحد فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری خود حاوی حدود ۳ تا ۶ درصد مگنتیت بوده که در این میزان پذیرفتاری مغناطیسی اندازه‌گیری شده منعکس شده است.

در چاه شماره ۲۸ با عمق ۶۰ متر، ۱۶ اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی به طور گسترده‌ای از مغزه‌های آن به عمل آمد (جدول ۲). محدوده میزان تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی در این چاه از بیشینه  $\text{SI } 2750 \times 10^{-5}$  تا کمینه  $\text{SI } 3.02 \times 10^{-5}$  متغیر بوده است. مقایسه این محدوده

تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی با مقادیر گزارش شده پذیرفتاری مغناطیسی در منابع ژئوفیزیکی برای سنگهای آندزیتی مطابقت دارد [۱۵]. مقایسه میانگین کل پذیرفتاری مغناطیسی بین دو چاه (جدولهای ۱ و ۲) تغییر محسوسی را نشان نمی‌دهد. تعداد شش اندازه-گیری پذیرفتاری مغناطیسی از سرباره‌های انبوه شده محل معدن انجام شد (جدول ۳).

جدول ۱ پذیرفتاری مغناطیسی چاه شماره ۱۲ از معدن مس دهنه سیاه [۸]

ردیف	عمق نمونه (متر)	پذیرفتاری مغناطیسی (SI)	توضیحات	
۱	۱٫۵	$۱۳۷۹ \times ۱۰^{-۵}$	در ابتدا آثار مالاکیت دیده می‌شود	
۲	۲	$۵۴۷ \times ۱۰^{-۵}$		
۳	۳۸٫۲۰	$۳۵۶ \times ۱۰^{-۵}$		
۴	۴۰٫۲۰	$۱۱۲۳ \times ۱۰^{-۵}$		
۵	۴۳٫۵۸	$۱۱۸۶ \times ۱۰^{-۵}$	واحد سنگی کل چاه واحد فلدسپات تراکی آندزیت پورفیری با آلتراسیون زئولیت - کلسیت تا زئولیت - کلسیت - کلریت می‌باشد.	
۶	۴۵٫۵۵	$۱۳۸۱ \times ۱۰^{-۵}$		
۷	۴۶٫۱۵	$۱۰۱۰ \times ۱۰^{-۵}$		
۸	۴۸٫۴۰	$۱۶۵ \times ۱۰^{-۵}$		
۹	۴۸٫۶۶	$۴۵۷ \times ۱۰^{-۵}$		
۱۰	۵۰	$۱۱۱ \times ۱۰^{-۵}$		
۱۱	۵۱٫۰۶	$۲۶۸ \times ۱۰^{-۵}$		
۱۲	۵۸٫۳۵	$۳۸۲ \times ۱۰^{-۵}$		
۱۳	۵۶٫۹۰	$۴۰۹ \times ۱۰^{-۵}$		
۱۴	۶۳٫۵۰	$۲۰۳۲ \times ۱۰^{-۵}$		
۱۵	۷۰٫۳۰	$۱۳۳۳ \times ۱۰^{-۵}$	در عمق رگچه‌های کالکوزیت دیده می‌شود.	
۱۶	۷۴٫۴۵	$۱۵۲۷ \times ۱۰^{-۵}$		
۱۷	۷۳٫۵۰	$۷۰۲ \times ۱۰^{-۵}$		
۱۸	۵۷٫۷۰	$۱۵۷۵ \times ۱۰^{-۵}$		
۱۹	۸۰٫۳۵	$۹۰۴ \times ۱۰^{-۵}$		
ردیف	عمق نمونه (متر)	پذیرفتاری مغناطیسی (SI)		
۲۰	۷۹٫۹۵	$۳۱۷ \times ۱۰^{-۵}$		
۲۱	۸۴٫۱۰	$۱۵۵۶ \times ۱۰^{-۵}$		
۲۲	۸۶٫۲۵	$۱۲۵۰ \times ۱۰^{-۵}$		
۲۳	۸۷	$۱۷۵۸ \times ۱۰^{-۵}$		
۲۴	۸۸٫۰۵	$۱۶۸۶ \times ۱۰^{-۵}$		
۲۵	۹۲٫۸۵	$۱۹۲۲ \times ۱۰^{-۵}$		

جدول ۲ پذیرفتاری مغناطیسی چاه شماره ۲۸ از معدن مس دهنه سیاه [۸]

