

## Geology, Mineralization, Alteration and Geochemical Exploration in Kajeh area, Ferdows

M. H. Karimpour<sup>1</sup>, M. Khosravi<sup>1</sup>, M. Pourkhosro<sup>1</sup>, M. R. Haidarian Shahri<sup>1</sup>, S. Saadat<sup>2</sup>

1- Research center for ore deposit of Eastern Iran, Ferdowsi University of Mashhad

2- Dept. Geology, Mashhad Azad Islamic University

Email: mhkarimpour@yahoo.com

(Received: 17/10/2007, in revised form: 14/4/2008)

**Abstract:** The study area is situated within the Lut Block 50 Km northeast of Ferdows. The oldest exposed rocks are Cretaceous limestone. Kerman conglomerate cover the limestone. Dacite-rhyodacite lava and pyroclastic rocks erupted over Kerman conglomerate. Volcanic activities took place at different time in Tertiary. The composition ranges between trachyandesite, andesite, andesite-basalt and rhyolitic tuff. Sub-volcanic diorite, monzodiorite, monzonite, quartz monzonite and granite porphyry intruded the volcanic rocks during Oligo-Miocene time. Both volcanic and intrusive rocks are K-rich calc-alkaline to shoshonitic. Intrusive rocks (except granite porphyry) are I-type granite and belong to magnetite series. The pattern of spider diagrams both volcanic and intrusive rocks are similar. In comparison with mantle, They are enriched in Cs, K, Rb, La and Zr and depleted in Ba, P and Ti. Two groups of alteration zones are recognized: 1- silicified assemblages (silica-sericite-propylitic, silica-propylitic & silica-sericite). This group is related to granitic magma. 2- propylitic-sericitic-argillic group which are associated with monzonite, quartz monzonite-diorite intrusive rocks. Mineralization associated with granite porphyry show Mo, Ag, Pb and Zn anomalies. Mineralization associated with monzonite, quartz monzonite-diorite show signs of porphyry copper. They have Cu, Au, Pb and Zn geochemical anomalies.

**Keywords:** *Kajeh, Ferdows, Geochemical exploration, alteration, mineralization.*

## زمین‌شناسی، کانی‌سازی، دگرسانی و دستاوردهای ژئوشیمیایی در منطقه کجه فردوس

محمدحسن کریم‌پور<sup>1</sup>، مجید خسروی<sup>1</sup>، محمود پورخسرو<sup>1</sup>، محمدرضا حیدریان شهری<sup>1</sup>، سعید سعادت<sup>2</sup>

1- مرکز تحقیقات ذخایر معدنی شرق ایران دانشگاه فردوسی مشهد

2- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

پست الکترونیکی: [mhkarimpour@yahoo.com](mailto:mhkarimpour@yahoo.com)

(دریافت مقاله: 1386/7/25، نسخه نهایی: 1387/1/26)

**چکیده:** منطقه مطالعاتی کجه در 50 کیلومتری شمال غربی فردوس و در زون زمین‌ساختی بلوک لوت قرار گرفته است. آهکهای کرتاسه، قدیمی‌ترین سنگهای این منطقه را تشکیل می‌دهند. روی آهکهای کرتاسه واحد کنگلومرای قرار گرفته است که آن را معادل کنگلومرای کرمان می‌دانند. گدازه و توفهای داسیت-ریوداسیت روی کنگلومرای کرمان تشکیل شده‌اند. فعالیت‌های آتشفشانی به صورت تراکی آندزیت، آندزیت، بازالت- آندزیت، و توف ریولیتی در مقاطع زمانی مختلف تکرار شده‌اند. توده‌های آذرین نیمه عمیق الیگو-میوسن با طیف ترکیبی دیوریت، مونزودیوریت، مونزونیت، کوارتز مونزونیت و گرانیت پورفیری در سنگهای آتشفشانی نفوذ کرده‌اند. توده‌های نفوذی و سنگهای آتشفشانی از نوع آهکی-قلیایی غنی از پتاسیم و گاهی شوشونیتی، و توده‌های نفوذی (به استثنای گرانیت پورفیری) از نوع سری مگنتیت و گرانیت‌های از نوع A هستند. نمودار عنکبوتی سنگهای آتشفشانی و توده‌های نفوذی مشابه یکدیگرند. در مقایسه با گوشته، غنی شدگی عناصر Cs, K, Rb, La, Zr و کاهیدگی عناصر Ba, P, Ti مشاهده می‌شود. دو مجموعه از زون‌های دگرسان در منطقه رخنمون، به صورت (1) مجموعه زون‌های سیلیسی (سیلیس-سریسیت-پروپیلیتیک، سیلیس-پروپیلیتیک و سیلیس-سریسیت) که به توده گرانیت پورفیری مرتبطاند، و (2) مجموعه دگرسان پروپیلیتیک، سریستیک و آرزلیک که به توده‌های نفوذی مونزونیت، کوارتز مونزونیت، و دیوریت ارتباط دارند. کانی‌سازی مرتبط به گرانیت پورفیری دارای ناپهنجاری Mo, Pb, Zn, Ag است، و در کانی‌سازی مرتبط به کوارتز مونزونیت، مونزونیت، شواهدی از مس پورفیری و عناصر ناپهنجار Cu, Pb, Au, Zn, Ag مشاهده شده‌اند.

**کلمات کلیدی:** کجه، فردوس، بررسیهای ژئوشیمیایی، دگرسانی، و کانی‌سازی.

### مقدمه

خاور ایران و مرز باختری گسل نایبند و بلوک طبس مشخص می‌شود. مرز شمالی این بلوک به گسل درونه و مرز جنوبی آن به فرونشست جازموریان محدود می‌شود. بلوک لوت دارای پوسته قاره‌ای با ضخامت حدود 40 کیلومتر است [2]. از نظر چینش‌شناسی بلوک لوت تنوع قابل توجهی دارد و در آن سنگهای پرکامبرین تا کواترنر رخنمون دارند. ولی سنگهای دوران دوم و تهنشستهای جوان پلیوسن-کواترنر بخش چشمگیر بلوک لوت را می‌پوشانند [3]. اگرچه تاریخچه چینش-

منطقه مطالعاتی کجه در 50 کیلومتری شمال غربی فردوس، و در زون زمین‌ساختی بلوک لوت واقع شده است. گستره مورد مطالعه با وسعت حدود 65 کیلومتر مربع، بین  $57^{\circ}43'06''$  -  $57^{\circ}49'27''$  طول شرقی و  $34^{\circ}08'18''$  -  $34^{\circ}13'16''$  عرض شمالی قرار گرفته است (شکل 1).

بلوک لوت با درازای حدود 900 کیلومتر و پهنای حدود 200 کیلومتر، با مرز خاوری گسل نهبندان و حوضه فلیشی

### روش مطالعه

- پردازش داده‌های ماهواره‌اندست ETM+ این منطقه با نرم افزار ENVI 4.0.
- تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، کانی‌سازی، و دگرسانی با مقیاس 1:20000 (60 کیلومتر مربع).
- برداشت مقاطع نازک و بررسیهای سنگی از 150 نمونه برای بررسی دقیق سنگ شناختی و دگرسانی.
- برداشت 24 نمونه برای تهیه بلوک‌های صیقلی و مقاطع نازک صیقلی برای بررسیهای کانه‌نگاری.
- برداشت 17 نمونه از ته نشستهای رودخانه‌ای.
- برداشت 79 نمونه سنگی از زون‌های دگرسان و کانی‌سازی شده برای پی‌جوییهای ژئوشیمیایی.
- تجزیه نمونه‌ها با استفاده از روش جذب اتمی برای عناصر Cu, Zn, Pb, Ag, Sn, Sb, Mo در گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد
- تجزیه نمونه‌ها برای طلا در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کشور به روش جذب اتمی + کوره گرافیتی
- تجزیه نمونه‌هایی از توده‌های نفوذی عناصر اصلی و جزئی
- اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی توده‌های نفوذی و سنگهای آتشفشانی.

