

# بررسی ژئوشیمیایی و زایش کانسار کائولینیتی - بوکسیتی علی بالتالوی، شاهین دژ

نوشته: نسرین خواجه محمدلو\*، ایرج رسا\* و علی امامعلی پور\*\*

\* گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران  
 \*\* گروه مهندسی معدن، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۰۵/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۰۷/۰۹

## چکیده

افق بوکسیتی - کائولینیتی علی بالتالو، در خاور شاهین دژ، جنوب باختر استان آذربایجان غربی واقع است، این افق به صورت چینه‌سان در مرز بین ماسه‌سنگ ژوراسیک و دولومیت تریاس قرار دارد. در این بررسی برای دستیابی به فرایندهای شیمیایی درگیر در تشکیل این بی‌هنجاری و همچنین شناسایی نقش و رفتار عناصر در فرایندهای هوازدگی و نحوه تبدلات شیمیایی آنها، از روش ژئوشیمیایی محاسبات تبدلات جرم و نمودارهای غنی‌شدگی - تهی‌شدگی استفاده شده است. بر اساس مطالعه نظریه‌های مختلف در مورد منشأ بوکسیت - کائولینیت، سیل‌های دیابازی سازند دورود رخمون‌دار در منطقه را می‌توان به‌عنوان سنگ منشأ این کانسار در نظر گرفت. با استفاده از روش محاسبات تغییرات جرم، مقادیر تبادل جرم عناصر مختلف نسبت به یک عنصر بی‌تحرک (تیتانیم) که بیشترین ثبات شیمیایی را در فرایندهای هوازدگی از خود نشان داده است، محاسبه شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که عناصر  $Ca, Mg, K, Si, Na$  در فرایندهای حاکم، از محیط خارج شده و عناصر  $Al, Fe, Ti$  غنی شده‌اند و در نهایت لایه‌های موجود کاهش کل جرم معادل  $21/02$  - برای افق قهوه‌ای رنگ،  $24/01$  - برای افق سفید،  $22/91$  - برای افق خاکستری متمایل به سبز،  $23/55$  - برای افق خاکستری را نشان می‌دهند.

**کلیدواژه‌ها:** بوکسیت، علی بالتالو، آذربایجان غربی، تغییرات جرم، غنی‌شدگی - تهی‌شدگی.

## ۱- مقدمه و روش کار

نهشته‌های بوکسیتی - کائولینیتی ایران به طور عمده در سازندهای به سن پرمین - تریاس و ژوراسیک پدیدار شده‌اند. در استان آذربایجان غربی، محور مهاباد - بوکان، در سازندهای پالئوزویک نهشته‌های پرشماری از این ماده معدنی یافت می‌شود. در این گستره، هر جا که لایه‌های دوره‌های پرموتریاس و ژوراسیک رخمون دارد، عدسی‌ها و لایه‌هایی از بوکسیت و کائولینیت نیز به طور معمول در آنها یافت می‌شود. افق بوکسیتی - کائولینیتی علی بالتالو نیز قسمتی از این کمربند کانی‌زایی است که در ۱۹ کیلومتری خاور شاهین دژ و در سه کیلومتری شمال روستای علی بالتالو واقع شده است (شکل ۱). زمین‌ریخت‌شناسی در ناحیه کانسار، کوهستانی بوده و خود افق، بخشی از لایه‌های این زمین‌ریخت‌شناسی را حاصل کرده است. به منظور بررسی ژئوشیمیایی و کانی‌شناسی ذخیره، ۳۵ نمونه در دو راستای عمود بر گسترش افق ماده معدنی برداشت شد. ۱۵ نمونه به روش XRF تجزیه شیمیایی و ۱۵ نمونه به روش XRD مورد بررسی کانی‌شناختی قرار گرفت. نتایج تجزیه شیمیایی عناصر اصلی به روش XRF در جدول ۱ آورده شده است. برای بررسی صحت و دقت تجزیه‌ها از ۱۰ درصد نمونه‌ها، یک نمونه تکراری قرار داده شد و با استفاده از روش هوارث و تامپسون (اقتباس از گزارش طرح اکتشاف کانی‌های پلی متال غرب مشکین شهر، ۱۳۷۷) از فرمول زیر مقدار خطای تجزیه‌ها بررسی شد (جدول ۲).

$100 \times \frac{\text{میانگین نمونه ها} - \text{میانگین نمونه ها}}{\text{میانگین نمونه ها}} = \text{دقت آزمایشگاه}$   
 برای بررسی ژئوشیمی از روش تغییر جرم و نمودارهای غنی‌شدگی - تهی‌شدگی استفاده شد. برای بررسی رفتار عناصر مختلف نسبت به هم در کانسار مورد مطالعه از ضریب همبستگی خطی بین عناصر و رسم نمودارهای دو متغیره استفاده شد و سپس با در نظر گرفتن عوامل مهم (Maclean et al., 1997) برای تعیین عنصر شاخص بی‌تحرک از جمله دارا بودن بیشترین ثبات شیمیایی در طی فرایند هوازدگی، انحلال‌پذیری اندک، نداشتن میل ترکیب شیمیایی و داشتن بالاترین همبستگی با سایر عناصر بی‌تحرک، عنصر  $Ti$  به عنوان عنصر شاخص بی‌تحرک برای محاسبات تغییرات جرم انتخاب شد. با تعیین عنصر بی‌تحرک و استفاده از روابط مربوطه میزان غنی‌شدگی - تهی‌شدگی عناصر مورد بررسی قرار گرفت. نمودارهای غنی‌شدگی -

تهی‌شدگی یکی از بهترین راه‌های نشان دادن غنی یا فقیر شدن نسبی عناصر کیمیا و اصلی هستند (Hildreth, 1981) از دیدگاه Hildreth در محور X نمودار، عناصر بر اساس عدد اتمی و در محور Y نیز نسبت غلظت یک عنصر در سنگ اولیه (مادر) به غلظت آن در سنگ دگرسان قرار می‌گیرد. برای رسم نمودارهای غنی‌شدگی - تهی‌شدگی ابتدا با استفاده از نرم‌افزار Newpet اکسیدها که به صورت درصد توسط تجزیه شیمیایی XRF به‌دست آمده بودند به عناصر مربوطه بر حسب واحد ppm تبدیل شدند و در محور Y نمودار مقدار تغییرات این عناصر بر حسب واحد ppm قرار داده شد.

