

## کانی شناسی و ژنز بنتونیت منطقه سرکویر (جنوب دامغان)

علی اکبر ایراجیان\*

شرکت ملی حفاری ایران، اهواز، ایران

حسین مهدیزاده شهری

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۱/۶

تاریخ دریافت: ۸۴/۱/۲۴

## چکیده

**مقدمه:** کانسار مورد مطالعه در منطقه سرکویر در محدوده معلمان، در جنوب غرب چهارگوش ترود، در طول  $30^{\circ} 45'$  شرقی و عرض  $18^{\circ} 35'$  شمالی بوده و از نظر تقسیم بندی ساختمانی - رسوبی، در محدوده گودال ها قرار گرفته است. در بخش شمالی این منطقه، سازند معادل کرج از روستای سوسن وار تا جنوب معدن کائولن گندی رخنمون خوبی یافته است. از نظر سنگ شناختی این سازند دارای، شیل، مارن، میکریت، سنگ آهک، دولوستون، رادیولاریت، توفیت، و بنتونیت بوده و سن سازند معادل کرج در این منطقه لوتسین (اوسن میانی) می باشد.

**هدف:** مطالعه بر روی انواع، ترکیب، و محیط تشکیل لایه های بنتونیتی کانسار بنتونیت سوسن وار انجام

شده است.

**روش بررسی:** از مقاطع نازک، پراش پرتو ایکس (XRD)، و فلورسانس پرتو ایکس (XRF) استفاده شد.

دلایل استفاده از این آنالیزها، انتخاب نمونه مناسب و تعیین نوع رس موجود در بنتونیت ها و بررسی تبادلات یونی در آنها بود.

**نتایج:** با توجه به بررسی های بعمل آمده و نتایج حاصله، شیشه آتشفشانی (و شاردهای) به وجود آورنده

بنتونیت ها، اسیدی (ریولیتی تا داسیتی) و سری ماگمایی تشکیل دهنده آنها کالک آلکالن است ولی با توجه به یک سری از شواهد سری ماگمایی مذبور، آلکالن است.

**نتیجه گیری:** تبدیل شیشه به بتونیت، در شرایط دیاژنزی، در یک محیط کم عمق دریایی مثل لاگون رخ داده است. نوع رس بتونیت ها، رس های گروه اسمکتیت می باشد. بتونیت موجود از نوع وایومینگ است.

**واژه های کلیدی:** بتونیت، اسمکتیت، آلکالن، وایومینگ، سوسن وار، سرکوبیر، جنوب دامغان

#### مقدمه

بتونیت ها سنگ هایی هستند که بخش اعظم آن ها را کانی های رسی تشکیل داده اند.<sup>(۱)</sup> این کانی های رسی ( که جزء رس های متورم شونده می باشند ) را اسمکتیت می گویند.<sup>(۲)</sup> علاوه بر رس های گروه اسمکتیت، کانی های دیگری همچون کوارتز (آپال)، زئولیت، بیوتیت، کلسیت، ژپس و فلدسپات نیز ممکن است مشاهده شوند که مجموع این ترکیب را بتونیت می گویند.<sup>(۳-۵)</sup> به بتونیت ها، اسامی دیگری همچون مونت موریلونیت های سدیم و کلسیم دار، رس مونت موریلونیتی، رس اسمکتیتی و رس آتشفشانی داده اند.<sup>(۶)</sup> این کانی های رسی می توانند از آثره شدن شیشه ها و شاردهای آتشفشانی اسیدی تا حد واسط در طی دیاژنز به وجود آیند. محیط تشکیل بتونیت ها آب های کم عمق و کم انرژی دریایی و یا دریاچه ای است. در این محیط ها، اغلب به صورت لایه های عدسی شکل دیده شده و بافت سطحی رخنمون هایشان در اثر جذب آب و متورم شدن به صورت Popcorn درمی آیند.<sup>(۵)</sup> شناسایی رس ها در حال حاضر، با استفاده از پراش پرتو ایکس (XRD)، طیف سنجی IR، میکروسکوپ الکترونی روبشی و عبوری (SEM & TEM)، تجزیه های شیمیایی از جمله XRF، سالیابی رادیواکتیو (K-Ar) و نرم افزارهای کامپیوتری برای تحلیل داده ها صورت می گیرد.<sup>(۱)</sup>

#### مواد و روش ها

در این مطالعه که در شمال منطقه معلمان و در جنوب روستای سوسن وار انجام شده است، بیش از ۱۵۰ نمونه با پسوند SO، شامل بتونیت ها و سنگ های زیر و روی آن ها برداشته شد که ستون چینه شناسی حاصل از مطالعه آن ها، در شکل (۱ ب) نشان داده شده است. از میان این تعداد نمونه، ۴۰ مقطع نازک برای مطالعات میکروسکوپی تهیه گردید. آزمایش پراش پرتو ایکس (XRD)، با استفاده از دستگاه زیمنس مدل D-500 با پرتو Cu-K $\alpha$  بر روی پودر ۷ بتونیت، به صورت هواخشک در دانشکده علوم دانشگاه تهران انجام شد. تجزیه شیمیایی XRF، بر روی ۸ نمونه از بتونیت ها در شرکت کیان طیف زاگرس در اصفهان صورت گرفت.

