

## تأثیر هوازدهی واحدهای سنگی حوضه آبریز رونج در غنی شدگی رسوبات رودخانه

### به فلزات سنگین (شمال غرب تربت جام)

مجید اطاری\*، محمد خانه باد، اسداله محبوبی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

Email\*: otari\_ma@yahoo.com

#### چکیده

حوضه آبریز رونج واقع در ۲۰ کیلومتری تربت جام، بخشی از حوضه آبریز جامرود در خراسان رضوی است. مساحت حوضه آبریز رونج ۱۳۱ کیلومتر مربع بوده و به شکل کشیده می باشد. شاخص های هوازدهی نشان دهنده هوازدهی متوسط در ناحیه منشاء است. نتایج حاصله با شرایط آب و هوایی منطقه همخوانی دارد. بررسی مقدار شاخص تنوع ترکیبی در منطقه نشان داد که سنگ منشا در منطقه نارس و سر شار از کانی های سیلیکاته بوده و از نظر حمل رسوبات در چرخه اول قرار دارد. فاکتور غنی شدگی نشان داد، آرسنیک در منطقه از غلظت بالاتری برخوردار است. آرسنیک در ابتدای حوضه در بالاترین حد خود قرار دارد و در انتهای حوضه آبریز از غلظت آن کاسته می شود. بقیه عناصر در ناحیه فوق دارای غنی شدگی اندک تا بدون غنی شدگی می باشند. این امر منسوب به هوازدهی شیمیایی متوسط کانی ها و سنگ های منطقه می باشد. کلمات کلیدی: رودخانه رونج، شاخص غنی شدگی، شاخص های هوازدهی، تربت جام

## The effect of the rock units weathering of the Revenj catchment on the river sediments enrichment to heavy metals (NW Torbat-e Jam)

Majid Otari\*, Mohammad Khanebad, Asadollah Mahboubi

Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

E-mail\*: otari\_ma@yahoo.com

#### Abstract

Revenj catchment located at 20 km from Torbat-e Jam, is part of the Jamrud watershed in Razavi Khorasan. The total area of the Revenj Basin was 131 km<sup>2</sup> and is as elongate shape. The weathering indices shows moderately weathering in the source area. The results are consistent with the regional climate conditions. Investigation of Index of Compositional Variability (ICV) in the area showed that the source rock in the immature and rich of silicate minerals and is in the first cycle of sediment transport. The enrichment factor showed that arsenic was higher in the region. Arsenic (As) in the upstream and downstream is high and low, respectively. The other elements in the area range from non-enriched to slightly enriched. This is attributable to the medium chemical weathering of the minerals and rocks in the area.

