کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
دانشگاه تهران، تهران
۲۶ و ۲۷ بهمن‌ماه ۱۳۹۵

1170O-NWWCE

مدیریت پایش کیفی منابع آب زیرزمینی با استفاده از نرم‌افزارAq.QA (مطالعه موردی شهرستان زنجان)

علیرضا جزء قاسمی[۱]، علیمحمد نادرخانی[۲]، کبرا اترک[۳]، صغرا عبدالرزاقی[٤*]، سعید یوسفی[٥]

۱-مدیرعامل شرکت آب و فاضلاب شهری استان زنجان

۲- معاون بهره‌برداری شرکت آب و فاضلاب استان زنجان

۳- مدیر دفتر کنترل کیفیت و بهداشت آب و فاضلاب شهری استان زنجان

٤- کارشناس بهره‌برداری شرکت آب و فاضلاب شهری استان زنجان

٥- کارشناس مسئول آزمایشگاه آب و فاضلاب شهری استان زنجان

*abdolrazzaghi.sog@ut.ac.ir

خلاصه

کنترل و ارزیابی کیفیت آب نه‌تنها باعث بهبود کیفیت آب می‌شود بلکه در فرایند تولید آب سالم نیز ارزش اقتصادی داشته و عامل مهمی در کاهش هزینه‌های تولید و تصفیه آب می‌شود. منابع آب زیرزمینی به دلیل عبور از لایه‌های مختلف پوسته زمین، از کیفیت متفاوتی برخوردارند، در مطالعه حاضر داده‌های حاصل از آنالیز شیمیایی با استفاده از نرم‌افزارAq.QA موردبررسی و پردازش قرارگرفت و تیپ شیمیایی منابع آب تعیین گردید. کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی شهرستان زنجان با نمونه‌برداری آب شرب از 31 حلقه چاه طی دوره زمانی یکساله، از نیمه دوم سال ۹۴ مطالعه شد و20 خصوصیت کیفی آب موردبررسی قرارگرفت. در این تحقیق ۲۰ عوامل فیزیکی و شیمیایی شامل (دما، pH، EC، Turbidity، Ca2+، Mg2+، TDS، TH، PO43-، NO2-، NO3-، NH3، F-، Cl-، SO42-، HCO3-، CO32-، Mn2+، Fe2+، K+، Na+) اندازه‌گیری شد و دیاگرام‌های شیمیایی آب با استفاده از نرم‌افزار Aq.QA ترسیم گردید. تیپ آب با استفاده از دیاگرام Stiff، موازنه آنیون –کاتیون با دیاگرامIon balance به تفکیک هر منبع و مشخصات شیمیایی آب با استفاده از دیاگرامPiper و دیاگرام Shoeller کلیه منابع آب موردبررسی قرارگرفت. نتایج پژوهش نشان داد تیپ آب، در84% منابع بیکربنات کلسیم می‌باشد و آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، قلیایی می‌باشد. غلظت فلوراید در 97% موارد کمتر از حداقل مجاز و غلظت نیترات در همه منابع کمتر از حداکثر مجاز بود. کیفیت شیمیایی آب شرب شهرستان زنجان در حال حاضر به‌جز موارد اشاره شده فوق مشکل خاصی ندارد و پیشنهاد گردید حفاظت کیفی آب‌های زیرزمینی به‌عنوان یک اصل پایه در مدیریت تأمین آب شهر زنجان مورد نظر قرار گیرد.

کلمات کلیدی: کیفیت آب زیرزمینی، نرم‌افزار Aq.QA، تیپ آب، دیاگرام Stiff، دیاگرامPiper، دیاگرامSchoeller

۱. مقدمه

آب به‌عنوان یک منبع قابل تجدید همواره به‌عنوان یک رکن اصلی توسعه مطرح بوده است (۱). حدود ۰/۰۳۳ درصد از آب شیرین موجود در کره زمین، آب زیرزمینی می‌باشد که منبع مهمی برای تأمین آب شرب در سرتاسر دنیا محسوب می‌شود. به‌گونه‌ای که زندگی ۵۰ درصد جمعیت جهان از نظر تأمین آب شرب به آب زیرزمینی وابسته است از این‌رو آب‌های زیرزمینی مهم‌ترین منبع تأمین آب، قابل‌دسترس هستند. در کشور ایران، منابع آب زیرزمینی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع آب مورد نیاز برای بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (۲). براساس گزارشی از مجموع ۱۳۰ میلیارد مترمکعب آب قابل‌دسترس، حجم برداشت از آب‌های زیرزمینی ایران۴۵ میلیارد مترمکعب است (۳). دستیابی به توسعه پایدار و پیشرفت، مدیریت استفاده بهینه از این منابع در سایه سلامت افراد جامعه امکان‌پذیر می‌باشد. از این‌رو تأمین آب آشامیدنی سالم یکی از اهداف

مهم در جوامع بشری است (۴). به‌طور کلی کیفیت آب یک امر نسبی است و معرف ویژگی‌های آب است و از طریق ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و زیست‌شناختی تعریف می‌شود، کیفیت آب‌های زیرزمینی در مقیاس‌های مکانی و زمانی عمل کرده و نمی‌توان خواص آن را در طول زمان و مکان ثابت فرض کرد (۵). مواد مختلفی که از طریق آب شرب به بدن افراد می‌رسد در حفظ سلامت آنان نقش مهمی ایفا می‌کند به‌طوری‌که کمبود یا فزونی برخی ازاین‌گونه مواد می‌تواند عوارض زیادی را به دنبال داشته باشد (۶) از این رو مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی، به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین منابع آب در کشوری مثل ایران که سهم آن از نزولات جوی به حد چشمگیری از متوسط جهانی هم پایین‌تر است بسیار حساس می‌باشد (۷). امروزه جهت بررسی تعیین و ارتباط وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی دریک منطقه، تاثیر سازندهای مختلف بروی کیفیت آبها، بررسی منشاء شوری، تغییرات کیفیت آب در مسیر حرکت آن، تغییرات کیفیت آب درطول زمان، تاثیر استخراج آب بر روی کیفیت وبسیاری مسایل دیگر مفید است .