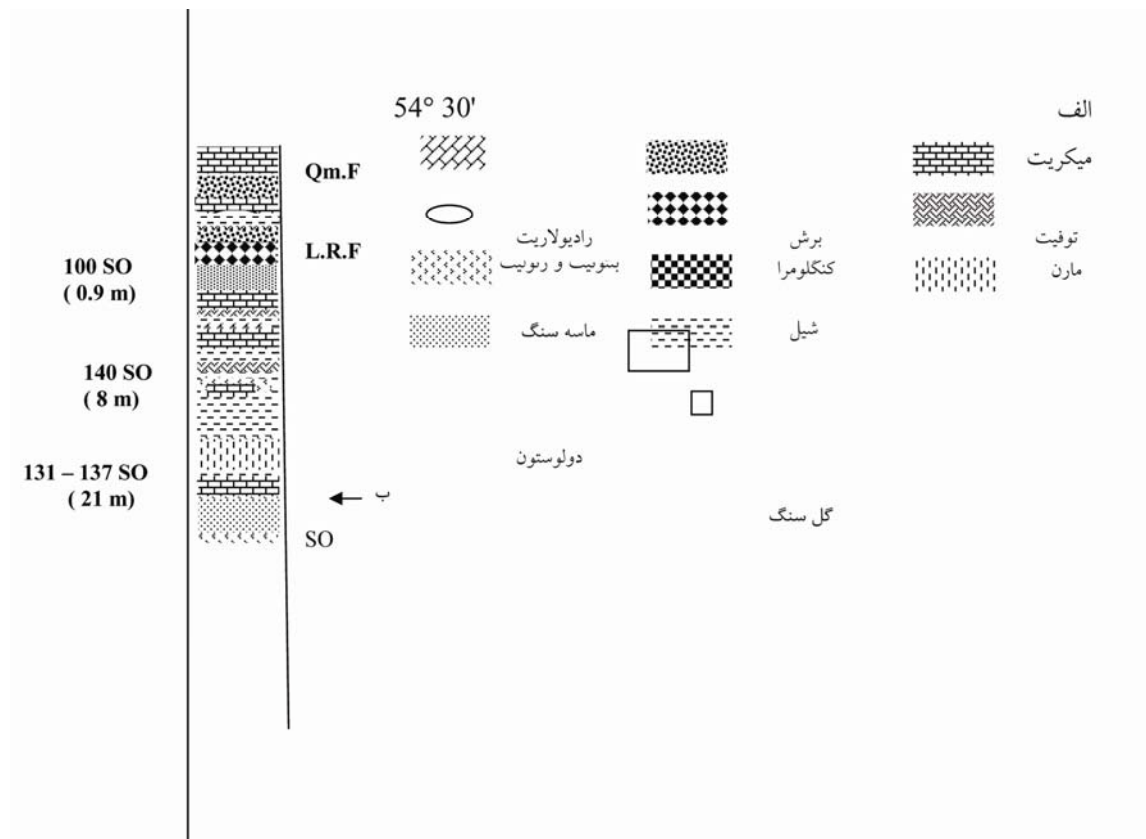
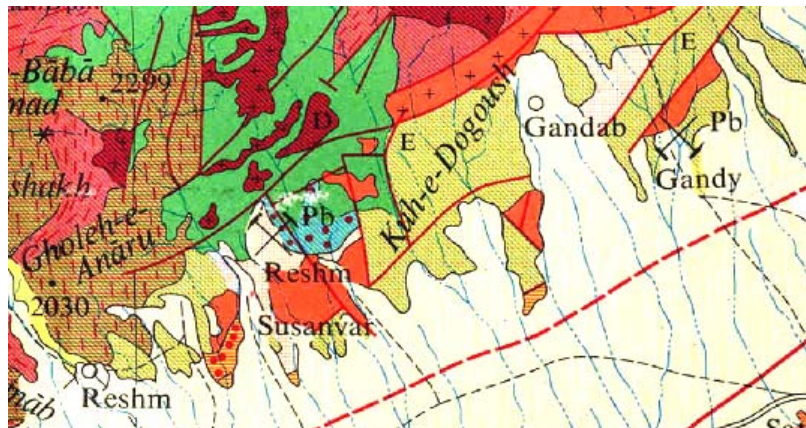
#### نتایج و بحث

##### زمین شناسی نیم رخ سوسن وار

نیم رخ مورد مطالعه در جنوب غرب چهارگوش ترود و در ۵ کیلومتری شمال روستای معلمان، در جنوب بلافضل روستای سوسن وار قرار دارد (شکل ۱ ب). در زون بندی ساختمانی - رسوبی ایران<sup>(۱)</sup> سازند مورد مطالعه، در کناره محدوده گودال ها واقع شده است (شکل ۲ الف). از نظر چینه شناسی، بتونیت های مورد مطالعه (شکل ۲

ب)، در سازند معادل کرج با سن ائوسن میانی (لوتسین، با توجه به فسیل *Gelobigerina Senny*) (گفتگوی شفاهی با دانشجویان، دانشگاه تربیت معلم)، در ایران مرکزی دیده می شوند. این سازند در مجموع دارای لیتولوژی شیل، مارن، دولوستون، توفیت، بنتونیت، میکریت، میکریت پلاژیک و رادیولاریت می باشد. یک لایه سنگ آهک نومولیت دار با ضخامت ۶۰ سانتی متر، با مرز عادی در زیر سازند مورد مطالعه دیده می شود که از نظر تجمع فسیلی و نمونه دستی بسیار شبیه سنگ آهک های نومولیت دار سازند زیارت در البرز است (شکل ۲ ج). در زیر این سنگ آهک نومولیت دار، نیز ستبرایی از سنگ های آواری بدون فسیل دیده می شوند که از نظر لیتولوژی شبیه سازند کرمان می باشند. در روی سازند معادل کرج نیز سازندهای قرمز زیرین و قم (با توجه به فسیل *Neoalveolina*، شکل ۲ چ) وجود دارند. در واقع به نظر می رسد که دو فاز تکتونیکی لارامید در زیر و پیرند در بالا، سازند معادل کرج را احاطه کرده اند.

