

بررسی پتانسیل شوری، رسوب گذاری و خوردگی آب زیرزمینی شهر ساری با نگرش کاربری صنعتی، شهری و کشاورزی

سعید احسانی^{*۱}

مجید صالحپور^۲

حمید احسانی اردکانی^۳

پویان عباسی مائده^{*۴}

P.abbasi@ut.ac.ir

چکیده

بررسی کیفیت آب منطقه ساری موجب مشخص شدن وضعیت موجود آب و مقدار کارایی آن جهت کاربری های مختلف اعم از صنعتی، شهری و کشاورزی خواهد بود. تحقیقات مشابهی نیز در مناطق مختلف کشور در این زمینه انجام شده است. با مطالعه ۲۰ نقطه مختلف نمونه گیری از منابع آب زیر زمینی محدوده مطالعاتی و مشخص کردن نتایج آزمایشات فیزیکی و شیمیایی، مقدار جذب سدیم جهت مشخص شده و نقشه پراکندگی شوری ترسیم گردیده است. سپس با استفاده از شاخص های LSI^5 و RSI^6 خوردگی و رسوب گذار بودن منابع آب زیر زمینی مورد بررسی قرار گرفته است. با محاسبه نسبت جذب سدیم از رابطه معلوم شده نتایج حاکی از عدم کیفیت آب منابع زیر زمینی جهت کشاورزی بوده و در طبقه بندی آبهای شور و خیلی شور قرار گرفته است. همچنین با رسم نقشه پراکندگی شوری محدوده بحرانی مشخص گردید. در بررسی شاخص های LSI و RSI نیز مشخص شد که کلیه یافته های LSI دارای خاصیت رسوب گذاری می باشند. همچنین با رسم نقشه پراکندگی شاخص LSI مشخص می شود که میزان رسوب گذاری در محدوده مرکز مطالعات دارای بیشترین مقدار خواهد بود. آب منطقه مورد مطالعه دارای نسبت جذب سدیم بالا و شوری زیاد همچنین خاصیت رسوب گذاری بوده و موجب تاثیرات نامطلوب بر کشاورزی و صنعت و سلامت افراد خواهد شد. برداشت کمتر از منابع و استفاده از ترکیبات فسفات دار می تواند در جلوگیری از این اثرات کارآمد باشد.

کلمات کلیدی: شوری، رسوب، ساری، کیفیت.

۱- مدیر عامل شرکت ابنیه گستر کارآفرین.

۲- مشاور مدیر عامل شرکت ابنیه گستر کارآفرین.

۳- معاونت فنی شرکت ابنیه گستر کارآفرین.

۴- مدیر پروژه شرکت ابنیه گستر کارآفرین* (مسئول مکاتبات).

5- Langelier Saturation Index

6- Ryznar Stability Index

مقدمه

بررسی کیفیت آب زیر زمینی در مناطق مختلف موجب تعیین سطح کاربری خاص منابع آب زیر زمینی منطقه خاص خواهد شد. توجه به این موضوع که ممکن است منابع آب زیرزمینی منطقه خاصی دارای کاربری های مختلف باشند، بررسی کیفیت آن منابع موجب تشخیص میزان کارایی آن خواهد شد (۱). در مناطقی که در آن کشاورزی رایج است معمولاً به لحاظ شوری و میزان ضریب جذب سدیم بررسی آب مورد مصرف بسیار رایج می باشد. در مناطق صنعتی و حتی آبرسانی شهری نیز مبحث رسوب و خوردگی در لوله های انتقال آب و دستگاه های صنعتی مصرف کننده آب جزو مسایل مهم و به لحاظ اقتصادی هزینه بر خواهد بود. جهت بررسی مقدار رسوب و خوردگی آب مورد مصرف نیز از شاخص های مشخص شده لانه‌زیه و یا رایزور استفاده می شود (۲،۳). وجود یون سدیم در آب آبیاری یا خاک موجب می شود که نفوذپذیری خاک نسبت به آب مختل شود. این اثر علاوه بر تأثیری است که سدیم مستقیماً بر بعضی گیاهان داشته و ممکن است برای آن ها سمی باشد. غلظت سدیم معمولاً بر حسب سدیم قابل تبادل نسبت به سایر کاتیون های موجود در سیستم خاک-آب سنجیده می شود. برای این منظور از معیارهای کمی درصد سدیم قابل تبادل یا نسبت جذب سدیم استفاده می شود. مسایل شوری موجود یا بالقوه معمولاً با استفاده از تجزیه آب آبیاری زه آب یا تجزیه عصاره های به دست آمده از خمیر یا گل های خاک اشباع شده تشخیص می دهند. هنگام تفسیر تجزیه های آب آبیاری زه آب باید به خاطر داشت که غلظت نمک محلول خاک به هنگام استخراج آب توسط گیاهان با افزایش های که به طور همزمان در نسبت به جذب سدیم^۱ (SAR) انجام می شود افزایش می یابد و آب های آبیاری با مقادیر بالایی از SAR ممکن است شرایط را برای ایجاد خاک شور فراهم آورد حتی اگر مقادیر SAR زه آب آن ها به دلیل پدیده تبادل یونی در ستون خاک فوقانی در سطح پایینی باقی بماند و پارامترهای اصلی پیش بینی شده در مسایل شوری عبارت اند از رسانندگی