## ۲- زمین‌شناسی منطقه

واحدهای سنگی موجود در منطقه شامل شیل و ماسه‌سنگ‌های ژوراسیک مربوط به سازند شمشک و دولومیت تریاس مربوط به سازند الیکا و آهک پرمین (سازند روتنه) است. افق بوکسیتی - کائولینیتی در بین لایه‌های دولومیتی (مرز تریاس - ژوراسیک) قابل تعقیب بوده و سازندهای تشکیل دهنده به طور عموم دارای امتداد شمالی - جنوبی هستند. سنگ‌های در برگیرنده ماده معدنی، شامل ماسه‌سنگ در فرودپواره ماده معدنی و دولومیت خاکستری رنگ در فرادپواره ماده معدنی است. این ناحیه رخدادهای زمین‌ساختی شدیدی را متحمل شده و موجب تشکیل چین‌های برگشته و برگشتگی لایه‌ها شده است. لذا افق بوکسیتی - کائولینیتی بر روی ماسه‌سنگ‌های ژوراسیک و در زیر دولومیت‌های تریاس جای گرفته است. گسل‌های متعددی با امتداد شمال خاور - جنوب باختر و شمال باختر - جنوب خاور، سازندهای زمین‌شناسی را جا به‌جا کرده‌اند. کانسار بوکسیتی - کائولینیتی علی بالتالو بر اساس رنگ ظاهری به چند بخش قابل تقسیم است (شکل ۲). مطالعات کانی‌شناسی به روش XRD نشانگر آن است که در بخش سبز متمایل به خاکستری رنگ این نهشته، کانی‌های کائولینیت، دیاسپور، آاناتاز و پیروفیلیت، بخش قهوه‌ای رنگ کانی‌های کائولینیت، هماتیت و آاناتاز (نمونه ۱-AB)، بخش سفیدرنگ کانی کائولینیت، آاناتاز (نمونه ۲-AB) بخش خاکستری روشن، کانی‌های کائولینیت، بوهمیت، دیاسپور، آاناتاز (نمونه ۵-CH) به

در سنگ مادر نسبت به سنگ هوازده است (Maclean, 1990). بر اساس عنصر Ti ضریب غنی‌شدگی از فرمول زیر محاسبه شد:

فراوانی عنصر در سنگ هوازده / فراوانی عنصر در سنگ مادر = E.F

E.F = ضریب غنی‌شدگی

با استفاده از فرمول بالا، ضریب غنی‌شدگی عنصر Ti برای افق‌های مختلف کانسار علی بالتالو محاسبه شد که داده‌های آن در جدول ۵ آمده است.

#### – ترکیب بازسازی شده

ترکیب بازسازی شده سنگ دگرسان شده به وسیله کاهش مقادیر عناصر بی‌تحرك نسبت به سطح سنگ مادر محاسبه می‌شود بنابراین عناصر متحرک در سنگ مادر و ترکیب بازسازی شده در مقادیری با نسبت‌های مساوی کاهش یافته‌اند. در واقع ترکیب بازسازی شده، جرم خالص یک واحد یا سنگ را نشان می‌دهد که از اجزای متحرک غنی یا تهی شده‌اند.

با استفاده از ضریب غنی‌شدگی ترکیب بازسازی نمونه‌ها محاسبه شد (جدول ۶).

E.F \* فراوانی ترکیب اکسیدی عنصر در سنگ هوازده بر حسب درصد وزنی = RC

RC = ترکیب بازسازی شده

E.F = ضریب غنی‌شدگی

در واقع جدول ۶ نشان می‌دهد که چه مقدار اکسیدهای اصلی افق‌های بوکسیتی – کائولینیتی کانسار نسبت به اکسیدهای اصلی دیاباز برداشت شده از منطقه به عنوان سنگ منشأ، غنی یا تهی شده‌اند.

#### – تغییرات جرم عناصر

با استفاده از رابطه ارائه شده توسط Maclean (1990) تغییرات جرم عناصر محاسبه می‌شود (جدول ۷). برای این کار تفاوت بین ترکیب بازسازی شده و ترکیب سنگ مادر به شرح زیر مورد توجه قرار می‌گیرد.

فراوانی عنصر در سنگ مادر بر حسب درصد وزنی - MC = RC

MC = تغییر جرم

RC = ترکیب بازسازی شده

در نهایت با استفاده از نتایج جدول ۷ (تغییرات جرم عناصر) مقدار تغییرات تمام اکسیدهای اصلی در هر افق جمع جبری می‌شود و در نهایت عدد به دست آمده که به صورت درصد بیان می‌شود نشانگر تغییر جرم کل عناصر در افق یاد شده است. تغییر جرم کل عناصر برای افق‌های بوکسیتی – کائولینیتی کانسار علی بالتالو در جدول ۸ آورده شده است.

#### – تعیین تغییرات تحرك عناصر توسط نمودارهای تغییر جرم

با استفاده از نمودارهای دو متغیره، وضعیت تغییرات تحرك عناصر در طی فرایند هوازدهی مشخص می‌شود. پراکندگی زیاد در تغییرات جرم یک عنصر نسبت به تغییر جرم کل می‌تواند مبین تحرك بیشتر آن عنصر در طی فرایند هوازدهی باشد. در افق‌های بوکسیتی – کائولینیتی منطقه تغییرات جرمی را نشان نمی‌دهد و تقریباً ثابت است ولی  $Al_2O_3$  افزایش جرم و  $SiO_2$  کاهش جرم نشان می‌دهد. (شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳) نمودارهای تغییرات جرم  $TiO_2$ ،  $SiO_2$ ،  $Al_2O_3$  برای کانسار علی بالتالو را نشان می‌دهد که در محور Y این نمودارها مقدار تغییرات جرم عناصر قرار داده شده است. عناصر Mn، Mg، Ca کاهش جرم چندانی را نشان نمی‌دهد و ثابت است. بنابراین می‌توان گفت در افقی با افزایش جرم  $Al_2O_3$ ، کاهش  $SiO_2$  رخ می‌دهد.