**Keywords:** Revenj River, Enrichment Factor, Weathering indices, Torbat-e Jam

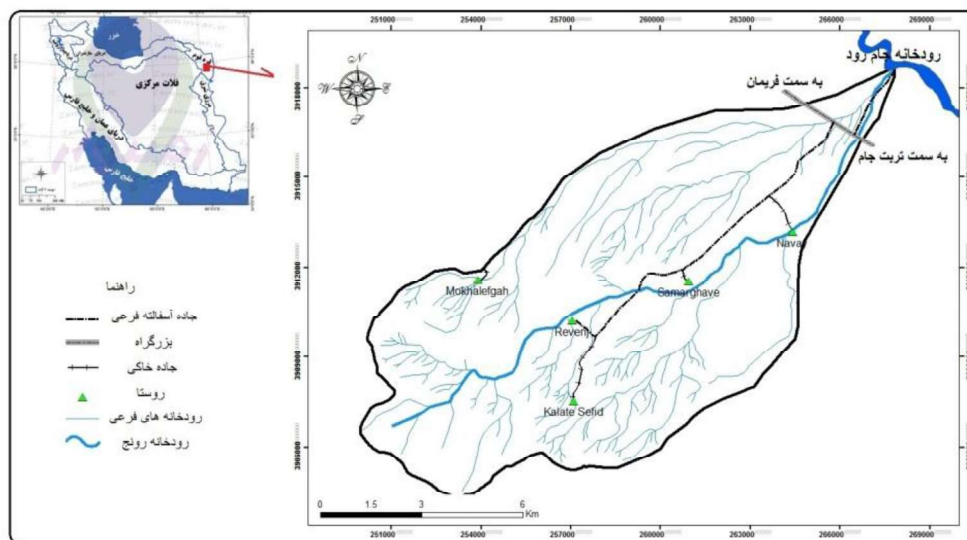
#### مقدمه

شاخص های شیمیایی هوازدهی، برای توصیف هوازدهی خاک و رسوبات به کار می روند (Price and Velbel, 2003). آلودگی های احتمالی توسط رسوبات رودخانه ها که به صورت بار معلق یا بار کف توسط آب رودخانه در سطح زمین پخش می شوند. از جمله مواردی که مورد توجه اغلب محققین می باشد، آلودگی ناشی از عناصر سنگین می باشد. پایداری زیاد عناصر سنگین در منابع آبی و رسوبات باعث ایجاد خطرات عمده در محیط زیست و سلامت انسان می شود (Singaram et al, 2006). تجمع بیش از اندازه آهن در خون باعث رسوبگذاری در رگ و افزایش بیماریهای قلبی می گردد (Altman, 1992). ورود آرسنیک از راه تنفس انواع سرطان های

نای و ریه را ایجاد می کند (حاج علیلو و وثوق، ۱۳۸۸). در این مقاله به بررسی نقش هوازدگی و فرسایش در پخش آلودگی رسوبات رودخانه رونج تربت جام به فلزات سنگین پرداخته شده است.

### فیزیوگرافی حوضه آبریز رونج

حوضه آبریز رونج با مختصات جغرافیایی ۲۵۸۹۳۳ شرقی و ۳۹۱۱۸۲۱ غربی واقع در ۲۰ کیلومتری تربت جام در شمال شرق ایران می باشد. حوضه آبریز فوق به عنوان بخشی از حوضه جامرود در خراسان رضوی می باشد. رودخانه رونج با طول بیش از ۲۰ کیلومتر از ارتفاعات غربی منطقه شروع و در پست ترین نقطه دشت به جامرود منتهی میگردد. مساحت حوضه آبریز رونج ۱۳۱ کیلومتر مربع بوده و بر اساس تقسیم بندی های مختلف جزء حوضه های آبریز متوسط و بر اساس ضریب گراوولیوس (۱,۲۸) به شکل کشیده می باشد. بر اساس اطلاعات ایستگاه سینوپتیک تربت جام، حوضه آبریز رودخانه رونج در یک اقلیم گرم و خشک قرار گرفته که متوسط بارش سالیانه حدود ۱۶۷/۵ میلیمتر تعیین گردیده است (پرتال سازمان هواشناسی کشور). از دیدگاه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه از واحد های سنگی مختلفی منجمله سازند های رسوبی و ولکانیکی تشکیل شده است. مجموعه ولکانیسم در محدوده مورد مطالعه از مجموعه آندزیت، بازالت، تراکی آندزیت، توف و ایگنبریت تشکیل شده است (شهبواری علویجه، ۱۳۹۰). از واحد های رسوبی در منطقه می توان به سنگ آهک های سازند بهرام با سن دونین، دولومیت و دولومیت های آهکی، ماسه سنگ ها و شیل های سازند شمشک با سن ژوراسیک اشاره کرد. مسیر دسترسی به حوضه آبریز فوق از طریق بزرگراه فریمان- تربت جام می باشد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز رونج در شمال شرق ایران

### روش مطالعه

هدف از این مطالعه بررسی نقش هوازدگی در پراکنش آلودگی عناصر سنگین در منطقه مورد مطالعه می باشد. برای این منظور ۱۵ نمونه از رسوبات بستر رودخانه رونج در شهریور ماه ۱۳۹۸ انجام پذیرفت. نمونه ها به آزمایشگاه رسوب شناسی دانشگاه فردوسی انتقال و پس از خشک شدن توسط شیکر طبقه بندی گردید. رسوبات الک ۱,۵ فی جهت آنلیز ICP-MS (پلاسمای القایی -

اسپکترومتری جرمی) و XRF به آزمایشگاه زر آزما تهران انتقال داده شد. نتایج حاصله در جدول ۱ نشان داده شده است. به منظور پردازش اطلاعات از شاخص های هوازدهی، تولید رسوب و شاخص های غنی شدگی استفاده گردیده است.

جدول ۱- نتایج حاصل از آنالیز نمونه های رسوب منطقه (غلظت عناصر بر حسب ppm و اکسیدهای اصلی بر حسب درصد وزنی)

