

## کانی‌شناسی، زمین‌شیمی و کاربرد رس‌ها در سازندهای رازک و میشان در پاره‌ای از بیرون‌زدگی‌های اطراف شهرستان شیراز

بیژن اعتمادی\*، زهرا ذاکرعباسی

بخش علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز

(دریافت مقاله: ۸۹/۶/۱، نسخه نهایی: ۸۹/۱۰/۲۵)

**چکیده:** سازندهای رازک و میشان (میوسن پیشین تا میوسن میانی) در مناطق پل کوار و زنجیران در جنوب و جنوب غرب فارس و در کمربند چین خورده ی زاگرس بررسی شدند. کانی‌های اصلی عبارتند از ایلیت-موسکویت، کلریت، کلسیت، کوارتز و کانی‌های فرعی آلبیت و پالی گورسکیت. از نظر ژئوشیمی مقادیر MgO و CaO بالاتر و مقادیر SiO<sub>2</sub>، Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>، Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>، Na<sub>2</sub>O و K<sub>2</sub>O کمتر از نمونه‌های استاندارد NASC، PAAS و UC را نشان می‌دهد. الگوی REE بهنجار شده با کندریت و شیل‌های آرکئن آمریکای شمالی غنی شدگی LREE نسبت به HREE بدون بیهنجاری Eu دارند. نسبت La/Sc، Ba/Co، Ba/Sc، La/Sc و نسبت Th/Sc، Th/Cr، La/Cr، پائین نشان دهنده خاستگاه دوگانه‌ی این رسوب‌ها از سنگ‌های مافیک و فلسیک است. سنگ مادر این دو سازند براساس نمودار TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> /ریولیت-بازالت است. پائین بودن مقادیر شاخص دگرسانی و شاخص هوازدگی و نیز بالا بودن میزان Sr نشان دهنده‌ی هوازدگی کم تا متوسط سنگ خاستگاه است. پائین بودن CEC نمونه‌های دو سازند؛ وجود ایلیت، کلریت، پالی گورسکیت و عدم حضور یا مقدار بسیار پائین ورمیکولیت و مونت موریلونیت را توجیه می‌کند. حدود آتبرگ نمونه‌های سازند رازک و میشان کم تا متوسط است (۱۰-۱۶). ترکیب شیمیایی، کانی‌شناسی و پاره‌ای از آزمایش‌های سرامیکی نشان دهنده‌ی استفاده کاربردی رسوب‌های این دو سازند در ساخت آجر، کاشی سرامیکی و سفالینه‌هاست.

**واژه‌های کلیدی:** کانی‌های رسی؛ سازندهای رازک و میشان؛ تجزیه‌ی پراش پرتو ایکس؛ فلونورسانی پرتو ایکس؛ ظرفیت تبادل کاتیونی؛ حدود آتبرگ.

### مقدمه

رازک در نواحی فارس داخلی شده است. سازند رازک به ضخامت ۷۷۴.۴ متر از مارن‌های قرمز، سبز تا خاکستری سیلتي همراه با مقداری سنگ آهک‌های سیلتي تشکیل شده است. مرز بالا و پائین این سازند به ترتیب با سنگ آهک‌های گوری سازند میشان و سنگ آهک‌های آسماری- جهرم تدریجی و همساز است. استمرار محیط دریایی در میوسن میانی با رسوب‌های مارنی و سنگ آهک‌های صدفدار سازند میشان و معرف یک پیشروی نسبی است. سازند مارنی میشان از ۷۱۰ متر مارن خاکستری و سنگ آهک‌های رسی حاوی سنگواره‌های صدفی است. مرز پائینی این سازند با سازند

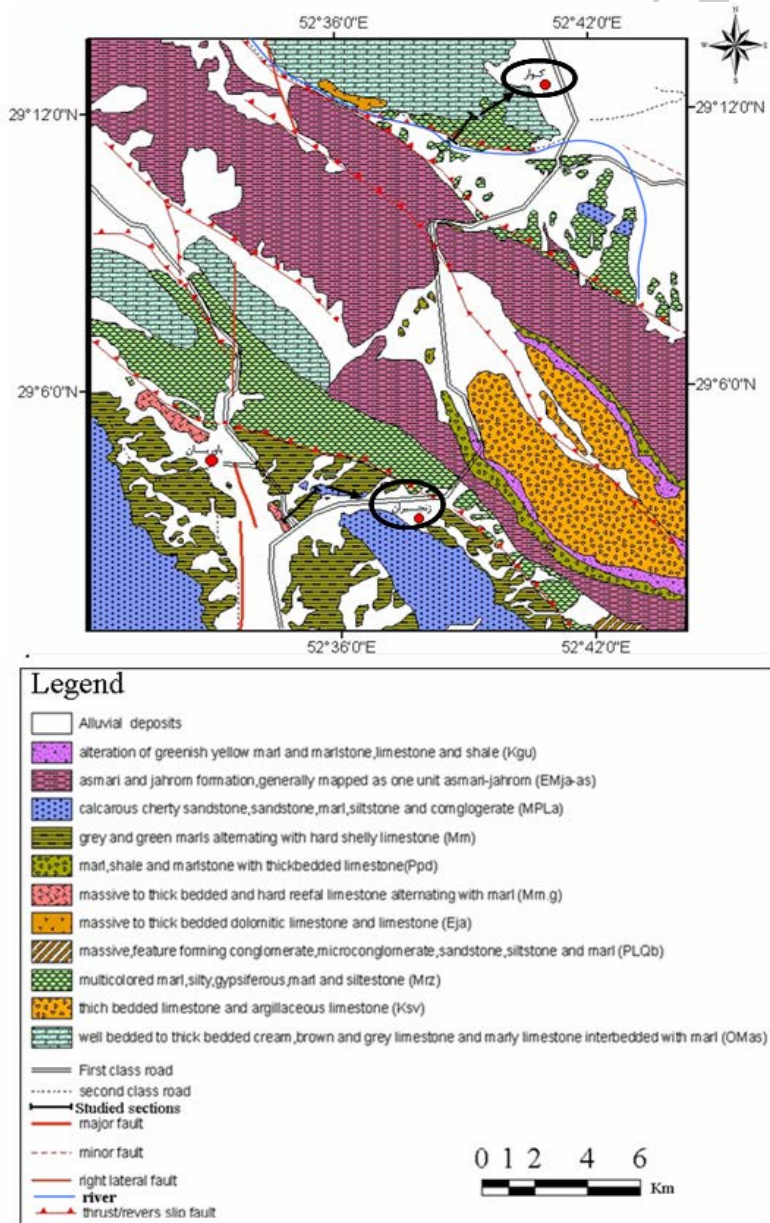
اثرهای زیست محیطی ناشی از استخراج بی رویه‌ی منابع رسی و نیاز روزافزون این منابع باعث شده است که برای تأمین آن، سازندهای مارنی با توان رسی، مورد توجه قرار گیرد. از جمله، سازندهای مارنی رازک و میشان هستند که در محل از مدت‌ها پیش برای صنایع گوناگون بویژه سرامیک برداشت شدند. هدف از بررسی این دو سازند بررسی کانی‌شناسی-ژئوشیمی و نیز پتانسیل کاربردی آن در صنعت سرامیک به ویژه برای تولید کاشی است. از نظر زمین‌شناسی، در اواخر میوسن زیرین، محیط رسوبی تبخیری باعث تشکیل سنگ‌های تبخیری سازند

تناوب ضخیمی از مارن‌های قرمز، سبز و خاکستری همراه با ماسه سنگ قرمز بین لایه‌ای و سنگ آهک نازک لایه‌ای خاکستری است که در برخی نقاط با میان لایه‌های ژئوپس همراه است. منطقه‌ی مورد بررسی در زنجیران با طول جغرافیایی  $52^{\circ} 30' 00''$  تا  $52^{\circ} 36' 00''$  و عرض جغرافیایی  $29^{\circ} 00' 00''$  تا  $29^{\circ} 06' 00''$  در ۶۸ کیلومتری جنوب شهرستان شیراز قرار گرفته است (شکل ۲). با توجه به عواملی مانند دما، درصد رطوبت نسبی و میزان بارندگی منطقه جمله‌ی اقلیم نیمه مرطوب سرد رده‌بندی می‌شود [۲].

