



## بررسی منشاء آب های زیرزمینی ورودی به پیت ۱ معدن سنگ آهن گل گهر

حسین حیدری نژاد قاسم آبادی، مهدی زارعی

۱- کارشناس ارشد هیدروژئولوژی علوم زمین دانشگاه شیراز

۴- استادیار بخش علوم زمین دانشگاه شیراز

heidari\_msc@yahoo.com

zareim@shirazu.ac.ir

### خلاصه

پیت ۱ معدن سنگ آهن گل گهر در حال حاضر مورد هجوم حجم قابل توجهی از آب زیرزمینی قرار گرفته است. کفه خیرآباد، در فاصله ۱۳ کیلومتری شمال معدن به عنوان منبع احتمالی آب نفوذی به پیت ۱ در نظر گرفته می شود. هدف اصلی این پژوهش بررسی منشاء آب ورودی به معدن گل گهر با استفاده از تکنیک های هیدروشیمی و ایزوتوپی است. نمونه برداری و آنالیز ترکیبات اصلی و فرعی ۳۵ نمونه آب های سطحی و زیرزمینی، اکسیژن-۱۸ و دوتریوم در ۲۱ نمونه آب و تریتیوم در ۳ نمونه انجام شده است. نتایج حاصل از تحقیقات شیمیایی و ایزوتوپی دو منبع آب با منشاء های متفاوت را تایید می کنند. ترکیبات شیمیایی (شوری بالا، پایین بودن نسبت های  $Br/Cl$  و  $Na/Cl$ ) و ردیاب ایزوتوپی (یک تغییر مثبت  $\delta^{18}O$  و تریتیوم آزاد آب) منبع احتمالی آب نفوذی به پیت ۱ معدن گل گهر را از آبهای شور حوضه های عمیق پیشنهاد می کند.

**کلمات کلیدی:** معدن گل گهر، هیدروشیمی، ایزوتوپی، تریتیوم، تعیین منشاء آب

### مقدمه

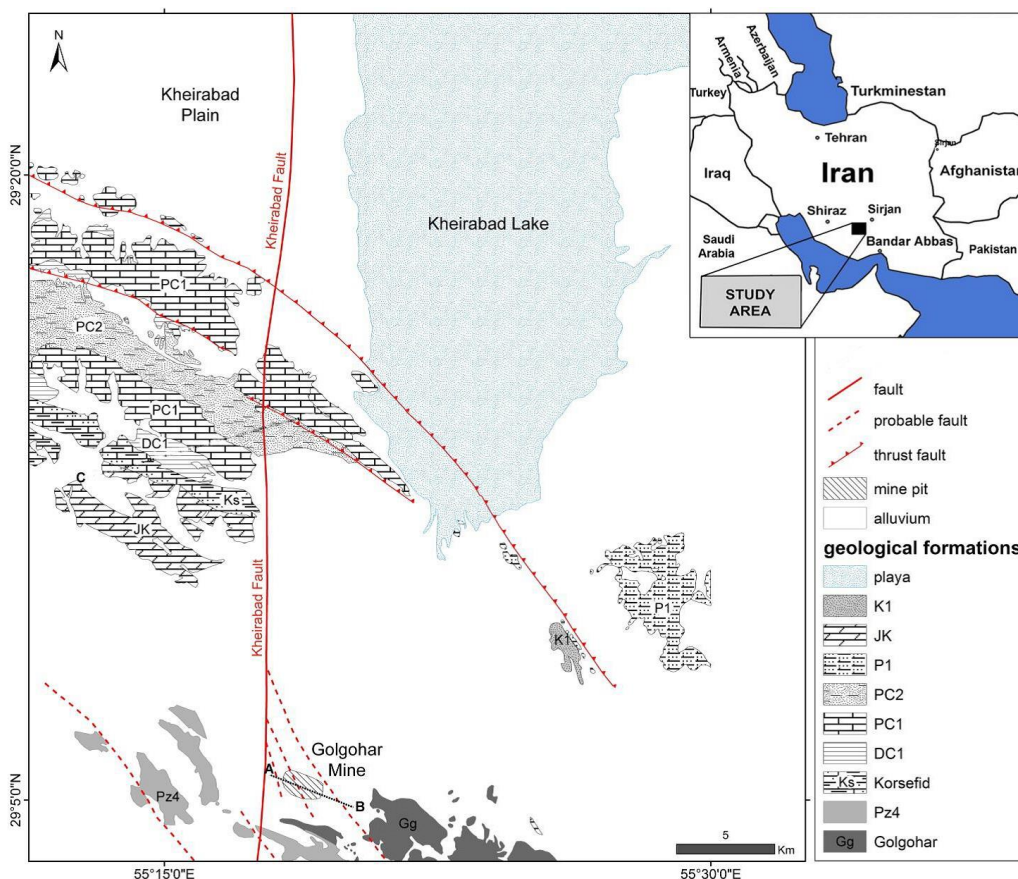