الکتریکی^۲ (EC) و SAR به علاوه تجزیه بور در مناطقی که این عنصر دیده شده یا گمان می رود مسئله ساز باشد باید انجام شود برای درختان میوه خص و توتها، تجزیه سدیم، کلر و لیتیم را در هر زمانی که آب بالقوه خطرناک با شرایط بالقوه خطر ناک در خاک وجود داشته باشد باید در نظر گرفت (۴). در ادامه جهت معرفی شاخص اشباع لانه‌زیه (LSI) مدلی است مشتق شده از مفهوم تئوریک اشباع و شاخصی از درجه اشباع آب با کربنات کلسیم ارایه می نماید. میزان LSI، مفهوم اشباع را با استفاده از pH به عنوان یک متغیر اصلی بیان می نماید. LSI می تواند به عنوان تغییر مورد نیاز pH جهت رسیدن آب به تعادل تعبیر گردد. جهت محاسبه این شاخص آنالیز پارامتر های قلیائیت، سختی کلسیمی، کل مواد جامد، pH و درجه حرارت آب ضروری می باشد. کیفیت آب، تغییر درجه حرارت و یا تبخیر می تواند شاخص را تحت تاثیر قرار دهد شاخص لانه‌زیه در واقع تفاوت مابین pH واقعی آب و pH اشباع شده توسط کربنات کلسیم بوده و به عنوان شاخصی جهت بیان مقدار خوردگی و یا رسوب گذاری آب به کار می رود. شاخص پایداری Ryznar (RSI) نیز ارتباط بین یک سری داده های تجربی با ضخامت پوسته مشاهده شده در سیستم آب شهری را با شیمی آب تبیین می نماید (۵). بر اساس استاندارد های معتبر جهانی آب آشامیدنی و آب های دیگر مصرفی همانند آب مورد مصرف در صنعت نباید خورنده بوده و مطابق معیار باید سالیانه توسط عوامل ذیربط کنترل گردند (۷،۶). در رابطه با مضرات رسوبگذاری از تغییر و کم شدن کارایی دیگ های صنعتی بخار و تاسیسات کارخانه های صنعتی می توان نام برد. همچنین خورنده بودن آب مورد مصرف در تاسیسات شهری، صنعتی و شرب موجب کوتاه تر شدن و از بین رفتن شبکه توزیع آب خواهد شد (۱). در سال ۱۳۸۶ مطالعاتی راجع به شاخص های LSI و RSI توسط دهقانی و همکاران (۸) در استان فارس انجام گرفته و این شاخص ها در آب آشامیدنی به ترتیب دارای اعداد $0/42 +$ و $6/7$ می باشند، محققین متوجه

جاده هزار ۲۵۰ کیلومتر و به وسیله راه آهن شمال ۳۵۴ کیلومتر با تهران فاصله دارد. آب و هوای شهر ساری در تابستان ها معتدل و مرطوب و در زمستان ها نسبتاً سرد و خشک است. همچنین بخش های جنوبی کوهستانی این شهر دارای زمستان های دراز و بسیار سرد می باشد. در طی چند ساله اخیر سردترین دمای این شهر در زمستان ۱۲- (زمستان سال ۱۳۸۶) و در تابستان ۴۰+ (تابستان ۱۳۸۳) بوده است. ساری از قدیم یکی از صنعتی ترین شهرهای مازندران بوده است. از اواخر دهه ۲۰ تا ۵۰ شمسی کارخانجات صنعتی شرکت ام ام با تولید روغن نباتی و چند محصول جانبی دیگر یکی از تولید کنندگان بزرگ روغن نباتی در ایران به شمار می رفت. صنایع لوستر چراغ های تزئینی استان مازندران، شهر ساری از سال ۱۳۵۰ در حال فعالیت می باشد. کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران بزرگ ترین تولید کننده کاغذ در ایران با ظرفیت مجموعاً ۱۷۵۰۰۰ تن شامل ۹۰۰۰۰ تن کاغذ روزنامه و چاپ و تحریر و ۸۵۰۰۰ تن کاغذ فلوتینگ نیز در حوالی این شهر در حال تولید می باشد. کارخانه نوشابه سازی خوش نوش ساری واقع در کیلومتر یک جاده ساری-نکا از دیگر واحد های بزرگ صنعتی واقع در این شهر بوده و همچنین کارخانه نکا چوب این کارخانه از سال ۱۳۵۰ به منظور بهره برداری از جنگل ها تاسیس گردید. این کارخانه به همراه شهرک مسکونی آن واقع در مرز شهرستان ساری هستند. کارخانجات صنایع فلزی ایران واقع در کیلومتر ۱۶ بزرگراه مشهد بعد از شهرک سورک که پروژه های مهم برج سازی و اسکلت بندی را انجام می دهد. در جدول ۱ مشخصات جغرافیایی و دبی خروجی نقاط اندازه گیری شده مشخص شده است.

رسوب گذاری ۹۵٪ نمونه ها بر اساس این شاخص ها شده اند. در مطالعه مشابهی که توسط عوض پور و همکاران در سال ۱۳۸۷ در شهر ایلام بر روی منابع آب زیر زمینی انجام گرفته است (۹)، نشان دهنده مقادیر شاخص LSI صفر و زیر صفر می باشد که نشان از خورنده بودن منابع آب منطقه خواهد بود. در تحقیق مشابه دیگری که در سال ۱۹۹۸ در بوداپست مجارستان توسط پاتزایا و همکاران (۱۰)، انجام گرفته است نتایج حاصل نشان از خورنده بودن آب زیر زمینی در محدوده مطالعاتی را دارا می باشد. همچنین در مطالعه مشابهی مشخصه رسوب گذاری و خوردگی آب مراکز نظامی سراسر کشور ایران بررسی شده که نتیجه آن سه مرکز دارای پتانسیل خوردگی و الباقی رسوب گذار می باشند (۱۱).