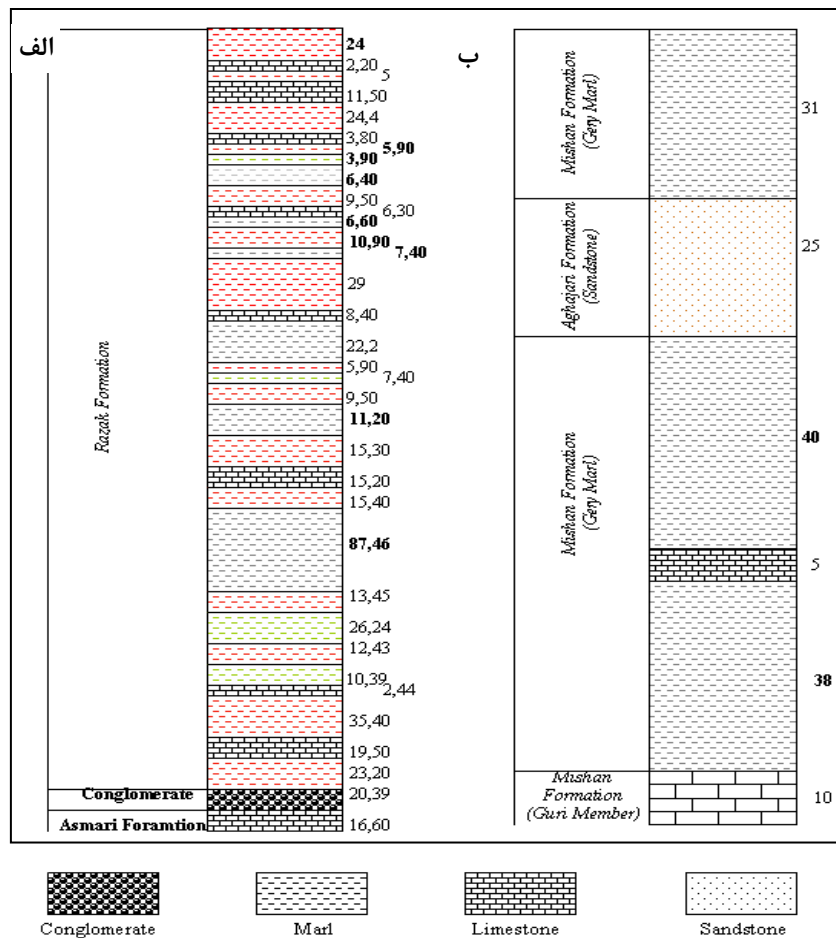
گچساران ناگهانی و همساز و مرز بالای با سازند آغاچاری همساز و تدریجی است [۱۱].

#### مناطق مورد بررسی

دو منطقه‌ی زنجیران و پل کوار، در زون زاگرس چین خورده و جنوب غربی ایران قرار دارند. منطقه‌ی مورد بررسی در پل کوار با طول جغرافیایی  $52^{\circ} 36' 00''$  تا  $52^{\circ} 42' 00''$  و عرض جغرافیایی  $29^{\circ} 06' 00''$  تا  $29^{\circ} 12' 00''$  در استان فارس و به فاصله تقریبی ۳۵ کیلومتری جنوب غربی شیراز و ۶ کیلومتری غرب شهرستان کوار قرار دارد (شکل ۱). در منطقه-ی پل کوار، سازند رازک شامل لایه‌هایی با شرقی-غربی با



شکل ۱ بخشی از نقشه زمین‌شناسی کوار به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ [۱۸] که مناطق مورد بررسی با علامت دایره نشان داده شده‌اند.



شکل ۲ ستون چینه‌شناسی مناطق مورد بررسی. پل کوار (الف) و زنجیران (ب). نمونه‌های برداشت شده از دو سازند به صورت پرنرنگ تر در شکل مشخص شده است. ضخامت لایه بر حسب متر ترسیم شده‌اند.

چگال‌سنجی براساس استانداردهای AASHTO T88-70 و ASTM D422-63 انجام شد.

### کانی‌شناسی

نمونه‌ها برای تعیین کانی‌شناسی به روش پراش پرتو ایکس (XRD) مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۱). کانی‌های نمونه‌های لایه قرمز رنگ (KR<sub>2-2</sub>, KR<sub>4</sub>, KR<sub>11</sub>) به ترتیب شامل موسکوئیت-ایلیت، کلینوکلر (کلریت منیزیم‌دار)، مونت موریلونیت، دیکیت، کلسیت، کوارتز، آلپیت، دولومیت و میکروکلین هستند. کانی‌های نمونه‌های با لایه‌ی سبز (KR<sub>5</sub>, KR<sub>19</sub>) به ترتیب عبارتند از ایلیت-موسکوئیت، کلینوکلر، کلسیت، کوارتز، دولومیت و آلپیت. کانی‌های نمونه‌های لایه خاکستری (KR<sub>6</sub>, KR<sub>10</sub>, KR<sub>14</sub>, KR<sub>16</sub>) و (Mn<sub>2</sub>, Mn<sub>5</sub>, M<sub>2</sub>) به ترتیب شامل ایلیت-موسکوئیت، کلینوکلر، ورمیکولیت، پالی گورسکیت، دیکیت، کلسیت، دولومیت

### روش کار

تعداد ۹ نمونه از سازند رازک (KR<sub>2-2</sub>, KR<sub>4</sub>, KR<sub>5</sub>, KR<sub>6</sub>, KR<sub>10</sub>, KR<sub>11</sub>, KR<sub>14</sub>, KR<sub>16</sub>, KR<sub>19</sub>) و ۳ نمونه از سازند میشان (Mn<sub>2</sub>, Mn<sub>5</sub>, M<sub>2</sub>) براساس تنوع رنگ (سبز، خاکستری، قرمز) و ویژگی‌های فیزیکی ظاهری انتخاب و به روش‌های XRD (مدل XPERT PRO)، XRF (مدل MAGIX PRO)، در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران و ICP-OES از سوی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور مورد بررسی قرار گرفتند. CEC نمونه‌ها به روش استات آمونیم در بخش خاک‌شناسی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شیراز، برای ۵ نمونه رازک و ۲ نمونه‌ی میشان انتخاب شدند. مومسانی نمونه‌ها به روش آتربرگ و حد تراکم در آزمایشگاه رسوب‌شناسی دانشگاه شیراز اندازه‌گیری شدند. از آنجا که ویژگی‌ها و رفتارهای مکانیکی خاک بستگی زیادی به دانه‌بندی دارد، برای اندازه‌گیری توزیع اندازه‌ی دانه‌ها به روش

توجه به نتایج XRD، به روش مخروطی به ۷ نمونه (۵ نمونه از سازند رازک و ۲ نمونه از سازند میشان) تقلیل یافتند (جدول ۲). از نظر ژئوشیمی مقادیر MgO و CaO بالاتر و مقادیر SiO<sub>2</sub>، Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>، Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> و Na<sub>2</sub>O و K<sub>2</sub>O کمتر از نمونه-های استاندارد NASC، PAAS و UC را نشان می‌دهند.

(نمونه ۱۶ KR)، کوارتز و آلبیت‌اند. تعدادی از نمودارهای پراش پرتو ایکس (XRD) از نمونه‌های برداشت شده از سازندهای رازک و میشان در شکل ۳ دیده می‌شوند.