مطالعات مختلفی در ایران و جهان صورت گرفته است که هرکدام به بخشی از جنبه‌های آن اشاره کرده‌اند. دربررسی ستاره و همکاران (۱۳۹۲) با عنوان بررسی میزان پراکنش فلوراید با استفاده از نرم‌افزار Aq.QA نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه در فصل سرما فلوراید باید به صورت مصنوعی به منابع آب افزوده شود(۸). احمدنژاد و همکاران بابررسی منشاء شوری منابع آب دشت زیر راه نتیجه گرفتند احتمالاً کانیهای تبخیری مانندهالیت وژیپس غلظت کل جامدات محلول و سولفات در آب سطحی باعث افزایش شوری شده است (۹) . بررسی کیفی نخعی و همکاران (۱۳۹۰)از رودخانه کارون نشان داد که درمجموع کیفیت آب آنها در رده آب‌های مناسب قرارمی گیرد (۱۰) . نتایج آنالیز کیفیت شیمیایی منابع آب دشت سنقرستاره وهمکاران (۱۳۹۰) نشان داد آب قلیایی بوده و غلظت نیترات در بعضی از آنها بالا می‌باشد (۱۱) . مطالعه سلیمانی وهمکاران (۱۳۹۰) در منطقه غرب کوه سرخ با استفاده از نرم‌افزار Aq.QAنشان داد که بعضی از نمونه ها کیفیت لازم برای شرب و کشاورزی را ندارند (۱۲) . در مطالعه خاندوزی وهمکاران نتایج نشان داد مقدار زیاد نمک یکی از مشکلات شهرستان رامیان می‌باشد که باعث کاهش محصول جهت کشاورزی می‌باشد (۱۳) . مطالعه سالاری وهمکاران نیز نشان داد که در رابطه با کیفیت منابع آب باید مدیریت توام اعمال گردد (۱۴) . مطالعه فلاح و حقی زاده با استفاده از نرم‌افزار Aq.QAنشان داد آب از نظر کشاورزی در رده آب‌های خوب قرار می گیرد و آب رودخانه مورد مطالعه در دسته خوب و قابل قبول از نظر شرب می‌باشد.(۱۵)

۲.مواد و روش‌ها

این مطالعه توصیفی- مقطعی، در سال ۱۳۹۵ از 31 حلقه چاه آب آشامیدنی شهرستان زنجان انجام گرفت، پس از جمع‌آوری متغیرهای مرتبط با کیفیت آب، طبق استانداردهای آب شرب مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (شماره ۱۰۵۳) نمونه ها به روش استاندارد ۲۳۴۷ نمونه‌برداری شدند. نمونه های تهیه شده به کمک دستگاه اسپکتروفوتومتر Dr5000 درآزمایشگاه مرکزی شرکت آب و فاضلاب شهری استان زنجان مورد آزمایش قرارگرفتند. پارامترهای مور آزمایش در این تحقیق ۲۰ پارامتر مختلف شیمیایی آب زیرزمینی شامل (دما، pH،EC،Turbidity، Ca^{2+}،Mg^{2+}،TDS،TH،PO_4^{3-}،NO_2^-،NO_3^-،NH_3،F^-،Cl^-،SO_4^{2-}، HCO_3^-،CO_3^{2-}، Mn^{2+}، Fe^{2+}،K^+،Na^+) بودند. درستی نتایج نیز براساس موازنه جرم یونی ارزیابی شد. نتایج آزمایشگاهی در جدول شماره ۱ مشاهده می گردد.

جدول شماره ۱-نتایج آزمون عوامل شیمی –فیزیکی منابع آب زیرزمینی موردمطالعه شهرستان زنجان