محدوده مورد مطالعه

شهر ساری واقع در کوهپایه های رشته کوه البرز دارای دو بخش کوهستانی و دشت می باشد در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵ دقیقه و عرض ۳۶ درجه و ۴ دقیقه از شمال خاوری به فاصله حدود ۲۵ کیلومتر به نکا و به فاصله ۴۵ کیلومتر به بهشهر و ۱۳۰ کیلومتر به گرگان و ۶۹۰ کیلومتر به مشهد و از شمال به فاصله ۳۵ کیلومتر به دریای مازندران و از شمال باختری به فرح آباد و جویبار و لاریم و از جنوب باختری به فاصله ۲۲ کیلومتر به قائمشهر و از باختر به بابل به فاصله تقریبی ۳۰ و آمل به فاصله تقریبی ۶۰ کیلومتر و از جنوب به فاصله ۳۰ کیلومتر به سد شهید رجایی (سلیمان تنگه) و دهکده آرامش و به وسیله آزاد راه در حال ساخت کیاسر به فاصله تقریبی ۸۰ کیلومتر به دیباج و از آن جا به شهرستان های دامغان و مهدیشهر و سمنان (تقریباً ۱۲۰ کیلومتر) محدود است. همچنین ساری به فاصله کمتر از ۱۵۰ کیلومتر از تهران واقع گردیده و توسط جاده فیروزکوه ۲۶۵ کیلومتر و توسط

جدول ۱ - مشخصات جغرافیایی و مقدار آب دهی ایستگاه های مطالعاتی

شماره ایستگاه	نام محل نمونه برداری	UTM X	UTM Y	علامت اختصاری	Sec/dm ³
۱	شرق ساری	۶۸۳۸۵۰	۴۰۵۲۷۵۰	w1	۰/۵
۲	آزاد قلعه	۶۸۷۵۰۰	۴۰۵۳۷۵۰	w2	۱/۲
۳	بادله	۶۹۶۴۰۰	۴۰۶۱۴۰۰	w3	۰/۷۵
۴	قورتنی کلا	۶۹۱۶۰۰	۴۰۵۱۴۰۰	w4	۰/۹
۵	اسرم	۷۰۱۱۰۰	۴۰۵۲۶۵۰	w5	۰/۸۱
۶	دیو کتی	۶۹۰۹۰۰	۴۰۴۸۶۵۰	w6	۰/۷۴
۷	کارکنده	۶۷۷۵۰۰	۴۰۵۳۲۵۰	w7	۰/۴۶
۸	معلم کلا بالا	۶۸۶۹۰۰	۴۰۴۹۱۰۰	w8	۰/۶۵
۹	أوجاء محله	۶۸۵۴۵۰	۴۰۵۴۳۵۰	w9	۰/۶
۱۰	عیسی خندق	۶۷۷۸۱۰	۴۰۵۴۷۵۰	w10	۰/۷۱
۱۱	شهریار کنده	۶۹۶۸۵۰	۴۰۵۶۳۵۰	w11	۰/۷۶
۱۲	چاله سر	۷۰۷۸۶۰	۴۰۵۷۱۶۰	w12	۰/۹۹
۱۳	فیروز کنده	۶۸۵۳۵۰	۴۰۵۷۷۰۰	w13	۱
۱۴	چمازک	۶۸۲۷۵۰	۴۰۵۸۶۰۰	w14	۰/۸۶
۱۵	زیت سفلی	۶۹۷۲۵۰	۴۰۵۸۷۰۰	w15	۱/۰۲
۱۶	نکا	۷۰۶۱۵۰	۴۰۵۸۷۵۰	w16	۰/۳۳
۱۷	دنگ سرک ساری	۶۹۲۹۵۰	۴۰۵۸۷۶۰	w17	۰/۷۴
۱۸	قادی کلا	۶۸۸۳۵۰	۴۰۶۱۳۵۰	w18	۰/۸۸
۱۹	ورکلا	۶۸۷۰۰۰	۴۰۶۵۵۰۰	w19	۰/۴۲
۲۰	صاحبی	۶۹۱۴۰۰	۴۰۶۲۰۰۰	w20	۰/۷۹

روش تحقیق

سدیم نیز توسط رابطه (۱) تعریف شده SAR محاسبات انجام پذیرفته شده است. لازم به ذکر است کلیه واحدهای اندازه گیری پارامترها در فرمول ضریب جذب سدیم meq/l می باشد (۱۲).

$$SAR = Na / ((Ca + Mg) / 2)^{0.5} \quad (1)$$

مبنای محاسبه شاخص های LSI و RSI بر روابط ذیل استوار می باشد که در آن در واقع PH اشباع آب از کلسیت یا کربنات کلسیم می باشد (۱۳)

$$LSI = pH - pHs \quad (2)$$

$$pHs = (9.3 + A + B) - (C - D) \quad (2-1)$$

$$A = (\log_{10} [TDS] - 1) / 10 \quad (2-2)$$

$$B = -13.12 \times \log_{10}(C^2 + 273) + 34.55 \quad (2-3)$$

$$C = \log_{10} [Ca^{2+} \text{ as } CaCO_3] - 0.4 \quad (2-4)$$

$$D = \log_{10} [\text{alkalinity as } CaCO_3] \quad (2-5)$$

تفسیر نتایج شاخص LSI نیز به صورت ذیل می باشد (۱۴)

پارامترهایی نظیر درجه حرارت، pH، هدایت الکتریکی و اکسیژن محلول در محل نمونه برداری توسط دستگاه های قابل حمل مورد ارزیابی قرار گرفته و سایر پارامترها در آزمایشگاه آنالیز شده است. اندازه گیری نیترات، نیتريت، سولفات و فلوئور با استفاده از دستگاه هک انجام شده که به ترتیب از روش های شماره ۸۰۳۹، ۸۵۰۷، ۸۰۵۱ و ۸۰۲۹ استفاده شده است. کلیه کاتیون ها توسط روش ۳۰۰۵ EPA با دستگاه پلاسما جفت شونده القایی اندازه گیری شده است جهت اندازه گیری آنیون های کربنات و بی کربنات از روش استاندارد متد با شماره ۴۵۰۰ استفاده شده و اندازه گیری آنیون کلرور به روش آرگنومتريک (استاندارد متد با شماره ۲۳۳۰) صورت گرفته است (۷). رسم نمودار های شورلر و پایپر توسط نرم افزار AQQA انجام شده است. همچنین جهت رسم نقشه های پراکندگی جهت پارامتر های شوری و شاخص LSI از نرم افزار Surfer به روش درون یابی Keriging عمل شده است. جهت محاسبه میزان ضریب جذب

7 >> RSI تشکیل رسوب کربنات کلسیم منجر به ایجاد فیلم

محافظ نمی شود

8 >> RSI افزایش مشکل خوردگی ملایم در لوله های

فولادی

یافته های تحقیق

با توجه به مشخص شدن محدوده مورد مطالعه و

بیان روش آزمایشات جهت مشخص کردن مقدار کمی

پارامتر های فیزیکی و شیمیایی نتایج حاصل از بررسی ۲۰

ایستگاه مختلف نمونه برداری در جدول ۲ مشخص شده اند.