**ژئوشیمی**

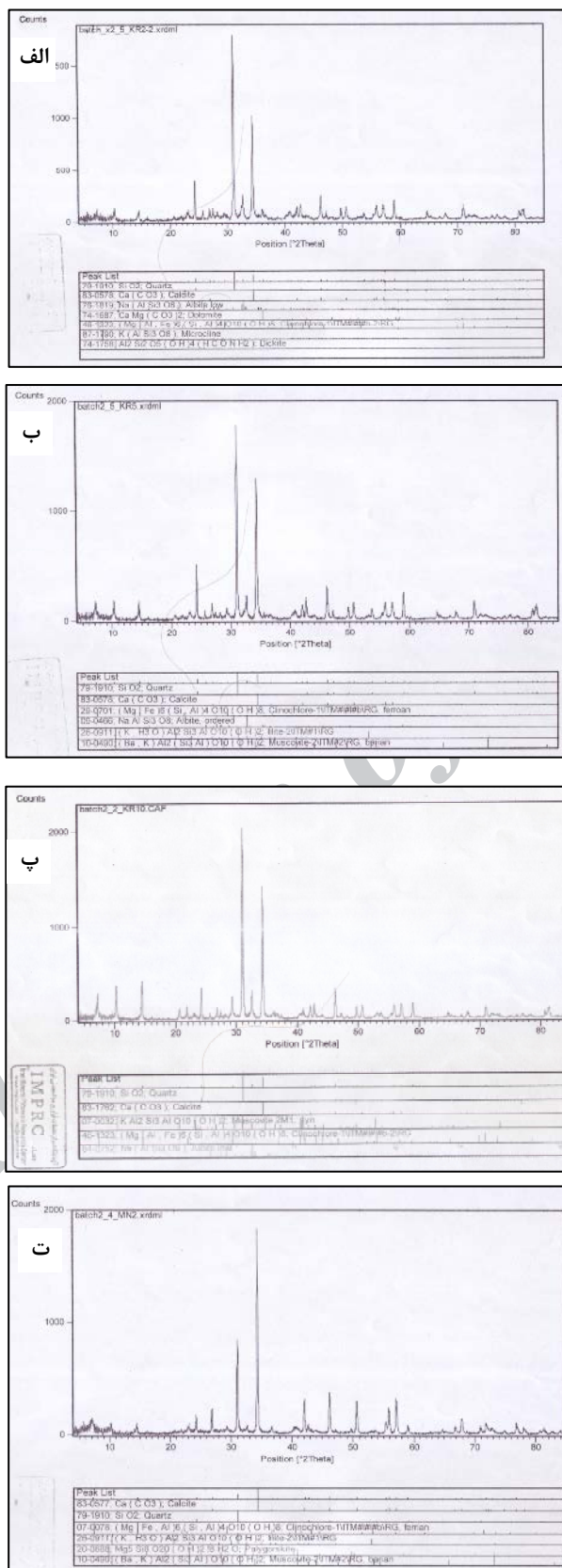
برای تعیین ترکیب ژئوشیمی (XRF) نمونه‌های دو سازند، از ۱۲ نمونه ی برداشت شده، براساس ویژگی‌های ظاهری و با

جدول ۱ ترکیب کانی‌شناسی نمونه‌های برداشت شده از سازند رازک و میشان برحسب %

| نمونه<br>کانی شناسی | KR <sub>2-2</sub> | KR <sub>4</sub> | KR <sub>5</sub> | KR <sub>6</sub> | KR <sub>10</sub> | KR <sub>11</sub> | KR <sub>14</sub> | KR <sub>16</sub> | KR <sub>19</sub> | Mn <sub>2</sub> | Mn <sub>5</sub> | M <sub>2</sub> |
|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| کوارتز              | ۴۰                | ۳۰              | ۳۰              | ۳۳              | ۳۶               | ۳۵               | ۱۲               | ۸                | ۲۴               | ۲۵              | ۱۸              | ۱۷             |
| کلسیت               | ۳۷                | ۴۷              | ۴۶              | ۴۷              | ۳۹               | ۴۲               | ۸۰               | ۱۴               | ۱۷               | ۵۷              | ۵۷              | ۷۱             |
| آلبیت               | ۴                 | ۸               | ۸               | ۶               | ۷                | ۷                | ۲                |                  | ۱                |                 | ۴               |                |
| دولومیت             | ۵                 | ۱               |                 |                 |                  |                  |                  | ۷۱               | ۴۹               |                 | ۹               | ۶              |
| میکروکلین           | ۳                 |                 |                 | ۳               |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                |
| آنکرت               |                   |                 |                 |                 |                  |                  |                  | ۴                |                  |                 |                 |                |
| ایلیت- موسکویت      | ۵                 | ۹               | ۱۰              | ۷               | ۸                | ۶                | ۳                | ۲                | ۵                | ۹               | ۵               | ۳              |
| مونت موریلونیت      |                   | ۲               |                 |                 |                  | ۲                |                  |                  |                  |                 |                 |                |
| کلیونکلر            | ۴                 | ۳               | ۶               | ۴               | ۱۰               | ۶                | ۲                | ۱                | ۴                | ۶               | ۵               | ۲              |
| پالی گورسکیت        |                   |                 |                 |                 |                  | ۱                |                  |                  |                  | ۳               | ۲               |                |
| دیکیت               | ۲                 |                 |                 |                 |                  | ۱                |                  |                  |                  |                 |                 |                |
| ورمیکولیت           |                   |                 |                 |                 |                  |                  | ۱                |                  |                  |                 |                 | ۱              |

جدول ۲ ترکیب ژئوشیمی نمونه‌های برداشت شده از سازند رازک (KR<sub>2-2</sub>, KR<sub>4</sub>, KR<sub>5</sub>, KR<sub>6</sub>, KR<sub>10</sub>, KR<sub>11</sub>, KR<sub>14</sub>, KR<sub>16</sub>) و میشان (Mn<sub>2</sub>, Mn<sub>5</sub>) بر حسب %: KR<sub>2-2</sub> مخلوطی از نمونه‌های قرمز KR<sub>11</sub>, KR<sub>4</sub>, KR<sub>2-2</sub>. KR<sub>2-2</sub> مخلوطی از نمونه‌های خاکستری KR<sub>6</sub>, KR<sub>14</sub>. KR<sub>2-3</sub> مخلوطی از نمونه‌های سبز KR<sub>5</sub>, KR<sub>19</sub>, Mn<sub>2</sub> مخلوطی از نمونه‌های خاکستری Mn<sub>2</sub>, M<sub>2</sub>.

| نمونه<br>عناصر                                   | KR <sub>10</sub>   | KR <sub>16</sub> | KR <sub>2-1</sub> | KR <sub>2-2</sub> | KR <sub>2-3</sub> | Mn <sub>2</sub> | Mn <sub>5</sub> |
|--|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
|  | مارن خاکستری - آبی | مارن خاکستری     | مارن قرمز         | مارن خاکستری      | مارن سبز          | مارن خاکستری    | مارن خاکستری    |
| TiO <sub>2</sub>                                 | ۰,۴۹               | ۰,۱۹             | ۰,۵۱              | ۰,۳۸              | ۰,۴۴              | ۰,۳۹            | ۰,۳۷            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                   | ۱۲,۱               | ۳,۱۲             | ۱۱,۲۹             | ۸,۲۸              | ۹,۲۶              | ۷,۱۲            | ۶,۹۸            |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                   | ۳,۸۱               | ۱,۴۹             | ۴,۷               | ۲,۷۴              | ۳,۵۴              | ۳,۵۵            | ۳,۳۲            |
| CaO  | ۱۴,۳۴              | ۲۶,۶۳            | ۱۳,۸۵             | ۲۵,۳              | ۱۵,۸۱             | ۲۷,۶۵           | ۲۱,۷۵           |
| MgO  | ۲,۸۵               | ۱۳,۶۷            | ۳,۶۶              | ۳,۱۹              | ۵,۲۵              | ۳,۰۳            | ۶,۰۷            |
| Na <sub>2</sub> O                                | ۰,۸۷               | ۰,۲۵             | ۰,۵۹              | ۰,۴۷              | ۰,۵۴              | ۰,۲             | ۰,۲۸            |
| K <sub>2</sub> O                                 | ۱,۸۹               | ۰,۶۶             | ۲,۰۸              | ۱,۵۸              | ۱,۶۸              | ۱,۲۵            | ۱,۲۲            |
| MnO  | ۰,۰۷               | ۰,۰۷             | ۰,۰۸              | ۰,۰۸              | ۰,۰۸              | ۰,۰۹            | ۰,۰۶            |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                    | ۰,۱۱               | ۰,۰۳             | ۰,۱۲              | ۰,۰۹              | ۰,۰۹              | ۰,۰۹            | ۰,۱۱            |
| S  | ۰,۰۱               | ۰,۳۳             | ۰,۰۱              | ۰,۰۶              | ۰,۰۸              | ۰,۰۵            | ۰,۰۵            |
| SiO <sub>2</sub>                                 | ۳۹,۷۳              | ۱۲,۲۸            | ۳۷,۰۶             | ۲۶,۱۶             | ۳۱,۰۹             | ۲۴,۲            | ۲۶,۱۳           |
| LOI  | ۱۷,۷۶              | ۳۷,۷۴            | ۱۶,۴۹             | ۲۴,۳۴             | ۲۲,۳۴             | ۲۹,۰۵           | ۲۷,۳۵           |
| K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O               | ۲,۱۷               | ۲,۶۴             | ۳,۵۳              | ۳,۳۶              | ۳,۱               | ۶,۲۵            | ۴,۳۶            |
| SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ۳,۲۸               | ۳,۹۴             | ۳,۲۸              | ۳,۱۶              | ۳,۳۶              | ۳,۳۹            | ۳,۷۴            |