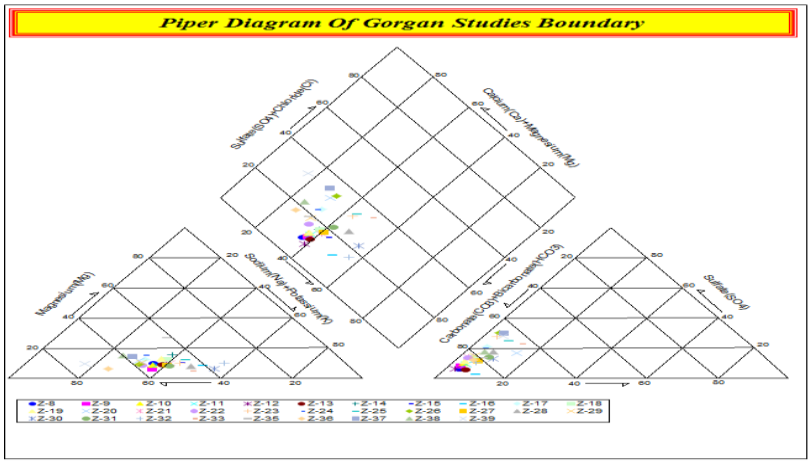
کد نمونه	PH	کدورت	TDS	هدایت	سختی کل	آمونیاک	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم	منگنز	آهن	کربنات	بی کربنات	کلرور	سولفات	نیترات	نیتریت	فسفات	فلوئور
Z-8	7.77	0.26	236	369	152	0	46.3	8.7	30.2	0.6	0.01	0.04	0	178.1	7.6	13	14.1	0.02	0.23	0.28
Z-9	7.79	0.2	234	365	156	0	52.4	6	34	0.6	0.01	0	0	180.5	6.7	17	14	0.04	0.11	0.31
Z-10	7.84	0.27	237	370	154	0	48.6	7.8	31.8	0.6	0.01	0	0	185.4	6.7	22	14.3	0.03	0.16	0.31
Z-11	7.9	0.47	247	385	163	0	50.9	8.6	35.4	0.8	0.01	0	0	180.5	9.6	19	14.5	0.01	0.18	0.3
Z-12	7.91	0.31	242	378	165	0	47.8	11	36.8	0.8	0.01	0	0	185.4	5.7	13	16	0.01	0.18	0.22
Z-13	7.99	0.2	236	369	159	0	49.4	8.6	36	0.8	0.01	0.05	0	161	10.5	11	13.8	0.02	0.17	0.16
Z-14	7.93	0.23	232	363	165	0	42.5	14.2	34.9	0.8	0.01	0	0	158.6	8.6	27	14.5	0.01	0.14	0.28
Z-15	7.9	0.27	273	427	175	0	51.6	11.1	46.9	1	0.01	0	0	163.4	12.4	22	18.3	0.03	0.1	0.27
Z-16	7.99	0.3	276	432	158	0	47.1	9.7	57.3	0.8	0	0.08	0	178.1	21.1	5	24.8	0.04	0.1	0.48
Z-17	7.8	0.44	272	425	209	0.01	60.8	13.8	34.6	1.4	0.01	0.01	0	168.3	10.5	47	15.5	0.03	0.16	0.42
Z-18	8.04	0.19	235	366	190	0.01	53.2	13.8	39.9	1.6	0.02	0.01	0	180.5	8.6	31	13	0.01	0.16	0.16
Z-19	8.06	0.35	241	377	190	0.01	53.2	13.8	37.5	1.4	0.02	0.05	0	192.7	6.7	26	10.9	0.01	0.15	0.36
Z-20	8.09	0.32	295	422	126	0.01	62.3	12.9	32.6	1.6	0.01	0	0	153.7	33.6	38	13.8	0.02	0.14	0.36
Z-21	7.99	0.61	229	357	138	0	53.2	11.1	42.5	1.6	0.01	0	0	168.3	5.7	29	17	0.02	0.14	0.44
Z-22	7.98	0.53	241	377	140	0	60.8	9.2	33.5	1.5	0.01	0.07	0	170.8	5.7	28	20.6	0.01	0.2	0.32
Z-23	7.99	0.74	306	478	148	0	63.8	13.9	58	1.8	0	0	0	180.5	10.5	73	22.6	0.01	0.11	0.2
Z-24	7.76	0.65	277	433	152	0.01	56.2	15.6	31.5	0.9	0.01	0.08	0	185.4	9.6	48	16.1	0.01	0.17	0.46
Z-25	7.91	0.13	358	512	150	0.01	56.2	15.6	54.4	1.1	0.01	0.1	0	183	24	68	23.4	0.04	0.15	0.25
Z-26	7.9	0.68	311	485	156	0	68.4	11.1	36.8	1	0.01	0.16	0	190.3	9.6	87	14.3	0.02	0.14	0.48
Z-27	7.91	0.25	263	411	162	0.05	53.2	9.2	40.8	1	0.01	0.05	0	197.6	15.3	28	22.8	0.01	0.13	0.29
Z-28	7.85	0.61	276	432	144	0	47.8	8.8	50.2	0.9	0.01	0.1	0	175.6	18.2	42	18.5	0.03	0.1	0.16
Z-29	7.92	0.22	227	354	126	0	49.4	9.3	27.4	0.6	0.01	0.08	0	153.7	7.7	29	16.1	0	0.13	0.02
Z-30	8.02	0.22	273	427	140	0	41.8	6.9	58.8	0.9	0	0.06	0	170.8	23	29	21.4	0.04	0.08	0.13
Z-31	7.95	0.25	257	402	128	0.01	50.9	8.4	41	0.8	0.01	0	0	156.1	16.3	29	19.3	0.04	0.25	0.04
Z-32	8	0.34	264	413	158	0	38	11.6	61.8	1.1	0.01	0.08	0	192.7	15.3	24	19.9	0.01	0.09	0.08
Z-33	7.71	0.21	444	634	168	0	75.2	7.5	78.8	1.3	0.02	0.1	0	204.9	42.2	72	34.3	0.02	0.09	0.11
Z-35	7.92	0.23	258	403	146	0	53.2	34.2	38.9	0.9	0.01	0.01	0	178.1	15.3	30	15.7	0.01	0.12	0.55
Z-36	7.91	0.32	262	409	134	0	62.3	5.6	22.3	0.8	0.11	0.04	0	163.4	10.5	24	33.2	0.02	0.13	0.66
Z-37	7.92	0.33	301	471	122	0	68.4	17.4	31.7	0.9	0.16	0.1	0	148.8	10.5	69	21	0.01	0.14	0.32
Z-38	8.38	0.32	258	403	194	0.02	54.7	13.8	21.9	0.8	0.02	0.02	0	180.5	13.4	41	15.8	0.02	0.11	0.46
Z-39	8.25	0.68	270	421	201	0.01	66.1	8.6	14.5	0.6	0.02	0.04	0	156.1	12.5	66	24.7	0.02	0.15	0.38

