قرابتهای پتروژنتیک قوس ولکانو- پلوتونیک کوه‌زر- ترود وارتباط آن با متالوژنی در ناحیه

دکتر محمد ولی ولی‌زاده و عبدالرضا جعفریان

گروه زمین‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه تهران صندوق پستی ۱۴۱۵۵—۱۵۵

چکیده

قوس کوه زر- ترود در برگیرنده کمپلکسی از ولکانو- پلوتونیک‌ها می‌باشد که دارای ترکیبی - آندزیتی وگرانودیوریتی‌است. توده‌های نفوذی‌بصورت استوک‌هایی درمیان نهشته‌های پیرو کلاستیک بیرون زدگی دارد. ماگماتیسم‌این‌ناحیه ازنوع کالکوآلکالن می‌باشد و آندزیت‌های‌آن درردیف آندزیتهای کوهزائی قرار می‌گیرند . ولکانیسم در ناحیه تظاهر سطحی پلوتونیسم اعماق می‌باشد ، که هردو از ماگمائی واحد هستند که ازگوشته فوقانی منشاء گرفته‌اند. با توجه به رده‌بندی پیشنهادی اوارت (۱۹۷۶) قوس ماگمایی ناحیه از نوع قوسهای فشردگی و قابل مقایسه با انواع موجود در غرب آمریکا می‌باشد.

کانی‌سازی وسیع مس و کانی‌های سولفوره در ناحیه در رابطه با همین قوس ولکانو- پلوتونیک می‌باشد، که به‌صورت خطی گسترش دارد. آلتراسیون منطقه‌ای در حواشی گرانودیوریتی باغو در ارتباط تنگاتنگی با کانی سازی مس پرفیری در منطقه است.

J. of Sci. Univ. Tehran, Vol **20** (1991), *no* 1, *p.* 21 - 33

Petrogenetic relationships of volcano - Plutonic arc of Kouh - é - Zar - Toroud and its link with metallogeny of the area

Dr. Mohammad Vali Valizadeh & A. R. Jafarian

Geolbgical Dept. Faculty of Science, University of Tehran

Abstract

The Kouh- e- Zar (Toroud)'s arc is made of a volcano- plutonic magmatic Complex, with andesitic and granodioritic composition. The Platons are tought to be in the forms of subvolcanic stocks intruding into pyroclastic deposits of the area. The magmatism of the suidied area is considered to be of calcoalcalin type, and its andesaites lay in orogenic andesites suit. The volcanism of the region is superficial manifestation of deep situated plutonics, which both originated from a unic magmatic source. According to the Ewart's classification of magmas, the magmatic arc of the region is of compressional type. The widespread copper mineralization and its sulfied minerals in the region related to this volcano-plutonic arc, that is presented here as a linear arrengement. The zonal alteration around the Baghou granodioritic stock is closely related to copper porphyry mineralization of the region.

مقدمه :

منطقه کوه زرـ ترود در ۱۰۰ کیلومتری جنوب شرقی دامغان واقع می‌باشد و رشته کوهی است با روند تقریباً شرقی ـ غربی که امتداد آن به‌بیش‌از صد کیلومتر و عرض آن به‌بیش از ده کیلومتر می‌رسد . شکل شماره ۱ موقعیت زمین‌شناسی منطقه را بطور خلاصه نشان می‌دهد. شکل ۲ تصویر دورنمای منطقه است . حجم عمده آنرا سنگهای پیرو کلاستیک، گدازه‌های با ترکیب آندزیتی، وتوده‌های نفوذی ساب ولکانیک باترکیب گرانودیوریتی تشکیل می‌دهد.

گرچه دسترسی به این ناحیه به‌علت کویری و صعب‌العبور بودن منطقه همیشه با اشکال روبرو بوده است ولی جاذبه معدنی این ناحیه و سرزمین لرزه خیزش توجه بسیاری از زمین شناسان را به خود جلب نموده است .

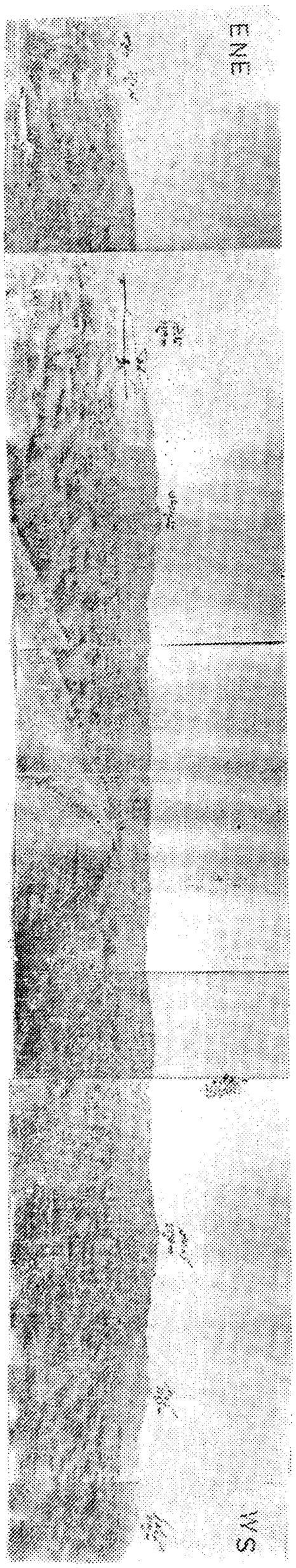
هوبر واشتوکلین (۱۹۵۶) دراین ناحیه به‌مطالعات رسوبات ترشیری اقدام نموده‌اند و شروع فعالیت ولکانیسم را در ناحیه به‌لوتسین نسبت می‌دهند .

تقی‌زاده (۱۹۶۸) آثار و علائم متعدد مس را دراین ناحیه گزارش کرده است. هلمها کر (۱۸۹۸) و هنمیک (۱۸۹۹) اولین کسانی بودند که درگزارشات خوداز آبرفت طلادار ناحیه کوه زر نام برده‌اند . البته منشاء این طلا از گرانودیوریت شرق دهکده کوه زر می‌باشد. گزارش چهارگوش ترود (۱۳۵۷) سازمان زمین‌شناسی کشور کلیه کارهای انجام شده قبلی را جمع‌بندی نموده است.

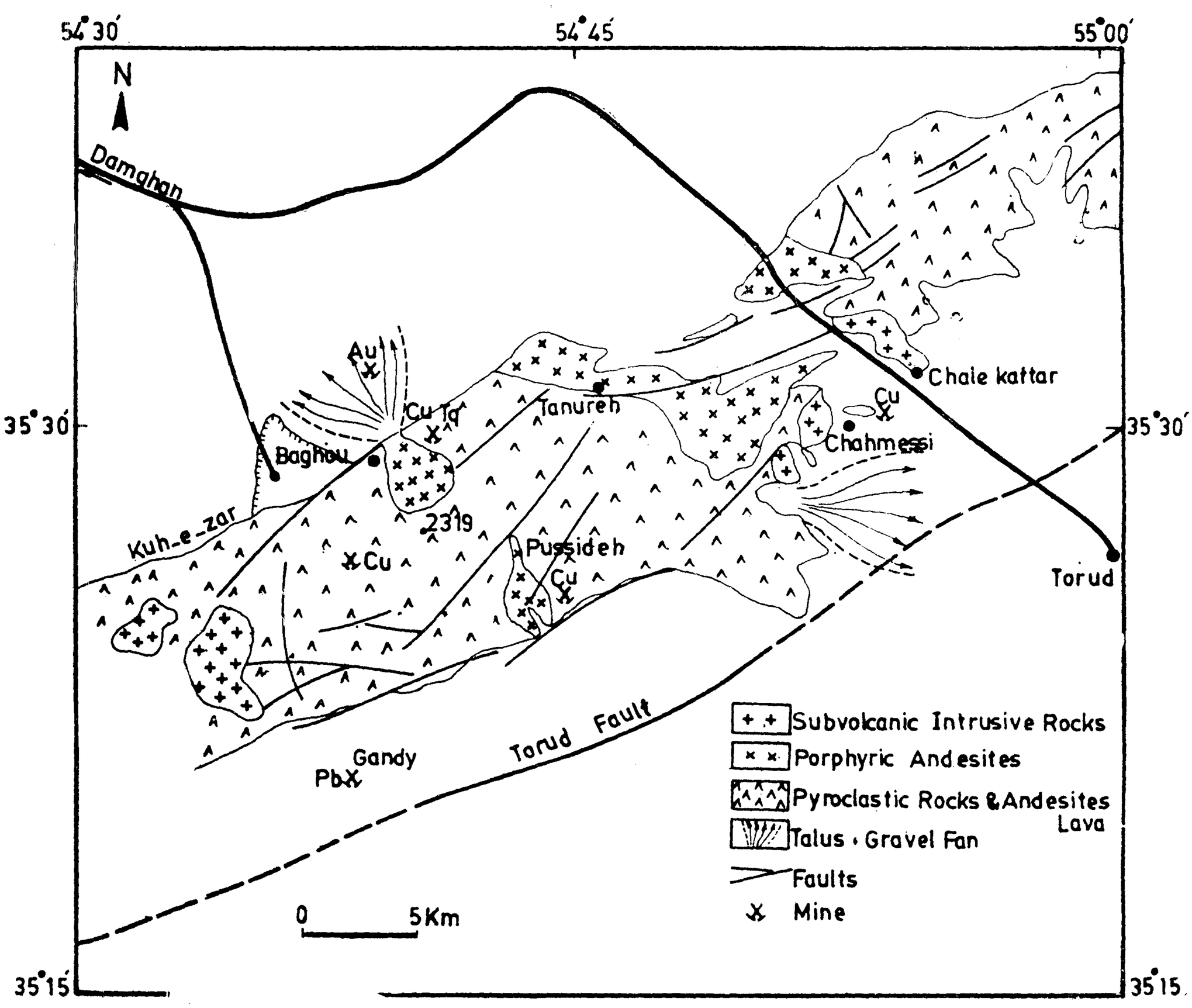
سرگذشت زمین‌شناسی ناحیه ترود در رابطه تنگاتنگی با تأثیر گسل هایی بوده است که درشمال به‌سوازات‌گسل عطاری ودرجنوب به‌سوازات گسل درونه می‌باشد. لذا بررسی ناحیه از دیدگاه تکتونیک ورقه‌ای و رابطه آن باانواع کانی‌سازهای سولفوره در منطقه،موضوعی منطقی وقابل پیگیری می‌باشد که تا کنون به چنین پژوهشی توجه لازم مبذول نگردیده است. وجود کانی سازی وسیع بصورت‌دیسیمینه و رابطه آن باآلتراسیون سنگهای دیواره در رشته کوه زرـ ترودیکی‌از موضوعاتی است که دراین مقاله مورد بررسی قرار می‌گیرد. دیدگاه نوینی که در اینجا بدان توجه گردیده است عبارت از ارتباط میان توده‌های نفوذی و سنگهای خروجی است که تحت عنوان قوس ولکانو- پلوتونیک مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفته است .