شناختی بلوک لوت رابطه بسیار نزدیکی با نواحی دیگر خرده قاره ایران مرکزی نشان می‌دهد، ولی چهار ویژگی زمین‌شناسی بر بلوک لوت حاکم‌اند:

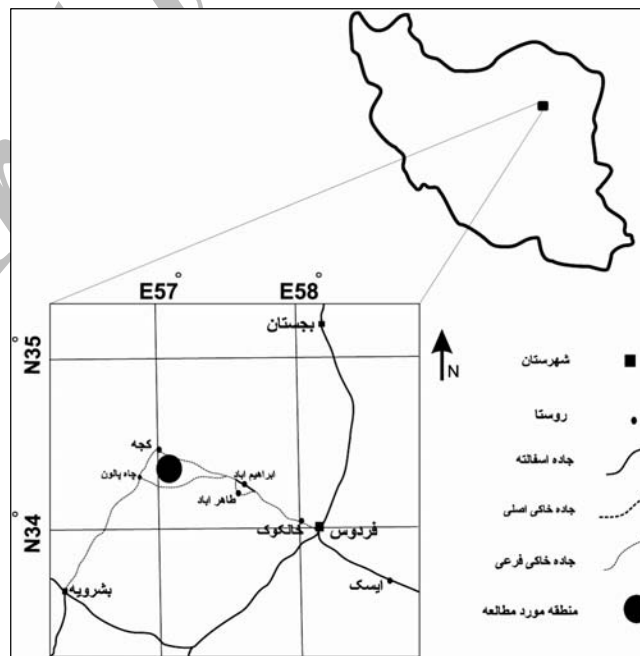
الف- تاثیر درخور توجه کوهزائی سیمیرین پیشین بر سنگهای کهن‌تر از تریاس میانی.

ب- چین‌خوردگی، آتشفشانی، و پلوتونیزم شدید ژوراسیک میانی (سیمیرین میانی) به ویژه در نواحی دهسلم و چهارفرسخ که با پایداری وسخت‌شدگی بلوک همراه است.

ج- فراوانی سنگهای آتشفشانی ترشیری به ویژه انوسن، که با داشتن ضخامت 2000 متر بیش از نیمی از بلوک لوت را می‌پوشاند.

د- نهشته‌های دریاچه‌ای تقریباً افقی پلیوس- پلیستوس بنام "سازند لوت" که نشانگر عملکرد ضعیف فاز پسین رخداد چین‌خوردگی در این بلوک است.

نخستین فعالیت ماگمایی در بلوک لوت مربوط به ژوراسیک (170 تا 164 میلیون سال) است که به صورت انواع توده‌های گرانیتی رخنمون دارند [4]. این در حالی است که این فعالیت در شمال بلوک لوت مربوط به کرتاسه فوقانی (75 میلیون سال) است [5]. مطالعاتی که توسط ترکیان در بلوک لوت صورت گرفت، حاکی از کانی‌سازی متنوع است [6, 7].



شکل 1 موقعیت و راه دسترسی به منطقه مطالعاتی [1].

## زمین‌شناسی منطقه

### سنگ شناختی

قدیمی‌ترین سنگهای این منطقه عبارتند از آهکهای کرتاسه که دارای فسیل‌های رودیست (شاخص کرتاسه فوقانی) و کرینوئید فراوان بوده و در شرق منطقه رخنمون دارند. روی آهکهای کرتاسه، واحد کنگلومرایی قرار گرفته که آن را هم ارز کنگلومرای کرمان می‌دانند. ضخامت این واحد در منطقه از 50 تا 70 متر در تغییر است. قطعات تشکیل دهنده این کنگلومراها بیشتر مربوط به آهک کرتاسه مربوط می‌شود. این قطعات گردشگری خوب تا متوسط و جورشدهگی ضعیف تا متوسط نشان می‌دهند.

### واحدهای دیگر زمین‌شناسی عبارتند از:

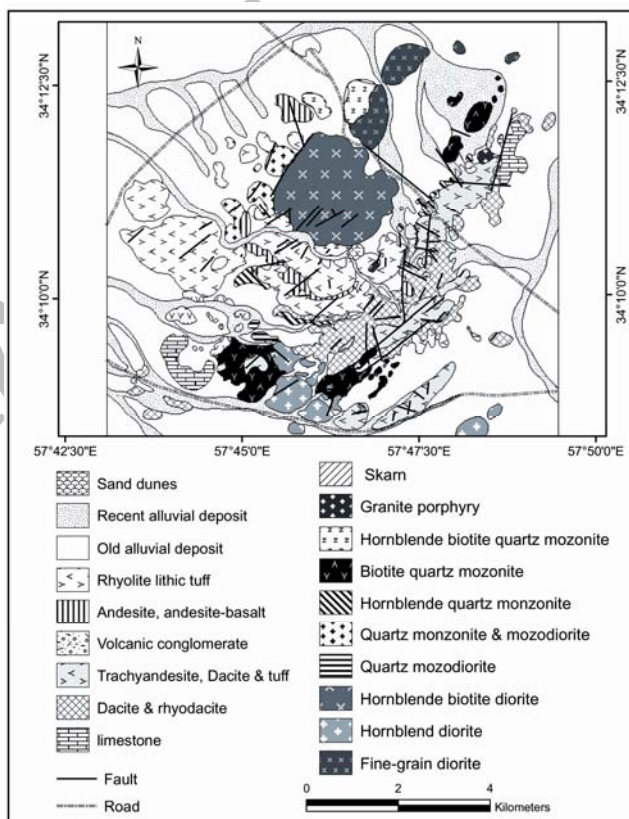
داسیت، ریوداسیت: این واحد بیشتر سنگهای آذرآواری و گاهی به صورت گدازه، بیشترین گسترش را در منطقه دارد (3,8 کیلومتر مربع). این سنگها روی آهکهای کرتاسه و واحد کنگلومرایی قرار گرفته‌اند و در بعضی نقاط به شدت سیلیسی

شده‌اند (شکل 2). اندازه و درصد کانی‌های قابل تشخیص در جدول (1) گزارش شده‌اند.

تراکی‌آندزیت: این سنگها با مساحت حدود 2,3 کیلومتر مربع روی واحد داسیتی قرار گرفته و به دو صورت گدازه و توف در ارتفاعات رحیمی دیده می‌شوند (شکل 2). اندازه و درصد کانی‌های قابل تشخیص در جدول (1) گزارش شده‌اند.

آندزیت، هورنبلند آندزیت و آندزیت-بازالت: این واحدها به صورت نواری از مرکز منطقه به سمت شمال غرب کشیده شده است (شکل 2). وسعت این واحد حدود 0,6 کیلومتر مربع است. بافت آنها تراکیتی و در نمونه دستی سیاه رنگ دیده می‌شوند. اندازه و درصد کانیهای قابل تشخیص در جدول (1) گزارش شده‌اند.

لیتیک توف: این واحد با وسعت حدود 3,6 کیلومتر مربع در بخشهای مرکزی و شمال باختری منطقه رخنمون دارد. با توجه به فراوانی قطعات سنگی، این توفها از لحاظ ساخت و بافت جزء توفهای سنگی به حساب می‌آیند. مقدار و درصد کانیهای قابل تشخیص در جدول (1) گزارش شده‌اند.



شکل 2 نقشه زمین‌شناسی منطقه کجه [1، 8].

جدول 1 ترکیب کانی‌شناختی سنگهای آتشفشانی منطقه کچه.

نام واحد	پلاژیوکلاز	آلکالی فلدسپات	کوارتز	بیوتیت	هورنبلند	پیروکسن	کانی اوپاک
داسیت، ریوداسیت	0.2-1.4 mm	0.4-1 mm	0.4-0.8 mm	-	-	-	2-3%
تراکی‌اندزیت	0.2-1.5 mm 20-25%	0.4-1.5 mm 10-20%	0.4-0.8 mm	2-3%	5-10%	-	1-2%
هورنبلند آندزیت و آندزیت-بازالت	0.1-0.2 mm 55-65%	0.1-0.2 mm 5-8%	4-6%	-	5-15%	5-20%	4-5%
لیتیک توف	15-20%	15-18%	5-8%	1-2%	-	-	2-3%

درصد) است. اندازه و درصد کانیهای قابل تشخیص در جدول (2) گزارش شده‌اند.

هورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری: این واحد به صورت سه رخنمون در باختر و شمال خاوری منطقه دیده می‌شود (شکل 2). گسترش این واحد در منطقه در حدود 0/4 کیلومتر مربع است. بافت این سنگها پورفیری است. اندازه و درصد کانیهای قابل تشخیص در جدول (2) گزارش شده‌اند.

کوارتز مونزونیت پورفیری: این واحد به صورت رخنمون کوچکی (0/1 کیلومتر مربع) در بخش شمال باختری منطقه دیده می‌شود (شکل 2). بافت این سنگها از نوع پورفیری است. اندازه و درصد کانی‌های قابل تشخیص در جدول (2) گزارش شده‌اند.

گرانیت پورفیری: رخنمون بسیار کوچکی از این واحد در مرکز به سمت شمال منطقه دیده می‌شود (شکل 2). این سنگها بافت پورفیری دارند و فنوکریستهای (35 تا 40 درصد) کوارتز در زمینهٔ سیلیسی و کربناتی تشکیل شده است. کوارتز در این سنگ به دو صورت اولیه (درشت دانه) و ثانویه (ریز دانه) دیده می‌شوند. کانیهای کدر به مقدار بسیار اندک به صورت شکلدار در این سنگ دیده می‌شوند.

اسکارن: در جنوب باختری منطقه، نفوذ توده‌های هورنبلند دیوریت پورفیری، کوارتز مونزودیوریت پورفیری و بیوتیت کوارتز مونزونیت پورفیری و نیز حضور واحد کربناتی (واحد کربناته خارج از گسترهٔ مطالعاتی و مجاور حاشیهٔ جنوب باختری منطقه است) باعث تشکیل اسکارن شده است که رخنمونهای کوچکی از آن در منطقه قابل مشاهده است.

هورنبلند دیوریت پورفیری: این واحد با گسترش حدود 1/7 کیلومتر مربع در بخش جنوبی و جنوب باختری منطقه رخنمون دارد (شکل 2). بافت این سنگها از نوع پورفیری است و کانیهای فنوکریست به 50 تا 60 درصد می‌رسد. اندازه و میزان درصد کانیهای قابل تشخیص در جدول (2) گزارش شده است.

هورنبلند بیوتیت دیوریت پورفیری: این واحد با وسعت حدود 1/2 کیلومتر مربع در مرکز نقشه رخنمون دارد (شکل 2). بافت این سنگها، پورفیری تا گلمروی پورفیری است ( فنوکریست‌ها 45 تا 50 درصد). اندازه و درصد کانی‌های قابل تشخیص در جدول (2) گزارش شده‌اند.

کوارتز مونزودیوریت پورفیری: به صورت دو رخنمون کوچک (0/12 کیلومتر مربع) در باختر منطقه دیده می‌شوند (شکل 2). این سنگها بافت پورفیری و بادامکی دارند و حاوی 55 تا 60 درصد فنوکریست هستند. اندازه و درصد کانیهای قابل تشخیص در جدول (2) گزارش شده‌اند.

هورنبلند بیوتیت کوارتز مونزونیت پورفیری: رخنمون کوچکی (0/15 کیلومتر مربع) از این واحد در جنوب توده هورنبلند بیوتیت دیوریت پورفیری مشاهده شده است (شکل 2). بافت این سنگها پورفیری است. اندازه و درصد کانی‌های قابل تشخیص در جدول (2) گزارش شده‌اند.

بیوتیت کوارتز مونزونیت پورفیری: در جنوب و جنوب باختری منطقه با گسترش حدود 1/3 کیلومتر مربع رخنمون دارد (شکل 2). بافت این سنگها پورفیری (فنوکریست‌ها 35 تا 40

جدول 2 ترکیب کانی‌شناختی توده‌های نفوذی منطقه کجه.

نام واحد	پلاژیوکلاز	فلدسپات قلیایی	کوارتز	بیوتیت	هورنبلند	پیروکسن	کدر
هورنبلند دیوریت	0.5-1.5 mm %40-50	%2-3	-	-	0.5-1.5 mm %3-10	-	%3-5
هورنبلند بیوتیت دیوریت	0.3-0.7 mm %20-40	0.4-1.3 mm %5-8	-	1 mm %4-7	1 mm %2-3	0.2 mm %5	%3-5
کوارتز مونزودیوریت	1-1.5 mm %55-60	0.5-1.3 mm %7-15	%10-15	-	-	-	%2-3
هورنبلند بیوتیت کوارتز مونزونیت	0.2-2 mm %15-20	0.2-1.3 mm %10-15	%10-15	%5-8	%4-6	%0-1	%3-6
بیوتیت کوارتز مونزونیت	0.1-1.5 mm %15-20	0.1-1 mm %15-18	0.5-1.5 mm %8-15	0.5-1.5 mm %4-6	%0-3	-	%2-3
هورنبلند کوارتز مونزونیت	0.5-1.5 mm %25-35	0.4-1.6 mm %25-35	%15-17	%1-4	%10-14	-	%2-4
کوارتز مونزونیت	0.5-1.5 mm %20-25	0.3-1 mm %10-12	%15-20	-	-	-	%1-3

### زمین‌شناسی ساختاری منطقه

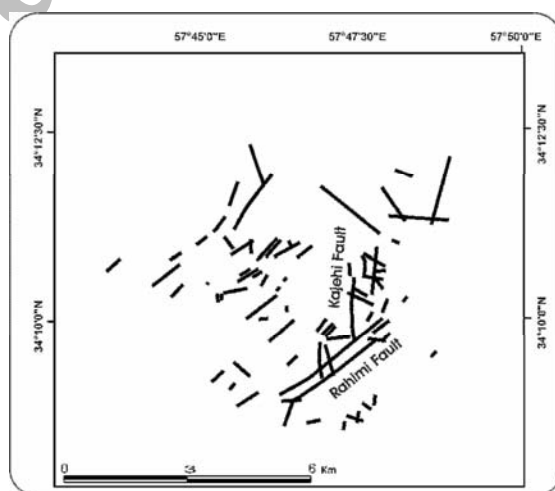
با مطالعات صحرایی روی انواع شکستگیها (گسل و درزه) می‌توان پی برد که منطقه کجه از لحاظ زمین ساختی فعال بوده و به شدت زمین ساخته شده است. در این منطقه سه گسل اصلی و تعداد زیادی گسل فرعی با روندهای شمالی- جنوبی و شمال خاوری- جنوب باختری شناخته شده‌اند (شکل 3).

گسل رحیمی: این گسل با طول حدود 3,5 کیلومتر و عرض حدود 50 متر، مهمترین گسل منطقه مورد مطالعه است زیرا بیشتر کانی‌سازی‌ها، آثار شدادی و گودبرداریها در راستای این گسل صورت گرفته است. این گسل از نوع عادی و از روند شمال خاوری- جنوب باختری است، و شیب 80-85 درجه در راستای شمال باختری است. این گسل در بخش جنوب خاوری منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل 3). کانی‌سازی منطقه بیشتر در راستای این گسل صورت گرفته است. این

گسل از دوگسل اصلی و فرعی تشکیل شده است و بیشتر کانی‌سازی‌ها و گود برداریها (ترانشه و چاهک) در بخش غربی این گسلها صورت گرفته است.

گسل چاه پالون: گسل چاه پالون با راستای شمال خاوری- جنوب باختری در بخش شمال باختری منطقه مورد مطالعه قرار دارد و از نوع عادی است که در بخشهای جنوبی تقریباً پوشیده است. واحدهایی که در بخشهای باختری آن واقع شده‌اند، یک افتادگی نسبی را نشان می‌دهند. آثار کانی‌سازی در عرض این گسل نیز دیده می‌شوند.