یکی از راههای نمایش تجزیه شیمیایی آب‌های زیرزمینی، تهیه نمودارهای مختلف شیمی آب است. (۱۱) نرم‌افزار Aq.QA قادر به ترسیم ۱۱ نوع دیاگرام شیمیایی آب از جمله دیاگرامIon Balanceو Stiffو Piperو Schoeller می‌باشد(۱۶). با استفاده از نرم‌افزار Aq.QAدیاگرامهای شیمیایی شامل(دیاگرام Stiffو Ion Balance)به تفکیک جهت هر منبع و دیاگرام‌های (Piperو Schoeller)جهت کلیه منابع آب ترسیم شد، وبه‌عنوان مثال دیاگرام Ion Balance دو منبع در دیاگرام‌های شماره ۸و۹ و دیاگرام Stiffچهار منبع دیاگرامهای شماره۴-۲ ترسیم شد.

۳.نتایج و بحث

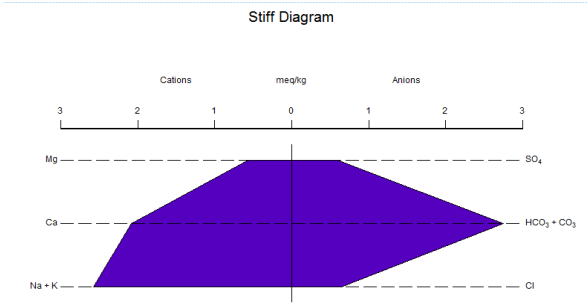
نمودار پایپر: از این نمودار جهت دسته بندی نمونه ها و تعیین تیپ شیمیایی آب استفاده می‌شود .مقدار کل آنیونها و کاتیون‌ها ۱۰۰ در نظر گرفته می‌شود و درصد یونها روی مثلث های کناری علامت گذاری شده و نقاط متناظر روی مثلث های کناری بر روی لوزی میانی تصویر می شوند.در نهایت قضاوت در مورد تیپ کیفی آب توسط نمودار پایپر باتوجه به منطقه تمرکز نقاط انجام می‌شود.در این طبقه بندی،آبها براساس کاتیونها به سه رخساره منیزییک،کلسیک، وسدیک ونیز بر پایه آنیونها به سه تیپ بی کربناته، سولفاته وکلروره تقسیم بندی می شوند.(۱۷) همان طور که در شکل نشان داده شده براساس نمودار Piper،تیپ شیمیایی ۸۴٪منابع آبی شهرستان زنجان در Ca^{2+} و HCO_3^-بسیارغنی اند ومنشاء آب با سختی موقت اند-آب

کربنات کلسیمی ($Ca\text{-}HCO_3$)که خاص آب‌های کم عمق و شیرین است. بنابراین در ۸۴٪ موارد یون های Ca^{2+}و بی کربنات،کاتیون و آنیون غالب می باشند و آب‌های زیرزمینی ناحیه مورد مطالعه قلیایی است .چون در بنیان‌های املاح آنها،آنیونها نسبت به کاتیونها متغیرهای مستقل تری هستند.و تیپ آب در ۱۶٪منابع، کربنات سدیمی است طبق شکل ۱ پایپر منابع آبی زیرزمینی شهرستان زنجان در مجموع بی کربناته، کلسیک است که در رده آب‌های با سختی موقت قرار می گیرد.

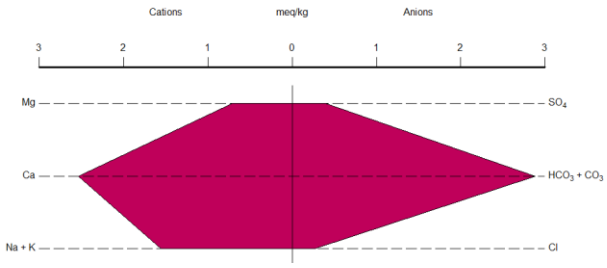


شکل ۱ –دیاگرامPiper کلیه منابع آب زیرزمینی موردمطالعه شهرستان زنجان

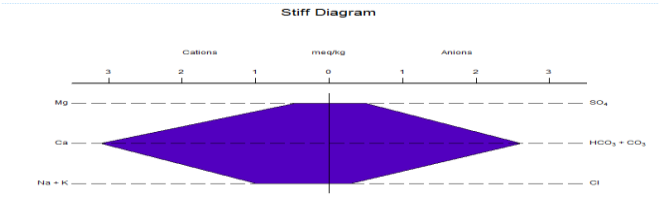
نموداراستیف: از این نمودار جهت ارزیابی تغییرات کیفی آب دریک مکان و دریک دوره استفاده می‌شود(Arvidson 2006)(۱۸) نمودار استیف از ۴ محور افقی موازی تشکیل شده که یک محورعمودی باارزش صفر آنها را قطع می‌کند.مقادیر هر کدام از آنیونها و کاتیونهای اصلی برحسب میلی اکی والانت برلیتر برروی یکی از محورهای افقی نمایش داده می‌شود وسطح این نمودارها نیز نماینده مقدار کل مواد جامد محلول TDS می‌باشد(Hounslow 1995)(۱۹) بدین طریق این نمودار امکان مقایسه کل آنیونها و کاتیون‌ها را نیز فراهم می کند.



