

ژنز کانسارهای بوکسیت کارستی زاگرس در جغرافیای دیرینه تریاس-ژوراسیک

مسلم یزدانی*

*۱-دانش آموخته دکتری علوم زمین، گرایش آموزش، دانشگاه اشفورد، امریکا

Email: yazdani.msalem@yahoo.com

چکیده

بوکسیت، مهم ترین کانی آلومینیم، از کریستال های منوکلینیک متنوعی از سه هیدروکسید آلومینیوم، شامل گیبسیت، بوهمیت و دیاسپور، تشکیل شده است. یکی از مهم ترین رویدادهای کانی سازی زاگرس در مرز تریاس-ژوراسیک، کانسارهای بوکسیت کارستی، می باشد که در بخش قابل توجهی از محدوده مرزی سازند خانه کت (به سن تریاس) تا سازند نیریز (به سن ژوراسیک پیشین)، تشکیل شده است. ژنز این کانسارها، متأثر از شرایط اقلیمی و جغرافیایی منحصر به فردی است که در این دوره بر زاگرس، حکمفرما بوده است. بوکسیت کارستی زاگرس، تحت تأثیر هوازدهی کانی های متنوع حاوی آلومینیم، در شرایط اقلیمی گرم و مرطوب استوایی و حاره ای و متأثر از شرایط خاص مورفولوژیک و انحلالی، تشکیل شده است. در لیتوسفر، آلومینیم، در ترکیب با اکسیژن و سیلیسیم، دیده می شود (در فلدسپارها) و در طول مرحله اولیه تفریق ماگمایی، سازنده اصلی پلاژیوکلازها و اسپینل، محسوب می شود. در ساختارهای رسوبی، عامل کنترل کننده درصد آلومینیم، ظرفیت یونی است. بوکسیت های کارستی زاگرس، از هوازدهی لاتریتی و انباشتگی لایه های سفالی روی سنگ های کربنی و حل شدن تدریجی این لایه های انباشته شده با سنگ آهک در طی هوازدهی شیمیایی، تشکیل شده اند. در این مطالعه، به نقش عوامل جغرافیای دیرینه زاگرس در تشکیل بوکسیت های کارستی کریستالیزه، پرداخته می شود.

کلید واژه ها: بوکسیت کارستی، زاگرس، جغرافیای دیرینه، تریاس-ژوراسیک

مقدمه

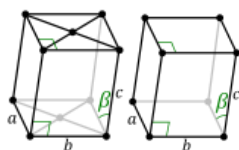
کانسارهای بوکسیت کارستی، عموماً از نوع گیبسیتی می باشند و با افزایش سن، گیبسیت به بوهمیت و دیاسپور تبدیل می شود. در مناطق استوایی و نیمه استوایی که سنگ های غنی از آلومینیوم و فقیر از لحاظ آهن و سیلیکات ها، به وجود می آیند، (نظیر سینیت و نفلین سینیت)، احتمال تشکیل کانسارهای بوکسیت زیاد است. تشکیل کانی های رسی یک مرحله حد واسطه، ضمن تخریب فلدسپارها و فلدسپاتوئیدها به بوکسیت می باشد (Taylor, 2004).

بوکسیت ممکن است از تخریب سنگ های کربناتی رسی نیز حاصل شود که به آن بوکسیت کارستی یا تراروزا گفته می شود. تشکیل یک کانسار بوکسیت کارستی ممکن است در مدت زمانی در حدود ۱۰۰ هزار سال تا چندین میلیون سال به طول، بیانجامد. در این مدت زمان، لایه های مورد نظر، ضمن بوکسیتی شدن، از عناصر قلیایی و قلیایی خاکی و سیلیکات ها، فقیرتر شده و تا حد زیادی، آلومینیوم و به مقدار کمتر، آهن، تمرکز می یابد. بافت ذخایر بوکسیتی از نوع پیزولیتی، ندولی و توده ای است (Mordberg, 1993).