وضعیت سنگ شناسی و ژئوشیمی

در رشته کوه زرد ـ ترود با حجم وسیعی از سنگهای پیرو ـ کلاستیک مواجه می‌باشیم که شامل لاپیلی ، لاپیلی- توف ، برش پیرو کلاسیک ، توف و... می‌باشد. دراین رشته کوه‌گدازه‌های و ولکانیک با ترکیب آندزیتی حجم قابل توجهی را تشکیل می‌دهد که طبق دیاگرام اشتریکایزن (۱۹۸۰) برمبنای کانی‌های نورماتیو

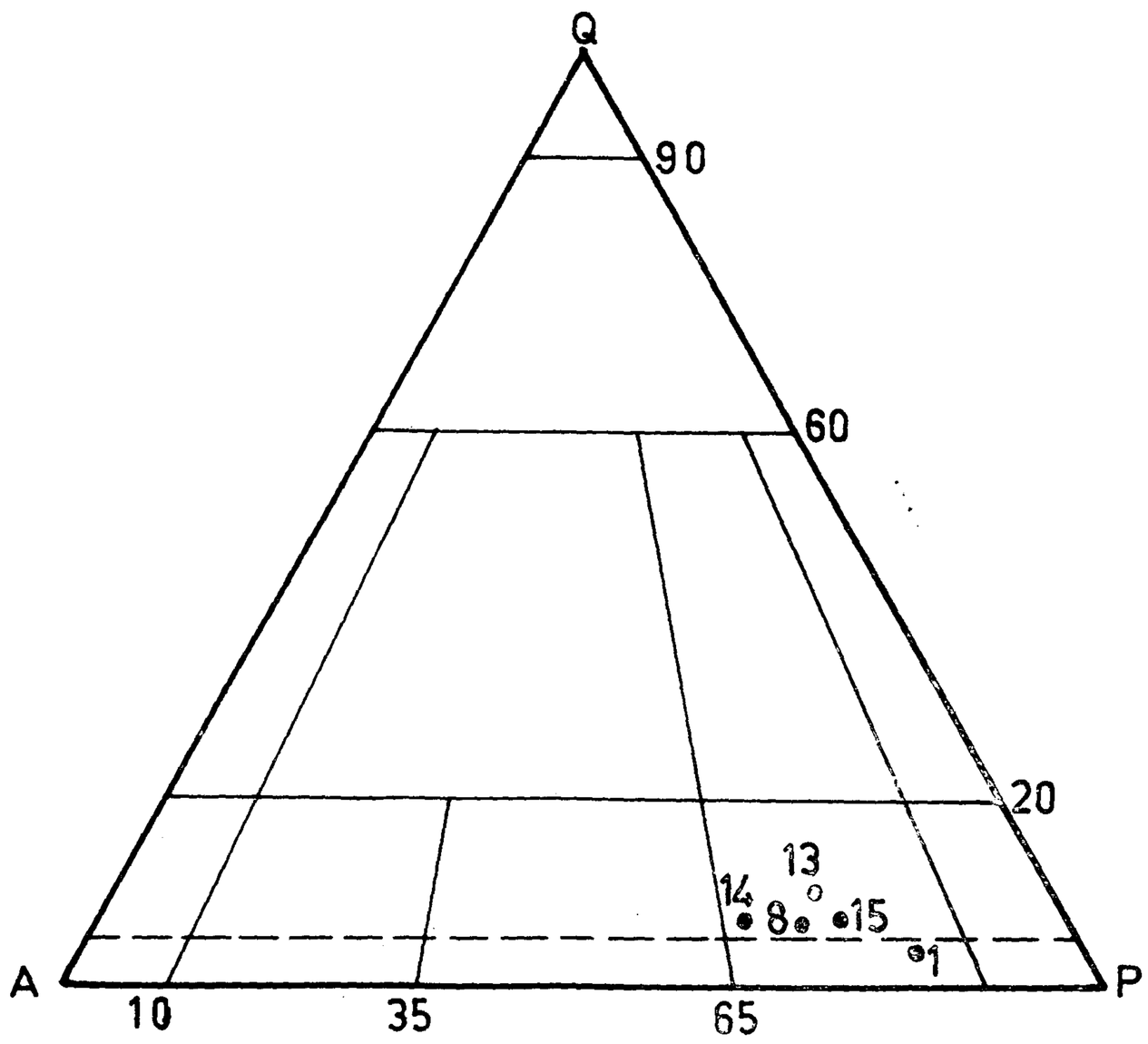


شکل ۲- تصویر دورنمای قوس ولکانو- پلوتونیک رشته کوه زرـ ترود (تصویر در جهت W - NW برداشته شده است) .



شکل ۱ـ نقشه ساده زمین شناسی توده ولکانو ـ پلوتونیک کوه زر ـ ترود

کلیه نمونه‌ها در محدوده آندزیت قرار می‌گیرند (شکل۳). در این رشته کوه با استوک‌های نفوذی موجه می‌باشیم که یکی از آنها در دهکده باغو واقع درشرق دهکده کوه زرقرار دارد که بافت سنگهای آن میکروگرونو پرفیریک می‌باشد که بلورهای درشت اتوسرف آنرا پلاژیوکلازها تشکیل می‌دهند. مقاطع نازك این سنگها بوسیله رنگ‌آمیزی انتخابی پیشنهادی لادورون (۱۹٦٦) در موردفلدسپات ها در مقاطع نازك مورد رنگ آمیزی قرارگرفت و موقعیت نقاط در دیاگرام اشتریکایزن (۱۹۷٤) در محدوده گرانودیوریت و کوارتزـ مونزودیوریت واقع شد (شکل٤).



شکل۳ـ وضعیت قرارگرفتن نقاط مربوط به‌سنگهای ولکانیک منطقه براساس کانی‌های نورـ ماتیو در جدول رده‌بندی اشتریکایزن (۱۹۸۰).

وجود نودول‌ها و رگه‌های تورمالین در دایکهای کانی ـ سازی شده که شدیداً آلتراسیون نوع پتاسیک را تحمل کرده‌اند، قابل توجه می‌باشد. کانی اخیر در اثر عمل محلول‌های دارای عیار بالای موادمعدنی‌تشکیل شده‌است که مهمترین عنصر موجود دراین محلول‌ها بور (B) بوده است که در نتیجه تبلور در ماگما و در ـ مراحل جدایش تأخیری در فاز پنوماتولیتی تمرکز حداکثر را یافته است.

