

## مطالعه دگرسانی، ترکیب کانی شناسی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک صنعتی یانیق (جنوب غرب

## هشترود) با هدف بررسی کاربردهای صنعتی آن

سایه رضازاده

کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

محمد رضا حسین زاده

عضو هیأت علمی گروه زمین شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

محسن مؤید

عضو هیأت علمی گروه زمین شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۲۹

saye\_rezazade@yahoo.com

## چکیده

منطقه مورد مطالعه در ۲۷ کیلومتری جنوب غرب شهرستان هشترود و در اطراف روستای یانیق قرار گرفته است. این ناحیه بخشی از زون ساختاری البرزغری-آذربایجان را تشکیل می‌دهد. در محدوده‌ی مورد مطالعه، دگرسانی آرژیلیک نسبتاً شدید در سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیت-آندزیت بازالتی به سن پلیوسن منجر به تشکیل کانی‌های رسی شده است. براساس مطالعات انجام شده محلول گرمایی دگرسان کننده در محدوده مورد مطالعه، دما پایین و دارای منشأ سوپرژن می‌باشد. کانی‌های اصلی نهشته معدنی شامل کوارتز، کلریت، آلبیت، ایلیت، مونت مورونیت، کائولینیت و تالک است. بررسی‌های شیمیایی نشان می‌دهد که نمونه‌های برداشت شده از منطقه دارای میانگین ۱۷/۸۱ درصد اکسید آلومینیوم، ۵۲/۲ درصد سیلیس، ۴/۸ درصد اکسید سدیم و ۰/۴۶ درصد اکسید پتاسیم می‌باشد. با توجه به ویژگی‌های فنی خاک صنعتی یانیق، برای صنایع کاشی‌سازی کاربرد دارد.

**کلمات کلیدی:** دگرسانی آرژیلیک، محلول گرمایی، کانی شناسی، خاک صنعتی، یانیق.

## مقدمه

کانی‌های صنعتی زیادی تاکنون تحت عنوان خاک‌های صنعتی به کار گرفته شده‌اند. اساس تقسیم‌بندی خاک‌های صنعتی در کشورها بسته به کاربردها متفاوت است، اما در یک مورد مشترک هستند و آن این است که عمده خاک‌های صنعتی در گروه انواع کانی‌های رسی قرار می‌گیرند. فراوانی کانی‌های رسی در طبیعت و تغییرات ترکیب شیمیایی آنها با توجه به شرایط فیزیکوشیمیایی و حضور یون‌های مختلف فلزی، تغییرات و جانشینی آنها گردیده است که این کانی‌ها دارای انواع خصوصیات از جمله عکس العمل نسبت به افزایش درجه حرارت، واکنش با ترکیبات آلی و غیرآلی، خاصیت پوششی خوب و ظرفیت جذب و... گردد.

با توجه به این خصوصیات کانی‌های رسی در صنایع مختلف به صورت گسترده به عنوان ماده اصلی به کار می‌روند. صنایع مصرف کننده این کانی‌ها شامل صنایع آجرنسوز، سرامیک، ظروف چینی، کاغذسازی، گل حفاری، رنگ سازی، صنایع داروئی و ... است. در محدوده‌ی یانیق دگرسانی آرژیلیک نسبتاً شدید منجر به تشکیل کانی‌های رسی شده است که در این مقاله به بررسی دگرسانی در منطقه، ویژگی‌های کانی شناسی و ژئوشیمیایی و کاربردهای صنعتی خاک صنعتی حاصل از آن پرداخته شده است.

## زمین شناسی منطقه

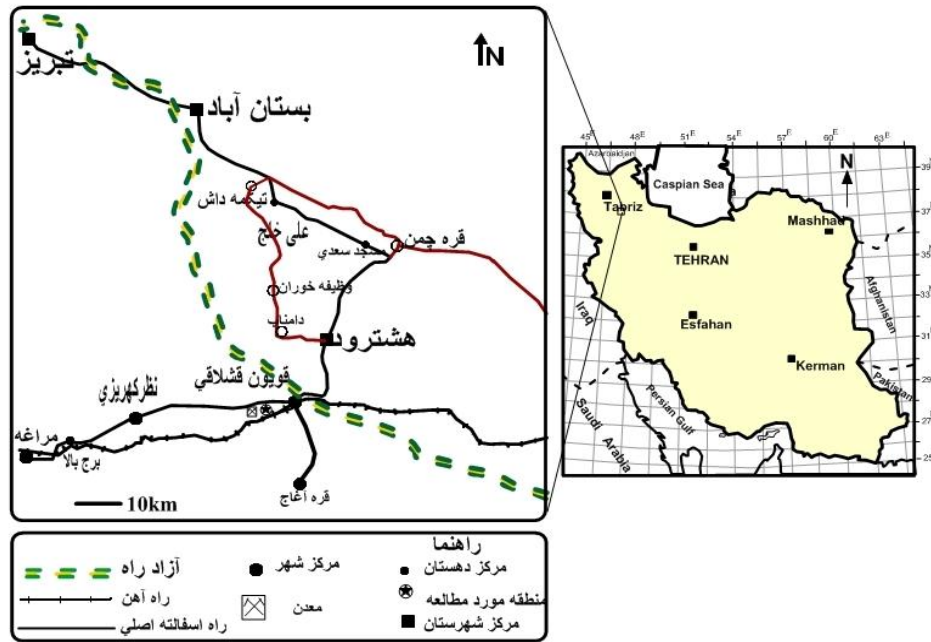
منطقه مورد مطالعه در استان آذربایجان شرقی و حدود ۲۷ کیلومتری جنوب غرب هشترود، در اراضی روستای یانیق و در مختصات طول‌های جغرافیایی "۲۴/۹۹، ۵۰'، ۴۶° تا "۵۸/۷، ۵۶'، ۴۶° و عرض‌های جغرافیایی "۴۷/۰۵، ۲۳'، ۳۷° تا "۴۸/۵۳، ۱۶'، ۳۷° واقع شده است. از نظر دسترسی به منطقه، راه آسفالت‌ه هشترود- مراغه از داخل محدوده عبور

می‌کند (شکل ۱). قدیمی ترین سنگ‌های رخنمون یافته در منطقه متعلق به دوران سنوزوئیک هستند. رخنمون‌های اصلی سنگ‌ها در محدوده مورد مطالعه که تحت تأثیر دگرسانی شدید قرار گرفته‌اند شامل انواع سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری میوسن و پلیوسن می‌باشند. واحدهای سنگی در منطقه مورد مطالعه به شرح ذیل می‌باشند (رضایی و فنودی، ۱۳۸۸).