در نیمرخ مورد مطالعه، در مجموع سه لایه بنتونیت سبز و طوسی رنگ مشاهده می گردد که به ترتیب از پایین به بالا دارای ضخامت های ۹۰ سانتی متر (نمونه 100 SO)، ۲۱ متر (131-137 SO)، و ۵ متر (140 SO) می باشند. این لایه های بنتونیتی، عدسی شکل بوده و در میان لایه های ۲۱ متری و ۵ متری، عدسی هایی از میکریت پر منیزیم و دولوستون دیده می شود. بر روی لایه ضخیم بنتونیتی، حدود ۸ متر شیل وجود دارد که دارای گرهک های سیلیسی و آپالی هستند. به نظر می رسد که در اثر فرایند بنتونیت زایی در طی دیاژنز و تبدیل شیشه آتشفشانی اسیدی به بنتونیت، سیلیس آزاد گشته و به لایه بالای خود نفوذ کرده است. کانی ژپس و هالیت نیز به صورت میان لایه هم در لایه های بنتونیتی و هم در سنگ های زیر و روی آن ها دیده می شود.



شکل ۱- الف - موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه چهارگوش ترود. ب - ستون چینه‌شناسی (خارج از مقیاس) منطقه سوسن وار (SO). راهنمای لیتواستراتیگرافی و شماره لایه‌های بتونیتی همراه با ضخامت لایه‌ها نیز در شکل دیده می‌شود.



## محیط رسوبی

لایه های بتونیتی موجود در منطقه مورد مطالعه، دارای گسترش عدسی شکل بوده و خود دارای میان لایه های عدسی شکلی از جنس میکریت پر منیزیم و دولوستون می باشند (شکل ۲ د، ه). در داخل این عدسی های بتونیتی، کانی های ژپس و هالیت به موازات لایه بندی مشاهده می گردند. با توجه به شواهد ذکر شده، لایه های ضخیم و عدسی شکل بتونیتی عموماً محیط های کم عمق را معرفی می کنند. (۵) علاوه بر مورد ذکر شده، حضور دولوستون و میکریت پرمنیزیم، و کانی های ژپس و هالیت به موازات لایه بندی بتونیت ها، نشان دهنده محیط های کم عمق و تبخیری تقریباً جدا شده از دریا مثل لاگون یا سبخا می باشند.

## XRD لایه های بتونیتی

در جدول ۱، کانی هایی که در ۷ گراف XRD تهیه شده از بتونیت سوسن وار مشاهده می شوند، آورده شده است.

جدول ۱- کانیهای موجود در نمونه های کانسار سوسن وار (SO) که به روش XRD تهیه شده است

	کلینوپتیلولیت	اسمکتیت	کلسیت	اپال
140 SO	*	*	*	*
137 SO	*	*	*	
134 SO	*	*	*	
133 SO	*	*	*	*
132 SO	*	*	*	
131 SO	*	*	*	*
100 SO	*	*	*	

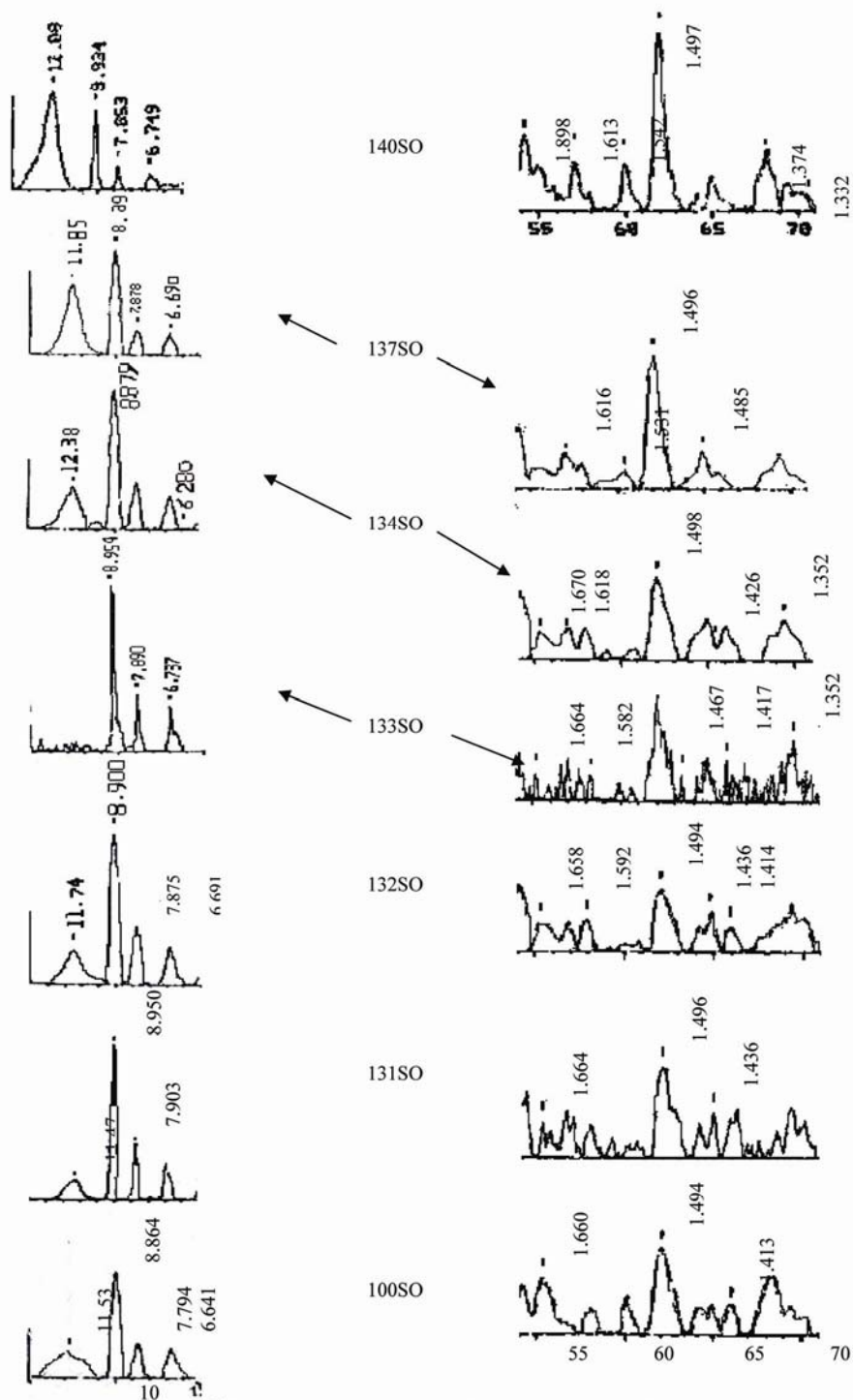
## شرح و توصیف XRD لایه های بتونیتی کانسار سوسن وار

با توجه به این که بتونیت ها ترکیبی از رس اسمکتیتی و چند کانی دیگر می باشند، برای تشخیص نوع کانی رسی و کانی های همراه آن ها و روابط بین اسمکتیت دی اکتاندرال و زئولیت نوع کلینوپتیلولیت موجود در کانسار بتونیت سوسن وار، از این آنالیز استفاده کردیم.