Sample	Na <sub>2</sub> O	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	As	Cd	Co	Cr	Fe	Ni	Pb	V	Al
S2	0.5	2.18	7	0.67	64.58	2.59	2.44	12.26	33.4	0.3	13	94	46774	37	45	98	60913
S7	1.55	1.68	6.56	0.86	66.83	2.73	0.76	14.31	18.5	0.1	16.2	82	46312	50	23	145	74013
S8	1.6	1.88	6.82	0.89	65.95	2.73	1.13	14.18	22.6	0.1	16.1	86	47667	43	24	119	72321
S10	1.94	1.68	5.28	0.71	68.2	2.72	1.06	14.03	11.7	0.1	13.3	59	39689	36	18	99	71667
S12	2.41	1.57	5.29	0.69	68.79	2.74	1.2	13.8	13.4	0.1	13.4	50	38836	36	15	110	69304
S14	2.31	1.73	7.07	0.87	66.63	2.76	1.59	13.09	18.1	0.2	16.5	114	46216	33	30	128	63408
S16	2.49	1.78	6.02	0.74	67.62	2.71	1.57	13.48	10.1	0.1	13.7	57	42194	34	22	121	68036
S18	2.67	1.65	5.75	0.75	67.25	2.85	2.02	13.87	12.5	0.1	14.2	70	38185	28	29	115	70343
S20	2.88	1.88	6.53	0.82	64.52	2.64	2.96	14.46	14.6	0.1	15.4	96	41715	30	28	141	71228
S22	2.37	1.61	7.11	0.89	66.89	2.73	1.29	13.49	6.6	0.1	15.4	100	44507	29	17	147	72953
S24	3.03	2.14	6.62	0.82	62.77	2.47	3.61	15.23	19	0.1	16	80	49861	35	25	155	68296
S26	2.89	2.2	7.72	0.92	62.37	2.36	3.47	14.56	12.7	0.1	17.4	126	51362	32	25	180	71160
S28	3.06	1.95	6.05	0.78	64.39	2.5	3.31	15.02	5.5	0.1	13.5	85	41354	27	15	118	74059
S30	2.76	2.14	10.77	1.23	60.2	2.26	3.26	14.25	14.6	0.1	21.6	212	69820	36	31	245	71139
S32	3.03	1.9	6.28	0.75	64.47	2.58	3.31	14.65	13.3	0.2	14.6	85	38712	31	39	130	65698
میانگین عناصر در پوسته زمین	*	*	*	*	*	*	*	*	1.8	0.2	25	102	41000	50	12.5	120	82300

### بحث و نتیجه گیری

فرایند هوازدهی یکی از مکانیسم های اولیه است که چرخه مواد در سطح زمین را کنترل نموده و ترکیبی از فرایندهای فیزیکی و واکنش های شیمیایی است که کانی های اولیه را به شکل پایدار تبدیل می کند (یوسفی فرد و همکاران، ۱۳۹۲). برای محاسبه شاخص های هوازدهی در خاک ها و رسوبات سطحی از نسبت روکستون (Ruxton)، شاخص آلتراسیون (CIA)، شاخص هوازدهی (CIW)، شاخص آلتراسیون پلاژیوکلاز (PIA) و شاخص تنوع ترکیبی (ICV) استفاده می شود. روکستون در سال ۱۹۶۸ یک نسبت همبستگی ساده بین دو عنصر را بیان کرد (Ruxton, 1968). نسبت روکستون (R) از هوازدهی سنگ بستر اسیدی تا حد واسط باعث هوازدهی کائولن یا آلوفان می شود (Chittleborough, 1991). برای تعیین میزان هوازدهی شیمیایی، از شاخص شیمیایی آلتراسیون (CIA) استفاده شده است. این شاخص معیاری برای مقدار تبدیل فلدسپار ها به رس ها استفاده می شود (Nesbitt and Young, 1982). شاخص شیمیایی هوازدهی (CIW) توسط هارنویس و موری در سال ۱۹۸۸ معرفی گردید (Harnois and Moore, 1988). این شاخص همانند شاخص CIA معیاری برای مقدار تبدیل فلدسپار به رس ها است (Nesbitt and Young, 1982). شاخص آلتراسیون پلاژیوکلاز (PIA) در سال ۱۹۹۵ توسط فیدو و همکاران پیشنهاد گردید (Fedo et al, 1995). آنها شاخص فوق جهت جایگزین برای CIW ارائه دادند. به منظور تعیین ارتباط بین هوازدهی و تنوع ترکیب سنگ ها از شاخص ICV استفاده می شود (Potter et al., 2005). از شاخص ICV میتوان جهت شناسایی و تفکیک منبع انواع سنگ ها بر اساس ژئوشیمی عناصر استفاده کرد (Valiani and Rezaee, 2014). مقدار اندیس ICV با هوازدهی رابطه معکوس دارد، یعنی افزایش ICV برابر با کاهش هوازدهی می باشد. اگر مقدار