شکل ۲ – باتوجه به دیاگرام Stiff تیپ آب چاه.Z30 از نوع بیکربنات سدیم می‌باشد



شکل ۳ – باتوجه به دیاگرام Stiff تیپ آب چاه Z11 از نوع بیکربنات کلسیم می‌باشد.



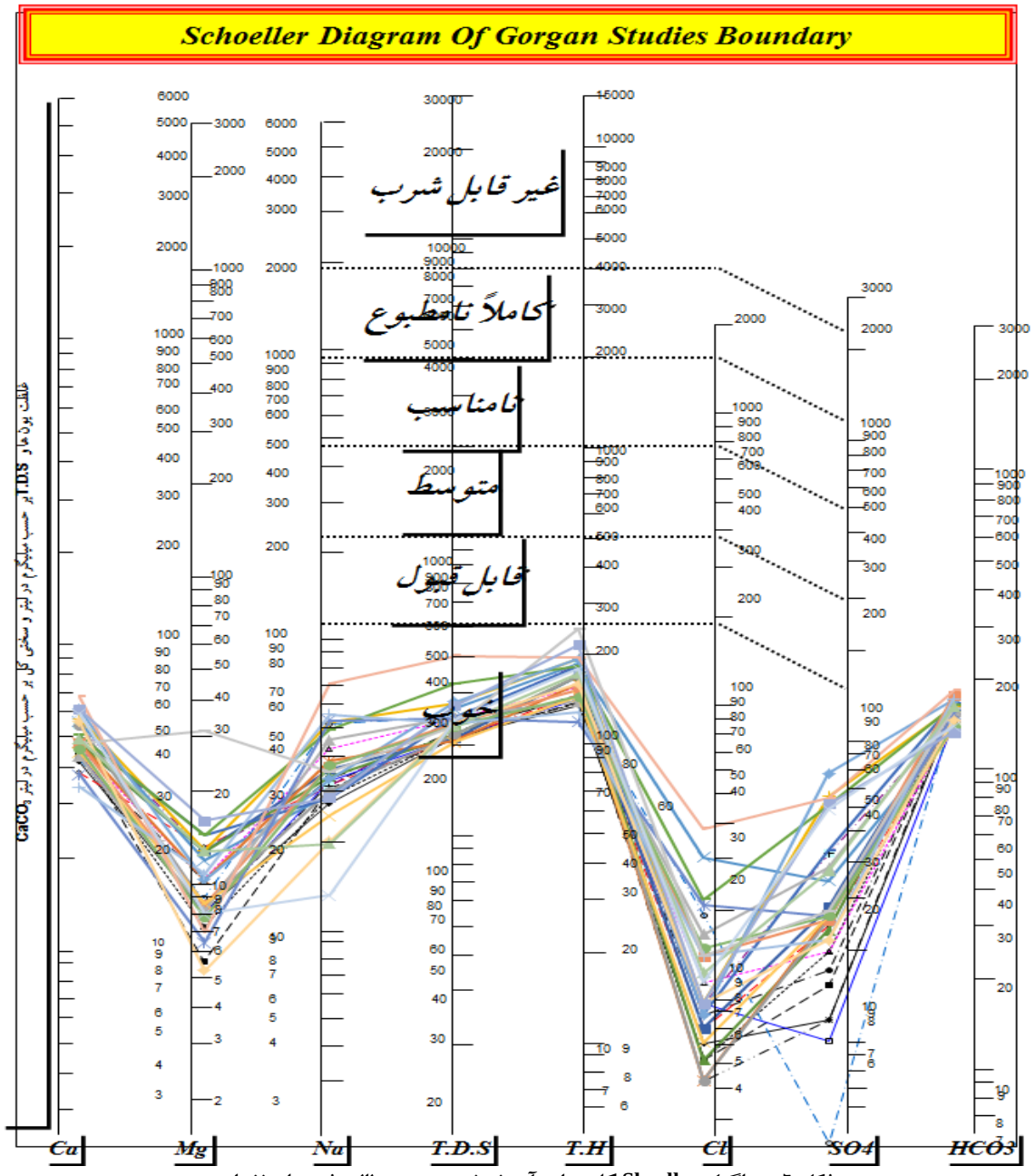
شکل ٤ - با توجه به دیاگرام Stiff تیپ آب چاه z36 از نوع بیکربنات کلسیم می‌باشد.

نمودارشولر : نمودار نیمه لگاریتمی شولرجهت نمایش یونهای اصلی برحسب میلی اکی والانت برلیتر وبرای نمایش اختلاف شیمیایی نمونه ها دریک نمودار به کار می رود.در گزارش های هیدرولوژی برای طبقه بندی آب از نظر شرب معمولاً از نمودار شولر استفاده می‌شود.در این مطالعه نیز از این نمودار جهت ارزیابی کیفیت آب از نظرشرب استفاده شده است. (۱۸) دیاگرام شولر نشان داد که منابع آب زیرزمینی شهرستان زنجان از لحاظ همه کاتیونها و آنیون‌ها نسبتاً خوب است ودر محدوده خوب وقابل شرب قرار دارد به‌طور کلی پارامترهای شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه برای مصارف مختلف مشکل آفرین نیست اما برخی پارامترها(از جمله بیکربنات) گستره مطلوب را تأمین نمی نمایند.