LSI > 0 تمایل به تشکیل پوسته رسوب $CaCO_3$

LSI = 0 حالت تعادل و عدم تمایل به رسوب گذاری و

خوردگی

LSI < 0 پتانسیل تشکیل پوسته وجود ندارد و آب $CaCO_3$

را در خود حل می کند (خوردگی)

همچنین اساس محاسبه شاخص RSI بر اساس رابطه (۳) و

جهت تفسیر نتایج به دست آمده از شاخص RSI نکات ذیل

مورد توجه می باشد (۱۳)

$$RSI = 2(pH_s) - pH \quad (\text{رابطه ۳})$$

6 << RSI تمایل به رسوب گذاری و افزایش فیلم

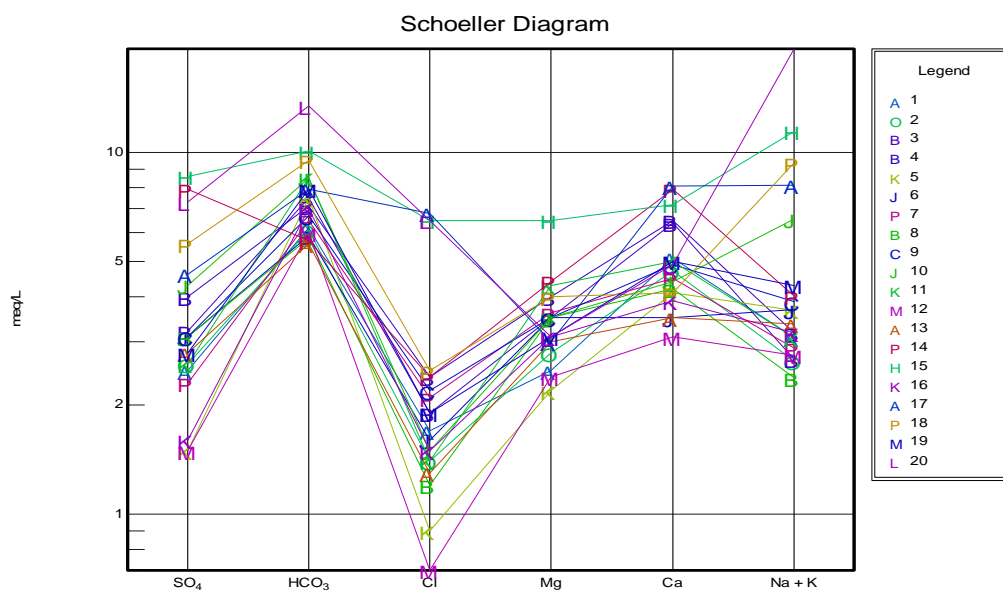
جدول ۲- نتایج آزمایشات فیزیکی شیمیایی ایستگاه های نمونه گیری

شماره ایستگاه	EC (μS/Cm)	T.D.S mg/l	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	دما C°
۱	۵۰۰۰	۷۰۴	۷/۹	۵/۱	۲/۵	۳	۰/۰۷	۶/۲	۰	۱/۷	۲/۵	۲۳/۵
۲	۱۰۰۰	۶۵۰	۷/۸	۴/۷	۲/۸	۲/۶	۰/۰۶	۶/۱	۰	۱/۴	۲/۶	۲۰/۵
۳	۱۳۰۰	۸۰۶	۸/۱	۶/۴	۳/۵	۲/۶	۰/۰۸	۷/۵	۰	۱/۹	۳/۲	۲۱
۴	۱۴۰۰	۸۵۴	۷/۹	۶/۵	۴	۳/۱	۰/۰۸	۷/۱	۰	۲/۴	۴	۲۵
۵	۱۰۲۰	۶۵۱	۸/۱	۴/۱	۲/۲	۳/۶	۰/۰۶	۷/۵	۰	۰/۹	۱/۵	۲۵/۳
۶	۱۱۰۰	۷۰۴	۸/۱	۳/۵	۳/۵	۳/۶	۰/۰۸	۵/۹	۰	۱/۶	۳/۱	۲۴
۷	۱۱۹۰	۷۵۱	۷/۷	۴/۵	۳/۶	۲/۸	۰/۰۸	۶/۵	۰	۲/۱	۲/۳	۲۲/۳
۸	۱۰۲۰	۶۵۰	۸/۱	۴/۲	۳/۵	۲/۳	۰/۰۸	۵/۸	۰	۱/۲	۳/۱	۱۹/۹
۹	۱۲۱۰	۷۵۶	۷/۸	۴/۹	۳/۵	۳/۸	۰/۰۸	۶/۷	۰	۲/۲	۳/۱	۲۴
۱۰	۱۵۲۰	۹۰۶	۸/۱	۴/۴	۳/۵	۶/۵	۰/۰۷	۸/۵	۰	۱/۵	۴/۳	۲۴/۶
۱۱	۱۳۱۰	۸۱۶	۸/۱	۵	۴/۳	۳	۰/۰۸	۸/۵	۰	۱/۴	۲/۶	۲۴/۱
۱۲	۸۰۰	۵۴۶	۷/۷	۳/۱	۲/۴	۲/۷	۰/۰۵	۶	۰	۰/۷	۱/۵	۲۱
۱۳	۹۷۵	۶۳۲	۸	۳/۵	۳	۳/۳	۰/۰۵	۵/۶	۰	۱/۳	۲/۸	۲۵/۸
۱۴	۱۷۲۰	۹۹۶	۷/۸	۷/۹	۴/۴	۳/۹	۰/۱۱	۵/۷	۰	۲/۴	۷/۹	۲۵
۱۵	۲۰۰۰	۱۱۵۰	۷/۵	۷/۲	۶/۵	۱۱/۳	۰/۱۱	۱۰/۱	۰	۶/۵	۸/۶	۲۴/۷

