

## تغییرات شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آبهای زیرزمینی دشت میناب در اثر افت سطح آب

حمزه ترکمانی تمبکی<sup>۱</sup>، جعفر رهنماداد<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس، torkamani2788@gmail.com

۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، jrahnama2003@gmail.com

### چکیده

هدف از این پژوهش بررسی تغییرات شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آبهای زیرزمینی در دشت میناب در اثر افت سطح آب زیرزمینی می‌باشد. بدین منظور ۱۲ نمونه از آبهای زیرزمینی منطقه از چاههای دشت در آذرماه ۱۳۹۴ برداشت شد و پارامترهای اسیدیته، هدایت الکتریکی و دما در صحرا و آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی نیز در آزمایشگاه آب منطقه‌ای هرمزگان اندازه‌گیری شد و مقایسه آن با نقشه‌های هم‌ارزش EC و CI و دیگر پارامترهای اندازه‌گیری شده در سال ۱۳۸۵ نشان دهنده افزایش غلظت EC، CI، Na، HCO<sub>3</sub>، TDS و TH و کاهش غلظت SO<sub>4</sub> با گذشت زمان بوده و سطح ایستایی به میزان ۱۱،۳۳ متر و حجم مخزن به میزان ۲۸۷،۱۷۹ میلیون متر مکعب کاهش یافته و به تبع آن کیفیت آب زیرزمینی کاهش یافته است و سبب افزایش شوری آب زیرزمینی شده است. در نهایت به منظور ارزیابی کیفیت منابع آب محدوده مورد مطالعه برای مصرف کشاورزی، مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR)، درصد سدیم (%Na)، کربنات سدیم باقیمانده (RSC)، خطر منیزیم (MH) محاسبه گردید و نمودار Wilcox، درصد سدیم در مقابل هدایت الکتریکی ترسیم شد. جهت تعیین کیفیت نمونه‌های آب برای مصرف شرب نمونه‌ها به روش آنالیز توصیفی مورد سنجش قرار گرفتند و مقادیر با استانداردهای آب ایران و سازمان بهداشت جهانی و همچنین با نمودار شولر و مقایسه گردید. برای تعیین تیپ غالب آبهای زیرزمینی از دیاگرام پایپر استفاده شد. ویژگی و نمودارهای کیفیت آب و نقشه‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای GIS و AQ.QA و همبستگی بین پارامترها با نرم‌افزار Excel ارزیابی شدند. نتایج نشان می‌دهد که عمدتاً تیپ و رخساره آبها کلروه سدیک بوده و تراکم تمام نمونه‌ها در منطقه شور می‌باشد. نتایج حاصل از مقایسه غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در آبهای زیرزمینی محدوده مورد مطالعه نشان داد که در این آبها شرایط کاتیونی و آنیونی  $Ca > Mg > Na > K$  و  $Cl > HCO_3 > SO_4 > CO_3$  حاکم می‌باشد. بررسی همبستگی‌های داخلی بین شاخص‌های کیفی و هدایت الکتریکی نشان داد که بین هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی با مجموع مواد محلول و یون‌های سدیم، منیزیم، کلراید همبستگی وجود دارد اما با یون بیکربنات همبستگی ندارد. مقایسه پارامترهای اندازه‌گیری شده با استانداردهای ملی ۱۰۵۳ ایران نشان داد که مقادیر PH و Ca تمام نمونه‌ها در حد مطلوب می‌باشند و بقیه پارامترهای اندازه‌گیری شده از جمله EC، TDS، Cl و Na با کاهش سطح آب زیرزمینی در حد مطلوب قرار ندارند و مقدار سدیم بیشتر از استاندارد می‌باشد. ارزیابی کیفیت آب برای مصارف شرب و کشاورزی از طریق مقایسه غلظت یون‌ها با استانداردهای موجود و همچنین بررسی شاخص‌ها و دیاگرام‌های استاندارد نشان می‌دهد که برای مصرف شرب آبهای منطقه در وضعیت خوب، قابل قبول و متوسط اند. از نقطه نظر مصرف کشاورزی، سدیم و پس از آن منیزیم کاتیون غالب در آبهای زیرزمینی منطقه هستند و بررسی پارامترها نشان داد از نظر جذب سدیم (%Na) تمام نمونه‌ها در رده ی مشکوک، از نظر خطر منیزیم (MH) در رده ی نامناسب برای کشاورزی، از نظر کربنات سدیم باقیمانده (RSC) بجز نمونه W6 سایر نمونه‌ها در محدوده مناسب برای آبیاری و از نظر نسبت جذب سدیم (SAR) در برابر EC (نمودار ویلکاکس) ۵۰٪ نمونه‌های آب در رده ی C3S1 برای کشاورزی شور و قابل استفاده و ۳۳٪ نمونه‌ها در رده ی C4S1 و ۱۷٪ نمونه‌ها در رده ی C4S2 برای کشاورزی خیلی شور و نامناسب قرار دارند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که پمپاژ بیش از حد از سفره آب زیرزمینی این دشت پیامدهای نامطلوب فراوانی به دنبال داشته است که ادامه روند کنونی تخلیه سفره، علاوه بر تشدید اثرات زیست‌محیطی، سبب بروز مشکلات و اختلال‌های اقتصادی و اجتماعی در سطح منطقه خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: دشت میناب، تغییرات کیفی، کاهش کیفیت آب زیرزمینی، افت سطح آب زیرزمینی، افزایش شوری

## ۱- مقدمه

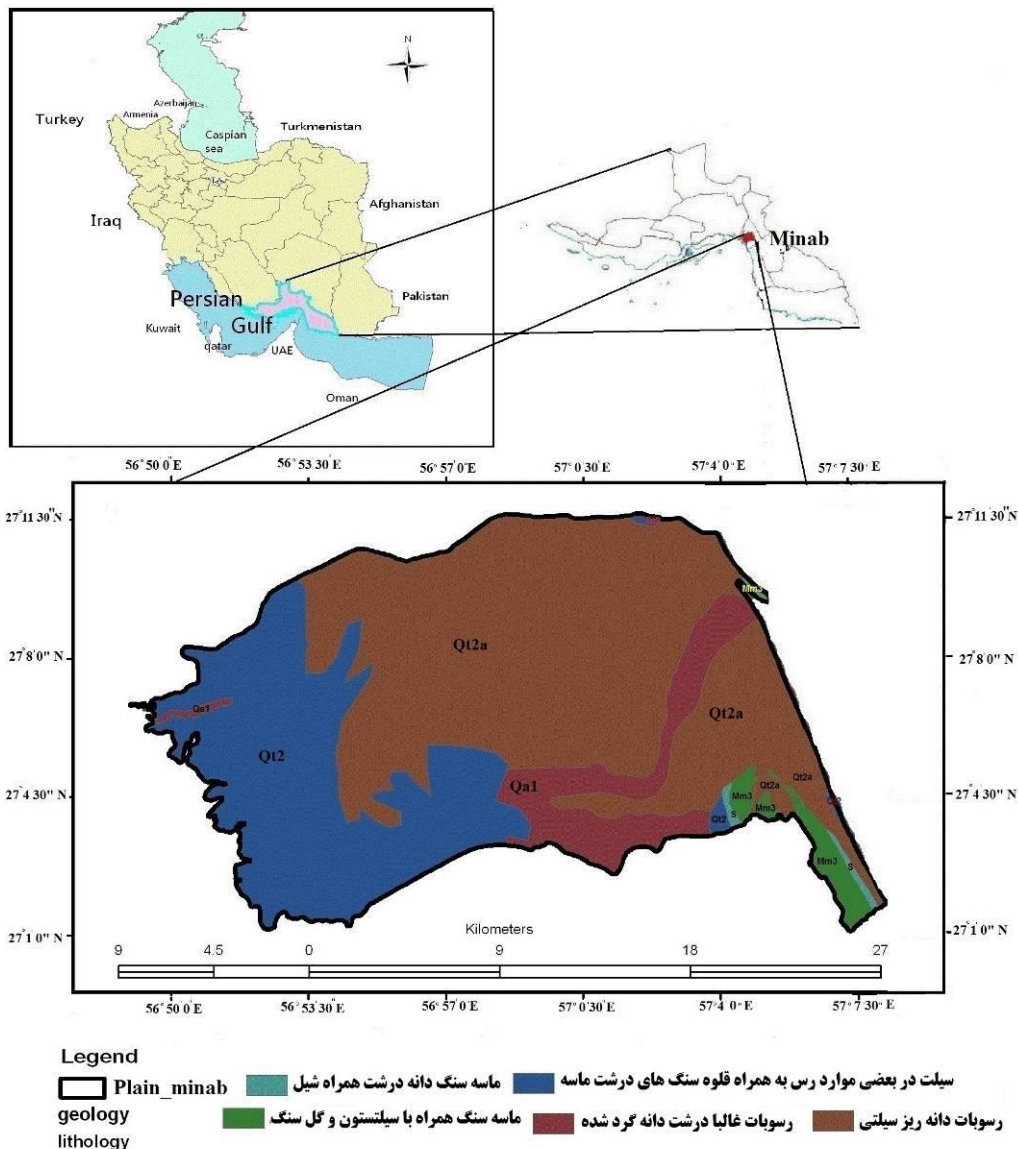
آب منبع اصلی زندگی انسان بویژه برای آشامیدن و کشاورزی است. کیفیت و کمیت آب برای سلامتی انسان، کشاورزی، محیط زیست و کیفیت دانه های خاک بسیار مهم می باشد (Hock et al., 2001). ارزیابی کیفیت آب عمدتاً براساس تجزیه و تحلیل هیدروشیمی می باشد (نوحه گر، ۱۳۸۵). در کشورهای در حال توسعه بیشترین توجه به یافتن سفره های آب زیرزمینی مناسب جهت تامین آب مورد نیاز شرب، کشاورزی و صنعت معطوف گردیده است. این در حالی است که کمتر به حفظ کیفی آبخوان ها توجه می شود (Datta, 1997). با توجه به کاهش ذخیره مخزن سد استقلال میناب از سال آبی ۸۱-۸۲ جهت تامین آب شرب بندرعباس اقدام به حفر چاه در بستر رودخانه میناب شد که تاکنون ادامه داشته و سبب کاهش حجم آبخوان میناب شده است علاوه بر آن آبخوان این دشت تامین کننده آب شرب میناب و روستاهای اطراف و آب کشاورزی صدها هکتار از اراضی بسیاری از مناطق پایین دست می باشد و با توجه به نقش کیفیت آب در سلامتی ساکنین و لزوم اندازه گیری دائمی پارامترهای مختلف آن، این تحقیق به منظور بررسی تغییرات شاخص های فیزیکی و شیمیایی آب زیرزمینی دشت میناب برای مصارف مختلف انجام شده است. در ارتباط با کیفیت آبهای زیرزمینی می توان به مطالعات متعددی اشاره کرد که اهم آن به شرح ذیل می باشد. یافته های تحقیقی که دیندارلو و همکارانش جهت بررسی کیفیت شیمیایی آب شرب بندرعباس انجام دادند نشان داد که میزان سولفات، کلر، سدیم و سختی کل در منابع آبهای زیرزمینی از حداکثر مجاز و میزان نیتريت، TDS و کلسیم از حد مطلوب فراتر می باشد (Dindarlo et al., 2006). (Demir et al., 2009) تغییرات مکانی عمق و شوری آب زیرزمینی مناطق کشاورزی در شمال ترکیه را بررسی کردند. آنها در این تحقیق از داده های ماهانه یک سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۴ در ۶۰ چاه مشاهده ای استفاده کردند و نتایج تحقیق آنان حاکی از این بود که قسمت شرقی محدوده مورد مطالعه که دارای زهکشی ضعیف است، دارای بیشترین خطر برای شوری می باشد. نتایج مطالعه روی تقسیم پارامترهای کیفیت آب آشامیدنی برای روستاهای سانگانر هندوستان توسط (Kumar et al., 2010) با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره انجام شد نشان داد که کیفیت این آبها به شرایط نامناسبی پیش می روند و اکثراً به مقدار بالاتر از حد مجاز فلوراید، نیتريت و قلیائیت ناشی از آلاینده های مصنوعی و آلی آلوده هستند. نتایج مطالعه رجایی و همکارانش در بررسی کیفیت شیمیایی آب روستایی دشت بیرجند و قائن در سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ بیانگر آن بود که باقیمانده جامدات خشک در ۳۷ درصد از نمونه ها، سختی در ۲۵ درصد، سولفات در ۳۳ درصد، سدیم در ۷۰ درصد، کلر در ۲۵ درصد و هدایت الکتریکی در ۵۱ درصد موارد بیشتر از حداکثر مجاز استاندارد ملی و فلوئور در ۹۲ درصد از نمونه های آنالیز شده کمتر از حداقل مجاز توسعه شده به دست آمد. همچنین براساس دیگرام شولر پارامترهای کیفی آب در وضعیت خوب تا مناسب قرار گرفتند (Rajaei et al., 2012). نتایج مطالعه ای تحت عنوان ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی در استان بلوچستان پاکستان نشان داد که پارامترهای هیدروژوشیمیایی آبهای زیرزمینی بسیار متغیر بوده و طیف گسترده ای از TDS و آنیون ها را شامل می شود. بسیاری از آبهای زیرزمینی این استان دارای غلظت بالای فلوراید، آهن و نیتريت می باشند. هدایت الکتریکی و PH آنها بیشتر از استانداردهای جهانی می باشد (Shimaa et al., 2013). نتایج مطالعه ای که تحت عنوان منبع شوری آب زیرزمینی در آبخوان های ساحلی براساس ایزوتوپ های زیست محیطی در پرتغال توسط (Paula et al., 2014) انجام شد نشان داد که در هر سه حوضه رسوبی پرتغال شوری آبهای زیرزمینی رخ داده که منبع این شوری نفوذ آب دریا، انحلال ساختارهای دیابیری، انحلال نمک در عمق و تبخیر آب آبیاری می باشد. نتایج مطالعه ای تحت عنوان ارزیابی کیفیت آبهای زیرزمینی برای شرب با استفاده از شاخص کیفیت (WQI) در ناحیه اوتارپرادیش هند نشان داد که شاخص کلاس کلی کیفیت آب که با استفاده پنج پارامتر PH, TDS, TH و کلراید و سولفات محاسبه شده، خوب و برای مصارف خانگی قابل قبول می باشد (Khrishan et al., 2016). نتایج مطالعه ای تحت عنوان ارزیابی کمی و کیفی آب زیرزمینی آبخوان های ساوه و اراک نشان داد که براساس روش ویلکاکس جهت مصارف کشاورزی، آبخوان ساوه به چهار دسته و آبخوان اراک به سه دسته طبقه بندی می شوند، بطوریکه ۱۶ درصد از کل مساحت محدوده ساوه در کلاس  $C_4S_2$ ، ۴۶ درصد در کلاس  $C_4S_1$ ، ۳۰ درصد در