در تجمعات بازمانده کانسنگ‌های بوکسیت، آلومینیم عمدتاً یک عنصر بی‌تحرك (در محدوده pH ۵ تا ۹) شناخته می‌شود (Valetton, 1972)، بر عکس  $SiO_2$  که در pH حدود ۶ تا ۸ محلول است و از محیط خارج می‌شود  $Al_2O_3$  در محیط

طور عمده سازندگان اصلی‌اند. نتایج بررسی کانی‌شناختی به روش XRD به عنوان مثال در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ آورده شده است. افق بوکسیتی – کائولینیتی طبق رده‌بندی (Bardossy 1982)، بر اساس ترکیب کانی‌شناسی (شکل ۶) در قسمت بوکسیت رسی و بر اساس رده‌بندی (Bardossy 1990) (شکل ۷) در قسمت کائولینیت قرار می‌گیرد (جدول ۳).

#### ۳- ژئوشیمی

برای تشخیص سنگ منشأ کانسار علی بالتالو، تعیین موقعیت ذخایر و کانسارهای موجود بر اساس این که در محدوده کدام یک از سنگ‌های اسیدی، حد واسط، بازی و فرابازی قرار می‌گیرند از نمودار Ni / Cr (Schroll and Sauer, 1968) استفاده شد (شکل ۸)، بر اساس این نمودار، کانسار بوکسیتی – کائولینیتی علی بالتالو در محدوده سنگ‌های بازی و فرابازی قرار می‌گیرد و از نوع بوکسیت‌های کارستی است. از آنجا که در نزدیکی منطقه مورد مطالعه سنگ‌های فرابازی قبل از پرمین وجود ندارند و از سوی دیگر ذخایر و کانسارهای یاد شده به محدوده سنگ‌های بازی نزدیک تر هستند، منشأ بازی محتمل تر می‌نماید. لذا با توجه به این استدلال، سنگ‌های بازی منطقه شناسایی و مطالعه شدند.

رخنمون سازند دورود (پرمین زیرین) در منطقه، دارای یک سری سیل‌های بازی دیابازی در ماسه‌سنگ‌های کوارتزی است (تصویر ۱ و شکل ۹). به نظر می‌رسد که این سنگ‌ها قابلیت سنگ منشأ شدن را داشته باشند، لذا برای تشخیص ترکیب شیمیایی این دیابازها، اقدام به برداشت ۴ نمونه و تجزیه شیمیایی به روش XRF شد. ترکیب شیمیایی دیاباز ایده‌آل و ترکیب میانگین نمونه‌های دیابازی برداشت شده از منطقه در جدول ۴ آورده شده است.

شکل ۱۰ مقایسه این دو دیاباز را با یکدیگر نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، دیاباز نمونه منطقه از نظر مقدار عناصر اصلی تا حدودی نسبت به دیاباز ایده‌آل کاهش نشان می‌دهد و می‌توان استدلال نمود که کاهش در میزان Al و Fe در نتیجه تهی‌شدگی ترکیب دیابازی منطقه باشد، لذا می‌توان دیاباز نمونه را به عنوان سنگ منشأ احتمالی بوکسیت‌های منطقه در نظر گرفت و غنی‌شدگی و تهی‌شدگی ذخایر بوکسیتی – کائولینیتی منطقه نسبت به این دیاباز را مورد مطالعه قرار داد.

برای بررسی ژئوشیمی از روش محاسبه تغییرات جرم (Maclean, 1990) و ترسیم نمودارهای غنی‌شدگی – تهی‌شدگی (Hildreth, 1981) استفاده شد.

#### ۳-۱- محاسبه تغییرات جرم

به منظور شناسایی ترکیب شیمیایی سنگ‌هایی که در طی یک سری فرایندهای دگرسانی و هوازدهی، تغییر ترکیب شیمیایی داده‌اند، از روش محاسبه تغییرات جرم استفاده می‌شود (Maclean and Barrett, 1993). در این روش از عنصری با عدم تحرك بالا در سامانه‌های واکنشی متقابل آب و سنگ استفاده می‌شود. تغییرات جرم بر اساس تفاوت بین غلظت عنصر بی‌تحرك یک نمونه دگرسان شده و سنگ مادر آن محاسبه می‌شود. عنصر بی‌تحرك در نمونه‌های هوازده به نسبت مقدار اولیه خود در سنگ مادر بهنجار شده و بر اساس آن محاسبات تغییر جرم انجام می‌گیرد. با توجه به عوامل تعیین‌کننده عنصر بی‌تحرك در این پروژه عنصر Ti به عنوان عنصر شاخص بی‌تحرك برای محاسبات تغییرات جرم انتخاب شد.

#### – تعیین ضریب غنی‌شدگی

هنگامی که عنصر شاخص بی‌تحرك برای یک سیستم تک‌منشأیی انتخاب شد، محاسبات تغییرات جرم انجام می‌پذیرد. این تغییرات مستقیماً متناسب با غلظت عنصر

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> کاهش نشان می‌دهد. به‌طور کلی از نمودارهای غنی‌شدگی - تهی‌شدگی چنین می‌توان نتیجه گرفت که در تمامی افق‌های بوکسیتی - کائولینیتی کانسار مورد بررسی نسبت به سنگ منشأ دیا بازی عناصر Al, Ti غنی‌شدگی و عناصر K, Ca, Si, Na, Mn, Mg تهی‌شدگی نشان می‌دهند. در واقع این عناصر نسبت به منشأ اولیه تهی‌شده‌اند که این تهی‌شدگی نتیجه شرایط Eh و pH آب‌های فرورو است که این عناصر، قابلیت انحلال در چنین شرایطی را داشته و از محیط خارج شده‌اند. عناصر Al, Ti قابلیت انحلال در این محیط را نداشته و به صورت عنصر بی‌تحرك بوده و در محیط باقی مانده‌اند و غنی شده‌اند.

#### ۴- نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعات کانی‌شناختی به روش XRD، عمده کانی‌های سازنده کانسار کائولینیت، آنتاز، دیاسپور و بوهمیت بوده و بر اساس رده‌بندی (Bardossy 1990) در رده کائولینیت قرار می‌گیرند.