عوامل مهمی که در تشکیل بوکسیت های کارستی نقش اساسی دارند عبارتند از: غنی بودن سنگ اولیه از آلومینیوم نظیر شیل، آهک رسی و نفلین سینیت، وجود آب و هوای گرم و مرطوب و شرایط اقلیمی استوایی و حاره ای، بالا بودن تخلخل مفید سنگ ها، مورفولوژی ملایم، محفوظ ماندگی زون هوازده، تداوم مجموعه این عوامل برای مدت طولانی (Taylor, 2004).

از سنگ های آذرین، نفلین سینیت و از سنگ های رسوبی، شیل و آهک های رسی، منبع اولیه بسیار مناسبی جهت تشکیل بوکسیت کارستی هستند. میزان Al_2O_3 بازالت و گرانیت، یکسان است. نسبت Al_2O_3/Fe_2O_3 گرانیت، بیشتر از بازالت و بازالت فاقد کوارتز، است. بازالت به دلیل عدم وجود کوارتز، برای تبدیل به بوکسیت و لائتریت، مناسب تر است. سنگ های مناسب جهت تبدیل شدن به بوکسیت باید در آب و هوای گرم و مرطوب حاره ای واقع شوند، میزان بارش سالانه ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ میلی متر و دمای متوسط ۲۶ درجه سانتی گراد، از مشخصات اقلیم و جغرافیای دیرینه، جهت تشکیل این کانسار، محسوب می شود. وجود مورفولوژی مناسب که موجب حداکثر فرسایش شیمیایی و حداقل فرسایش مکانیکی شود نیز یک شرط اساسی جهت تشکیل کانسارهای بوکسیت کارستی، می باشد (Mordberg, 1993).

مشخصات کریستالی و شیمیایی کانی بوکسیت، بیانگر نوع اقلیم دیرینه حاکم بر تشکیل کانسارهای بوکسیت کارستی است. بوکسیت از کریستال های منوکلینیک متنوعی از سه هیدروکسید آلومینیوم، شامل گیبسیت، بوهمیت و دیاسپور تشکیل شده است. ساختار کریستالی اغلب کانسارهای بوکسیت کارستی، منوکلینیک می باشد، در این ساختار، پارامترهای شبکه a , b , c با هم، برابر نیستند اما از طرفی زوایای α و γ با هم برابر و 90° درجه می باشد و زاویه β مقداری متفاوت است. این ساختار، دو نوع ساده (Simple) و پایه مرکز پر (Base Centered) را شامل می شود، معادلات و نسبت های کریستالی این شبکه را می توان به این صورت، بیان کرد (Gregory, 2004).



$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$$

$$V = abc \sin \alpha$$

$$\frac{1}{d^2} = \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2 \sin^2 \beta}{b^2} + \frac{\ell^2}{c^2} - \frac{2h\ell \cos \beta}{ac} \right) \csc^2 \beta \quad (1)$$

در یک نگاه کلی، می‌توان گفت که از تریاس پسین تا پایان مزوزویک، سه پهنه آبی مستقل دائمی و یا موقت در ایران وجود داشته است. در باختر-جنوب باختری ایران (زاگرس)، رخساره سنگی ردیف‌های پس از تریاس میانی-کرتاسه بالایی، معرف نهشته‌های دریایی با ژرفای متوسط و گاه عمیق‌اند که رخساره دریای تتیس جوان را شامل می‌شوند. تفاوت رخساره سنگ‌های مورد نظر با سایر نواحی ایران، آن چنان است که وجود یک حوضه رسوبی از نوع تتیس جوان را در زاگرس مسجل می‌سازد (Alav, 2007).

سنگ‌های ژوراسیک و تریاس صفحه زاگرس، به عنوان بخشی از نهشته‌های دریای تتیس جوان، در مقایسه با دیگر نواحی ایران، در شرایط رسوبی به طور کامل متفاوت، بر جای گذاشته شده‌اند که شامل سازند خانه کت به سن تریاس و سازند نیریز به سن ژوراسیک پیشین (لیاس)، می‌باشند (Abedin, 2002).