۱۶	۹۵۰	۶۵۳	۷/۹	۳/۹	۳/۱	۳/۱	۰/۰۷	۷	۰	۱/۵	۱/۶	۲۳
۱۷	۱۹۸۰	۱۱۳۵	۷/۹	۸/۱	۳	۸	۰/۱۲	۷/۹	۰	۶/۸	۴/۶	۲۲/۶
۱۸	۱۸۰۰	۱۰۲۶	۷/۸	۴/۱	۴	۹/۳	۰/۰۶	۹/۵	۰	۲/۵	۵/۶	۲۱/۹
۱۹	۱۳۰۰	۸۰۶	۷/۹	۵	۳/۱	۴/۲	۰/۰۸	۷/۹	۰	۱/۹	۲/۸	۲۳/۷
۲۰	۲۸۰۰	۱۴۰۰	۷/۵	۴/۹	۳/۱	۱۹/۲	۰/۱۵	۱۳/۵	۰	۶/۵	۷/۳	۲۴/۵

در نقطه مرزی کیفیت شرب قرار دارند، در حقیقت محدوده مرزی کیفیت قابل قبول شرب محدوده ۱ تا ۵ meq/l خواهد بود و از محدوده ۵ به بالا دامنه بحرانی می باشد.

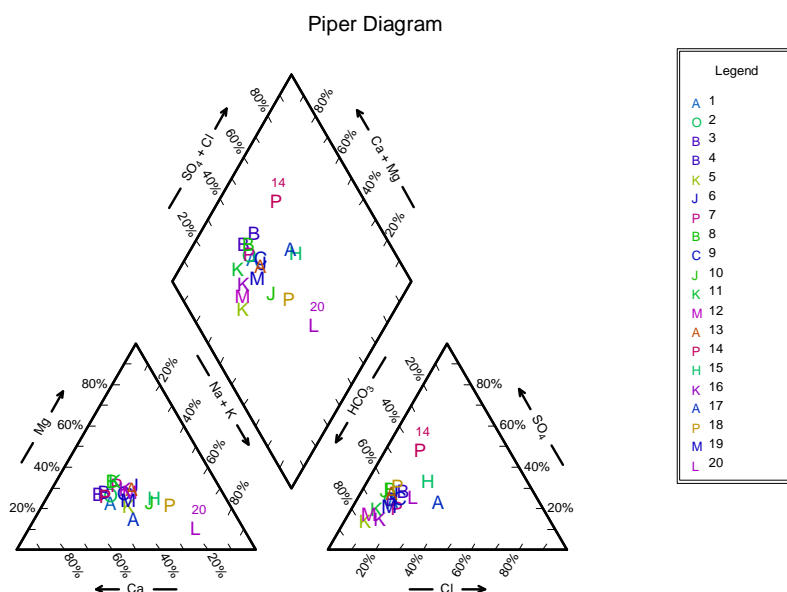
با بررسی بیشتر مشخص می شود که میانگین پارامتر شوری در آب زیر زمینی محدوده $1570 \mu\text{S}/\text{Cm}$ می باشد که جزو رده آب های شور و نیمه شور منظور می گردد با رسم نمودار های شولر (شکل ۱) و پایپر (شکل ۲) و بررسی کیفیت آب زیر زمینی مشخص می شود که در حدود ۸۰٪ پارامتر های سولفات و بی کربنات و تا حدودی هم سدیم



شکل ۱- نمودار شولر پارامتر های مورد بررسی

دقیق تر نمودار پایپر تجمع نوع تیپ آب غالب در محدوده مطالعه را به وضوح نشان می دهد و مشخص کننده این خواهد بود که تیپ آب دارای انواع مختلف نخواهد بود.

همچنین با بررسی نمودار پایپر رسم شده در شکل ۲ مشخص می شود که آنیون و کاتیون غالب بی کربنات و سدیم خواهند بود، در حدود ۸۰٪ نتایج نمونه گیری در نمودار پایپر در محدوده بی کربنات، سدیم قرار گرفته اند. با بررسی



شکل ۲- نمودار پایپر پارامترهای مورد بررسی

مشخص شده است. تقریباً تمامی نمونه های مشخص شده دارای کیفیت مناسب برای کشاورزی نبوده و در محدوده مقدار شوری زیاد قرار خواهند داشت. محدوده شوری و محله صاحبی (ایستگاه های ۱ و ۲۰) دارای کم ترین کیفیت جهت کشاورزی خواهند می باشند.

در بررسی و محاسبه مقدار جذب سدیم با توجه به رابطه ۱ و توجه به مقادیر به دست آمده پارامترهای مورد نیاز جهت محاسبه میزان نسبت جذب سدیم (SAR) نتایج جدول ۳ حاصل گردید. همچنین در جدول با توجه به نتایج حاصل طبقه بندی شوری آب و کاربری جهت کشاورزی در هر منطقه مورد بررسی معلوم شده و کلاس طبقه بندی آب زیر زمینی