وجود آب در معادن روباز یکی از مشکلات مهمی است که به عنوان یک مانع فیزیکی در برابر عملیات استخراج به حساب می آید. آب همچنین از نظر اقتصادی تاثیر منفی در عملیات استخراج داشته و یک عامل مهم در آلودگی محیط زیست در محدوده معدن می باشد (بوستان زر، ۱۳۸۹). یکی از منشأ های محتمل آب زیرزمینی ورودی به معدن گل گهر، کفه خیرآباد در فاصله ۱۳ کیلومتری شمال شرق معدن می باشد. حفر گودال معدن سبب شده است که گرادیان هیدرولیکی آب زیرزمینی که قبل از حفاری از محل معدن گل گهر به سمت کفه خیرآباد بوده، معکوس گردد و جریان آب زیرزمینی از کفه خیرآباد به سمت معدن تغییر نماید. با توجه به اینکه حد فاصل کفه خیرآباد تا معدن شماره ۱ گل گهر را زمین های آبرفتی تشکیل داده است، امکان جریان آب زیرزمینی از طریق آبرفت به سمت معدن وجود دارد. بعلاوه وجود گسل های متعدد در اطراف معدن از جمله گسل خیرآباد-گل گهر احتمال جریان آب از کفه خیرآباد به سمت معدن را دوچندان می نماید. در زمینه تعیین منشاء آب زیرزمینی نیز مطالعات متعددی در ایران انجام شده است. (Zarei and Raeisi (2011 با تلفیق تکنیک های هیدروژئولوژیکی، هیدروشیمیایی و ایزوتوپی مدل جریان را در آبخوانهای آبرفتی و کارستی منطقه فیروزآباد مطالعه نمودند. همچنین صحرایی و سامانی (۲۰۱۲) بر روی تکامل آب ورودی به معدن مس سرچشمه مطالعه نمودند. هدف این تحقیق بررسی منشاء آب ورودی به معدن گل گهر است. شناسایی منشأ آب ورودی به گودال معدن می تواند در حل مشکل و ایجاد راهکار مناسب طراحی سیستم بهینه زهکشی جهت کاهش حجم آب ورودی به معدن کمک شایانی نماید.