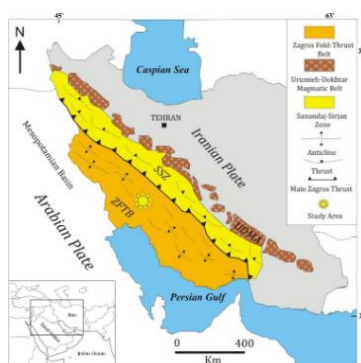
جدا شدن کامل صفحه ایران از صفحه زاگرس در آغاز تریاس پسین، همراه با تکوین دریای تتیس جوان، در محل راندگی اصلی زاگرس، بستر ساز تشکیل اقلیم گرم و مرطوب حاره ای و و استوایی است که شرایط را برای تشکیل بوکسیت‌های کارستی، مهیا ساخته است (نگارنده).

بحث

کانسارهای بوکسیت کارستی، سطوح آهک‌ها و دولومیت‌هایی را می‌پوشاند که به طور فوق العاده نامنظمی، کارستی شده است. با وجود تشکیل این بوکسیت‌ها روی سنگ‌های کربناته، بیشتر بوکسیت‌های کارستی ممکن است با سنگ‌های تشکیل دهنده فرو دیواره خود، ارتباط ژنزی نداشته باشد. ذخایر نوع مدیترانه‌ای، لیتولوژی نسبتاً یکنواختی دارد و هسته بوکسیت پرعیار به سمت حاشیه‌های ذخیره، به بوکسیت رسی یا رس بوکسیتی تبدیل می‌شود. این بوکسیت‌ها ممکن است به شکل ذخایر چینه‌سان و با مساحتی اغلب بیش از ۰/۵ کیلومتر مربع بروز کند. سطح تماس آن‌ها با سنگ بستر تشکیل دهنده، فرو دیواره نامنظم و با سنگ‌های رویی اندکی یکنواخت تر، است (Yang, 2017).

اکسیدهای کارستی ایران، تیپ مدیترانه‌ای و از نظر موقعیت جغرافیایی، در کمربند بوکسیتی آلپ-همالیا قرار دارد که از لحاظ رخساره‌های سنگی (زمین‌شناسی)، حاصل گسترش طبیعی کمربند مدیترانه، به طرف شرق است. کانسارهای بوکسیت کارستی تیپ مدیترانه، معمولاً دارای این خصوصیات می‌باشند؛ از نظر لیتولوژی معمولاً یکنواختی ضعیفی دارند، در اغلب کانسارها، قسمت هسته یا درونی ماده معدنی، پر عیار تر است که به تدریج به طرف بالا، پایین و اطراف، به بوکسیت رسی یا شیلی و کائولینیت، تبدیل

می‌شود، امکان پیدا کردن قطعات آهکی اوتوژنیک، چه به صورت واریزه درشت دانه رسوبی از سنگ‌های آهکی بستر و چه به صورت لایه در داخل کانسار، بسیار کم است، وجود هر نوع ماده‌ی بیگانه (مانند مواد آلی) با مقادیر قابل توجه در داخل کانسار، امکان‌پذیر است و دور از توقع نیست (Mameli, 2007). در شکل ۱، موقعیت زون زاگرس نشان داده شده است.



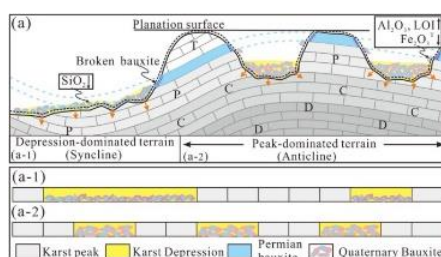
شکل ۱- زون زاگرس (Zamanian., 2016)

در بررسی نحوه‌ی تشکیل کانسار بوکسیت کارستی، به سه عامل؛ سنگ منشا، نحوه‌ی انتقال به حوزه‌ی رسوبی و شرایط محیط تشکیل، باید توجه کرد (Gu, 2013).