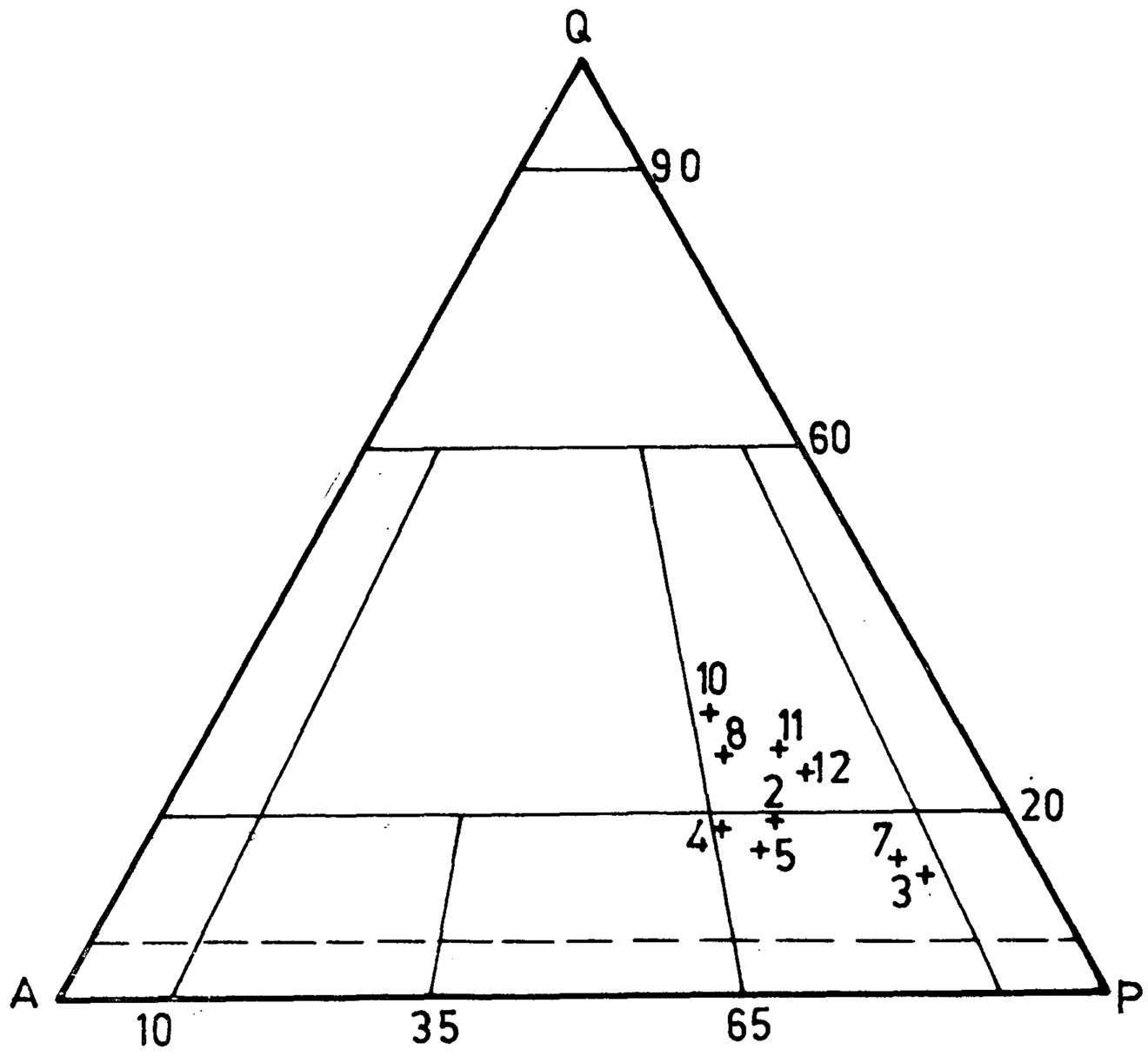
وجود لفافه‌های‌سفید شده اطراف نودولها، نمایانگر وجود منطقه غنی از آلکالن و فقیر از فرومنیزین در حاشیه نودول می‌باشد که این امر در اثر فرایندهای زهکشی یا آبگیری ناشی از عملکرد تشکیل نودولی می‌باشد (دیدیه، ۱۹۷۳).

انواع آلتراسیون در سنگهای منطقه :

بطور کلی آلتراسیون سنگهای منطقه را می‌توان در چهار نوع از تجمعات کانی‌های آلتره رده‌بندی نمود :

الف) تجمعات پروپلیتی : کلریت، اپیدوت، کربنات ؛
ب) تجمعات آرژیلی: کوارتز، کائولن، کلریت ؛
ج) تجمعات سریسیتی : کوارتز، سریسیت، پیریت ؛
د) تجمعات پتاس: کوارتز، فلدسپات پتاسیم‌دار، بیوتیت.

انواع آلتراسیون فوق بصورت منطقه‌ای در حاشیه استوك گرانودیوریتی ناحیه باغو قابل پیگیری می‌باشد. به‌این ترتیب با دورشدن از هسته استوك به‌انواع پروپلیتی و با نزدیك شدن به‌آن به‌انواع سسریسیتی برخورد می کنیم.



شکل ٤- وضعیت قرارگیری نقاط مربوط به‌سنگهای توده‌های نفوذی منطقه مورد مطالعه در دیاگرام رده‌بندی اشتریکایزن (۱۹۷٤).

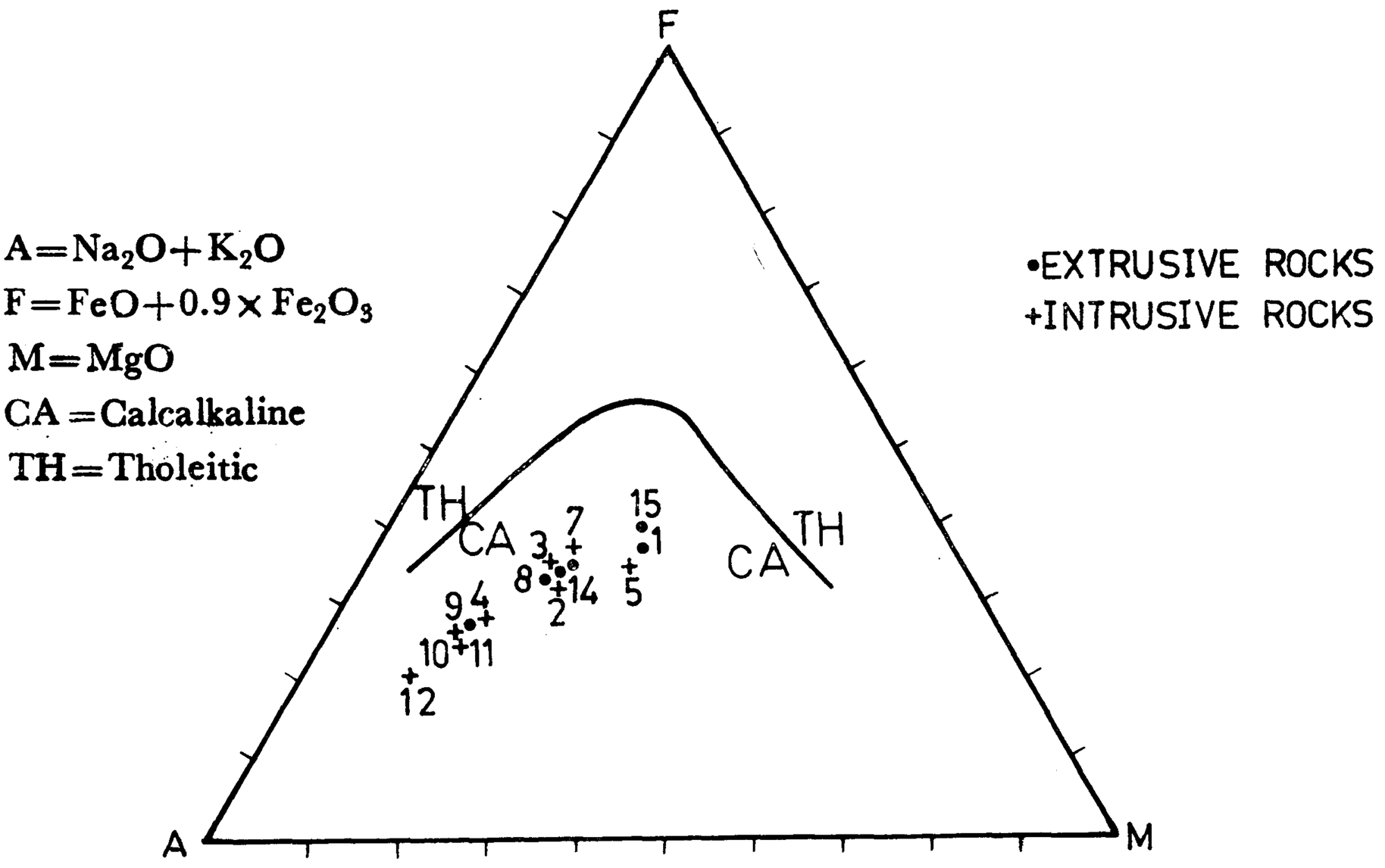
قرابتهای پتروژنتیکی سنگهای ولکانو - پلوتونیک کوه زر - ترود:

باتوجه‌به‌ارتباط فضائی‌میان مجموعه های ولکانیک وتوده‌ی ها نفوذی و ساب ولکانیک، و قرابتهای ژئوشیمیائی نمونه در دیاگرام AFM (شکل ٥) ودیاگرام های‌تغییرات درصدهای وزنی اکسید های مختلف در مقابل SiO_2 (شکل ٦) این امرتائید می‌شود که‌فعالیت ولکانیک دراین‌ناحیه تظاهر سطحی فرایندهای پلوتونیک می‌باشد.

