

## نانوذرات طلا در سنگ‌های آذرین اسیدی محدوده رامند، جنوب قزوین، شمال غربی ایران مرکزی

محمد یزدی<sup>۱\*</sup>، اکیم تمیوا لاوال<sup>۲</sup>، سیدرضا مهرنیا<sup>۳</sup> و تاجودین ادیبلیجه<sup>۴</sup>

۱- استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- دانشجوی دکترا زمین‌شناسی اقتصادی، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور قزوین، قزوین، ایران

۴- دانشجوی دکترا، گروه فناوری نانو پزشکی، دانشکده فناوری‌های پیشرفته پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

نویسنده مسئول: m-yazdi@sbu.ac.ir\*

نوع مقاله: پژوهشی

پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۱۵

دریافت: ۱۴۰۰/۳/۱۳

## چکیده

محدوده رامند در ۸۰ کیلومتری جنوب استان قزوین و شمال غربی ایران مرکزی قرار دارد. این محدوده بخشی از نوار ماگمایی ارومیه- دختر در زون‌های ساختاری ایران است. محدوده مورد مطالعه از سنگ‌های آذرین ریوداسیت، ریولیت، توف ریوداسیت، توف‌های بلورین و گدازه‌های جریان ریوداسیت تشکیل شده است. واحدهای آذرآوری و آتشفشانی توسط گسل‌های اصلی از جمله گسل کورچشمه، گسل حسن‌آباد و گسل‌های فرعی قطع شده‌اند که دارای امتداد شمال‌غرب- جنوب‌شرق هستند. کانی‌های اصلی این سنگ‌ها شامل فلدسپار پتاسیم، کوارتز، آلبیت و خرده‌های سنگی در توف‌ها با بافت‌های میکروگرانولار- میکروپورفیریتیک است. کانه‌های پیریت، هماتیت و گوتیت، کانی‌های اصلی فلزی این سنگ‌ها هستند. بافت این کانی‌ها از نوع انتشاری (بصورت اولیه پیریت) و از نوع جانیشینی سوپرژن تا کلوفرمی (بصورت ثانویه هماتیت و گوتیت) است. دگرسانی وسیعی که در محدوده‌ی مورد مطالعه دیده می‌شود شامل دگرسانی آرژیلیکی و سیلیسی می‌باشد. پیریت کانی اصلی سولفید فلزی این محدوده است. پیریت‌ها در اندازه‌های متفاوت از درشت تا بسیار ریز در اشکال ساب‌هدرال تا یوهدرال بطور پراکنده در امتداد سطوح شکستگی حضور دارند. نانوذرات طلا از پتانسیل بالایی در صنعت شیشه‌سازی و برای تشخیص، بهبود و درمان سرطان برخوردار هستند. زیست‌پذیری بالا، تجمع انتخابی در سلول‌های سرطانی و سمیت پایین از جمله مزیت‌های این ذرات می‌باشد. نتایج به دست آمده از تجزیه با دستگاه الکتروفورز مویین نشان داد که کانی‌های پیریت این سنگ‌ها حاوی طلا در اندازه ذرات نانو می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: نانوذرات طلا، سنگ‌های آتشفشانی اسیدی، محدوده رامند، زون ایران مرکزی

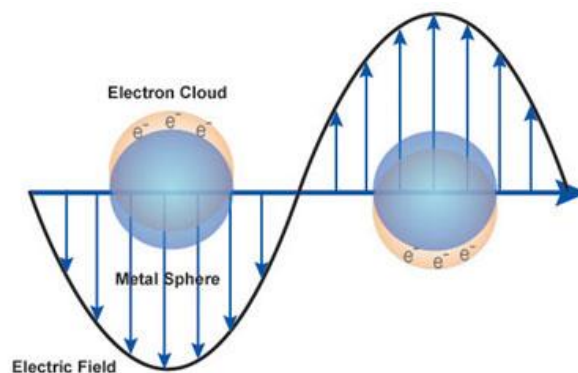
## پیشگفتار

رزونانس‌ها از برهم‌کنش امواج الکترومغناطیس و الکترون‌های گازی محبوس ایجاد می‌شود (مای، ۱۹۰۸). این خاصیت رزونانسی نانوذرات را می‌توان به کمک طیف‌سنجی مشاهده کرد. این خاصیت تنها زمانی بروز می‌کند که ذرات به یک اندازه معین در مقیاس نانو می‌رسند. با توجه به قطر لایه‌های مولکولی روی سطح فلز رزونانس‌های متفاوت و انعکاس‌های نوری متفاوتی ایجاد می‌شود و با تغییر اندازه و شکل نانوذرات، رزونانس پلاسمون سطح هم دچار تغییر و جابجایی می‌شود و در نتیجه خواص ظاهری، رنگ و جذب این نانوذرات تغییر می‌کند (دانیل، ۲۰۰۴؛ آندراد و همکاران، ۱۹۹۸). خواص نانوذره‌ی طلا با توده‌ی آن متفاوت است. همان‌طور که ذکر شد توده طلا به رنگ زرد و در طبیعت خنثی است اما نانوذره آن به صورت محلول قرمز رنگ و با خاصیت آنتی اکسیدانی گزارش شده است. برهم‌کنش‌های بین ذره‌ای

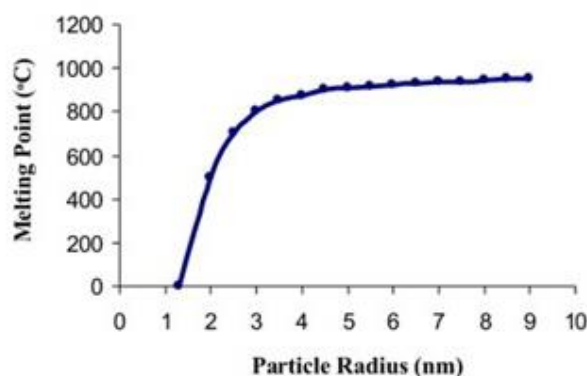
طلا در حالت معمولی فلزی نرم و زرد رنگ با ساختار مکعبی مرکز وجوه پر می‌باشد (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۷). دمای ذوب آن  $1.064^{\circ}\text{C}$  و رسانای خوب جریان الکتریکی است، ولی هیچ یک از این خواص در مقیاس نانو وجود ندارد. رنگ زرد طلا به دلیل بازتاب نور رنگ آبی در انتهای طیف آن است، اما اگر ذرات طلا بطور مداوم به قطعات کوچک‌تر تقسیم شوند، به نقطه‌ای می‌رسیم که اندازه ذرات از طول موج بازتاب کمتر می‌شود. در این حالت برهم‌کنش بین طلا و نور بسیار با اهمیت است و شامل نوسانات الکترونی است که این امر ناشی از رزونانس پلاسمون سطح است (فرنس، ۱۹۷۳) (شکل ۱). براساس نظریه مای (Mie) برخی فلزها همچون طلا و نقره (دارای الکترون در لایه d) رزونانس‌هایی با عنوان پلاسمون در طیف فرابنفش- مرئی از خود نشان می‌دهند که این

پدیده این است که هر چه ذرات کوچک‌تر می‌شوند، درصد اتم‌های سطحی افزایش می‌یابد. اتم‌های سطحی پیوند کئوردیناسیون ضعیف‌تری نسبت به اتم‌های داخلی دارند و بنابراین با افزایش دما راحت‌تر به حالت سیال در می‌آیند و در دماهای پایین‌تر این اتفاق می‌افتد (ژیرسیگ و همکاران، ۱۹۹۳) (شکل ۲).