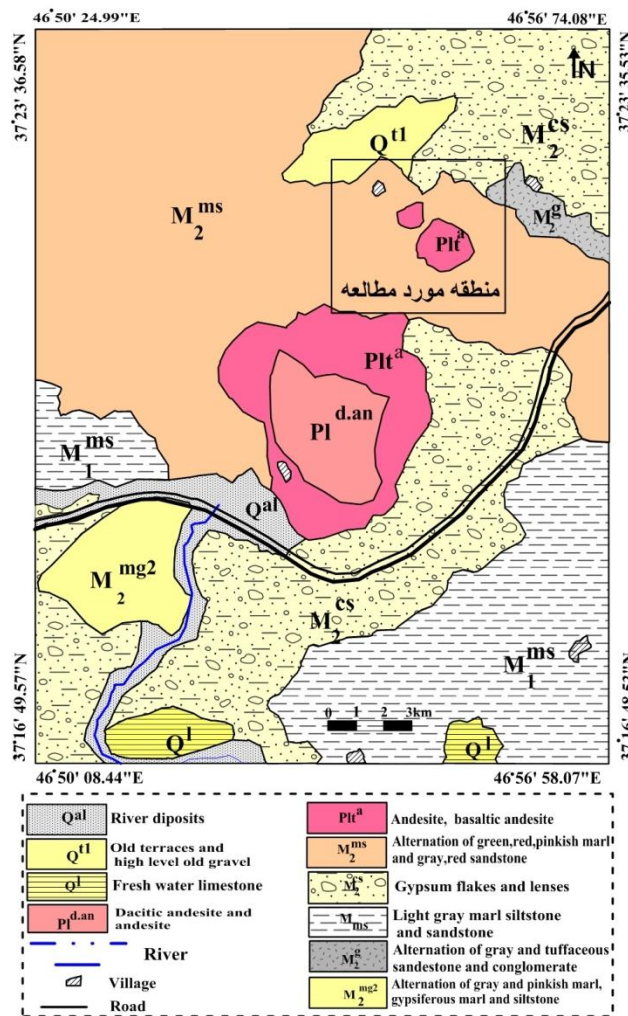
$M_2^{ms}$ : این واحد شامل تناوبی از مارن‌های صورتی متمایل به قرمز و سبز گچ‌دار و ماسه سنگ‌هایی سرخ تا خاکستری همراه با لایه‌هایی از سنگ آهک‌های آواری است. نهشته‌های میوسن در اثر عملکرد فاز آستیرین چین خورده و روند محور چین‌ها شمال غرب - جنوب شرق می‌باشد. در مارن‌های رنگارنگ، لایه‌هایی از گچ (ژپس) نازک لایه نیز تشکیل شده است.

$M_2^{cs}$ : این واحد به طور عمده در شمال شرق نقشه مورد مطالعه گسترش دارد (شکل ۲) و از نظر سنگ شناسی شامل ماسه سنگ توفی سرخ و خاکستری و به مقدار کم کنگلومرا در قسمت پایین است. در بخش‌های بالایی ضخامت کنگلومرا زیاد می‌شود. جنس قطعات کنگلومرا بیشتر آتشفشانی بوده و علاوه بر آن قلوه‌هایی از سنگ آهک‌های ریفی میوسن زیرین نیز در آن دیده می‌شود.

$Plt^a$ : این واحد بیشتر به رنگ قهوه‌ای و بنفش دیده می‌شود و شامل گنبد‌های نیمه آتشفشانی با ترکیب سنگ شناسی آندزیت-آندزیت بازالتی می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۱. نقشه راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه

از آنجا که کانی‌های مهم تشکیل دهنده خاک صنعتی انواع کانی‌های رسی بوده و نوع و مقدار آنها عامل بسیار تعیین کننده‌ای در ارائه ویژگی‌های فنی خاک می‌باشد، بدین منظور پمایش‌های صحرایی، شناسایی واحدهای سنگی، نمونه‌برداری بصورت سیستماتیک از بخش دگرسان انجام گردید. موقعیت نمونه‌ها بر روی تصویر ماهواره‌ای google earth در (شکل ۳) مشاهده می‌شود. از نمونه‌های دگرسان برداشت شده، مقاطع نازک تهیه و مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی کانی‌شناسی تعداد ۵ نمونه در آزمایشگاه کانسانر بینالود به روش پراش پرتو ایکس (XRD) مورد تجزیه قرار گرفت و به منظور مطالعات ژئوشیمیایی تعداد ۷ نمونه (R<sub>13</sub>, R<sub>1</sub>, R<sub>10a</sub>, R<sub>10b</sub>, R<sub>11b</sub>, R<sub>14b</sub>, R<sub>15</sub>) برای انجام آنالیز به روش طیف سنج جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) به آزمایشگاه ACME کانادا ارسال شد. لازم به ذکر است از هر نمونه حدود ۲۰۰ گرم (بصورت نمونه سنگی) به آزمایشگاه ارسال گردید و مراحل آماده سازی در همانجا انجام شده است. همچنین بر روی ۳ نمونه از خاک صنعتی منطقه در آزمایشگاه کارخانجات معتبر از جمله کاشی نیلو، اصفهان و کاشی تبریز آزمون‌های سرامیکی صورت گرفت.