ردیف	عمق نمونه (متر)	پذیرفتاری مغناطیسی (SI)	توضیحات
۱	۶٫۸۰	$۱۳۵۱ \times ۱۰^{-۵}$	واحد فلدسپات تراکی آندزیت پورفیری تخلخل و درز شکستگی در واحد سنگی دیده نمی‌شود. دگرسانی شامل رگچه‌های جزئی کلریت و ژئولیت - کلسیت
۲	۹٫۱۵	$۱۸۱۵ \times ۱۰^{-۵}$	
۳	۱۲٫۷۰	$۱۳۲۹ \times ۱۰^{-۵}$	
۴	۱۵٫۶۵	$۸۹۵ \times ۱۰^{-۵}$	
۵	۱۵٫۵۵	$۳۰۲ \times ۱۰^{-۵}$	
۶	۲۳٫۶۵	$۲۳۴۰ \times ۱۰^{-۵}$	
۷	۲۶	$۱۵۲۷ \times ۱۰^{-۵}$	
۸	۳۰٫۴۵	$۱۴۶۵ \times ۱۰^{-۵}$	
۹	۳۵٫۴۰	$۱۷۸۸ \times ۱۰^{-۵}$	
۱۰	۳۷٫۸۵	$۱۷۶۶ \times ۱۰^{-۵}$	
۱۱	۴۲٫۷۰	$۲۰۸۸ \times ۱۰^{-۵}$	
۱۲	۴۵٫۳۰	$۱۸۸۹ \times ۱۰^{-۵}$	
۱۳	۴۹٫۲۵	$۲۰۸۵ \times ۱۰^{-۵}$	
۱۴	۵۲٫۳۵	$۲۷۵۰ \times ۱۰^{-۵}$	
۱۵	۵۷٫۵۵	$۲۴۱۵ \times ۱۰^{-۵}$	
۱۶	۶۰	$۲۶۲۷ \times ۱۰^{-۵}$	

جدول ۳ پذیرفتاری مغناطیسی در نمونه‌های سرباره [۸].

ردیف	پذیرفتاری مغناطیسی (SI)
۱	$۲۵۵ \times ۱۰^{-۵}$
۲	$۱۳۸ \times ۱۰^{-۵}$
۳	$۲۵۸ \times ۱۰^{-۵}$
۴	$۱۱۲ \times ۱۰^{-۵}$
۵	$۲۵۰ \times ۱۰^{-۵}$
۶	$۱۱۵ \times ۱۰^{-۵}$

مقایسه پذیرفتاریهای مغناطیسی سنگ میزبان (جدولهای ۱ و ۲) با سرباره‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد که پذیرفتاری مغناطیسی سرباره‌ها ۱۰ برابر کمتر از فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری یعنی سنگ میزبان است.

همچنین اندازه‌گیریهای پذیرفتاری مغناطیسی از واحد آتشفشانی پیروکسن آندزیت پورفیری و فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری از نمونه‌های بیرون‌زده سنگهای زیر نیمرخهای

مغناطیسی در منطقه اکتشافی KC5 غربی انجام شد (جدولهای ۴ و ۵). مقایسه تغییرات میزان پذیرفتاری مغناطیسی اندازه‌گیری شده در این دو واحد آتشفشانی (جدولهای ۴ و ۵) نشان می‌دهد که تفاوت چندانی در این دو واحد از نظر پذیرفتاری مغناطیسی مشاهده نمی‌شود، اما میزان میانگین در هر دو واحد دو برابر کوچکتر از میانگین منطقه معدن مس دهنه سیاه است. چند نمونه پذیرفتاری مغناطیسی از واحد آهکی-مارنی اندازه‌گیری شد، و چنانکه انتظار می‌رفت، مقدار آن  $SI \ 10^{-5} \times 15$  بوده است و یکدهم از واحدهای آتشفشانی است. در مجموع بررسی پذیرفتاریهای مغناطیسی واحدهای سنگی منطقه اکتشافی KC5 غربی نشان می‌دهد که اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین واحد آهکی-مارنی و واحدهای آتشفشانی وجود دارد، ولی از این نظر بین واحد پیروکسن آندزیت پورفیری و فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری اختلاف چندانی مشاهده نمی‌شود.

### اندازه‌گیریهای مغناطیس زمینی

#### • منطقه معدن دهنه سیاه

دو نیمرخ با امتداد  $S \ 35^{\circ} E$  هر کدام به طول ۲۶۰ متر و به فاصله ۱۲۰ متر از یکدیگر و عمود بر امتداد واحدهای سنگی برای اندازه‌گیری انتخاب شدند. فواصل نقاط اندازه‌گیری برنیمرخها ۱۰ متر در نظر گرفته شد. شروع نیمرخ از محل حوضچه شستشو با مختصات  $35^{\circ} 26' 30''$  عرض شمالی و  $57^{\circ} 27' 24''$  طول شرقی و ارتفاع ۱۲۳۰ متر از سطح دریا آغاز شد. مطابق معمول تصحیح تغییرات روزانه میدان مغناطیسی زمینی با برگشت به نقطه آغاز اندازه‌گیری پس از پایان نیمرخ دوم و تکرار قرائت در همان نقطه که کمتر از ۲ ساعت طول کشید، انجام شد. با دریافت آگاهیهای لازم از پایگاههای مغناطیس‌سنجی معتبر دنیا (NOAA) National Oceanographic and Atmospheric of America که تغییرات روزانه میدان را در روزهای برداشت آرام گزارش کرده بودند این تغییرات نادیده گرفته شدند.

