



پایان نامه کارشناسی ارشد

دانشکده علوم زمین

گرایش آبشناسی

عنوان:

**بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی سفره آب
زیرزمینی در جنوب شرقی داراب**

توسط:

لیلا رضایی

استاد راهنما:

دکتر غلامحسین کرمی

استاد مشاور:

دکتر سیاوش بهروز

تیر ۱۳۸۸

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه زمین شناسی

پایان نامه کارشناسی ارشد خاتم لیلارضایی

تحت عنوان:

بررسی خصوصیات هیدروژن پوزیویکی و هیدروژن نوسیمایی سنه آه آب زیر زمینی در جنوب شرقی دشت داراب

در تاریخ: ۸۸/۴/۲ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد آشناسی مورد ارزیابی و با

درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	امضاء	امضاء	امضاء
نام و نام خانوادگی: علیرضا کرمی	نام و نام خانوادگی: سید علی میرزایی	نام و نام خانوادگی: سید علی میرزایی	نام و نام خانوادگی: سید علی میرزایی
نام و نام خانوادگی:	نام و نام خانوادگی:	نام و نام خانوادگی:	نام و نام خانوادگی:

امضاء	امضاء	امضاء	امضاء
نام و نام خانوادگی: علیرضا کرمی	نام و نام خانوادگی: سید علی میرزایی	نام و نام خانوادگی: سید علی میرزایی	نام و نام خانوادگی: سید علی میرزایی
نام و نام خانوادگی: علیرضا کرمی	نام و نام خانوادگی: سید علی میرزایی	نام و نام خانوادگی: سید علی میرزایی	نام و نام خانوادگی: سید علی میرزایی
نام و نام خانوادگی:	نام و نام خانوادگی:	نام و نام خانوادگی:	نام و نام خانوادگی:

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

که قدر علم را به من شناساندند

و همسرم

که با عشق یاریم کرد

و پسر سهیل

که مانند ستاره ای در آسمان زندگی ام درخشید

من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق

خداوند منان را سپاسگزارم که بر من منت نهاد و توفیق کسب دانش را به من ارزانی داشت. بر خود لازم می دانم در اینجا از عزیزانی که در این مسیر یاریگرم بودند مراتب تقدیر و سپاسگزاری را بجا آورم . در ابتدا از استاد راهنمای محترم خود جناب آقای دکتر غلامحسین کرمی که مانند پدری دلسوز و مهربان همواره در کنارم بودند و کمکهای علمی و فکری زیادی به من ارائه دادند نهایت تشکر و قدردانی را می نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر بهروز که سمت مشاوره مرا به عهده داشتند بسیار سپاسگزارم. از جناب آقای مهندس معاونی ریاست محترم اداره آب شهرستان داراب بسیار سپاسگزارم که در این مسیر از هیچ گونه کمکی دریغ نکردند و در تمامی زمینه ها کمکهای ایشان و کارمندانشان مرا دلگرم می کرد. در پایان دست یاریگر تمام کسانی که به نحوی مرا راهنمایی و مساعدت نمودند می بوسم و برای تمامی ایشان شادکامی و موفقیت روزافزون از خداوند متعال خواستارم.

چکیده:

منطقه مورد مطالعه بخشی از دشت داراب، واقع در جنوب شرق شهرستان داراب می باشد. سفره آب زیرزمینی در این منطقه متشکل از دو نوع سفره آبرفتی و سازند سخت می باشد. به منظور بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی این سفره آب زیرزمینی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب زیرزمینی در دو دوره مورد اندازه گیری قرار گرفت. پارامترهای هدایت الکتریکی، اسیدیته و درجه حرارت آب در محل نمونه برداری اندازه گیری و نمونه های آب جهت اندازه گیری عناصر اصلی (شامل: کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، بیکربنات، کلر، سولفات و نیترات) به آزمایشگاه ارسال گردید. علاوه بر این برای بررسی اثر دفن زباله های شهری بر کیفیت آب زیرزمینی، غلظت عناصر سنگین نیز در تعدادی از نمونه های آب زیرزمینی به روش ICP در کشور کانادا اندازه گیری شد. در مطالعات صورت گرفته بر روی شیمی آب زیرزمینی مشخص گردید که کیفیت آب زیرزمینی از شمال منطقه که عمدتاً متشکل از سازندهای آهکی است به سمت جنوب که متشکل از سازند آغاچاری است تخریب می شود و همچنین کیفیت آب زیرزمینی از سمت جنوب به سمت مرکز منطقه به علت تداخل آبهای زیرزمینی این قسمت با آبهایی که از شمال منطقه خارج می شود، کمی بهبود می یابد و همچنین تیپ آب زیرزمینی در منطقه از بیکربناته تا سولفاته و کلرواره متغیر است. دفن زباله های شهری در آهکهای شمال منطقه باعث آلودگی آبهای زیرزمینی پایین دست این محل شده است. بر اساس نتایج به دست آمده از اطلاعات چاههای پیژومتری منطقه مشخص شد که عمق برخورد به آب در منطقه از ۳۰ متر در شمال به ۹۰ متر در جنوب می رسد و همچنین جهت جریان در بخش شمالی منطقه، شمالی- جنوبی و در بخشهای جنوبی، جنوب شرقی- شمال غربی است و در نهایت در مرکز دشت جریان آب روند شرقی - غربی به خود گرفته و از منطقه خارج می شود. همچنین به دلیل عدم وقوع بارندگی کافی و برداشت بیش از حد از سفره آب زیرزمینی تراز آب زیرزمینی در یک دوره ۱۶ ساله در منطقه ۲۰ متر افت کرده است.

کلمات کلیدی: هیدروژئولوژی، هیدروژئوشیمی، آب زیرزمینی، داراب

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

- ۱-۱- بیان مسئله..... ۱
- ۲-۱- موقعیت جغرافیایی..... ۳
- ۳-۱- هواشناسی منطقه..... ۳
- ۴-۱- زمین شناسی منطقه..... ۵
- ۴-۱-۱- زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک..... ۶
- ۴-۱-۲- چینه شناسی و سنگ شناسی منطقه..... ۸
- ۵-۱- هیدرولوژی منطقه..... ۱۱
- ۶-۱- هیدروژئولوژی منطقه..... ۱۲

فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته

- ۱-۲- هیدروژئولوژی نواحی خشک..... ۱۳
- ۲-۲- هیدروژئوشیمی و کیفیت آب در نواحی آبرفتی و خشک..... ۱۴
- ۲-۲-۱- کیفیت آب زیرزمینی در نواحی خشک و نیمه خشک..... ۱۵
- ۲-۲-۲- کیفیت آب زیرزمینی در آبرفت..... ۱۷

- ۳-۲-۲- کیفیت آب زیرزمینی در نواحی کشاورزی..... ۱۹
- ۴-۲-۲- کیفیت آب زیرزمینی در نواحی با پمپاژ سنگین..... ۲۳
- ۵-۲-۲- نقش سازندهای زمین شناسی در کیفیت آب زیرزمینی..... ۲۵
- ۶-۲-۲- کیفیت آب زیرزمینی در نواحی کارستی..... ۲۸
- ۷-۲-۲- کیفیت آب زیرزمینی در نواحی مجاور دفن زباله ۲۹
- ۸-۲-۲- کیفیت آب زیرزمینی در مجاورت فاضلابهای خانگی و شهری..... ۳۱

فصل سوم: روش انجام تحقیق و مطالعات

- ۱-۳- مقدمه..... ۳۳
- ۲-۳- جمع آوری آمار و اطلاعات موجود و نقشه های منطقه مورد مطالعه..... ۳۳
- ۳-۳- کارهای انجام شده در عملیات صحرائی..... ۳۴
- ۱-۳-۳- قابلیت هدایت الکتریکی..... ۳۵
- ۲-۳-۳- اسیدیت..... ۳۵
- ۳-۳-۳- درجه حرارت آب..... ۳۶
- ۴-۳- کارهای انجام شده در آزمایشگاه..... ۳۶
- ۵-۳- اندازه گیری عناصر فلزی و کمیاب آبهای زیرزمینی به روش ICP..... ۳۷

فصل چهارم: بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی منطقه

۳۸	۱-۴- مقدمه.....
۳۹	۲-۴- پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری.....
۴۲	۱-۲-۴- بررسی قابلیت هدایت الکتریکی.....
۴۶	۲-۲-۴- بررسی اسیدیت.....
۴۷	۳-۴- بررسی غلظت کاتیونها و آنیونهای اصلی آب.....
۴۹	۱-۳-۴- سدیم.....
۵۲	۲-۳-۴- پتاسیم.....
۵۲	۳-۳-۴- کلسیم.....
۵۳	۴-۳-۴- منیزیم.....
۵۳	۵-۳-۴- کلرور.....
۵۶	۶-۳-۴- سولفات.....
۵۸	۷-۳-۴- نترات.....
۵۹	۴-۴- پارامترهای محاسبه شده.....
۶۱	۱-۴-۴- کل مواد جامد محلول.....
۶۲	۲-۴-۴- سختی کل.....
۶۳	۳-۴-۴- نسبت کلر به مجموع آنیونها.....

۴-۴-۴- نسبت سدیم به مجموع کاتیونها.....۶۵

۴-۴-۵- نسبت کلسیم به منیزیم.....۶۸

۴-۴-۶- رابطه هدایت الکتریکی با غلظت یونهای مختلف.....۶۹

الف- بررسی ارتباط هدایت الکتریکی با کل مواد جامد محلول.....۶۹

ب- بررسی ارتباط هدایت الکتریکی با سایر یونها.....۶۹

۴-۵- تیپ آبهای زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه.....۷۱

۴-۶- تکامل ژئوشیمیایی دشت.....۷۷

۴-۷- بررسی کیفیت آب از نظر کشاورزی.....۸۰

۴-۸- تاثیر زباله های شهری بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه.....۸۱

فصل پنجم: بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی منطقه

۵-۱- مقدمه.....۸۶

۵-۲- جهت جریان آب زیرزمینی در منطقه.....۸۸

۵-۳- عمق آب زیرزمینی در منطقه.....۹۰

۵-۴- بررسی هیدروگراف واحد دشت.....۹۱

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱- مقدمه.....۹۳

- ۶-۲- بررسی خصوصیات هیدروژن‌نوشیمیایی سفره آب زیرزمینی..... ۹۳
- ۶-۲-۱- هدایت الکتریکی..... ۹۴
- ۶-۲-۲- رفتار غلظت کاتیونها و آنیونها..... ۹۴
- ۶-۲-۳- تکامل ژن‌نوشیمیایی..... ۹۵
- ۶-۲-۴- تاثیر زباله های شهری بر کیفیت آب زیرزمینی..... ۹۶
- ۶-۳- بررسی خصوصیات هیدروژن‌نوشیمیایی منطقه..... ۹۷
- ۶-۴- پیشنهادات..... ۹۸

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه..... ۶
- شکل ۱-۴- محل‌های نمونه برداری در دیماه ۱۳۸۶..... ۳۹
- شکل ۲-۴- محل‌های نمونه برداری در تیرماه ۱۳۸۷..... ۴۰
- شکل ۳-۴- نقشه هدایت الکتریکی منطقه در دیماه ۱۳۸۶..... ۴۳
- شکل ۴-۴- نقشه هدایت الکتریکی منطقه در تیرماه ۱۳۸۷..... ۴۴
- شکل ۵-۴- مقایسه هدایت الکتریکی نمونه ها در دو دوره نمونه برداری..... ۴۵
- شکل ۶-۴- مقایسه اسیدپته نمونه ها در دو دوره نمونه برداری..... ۴۷
- شکل ۷-۴- نقشه سدیم منطقه در دیماه ۱۳۸۶..... ۵۰
- شکل ۸-۴- نقشه سدیم منطقه در تیرماه ۱۳۸۷..... ۵۱
- شکل ۹-۴- نقشه کلر منطقه در دیماه ۱۳۸۶..... ۵۴
- شکل ۱۰-۴- نقشه کلر منطقه در تیرماه ۱۳۸۷..... ۵۵
- شکل ۱۱-۴- نقشه سولفات منطقه در دیماه ۱۳۸۶..... ۵۷
- شکل ۱۲-۴- نقشه سولفات منطقه در تیرماه ۱۳۸۷..... ۵۸
- شکل ۱۳-۴- نقشه نسبت کلر به مجموع آنیونها در دیماه ۱۳۸۶..... ۶۴
- شکل ۱۴-۴- نقشه نسبت کلر به مجموع آنیونها در تیرماه ۱۳۸۷..... ۶۵

- شکل ۴-۱۵- نقشه نسبت سدیم به مجموع کاتیونها در دیماه ۱۳۸۶..... ۶۶
- شکل ۴-۱۶- نقشه نسبت سدیم به مجموع کاتیونها در تیرماه ۱۳۸۷..... ۶۷
- شکل ۴-۱۷- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با TDS در دیماه ۱۳۸۶..... ۶۹
- شکل ۴-۱۸- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با TDS در تیرماه ۱۳۸۷..... ۶۹
- شکل ۴-۱۹- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با کلر در دیماه ۱۳۸۶..... ۶۹
- شکل ۴-۲۰- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با کلر در تیرماه ۱۳۸۷..... ۶۹
- شکل ۴-۲۱- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با سدیم در دیماه ۱۳۸۶..... ۷۰
- شکل ۴-۲۲- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با سدیم در تیرماه ۱۳۸۷..... ۷۰
- شکل ۴-۲۳- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با کلسیم در دیماه ۱۳۸۶..... ۷۰
- شکل ۴-۲۴- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با کلسیم در تیرماه ۱۳۸۷..... ۷۰
- شکل ۴-۲۵- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با منیزیم در دیماه ۱۳۸۶..... ۷۰
- شکل ۴-۲۶- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با منیزیم در تیرماه ۱۳۸۷..... ۷۰
- شکل ۴-۲۷- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با بیکربنات در دیماه ۱۳۸۶..... ۷۱
- شکل ۴-۲۸- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با بیکربنات در تیرماه ۱۳۸۷..... ۷۱
- شکل ۴-۲۹- نقشه زمین شناسی و زون بندی منطقه..... ۷۳
- شکل ۴-۳۰- نمودار پایپر مربوط به زون ۱..... ۷۴

- شکل ۴-۳۱- نمودار پایپر مربوط به زون ۲.....۷۴
- شکل ۴-۳۲- نمودار پایپر مربوط به زون ۳.....۷۴
- شکل ۴-۳۳- نمودار پایپر مربوط به زون ۴.....۷۴
- شکل ۴-۳۴- نمودار استیف مربوط به زون ۱.....۷۵
- شکل ۴-۳۵- نمودار استیف مربوط به زون ۲.....۷۵
- شکل ۴-۳۶- نمودار استیف مربوط به زون ۳.....۷۵
- شکل ۴-۳۷- نمودار استیف مربوط به زون ۴.....۷۵
- شکل ۴-۳۸- نقشه شاخص اشباع ژپیس.....۷۸
- شکل ۴-۳۹- نقشه شاخص اشباع هالیت.....۷۹
- شکل ۴-۴۰- محلهای نمونه برداری جهت آنالیز فلزات سنگین.....۸۲
- شکل ۴-۴۱- هیستوگرام مربوط به غلظت یون آلومینیوم.....۸۳
- شکل ۴-۴۲- هیستوگرام مربوط به غلظت یون آرسنیک.....۸۳
- شکل ۴-۴۳- هیستوگرام مربوط به غلظت یون بور.....۸۳
- شکل ۴-۴۴- هیستوگرام مربوط به غلظت یون کبالت.....۸۳
- شکل ۴-۴۵- هیستوگرام مربوط به غلظت یون مس.....۸۴
- شکل ۴-۴۶- هیستوگرام مربوط به غلظت یون آهن.....۸۴

- شکل ۴-۴۷- هیستوگرام مربوط به غلظت یون مولیبدن.....۸۴
- شکل ۴-۴۸- هیستوگرام مربوط به غلظت یون منگنز.....۸۴
- شکل ۴-۴۹- هیستوگرام مربوط به غلظت یون نیکل.....۸۴
- شکل ۴-۵۰- هیستوگرام مربوط به غلظت یون آنتیموان.....۸۴
- شکل ۴-۵۱- هیستوگرام مربوط به غلظت یون روبیدیم.....۸۵
- شکل ۴-۵۲- هیستوگرام مربوط به غلظت یون روی.....۸۵
- شکل ۵-۱- نقشه هم پتانسیل منطقه مورد مطالعه.....۸۹
- شکل ۵-۲- نقشه هم عمق آب زیرزمینی در منطقه.....۹۰
- شکل ۵-۳- نمودار هیدروگراف واحد دشت داراب.....۹۱

فهرست جداول

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت در یک دوره ۲۵ ساله در منطقه.....	۴
جدول ۱-۲- طبقه بندی اقلیمی دمارتن.....	۵
جدول ۱-۴- پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری.....	۴۱
جدول ۲-۴- نتایج آنالیز شیمیایی دیماه ۱۳۸۶.....	۴۸
جدول ۳-۴- نتایج آنالیز شیمیایی تیرماه ۱۳۸۷.....	۴۹
جدول ۴-۴- پارامترهای محاسبه شده در دیماه ۱۳۸۶.....	۶۰
جدول ۵-۴- پارامترهای محاسبه شده در تیرماه ۱۳۸۷.....	۶۱
جدول ۶-۴- میانگین شاخصهای اشباع کانیها در زونهای مختلف.....	۷۹
جدول ۷-۴- نتایج آنالیز فلزات سنگین در آب زیرزمینی.....	۸۲
جدول ۵-۱- داده های مربوط به سطح و عمق آب در پیزومترهای منطقه.....	۸۸
مراجع فارسی.....	۹۹
مراجع انگلیسی.....	۱۰۱
پیوست الف.....	۱۰۴
چکیده انگلیسی.....	۱۱۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱- بیان مسئله

انجام مطالعات پایه منابع آب با توجه به افزایش سریع جمعیت و وضعیت عمومی، اقتصادی و همچنین با توجه به محوری بودن آب و کشاورزی در برنامه های توسعه پایدار کشور یک امر ضروری در جهت توسعه این منابع و همچنین بهبود کشاورزی این مرز و بوم می باشد. افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به محصولات کشاورزی، تعیین کیفیت آب زیر زمینی را برای اطمینان از دوام طولانی مدت منابع لازم می سازد در پاسخ به این نیاز هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی آب زیر زمینی در یک حوضه آبرگیر به عنوان راهکار علمی برای اقدامات مدیریتی ضروری می باشد. کیفیت آبهای زیرزمینی آبرفتی نسبت به آلودگی هایی که از مواد شیمیایی کشاورزی، فعالیتهای صنعتی و شهری و دیگر منابع مشتق می شود حساس می باشد. بنابراین مطالعه آبهای زیرزمینی آبرفتی از نظر ژئوشیمیایی برای ارزیابی عوامل تعیین کننده کیفیت و ارزیابی ارتباط بین شرایط آبخوان و کیفیت آب زیرزمینی از نیازهای اصلی به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک می باشد.