گسل کجه: گسل کجه از نوع راستا لغز با روند شمالی- جنوبی است (شکل 3). آغاز و پایان آن تقریباً پوشیده شده، ولی بخش مرکزی آن باعث جابه جایی شده است.

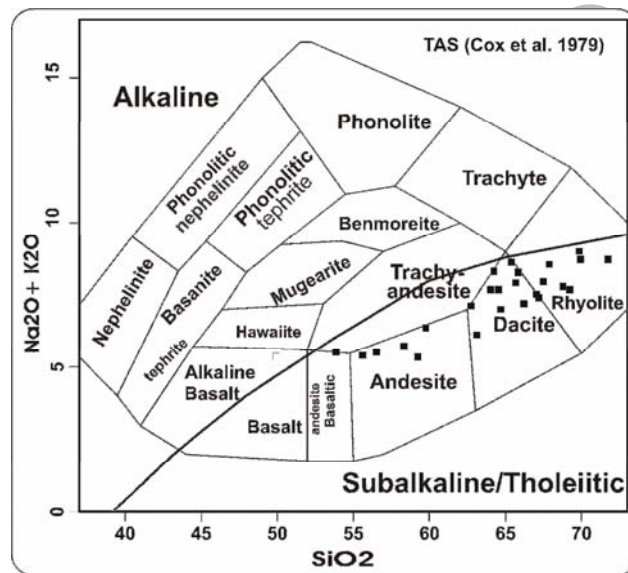


شکل 3 نقشه گسلهای منطقه [1، 8].

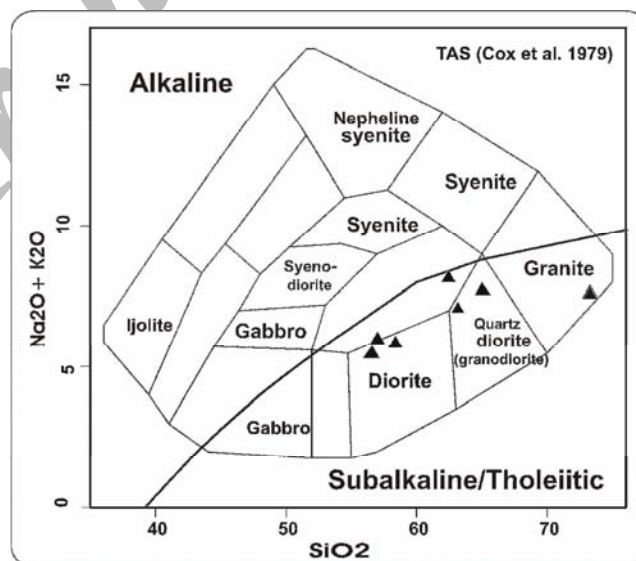
### سنگ شناختی

ترکیب شیمیایی سنگهای آتشفشانی و توده‌های نفوذی در نمودار کاکس [9] ترسیم شده‌اند (شکل‌های 4 و 5). برپایه این نمودارها سنگهای آذرین منطقه از نوع نیمه قلیایی هستند. در نمودار شاند توده‌های نفوذی (مثلث) بیشتر متالومینوس و سنگهای آتشفشانی بیشتر پرمتالومینوسند (شکل 6).

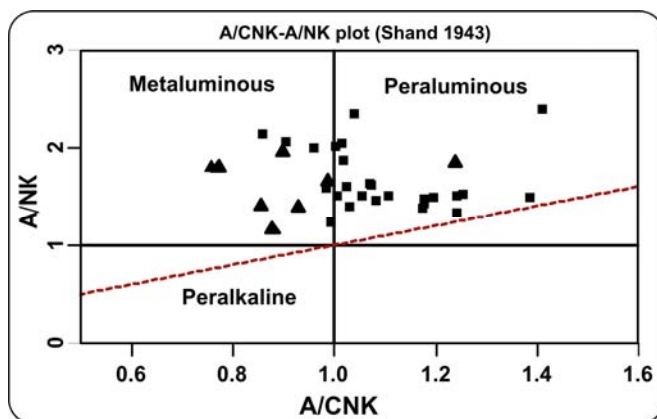
در نمودار شکل (7) توده‌های نفوذی و سنگهای آتشفشانی از نوع آهکی- قلیایی غنی از پتاسیم و برخی شوشونیتی هستند. نمودار عنکبوتی سنگهای آتشفشانی و توده‌های نفوذی نسبت به گوشته ترسیم شدند (شکل‌های 8 و 9). تفاوتی بنیادی بین دو نمودار مشاهده نمی‌شود. در مقایسه با گوشته، غنی‌شدگی عناصر Cs, K, Rb, La, Zr و کاهیدگی عناصر Ba, P, Ti مشاهده می‌شود (شکل‌های 8 و 9).



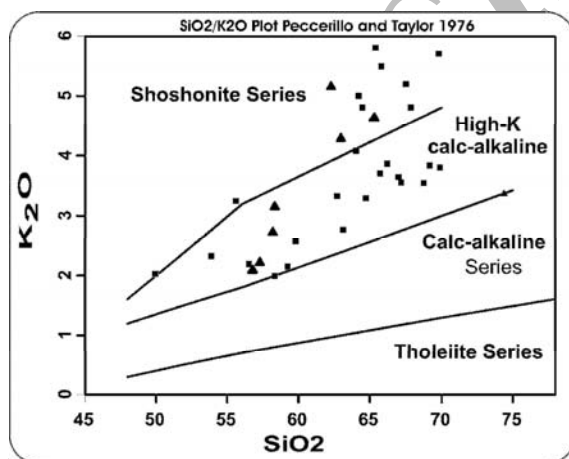
شکل 4 نامگذاری سنگ‌های آتشفشانی [9, 10].



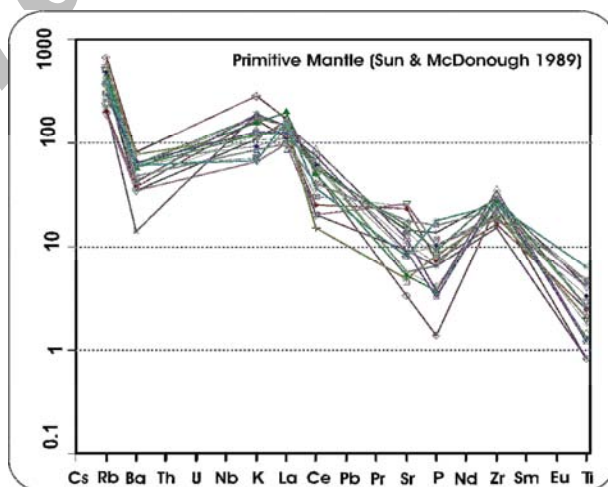
شکل 5 نامگذاری توده‌های نفوذی [9, 11].



شکل 6 نمودار شاند برای تعیین شاخص آلومینیوم [10-12].

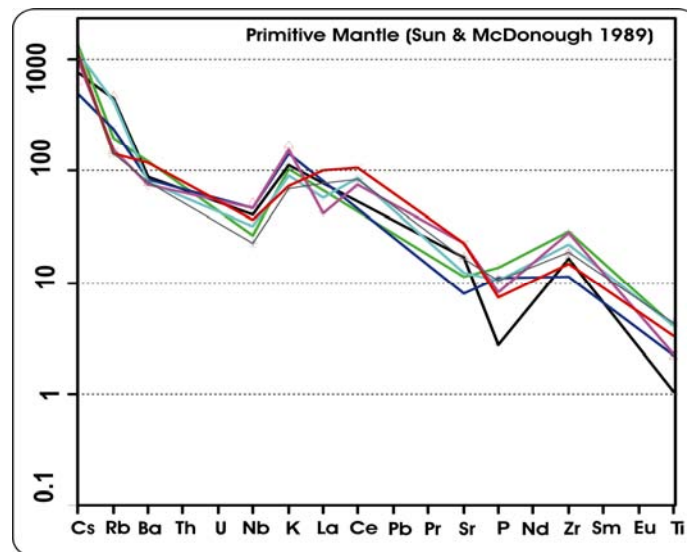


شکل 7 نمودار پیکولی و تیلور برای تعیین سری تولنی‌ایت از آهکی-قلیایی [10، 11 و 13].