کلاس  $C_3S_1$  و ۸ درصد در کلاس  $C_2S_1$  قرار گرفت. در مورد آبخوان اراک از کل محدوده مورد مطالعه ۴۲ درصد در کلاس  $C_4S_1$ ، ۵۶ درصد در کلاس  $C_3S_1$  و ۲ درصد در کلاس  $C_2S_1$  قرار گرفت. مشخص شد که کیفیت آب زیرزمینی در فصول تر نسبت به خشک در چاههای با عمق کمتر نامطلوب تر است (قلعه نی و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج مطالعه ای تحت عنوان تجزیه و تحلیل کیفیت شیمیایی آبهای زیرزمینی دشت کمبجان نشان داد که باقیمانده جامدات خشک در ۲۵ درصد از نمونه ها، سختی ۴۴ درصد، سولفات ۱۹ درصد، سدیم ۳۲ درصد، کلراید ۱۹ درصد، هدایت الکتریکی ۳۲ درصد و فلوئور ۱۹ درصد بیشتر از حداکثر مجاز استاندارد ملی به دست آمد. براساس نمودار شولر پارامترهای کیفی آب در وضعیت خوب تا مناسب قرار گرفتند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲). در مطالعه دیگر که تحت عنوان بررسی و ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت میانکاله از لحاظ شرب و کشاورزی که توسط وفایی و همکاران (۱۳۹۲) انجام شد نتایج نشان داد که بیشتر نمونه ها از نظر شرب و کشاورزی تقریباً در محدوده متوسط قرار دارند و نامناسبترین منطقه هم از لحاظ شرب و کشاورزی در بخش غربی دشت می باشد. در مطالعه که توسط مستعد و همکاران (۱۳۹۴) تحت عنوان بررسی زیست محیطی و هیدروشیمی آبهای زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی در منطقه کوه سفید- مراد آباد (خراسان رضوی) انجام شد نتایج آن نشان داد که برخی از نمونه ها از نظر نسبت جذب سدیم (SAR) در رده ی نامناسب، از نظر درصد سدیم (Na%) مشکوک و از نظر خطر منیزیم (MH) در رده ی نامناسب برای کشاورزی قرار دارند. در خاتمه لازم به ذکر است که مطالعات متعددی بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی انجام گرفته که می توان به بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت ایرانشهر (Rahnama-rad et al., 2008) و تاثیر سازندهای زمین شناسی بر کیفیت آب توسط لشکری پور (۱۳۹۰) و پهنه بندی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از زمین آمار برای مصارف کشاورزی در دشت کهرئز توسط اصغری مقدم و همکاران (۱۳۹۲) اشاره کرد. در تحقیق حاضر از منابع اطلاعات گوناگونی از جمله نقشه های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ (سازمان زمین شناسی کشور)، سطح آب زیرزمینی، داده های کیفی منطقه استفاده شده است. علاوه بر آن به اثرات افت سطح آب زیرزمینی آن از جمله فرونشست زمین، خشکسالی، ایجاد شکاف در منازل مسکونی، متروکه شدن خانه ها و کاهش کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف مختلف و مشکلات اجتماعی و اقتصادی و اثرات زیست محیطی پرداخته شده است.

## ۲- زمین شناسی و موقعیت دشت میناب

از نظر زمین شناسی منطقه مورد مطالعه در بخش غربی زون مکران قرار گرفته است (آقاناتی، ۱۳۸۳: ۵۹۶) دشت میناب یک دشت کاملاً آبرفتی است که از رسوبات دوران کواترنری به ضخامت  $40.5 km^2$  که این رسوبات از قدیم به جدید شامل واحد پادگانه ها و مخروط افکنه های کهن، آبرفت میانی (Qt1a) به ضخامت ۶،۶ کیلومتر مربع در جنوب شرقی دشت، پادگانه و یا تراس های آبرفتی (Qt1) به ضخامت ۴،۵ کیلومتر مربع در مسیر رودخانه و سیلاب های فصلی، واحد پادگانه ها و مخروط های جوان (Qt2) به ضخامت ۱۲۶،۳ کیلومتر مربع در تمام نقاط دشت، آبرفت های شسته شده سیلنتی (Qt2a) به ضخامت ۲۲۰ کیلومتر مربع در بخش غربی دشت و رسوبات بستر رودخانه (Qa1) به ضخامت ۴۷،۶ کیلومتر مربع می باشد علاوه بر رسوبات دوران کواترنری، ماسه سنگ شیلی (s) به ضخامت ۱۸،۴ کیلومتر مربع و به سن پلیوسن زیرین و ماسه سنگ خگو (Mm3) به ضخامت ۶۰،۲ کیلومتر مربع و به سن میوسن بالایی تشکیل شده است. دشت میناب در جنوب ایران و از نظر تقسیمات سیاسی کشور در استان هرمزگان و شهرستان میناب واقع شده است (شکل ۱). این دشت دارای وسعتی ۶۵۲،۵ کیلومتر مربع است که از این مقدار حدود ۳۷۳،۶۴۰ کیلومتر مربع محدوده مورد مطالعه میباشد. دشت میناب بین طول های ۵۶ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و عرض های ۲۶ درجه و ۱ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی واقع شده است. از نظر توپوگرافی دشت بسیار هموار می باشد که با یک شیب بسیار کم (۰،۵ درصد) به دریا ختم می شود. حداکثر ارتفاع دشت ۹۰ متر و حداقل آن صفر است، رودخانه اصلی آن رودخانه میناب است که سرشاخه های آن از ارتفاعات رودان، منوجان، مسافراآباد، فاریاب، گلاشگرد سرچشمه می گیرند. دشت میناب از شمال به شمال - تخت و رودان، و از سمت شرق به جغین - توکهور و از سمت جنوب به بمانی و کریان و از طرف غرب به ساحل خلیج فارس محدود می شود.



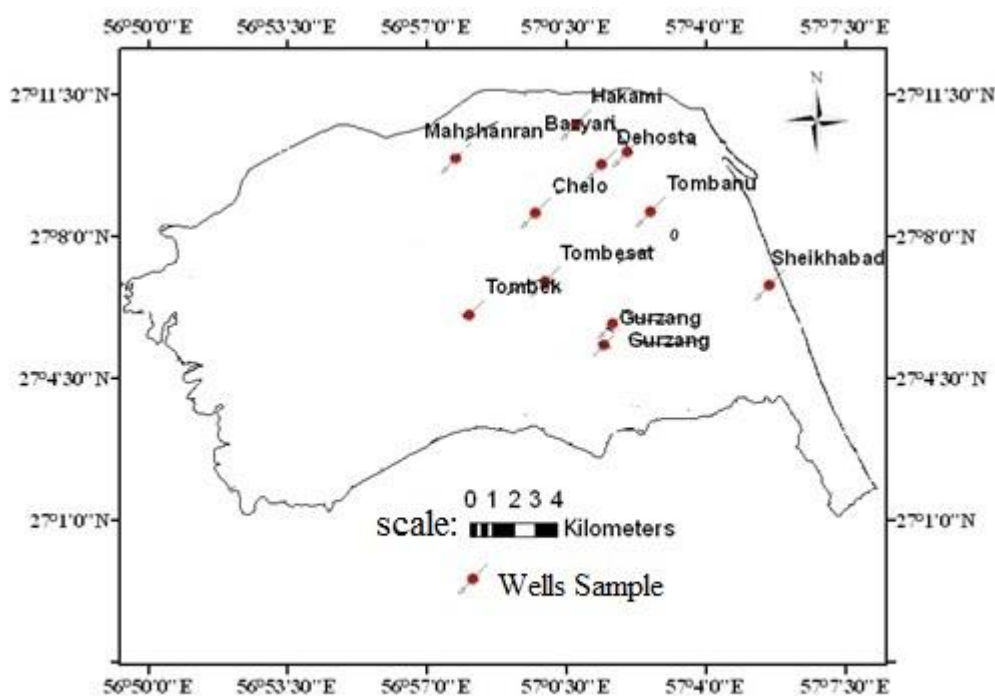


شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه همراه با موقعیت دشت میناب (برگرفته از نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ میناب)

### ۳- روش تحقیق

در این تحقیق به منظور بررسی تغییرات شاخص های فیزیکی و شیمیایی آبهای زیرزمینی در دشت میناب، ۱۲ نمونه آب چاه های موجود جهت بررسی آنیون ها و کاتیون های اصلی در آب در آذرماه ۱۳۹۴ برداشت گردید که شکل (۲) محل برداشت نمونه ها را نشان می دهد. پارامترهای اسیدیته، دما و هدایت الکتریکی در صحراندازه گیری شد سپس نمونه های آب به آزمایشگاه منتقل شد و براساس روش های سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2008) و موسسه استاندارد پژوهش های صنعتی ایران ۱۰۵۳ (Institute Standards and Industrial Research of Iran, 1992)، آنیون ها و کاتیون های اصلی نمونه ها شامل  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  و  $CO_3^{2-}$  در آزمایشگاه آب منطقه ای استان هرمزگان اندازه گیری شد. جهت ارزیابی کیفیت نمونه های آب برای مصارف کشاورزی از پارامترهای نسبت جذب سدیم (SAR)، درصد سدیم (%Na)، کربنات سدیم باقیمانده (RSC)، خطر منیزیم (MH) و نمودار Wilcox استفاده شد. برای بررسی کیفیت

منابع آب زیرزمینی جهت مصرف شرب، نمونه ها به روش آنالیز توصیفی مورد سنجش قرار گرفتند و این مقادیر با استاندارد های تحقیقات صنعتی ایران و سازمان بهداشت جهانی و دباگرام شولر مقایسه گردید. به منظور بررسی پیامدهای افت سطح آب و برداشت بی رویه از سفره دشت میناب دو دوره زمانی ۱۳۶۵ و ۱۳۹۴ مبنای کار قرار گرفت و نقشه های میزان افت سطح آب دشت طی این دوره تهیه گردید و سپس میزان شوری آب زیرزمینی و تغییرات آن طی این مدت بررسی شد. همچنین با استفاده از نتایج بدست آمده و مطالعات میدانی، پیامدهای افت سطح ایستابی شناسایی و ارزیابی شد. و در پایان نیز پس از جمع بندی نتایج و تحلیل راهکارهای موجود، راه حل های قابل اجرا برای کاهش مشکلات ارائه شده است. در این تحقیق برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزارهای Excel، AQ.QA و GIS استفاده شده است.



شکل ۲- موقعیت چاههای نمونه برداری شده در دشت میناب

#### ۴- نتایج آزمایشات تجزیه شیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت میناب در آذرماه ۱۳۹۴ و مقایسه آن با آذرماه ۱۳۸۵

در این مطالعه ۱۲ نمونه آب مورد بررسی قرار گرفت و برای هر نمونه ۱۴ پارامتر کیفی مورد سنجش قرار گرفت که پس از تعیین میانگین، انحراف معیار، ضریب تغییرات، حداکثر، حداقل، مد، میانه، واریانس و دامنه تغییرات در جداول ذیل ارائه گردیده است و با پارامترهای کیفی نمونه های آب در سال ۱۳۸۵ مقایسه شده است. یکی از روشهای بررسی ماهیت آبهای زیرزمینی و تعیین منشأ احتمالی آنها استفاده از نسبت یون های موجود در آنها می باشد که بدین منظور نسبت بین آنیون ها و کاتیون های مختلف موجود در آبهای زیرزمینی با استفاده از نتایج آزمایش های شیمیایی آب زیرزمینی در دشت میناب محاسبه شده و مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۱- خلاصه آمار نتایج آنالیز نمونه های آب برداشت شده از چاههای دشت میناب در آذرماه ۱۳۹۴ ( غلظت ها بر حسب

mg/l TDS، meq/l بر حسب mg/l، هدایت الکتریکی بر حسب  $\mu\text{mhos/cm}$ ، سختی کل بر حسب mg/l)

TH	SAR	Na%	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Co <sup>32-</sup>	So <sup>42-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Hco <sup>3-</sup>	PH	EC	TDS	Wall
176	6.96	72.49	0	9.2	2.21	1.28	0	3.1	6.7	2.9	8.21	1271	813	WG1
208	8.71	75.19	0	12.52	2.53	1.6	0	3.66	9.9	3.1	7.95	1667	1067	WT2
368	10.92	74.1	0	20.86	4.42	2.87	0	4.97	20	3.2	7.86	2818	1804	WG3
448	7.59	64.32	0	15.99	6.32	2.55	0	4.78	10.5	9.6	7.61	2489	1593	WB4
464	10.2	70.42	0	21.88	6.95	2.24	0	6.5	17.5	7.1	7.86	3112	1992	WM5
208	6.54	69.47	0	9.4	2.53	1.6	0	2.14	5.8	5.6	8.01	1355	867	WC6
160	8.28	76.66	0	10.45	1.58	1.6	0	3.14	7.2	3.3	8.01	1365	874	WT7
448	8.3	66.35	0	17.49	6	2.87	0	5.28	14	7.1	7.62	2639	1689	WD8
400	9.26	69.94	0	18.43	5.68	2.24	0	5.47	14.5	6.4	7.92	2628	1688	WH9
160	8.57	77.26	0	10.81	1.58	1.6	0	3.7	6.6	3.7	8.15	1401	897	WT10
272	8.07	71.08	0	13.25	3.79	1.6	0	4.65	8.4	5.6	7.89	1866	1194	WS11
352	8.44	69.33	0	15.78	4.79	2.24	0	4.28	12.5	6	7.82	2279	1451	WZ12