شناخت الگوها و سرعت جریان آب زیرزمینی اولین و مهمترین قدم قبل از ارزیابی مهاجرت آلودگی در هر ناحیه می باشد. ارزیابی کمی مسیرهای جریان، مطالعه دامنه و حرکت آلودگی ها از طریق سیستم را راحت می سازد و همچنین بررسی شیمی آب زیرزمینی یک پارامتر زیرزمینی برای بررسی خصوصیات زیست محیطی یک ناحیه است.

با توجه به اینکه محدوده مورد مطالعه یعنی دشت داراب از جمله مناطق خشک و نیمه خشک استان فارس و همچنین کشور می باشد و وجود گنبدهای نمکی پراکنده در دشت، سبب شور

شدن آب زیرزمینی در بعضی نقاط شده است وجود آبهای زیرزمینی موجود در سازندهای آهکی و آبرفتی از نظر شرب و کشاورزی از اهمیت بسزایی برخوردار است، مطالعه این آبها از نظر هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی از نیازهای ضروری به شمار می رود. این منطقه با دارا بودن پتانسیل بالقوه در زمینه کشاورزی از قدیم یکی از قطبهای بزرگ کشاورزی در استان فارس بوده است، لذا سازمان آب منطقه ای فارس جهت توسعه و تداوم و حفظ منابع آب منطقه تا کنون مطالعات و اقداماتی در زمینه بررسی کمی آبهای زیرزمینی و اعلام ممنوعیت توسعه بهره برداری از منابع آب زیرزمینی منطقه انجام داده است ولی متاسفانه تا کنون مطالعه جامعی بر روی هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی آبخوان انجام نشده است و هدف عمده این تحقیق انجام این مطالعات می باشد.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی

داراب یکی از شهرهای باستانی است که در جنوب شرق استان فارس قرار دارد. این شهر دارای سابقه طولانی می باشد. شهر قدیمی داراب، که هم اکنون مخروبه شده و به قلعه دهیا معروف است، در فاصله ۵ کیلومتری جنوب غربی شهر فعلی قرار دارد. شهرستان داراب از شمال به شهرستان های استهبان و نی ریز، از جنوب به شهرستان های لار و لامرد، از شرق به استان هرمزگان و از غرب به شهرستان فسا محدود می گردد. مرکز این شهرستان شهر داراب است که در فاصله ۲۷۸ کیلومتری شیراز قرار دارد شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی این شهر را نشان می دهد.



شکل ۱-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه

محدوده مورد مطالعه بین طول های جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۵۵ درجه شرقی و عرض های ۲۸ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی واقع شده است و مساحت دشت ۱۴۹۱/۹ و ارتفاعات ۲۲۸۰/۱ کیلومتر مربع می باشد. بیشترین ارتفاع منطقه ۳۱۲۶ متر (در کوه سرحد به نام قله برفدان) و حداقل آن (در محل خروجی دشت به نام تنگ خسویه) برابر ۱۰۵۰ متر از سطح دریا می باشد. ارتفاع متوسط محدوده مورد مطالعه ۱۱۰۰ متر از سطح دریاست.

۱-۳- هواشناسی منطقه

موقعیت جغرافیایی و وضعیت آب و هوا از عوامل مهم و موثر در ایجاد کمیت و کیفیت آب زیرزمینی است. به منظور بررسی آب و هوا و اقلیم منطقه مورد مطالعه از آمار ایستگاه های باران سنجی موجود در نقاط مختلف منطقه استفاده گردیده است. بر اساس دوره آماری ۲۵ ساله (۱۳۸۵-۱۳۶۰) متوسط درجه حرارت سالانه ۱۸/۵ درجه سانتی گراد و سردترین و گرم ترین ماه سال به ترتیب آذر و تیر است. حداکثر و حداقل مطلق درجه حرارت سالانه به ترتیب ۴۹+ درجه سانتی گراد در ایستگاه در تیرماه و ۹- درجه سانتی گراد در دی ماه است. همچنین متوسط بارندگی سالیانه ۲۸۴ میلی متر و پر باران ترین و کم باران ترین ماههای سال به ترتیب دی و مهر ماه می باشد. همچنین میزان تبخیر و تعرق سالیانه در منطقه ۲۶۶۰ میلی متر است. جدول (۱-۱) نشان دهنده متوسط درجه حرارت ماهانه و متوسط بارندگی یک دوره ۲۵ ساله در منطقه می باشد. بر اساس این جدول و همان گونه که قبلاً ذکر شد متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۸/۵ درجه سانتی گراد و میانگین بارندگی سالیانه منطقه ۲۸۴ میلی متر است. منطقه مورد مطالعه بر اساس طبقه بندی اقلیمی دمارتن، دارای آب و هوای نیمه خشک می باشد.

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت در یک دوره ۲۵ ساله در منطقه

(سازمان آب منطقه ای فارس)

زمان (ماه)	متوسط درجه حرارت (درجه سانتی گراد)	میانگین بارندگی (میلی متر)
---------------	---------------------------------------	-------------------------------

۳۲	۱۵/۵	فروردین
۷/۷	۲۱/۹	اردیبهشت
۲/۳	۲۷	خرداد
۲/۹	۲۹/۵	تیر
۳/۸	۲۹/۳	مرداد
۲/۶	۲۶/۶	شهریور
۰/۱	۲۱/۵	مهر
۸	۱۵/۹	آبان
۴۱/۹	۱۰/۴	آذر
۶۷	۸/۳	دی
۵۹/۲	۸/۳	بهمن
۵۶	۱۲/۱	اسفند

دمارتن جهت تعیین اقلیم فرمول زیر را پیشنهاد نموده است (علیزاده ۱۳۸۱):

$$I = \frac{P}{T + 10} \quad \text{فرمول شماره (۱)}$$

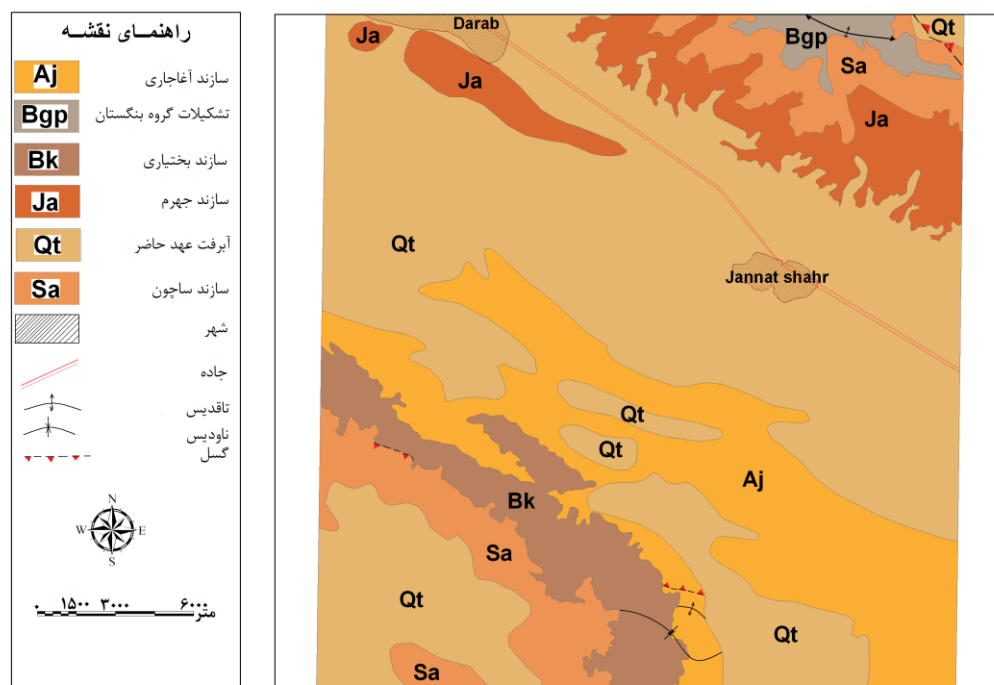
که در آن P میانگین بارندگی سالیانه (میلی متر) و T متوسط دمای سالانه (درجه سانتی گراد) می باشد. بر اساس فرمول دمارتن ۶ نوع آب و هوا طبقه بندی شده اند (جدول ۱-۲).

جدول ۱-۲- طبقه بندی اقلیمی دمارتن

نام اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتن (I)
خشک	کوچتر از ۱۰
نیمه خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه ای	۲۰ تا ۲۳/۹
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۳۴/۹
بسیار مرطوب	بزرگتر از ۳۵

۴-۱- زمین شناسی منطقه

بررسی های صحرایی و زمین شناسی یکی از مبانی مطالعه آب های زیرزمینی هر منطقه بوده که به وسیله آن می توان نوع آبخوان ها، منابع تغذیه و تخلیه و نحوه ارتباط بین آبهای زیرزمینی را تا حد زیادی مشخص نمود. با توجه به اهمیت این موضوع زمین شناسی منطقه مورد مطالعه به صورت اجمالی مورد بررسی قرار گرفته است (سازمان آب منطقه ای فارس، گزارش ادامه مطالعاتی دشت داراب).



شکل شماره ۱-۲- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

۱-۴-۱- زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک

اهمیت زمین شناسی و تکتونیک در بررسی منابع آب یک حوضه خصوصاً در حواشی دشت بسیار زیاد است. همچنین شناخت نوع و جنس رسوبات در انتقال و ذخیره آب حائز اهمیت می باشد. سطح سازندهای مختلف، جهت و شیب لایه ها راهنمایی های مفیدی در خصوص جهت و حرکت

آب زیرزمینی ارائه می نماید. عملکرد گسل ها و اهمیت آنها بر روی منابع آب و انتقال آب و یا در سد سازی و در شناخت آب زیرزمینی می تواند در منطقه کمک مهمی نماید. از لحاظ کیفیت آب نیز زمین شناسی حوضه آبگیر بسیار حائز اهمیت است زیرا که انحلال و تاثیر تشکیلات بر روی منابع آب کاملاً روشن است. گنبدهای نمکی پدیده ای است که از لحاظ کیفی و کمی آبها را تحت تاثیر قرار می دهد. فرسایش گنبدهای نمکی آبرفت و کیفیت منابع آب را نامناسب و شور می نماید.

منطقه داراب جزئی از سلسله جبال زاگرس است و در قسمت انتهایی جنوب شرقی آن قرار دارد. ارتفاعات و دشت های این منطقه با جهت کلی چین خوردگی زاگرس یعنی شمال غربی- جنوب شرقی متابعت می کند. گنبدهای نمکی منطقه از حالت عمومی مستثنی نیست. چین خوردگی این منطقه نیز همچون حالت عمومی زاگرس نسبتاً ملایم است و از تاقدیس و ناودیس های مجاور و مقارن تبعیت می کند. طول چین خوردگی ها گاه تا ۵ کیلومتر بالغ می گردد و لایه ها به طرف جنوب متمایل می باشند. نیروهای اصلی که سبب ایجاد چین خوردگی ها شده با شدت زیاد از شمال شرقی به طرف جنوب غربی است و سبب به وجود آمدن تاقدیس ها و ناودیس های متوالی گردیده است. به علت فشارهای وارده از شمال و جنوب تاقدیس ها دارای شیب تند و در بعضی از موارد همراه با شکستگی و گسلهای فراوان در حواشی دشت بوده و آثار لغزش و روراندگی هایی در آن دیده می شود. در محل گسلهای واقع در یال جنوبی تاقدیس ها چشمه های متعدد و پرآبی ظاهر گردیده است از جمله چشمه های نقش شاهپور، تیزاب، شاهيجان، اوغلان قز و ارباب (متاسفانه در سالهای اخیر تعدادی از آنها خشک گردیده است). در اواخر دوره پلیوسن و اوایل دوران چهارم ناودیس های این منطقه به صورت دریاچه و مردابهایی درآمد و رسوبات تبخیری در

آن به جای مانده است و حرکت تکتونیکی کششی و فروافتادگی در شمال غربی باعث تغییر جهت رودخانه رودبال به طرف داراب گردیده است (سازمان آب منطقه ای فارس).

۱-۴-۲- چینه شناسی و سنگ شناسی منطقه

تشکیلاتی که در منطقه داراب طی کوهزایی های مراحل مختلف رخنمون دارند از نظر سن نسبی طبقات از قدیم به جدید به شرح زیر می باشند:

گنبدهای نمکی (سری هرمز) : گنبدهای نمکی متعددی در منطقه ظاهر گردیده از جمله گنبد نمکی حوالی چشمه کرسیا، گنبد نمکی کوه دولت آباد، لایزنگان و قلعه قدیمی دارابگرد (معروف به دهیا) و غیره. سن آنها معادل تشکیلات هرمز که امروزه آن را جزء پالئوزوئیک تحتانی می دانند، می باشد. در این گنبدها رسوباتی از قبیل نمک، ژپس، رس و سیلت و غیره می باشد که هنگام بالا آمدن رسوبات فوقانی را نیز به همراه آورده و تحت فشار و حرارت قرار داده و اغلب لایه های مجاور خود را دگرگون کرده است. این سازند علاوه بر این که باعث تخریب شدید کیفیت منابع آب می شود، همچنین فرسایش آن باعث تخریب جنس آبرفت دشتهای شده است.

گروه بنگستان: این گروه شامل سازندهای کژدمی و سروک بوده که از گسترش زیادی در منطقه بر خوردار است. این سازند در شمال و شمال غربی منطقه واقع شده و از نظر ذخیره آبی مناسب می باشد.

- سازند کژدمی: این سازند به سن آلبین تا سنومانین شامل لایه های نازک مارن و آهک مارنی با گسترش کم می باشد.

- سازند سروک: این سازند از جنس آهک خاکستری لایه ای تا توده ای و بین لایه هایی از مارن است. سن این سازند سنومانین بوده و دارای ضخامت و گسترش تقریباً زیادی است به طوری

که بیشتر ارتفاعات شمال غربی منطقه از جنس گروه بنگستان می باشد. با توجه به گسترش و ضخامت و همچنین وجود درزه و شکستگی های فراوان و در نتیجه پیشرفت عمل کارستی باعث شده گروه بنگستان به عنوان آبخوان سازند سخت و از منابع تغذیه کننده آبرفت محسوب گردد.

تشکیلات رادیولاریتی: رادیولاریتها که حاصل پوسته سیلیسی شعاعیان (رادیولرها) می باشند در قسمت شمال و شمال غرب در روی تشکیلات بنگستان قرار دارد. گسترش آن در نقاط یاد شده نسبتاً زیاد است و سن آن را می توان به کرتاسه میانی نسبت داد. زاینده رودخانه رودبال اغلب به خاطر عملکرد این رسوبات به صورت سنگ کف می باشد.

سازند تاربور: این سازند شامل آهک ریفی لایه ای تا توده ای به سن ماستریشین و در ارتفاعات جنوب و غرب و شمال غرب با گسترش زیاد رخنمون دارد و سنگواره هایی چون رودیست ها و سیکلولیت ها در آن یافت می شود. از نظر آبی نقش بسیار مهمی در منطقه بازی می کند. اغلب چشمه های شمال و شمال غربی از این سازند خارج می گردد و آبرفتهای حواشی خود را تغذیه می نماید.

سازند ساچون: این سازند شامل رسوبات تبخیری پالئوسن می باشد که اغلب به صورت لایه های گچی همراه با لایه های نمک و آهک مارنی است و در ارتفاعات شمال و شمال غربی و جنوب رخنمون داشته و در جنوب گسترش آن نسبتاً زیادتر است. این سازند بر روی منابع آب به علت انحلال اجزاء آن اثر منفی داشته و کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی را نامطلوب می سازد.

سازند آسماری - چهارم: تشکیلات آهکی ائوسن-لیگوسن شامل آهک و دولومیت لایه ای تا توده ای در قسمت های شمال شرقی و شمال و غرب و جنوب پهنه وسیعی را شامل می شود.

رنگ آن روشن تر از لایه های آهکی کرتاسه می باشد. فسیلهای نومولیت در آنها فراوان یافت می شود. این سازند به علت درز و شکاف و عمل کارستی شدن محل بسیار مناسبی برای ذخیره آب می باشد و نفوذپذیری بسیار بالایی را داراست. این سازند نقش بسیار مهمی بر روی سفره آب زیرزمینی حوضه داراب بازی می کند. از یک طرف چشمه هایی با دبی بالا بوجود آورده و از طرف دیگر آبرفت را تغذیه می نماید و منبع اصلی تامین سفره آب زیرزمینی است. از طرفی آبرفت این سازند را تغذیه می کند و تبادل کاملاً برقرار است. همچنین باعث ایجاد تعدادی چشمه گردیده که از کمیت و کیفیت بسیار خوبی برخوردار است.