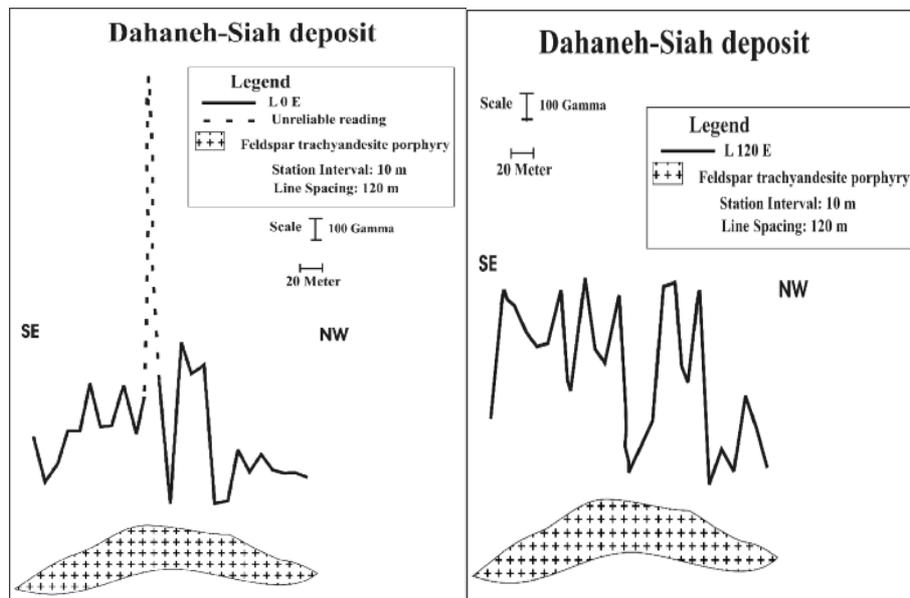
جدول ۴ پذیرفتاری مغناطیسی در واحد پیروکسن آندزیت پورفیری در KC5 غربی [۸].

ردیف	پذیرفتاری مغناطیسی (SI)
۱	$1174 \times 10^{-5}$
۲	$350 \times 10^{-5}$
۳	$670 \times 10^{-5}$
۴	$816 \times 10^{-5}$
۵	$1046 \times 10^{-5}$
۶	$1265 \times 10^{-5}$
۷	$1370 \times 10^{-5}$

جدول ۵ پذیرفتاری مغناطیسی در واحد فلدسپات تراکی آندزیت پورفیری KC5 غربی [۸].

ردیف	پذیرفتاری مغناطیسی (SI)
۱	$۷۳۰ \times ۱۰^{-۵}$
۲	$۱۰۴۰ \times ۱۰^{-۵}$
۳	$۹۷۰ \times ۱۰^{-۵}$
۴	$۷۳۴ \times ۱۰^{-۵}$
۵	$۷۴۵ \times ۱۰^{-۵}$
۶	$۸۹۳ \times ۱۰^{-۵}$

با استفاده از میدان اصلی مغناطیسی منطقه از نقشه مغناطیسی سازمان زمین‌شناسی کشور [۱۶] میدان اصلی به صورت برداری از اندازه‌گیریها کاسته شد. نیمرخ این برداشتها پس از تصحیح روزانه میدان و میدان اصلی در شکل‌های ۴ الف و ب آمده‌اند. دامنه بی‌هنجاریهای مشاهده شده در نیمرخهای شکل‌های ۴ الف و ب بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ گاما متغیر بوده است که نتیجه پراکندگی مگنتیت در زمینه سنگ تعبیر می‌شود. این تغییرات در پذیرفتاری مغناطیسی اندازه‌گیری شده مغزه‌های حفاری نیز مشاهده می‌شود (جدول‌های ۱ و ۲).



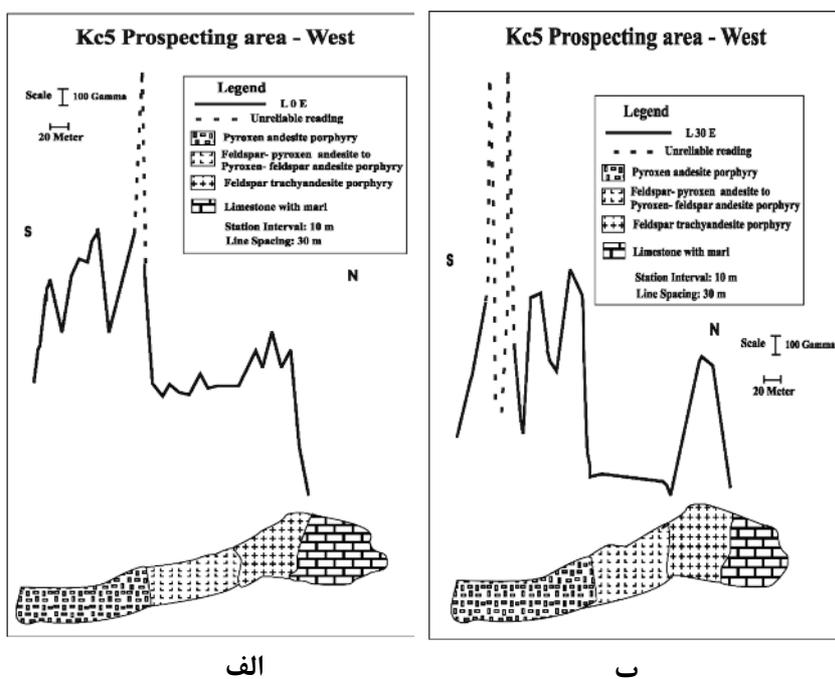
(الف)