شکل 8 نمودار عنکبوتی سنگ‌های آتشفشانی [14].





شکل 9 نمودار عنکبوتی توده‌های نفوذی [14].

#### دگرسانی و کانی‌سازی

سیلیسی خود به چند زون از جمله: زون سیلیس - سریسیت - پروپلیتیک، زون سیلیس - پروپلیتیک، و زون سیلیس - سریسیت قابل تقسیم است (شکل 10).

دگرسانی سریسیتیک: در مرکز و باختر نقشه (شکل 10) انواع دگرسانی سریسیتیک رخنمون دارند. این دگرسانیها نسبتاً گسترده بوده و گستره گسترده‌ای را پوشش می‌دهند. برپایه فراوانی، به انواع زون‌های سریسیت، سریسیت - سیلیس، سریسیت - آرژیلیک، و سریسیت - پروپلیتیک قابل تقسیم است (شکل 10). این دگرسانی با کانی‌سازی مس همراه بوده و با توده‌های مونزونیت و کوارتز مونزونیت در ارتباط است.

دگرسانی آرژیلیک: در باختر نقشه (شکل 10) دگرسانی آرژیلیک با شدت متوسط رخنمون دارد.

دگرسانی پروپلیتیک: این دگرسانی گسترش نسبتاً زیادی دارد (شکل 10). احتمالاً در چند مرحله زمانی رخ داده است. برپایه میزان فراوانی کانی‌های دیگر به زون‌های: پروپلیتیک، پروپلیتیک - سریسیتیک - آرژیلیک، پروپلیتیک - آرژیلیک تقسیم می‌شوند (شکل 10). زون پروپلیتیک - سریسیتیک - آرژیلیک از زون سریسیتیک را در بر می‌گیرد (شکل 10).

کانی‌سازی: کانی‌سازی منطقه احتمالاً در دو مرحله رخ داده است. 1- کانی‌سازی وابسته به گرانیته پورفیری و 2- کانی‌سازی وابسته به کوارتز مونزونیت - دیوریت پورفیری. به نظر

بر پایه منطقه بندی، شکل، ابعاد، و ارتباط آنها با توده‌های نفوذی و گسل‌ها، حداقل دو مجموعه از زون‌های دگرسان در منطقه رخنمون دارند. 1- مجموعه زون‌های سیلیسی (سیلیس - سریسیت - پروپلیتیک، سیلیس - پروپلیتیک و سیلیس - سریسیت) در شرق نقشه در راستای گسل رحیمی و گسل کجه (شکل 10). این مجموعه با توده گرانیته پورفیری که در خاور نقشه در شمال جاده کجه رخنمون دارد وابسته‌اند.

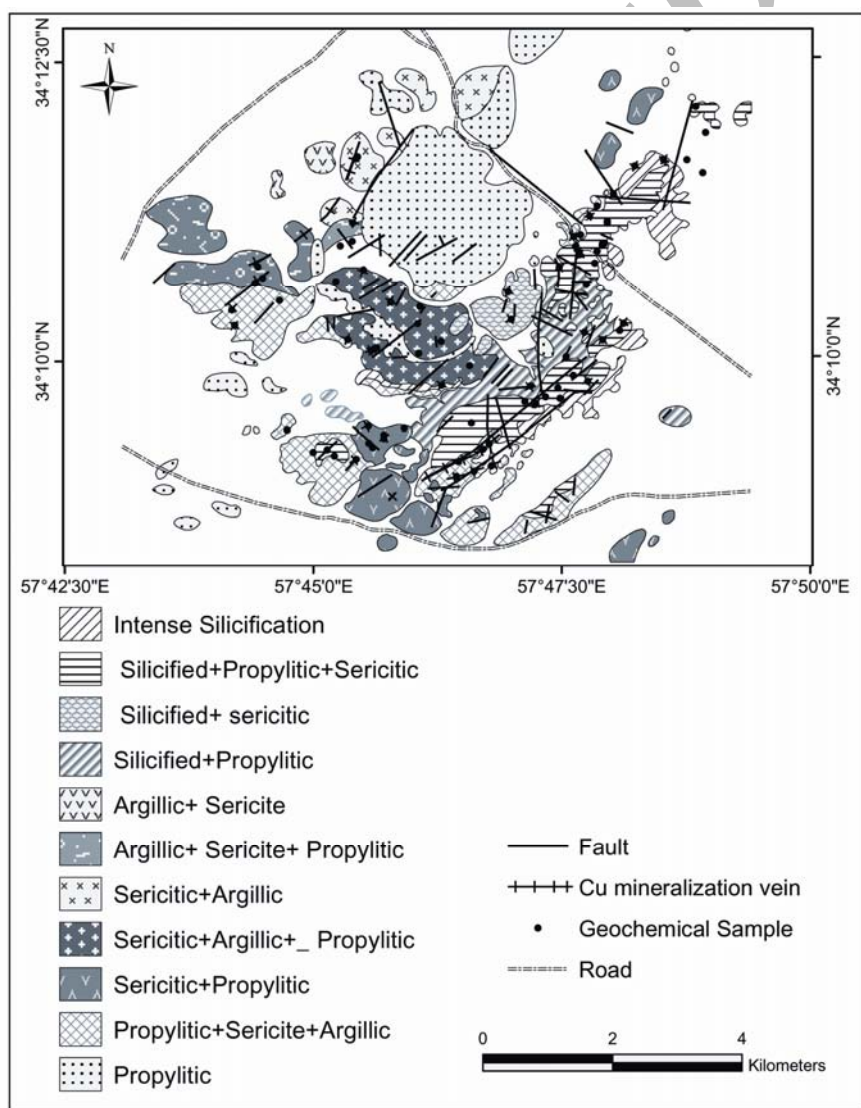
2- مجموعه دگرسانی پروپلیتیک، سریسیتیک، و آرژیلیک در مرکز و باختر نقشه رخنمون دارند (شکل 10). این دگرسانیها با مجموعه توده‌های نفوذی مونزونیت - کوارتز مونزونیت و دیوریت در ارتباط هستند.

دگرسانی سیلیسی: سیلیس به صورت کوارتز ریز بلور به حالت رگچه، در متن سنگ و رگه‌های کوارتز و آمیتست مشاهده می‌شود. در خاور نقشه (شکل 10) و در شمال جاده یک گرانیته پورفیری رخنمون دارد. توده گرانیته و سنگهای آتشفشانی مجاور آن به شدت سیلیسی شده‌اند، به طوری که رگچه‌های سیلیس از فراوانی بیشتری برخوردارند. به سمت جنوب در امتداد گسل رحیمی و گسل کجه فراوانی رگه‌های کوارتز - آمیتست افزایش می‌یابد. با دور شدن از رخنمون گرانیته پورفیری علاوه بر کوارتز، کانیهای سریسیت، کلریت - اپیدوت در سنگ دیده می‌شوند که برپایه میزان فراوانی، زون

آهن و کربنات، سیلیکات، اکسید و سولفیدهای مس به صورت ثانویه در سطح زمین مشاهده می‌شوند. در راستای گسل رحیمی کانی سازی مس به صورت رگه‌ای تشکیل شده است. دو رگه تقریباً موازی در بخش جنوبی منطقه رخنمون دارند. رگه اصلی با راستای N50E حدود 2 کیلومتر طول دارد. آثار شدادی فراوان به همراه آثار معدن کاری جدید (ترانشه و چاهک) در محل دو رگه اصلی و فرعی دیده می‌شوند که نشان از سابقه طولانی بهره برداری در این منطقه است [15].

می‌رسد که در این منطقه بخش فوقانی کانی سازی به گرانیت پورفیری وابسته باشد که پیشنهاد می‌شود مورد بررسی و مطالعه بیشتری قرار گیرد. بررسیها نشان داده‌اند که کانی‌سازی مس کوارتز مونزونیت و مونزونیت احتمالاً به نوع پورفیری وابسته باشد.