### موقعیت جغرافیای و زمین شناسی منطقه

معدن سنگ آهن گل گهر در استان کرمان، در محدوده طول های جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی و عرض های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۷ دقیقه شمالی واقع شده است. نزدیک ترین شهر به آن سیرجان می باشد. کفه ی نمکی خیرآباد در موقعیت جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی در استان کرمان (شهرستان سیرجان) واقع شده است. کفه نمکی سیرجان

در فاصله ۳۰ کیلومتری غرب شهر سیرجان واقع در استان کرمان می‌باشد. سطح آب زیرزمینی در این کفه در نزدیکی سطح زمین و در تراز ۱۶۹۱ از سطح دریا قرار دارد و میزان تبخیر در آن بالا می‌باشد.

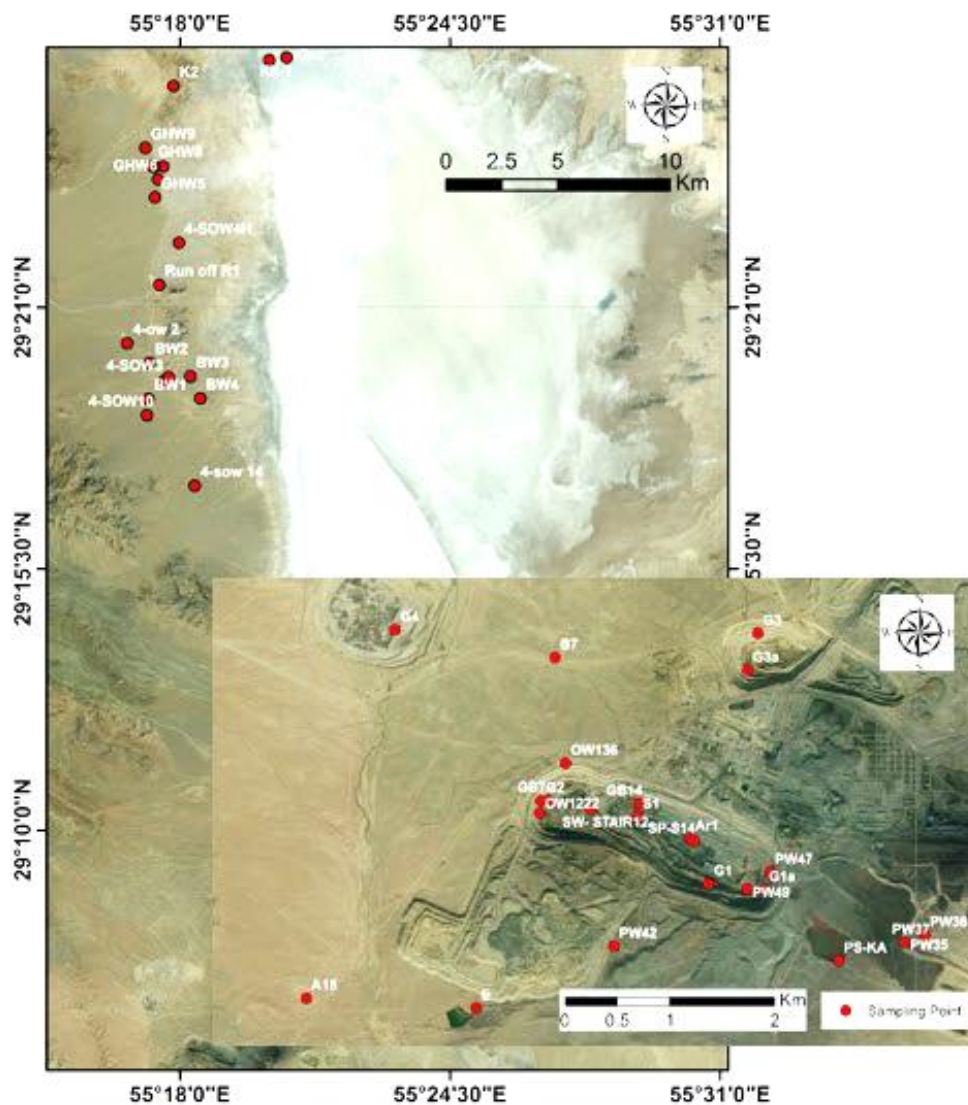
ناحیه معدنی گل گهر در لبه شمال شرقی زون سندج - سیرجان و لبه فرو افتادگی نمکزار کفه خیرآباد، که خود در حد فاصل زون سندج- سیرجان و کمربند آتش فشانی ارومیه دختر به وجود آمده، قرار گرفته است. این منطقه دارای ساختار بسیار پیچیده ای است به همین دلیل ساختار و نیز حوادث دگرشکلی و دگرگونی متعددی که در آن اتفاق افتاده سن یابی و ارتباط واحدها با یکدیگر مشکل می‌باشد. بیشتر منطقه از آبرفت‌های عهد حاضر پوشیده شده است و ارتفاعات معدودی که رخنمون دارند شامل سنگهای دگرگونی پالئوزوئیک در جنوب و جنوب غرب معدن و سنگهای رسوبی مزوزوئیک و سنوزوئیک در شرق معدن می‌باشند. بیرون زدگی رسوبات مزوزوئیک عمدتاً در شمال شرق معدن قابل مشاهده است (نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی کشور). نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است



شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

### روشها و مواد

در این مطالعه ۳۵ نمونه برای یونهای اصلی و عناصر کمیاب و فرعی، ۲۱ نمونه برای ایزوتوپ های پایدار اکسیژن ۱۸ و دوتریم و سه نمونه برای تریتیم برداشت شده است. شکل (۲) نقاط نمونه برداری را نشان می‌دهد. نتایج آنالیز یونهای اصلی و فرعی در جدول ۱ مشاهده می‌شود.



شکل ۲- نقشه توزیع محلهای نمونه برداری

### بحث و نتایج

در این بخش مشاء آب بیت ۱ معدن گل گهر با تکنیک های هیدروشیمی و ایزوتوپی مورد بررسی قرار می گیرد.

### تیپ آبها

نمودار استیف نمونه ها با هدف تفکیک هیدروشیمیایی نمونه ها برای تک تک نمونه های آنالیز شده به روش کروماتوگرافی یونی ترسیم گردید. بر اساس این دیاگرام ها و نسبت کاتیون و یونهای غالب نمونه ها به چهار تیپ کلروره-سدیک، کلروره-سدیک-کلسیک، کلروره کلسیک و بیکربناته- کلسیک طبقه بندی گردید که در شکل (۳) نقشه تیپ آبها نشان داده شده است.