خنثی و شبکه‌های نانوذره‌های آرایش‌یافته طلا نقش کلیدی در تعیین خواص نانوذره‌ها دارند (سوریانی و همکاران، ۲۰۱۱). همانطور که اشاره شد دمای ذوب طلا  $1.064^{\circ}\text{C}$  است، اما این دما در مقیاس نانو ثابت نمی‌ماند و تغییر می‌کند، به طوری که نانوذرات طلا با قطر تقریبی  $20\text{nm}$  در دماهای پایین به آهستگی ذوب می‌شوند. نقطه ذوب در اندازه  $3\text{--}4\text{nm}$  به شدت افت می‌کند. علت این



شکل ۱. جذب و پراکندگی نور از نانو ذرات فلزی (فنگ و همکاران، ۲۰۰۹)



شکل ۲. تغییر نقطه ذوب در نانوذرات‌های طلا (فنگ و همکاران، ۲۰۰۹)

طلا به عنوان عامل افزایش دهنده‌ی کنتراست تصویربرداری رامان و تصویربرداری پرتوایکس و نیز عامل گرمادرمانی و افزایش‌دهنده‌ی حساسیت پرتویی تومور پرداخته است. تاکنون مطالعات زیادی در منطقه رامند صورت نگرفته است ولی با این وجود، به این مطالعات جزئی که صورت گرفته است اشاره می‌گردد. مهرنیا (۲۰۱۶) با استفاده از داده‌های دورسنجی منطقه رامند، مناطق دگرسانی گرمابی را شناسایی کرد. عزتی و همکاران (۲۰۱۴) از داده‌های دورسنجی به منظور بارسازی مناطق دگرسانی در ذخایر اپی‌ترمال منطقه رامند در استان قزوین استفاده کردند. عزتی و همکاران (۲۰۱۶) در کنار

در حال حاضر روش‌های متعددی برای تولید نانوذرات با اندازه، خواص، ریخت‌شناسی و کاربردهای گوناگون وجود دارد. نانوذرات طلا یکی از پرکاربردترین نانوذرات شناخته شده هستند. این نانوذرات کاربردهای فراوانی دارند. از نانوذرات طلا در صنعت شیشه‌سازی از دیرباز استفاده می‌شده است. این نانوذرات در اندازه‌های متفاوت خواص اپتیکی متفاوتی دارند. نانوذرات طلا از پتانسیل بالایی برای تشخیص، بهبود و درمان سرطان برخوردار هستند (سیگل و همکاران، ۲۰۱۴). زیست‌پذیری بالا، تجمع انتخابی در سلول‌های سرطانی و سمیت پایین از جمله مزیت‌های این ذرات می‌باشد. تحقیقات قابل توجهی به استفاده از نانوذرات

جنوبی و تمایلات امتداد لغز وجود دارد. علاوه بر این گسل اصلی، تعداد زیادی از گسل‌ها با روند شمال غرب - جنوب شرق در حال حاضر در این محدوده وجود دارد که همان روند گسل‌ها در طول کمربند ولکانیکی ارومیه- دختر می‌باشد (مسعودی، ۱۹۹۰).

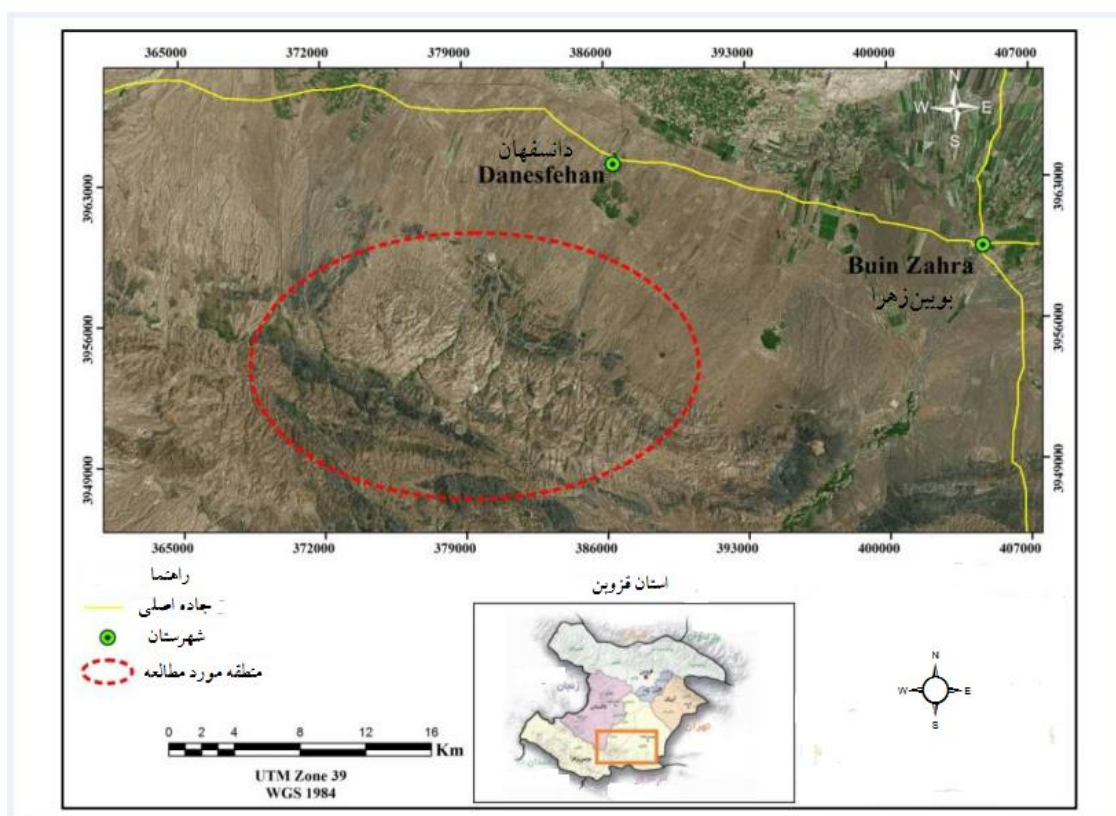
توده‌های نفوذی موجود در محدوده که در بعضی مناطق باعث دگرسانی و کانی‌سازی شده‌اند، عموماً از نظر زمانی در ائوسن - الیگوسن اتفاق افتاده‌اند را به دو گروه: الف- توده‌های غالب که شامل سنگ‌های آذرین ریوداسیتی و ریولیتی، توف ریوداسیتی، توف بلورین و گدازه‌های جریان ریوداسیتی می‌باشد و ب- مقداری رسوبات کواترن نیز در محدوده وجود دارد. ویژگی‌های ژئوشیمیایی و پتروگرافی سنگ‌های آتشفشانی اسیدی در جنوب دانشفهان (رامند) نشانگر این است که آن‌ها از فرآیندهای پتروژنز مختلفی به وجود آمده‌اند. وقوع تفریق ماگمایی از طریق تبلور جزبه‌جز روند اصلی در محدوده است که باعث تولید بسیاری از این سنگ‌ها شده است (منصوری، ۱۹۹۸).