بر اساس شواهد چینه‌شناسی، مشخص شده است که فلات ایران و برخی از نقاط مجاور آن در دوره‌ی پرمین، از سپر عربستان جدا شده و در طول زمان حرکت خود از صفحه‌ی عربستان به سمت اوراسیا، از منطقه‌ی استوایی و حاره‌ای، عبور کرده‌اند، پایین آمدن سطح آب دریاها، کره زمین در پرموتریاس، سبب شده است که در برخی از مناطق، از جمله در بخش‌هایی از سرزمین امروزی ایران، خشکی زایی کلی رو دهد و تحت تاثیر اقلیم استوایی حاکم (به دلیل عبور خط استوا از این نواحی)، هوازدگی شدیدی در این نواحی، بروز نماید. غلبه‌ی این شرایط اقلیمی، در حوزه‌ی زاگرس، به صورت گسترش نهشته‌های پراکنده‌ی بوکسیت لاتریتی، است (Hill, 2000).

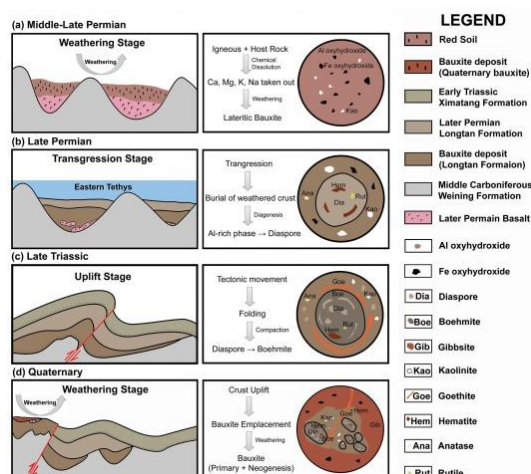
از ابتدای تریاس، با بالا آمدن سطح آب دریاها، سیکل رسوبی جدیدی آغاز شد که در زاگرس با پیشروی دریا، ابتدا نواحی جنوب غرب و سپس نواحی جنوب شرقی، زیر آب رفت. بر اثر پیشروی دریا، سکوی کربناته کم عمقی، تشکیل شده که در تریاس میانی، گسترش بیشتری داشته است. در تریاس میانی، با پایین آمدن سطح دریاها و بسته شدن دریاهای وسیع، حوزه‌های کم عمق سابخیایی، تشکیل شد و در نهایت در اواخر تریاس میانی و ابتدای تریاس فوقانی، پایین آمدن مجدد سطح دریاها، موجب خشکی زایی دیگری گردید. در این شرایط، سازند سنگ آهک خانه کت تحت تاثیر سیالات متنوریک خصوصا در بخش‌های فوقانی به شدت، کارستی شد و عوارض

کارستی نسبتاً کم عمقی در سطح آن به وجود آمد. این عوارض کارستی، محل مناسبی برای تشکیل افق بوکسیت شد (Calagari, 2007). در شکل ۲، نمایی از تشکیل بوکسیت کارستی در تریاس، تشریح شده است.



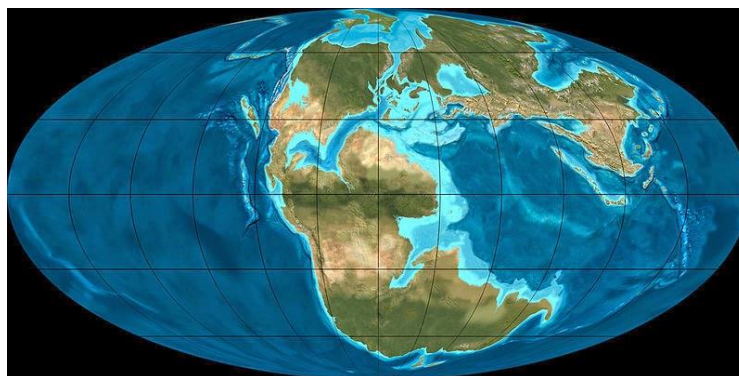
شکل ۲- بوکسیت کارستی (Yang., 2017)