جدول ۲- مشخصه های آماری شاخص های مختلف کیفیت شیمیایی منابع آب دشت میناب در آذرماه ۱۳۹۴ ( غلظت ها بر

حسب mg/l TDS، meq/l بر حسب mg/l، هدایت الکتریکی بر حسب  $\mu\text{mhos/cm}$ ، سختی کل بر حسب mg/l)

TH	So <sup>42-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Co <sup>32-</sup>	Hco <sup>3-</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	PH	TDS	EC	پارامتر
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	تعداد نمونه ها
305	4.3	11.1	0	5.3	0	14.7	4.03	2.02	7.9	1327	2074	میانگین
115.46	1.16	4.42	0	2	0	4.2	1.84	0.52	0.17	405.01	632.3	انحراف معیار
37.86	26.98	39.82	0	37.74	0	28.57	45.66	25.74	2.15	30.52	30.2	ضریب تغییرات
464	6.5	20	0	9.6	0	20.9	6.95	2.87	8.21	1992	3112	حداکثر
160	2.14	5.8	0	2.9	0	9.2	1.58	1.28	7.61	813	2171	حداقل
160	-	-	0	7.1	0	-	1.58	1.6	7.86	-	-	مد
280	4.46	10.2	0	5.6	0	14.5 1	4.1	1.92	7.9	1322.5	2972.5	میانه
13332	1.35	19.5	0	4.03	0	17.7	3.41	0.27	0.029	164037	399805	واریانس
304	4.36	14.2	0	6.7	0	11.7	5.37	1.59	0.6	1179	1841	دامنه تغییرات

پارامتر PH جز شاخص های شیمیایی آب نیست ولی بدلیل اهمیت زیاد این پارامتر، سنجش آن نیز صورت گرفته است. آزمایش نشان می دهد که میانگین، انحراف معیار، ضریب تغییرات، حداکثر، حداقل، میانه، واریانس و دامنه تغییرات PH نمونه ها به ترتیب ۷، ۹، ۱۷، ۰، ۱۵، ۲، ۲۱، ۸، ۶۱، ۷، ۹، ۰، ۲۹، ۰، ۶ است و در مقایسه با مقادیر PH در آذرماه ۱۳۸۵ کاهش یافته است و تمام آبهای نمونه برداری شده دارای PH بازی هستند. مقایسه مقادیر پارامترها در آب شرب دشت میناب با استانداردهای ملی در جدول (۴) نشان داده شده است و بیان می کند که PH و کلسیم در محدوده استاندارد بوده اند. ولی میزان هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، کلرور و سدیم به ترتیب ۵۰، ۴۲، ۴۱، ۶۷ و ۱۰۰ درصد بیشتر از حد استاندارد می باشند. مقدار هدایت الکتریکی اندازه گیری شده در محدوده ۱۲۷۱ تا ۳۱۱۲ میکروموس بر سانتی متر است که ۳۳، ۳۳ درصد نمونه ها در حد مطلوب و ۱۶، ۶۷ درصد در حد مجاز و ۵۰ درصد بیشتر از این مقدار بودند.



جدول ۳- مشخصه های آماری شاخص های مختلف شیمیایی منابع دشت میناب در آذرماه ۸۵ (نوحه گر، ۱۳۸۵) (غلظت ها بر حسب mg/l، هدایت الکتریکی بر حسب  $\mu\text{mhos/cm}$ ، سختی کل بر حسب mg/l)

پارامتر	EC	TDS	PH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Hco <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Co <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	So <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	TH
تعداد نمونه ها	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
میانگین	1356.4	837.94	8.03	2.55	2.93	7.88	0	3.54	0.09	5.17	4.75	18.41
انحراف معیار	619.64	422.17	0.26	1.08	1.74	4.19	0	0.98	0.28	3.13	3.23	9.49
ضریب تغییرات	45.68	50.28	3.24	42.35	59.39	53.17	0	27.68	311.1	60.54	68	
حداکثر	2586	1655	8.6	5.58	5.52	18.64	0	5.05	1.5	8.9	14.17	35.31
حداقل	364	0	7.35	1.27	0.31	1.39	0	0.95	0	0.3	0.47	5.9
مد	-	372	8.35	2.19	4.1	-	0	4.2	0	8	2.1	
میانه	1521.5	960	8.02	2.87	3.78	9.41	0	3.88	0	5.7	5.38	
واریانس	383943	178229	0.07	1.16	3.01	17.57	0	0.96	0.08	9.8	10.43	
دامنه تغییرات	2222	1655	1.25	4.31	5.21	17.25	0	4.2	1.5	8.6	13.7	29.4

جدول ۴- آمار توصیفی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در آذرماه ۱۳۹۴ و مقایسه آن با استانداردهای ملی ۱۰۵۳ و بین المللی (WHO, 2008).

پارامتر	حداقل	حداکثر	میانگین	استاندارد ملی آب ایران ۱۰۵۳		استاندارد سازمان بهداشت جهانی	درصد نمونه ها در محدوده استاندارد		
				حداکثر مطلوب	حداکثر مجاز		مطلوب	مجاز	بیش از استاندارد
PH	7.61	8.21	7.9	6.5-8.5	6.5-9	6.5-8.5	100	-	-
هدایت الکتریکی (EC) ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	1271	3112	2074	1500	2000	1400	33.33	16.67	50
کل جامدات محلول (TDS) (mg/l)	813	1992	1327	100	1500	500	-	58	42
سختی کل (TH) (mg/lCaCo <sub>3</sub> )	160	464	305	300	500	200	50	50	-
سولفات (SO <sub>4</sub> ) (mg/l)	102.8	312.1	206.8	250	400	200	75	25	-
کلرو (Cl) (mg/l)	205.65	709	394.65	250	400	200	25	33.33	41.67
کلسیم (Ca) (mg/l)	25.65	57.51	40.56	300	400	75	100	-	-
منیزیم (Mg) (mg/l)	19.2	84.48	50.26	30	150	50	25	75	-
سدیم (Na) (mg/l)	212	502	337	200	200	200	-	-	100

#### ۴-۱- کل جامدات محلول (TDS):

این پارامتر بیانگر حضور کاتیون ها و آنیون ها در آب و شور بودن آن می باشد. مقدار TDS در محدوده مطالعاتی در سال ۱۳۹۴ بین حداقل ۸۱۳ تا حداکثر ۱۹۹۲ میلی گرم بر لیتر تغییر می نماید. متوسط آن ۱۳۲۷ میلی گرم بر لیتر است و

از دیدگاه استاندارد شرب ۴۲ درصد نمونه ها بیش از استاندارد و غیرقابل شرب و ۵۸ درصد در محدوده مجاز برای شرب قرار می گیرند. این پارامتر باعث غیرگوارا بودن آب شرب میناب شده ولی مشکلات بهداشتی ایجاد نمی نماید و در مقایسه با مقدار متوسط آن در سال ۱۳۸۵ مقدار این پارامتر در آبهای منطقه افزایش یافته است.

#### ۴-۲- یون سولفات:

یکی از پارامترهای موثر در افزایش هدایت الکتریکی یون سولفات است. سولفات به طور معمول در اثر انحلال ترکیبات سولفات مانند ژئیس یا انیدریت در آبهای زیرزمینی تولید شده و تاثیر آن در افزایش مقدار هدایت الکتریکی کمتر از کلراید می باشد. براساس نتایج بدست آمده از آزمایش های هیدروشیمیایی، میزان سولفات در آب چاهها نسبت به سال ۱۳۸۵ کاهش یافته و ۷۵ درصد نمونه ها در حد مطلوب می باشند.

#### ۴-۳- یون بیکربنات:

حداقل و حداکثر یون بی کربنات در این دشت به ترتیب ۲,۹ و ۹,۶ میلی اکوی والان بر لیتر است. دامنه تغییرات، میزان انحراف معیار و میانگین این یون به ترتیب برابر ۶,۷، ۲ و ۵,۳ میلی اکوی والان بر لیتر می باشد. چون قابلیت حل شدن این یون در آب محدود است، میزان یون بیکربنات در آبها تا مقدار معینی بیشتر نمی تواند وجود داشته باشد و در مقایسه با سال ۱۳۸۵ میزان متوسط این یون افزایش یافته است.

#### ۴-۴- یون سدیم:

مقدار یون سدیم نشان دهنده میزان شوری آب می باشد و معمولا از نمک طعام ایجاد می شود. نتایج نشان می دهد در منبع آب چاهها، میزان یون سدیم از حد مجاز بیشتر است و ممکن یکی از دلایل ایجاد طعم نامطلوب در آب شرب میناب کاتیون سدیم باشد که به صورت ترکیب با آنیون سولفات و کلرور می تواند مشکل آفرین باشد. در آبهای این منطقه حداقل مقدار یون سدیم ۹,۲ و حداکثر آن ۲۰,۹ میلی اکوی والان بر لیتر است. مقادیر میانگین، انحراف معیار و دامنه تغییرات میزان یون سدیم در این منطقه به ترتیب برابر با ۱۴,۷، ۴,۲ و ۱۱,۷ میلی اکوی والان بر لیتر می باشد که در مقایسه با مقدار متوسط آن در سال ۱۳۸۵ افزایش یافته است.

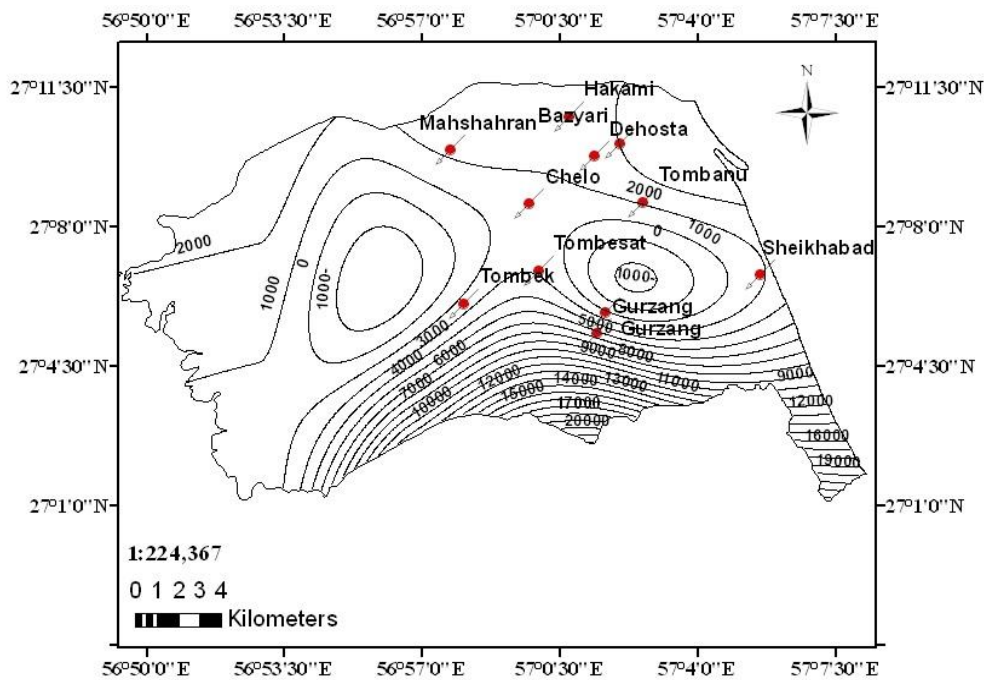
#### ۴-۵- سختی کل:

سختی آب شاخصی از وجود یون های کلسیم و منیزیم در آب است. آب با سختی بیش از ۳۰۰ میلی گرم در زمره آبهای خیلی سخت محسوب می گردد، با توجه به اینکه نمونه های آب چاههای منطقه مورد مطالعه دارای سختی بیش از این مقدار است، لذا در طبقه آبهای خیلی سخت قرار می گیرد و برای مصارف خاص صنعتی ممکن است مشکل آفرین باشد. نتایج نشان می دهد که حداقل سختی کل در نمونه های منطقه مورد مطالعه ۱۶۰ و حداکثر آن ۴۶۴ میلی گرم بر لیتر برحسب کربنات کلسیم محاسبه شده است. مقادیر میانگین، انحراف معیار و دامنه تغییرات به ترتیب ۳۰۵، ۱۱۵,۶۴ و ۳۰۴ میلی گرم بر لیتر برحسب کربنات کلسیم می باشد و مقایسه آن با مقادیر سختی کل در سال ۱۳۸۵ نشان می دهد که مقادیر این پارامتر افزایش یافته است. در مقایسه با استانداردهای ایران ۵۰ درصد نمونه ها در حد مطلوب و ۵۰ درصد در حد مجاز می باشند