سنگ‌های آتشفشانی اسیدی و حدواسط در محدوده کوه رامند تحت دگرسانی گرمایی و گاهی اوقات هم به شکل پراکنده تحت تاثیر صعود سیالات گرمایی دگرسان شده‌اند. این دگرسانی‌ها به طور گسترده در محدوده توسعه یافته و به صورت عمده شامل دگرسانی آرژیلیکی و سیلیسی هستند. در واقع حضور کانی‌های رسی دال بر وجود دگرسانی آرژیلیکی در محدوده است که می‌تواند نشانه خوبی به لحاظ کانی‌سازی باشد. وجود این دگرسانی در بازدیدهای صحرائی نیز به خوبی قابل تشخیص است و توده‌های ولکانیک محدوده به شدت تحت تاثیر دگرسانی آرژیلیکی قرار گرفته‌اند. همچنین ترکیبات سیلیسی دگرسانی متداول در سیستم گرمایی هستند که در برخی از بخش‌های دیوار سنگی به صورت سیلیسی و در برخی قسمت‌ها به صورت ژاسپروئید ظاهر شده است (مهرنیا، ۲۰۱۴). پدیده سیلیسی شدن سنگ میزبان دارای اهمیت بالایی بوده و شرایط میزبانی فلزات پایه و گرانبها در درون این رخساره تامین می‌گردد. در این محدوده معادن کائولن (از جمله: یزن، سوراوجین، مرادبگلو، اسبیک و ولیجانلو و چنار پایین) وجود دارد که نشان‌دهنده تاثیر گسترده فعالیت‌های دگرسانی بر سنگ‌های آن است.

بررسی‌های دورسنجی وسیعی که در منطقه انجام داده بودند، مطالعاتی هم از لحاظ پتروگرافی و میکروسکوپی بر روی نهشته‌ها انجام دادند تا اطلاعاتی در مورد خصوصیات کانی‌شناسی نمونه‌ها و پتانسیل‌های معدنی موجود در منطقه به دست بیاورند. قربانی (۲۰۰۵) نقش تفریق ماگمایی و ذوب بخشی پوسته را در تکوین سنگ‌های آتشفشانی اسیدی در جنوب دانشفهان (منطقه رامند) (شکل ۳) بررسی کرد و به این نتیجه رسید که فرآیند اصلی که در تکوین بیشتر این سنگ‌های اسیدی ایفای نقش کرده، تفریق ماگمایی از راه تبلور بخشی است. در سنگ‌های محدوده رامند، طلا موجود از نوع ذرات نانو است و به همین دلیل در این پژوهش، از دستگاه الکتروفورز موئین برای شناسایی ذرات طلا استفاده شده است و با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی موجود از قبیل زمین‌شناسی، ساختاری (گسل‌ها) و دگرسانی و نقشه‌های موجود از محدوده در تکمیل این پژوهش استفاده شده است.

#### زمین‌شناسی

محدوده رامند در ۸۰ کیلومتری جنوب قزوین، و در شمال غربی ایران مرکزی قرار دارد. این محدوده بخشی از استان قزوین است که در جنوب غرب شهرستان بویین‌زهرا و جنوب بخش دانشفهان قرار دارد. کوه‌های رامند در حدود ۱۳ کیلومتری جنوب دانشفهان قرار دارند که محدوده رامند در بخش مرکزی آن قرار دارد (اقلیمی و همکاران، ۱۹۹۹). از نظر زون‌بندی ساختاری- زمین‌شناسی ایران، محدوده رامند در زون ماگمایی ارومیه- دختر قرار می‌گیرد. این محدوده در گوشه شمال غربی نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ساوه (سادات و هوشمندزاده، ۱۹۷۳) و در بخش مرکزی نقشه زمین‌شناسی دانشفهان (اکبری و همکاران، ۲۰۱۲) قرار دارد (شکل ۳). کوه‌های رامند چند رشته موازی هم می‌باشند که از شمال غربی به جنوب شرقی امتداد دارند و تا اندازه‌ای دارای توپوگرافی خشن هستند (اقلیمی و همکاران، ۱۹۹۹). گسل اصلی محدوده رامند، گسل حسن‌آباد می‌باشد، که از گسل‌های قدیمی و طولی است که از این محدوده عبور می‌کند و کوه رامند در ضلع شمالی آن واقع شده است. این گسل توسط حرکات جدید تحت تاثیر قرار گرفته و در طول دوره کواترنری فعال بوده است. در واقع گسل حسن‌آباد ادامه گسل بویین‌زهرا است که در آن حرکات فشاری با شیب



شکل ۳. موقعیت جغرافیایی محدوده رامند (اکبری و همکاران، ۲۰۱۲)

استفاده شود. از نانوذرات طلا به عنوان مرجع برای تشخیص طلا در نمونه‌ها استفاده شد. پژوهش‌ها بر روی تحرکات الکتروفورز و الکترواسمزیک نانوذرات طلای جدا شده به صورت جداگانه صورت گرفت (توزیع اندازه ۵۰-۱۰۰ نانومتر) و ۱ گرم نمونه در ۴ میلی‌لیتر مخلوط Aqua Regia حاوی  $\text{HNO}_3$  و  $\text{HCl}$  با نسبت ۱:۳. ۱ میلی‌لیتر از نمونه به یک سیستم الکترولیتی حاوی SDS (۷۰ میلی‌متر) و CAPS (۱۰ میلی‌متر) وارد شد و به مدت ۱۲ ساعت تحت انکوباسیون قرار گرفت. قبل از تشخیص نمونه، لوله‌های مویرگی به‌طور متوالی با اتانول ۵۰٪، ۰/۱ میلی‌لیتر  $\text{HCl}$ ، ۰/۱  $\text{NaOH}$  و آب شسته شده است. برای تشخیص، لوله‌های مویرگی پر شده با نمونه‌های الکترولیت حاوی SDS (۷۰ میلی‌متر) و CAPS (۱۰ میلی‌متر)، سپس نمونه را تزریق کرده و به مدت ۳ ثانیه در ۱۵۰ mbar با ولتاژ ۱۶ kv قرار می‌گیرد. نتایج بدست آمده در شکل‌های ۷ تا ۱۰ نشان داده می‌شوند.

### سنگ‌شناسی

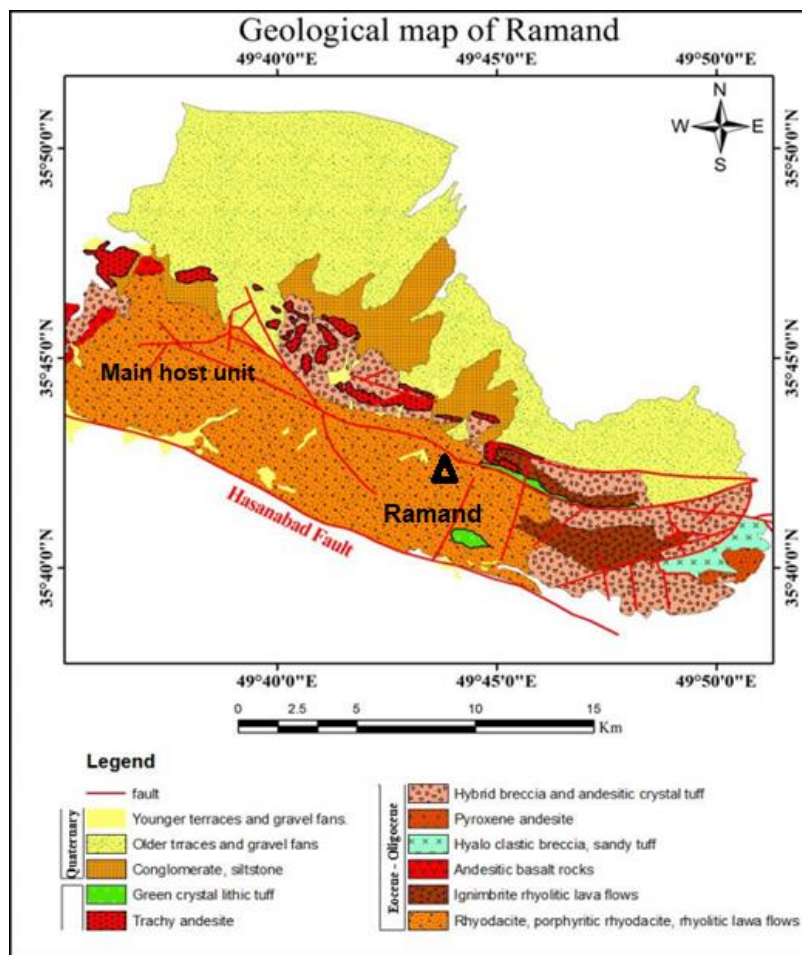
محدوده رامند از سنگ‌های آذرین ریوداسیتی و ریولیتی، توف ریوداسیتی، توف بلورین و گدازه‌های جریان