### بحث و بررسی

#### دگرسانی

در محدوده مورد مطالعه واکنش متقابل محلول‌های گرمابی با سنگ میزبان (سنگ‌های آتشفشانی پلیوسن) سبب ایجاد دگرسانی از نوع آرژیلیک شده است. از نظر شیمیایی دگرسانی آرژیلیک در شرایط اسیدیته نسبتاً بالا و حضور حجم زیاد آب در سنگ‌های غنی از آلومینیوم در محیط رخ می‌دهد (Titley and Bean, 1981). براساس مطالعات پتروگرافی صورت گرفته بر روی سنگ‌های سالم و دگرسان، کانی‌های اصلی شامل پلاژیوکلاز، هورنبلند و پیروکسن بوده و بافت ساب افیتیک و میکرولیتی پورفیریک در آنها غالب است. در نمونه‌های با دگرسانی نسبتاً شدید آثاری از کانی‌های اولیه باقی نمانده، سریسیت ریز دانه، کانی‌های رسی و کلسیت تشکیل شده است (شکل ۴). رخنمون این دگرسانی اغلب به صورت محدوده‌هایی به رنگ سفید تا زرد در منطقه قابل مشاهده است (شکل ۵). این تغییر رنگ در نتیجه توسعه هیدرومیکها، کائولینیت و شستشوی اکسیدهای آهن می‌باشد. براساس نتایج آنالیز XRD نمونه‌های دگرسان وجود کانی‌های رسی ایلیت، کائولینیت و مونت‌موریونیت تأیید شده است (جدول ۱). اگر درصدی از مواد قلیایی توسط محلول گرمابی در طی فرایند دگرسانی خارج شود کانی‌های ایلیت و مونت‌موریونیت تشکیل می‌شود (ذبیحی و همکاران، ۱۳۹۰). در دیگرام (Cuney et al., 1989) Na-K et al. که براساس میزان سدیم و پتاسیم موجود در سنگ در طی دگرسانی ترسیم شده است محدوده دگرسانی آرژیلیک بخش پایین دیگرام را در بر گرفته که مقدار K+Na برای نمونه‌های با دگرسانی آرژیلیک پیشرفته بین ۰ تا ۲ درصد، برای دگرسانی آرژیلیک حدواسط بین ۲ تا ۴ درصد و دگرسانی آرژیلیک ضعیف بین ۴ تا ۶ درصد می‌باشد (پیروان و امینی، ۱۳۸۴). با این تفاسیر در این نمودار نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده دگرسانی آرژیلیک حدواسط قرار گرفته است (شکل ۶). همچنین با توجه به مطالعات کانی‌شناسی در محدوده مورد مطالعه کانی‌های شاخص دگرسانی آرژیلیک پیشرفته مانند آلونیت، پیروفیلیت و دیکیت تشخیص داده نشده است. با توجه به تبدلات عنصری انجام گرفته در طی فرایند دگرسانی که با تهی شدن کانی‌های غنی شدگی در سنگ‌ها همراه بوده است و نتایج آنالیز XRD می‌توان دمای محلول دگرسانی را تعیین کرد. در این بررسی از تغییرات جرم عناصر با قدرت میدان بالا (HFSE) که به روش محاسبه جرم مکلین (Maclean, 1990) تعیین شده است استفاده گردید که بر مبنای عنصر ناظر

بی‌تحرک، فاکتور غنی‌شدگی و ترکیب بازسازی شده<sup>۲</sup> استوار است. در نهایت تغییر جرم عناصر (HFSE) محاسبه و نتایج حاصله در قالب نمودارهای افزایش - کاهش ترسیم شده‌اند (جدول ۲، شکل ۷). برای این منظور به ترتیب از روابط زیر استفاده شده است (Maclean, 1990).

فراوانی عنصر Ti در نمونه دگرسان شده / فراوانی عنصر Ti در نمونه غیردگرسان = (E.F)

فراوانی ترکیب اکسیدی عنصر در نمونه دگرسان = (R.C) ترکیب بازسازی شده

فراوانی عنصر در نمونه غیردگرسان - (M.C) تغییر جرم

محاسبه میزان شاخص شیمیایی دگرسانی نشان می‌دهد که مقدار این شاخص برای نمونه‌های این کانسانر از محدوده ۵۱/۵۱ تا ۶۲/۰۷ متغیر است و بالاترین مقدار این شاخص برای نمونه R<sub>15</sub> و کمترین مقدار برای نمونه R<sub>13</sub> بدست آمده است، همچنین شواهد پتروگرافی نشان دهنده این است که نمونه R<sub>13</sub> نسبتاً سالم و نمونه R<sub>15</sub> نمونه با بیشترین میزان دگرسانی است.

بر این اساس عناصر با قدرت میدان بالا (HFSE) طی فرایند دگرسانی غالباً غنی‌شدگی نشان می‌دهند (شکل ۷) دمای دگرسانی مهم‌ترین عامل در افزایش و کاهش میزان این عناصر می‌باشد اگر دمای دگرسانی پایین باشد مقادیر این عناصر با پیشرفت دگرسانی یک روند افزایشی نشان می‌دهد (Salvi and Williams-jones, 1996). همچنین در نتایج آنالیز XRD مربوط به منطقه مورد مطالعه کانی‌های شاخص دما پایین دگرسانی آرژیلیک مانند کائولینیت و مونت‌موریونیت ذکر شده است (جدول ۱).

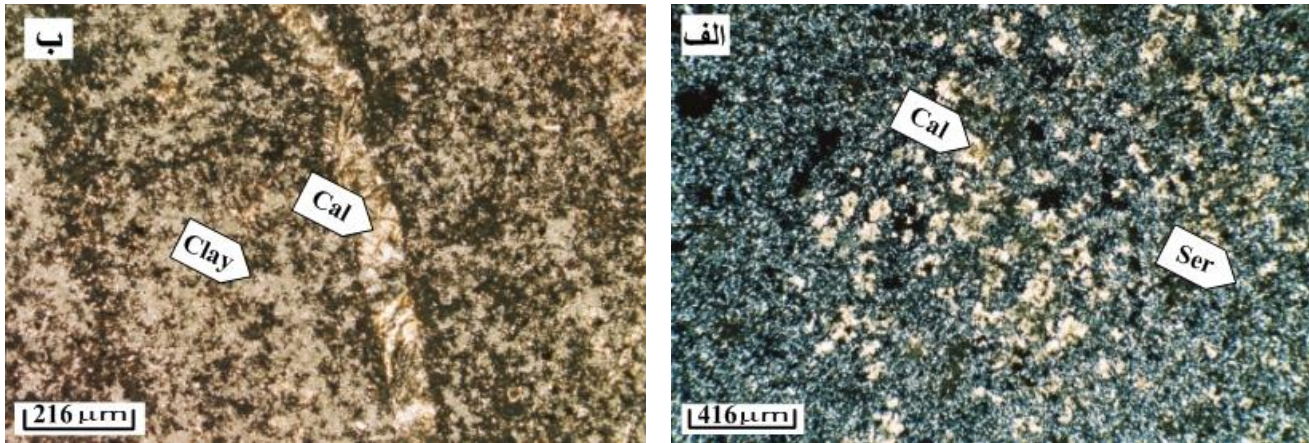
برای تعیین منشأ محلول گرمابی نیز از تغییرات عناصر در طی دگرسانی بهره گرفته شده است که بدین شرح می‌باشد:

استفاده از مقادیر TiO<sub>2</sub> نمونه‌ها اولین مورد بوده است، مقادیر TiO<sub>2</sub> کمتر و بیشتر از یک به ترتیب مربوط به کانسانرهای با ماهیت هیپوزن و سوپرژن می‌باشد (Maiza et al., 2003). مقادیر TiO<sub>2</sub> در تمامی نمونه‌های مورد بررسی به جزء یک مورد بیشتر از یک بوده است (جدول ۳). دومین روش ژئوشیمیایی در این مطالعه برای تشخیص و تفکیک نقش فرایندهای سوپرژن و هیپوزن در طی دگرسانی استفاده از نمودارهای دو متغیره (Ce+Y+La) در برابر (Ba+Sr) و TiO<sub>2</sub> در برابر Zr بوده است (Dill et al., 2000).

اغلب نمونه‌های مورد مطالعه در این نمودارها بیشتر در محدوده فرایندهای سوپرژن و تعداد معدودی از نمونه‌ها در محدوده فرایندهای هیپوزن قرار گرفته‌اند (شکل ۸، الف، ب). بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد که محلول‌های با ماهیت سوپرژن بیشترین نقش را در تشکیل کانی‌های رسی در منطقه داشته‌اند، ولی فرایندهای هیپوزن نیز بی‌تأثیر نبوده است.



شکل ۳. تصویر ماهواره‌ای از موقعیت نمونه‌های برداشت شده از منطقه



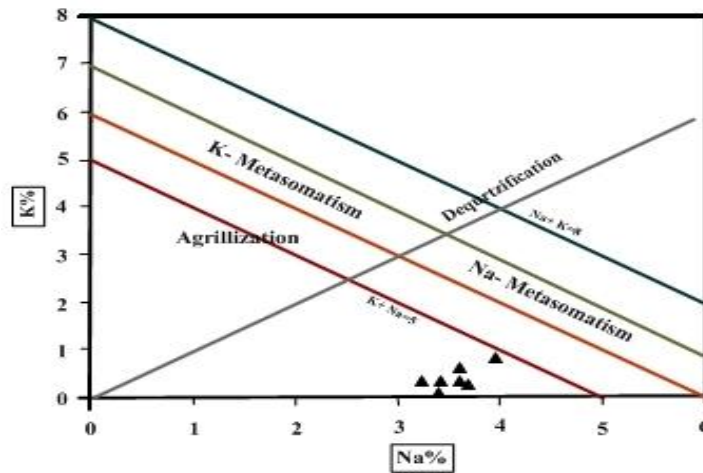
شکل ۴. تصاویر میکروسکوپی نمونه‌های شدیداً دگرسان (نور XPL). الف و ب) کلسیت و کانی‌های رسی حاصل از تجزیه کانی‌های اولیه (Cal: کلسیت، Clay: کانی‌های رسی).



شکل ۵. تصاویری از دگرسانی آرژیلیک موجود در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. ترکیب کانی‌شناسی نمونه‌های مورد مطالعه

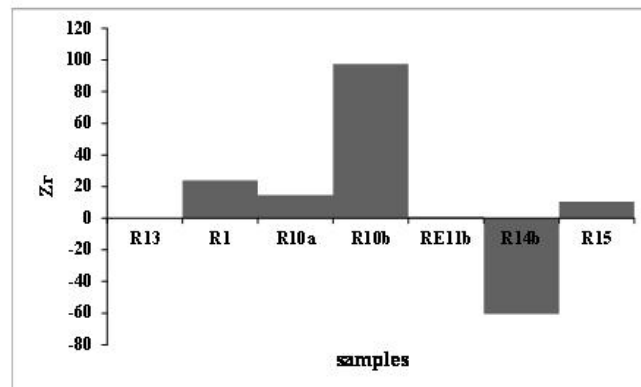
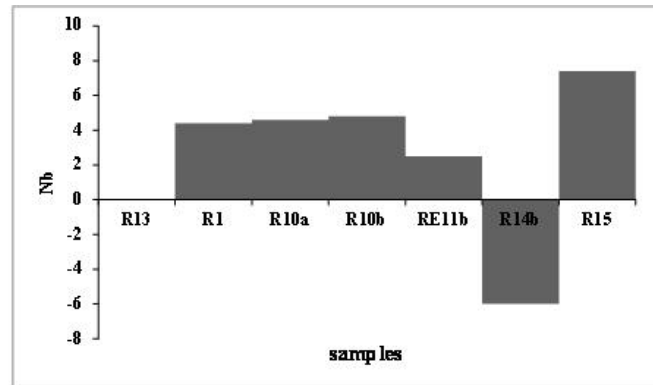
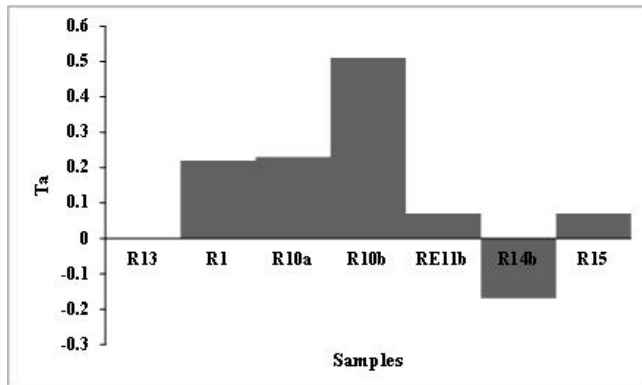
شماره نمونه	کانی‌های اصلی	کانی‌های فرعی
R <sub>4c</sub>	کلریت، کوارتز	کلسیت، تالک، اورتوز
R <sub>10b</sub>	آلبیت، کلسیت، تالک، کواتز، مونتموریونیت	-----
KN <sub>12</sub>	کوارتز	ژپس، ایلیت، کلریت، کائولینیت
KN-SA	کائولینیت، کوارتز، آلبیت، ایلیت	تالک، کلسیت، مونتموریونیت
KN <sub>11</sub>	کوارتز، کلریت	ژپس، ایلیت