حال چگونه است، که یک ماگمای والد بصورت توده نفوذی وگاه بصورت فوران‌های ولکانیک تظاهر می‌یابد ؟ برطبق نظر پیچر(۱۹۷۸) این امر باآب موجود در ماگما در ارتباط می‌باشد. این موضوع به‌خوبی شناخته شده است که کنترل اصلی در مورد عمق جریان تبلور عبارت از مقدار آب موجود در ماگما می‌باشد - (هاریش و همکاران، ۱۹۷۰؛فرایند، ۱۹۳۰؛ ویلی،۱۹۸۳؛نایف، ۱۹۸۸؛ ویتنی ، ۱۹۸۸) و صرفاً ماگماهای خشک می‌توانند به ترازهای کم‌عمق‌پوسته‌ای صعود کنند وبه‌صورت‌فوران های‌ولکانیک تظاهر یابند. پیچر (۱۹۷۸) این نظر را ابراز داشته‌است که توده‌های نفوذی با تولیت ساحل پرو در عمق ۳ تا ۸ کیلومتری ازسطح زمین، پس‌از جذب آب از سیکل آبهای جوی منجمد و متوقف گردیده است. طبق نظر ساکویاما (۱۹۷۹) ماگماهای والد آندزیت‌ها شدیداً از نظر آب تحت اشباع می‌باشند. این امربا مدل پتروژنتیک ارائه شده سازگار است. این فرایندهای صعود وتبلور، ممکن‌است سبب جدایش‌موقتی فعالیت ولکانیک وپلوتونیک‌گردد، در حالیکه ازنظر وضعیت کلی ژئوشیمیایی بین ردیف‌های پلوتونیک و ولکانیک شباهت بسیار وجوددارد (تورپ و فرانسیس، ۱۹۸۱).

آندزیت‌ها و نقش آنها در ارتباط با پدیده‌های تکتونیک ورقه‌ای :

با توجه به‌اینکه حجم وسیعی از سنگهای رشته کوه‌زر- ترود دارای ترکیب آندزیتی هستند، و از طرفی آندزیت‌ها نیز دارای قرارگاه تکتونیکی خاص خود می‌باشند، بطوریکه آنها در مناطق تصادم ورقه‌های همگرا فراوان و در سایر نقاط اندك می‌باشند، واز میان ٥٦١ آتشفشان فعال در دنیا که تا ٥٠٠ کیلومتری زون - فرورانش یافت می‌شوند، تعداد ٤٣٩ عدد آنها آندزیت می‌باشند (جیمزگیل، ۱۹۸۱)، واز طرف دیگر ترکیب کلی آندزیت‌ها مشابه



شکل ۵ ـ محل قرارگیری نمونه‌های ولکانیک و پلوتونیک منطقه مورد مطالعه در دیاگرام AFM . خط ممتد مرز جداکننده سری‌های ماگمایی تولئیتی (TH) از کالک آلکالن (CA) می‌باشد. این مرز توسط ایروین و باراگار (۱۹۷۱) پیشنهاد شده است.

ترکیب کل پوسته زمین می‌باشد و در مناطقی مانند سطح کره ماه که آندزیت وجود ندارد پوسته دارای ترکیب و منشاء متفاوتی نسبت به پوسته زمین می‌باشد (جیمزگیل، ۱۹۸۱) ، لذا باتوجه‌به موارد مذکور در فوق ، ارتباط میان وضعیت تکتونیکی وآندزیت‌ها و نقش مهم آنها در تحول پوسته زمین مورد موافقت عموم زمین ـ شناسان می‌باشد ، وجود آنها در منطقه مورد بحث این مقاله درخور توجه بسیار است .

جهت رده‌بندی آندزیت‌ها ، زمین‌شناسان مختلف محکهای گوناگونی را برگزیده‌اند . اما نظر به‌اینکه دراین مقاله می‌خواهیم ماگماهای آندزیتی را در ارتباط با تکتونیک ورقه‌ای مورد بررسی قرار دهیم ، لذا شواهد و مدارك ما لزوماً بایستی شیمیایی باشد، و بنابراین آندزیت‌ها را براساس ترکیب شیمیایی تعریف نموده‌ایم . این تعریف برمبنای مقدار سیلیس تعیین می‌گردد، زیرا سیلیس بهترین عامل منفرد در تمایز و تشخیص اولیه آندزیت‌ها از بازالت‌ها و داسیت‌ها می‌باشد (آندزیت‌های کوهزایی در محدوده ۵۳ تا ۶۳ درصد وزنی سیلیس قرار می‌گیرند) (جیمزگیل، ۱۹۸۱). پایه دیگر این تعریف طبق شکل ۷ براساس درصد وزنی K_2O می‌باشد زیرا :

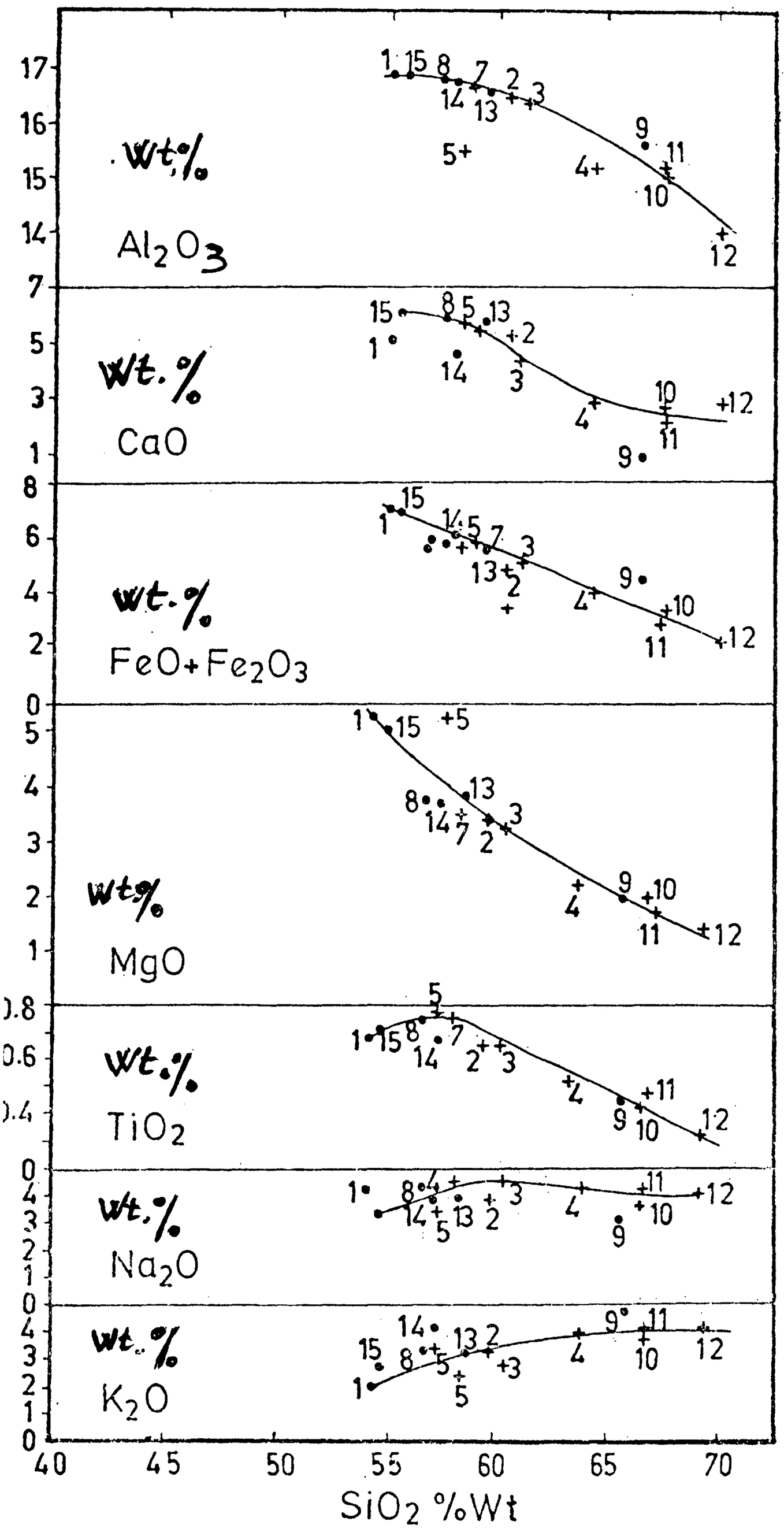
الف) مقدار K_2O عمده‌ترین متغیر در ترکیب آندزیت‌های تکتونیکی است ، چون هرقدر از منطقه برخورد دورتر می‌شویم مقدار K_2O آن افزایش می‌یابد، و معمولا اختلاف در درجه قلیایی بودن عمدتاً بیش از اینکه با عیار Na_2O رابطه داشته باشد با عیار K_2O درارتباط است (دیکینسون وهاترتون،۱۹۶۷ ؛هاترتون، ۱۹۶۹) ؛

ب) به‌نظر می‌رسد که اثر پلیمریزاسیون K_2O مایع آندزیتی بیشتر از هر اکسید دیگری در ارتباط با SiO_2 موجود در آن می‌باشد، که این امر نتیجه تغییرات در خواص فیزیکی ماگما ، انحلال کانی‌ها، حالات اکسیداسیون و ترکیب مایع اتکتیک آن است (لوئر و مورس ، ۱۹۷۷ ؛ کوشیرو، ۱۹۷۵)؛