### مواد و روش‌ها

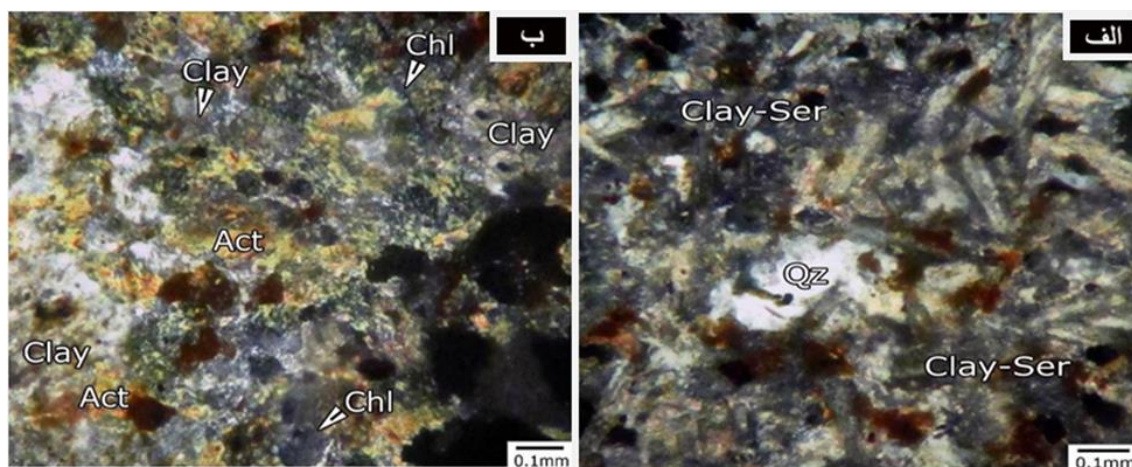
الکتروفورز یک روش جداسازی مبتنی بر اختلاف سرعت مهاجرت گونه‌های باردار در یک محلول الکترولیت است که در طول آن یک میدان الکتریکی جریان مستقیم اعمال شده است. نمونه به درون لوله کوچکی که بین دو مخزن الکترولیت قرار دارد و الکترودهای پلاتینی نیز در آن‌ها فرو رفته‌اند، تزریق می‌شود، سپس جداسازی از طریق تفاوت در سرعت مهاجرت گونه‌ها به طرف یکی از دو الکتروده صورت می‌گیرد. تفاوت در تحرک الکتروفورزی، ناشی از تفاوت در نسبت بار به اندازه یون‌های آنالیت می‌باشد. به نحوی که یون‌های با بار بیشتر و اندازه کوچک‌تر دارای تحرک بیشتر و در مقابل یون‌های با بار کمتر و اندازه بزرگ‌تر دارای تحرک کمتر می‌باشند. از آنجایی که تحرک الکتروفورزی برای هر یون یک ویژگی منحصر به فرد محسوب می‌شود، می‌توان آن را مهم‌ترین مفهوم در مبحث الکتروفورز دانست. یون‌های با تحرک الکتروفورزی متفاوت در میدان الکتریکی یکسان، سرعت مهاجرت متفاوت دارند که این امر منجر به جداسازی مخلوطی از یون‌های متفاوت توسط الکتروفورز می‌گردد. این ویژگی‌ها باعث شده است که از دستگاه الکتروفورز برای شناسایی نانوذراتی مانند طلا

تشکیل‌دهنده این سنگ‌ها شامل کانی رسی، جاروسیت، کلریت و اکتینولیت (شکل ۵-ب). مهمترین دگرسانی محدوده شامل دگرسانی سیلیسی و آرژیلیکی است که این نوع دگرسانی‌ها بیشتر فراگیر هستند و سایر دگرسانی‌ها از جمله رسی-ژئولیتی و جاروسیتی هستند.

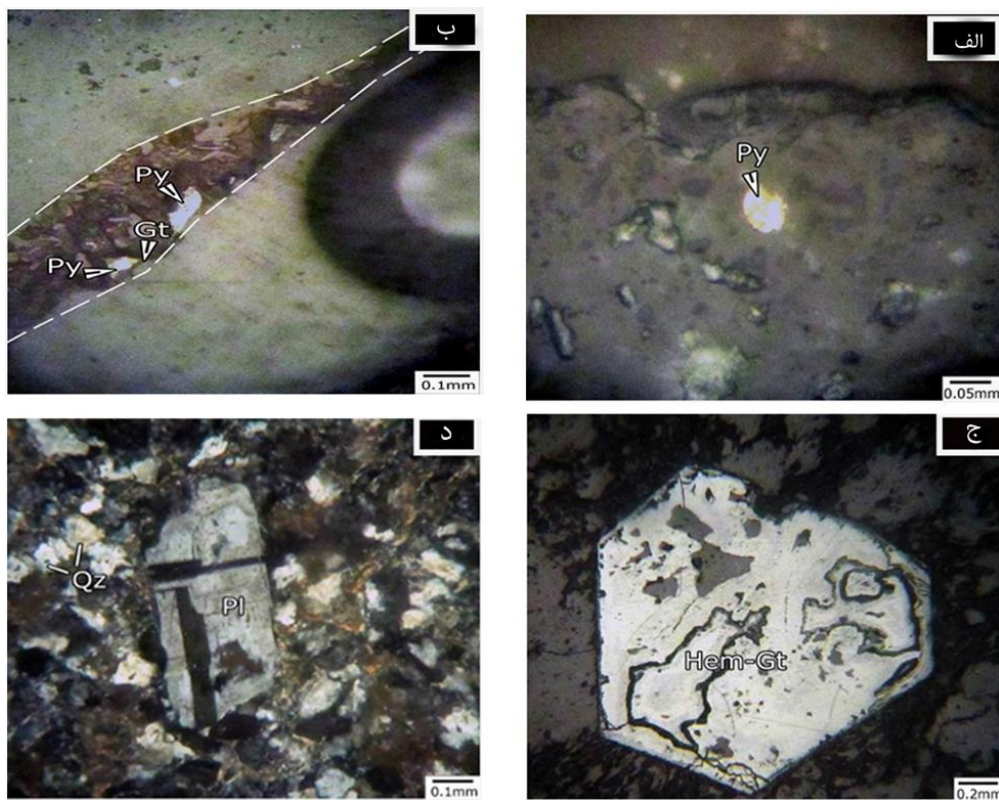
ریوداسیتی تشکیل شده است که بیشتر تحت تأثیر دگرسانی‌های گرمایی قرار گرفته‌اند (شکل ۴). کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده این سنگ‌ها شامل فلدسپار، کوارتز، پلاژیوکلاز و خرده‌های سنگی با بافت‌های میکروگرانولار-میکروپورفیریتیک می‌باشد (شکل ۶-د). کانی‌های فرعی