در باختر و مرکز منطقه (شکل 10)، کانی‌سازی به حالت افشان و داربستی در توده‌های نفوذی و سنگهای آتشفشانی رخ داده است. پیریت و کالکوپریت به صورت اولیه و اکسیدهای



شکل 10 نقشه دگرسانی منطقه کجه [1 و 8].

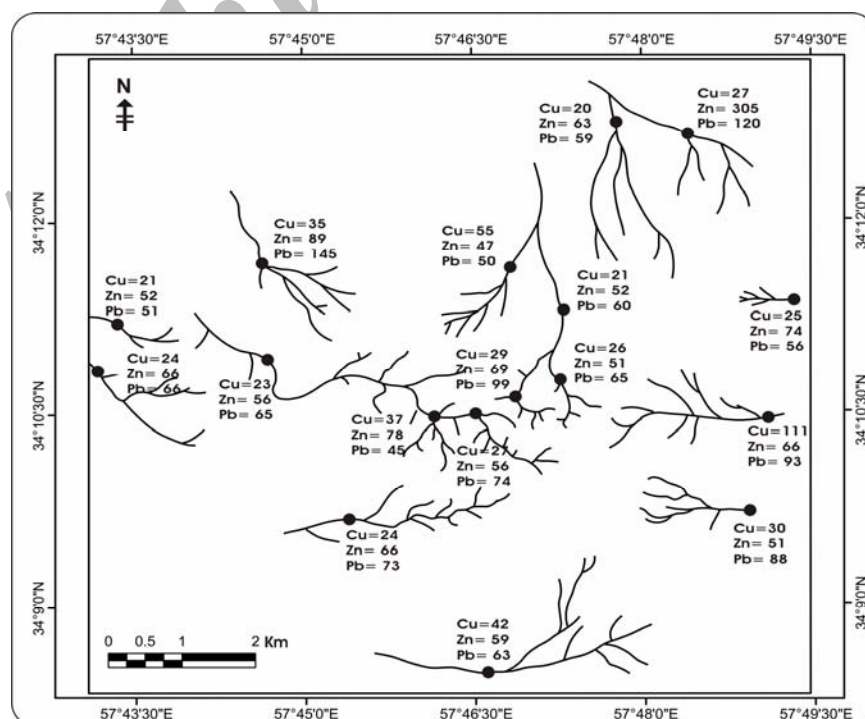
### پی جویهای ژئوشیمیایی

بر پایه نتایج داده‌های ماهواره‌ای، نقشه زمین‌شناسی، دگرسانی، و نقشه توپوگرافی، 17 نقطه برای برداشت ته نشستهای رودخانه‌ای مناسب تشخیص داده شدند (شکل 11). نمونه‌ها پس از آماده‌سازی تا حد 80 mesh - خردایش و برای عناصر Cu, Au, Pb, Zn, Ag, Sn, Sb, Mo تجزیه شدند. بیشترین میزان ناپهنجاری Pb, Zn در نمونه‌های شمالی مشاهده شد (شکل 11). ولی بیشترین ناپهنجاری Cu در نمونه‌های خاوری و تعدادی از نمونه‌های مرکزی و بخش جنوبی قابل مشاهده‌اند (شکل 11).

79 نمونه سنگی به روش خرده سنگ از زونهای مختلف دگرسان و کانی‌سازی شده، برای پی جویهای ژئوشیمیایی برداشت شدند (شکل 10). نمونه‌ها پس از آماده‌سازی با استفاده از روش جذب اتمی برای عناصر Cu, Zn, Pb, Ag, Sn, Sb, Mo مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (جدول 3). 12 نمونه از مجموع 79 نمونه انتخاب و برای طلا در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کشور به روش جذب اتمی + کوره گرافیتی تحلیل شدند (جدول 4).

نقشه ژئوشیمی مس نشان می‌دهد که ناپهنجاریهای مس در غرب، مرکز، و بخش جنوبی منطقه پراکنده شده‌اند (شکل

12). میزان مس بین 45 ppm تا 48000 ppm تغییر می‌کند (جدول 3). نتایج تجزیه مس با زونهای دگرسان - کانی‌سازی، و توده‌های نفوذی همخوانی خوبی نشان می‌دهند. ناپهنجاری Mo در بخش شمال و شمال خاوری و در گستره گرانتیت پورفیری دیده می‌شود (شکل 12). میزان Mo بین 1 ppm تا 80 ppm تغییر می‌کند (جدول 3). ناپهنجاریهای Ag, Zn, Pb همپوشی خوبی با یکدیگر نشان می‌دهند (شکل 12). میزان Pb بین 20 ppm تا 23000 ppm، میزان Zn بین 40 ppm تا 52000 ppm و میزان Ag بین 1 ppm تا 34 ppm تغییر می‌کند (جدول 3). در بخش خاوری منطقه کانی‌سازی از روند شمال خاوری - جنوب باختری برخوردار بوده و بیشتر به صورت رگه‌ای و در راستای گسلهای رحیمی و کجه رخ داده است (شکل 12). ناپهنجاری دوم در باختر و شمال باختری قرار دارد (شکل 12). در بیشتر دوازده نمونه تجزیه شده طلا ناپهنجاری ثبت شده، به طوریکه بیشترین غلظت آن در نمونه‌های KAG-54, KAG-55, KAG5 گزارش شده است (جدول 4).



شکل 11 نقشه محل و نتایج ته‌نشست‌های رودخانه‌ای برحسب (ppm) [1, 8].

Archive of SID

جدول 3 نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های سنگی منطقه کجه [1، 8].