با پیاده کردن نتیجه تجزیه نمونه‌ها بر روی نمودار Cr/Ni (Schroll and Sauer, 1968) مشخص شد که منشأ کانسار بازی می‌باشد، لذا پس از برداشت نمونه از سیل‌های دیا بازی سازند دورود موجود در منطقه و مقایسه با ترکیب دیا باز ایده آل و نمونه‌های برداشت شده از کانسار محاسبات تغییر جرم صورت گرفت.

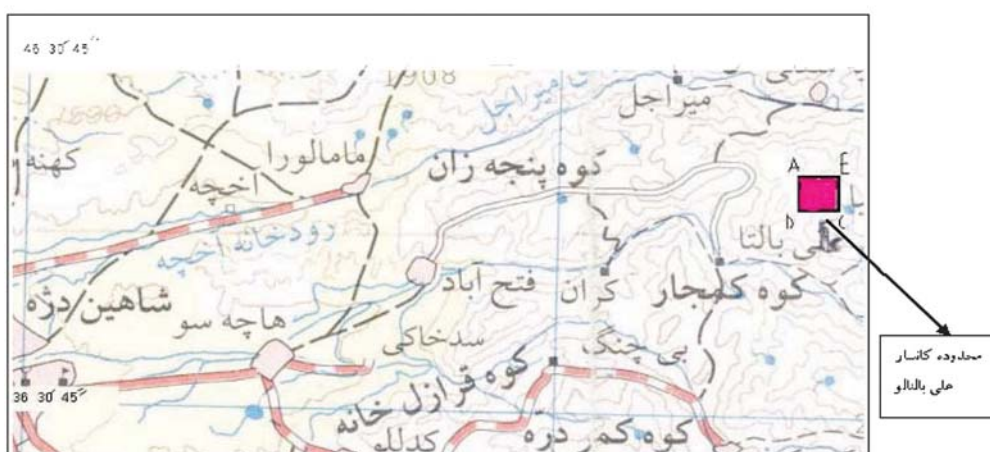
با توجه به مطالعات ژئوشیمیایی که بر روی نمونه‌های برداشت شده از افق‌های بوکسیتی و سنگ منشأ دیا بازی منطقه صورت گرفت و بر اساس محاسبه تغییرات جرم عناصر، مشخص شد عناصر Cr, Al, Th, Y, Ti ضمن فرایندهای بوکسیت‌زایی بی‌تحرك بوده‌اند و در محل تغلیظ شده‌اند و عناصر K, P, Na, Fe, Mg, Si, Ca و Mn از محیط خارج شده و کاهش جرم نشان می‌دهند در واقع، طی فرایند هوازدگی سنگ دیا بازی در دوره پرمین پسین تا تریاس و تحت تأثیر Eh پایین به بالا از زمان تشکیل تا کنون pH حدود ۶-۸ عنصری که قابلیت انحلال داشته‌اند از محیط خارج شده و عنصری که بی‌تحرك بوده و قابلیت انحلال در چنین محیطی را نداشته‌اند، در محیط باقی مانده و نهشته‌های بوکسیتی را به وجود آورده‌اند.

باقیمانده و غنی می‌شود که این غنی‌شدگی در نمودارها به صورت افزایش جرم دیده می‌شود. مقایسه تغییرات جرم CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, MgO, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> در افق‌های مختلف کانسار علی بالتالو در شکل ۱۴ آمده است.

#### ۳-۲. نمودارهای غنی‌شدگی - تهی‌شدگی

برای رسم نمودارهای غنی‌شدگی و تهی‌شدگی افق‌های بوکسیتی - کائولینیتی کانسار مورد بررسی نسبت به دیا باز نمونه برداشت شده از منطقه از روش (Hildreth 1981) و از فرمول زیر استفاده شد.

مقدار عنصر در سنگ دگرسان / مقدار عنصر در سنگ اولیه = مقدار تغییرات در این پروژو سنگ دگرسان، افق‌های بوکسیتی - کائولینیتی کانسار علی بالتالو و سنگ اولیه، دیا باز نمونه برداشت شده از منطقه که به عنوان سنگ منشأ در نظر گرفته شده، می‌باشد. تغییرات عناصر برای همه افق‌ها (افق قهوه‌ای رنگ، سبز متمایل به خاکستری، سفید رنگ و خاکستری رنگ) نسبت به دیا باز نمونه محاسبه و نمودار غنی‌شدگی - تهی‌شدگی برای آنها رسم شد. در محور Y نمودار، مقدار تغییرات عناصر طبق فرمول Hildreth قرار داده شده است و در محور X می‌توان عدد اتمی عناصر را قرار داد که البته در این پروژو از عدد اتمی استفاده نشده است. در نمودار غنی‌شدگی - تهی‌شدگی عدد ۱ مبنای بوده و اعداد بیشتر از یک غنی‌شدگی عنصر نسبت به دیا باز نمونه و اعداد کمتر از یک تهی‌شدگی عنصر نسبت به دیا باز نمونه را نشان می‌دهد. نمودارهای غنی‌شدگی - تهی‌شدگی نشانگر این هستند که عناصر Al, Ti و Fe در افق‌های یاد شده غنی‌شدگی و عناصر Ca, Na, Mg, Mn, K, Si تهی‌شدگی دارند. نمودارهای غنی‌شدگی - تهی‌شدگی افق‌های قهوه‌ای رنگ و خاکستری رنگ به عنوان مثال در شکل‌های ۱۵ و ۱۶ آورده شده است. مقایسه ترکیب میانگین اکسیدهای اصلی بین افق‌های بوکسیتی - کائولینیتی کانسار علی بالتالو، دیا باز نمونه و دیا باز ایده آل در شکل ۱۷ آورده شده است. بر اساس این نمودار، می‌توان بیان کرد که کانسار علی بالتالو نسبت به دیا باز نمونه و ایده آل در میزان اکسیدهای Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> افزایش و در اکسیدهای MnO, K<sub>2</sub>O, MgO, Na<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>, CaO



A	46 42' 16"	36 43' 16"
B	46 45' 46"	36 43' 16"
C	46 45' 46"	36 41' 07"
D	46 42' 16"	36 41' 07"

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی کانسار علی بالتالو (نقشه شاهین دژ ۱:۲۵۰۰۰۰)