جدول شماره ۲- معیارهای کیفیت آب شرب طبق نظر شولرواحدها (mg/l)(۲۰)

Na^+	Cl^-	SO_4^-	TDS	TH	کیفیت
115>	175>	145>	500>	250>	خوب
115-230	175-330	145-280	500-1000	250-500	قابل قبول
230-460	330-700	280-580	1000-2000	500-1000	متوسط
460-920	700-1400	580-1150	2000-4000	1000-2000	نامناسب
920-1840	1400-2800	1150-2240	4000-8000	2000-4000	کاملاً نامطلوب
1840<	2800<	2240<	8000<	4000<	غیرقابل شرب

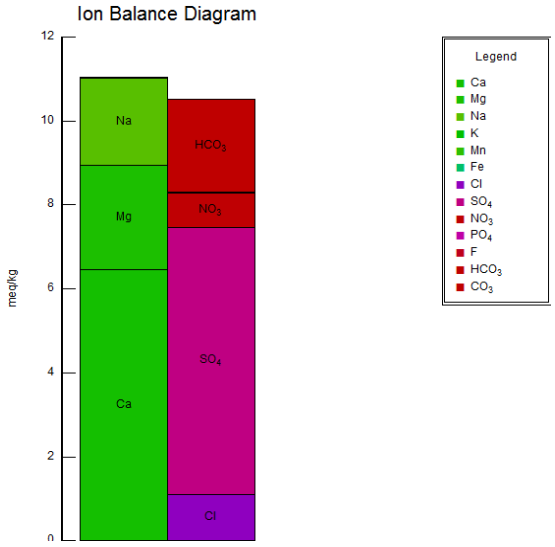
با این وجود پیشنهاد می‌شود سایر ارزیابی ها نظیر آلودگی به فلزات سنگین، عناصر سمی، سموم آفت کش، وجود مواد آلی، آلودگی به فاضلاب خانگی و غیره مطابق استانداردهای موجود انجام شود. طلایی وهمکاران (۱۳۸۵)،جهت شناخت وضعیت کیفی آب مناطق مینرالیزه وآلتره از نظر شرب، نتایج آنالیزهای شیمیایی نمونه های آب رابروی نمودار شولررسم کرده و بالا بودن یون سولفات، مزه ترش و خورندگی بالای این نوع آبها را از دلایل نامطلوبیت آنها معرفی کردند.(۲۱)



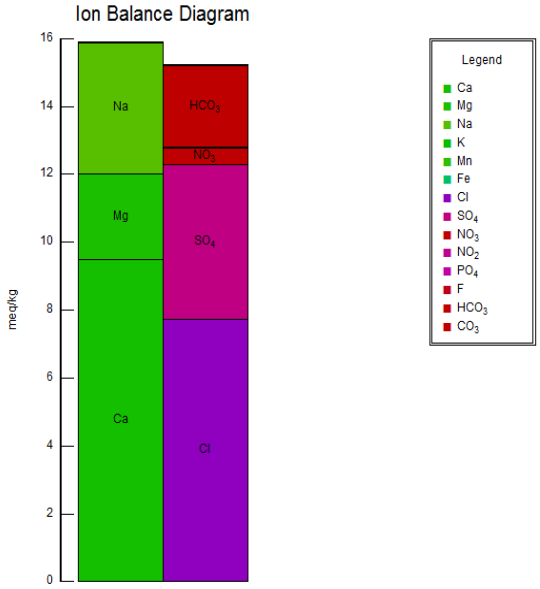
شکل ٦ – دیاگرام Shoeller کلیه منابع آب زیرزمینی موردمطالعه شهرستان زنجان

نمودار یون بالانس : پیش از تجزیه وتحلیل داده‌های کیفیت آب، درجه دقت و صحت داده‌های شیمیایی با محاسبه خطای تعادل باریونی Ion balance error یا خطای عکس العمل، با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود.(یانگر،۲۰۰۷)(۲۲)

$$RE=(\sum cations-\sum anions)/\ (\sum(cations+anions))\times 100 \qquad (1)$$



شکل ۸ – دیاگرام Ion balanceمنبع، با توجه به دیاگرام تعادل آنیون –کاتیون برقرار می‌باشد



شکل ۹ – دیاگرام Ion balanceمنبع، با توجه به دیاگرام تعادل آنیون –کاتیون برقرار می‌باشد

۴.پیشنهادات

میانگین غلظت نیترات درمنابع آب زیرزمینی شهرستان زنجان برابر۱۸.۵ mg/l وکمتراز مقادیر استاندارد است.

یافته ها نشان داد که درتمامی منابع آبی زیرزمینی شهرستان زنجان کدورت کمتر از حد مطلوب استاندارد می‌باشد. در مورد آهن نیز غلظت آن در همه چاه‌ها کمتر از حداکثر مطلوب بود.

میانگینTDSمنابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ۱۲۶۹mg/lبود که این میزان کمتر از حداکثرمطلوب بود که بیانگر این است که منابع شهرستان زنجان در رده آب های شیرین (۰-۱۰۰۰)قرارمی گیرند.(نخعی وهمکاران ۱۳۸۸)،و درمجموع خوب وقابل قبول هستند.(۲۳)

سختی آب را معمولاً بامیزان کف کردن آب باصابون و یا لایه رسوبی که هنگام جوشاندن آن درته ظرف باقی می ماند،بیان می کنند، چون دربیشتر موارد حالت های یادشده ناشی از میزان دویون Caو Mgاست سختی رابر اساس این دویون بیان می کنند(Hem,1989)(۲۴)

سختی کل چاه شماره Z-39،Z-17 بالاتراز حداکثرمطلوب بودمیانگین سختی کل در آبهای زیرزمینی شهرستان زنجان (mgCaCO3/L)۱۵۷ می‌باشد و لذا آبهای این منطقه در رده آبهای سخت قرار دارد.براساس پیشنهاد سازمان بهداشت جهانی (WHO,1984.1993)،برای شرب نباید از ۵۰۰ میلی گرم در لیتر بیشترشود. عامل مهم افزایش سختی تماس با تشکیلات زمین شناسی است(Gray,2008)(۲۵)

از آنجاییکه استاندارد ECآبهای شرب گاهی بین صفرتا ۱۵۰۰میکروموس بر سانتی متردر تغییراست(نخعی ۱۳۸۸)همه منابع آبی شهرستان زنجان از این نظر درحداستاندارد قراردارند.

میانگین نسبت TDS/ECمعادل ۰.۶۵محاسبه شد.

درهمه منابع آبی زیرزمینی شهرستان زنجان میزان غلظت منگنز کمتر از حداکثرمطلوب بود. براساس نتایج غلظت فلوراید در۷۶٪ موارد کمتر از حداقل مجاز بود میانگین میزان فلوراید ۰.۳mg/l بود که در مقایسه با استانداردهای داخلی ونگرش به میانگین دمای سالیانه منطقه که۱۳.۲درجه سانتی گراد است غلظت فلوراید در ۳۰ حلقه چاه کمتر از حداقل مجاز می‌باشد.

لذا این مسئله موجب افزایش پوسیدگی دندان درکودکان کمتراز ۱۲ سال می گردد.مقدار مناسب فلوراید در آب آشامیدنی هر منطقه،براساس میزان آب دریافتی، اقلیم ومیانگین دمای سالانه آن و میزان دریافت فلوراید از سایر منابع (غذا،هوا و محافظت کننده های دندان) باید تعیین شود.درصورت لزوم برنامه ای جهت افزودن فلوئور به آب شرب شهرستان زنجان دردستورکار قرار گیرد.

باتوجه به آب‌وهوای سرد کوهستانی منطقه و پایین بودن سرانه مصرف آب به خصوص در زمستان،می بایستی فلوئوریا به صورت مصنوعی به منابع آبی منطقه افزوده شود و یا از طریق آموزش بهداشت، مردم به استفاده از اغذیه یا نوشیدنی های بافلوراید بالا تشویق شوند. غلظت نیتریت در۱۰۰٪منابع آب زیرزمینی کمتر از حداکثر مجاز استاندارد بود. غلظت سولفات درهمه منابع آبی شهرستان زنجان کمتراز حداکثر مطلوب بود .غلظت کلراید درهمه منابع کمتراز حداکثرمطلوب بود.

۵.مراجع

۱. محمد اکرامی ذبیح اله شریفی حسین ملکی نژاد محمد رضا اختصاصی، ۱۳۸۹، بررسی روند تغییرات کیفی و کمی منابع آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان در دهه ۸۸-۱۳۷۹، طلوع بهداشت، فصلنامه علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد سال دهم شماره : دوم و سوم پاییز و زمستان ۱۳۹۰ صص ۸۲-۹۱.

۲. سید موسی حسینی مجید خلقی بهزاد عطایی آشتیانی محمد مهدی باقری محققی، ۱۳۹۰ مطالعه آزمایشگاهی کاهش نیترات از آب شرب با استفاده از نانو ذرات دو فلزی آهن/مس، نشریه آب و خاک، جلد ۲۵، شماره ۱، فروردین ۱۳۹۰، ص ۹۴- ۱۰۳.

۳. مسعود محمدی مهدی محمدی قلعه نی و کیومرث ابراهیمی ۱۳۹۰، تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت قزوین.

۴. محمد هادی دهقانی منصور قادر پوری مهدی فضل زاده دویل سهراب گل محمدی ۱۳۸۸ بررسی کیفیت میکروبی آب آشامیدنی روستاهای شهرستان سقز، مجله سلامت و محیط، فصلنامه علمی پژوهشی انجمان علمی بهداشت محیط ایران، دوره دوم، شماره دوم، تابستان ۱۳۸۸ صفحات ۱۳۲ تا ۱۳۹، ص ۱۳۲-۱۳۹.

۵. محمد اکرامی ذبیح اله شریفی حسین ملکی نژاد محمد رضا اختصاصی، ۱۳۸۹، بررسی روند تغییرات کیفی و کمی منابع آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان در دهه ۸۸-۱۳۷۹، طلوع بهداشت، فصلنامه علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد سال دهم شماره : دوم و سوم پاییز و زمستان ۱۳۹۰ صص ۸۲-۹۱.

۶. حسن الماسی غلامرضا مصطفایی لیلا ایرانشاهی ۱۳۷۸، بررسی میزان فلوئور منابع آب آشامیدنی شهرستان کاشان در سال ۱۳۷۸، شماره ۲۱ بهار ۸۱ فصلنامه علمی، پژوهشی فیض صص ۳۷-۴۳.