سازندهای گروه فارس: این سازندها اغلب از جنس مارن و مارن آهکی، گچ، انیدریت و ماسه سنگ آهکی می باشد. انحلال املاح آنها باعث تخریب کیفیت آب زیرزمینی می گردد.

سازند بختیاری: رسوبات ناهمگن قلوه سنگ، شن و ماسه که تحت تاثیر فاز آخر کوهزایی خشکی زایی قرار گرفته و به صورت پراکنده در غرب و جنوب غربی دیده می شود. این رسوبات فشرده و سخت است ولی به علت شکستگی هایی می تواند مقداری آب را در خود جای داده و منتقل نماید. همچنین سنگ کف برخی از مناطق دشت از جنس سازند بختیاری می باشد.

آبرفت های عهد حاضر: آبرفت های دوران چهارم کل دشت را پوشانده و ضخامت آن بین ۰ تا ۲۰۰ متر گزارش شده است. در پای دامنه ها اغلب دانه درشت و از تخته سنگ، قلوه، شن و ماسه و در میانه های دشت شامل رسوبات دانه ریز حاصل از تخریب سنگهای ماقبل خود می باشد و این آبرفتها اغلب در مردابهایی که بعد از آخرین فاز کوهزایی در منطقه داراب به وجود آمده است رسوبگذاری شده است (مارن، سیلت و رس و ماسه همراه با گچ و نمک). رسوبات دانه ریز دارای

نفوذپذیری کمی ولیکن رسوبات پای دامنه ها و دهانه مخروط افکنه ها دارای نفوذپذیری نسبتاً خوبی می باشند.

۱-۵- هیدرولوژی منطقه

به طور کلی مسیل ها، رودخانه های دائمی و فصلی در هر حوضه آبگیر نقش اساسی در تغذیه سفره آب زیرزمینی و دگرگونیهای سفره در آن حوضه دارند. تنها رودخانه دائمی این حوضه رودخانه رودبال با حوضه آبگیر ۱۰۸۵ کیلومتر مربع تا محل ایستگاه ورودی به دشت (ایستگاه گوزون) می باشد. متوسط آورد سالانه این رودخانه در ایستگاه مذکور ۷۲ میلیون متر مکعب است. گذشته از آورد سالانه رودخانه رودبال مسیل های متعدد بزرگ و کوچکی در سطح حوضه وجود دارند که در تغذیه آب زیرزمینی دشت موثر می باشند. مازاد آب رودخانه رودبال و کلیه مسیل های حوضه پس از به هم پیوستن از تنگه خروجی دشت (تنگ خسویه) خارج می گردد.

متوسط خروجی سالانه در ایستگاه خسویه برابر ۱۷۴ میلیون متر مکعب بوده ولی متوسط آورد حوضه میانی (در حد فاصل ایستگاه گوزون و خسویه) برابر ۱۵۴ میلیون متر مکعب برآورد شده است. بدین ترتیب حدود ۱۲۰ میلیون متر مکعب از آورد حوضه در بالادست تنگ خسویه در حدفاصل ایستگاه گوزون و خسویه صرف کشاورزی و نفوذ و تبخیر و تعرق می شود (سازمان آب منطقه ای فارس).

۱-۶- هیدروژئولوژی منطقه

در منطقه مورد مطالعه آبخوانها از دو نوع آبرفتی و سازند سخت است. آبخوان های سازند سخت بیشتر از سازند آسماری- جهرم و گروه بنگستان (سروک) است. البته سازندهای تاربور و بختیاری نیز از جمله سازندهای سخت بوده که مخازنی جهت ذخیره آب زیرزمینی محسوب شده است ولی با توجه به گسترش کم در بیشتر مواقع تنها به عنوان تغذیه کننده سفره آبرفتی محسوب می شوند.

سنگ کف ناحیه شمالی و جنوبی دشت داراب سازندها کرتاسه بوده که در تغذیه سفره آبرفتی دشت موثر می باشد. همچنین سنگ کف قسمت شرقی دشت سازندهای آهکی ائوسن است که با توجه به جنس آن در تغذیه سفره آب زیرزمینی نقش بسزایی دارد. در ناحیه غربی سنگ کف دشت از سازند کنگلومرایی و در بخش میانی به سمت شرق از سازندهای میوسن تشکیل شده است. انحلال املاح تبخیری میوسن تاثیر منفی بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه دارد. جهت جریان آب زیرزمینی در بخشهای شمالی منطقه شمالی- جنوبی و در بخشهای مرکزی و میانی شرقی- غربی می باشد.

فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته

۲-۱- هیدروژئولوژی نواحی خشک

در نواحی خشک متوسط بارندگیها از کمتر از ۵۰ میلیمتر تا ۱۶۰ میلیمتر در سال می باشد که بسته به موقعیت محل مقدار آن تغییر می کند. در این مناطق بارندگی میل به متمرکز شدن در چند بارندگی شدید دارد که طی آنها تقریباً ۷۵ درصد بارندگی سالیانه در چند ساعت صورت می گیرد. یکی از نتایج این گونه بارشها این است که رسوبات سطحی به سرعت اشباع شده و نرخ رواناب زیاد می باشد. آب به صورت کانالی در وادیه‌ها جریان می یابد و در رسوبات سطحی که مخروط افکنه ها را تشکیل می دهند، نفوذ می کند. در غرب و جنوب غرب عربستان سعودی این وادیه‌ها منابع مهم اما محدود آب زیرزمینی را تامین می کنند و در عمان و امارات متحده عربی عدسیه‌ایی از آب آشامیدنی در چاله های موجود بعد از کانالهای وادی پیدا می شود. درجه حرارت منطقه بالا و تبخیر تقریباً زیاد است و کل بارندگی چند ساعت طول می کشد. تحت چنین شرایطی آب سطحی دائمی به مدت طولانی نمی تواند وجود داشته باشد و رودخانه های سطحی به طور آشکار وجود ندارند. جریان وادیه‌ها محدود به چند روز بعد از بارانهای شدید می باشد. اقلیم خشک، بارش کم و تبخیر بسیار شدید تغذیه آبخوان را محدود می سازد و منجر به یک چرخه هیدروژئولوژی بطنی و کند می شود. از سویی دیگر لیتولوژی آبخوان نقش و تاثیر شدیدی بر شیمی آب زیرزمینی دارد. بنابراین می توان مسیر جریان آب زیرزمینی را از طریق آزمایش دقیق ارتباط املاح جامد محلول آب زیرزمینی بازسازی کرد. شرایط هیدروژئولوژیکی به وسیله ماهیت سیستمهای جریان آب زیرزمینی موجود، تغذیه آبخوان و تاثیر نزدیکی به ناحیه تغذیه و آنالیز شیمی آب زیرزمینی نشان داده می شود (Alsharhan et al. 2007).

۲-۲- هیدروژئوشیمی و کیفیت منابع آب در نواحی آبرفتی و خشک

کیفیت آب زیرزمینی حاصل تمام فرآیندهایی است که از لحظه تشکیل آب در اتمسفر تا زمان تخلیه از چاه یا چشمه در آن رخ می دهد. عوامل مختلفی از قبیل عوامل زمین شناسی، عوامل آب و هوایی و موقعیت جغرافیایی، عوامل هیدروژئولوژیکی، اختلاط آبها با ترکیبات مختلف و عواملی از قبیل فعالیت های صنعتی و کشاورزی بر روی کیفیت آبهای زیرزمینی موثر هستند (احمدپور و همکاران ۱۳۸۴).

از بین بردن آلودگی آب زیرزمینی بسیار مشکل تر از آلودگی آب سطحی است، زیرا آب زیرزمینی می تواند صدها مایل دورتر از آبخوانی که برای ما غیرقابل مشاهده است، حرکت کند. آبخوان های آبرفتی به طور طبیعی باکتری های آب را از طریق یک فیلترسازی ساده از بین می برند اما تاثیری بر آلاینده های شیمیایی ندارند.

دلایل آلودگی آب می تواند به دو دسته تقسیم شود: منابع انسانی آلودگی که توسط بشر ایجاد می شود و منابع طبیعی آلودگی که در نتیجه نیروهای ذاتی محیط زیست هستند (Sumanovac and buljan (2007)).

در زیر پاره ای از موارد موثر بر هیدروشیمی و کیفیت آب زیرزمینی ذکر می شود.

۲-۱- کیفیت آب در نواحی خشک و نیمه خشک

آلما و همکاران (Alma et al. 2004) در تحقیقات خود بوتسوانا را یک کشور با اقلیم نیمه خشک معرفی کرده اند که آب آن از منابع آب زیرزمینی تامین می شود. در این شرایط آب زیرزمینی یک منبع بسیار مهم برای مصارف خانگی، صنعتی و کشاورزی می باشد. آلودگی هایی که ممکن است این منابع را تحت تاثیر قرار دهد، شامل فاضلاب ها، صنایع، آفت کش های کشاورزی و زباله های جامد است، که باید آب زیرزمینی را در مقابل این آلاینده ها حفاظت کرد.

آبخوان آبرفتی داتونگ در شمال غرب چین که یک ناحیه نیمه خشک می باشد، واقع شده است. در این ناحیه مهم ترین منبع برای مصارف آبی، آب زیرزمینی می باشد و بنابراین، مطالعه خصوصیات آب زیرزمینی و فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی حاکم بر سفره برای مدیریت بهتر آب زیرزمینی مهم می باشد. در سالهای اخیر استفاده از آب زیرزمینی در این ناحیه برای تامین آب به علت افزایش آلودگی آبخوان محدود شده است. گو و وانگ (Guo and Wang 2005) طبق بررسی هایی که در این ناحیه انجام داده اند، ۵ زون ژئوشیمیایی برای آب زیرزمینی در نظر گرفته اند که در هر کدام از این زون ها کانی های خاصی رسوب کرده اند و فرآیند غالب تاثیرگذار بر شیمی آب زیرزمینی و رسوب کانی ها، پدیده تبخیر می باشد.

حوضه آبریز دشت دهلران، بخشی از حوضه آبریز رودخانه میمه واقع در استان ایلام می باشد. این دشت دارای اقلیم خشک تا نیمه خشک بوده و تحقیقات انجام شده توسط علیمردادی (۱۳۸۱) بر روی منابع آب زیرزمینی دشت، نشان می دهد که کیفیت آب زیرزمینی در این منطقه کاملاً متأثر از سازندهای زمین شناسی رخنمون شده در منطقه است. به طوری که سازند بختیاری بر کیفیت آب آبخوان تاثیر مثبت و سازندهای گچساران و آغاچاری اثر نامطلوب بر کیفیت آب دارند. همچنین یکی دیگر از عوامل اصلی کیفیت آب، افزایش آب های برگشتی نامطلوب از آبیاری کشاورزی و اجرای طرح های آبخیزداری در شمال و شمال شرق دهلران می باشد.

دشت زیدون یکی از حوضه های هیدروژئولوژیکی در استان خوزستان است که دارای آب و هوای گرم و نیمه بیابانی می باشد. با توجه به اینکه در منطقه نرخ تبخیر چندین برابر بارندگی می باشد، در بیشتر فصول سال آبراهه ها خشک می باشند. در این منطقه از آب زیرزمینی جهت شرب، مصارف صنعتی و کشاورزی استفاده می شود. ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی به شدت تحت تاثیر تغذیه توسط رودخانه، انحلال مواد تشکیل دهنده سازندهای تغذیه کننده آبخوان و رسوبات حوضه

و همچنین خصوصیات هیدرولوژیکی از قبیل الگوی جریان و زمان ماندگاری قرار گرفته است. محتوای یونی آب زیرزمینی دشت در فصل تر به دلیل بالا بودن نرخ تبخیر در منطقه و در نتیجه تبخیر سریع آب های سطحی و برجا نهاده شدن املاح در فصل خشک افزایش می یابد. همچنین لایه سطحی رسی در بیشتر نقاط منطقه باعث بالا آمدن آب زیرزمینی از سطح ایستابی شده و به تبع تبخیر از آب زیرزمینی افزایش یافته و در فصل تر نفوذ آب تغذیه ای باعث شسته شدن نمک ها و انتقال آن به آب زیرزمینی می گردد (کلانتری و زارعی ۱۳۸۳).

۲-۲-۲- کیفیت آب در آبرفت

چاو و همکاران (Chae et al. 2003) مطالعاتی بر روی یک سفره آب زیرزمینی در چین انجام داده اند و کیفیت آب زیرزمینی آبرفتی در نواحی زراعی را نسبت به آلودگی های ناشی از مواد شیمیایی کشاورزی مثل کودهای شیمیایی و آفت کش ها حساس دانسته اند. همچنین عنوان کرده اند که استفاده مکرر از کودهای شیمیایی نیتروژن منجر به غلظت بسیار بالای نترات در آب زیرزمینی شده و باعث مسایل جدی سلامتی می شود. در کره آبهای زیرزمینی موجود در سفره های آبرفتی مشکلات جدی آلودگی نترات را به دلیل استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی نیتروژن تحمل می کنند.

هیدروشیمی سفره آب زیرزمینی در یک ناحیه به طور زیادی توسط فرآیندهای طبیعی مانند بارندگی، مرطوب یا خشک بودن ته نشست نمکهای اتمسفری، تبخیر- تعرق، واکنش بین آب با خاک یا سنگ و همچنین فعالیتهای انسانی که می تواند این سیستمها را توسط آلوده کردن و یا اصلاح آنها چرخه هیدرولوژی را تغییر دهد، تعیین می شود. هم فرآیندهای طبیعی و هم فعالیتهای انسانی در زمان و مکان تغییر می کند که این تغییر در تغییرات هیدروشیمی آب زیرزمینی منعکس می شود و نوسانات ویژه و دوره ای در یک ناحیه را نشان می دهد. نواحی

آبرفتی نسبت به این تغییرات ناشی از حجم بالای آلودگی و فعالیتهای کشاورزی و صنعتی شدید بسیار آسیب پذیر هستند. فهم فاکتورهای مسئول تاثیرگذار بر هیدروشیمی آب زیرزمینی برای حفاظت و مدیریت منابع آب زیرزمینی یک ناحیه بسیار مهم و اساسی می باشد.

سفره های آب زیرزمینی آبرفتی متشکل از یک واحد هیدرولوژیکی هستند که به وسیله نهشته های آبرفتی شکل گرفته اند، که با سیمای خطی و کم عمق شناسایی می شوند. خصوصیت کم عمق بودن و نفوذ پذیری بالای آبخوانهای آبرفتی آنها را نسبت به آلودگی بسیار آسیب پذیر می سازد (Singh et al. 2007).

دشت کربال در شمال شرق شیراز که از رسوبات بسیار دانه ریز دریاچه ای در حد سیلت و رس تشکیل شده است، تشکیل یک سفره آبرفتی را می دهد که در قسمت شمال شرق توسط تاقدیس رحمت تغذیه می گردد. کیفیت آب در بعضی از قسمت های این دشت بسیار نامناسب است. رضایی و همکارانش با تحقیقی که بر روی آب زیرزمینی دشت انجام داده اند، علت اصلی تخریب کیفیت آب در این دشت را تبخیر از سطح سفره آب زیرزمینی معرفی کرده اند.

دشت شیروان- قوچان بزرگترین حوضه آبریز رودخانه اترک واقع در شمال استان خراسان است که از رسوبات دانه ریز رسی و سیلتی تا درشت دانه شنی و ماسه ای دوران چهارم تشکیل شده است. آب نفوذی حاصل از نزولات جوی و رودخانه ای که از مرکز دشت می گذرد، آب موجود در ارتفاعات پیرامون دشت، فاضلاب های شهری و صنعتی و آبهای برگشتی کشاورزی، منابع عمده تغذیه آبرفت دشت بوده و به جز چشمه های موجود در منطقه، آب های زیرزمینی دشت تنها منبع تامین کننده آب مورد نیاز شهر می باشد. نتایج حاصل از بررسی هیدروشیمیایی آب های زیرزمینی دشت نشان می دهد که به طور کلی جهت جریان آب های زیرزمینی از شرق به سمت غرب دشت بوده و کیفیت آب زیرزمینی لایه آبدار نیز در این جهت کاهش می یابد. سازندهای

زمین شناسی (بخصوص سازندهای مارنی منطقه)، عوامل هیدروژئولوژیکی، تاثیر آب های سطحی نامطلوب ناشی از فاضلاب های شهری و صنعتی و برگشت آب کشاورزی، عمده ترین عوامل موثر بر کیفیت آب های زیرزمینی منطقه می باشند. به طور کلی چاههایی که در محدوده سازندهای مارنی قرار دارند، دارای آب خیلی شور بوده و هدایت الکتریکی آب آنها تا مرز ۶۵۰۰ میکروموس بر سانتی متر نیز می رسد (محمدزاده و همکاران ۱۳۸۷).

آبخوان آبرفتی ایزه واقع در شمال شرق خوزستان که دچار آلودگی شده است، توسط ناصری و علیجانی (۱۳۸۱) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. آنها چندین دلیل را در آلودگی آبخوان موثر دانسته اند از جمله: وجود باقیمانده هایی از سازند گچساران در آبرفت، نفوذ فاضلاب شهر به سفره آب زیرزمینی در محدوده شهر ایزه و فعالیت های کشاورزی.