در مقطع سوسن وار، بر روی ۷ نمونه بتونیت این تفسیر صورت گرفت. همان طور که مشاهده می شود، اصلی ترین پیک های مربوط به اسمکتیت ها در فواصل لایه ای (d(001) نمودار XRD، در زاویه ۲θ بین ۶ تا ۹ درجه و فواصل لایه ای (d(060) در زاویه ۲θ، ۶۲ تا ۶۳ درجه دیده می شوند (شکل ۳). هنگامی که این تجزیه بر روی نمونه خشک بتونیت ها انجام می شود (XRD) به سه روش نمونه خشک، در اتیلن گلیکول، و در ۵۵۰ درجه سانتی گراد، بر روی بتونیت ها صورت می گیرد، اعداد پیک آن ها برای (d(001) بالای ۱۰ (۱۲،۰۸، ۱۱،۸۵، ۱۲،۳۸، -، ۱۱،۷۴، ۱۱،۴۷، ۱۱،۵۹) بوده (شکل ۳) و برای (d(060) حدود ۱.۴۹ تا ۱.۵۰ می باشد. (۱) از نمونه 100SO تا 140SO این اعداد عبارتند از: ۱،۴۹۷، ۱،۴۹۶، ۱،۴۹۸، ۱،۴۹۴، ۱،۴۹۶، ۱،۴۹۴، ۱،۴۹۴، ۱،۴۹۴. (شکل ۳). یک استثناء در مورد نمونه 133SO وجود دارد و آن نداشتن پیک رس در (d(001) است. این نبود ممکن است در اثر دو احتمال به وجود آمده باشد: ۱- کلینوپتیلولیت به جای اسمکتیت رشد کرده و در این راستا سیلیس آزاد گشته است. این همزیستی سیلیس و کلینوپتیلولیت در نمونه 133SO در زاویه ۲θ، 22.82 به خوبی قابل مشاهده است. این خود

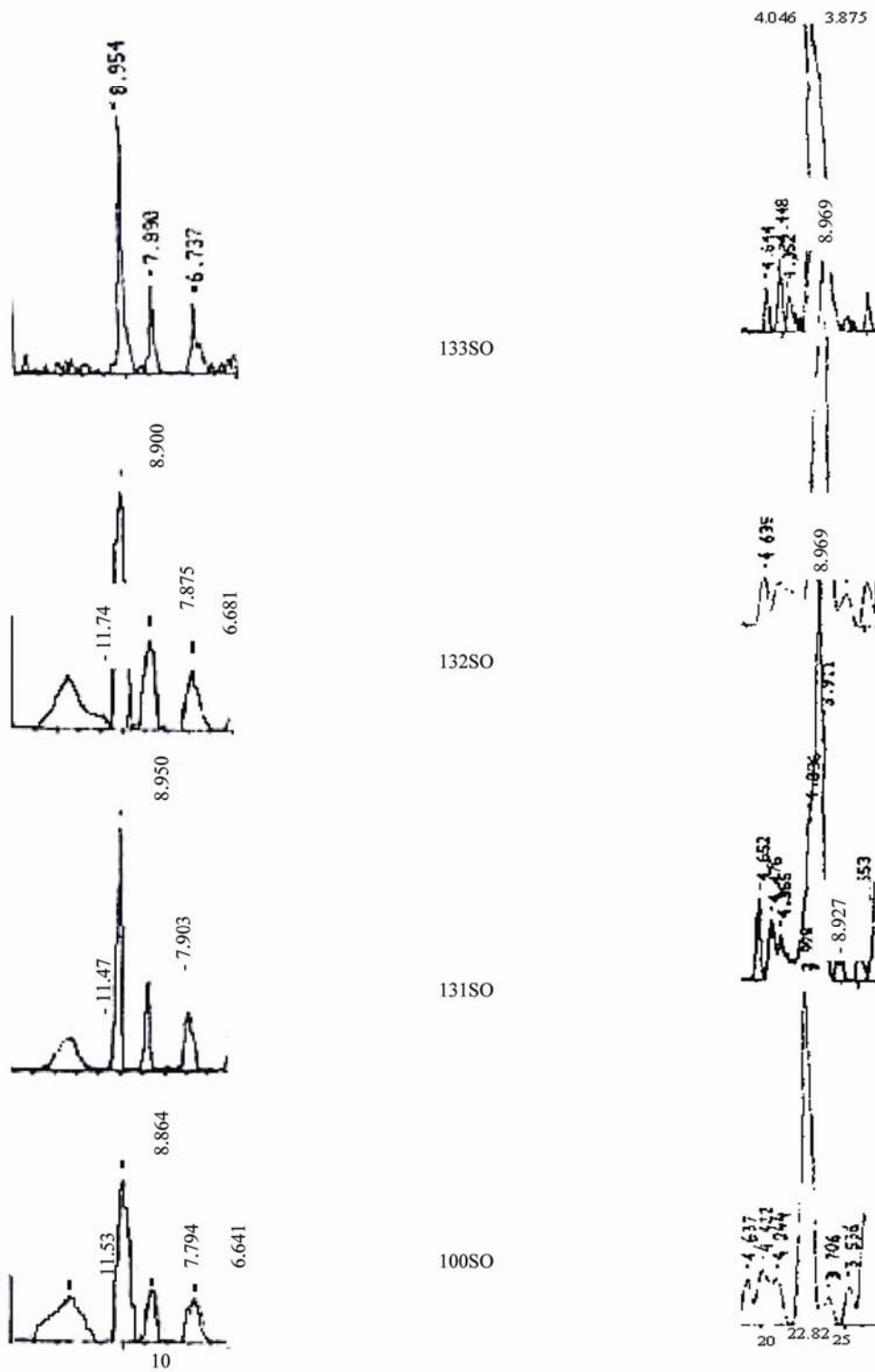
دلیلی بر تبدیل اسمکتیت به کلینوپتیلولیت در خلال دیاژنز می باشد. ۲- کلینوپتیلولیت روی اسمکتیت را در فاصله مذکور پوشانده باشد.

