

ویژگی های آب زمین شیمی چشمه های حوالی رامسر با نگرش ویژه بر کیفیت آنها از لحاظ شرب

سعید تاکی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان

نیکو شیروود عیسی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۲۱

taki_saeed2002@yahoo.com

چکیده

منطقه‌ی مورد مطالعه در غربی‌ترین بخش استان مازندران و در حوالی شهرستان رامسر واقع شده است. هدف از این تحقیق تشخیص خصوصیات هیدروژئوشیمیایی و تعیین کیفیت آب‌های ۵ چشمه منتخب در حوالی شهرستان رامسر جهت شرب است. در این پژوهش نمونه‌ها از لحاظ پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نظیر EC، TDS، pH، Eh، آنیون‌های اصلی و کاتیون‌ها و بعضی از عناصر کمیاب مورد ارزیابی قرار گرفتند. داده‌های حاصله توسط نرم افزار AqQA پردازش و نمودارهای مربوطه رسم شدند. پارامترهای فیزیکوشیمیایی چشمه‌ها با یکدیگر و نیز با استانداردهای WHO، ایران (۱۰۵۳)، شولر و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (US.EPA) مقایسه شدند. با استفاده از شاخص‌های مختلف نمونه‌ها مورد ارزیابی کیفی قرار گرفتند. چشمه کچانک از نوع (Si-HCO₃) است در حالی که چشمه‌های کتالم، ریش‌بازدره، نمکدره و گیاش از نوع (Si-Cl) می‌باشد. مقایسه چشمه‌ها نشان می‌دهد که مقدار شاخص فلزی (MI) و غلظت عناصر سنگین مثل نیکل، آرسنیک، سرب و کروم در چشمه کتالم نسبت به بقیه بالاتر است. هرچند که جهت شرب بعضی از چشمه‌ها از لحاظ منیزیم، کلسیم و pH در بازه مطلوب قرار نمی‌گیرند ولی تمامی چشمه‌های منطقه مورد مطالعه از لحاظ بقیه پارامترها در گروه خوب یا قابل قبول قرار دارند.

کلمات کلیدی: چشمه، رامسر، شرب، شاخص فلزی، فلزات سنگین

مقدمه

آب‌های زیرزمینی ترجیح داده شود (صداقت، ۱۳۸۷). عوامل متعددی در کیفیت آب زیرزمینی تأثیرگذار هستند که شناسایی و دسته‌بندی این عوامل در مدیریت و جلوگیری از کاهش کیفیت آب زیرزمینی ضروری است (Ahmed et al., 2007).

از نظر هیدروژئولوژی، سفره آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از نوع آزاد بوده و عمق سفره در دامنه ارتفاعات حداکثر ۲۲ متر و در نزدیک ساحل کمتر از یک متر می‌باشد. گرادیان سفره به سمت دریا بوده و در دشت رامسر رودخانه‌ها سفره آب زیرزمینی را زهکشی می‌کنند. میزان متوسط ضریب ذخیره آبخوان ۰/۳ و متوسط قابلیت انتقال آبخوان ۶۰۰ مترمربع در روز است (حقیقت و همکاران، ۱۳۸۴). از این‌رو، در این پژوهش نیز به بررسی کیفی آب چشمه‌ها پرداخته شده است، زیرا مشخص‌کننده کیفیت آب زیرزمینی هستند. همچنین این چشمه‌ها مورد شرب افراد جامعه قرار دارند و بر سلامتی افراد بومی تأثیر گذارند.

زمین‌شناسی

منطقه مورد مطالعه در غربی‌ترین بخش استان مازندران واقع شده و دارای اقلیم معتدل و مرطوب است و جزئی از سواحل جنوبی دریای خزر می‌باشد. این منطقه در ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رامسر و از لحاظ جغرافیایی در بین طول‌های ۰۰° ۲۷' ۵۰" تا ۰۰° ۴۸' ۵۰" شرقی و عرض‌های ۰۰° ۴۶' ۳۶" تا ۰۰° ۵۷' ۳۶" شمالی قرار دارد.

در این منطقه سازندهای الیکا، نسن، روته، مبارک، درود و جواهرده بروزند دارد (شکل ۱). این محدوده در بخش شمال البرز مرکزی جای گرفته است و راستای عمومی ساختمان‌های زمین‌شناسی منطقه، شمال باختر- جنوب خاور است (بهارفروزی و همکاران، ۱۳۷۹). این ساختمان‌ها به وسیله انبوهی از

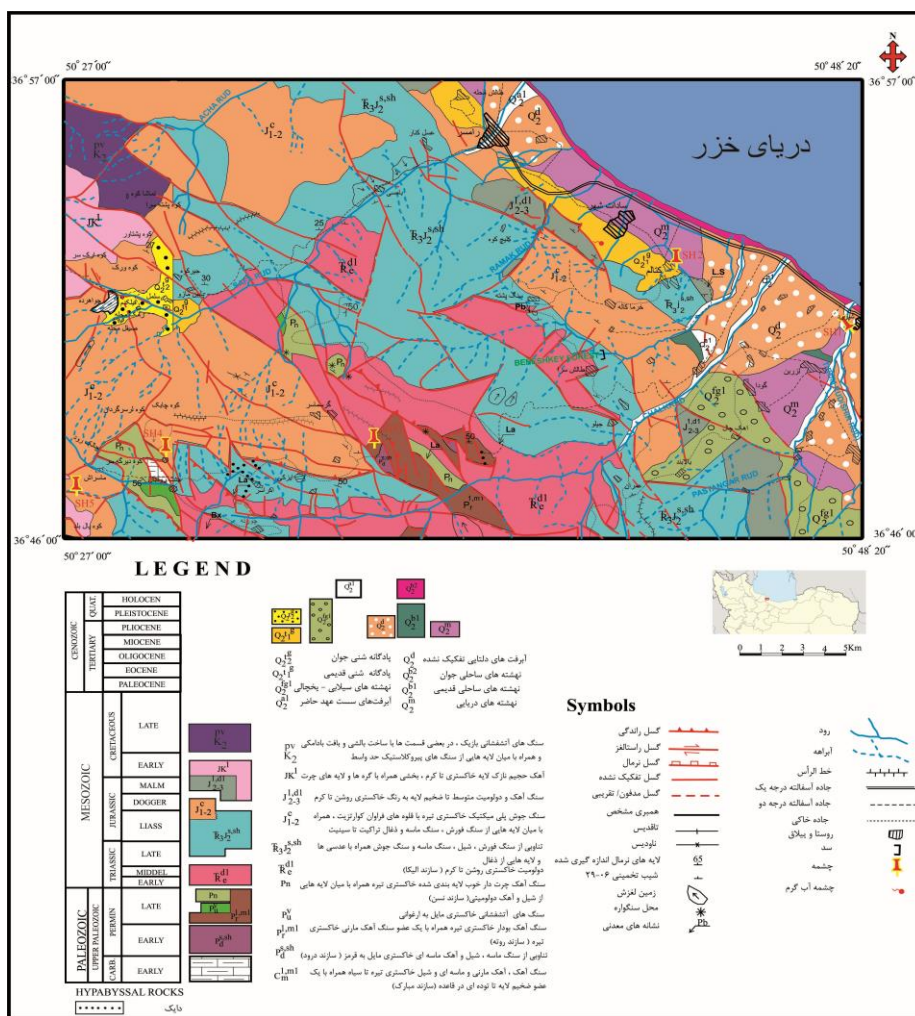
آب علاوه برآنکه یک ماده ضروری برای ادامه حیات است، نقش مهمی نیز در توسعه اقتصادی و اجتماعی جوامع دارد. این ماده حیاتی همواره مقادیری املاح، مواد معلق و گازهای محلول را به طور طبیعی و یا برخی از ترکیبات ویژه ناشی از فعالیت‌های صنعتی را به همراه خود دارد. وجود ترکیبات شیمیایی حتی در مقادیر کم در صورتی که بیش از مقادیر تعیین شده در استانداردهای جهانی باشد، موجب مسمومیت انسان‌ها و تمام موجودات خواهد شد (سمایی و همکاران، ۱۳۸۶).