اندیس ICV بزرگتر از ۱ باشد، شاخص هواز دگی سنگ منشاء نارس و سرشار از کانی های سیلیکاته و عاری از رس می باشد و هرچه مقدار ICV کمتر از ۱ باشد سنگ منشاء رسیده و بالغ است (Cox et al., 1995). روش محاسبه شاخص های فوق در جدول ۲ نشان داده شده است. شاخص هواز دگی برای رسوبات منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۲). مقدار شاخص آلتراسیون (CIA)، (CIW) و شاخص آلتراسیون پلاژیوکلاز (PIA) بین ۵۰ تا ۱۰۰ قرار گرفته است. مقدار نسبت روکستون (Ruxton) در رسوبات منطقه مورد مطالعه نزدیک به صفر بدست آمده است. لذا بر اساس نتایج فوق هواز دگی در ناحیه منشاء در زمره هواز دگی متوسط قرار داد. نتایج حاصله با شرایط آب و هوایی منطقه همخوانی دارد. مقدار اندیس ICV در منطقه برابر ۱,۱۸ بدست آمد. با توجه به اینکه مقدار اندیس ICV بزرگتر از ۱ بدست آمده لذا سنگ منشا در منطقه نارس و سرشار از کانی های سیلیکاته می باشد و از نظر حمل رسوبات در چرخه اول قرار دارد.

شاخص	فرمول	مقدار بهینه غیرهوازده	مقدار بهینه هوازده	روند ایده آل	نتایج حاصل از ارزیابی هواز دگی رسوبات منطقه
CIA	$100 * Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)$	$\leq 50$	۱۰۰	مثبت	۶۶,۴۳
CIW	$100 * Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O)$	$\leq 50$	۱۰۰	مثبت	۷۶,۰۲
PIA	$100 * (Al_2O_3 - K_2O) / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O - K_2O)$	$\leq 50$	۱۰۰	مثبت	۷۲,۱۳
R	$SiO_2 / Al_2O_3$	$100 >$	0	منفی	۴,۶۷
ICV	$(Fe_2O_3 + K_2O + Na_2O + CaO + MgO + TiO_2) / Al_2O_3$	*	*	*	۱,۱۸

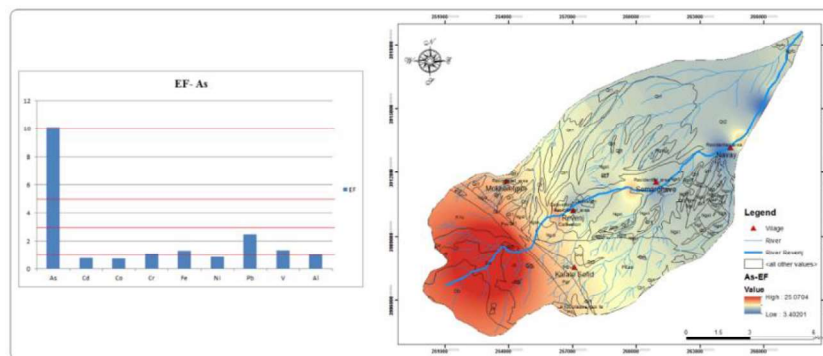
فاکتور غنی شدگی عناصر بیانگر میزان تاثیر عامل خارجی بر رسوبات میباشد (Zhang, 2009). در این فاکتور غلظت عناصر نمونه را با غلظت آن عنصر در نمونه زمینه مقایسه میکنند. ضریب غنی شدگی طبق روش زیر محاسبه میگردد (Loska et al, 1995).

$$EF = \frac{\frac{C_{x1}}{C_{ref1}} \text{ sample}}{\frac{C_{x2}}{C_{ref2}} \text{ background}}$$

در این رابطه، EF، فاکتور غنی شدگی،  $C_{x1}$  غلظت عنصر مورد بررسی،  $C_{ref1}$  غلظت عنصر مبنا (Al)،  $C_{x2}$  غلظت عنصر در محیط مبنا (پوسته زمین)،  $C_{ref2}$  غلظت عنصر مبنا (Al) در محیط مبنا می باشد. در رابطه فوق از میانگین غلظت عناصر در پوسته زمین استفاده می شود (Ghasemi et al, 2014). میزان غنی شدگی عناصر سنگین در رسوبات منطقه مورد مطالعه بدست آمد (شکل ۲). آرسنیک در منطقه از غنی شدگی بالایی برخوردار می باشد. میانگین عددی غنی شدگی در رابطه فوق در حدود ۱۱ بدست آمد (شکل ۲). نقشه پهنه بندی غلظت آرسنیک در حوضه ابریز رونج نشان داد، در ابتدای حوضه غلظت آرسنیک در بالاترین حد خود قرار دارد و در انتهای حوضه ابریز از غلظت آرسنیک کاسته می شود. وجود اکسیدها و هیدروکسید های آهن نقش مهمی در جذب آرسنیک در محیط دارد (Ghasemi et al, 2014). پایین بودن غلظت آرسنیک در پایین دست حوضه را میتوان منسوب به افزایش غلظت آهن در ناحیه فوق دانست. باقی عناصر در ناحیه فوق از بدون غنی شدگی تا غنی شدگی اندک می باشد. این امر منسوب به هواز دگی شیمیایی کانی ها و سنگ های منطقه می باشد.