شکل ۳ تعدادی از نمودارهای پراش پرتو ایکس (XRD) از نمونه‌های برداشت شده از سازندهای رازک و میشان. این نمونه‌ها تیمار نشده‌اند. (الف) نمونه‌ی قرمز رازک، (ب) KR<sub>5</sub> نمونه‌ی سبز رازک، (پ) KR<sub>10</sub> نمونه‌ی خاکستری رازک، (ت) Mn<sub>2</sub> نمونه‌ی خاکستری میشان.

## عناصر کمیاب و عناصر نادر خاکی

نمونه‌های برداشت شده از هر دو سازند برای تعیین مقدار عناصر کمیاب و نادر خاکی به روش ICP-OES مورد بررسی قرار گرفتند (جدول‌های ۳ و ۴). الگوی تحرک عناصر کمیاب در نمونه‌های برداشت شده از این دو سازند نشان می‌دهد که میزان عناصر Ba, Cr, Zn, Sc, Y, Nb, Th نسبت به نمونه‌های استاندارد (UC, NASC, PAAS) تهی شدگی، و میزان عناصر Rb, Co, Sr, Ni, V نسبت به نمونه‌های استاندارد غنی شدگی را نشان می‌دهند (جدول ۳). عناصر خاکی کمیاب نمونه‌های هر دو سازند نسبت به کندریت و شیل آمریکا (NASC) بهنجار شدند (شکل ۴ و ۵). REE های نمونه‌های هر دو سازند نسبت به نمونه‌های استاندارد

NASC, PAAS, UC مقادیر کمتری را نشان می‌دهند (جدول ۴).

## هوازگی و سنگ منشأ

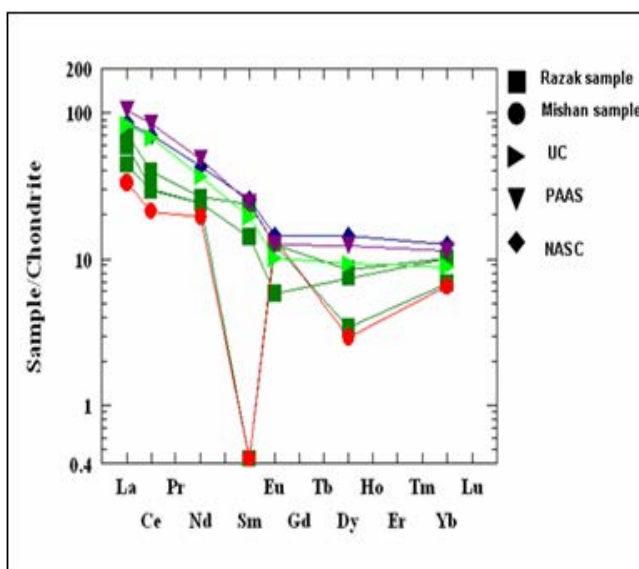
برای تعیین میزان هوازگی شیمیایی سنگ مادر می‌توان از شاخص شیمیایی دگرسانی CIA و CIW استفاده کرد [۶]. برای تشخیص سنگ مادر نمونه‌های برداشت شده از دو سازند رازک و میشان، نمودار دوتایی  $Al_2O_3-TiO_2$  (Ekosse) معرفی شدند [۱۴]. مقادیر CIA نمونه‌های سازند رازک و میشان به جز  $KR_{16}$  بین ۱۹-۴۲ تغییر می‌کند و نیز تغییر مقادیر CIW این نمونه‌ها به جز  $KR_{16}$  بین ۲۰-۴۵ است. مقدار Sr نمونه‌های سازند رازک بین ۲۴۸-۴۸۳ ppm و نمونه‌ی سازند میشان ۶۱۷.۶ ppm را نشان می‌دهد (جدول ۳).

جدول ۳ عناصر کمیاب نمونه‌های دو سازند رازک و میشان بر حسب ppm.

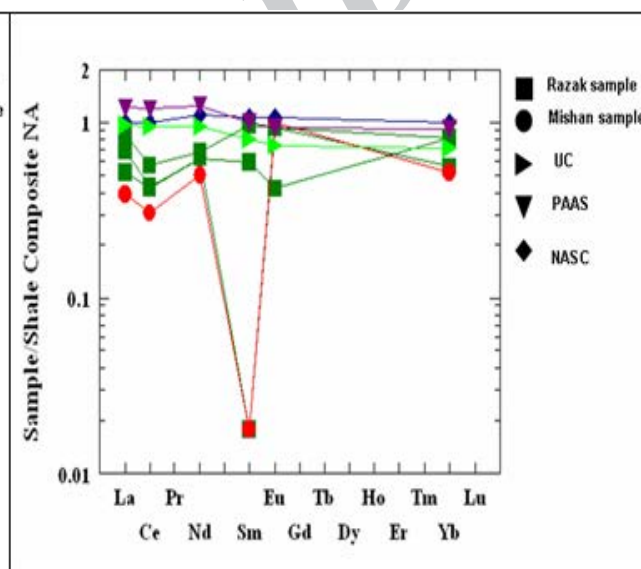
| نمونه | Mn <sub>z</sub> | KR <sub>z-1</sub> | KR <sub>z-2</sub> | KR <sub>z-3</sub> |
|-------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Ba    | ۱۴۶٫۵           | ۲۱۸٫۳             | ۵۷٫۸              | ۱۶۳٫۵             |
| Co    | ۱۳٫۱            | ۱۶٫۹              | ۱۴٫۷              | ۲۳٫۲              |
| Cr    | ۱۵۴٫۳           | ۱۳۴٫۳             | ۱۰۴٫۶             | ۱۰۳٫۲             |
| Cu    | ۱۶٫۵            | ۳۱٫۹              | ۲۱٫۲              | ۱۳                |
| Hf    | ۵٫۲             | <۰٫۶              | ۶                 | <۰٫۶              |
| Mo    | ۱٫۲             | ۱٫۷               | ۱٫۱               | ۱٫۸               |
| Nb    | ۱۰٫۳            | ۱۷٫۶              | ۱۲٫۳              | ۱۴                |
| Ni    | ۹۸٫۱            | ۸۶٫۱              | ۵۶٫۷              | ۶۵٫۴              |
| Pb    | ۱۲              | ۱۷٫۷              | ۳٫۲               | ۲۷٫۲              |
| Rb    | ۲۰۸۴٫۴          | ۵۹٫۸              | ۷۴۴٫۳             | ۱۲۳٫۵             |
| Sc    | ۷٫۹             | ۱۴٫۱              | ۹٫۱               | ۱۱٫۱              |
| Sr    | ۶۱۷٫۶           | ۲۵۹٫۹             | ۲۴۸٫۴             | ۴۸۲٫۴             |
| Th    | ۷٫۱             | ۱۶٫۶              | ۷٫۳               | ۱۵٫۴              |
| U     | ۲٫۲             | ۲۱٫۱              | ۲٫۲               | ۱۸٫۷              |
| V     | ۶۵٫۹            | ۹۸                | ۷۴٫۸              | ۷۹٫۲              |
| W     | ۵٫۸             | ۱۳٫۴              | ۱۶٫۳              | ۱۱٫۹              |
| Y     | ۱۰٫۷            | ۲۰٫۱              | ۱۲٫۲              | ۱۷٫۶              |
| Zn    | ۳۹              | ۲۸۵٫۱             | ۴۰٫۷              | ۱۷۸٫۲             |
| Zr    | ۲۰۰٫۲           | ۳۹۵٫۲             | ۲۳۵٫۹             | ۲۸۶٫۴             |
| Th,U  | ۳٫۲             | ۰٫۷۹              | ۳٫۳               | ۰٫۸۲              |
| La/Sc | ۱٫۵             | ۱٫۹               | ۱٫۸               | ۱٫۹               |
| La/Th | ۱٫۷             | ۱٫۶               | ۲٫۲               | ۱٫۴               |
| Th/Sc | ۰٫۸۹            | ۱٫۲               | ۰٫۸               | ۱٫۳۸              |