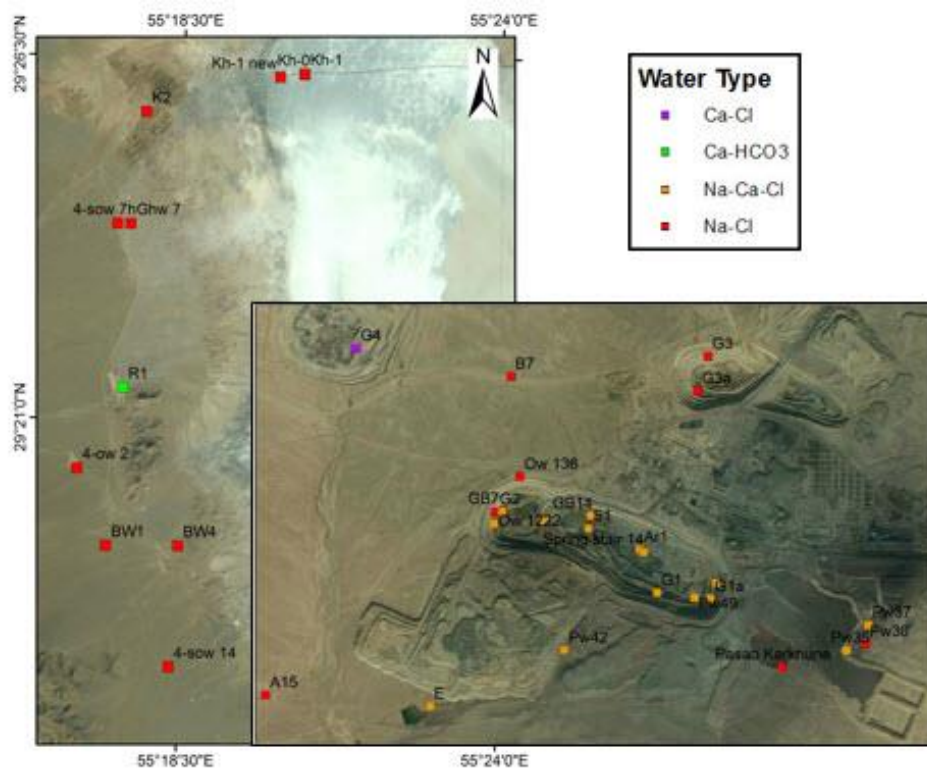


جدول ۱- نتایج آنالیز هیدروشیمی نمونه های ناحیه معدن و کفه نمکی

sample	Li-mg-l	Na-mg-l	K-mg-l	Ca2-mg-l	Mg2-mg-l	Cl-mg-l	Br-mg-l	SO42-mg-l	HCO3-mg-l
G1	0.38	2573.18	18.60	1887.20	391.56	6936.72	2.14	1303.27	122.72
G1a	0.47	2828.24	18.31	1939.63	418.91	6994.12	3.18	1812.07	112.42
G2	0.43	1310.81	7.62	558.54	172.12	2635.02	0.99	1029.91	85.77
G3	0.35	1507.88	9.12	954.41	311.95	3570.38	1.84	1067.13	141.20
G3a	0.32	1507.43	8.09	742.82	229.77	2850.58	1.03	1282.16	146.56
G4	0.41	1873.52	12.64	1930.37	826.96	7621.92	2.62	715.42	110.40
Pw35	0.64	4130.00	20.96	2466.13	508.25	9747.24	4.76	1664.83	147.36
Pw36	0.65	6656.77	28.02	3124.56	533.36	14530.91	5.15	1501.35	165.85
Pw37	0.55	3782.29	23.38	2579.41	364.99	9074.49	4.99	1422.87	233.72
Pw42	0.95	3234.52	18.05	2198.42	340.99	8626.77	2.27	1139.35	141.20
PW47	6.33	12794.82	71.75	9739.62	409.06	34945.55	16.08	931.54	215.24
Pw49	6.51	13083.82	59.71	9485.73	574.99	36423.42	20.65	846.73	153.53
A15	0.63	1411.48	8.53	699.83	224.59	3236.08	1.00	649.38	153.53
Sp- ST 14	15.73	25242.65	110.60	16526.38	699.51	62572.72	20.46	1082.54	91.95
Spring SI	11.45	17797.72	76.53	13020.32	638.39	47828.02	23.40	870.52	42.64
Ar1	14.87	20406.63	84.38	14315.09	371.69	53261.54	23.17	760.78	86.66
GB14	10.45	21399.72	102.75	14487.19	163.73	56177.53	28.19	333.78	48.80
GB7	16.92	21004.74	90.24	14465.94	343.22	52950.67	19.25	718.39	73.45
B7	0.64	1347.08	7.90	542.78	179.75	2376.36	0.95	965.14	295.33
Ow 136	0.46	1230.50	6.81	531.05	163.31	2326.26	0.92	950.60	159.69
Ow 1222	0.10	3523.44	18.24	2866.43	308.39	9557.57	6.42	606.66	196.75
Sw- ST 12	15.64	28621.00	202.40	19602.38	2653.63	81027.80	37.54	1442.33	233.72
Pa- Karkhune	0.83	3098.59	69.89	1832.16	507.00	7169.48	4.52	2067.39	128.88
E	5.73	10068.23	62.00	6986.05	500.64	26122.59	9.79	1246.45	85.77
BW1	0.02	307.37	1.75	86.01	28.09	400.71	0.20	191.56	258.36
BW4	0.53	2199.41	29.15	416.00	164.30	3625.28	0.10	730.50	227.56
Ghw 7	1.27	4326.95	47.66	1031.46	489.13	8906.31	0.20	850.16	165.85
K2	1.49	4661.46	47.37	1216.41	608.95	9329.41	0.20	1040.17	264.52
4-sow 14	0.08	314.09	5.62	51.21	18.76	401.86	0.02	59.12	283.01
4-ow 2	0.08	419.32	3.60	71.89	24.36	498.96	0.50	132.57	270.69
4-sow 7h	15.30	26144.74	308.06	3669.79	1600.50	47654.01	1.50	2080.86	258.36
Run off R1	0.01	4.93	2.07	24.86	1.81	5.77	0.01	9.44	73.33
Kh-1	27.84	101891.09	1843.15	8543.85	6751.67	182682.01	1.50	1643.84	45.56
Kh-1 new	24.72	97321.46	1886.22	8777.09	6861.33	185018.64	2.50	2167.41	52.32
Kh-0	22.16	106736.27	1712.75	8663.97	7091.68	194615.89	2.00	1632.44	42.64