مطالعات نشان داده است که استفاده بلند مدت از آب آشامیدنی که به برخی از مواد شیمیایی آلوده هستند، تأثیرات نامطلوبی بر سلامت انسان می‌گذارد. آلاینده‌های شیمیایی آب آشامیدنی ممکن است از طرق مختلف طبقه‌بندی شوند، اگرچه مناسب‌ترین آنها توجه به منبع اصلی آلاینده‌هاست (نبی بیدهندی، ۱۳۹۱). یکی از مشکلات زیست‌محیطی آلودگی با فلزات سنگین است. فلزات سنگین عناصری بالقوه سمی هستند که با غلظت اندک در سنگ، خاک، آب، گیاه، هوا و حتی در بدن انسان یافت می‌شوند (رزازی بروجنی، ۱۳۸۸).

در این میان، آب‌های زیرزمینی یکی از مهمترین منابع تأمین آب شیرین مورد نیاز انسان است. آب زیرزمینی، بعد از یخچال‌ها و یخ‌پهناها، بزرگترین ذخیره آب شیرین زمین را تشکیل می‌دهد. امروزه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، برای مصارفی چون کشاورزی، صنعت و شرب توسعه زیادی پیدا کرده است. در مناطق خشک و دور از رودخانه‌ها و دریاچه‌های آب شیرین، غالباً تنها راه تأمین آب برای مصارف مختلف استفاده از آب زیرزمینی است. حتی در نقاطی که آب‌های سطحی به قدر کافی موجود می‌باشد، ممکن است

تمامی چشمه‌های مورد مطالعه جهت پژوهش، دائمی بوده و جهت شرب مردم استفاده می‌شوند. مظهر چشمه کچانک در آپرفتهای دلتایی تفکیک نشده، چشمه کتالم در نهشته‌های دریایی و در نزدیکی چشمه‌های آبگرم شهر رامسر و ساداتشهر قرار دارد. چشمه ریش‌برازدره در ارتفاعات و در منطقه توریستی دهستان جنت‌رودبار در سازند روته (با ترکیب سنگ آهک بودار خاکستری تیره همراه با یک عضو سنگ آهک مارنی خاکستری تیره) واقع است. مظهر چشمه نمکدره در مرکز روستای نمکدره در داخل سنگ جوش پلی‌میکتیک خاکستری با قله‌های فراوان کوارتزیت، همراه با میان‌لایه‌هایی از سیلستون، ماسه سنگ و ذغال واقع شده است. چشمه گیاش بزرگترین چشمه منطقه و تأمین کننده آب شرب دهستان جنت‌رودبار است. مظهر این چشمه نیز همانند چشمه نمکدره در سنگ جوش‌های پلی‌میکتیک خاکستری قرار دارد.

گسل‌هایی که عمدتاً از نوع راندگی هستند و چین‌خوردگی‌ها به وجود آمده است (Alavi, 1996). در مرز کوه و دشت در ورقه رامسر افت ناگهانی ارتفاع و شواهدی از گسل عادی وجود دارد. چشمه‌های آبگرمی که در منطقه ساداتشهر و رامسر دیده می‌شوند، ممکن است در ارتباط با نفوذ آب دریای خزر به ژرفا و گرم شدن آن (بدلیل فعالیت زمین‌گرمایی) و حرکت به سمت بالا در امتداد این گسل عادی به سطح باشند، زیرا موقعیت مکانی این چشمه‌های آب گرم در ارتباط بسیار نزدیک با بخشی از این گسل در شمال کوه جکته می‌باشد (بهارفیروزی و همکاران، ۱۳۷۹). چشمه‌های مورد بررسی در این منطقه شامل کچانک، کتالم، ریش‌برازدره، نمکدره و گیاش است (شکل ۱). دو چشمه کچانک و کتالم در مناطق جلگه‌ای و چشمه‌های ریش‌برازدره، نمکدره و گیاش در ارتفاعات شهر رامسر واقع شده‌اند.



شکل ۱- نقشه زمین شناسی و موقعیت چشمه‌ها در منطقه مورد مطالعه (بهارفیروزی و همکاران، ۱۳۷۹).

روش مطالعه

اندازه‌گیری عناصر اصلی و کمیاب به شرکت Actlabs در کانادا ارسال شدند (جداول ۱ و ۲). هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول به وسیله دستگاه کندانکتور دومانظوره و اسیدیته با استفاده از pH متر، اندازه‌گیری شدند. BOD نیز در یک بازه‌ی ۵ روزه توسط دستگاه آنکوباتور (مجهز به سنسور اکسیژن سنج) و در دمای ۲۰

نمونه‌برداری از چشمه‌ها با رعایت استانداردهای لازم توسط بطری‌های پلی- اتیلنی و در روز ای آخر تابستان انجام شد. بخشی از نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری پارامترهای pH، کل مواد جامد محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC)، BOD و آنیونهای سولفات، کلرید، نیترات و قلیائیت به شرکت زیست دانش آزما (در آزمایشگاه پارک علمی و فناوری استان گیلان) و بخش دیگر نیز برای

نیترات و سولفات به ترتیب با استفاده از روشهای اولتراویوله (UV) و اسپکتروفوتومتری انجام گردید. در آزمایشگاه شرکت Actlabs در کانادا عناصر اصلی و کمیاب از طریق طیفسنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) بدست آمدند. توصیف آب زمین شیمی نمونه‌های برداشت شده از چشمه‌ها با استفاده از نرم‌افزار AqQa انجام شده است.

درجه سانتی‌گراد برآورد شد. سنجش میزان قلیائیت و کلرید از طریق تیتراسیون صورت پذیرفت. قلیائیت با افزودن معرف فنیل فتالین و متیل اورانژ به نمونه‌ها، و انجام تیتراسیون تا زمان رسیدن به نقطه پایانی (رنگ نارنجی - صورتی)، و بر حسب میلی‌گرم در لیتر کرنات کلسیم بدست آمد. بی‌کرنات نیز با استفاده از مقادیر کرنات کلسیم، و اعمال ضرایب مربوطه محاسبه شد. در فرآیند تیتراسیون جهت اندازه‌گیری آنیون کلرید از شناساگر کرومات پتاسیم بهره برده شد. ارزیابی

جدول ۱- نتایج آنالیز پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در شرکت زیست دانش آزما.