شکل ۶. موقعیت نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در دیاگرام Na-K (Cuney et al., 1989)

جدول ۲. تغییرات جرم عناصر HFSE نمونه‌های منطقه مورد مطالعه

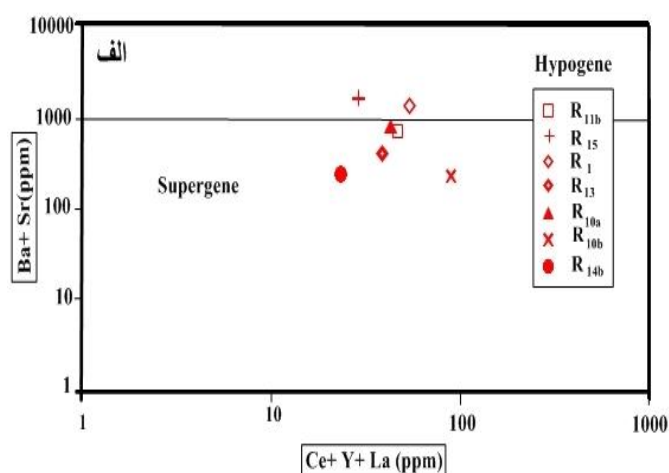
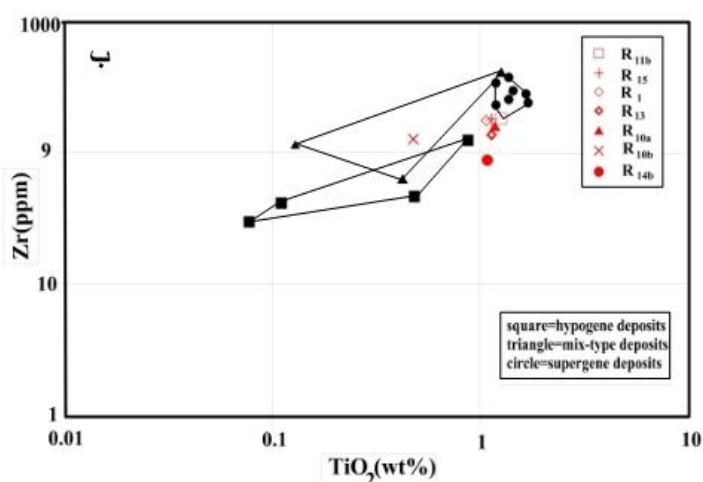
نمونه	R <sub>13</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>10a</sub>	R <sub>10b</sub>	R <sub>11b</sub>	R <sub>14b</sub>	R <sub>15</sub>
Elements(M.C.)							
Nb	.	۴/۴۸	۴/۶۱	۴/۲۸	۲/۵۷	-۷/۱۱	۷/۴۱
Ta	.	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۵۱	۰/۰۷	-۰/۲۳	۰/۰۷
Zr	.	۲۳/۹۳	۱۴/۷۸	۹۷/۵۴	۰/۸۳	-۶۵/۶۰	۱۰/۵۱



شکل ۷. نمودار تغییرات جرم عناصر HFSE در نمونه‌های مورد مطالعه

جدول ۳. نتایج آنالیز (ICP-MS) نمونه‌های برداشت شده از منطقه

نمونه	دگرسان						شدیداً دگرسان
نمونه	R <sub>13</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>10a</sub>	R <sub>14b</sub>	R <sub>10b</sub>	R <sub>11b</sub>	R <sub>15</sub>
Major elements(%)							
SiO <sub>2</sub>	۵۰/۶	۵۳/۴	۵۳/۸	۴۹/۷	۵۲	۵۱/۹	۵۴/۴
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱۶/۸	۱۷/۸	۱۷/۷	۱۹/۱	۱۶	۱۸/۱	۱۹/۲
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۶/۰۷	۶/۱۳	۵/۶۲	۵/۱۱	۴/۳۳	۷/۱۹	۵/۹۸
Na <sub>2</sub> O	۴/۴	۵	۴/۹	۴/۶	۴/۶	۵	۵/۴
K <sub>2</sub> O	۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۶۹	۰/۲	۰/۳۵	۰/۳۲	۱/۰۱
MnO	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳
MgO	۷/۱۳	۴/۸	۵/۹۱	۴/۳۷	۶/۱۴	۵/۷	۳/۹۵
TiO <sub>2</sub>	۱/۱۹	۱/۱۵	۱/۱۴	۱/۶۵	۰/۷۲	۱/۲۳	۱/۲۳
element(ppm)							
Ba	۱۶۰	۴۰۰	۳۴۰	۱۲۰	۳۰	۳۱۰	۴۲۰
Zr	۱۲۳	۱۴۲	۱۳۲	۷۹/۵	۱۳۹	۱۲۸	۱۳۸
Dy	۵/۱۸	۳/۷۹	۲/۹۵	۴/۱۳	۴/۱۸	۳/۴۴	۲/۱۹
Gd	۴/۹۹	۳/۸۱	۳/۴	۳/۷	۴/۹۱	۳/۵۶	۲/۲۶
Ho	۱/۰۳	۰/۷۵	۰/۶۲	۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۶۸	۰/۴۵
Lu	۰/۴۱	۰/۳۲	۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۳۹	۰/۲۸	۰/۲
La	۱۲/۲	۲۰/۷	۱۸/۲	۷/۱	۲۱/۲	۱۷/۷	۱۵/۳
Ce	۲۹/۲	۴۱/۳	۳۸/۱	۱۵/۹	۵۶/۴	۳۸	۲۹/۸
Y	۲۶/۴	۱۹/۸	۱۵/۹	۲۲/۱	۲۲/۸	۱۸/۴	۱۲/۴
Eu	۱/۰۵	۱/۲	۱/۰۹	۱/۱۸	۰/۹	۱/۱۴	۰/۷۳
Tb	۰/۸۳	۰/۶۱	۰/۵۱	۰/۶۵	۰/۷۴	۰/۵۵	۰/۳۶
Sr	۵۶۰	۶۶۰	۶۰۰	۳۳۰	۳۵۰	۶۱۰	۸۸۰