جدول ۴ عناصر نادر خاکی نمونه‌های دو سازند رازک و میشان برحسب ppm.

| نمونه | Mn <sub>z</sub> | KR <sub>z-1</sub> | KR <sub>z-2</sub> | KR <sub>z-3</sub> |
|-------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| La    | ۱۲٫۲            | ۲۶٫۵              | ۱۶                | ۲۱٫۶              |
| Ce    | ۲۰٫۳            | ۳۷٫۸              | ۲۷٫۹              | ۲۸٫۹              |
| Nd    | ۱۳٫۷            | ۱۸٫۷              | ۱۷٫۱              | ۱۷٫۱              |
| Sm    | <۰٫۱            | ۵٫۴               | <۰٫۱              | ۳٫۳               |
| Eu    | ۱٫۲             | ۱٫۱               | ۱٫۱               | ۰٫۵               |
| Dy    | ۱٫۱             | ۳٫۲               | ۱٫۳               | ۲٫۸               |
| Yb    | ۱٫۶             | ۲٫۷               | ۱٫۷               | ۲٫۵               |



شکل ۵ الگوی توزیع فراوانی REE نمونه‌های رازک و میشان و نمونه‌های استاندارد UC, PAAS, NASC به کندی.



شکل ۴ الگوی توزیع فراوانی REE نمونه‌های رازک و میشان و نمونه‌های استاندارد UC, PAAS, NASC به شیل آمریکا.

آمونیم، باریم، کلسیم یا سدیم جانشین شده و مقدار کاتیون جذب شده با روش‌های مناسب اندازه‌گیری شد. از محلول استات آمونیوم 1N (pH = 7) و محلول استات سدیم 1N (pH = 8.2) می‌توان برای خاک‌های آهکی و غیرآهکی استفاده کرد. میزان مومسانی نمونه‌های دو سازند رازک و میشان بین ۷ تا ۱۵ است (جدول ۷). برای تعیین کاربردهای صنعتی نمونه‌های دو سازند با استفاده از حدود آتربرگ از دو نگاره‌ی Bain و همکاران (۱۹۷۸) و نگاره‌ی کازاگران (۱۹۴۸) استفاده شد (شکل ۶ و ۷).

#### ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)

میزان CEC به‌دست آمده (جدول ۵) با مقادیر ارائه شده برای کانی‌های ایلیت (۱۰-۱۴)، کلریت (۵-۱۵) و پالی‌گورسکیت (۳۰-۴۰) سازگاری نشان دارد. چنانکه در جدول ۶ مشاهده می‌شود CEC نمونه‌های برداشت شده از این دو سازند بین ۷ تا ۱۵ است.

#### مومسانی

از روش استات آمونیوم برای تعیین مومسانی نمونه‌ها استفاده شد. برای اندازه‌گیری CEC کاتیون‌های قابل تبادل با استات

جدول ۵ CEC کانی‌های رسی [۱۶].

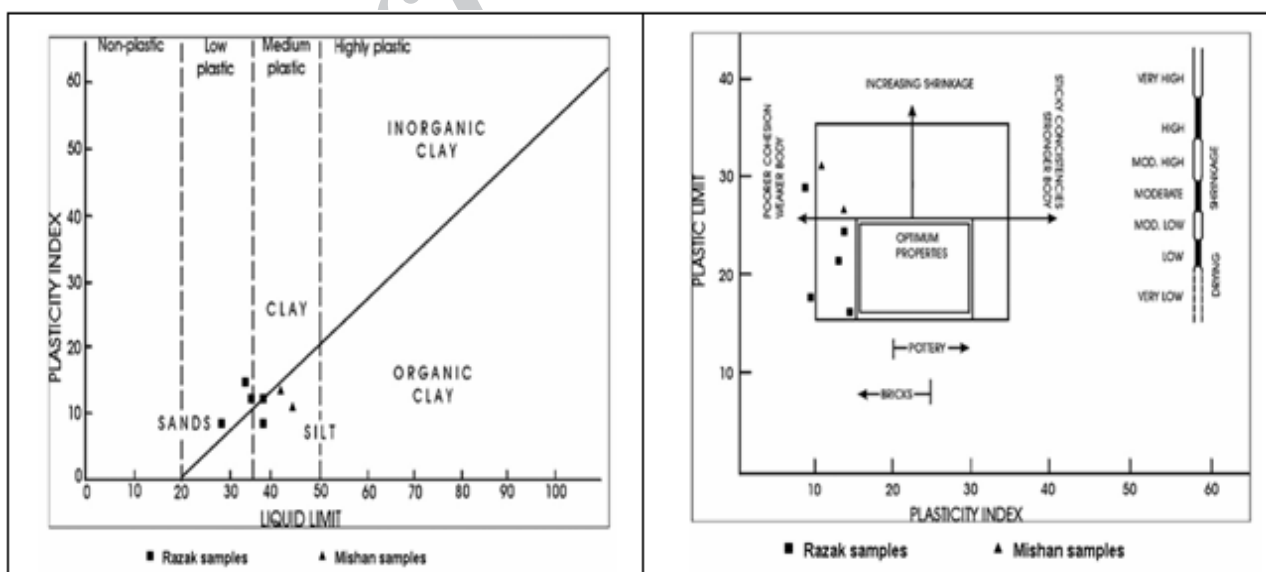
| کانی رسی       | CEC(meq/100gr) |
|----------------|----------------|
| ورمیکولیت      | ۸۰-۱۵۰         |
| مونت موریلونیت | ۶۰-۱۰۰         |
| ایلیت          | ۱۰-۴۰          |
| کائولین        | ۳-۱۵           |
| کلریت          | ۵-۱۵           |
| پالی گورسکیت   | ۴-۳۰           |

جدول ۶ EC,CEC,pH نمونه‌های دو سازند رازک و میشان.

| نمونه             | pH   | CEC(meq,100gr) | EC(μs/cm) |
|-------------------|------|----------------|-----------|
| KR <sub>Z-1</sub> | ۸,۰۸ | ۱۴,۱۳          | ۵۰        |
| KR <sub>Z-2</sub> | ۷,۸۹ | ۸,۱۵           | ۷۰۴       |
| KR <sub>Z-3</sub> | ۷,۸۶ | ۱۰,۸۷          | ۲۴۹       |
| KR <sub>10</sub>  | ۷,۷۸ | ۱۰,۸۷          | ۴۲۳       |
| KR <sub>16</sub>  | ۸,۰۵ | ۷,۲۳           | -         |
| Mn <sub>5</sub>   | ۸,۲۷ | ۱۳,۵۹          | ۵۸        |
| Mn <sub>Z</sub>   | ۷,۹  | ۱۴,۱۳          | ۶۵        |