واحد	SH ₅ (گیاش)	SH ₄ (نمکدره)	SH ₃ (ریش‌برازدره)	SH ₂ (کتالم)	SH ₁ (کچانک)	پارامترها
mg CaCO ₃ /l	۱۶۰	۱۳۶	۲۰۸	۱۸۰	۳۴۰	قلیائیت
mg/l	۱۴۵/۸	۱۲۲	۱۲۰/۱	۱۸۸	۱۷۳/۲	سولفات
mg/l	۱۴۱/۸	۱۱۳/۴۴	۱۹۸/۵۲	۱۵۵/۹۸	۱۴۱/۸	کلرید
mg/l	۲/۴۸	۲/۱۱	۱/۸۵	۱/۷۶	۱/۶۶	نیترات
ms	۰/۲۴۲	۰/۲۶۶	۰/۳۷۶	۰/۳۶۹	۰/۶۱۸	هدایت الکتریکی
-	۷/۶۴۷	۷/۰۳	۷/۴۴	۶/۴۴	۷/۱۶	pH
mgO ₂ /l	۱۳/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	BOD
mg/l	۱۶۰	۱۷۸	۲۵۱	۲۴۶	۴۱۴	TDS

 جدول ۲- نتایج آنالیز عنصری بر حسب $\mu\text{g/l}$ توسط شرکت Actlabs.

آنالیت	SH ₅ (گیاش)	SH ₄ (نمکدره)	SH ₃ (ریش‌براز دره)	SH ₂ (کتالم)	SH ₁ (کچانک)
As	۰/۲۹۴	۰/۱۰۶	۰/۵۳۴	۰/۶۰۳	۰/۳۲۴
Ba	۸/۶	۱۳/۸	۱۸/۸	۱۳۰	۱۴۰
Ca	۳۳۶۰۰	۲۴۶۰۰	۴۸۲۰۰	۳۴۸۰۰	۹۷۹۰۰
Cd	۰/۰۰۳>	۰/۰۰۳>	۰/۰۰۳>	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳>
Cr	۰/۲۷۰	۰/۱۲۴	۰/۲۳۷	۳/۱۳	۰/۲۸۷
Cu	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۵۸	۰/۱۰	۰/۰۵
Fe	۴/۳	۱/۲	۲/۸	۲/۴	۴/۴
Mg	۱۰۷۰۰	۱۴۰۰۰	۱۵۳۰۰	۱۴۷۰۰	۲۴۰۰۰
Mn	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۳۹	۰/۱۱
Mo	۰/۴۲۹	۰/۰۴۴	۰/۲۹۷	۰/۱۴۲	۰/۵۱۰
Na	۷۸۰	۴۷۳۰	۷۳۵۰	۱۰۸۰۰	۷۱۶۰
Ni	۰/۰۵	۰/۲۶	۰/۴۲	۰/۷۶	۰/۰۶
Pb	۰/۰۵۷	۰/۰۱۱	۰/۰۶۳	۰/۰۷۸	۰/۰۰۴>
Sb	۰/۰۳۹	۰/۰۳۱	۰/۰۶۷	۰/۰۴۸	۰/۰۵۰
Se	۰/۲۵	۰/۴۱	۰/۱۱	۱/۰۱	۰/۴۵
Si	۲۵۹۰۰	۴۵۰۰۰	۶۶۳۰۰	۲۱۳۰۰۰	۹۷۸۰۰
V	۰/۵۵۲	۰/۰۵۲	۰/۵۴۴	۰/۸۴۳	۰/۶۴۶
Zn	۱۳/۳	۰/۴>	۱/۰	۰/۹	۰/۷

بحث و نتیجه‌گیری

طبقه‌بندی هیدروشیمیایی

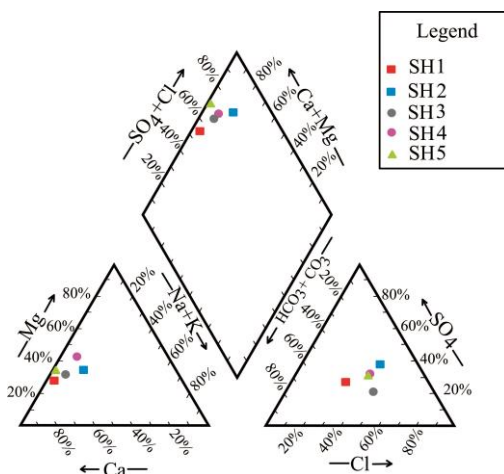
Piper و Schoeller رسم شدند. نتایج نشان می‌دهد که به غیر از چشمه کچانک (که از نوع Si-HCO₃ است) تمامی چشمه‌ها در رده آب‌های Si-Cl قرار می‌گیرند (جدول ۳).

پس از انجام آزمایشات شیمیایی و تعیین پارامترهای اصلی برای هر چشمه، داده‌های خام حاصل از آزمایشات مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این راستا با استفاده از نرم‌افزار AqQa دیاگرام‌های کیفی مانند Stiff, Ion Balance،

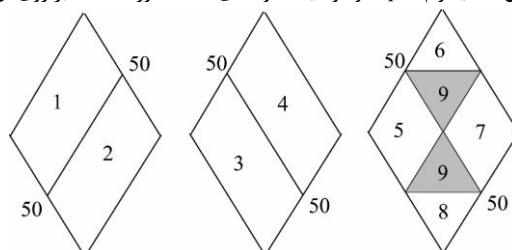
می‌کند، به عبارتی قلیایی‌های خاکی و اسیدهای ضعیف غلبه دارند. در منطقه ۶ سختی غیرکربناتی متجاوز از ۵۰٪ است. در منطقه ۷ قلیایی غیرکربناتی بیش از ۵۰٪ و غلبه با قلیایی‌ها و اسیدهای قوی است. در منطقه ۸ قلیایی کربناتی متجاوز از ۵۰٪ است. در منطقه ۹ هیچ زوج آنیون - کاتیونی از ۵۰٪ تجاوز نمی‌کند (شکل ۳) (صداقت، ۱۳۸۷).

نمونه‌های مورد بررسی در محدوده‌های ۱، ۴ و ۶ قرار دارند. این بدان معنی است که عناصر قلیایی خاکی (Ca^{2+} و Mg^{2+}) نمونه‌ها بیش از عناصر قلیایی (K^+ و Na^+) بوده و آنیون‌های اسیدهای قوی (SO_4^{2-}) بیش از اسیدهای ضعیف (HCO_3^-) هستند و سختی غیرکربناتی نیز متجاوز ۵۰٪ از درصد است (شکل ۲).