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی عناصر به روش XRF

	Si	AL	Fe	Ca	Na	Mg	K	Ti	Mn	P
AB-01	17.590	16.165	10.177	0.179	0.022	0.072	0.398	2.280	0.046	0.098
AB-02	19.870	19.096	2.294	0.071	0.022	0.036	0.564	2.510	0.002	0.054
AB-03	21.122	19.155	0.420	0.057	0.007	0.006	0.008	2.387	0.001	0.024
AB-04	20.627	19.408	0.657	0.086	0.015	0.048	0.731	2.469	0.001	0.049
AB-05	14.441	22.985	0.965	0.507	0.052	0.229	0.133	5.635	0.001	0.019
AB-06	14.717	22.652	0.965	0.279	0.045	0.193	0.133	5.893	0.002	0.019
AB-07	14.675	22.652	0.986	0.164	0.037	0.181	0.125	6.049	0.001	0.020
AB-08	14.726	22.435	1.007	0.107	0.045	0.181	0.133	6.265	0.001	0.017
AB-09	14.572	22.911	0.958	0.064	0.037	0.169	0.133	6.007	0.001	0.017
AB-14	22.159	18.774	1.098	0.043	0.022	0.133	0.913	3.729	0.002	0.017
AB-11	31.994	9.667	2.434	0.050	0.045	0.133	1.179	0.426	0.002	0.044
AB-13	25.346	15.138	1.847	0.607	0.119	0.271	0.531	3.459	0.002	0.044
AB-15	14.997	22.806	0.958	0.143	0.030	0.187	0.125	4.131	0.001	0.061
میانگین نمونه ها (ppm)	18.98737	19.52653	1.905167	0.181421	0.038237	0.141513	0.392715	3.941528	0.004706	0.037261

جدول ۲- نتایج تجزیه نمونه‌های تکراری، میانگین نمونه‌های تکراری، دقت آزمایشگاه

	Si	AL	Fe	Ca	Na	Mg	K	Ti	Mn	P
AB-10	20.632	23.128	1.091	0.130	0.041	0.190	0.250	4.107	0.001	0.035
AB-12	22.626	20.213	1.784	0.280	0.047	0.130	0.620	3.795	0.007	0.032
میانگین نمونه های تکراری (ppm)	21.62902	21.67052	1.437349	0.205	0.044	0.16	0.435	3.950705	0.003859	0.0335
دقت آزمایشگاه (درصد)	-13.91	-10.98	24.56	-13.00	-15.07	-13.06	-10.77	-0.23	17.99	10.09

جدول ۴- ترکیب شیمیایی دیاباز ایده آل و دیاباز نمونه

اکسیدهای اصلی	مقدار ترکیب شیمیایی دیاباز ایده آل	مقدار ترکیب شیمیایی دیاباز نمونه
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.01	13.46
SiO <sub>2</sub>	52.68	53.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.09	10.62
CaO	10.96	8.95
Na <sub>2</sub> O	2.16	2.39
MgO	6.61	3.13
K <sub>2</sub> O	0.64	0.65
MnO	0.17	0.83
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14	0.15
TiO <sub>2</sub>	1.07	1.31

جدول ۳ - نتایج کانی شناسی افق‌های بوکسیتی- کائولینیتی کانسار علی بالتالو بر روی نمودار سه گوش Bardossy (1990) و Bardossy (1982)

نام افق	Bardossy (1990)	Bardossy (1982)
قهوه ای رنگ ( BR )	کائولینیتی	بوکسیت رسی
سبز متمایل به خاکستری ( BGBG )	کائولینیت	بوکسیت رسی
سفید رنگ ( BG )	کائولینیت	بوکسیت رسی
خاکستری روشن ( BGG )	کائولینیت	بوکسیت رسی

جدول ۶- ترکیب باسازی شده اکسیدهای اصلی افق‌های بوکسیتی- کائولینیتی کانسار علی بالتالو

	RC(BB)	RC(BG)	RC(BGBG)	RC(BGG)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.5	11.35	11.98	11.73
SiO <sub>2</sub>	13.04	13.38	14.96	14.12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.04	1.03	0.20	0.30
CaO	0.09	0.03	0.03	0.04
Na <sub>2</sub> O	0.01	0.00	0.00	0.01
MgO	0.04	0.02	0.00	0.02
K <sub>2</sub> O	0.17	0.21	0.00	0.28
TiO <sub>2</sub>	1.32	1.32	1.32	1.31
MnO	0.02	0.00	0.00	0.00

جدول ۵- تعیین ضریب غنی شدگی عنصر Ti در افق‌های کانسار علی بالتالو

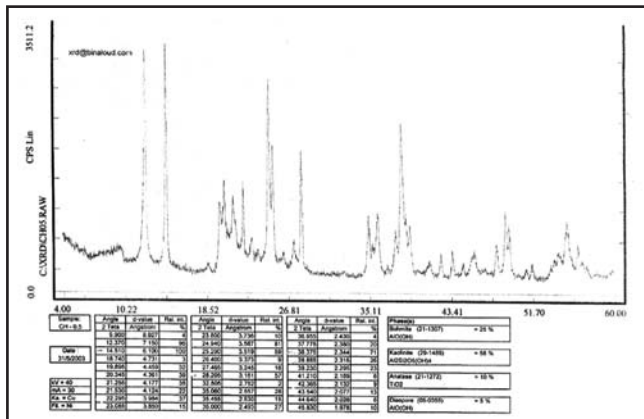
ضریب غنی شدگی عنصر Ti	نمونه
0.35	( افق قهوه ای ) BB
0.31	( افق سفید ) BG
0.33	افق سبز متمایل به ( خاکستری ) BGBG
0.32	( افق خاکستری ) BGG

جدول ۷- تغییرات جرم عناصر در افق‌های بوکسیتی - کائولینیتی کانسار علی بالتالو نسبت به دیباز نمونه