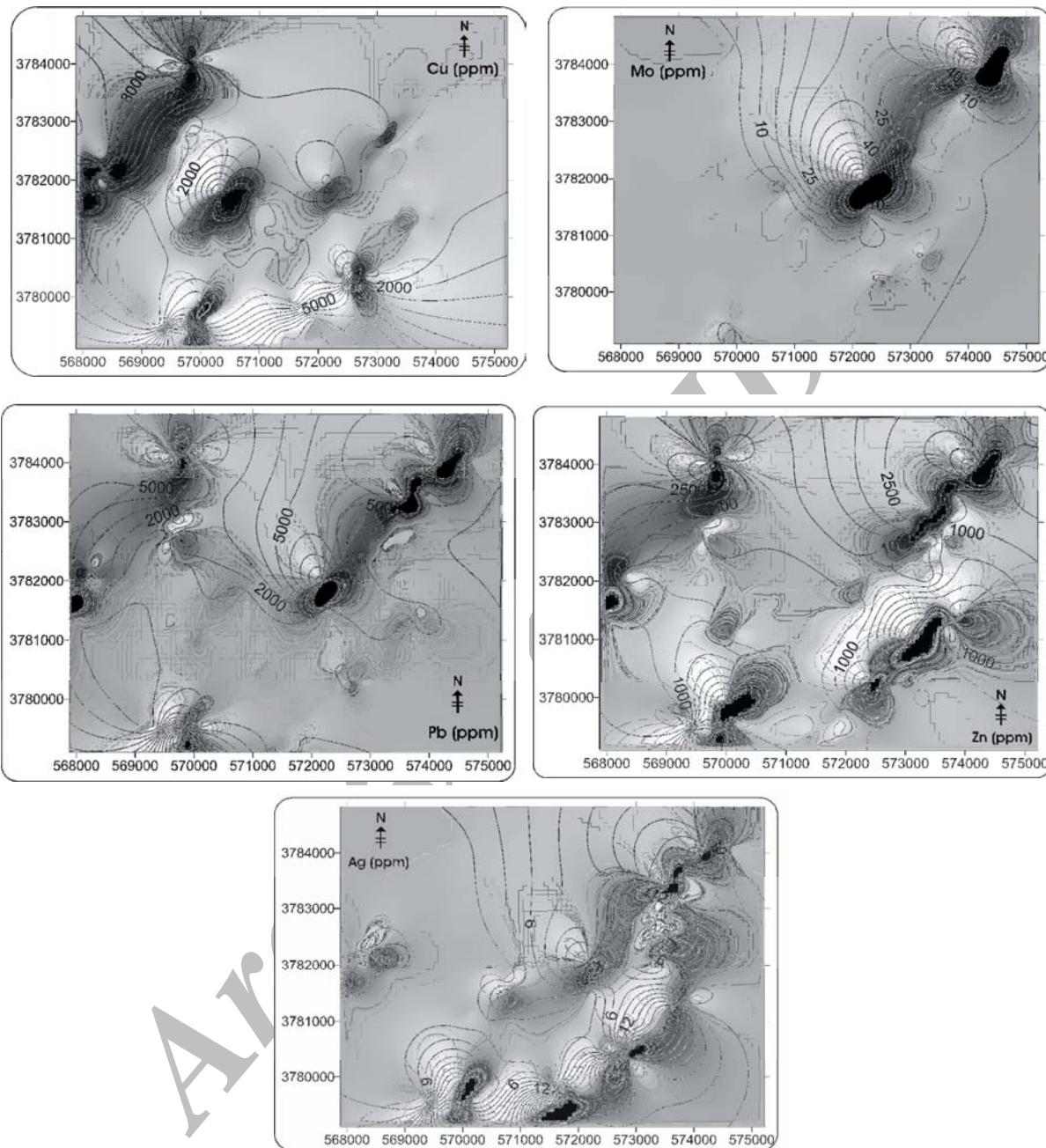
Sample	X	Y	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ag (ppm)	Sn (ppm)	Sb (ppm)	Mo (ppm)
kag-1	569797	3784006	17000	37500	19000	0,8	0,8	8	1,8
kag-2	569827	3784036	30,7	16	122,4	0,8	0,8	8	1,5
kag-3	569758	3783018	85,4	52,9	82,3	0,8	0,8	8	1,5
kag-4	569745	3782729	1100	1300	5000	0,8	0,8	8	1,8
kag-5	569561	3782657	47,7	24,1	89	0,8	0,8	8	1,5
kag-6	569492	3782102	318,2	87,6	222,4	0,8	0,8	8	1,5
kag-7	567882	3781661	27400	15000	23000	12	0,8	8	1,5
kag-8	568242	3782074	108,4	75,3	45	0,8	0,8	8	1,5
kag-9	568283	3782331	10000	892,2	2300	0,8	0,8	8	1,5
kag-10	568357	3782155	8000	306,7	3200	10,3	0,8	8	1,5
kag-11	568623	3781816	310,5	846,5	520	0,8	0,8	8	1,5
kag-12	567929	3781420	392,8	180,2	431,2	0,8	0,8	8	1,5
kag-13	568737	3779812	23,8	14,3	47,9	0,8	0,8	8	1,5
kag-14	569808	3779364	15000	7300	15000	27,6	0,8	8	7
kag-15	569471	3779417	30000	10000	7400	19,5	0,8	8	1,5
kag-16	569359	3779508	128,6	69,2	81,7	0,8	0,8	8	1,5
kag-17	569140	3779474	383,5	48,8	420,9	0,8	0,8	8	1,5
kag-18	570062	3779546	263,9	74,5	155,1	0,8	0,8	8	1,5
kag-19	569999	3779611	461,1	840,9	435,2	14,1	0,8	8	1,5
kag-20	569994	3779876	3400	20400	2000	19,5	0,8	8	1,5
kag-21	570238	3779683	126,5	619,2	570,1	0,8	0,8	8	1,5
kag-22	570236	3779740	96,7	1600	559,9	0,8	0,8	8	1,5
kag-23	570550	3779843	280,4	211,1	161,2	0,8	0,8	8	1,5
kag-24	571132	3780500	256,7	185,4	356,4	0,8	0,8	8	1,5
kag-25	571596	3779919	308,8	159,5	203,6	0,8	0,8	8	1,5
kag-26	571870	3779605	26000	119,3	146,4	17,6	0,8	8	1,5
kag-28	572420	3780246	137,8	3500	569,8	17,5	0,8	8	6
kag-29	569678	3781207	1500	1200	588,5	0,8	0,8	8	1,5
kag-30	570042	3781035	367,7	489,3	925,7	0,8	0,8	8	1,5
kag-31	570123	3781076	36,3	144,1	247	0,8	0,8	8	1,5
kag-32	570773	3780993	56,6	138,8	133,8	0,8	0,8	8	1,5
kag-33	571564	3780804	41,4	55,8	114,9	0,8	0,8	8	1,5
kag-34	571117	3781174	35,5	34,2	139,3	3	0,8	8	1,5
kag-35	570756	3781453	29,6	70,8	76	9,5	0,8	8	1,5
kag-36	570791	3781718	74,5	81,3	150,3	0,8	0,8	8	1,5
kag-37	570341	3781785	9000	80	1300	0,8	0,8	8	1,5
kag-38	569920	3782281	2000	377	953,9	0,8	0,8	8	1,5
kag-39	572513	3780487	3200	916,6	1300	0,8	0,8	8	1,5
kag-40	572570	3780196	13000	121,9	859,7	26,4	0,8	8	1,5
kag-41	572591	3780221	13000	516,2	2000	20,6	0,8	8	7
kag-42	572741	3780322	48,8	340,1	112,1	0,8	0,8	8	1,5
kag-43	572963	3780298	107,1	259,6	270,1	0,8	0,8	8	1,5
kag-44	572930	3780460	73,2	122,3	114,8	30	0,8	8	1,5
kag-45	573169	3780652	62,7	740,8	656,1	21,4	0,8	8	6
kag-46	573396	3780563	107,9	416,9	291,8	17,4	0,8	8	1,5
kag-47	573060	3780939	309,9	16000	882,8	15,1	0,8	8	1,5

ادامه جدول 3

kag-48	572210	3781518	25,8	21,8	57,3	0,8	0,8	8	1,5
kag-49	572158	3781949	3400	887,7	20100	18,6	0,8	8	80
kag-50	573344	3781315	826,4	4100	1800	16,5	0,8	8	1,5
kag-52	573626	3781201	47	282,2	287,3	21	0,8	8	1,5
kag-53	573887	3781347	810,6	3200	1800	0,8	0,8	8	1,5
kag-54	573945	3781458	868,5	3000	1200	0,8	0,8	8	1,5
kag-55	573176	3782803	1700	2300	1300	0,8	0,8	8	1,5
kag-56	573205	3782655	47,2	103,7	135,6	3	0,8	8	1,5
kag-57	572954	3782327	112,8	107,3	468,1	0,8	0,8	8	1,5
kag-58	573372	3782058	35,3	121,7	313,3	0,8	0,8	8	1,5
kag-59	573498	3782387	129,5	905,7	369,5	23,3	0,8	8	1,5
kag-60	573270	3782524	420,2	222,7	836,8	4	0,8	8	1,5
kag-61	573260	3782557	66,4	1100	587,2	0,8	0,8	8	1,5
kag-80	571631	3779180	17000	550	580	10	0,8	8	1,5
kag-81	571362	3779104	21000	312	575	19,8	0,8	8	1,5
kag-82	571904	3779267	14000	637	1300	6	0,8	8	1,5
kag-83	571385	3779331	48000	540	780	36	0,8	8	1,5
kag-84	571773	3779520	11500	128	450	39	0,8	8	1,5
kcg-1	573538	3782582	155,7	659,3	338,5	8	0,8	8	1,5
kcg-2	573617	3782667	208,6	858,3	588,2	11,1	0,8	8	1,5
kcg-3	573616	3782692	177,4	461,8	448,4	10,3	0,8	8	1,5
kcg-4	573285	3782834	136,2	222,5	197,5	3	0,8	8	1,5
kcg-5	573423	3783120	613,9	3300	1700	0,8	0,8	8	1,5
kcg-7	573698	3783042	37,7	44,7	515,5	0,8	0,8	8	1,5
kcg-8	573695	3783013	133,1	596,1	720,3	22,5	0,8	8	1,5
kcg-9	573652	3782701	143,7	395,2	408,9	8	0,8	8	1,5
kcg-10	573652	3782701	447,3	1900	672,1	13,2	0,8	8	1,5
kcg-11	573540	3783281	237,9	2000	66000	32,8	0,8	8	1,5
kcg-12	573790	3783470	50	44,1	96,4	0,8	0,8	8	1,5
kcg-13	574120	3783897	143,8	40540	11000	22,1	0,8	8	80
kcg-14	574567	3783986	10	247,2	199,2	0,8	0,8	8	1,5
kcg-15	574927	3783994	16,9	45,8	20	0,8	0,8	8	1,5
kcg-16	575063	3784809	137,8	429,2	427	0,8	0,8	8	1,5
kcg-17	575219	3784405	126,2	662,3	269,8	0,8	0,8	8	1,5
kcg-18	575172	3783793	31,8	97	179	0,8	0,8	8	1,5

جدول 4 نتایج تجزیه طلا نمونه‌های سنگی [1]، [8].