موقعیت داده‌های هیدروژئوشیمیایی چشمه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار پایپر در (شکل ۲) آمده است. این نمودار ترکیبات یونی اصلی نمونه‌ها را نشان داده و در واقع یک نمایش گرافیکی از شیمی تعداد زیادی نمونه می‌باشد که از ترکیب سه میدان مجزا درست شده است. درصد آنیون‌ها و کاتیون‌ها در میدان‌های مثلثی و موقعیت ترکیبی آنها در میدان لوزی شکل پیاده می‌شود. در مثلث سمت راست آنیون‌ها و سمت چپ، کاتیون‌ها پیاده می‌شود. در منطقه ۱ قلیایی‌های خاکی بیش از قلیایی‌ها و در منطقه ۲ قلیایی‌ها بیش از قلیایی‌های خاکی است (شکل ۳). در منطقه ۳ اسیدهای ضعیف بیش از اسیدهای قوی و در منطقه ۴ اسیدهای قوی بیش از اسیدهای ضعیف است. در منطقه ۵ سختی کربناتی از ۵۰٪ تجاوز



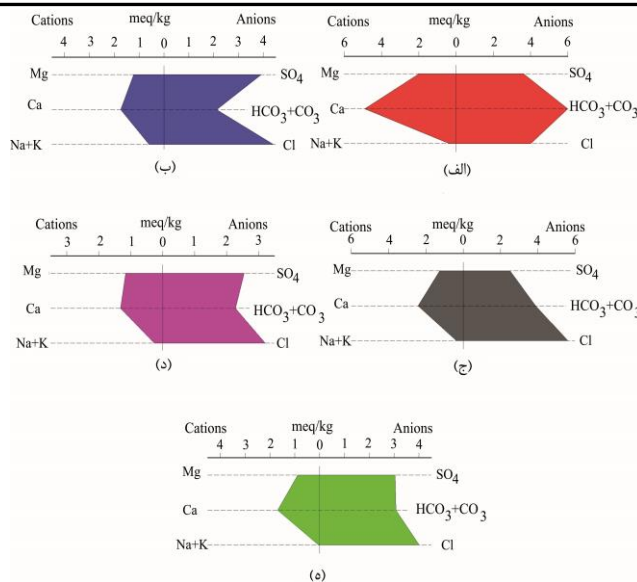
شکل ۲- دیاگرام Piper و موقعیت نمونه‌های منطقه مورد مطالعه بر روی آن.



شکل ۳- زیر تقسیمات میدان لوزی شکل نمودار Piper (صداقت، ۱۳۸۷).

کاتیون‌های اصلی بر حسب میلی‌اکی والان بر لیتر بر روی یکی از محورهای افقی نمایش داده می‌شود و سطح این نمودارها نیز نماینده مقدار کل مواد جامد محلول TDS می‌باشد (Hounslow, 1995). نمودارهای استیف رسم شده (شکل ۴) حکایت از آن دارد که الگوی هر چهار چشمه با یکدیگر تفاوت نسبتاً کمی دارد در حالی که این تفاوت در مورد چشمه کچانک نسبت به بقیه فاحش‌تر است. از آنجائی که در بالادست چهار چشمه‌ی مورد بررسی (شکل ۴) فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی وجود ندارد بنابراین الگوهای آنها متأثر از ترکیب سازندهای موجود در مسیر آبهای زیرزمینی تغذیه‌کننده‌ی این چشمه‌هاست در حالیکه تفاوت میان الگوی چشمه کچانک با بقیه می‌تواند متأثر از فعالیت‌های کشاورزی یا اختلاط آب دریا با چشمه مذکور باشد.

از نمودار استیف (شکل ۴)، جهت ارزیابی تغییرات کیفی آب در یک مکان و در یک دوره استفاده می‌شود (Arvidson, 2006). این نمودار نمایش بهتری از غلظت کلی نمک را نسبت به نمودارهای متداول دیگر به تصویر می‌کشد (Stiff, 1951). اثر تغلیظ یا رقیق‌شدگی در این نمودارها به حداقل رسیده است بنابراین تمایز میان انواع آبها میسرتر می‌گردد از اینرو کاربردهای وسیعی دارند، بعنوان نمونه در تشخیص اختلاط شورابه‌های متعلق به میادین نفتی با آبهای زیرزمینی، آغشتگی آبهای سازندی با گل‌های حفاری، آلودگی آبهای زیرزمینی با منابع آبی آلوده کننده، اختلاط آبهای زیرزمینی با آب دریا و غیره (Stiff, 1951). نمودار Stiff نشان‌دهنده کاتیون‌ها و آنیون‌های ترکیب تنها یک نمونه است. این نمودار در علم ژئوشیمی و هیدروژئولوژی برای نمایش ترکیب اصلی یونی در یک نمونه آب مورد استفاده قرار می‌گیرد و از ۴ محور افقی موازی تشکیل شده که یک محور عمودی با ارزش صفر آنها را قطع می‌کند، مقادیر هر کدام از آنیون‌ها و



شکل ۴- دیاگرام Stiff، (الف) چشمه کچانک، (ب) چشمه کتالم، (ج) چشمه ریش‌بازدره، (د) چشمه نمکدره، (ه) چشمه گیاش.

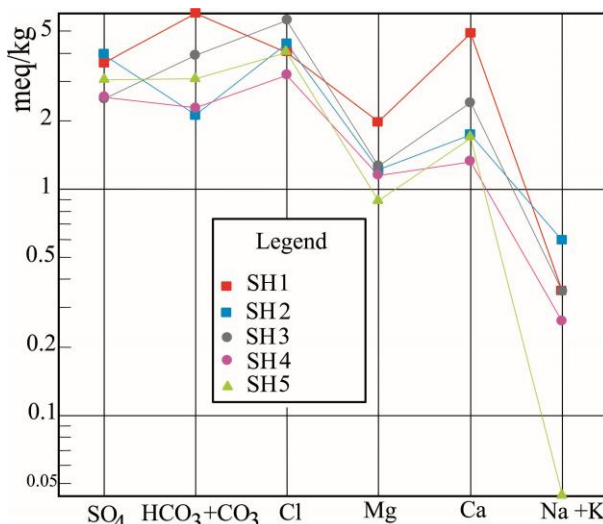
ارزیابی کیفی

مورد بررسی به شش گروه شامل خوب، قابل قبول، متوسط، بد (نامناسب)، قابل قبول در شرایط اضطراری و غیر قابل شرب تقسیم می‌شوند (Schoeller, 1965) (جدول ۳).

از این نمودار برای آگاهی از اختلاط آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود. هماهنگی نسبی خطوط در نمودار شولر مبین هم‌منشأ بودن غالب نمونه‌هاست، در این میان بنظر می‌رسد که با توجه به توازی کمتر نمودار مربوط به چشمه کچانک (SH₁) آب این چشمه منشأ اختلاطی داشته باشد (شکل ۵).

کیفیت آب از طریق مقایسه پارامترهای فیزیکوشیمیایی چشمه‌های حوالی شهر رامسر با استانداردهای ایران (۱۰۵۳)، WHO, 2011 و EPA نیز مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳).

هدف از کنترل کیفیت آب، آگاهی از وضعیت و روند تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی منابع آب است. فرایند کنترل کیفی به تأیید امکان تأمین آب از یک محدوده یا منبعی مشخص می‌انجامد (امیدوارمطلق و همکاران، ۱۳۸۹). تعیین مشخصات کیفی آب نشان خواهد داد که تا چه حد برای مصرف مورد نظر مناسب است. در این پژوهش نمونه‌ها از نقطه نظر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی ارزیابی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نمودار شولر یکی از مهمترین معیارها جهت بررسی کیفیت آب از نظر شرب می‌باشد. نمودار نیمه لگاریتمی شولر جهت نمایش یون‌های اصلی بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر و برای نمایش اختلاف شیمیایی نمونه‌ها در یک نمودار به کار می‌رود. در گزارش‌های هیدرولوژی برای طبقه‌بندی آب از نظر شرب معمولاً از نمودار شولر استفاده می‌شود. این نمودار، یک روش ترسیمی برای رده‌بندی کیفیت آب شرب است و در این نمودار آب‌های



شکل ۵- داده‌های مربوط به چشمه‌های مورد بررسی بر روی دیاگرام Schoeller. جدول ۳- مقایسه پارامترهای فیزیکوشیمیایی چشمه‌ها با استانداردهای مختلف.