۲-۲-۳- کیفیت آب در نواحی کشاورزی

بر اساس مطالعات مکنزی و ویتس (Mackenzie and Viets 1974) تاثیر کشاورزی بر آبهای زیرزمینی بیشتر از طریق آلودگی نیترات می باشد. وسعت آبیاری کشاورزی و فعالیتهای شدید کشاورزی خطر تخریب کیفیت آب زیرزمینی را از طریق نرخ پمپاژ بالای آب زیرزمینی و استخراج بیش از حد سفره های آب زیرزمینی را باعث می شود. همچنین زه آب های کشاورزی حاوی فسفات به صورت آلی و معدنی هستند. آلودگی نیترات آب شرب موضوع تحقیقات گسترده ای است، زیرا خطرات بالقوه ای برای سلامت بشر محسوب می شود. در مورد فسفات بیشترین غلظت فسفات موجود در زه آب های سطحی از نوع آلی و در زه آب های زیرزمینی مقادیر اندکی فسفات دیده می شود، زیرا این ماده قابلیت جذب بالایی بر روی خاک های مناطق خشک و مرطوب دارد.

نوعی دیگر از آلودگی که توسط کشاورزی ایجاد می شود، آلودگی آب های زیرزمینی توسط آفت کش هاست که در طولانی مدت مسئله ای مهم تر است. مطالعه حوضه های آبرفتی عمیق آب های زیرزمینی کالیفرنیا، نشان می دهد که مدت زمان انتقال مواد شیمیایی از سطح زمین به سطح آب زیرزمینی طولانی بوده و ممکن است دهها سال طول بکشد (Cohen 1986).

منشا عناصر شیمیایی کمیاب آلوده کننده به دو دسته تقسیم می شود: منشا طبیعی و منشا کشاورزی. منشا طبیعی شامل مواد زمین شناسی موجود در اراضی تحت آبیاری و منشا کشاورزی شامل کودها، آب آبیاری، مواد اصلاح کننده آب و خاک، پساب و نشت فاضلاب و سموم آفت کش ها می باشد (Tanji and Valoppi 1989).

مکی و پترسون (Mackay and Paterson 1991) در تحقیقات خود عنوان کرده اند که کشاورزی منجر به مشکلات گسترده ای برای کیفیت آب شده، به گونه ای که رسوبات ایجاد شده در اثر فعالیت کشاورزی از آلاینده های شیمیایی به شمار می روند. همچنین آنها نقش رسوبات را در حمل و از بین رفتن مواد شیمیایی کشاورزی اعم از مواد مغذی، فلزات و آفت کش ها در طراحی مدل ها جهت اتخاذ راهکارهای مدیریتی بهینه در زمینه آبیاری بسیار حائز اهمیت می دانند.

طبق نظر شارما و همکاران (Sharma et al. 1996) نیترات قابل استفاده ترین شکل نیتروژن به دلیل انحلال پذیری زیاد آن است. یکی از منابع مهم نیتروژن در آبهای زیرزمینی، آبشویی نیترات از کودهای شیمیایی مصرف شده در باغ ها برای کشت سبزیجات محسوب می شود. مصرف کودها در باغها و مزارع یکی از منابع نیترات در آبخوان های حومه شهرها می باشد کیفیت آب زیرزمینی آبرفتی در نواحی زراعی نسبت به آلاینده هایی که از مواد شیمیایی کشاورزی مشتق می شود مانند کودهای شیمیایی، آفت کش ها و آهک حساس می باشد. استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژن به طور متناوب منجر به غلظت بسیار بالای نیترات در آب زیرزمینی شده و مشکلات

جدی برای سلامتی را به وجود می آورد. همچنین گزارش شده است که آهکهای که برای شخم زدن و زراعت زمین ها به کار می رود می تواند باعث سطوح بسیار بالای اسیدیت و کلسیم در آب زیرزمینی شود.

به طور کلی پذیرفته شده که رفتار مواد شیمیایی کشاورزی به طور شدید وابسته به شرایط زمین شناسی می باشد. برای مثال حرکت نیترات در نزدیک سطح زمین در مرحله اول وابسته به زمین شناسی خاک است. در خاکهای ماسه ای اکسیژن دار نیترات پایدار است و معمولاً بسیار کم جذب می شود و بنابراین در طی بارندگی به آسانی شسته شده و می تواند آب زیرزمینی کم عمق را آلوده کند. از سویی دیگر آبهای زیرزمینی در زیر خاک با نفوذپذیری کم به دلیل نرخ نفوذ پایین و شرایط غیر هوازی معمولاً سطوح پایین نیترات را نشان می دهند. رفتار سایر گونه های مشتق شده از فعالیتهای کشاورزی به طور کلی مشابه نیترات می باشد، با این وجود تفاوتی در خصوصیات شیمیایی گونه های مختلف شیمیایی دیده می شود. بنابراین شرایط سفره آب زیرزمینی زمانی که حساسیت آلودگی آب زیرزمینی ارزیابی می شود باید در مرحله اول در نظر گرفته شود.

با تحقیقی که توسط چاو و همکاران (Chae et al. 2003) بر روی کیفیت آب زیرزمینی آبرفتی در یک ناحیه کشاورزی در کره انجام شد نشان داده شد که آب زیرزمینی در این ناحیه به شدت توسط نیترات، آهن و منگنز آلوده شده است. ۴۵ درصد از نمونه های آب زیرزمینی غلظت نیترات بیشتر از استاندارد DWL^1 (۴۴.۳mg/l) را نشان می دهند و ۳۲ درصد از آنها غلظت نیترات بیش از ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر را دارند. ۴۷ درصد از کل نمونه ها سطوح آهن و منگنز بالاتر از مقدار قابل انتظار DWL را داشتند (۰.۳ mg /l). در هر صورت آلودگی آهن و منگنز اغلب در

¹ Drinking Water Limit

آبهای زیرزمینی با سطوح نیترات پایین به وجود می آید. به طور کلی ۸۲ درصد از نمونه ها حداقل از یکی از مقادیر استاندارد DWL برای نیترات، آهن و منگنز بیشتر بودند.

بسیاری از پژوهشگران معتقدند که وسعت آبیاری کشاورزی و فعالیت های شدید کشاورزی خطر تخریب کیفیت آب زیرزمینی را از طریق نرخ پمپاژ بالای آب زیرزمینی و استخراج بیش از حد سفره های آب زیرزمینی باعث می شود و همچنین معتقدند استفاده از آبهای با کیفیت پایین برای آبیاری باعث کاهش تولیدات گیاهی می شود و می تواند خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک را تغییر دهد که باعث تخریب خاک می شود. ۲۵ میلیون هکتار، یعنی بیش از ۱۰ درصد نواحی آبیاری دنیا، بطور شدید تحت تاثیر نمکهای بالا آمده توسط آبیاری قرار گرفته اند. شور شدگی به سرعت در نیمه دوم قرن بیستم افزایش یافت. عمده ترین مشکلی که فعالیت های کشاورزی ایجاد می کند، آلودگی نیترات می باشد که در سالهای اخیر یک مشکل زیست محیطی مهم شده است (Chae et al. 2003, Gallardo and Tase 2005, Pscychoyo et al. 2006).

آلودگی آب زیرزمینی به عنوان جدی ترین مشکلات زیست محیطی از زمانی که آژانس زیست محیطی ژاپن^۲ یک تحقیق ملی در سال ۱۹۸۲ انجام داد، در ژاپن تشخیص داده شده است. علی رغم هشدارهای اولیه نه دولت و نه ملت واقعیت مشکل را تا همین سالهای اخیر متوجه نشدند. بنابراین آلودگی آب زیرزمینی به طور فزاینده ای با توسعه نواحی شهری و صنعتی و تشدید فعالیتهای کشاورزی به دلیل فائق آمدن بر تقاضای غذا ادامه دارد. در بین منابع آلاینده، کشاورزی اثر مستقیم و غیر مستقیم بر روی نرخ و ترکیب تغذیه آب زیرزمینی و بیوشیمی سفره دارد. کشاورزی بزرگترین استفاده کننده منبع آب است. به طور متوسط حدود ۷۰ درصد کل ذخایر آب در کشور به طور شدید توسط استفاده بیش از حد کودهای کشاورزی و آفت کش ها آلوده می

شوند و در حال حاضر برای مصرف انسانی بخصوص به دلیل بالا بودن نیترات و نیتريت نامناسب هستند. مقادير قابل ملاحظه اى نيتريت از نواحى كشاورزى به رودخانه ها و درياچه ها از طريق مسيرهاى عبورى هيدروژئولوژيكي منتقل مى شود و از طريق تمام اينها يك توزيع بسيار بزرگ به آب زيرزميني صورت مى گيرد زيرا اين آبها در تماس با محيط هيدروژئولوژيكي در دوره هاى طولانى قرار مى گيرد و معمولاً غلظتهاى بالاترى از مواد جامد محلول نسبت به بارندگى يا آبهاى سطحى دارند (Gallardo and Tase 2005).

در مطالعه اى كه توسط پاپايوانو و همكاران (Papaioannou et al. 2006) در يكي از نواحى تسالى در يونان انجام شده است تخريب كيفيت آب زيرزميني عمدتاً به آلودگى مشتق شده از فعاليت هاى كشاورزى كه بيشتر شامل مقادير بالاى نيترات مى باشد، نسبت داده شده است.

۲-۲-۴- كيفيت آب در نواحى با پمپاژ سنگين

مطالعات انجام شده توسط كمرا و همكاران (Kamra et al. 2002) در بلوك گوهانا واقع در استان هاريانا هند نشان مى دهد كه در اين ناحيه لايه هاى آب شيرين بر روى زون هاى آب شور قرار گرفته اند و پمپاژ بيش از حد آب زيرزميني باعث ورود آب شور به لايه هاى آب شيرين مى شود و كيفيت آب را تخريب مى كند. بنابراين روشهاى پمپاژ بايد به صورت كنترل شده و اصلاح شده انجام شود.

تحقيقات انجام شده توسط ساين و همكاران (Singh et al. 2005) نشان مى دهد افزايش آلودگى آبهاى سطحى در كل جهان در طى چند دهه اخير فشار قابل توجهى را بر منابع آب زيرزميني وارد آورده است. علاوه بر اين استخراج بيش از حد منابع آب زيرزميني به دليل افزايش تقاضا و

کاهش تغذیه سالانه آنها را تحت شرایط جدی قرار داده و سطح آب زیرزمینی یک روند کاهشی ثابت رو به پایین جهانی را ثبت کرده است. چنین تداخلی که توازن طبیعی آب را تغییر می دهد شیمی اکسایش-کاهش سفره را تحت تاثیر قرار می دهد و تداخل بین آب و محیط جامد در نتیجه حرکت مولفه های شیمیایی در ماتریسهای سفره به عنوان اجزاء طبیعی آنها آشکار می شود.

دشت شبستر در شمال شرق دریاچه ارومیه قرار گرفته است. در سالهای اخیر به علت حفر چاههای عمیق و برداشت بیش از حد از آنها، کیفیت آب های زیرزمینی در دشت بخصوص در قسمت های جنوبی و جنوب شرقی شدیداً تنزل نموده و نفوذ آب شور به سفره های آب شیرین باعث شده تا تعدادی از چاههای آب در مناطق مذکور بدون استفاده قرار گیرند. منشا شوری دلایل متعددی دارد، یکی اختلاط آب شور دریاچه ارومیه با آب شیرین سفره هاست و دیگری تبخیر از آب زیرزمینی و انحلال رسوبات تبخیری از آب زیرزمینی و انحلال رسوبات تبخیری و بالاخره نفوذ از رودخانه های مجاور شور می باشد (اصغری مقدم و محمدی ۱۳۸۰).

تحقیقات انجام شده بر روی دشت آذرشهر واقع در جنوب شرق آذربایجان شرقی توسط علاف نجیب و علی نژاد (۱۳۸۲) نشان داده است که مطالعه هیدروشییمی دشت آذرشهر از نظر فعالیت کشاورزی و تراکم جمعیت از اهمیت زیادی برخوردار است و بخش اعظم آب کشاورزی آنها عمدتاً از سفره های آب زیرزمینی این دشت تامین می شود. بهره برداری بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی باعث افت شدید سطح آب و تغییرات کیفیت آب زیرزمینی و مهم تر از آن باعث افزایش روند شوری و املاح آب زیرزمینی گردیده است.

۲-۲-۵- نقش سازندهای زمین شناسی در کیفیت آب زیرزمینی

آب زیرزمینی استخراجی از دشتهای آبرفتی می تواند دربرگیرنده بیکربنات، کلسیم، منیزیم و سولفات باشد. میزان کلر و سدیم این نوع سفره ها به شدت شستشوی خاک^۳ و تغلیظ املاح در سطح خاک بستگی دارد (Bouwer, 1978). در رسوبات تبخیری گچی نمکی به دلیل قابلیت حلالیت زیاد گچ و به دنبال آن منیزیم در آب و همچنین بالا بودن قابلیت انحلال بسیار زیاد کلرورها در آب، املاح سولفات و به ویژه کلروره در آبهای آنها بالاست. مقدار کل املاح جامد محلول در آبهای زیرزمینی مناطق گچی نمکی تا ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر نیز می رسد (Davis and Deviest 1986). درحالی که آب حاصل از سنگ های کربناته از نظر کربناتها غنی و از نظر کلرورها و سولفاتها فقیر است. میزان کربنات سنگهای آهکی توسط پارامترهای اسیدیتته، درجه حرارت و دی اکسید کربن آب کنترل می شود. با افزایش درجه حرارت و افزایش اسیدیتته کربنات کلسیم بیشتری در آب حل می شود (Todd 2005).

همان گونه که فتر (Fetter 1990) در کتاب خود عنوان کرده است، کیفیت آب به هنگام عبور از زمین ها و سنگهای با جنس مختلف تغییر می کند. میزان این تغییرات به ترکیب شیمیایی و قابلیت انحلال کانی های دربرگیرنده سنگ و درجه حرارت و ترکیب شیمیایی آب و مدت زمان ماندگاری بستگی دارد.

حوضه بنگال بزرگترین سیستم رسوبی دلتایی در دنیاست که در بنگلادش و هند واقع شده است. تحقیقات انجام شده توسط موخرجی و همکاران (Mukherjee et al. 2008) بیانگر این است که شیمی غالب آب زیرزمینی در این منطقه عمدتاً از نوع بیکربنات کلسیم و در بعضی نقاط کلرید

کلسیم است. همچنین آب زیرزمینی دارای مقادیر بالای آرسنیک، آهن و منگنز و مقادیر کم سولفات و نیتрат می باشد. فرآیند اولیه کنترل کننده هیدروشیمی آب زیرزمینی، زمین شناسی منطقه است که شامل انحلال کلسیت، هواز دگی سیلیکات، واکنش های اکسایش- کاهش سفره و همچنین اختلاط آب شور با آب شیرین می باشد.

بر اساس بررسی های انجام شده بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت هرزندات واقع در شمال غرب شهرستان تبریز مشخص شده که آبخوان دشت عمدتاً از رسوبات دانه ریز با نفوذپذیری کم تشکیل شده است. منطقه مورد مطالعه با متوسط بارندگی ۲۸۰ میلی متر در سال جزو مناطق نیمه خشک کشور محسوب می شود. بر اساس نتایج آنالیز شیمیایی آبهای زیرزمینی دشت مشخص شده که میزان کلر و سولفات از منطقه تغذیه به سمت منطقه تخلیه افزایش می یابد که دلیل عمده آن گسترش مارن در بین رسوبات سازند گنشیک و خاجیک می باشد. همچنین بر اساس دیاگرام شولر کلیه آبهای منطقه به غیر از آب چشمه کارستی از نظر شرب در محدوده نامناسب تا بد قرار می گیرند که علت آن تاثیر رسوبات تبخیری بر روی کیفیت آب و زیاد بودن زمان ماندگاری آب در داخل سفره می باشد. همچنین بالا بودن قابلیت انحلال رسوبات در مسیر جریان باعث شده که غلظت یون ها در آب افزایش یابد (آقازاده و اصغری مقدم ۱۳۸۲).

همچنین مطالعات انجام شده بر روی کیفیت منابع آب در دشت زویرچری و خران در استان خوزستان توسط عبداللّهی و کلانتری نیز تاثیر سازندهای زمین شناسی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی را تایید می کند. جهت جریان آب زیرزمینی در دشت خران از جنوب شرق به شمال غرب و در دشت زویرچری از شمال غرب به جنوب شرق می باشد. نتایج آنالیز شیمیایی نشان می دهد که کیفیت آب در دشت زویرچری مخصوصاً در حاشیه سازند بختیلری به علت نزدیکی به این سازند بهتر شده در حالی که در روستای نهریه جایی که رخنمون بخش لهری آغاز می شود

انحلال میان لایه های ژئوسپیس باعث افزایش غلظت املاح در آب زیرزمینی جنوب ناحیه می شود به طوری که آب زیرزمینی حتی برای مصارف کشاورزی نامطلوب و غیر قابل استفاده می شود.

ندیری و همکاران (۱۳۸۳) مطالعه ای بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت اردبیل انجام داده اند و در این دشت تاثیر سازندهای زمین شناسی بر کیفیت منابع آب را مورد بررسی قرار داده اند. نتایج آنالیز شیمیایی تاثیر سازندهای زمین شناسی در تنزل کیفیت آبهای زیرزمینی منطقه را نشان می دهد. به این صورت که تاثیر سازندهای گچ و نمکدار در قسمت های شمال شرق و جنوب غرب دشت و سازندهای دانه ریز در برخی از قسمت های دشت کاملاً مشهود است. این سازندها باعث افزایش مواد محلول و افزایش غیرعادی یون سولفات در قسمت های شمالی و جنوب دشت شده و در برخی مناطق، دانه ریز بودن سازندها باعث ایجاد تعویض یونی و کاهش هدایت الکتریکی و افزایش غیرعادی میزان یون کلر در این مناطق شده است.