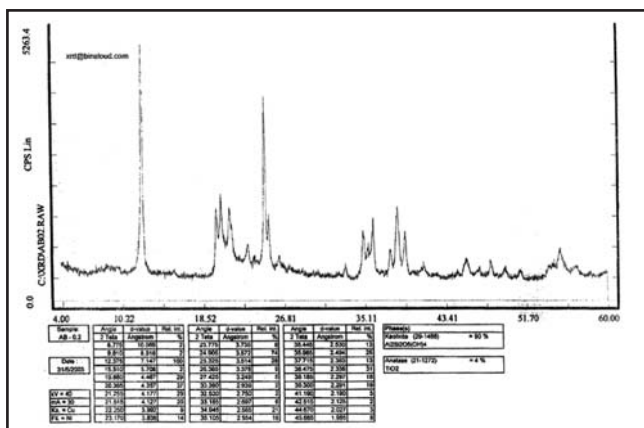
	RC(BB)	RC(BG)	RC(BBGG)	RC(BGG)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.46	4.24	4.86	4.61
SiO <sub>2</sub>	-11.72	-11.38	-9.81	-10.65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-2.39	-6.40	-7.23	-7.13
CaO	-6.31	-6.36	-6.37	-6.36
Na <sub>2</sub> O	-1.76	-1.76	-1.77	-1.77
MgO	-1.85	-1.87	-1.88	-1.86
K <sub>2</sub> O	-0.37	-0.32	-0.54	-0.258
TiO <sub>2</sub>	0.53	0.53	0.53	0.53
MnO	-0.62	-0.64	-0.64	-0.64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	-0.03	-0.05	-0.03

جدول ۸- تغییر جرم کل عناصر برای افق‌های بوکسیتی - کائولینیتی کانسار علی بالتالو

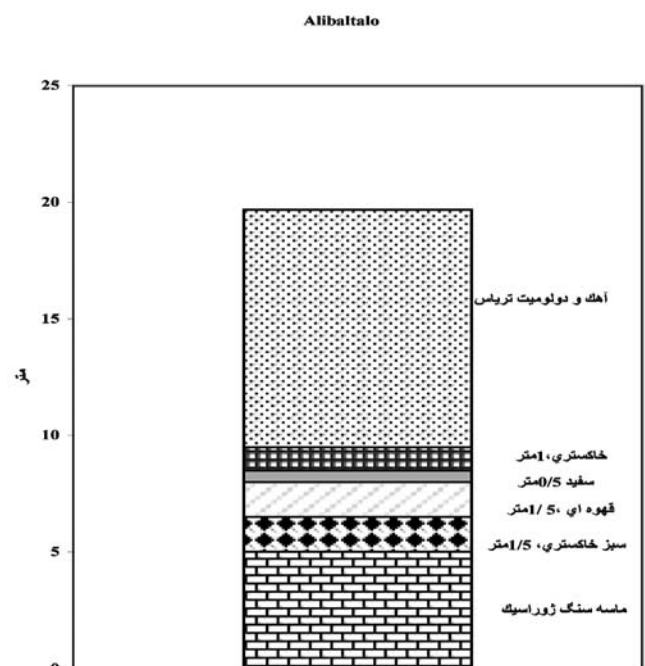
تغییر جرم کل عناصر	افق‌های بوکسیتی
-21.02	قهوه ای رنگ (BB)
-24.01	سفید رنگ (BG)
-22.9	سبز متمایل (BGBG) به خاکستری
-23.55	خاکستری (BGG)



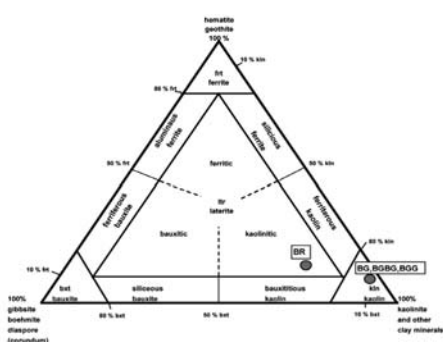
شکل ۳- XRD افق خاکستری رنگ کانسار علی بالتالو (نمونه CH-5)



شکل ۵- XRD افق سفید رنگ کانسار علی بالتالو (نمونه AB-2)

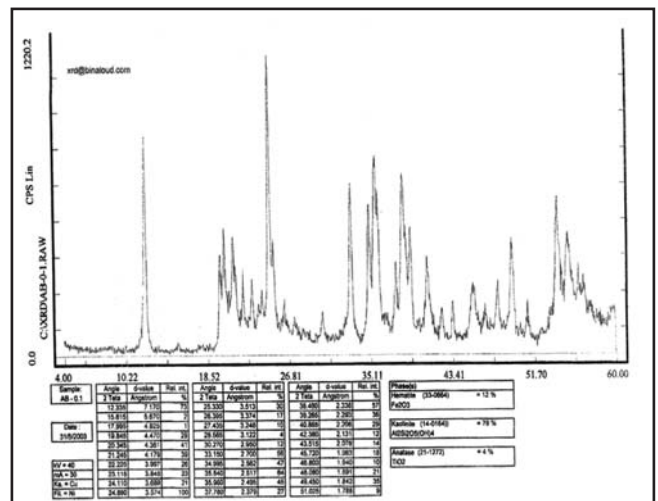


شکل ۲- موقعیت چینه‌شناسی افق‌های بوکسیتی - کائولینیتی کانسار علی بالتالو



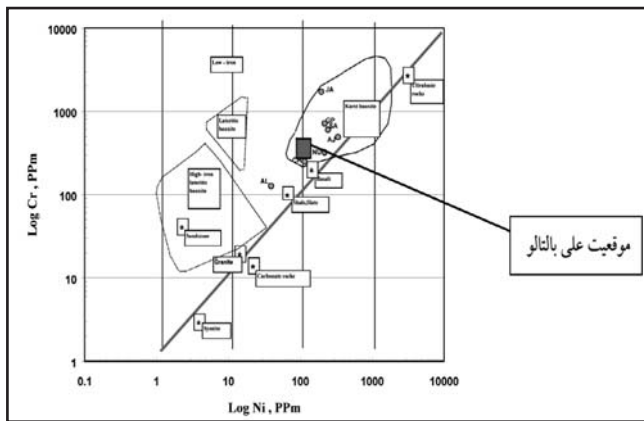
شکل ۶- موقعیت افق‌های بوکسیتی کانسار علی بالتالو بر روی نمودار سه گوش

Bardossy (1990)