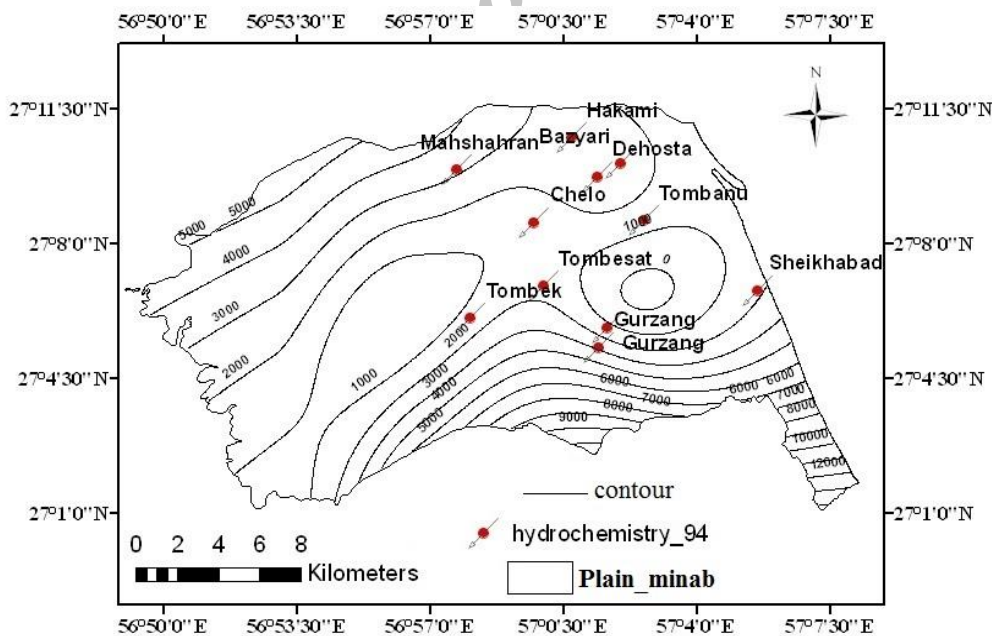
#### ۴-۶- بررسی وضعیت EC و Cl دشت میناب

جهت بررسی تغییرات مکانی هدایت الکتریکی در محدوده دشت که در واقع شاخص کیفی آب زیرزمینی محسوب می شود نقشه های هم ارزش هدایت الکتریکی برای آذرماه ۱۳۸۵ و ۱۳۹۴ ترسیم گردید و در اشکال ۳ و ۴ ارائه شده است. با استفاده از این شکل ها به این نتیجه رسیدیم، بیشترین هدایت الکتریکی در سال ۱۳۹۴ برابر ۳۱۱۲ میکروموس بر سانتی متر در شمال غربی دشت و کمترین میزان آن ۲۱۷۱ میکروموس بر سانتی متر در شرق می باشد این در حالی است که بیشترین مقدار هدایت الکتریکی در سال ۱۳۸۵ برابر ۲۵۸۶ میکروموس بر سانتی متر و کمترین مقدار آن ۳۶۴ میکروموس بر سانتی متر می باشد. مقایسه مقادیر EC در سال آبی ۸۶-۸۵ و ۹۴-۹۵، افزایش EC را نشان می دهد که دلیل آن افزایش افزایش حفر چاهها و بهره برداری زیاد آبخوان و کاهش بارندگی می باشد. دشت میناب در شمال غربی بخش تغذیه کننده و بخش شرقی و جنوب شرقی تخلیه کننده می باشد و افزایش مقدار EC در جهت جریان می باشد.





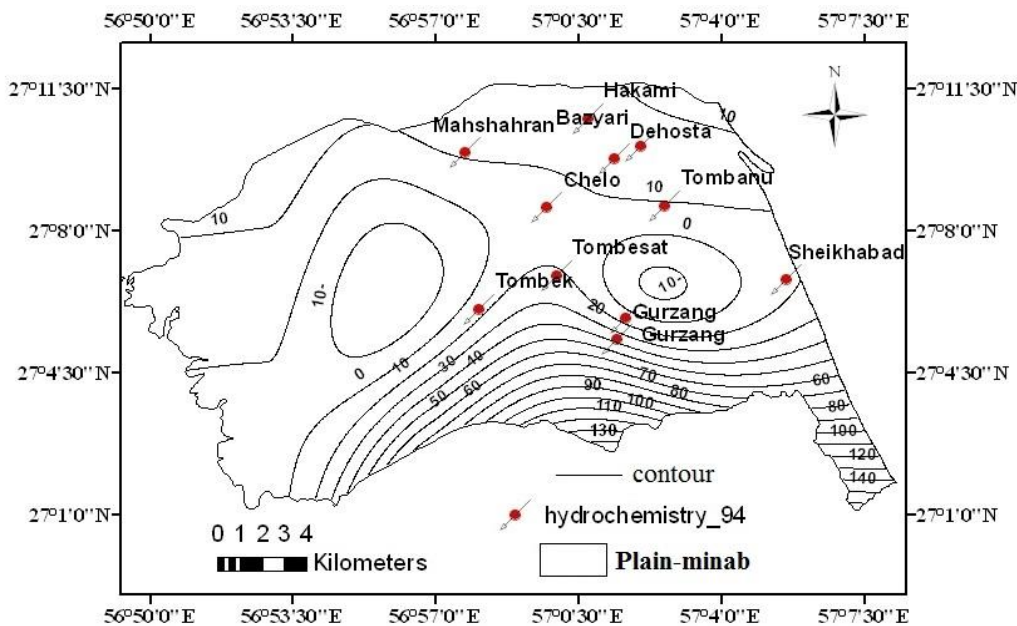
شکل ۳- منحنی های هم ارزش EC دشت میناب آذرماه ۱۳۸۵



شکل ۴- منحنی های هم ارزش EC دشت میناب آذرماه ۱۳۹۴

همانطور که در جدول ۴ مشاهده می شود بیشترین مقدار یون کلر در آبهای زیرزمینی دشت میناب ۷۰۹ میلی گرم بر لیتر (۲۰ میلی اکی والان بر لیتر) می باشد که در چاه شماره ۳ در روستای گورزانگ در جنوب غربی محدوده مورد مطالعه قرار دارد و کمترین مقدار آن ۲۰۵٫۶۵ میلی گرم بر لیتر (۵٫۸ میلی اکی والان بر لیتر) در چاه شماره ۶ در روستای چلو در مرکز دشت می باشد که با توجه به جهت جریان و قاعده و تکامل شیمیایی آب زیرزمینی در طول مسیر منطقی به نظر می رسد. نتایج

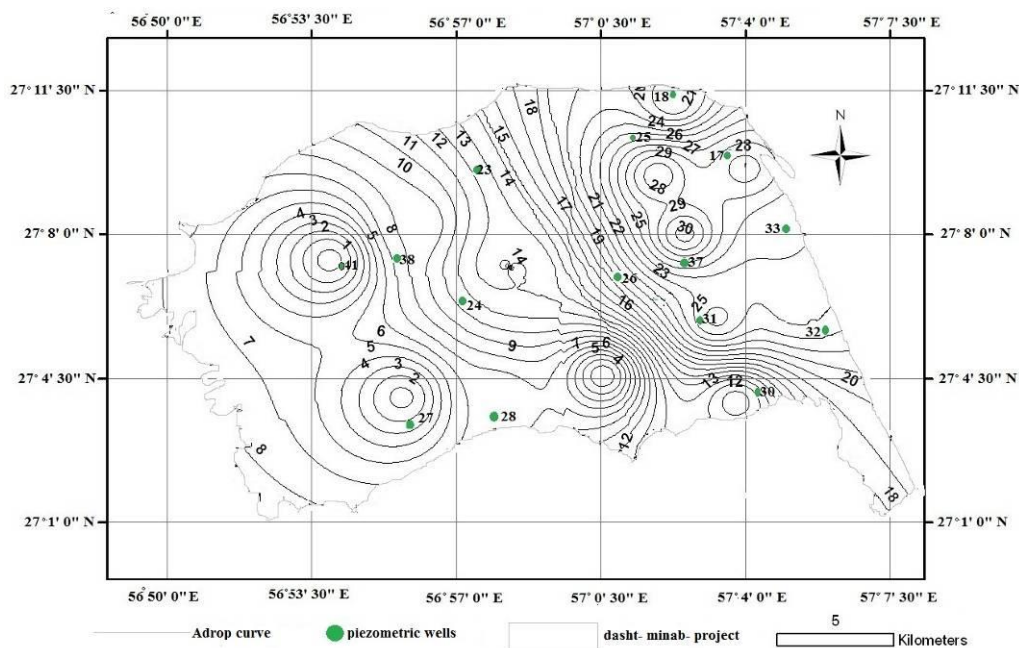
آزمایش بیانگر بیش از حد مجاز این پارامتر است و احتمال می رود یکی از دلایل ایجاد طعم در آب شرب میناب آنیون کلرور باشد. مقایسه مقدار این یون با سال ۱۳۸۵ نشان دهنده افزایش مقدار این یون در آبهای چاههای منطقه می باشد.



شکل ۴- منحنی های هم ارزش CI دشت میناب آذرماه ۱۳۹۴

### ۵- بررسی تغییرات سطح ایستابی و اثرات آن بر منطقه

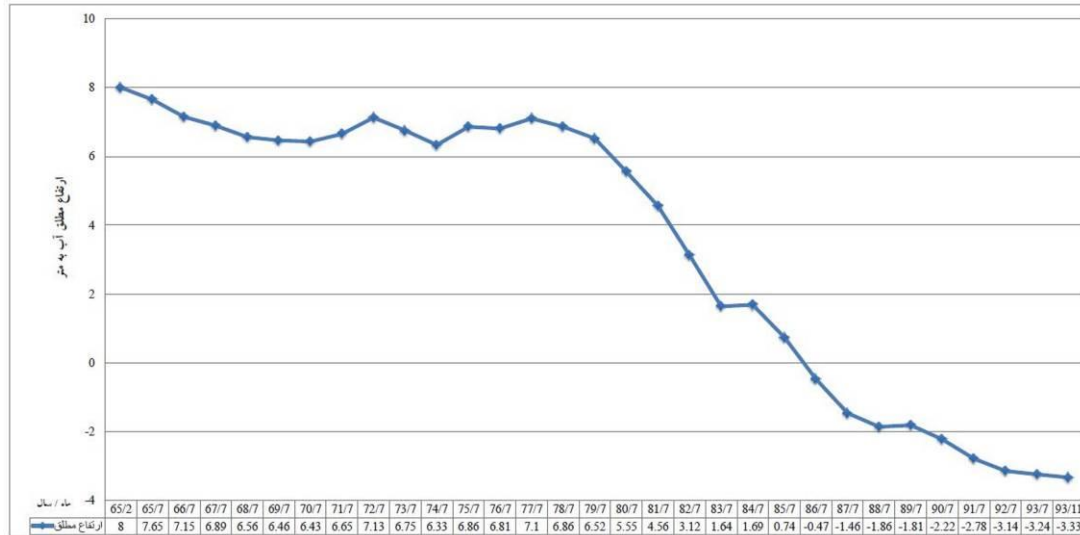
جهت بررسی تغییرات سطح ایستابی از منحنی های هم ارزش استفاده شده است که با توجه به شکل ۵ ملاحظه می گردد که بیشترین افت سطح آب زیرزمینی در بخش های شرقی و مرکزی دشت که دارای رسوبات حاوی آب شیرین و پمپاژ بیش از سایر مناطق هستند، اتفاق افتاده است.





شکل ۵- نقشه هم افت دشت میناب

هیدروگراف ۲۸ ساله دشت میناب (۱۳۶۵-۱۳۹۳) که با استفاده از میانگین تراز سطح آب در چاههای مشاهده ای رسم شده است، نشان می دهد سطح آب زیرزمینی نه تنها طی ۸ سال (۱۳۸۵-۱۳۹۳) گذشته، بلکه در سالهای قبل از آن نیز سیر نزولی بوده و طی دوره بیلان سطح ایستایی به میزان ۱۱،۳۳ متر و بطور متوسط سالانه ۴۰ سانتی متر و حجم مخزن به میزان ۲۸۷،۱۷۹ میلیون مترمکعب کاهش یافته است.



شکل ۶- هیدروگراف ۲۸ ساله دشت میناب

نتایج تحقیق مبین آن است که برداشت بی رویه از آبهای زیرزمینی علاوه بر سقوط سطح آب و کاهش کیفیت آب زیرزمینی، عواقب نامطلوب دیگری نیز در پی داشته است که خلاصه آنها در اشکال ۷ و جدول ۵ آمده است.







شکل ۷- آثار ناشی از افت سطح آب زیرزمینی در دشت میناب

جدول ۵- خلاصه اثرات برداشت بی رویه از سفره آب زیرزمینی دشت میناب طی سالهای ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۳

میزان	نوع اثر
۱۱,۳۳	افت سطح آب زیرزمینی (متر)
۲۸۷,۱۷۹	کسری مخزن (میلیون مترمکعب)
اثر نشست زمین در بخش مرکزی دشت و ایجاد فروچاله ها و شکاف و ترک خوردگی ابنیه و جاده ها	شواهد نشست زمین
در تمام دشت افزایش یافته است	تغییر میانگین هدایت الکتریکی
اطلاعات جامع و دقیقی موجود نیست	تعداد میزان کف شکنی چاه ها
خشک شدن بیشتر باغات و مزارع	میزان اثر بر کشاورزی
۱۴۴۹۹,۹۹۳	میزان آب استحصال شده (میلیون متر مکعب)

جدول ۶-مقایسه وضعیت آب زیرزمینی دشت میناب در سالهای مختلف

سال آبی	حجم ذخیره آبی (میلیون مترمکعب)	متوسط عمق برخورد به آب (متر)	متوسط شوری آب (میکروموس بر سانتی متر)
۸۵-۸۶	۱۰۱,۶۹۱	۳۶,۹۷	۱۳۵۶
۹۳-۹۴	۹۲,۱۴۳	۴۴,۶۸	۲۰۷۴

در صورت ادامه چنین روندی تعداد زیادی از چاههای منطقه در آینده با کاهش شدید آبدهی و یا کاملا خشک می شوند و کیفیت آب زیرزمینی اغلب مناطق بویژه بخش مرکزی و غربی دشت در آینده به شدت کاهش می یابد و غیر قابل استفاده خواهد شد. با افت سطح آب و در پی آن وقوع پدیده فرونشست آبی زمین، تاسیسات و بناهای منطقه نیز در معرض خطر جدی قرار می گیرند. بنابر مطالب ذکر شده، سطح زیرکشت و میزان تولیدات کشاورزی منطقه در آینده سیری نزولی خواهد یافت و باغات انبه و نخیلات به طور کامل خشک خواهد شد که این امر عواقب ناگوار اقتصادی و اجتماعی را برای ساکنین منطقه به دنبال دارد.