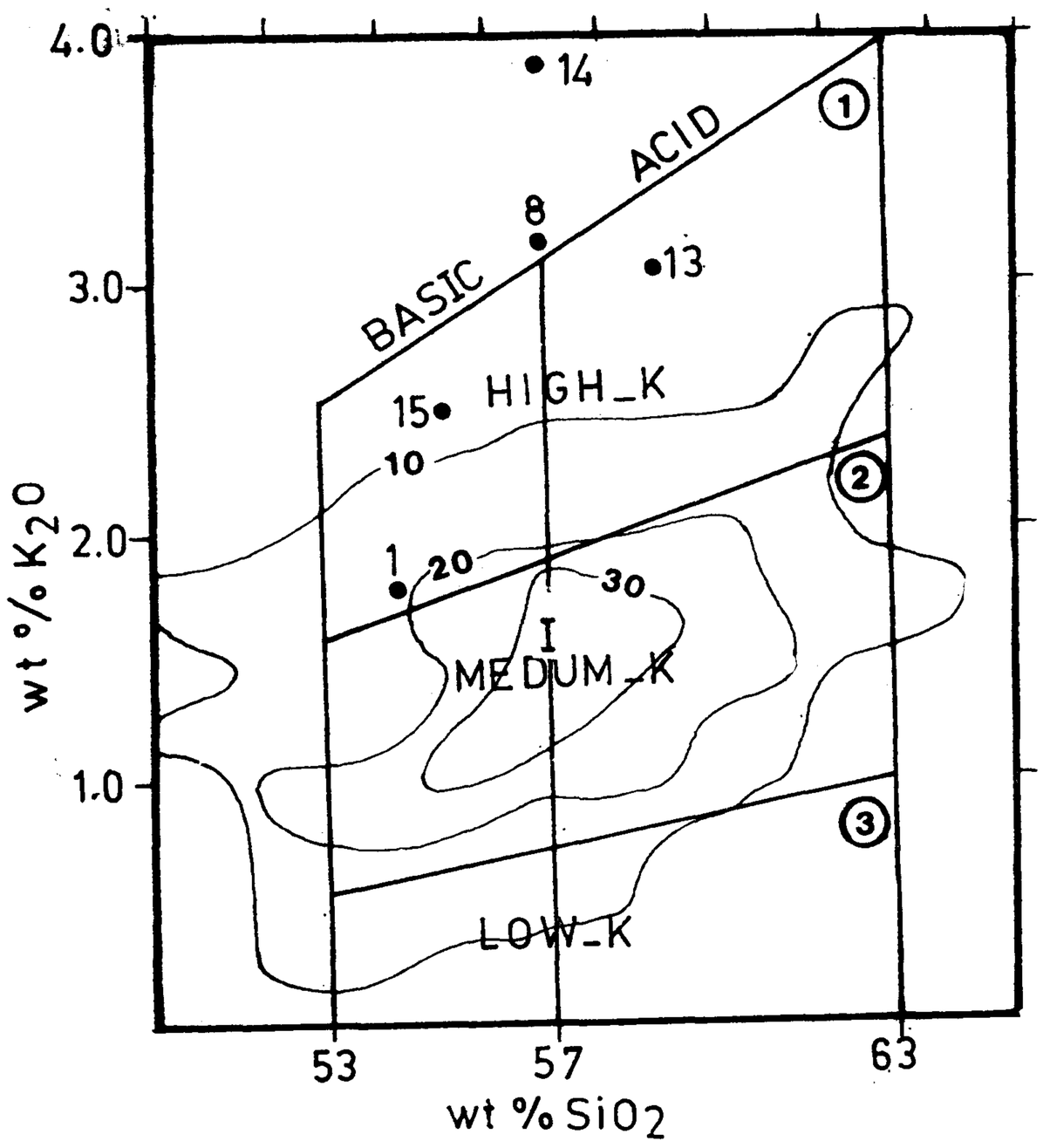
ج) تمرکز آب در ماگمای آندزیتی با K_2O موجود درآن در ارتباط است ؛

د) تمرکز عناصر یون‌های لیتوفیل درشت (LIL) مانند Ba وغیره بوسیله مقدار K_2O انعکاس می‌یابد.

با توجه به‌محک گیل،۱۹۸۱ (شکل۷) عده‌ای از سنگهائی که قبلا آندزیت نامیده می‌شوندرا نمی‌توان دراین محدوده قرارداد.



شکل ٦- دیاگرام‌های تغییرات عناصر بصورت اکسید در مقابل درصد وزنی سیلیس سنگهای ولکانیک و پلوتونیک توده‌های مورد مطالعه.



شکل ۷ ـ رده‌بندی آندزیتهای کوهزایی براساس درصد وزنی K_2O در مقابل SiO_2.
مقدار محاسبه شده K_2O در مناطق 3, 2, 1 به‌قرار ذیل می‌باشد :

1) $K_2O = 0.145\ (SiO_2) - 5.135$
2) $K_2O = 0.0818\ (SiO_2) - 2.754$
3) $K_2O = 0.0454\ (SiO_2) - 1.864$

منحنی‌های تراز نشانگر آندزیتهای اسمی می‌باشند که توسط مؤلفین مختلف تعیین شده است (گیل، ۱۹۸۱).

ارتباط قوس ولکانو پلوتونیک و کانی سازی در رشته کوه زر- ترود:

اوارت (۱۹۷۶) براساس مطالعات ژئوشیمی و ایزوتوپی سنگهای ولکانیک و پلوتونیک سه‌نوع قوس ماگمائی درون‌اقیانسی (IO) ، جزایر قاره‌ای (CI) و غرب امریکا (WA) شکل ۸ را تشخیص داده است. با توجه به‌رده‌بندی اوارت نمونه‌های قوس کوه زر- ترود به صورت تنگاتنگی با مشخصات قوس های غرب امریکا شمال شیلی، کاسکید، گینه جدید تطبیق می‌نماید.

با توجه به نسبت $Al/(K+Na+Ca/2)$ محاسبه شد، از نتایج تجزیه‌های شیمیائی کلا مقدار آن ۱/۱ می‌باشد ، که با گرانیت‌های نوع ـ I (I - Type Gnanite) جور درمی‌آید (پیچر، ۱۹۸۲) .

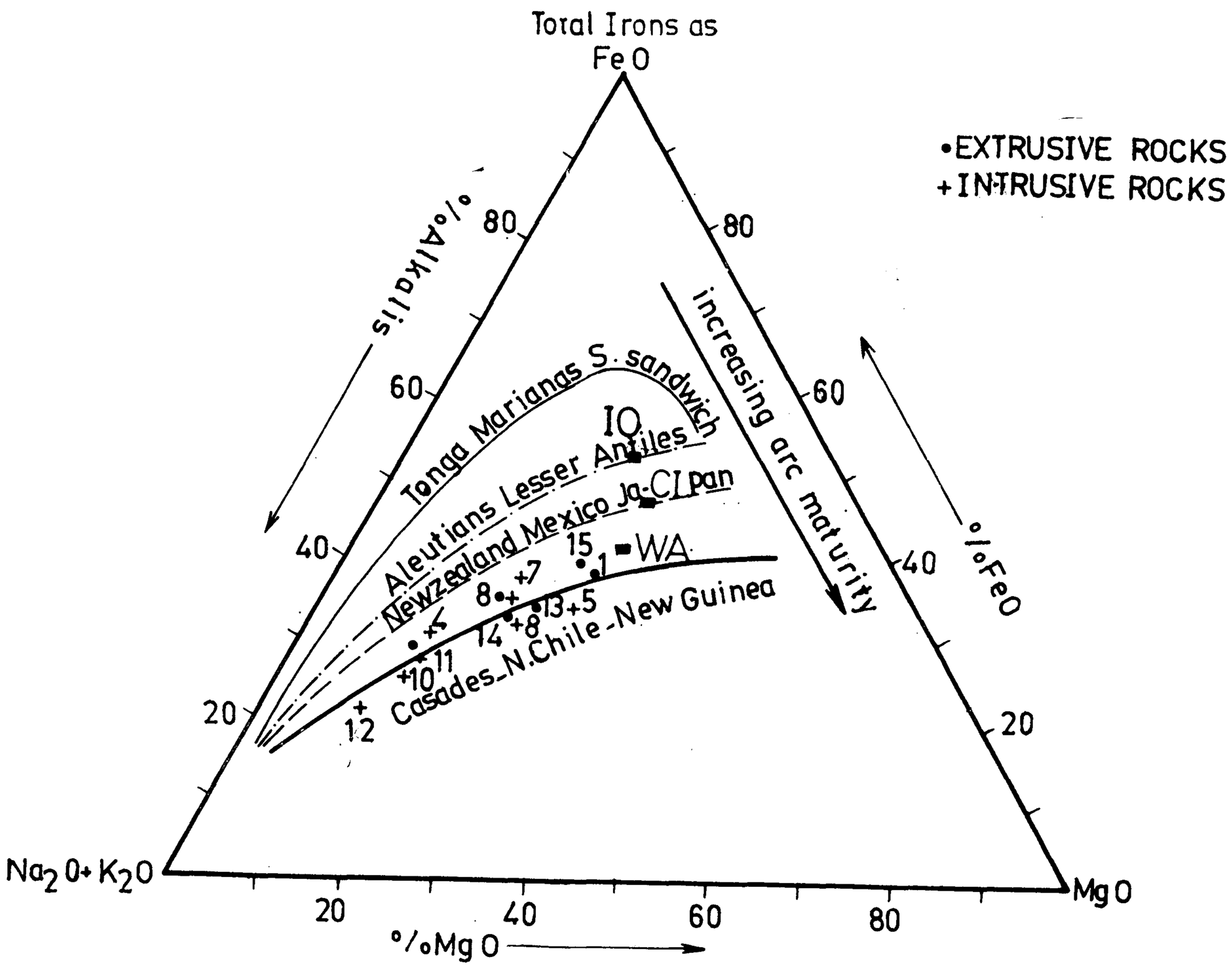
دراین منطقه آثار فرا وانی از مس و مواد معدنی دیگر و آثار کارهای بهره‌برداری از قبیل چاه مسی در شرق این رشته، معدن مس در بید محمد حسین واقع در غرب دهکده باغو، آثار سرب وروی معدن آبادی تنوره گندی‌رشم و ... مشاهده می‌شود. بطور کلی ناحیه ترود در ایالت متالوژی مس آلپ ـ هیمالیا قرارگرفته است که از ترکیه وارد ایران شده (سیلیتو، ۱۹۷۲) ودر ایران دوشاخه‌می‌گردد که یکی در امتداد روند تبریز- بزمان که به‌سوازات زاگروس است و دیگری در امتداد روند البرز جهت یافته است . البته کلا معادن

بزرگ مس پرفیری جنوب اروپا مانند نوار مس‌دار شمال و جنوب آناتولی، قبرس و... دراین ایالت متالوژنی قرارگرفته است .