جدول ۷ حدود آتربرگ و حد انقباض نمونه‌های برداشت شده از دو سازند رازک و میشان

| مشخصات نمونه     | نمونه             | LL(%)<br>حد روانی | PL(%)<br>حد خمیری | PI(%)<br>شاخص خمیری | SL(%)<br>حد انقباض |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| مارن خاکستری-آبی | KR <sub>10</sub>  | ۳۸,۱۳             | ۲۹,۳              | ۸,۸                 | ۲۴,۹۳              |
| مارن خاکستری     | KR <sub>16</sub>  | ۳۴,۳              | ۲۱,۱              | ۱۳,۲                | ۱۷,۹               |
| مارن قرمز        | KR <sub>Z-1</sub> | ۳۸,۷              | ۲۶,۲              | ۱۲,۵                | ۲۱,۲               |
| مارن خاکستری     | KR <sub>Z-2</sub> | ۲۷,۵              | ۱۷,۸              | ۹,۷                 | ۱۵,۸               |
| مارن سبز         | KR <sub>Z-3</sub> | ۳۲                | ۱۶,۳              | ۱۵,۷                | ۱۳,۱               |
| مارن خاکستری     | Mn <sub>5</sub>   | ۴۹,۲              | ۳۸,۷              | ۱۰,۵                | ۳۰,۸               |
| مارن خاکستری     | Mn <sub>Z</sub>   | ۲۱,۷              | ۲,۶               | ۱۳,۱                | ۲۲,۷               |



شکل ۷ نمودار کارپذیری نمونه‌های برداشت شده از دو سازند رازک و میشان [۱۹].

شکل ۶ موقعیت نمونه‌های برداشت شده از دو سازند رازک و میشان [۱۹].



## اندازه‌ی ذرات

برای اندازه‌گیری توزیع اندازه دانه‌ها به روش هیدرومتری براساس استانداردهای AASHTO-T88-70 و ASTM D422-63 انجام شد. بیشترین میزان درصد ماسه (ذرات در اندازه‌ی ماسه) به  $KR_{10}$  (۵۹.۲٪) و کمترین میزان به نمونه‌ی  $Mn_5$  (۹.۸٪) وابسته بودند (جدول ۸).

## بحث و بررسی

با توجه به نتایج به‌دست آمده رنگ قرمز رسوب‌ها به علت حضور اکسیدهای آهن سه ظرفیتی مثل هماتیت و رنگدانه‌های آهن‌دار است که پراکنده و یا به‌صورت پوشش روی ذرات آواری قرار دارند و بیانگر قابلیت‌های اکسایشی (هماتیت) و کاهشی (پیریت و مارکازیت) متفاوت محیط است [۳]. در نمونه‌های قرمز رنگ رازک (جدول ۲) با توجه به نتایج XRD حضور کانی آهن‌دار مانند هماتیت گزارش نشده است که عدم حضور هماتیت می‌تواند گواهی بر وجود اکسید آهن بی شکل بوده و یا اینکه در ساختار کانی‌های دیگر مانند کلینوکلر، آنکريت، ایلیت جای گرفته است. لایه‌های سبز رنگ به علت حضور آهن فرو ( $Fe^{2+}$ ) در شبکه‌های ایلیت و کلریت به‌وجود آمده است [۳].

نسبت بالای نمونه‌های بالا احتمالاً به میزان بالای

$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$  کوارتز وابسته است. میزان نسبتاً بالای Si:Al و

عناصر قلیایی در همه‌ی نمونه‌ها، دلیل تشکیل کانی مونت موریلونیت (نسبت Si:Al در حدود ۲:۱ بوده) و ایلیت و عدم تشکیل کائولینیت است. علت کم بودن  $SiO_2$  نمونه‌ها می‌تواند به pH محیط نهشتی وابسته بوده و با افزایش pH انحلال  $SiO_2$  افزایش می‌یابد (Krauskopf, 1995). همبستگی مثبت بین  $Al_2O_3$  و  $K_2O$  (شکل ۸) و میزان نسبتاً بالای  $\frac{K_2O}{Na_2O}$  و

نیز همبستگی مثبت بین مقدار ایلیت و  $K_2O$  (شکل ۹) نتیجه‌ی حضور کانی ایلیت است [۴]. همبستگی منفی بین CaO و  $Al_2O_3$  در نمونه‌های سازند رازک می‌تواند به افزایش کانی‌های کربناتی (کلسیت، دولومیت، آنکريت) وابسته باشد که با توجه به میزان بالای LOI (جدول ۲) قابل توجه است. با توجه به همبستگی منفی بین  $Al_2O_3$  و MgO (در نمونه‌های سازند رازک) و نیز نتایج XRD این نمونه‌ها، میزان MgO را می‌توان به‌وجود کانی‌های کربناتی مانند دولومیت و آنکريت توجیه کرد.

میزان  $Fe_2O_3$  نمونه‌ها از نمونه‌های استاندارد کمتر است. رفتار و ته‌نشست کانی‌های آهن‌دار به شدت با شیمی محیط‌های سطحی و دیاژنیکی، Eh، pH، فعالیت‌های یون‌های کربناتی و گوگرد کنترل می‌شود.

در سنگ‌های رس‌دار حاوی کربنات، عنصر Sr بیشتر در اجزای کربناتی قرار دارند و مقادیر بی‌هنجاری این عنصر می‌تواند نشانه‌ای از حضور کربنات باشد [۵]. عناصری مانند Th،

U، Y، Zr، Nb، Zn، V، Sc، عناصر [۶]. عناصر Sr، Cr، Ba، Co، Cs، Rb، Cu معمولاً با کانی‌های رسی همراه بوده و مقادیر کم آن‌ها بیانگر مقادیر کم این عناصر در سنگ‌های مادر و میزان بالای کوارتز باشد. Rb کمتر از K متحرک است، و Rb نسبت به K به‌طور ترجیحی در ایلیت‌های هوازده باقی می‌ماند [۶]. Ca، Na، Sr به‌طور گزینشی از نیمرخ‌های هوازده شسته و کاتیون‌هایی با شعاع یونی نسبتاً بزرگ مانند K، Cs، Rb، Ba به وسیله جذب سطحی به‌طور ترجیحی روی رس‌ها تثبیت شده و در نیمرخ هوازده ثابت باقی می‌ماند [۶] که با توجه به بی‌هنجاری Rb (جدول ۳) و حضور کانی ایلیت و با توجه به نتایج XRD (جدول ۱) قابل توجیه است.  $Th_3U$  در طول هوازده‌گی رفتار متفاوتی داشته و هر دو در کانی‌های مقاوم مانند زیرکن تمرکز بیشتری دارند. اورانیوم به صورت  $U^{6+}$  محلول و به‌صورت  $U^{4+}$  نامحلول بوده و ته‌نشین می‌شوند [۷]. در نمونه‌های Mnz و KRZ-2 میزان U و Th از نمونه‌های استاندارد کمتر است که به علت کم بودن این عناصر در سنگ مادر. در نمونه‌های KRZ-1 و KRZ-3 مقدار U به Th بیشتر است که به‌علت حضور اورانیوم در کانی‌های رسی به ویژه ایلیت است [۸]. همبستگی مثبت بین عناصر جزئی مانند Zr، Th، Ba و Nb وجود دارد که احتمالاً به علت خاستگاه یکسان و یا رفتار مشترکی طی دیاژنز است. همبستگی منفی بین Sr، Cr و Nb وجود دارد که احتمالاً به علت تفاوت در خاستگاه تأمین‌کننده‌ی Cr، Sr است که بیانگر میزان اندک REEها در ترکیب سنگ خاستگاه است [۹، ۱۰]. بی‌هنجاری مثبت Eu و بی‌هنجاری منفی Ce در سنگ‌های رسوبی نشان دهنده هوازده‌گی کم سنگ خاستگاه است [۱۱-۱۳]. غنی‌شدگی LREEها نسبت به HREEها در نمونه‌ها به این دلیل است که HREEها نسبت به LREEها دارای تحرک بیشتری هستند و با افزایش شدت هوازده‌گی جدایش بیشتر شده و طی