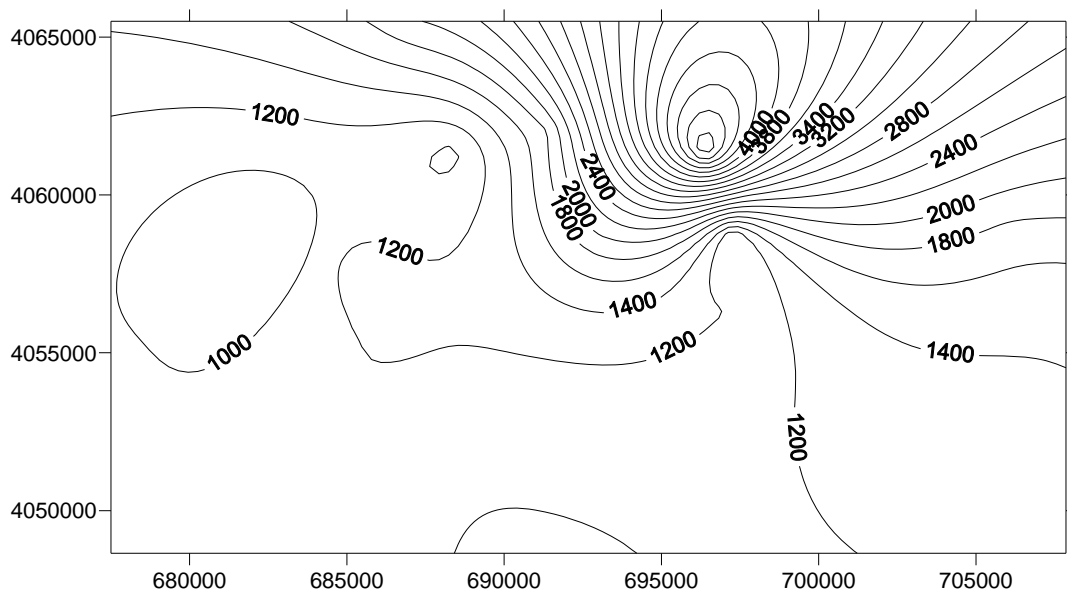
جدول ۳ - نتایج محاسبات نسبت جذب سدیم و طبقه بندی آب

نام ایستگاه	SAR	EC	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی
۱	۱/۵۴	۵۰۰۰	C4-S1	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
۲	۱/۳۴	۱۰۰۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
۳	۱/۱۷	۱۳۰۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
۴	۱/۳۵	۱۴۰۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
۵	۲/۰۳	۱۰۲۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
۶	۱/۹۲	۱۱۰۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
۷	۱/۳۹	۱۱۹۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
۸	۱/۱۷	۱۰۲۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی

شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S1	۱۲۱۰	۱/۸۵	۹
شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S1	۱۵۲۰	۳/۲۷	۱۰
شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S1	۱۳۱۰	۱/۳۹	۱۱
شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S1	۸۰۰	۱/۶۳	۱۲
شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S1	۹۷۵	۱/۸۳	۱۳
شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S1	۱۷۲۰	۱/۵۷	۱۴
شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S2	۲۰۰۰	۴/۳۲	۱۵
شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S1	۹۵۰	۱/۶۶	۱۶
شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S1	۱۹۸۰	۳/۴	۱۷
شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S2	۱۸۰۰	۴/۶۲	۱۸
شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S1	۱۳۰۰	۲/۰۹	۱۹
خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	C4-S3	۲۸۰۰	۹/۶	۲۰

در بررسی دقیق تر و ترسیم نقشه پراکندگی شکل ۳ رسانایی الکتریکی به وضوح مشخص می شود که میزان شوری و به طبع آن مقدار نسبت سدیم در نقاط غربی و جنوبی دارای مقدار کم تری به نسبت نقاط شمالی و شرقی دارا می باشند. در

حقیقت میزان شوری در نواحی نزدیک به دریا دارای رشد و مقدار غلظت های بیشتر از شوری می باشند و هر چقدر فاصله از دریا بیشتر می شود از این مقدار کاسته خواهد شد.



شکل ۳ - نقشه پراکندگی رسانایی الکتریکی محدوده مورد مطالعه

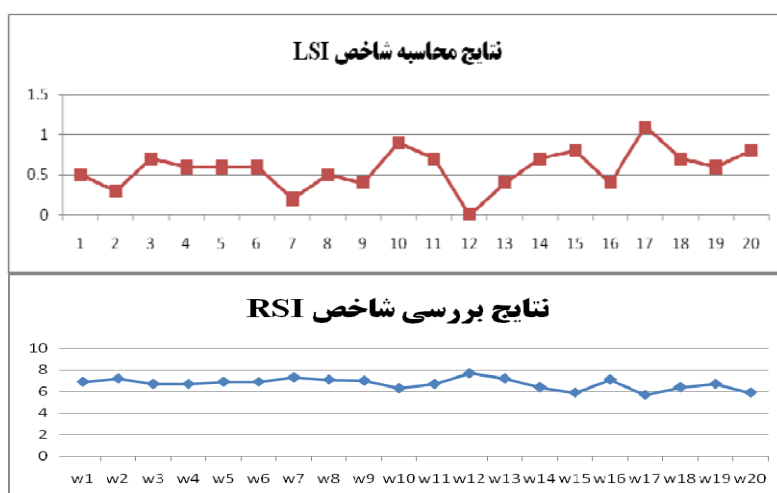
عدد شاخص LSI جهت رسوب گذاری در ایستگاه 17 (1.1) و کمترین آن در محدوده ایستگاه 12 (0) می باشد که در شکل 4 شماره نمایش داده شده است. نتایج کاملاً مشابهی در بررسی با شاخص RSI نیز معلوم می شود که نشان دهنده از صحت محاسبات شاخص LSI خواهد بود.