در تریاس فوقانی، کوهزایی سیمین پیشین، رخ داده است که در سراسر ایران با تغییر در رژیم رسوب گذاری و خشکی زایی، همراه بوده است. بر اساس شواهد چینه شناسی در این زمان، ایران، آب و هوای استوایی داشته و شرایط برای تشکیل بوکسیت کارستی لاتریتی آلومینیوم، مهیا بوده است. در این شرایط، سازند خانه کت در اثر هوازدگی، کارستی شده است. فرورفتگی‌ها و گودال‌های کارستی سازند خانه کت به صورت تله‌هایی که رسوبات بوکسیتی را به دام می‌انداخته‌اند، عمل کرده‌اند. این مواد هوازده و بوکسیتی شده، پس از قرارگیری در شرایط کارستی، به علت انحلال بسیار خوب و نرخ بالای گردش سیالات، بهترین شرایط را برای فرآیند بوکسیتی شدن، داشته‌اند (Kiaeshkevarian, 2020). در شکل ۳، فرآیند تشکیل بوکسیت کارستی، تشریح شده است.



شکل ۳- مراحل تشکیل بوکسیت کارستی (Zhang., 2017)

در ژوراسیک زیرین، پیشروی دریا رخ داده است؛ ابتدا محیط ساحلی، این قسمت را فراگرفته و در اثر فرسایش بوکسیت های لاتریتی موجود، بوکسیت های آواری به حوزه ی اکسایشی ساحلی، وارد شده اند و در نزدیکی ساحل، بوکسیت های شیلی و با دور شدن از ساحل، اکسیدهای سخت قرمز قهوه ای را تشکیل داده اند. با پیشروی دریا، محیط، احیایی شده است و بوکسیت های آواری قرمز رنگ به محیط احیایی وارد شده و به طور هم زمان با رسوب گذاری، احیا شده اند (Liu, 2010). در شکل ۴، زمین ساخت دوره تریاس-ژوراسیک، نشان داده شده است.



شکل ۴- زمین ساخت تریاس-ژوراسیک (www.geologypage.com)

سازند نیریز، به عنوان یکی از سازندهای «گروه کازرون»، معرف سنگ های آواری خشکی زاد و رسوب های مرز میان خشکی-زاد دریایی زمان لیاس در ناحیه فارس است. این سازند (نیریز)، به دلیل ماهیت سنگ شناختی خاص و فرسایش پذیری، دارای فرسودگی عمیق در بین دو واحد سخت و صخره ساز سورمه (در بالا) و خانه کت (در زیر) بوده و لذا شناسایی آن آسان است. در ناحیه فارس، سازند نیریز، بیشتر شیلی و سیلتی است، در حالی که در کوه دنا و زردکوه، به طور کامل، کربناتی است. در محل بُرش الگو، سازند نیریز، حدود ۲۰۰ متر ستبرا دارد و شامل سه بخش جداگانه است (Alavi, 2007).

یک سوم بخش پایینی سازند نیریز از دولومیت های نازک لایه خرد شده و شیل های متمایل به رنگ سبز، یک سوم بخش میانی، از دولومیت با رنگ هوازده قهوه ای و دولومیت های ماسه ای و سیلتی و یک سوم بالایی، شامل سنگ آهک های نازک لایه رُسی-شیلی است. به دلیل نبود سنگ های تریاس بالایی، مرز پایینی سازند نیریز با سنگ های تریاس (سازند خانه کت)، نمایانگر یک مرحله خروج از آب و مرز بالایی آن در زیر لایه های دارای *Lithiotis*، از سازند سورمه، انتخاب می شود. دو سوم بخش زیرین سازند نیریز، فسیل شاخص ندارد. یک سوم بخش بالایی آن، معرف زون زیستی *Orbitopsella Proecursosange* است که زمان ژوراسیک پیشین (لیاس) را مشخص می کند (Beydoun et al, 1992).