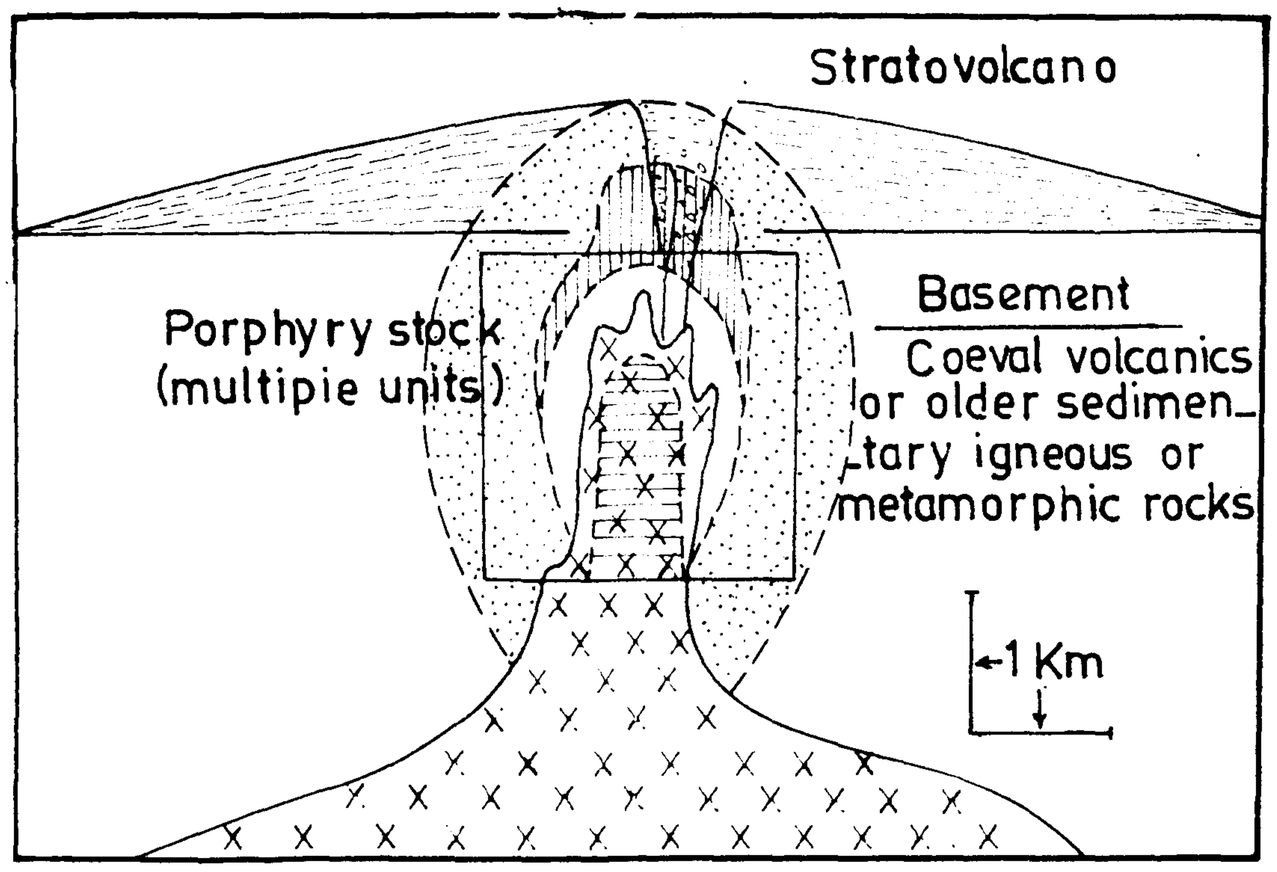
با توجه به‌آلتراسیون وسیع در اطراف استوک‌گرانودیوریتی ناحیه باغو که حالت منطقه‌ای در آن قابل پیگیری می‌باشد ، مدل ارائه شده در شکل های ۹ و ۱۰ رابطه آلتراسیون و کانی‌زایی‌را در منطقه به‌نمایش می‌گذارد .

به طوری که به‌اعتقاد سیلیتو (۱۹۷۲) نهشته‌های مس - پرفیری به‌ولکانو- پلوتونیک‌های خطی کالکو آلکالن محدود می‌گردد که ناشی از مناطق برخورد ورقه های لیتوسفر می‌باشند و ماگمای والد آنها ازگوشته فوقانی منشاءگرفته‌است، بطوریکه‌تشکیل نهشته های مس پرفیری در داخل محیطهای ساب ولکانیک زیر استراتوولکانهای داسیت- آندزیتی یافت می‌شود (شکل ۸).

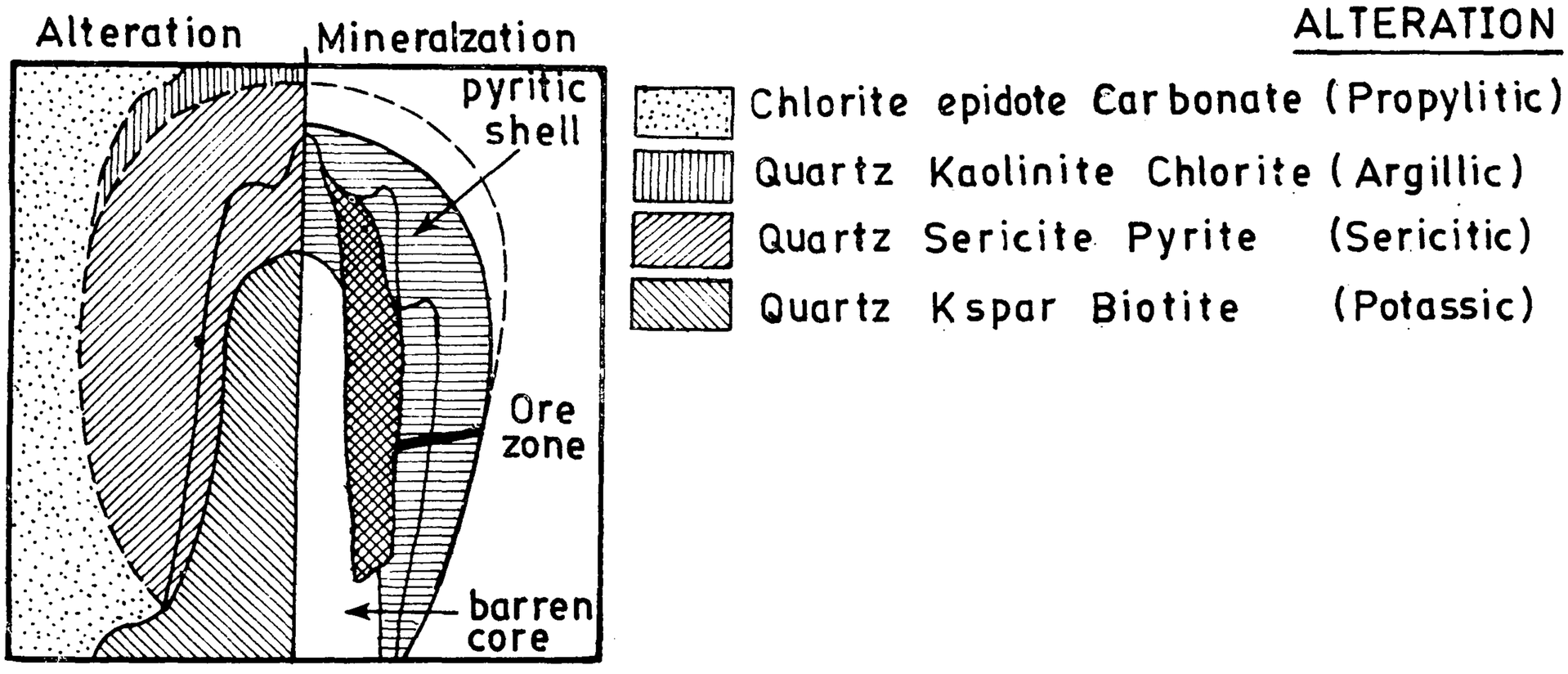
باتوجه به‌مطالعات ایزوتوپی سیالات درگیر به‌صورت ادخال (یاانکلوزیون مایع) در نهشته های مس پرفیری السالوادور شیلی ، نقش محلولهای هیدروترمال ناشی از آبهای جوی و آبهای ماگمایی در ایجاد آلتراسیون منطقه‌ای (شکل های ۱۰ و ۱۱) به‌خوبی‌مشخص می‌باشد . در رشته کوه زرـ ترود هم احتمالا آلتراسیون هیدروترمال درطی دو مرحله اقدام به کانی سازی سولفیدها نموده است : مرحله اولیه (شکل ۱۱ الف) که شامل مینرالیزاسیون دیسیمینه اولیه (Protore) است که در اثر عملکرد آبهای ماگمایی می‌باشد و باعث‌گسترش آلتراسیون پتاسیک است، مرحله بعدی (شکل ۱۱ ب) که نقش آبهای جوی در آن غالب می‌شود و در این مرحله قلمرو آلتراسیون پتاسیک محدود می‌گردد و آلتراسیون سریسیتی‌گسترش می‌یابد؛ بطوریکه دراین مرحله همراه سریسیتی‌شدن ، کانی‌زائی