۲-۲-۶- کیفیت آب در نواحی کارستی

کووایی و راوبار (۲۰۰۴) طبق تحقیقی که بر روی چشمه های کارستی اسلوانی انجام دادند، معتقدند به طور کلی کیفیت آب زیرزمینی در کارست رضایت بخش است و در عین حال به طور شدید نسبت به آلودگی آسیب پذیر می باشد هر چند که تمام نواحی کارستی به دلیل خصوصیات ذاتی که دارند به طور یکسان به آلودگی حساس نیستند. علی رغم اینکه بسیاری از چشمه های مهم کارستی در اسلوانی وجود دارد و نواحی کارستی دارای شرایط نسبتاً مطلوب برای حفاظت آب دارند (جمعیت کم، فعالیتهای کشاورزی کم و سایر خصوصیات) اکثر آب آشامیدنی در آنجا از سفره های آبرفتی پمپاژ می شود و مناطق کارستی به صورت مناسبی مورد توجه و محافظت قرار نمی گیرند.

شهر موستر واقع در جنوب شرق بوسنی هرزگوین در یک ناحیه زمین شناسی با رخنمون غالب سنگ های کربناته مزوزوئیک واقع شده است. این ناحیه به شدت تحت تاثیر فرآیندهای کارستی مانند پولیه ها، دره های پنهان شده، دولین ها و آب فروچاله ها می باشد و همین فرآیندهای کارستی شدن ناحیه را مخصوصاً آب زیرزمینی را نسبت به آلودگی شدیداً حساس ساخته است. در نزدیکی این شهر محلی وجود دارد که در آنجا صدها تن از زباله های جامد دفن می شود که باعث آلوده شدن مهم ترین منابع تامین آب شهر موستر شده است.

رضایی و همکاران (۱۳۷۷) با تحقیقی که بر روی آب چشمه های کارستی تاقدیس رحمت انجام داده اند، یکی از علل کاهش کیفیت در چشمه های کارستی را آب دشت مجاور دانسته اند که تحت اثر پدیده های نفوذ آب شور به داخل لایه آبدار کارستی و پدیده پخش باعث کاهش کیفیت آب کارستی شده است.

از جمله دیگر فاکتورهای تاثیرگذار بر روی کیفیت آب کارست و چشمه های کارستی گنبدیهای نمکی هستند که باعث کاهش قابل ملاحظه کیفیت آب می شوند به طوری که در بعضی از شرایط این آبها حتی برای مصارف کشاورزی مناسب نیستند (شرفی و همکاران ۱۳۷۸).

طبق تحقیق انجام شده توسط رئیسی و همکاران (۱۳۷۹) بر روی تاقدیس کارستی راوندی در استان ایلام، یکی دیگر از علل تغییرات هیدروشیمیایی منابع آب موجود در کارست، مربوط به مقداری از آب بارندگی است که در سازند گچساران نفوذ کرده و به سازند آسماری می رسد و باعث کاهش کیفیت آب چشمه های خروجی از آهک آسماری می گردد.

۲-۲-۷- کیفیت آب در نواحی مجاور دفن زباله

در شهر لوساکا پایتخت زامبیا تقریباً ۷۰ درصد آب مورد نیاز از منابع آب زیرزمینی موجود در آبخوان های کارستی لوساکا تامین می شود. بنابراین منابع آبی برای آینده جمعیت بسیار مهم می باشد. خصوصیات آبخوان و کم عمق بودن سطح ایستابی منابع آب آنها را بسیار آسیب پذیر و نیازمند محافظت و کنترل ساخته است. آنالیز نمونه های آب نشان می دهد که بعضی از نقاط آبخوان دارای سطوح بالای آمونیاک، نیترات و بعضی از فلزات سنگین شده است. آنالیزها نشان داده است که منبع اصلی آلودگی آبخوان دفن زباله ها در مجاورت آبخوان و عدم کنترل و نظارت بر دفن اصولی و صحیح زباله های جامد می باشد.

در سالهای اخیر، ایجاد فرآیندهای تخریب آب زیرزمینی به طور مداوم بسیار فراوان شده است مخصوصاً زمانی که کیفیت این منابع طبیعی در نظر گرفته شود. با تحقیقی که توسط کاپوتو و همکاران بر روی زباله های کنترل شده در سه ناحیه مختلف در ایتالیا انجام شده است مشخص شده احتمال انتشار مواد آلاینده به سفره های آب زیرزمینی بسیار زیاد است و این تاثیر بر محیط زیست به طور شدید توسط خصوصیات لیتواستراتیگرافی و ژئوتکنیکی و هیدروژئولوژیکی سفره آب زیرزمینی کنترل می شود. لازم به ذکر است که ایتالیا یکی از کشورهای اروپایی با بیشترین مقدار تولید زباله یعنی $\frac{1}{3}$ کیلوگرم در روز به ازای هر نفر می باشد و از این مقدار زیاد فقط ۷۰ درصد در محل های دفن زباله دفن می شود.

آندریاس و همکاران (۲۰۰۷) نیز یکی از عوامل آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی را مدیریت ناکارآمد دفن پسماند و فاضلاب ذکر کرده اند.

کولاباکو و همکاران (۲۰۰۷) نیز یکی از عوامل آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی را مدیریت ناکارآمد دفن پسماند و فاضلاب ذکر کرده اند. آنها مطالعه ای بر روی کیفیت آب زیرزمینی کم عمق در یک ناحیه شهری در اوگاندا انجام داده اند و به این نتیجه رسیده اند که در این ناحیه آلودگی بسیار زیادی در آب های زیرزمینی کم عمق ایجاد شده است که بیشتر آلودگی ناشی از غلظت بالای نیترات می باشد. نتایج نشان می دهد که این آلودگی بیشتر ناشی از زباله های جامد است که باعث افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و آلودگی میکروبی در آب زیرزمینی کم عمق می شود.

۲-۲-۸- کیفیت آب در مجاورت فاضلاب های خانگی و شهری

تحقیقات ریف (Reiff 1989) نشان می دهد در بسیاری از کشورهای در حال توسعه تصفیه خاصی بر روی فاضلاب های شهری صورت نمی گیرد، با این حال فاضلابهای شهری به صورت فزاینده ای مستقیماً مصرف شده و یا پس از ورود به منابع آب سطحی، به زمین های کشاورزی باز می گردند. نیترات در آبهای زیرزمینی اغلب به عنوان یک آلاینده کشاورزی مورد توجه قرار گرفته و بنابراین انتظار می رود در آب های زیرزمینی حومه شهرها، غلظت بالاتری نسبت به آبخوان های شهری داشته باشد. نیترات عمدتاً به مصارف کودهای شیمیایی فعالیت های کشاورزی نسبت داده شده است، در حالی که سایر منابع نیترات مربوط به توسعه شهری است که می تواند غلظت نیترات را در آب زیرزمینی افزایش دهد. مطالعات اخیر نشان می دهد، غلظت نیترات در بعضی از آبخوان های شهری مشابه یا حتی بیشتر از آبخوان های مناطق کشاورزی حومه شهرهاست (Ford and Tellam 1994).

تحقیقی که توسط آرناد (Arnad 1999) بر روی چاههای شرب ناحیه پالم بی در فلوریدا انجام شده است آلودگی حاصل در چاههای شرب را ناشی از نشت چاههای فاضلاب عنوان کرده است. دفع فاضلاب در شهرهای کشورهای در حال توسعه به ویژه در مناطق پرجمعیت که در نتیجه میزان بالای مهاجرت به وجود آمده اند، مشکلی بسیار جدی به شمار می رود. نشت فاضلاب و شبکه های آبرسانی، بالاترین درصد تغذیه بسیاری از آبخوان های شهری را در سراسر دنیا فراهم می کند. نشت فاضلاب زمانی رخ می دهد که فاضلابرها در بالای سطح ایستابی قرار گرفته اند.

طبق بررسی های انجام شده بر روی آبهای زیرزمینی ناتینگهام در انگلستان مشخص شده که منابع اصلی نیتروژن، آب نشتی لوله های فاضلاب و آبشویی از زمین های آلوده می باشد. هرچند فاضلاب نشتی، منبع مهمی برای نیتروژن در مقیاس ناحیه ای نیست، اما می تواند سبب آلودگی جدی آب زیرزمینی شده و به علت در بر داشتن آلاینده هایی همچون ارگانیزم های بیماری زا و مواد شیمیایی صنعتی و شوینده ها مشکلاتی را برای سلامت عمومی ایجاد می کند (Cronin et al. 2003).

طبق مطالعات انجام شده توسط جینزهوما و همکاران (Jinzhu Ma et al. 2008) بر روی کیفیت آب در حوضه وووی^۴ در شمال شرق چین مشخص شده که در این منطقه آبهای سطحی و زیرزمینی آلوده شده اند. شیمی آبهای زیرزمینی در طی ۲۰ سال اخیر به سرعت در این منطقه تغییر کرده است که منجر به تجمع آلاینده های بسیار خطرناک در آب زیرزمینی شده است و باعث ایجاد شوری زیاد و آلودگی نترات در قسمت های شمالی حوضه شده و بسیاری از آبهای این منطقه را برای شرب نامناسب ساخته است. آلاینده ها که توسط فعالیت های انسانی ایجاد شده اند، عمدتاً ورود فاضلاب های شهری، خانگی و صنعتی و زباله می باشد.

فصل سوم: روش انجام تحقیق و مطالعات

۳-۱- مقدمه

در این فصل کلیه مراحل کار که جهت مطالعه هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی سفره آب زیرزمینی آب موجود در منطقه انجام شده است، به طور مختصر ارائه می شود.

مراحل کلی تحقیق به شرح ذیل می باشد:

- جمع آوری آمار و اطلاعات موجود و نقشه های منطقه مورد مطالعه

- کارهایی که در عملیات صحرایی انجام می شود

- کارهایی که در آزمایشگاه انجام می شود

۳-۲- جمع آوری آمار و اطلاعات و نقشه های منطقه مورد مطالعه

به منظور بررسی خصوصیات هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی به اطلاعات و آمار پایه نیاز بود که از اساسی ترین این اطلاعات نقشه جغرافیایی و نقشه توپوگرافی و همچنین نقشه منابع آب منطقه می باشد. جهت تعیین محدوده مورد مطالعه و شناسایی خصوصیات عمومی منطقه از نقشه زمین شناسی و نقشه توپوگرافی ۱ به ۵۰۰۰۰ دشت داراب استفاده شد و همچنین

جهت تعیین و شناسایی چاههای نمونه گیری از نقشه منابع آب تهیه شده توسط وزارت نیرو استفاده شد. با استفاده از گزارشهای موجود در سازمان آب منطقه ای فارس و همچنین اداره آب شهرستان داراب ویژگیهای زمین شناسی و هیدروژئولوژیکی منطقه نیز شناسایی شد. برای تعیین مشخصات آب و هوایی منطقه که شامل نوع اقلیم منطقه، مقدار بارندگی سالیانه، درجه حرارت و تبخیر می باشد از آمار ایستگاههای هواشناسی موجود در منطقه استفاده شد.

پس از جمع آوری آمار و اطلاعات یک بازدید صحرایی از منطقه جهت آشنایی با نوع منطقه و چاههای موجود در منطقه صورت گرفت و چند حلقه چاه به طور تصادفی جهت نمونه برداری مشخص شد و سپس مختصات UTM چاههای مورد نظر با دستگاه GPS اندازه گیری شد. با داشتن مختصات UTM چاهها سایر اطلاعات مربوط به آنها از جمله عمق چاه، عمق سطح ایستابی، نوع چاه و غیره با استفاده از آمار و اطلاعات سازمان آب منطقه ای فارس تهیه شد و ثبت گردید.

۳-۳- کارهای انجام شده در عملیات صحرایی

از جمله کارهای انجام شده در عملیات صحرایی تعیین مختصات UTM چاههای نمونه برداری توسط دستگاه GPS می باشد. پس از آن از هر چاه به مقدار ۲۵۰ میلی لیتر آب در ظرف مخصوص نمونه برداری استریل شده برداشت می شود. روش نمونه برداری به این صورت است که ابتدا چاه مورد نظر باید حد اقل به مدت نیم ساعت روشن باشد تا آبی که برداشت می شود آب موجود در لوله ها نباشد. جهت دقت بیشتر ظرف نمونه گیری سه بار با آب چاه پر و خالی می

شود و در مرحله آخر از آب چاه پر می شود و درب ظرف محکم بسته و روی ظرف شماره چاه نوشته می شود.

همچنین یک سری از پارامترهای فیزیکی مورد نظر در محل نمونه برداری اندازه گیری می شود که شامل موارد زیر است:

۳-۳-۱- قابلیت هدایت الکتریکی

جهت اندازه گیری هدایت الکتریکی^۵ (EC) نمونه های آب در محل نمونه برداری از دستگاه پرتابل CONDUCTIVITY MEMTER ساخت شرکت HACH استفاده شده است از جمله مزایای این دستگاه اندازه گیری هدایت الکتریکی در محل نمونه برداری و همچنین سهولت کنترل مداوم آن می باشد.

۳-۳-۲- اسیدیتته

میزان اسیدیتته^۶ نمونه های آب در محل نمونه برداری توسط دستگاه pH مترمدل SUNTEX SP-701 با دقت ۰/۰۱ واحد اندازه گیری شد.

۳-۳-۳- درجه حرارت آب

درجه حرارت نمونه های آب یکی دیگر از پارامترهایی است که باید در محل نمونه برداری اندازه گیری شود. برای تعیین دمای آب نمونه ها از دماسنج جیوه ای با دقت ۰/۵ درجه سانتیگراد استفاده شد.

Electrical Conductivity ⁵

pH ⁶

۳-۴- کارهای انجام شده در آزمایشگاه

نمونه گیریها در دو مرحله انجام شد که یکی در دی ماه سال ۱۳۸۶ و دیگری در تیرماه ۱۳۸۷ بود. تعداد ۲۸ نمونه آب در دی ماه ۱۳۸۶ برداشت شد سپس نمونه ها جهت آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه آب منطقه ای فارس واقع در شیراز فرستاده شد و در مرحله بعد که تیرماه ۱۳۸۷ بود نیز اقدام به برداشت همان تعداد نمونه از همان چاهها شد تا بتوان به صورت مقایسه ای کیفیت آب را بررسی کرد اما به دلیل خاموش بودن بعضی از چاهها در زمان نمونه برداری از چاههای مجاور آنها نمونه برداری شد. بنابراین تعداد ۲۵ نمونه آب که اکثر آنها از چاههای سری قبل و تعدادی از چاههای مجاور چاههای قبلی برداشت شد. این نمونه ها نیز پس از برداشت جهت آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه آب منطقه ای فارس واقع در شیراز فرستاده شد.

اندازه گیریهای انجام شده در آزمایشگاه شامل موارد زیر می باشد:

- اندازه گیری غلظت کاتیونهای اصلی آب که شامل سدیم، منیزیم، کلسیم و پتاسیم می باشد که مقدار آنها بر حسب میلی اکی والان بر لیتر است.
- اندازه گیری غلظت آنیونهای اصلی آب که شامل کربنات، بی کربنات، کلر و سولفات بر حسب میلی اکی والان بر لیتر است
- اندازه گیری قلیائیت و سختی کل بر حسب ppm
- اندازه گیری درصد سدیم، SAR و همچنین TDS نمونه ها
- اندازه گیری نیترات و فسفات نمونه های آب

۳-۵- اندازه گیری عناصر فلزی و کمیاب آبهای زیرزمینی با استفاده از روش

ICP

تعداد ۵ نمونه آب زیرزمینی مناطق پایین دست محل دفن زباله های شهری و همچنین نقاطی که با فاصله زیاد نسبت به محل دفن زباله واقع شده اند به عنوان شاهد برداشت شد. این نمونه ها به دلیل نیاز به زمان طولانی جهت آنالیز باید در بطریهای شیشه ای برداشت شوند و همچنین به هر نمونه ۳ قطره اسید نیتریک اضافه شود تا تمامی فعل و انفعالات شیمیایی در آب متوقف شود. سپس نمونه ها جهت آنالیز فلزات سنگین به کشور کانادا ارسال گردید..