(ب)

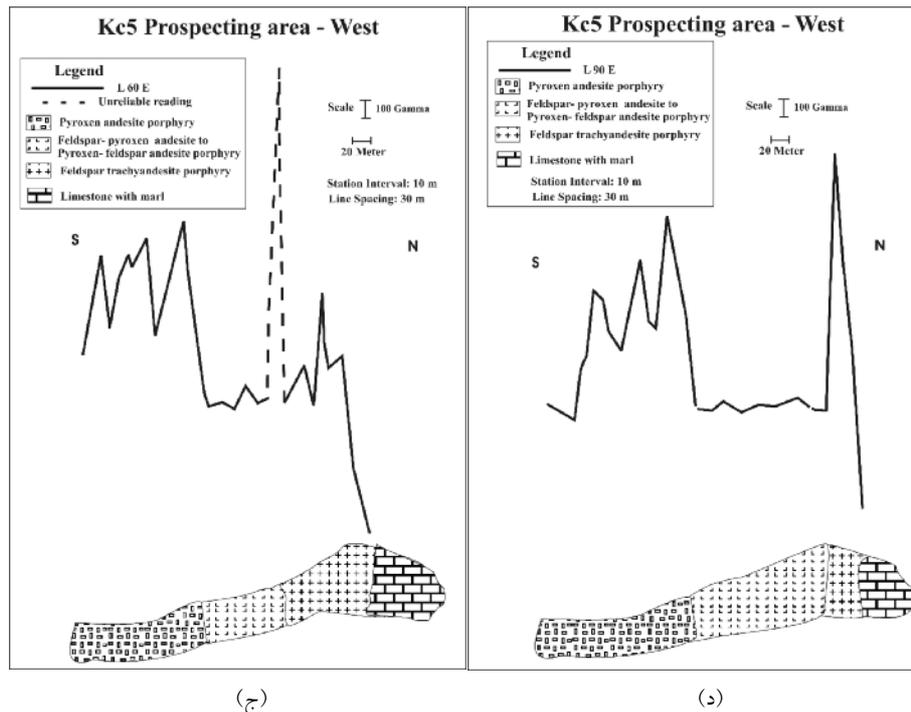
شکل ۴ الف) نیمرخ شدت میدان مغناطیسی L0E در معدن مس دهنه سیاه و واحد سنگی تفسیر شده زیر پوشش آن. ب) نیمرخ شدت میدان مغناطیسی L120E در معدن مس دهنه سیاه و واحد سنگی تفسیر شده زیر پوشش آن [۸].

## • منطقه اکتشافی KC5 غربی

به صورت چشمگیری سنگی جهت اندازه‌گیری مغناطیسی در منطقه اکتشافی KC5 غربی، چهار نیمرخ شمالی- جنوبی به فاصله ۳۰ متر از یکدیگر و به طول تقریبی ۳۵۰ متر عمود بر امتداد واحدهای انتخاب شدند که فاصله نقاط اندازه‌گیری ۱۰ متر بوده است. نیمرخ اول از جنوب به شمال و از نقطه‌ای با مختصات  $۲۷^{\circ} ۳۵'$  عرض شمالی و  $۲۸^{\circ} ۴۲'$  طول شرقی و ارتفاع ۱۲۳۷ متر از سطح دریا آغاز شد. با استفاده از نقشه مغناطیسی سازمان زمین‌شناسی کشور [۱۶] میدان اصلی به صورت برداری از اندازه‌گیریهای کاسته شد. نتایج اندازه‌گیریها پس از تصحیح تغییرات روزانه میدان و تصحیح میدان اصلی به صورت نیمرخهایی در شکل ۵ مشاهده می‌شود. تغییرات دامنه بی‌هنجاری مغناطیسی از جنوب به شمال به وضوح در هر چهار نیمرخ برداشت شده نشان دهنده واحدهای سنگی مختلف زیر پوشش این نیمرخهاست. قدیمی‌ترین واحد آتشفشانی یعنی پیروکسن آندزیت پورفیری در سمت جنوب دارای بیشترین دامنه بوده که محدوده‌ای از حداقل ۴۰۰ تا ۹۰۰ گاما دارد. این واحد با گسترشی در حدود ۱۳۰ متر بر نیمرخها دیده می‌شود (شکل ۵).