شکل ۸. موقعیت نمونه‌ها در دیاگرام تفکیکی هیپوژن-سوپرژن: (الف) در برابر (Ce+Y+La) در برابر (Ba+Sr)، (ب) در برابر Zr

## بررسی خواص کانی شناسی

با توجه به نتایج آنالیز XRD کوارتز، کلریت، آلبیت، ایلیت، مونت-موریونیت، کائولینیت و تالک مهمترین ترکیب کانی شناسی سنگ های منطقه را تشکیل می دهند. از کانی های فرعی می توان به کلسیت، ژیبس، اورتوز و مسکویت اشاره کرد. (جدول ۱) ترکیب کانی شناسی و (شکل ۹) چند نمودار حاصل از پراش پرتو ایکس نمونه های مورد مطالعه در این ناحیه را نشان می دهد. در نتایج آنالیز XRD تمامی نمونه ها، کوارتز کانی اصلی بوده است. این کانی باعث ایجاد پیوندی محکم در بدنه های سرامیکی می شود و نیز زبری و شفافیت آنرا افزایش می دهد (اعتمادی و ظریف نیا، ۱۳۹۰؛ صانع، ۱۳۸۴). سیلیس حاصل از دگرسانی و انحلال کانی های سیلیکاته سنگ های حواسط و اسیدی، همراه سیلیس گرمایی می تواند کوارتز فراوانی را به وجود آورد که این سیلیس در تشکیل کانی های رسی شرکت داشته باشد (ذبیحی و همکاران، ۱۳۹۰). حضور مونت موریونیت باعث افزایش مومسانی ماده معدنی مورد استفاده می شود و از طرف دیگر وجود آهن در ساختار آن روی رنگ پس از پخت تأثیر می گذارد (Singer, 1967). کانی ایلیت به دلیل دارا بودن اکسید پتاسیم به عنوان ماده گدازآور در بدنه سرامیک است (ذبیحی و همکاران، ۱۳۹۰). وجود تالک در ماده معدنی باعث ایجاد مقاومت در برابر شوک حرارتی، بهتر کردن کیفیت سطح بدنه محصولات سرامیکی می شود. حضور ژیبس به احتمال زیاد به این دلیل است که سیال گرمایی حاوی یون سولفات واحدهای سنگی آتشفشانی موجود در منطقه را تحت تأثیر قرار داده و کلسیم از سنگ مادر آزاد و سبب تشکیل این کانی به مقدار جزئی شده است. وجود مقدار زیاد این کانی باعث چسبندگی بالا و ترک خوردن فرآورده های سرامیکی می شود و باید از ماده معدنی حذف شود (Deer et al., 1983).

## بررسی خواص شیمیایی

اکسیدهای اصلی موجود در ماده معدنی بر کیفیت ماده خام و فرآورده های سرامیکی تولید شده از آن نقش دارد. ترکیب شیمیایی نمونه های مورد مطالعه به روش طیفسنج جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) مورد بررسی قرار گرفت که در (جدول ۳) مقادیر اکسیدهای اصلی عناصر نشان داده شده است. میانگین  $\text{SiO}_2$  در نمونه ها ۵۲/۲ درصد است که مؤید حضور کوارتز به عنوان کانی اصلی در نمونه ها می باشد. در ضمن عنصر Si در محیط دگرسانی نسبت به سایر عناصر از تحرک و جابجایی کمتری برخوردار بوده و با شستشوی سایر عناصر طی دگرسانی، می توان شاهد افزایش نسبی این عنصر بود (Karakaya, 2009). میانگین  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در نمونه ها ۱۷/۸۱ درصد است و در نمونه های شدیداً دگرسان نسبت به نمونه های سالم میزان آلومینا افزایش نشان می دهد. با افزایش اکسید آلومینیوم میزان مقاومت فیزیکی و شیمیایی محصول سرامیکی در برابر ضربه، گرما، فشار و کشش افزایش می یابد (رحیمی و متین، ۱۳۸۵).

میانگین اکسید سدیم نمونه ها ۴/۸ درصد است. افزایش اکسید سدیم باعث کاهش چسبندگی، افزایش گرانبوی و تغییر شکل در فرآورده های سرامیکی می شود بنابراین وجود بیش از حد آن جزء فاکتورهای مضر به شمار می رود (ذبیحی و همکاران، ۱۳۹۰). این میزان اکسید سدیم از تجزیه سدیم فلدسپات-های سنگ های حواسط موجود در منطقه در طی فرایند دگرسانی حاصل شده است. شناسایی کانی آلبیت نیز تأییدی بر حضور اکسید سدیم در ترکیب شیمیایی این پتانسیل معدنی می باشد. میانگین اکسید پتاسیم نمونه ها ۰/۴۶ درصد است. اکسید پتاسیم گدازآور بوده و ماده های مفید در بدنه های سرامیکی است و میزان جذب آب محصول تولید شده را به حداقل می رساند (گنجی و تاقی، ۱۳۸۷). کانی های رسی نیز می توانند نقش ارزنده ای در تثبیت پتاسیم در سیستم داشته باشند (Mutakyahwa et al., 2000). اورتوز و ایلیت از

کانی های پتاسیم دار هستند که نتایج آنالیز XRD آنها را به عنوان کانی های تشکیل دهنده ماده معدنی نشان داده است. مقدار میانگین اکسید آهن در نمونه ها ۵/۶ درصد است. اکسید آهن باعث ایجاد رنگ زرد تا قرمز و کاهش نقطه ذوب می شود که می تواند به دلیل حضور کلریت و هماتیت در ماده معدنی باشد. میزان مواد فرار (LOI) در نمونه های محدودده مورد مطالعه پایین است. بالا بودن میزان LOI باعث ایجاد تخلخل در فرآورده های سرامیکی می شود. در ضمن درجه بالای نسوزندگی به دلیل حضور یون منیزیم در ساختار کانی های رسی از جمله کلریت استفاده از این ماده معدنی را در ساخت آجرهای نسوزامکان پذیر ساخته است.