فصل چهارم: بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی

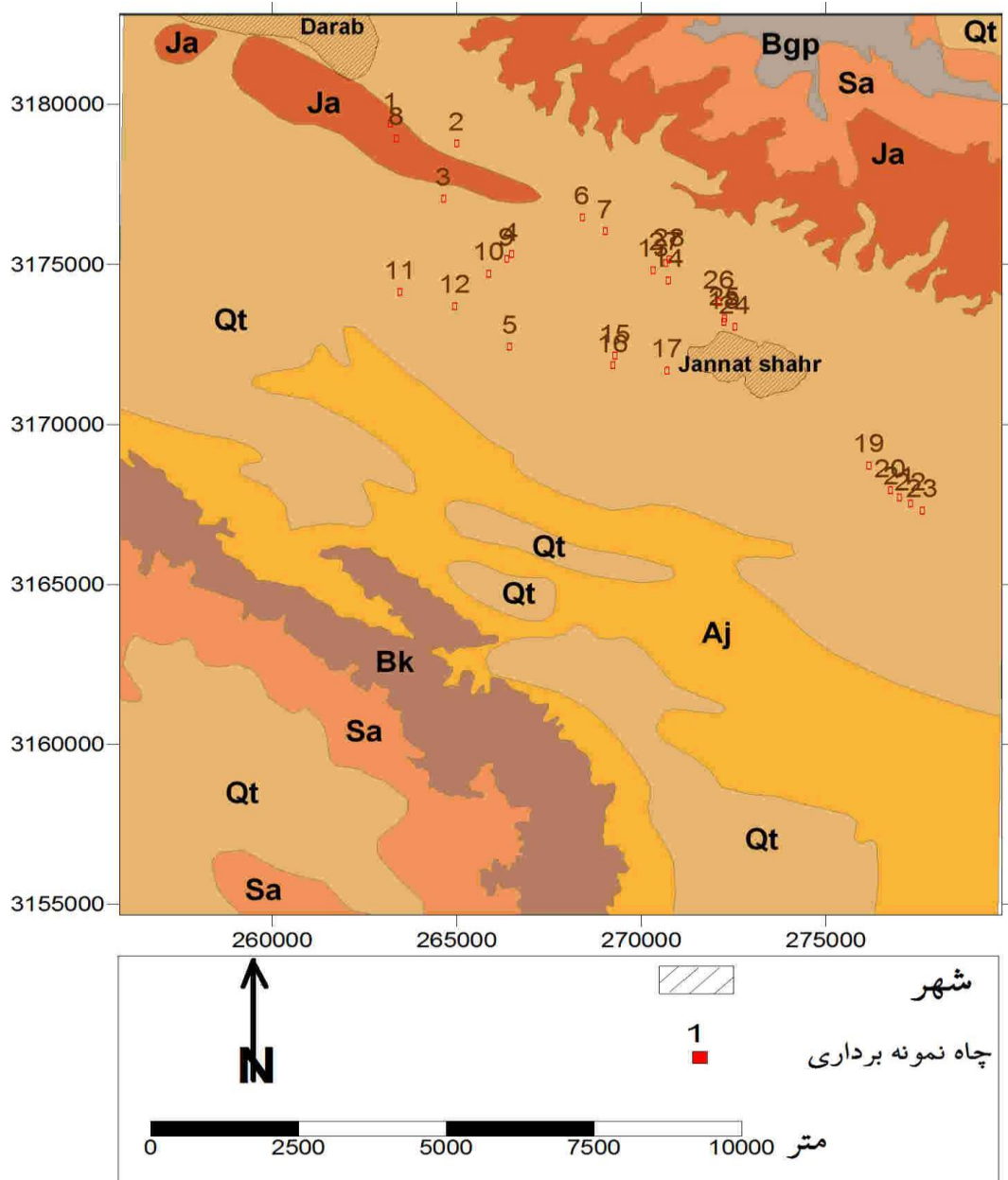
منطقه

۴-۱- مقدمه

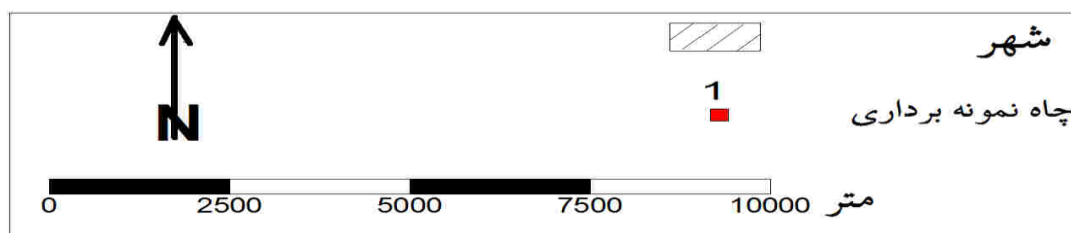
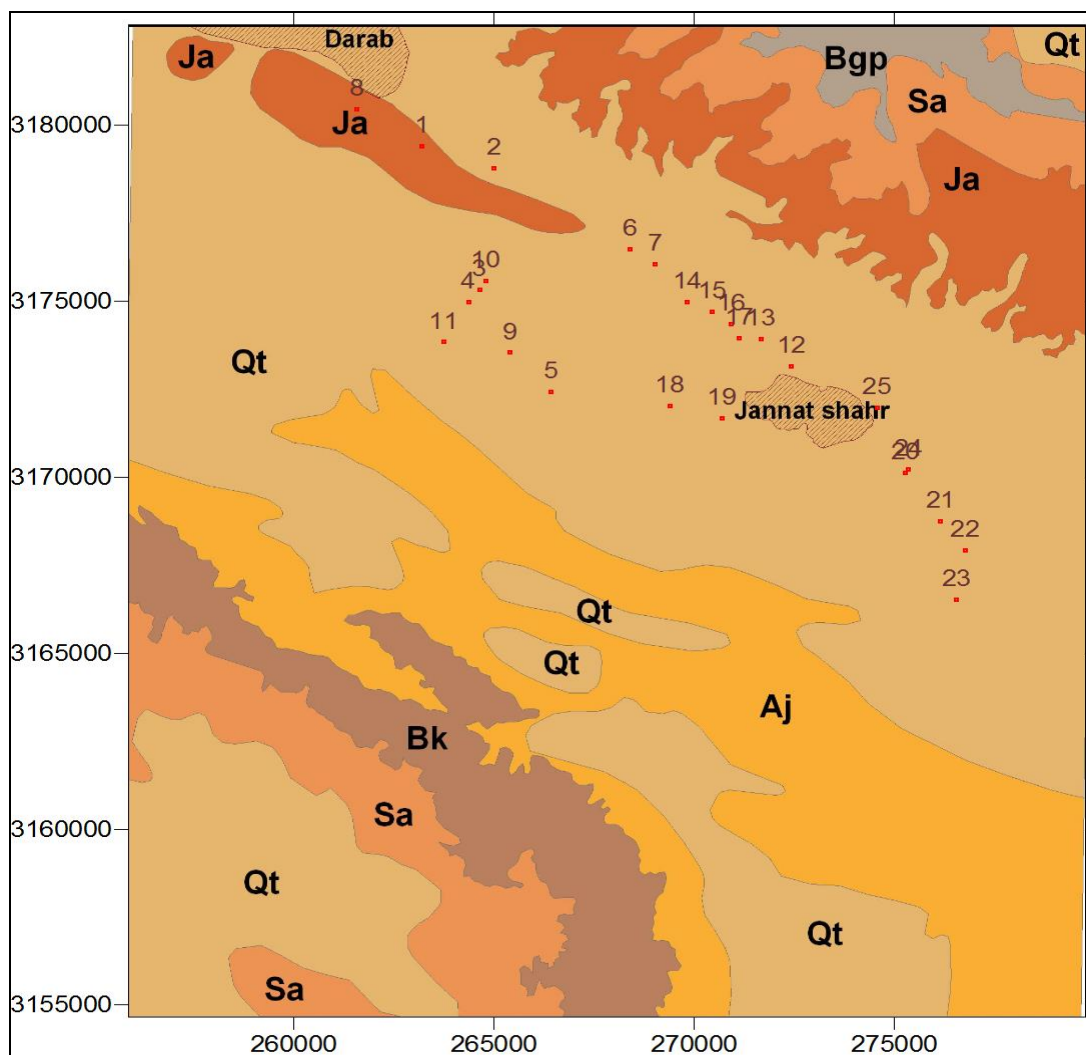
به منظور بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی داراب، در دو دوره (دی ماه ۱۳۸۶ و تیر ماه ۱۳۸۷)، از آبهای زیرزمینی منطقه نمونه برداری به عمل آمد و سپس نمونه های آب جهت آنالیز و تجزیه شیمیایی کامل به آزمایشگاه فرستاده شد. همچنین تعدادی از پارامترهای تعیین کننده، در محل نمونه برداری اندازه گیری شدند. سپس با استفاده از نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی نمونه های آب و سایر پارامترهای تعیین کننده تجزیه و تحلیل هایی از نظر کیفیت آب، بررسی تغییرات کیفی و روند تغییرات در منطقه و در طول زمان، عوامل موثر بر کیفیت آب و غیره صورت گرفت. همچنین نتایج حاصل از هر یک از مراحل با توجه به استانداردهای جهانی کیفی مورد ارزیابی قرار گرفته است. تعدادی نمونه نیز جهت بررسی وجود عناصر سنگین و فلزی در آبهای زیرزمینی منطقه برداشت شده است که با استفاده از نتایج آنالیز آنها به بررسی احتمال آلودگی در منطقه و منشا آلودگی پرداخته شده است.

۴-۲- پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری

پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری شامل هدایت الکتریکی، اسیدیت و همچنین دمای آب می باشد که در طی دو دوره (اوایل دی ماه ۱۳۸۶ و اوایل تیر ماه ۱۳۸۷) اندازه گیری شده است. محل های نمونه برداری در دو شکل (۴-۱) و (۴-۲) و مقادیر اندازه گیری شده در جدول (۴-۱) آورده شده است.



شکل شماره ۴-۱- محل های نمونه برداری در دی ماه ۱۳۸۶



شکل شماره ۴-۲- محل های نمونه برداری در تیر ماه ۱۳۸۷

جدول شماره ۴-۱- پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری

اندازه گیریهای انجام شده در تیر ۱۳۸۷			اندازه گیریهای انجام شده در دی ۱۳۸۶			ردیف
هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتیمتر)	اسیدیته	دما (درجه سانتیگراد)	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتیمتر)	اسیدیته	دما (درجه سانتیگراد)	
650	7.35	28	725	8.39	23	1
۴۹۲	7.37	26	480	8.31	23	2
670	7.68	25	680	8.22	22	3
2101	7.34	27	634	8.35	22	4
1867	7.08	27	1280	8.24	22	5
572	7.69	28	723	8.4	22	6
521	7.15	27	475	8.4	22	7
۶۷۰	7.2	26	558	7.88	21	8
665	6.8	26	625	7.3	22	9
894	7.3	25	632	7.39	21	10
1591	7.05	25	810	7.73	22	11
823	7.12	28	690	7.8	23	12
700	7.32	27	585	8.15	21	13
760	7.29	28	748	8.05	23	14
۱605	7.2	27	1190	8.28	22	15
۱680	7.2	27	1470	7.95	20	16
730	7.2	27	990	7.9	21	17
1140	7.18	25	825	7.95	21	18
960	7.36	25	800	7.85	22	19
۱397	7.22	24	1249	8.18	22	20
868	7.25	28	1605	8	22	21
۱۴۷۰	7.33	27	1364	8.05	21	22
1230	7.23	28	1252	8.09	22	23
۸۴۵	7.25	29	800	7.87	22	24
715	7.4	27	785	7.8	22	25
			752	7.95	23	26
			610	8	23	27
			545	8.17	23	28

۴-۲-۱- بررسی قابلیت هدایت الکتریکی

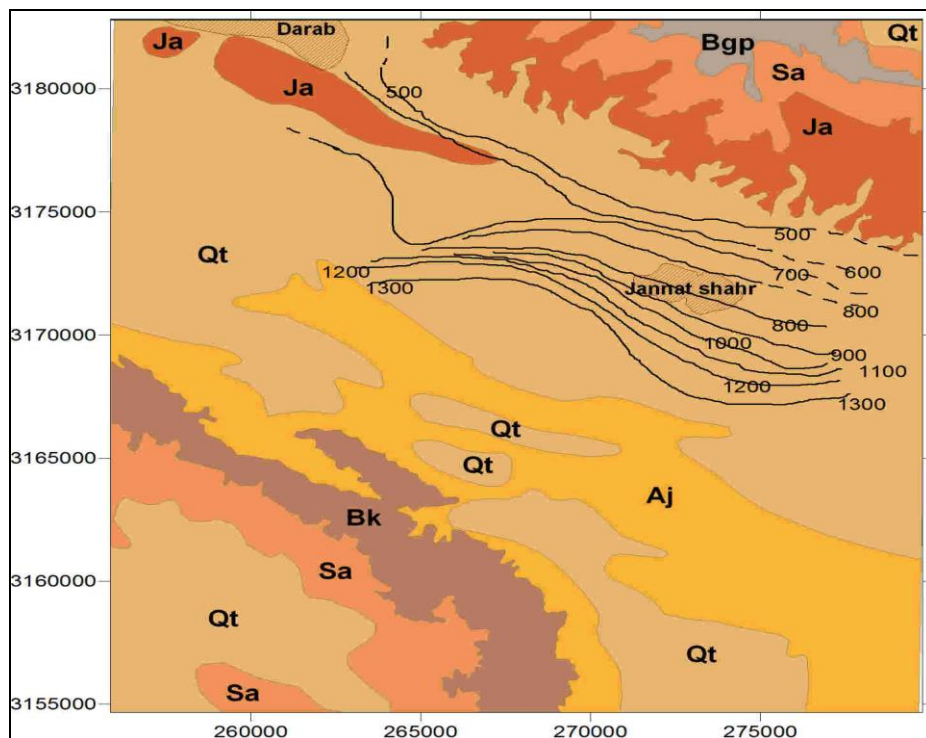
قابلیت هدایت الکتریکی (EC) معیاری است که جهت سنجش توانایی یک محلول برای انتقال الکتریسیته به کار می رود. همچنین به دلیل این که این فاکتور تابعی از حضور یون های موجود در یک محلول می باشد و با کل مواد جامد حل شده در آب^۷ (TDS) رابطه مستقیم دارد، از مهم ترین خصوصیات شیمیایی آب زیرزمینی به شمار می رود.

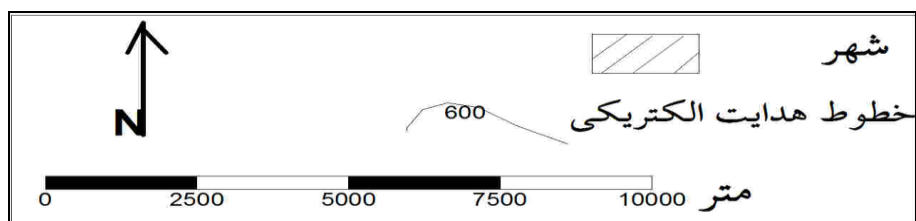
عوامل تاثیر گذار بر روی قابلیت هدایت الکتریکی آب بسیار زیاد می باشد از جمله لیتولوژی و زمین شناسی منطقه و سفره، مدت زمان اقامت آب در سفره و در داخل زمین و سرعت حرکت آب در زمین، بارش های جوی، زه آب های کشاورزی، ورود فاضلاب ها و رواناب های مختلف از جمله پساب های شهری، صنعتی و غیره. در دشت داراب، چاههای بسیاری به منظور استفاده های مختلف از جمله شرب، کشاورزی و صنعتی در رسوبات آبرفتی دشت و سازندهای سخت حفر شده اند. حداقل و حداکثر هدایت الکتریکی اندازه گیری شده در دی ماه ۱۳۸۶ به ترتیب ۴۷۵ و ۱۶۰۵ میکروموس بر سانتی متر و در تیر ماه ۱۳۸۷ به ترتیب ۴۹۲ و ۲۱۰۱ میکروموس بر سانتی متر می باشد.

با توجه به نقشه هدایت الکتریکی منطقه در دوره اول نمونه برداری (شکل ۴-۳) مشاهده می شود که مقدار هدایت الکتریکی نمونه های آب زیرزمینی از شمال دشت به سمت جنوب منطقه افزایش

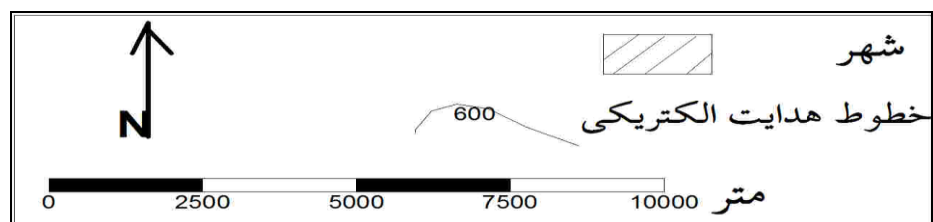
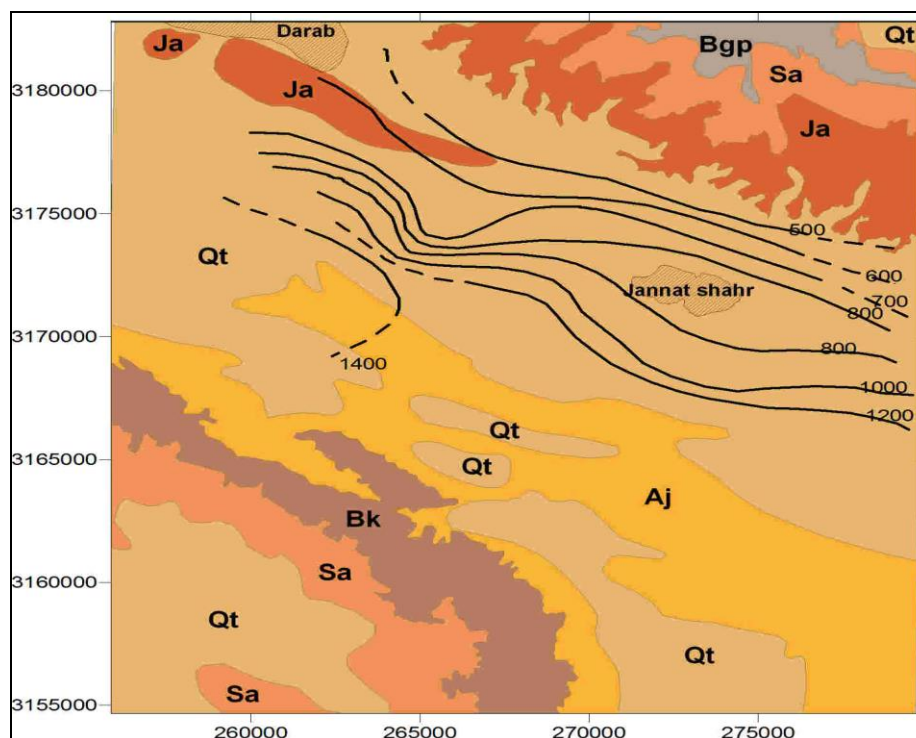
⁷ Total Dissolved Solids

می یابد. دلیل عمده این امر مربوط به لیتولوژی منطقه است یعنی در قسمت شمالی منطقه که سازندها عمدتاً آهکی هستند آب دارای کیفیت بسیار خوب و با هدایت الکتریکی کم می باشد و در بخش های جنوبی منطقه که سازندهای مخرب کیفیت آب مانند آغاچاری وجود دارد روند هدایت الکتریکی در جهت تخریب کیفیت می باشد. همچنین همان طور که دیده می شود از جنوب منطقه به سمت مرکز هدایت الکتریکی نمونه های آب زیرزمینی کاهش می یابد و دلیل این امر این است که مقدار اندک آبی که از سازند آغاچاری و بخش جنوبی منطقه خارج می شود به سمت مرکز که حرکت می کند با آبهایی که از شمال منطقه و سازند آسماری- جهرم که دارای کیفیت بسیار خوب است اختلاط می یابد و از جنوب به سمت مرکز منطقه، کیفیت آب زیرزمینی بهتر می شود.