شکل ۴. نقشه واحدهای زمین‌شناسی در منطقه رامند برگرفته از ۱:۱۰۰۰۰۰ دانسفهان (اقلیمی و همکاران، ۱۹۹۹)



شکل ۵. الف) زمینه میکرولیتیک با دگرسانی سیلیسی و رسی-سریسیتی و ب) نمایی از جانشینی کلریت، اکتینولیت و کانی‌های رسی در زمینه



شکل ۶. الف) بلور ریز پیریت، ب) جانشینی گوتیت در بلورهای پیریت در امتداد سطح شکستگی، ج) جانشینی هماتیت- گوتیت در بلور پیریت یوهدرال و د) میکروفنوکریست پلاژیوکلاز در مجاورت بلورهای کوارتز در زمینه.

زمین‌ساختی، دورسنجی و ژئوفیزیکی، محدوده حاوی نشانه‌های طلا ولی در حد نانو می‌باشد. به همین دلیل از دستگاه الکتروفورز موپین که قابلیت تشخیص ذرات در حد نانو استفاده شده است. روش الکتروفورز موپین به روش ایده‌آل برای شناسایی نانوذرات چه از نظر ماهیت شیمیایی و چه از نظر اندازه و شکل ذرات است (آلترا و کوین، ۱۹۹۵). اگرچه از عمر نانو تکنولوژی مدت زمان زیاد نمی‌گذرد ولی منابع نشان می‌دهند که استفاده زیادی در تعیین اندازه ذرات با کمک CE صورت گرفته است به طور مثال وو و همکاران نشان دادند که نانوذرات طلا با اندازه‌های مختلف ولی نزدیک به هم پیک‌های جداگانه و مشخصی در الکتروفورز موپین نشان می‌دهند (باویان و همکاران، ۲۰۱۵). نتیجه به دست آمده از روش آنالیز که با دستگاه الکتروفورز موپین انجام شده، نشان داد که محدوده حاوی طلا می‌باشد (شکل‌های ۷-۸-۹-۱۰). در این اندازه‌گیری با استفاده از شبیه‌سازی دینامیک مولکولی، انرژی مخلوط‌ها برای درک بار کل اجزا استفاده شد. تشکیل طلا در محدوده از نظر زمانی نسبت به استاندارد به کار برده زودتر از استاندارد صورت می‌گیرد که نشان‌دهنده حرکت سریع ذرات در ویسکوزیسته پایین

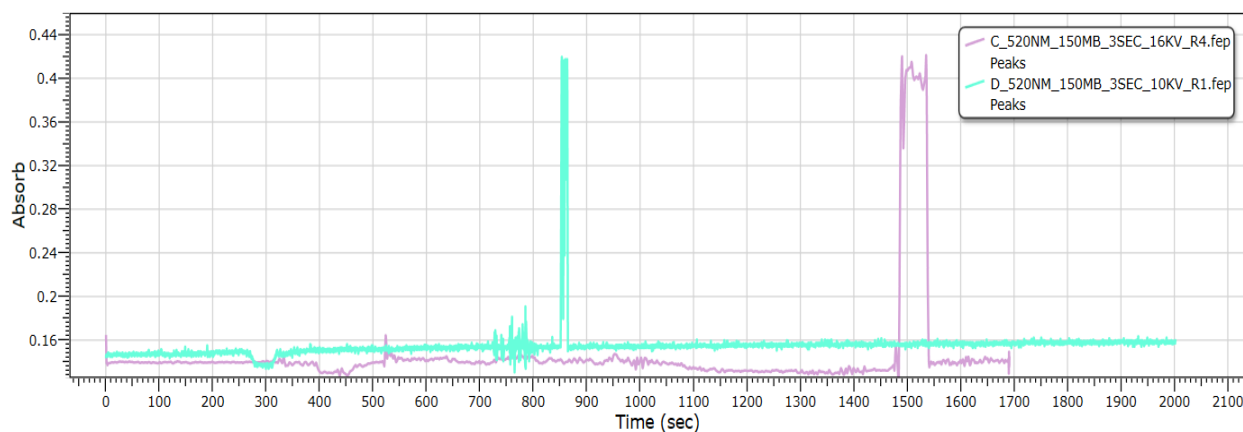
پیریت‌ها می‌توانند میزبان خوبی برای طلا باشند، همانگونه که در روی برخی از بلورهای پیریت درخشش‌های ویژه‌ای دیده می‌شود که بسیار مشکوک به طلاست (شکل ۶-الف)، این گونه دریافت می‌شود که بعد از هوازدگی، پیریت‌ها تخریب شده‌اند و طلا سالم باقی مانده است (عزتی و همکاران، ۲۰۱۴). در مقاطع صیقلی کانه‌های پیریت، هماتیت و گوتیت دیده می‌شود که از بین این کانی‌ها، پیریت در اندازه‌های متفاوت از درشت تا بسیار ریز در شکل‌های نیمه خوش‌وجه تا خوش‌وجه بطور پراکنده و در امتداد سطوح شکستگی حضور دارند (شکل ۶-ب). بلورهای پیریت با درجات شدید تا نسبتاً شدید به گوتیت و هماتیت تبدیل شده‌اند (شکل ۶-ج). بلورهای گوتیت در اشکال کلوفرمی نیز مشاهده می‌شوند. فراوانی بلورهای پیریت در کل سطح مقاطع از ۰/۵٪ تا ۰/۷٪ است. بافت کانی‌های را می‌توان به دو گروه الف- اولیه (بصورت پراکنده) و ب- ثانویه (بصورت جانشینی سوپرژن، کلوفرمی) تقسیم کرد.

### بحث و نتایج

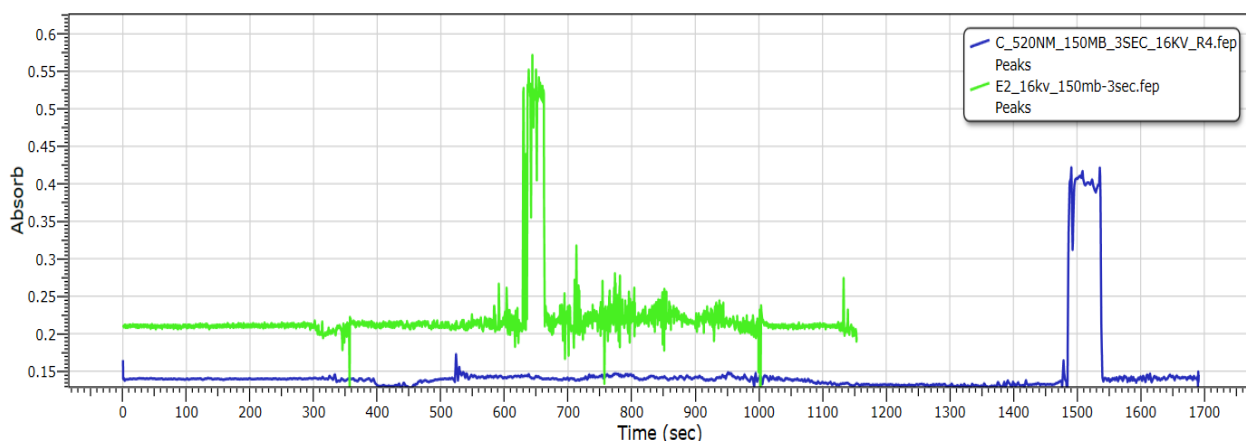
با توجه به ویژگی‌های مشاهده و بررسی‌های پیشین انجام شده در محدوده رامند از جمله: معیارهای زمین‌شناسی،