شکل ۵ الف) نیمرخ شدت میدان مغناطیسی L0E در KC5 غربی و واحدهای سنگی تفسیر شده زیر پوشش آن. ب) نیمرخ شدت میدان مغناطیسی L30E در KC5 غربی و واحدهای سنگی تفسیر شده زیر پوشش آن [۸].



شکل ۵ ج) نیمرخ شدت میدان مغناطیسی L60E در KC5 غربی و واحدهای سنگی تفسیر شده زیر پوشش آن. د) نیمرخ شدت میدان مغناطیسی L90E در KC5 غربی و واحدهای سنگی تفسیر شده زیر پوشش آن [۸].

جوان‌ترین واحد سنگی شامل آهک- مارن- توف (واقع در شمال) است که بی‌هنجاری مغناطیسی در آن جهت به شدت کاهش می‌یابد شکلهای ۵ (الف، ب، ج و د). واحد آتشفشانی فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری در زیر واحد جوان ته‌نشستی قرار دارد که دامنه کمتری نسبت به واحد پیروکسن آندزیت پورفیری نشان می‌دهد. دامنه کمینه در این واحد ۴۰۰ گاما و بیشینه آن ۵۰۰ گاما است. بین دو واحد آتشفشانی یاد شده و در فاصله تقریبی ۱۳۰ متر الی ۲۳۰ متر، دامنه بی‌هنجاری مغناطیسی تغییر چندانی نداشت و از نظر بزرگی بین دو واحد آتشفشانی بوده و واحد انتقالی تفسیر می‌شود. مطالعات مقاطع میکروسکوپی نمونه‌های برداشت شده، تبدیل تدریجی از پیروکسن آندزیت پورفیری به فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری را نشان می‌دهد که تفسیر مغناطیسی را تأیید می‌کند [۸].

میزان یکسان پذیرفتاری مغناطیسی (جدولهای ۴ و ۵) در نمونه‌های سطحی پیروکسن آندزیت پورفیری و فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری در منطقه KC5 غربی می‌رساند که اگر تغییراتی در عمق وجود نداشته باشد، باید پاسخ مغناطیسی اندازه‌گیری شده در روی این دو

واحد سنگی هماهنگ باشد. مقایسه دامنه بی‌هنجاری مغناطیسی اندازه‌گیری شده ناشی از پیروکسن آندزیت پورفیری و فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری شکل ۵ نشان می‌دهد که اولی در حدود ۴۰۰ گاما بزرگتر از دومی است. این نشان می‌دهد که خاستگاه بی‌هنجاری با دامنه بزرگتر باید در عمق واحد پیروکسن آندزیت پورفیری باشد.

مقایسه پذیرفتاریهای مغناطیسی اندازه‌گیری شده نمونه‌های سطحی از واحد فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری در منطقه KC5 غربی و مغزه‌های حفاری از همان واحد آتشفشانی در منطقه معدن مس دهنه سیاه نشان می‌دهد که میانگین این پارامتر اندازه‌گیری شده در اولی نصف از دومی است (جدول ۶). با توجه به بی‌هنجاری مغناطیسی با دامنه کوچکتر ناشی از فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری در منطقه دهنه سیاه نسبت به بی‌هنجاری ایجاد شده از همین واحد آتشفشانی در منطقه KC5 غربی و نیز پذیرفتاری مغناطیسی کمتر اندازه‌گیری شده از این سنگهای آتشفشانی در منطقه KC5 غربی نسبت به منطقه دهنه سیاه چنین نتیجه‌گیری می‌شود که باید افزایش پذیرفتاری مغناطیسی و در نتیجه خاستگاه بی‌هنجاری با دامنه بزرگتر در منطقه اکتشافی KC5 غربی در عمق قرار داشته باشد. وجود کانی‌سازی ثانویه همراه با کانی‌سازی اصلی در منطقه دهنه سیاه در فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری و عدم کانی‌سازی اصلی در این واحد آتشفشانی در منطقه KC5 غربی نشان می‌دهد که کانی‌سازی اصلی در منطقه KC5 غربی باید در عمق باشد.

همچنین مقایسه دامنه بی‌هنجاری مغناطیسی اندازه‌گیری شده بر واحد پیروکسن آندزیت پورفیری در منطقه اکتشافی KC5 غربی و فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری در منطقه معدن مس دهنه سیاه (جدول ۶) نشان می‌دهد که پیروکسن آندزیت پورفیری با وجود پذیرفتاری مغناطیسی کمتر، با دامنه بی‌هنجاری از آن دو برابر فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری است. این یافته‌ها مجدداً تایید دیگری است بر عمق مشترک خاستگاه بی‌هنجاری مغناطیسی و کانی‌سازی پیروکسن آندزیت پورفیری در منطقه اکتشافی KC5 غربی.