شکل شماره ۳-۴- نقشه هدایت الکتریکی منطقه در دی ماه ۱۳۸۶

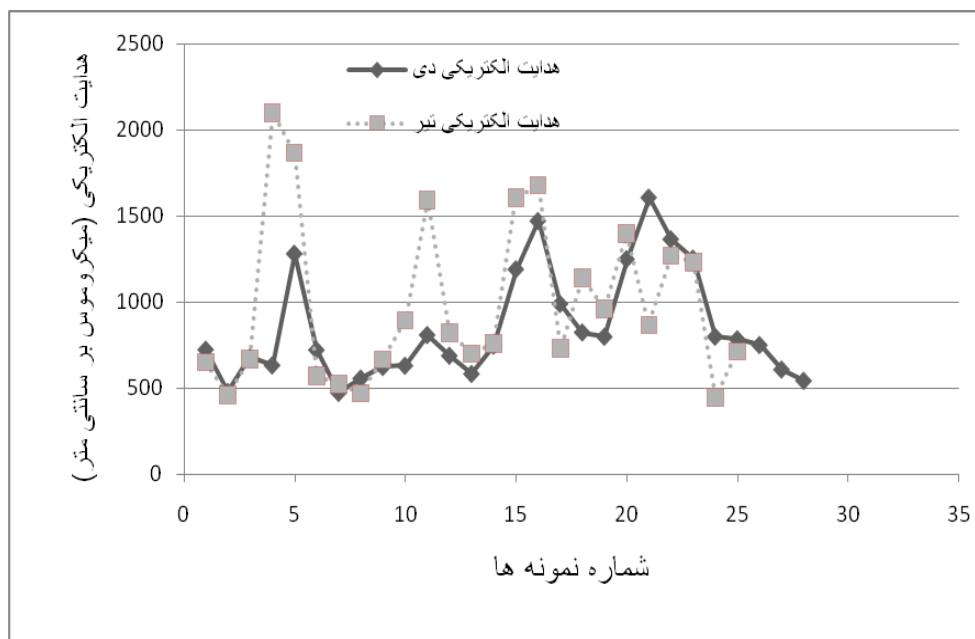


شکل شماره ۴-۴- نقشه هدایت الکتریکی منطقه در تیر ماه ۱۳۸۷

چنانچه ذکر شد به منظور مقایسه و بررسی تغییرات کیفی آب زیرزمینی نمونه ها در دو دوره برداشت شد. با توجه به نقشه هدایت الکتریکی در تیر ماه ۱۳۸۷ (شکل ۴-۴) مشاهده می شود که

مقدار هدایت الکتریکی در این دوره به طور کلی روند افزایشی از شمال به سمت جنوب و جنوب غرب منطقه دارد.

همچنین به منظور مقایسه تغییرات فصلی هدایت الکتریکی نموداری مقایسه ای (شکل ۴-۵) ترسیم شده است که مقادیر هدایت الکتریکی نمونه های آب زیرزمینی را در دو دوره نمونه برداری نشان می دهد. همان طور که دیده می شود مقدار هدایت الکتریکی نمونه های آب دوره دوم در مقایسه با دوره اول افزایش پیدا کرده است و دلیل آن عدم وقوع بارندگی در منطقه و افزایش زمان ماندگاری آب در سفره آب زیرزمینی و افزایش تماس آب با سنگهای اطراف می باشد.



شکل شماره ۴-۵- مقایسه هدایت الکتریکی نمونه ها در دو دوره نمونه برداری

لازم به ذکر است طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی^۸ (WHO) مقدار مجاز هدایت الکتریکی برای آبهای آشامیدنی ۵۰۰ میکروموس بر سانتی متر می باشد که اکثر نمونه های آب زیرزمینی منطقه دارای مقادیر هدایت الکتریکی بالاتر از حد استاندارد می باشند.

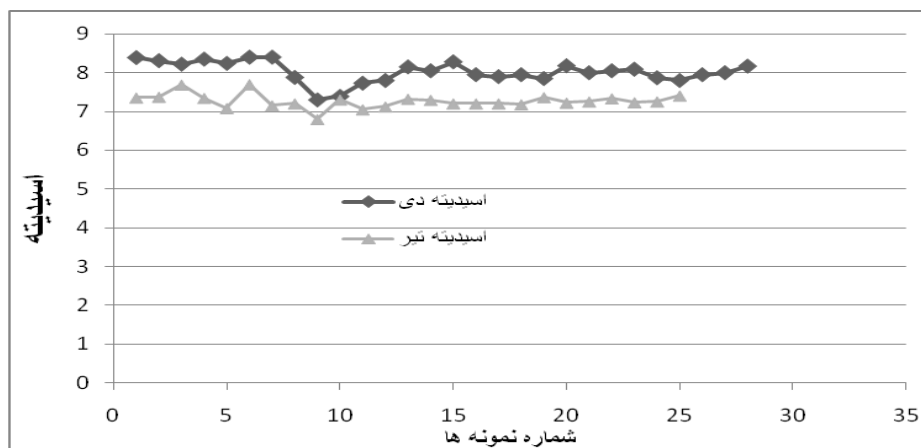
^۸ World Health Organization

۴-۲-۲- بررسی اسیدیت

اسیدیت که نشانگر یون هیدروژن در آب می باشد از مهم ترین خواص فیزیکوشیمیایی آب است که می تواند بر روی انحلال مواد و همچنین فعالیت بیولوژیکی آن اثر بگذارد. مقدار اسیدیت آب به عواملی مانند میزان دی اکسید کربن محلول در آب، مقدار آنیون های بیکربنات و کربنات و همچنین درجه حرارت آب وابسته است. با افزایش مقدار دی اکسید کربن محلول در آب مقدار اسیدیت کاهش و با افزایش مقدار بیکربنات و کربنات مقدار آن افزایش می یابد. همچنین درجه حرارت آب دارای اثر معکوس بر روی اسیدیت آب می باشد.

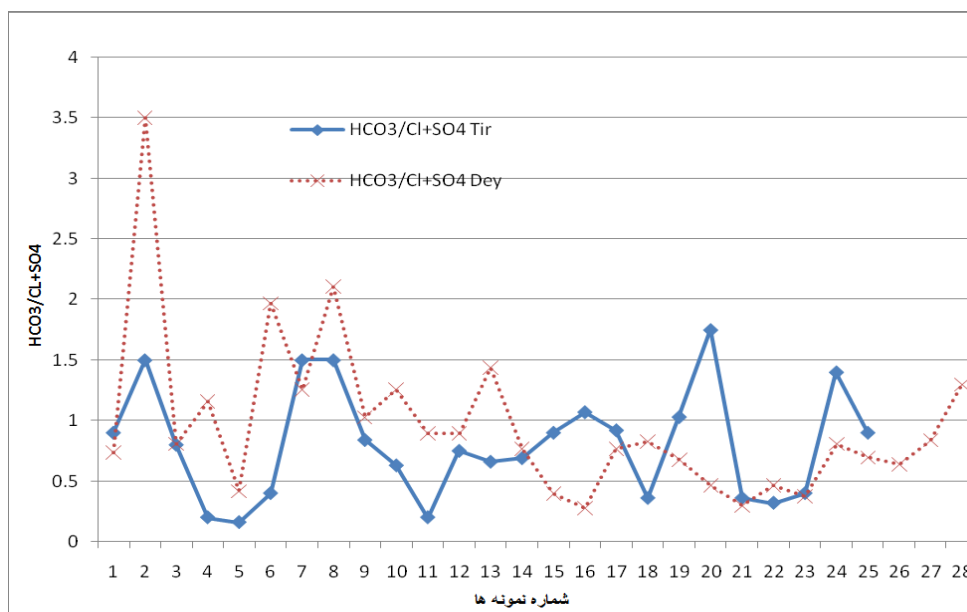
آبهای طبیعی معمولاً دارای اسیدیت بین ۶ تا ۹ می باشند. تغییرات اسیدیت آب در دو دوره نمونه برداری در شکل شماره ۴-۶ نشان داده شده است. همان طور که دیده می شود اسیدیت نمونه های آب زیرزمینی در دوره اول ۷/۳ تا ۸/۴ و در دوره دوم ۷/۰۵ تا ۷/۴ می باشد یعنی مقدار اسیدیت نمونه های دوره دوم در مقایسه با دوره اول کاهش یافته است که دلیل آن یکی بالا رفتن دمای آب در تیر ماه نسبت به دی ماه است و دیگر اینکه در دی ماه آب دارای کیفیت بهتر و در نتیجه مقدار بیشتر بیکربنات است زیرا هنگامی که بارندگی رخ می دهد باعث بالا رفتن نسبی غلظت بیکربنات می شود که به نوبه خود باعث قلیایی شدن آب می شود و زمانی که بارندگی کم شود کیفیت آب بدتر شده و غلظت سولفات و کلر در آب بالا می رود و مقدار اسیدیت کاهش می

یابد



شکل شماره ۴-۶- مقایسه اسیدیت نمونه ها در دو دوره نمونه برداری

برای اثبات این موضوع نسبت یون بیکربنات نمونه های آب به مجموع یونهای سولفات و کلر آنها برای هر دو دوره نمونه برداری محاسبه شده و در یک نمودار ترسیم شده است (شکل ۴-۷). این نمودار نشان می دهد که مقدار این نسبت در نمونه های آب تیر ماه در مقایسه با دی ماه کاهش یافته است، یعنی در دی ماه آب دارای بیکربنات بیشتر و در نتیجه اسیدیت بالاتر می باشد.



شکل ۴-۷- مقایسه نسبت بیکربنات به مجموع کلر و سولفات نمونه ها در دو دوره نمونه برداری

۴-۳- بررسی غلظت کاتیون ها و آنیون های اصلی آب

جهت بررسی غلظت کاتیون ها و آنیون های اصلی نمونه های آب زیرزمینی و همچنین بررسی تغییرات آنها در دو دوره از چاههای آب موجود در منطقه نمونه برداری صورت گرفت. نتایج آنالیز شیمیایی نمونه ها که توسط آزمایشگاه آب سازمان آب منطقه ای فارس انجام شده است در جداول (۴-۲) و (۴-۳) آورده شده است. لازم به ذکر است که غلظت یون های اندازه گیری شده برحسب میلی اکی والان بر لیتر می باشد.

جدول شماره ۴-۲- نتایج آنالیز شیمیایی دی ماه ۱۳۸۶

شماره نمونه	کلسیم Meq/l	منیزیم Meq/l	سدیم Meq/l	پتاسیم Meq/l	مجموع کاتیونها Meq/l	بیکربنات Meq/l	کلر Meq/l	سولفات Meq/l	مجموع آنیونها Meq/l	نیترات Mg/l	فسفات Mg/l
1	3.5	3.5	1.2	0.02	8.22	3.5	1.25	3.45	8.2	26.4	0.016
2	2.5	2	0.65	0.01	5.16	4	0.35	0.78	5.13	22.5	0.017
3	3.5	2	2.1	0.01	7.61	3.5	1.25	3.05	7.8	19.3	0.014
4	3	3.2	0.88	0.01	7.09	3.5	1.35	2.08	6.93	7.1	0.013
5	5	4.5	3.95	0.04	13.49	4	4.75	4.83	13.58	10.7	0.013
6	3	2.5	0.45	0.02	5.97	3.6	0.85	0.97	5.42	16.1	0.007
7	2.5	2	0.65	0.01	5.16	3	0.65	1.73	5.38	16.8	0.016
8	2.5	2.7	1.02	0.02	6.24	4.5	1.15	0.98	6.63	58	0.008
9	2.5	3.7	0.72	0.02	6.94	3.5	1.85	1.55	6.9	5.7	0.013
10	3	1.5	2.2	0.02	6.72	3.5	1.55	1.22	6.27	6.2	0.004
11	3.5	3	2.3	0.06	8.86	4	3	1.45	8.45	3	0.073
12	3	2.6	2	0.04	7.64	3.5	1.85	2	7.35	12.6	0.011
13	2.5	3	1.2	0.02	6.72	4	1.75	1.02	6.77	15	0.008
14	3	2	3	0.02	8.02	3.5	2.55	1.99	8.04	9	0.007
15	3.5	3	5.85	0.1	12.45	3.6	3.5	5.5	12.6	18.8	0.008
16	5.5	5.5	4.72	0.11	15.83	3.5	5.25	6.98	15.73	27.8	0.008
17	3	3.5	4.25	0.04	10.79	4.5	2.85	3	10.35	23.6	0.005

0.006	11.7	8.79	1.29	3.5	4	9.38	0.03	2.35	3.5	3.5	18
0.007	26.8	8.36	3.11	1.85	3.4	8.59	0.04	1.55	5	2	19
0.006	28.2	13.95	5	4.45	4.5	13.88	0.08	7.3	2.5	4	20
0.007	0.9	16.53	4.43	8.2	3.9	16.59	0.07	7.52	5	4	21
0.004	33.8	14.05	5	4.55	4.5	14.61	0.06	6.25	4.8	3.5	22
0.006	51.8	13.62	6.07	3.75	3.8	13.82	0.07	7.25	4	2.5	23
0.013	17.2	8.25	1.2	3.35	3.7	8.89	0.04	1.85	4	3	24
0.014	6.6	8.45	2.2	2.75	3.5	8.49	0.04	2.45	3	3	25
0.013	8.3	8.7	2.75	2.55	3.4	8.18	0.03	2.15	2.5	3.5	26
0.005	12.1	6.45	1	1.95	2.5	6.57	0.02	1.05	2.5	3	27
0.009	12.3	5.28	0.73	1.55	3	5.99	0.01	0.98	1.5	3.5	28

جدول شماره ۴-۳- نتایج آنالیز شیمیایی تیر ماه ۱۳۸۷

شماره نمونه	کلسیم Meq/l	منیزیم Meq/l	سدیم Meq/l	پتاسیم Meq/l	مجموع کاتیونها Meq/l	بیکربنات Meq/l	کلر Meq/l	سولفات Meq/l	مجموع آنیونها Meq/l	نیترات Mg/l	فسفات Mg/l
1	4	4	0.9	0.02	8.92	4	1	3.45	8.45	22.5	0.012
2	3	1	2.3	0.02	6.32	4	1	1.27	6.27	16.4	0.014
3	3.5	4.5	1.15	0.03	9.18	4	2	2.89	8.89	18.4	0.014
4	6	6	15.79	0.12	27.91	4.5	9.5	14	28	6.9	0.017
5	6.5	7.5	10.5	0.1	24.6	3.5	8.5	12.3	24.3	8.6	0.022
6	3.5	2.5	1.79	0.02	7.81	3.5	1.45	2.53	7.48	18.8	0.02
7	3.5	2	1.25	0.02	6.77	4	0.5	2.19	6.69	15.4	0.035
8	3.5	1	1.85	0.02	6.37	3.8	0.7	1.9	6.4	33.9	0.023
9	4	3	1.9	0.03	8.93	4	2	2.73	8.73	10.9	0.037
10	3.5	4	4.25	0.05	11.8	4.5	3	4.05	11.55	12.2	0.029
11	4.5	5.5	9.7	0.1	19.8	3.5	7.5	8.5	19.5	6.2	0.013
12	3.5	1.5	5.5	0.04	10.54	4.5	4	1.97	10.47	4.4	0.014
13	4	2.5	3.15	0.03	9.68	3.8	2.3	3.49	9.59	9.6	0.021
14	3.5	2.5	3.6	0.03	9.63	4	3.75	2	9.75	13.5	0.029
15	4.5	2	2	0.02	8.52	4	1.5	2.88	8.38	9.2	0.018

0.017	9.9	8.7	1.7	2.5	4.5	8.62	0.02	3.1	2	3.5	16
0.095	8.6	9.4	2.55	2.35	4.5	9.29	0.03	3.26	2.5	3.5	17
0.024	19	14.5	7.45	3.5	4	14.79	0.04	8.25	2.5	4	18
0.077	22.2	12.82	3.32	3	6.5	13.04	0.04	5.5	4	3.5	19
0.049	16.6	5.5	1	1	3.5	5.52	0.02	1	1	3.5	20
0.018	21.8	11.27	4.77	3.5	3	11.14	0.04	5.1	2.5	3.5	21
0.02	26.1	16.29	6.79	5.5	4	16.42	0.07	9.35	2.5	4.5	22
0.021	50	16.35	8.35	4	5	16.86	0.06	8.3	5	3.5	23
0.018	6.9	5.5	1.5	0.95	3.5	5.62	0.02	1.1	2	2.5	24
0.023	34.7	9.41	2.41	2.5	4.5	9.35	0.03	3	3	3.5	25

۴-۳-۱- سدیم

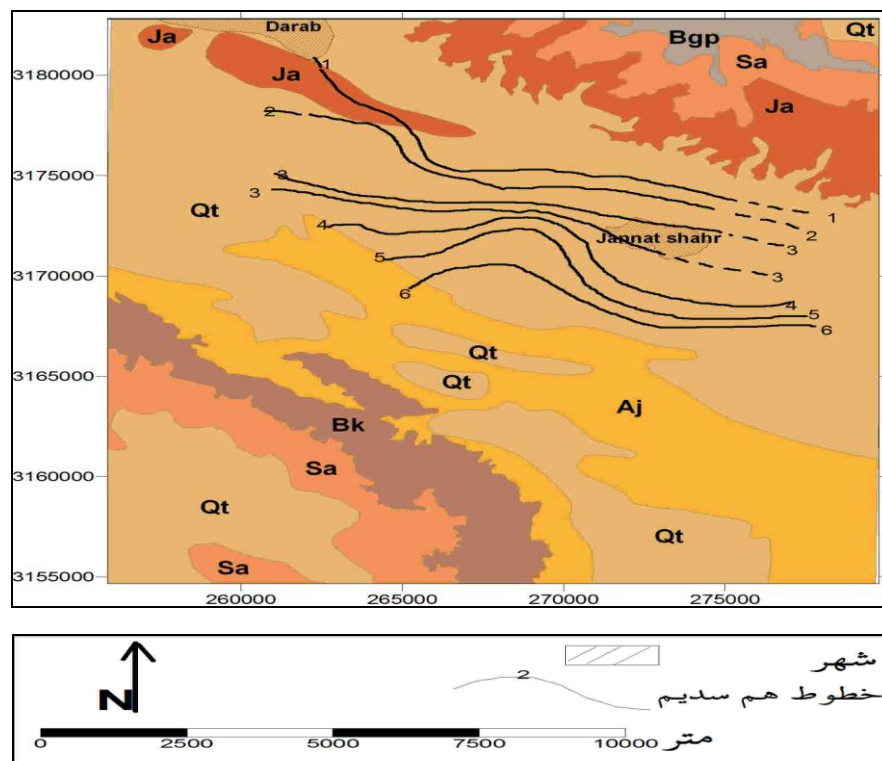
عنصر سدیم به دلیل فراوانی زیاد و حلالیت زیاد آن در آب در بیشتر منابع آب طبیعی یافت می شود. افزایش غلظت سدیم در آب زیرزمینی باعث تاثیر بر طعم آب و مقادیر بالای غلظت آن زیان آور است. بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی، غلظت معادل ۲۰ میلی گرم بر لیتر برای سدیم به عنوان حد مطلوب و حداکثر غلظت آن ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر پیشنهاد شده است.