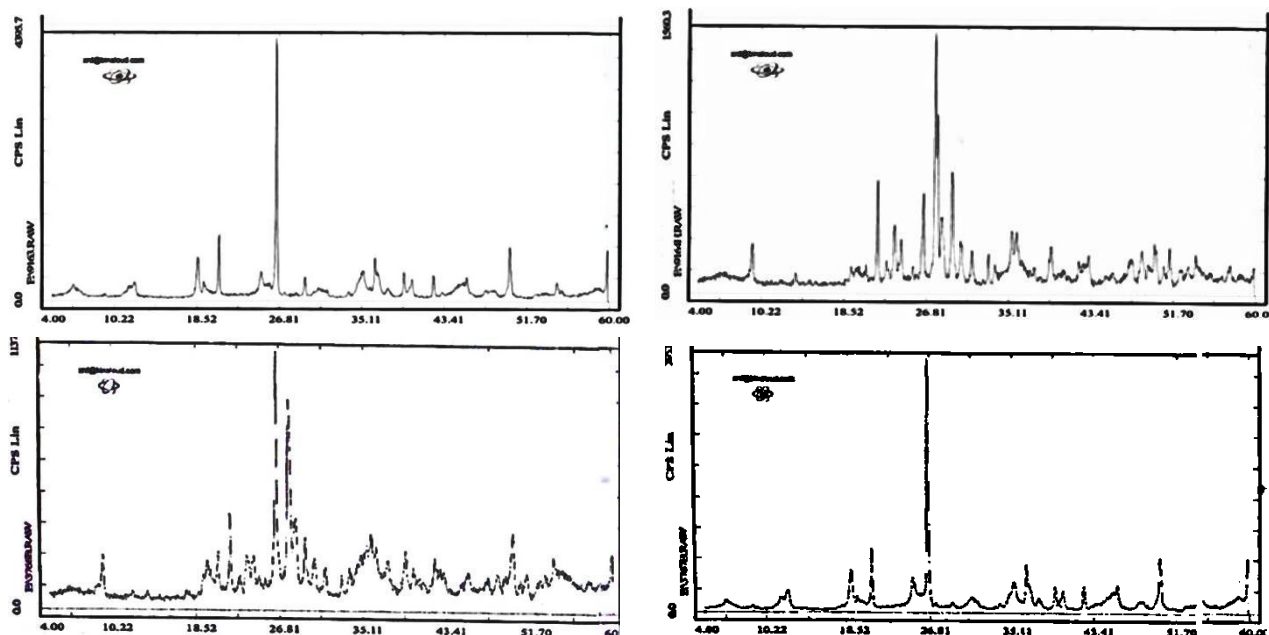
## کاربرد صنعتی ماده معدنی

چگونگی تعیین کاربرد مواد معدنی غیرفلزی در صنایع نیازمند یک رشته آزمایش ها است. این آزمایش ها بر روی سه نمونه از خاک صنعتی منطقه مورد نظر انجام گرفت و ویژگی های صنعتی مانند درجه سفیدی، درجه قرمزی، درجه سبزی و زردی، میزان انقباض بعد از پخت، انبساط بعد از پرس، ویسکوزیته و چگالی به روش های استاندارد مورد ارزیابی قرار گرفتند و نتایج در (جدول ۴) ارائه شده است. مهمترین عاملی که بر روی رنگ پخت سرامیک تأثیر می گذارد، ترکیب شیمیایی ماده معدنی و ناخالصی های همراه آن است. درجه سفیدی نمونه های مورد مطالعه بیشتر از درجه قرمزی و درجه سبزی و زردی می باشد.

مقاومت خشک به صورت استحکام مواد بعد از شکل گیری و خشک شدن و قبل از پخت تعریف می شود. بالا بودن میزان سیلیس در مواد اولیه باعث افزایش مقاومت خشک می گردد (گرجستانی، ۱۳۸۴). طبق (جدول ۴) میانگین مقاومت خشک در نمونه های محدودده یانیک  $37/2 \text{ kg/cm}^2$  می باشد. انقباض رطوبتی (شیرینگ کیج) عبارت از انقباض و کاهش حجم ذرات رسی آبدار بعد از حرارت و پخت است هر قدر کاهش حجم بیشتر باشد بیانگر درجه خلوص بیشتر کانی های رسی است و هر قدر میزان انقباض بیشتر باشد درصد خلل و فرج و جذب آب کمتر می شود (Benea and Gorea, 2004). میانگین انقباض رطوبتی (شیرینگ کیج) در نمونه های منطقه ۴ می باشد. به طور کلی با توجه به نتایج آزمایشات در آزمایشگاه های کارخانجات معتبر، خاک صنعتی محدودده معدنی یانیک هشتروند مورد تأیید برای استفاده در صنعت کاشی کف و کاشی بدنه است. میزان مرغوبیت ماده معدنی نسبت به عمق و ارتفاع در منطقه تغییرات محسوسی نشان می دهد و بنا به درخواست مصرف کنندگان به صورت انتخابی و درجه بندی شده برداشت می شود.

## نتیجه گیری

کانی سازی خاک صنعتی محدودده یانیک در اثر دگرسانی آرژیلیک نسبتاً شدید بر سنگ های آندزیتی-آندزیتی بازالتی موجود در منطقه تشکیل شده است. کانی های کوارتز، کلریت، آلبیت، ایلیت، مونت موریونیت، کائولینیت و تالک ترکیب کانی شناسی اصلی ماده معدنی مورد بررسی را تشکیل می دهد. طبق نتایج آنالیز XRD و بررسی تغییرات عناصر HFSE دمای دگرسانی در محدودده مورد مطالعه پایین بوده است. مطالعات نشان دهنده نقش اصلی فرایندهای سوپرژن و تأثیر جزئی فرایندهای هیپوژن در گسترش دگرسانی در منطقه می باشد. براساس بررسی ترکیب شیمیایی نمونه ها میزان اکسید سیلیسیم بالا بوده و می تواند باعث زبری بالای فرآورده های سرامیکی این ماده معدنی شود. ویژگی های ترکیب شیمیایی ماده معدنی و خواص فیزیکومکانیکی اندازه گیری شده نشان می دهد که خاک صنعتی محدودده یانیک جهت استفاده در کاشی بدنه، کاشی کف و آجر نسوز به لحاظ ویژگی های فنی بسیار مطلوب می باشد.