حلال بیشترین تغییرات انرژی را نشان می‌دهد و حلال HCl کمترین تغییرات انرژی را نشان می‌دهد. در این روش از انرژی کل و انرژی بالقوه حلال‌ها/سیستم بافر/الکترولیت استفاده شد (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).

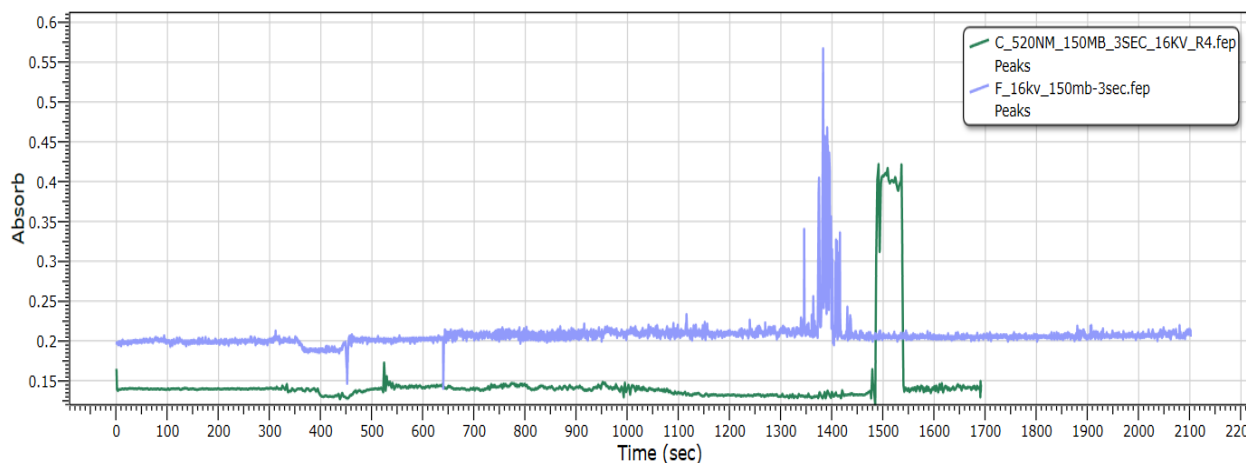
می‌باشد. میزان انرژی تیزاب سلطانی (حلال) مورد استفاده با این روش بررسی شده و نتیجه به دست آمده این است که  $\text{HNO}_3$  بیشترین انرژی را دارد و HCl کمترین انرژی را دارد. نمودارهای زیر نیز نشان دادن که هرچه ذرات کوچک‌تر باشد، سرعت تحرک آن سریع‌تر خواهد بود.



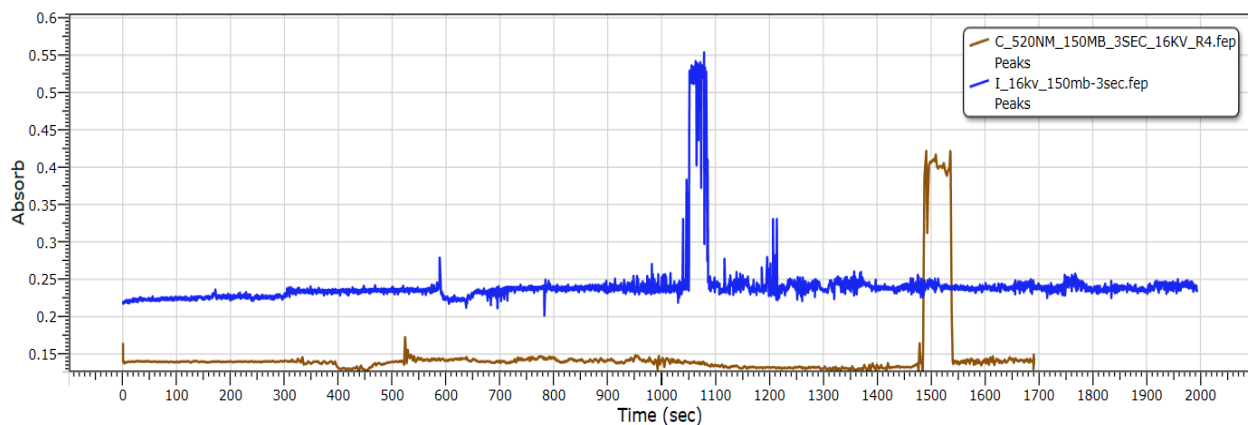
شکل ۷. نمونه D طلا زودتر از استاندارد به کار برده تشکیل شده است نشان‌دهنده حرکت سریع ذرات در ویسکوزیته پایین می‌باشد.



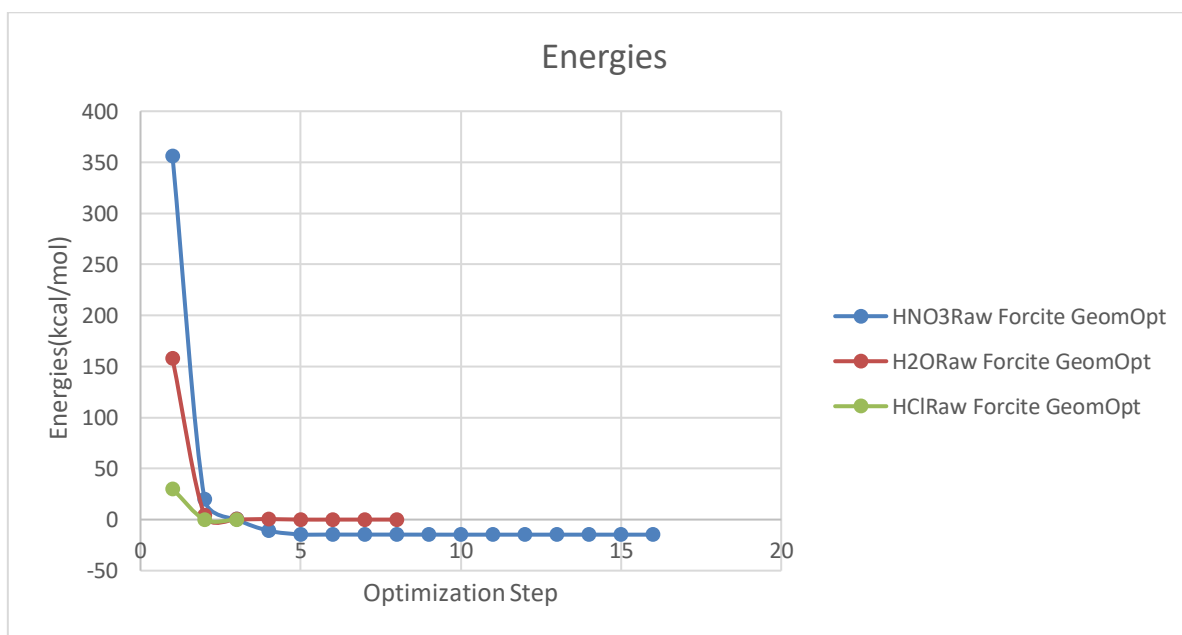
شکل ۸. نمونه E طلا و تعدادی طلا ریز زودتر از استاندارد به کار برده تشکیل شده نشان‌دهنده حرکت سریع ذرات در ویسکوزیته پایین می‌باشد.