۷. طاهر شهریاری بی بی نرگس معاشری غلامرضا شریف زاده ۱۳۸۸، غلظت کروم و مس در آب‌های زیرزمینی و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر بیرجند در سال ۸۹-۱۳۸۸، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، دوره ۱۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۰، صص ۶۲-۶۷

۸. ستاره پرستو، حسنی امیرحسام،سمیه فاضلی،علی اکبرزینتی زاده،بررسی پراکنش فلورایددرمنابع آب زیرزمینی وآنالیز کیفیت شیمیایی منابع آب بانرم‌افزارAq.QA(دشت سنقر)،شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط .دولتی –وزارت بهداشت،درمان وآموزش پزشکی،دانشگاه علوم پزشکی وخدمات بهداشتی درمانی استان آذربایجان شرقی،۱۳۹۲.

۹. احمدنژاد زینب، نصرالهکلانتری،محمدرضاکشاورزی،زهراسجادی، زهرا بوسلیک، استفاده از مطالعات هیدروژئوشیمی وآنالیز آماری برای تشخیص منشاء شوری منابع آب دشت زیرراه،چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران وبیست هشتمین گردهمایی علو زمین،شهریورماه ۱۳۸۹،دانشگاه ارومیه.

۱۰. نخعی محمد،فیروزموسائی،اکبررمضانی،وهاب امیری،ارزیابی کیفی رودخانه کارون وسرشاخه های آن دراستان چهار محال وبختیاری،فصلنامه زمین شناسی ایران،سال پنجم،شماره بیستم،زمستان ۱۳۹۰،صفحات ۵۹-۷۲.

۱۱. پرستوستاره،علی اکبرزینتی زاده،امیرحسام حسنی،میتراشریف پور،آنالیز کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی با استفاده از نرم‌افزار Aq.QA(مطالعه روستاهای دشت سنقر،کرمانشاه)،چهاردهمین همایش ملی بهداشت محیط،دانشگاه علوم پزشکی مات بهداشتی درمانی شهیدصدوقی یزد،آبان ماه، ۱۳۹۰.

۱۲. سلیمانی سمیه،محمدحسین محمودی قرائی،علیرضاسیاره،بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب منطقه ی غرب کوه سرخ(از طرف تابندقراء)،مجموعه مقالات سی امین گردهمایی علوم زمین،وزارت صنعت معدن تجارت،سازمان زمین شناسی واکتشافات معدنی کشور،اسفندماه ۱۳۹۰.

۱۳. خاندوزی فهیمه،عبدالحسین پری زنگنه،عباسعلی زمانی،یوسف دادبان شهامت،بررسی کیفیت هیدروژئوشیمیایی وبهداشتی آب زیرزمینی شهرستان رامیان،استان گلستان،

۱۴. سالاری مرجان،فریدون رادمنش،حیدرزارعی،ارزیابی کمی وکیفی منابع آب رودخانه کارون با استفاده از شاخص NSFWQIوروش AHP.

۱۵. فلاح فاطمه،علی حقی زاده،آنالیز وروندیابی پارامترهای کیفیت شیمیایی آب با استفاده از نرم‌افزار Aq.QAنمودار ویلکوکس وآزمون من کندال مطالعه موردی : رودخانه دوآب الشتر،دومین همایش سراسری کشاورزی ومنابع طبیعی پایدار،۱۳۹۳.

۱۶.Rockware AqQA Software Version AQC10664.http://www.rockware.com,2011

۱۷. Arvidson,J.D. 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.2006.

۱۸. زارع گاریزی آرش، بردی شیخاحد، سعدالدین امیرو سلمان ماهینی عبدالرسول، ارزیابی کیفیت شیمیایی آبهای سطحی وبررسی تغییرات فصلی آن، همایش ملی مدیریت بحران آب.

۱۹. Hounslow A. Water quality data: analysis and interpretation, CRC-Press,1995, 397pp,86.

۲۰. صالحی حسین، علی حقی زاده، نشریه علمی–ترویجی مهندسی نقشه برداری واطلاعات مکانی،دوره هفتم، شماره ۱، اسفندماه ۱۳۹۴، ارزیابی وپهنه بندی کیفیت آبهای زیرزمینی با استفاده از تلفیق مدل AqQAوسیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی : دشت کامیاران)

۲۱. طلایی،ر.پیروان ح.ر.تاثیر مناطق مینرالیزه وآلتره برکیفیت آب های سطحی وزیرزمینی ازدیدگاه زیست محیطی . بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین شناسی .سازمان زمین شناسی کشور.۱۳۸۵.

۲۲. Younger, P.L. Groundwater in the environment (an introduction). Blackwell Publishing.2007,318pp,83:84

۲۳. نخعی، م.و ودیعتی، م.و میرعربی، ع.، ۱۳۸۸، منشاء شوری دشت شاهرخت(خراسان جنوبی)،دومین کنفرانس سراسری آب، دانشگاه آزاداسلامی واحدبهبهان، ۲۰ اسفند ۵۲۰،۸۸-۵۲۷.

۲۴. Hem, J.D., 1989.Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, U.S.,Geological Survey, Water-Supply,264.

۲۵. Gray, N.F., 2008.Drinking Water Quality (Problems and Solutions),Cambridge,Nw York,423.