نمونه	Water Type	مطابقت با استاندارد	pH	Ca ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	TDS (mg/l)	TH (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
SH ₁	Si-HCO ₃	شولر	خوب	غیر قابل شرب	نامناسب (بد)	قابل قبول	خوب	خوب	قابل قبول	خوب
		ایران (۱۰۵۳)	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب و مجاز	مطلوب و مجاز	مطلوب و مجاز	نامطلوب- مجاز	مطلوب
		WHO (2011)	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق
		U.S.EPA	مطابق	-	-	مطابق	مطابق	مطابق	-	مطابق
SH ₂	Si-Cl	شولر	-	بد	متوسط	قابل قبول	خوب	خوب	خوب	خوب
		ایران (۱۰۵۳)	غیر مجاز	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب
		WHO (2011)	تطابق ندارد	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق
		U.S.EPA	تطابق ندارد	-	-	مطابق	مطابق	مطابق	-	مطابق
SH ₃	Si-Cl	شولر	خوب	قابل قبول در شرایط	متوسط	خوب	قابل قبول	خوب	خوب	خوب
		ایران (۱۰۵۳)	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب
		WHO (2011)	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق
		U.S.EPA	مطابق	-	-	مطابق	مطابق	مطابق	-	مطابق
SH ₄	Si-Cl	شولر	کمتر از حد طبقه بندی	بد	متوسط	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب
		ایران (۱۰۵۳)	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب
		WHO (2011)	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق
		U.S.EPA	مطابق	-	-	مطابق	مطابق	مطابق	-	مطابق
SH ₅	Si-Cl	شولر	خوب	بد	قابل قبول	قابل قبول	خوب	خوب	خوب	-
		ایران (۱۰۵۳)	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب	مطلوب
		WHO (2011)	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	مطابق	-
		U.S.EPA	مطابق	-	-	مطابق	مطابق	مطابق	-	مطابق

دارند (اشکال ۷- الف تا د). مقدار بی کربنات در چشمه کچانک از بقیه چشمه‌ها بیشتر و میزان نیترات در چشمه گیاش بالاترین است. مقایسه‌ی کاتیون‌های اصلی در پنج چشمه مورد بررسی (جدول ۲) حکایت از آن دارد که مقدار سدیم و پتاسیم در نمونه گیاش کمترین مقدار و کتالم بیشترین مقدار را دارا هستند. همچنین محتوای کلسیم در نمونه کچانک بیشترین و ریش برآورده کمترین است. مقدار منیزیم در چشمه کچانک از سایر چشمه‌ها بیشتر و در چشمه گیاش کمتر است. مقدار سیلیسیم در چشمه کتالم بیشترین و در گیاش کمترین مقدار را در بین نمونه‌ها دارا هستند. بنظر می‌رسد که بالا بودن غیرعادی سیلیس به دلیل اختلاط آب‌های گرم ماگمایی (با مقدار سیلیسیم بالا) با آب‌های زیرزمینی باشد. در عین حال تمامی کاتیون‌ها بر اساس مقادیر ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی در محدوده‌ی مجاز قرار دارند (شکل ۸).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای pH، EC، TDS و BOD (جدول ۱) نشان می‌دهد که بر اساس استاندارد بهداشت جهانی (WHO, 2011)، از نظر کل مواد جامد محلول (TDS)، هدایت الکتریکی و اسیدیته (pH) تمامی چشمه‌ها (به جز کتالم که کمی دارای خاصیت اسیدی است) در حد مجاز و مطلوب قرار دارند (شکل ۶- الف تا ه). مقادیر BOD نیز نشان می‌دهد که در آب چشمه گیاش بعلت آلودگی فاضلاب، میکروارگانیسم‌های هوازی و مواد آلی زیادی وجود دارد، در حالی که در بقیه چشمه‌ها این پارامتر صفر و میکروارگانیسمی وجود ندارد. مقدار هدایت الکتریکی در چشمه کچانک از حد مجاز فراتر رفته است، اما در سایر چشمه‌ها در محدوده مجاز قرار دارد. مقایسه‌ی مقادیر آنیون‌ها (جدول ۱) با مقادیر ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2011) نشان می‌دهد که آنیون‌ها نیز در محدوده مجاز قرار

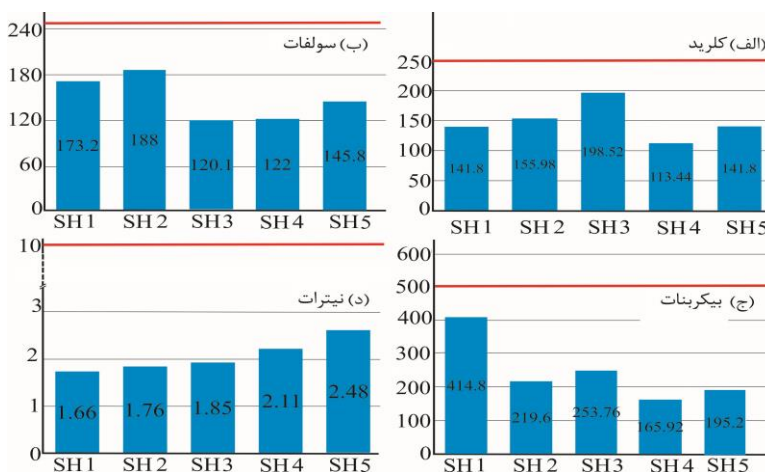
فلزات سنگین

فلزات سنگین را بر اساس دانسیته، وزن و یا عدد اتمی، دوره تناوبی و سایر مشخصه های فیزیکی و حتی اثرات سمی تعریف نموده اند. فلزات سنگین عناصری با مشخصات فلزی و دارای وزن اتمی بالا هستند. متداولترین آنها که عمدتاً در صنعت و محیط زیست مشکل آفرین بوده و مسمومیت های متنوعی را در افراد در معرض، سبب می شوند شامل کروم، کبالت، جیوه، کادمیوم، سرب، روی، مس و آرسنیک می باشد (منصوری و همکاران، ۱۳۹۴). از میان آلاینده های مختلف، فلزات سنگین به دلیل پایداری محیطی بازیافت زیست زمین شیمیایی، تمرکز و سمناکی زیست شناختی، جذب- واجذب، پتانسیل اکسایش- کاهش، ته