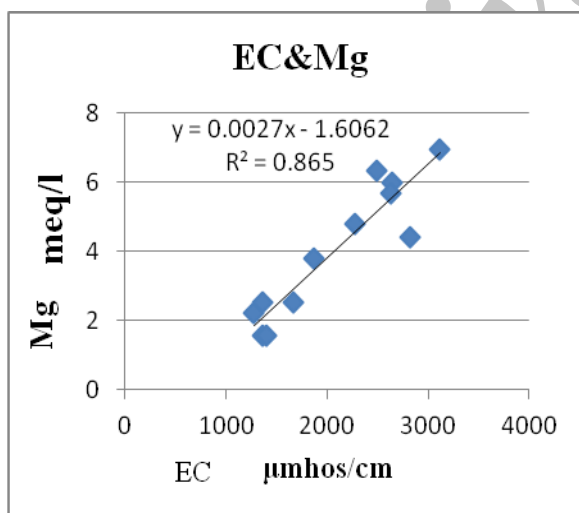
#### ۶- بررسی همبستگی های داخلی بین شاخص های کیفی و هدایت الکتریکی

با توجه به اینکه اندازه گیری میزان هدایت الکتریکی به آسانی امکان پذیر است. در صورت وجود رابطه بین هدایت الکتریکی و هر شاخص شیمیایی آب امکان برآورد این شاخص بدون انجام عملیات آزمایشگاهی وجود خواهد داشت (نوحه گر، ۱۳۸۵). نتایج نشان می دهد که در جهت جریان آبهای سطحی که از سمت شرق به غرب صورت می گیرد، میزان هدایت الکتریکی افزایش می یابد. برای بررسی همبستگی داخلی بین هدایت الکتریکی و شاخص های مختلف کیفی آبهای زیرزمینی روابط لازم

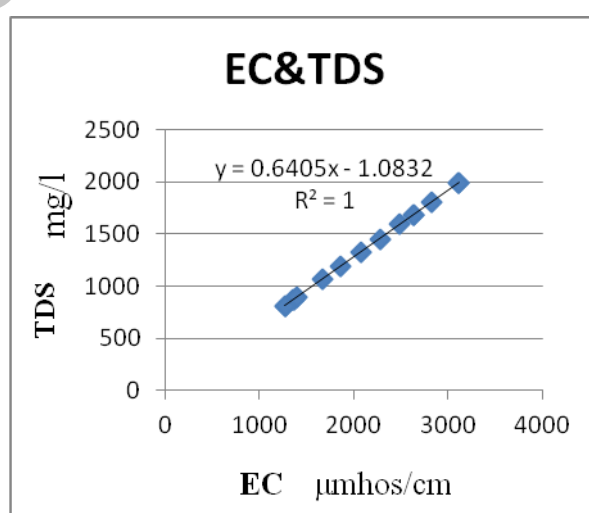
برای پایه اندازه گیری های به عمل آمده در سال ۱۳۹۴ تهیه شده و به طور خلاصه در جدول (۷) نشان داده شده است (شکل های ۸ تا ۱۴). به طور کلی با توجه به روابط بدست آمده مشخص می گردد که هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی با TDS رابطه بسیار خوبی داشته و با در اختیار داشتن میزان هدایت الکتریکی با تقریب بسیار خوبی می توان مجموع مواد محلول را برآورد کرد. بین میزان هدایت الکتریکی و یون های کلراید، سدیم و منیزیم نیز رابطه خوبی وجود داشته و در مواقع ضروری با استفاده از میزان هدایت الکتریکی و به کمک روابط ارائه شده با کمی خطا امکان برآورد این یونها وجود دارد. هدایت الکتریکی و یون کلسیم دارای رابطه نسبتا مناسبی هستند. بین یون بی کربنات و هدایت الکتریکی رابطه وجود ندارد.

جدول ۷- بررسی همبستگی های داخلی بین شاخص های کیفی و هدایت الکتریکی در آبهای زیرزمینی دشت میناب

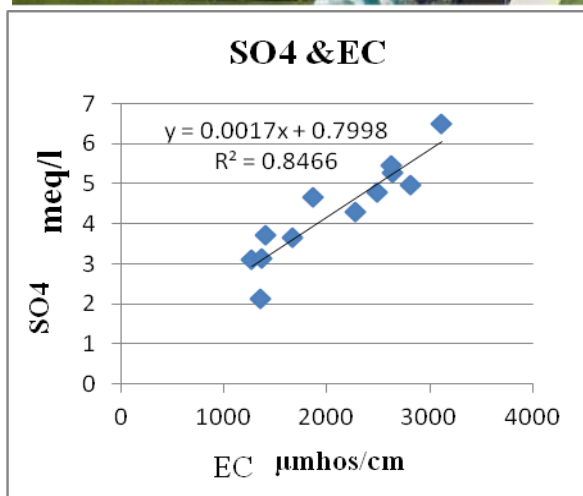
همبستگی (r)	رابطه موجود	شاخص های کیفی و هدایت الکتریکی
1	$TDS = 0.6405 EC - 1.0832$	هدایت الکتریکی و مجموع مواد محلول
0.93	$Mg = 0.0027EC - 1.6062$	هدایت الکتریکی و منیزیم
0.99	$Na = 0.0066EC + 1.0608$	هدایت الکتریکی و یون سدیم
0.93	$CL = 0.0065EC - 2.2742$	هدایت الکتریکی و یون کلراید
0.87	$Ca = 0.0007EC + 0.5271$	هدایت الکتریکی و یون کلسیم
0.92	$SO4 = 0.0017EC + 0.7998$	هدایت الکتریکی و یون سولفات
0.58	$HCO3 = 0.0019EC + 1.4524$	هدایت الکتریکی و یون کربنات



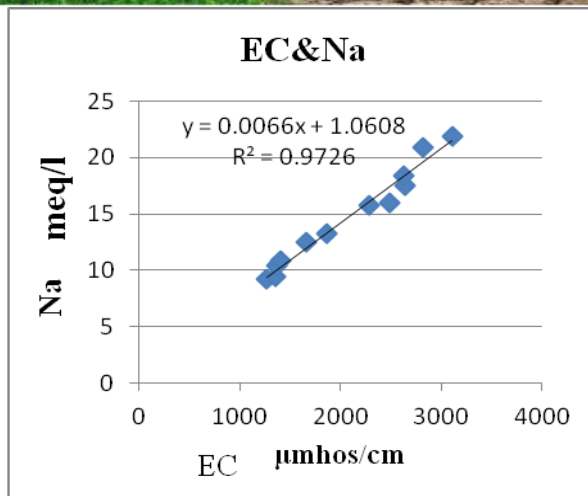
شکل ۹- رابطه بین منیزیم و هدایت الکتریکی



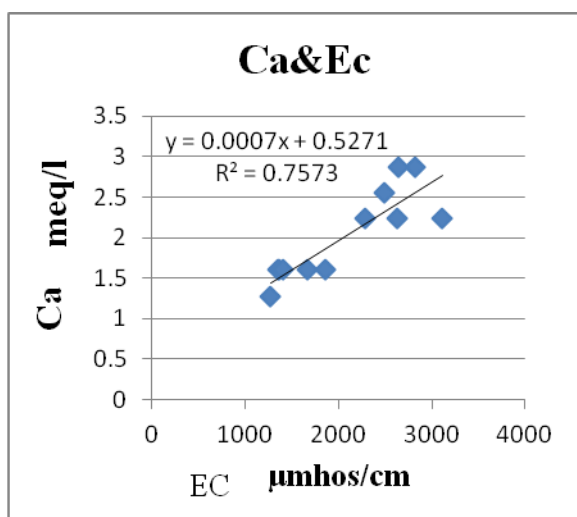
شکل ۸- رابطه بین هدایت الکتریکی و مجموع مواد محلول



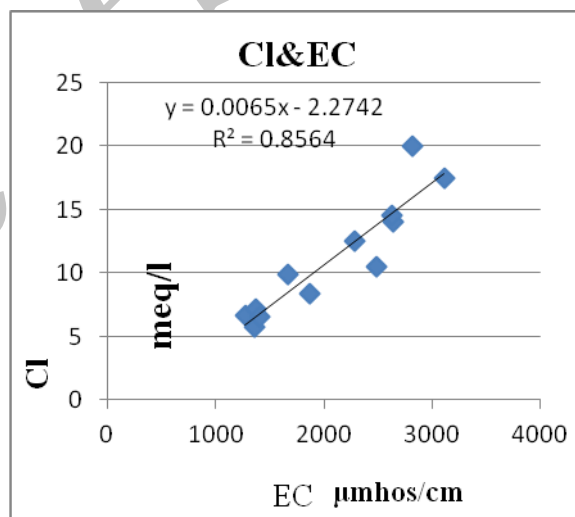
شکل ۱۱- رابطه بین یون سولفات و هدایت الکتریکی



شکل ۱۰- رابطه بین یون سدیم و هدایت الکتریکی

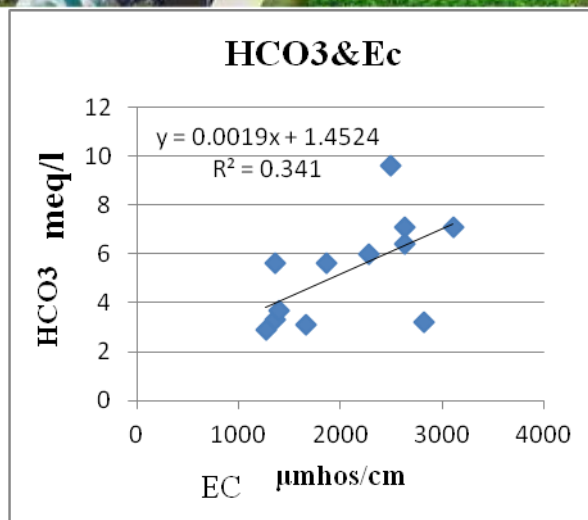


شکل ۱۳- رابطه بین یون کلسیم و هدایت الکتریکی



شکل ۱۲- رابطه بین یون کلر و هدایت الکتریکی





شکل ۱۴- رابطه بین یون کربنات و هدایت الکتریکی

#### ۷- بررسی نسبت های معرف: (Na/Cl)، (Mg/Ca)، (SO4/Cl)، (SO4/HCO3)، (Cl/HCO3)

از نسبت یون سولفات به یون بیکربنات می توان به عنوان یک عامل هیدروشیمیایی در تعیین منشأ آب استفاده نمود. اگر این نسبت کمتر از عدد ۱ باشد، نشان دهنده این موضوع است که منشأ آنها بیشتر از اینکه تحت تاثیر واحد گچی قرار داشته باشد از منابع دیگر و احتمالاً منابع آهکی می باشد، ولی اگر این نسبت بالاتر از حد ۱ باشد منشأ آب می تواند واحد گچی یا نمکی باشد (نوحه گر، ۱۳۸۵). نسبت معرف یون سولفات به کلراید در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد که در تمام دشت نسبت یون سولفات به یون کلراید کمتر از یک می باشد. نسبت های سولفات به بیکربنات و سولفات به کلراید و کلراید به بی کربنات در محدوده مورد مطالعه نشان دهنده موارد زیر است:

۱- لایه های مهم اضافه کننده سولفات در واحدهای زمین شناسی دشت توسعه زیادی نداشته اند و در نتیجه میزان این یون در بخش های زیادی از دشت به قدری کم بوده که یون بی کربنات به عنوان آنیون غالب در این دشت محسوب گردیده است. لازم به ذکر است که غالباً گفته می شود آبهای بی کربنات دارای منشأ آهکی هستند ولی به دلیل اینکه سنگهای آهکی در این دشت توسعه چندانی ندارند، وجود بی کربنات ناشی از انحلال کانیهای دیگر حاوی این یون می باشد.

۲- نسبت کمتر از ۱ SO4/Cl نشان دهنده عدم وجود لایه های ایجاد کننده یون سولفات در منطقه بوده و یون های کلر و سدیم موجود در آب غالباً از کانیهای رسی موجود در سنگهای رسی، مارن، شیل و سیلت و همچنین آب دریا که در منابع آب زیرزمینی نفوذ کرده می باشد. نتایج نشان می دهد که نسبت های یونی در آبهای منطقه مورد مطالعه افزایش یافته است.