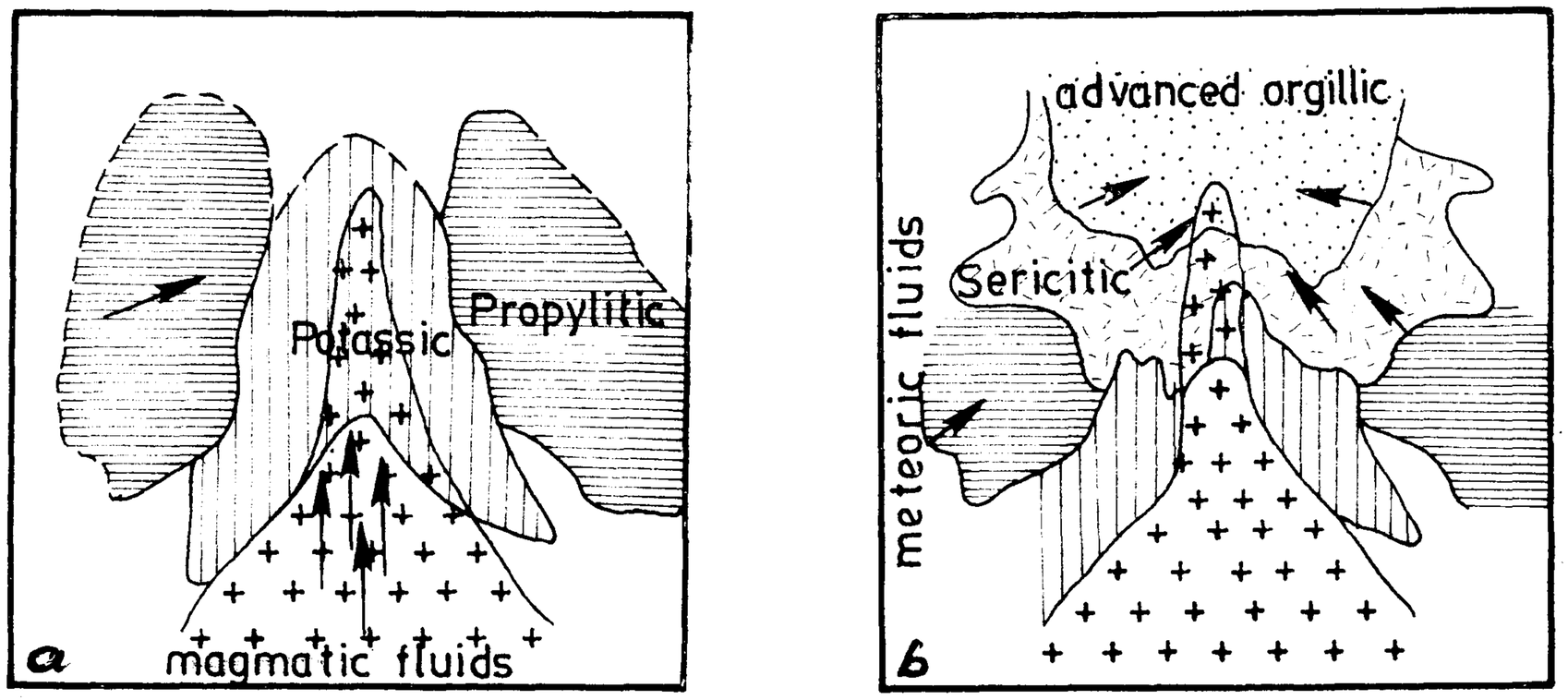
شکل ۸ - دیاگرام AFM جهت مقایسه موقعیت قوس های ماگمائی جدید . WA : قوس غرب امریکا ، CI : جزایر قوس قاره‌ای ، IO : جزایر قوس میان اقیانوسی براساس رده‌بندی اوارت (۱۹۷۶). اقتباس از مقاله براون ، ۱۹۸۲.
بطوری که دیده می‌شود نقاط مربوط به‌نمونه های سنگی مورد مطالعه در حول و حوش یک منحنی قرار می‌گیرند که معرف قوس کاسکید، شمال شیلی وگینه جدید می‌باشد.



شکل ۹ ـ مدل عمومی تشکیل نهشته‌های مس پرفیری . نکته شاخص این مدل عبارت از مینرالیزاسیون مس پرفیری در زون ساب ولکانیک زیر یک استراتوولکان و بالای بدنه توده نفوذی که حجم عمده آن درعمق قرارگرفته‌است،می‌باشد. وضعیت هندسی ناحیه توده نفوذی به‌علت وجود انواع آلتراسیون حاشیه‌ای بسیار مهم می‌باشد (حک و اصلاح شده مدل سیلیتو، ۱۹۷۳ ؛ توسط سوکینز، ۱۹۸٤).



شکل ۱۰ ـ الگوی ساده شده پاکت‌های مینرالیزاسیون و آلتراسیون که در یک سیستم شاخص مس پرفیری می‌تواند توسعه پیدا کند (نقل از تیتلی و بین ، ۱۹۸۱).



شکل ۱۱ - مقطع قائم ساده شده از: الف) مرحله اول ؛ ب) مرحله تاخیری آلتراسیون و حرکت مایعات براساس مطالعات نهشته‌های مس پرفیزی در ال سالوادور شیلی (گوستا- فسون و هنت، ۱۹۷۵).

مس به‌صورت غنی شدگی سوپرژن گسترش می‌یابد، و مس با عیار بالاتر در بدنه های محدودتری جایگزین می‌گردد.

توضیح لازم درجهت مکانیسم این عمل بدین گونه می‌باشد که:

آبهای باران و محلولهایی که از میان مناطق غنی از مواد ارگانیک و آلی خاك عبور می کند، به‌مقدار کم تا متوسط اسیدی می‌گردند، در نتیجه آبهای نزدیک سولفیدهای اکسید شده شدیداً اسیدی می‌شوند. واکنش محلول های اسیدی با کربنات ها وسنگهای سیلیکاته طبق واکنش زیر نسبت کاتیون به H (H کاتیون) افزایش می‌یابد و در نتیجه در زیر سطح آبهای زیرزمینی این محلول ها - طبیعتی خنثی یا آلکالن پیدا می کنند (هملی و جونز، ۱۹٦٤).

$$0.75\ \underset{\text{آندزین}}{Na_2CaAl_4Si_8O_{24}} + K^+ + 2H^+ \longrightarrow \underset{\text{سریسیت}}{KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2} + 1.5\ Na^+ + 0.75\ Ca^{++} + \underset{\text{کوارتز}}{3SiO_2}$$

دراثر تغییر Eh و PH محلول عناصر فلزی نظیر مس که در شرایط اسیدی گرایش به‌فاز سولفید داشته‌اند، طبق واکنش زیر در شرایط جدید جانشین آهن در پیریت می‌گردند (سری شورمن، ۱۸۸۸ نقل از (استوکس، ۱۹۰۷):

$$FeS_2 + 14Cu^{++} + 14SO_4^{--} + 12H_2O \longrightarrow \underset{\text{پیریت}}{} \ 7Cu_2S + 5Fe^{++} + 24H^+ + 17SO_4^{--}$$
کالکوزیت

بدین گونه در زیر سطح آبهای زیرزمینی یک منطقه غنی شده سولفیدها ایجاد می‌گردد. البته جهت غنی شدگی سوپرژن سولفیدها وجود یک چرخه کند و کاملا بطئی آبهای زیرزمینی جهت تغییر شرایط ژئوشیمیایی محلول ها، و تعادل بین نسبت اکسیداسیون و فرسایش ضروری می‌باشد؛ بطوری که فرسایش سریع باعث ازبین رفتن ناحیه غنی شده سوپرژن می‌گردد (پارك و مك دیارمید، ۱۹۷۵).

نتیجه گیری :

باتوجه به‌آنچه که گفته شد در مورد منطقه مورد مطالعه نتایج زیر حاصل می‌شود:

الف) ماگماتیسم قوس کوه زر- ترود از نوع کالکوآلکالن می‌باشد و به‌علت مشاهدات زمین شناسی صحرایی و قرابتهای ژئو- شیمیایی در دیاگرام های تغییرات، ولکانیسم و پلوتونیسم در این ناحیه در ارتباط با یکدیگر وناشی از ماگمای واحدی می‌باشند که احتمالا ازگوشته فوقانی منشاء گرفته است.