پیک هایی که در زاویه  $2\theta$ ، ۹ تا ۴۵ درجه بیشترین فراوانی را دارند، کلینوپتیلولیت های همراه بتونیت ها هستند. دوتا از اصلی ترین پیک های این کانی در زاویه  $2\theta$ ، ۹/۸۸ و ۲۲/۸۲ مشاهده می شوند<sup>(۸-۷)</sup> (شکل ۴). اعداد به دست آمده برای زاویه  $2\theta$ ، ۹/۸۸، به ترتیب از نمونه SO ۱۰۰ تا SO ۱۴۰ برابر ۸/۸۶۴، ۸/۹۵۸، ۸/۹۰۰، ۸/۸۵۴، ۸/۸۷۹، ۸/۸۹۲، ۸/۹۳۴ می باشد. و این اعداد برای زاویه  $\theta$  ۲، ۲۲/۸۲، برابر ۳/۹۲۸، ۳/۹۶۹، ۳/۹۶۹، (۳/۸۷۵، ۴/۰۶۶)، ۳/۹۸۲، ۳/۹۹۸، ۴/۰۳۶ هستند. از این میان، اعداد داخل پرانتز مربوط به نمونه SO ۱۳۳ است. چنانچه اعداد فوق را مورد کنکاش قرار دهیم: هرچه از نمونه SO ۱۴۰ به SO ۱۳۱ نزدیک تر می شویم، پیک اُپال جای خود را به کلینوپتیلولیت می دهد.

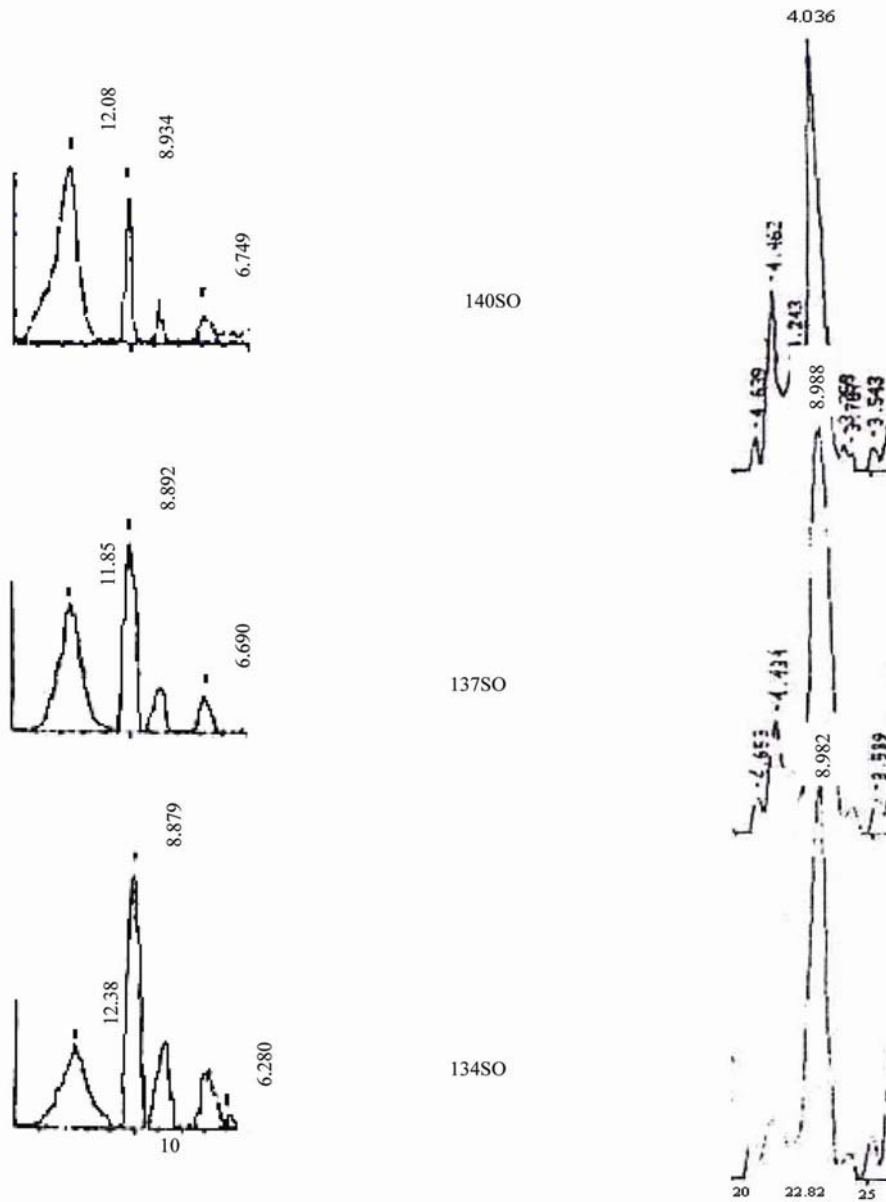


شکل ۳- پیک‌های مربوط به اسمکتیت. شماره نمونه‌ها در وسط آورده شده است.