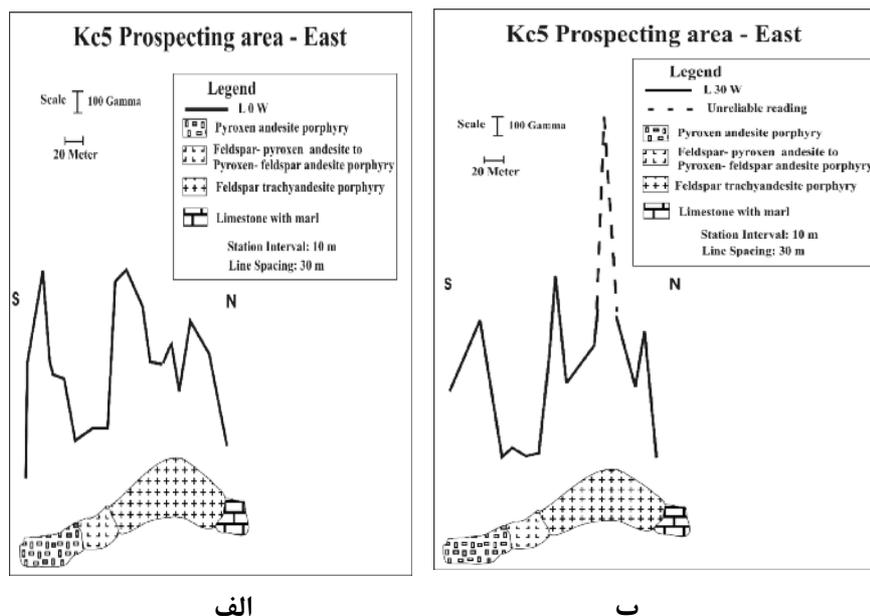
#### • منطقه KC5 شرقی

دو نیمرخ شمالی - جنوبی به طول ۲۲۰ متر و به فاصله ۳۰ متر از یکدیگر و عمود بر روند سنگهای آتشفشانی در منطقه KC5 شرقی انتخاب شدند که در آنها فاصله نقاط اندازه‌گیری ۱۰ متر در نظر گرفته شد. نیمرخ اول در جنوب به مختصات "۲' ۲۸' ۳۵° عرض شمالی و "۳۳' ۳۰° طول شرقی و ارتفاع ۱۳۳۳ متر بوده است که در ۲ کیلومتری شرق روستای محمد زورآب قرار داشت. نتایج برداشتها پس از تصحیح تغییرات روزانه میدان و تصحیح میدان اصلی در شکل‌های ۶ الف و ب نشان داده شده‌اند. پاسخ مغناطیسی منطقه KC5 شرقی مانند منطقه KC5 غربی چهار واحد سنگی را نشان می‌دهد. از جنوب به شمال واحدهای سنگی پیروکسن آندزیت پورفیری، واحد انتقالی، فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری و واحد آهکی - مارنی - توفی

تفسیر شده است. مقایسه بی‌هنجاری مغناطیسی ناشی از واحدهای آتشفشانی در منطقه اکتشافی KC5 شرقی با KC5 غربی، شکلهای ۵ و ۶، نشان می‌دهد که در اولی دو واحد آتشفشانی پاسخ مغناطیسی مشابهی داشته، در حالیکه در دومی دامنه بی‌هنجاری ناشی از پیروکسن آندزیت پورفیری بزرگتر از فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری است. چهار اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی از نمونه‌های سطحی آتشفشانی منطقه KC5 شرقی انجام شد (جدول ۷) که میزان یکسان پذیرفتاری مغناطیسی را نشان داده و یکسان بودن دامنه بی‌هنجاریهای حاصل از این واحدهای آتشفشانی را در این منطقه تأیید می‌کند.

جدول ۶ مقایسه پذیرفتاری مغناطیسی و دامنه بی‌هنجاری در KC5 غربی و دهنه سیاه

پیروکسن آندزیت پورفیری		فلدسپات تراکی آندزیت پورفیری		پارامتر اندازه‌گیری شده
دهنه سیاه	KC5 غربی	دهنه سیاه	KC5 غربی	
-	۹۰۰ تا ۴۰۰	۵۰۰ تا ۲۵۰	۵۰۰ تا ۴۰۰	دامنه بی‌هنجاری (گاما)
پذیرفتاری مغناطیسی (SI)				
-	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۱۱۱	۰/۰۰۰۳	حداقل
-	۰/۰۱۳۷	۰/۰۲۰۳۲	۰/۰۱۰۴	حداکثر
-	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۸۵۲	متوسط



شکل ۶ الف) نیمرخ شدت میدان مغناطیسی L0W در KC5 شرقی و واحدهای سنگی تفسیر شده زیر پوشش آن. ب) نیمرخ شدت میدان مغناطیسی L30W در KC5 شرقی و واحدهای سنگی تفسیر شده زیر پوشش آن [۸].

جدول ۷ مقدار پذیرفتاری مغناطیسی در واحدهای آتشفشانی KC5 شرقی [۸].