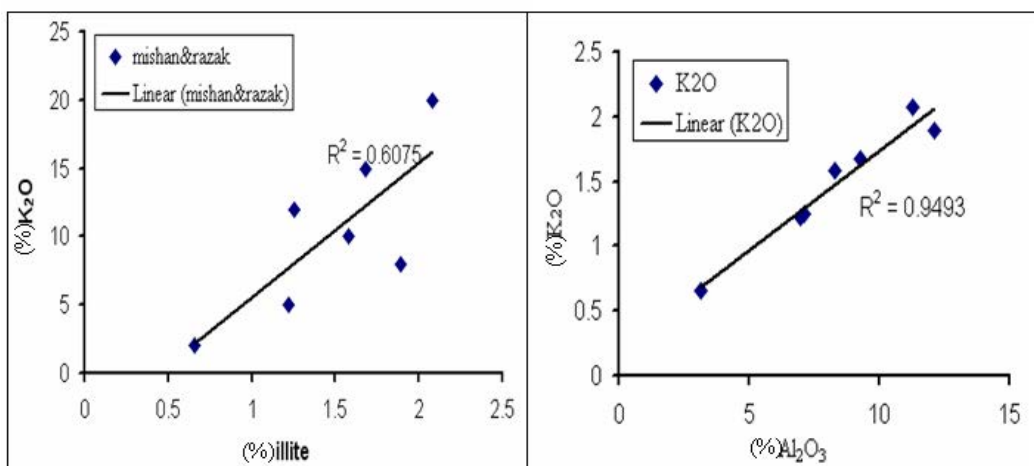
هوازدگی LREE ها به وسیله ی فازهای ثانویه و کانی های رسی بویژه ایلیت ها جذب می شوند (Prudencio, 1989). پراکندگی HREE و LREE به کانی شناسی و تغییرات کانیایی بستگی دارد [۵].

با استفاده از داده های تجزیه ی شیمیایی، موقعیت این دو سازند روی نمودار اکوس، مشخص نشان می دهد که سنگ مادر این دو سازند گرانیت/ریولیت-بازالت است (شکل ۱۰).

شاخص های هوازدگی و دگرسانی محاسبه (McLennan, 1993)، و روی نمودار A-CN-K [۵] نشان دیده می شود (شکل ۱۱ و ۱۲). با توجه به قرارگیری نمونه ها روی ضلع  $Al_2O_3-(CaO + Na_2O)$  مؤید هوازدگی سنگ خاستگاه با شدت کم تا متوسط است. پائین بودن CEC نمونه های هر دو سازند به علت عدم حضور یا حضور کم مقدار کانی های رسی مانند ورمیکولیت و مونت موریلونیت است.

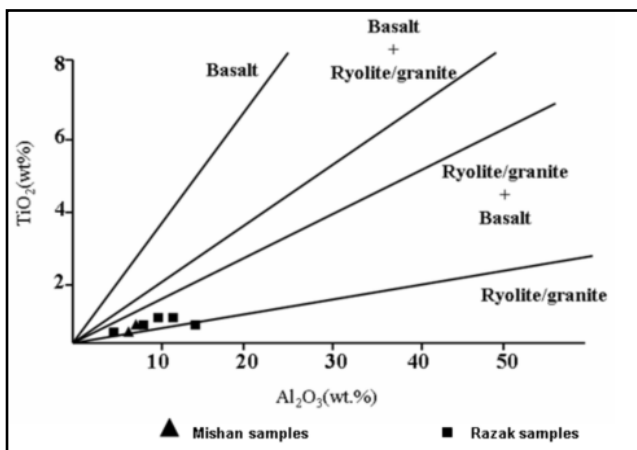
جدول ۸ نتایج تعیین اندازه ذرات نمونه های سازند رازک و میشان.

| مشخصات نمونه | نمونه            | اندازه قطر ذرات |         |         |
|--------------|------------------|-----------------|---------|---------|
|              |                  | Sand(%)         | Silt(%) | Clay(%) |
| مارن قرمز    | KR <sub>21</sub> | ۲۱٫۴            | ۳۰٫۶    | ۴۸      |
| مارن سبز     | KR <sub>22</sub> | ۲۹٫۴            | ۴۶٫۶    | ۲۴      |
| مارن خاکستری | KR <sub>12</sub> | ۵۹٫۲            | ۲۳٫۸    | ۱۷      |
| مارن خاکستری | Mn <sub>5</sub>  | ۹٫۸             | ۷۰٫۸    | ۱۹٫۴    |

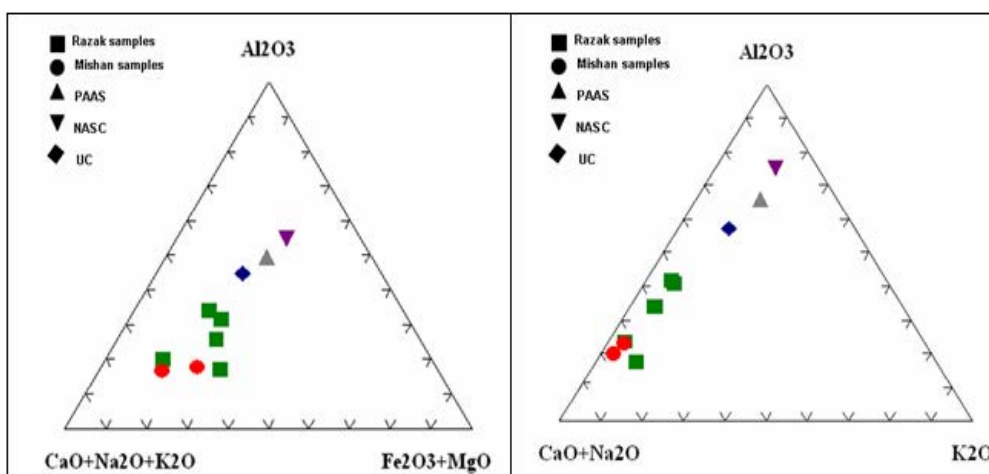


شکل ۹ همبستگی بین ایلیت و K<sub>2</sub>O (٪) نمونه های سازند رازک و میشان.

شکل ۸ رابطه K<sub>2</sub>O و Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (٪) نمونه های سازند رازک و میشان.



شکل ۱۰ تعیین نوع سنگ مادر با استفاده از نمودار  $TiO_2, Al_2O_3$  [۱۵].

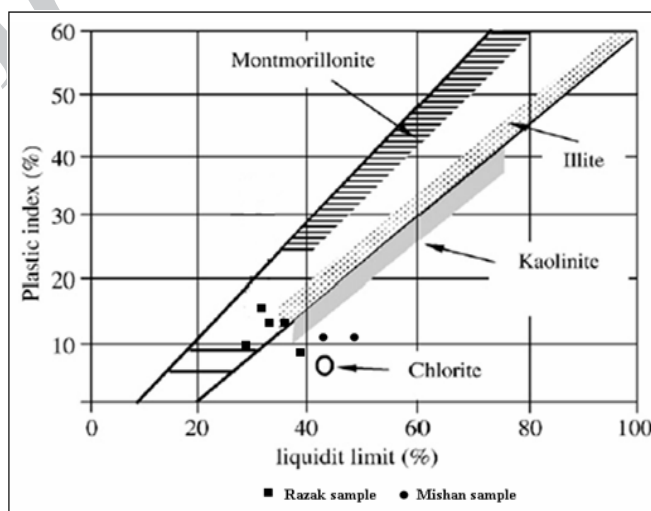


شکل ۱۱ نمودار A-CN-K مقایسه نمونه‌های رازک و شکل ۱۲ نمودار A-CN-K-FM مقایسه نمونه‌های رازک و میشان و نمونه‌های استاندارد UC، PAAS، NASC.