شکل ۴- پیک های مربوط به کلینوپیتیلولیت. شماره نمونه ها در وسط آورده شده است



ادامه شکل ۴

تفسیر XRF لایه‌های بتونیتی سوسن وار

هشت نمونه از سه لایه بتنویت موجود در مقطع سوسن وار، برای تجزیه XRF انتخاب شدند. (جدول ۲)  
جدول ۲- تجزیه XRF نمونه های بتنویت با انتقال این داده ها در نمودارهای مختلف، نتایج ذیل به دست می آید:

Sample	Unit	A100SO	B100SO	131SO	132SO	134SO	137SO	A140SO	B140SO
SiO <sub>2</sub>	%	۶۹,۱	۶۸,۶۳	۷۲,۳۶	۷۰,۳۰	۶۹,۷۶	۷۵,۵	۸۴,۳۲	۷۹,۷۱
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	۱۳,۲۷	۱۵,۰۵	۱۲,۸۷	۱۲,۰۸	۱۰,۳۰	۱۰,۹۶	۸,۶۲	۱۱,۸۷
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	۰,۳۴	۰,۳۳	۰,۲۵	۰,۲۴	۰,۲۲	۰,۲۸	۰,۲۳	۰,۲۳
FeO	%	۱,۴۶	۱,۴۱	۱,۱۲	۱,۰۴	۰,۹۵	۱,۰۸	۰,۹۸	۰,۹۸
CaO	%	۱,۹۱	۲,۰۷	۱,۴۲	۱,۶۲	۱,۳۳	۱,۳۲	۰,۱۱	۰,۱۴
Na <sub>2</sub> O	%	۱,۷۸	۲,۱۹	۲,۲۵	۲,۵۳	۰,۹۵	۱,۷۹	۲,۶۹	۳,۳۰
MgO	%	۱,۶۴	۱,۹۱	۱,۴۹	۱,۵۵	۰,۹۵	۱,۱۹	۱,۰۳	۱,۲۶
K <sub>2</sub> O	%	۱,۵۵	۱,۴۹	۱,۳۲	۱,۵۴	۱,۳۷	۱,۲۳	۱,۰۸	۱,۲۰
TiO <sub>2</sub>	%	۰,۲۹	۰,۲۹۷	۰,۱۹	۰,۲۰۸	۰,۱۹	۰,۱۸	۰,۲۱	۰,۲۲۲
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	۰,۰۳	۰,۰۳۳	۰,۰۲۲	۰,۰۲۲	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۳	۰,۰۲۸
L.O.I.	%	۸,۴۷	۶,۴۴	۶,۸۰	۸,۹۷	۱۳,۹۶	۶,۸۲	۰,۵۹	۱,۰۶
Y	ppm	۲۷	۲۹	۲۴	۲۲	۲۳	۲۳	۲۲	۲۱
Zr	ppm	۴۲۸	۴۱۹	۲۳۹	۲۳۷	۲۴۵	۲۲۹	۱۵۲	۱۷۱
Nb	ppm	۱۴	۲۰	۹	۱۳	۱۵	۱۲	۱۳	۱۰

با پلات عناصر اصلی در نمودار (AFM) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO-MgO تغییرات ترکیب بتنویت ها را می توان مورد بررسی قرار داد.<sup>(۹)</sup>

همان طور که در نمودار AFM مشخص است (شکل ۵ الف)، تمام بتنویت ها در قطب Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> قرار گرفته اند. این بدین معناست که بتنویت ها از شیشه (شارد) سیلیسی به وجود آمده اند.<sup>(۹)</sup>  
با پلات اکسید کاتیون های مختلف در نمودارهای مثلثی، می توان روند پارائزنی را در بتنویت ها مورد بررسی قرار داد. (۱۰-۱۵)

شیمی بتنویت ها، احتمالاً منعکس کننده فعالیت شیمیایی یون های سیالات منفذی، در زمان تشکیلشان می باشند.<sup>(۱۰)</sup> بنابراین، یک موازنه شیمیایی ما بین کاتیون های موجود در بتنویت ها و سیالات منفذی در خلال دیاژنز وجود دارد. با پلات اکسید کاتیون های موجود در بتنویت های مورد مطالعه (شکل ۵ ب)، نتایج ذیل به دست آمد:  
همان طور که مشاهده می کنید، در نمودار (CaO+MgO)-Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O، یک روند خطی بین بتنویت ها دیده می شود. در طول این خط، به سمت بتنویت لایه زیرین (100SO، دایره ها)، با کاهش Na<sub>2</sub>O و ثابت بودن میزان K<sub>2</sub>O به مقادیر MgO و CaO افزوده شده است. روند مذکور نشان دهنده این مطالب است که: اولاً: بتنویت های موجود در منطقه آکالی و از نوع سدیم دار هستند. این بتنویت ها معروف به تیپ وایومینگ می باشند. ثانیاً، بتنویت ها احتمالاً از شیشه آتشفشانی با ترکیب مشابه به وجود آمده اند، ثالثاً، کاتیون های سدیم در طی دیاژنز و افزایش عمق از حدود ۶۰٪ در بتنویت های نمونه های 140SO (مربع های توپر و تو خالی)، تا ۴۰٪ در بتنویت های نمونه های 100SO، جای کاتیون های منیزیم و کلسیم را گرفته اند. در واقع این قضیه بدین معناست