در بررسی نتایج حاصل با توجه به روش بیان شده جهت محاسبه دو شاخص LSI و RSI جدول 4 حاصل می گردد. مشخص است که تقریباً تمامی قسمت های مختلف محدوده مطالعاتی دارای کیفیت رسوب گذار می باشند و به لحاظ کیفیت کاربری صنعتی در یک رنج خواهد بود. بیشینه

جدول 4 نتایج محاسبات شاخص های LSI و RSI

شماره ایستگاه	قلیائیت بر حسب CaO	Ca (mg/l)	pHs	pH	LSI	RSI	کیفیت آب برای مصارف صنعتی
1	71/73	102	7/4	7/9	0/5	6.9	رسوبگذار
2	62/14	94	7/5	7/8	0/3	7.2	رسوبگذار
3	62/92	128	7/4	8/1	0/7	6.7	رسوبگذار
4	74/42	130	7/3	7/9	0/6	6.7	رسوبگذار
5	85/14	82	7/5	8/1	0/6	6.9	رسوبگذار
6	85/92	70	7/5	8/1	0/6	6.9	رسوبگذار
7	67/52	90	7/5	7/7	0/2	7.3	رسوبگذار
8	56/02	84	7/6	8/1	0/5	7.1	رسوبگذار
9	90/52	98	7/4	7/8	0/4	7	رسوبگذار
10	152/33	88	7/2	8/1	0/9	6.3	رسوبگذار
11	72/12	100	7/4	8/1	0/7	6.7	رسوبگذار
12	64/05	62	7/7	7/7	0	7.7	متعادل
13	77/85	70	7/6	8	0/4	7.2	رسوبگذار
14	93/99	158	7/1	7/8	0/7	6.4	رسوبگذار
15	264/19	144	7/6	7/5	0/8	5.9	رسوبگذار
16	74/03	78	7/5	7/9	0/4	7.1	رسوبگذار
17	188/68	162	6/8	7/9	1/1	5.7	رسوبگذار
18	216/24	82	7/1	7/8	0/7	6.4	رسوبگذار
19	99/72	100	7/3	7/9	0/6	6.7	رسوبگذار
20	447/45	98	6/7	7/5	0/8	5.9	رسوبگذار

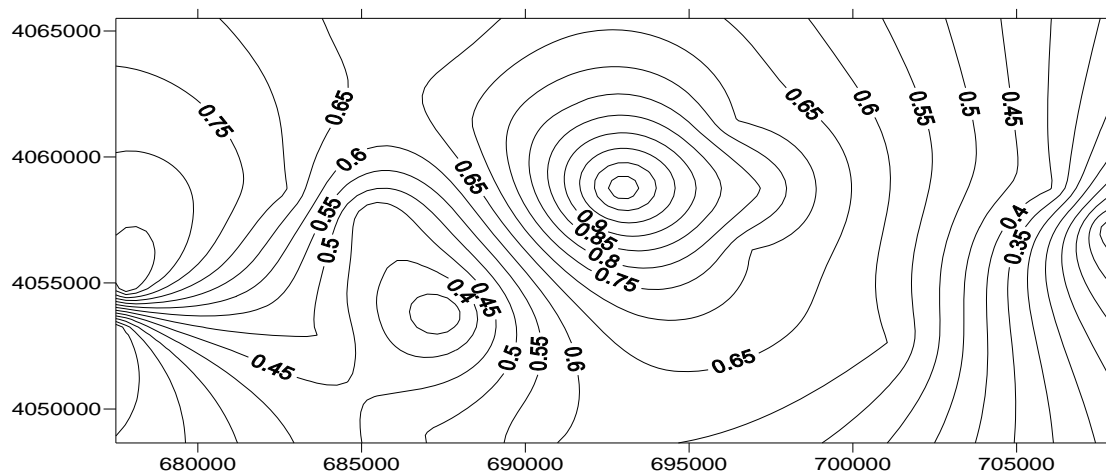
با بررسی شکل 4 شماره نتایج از محاسبه شاخص RSI نیز در هر ایستگاه، جهت تایید محاسبات LSI و هم راستا بودن نتایج مشخص می شود.



شکل ۴- روند تغییرات شاخص های LSI و RSI در ایستگاه های مختلف

می باشد که نشان دهنده رسوب بیشتر بوده و از سمت غرب و شمال غرب این عدد در حال کم شدن می باشد و به محض ورود به ناحیه مرکزی مجدد دارای رشد خواهد بود. بیشترین عدد LSI نیز در مرکز محدوده مطالعاتی که مرکز شهر ساری نیز می باشد مشخص می شود.

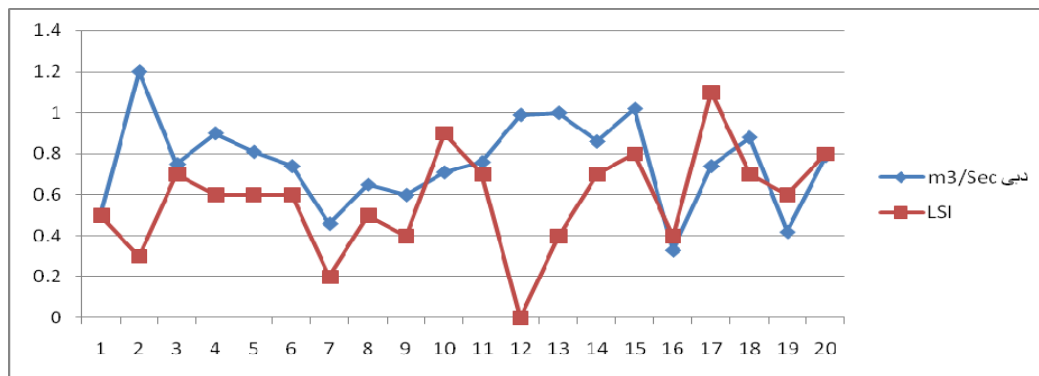
همچنین با رسم نقشه پراکندگی شاخص LSI با نرم افزار Surfer با روش ذکر شده در روش تحقیق و درونبایی در محدوده مطالعاتی ذکر شده (شکل ۵) مشخص می شود که هر چقدر که از نواحی شرقی و جنوبی به سمت مرکز محدوده مطالعات حرکت می کنیم عدد شاخص در حال بزرگ تر شدن



شکل ۵- نقشه پراکندگی شاخص LSI در محدوده مطالعاتی

میزان رسوب بیشتری در لوله های انتقال محل مربوطه و صنایع مصرف کننده آب دیده خواهد شد. در نمودار شکل مشخص شده است که روند مقدار دبی با میزان شاخص LSI در اکثر نقاط نمونه گیری رابطه کاملاً عکس دارا می باشند.