Sample	X	Y	Au (ppb)	Sample	X	Y	Au (ppb)
KAG- 54	573945	3781458	9000	KAG1	569797	3784006	60
KAG- 28	572420	3780246	890	KAG5	569561	3782657	3400
KAG- 55	573176	3782803	1010	KAG7	567882	3781661	340
KAG- 39	572513	3780487	620	KAG9	568283	3782331	48
KAG-41	572591	3780221	230	KAG15	569471	3779417	60
KAG-49	572158	3781949	80	KAG28	570123	3781076	450



شکل 12 نقشه‌های ژئوشیمی نمونه‌های سنگی [1]، [8].

داشته است. توده‌های دیوریتی و کوارتز مونزونیتی، به احتمال زیاد در الیگوسن-میوسن نفوذ کرده و در مقاطع زمانی بعد نیز این فرایند ادامه داشته است.

توده‌های آذرین نیمه عمیق متعددی در این گستره، برای اولین بار معرفی شدند. این توده‌ها از طیف ترکیبی هورنبلند

#### برداشتها و پیشنهادها

از آنجا که در کنگلومرای سازند کرمان (کرتاسه فوقانی-پالئوسن تحتانی) سنگهای آتشفشانی و توده‌های نفوذی مشاهده نشدند، فعالیت ماگمایی به صورت آتشفشانی از حدود ائوسن شروع و در طول ترشیاری در مقاطع زمانی مختلف ادامه

[4] Esmaily D., Nedelec M.V., Valizadeh F., Moore J., Cotton, "Petrology of the Jurassic Shahkuh granite (Eastern Iran), with reference to tin mineralization", J. of Asian Earth Sciences, 25, (2005) 961-980.

[5] Lensch G., Schmidt K., "Plate tectonic, orogeny, and mineralization in the Iranian fold belts results and conclusions", N. Jb. Geol. Palaont. Abh. 168, 2/3: 558-568 (1984).

[6] Tarkian M., Lotfi M., Baumann A., "Magmatic copper and Lead Zinc ore deposits in the Central Lut, Eastern Iran", N. Jb. Geol. Palaont. Abh, 168, 2/3: 497-523 (1984).

[7] Tarkian M., Lotfi M., Bauman A., "Tectonic, magmatism and the formation of mineral deposits in central Lut, East of Iran", Geol. Survey of Iran, Rep. No. 57, p. 357-383 (1983).

[8] پورخسرو م.، "پترولوژی، آتراسیون، آکتشافات ژئوشیمیایی و کانی‌سازی منطقه کجه شمال غرب فردوس"، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی. گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد (1385).

[9] Cox K.G., Bell J.D., Pankhurst R.J., "The interpretation of igneous rocks", London, Allen and Unwin, 450 p (1979).

[10] خراسانی م.، "پترگرافی، ژئوشیمی و پترولوژی سنگهای آتشفشانی غرب فردوس"، پایان نامه کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشگاه تربیت معلم تهران، 145 صفحه (1378).

[11] کریم‌پور م.، عاشوری ع.، سعادت س.، قورچی م.، "پترولوژی، پتروفیزیک، موقعیت تکتونیک و کانی‌سازی توده‌های نفوذی و سنگ‌های آتشفشانی طاهرآباد و شرق بجستان"، در مرحله چاپ مجله زمین‌شناسی ایران دانشگاه فردوسی مشهد (1386).

[12] Shand S.J., "Eruptive Rocks", John Wiley & Sons (1943).

[13] Peccarillo A., Taylor S.R., "Geochemistry of the Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area northern Turkey", Contributions to Mineralogy and Petrology, Vol.58, (1976) p.63-81.

[14] McDonough W.F., Frey F.A., "REE in upper mantle rocks. In: Geochemistry and mineralogy of rare Earth elements", Lipin, B. and McKay, G.R. (Editors), Mineralogical Society of America, Chelsea, Michigan. (1989) 99-145.

دیوریت پورفیری، هورنبلند بیوتیت دیوریت پورفیری، هورنبلند بیوتیت کوارتز مونزونیت پورفیری، بیوتیت کوارتز مونزونیت پورفیری، کوارتز مونزودیوریت پورفیری، هورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری، کوارتز مونزونیت پورفیری، و گرانیت پورفیری برخوردارند.

توده‌های نفوذی منطقه رحیمی در رده بندی ایشی‌هارا [16] بیشتر در گستره سری مگنتیت یا گرانیت‌های اکسیدی بوده و گرانیت پورفیری از سری ایلمینیت است. به استثنای گرانیت پورفیری تمامی توده‌ها در رده‌بندی چاپل [17] جزء گرانیت‌های نوع (I) هستند.

شناسایی دو مجموعه از زون دگرسان؛ 1- مجموعه زون‌های سیلیسی (سیلیس- سربیسیت- پروپیلیتیک، زون سیلیس - پروپیلیتیک و زون سیلیس - سربیسیت) واقع در خاور نقشه در راستای گسل رحیمی و گسل کجه که به توده گرانیت پورفیری وابسته هستند. 2- مجموعه دگرسانی پروپیلیتیک، سربیسیت و آرژیلیک در مرکز و باختر نقشه که با مجموعه توده‌های نفوذی مونزونیت - کوارتز مونزونیت و دیوریت ارتباط دارند.

کانی‌سازی وابسته به گرانیت پورفیری دارای نابهنجاری Mo, Pb, Zn, Ag است. کانی‌سازی مس به صورت افشان و رگه‌ای با کوارتز مونزونیت- مونزونیت پورفیری وابسته‌اند. نابهنجاری عناصر Cu, Pb, Au, Zn, Ag در این گستره مشاهده شد. بر پایه توده‌های آذرین نیمه عمیق مونزونیت - کوارتز مونزونیت و دیوریت، نوع و گسترش زون‌های دگرسان و نابهنجاری عناصر Cu, Pb, Au, Zn, Ag احتمالاً در منطقه کانی‌سازی مس پورفیری تشکیل شده است.

#### مراجع

[1] خسروی م.، "پترولوژی، آتراسیون، کانی‌سازی و آکتشافات ژئوشیمیایی منطقه رحیمی شمال غرب فردوس"، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی. گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد (1385).

[2] Dehghani G., "Schwefelfeld und Krustenaufbau in Iran- Humburger Geophys", Einzelscher., R. A., H., 54, S., Hamburg (1981).

[3] آقاباتی ع.، "زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و آکتشافات معدنی کشور، (1383) 586 صفحه.



[15] سازمان صنایع و معادن استان خراسان رضوی، "گزارش اکتشاف مقدماتی مس، سرب و روی چاه پالون فردوس"، 123 صفحه (1381).

[16] Ishihara S., "The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks", Mining geology, Japan, 27, (1977) p. 43- 300.

[17] Chappel B.C., White A.J.R., "Two contrasting granite types", Pacific Geology, 8, (1974) 173-174.

Archive of SID