ب) باتوجه به‌دیاگرام AFM شکل ۷ قوس ولکانو- پلوتو- نیك ناحیه دارای روندی مشابه با قوس های غرب آمریکا، شمال شیلی، وگینه جدید می‌باشد. بنابراین جهت هرگونه تعبیر و تفسیر زمین شناسی ناحیه بایستی به سرگذشت زمین‌شناسی مناطق مذکور

توجه دقیق مبذول داشت. قابل توجه است که چنین مناطقی محل برخورد ورقه‌های لیتوسفری بوده و بنابراین دارای ماگماتیسم با منشاء گوشته‌ای می‌باشند.

ج) توضیح ممکن درمورد جدایش ولکانیک‌ها وپلوتونیک‌ها در ناحیه در ارتباط با مقدار آب موجود در ماگما می‌باشد، احتمالا ماگمای آندزیتی ناحیه در حین صعود به‌ترازهای بالای پوسته‌ای با جذب آب از سیکل آبهای جوی بصورت توده‌های نفوذی متوقف گردیده است. جهت بررسی نقش آلایش پوسته‌ای برروی ژنز این مجموعه احتیاج به‌مطالعات ایزوتوپی Nd/Sm می‌باشد که‌متأسفانه انجام آن برای اینجانبان مقدور نبوده است.

د) با توجه به‌اینکه ناحیه مورد بحث دارای طبیعتی ولکانو-پلوتونیک خطی کالکو آلکالن ناشی از قوس فشردگی با منشاء گوشته‌ای می‌باشد، و وجود توده‌های نفوذی و ساب ولکانیک که‌در زیر استراتوولکانها قرارگرفته‌اند، و کانی زائی سولفیدهای مس به صورت وسیع و دیسیمینه در ناحیه احتمال وجود نهشته‌های مس پرفیری را تشدید می‌نماید؛ لذا بررسی‌های تکمیلی تحقیقات آتی می‌تواند شامل مطالعات ژئوشیمیائی ایزوتوپهای پایدار درسیالات درگیر، جهت یافتن الگوهای آلتراسیون منطقه‌ای یا شعاعی تفسیر پوششهای شسته شده (آندرسون، ۱۹۸۲) و مطالعه آلتراسیون ـ سوپرژن و هیپوژن می‌تواند روش مناسبی جهت بررسی این منطقه باشد.

بطور کلی جمع بندی ژئوشیمیایی سنگهای ناحیه، نقشه دقیق آلتراسیون، کاربرد مناسب تکنیک ژئوفیزیک زمینه مناسبی جهت حفاری‌های اکتشافی فراهم می‌نماید. شایسته است در مناطقی که توده‌های ساب ولکانیک (مانند چاه مسی) بطور واضح سنگهای پیروکلاستیک حاشیه خویش را قطع کرده‌اند و آلتراسیون حاشیه‌ای را تحمل‌نموده‌اند، پی‌جویی‌های دقیق‌تری اعمال‌گردد. با توجه به الگوی آلتراسیون منطقه‌ای که ذکر گردید این مدل روش بسیار مناسبی جهت یافتن بدنه‌های پرعیار در ناحیه می‌باشد.

References

Alavi- Naini, M. Houshmand Zadeh,A., Haghipoor,A. (1978) The evolution of the geological phenomena of the Toroud area, from Precambrian to Recent, rep. no. H5, G. S. I.

Anderson, J. A.(1982) Characteristics of leached capping and techniques of appaisal, In: Titley, S. R.(ed.), Advances in Geology of the porphyry copper deposiits. *Univ. Arisona press, Tucsoni,* 12: 274-295.

Brown, G.C. (1982) Cale - alcalin intrusive rocks, their diversity, evolution and relation to volcanic arcs. In: Thorpe, R. S. (ed.) Andesites: 437- 464.

Dickinson, W.R., Hatherton, T.(1967) Andesite. Volcanism and seismicity around the pacific, *Science* 157 pp. 801- 803.

Didier.,J. (1973) Granites and their enclaves, the bearing of enclaves on the origin of Granites,. *Elsevier Sci. pub. Co.*

Ewart. A. (1976) Mineralogy and chemistry of modern orogenic lavas. Some statistics and implication, *Ear th planet Sc.* Letters, 31, pp. 417- 432.

Friend, C. R. L. (1983) The link between charnockite formation and granite production: evidence from Kabbaldurga, Karnataka, South India., In Atherton and Gribbes (ed.), Migmatite, Melting and Metamorphism, Shiva publish. Ltd. pp. 264 - 276. *Shiva publish. ltd.* pp. 264 - 276.

Fyfe, W. S. (1988) Granites and wet converting ultram - afic planet, In. The origin of granites, Earth Scienc *Earth Sciences,* Vol. 79, part2 and 3, pp. 339- 346.

Gill, J. (1981) Orogenic Andesites and plate tectonics, Springer - Verlag., pp. 1- 12.

Gustafson, L. B. and Hunt, J. P., 1975. The porphyry copper at Elsalvador, Chile, *Econ. Geol.* 70, pp. 857 - 912.

Harris, P. G.,Kennedy, W. Q., and Scrafe, C.M. (1970) Volcanism versu plutonism the effect of chemical composition., In. Mechanism of Igneous intrusion (Newall, G., Rast, N. eds.), pp. 187- 200. Geol, J. Spec. Issue, No. 2. *Gallery press. Liverpool.*

Hatherton, T. (1969) The geophysical significace of calc-

alkaline andesites in New Zealand, N. Z. J. *geol. geo phys.* 12, pp. 436 - 459.

Helmhacker, R. (1898) Die nutzbaren tagerstatten Persians. Z. prakt. *Geol.* V. G, p: 40.

Hemley, J. J. and Jones, W. R. (1964) Chemical aspects of hydrothermal alteration with emphasis on hydrogen metasomatism, *Econ. Geol.* 50, pp. 538- 569.

Huber, H. and Stocklin., J. (1959) Geological report on the Toroud - Moaleman Area. *N. I. O.C*

Irvine, T. N. and Baragar, W, R. H. (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks *Can. J. Earth Sciences.* 8, pp. 523- 548.

Kushiro, I. (1973). On the nature of silicate and its - significance in magma genesis: regulariries in the shift of the liquidus boundaries involving olivine, pyroxen, and silica minerals. *Am. T. S.*

Laduron, D. (1966). Sur. les procedés des coloration séléctive de féldspaths en lame - mince., *Ann. Soc. Géol. Belgique*, T. 89, 1966, Bull. 8.

Lauer, H. v. and Morris, R. V. (1977). Redox equilibria of multivalent ions in silicate glasses. J. *Am. Ceramic Soc.* 60, pp. 443 - 451.

Park, C.F. and Mac - Diarmid, R. A. (1975) Ore deposits. Third edition, W. H. *Freeman and Company, San. Francisco*, pp. 480- 495, 136- 155.

Pitcher, W. S., 1978. The anatomy of a batholith, J. *Geol. Soc. London*, 135, pp. 157*z*- 182.

Pitcher, W. S. (1982) Granite Type and Tectonic Environment, In. HSÜ, K. J. (ed.) Mauntain Building processes, pp. 75- 40.

Sakuyama, M. (1979) Lateral variation of H_2O contents in quaternary magmas of North- Eastern Japan, *Earth* planet. *Sci.* Letters., 43, pp. 103- 111.

Sawkins, F. J. (1984) Metal deposits in relation to plate tectonics, *Springer Verlag*, pp. 14- 30.

Schurmann, E. (1988). Uber die verwandtschaft oler schwermatalle zum schwefel. Justus liebigs *Ann. Chemie*, 249, pp. 326 - 350.

Sillitoe, R. H. (1972) A plate tectonics model for the origin of porphyry copper deposits. *Econ. Geol.* 67, pp. 184 - 197.

Sillitoe, R. H. (1973) The top and bottoms of porphyry copper deposites. *Econ.. Geol.* 68, pp. 799- 815.

Stekes, N. H. (1907) Experimemts on the action of various solutions on pyrite and marcasite, *Econ. Geol.* 1. 2, pp. 14 - 23.

Streckeiser, A. L. (1974) General model classification and nomenclature of the plutonic rocks, *Geol. Rundsch.* 63 (2), pp. 773 - 786.

Streckeisen, A.L.(1980) Classification and nomemclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites, and melititic rocks, I. U. G. S. , Subcommission on the systematic of igneous rocks. *Geol. Rundsch.* 69, pp. 194 - 207.

Taghizadeh, N. (1968) Turquoise and copper mineralization, Baghou's Area, South west of Damghan, *inter. report G. S. I.*

Titly, S. R. and Bean, R. E. (1981) Porphyry copper deposits, part I. Geologic setting, petrology, and tectogenesis, *Econ. Geol.* 75 th Anniv. Vol. pp. 214 - 231.

Thorpe, R. S. and Francis, p. W. (1981) petrogenetic reletionships of volcanic and intrusive rocks of the Andes, In: Atherton, M. B. and Tarney, J. eds.,1981, Origin of granite batholiths (Geochemical evidence, *Shiva publishing Ltd. England.*).

Whitney, James A. (1988) The origin of granite: and Sources of water, *Geol. Soc. American*, Bulletin, Vol. 100, no. 12. pp. 1886 - 1897.

Wyllie, J. P. (1983) Exprimental studies on biotite - and muscovite - granites and some crustal magmatic sources, In: Atherton and Gribble (eds) Migmatites Melting and Metamorphism, *Shiva, Publ. Ltd.*, pp. 12- 26.