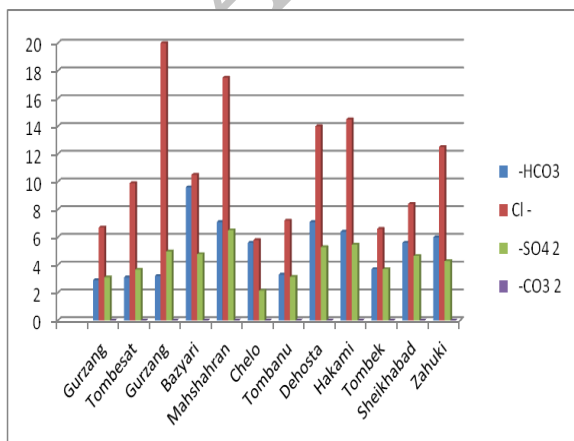
جدول ۸- نسبت های یونی در نمونه های آب چاههای دشت میناب در آذرماه ۱۳۹۴ و مقایسه آن با سال ۱۳۸۵

سال	Na/Mg	Na/Ca	Mg/Ca	SO4/Cl	Cl/HCO3	Na/Cl	SO4/HCO3
۱۳۸۵	۲،۵۲	۳،۲۴	۱،۲۹	۰،۶۶	۱،۹۲	۱،۲۸	۱،۲۷
۱۳۸۵	۲،۴۲	۳،۵۹	۱،۴۸	۰،۷۱	۲،۱۲	۱،۲۹	۱،۵۰
۱۳۸۵	۲،۶۰	۳،۵۱	۱،۳۵	۰،۶۷	۱،۸۸	۱،۳۱	۱،۲۶
۱۳۸۵	۲،۶۷	۳،۴۳	۱،۲۹	۰،۷۷	۱،۸۶	۱،۳۸	۱،۴۴
۱۳۸۵	۴،۴۸	۰،۷۳	۰،۱۶	۰،۶۷	۰،۲۹	۱،۹۹	۰،۱۹
۱۳۸۵	۲،۹۴	۳،۴۸	۱،۱۸	۰،۷۸	۱،۹۸	۱،۴۱	۱،۵۵
۱۳۸۵	۲،۶۱	۳،۳۵	۱،۲۹	۰،۷۳	۱،۹۰	۱،۳۴	۱،۳۸

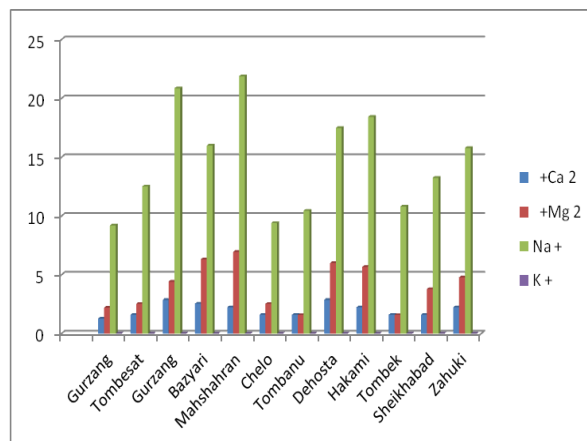
۱,۲۸	۱,۳۱	۱,۸۴	۰,۷۰	۱,۲۹	۳,۱۹	۲,۴۸	۱۳۸۵
۱,۹۵	۱,۴۵	۲,۴۱	۰,۸۱	۱,۳۲	۴,۱۵	۳,۱۵	۱۳۸۵
۳,۶۱	۲,۳۳	۲,۱۲	۱,۶۹	۱,۲۴	۵,۸۴	۴,۷۲	۱۳۸۵
۰,۴۷	۲,۷۱	۰,۲۹	۱,۶۳	۰,۷۷	۱,۴۲	۱,۸۵	۱۳۸۵
۱,۶۴	۱,۴۳	۱,۹۵	۰,۸۴	۱,۳۴	۳,۵۰	۲,۶۲	۱۳۸۵
۱,۰۶	۱,۳۷	۲,۳۱	۰,۴۶	۱,۷۲	۷,۱۸	۴,۱۶	۱۳۹۴
۱,۱۸	۱,۲۶	۳,۱۹	۰,۳۶	۱,۵۸	۷,۸۱	۴,۹۴	۱۳۹۴
۱,۵۵	۱,۰۴	۶,۲۵	۰,۲۴	۱,۵۴	۷,۲۸	۴,۷۲	۱۳۹۴
۰,۴۹	۱,۵۲	۱,۰۹	۰,۴۵	۲,۴۷	۶,۲۷	۲,۵۳	۱۳۹۴
۰,۹۱	۱,۲۵	۲,۴۶	۰,۳۷	۳,۱	۹,۷۶	۳,۱۵	۱۳۹۴
۰,۳۸	۱,۶۲	۱,۰۳	۰,۳۶	۱,۵۸	۵,۸۷	۳,۷۱	۱۳۹۴
۰,۹۵	۱,۴۵	۲,۱۸	۰,۴۳	۰,۹۸	۶,۵۶	۶,۶۴	۱۳۹۴
۰,۷۴	۱,۲۵	۱,۹۷	۰,۳۷	۲,۰۹	۶,۰۹	۲,۹۱	۱۳۹۴
۰,۸۵	۱,۲۶	۲,۲۶	۰,۳۸	۲,۵۳	۸,۲۱	۳,۲۳	۱۳۹۴
۱	۱,۶۳	۱,۷۸	۰,۵۶	۰,۹۸	۶,۷۵	۶,۸۳	۱۳۹۴
۰,۸۳	۱,۵۸	۱,۵	۰,۵۵	۲,۳۶	۸,۳۱	۳,۵	۱۳۹۴
۰,۷۱	۱,۲۶	۲,۰۸	۰,۳۴	۲,۱۳	۷,۰۵	۳,۲۹	۱۳۹۴

### ۸- مقایسه غلظت کاتیون ها و آنیون های منابع آب زیرزمینی دشت میناب

نتایج حاصل از مقایسه غلظت کاتیون ها و آنیون ها در شکل های ۱۴ و ۱۵ نشان می دهد که آنیون غالب کلر، بین ۵,۸ تا ۲۰ میلی اکی والان در لیتر و کاتیون غالب سدیم بین مقادیر ۹,۲ تا ۲۰,۹ میلی اکی والان بر لیتر متغیر می باشند. در دمای معمولی بیشینه مجاز کر و سدیم به ترتیب ۸,۴۵ و ۸,۷ اکی والان بر لیتر می باشد (WHO, 2008). در این ارتباط اکثر نمونه های آب مورد استفاده در این مطالعه از نظر غلظت یون کلر و سدیم بیشتر از استاندارد جهانی می باشد. براساس غلظت یون ها اصلی موجود در آبهای زیرزمینی شرایط کاتیونی و آنیونی زیر در منطقه حاکم است:  $Na > Cl > HCO_3 > SO_3 > CO_3$  و  $Mg > Ca > K$



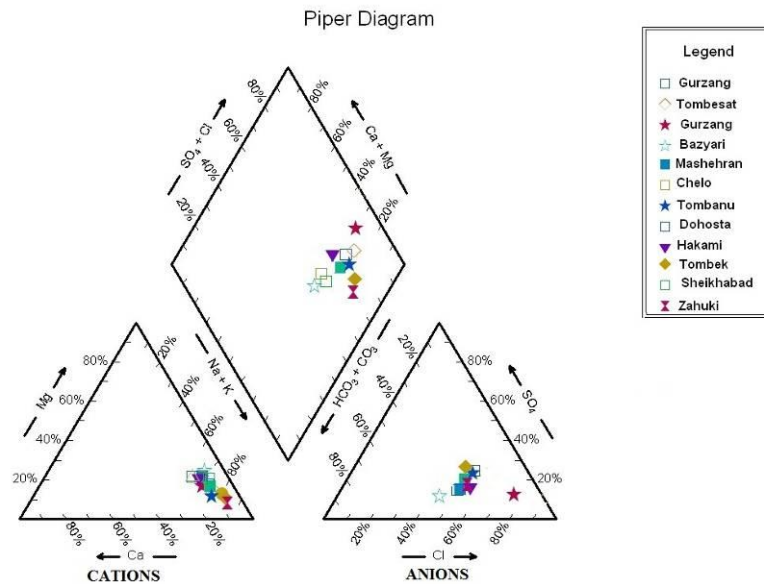
شکل ۱۶- مقایسه غلظت آنیون های آب زیرزمینی



شکل ۱۵- مقایسه غلظت کاتیون های آب زیرزمینی

## ۹- تیپ و رخساره منابع آب زیرزمینی

به منظور تعیین تیپ و رخساره آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از دیاگرام پایپر (piper, 1944) استفاده شده است (شکل ۱۷). دیاگرام نشان می دهد که بیشترین تراکم نمونه ها در منطقه شور می باشد. تیپ آبهای زیرزمینی دشت میناب از خنثی به سمت کلروه سدیک-پتاسیک نزدیک می شود و تمام نمونه ها در رخساره کلروه سدیک واقع شده اند که این رخساره بیانگر آبهای تیپ ساحلی و آبهای زیرزمینی قدیمی است که در اعماق زیاد واقع شده اند.



شکل ۱۷- دیاگرام پایپر نمونه های منابع آب انتخابی دشت میناب

## ۱۰- تعیین کیفیت آب برای مصرف شرب

مناسب بودن کیفیت آب زیرزمینی برای یک هدف معین به استاندارد های کیفی قابل قبول برای مورد مصرف بستگی دارد. معیارهای کیفی آب نیز مقادیری از مواد محلول در آب بوده و معنای زیست محیطی دارند (Fetter, 2001). استانداردهای از پیش تعیین شده آب شرب در کشورهای مختلف، بسته به شرایط اقتصادی، اقلیمی، غذایی و جغرافیایی باهم تفاوت دارند. جهت مشخص نمودن کیفیت آب برای شرب علاوه بر استانداردهای ملی و بین المللی از استاندارد دیگری هم استفاده می شود که دیاگرام شولر یکی از انواع آن می باشد. معیارهای کیفیت آب آشامیدنی طبق نظر شولر براساس پارامترهای سدیم، کلر، سولفات، سختی کل و باقیمانده خشک بیان شده است. در دیاگرام شولر حدود فاکتورهای مختلفی از آب شرب طبقه بندی شده است که بر این اساس می توان کیفیت آبها را مورد آزمایش قرار داد. در مطالعه حاضر براساس طبقه بندی شولر پارامترهای کیفی آب منطقه از نظر قابلیت شرب در وضعیت خوب، قابل قبول و متوسط قرار گرفتند (جدول ۱۰ و شکل ۱۸).

جدول ۹- محدوده پارامترهای مختلف بکار رفته برای آب شرب در دیاگرام (Schoeller, 1955) برحسب (Meftah, mg/l 2001)

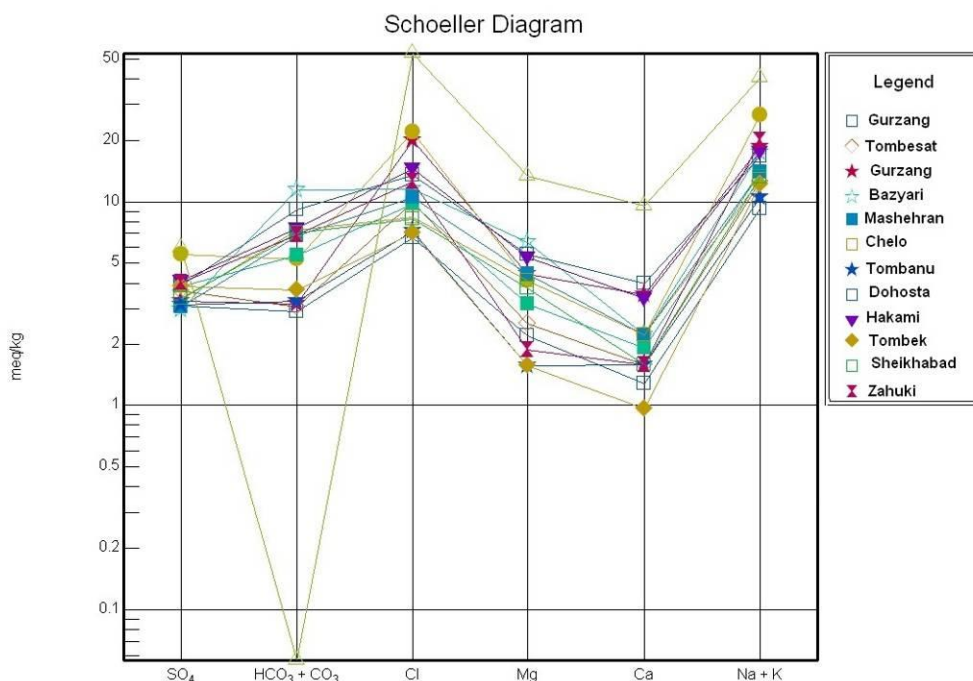
پارامتر	خوب	قابل قبول	متوسط	نامناسب	قابل استفاده در شرایط اضطرار	غیرقابل شرب



12	11	10	9	7.8	<7.3	PH
>1000	600-1000	300-600	200-300	100-200	<100	کلسیم (Ca)
>800	400-800	200-400	120-200	70-120	<70	منیزیم (Mg)
>1840	920-1840	460-920	230-460	115-230	<115	سدیم (Na)
>8100	4000-8100	2000-4000	1000-2000	500-1000	<500	کل جامدات محلول (TDS)
>4000	2000-4000	1000-2000	500-1000	250-500	<250	سختی کل (TH)
>2840	1420-2840	710-1420	350-710	177.5-350	<177.5	کلراید (Cl)
>2304	1153-2304	576-1153	288-576	144.288	<144	سولفات (SO <sub>4</sub> )
>2000	1000-2000	600-1000	300-600	200-300	<200	بیکربنات (HCO <sub>3</sub> )

جدول ۱۰- وضعیت پارامترهای مورد استفاده در دیگرام شولر در منابع آبهای زیرزمینی مورد مطالعه

پارامتر	خوب (درصد)	قابل قبول (درصد)	متوسط (درصد)	نامناسب (درصد)	کاملاً نامطبوع (درصد)	غیرقابل شرب (درصد)
PH	-	16.66	83.34	-	-	-
کلسیم (Ca)	100	-	-	-	-	-
منیزیم (Mg)	75	25	-	-	-	-
سدیم (Na)	-	16.67	66.66	16.67	-	-
کل جامدات محلول (TDS)	-	33	67	-	-	-
سختی کل (TH)	41.67	58.33	-	-	-	-
کلراید (Cl)	-	41.67	58.33	-	-	-
سولفات (SO <sub>4</sub> )	8.33	83.34	8.33	-	-	-
بیکربنات (HCO <sub>3</sub> )	25	16.67	58.33	-	-	-



شکل ۱۸- نمودار شولر نمونه های منابع انتخابی دشت میناب در آذرماه ۹۴

## ۱۱- تعیین کیفیت آب برای مصرف کشاورزی

بررسی کیفیت آب از نظر کشاورزی به کمک میزان Na و EC آب صورت می گیرد. فلز قلیایی سدیم در اکثر سنگهای آذرین و رسوبی تبخیری یافت می شوند و می توانند با رس ها در خاک واکنش داده و جایگزین یون های کلسیم و منیزیم گردد که موجب کاهش نفوذپذیری خاک می شود. بنابراین مقادیر Na و EC نقش بسیار مهمی در مناسب بودن آب برای کشاورزی ایفا می کنند. مقدار بالای نمک در آب آبیاری باعث افزایش فشار اسمزی محلول خاک می گردد (Thorne et al., 1954). نسبت جذب سدیم (Sodium Absorbtion Ratio) مناسبترین معیار برای برآورد خطر سدیم خطر سدیم (Sodium Hazard) است که میزان جاننشینی یون های کلسیم و منیزیم توسط سدیم را نشان می دهد و توسط فرمول زیر محاسبه می گردد (Richard, 1954). (غلظت یونها بر حسب میلی اکی والان بر لیتر است).