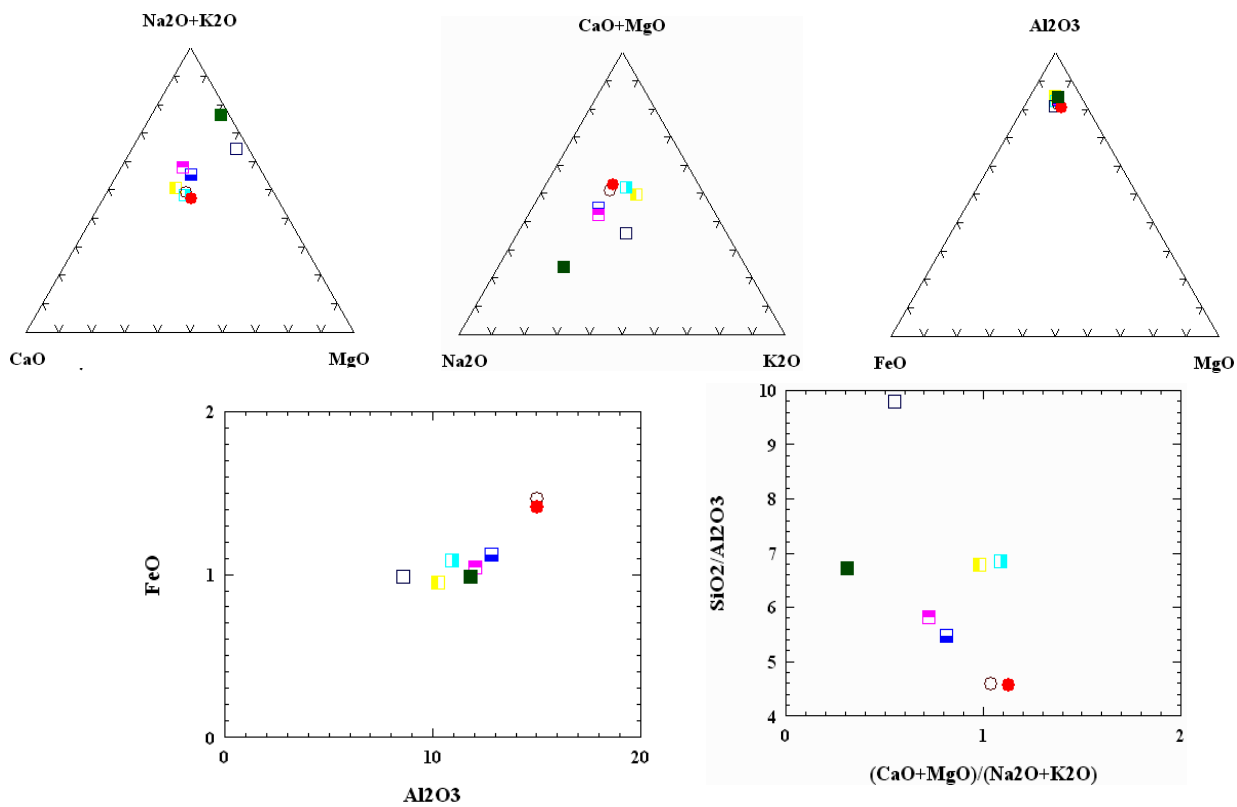
که با افزایش عمق، کاتیون های کلسیم و منیزیم جای سدیم را گرفته اند. اما برای این که از درصد جانشینی کاتیون ها نسبت به یکدیگر اطلاع یابیم، می توان از نمودار مثلثی  $(Na_2O+K_2O)-CaO-MgO$  استفاده نمود.<sup>(۱۱)</sup> با پلات داده های مربوط به منطقه مورد مطالعه، بر روی نمودار شکل ۵ پ، نتایج ذیل به دست می آید: همان طور که می دانید، کاتیون های پتاسیم و سدیم، اصلی ترین کاتیون ها در اسمکتیت ها بوده و بیشترین تبادل کاتیونی را دارا می باشند.<sup>(۱۶)</sup> با این توصیف، لازم است درصد جانشینی این کاتیون ها را پیرو تکمیل توضیحات داده شده در مورد شکل ۵ ب، ذکر نمایم.

همان طور که در شکل ۵ پ دیده می شود، با ثابت بودن تقریبی مقدار  $MgO$ ، از حدود ۵۰٪ در بتونیت نمونه های  $100SO$  (دایره ها) تا حدود ۸۰٪ در بتونیت نمونه های  $140SO$  (مربع های توپر و خالی)، کاتیون های پتاسیم و سدیم جانشین کلسیم شده اند. در واقع می توان از داده های بالا چنین نتیجه گرفت که بیشترین تبادل کاتیونی بین سدیم و کلسیم صورت گرفته است. از نمودار دو متغیره  $(SiO_2/Al_2O_3)-(CaO+MgO)/(Na_2O+K_2O)$  می توان برای به دست آوردن فراوانی عناصر و کاتیون های مختلف در بتونیت ها استفاده کرد.<sup>(۱۱)</sup>

با پلات داده های مختلف مربوط به بتونیت ها در این دیاگرام (شکل ۵ ج)، به نتایج ذیل می رسیم: همان طور که در شکل ذیل مشاهده می شود، با افزایش مقدار  $SiO_2/Al_2O_3$ ، از میزان  $(CaO+MgO)/(Na_2O+K_2O)$  کاسته می شود. در واقع یک شیب منفی بین آن ها برقرار است. بنابر آنچه که در این نمودار مشاهده می شود، بتونیت نمونه های  $140SO$ ، بیشترین مقدار  $SiO_2/Al_2O_3$  و کمترین مقدار  $(CaO+MgO)/(Na_2O+K_2O)$  را دارا می باشند و بتونیت نمونه های  $100SO$ ، برعکس. این بدین معناست که هرچه از سطح به طرف عمق بیشتر می رویم (از دایره ها به سمت مربع های توپر و توخالی) از سیلیس، سدیم و پتاسیم آن ها کاسته شده و بر کلسیم، منیزیم و آلومینیم آن ها افزوده می گردد.