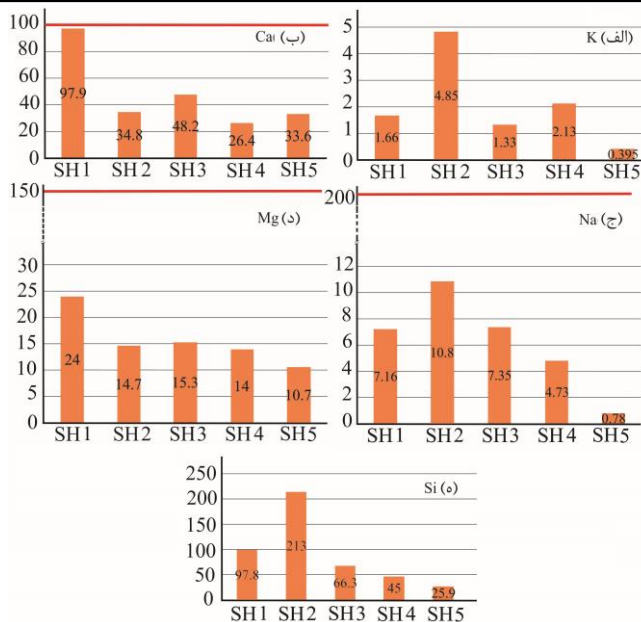
نشست، انحلال پذیری، کی لیتی شدن و خطرات بوم شناختی مورد توجه بیشتری قرار گرفتند (رستگاری مهر و همکاران، ۱۳۹۱). بعضی از ترکیبات سمی همانند آرسنیک، سیانید و کروم ممکن است در آب های زیرزمینی در غلظت هایی یافت شوند که این آب ها را جهت مصارف آشامیدن و آبیاری نامطلوب نمایند. سمیت فلزات سنگین در موجودات زنده ناشی از تمایل شدید این فلزات به واکنش با گوگرد و مختل کردن فعالیت آنزیم های حیاتی است. علاوه بر سمیت این فلزات، خاصیت تجمع پذیری آنها در موجودات زنده، اهمیت بهداشتی آنها را بیشتر نموده است (زارعی محمودآبادی، ۱۳۹۴).



شکل ۶- مقادیر پارامترهای الف (الف pH، ب) TDS (mg/l)، ج) EC (ms)، د) کلریت کل (CaCO₃ mg/l) و ه) BOD (mgO₂/l) ارزیابی شده برای چشمه های مورد بررسی (خطوط قرمز بیانگر حد مجاز طبق استاندارد WHO, 2011).



شکل ۷- مقایسه ای مقادیر آنیون های ارزیابی شده برای چشمه های مورد بررسی، الف (الف کلرید، ب) سولفات، ج) بی کربنات، د) نیترات (خطوط قرمز بیانگر حد مجاز طبق استاندارد WHO).



شکل ۸- مقادیر کاتیون‌های بر حسب mg/l (الف پتاسیم، ب) کلسیم، ج) سدیم، د) منیزیم و ه) سیلیسیم محاسبه شده برای چشمه‌های منطقه مورد مطالعه (خطوط قرمز بیانگر حد مجاز طبق استاندارد WHO, 2011).

درد (Tamasi et al., 2004). در تمامی چشمه‌ها مقدار شاخص فلزی محاسبه شده کمتر از یک بوده که نشانگر عدم آلودگی شدید نسبت به فلزات سنگین و قابلیت داشتن چشمه‌ها برای آشامیدن است. در این میان چشمه کتالم بیشترین مقدار شاخص فلزی و چشمه ریش برآز دره کمترین را دارا هستند (جدول ۵). با محاسبه شاخص آلودگی فلزات سنگین (HPI) می‌توان تأثیر فلزات سنگین بر سلامت انسان را بررسی کرد. شاخص آلودگی فلزات سنگین با استفاده از رابطه (۲) و بر اساس استاندارد WHO, 2011 تعیین می‌گردد (جدول ۵).

$$HPI = \sum w_i q_i / \sum w_i \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه w_i نسبت وزنی آمین عنصر می‌باشد که از طریق معکوس استاندارد محاسبه می‌شود ($w_i = 1/S_i$) و q_i نرخ کیفی آمین عنصر که از رابطه (۳) قابل محاسبه است. V_i غلظت آمین مؤلفه و S_i مقدار استاندارد آمین عنصر است.

$$q_i = V_i / S_i \quad \text{رابطه (۳)}$$

اگر HPI بیشتر از ۱۰۰ باشد آب به فلزات سنگین آلوده است، در صورتی که برابر با ۱۰۰ باشد آب در آستانه خطر آلودگی به فلزات سنگین می‌باشد و اگر HPI کمتر از ۱۰۰ باشد، آب آلوده به فلزات سنگین نمی‌باشد.

شاخص‌های فلزی (MI=Metal Index) و آلودگی فلزات سنگین (HPI=Heavy Metal Pollution Index) (Mohan et al., 1996) معیارهایی برای تعیین میزان آلودگی منابع آب از نظر فلزات سنگین هستند. شاخص فلزی جهت ارزیابی قابلیت شرب و شاخص آلودگی فلزات سنگین برای بررسی اثر عناصر سنگین بر سلامت انسان مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای تعیین این دو شاخص از داده‌های ۱۳ عنصر شامل Ni, Pb, Cr, Cd, As, Ba, Mo, Zn, Se, Mn, Sb, Cu و V استفاده شد. شاخص فلزی با استفاده از رابطه (۱) و بر اساس استاندارد WHO, 2011 بدست می‌آید.

$$MI = \sum_{i=1}^N C_i / (MAC)_i \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$C_i = \text{غلظت عنصر مورد نظر}$$

$$i = \text{آمین عنصر مورد نظر در نمونه}$$

$(MAC)_i =$ حداکثر غلظت مجاز عنصر مورد نظر بر اساس WHO, 2011 (جدول ۴).

اگر مقدار MI کمتر از یک باشد، آب قابل آشامیدن می‌باشد. اگر MI بیشتر از یک باشد، آب غیر قابل شرب و اگر برابر با صفر باشد، در حد آستانه خطر قرار



شکل ۹- مقدار شاخص فلزی محاسبه شده برای نمونه‌های مورد بررسی (خط قرمز بیانگر حد مجاز).

جدول ۴- حد مجاز آلودگی عناصر سنگین (MAC) برای آب شرب با استفاده از استاندارد WHO, 2011.

ردیف	عنصر	غلظت (mg/L)
۱	As	۰/۰۱
۲	Ba	۰/۷
۳	Cd	۰/۰۰۳
۴	Cr	۰/۰۵
۵	Cu	۲
۶	Mn	۰/۴
۷	Mo	۰/۰۷
۸	Ni	۰/۰۷
۹	Pb	۰/۰۱
۱۰	Sb	۰/۰۲
۱۱	Se	۰/۰۱
۱۲	V	۰/۱
۱۳	Zn	۳

جدول ۵- مقادیر محاسبه شده‌ی شاخص MI و HPI برای چشمه‌های مورد مطالعه.