### برداشت

نتایج حد روانی و شاخص خمیری نمونه‌های دو سازند رازک و میشان و نمودار هولتز و کواکس (شکل ۱۳) و مقایسه‌ی آن‌ها با نتایج XRD، حضور کانی‌های رسی ایلیت و کلریت را تایید نمود. مومسانی نمونه‌ها پائین است و برای بالا بردن آن می‌توان از مواد آلی و بنتونیت‌های سدیم دار یا بالکی استفاده کرد. بیشترین میزان درصد ذرات در اندازه ماسه به KR10 و کمترین میزان به نمونه‌ی Mn<sub>5</sub> وابسته است. حضور درصد بالایی از ماسه در مواد تشکیل دهنده‌ی بدنه سرامیکی، می‌تواند اثرهای نامناسبی را برجای بگذارد [۱۲]. مارن‌ها به علت وجود کلسیم در آن‌ها نمی‌توانند در بدنه‌های متراکم به کار روند، ولی

این خاک‌ها به‌طور گسترده‌ای در ساخت سفالینه‌های آهکی و آجرها به کار می‌روند، زیرا در این موارد کلسیم موجود در مارن نه تنها ایجاد مزاحمت نمی‌کند بلکه به‌عنوان یک گدازآور، امتیازی برای مارن‌ها محسوب می‌شود. نمونه‌های این دو سازند به علت کربناتی بودن، برای ساخت کاشی دیوار مناسب است. برای بررسی دقیق‌تر این دو سازند از نظر کیفیت، بهتر است بخش‌های ژرف با استفاده از مغزه مورد بررسی قرار گیرند. این نمونه‌ها باید از بعضی جهات مانند اندازه‌ی ذرات و مومسانی و میزان بعضی عناصر تیمار شده بر روی آن بررسی دقیق‌تر و بیشتری انجام شود.



شکل ۱۳ موقعیت رس‌های بررسی شده روی نمودارهای Holtz and Kovacs [۱۲].

## مراجع

- [1] Taylor S.R., McLennan S.M., "The composition and evolution of the Continental Crust: Rare earth element evidence from sedimentary rocks", *Philos Trans. R. Soc. A* 30 (1981) 381-399.
- [2] Mahmoudi S., Srasra., Zargouni F., "The use of Tunisian Barremian clay in the traditional ceramic industry: Optimization of ceramic properties", *Applied Clay Science*, (2007), 125-129.
- [3] Prudencio M.I., Gouveia M.A., "REE distribution in present-day and ancient surface environment of basaltic rocks, central Portugal", *Clay Minerals*, 30(1995), 239-248.
- [4] Mahjoor A.S., Karimi M., Rastegarlar A., "Mineralogical and geochemical characteristics of clay deposits from South Abarkouh District of Clay Deposit (Central Iran) and Their Applications", *Journal of Applied Sciences*, 9 (4) (2009), 601-614.
- [5] Dohrmann R., "Cation exchange capacity methodology I: An efficient model for the detection of incorrect cation exchange capacity and exchangeable cation results", *Applied Clay Science*, (2006), 31-36.
- [6] Modesto C., Bernardin A.M., "Determination of clay plasticity: Indentation method versus Pfefferkorn method", *Applied Clay Science*, (2007), 1-5.
- [7] عندلیبی ع، یوسفی ت، " نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ کوار، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۳) برگ شماره ۶۵۴۸
- [8] Ekosse G., "Provenance of the Kgwakgwe kaolin deposit in Southeastern Botswana and its possible utilization", *Applied Clay Science*, 20 (2001), 137-152.
- [9] Taylor S.R., McLennan S.M., "The composition and evolution of the Continental Crust: Rare earth element evidence from sedimentary rocks", *Philos Trans. R. Soc. A* 30 (1981) 381-399.
- [10] Mahmoudi S., Srasra., Zargouni F., "The use of Tunisian Barremian clay in the traditional ceramic industry: Optimization of ceramic properties", *Applied Clay Science*, (2007), 125-129.
- [11] Prudencio M.I., Gouveia M.A., "REE distribution in present-day and ancient surface environment of basaltic rocks, central Portugal", *Clay Minerals*, 30(1995), 239-248.
- [12] Mahjoor A.S., Karimi M., Rastegarlar A., "Mineralogical and geochemical characteristics of clay deposits from South Abarkouh District of Clay Deposit (Central Iran) and Their Applications", *Journal of Applied Sciences*, 9 (4) (2009), 601-614.
- [13] Dohrmann R., "Cation exchange capacity methodology I: An efficient model for the detection of incorrect cation exchange capacity and exchangeable cation results", *Applied Clay Science*, (2006), 31-36.
- [14] Modesto C., Bernardin A.M., "Determination of clay plasticity: Indentation method versus Pfefferkorn method", *Applied Clay Science*, (2007), 1-5.
- [15] عندلیبی ع، یوسفی ت، " نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ کوار، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۳) برگ شماره ۶۵۴۸
- [16] Ekosse G., "Provenance of the Kgwakgwe kaolin deposit in Southeastern Botswana and its possible utilization", *Applied Clay Science*, 20 (2001), 137-152.
- [17] Sousa D.J.L., "Geochemical evolution of the Capim River Kaolin Northern Brazil", *Journal of Geochemical Exploration*, 88(2006), 329-331.
- [18] Awwiller D.N., "Geochronology and mass transfer in Gulf Coast mudrocks (south-center Texas, USA): Rb-Sr, Sm-Nd and REE systematics", *Chemical Geology*, Vol. 116(1994) 61-84.
- [19] Baioumy H.M., Gharraie M.H.M., "Characterization and origin of late Devonian illitic clay deposits southwestern Iran", *Applied Clay Science*, (2007), 318-324.
- [20] J.V. Lisboa, J.M.F. Carvalho, A. Oliveira, C. Carvalho, J. Grade, "A preliminary case study of potential ceramic raw materials in the Aileu area of Timor Leste", *Journal of Asian Earth Sciences*, (2006), 593-602.
- [21] رولینسون ه. ر، " کاربرد داده های ژئوشیمیایی"، ترجمه دکتر مرعف، دکتر مدبری، س. مرکز نشر دانشگاهی، تهران (۱۳۸۴).
- [22] تاگر م. "سنگ شناسی رسوبی"، ترجمه موسوی حرمی ر، محبوبی ا. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد (۱۳۷۳).
- [23] انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد (۱۳۷۳).
- [24] تاگر م. "سنگ شناسی رسوبی"، ترجمه موسوی حرمی ر، محبوبی ا. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد (۱۳۷۳).
- [25] رولینسون ه. ر، " کاربرد داده های ژئوشیمیایی"، ترجمه دکتر مرعف، دکتر مدبری، س. مرکز نشر دانشگاهی، تهران (۱۳۸۴).
- [26] Baioumy H.M., Gharraie M.H.M., "Characterization and origin of late Devonian illitic clay deposits southwestern Iran", *Applied Clay Science*, (2007), 318-324.
- [27] پیرنجم الدین کلیچه ح، " مطالعه کانی شناختی، زمین شیمی و وزن احتمالی کانسار خاک نسوز سمیرم"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز (۱۳۸۶). ۱۳۵ صفحه.
- [28] میسون ب. مر، کارلتون ب، " اصول زمین شیمیایی"، ترجمه دکتر مرعف، مهندس شرفی، ع. مرکز نشر دانشگاه شیراز (۱۳۷۱). ۵۶۶ صفحه.
- [29] Awwiller D.N., "Geochronology and mass transfer in Gulf Coast mudrocks (south-center Texas, USA): Rb-Sr, Sm-Nd and REE systematics", *Chemical Geology*, Vol. 116(1994) 61-84.
- [30] Sousa D.J.L., "Geochemical evolution of the Capim River Kaolin Northern Brazil", *Journal of Geochemical Exploration*, 88(2006), 329-331.