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (1)$$

آنها با توجه به مقادیر SAR به چهار کلاس با خطر سدیم کم (S1, SAR < 10)، خطر سدیم متوسط (S2, SAR = 10-18)، خطر سدیم بالا (S3, SAR = 18-26) و خطر سدیم بسیار بالا (S4, SAR > 26) تقسیم می شوند (Achah et al., 2011). آبهایی که در کلاس خطر شوری کم (C1 (EC=100-250µmhos/cm) قرار می گیرند، برای کشاورزی مناسب هستند. آبهایی که در کلاس خطر شوری متوسط (C2 (EC=250-750µmhos/cm) قرار می گیرند، در صورتی که مقدار آبشویی در حد متوسط باشد برای کشاورزی مناسب هستند. آبهایی با میزان شوری بالا که شامل کلاس های C3 (EC=750-2250µmhos/cm) و C4, C5 (EC > 2250µmhos/cm) هستند، در خاکهای با زهکشی کم نمی توانند مورد استفاده قرار گیرند و حتی در خاکهایی با زهکش مناسب نیاز به برنامه های مدیریتی و توجه ویژه برای کنترل شوری دارند. نمودار Wilcox براساس دو معیار SAR و EC کیفیت آب را از نظر کشاورزی، شوری و قلیایی بودن را با رده های سدیم نشان می دهد و آب ها را به ۲۰ رده تقسیم می کند (USSSL, 1954). با توجه به نمودار ویلکاکس (شکل ۱۹) و جدول (۱۱)، نمونه های W12 و W9, W3, W4, W5, W8 که منطبق بر بخش غربی و مرکزی دشت می باشند از نظر کشاورزی خیلی شور و

نامناسب هستند. براساس این نمودار ۵۰ درصد نمونه آبهای مورد مطالعه در رده C3S1، ۳۳ درصد در رده C4S1 و ۱۷ درصد در رده C4S2 قرار دارند.

جدول ۱۱- مقادیر پارامترهای SAR، کلاس آب و کیفیت آب از نظر کشاورزی در منابع آب زیرزمینی دشت میناب

علامت اختصاری	SAR (meq/l)	EC ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی
W1	6.96	1271	C3-S1	شور- قابل استفاده
W2	8.71	1667	C3-S1	شور- قابل استفاده
W3	10.92	2818	C4-S2	خیلی شور- نامناسب
W4	7.59	2489	C4-S1	خیلی شور- نامناسب
W5	10.2	3112	C4-S2	خیلی شور- نامناسب
W6	6.54	1355	C3-S1	شور- قابل استفاده
W7	8.28	1365	C3-S1	شور- قابل استفاده
W8	8.3	2639	C4-S1	خیلی شور- نامناسب
W9	9.26	2628	C4-S1	خیلی شور نامناسب
W10	8.57	1401	C3-S1	شور- قابل استفاده
W11	8.07	1866	C3-S1	شور- قابل استفاده
W12	8.44	2279	C4-S1	خیلی شور- نامناسب

درصد جذب سدیم (%Na) نیز به طور گسترده برای ارزیابی مناسب بودن آب برای آبیاری استفاده می گردد (Wilcox, 1984). درصد سدیم با توجه به نسبت کاتیون های موجود در آب که در آن غلظت یون ها برحسب اکی والان بر لیتر بیان می شود، به کمک رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$\%Na = \frac{(Na+K) \times 100}{(Ca+Mg+Na+K)} \quad (2)$$

با توجه با مقادیر سدیم آب ها به پنج گروه مطابق جدول (۱۲) تقسیم می شوند.

جدول ۱۲- رده های مختلف کیفیت آب براساس شاخص %Na

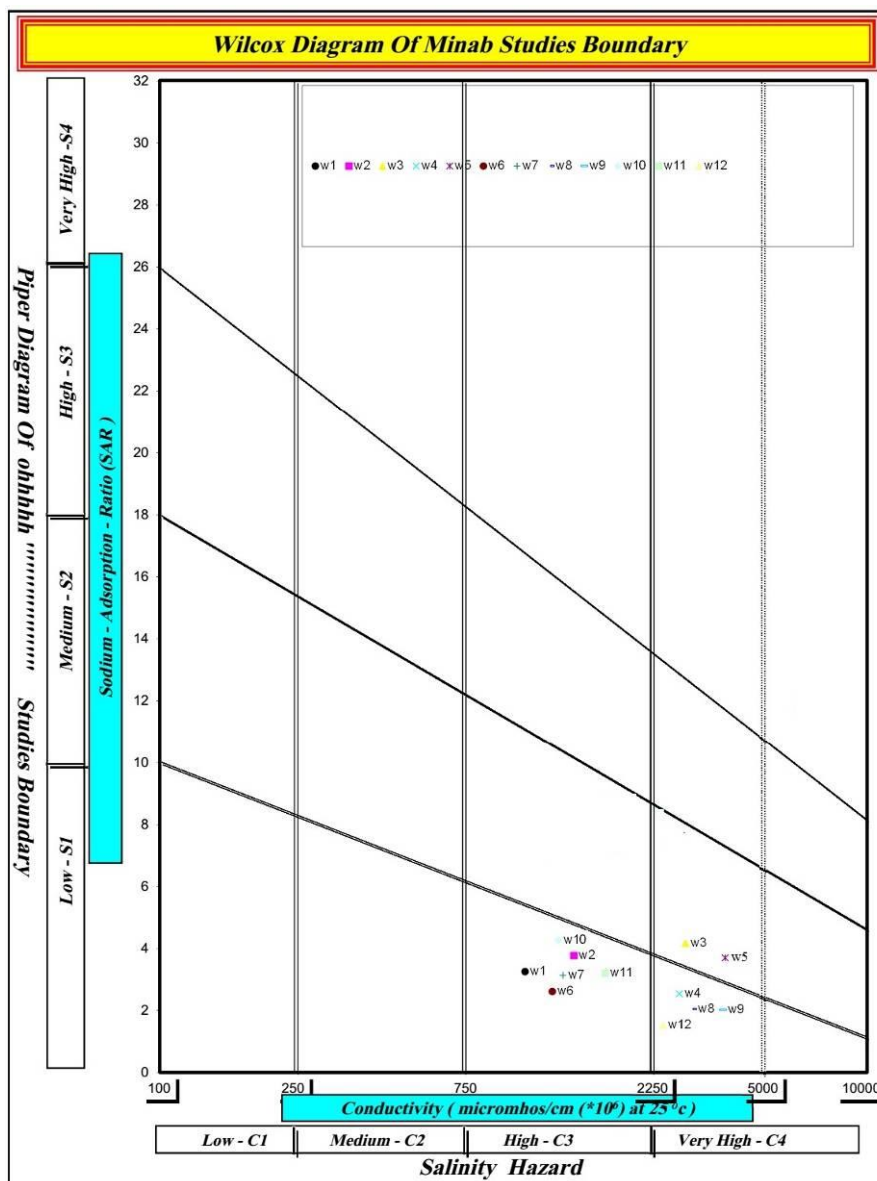
درصد سدیم (%Na)	<20	20-40	40-60	60-80	>80
کیفیت آب	عالی	خوب	مجاز	مشکوک	نامناسب

مقادیر درصد سدیم محاسبه شده برای نمونه های آب منطقه، با توجه به جدول (۱۲) و (۱۳) نشان می دهند که تمام نمونه ها از لحاظ درصد سدیم مشکوک می باشند.

جدول ۱۳- کیفیت نمونه های آب منطقه براساس (%Na)

علامت اختصاری	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12
%Na	72.49	75.19	74.1	64.32	70.42	69.47	76.66	66.35	69.94	77.26	71.08	69.33
کیفیت براساس	مشکوک	مشکوک	مشکوک	مشکوک	مشکوک	مشکوک	مشکوک	مشکوک	مشکوک	مشکوک	مشکوک	مشکوک





شکل ۱۹- موقعیت نمونه های آب زیرزمینی مورد مطالعه بر روی نمودار ویلکاکس

کربنات سدیم باقیمانده (RSC) برای ارزیابی تاثیر مخرب کربنات و بیکربنات بر کیفیت آب کشاورزی استفاده می شود. کربنات و بیکربنات سدیم اضافه باعث تغییر ویژگی های خاک، از قبیل انحلال مواد آلی خاک می شود. RSC اندازه گیری شده، بیان کننده مازاد مقدار کربنات است که پس از مصرف کلسیم و منیزیم باقی می ماند، می باشد. برای محاسبه RSC از رابطه زیر استفاده می شود (Eaton, 1950).

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (3)$$

یون ها در این رابطه برحسب meq/l می باشد. اگر  $RSC > 2.5 \text{ meq/l}$  باشد، مناسب آبیاری نمی باشد، اگر  $1.25 < RSC < 2.3$  باشد، برای آبیاری مجاز بوده و اگر  $RSC < 1.25$  باشد، برای آبیاری مناسب است (Ravikumar et al., 2010). تمامی نمونه های آب محدوده مورد مطالعه بجز نمونه w6 مطابق جدول ۱۴ از نظر باقیمانده کربنات و بیکربنات مناسب آبیاری می باشند.

جدول ۱۴- کیفیت نمونه های آب زیرزمینی برداشت شده دشت میناب براساس پارامتر RSC

W12	W11	W10	W9	W8	W7	W6	W5	W4	W3	W2	W1	علامت اختصاری
-1.03	0.21	0.52	-1.52	-1.77	0.12	1.47	-2.09	0.73	-4.09	-1.03	0.59	RSC
مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	مجاز	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	کیفیت براساس RSC

شاخص دیگری که می تواند به منظور تعیین خطر منیزیم (MH) برای آب های کشاورزی استفاده گردد توسط Paliwal در سال ۱۸۹۲ پیشنهاد شده است و توسط فرمول زیر محاسبه می گردد (Paliwal, 1982).

$$MH = \frac{Mg}{Ca+Mg} \times 100 \quad (۴)$$

که غلظت یونهای  $Ca^{2+}$  و  $Mg^{2+}$  برحسب meq/l بیان می شود. اگر میزان MH کمتر از ۳۴٪ باشد، آب سالم و برای کشاورزی مناسب است (Khodapanah et al., 2004). در جدول (۱۵) میزان MH برای نمونه های آب آمده است. ملاحظه می شود، همه نمونه ها آب منطقه از نظر خطر منیزیم (MH)، برای کشاورزی مناسب نیستند.

جدول ۱۴- کیفیت نمونه های آب زیرزمینی برداشت شده از دشت میناب براساس پارامتر MH

W12	W11	W10	W9	W8	W7	W6	W5	W4	W3	W2	W1	علامت اختصاری
68.14	70.32	49.69	71.72	67.64	49.69	61.26	75.63	71.25	60.63	61.26	63.32	%MH

## ۱۲- نتیجه گیری

سطح آب زیرزمینی دشت میناب به دلیل برداشت زیاد، همه ساله دارای افت است بطوری که طی دوره ۲۸ ساله به میزان ۱۱،۳۳ متر و حجم مخزن به میزان ۲۸۷،۱۷۹ میلیون مترمکعب کاهش یافته است. پمپاژ بیش از حد از سفره آب زیرزمینی دشت میناب پیامدهای نامطلوبی همچون کاهش حجم ذخایر آبی، افزایش اجباری عمق چاهها، خشک شدن منابع، نشست زمین، ایجاد درز و شکاف در سطح زمین و ابنیه، خسارت به تاسیسات، خشک شدن باغات و مزارع، عواقب ناگوار اقتصادی و اجتماعی و کاهش کیفیت آب زیرزمینی به دنبال داشته است. مقایسه مشخصه های آماری کیفیت آب دشت میناب با سال آبی ۸۴-۸۵ نشان می دهد که هدایت الکتریکی، یون بیکربنات، یون سدیم، سختی کل، کل جامدات محلول و یون کلرور در محدوده مورد مطالعه افزایش یافته است. براساس نتایج بدست آمده از آزمایش های هیدروشیمیایی میزان سولفات در آبهای زیرزمینی اندازه گیری شده در دشت میناب بین حداقل ۲،۱۴ تا حداکثر ۶،۵ میلی اکی والان بر لیتر تغییر می نماید و مقادیر میانگین، انحراف معیار و دامنه تغییرات این یون به ترتیب ۴،۳، ۱،۶ و ۴،۳۶ میلی اکی والان بر لیتر می باشد و در مقایسه با سال ۱۳۸۵ مقدار آن کاهش یافته است. بررسی همبستگی بین میزان هدایت الکتریکی و شاخص های کیفی آبهای زیرزمینی گویای این مطلب است که بین هدایت الکتریکی و مجموع مواد محلول در آب رابطه بسیار خوبی برقرار است. هدایت الکتریکی با منیزیم نیز رابطه نسبتا خوبی دارد. توجه به ضریب همبستگی بدست آمده نشان دهنده رابطه خوب بین هدایت الکتریکی و کلراید و هدایت الکتریکی با میزان سدیم در آبهای زیرزمینی در دشت میناب می باشد اما بین یون بی کربنات و هدایت الکتریکی رابطه وجود ندارد. نتایج حاصل از بررسی نسبت بین یونها در آبهای محدوده مطالعاتی نشان می دهد که این نسبت ها در مقایسه با سال ۱۳۸۵ افزایش یافته است. براساس غلظت یونهای اصلی موجود در آبهای زیرزمینی منطقه شرایط کاتیونی و آنیونی حاکم عبارت از  $(Na > Mg > Ca > K)$  و  $(Cl > HCO_3 > SO_4 > CO_3)$  است. نتایج حاصل از دیاگرام پایپر نشان می دهد که بیشترین تراکم نمونه ها در منطقه شور قرار دارند و تیپ غالب آبهای زیرزمینی