نام چشمه شاخص	کچانک SH ₁	کتالم SH ₂	ریش‌برازدره SH ₃	نمکدره SH ₄	گیاش SH ₅
MI	۰/۳۰۲	۰/۴۴۹	۰/۱۲۳	۰/۰۸۲	۰/۰۹۸
HPI	۰/۰۱۲	۰/۰۲۶	۰/۰۱۰۶	۰/۰۰۷۸	۰/۰۰۹

$$LI = pH - pHs \quad \text{رابطه (۴)}$$

که pHs در واقع pH اشباع آب از کلسیت یا کربنات کلسیم می‌باشد و از رابطه (۵) محاسبه می‌گردد:

$$pHs = (9.3 + A + B) - (C + D) \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$A = (\log_{10} [TDS] - 1) / 10$$

$$B = -13.12 \times \log_{10} (°C + 273) + 34.55$$

$$C = \log_{10} [Ca^{2+} \text{ as } CaCO_3] - 0.4$$

$$D = \log_{10} [\text{Alkalinity as } CO_3]$$

همچنین شاخص پوکوریوس (PI) از طریق معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$PI = 2 pHs - pHeq \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$pHeq = 1/665 \log(T-AIK) + 4/54 \quad \text{رابطه (۸)}$$

در این معادله، pHs مقدار pH در حالت اشباع و T-AIK قلیائیت کل است (Singley et al., 1985; Agatemor, 2008; Ebrahimi et al., 2012). Teimurie et al., 2012). تفسیر مقادیر شاخص‌های لائزلیه و پوکوریوس (Nitin Gupta et al., 2011; Singley, Beaudet et al., 1985) در (جدول ۶) آمده است. مقادیر شاخص لائزلیه برای چشمه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که چشمه کچانک رسوبگذار، ریش‌براز دره متعادل و چشمه‌های کتالم، نمکدره و گیاش خورنده هستند (جدول ۷). براساس شاخص پوکوریوس چشمه کچانک رسوبگذار بوده و سایر چشمه‌ها خورنده هستند (جدول ۷).

در تمامی چشمه‌ها مقدار HPI محاسبه شده کمتر از ۱۰۰ می‌باشد و این بدان معناست که چشمه‌های مورد بررسی آلوده به فلزات سنگین نمی‌باشد. نتایج (جدول ۵) همچنین نشان می‌دهد که میزان شاخص‌های فلزی (MI) و آلودگی فلزات سنگین (HPI) در چشمه‌های کتالم و کچانک بالاتر از بقیه چشمه‌ها است. از جمله علل این موضوع می‌توان به فعالیت‌های زمین‌گرایی در محدوده کتالم، سادات شهر و رامسر، وجود چشمه‌های آب گرم (و اختلاط آب آنها با چشمه‌های مذکور)، فعالیت‌های معدنکاری قدیمی در کتالم و کشاورزی در منطقه، اشاره کرد.

بررسی وضعیت خوردگی - رسوب‌گذاری آب

یکی از عمده‌ترین مشکلات بهره‌برداری از تأسیسات آب، خوردگی و رسوبگذاری می‌باشد که یک واکنش فیزیکی و شیمیایی است و بین یک فلز و محیط اطراف آن انجام می‌گیرد و به تغییر خواص آن ماده منجر می‌شود. خوردگی تحت تأثیر عواملی مثل pH، دی‌اکسیدکربن، سختی و قلیائیت، درجه حرارت، سرعت آب، جامدات محلول، اکسیژن محلول و کلر باقیمانده، خستگی، تنش و برخورد (کاویتاسیون، فرسایش و سایش بوسیله ماسه‌ها) و غیره ایجاد می‌شود. بنابراین در صورتی که آب خورنده یا رسوبگذار باشد با بوجود آوردن این مشکل در لوله‌های انتقال و توزیع آب باعث پایین آمدن کیفیت و کاهش عمر تأسیسات خواهد شد (Weber, 1972). بر همین اساس شاخص لائزلیه (LI) و پوکوریوس (PI) تعریف شدند که معیارهایی جهت سنجش میزان خوردگی یا رسوبگذاری آب هستند.

شاخص لائزلیه از طریق رابطه (۴) به دست می‌آید.

جدول ۶- تفسیر مقادیر شاخص‌های لانژلیه و پوکوریوس (Nitin Gupta et al., 2011; Singley et al., 1985).

شاخص	مقدار شاخص	تفسیر
شاخص لانژلیه (LI)	$0 < LI$	آب رسوبگذار است (تمایل به ترسیب $CaCO_3$).
	$0 > LI$	آب خورنده است (تمایل به انحلال $CaCO_3$).
	$0 = LI$	آب نه خورنده است و نه رسوبگذار.
شاخص پوکوریوس (PI)	$PI > 6$	آب دارای خاصیت خورندگی است.
	$PI < 6$	آب دارای خاصیت رسوب دهی است.

جدول ۷- محاسبه میزان خورندگی یا رسوبگذاری چشمه‌های حوالی شهر رامسر با استفاده از شاخص لانژلیه.

چشمه (نمونه)	قلیائیت بر حسب CaO	LI(SI)	کیفیت آب برای مصارف صنعتی بر اساس LI(SI)	PI	کیفیت آب برای مصارف صنعتی بر اساس شاخص PI
کچانک (SH_1)	۳۴۰	۰/۲۰	رسوبگذار	۵/۰۳	رسوبگذار
کتالم (SH_2)	۱۸۰	-۱/۲۰	خورنده	۶/۷۶	خورنده
ریش‌برازدره (SH_3)	۲۰۸	۰	متعادل	۶/۳۵	خورنده
نمکدره (SH_4)	۱۳۶	-۰/۸۳	خورنده	۷/۴۴	خورنده
گیاش (SH_5)	۱۶۰	-۰/۰۳	خورنده	۷/۱۳	خورنده

نتیجه‌گیری

طبق استاندارد شولر چشمه کچانک از لحاظ میزان کلسیم و منیزیم به ترتیب در رده غیر قابل شرب و بد قرار دارند. در چشمه کتالم مقدار pH خارج از محدوده تعیین شده استاندارد شولر و میزان کلسیم و منیزیم به ترتیب بد و متوسط هستند. در چشمه ریش‌برازدره پارامترهای کلسیم و منیزیم به ترتیب در رده‌های قابل قبول در شرایط اضطراری و متوسط قرار دارند. در چشمه نمکدره پارامتر کلسیم در رده بد و منیزیم متوسط می‌باشد، همچنین پارامتر pH نیز کمتر از حد تعیین شده در این طبقه بندی قرار دارد. در چشمه گیاش نیز فقط پارامتر کلسیم در رده بد قرار دارد. تمامی چشمه‌های منطقه مورد مطالعه از لحاظ بقیه پارامترها در گروه خوب یا قابل قبول قرار دارند. طبق استاندارد ایران (۱۰۵۳) در چشمه کچانک پارامتر سختی کل (TH) در بازه نامطلوب اما مجاز قرار دارد، در چشمه کتالم مقدار pH غیر مجاز شناخته شده است و در سه چشمه ریش‌برازدره، نمکدره و گیاش پارامترها مطلوب هستند. طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2011) و حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا (U.S.EPA) مقدار pH در چشمه کتالم خارج از محدوده مجاز تعیین شده است. مقدار TDS و قلیائیت کل در تمامی چشمه‌ها در محدوده مجاز قرار دارند.