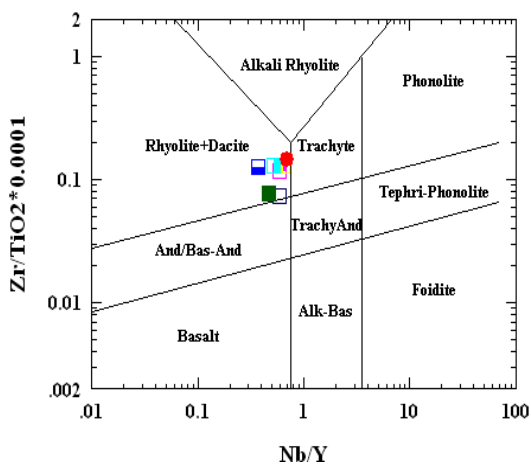
چنانچه به خواهیم به نوع شیشه (شارد) به وجود آورنده بتونیت ها پی ببریم، می توان از نمودار  $Al_2O_3-FeO$ <sup>(۱۷)</sup> (شکل ۵ چ)، استفاده کرد.

با پلات داده های مربوط به بتونیت ها در نمودار (شکل ۵ چ)، شیب به وجود آمده برای بتونیت ها، مثبت می باشد. این بدین معناست که شیشه های (شاردهای) به وجود آورنده بتونیت ها، اسیدی است.<sup>(۱۷)</sup>

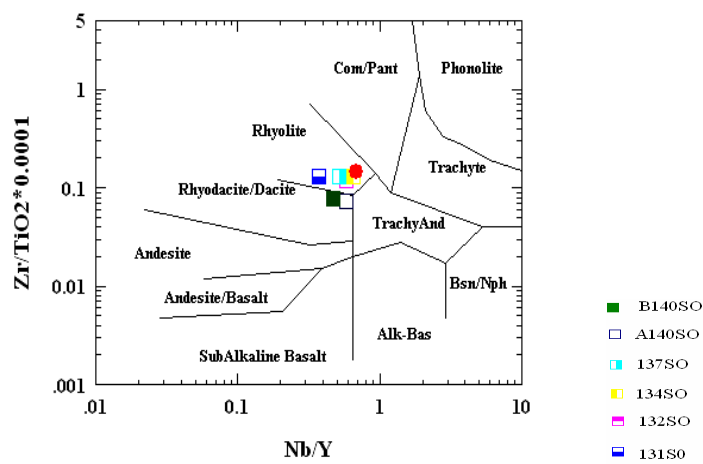


ج

ج



د



ح

شکل ۵ - الف، ب، پ - پلات داده های XRF بر روی دیاگرام های مثلثی مختلف. ج، چ - پلات داده های XRF بر روی دیاگرام های دو متغیره مختلف. ح، د - طبقه بندی عمومی سنگ ها. (برای دیاگرام های بالا از نرم افزار Minpet 2.02 استفاده شده است).

## نتیجه‌گیری

به علت متحرک تر بودن پتاسیم نسبت به سدیم و با توجه به این که بنتونیت‌ها، سدیم را بیشتر از آب دریا جذب می‌کنند و با توجه به باقی ماندن پتاسیم تا مقادیر ۱/۶۴، ۱/۳۷، ۱/۵۵، ۱/۵۴ و غیره (جدول ۲)، به نظر می‌رسد که شیشه تشکیل دهنده این بنتونیتها دارای مقادیر پتاسیم بیشتری از این میزان بوده و در واقع ماگمای تشکیل دهنده این‌ها، احتمالاً آلکالن بوده است.

از نمودارهای طبقه بندی عمومی سنگ‌ها، می‌توان برای تشخیص نوع شیشه به وجود آورنده بنتونیت‌ها کمک گرفت.<sup>(۹)</sup> با پلات داده‌های مربوط به بنتونیت‌های منطقه مورد مطالعه، در نمودارهای رده بندی سنگ‌ها (شکل ۵ ح، د)، بنتونیت‌های منطقه مورد مطالعه، در محدوده ریولیتی تا داسیتی قرار گرفته‌اند.

## تشکر و قدردانی

مراتب تشکر و قدردانی خود را از آقایان دکتر دانشیان (دانشگاه تربیت معلم، کمک به تعیین سن سازند مورد مطالعه)، دکتر بازرگانی و دکتر ربانی (برای کمک‌های بسیار ارزنده علمی آن‌ها) اعلام می‌داریم.

## References:

1. Bazargani-Guilani, K., Rabbani, M.S., *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy*, **12**, 169 (2004).
2. Velde, B., *Introduction to Clay Minerals.*, Chapman and Hall, London (1992).
3. Iijima, A. and Utada, M., *American Chemical Society*, Washington, D.C (1971).
4. Iijima, A., *Occurrence of Natural Zeolites Nendokagaku*, **26**, 49 (1986).
5. Hora, Z. D., *Bentonite. British Colombia Geological Survey Branch*, 1 (1998).
6. Nabavi, M. H., *Introduction to Geology of Iran*, Geological Survey, Iran (1976).
7. Bayliss, P., Berry, L.G., Mrose, M.E., and Smitu, D.K., *Mineral Powder Diffraction File.*, JCPDS, International Centre for Diffraction Data, Pennsylvania (1980).
8. Treacy, M.M.J., and Higgins, J.B., *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites.*, Elsevier, America (2001).
9. Berry, R., *Chemistry, Clays and Clay Minerals*, **47**, 70 (1999).
10. Noh, J.H., and Boles, J., *Clays and Clay Minerals*, **37**, 47 (1989).
11. Tsolis-Katagas, P., and Katagas, C., *Clays and Clay Minerals*, **37**, 497 (1989).
12. Bowers, T.S., and Burns, R.G., *American Mineralogist*, **75**, 601 (1990).
13. De Pablo-Galan, L., and De Chavez-Garcfa, M., *Clays and Clay Minerals*, **44**, 324 (1996).
14. Ghiara, M.R., Petti, C., Franco, E., Lonis, R., Luxoro, S., and Gnazzo, L., *Clays and Clay Minerals*, **47**, 319 (1999).
15. Christidis, G.E., *Clays and Clay Minerals*, **49**, 204 (2001).
16. Coombs, D.S., and et al., *The Canadian Mineralogist*, **35**, 1571 (1997).
17. Christidis, G.E., and Dunham, A.C., *Greece. Clay Minerals*, **32**, 253 (1997).