جدول ۲- طبقه بندی فاکتور غنی شدگی (Chen et al, 2007)

شدت غنی شدگی	بدون غنی شدگی	اندک	متوسط	نسبتا شدید	شدید	خیلی شدید	بینهایت شدید
فاکتور غنی شدگی EF	کمتر از ۱	بین ۱ تا ۳	بین ۳ تا ۵	بین ۵ تا ۱۰	بین ۱۰ تا ۲۵	بین ۲۵ تا ۵۰	بیشتر از ۵۰



شکل ۲- نمودار فاکتور غنی شدگی آرسنیک و نقشه پهنه بندی آرسنیک در رسوبات رودخانه رونج

### منابع

- شهسواری علویجه، ب.، ۱۳۹۰، بررسی پترولوژیکی و ژئوشیمیایی سنگهای ولکانیکی پالئوسن \_ ائوسن منطقه رونج واقع در جنوب شرق فریمان (جنوب شرقی مشهد)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۶۱ صفحه.
- حاج علیلو، ب، وثوق ، ب.، ۱۳۸۸، زمین شناسی پزشکی ، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۵۵ صفحه.
- یوسفی فرد، م، ایوبی، ش، جلالیان، ا.، ۱۳۹۲، شدت هوادیدگی و بررسی شاخص های آن در خاک های توسعه یافته روی چند سنگ آذرین در شمال غرب ایران، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۷، شماره ۲، دانشگاه فردوسی مشهد.
- Altman, L., 1992. High levels of iron are tied to an increased risk of heart disease, The New York times, sept8.
- Chittleborough, D.J., 1991. Indices of weathering for soils and paleosols formed on silicate rocks. Australian Journal of Earth Sciences 38, 115-120.
- Chen, C., Kao, C., Chen, F., Dong, D., 2007. Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Kaohsiung Harbor, Taiwan. Chemosphere 66:1431-1440.
- Cox, R., Lowe, D.R., Cullers, R.L., 1995. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States. Geochimica et Cosmochimica Acta, 59(14), 2919-2940.
- Fedo, C.M., Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1995. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance. Geology 23, 921-924.
- Ghasemi, A., Razmara, M., Nazari, E., Nematollahi, M. J., & Borabadi, R., 2014. Hydrological and geochemical processes controlling the origin and transport of Arsenic in the Pangji area (NW Torbat Hydarieh, Iran). Journal of Middle East Applied Science and Technology (JMEAST), 1 (2): 19-24pp
- Harnois, L., Moore, J.M., 1988. Geochemistry and origin of the Ore Chimney Formation. A Transported Paleoregolith in the Grenville Province of Southeastern Ontario, Canada. Chemical Geology 69, 267-289.
- Loska, K., Chebual, J., Pleczar, J., Wiechla, D., Kwapulinski, J., 1995. Use of environment and contamination factors together with geoaccumulation indexes to elevate the content of Cd, Cu and Ni in the Rybink water reservoir in Poland" Water, Air and Soil pollution, 93, pp: 347-365.
- Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. Nature 299, 715-717.
- Price, J.Rr., Velbel, M.A., 2003. Chemical weathering indices applied to weathering profiles developed on heterogeneous felsic metamorphic parent rocks, Chemical Geology, 202,397-416
- Ruxton, B.P., 1968. Measures of the degree of chemical weathering of rocks. Journal of Geology 76, 518-527.
- Potter, P.E., Maynard, J.B., Depetris, P.J., 2005. Mud and Mudstone: Introduction and overview. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 297pp.
- Singaram, P., Lalsuna, K., Mahimairaja, S., 2006. Metal contamination in urban soil – water environment and remediation strategies. 18th world congress of soil science July 9-15, Philadelphia.
- Valiani, Z., Rezaee, P., 2014. Chemical Characteristics, Provenance Determination and Genesis Conditions of Clay Deposits of Kahrizak Formation (Early-Late Pleistocene), East of Tehran, Iran. GSTF International Journal of Geological Sciences, 1(2), 15-22.
- Zhang, W., 2009. Heavy metal contamination in surface sediments of Yangtze River intertidal zone, An assessment from different indexes, Environmental Pollution Vol.1-11.