بر اساس تفسیر و پردازش اطلاعات به دست آمده آنالیزهای شیمیایی و ارزیابی پارامترهای فیزیکی نتایج زیر در مورد چشمه‌های منطقه رامسر، قابل ذکر است:

چشمه کچانک دارای تیپ ($Si-HCO_3$) است و چشمه‌های کتالم، ریش‌برازدره، نمکدره و گیاش از نوع ($Si-Cl$) هستند. مقدار سیلیس در نمونه‌ها نسبت به عناصر دیگر بالاتر است. عناصر قلیایی خاکی (Mg^{2+} و Ca^{2+}) بیش از عناصر قلیایی (K^+ و Na^+) بوده و آنیون‌های اسیدهای قوی (SO_4^{2-}) بیش از اسیدهای ضعیف (HCO_3^-) هستند و سختی غیرکربناتی متجاوز ۵۰ از درصد است. بنظر می‌رسد که انطباق میان مقادیر حداکثری پارامترهای TDS و TH در چشمه کچانک به دلیل انحلال ترکیبات کربناته با آبهای زیرزمینی تأمین کننده چشمه‌ها باشد. همچنین مقدار شاخص فلزی (MI) و غلظت عناصر سنگین مثل نیکل، آرسنیک، سرب و کروم در چشمه کتالم (SH_2) بیشترین مقدار را در بین دیگر مناطق، داراست. بر اساس شاخص خورندگی (LI) چشمه کچانک در رده رسوبگذار، چشمه ریش‌برازدره متعادل و سه چشمه کتالم، نمکدره و گیاش در رده خورنده قرار دارند. بر اساس شاخص پوکوریوس چشمه کچانک رسوبگذار بوده و سایر چشمه‌ها خورنده هستند.

منابع

- امیدوار مطلق، م.، برغمندی، م.، فرهنگیان، ک.، ۱۳۸۹، نحوه بررسی نتایج آزمایشات شیمیایی منابع آب شرب روستاهای تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان رضوی. سیزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، ص ۲.
- بهارفیروزی خ، ندیم ح، شفیعی ع.ر.، سهندی م.ر.، وحدتی دانشمند ف.، نظری ح.، خان نظر ن.ا.، ۱۳۷۹، نقشه و گزارش ورقه صد هزارم رامسر، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران.
- حقیقت. ر. محمدی. ی.، ۱۳۸۴، چگونگی وضعیت آلودگی منابع آب در منطقه رامسر، پژوهش در پزشکی (مجله پژوهشی دانشکده پزشکی دانشگاه شهید بهشتی)، شماره چهارم.
- رزازی بروجنی، خ.، مهرایی، ب.، پیروان، ح. م.، سلماسی، ر.، ۱۳۸۸، بررسی منابع آلاینده آرسنیک در محدوده بالادست سد سهند (آذربایجان شرقی)، ششمین همایش زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، ص ۲.
- رستگاری مهر، م.، کشاورزی، ب.، مر. ف.، ۱۳۹۱، بررسی آب زمین شیمی و منشأ فلزات بالقوه سمی (Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, Ni) در رودخانه زاینده رود، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، جلد ۱، شماره ۴، ص ۸۲.
- زارعی محمود آبادی، ه.، ۱۳۹۴، بررسی تأثیر احتمالی عناصر سنگین پساب صنایع غیرفلزی بر آب زیرزمینی به روش آماری در دشت یزد- اردکان، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، دوره ۵، شماره ۱۷، ص ۸۵.
- سمائی، م.، ر.، ابراهیمی، ا.، احرامپوش، م.، ح.، طالبی، پ.، خلیلی، م.، ح.، مروتی، ر.، ۱۳۸۶، بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی شهر یزد، فصلنامه پژوهشی دانشکده بهداشت یزد، سال ششم، شماره ۲، ص ۵۰-۵۱.
- صداقت، م.، ۱۳۸۷، زمین و منابع آب (آب زیرزمینی)، انتشارات دانشگاه پیام نور، ص ۱-۲۸۸.
- منصوری، ن.، عظیمی، ش.، ۱۳۹۴، فلزات سنگین در محیط زیست، انتشارات حک (وابسته به گروه طرفه)، ص ۱۵.
- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۸، آب آشامیدنی - ویژگی های فیزیکی و شیمیایی (استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳)، ویرایش پنجم.
- نبی بیدهنی، غ.، ر.، حبیبی، س.، ر.، جعفری دستنائی، ع.، هویدی، ح.، ۱۳۹۲، رهنمودهای کیفی آب آشامیدنی سازمان بهداشت جهانی (WHO)، انتشارات خانیان، ص ۱-۲۴.
- Agatemor.C., Okolo.P.O., 2008, Studies of corrosion tendency of drinking water in the distribution system at the University of Benin, *The Environmentalist*, 28(4), p: 379-384.
- Ahmed.W., Stewart.J., Powell.D., Gardner.T., 2007, Evaluation of Bacteroides markers for the detection of human fecal pollution, *Letters in Applied Microbiology*.
- Alavi.M., 1996, Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz Mountain system in northern Iran, *Geodynamics Journal*, 21, 1-33.
- Arvidson.J.D., 2006, Relationship of forest thinning and selected water quality parameters in the Santa Fe Municipal Watershed, New Mexico, Hydro-science Concentration Water Resources Program, University of New Mexico.
- Ebrahimi.A., Kamarehie.B., Asgari.G., Seid Mohammadi.A., Roshanaei.G., 2012, Drinking water corrosivity and sediment in the distribution network of Kuhdasht, Iran (In persian), *Journal of Health Research* 8(3), p: 480-486.
- Gupta.N., Nafees.S. M., Jain.M.K., Kalpana.S., 2010, Assessment of groundwater quality of outer Skirts of Kota city with reference to its potential of scale formation and corrosivity, *Journal of chemistry*, 8(3), p: 1330-1338.
- Hounslow.A., 1995, Water quality data: analysis and interpretation, CRC-Press, 397, p:86.
- Mohan.S.V., Nithila.P., Reddy.S.J., 1996, Estimation of heavy metals in drinking water and development of heavy metal pollution index. *J. Environ. Sci. Health A.*, 31:283-9.
- Saravana Kumar. M., Liakath Ali Khan.F., 2015, Analysis of Groundwater Quality of Some Selected Stations of Palar Riverbed in Vellore district, Tamilnadu, India, *International Journal of Advanced Scientific and Technical*.
- Schoeller.H., 1965, Qualitative Evaluation of Groundwater Resources. In: *Methods and Techniques of Groundwater Investigation and Development*. Water Resources Series No. 33, UNESCO, 44-52.
- Schoeller.H., 1995, *Terres et eaux* (Paris- Algiers), Unesco Series, Paris p: 4-11.
- Singley. J. E., Beaudet. B., Markey. P., DeBerry. D., Kidwell. J., Malish. D., 1985, Corrosion prevention and control in water treatment and supply systems, Noyes Publications Park Ridge, NJ.
- Stiff.H.A.JR., 1951, The interpretation of chemical water analysis by means of patterns, *Journal of Petroleum Technology*, 3(10), 15-17.
- Tamasi.G., Cini.R., 2004, Heavy metals in drinking waters from Mount Amiata (Tuscany, Italy). Possible risks from arsenic for public health in the Province of Siena, *Science of the Total Environment*, Vol:327, p: 41-51.
- Teimurie.F., Sadeghie.M., Deris.F., Hashemie.H., 2012, Assessment of the Potential of Scale Formation and Corrosivity of Tap Water Resources and the Network Distribution System in Kian city (Chahar Mahal Va Bakhtiari Province), (In persian), *Journal of Health System Research*, 8(1), p: 78-84.
- U. S. Environmental Protection Agency Washington, DC, 2012, Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories.
- Weber.W. J., 1972, *Physicochemical processes for water quality control*, John Wiley and sons, p:1-640.
- WHO, 2011, *Guidelines for drinking-water quality*, 4th ed. World Health Organization, Geneva.