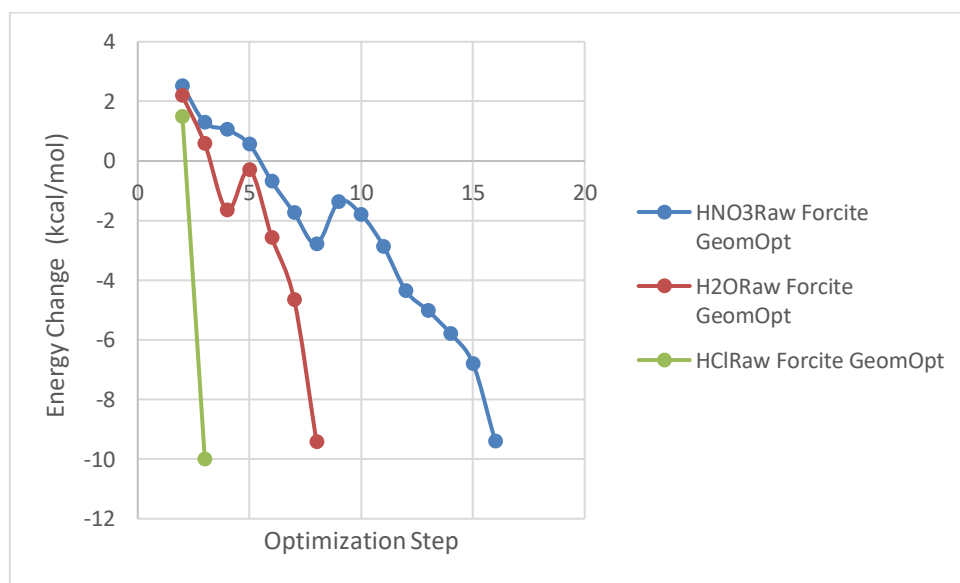
شکل ۹. نمونه F طلا زودتر از استاندارد به کار برده تشکیل شده است نشان‌دهنده حرکت سریع ذرات در ویسکوزیته پایین می‌باشد.



شکل ۱۰. نمونه I پلازودتر از استاندارد به کار برده تشکیل شده نشان دهنده حرکت سریع ذرات در ویسکوزیسته پایین می‌باشد.

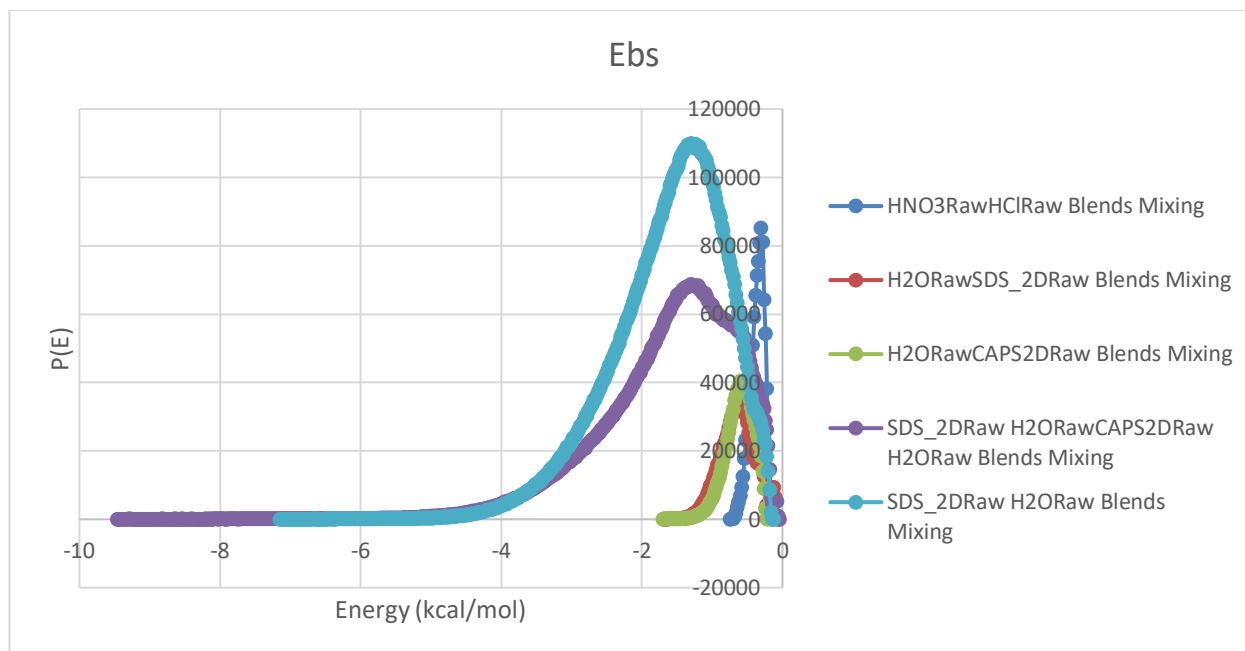


شکل ۱۱. نمودار نسبت انرژی به بهینه‌سازی حلال‌ها که در آن HNO3 بیشترین و HCl کمترین انرژی برای حل نمونه‌ها نیاز دارد.



شکل ۱۲. نمودار نسبت تغییرات انرژی به بهینه‌سازی حلال‌ها که در آن HNO3 بیشترین و HCl کمترین تغییرات انرژی نشان می‌دهند.





شکل ۱۳. این نمودار نشان می‌دهد که محتوای کل مخلوط پایه کمترین مشخصات انرژی را دارد.

الکتروفورز مویین را به انجام دادند تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

#### منابع

- Akbari, A., Mehrnia, S. R., Moghadasi, J (2012) Using GIS for Investigating on Barite Mineralization Potentials in Qazvin 1/100000 Sheet. 6th National Geological Conference, Payame Noor University of Kerman, Kerman, Iran (in Persian with English abstract).
- Altria, and Kevin, D (1995) Capillary Electrophoresis Guidebook, Principles, Operation, and Applications, Human press, Totora, NJ, USA, 349p.
- Andrade, S. E., Benhamida, B., Caizergues, V., Lagier, J. P., Fiévet, F., Bozon-Verduraz, F (1998) Alumina-supported Pd, Ag and Pd-Ag catalyst preparation through the polyol process, characterization and reactivity in hexa-1, 5-dene hydrogenation. *Journal of Applied Catalysis A: General*, 172(2): 273-283.
- Baoyan, W., Shihua, H., Zhiying, M., Cong, Z., Yanhong, J (2015) Layer-by-layer self-assembled gold nanorods and glucose oxides onto carbon nanotubes functionalized Sol-Gel matrix for an Amperometric glucose biosensor. *Journal of Nano-material (Basel)*, 5(3): 1544-1555.
- Daniel, M. C., and Astruc, D (2004) Gold nanoparticles: Assembly, Supramolecular chemistry, Quantum-Size-Related properties and applications to towards biology, Catalysis and Nanotechnology. *Chemical reviews*, 104: 293-346.