جدول ۲- نتایج تریتیوم

Sample name	Tritium( <sup>3</sup> H)
GB7	<0.4
G2	<0.3
PW47	<0.4

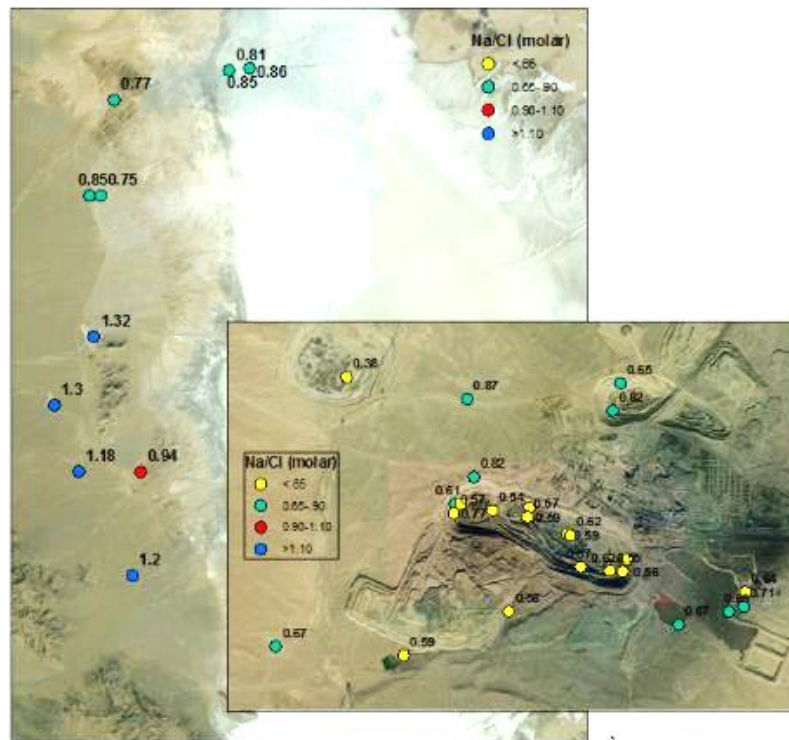


شکل ۳- تیپ آبهای منطقه مورد مطالعه

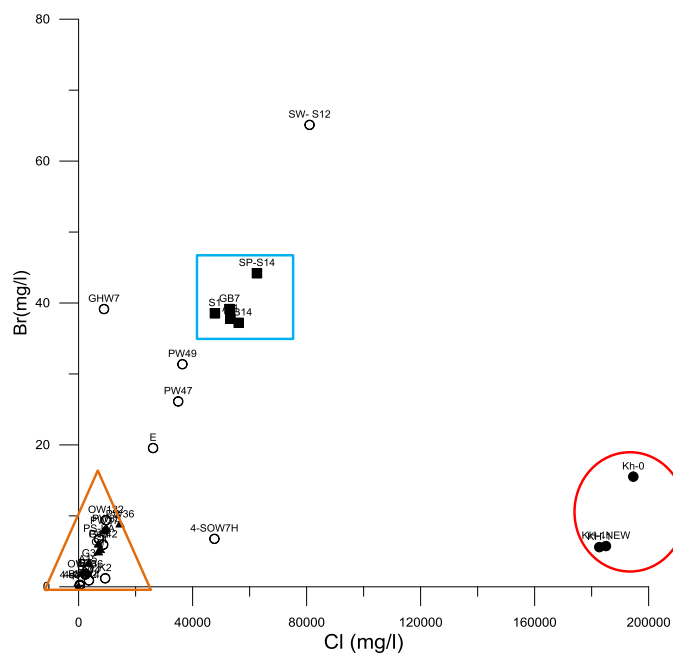
### بررسی ارتباط کفه با پیت ۱ از نظر هیدروشیمی

بر اساس نقشه نسبت Na/Cl برای نمونه‌ها مختلف شکل (۴) و نمودار دوتایی نسبت Br در برابر Cl در شکل (۵) و همینطور دیگرام مثلی شکل (۶) در منطقه ۳ گروه آب تشخیص داده شد. که هر کدام منشاء متفاوتی را نشان می‌دهند. این سه گروه مختلف آب عبارتند از:

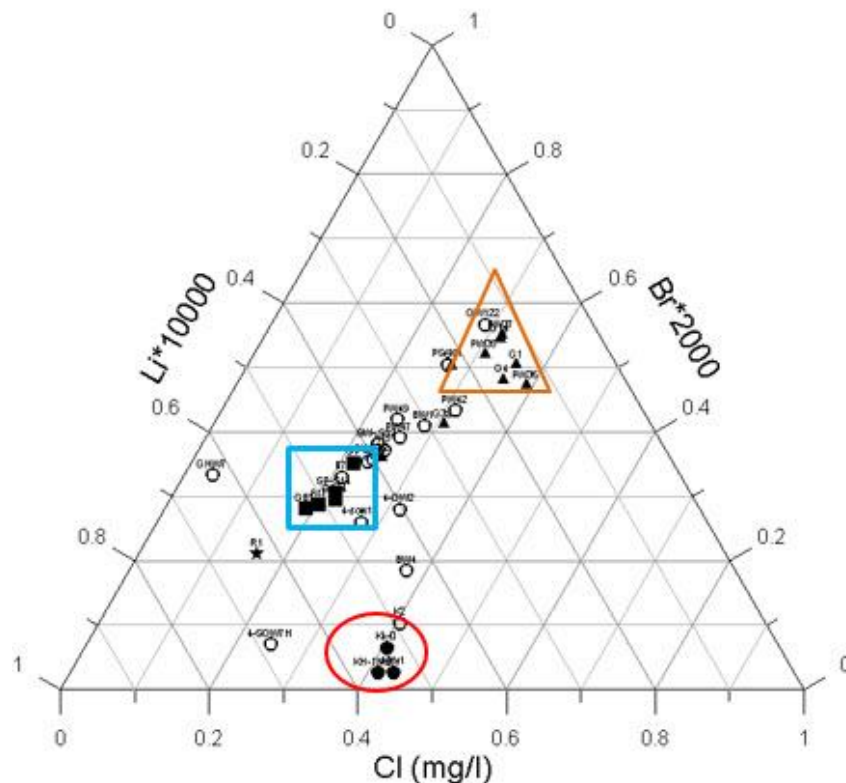
- ♣ گروه ۱- آب‌های شور کفه نمکی خیرآباد (دایره توپر) در نمودار های دوتایی و مثلی.
- ♣ گروه ۲- آب‌های عمیق ناحیه معدن (مربع توپر) در نمودار های دوتایی و مثلی.
- ♣ گروه ۳- آب‌های آبرفتی (مثلث توپر) در نمودار های دوتایی و مثلی.