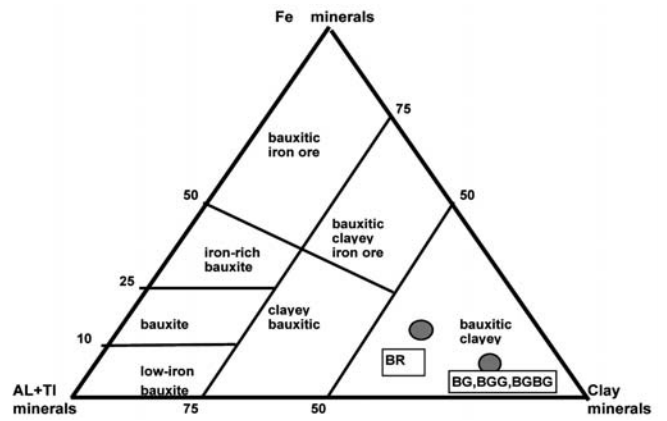


شکل ۴- XRD افق قهوه‌ای رنگ کانسار علی بالتالو (نمونه AB-1)

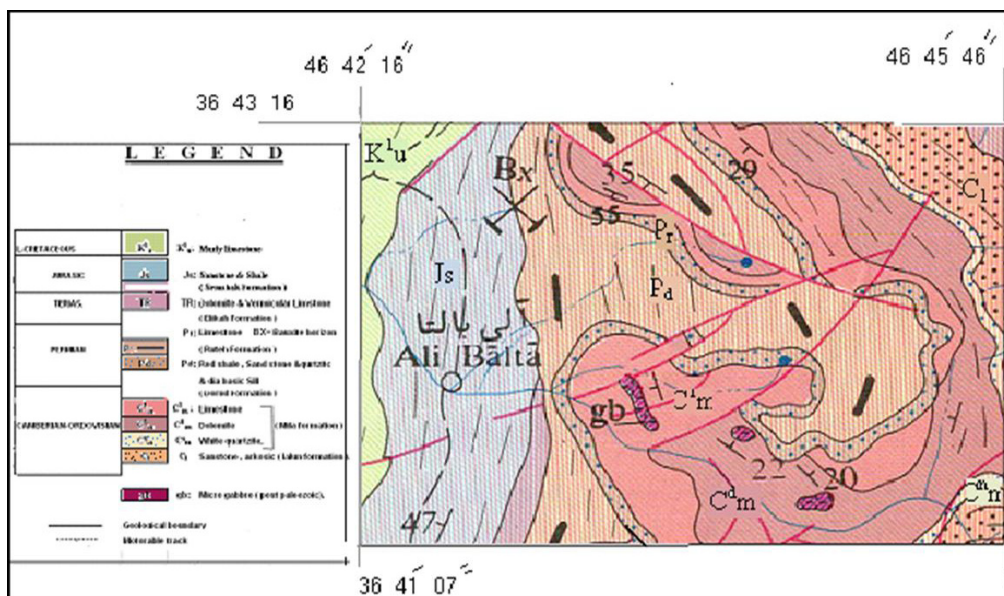




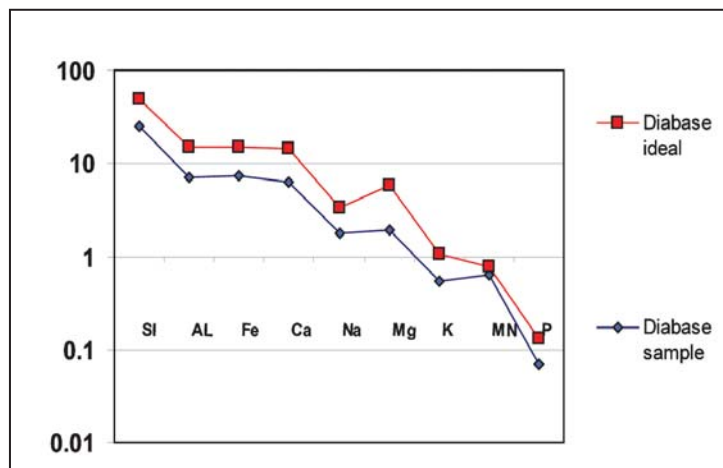
شکل ۸- موقعیت کانسار بوکسیتی - کانولینیتی علی بالتالو بر روی نمودار Cr/Ni (Schroll and saue, 1968)



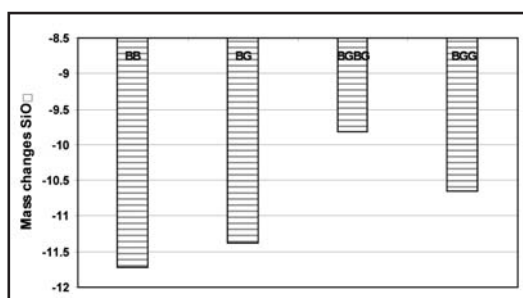
شکل ۷- موقعیت افق‌های بوکسیتی کانسار علی بالتالو بر روی نمودار سه گوش Bardossy(1982)



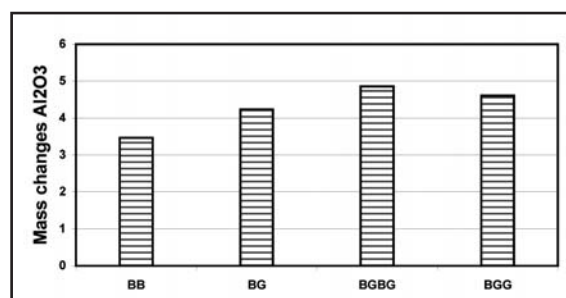
شکل ۹- نمایی از سازند دورود در محدوده کانسار علی بالتالو (نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهین دژ)



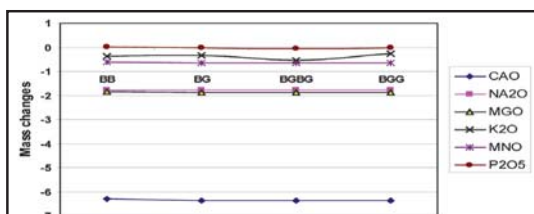
شکل ۱۰- مقایسه عناصر اصلی بین دیاباز ایده آل و دیاباز نمونه