آنتالپی استاندارد تشکیل کانی بوکسیت که با نماد $\Delta H_f^\ominus$ یا $\Delta fH^\ominus$ یا ΔH ، نشان داده می شود، عبارت است از مقدار آنتالپی مربوط به واکنشی که در آن، یک مول ماده مرکب در شرایط استاندارد، از عناصر سازنده خود، ساخته شود. بر

طبق معادله زیر، شرایط دمایی و اقلیمی مناسبی (میزان بارش سالانه ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ میلی متر و دمای متوسط ۲۶ درجه سانتی گراد) به لحاظ ترمودینامیکی، جهت تشکیل بوکسیت در تریاس-ژوراسیک در محدوده مرزی سازند خانه کت و نیریز، حاکم بوده است (Çınarlı et al, 2020).

$$\Delta_f H^\ominus = \sum v \Delta_f H^\ominus (\text{products}) - \sum v \Delta_f H^\ominus (\text{reactants}) \quad (2)$$

جدول ۱- ثابت تعادل و آنتالپی تشکیل ترکیبات آلومینیم (Çınarlı et al., 2020)

Reaction	$\Delta H^\ominus_{\text{rxn}}$ (kJ)	$\Delta G^\ominus_{\text{rxn}}$ (kJ)
$2\text{Al} + 3/2\text{O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$	- 1675.69	- 1582.27
$2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2$	- 818.20	- 870.85
$2\text{AlN} + 7/2\text{O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NO}_2$	- 973.52	- 905.83
$\text{AlN} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{Al}(\text{OH})_3$	- 146.59	- 156.70

نتیجه گیری

کانسارهای بوکسیت کارستی، از تخریب شیمیایی و یا تجزیه سیلیکات های آلومین دار و موارد رسی که در سنگ های آهکی، وجود داشته اند، به وجود آمده و در فرورفتگی های کارستی موجود در سنگ آهک، تجمع پیدا می نمایند. اغلب کارست های موجود در آهک ها در اثر خارج شدن لایه های آهکی از آب و هوازدگی و فرسایش قسمت های مختلف آن، بر حسب جنس و نوع مواد تشکیل دهنده لایه های آهکی، به وجود می آید. درجه حرارت (۲۶ درجه سانتی گراد)، آب و هوای گرم و مرطوب استوایی، بارش فراوان (۱۲۰۰-۱۴۰۰ میلی متر) و هوازدگی شیمیایی بسیار شدید در تشکیل بوکسیت، بسیار مؤثر می باشد. فراوانی پوشش گیاهی مناطق استوایی نیز در تشکیل بوکسیت ها، مؤثر است زیرا؛ تخریب مکانیکی سنگ بستر توسط ریشه ها، تشدید می شود، ترشح ترکیبات آلی که سرعت تخریب شیمیایی را در سنگ افزایش می دهد، منجر به گسترش کارست ها می شود، کاهش نرخ تبخیر آب توسط پوشش گیاهی، منجر به افزایش ماندگاری آب و تشدید رژیم فرسایشی می شود، پوشش گیاهی، منجر به جلوگیری از فرسایش بوکسیت تولید شده، می گردد. ترکیب شیمیایی و کانی شناختی سنگ و نفوذ پذیری بالا، دارای اهمیت است. سنگ های تحت اشباع و آهکی رس دار، برای تشکیل کانسارهای بوکسیت، مناسب هستند. بافت سنگ بستر بر روی تخلخل و نفوذ پذیری آن و در نتیجه سرعت انحلال

کانی ها، مؤثر است. توپوگرافی پست تا متوسط و توپوگرافی مسطح، از انتقال بوکسیت، پس از تشکیل، جلوگیری می نماید. توپوگرافی مناسب و انحلال بالا، بسیار حائز اهمیت می باشد. بوکسیت های نوع مدیترانه ای، بزرگترین و از نظر اقتصادی، مهم ترین بوکسیت های گروه کارستی، می باشند. ذخایر نوع مدیترانه ای، لیتولوژی نسبتاً یکنواختی دارند و هسته بوکسیت پرعیار به سمت حاشیه های ذخیره، به بوکسیت رسی یا رس بوکسیتی تبدیل می شود. آنتالپی تشکیل بوکسیت های کریستالیزه منوکلینیک، در مرز سازندهای خانه کت و نیریز، بیانگر وجود شرایط اقلیمی و جغرافیایی حارّه ای و استوایی است که بسترساز تشکیل کانسارهای بوکسیت کارستی، می باشد.