شکل ۴- نسبت Na/Cl در محدوده معدن و کف نمکی خیرآباد



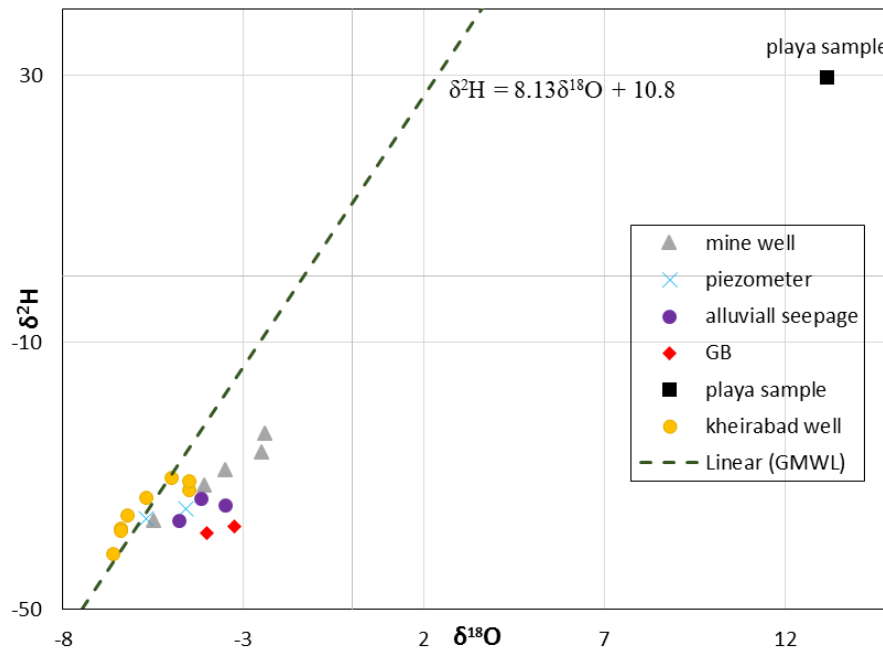
شکل ۵- نمودار Br در مقابل Cl



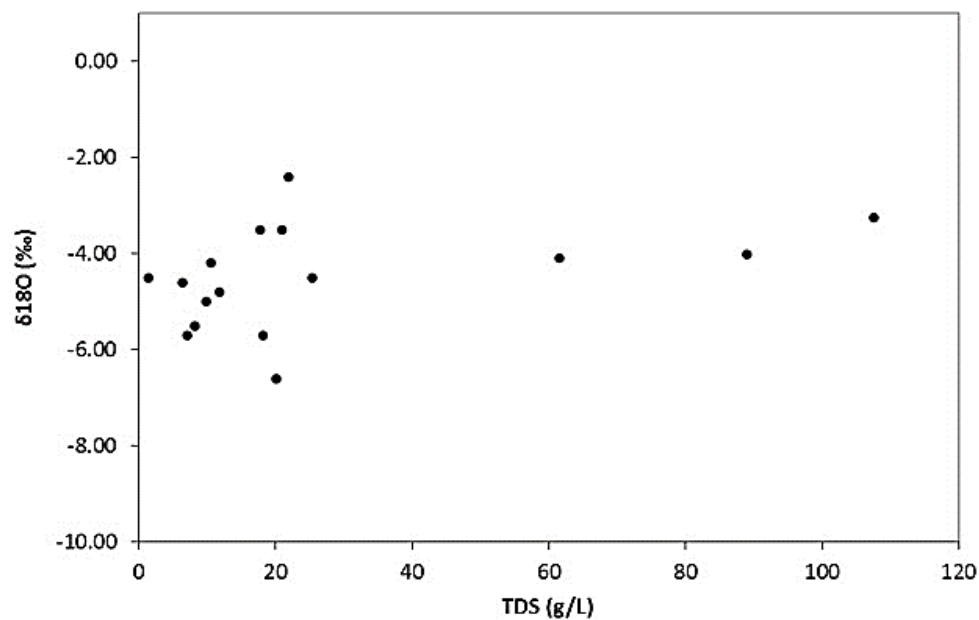
شکل ۶- دیاگرام مثلثی، Cl - Li - Br

### بررسی ارتباط هیدرولیکی کفه با پیت ۱ از نظر ایزوتوپی

شکل (۷) دیاگرام اکسیژن-۱۸ در مقابل دوتریوم را نشان می‌دهد. همانطور که در این دیاگرام مشاهده می‌شود نمونه مربوط به آب شورابه کفه خیرآباد با غنی شدگی زیاد نسبت به سایر نمونه‌ها و با اکسیژن-۱۸ برابر ۱۳/۱۵ و دوتریوم برابر با ۲۹/۷ از سایر نمونه‌ها جدا می‌شود. در این نمودار همچنین خطوط جوی جهانی (GMWL) ترسیم شده است. به طور کلی در این دیاگرام نمونه‌های گروه‌های مختلف قابل تفکیک نمی‌باشند اما کلیه نمونه‌های محدوده معدن چه نمونه‌های سازند سخت چه نمونه‌های آبرفت یک روند غنی شدگی نسبت به اکسیژن-۱۸ را در مقایسه با آبهای جوی نشان می‌دهند. در نگاه اول به نظر می‌رسد که غنی شدگی در این نمونه‌ها حاصل اختلاط با آب شور کفه خیرآباد باشد چرا که اکثر نمونه‌ها نزدیک به نمونه کفه خیرآباد پلات می‌شوند. به منظور بررسی این موضوع مقدار غنی شدگی اکسیژن-۱۸ با افزایش مقابل شوری مورد بررسی قرار گرفت. در صورتیکه غنی شدگی در نمونه‌ها حاصل اختلاط با شورابه کفه خیرآباد با کل املاح محلول ۳۴۲ گرم بر لیتر باشد انتظار می‌رود که با افزایش غنی شدگی در نمونه‌ها شوری نیز افزایش پیدا کند در صورتیکه چنین روندی در نمونه‌ها دیده نمی‌شود (شکل ۸). همچنین به منظور دست‌یابی به اطمینان بیشتر در مرحله بعد با فرض اختلاط آب کفه خیرآباد با آبهای محدوده معدن درصد اختلاط آب شور کفه در هر یک از جاهها با استفاده از نرم افزار PhreeqC و بر اساس معادلات بیلان جرمی کلر محاسبه گردید، یکبار نیز درصد اختلاط بر اساس بیلان جرمی اکسیژن-۱۸ محاسبه شد، مقایسه مقادیر محاسبه شده از این دو روش نیز تفاوت قابل ملاحظه‌ای با هم دارند که تایید کننده عدم اختلاط آب شور کفه با آبهای محدوده معدن می‌باشد (شکل ۹). در ضمن نتایج تریتیوم هر سه نمونه (جدول ۲) نشان دهنده میزان بسیار پایین تریتیوم در آبهای پیت ۱ معدن است که بالا بودن سن این آبها و عدم ارتباط آب معدن با کفه خیرآباد را تایید می‌کند.