#### نتیجه‌گیری

محدوده مورد مطالعه از سنگ‌های آذرین ریوداسیتی، ریولیتی، توف ریوداسیتی، توف های بلورین و گدازه‌های جریان ریوداسیتی تشکیل شده است. کانه‌های پیریت، هماتیت و گوتیت، کانی‌های اصلی فلزی این سنگ‌ها هستند. پیریت کانی اصلی سولفید فلزی این محدوده است. پیریت‌ها در اندازه‌های متفاوت از درشت تا بسیار ریز در اشکال ساب‌هدرال تا یوهدرال بطور پراکنده در امتداد سطوح شکستگی حضور دارند. با توجه به ویژگی‌های مشاهده و بررسی‌های پیشین انجام شده در محدوده رامند از جمله: معیارهای زمین‌شناسی، زمین‌ساختی، دورسنجی و ژئوفیزیکی، محدوده حاوی نشانه‌های طلا ولی در حد نانو می‌باشد. به همین دلیل از دستگاه الکتروفورز مویین که قابلیت تشخیص ذرات در حد نانو استفاده شده است. نتیجه به دست آمده از روش تجزیه که با دستگاه الکتروفورز مویین انجام شده، نشان داد که پیریت‌های این محدوده حاوی طلا در اندازه نانو (کمتر از ۱۰۰ نانومتر) می‌باشند.

#### سپاسگزاری

بدین وسیله از شرکت زمین ریزکاوان و گروه فناوری نانوپزشکی دانشکده فناوری‌های پیشرفته پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران که کار تجزیه میکروسکوپی و

- Salata, O. V (2004) Applications of nanoparticles in biology and medicine. *Journal of Nano biotechnology*, 2(3): 15-20
- Siegel, R., Ma, J., Zou, Z., Jemal, A (2014) Cancer statistics, *A Cancer Journal for Clinicians*, 64(1): 9-29.
- Surryani, D., Hirak, K. P., Prabir, L., Anjan, Kr. D., Kuntal, C., Uptal, C (2011) Multistability in platelets and their response to gold nanoparticles. *Journal of Nanotechnology, Biology and Medicine*, 7(3): 376-384.
- Eghlimi, B., Mosavvari, F., Mehrpartou, M (1999) Geological map of Danesfehan (Khyarj), scale 1:100,000. Geological Survey of Iran.
- Ezzati, A., Mehrnia, R., Ajayebi, K (2014) Detection of Hydrothermal Potential Zones Using Remote Sensing Satellite Data in Ramand Region, Qazvin Province, Iran *Journal of Tethys*, 2(2): 93-100.
- Ezzati, S. A., Mehrnia, S. R., Ajayebi, K. S (2016) Use of remote sensing to identify alteration-mineralization facies in Ramand region, *Journal of Economic Geology*, 8(1): 2008-7306.
- Frens, G (1973) Controlled nucleation for the regulation of the particles size in mono-disperse gold suspensions, *Journal of Physical Science*, 241: 20-22.
- Fung, Y. L., Kin, H. F., Tsz, L. T., Wing. Y. T., Chan, C. T (2009) Fabrication of gold nanoparticles array using two dimensional templates from holographic lithography. *Journal of Current. Applied Physics*, 9(4): 820 – 825.
- Ghorbani, M. R (2005) the role of magmatic differentiation and crustal partial melting in genesis of acidic volcanic rocks, South of Danesfahan. *Geoscience*, 14(55): 114-119.
- Giersig, M., and Mulvaney, P (1993) Preparation of ordered colloid monolayers by electrophoretic deposition. *Langmuir, ACS*, 3408-3413.
- Huang, X., Jain, P. K., El-Sayed, I. H., El-Sayed, M. A (2007) Gold nanoparticles: interesting optical properties and recent applications in cancer diagnostics and therapy. *Nano-medicine (London)*, 2(5): 681-693.
- Masoudi, F (1990) Study of stratigraphy, petrography and petrology of volcanic rocks, South of Bouin Zahra. M.Sc. Thesis, Kharazmi University, Tehran, Iran, 210 pp.
- Mansouri, F (1998) Petrology of Eocene volcanic rocks in the southwest of Danesfahan region. M.Sc. Thesis, Tarbiat Moallem University, Tehran, Iran.
- Mehrnia, S. R (2014) Investigation of the role of siliceous fractal distribution in histological developments and gold mineralization in Ramand region (Qazvin province), *Iranian Geological Quarterly*, 1(2): 1-4p.
- Mehrniya, S. R (2016) Introduction of band ration and its application in diagnosis of hydrothermal alteration in Ramand Region, 19<sup>th</sup> Conference of the Geological Society of Iran and the 9<sup>th</sup> National Conference on Geology, Payann Noor University, (in Persian), Payam Noor Uiveristy, 350-355.
- Mie, G (1908) Contributions to the optic of turbid media, particularly of colloidal metal solutions. *Ann physics (Leipzig)*, 25: 377-455.
- Sadat, N. A., Hooshmandzadeh, A (1984) Saveh Geological Map and Report, Scale 1/250,000, No. E5.

## Gold nanoparticles in acidic igneous rocks of Ramand area, south of Qazvin, northwest of central Iran

M. Yazdi <sup>\*1</sup>, A. T. Lawal <sup>2</sup>, S. R. Mehrniya <sup>3</sup> and T. Adebileje <sup>4</sup>

1- Prof., Dept., of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti Univeristy of Tehran, Iran

2- Ph. D. student in Economic Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti Univeristy of Tehran, Iran

3- Assoc. Prof., Dept., of Geology, Payame Noor University, Qazvin, Iran

4- Ph. D. student., Dept., of Medical Nanotechnology, School of Advanced Technology in Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

\* m-yazdi@sbu.ac.ir

Recieved: 2021/6/3 Accepted: 2021/9/6

### Abstract

Ramand area is located 80 km south of Qazvin province, northwest of central Iran. The area is part of the magmatic belt of Urumieh- Dokhtar of the structural zones of Iran. The host rocks of the area consist of rhyodacite, rhyolites, rhyodacite tuff, crystalline tuffs and rhyodacite flow lavas. The pyroclastic and volcanic units are interrupted by major faults such as Korcheshmeh fault, Hassanabad fault and sub-faults that have a northwest-southeast extension. The main minerals of these rocks include K-feldspar, quartz, albite, biotite and rock fragments (in tuffs) with micro-granular - microporphyrite textures. The extensive alterations in the study area are argillic and silicifications. Pyrite, hematite and goethite are the main ore minerals of these rocks. The texture of these minerals is disseminated (primary) and of supergene replacement type to colloform (secondary). Pyrites vary in size from coarse to very fine in subhedral to anhedral forms scattered along fracture surfaces. Gold nanoparticles have great potential in the glass industry and for the diagnosis, cure and treatment of cancer. High viability, selective accumulation in cancer cells and low toxicity are among the advantages of these particles. The results obtained by capillary electrophoresis analysis shows that the pyrite minerals of these rocks contain of nanoparticles gold.

**Keywords:** Gold nanoparticles, Acidic volcanic rocks, Ramand Area, Central Iran Zone