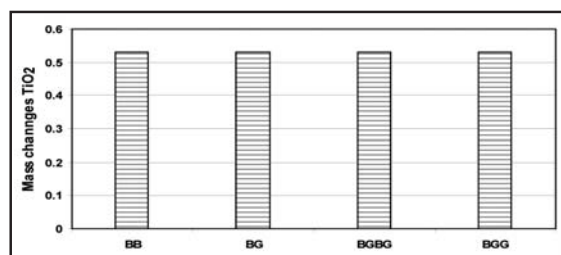
شکل ۱۲- نمودار مقدار تغییرات جرم SiO<sub>2</sub> در افق‌های مختلف کانسار علی بالتالو



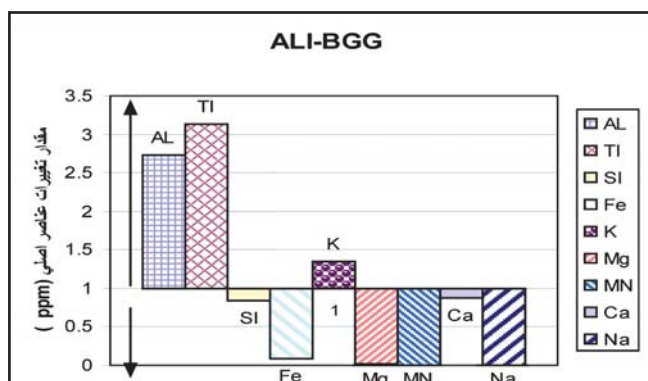
شکل ۱۱- نمودار مقدار تغییرات جرم Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> در افق‌های مختلف کانسار علی بالتالو



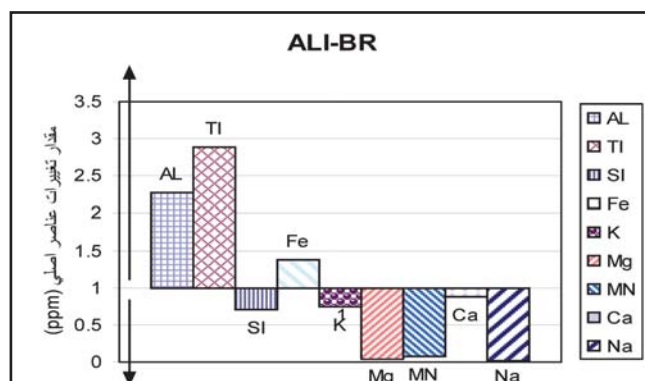
شکل ۱۴- مقایسه مقدار تغییرات جرم CaO, Na<sub>2</sub>O, MgO, K<sub>2</sub>O, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> در افق‌های مختلف کانسار علی بالتالو



شکل ۱۳- نمودار مقدار تغییرات جرم TiO<sub>2</sub> در افق‌های مختلف کانسار علی بالتالو



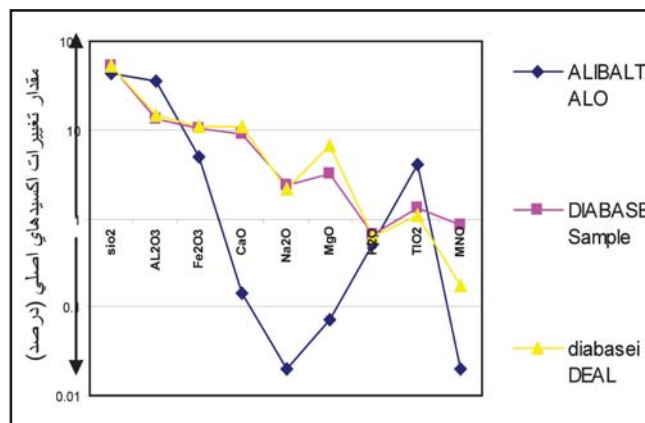
شکل ۱۶- نمودار غنی‌شدگی \_ تهی‌شدگی عناصر اصلی افق خاکستری رنگ کانسار علی بالتالو نسبت به دیاباز نمونه



شکل ۱۵- نمودار غنی‌شدگی \_ تهی‌شدگی عناصر اصلی افق قهوه‌ای رنگ کانسار علی بالتالو نسبت به دیاباز نمونه



تصویر ۱- نمایی نزدیک از سیل‌های دیابازی



شکل ۱۷- مقایسه ترکیب میانگین اکسیدهای اصلی بین افق‌های بوکسیتی- کائولینیتی کانسار علی بالتالو، دیاباز نمونه و دیاباز ایده‌آل

## کتابنگاری

شرکت کاوشگران، ۱۳۷۷- گزارش طرح اکتشاف کانی‌های پلی متال (باختر مشکین شهر)  
 خلقی خسرقی، ۱۳۷۳- نقشه زمین‌شناسی ورقه ۱:۱۰۰،۰۰۰ شاهین دژ، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی  
 سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۷۹- نقشه جغرافیایی ورق ۱:۲۵۰،۰۰۰ شاهین دژ

## References

- Bardossy, G. Y., 1982- Karst Bauxites (bauxite deposits on carbonate rocks). Elsevier Scientific, Amsterdam, 441p.  
 Bardossy, G. Y., 1990- Lateritic Bauxites. Akademia, Kiado Budapest 646 Deposita 25, 44-40.  
 Hildreth, W., 1981- Gradients in silicic magma chambers: implications for lithospheric magmatism. J. Geophys. Res., 86, B10153-B10192.  
 Maclean, W. H. & Barrett, T. J., 1993- Lithochemical techniques using immobile elements. Explore Geochemistry 48, 109-133.  
 Maclean, W. H., 1990- Mass change calculation in altered rock series. Mineral  
 Maclean, W. H., Bonavia, F. F. & Sanna, G., 1997- Argillite debris converted to bauxite during karst weathering: evidence from immobile element geochemistry at the Olmedo Deposit Sardinia. Mineralium Deposita, vol. 32, 607-616.  
 Schroll, E., Sauer, D., 1968- Beitrag zur geochemie von titan, chrom, nikel, cobalt, Vanadium und molibdan in bauxitischen gestemen und problem der stofflichen herkunft des aluminiums, travaux de ICSOBA, Zagreb, vol. 5, pp. 83-96.  
 Valenton, I., 1972- Bauxites. Elsevier, Amsterdam. 226p