شکل ۹. تصاویر ۴ نمونه از پیک‌های XRD محدوده یانیق

جدول ۴. نتایج آزمون‌های صنعتی انجام شده بر روی نمونه‌های خاک صنعتی محدوده یانیق

شماره نمونه	درجه سفیدی	درجه قرمزی	درجه سبزی و زردی	میزان انبساط بعد از پرس	مقاوت خشک بعد از پرس	میزان انقباض بعد از پخت	مواد فرار	چگالی	ویسکوزیته	دمای پخت	مقدار درصد روانساز
	L	A	B	Exp	dbS	Shk	L.O.I	d	V	T°C	STTP
۱	۹۱/۱۹	۳/۱۹	۱۱/۵	۰/۸	۳۳	۳/۲	۸/۵	۱/۴۵	۶۰	۱۱۹۵	٪۰/۵
۲	۷۹/۳۷	۴/۶۴	۱۱/۹۵	۱/۱	۵۰/۸۹	۴/۶	۱۰/۶	۱/۴۵۲ ۱	۶۰	۱۱۹۵	٪۰/۱۶
۳	۹۲/۳	۴/۷۳	۱۰/۶۲	۰/۹	۲۸	۴/۲	۹/۱	۱/۳۷	۴۰	۱۲۰۰	٪۰/۴

### منابع

- اعتمادی، ب.، ظریف‌نیام، م.، ۱۳۹۰، بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی و کانی‌شناسی کاتولن معدن قازاندانی تاکستان در تولید کاشی و انواع دیگر سرامیک‌های صنعتی، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۳، ص ۳۶۳-۳۷۰.
- پیروان، ح. ر.، امینی، ص.، ۱۳۸۴، رده‌بندی کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی سنگ‌های دگرسانی منطقه طارم، نهمین همایش زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- ذبیحی، ر.، ابراهیمی، خ.، زرین‌کوب، م. ح.، ۱۳۹۰، بررسی‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی نهشته‌ی کانی رس کائولینیتی شده‌ی شیخ‌آباد (جنوب غرب بیرجند) با نگرشی بر کاربردهای صنعتی آن، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۱، ص ۱۰۳-۱۱۲.
- رحیمی، ا.، متین، م.، ۱۳۸۵، تکنولوژی سرامیک‌های ظریف، چاپ دوم، تهران شرکت سهامی انتشار، ۵۷۲ ص.
- رضایی، ح.، فنودی، م.، ۱۳۸۸، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ قره‌آغاج، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- صانع، خ.، ۱۳۸۴، فن‌آوری تولید کاشی‌های سرامیکی، شیراز، انتشارات نوید شیراز، ۵۰۴ ص.
- گرجستانی، س.، ۱۳۸۴، صنعت و سرامیک، انتشارات جاودان خرد، ص ۲۱۱-۲۱۳.
- گنجی، ع.، تکی، س.، ۱۳۸۷، مطالعه ترکیب شیمیایی، کانی‌شناسی و خصوصیات فیزیکی خاک صنعتی بوئین زهرا (واقع در استان قزوین) با هدف بررسی کاربرد آن در صنایع کاشی و سرامیک، فصلنامه تخصصی زمین و منابع، شماره ۱، ص ۹۱-۱۰۱.

Benea.M., Gorea.M., 2004, Mineralogy and technological properties of some kaolin types used in ceramic industry, Studia universitatis Babes-Bolyai, Geologia, Vol: XLIX, P:33-39.

Cuney.M., Lerory.J., Valdiviezo.P.A., Daziano.C., Gamba.M., Zarco.A.J., Morello.O., Ninci. C., Molina.P., 1989, Geochemistry of the uranium mineralized Achala granitic complex, Argentina: Comparison with hercynian of peraluminous leucogranites of Western Europe, In Metallogensis of Uranium deposits [M], IAEA-Tc-542/16, Vienna, p:211-232.



- Deer.W.A., Howie.R.A., Zussman.J., 1983, An introduction to the rock-forming minerals, Longmans, Vol:1A, p:528.
- Dill.H.G., Bosse.H.R., Kassbohm.J., 2000, Mineralogical and chemical studies of volcanic- related Argillaceous Industrial Minerals of Central American Cordillera (Western El Salvador), Economic Geology, Vol: 95, p:517-538.
- Karakaya.N., 2009, REE and HFSE element behavior in the alteration facies of Erenler Dagi Volcanics (Konya, Turkey) and kaolin occurrence, Journal Geochemical Exploration, Vol:101, p:185-208.
- Maiza.P.J., Pieroni.D., Marfile.S.A., 2003, Geochemistry of hydrothermal kaolin in the SE area of Los Menvcos, Province of Rlonegro, Argentina, In:Dominguez.E.A., Mas.G.R., Cravero.F. (Eds.) 2001, A Clay Odyssey Elsevier, Amsterdam, p:123-130.
- Maclean.W.H., 1990, Mass change calculation in altered rock Series, Mineralium Deposita, Vol: 25, p:44-49.
- Mutakyahwa.M.K.D., Ikingura.J.R., Mruima.A.H., 2000, Geology and geochemistry of bauxite deposits in Lushoto district, Usambara Vill Marie, Quebe, Canada, Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol:64, p: 2199-2220.
- Salvi.S., Williams Jones.A.E., 1996, The role of hydrothermal processes in concentrating high fied strength elements in the Strange Lake peralkaline complex, north eastern Canada, Geochim. Cosmochim. Acta, Vol: 60, p: 1917-1932.
- Singer.F., 1967, Industrial ceramics, Chapman and Hlltod London, p:14-31.
- Titley.S.R., Bean.R.E., 1981, Porphyry copper deposits, part1.Geologic settings, petrology and tectonogenesis Economic Geology, 15th Anniversary Volume, p:214- 235.