واحد سنگی	پذیرفتاری مغناطیسی (SI)
پیروکسن آندزیت پورفیری	$1816 \times 10^{-5}$
پیروکسن آندزیت پورفیری	$1995 \times 10^{-5}$
فلدسپات تراکی آندزیت پورفیری	$1824 \times 10^{-5}$
فلدسپات تراکی آندزیت پورفیری	$655 \times 10^{-5}$

مقایسه پذیرفتاری مغناطیسی و دامنه بی‌هنجاری مغناطیسی بین مناطق دهنه سیاه، KC5 غربی و KC5 شرقی نشان می‌دهد که اولی و سومی بیشتر به هم نزدیک بوده و با دومی از نظر دو کمیت یاد شده اختلاف دارد.

### بحث و برداشت

پذیرفتاری‌های مغناطیسی اندازه‌گیری شده روی واحد فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری از مغزه‌های حفاری (از دوچاه که خارج از کانی‌سازی اصلی بوده و ضمناً کانی‌سازی در آنها ثانویه است) منطقه معدن دهنه سیاه نشان می‌دهد که میزان این پارامتر در هر دو چاه مشابه بوده و تغییر چندانی ندارد. میانگین دامنه پذیرفتاری مغناطیسی SI  $1300 \times 10^{-5}$  است (جدولهای ۱ و ۲). پذیرفتاریهای مغناطیسی اندازه‌گیری شده از سرباره‌های معدن این منطقه (جدول ۳) یکدهم سنگ میزبان است. اندازه‌گیری‌های این کمیت فیزیکی در منطقه KC5 غربی روی نمونه‌های سطحی پیروکسن آندزیت پورفیری و فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری، جدولهای ۴ و ۵ تفاوت چندانی با یکدیگر نداشته و میانگین آن SI  $850 \times 10^{-5}$  است. پذیرفتاری مغناطیسی سنگ‌های آتشفشانی منطقه KC5 غربی تقریباً نصف میانگین در منطقه معدن مس دهنه سیاه است (فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری در هر دو منطقه مشاهده می‌شود).

شدت کل میدان مغناطیسی در هشت نیم‌رخ از ۲۳۶ نقطه در مناطق معدن مس دهنه سیاه، KC5 غربی و KC5 شرقی (شکل‌های ۴، ۵ و ۶) اندازه‌گیری شد. دامنه بی‌هنجاری مغناطیسی اندازه‌گیری شده ناشی از واحد فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری در منطقه معدن مس دهنه سیاه ۲۵۰ تا ۵۰۰ گاما، در منطقه KC5 غربی ۴۰۰ تا ۵۰۰ گاما است، و روی واحد پیروکسن آندزیت پورفیری در منطقه KC5 غربی ۴۰۰ تا ۹۰۰ گاما بوده است. پذیرفتاری مغناطیسی واحد فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری در منطقه KC5 غربی حداقل نصف پذیرفتاری مغناطیسی اندازه‌گیری شده از همین واحد آتشفشانی در منطقه دهنه سیاه بود، در صورتیکه در KC5 غربی بزرگتر از همان واحد در دهنه سیاه است. بنابراین خاستگاه بی‌هنجاری با دامنه بزرگتر در منطقه KC5 غربی عمیق است. بزرگترین دامنه بی‌هنجاری مغناطیسی روی واحد پیروکسن آندزیت پورفیری در منطقه KC5 غربی واقع شده در حالیکه

پذیرفتاری مغناطیسی آن با واحد آتشفشانی دیگر این منطقه یکسان است، بازهم نتیجه می‌شود که خاستگاه بی‌هنجاری ناشی از پیروکسن آندزیت پورفیری نیز در عمق قرار دارد. بی‌هنجاری مغناطیس هواپردی با شدت بالای بررسی شده در این کار (شکل ۲) علاوه بر انطباق با آثار کانی‌سازی مس در محدوده اکتشافی KC5 و معدن متروکه مس دهنه سیاه، بر تعداد زیادی دیگر معدن متروکه مس (مثل چشمه گز، باتو، زنگالو و ..) در بخش مرز فوقانی واحد تراکی آندزیت پورفیری و بخش تحتانی تهنسسته‌های سری عریان در ناحیه منطبق است (برخی از آنها در شکل شماره ۱ نشان داده شده است). با توجه به فاصله این مناطق کانی‌سازی از یکدیگر و هماهنگی کانی‌سازی ناپیوسته با بی‌هنجاری مغناطیس هواپردی مثبت، در این افق خاص در طول حدود ۴۰ کیلومتر بدون شک این دو (کانی‌سازی اصلی و بی‌هنجاری مغناطیسی) با هم مرتبطند.