منابع

- Abedini, A., 2002. Economic geological survey of bauxite-laterite deposits of western Miyandoab (around Qoppi Babaali village). M.Sc. Thesis, Tabriz University, Tabriz, Iran, p.163.
- Alavi, M., 2007. Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran. Am. J. Sci. 307, 1064- 1095.
- Calagari, A. A. and Abedini, A., 2007. Geochemical investigations on Permo-Triassic bauxite horizon at Kanisheeteh, east of Bukan, West Azerbaijan, Iran. Journal of geochemical Exploration 94, 1- 18.
- Çınarlı, U. Turan, A., 2020. Investigation of Alumina-Based Ceramic Production from Aluminum Black Dross. Mining Metallurgy & Exploration 38(1). DOI:10.1007/s42461-020-00344-0.
- Gregory, H., 2004. Structure and Bonding in Crystalline Materials, Cambridge University Press.
- Gu, J., Huang, Z., Fan, H., Jin, Z., Yan, Z. and Zhang, J., 2013. Mineralogy, geochemistry, and genesis of lateritic bauxite deposits in the Wuchuan-Zheng'an-daozhenarea, Northern Guizhou Province, China. J. Geochem. Explor. 130, 44- 59.
- Hill, I. G., Worden, R. H. and Meighan, I. G., 2000. Geochemical evolution of a palaeolaterite: the inter-basaltic Formation, Northern Ireland. Chem. Geol. 166, 65- 84.
- Kiaeshkevarian, M., Calagari, A.A., Abedini, A., Shamanian, Gh., 2020. Geochemical aspects of minor and rare earth elements in the Gheshlagh bauxite deposit, Golestan Province, North of Iran. Scientific Quarterly Journal, Geosciences 29 (116), 125–134. (in Persian with English abstract).
- Liu, X., Wang, Q., Deng, J., Zhang, Q., Sun, S., Meng, J., 2010. Mineralogical and geochemical investigations of the Dajia Salento type bauxite deposits, western "Guangxi", China, Journal of Geochemical Exploration 105, 137- 152.
- Mameli, P., Mongelli, G., Oggiano, G. and Dinelli, E., 2007. Geological, geochemical and mineralogical features of some bauxite deposits from Nurra (Western "Sardinia", Italy): insights on conditions of formation and parental affinity. Int. J. earth Sci. (Geol. Rundsch.) 96, 887- 902.

- Mordberg, L. E., 1993. Patterns of distribution and behavior of trace elements in bauxites. *Geochemical and Isotopic Record of Continental Weathering* 107 (3-4), 241- 244.
- Taylor, G. and Eggleton, T., 2004. The origin of the Weipa bauxite', In: Roach, I.C. (ed). *Regolith*. CRC LEME, 350- 354.
- Yang, L. Wang, Q. Zhang, Q. Carranza, E. Liu, H. Liu, X. Deng, J., 2017. Interaction between karst terrain and bauxites: evidence from Quaternary orebody distribution in Guangxi, SW China. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12181-1>.
- Zamanian, H., Ahmadnejad, F. and Zarasvandi, A., 2016. Mineralogical and geochemical investigations of Mombi bauxite deposit, Zagros Mountain, Iran. *Chemie der Erde*, p.p 2- 6.
- Zhang, L. Park, C. Wang, G. Wu, C. M. Santosh. Chung, D. Song, Y., 2017. Phase transformation processes in karst-type bauxite deposit from Yunnan area, China. *Ore Geology Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2017.06.026>.
- Beydoun, Z. R., Hughes Clark, M. W., & Stoneley, R., 1992. Petroleum in the Zagros basi: a Late Tertiary foreland basin overprinted onto the outer edge of a vast hydrocarbon-rich Palaeozoic-Mesozoic passive margin shelf. *American Association of Petroleum Geologist, Memoir Vol. 55*, PP. 309-339.