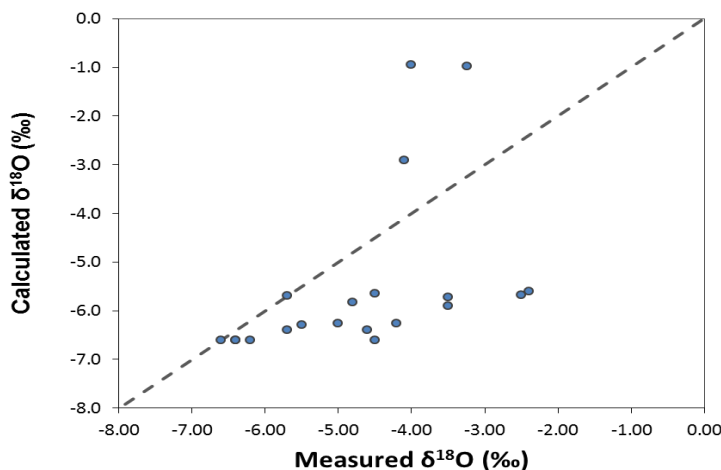


شکل ۷- نمودار  $\delta^2\text{H}$  و  $\delta^{18}\text{O}$  برای نمونه‌هایی انتخاب شده از محدوده پیت-۱ و کفه خیرآباد



شکل ۸- غلظت اکسیژن-۱۸ در مقابل کل املاح محلول





شکل ۹- مقایسه ترکیب ایزوتوپی اکسیژن-۱۸ واقعی نمونه‌های (اندازه گیری شده در آزمایشگاه) با اکسیژن-۱۸ مورد انتظار بر اساس اختلاط نمونه‌های با آب شور کفه خیرآباد (محور عمودی)

### نتیجه گیری

منشاء آب نفوذی به پیت ۱ معدن سنگ آهن گل گهر با استفاده از تکنیک های هیدروشیمی و ایزوتوپی بررسی شده است. تحقیقات هیدروشیمی نمونه های آب تفاوت معنی داری بین ترکیبات شیمیایی نمونه های آب کفه خیرآباد و آب های زیرزمینی پیت ۱ معدن نشان می دهد. نتایج حاصل از ایزوتوپ پایدار اکسیژن-۱۸ و دوتریوم نمونه های آب کفه خیرآباد و آب های زیرزمینی پیت ۱ معدن منشاء های متفاوت آب این دو منطقه را تایید می کند. بر اساس نسبت  $Na/Cl$  برای نمونه‌ها مختلف و نمودار دوتایی نسبت  $Br$  در برابر  $Cl$  و همینطور دیاگرام مثلثی، در پیت ۱ معدن سنگ آهن گل گهر ۲ گروه آب تشخیص داده شد. این دو گروه آب عبارتند از:

♣ گروه-۱ آب های عمیق ناحیه معدن که دارای منشاء آب حوضه عمیق نفوذی از کف پیت است.

♣ گروه-۲ آب های آبرفتی که ترکیبی از آب های عمیق و آب آبخوان محدوده پیت ۱ معدن گل گهر می باشد.

بررسی مشخصات شیمیایی و ایزوتوپی آب نفوذی به معدن گل گهر پیشنهاد می کند که محتمل ترین منبع آب نفوذی به پیت ۱ معدن، آب حوضه عمیق نفوذی از کف پیت است، که شواهد زیر این امر را تایید می کند:

- شوری آب تا به  $144.6 \text{ gr/li}$  و نسبت مولی بسیار پایین ( $Na/Cl < 0.65$ ) و نسبت وزن ( $Cl/Br < 3800$ ) که ویژگی های آب حوضه عمیق با زمان اقامت طولانی است.

- نمونه های آب منطقه پیت ۱ معدن مقدار کمی تریتوم دارند، که نشان دهنده سن بالای نمونه های آب پیت ۱ معدن و عدم ارتباط آنها با آب شور کفه نمکی خیرآباد است. با این حال برای تعیین سن دقیق آب های زیرزمینی منطقه گل گهر، توصیه می شود از رادیو ایزوتوپ های کربن-۱۴ و  $^{36}Cl$  در تحقیقات بیشتر استفاده شود.

### تقدیر و تشکر

از شرکت صنعتی و معدنی گل گهر جهت حمایت مالی این پژوهش سپاسگزاری می شود.



### مراجع

۱. بوستان زر، ح (۱۳۸۹). "تعیین خصوصیات ژئومکانیکی توده سنگ های معدن شماره یک گل گهر." پایان نامه کارشناسی ارشد، مهندسی معدن\_ استخراج. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب.

مهندسین مشاور کوشا معدن، (۱۳۸۵). "گزارش آبشناسی معدن گل گهر."

Sahraei, H and Samani. N. ( 2013). evaluation of the origin of groundwater in sarcheshmeh copper mine area. PH.D Thesis.

Zarei, M. and Raeisi, E. (2010). Conceptual modling of brine flow into aquifers adjacent to the konarsiah salt diapir. Iran.cave and karst science., Vol.37, No. 2.