مطالعات ژئوشیمیایی تهنسسته‌های رودخانه‌ای نیز علاوه بر مناطق KC5 و دهنه سیاه، وجود بی‌هنجاریهای دیگری را نیز مرتبط با این افق کانی‌سازی را نیز تایید می‌کند. تمامی این معادن قدیمی و بی‌هنجاریهای ژئوشیمیایی دارای وجه‌های مشترکی از جمله پردازش با بی‌هنجاری مغناطیس هواپردی، موقعیت زون کانی‌سازی، نوع دگرسانی، حالت کانی‌سازی و نوع کانیها هستند که نشان می‌دهد که این کانی‌سازی‌ها از یک خاستگاه و در شرایط یکسانی تشکیل شده‌اند [۸ و ۹].

همه این شواهد دلیلی بر این است که محلول کانه دار از برخوردبخش فوقانی فلدسپار تراکی آندزیت پورفیری و بخش تحتانی تهنسسته‌های سری عریان که گسلی بوده حرکت کرده و در افق مناسبی در درز و شکستگیها کانی‌سازی مس شکل گرفته است. حضور ژئولیت‌های کلسیم‌دار و کلسیت موید این است که pH محلول کانی‌سازی قلیایی و محلول غنی از کلسیم بوده است. گسترده بودن کانی‌سازی در طول ۴۰ کیلومتر نشان می‌دهد که خاستگاه کانی‌سازی بسیار وسیع بوده و پی‌جوییهای بزرگتری را می‌طلبد [۸].

#### مراجع

- [1] Lindenberg H. G., Jacobshagen V., "Post- Paleozoic geology of the Taknar Zone and adjacent area, NE Iran, Khorasan", GSI. Rep. No. 51 145-163 (1983).
- [2] Davondzaeh M., Soffel H., Schmidt K., "on the rotation of central- east Iran microplate", N. jb Geol. Polaont. Mh, 1983(3) 180-192, 3 figs, Stuttgart (1981).
- [3] Soffel H., Forster H., "apparent polar wander path of Central Iran and its geotectonic interpretation", J. Geomag. Geoelectr, 32, Suppl. III 117- 135 Tokyo (1980).

- [4] Soffel G., Davodzadeh M., Rolf C., Schmidt S., "New paleomagnetic data from Iran", Geo Sci, V.4. No.14, GSI 68-76 (1995).
- [5] Eftekharneshad J., Aghanabati A., Baroyant V., Hamzhepour B., "Geological Quadrant map of kashmar", 1:250000 (1976).
- [6] Pilger A., "Die zeitlich- tektoische Entwicklung der iranischen Gebirge-Clausthaler Geol", Abh., 8, 1-27 4 figs 5pls., Clausthal- Zellerfeld 1971 (1971).
- [۷] حیدریان محمد رضا، "بررسی داده‌های مغناطیسی هوایی کوه زر در تربت حیدریه و دهنه سیاه در کاشمر جهت شناخت مناطق با پتانسیل کانی‌سازی طلا و مس"، ارائه شده در بیستمین کنفرانس علوم زمین (۱۳۸۰).
- [۸] کریم‌پور محمد حسن، ملک‌زاده شفاوردی آزاده، "زمین‌شناسی، کانی‌سازی و آلتراسیون در محدوده اکتشافی مس KC5 استان خراسان رضوی"، مجموعه مقالات دوازدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه شهید چمران اهواز، صفحه ۱۸۵ (۱۳۸۳).
- [۹] حیدریان محمد رضا، کریم‌پور محمد حسن، ملک‌زاده شفاوردی آزاده، "اندازه‌گیری مغناطیسی زمینی در منطقه معدن مس دهنه سیاه و محدوده اکتشافی KC5 (بردسکن- استان خراسان رضوی)"، طرح پژوهشی مرکز تحقیقات ذخایر معدنی شرق ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۰ صفحه (۱۳۸۳).
- [10] Exploration text of geochemical map of Doruneh., "Stream Sediment Survey, Scale 1:100000", geological survey of Iran, Report No.16 (1996).
- [۱۱] حیدری عباسعلی، نازپرور غلامرضا، کریم‌پور محمد حسن، سعادت سعید، "نگرشی بر شواهد کانی‌سازی مس در شمال درونه"، فشرده مقالات هشتمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، صفحه ۵۶-۶۱ (۱۳۷۹).
- [۱۲] خوئی ناصر، قربانی منصور، تاجبخش پیمان، "کانسارهای مس در ایران"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۴۲۱ صفحه (۱۳۷۸).
- [13] Clark D.A., "Comments On magnetic petrophysics", the Bulletin of the Australian Society of Exploration Geophysicists, 14 49-62 (1983).
- [14] Clark D. A., "Notes on rock magnetization characteristics in applied Geophysical Studies", the Bulletin of the Australian Society of Exploration Geophysicists, 22- 547-557 (1991).
- [15] Telford W. M., Geldart L. p., Sheriff R. E., "Applied Geophysics", second edition, Cambridge University press (1998).
- [۱۶] یوسفی امامقلی، "نقشه شدت میدان کل مغناطیسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی"، برگه شماره ۳، سازمان زمین‌شناسی کشور (۲۰۰۰).