دشت کلروه سدیک است. براساس طبقه بندی شولر پارامترهای کیفی آب منطقه از نظر قابلیت شرب در وضعیت خوب، قابل قبول و متوسط قرار گرفتند. در نمونه آبهای مورد مطالعه در ارتباط با پارامترهای اندازه گیری شده فقط PH و Ca در حد مطلوب می باشند و بقیه موارد پارامترهای اندازه گیری شده از جمله EC, TDS, Na و Cl در حد مطلوب قرار ندارند بخصوص مقدار Na در تمام نمونه ها از حد استاندارد بیشتر است که در آینده سبب شور شدن این آبخوان خواهد شد و بدین منظور باید تمهیدات خاصی جهت جلوگیری از شور شدن کامل آبخوان توسط سازمان آب منطقه ای هرمزگان صورت پذیرد. در بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت میناب برای کشاورزی و آبیاری، سدیم و پس از آن منیزیم کاتیون غالب در تمام نمونه ها می باشد. و شاخص های کیفی مورد مطالعه برای نمونه های آب شامل درصد سدیم (Na%)، نسبت جذب سدیم (SAR)، کربنات سدیم باقیمانده (RSC) و خطر منیزیم (MH) بود. درصد سدیم (Na%) نشان داد که تمام نمونه از کیفیت مشکوک برخوردار هستند. از نظر نمودار نسبت جذب سدیم (SAR) در برابر EC (نمودار ویلکاکس) ۵۰٪ نمونه ها در رده C3S1 برای کشاورزی شور- قابل استفاده و ۳۳٪ نمونه ها در رده C4S1 و ۱۷٪ نمونه ها در رده C4S2 برای کشاورزی خیلی شور و نامناسب می باشند. از نظر کربنات سدیم باقیمانده (RSC) بجز نمونه W6 سایر نمونه ها در محدوده مناسب برای آبیاری قرار می گیرند. در نهایت از نظر شاخص خطر منیزیم (MH) همه نمونه های آب برای کشاورزی مناسب نیستند. بررسی عوامل مختلف شاخص های کیفیت آب زیرزمینی دشت میناب نشان می دهد که وضعیت موجود تا چه اندازه با توجه به استانداردهای ملی و بین المللی محیط زیست بحرانی است و با توجه به اینکه بیشترین میزان آب برداشتی در این دشت در آبیاری زمین های کشاورزی است، با حفاظت آب در کشاورزی و بهبود روش های آبیاری به علاوه انجام اقداماتی همچون بیان مشکلات و افزایش سطح دانش بهره برداران، ادامه ممنوعیت دشت، حفاظت از سفره آب زیرزمینی و تغذیه مصنوعی آن، تصفیه و استفاده مجدد از فاضلاب ها و پساب ها، می توان میزان افت سطح آب زیرزمینی و پیامدهای ناشی از آن به حداقل رساند. بدیهی است با ادامه روند کنونی کیفیت آب زیرزمینی دشت میناب به دلیل توسعه شهری و روستایی می تواند دستخوش آنچنان تغییری شود که امکان استفاده از آب برای مصارف گوناگون بویژه آشامیدن در آینده غیر ممکن سازد. بنابراین برنامه ریزی جهت پایش مستمر منابع آب زیرزمینی این دشت ضروری می باشد.

### ۱۳- منابع و ماخذ

- ۱- آقائاتی، علی (۱۳۸۳)، زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، صفحه ۵۹۶.
- ۲- اصغری مقدم، اصغر، برزگر، رحیم (۱۳۹۲)، تاثیر پدیده های سطحی در کیفیت آب زیرزمینی آبخوان های دشت تبریز، هفدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، آبان ماه ۱۳۹۲، دانشگاه شهید بهشتی.
- ۳- حسنی، علی، پیرخراطی، حسین، فرهادی، خلیل (۱۳۹۲)، تجزیه و تحلیل کیفیت شیمیایی آبهای زیرزمینی دشت کمیجان، هفدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، صفحات ۸۲ تا ۸۷، آبان ماه ۱۳۹۲، دانشگاه شهید بهشتی.
- ۴- سازمان زمین شناسی کشور، نقشه زمین شناسی شیت میناب، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰.
- ۵- قلعه نی، مهدی، ابراهیمی، کیومرث، عراقی نژاد، شهاب (۱۳۹۰)، ارزیابی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی آبخوان های ساوه و اراک، مجله دانش آب و خاک، جلد ۲۱ شماره، صفحات ۹۳ تا ۱۰۸.
- ۶- لشکری پور، غلامرضا (۱۳۹۰)، بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت ایرانشهر و تاثیر سازند زمین شناسی بر کیفیت آب، سی مین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- ۷- مستعد، حسین، محمودی قزایی، محمدحسین، مهرزاد، جلیل (۱۳۹۴)، بررسی زیست محیطی و هیدروشیمی آبهای زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی در منطقه کوه سفید- مرادآباد (خراسان رضوی)، اولین همایش بین ۷-



مستعد، حسین، محمودی قرایی، محمدحسین، مهرزاد، جلیل (۱۳۹۴)، بررسی زیست محیطی و هیدروشیمی آبهای زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی در منطقه کوه سفید- مرادآباد (خراسان رضوی)، اولین همایش بین المللی و چهارمین همایش ملی پژوهش های محیط زیست و کشاورزی ایران، آذرماه ۱۳۹۴.

۸- نوحه گر، احمد (۱۳۸۵)، بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آبهای سطحی در رودخانه میناب، پژوهش های دانش زمین، سال دوم، شماره ۷، پاییز ۱۳۹۰، صفحات ۱ تا ۱۶.

۹- وفایی جوان، عاطفه، خادمی، سحاب، محبوبی، فاطمه (۱۳۹۲)، بررسی و ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت میانکاله از لحاظ شرب و کشاورزی، هفدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، صفحات ۳۱۱ تا ۳۲۲، آبا نامه ۱۳۹۲، دانشگاه شهید بهشتی.

10-Ackah, M., Agyemang, O., Anim, A.K., Osie. J., Bentil, N.O., Kpattah, L., Gyamfi, E.T., Honson, J.E.K, (2011). Assesment of groundwater quality for drinking and irrigation: the case study of teiman-oyarifa community. Ga East Municipality. Ghana, Proceedings of the international academy of ecology and environmental sciences, V.1 (3), PP. 186-194.

11- Demir Y, Sahin S, Gu Ler M, Cemek B, Gunal Hand Arslan H, 2009. Spatial variability of depth and salinity of groundwater under irrigated us ti fluvents in the Middle Black sea Region of Turkey. Environ Monit Asses 158: 279-294.

12- Datta PS, Deb DI, Tyagi SK. Assessment of groundwater Contamination from fertilizers in the composition. Journal of Contaminant Hydrology 1997, Delhi area based on 180, NO3 Ge an K 27 (3-4): 249-62.

13- Dindarlo K, Alipour V, Farshidfar Q. [Chemical quality of drinking water of Bandar Abbas]. Hormozgan Med J.2006; 10(1):57-62.

14-Eaton, F.M.(1950). Significance of carbonate in irrigation water. Soil Science, 69(2), 123-133.

15-Fetter,C.W.(2001).Applied Hydrogeology. 3<sup>rd</sup> E.D, Macmillan publication, New York, 714P.

16- Hoek, W. v. d., K onradsen, F., En sink, J.H.J., Mudasser, M., Jensen, P.K., 2001. Irrigation water as source of drinking water is safe use possible Tropical Medicine and International Health 6 (1), 46 e 54.

17-Iranian National Standards Organization. 1992. Physical and chemical properties of drinking water. No. 1053. Forth Edition.

18- Krishan G, Singh S, Kumar CP, Garg PK, Suman G, et al. (2016) Assessment of Groundwater Quality for Drinking Purpose by Using Water Quality Index (WQI) in Muzaffarnagar and Shamli Districts, Uttar Pradesh, India.

19- Kumar M, Singh Y. Interpretation of water Quality parameters for Villages Sanganer Tehsil. By Using Multivariate Statistical Analysis. Water Resource and Protection 2010:2:860-3.

20- Khodapanah, L., Sulaiman W.N.A. and Khodapanah, D.N.(2004). Groundwater quality assessment for different purposes in Eshtehard District. Tehran, Iran, European Journal of Scientific Research, 36(4), 543-553.

21- Meftah Helghi M.Hezarjaribi A. Groundwater rssources pollutant conditions. J Water and Soil Conservation, 2001 :18(1) :81-101.

22- Paula M. Carreira, José M. Marques, Dina Nunes, Source of groundwater salinity in coastline aquifers based on environmental isotopes (Portugal): Natural vs.human interference. Applied Geochemistry, Volume 41, February 2014, Pages 163-175.

23-Piper, A.M. 1994. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Trans., Am. Geophysics. Union 25:914-923.

24-Paliwal, K. V. (1892) Irrigation with saline water. Monogram, no. 2 (New series), New Delhi, IARI, 198.

25-Rajaei Q, Hadi Mehdinejad M. Hesari Molagh S. A Survey of Chemical Quality of Rural Drinking Water of Birjand and Qaen plains. Iran. J Health Syst Res. 2012:7(6): 737-45.



- 26-Ravikumar, p., Somashekar, R.K, (2010) Multivariate analysis to evaluate geochemistry of groundwater in varahi river basin of Udupi in Karnataka (India). An international quarterly journal of environmental sciences. 4(2&3),p.153-162.
- 27-Richards, L.A.(1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture, Washington DC.
- 28- Schoeller, H. (1995). Géochimie des eaux Souterraines Masson, Paris, 581 p.
29. Shama M. Ghoraba1 & A.D. Khan (2013). Hydrochemistry And groundwater quality assessment in Balochistan Province, Pakistan.
- 30-Thorne, D.W., and Peterson. H.B.,(1954). Irrigated soils. Constable and Company Limited, London, pp: 99-109.
- 31-US Salinity Laboratory Staff (USSL).(1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Department of Agricultural Hand Book 60, Washington.
- 32- WHO (2008). Guidelines for drinking water quality, Recommendations, 3<sup>rd</sup> ed, World Health Organization, Geneva.
- 33-Wilcox , L.V.(1984). The quality of water for irrigation use. US department of Agricultural Technical Bulletin 1962. Washington.



## Changes in Physical and Chemical Indices of Groundwater in Minab Plain Caused by Water Level Decline

Hamzeh Torkamani Tombaki<sup>1</sup>, Jafar Rahnamarad<sup>2\*</sup>

### Abstract

This study set out to investigate changes in physical and chemical indices of groundwater in Minab Plain caused by groundwater level decline. To this end, 12 groundwater samples were drawn from different wells across this plain between 22 November and 22 December 2015. Then, the parameters of acidity, electrical conductivity, and temperature were measured in situ and the major anions and cations at the Regional Water Laboratory of Hormozgan. Comparison of these parameters with EC and Cl, and other parameters measured in 2006 indicates increased concentrations of EC, Cl, Na, HCO<sub>3</sub>, TDS, as well as TH, and decreased concentration of SO<sub>4</sub> over time. In addition, groundwater level and reservoir capacity decreased by 11.33 m and 287.179 million m<sup>3</sup>, respectively, resulting in lower groundwater quality and higher groundwater salinity. Finally, for quality assessment of the region's groundwater for agricultural use, values of sodium absorption ratio (SAR), sodium percentage (Na %), residual sodium carbonate (RSC), and magnesium hazard (MH) were computed, and Wilcox diagram (Na% versus electrical conductivity) was drawn. To determine the quality of the region's groundwater to be used for drinking water, the samples were assessed using descriptive analysis. Then, the obtained values were compared with Iranian and the World Health Organization standards and with Schuller's chart. In addition, piper diagrams were used to determine the dominant types of groundwater. The characteristics and quality diagrams of water and maps were evaluated using AQ.QA and GIS. Correlations between parameters were also assessed in Excel. According to the results, the major portion of the regional groundwater was of chlorosodic type and facies. In addition, all samples were concentrated in the salty areas. Comparison of the concentrations of major cations and anions in the regional groundwater showed the dominant cationic and anionic conditions were (Na>Mg>Ca>K) and (Cl>HCO<sub>3</sub>>SO<sub>4</sub>>CO<sub>3</sub>), respectively. Investigation into internal correlations between quality indices and electrical conductivity demonstrated there was a correlation between electrical conductivity of the groundwater and total dissolved materials and Na, Mg, and Cl ions, but not between electrical conductivity and bicarbonate ions. Comparison of the measured parameters with Iran's National Standard (#1053) showed that the pH and Ca values of all samples were at desirable levels. However, other measured parameters (including Cl, TDS, EC, and Na) were not at normal levels owing to groundwater level decline; for example, the Na content was higher than the standard level. Quality assessment of waters to be used for drinking and in agriculture was done by comparing the ionic concentrations with the existing standards and through investigating standard indices and diagrams. Results suggested that the regional waters had good, acceptable, and average qualities for drinking. In terms of agricultural use, the dominant cations in the regional groundwater were Na followed by Mg. Investigation of the parameters produced the following results:

1. All samples were in the class suspected of exceeding the standard sodium absorption (Na %)
2. All samples were categorized as unsuitable for agriculture in terms of MH
3. All samples, except W6, were categorized as suitable for irrigation in terms of RSC
4. In terms of SAR versus EC (Wilcox diagram), 50% percent of the samples were categorized as class C3S1 (salty by usable for agriculture), 33% as class C4S1 and 17% as class C4S2 (very salty and unsuitable for agriculture).

<sup>1</sup> Master's Student in Geology Engineering, Islamic Azad University, Bandar Abbas Branch, torkamani2788@gmail.com

<sup>2</sup> Associate Professor, Geology Department, Islamic Azad University, Zahedan Branch, jrahnama2003@gmail.com





Findings of the present research suggest that excessive pumping of groundwater in this plain has had numerous adverse consequences, and continuation of the current trend will not only aggravate the adverse environmental impacts, but also will also cause economic and social problems and disturbances across the region.

Keywords: Minab Plain, quality changes, groundwater quality decline, groundwater level decline

Archive of SID