در آخرین بررسی نیز در نمودار شکل ۵ مشخص می شود که با توجه به عدد شاخص RSI میزان برداشت از هر چاه چه مقدار بر حسب m^3/sec خواهد بود. بدیهی است که هر چقدر میزان برداشت از محل های رسوب گذار بیشتر باشد



شکل ۶- روند تغییرات شاخص LSI و دبی خروجی چاه نمونه گیری

نتیجه گیری

منطقه و ترکیب بافت های صنعتی و کشاورزی محدوده مطالعاتی رسوب گذاری آب در صنایع مصرف کننده آب موجب کم شدن کارایی دستگاه های مصرف کننده و در نتیجه کاهش عمر آن ها و مصرف بیشتر انرژی در آن ها می گردد (۱۵). همچنین مصرف مستقیم آب با چنین کیفیتی موجب آسیب های جدی بر سلامت افراد استفاده کننده برای مصرف شرب را خواهد داشت، مواردی از قبیل بیماری های کلیه و دستگاه گوارش از این قبیل خواهند بود (۵،۶). تصفیه در جای منابع آب زیر زمینی و استفاده از باز دارنده های رسوب مانند ترکیبات فسفات دار موجب کم تر کردن میزان تاثیرات رسوب گذاری و برداشت کمتر از منابع آب زیر زمینی و تزریق مصنوعی آب های شیرین به داخل منابع آب زیر زمینی موجب کم رنگ تر کردن نفوذ آب دریا به داخل سفره آب زیر زمینی محدوده مورد مطالعه خواهد شد (۸،۹).

منابع

1. Singly CE, and T Lee. Determining internal corrosion potential in water supply system. committee report, J. AWWA , August 1984.
2. Christian Agatemor E, Patrick O. Studies of corrosion tendency of drinking water in the distribution

با توجه به بررسی نتایج آنالیز های صورت گرفته و نتایج حاصل شده از نمودار های شولر و پایپر شکل های جهت پارامتر های تشکیل دهنده آب مشخص می شود که آب دارای غلظت های بالای بی کربنات و سدیم می باشد. مشخص می شود که منابع آب زیر زمینی منطقه دارای مقدار قابل توجهی شوری تا بیشینه ۵۰۰۰ ms/cm می باشد و جهت کشاورزی دارای کیفیت نامناسب خواهد بود و ممکن است کیفیت محصولات تولید شده با آن نامرغوب باشد و به دلیل شوری زیاد موجب تخریب بافت خاک منطقه گردد (۱۰). در مطابقت نمودار های شولر و پایپر و همچنین محاسبات نسبت جذب سدیم کاملا مشخص می شود که آب دارای مقدار بیش از حد سدیم و به طبع آن نسبت جذب سدیم بالا خواهد بود که در کاربری کشاورزی تاثیرات نامطلوب دارد، همچنین با توجه به رشد عدد SAR در قسمت های شمالی تر در منابع آب زیر زمینی که با دریای خزر فاصله کمتری دارند نفوذ آب دریا به داخل منابع آب زیر زمینی عامل اصلی از بین رفتن کیفیت آب و بالا بردن مقدار عدد جذب سدیم خواهد بود. کود های شیمیایی و نفوذ فاضلاب و رواناب هم به دلیل بالا بودن سطح آب زیر زمینی در این کاهش کیفیت با تاثیر نخواهد بود (۵). همچنین با توجه به شاخص های LSI و RSI مشخص می شود که آب محدوده مطالعاتی دارای خاصیت رسوب گذاری بوده که این خاصیت در آب رسانی شهری موجب رسوب و گرفتگی لوله های آب خواهد شد. با توجه به معرفی

- corrosion from geothermal water. *Electrochimica Acta* 1998; 43(2): 137-147.
11. Ghanizade G, Ghaneyan MT. Corrosion and sedimentation potential drinking water supply systems in military centers. *Journal of Military Medicine* 2009; 3:155-160.[In Persian].
 12. Nikpoor B, Nooshadi M, Mortazavi MS, Yousefi Z. survey the Behshahr drinking water quality based on corrosion and scaling indexes. First congress environmental engineering Tehran University (2006) [Persian].
 13. Mahvi AH, Eslami A. Qualitative Assessing corrosion and the formation of sediment supply distribution network Zanjan city. *Journal of Environmental Science & Technology* 2004; 28: 90- 95.
 14. Bina B, Poorzamani HR. Survey the quality of drinking water in Baghebdaran of Esfahan from view corrosivity source. Environmental health congress. Shahr Kord university of medical Sciences 2004. [Persian].
 15. Poorzamani HR, Ghazaie M, Samani AM. survey the quality of drinking water source in Esfahan oshtorejan industrial park based on corrosion properties. Environmental health congress. Tehran University of medical Sciences 2005 [Persian].
 3. Schock MR. Internal corrosion and deposition control. In Association AWW (ED) Water quality and treatment: a handbook of community water supplies. McGraw-Hill 1999, 1-17.
 4. Shahmansuri MR, Pourmoghadas h, Shams GH. Leakage of trace metals by internal corrosion into drinking water distribution system. Diffuse pollution conference, Dublin 2003. \E: water resources management [Persian].
 5. WHO (2004) Guidelines for drinking water quality, 3rd EDN. World Health Organization, Geneva.
 6. American Public Health Association, American water work association and Water environment federation.
 7. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th Edition, New York 2003.
 8. Dehghani M, Fayaz T, Tabatabae H R. Corrosion and scaling potentiality of shiraz drinking water .National Conference on Environmental Health Zahedan 2008[In Persian].
 9. Avazpour M, Gholami M, Ali R. Corrosion and deposition of potential drinking water sources Ilam. National Conference on Environmental Health Zahedan 2008.[In Persian].
 10. Pátzaya G, Stáhlb FH, Kármánb E. Modeling of scale formation and system at the University of Benin, *Environmentalist* 2008; 28: 379-384.