در منطقه مورد مطالعه حداقل و حداکثر غلظت سدیم در دی ماه ۱۳۸۶ به ترتیب برابر با ۱۰/۳۵ و ۱۷۲/۹۶ میلی گرم بر لیتر و در تیر ماه ۱۳۸۷ برابر با ۲۰/۷ و ۲۴/۵ میلی گرم بر لیتر می باشد. مشاهده می شود که غلظت سدیم در فصل تر نسبت به فصل خشک افزایش یافته و دلیل عمده آن عدم وقوع بارش سالیانه در منطقه و رخداد خشکسالی و افزایش عمق آب زیرزمینی است و به

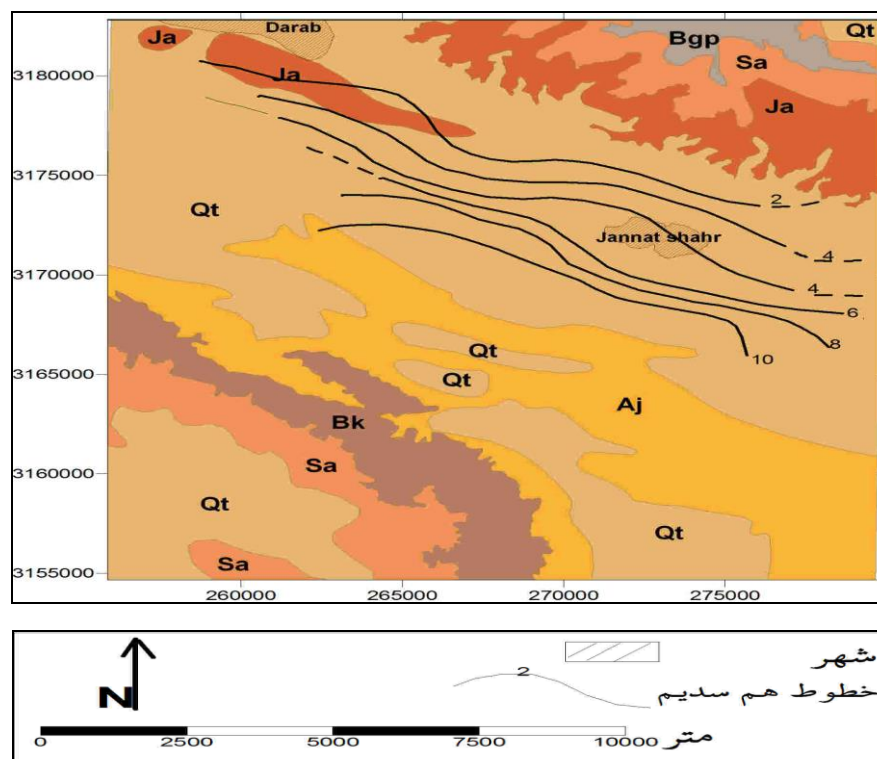
همین دلیل زمان ماندگاری آب در سفره بیشتر و در نتیجه آب در تماس بیشتر با سفره است و املاح بیشتری را در خود حل می کند.

با توجه به نقشه سدیم منطقه در دی ماه (شکل ۴-۸) دیده می شود که روند تغییرات سدیم نیز مطابق با روند عمومی تغییرات هدایت الکتریکی است یعنی از شمال دشت به سمت جنوب مقدار آن افزایش می یابد و همچنین از جنوب به سمت مرکز مقدار آن کاهش می یابد.

روند تغییرات سدیم در تیر ماه (شکل ۴-۶) نیز تقریباً مشابه با تغییرات هدایت الکتریکی در همان دوره می باشد.



شکل شماره ۴-۷- نقشه سدیم منطقه در دی ماه ۱۳۸۶



شکل شماره ۴-۸- نمودار سدیم منطقه در تیر ماه ۱۳۸۷

۴-۳-۲- پتاسیم

پتاسیم یکی از فراوان ترین عناصر خاک است ولی به دلیل خواص شیمیایی خود بیشتر جذب کانی های رسی خاک و همچنین یونهای ساختار میکا شده و بنابراین غلظت آن در آب اندک است و معمولاً کمتر از ۲۰ میلی گرم بر لیتر می باشد. طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی و همچنین دستورالعمل های مجمع اروپایی^۹ حداکثر غلظت مجاز پتاسیم ۱۲ میلی گرم بر لیتر و غلظت مطلوب آن ۱۰ میلی گرم بر لیتر پیشنهاد شده است.

^۹ EPA

طبق نتایج آنالیز شیمیایی مشاهده می شود که تمام نمونه های آب زیرزمینی برداشت شده در دو دوره نمونه برداری دارای غلظت هایی کمتر از مقادیر ذکر شده می باشند و همچنین غلظت پتاسیم نمونه ها از غلظت سایر کاتیون ها کمتر می باشد.

۴-۳-۳- کلسیم

مقادیر غلظت کلسیم در نمونه های آب زیرزمینی برداشت شده در منطقه در دی ماه بین ۴۰ تا ۱۱۰ و در تیر ماه بین ۵۰ تا ۱۳۰ میلی گرم بر لیتر می باشد و در بیشتر نمونه ها غلظت کلسیم بیشتر از حد استاندارد اتحادیه اروپا برای آبهای آشامیدنی یعنی ۷۵ میلی گرم بر لیتر می باشد. البته سازمان بهداشت جهانی حداکثر غلظت کلسیم را ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر پیشنهاد می کند. لازم به ذکر است از نظر سلامتی زیاد بودن غلظت کلسیم در آب اهمیت چندانی ندارد زیرا زیادی کلسیم به صورت رسوب در آب ته نشین می شود. تنها مشکلی که زیادی کلسیم در آب ایجاد می کند ایجاد سختی موقت در ترکیب با کربنات و بیکربنات و سختی دائم در ترکیب با سولفات ها، کلروها و نیترات هاست که سختی آب قابل برطرف کردن است.

۴-۳-۴- منیزیم

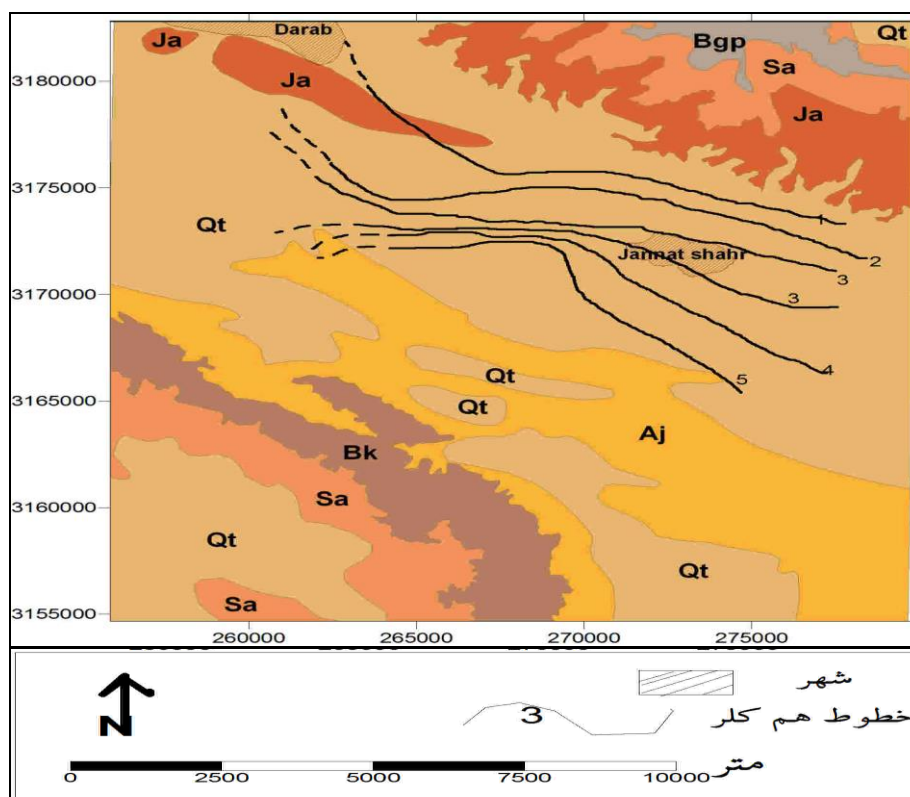
استانداردهای بین المللی سازمان بهداشت جهانی میزان منیزیم معادل ۳۰ میلی گرم بر لیتر را برای سولفات با غلظت بالا و حداکثر غلظت مجاز ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر را به شرط غلظت کم سولفات پیشنهاد می کند. طبق استاندارد اتحادیه اروپا حداکثر غلظت قابل قبول منیزیم در آب شرب ۳۰ میلی گرم بر لیتر است. منیزیم در آب تشکیل سختی کربناته و بیکربناته می دهد و

معمولاً غلظت آن در مقایسه با اجزاء ترکیبی کلسیم کمتر است. مشکلی که وجود منیزیم در آب ایجاد می کند تشکیل جرم در ظروف و خاصیت مدر بودن آن است.

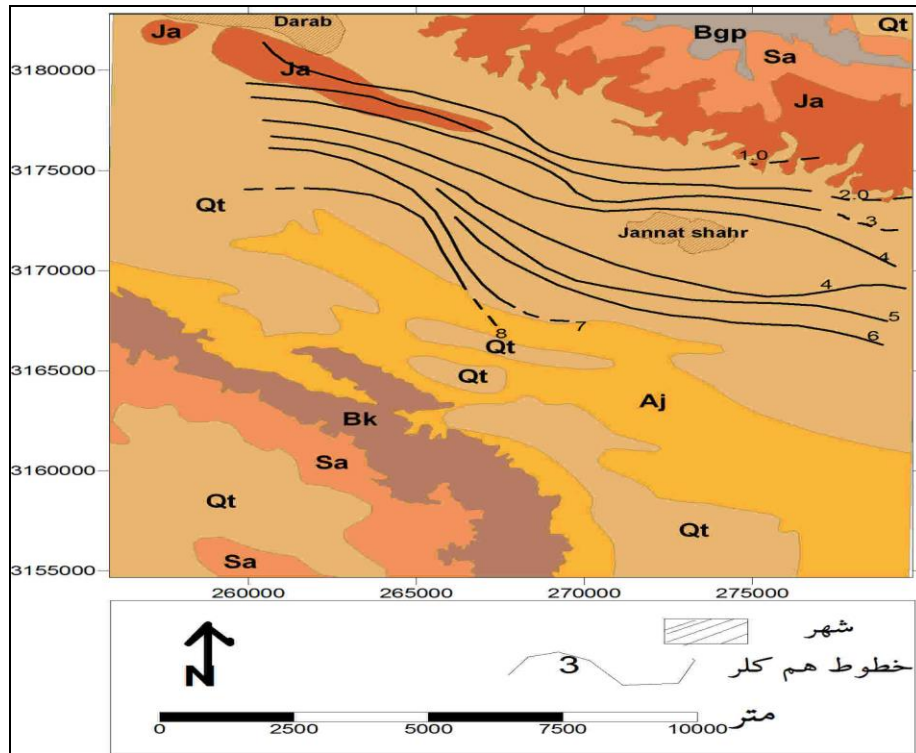
در نمونه های آب زیرزمینی منطقه غلظت این یون در دوره اول ۱۸ تا ۷۳ میلی گرم بر لیتر و در دوره دوم ۱۲ تا ۹۱ میلی گرم بر لیتر می باشد که تقریباً تمام نمونه ها بالاتر از حد استاندارد قرار گرفته اند و از نظر شرب مشکل دارند.

۴-۳-۵- کلرور

جهت بررسی میزان کلر نمونه های آب زیرزمینی منطقه و همچنین بررسی روند تغییرات این یون نقشه کلر منطقه برای دو دوره نمونه برداری (شکل ۴-۱۰ و ۴-۱۱) ترسیم شده است.



شکل شماره ۴-۹- نقشه کلر منطقه در دی ماه ۱۳۸۶



شکل شماره ۴-۱۰- نقشه کلر منطقه در تیر ماه ۱۳۸۷

با مشاهده نقشه کلر منطقه در دوره اول (شکل ۴-۱۰) متوجه می شویم که روند تغییرات آن کم و بیش شبیه روند تغییرات هدایت الکتریکی در همین دوره می باشد به این ترتیب که در قسمت های شمالی دشت که سازندها عمدتاً آهک های آسماری- جهرم هستند مقدار کلر بسیار کم می باشد و به سمت جنوب منطقه مقدار آن رو به افزایش است و همچنین مانند هدایت الکتریکی از جنوب به سمت مرکز مقدار آن کاهش یافته و کیفیت آب بهتر می شود.

همچنین نقشه کلر منطقه در دوره دوم (شکل ۴-۱۰) روندی مشابه روند تغییرات هدایت الکتریکی در همین دوره دارد. در قسمتهای شمالی دشت مقدار کلر بسیار کم و به سمت جنوب مقدار آن افزایش می یابد.

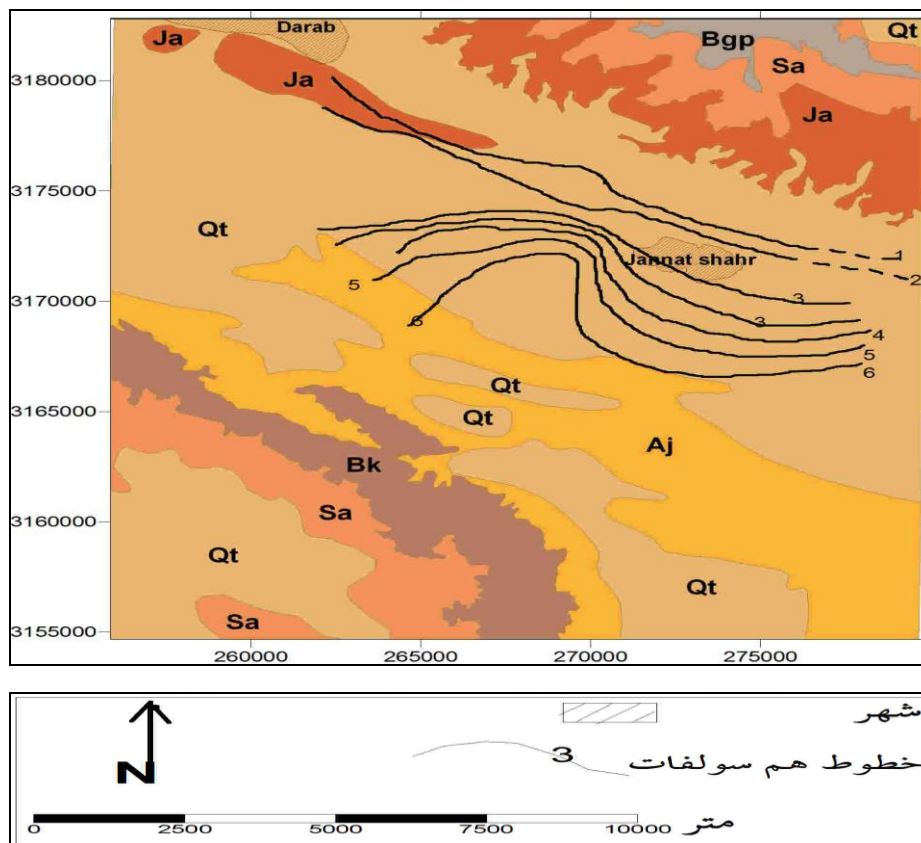
دستورالعمل های مجمع اروپایی و سازمان بهداشت جهانی مقدار کلر معادل ۲۵ میلی گرم بر لیتر را توصیه می نمایند و معتقدند که غلظت بالای ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر می تواند اثرات نامطلوب داشته باشد، این در حالی است که در استاندارد اتحادیه اروپا حداکثر غلظت قابل قبول کلر برای مصرف شرب ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر پیشنهاد شده است. کلرورها در آب زیرزمینی معمولاً از آب دریا، در اثر انجام امور کشاورزی و آبیاری و همچنین از طریق فاضلابهای خانگی و صنعتی ناشی می شوند.

۴-۳-۶- سولفات

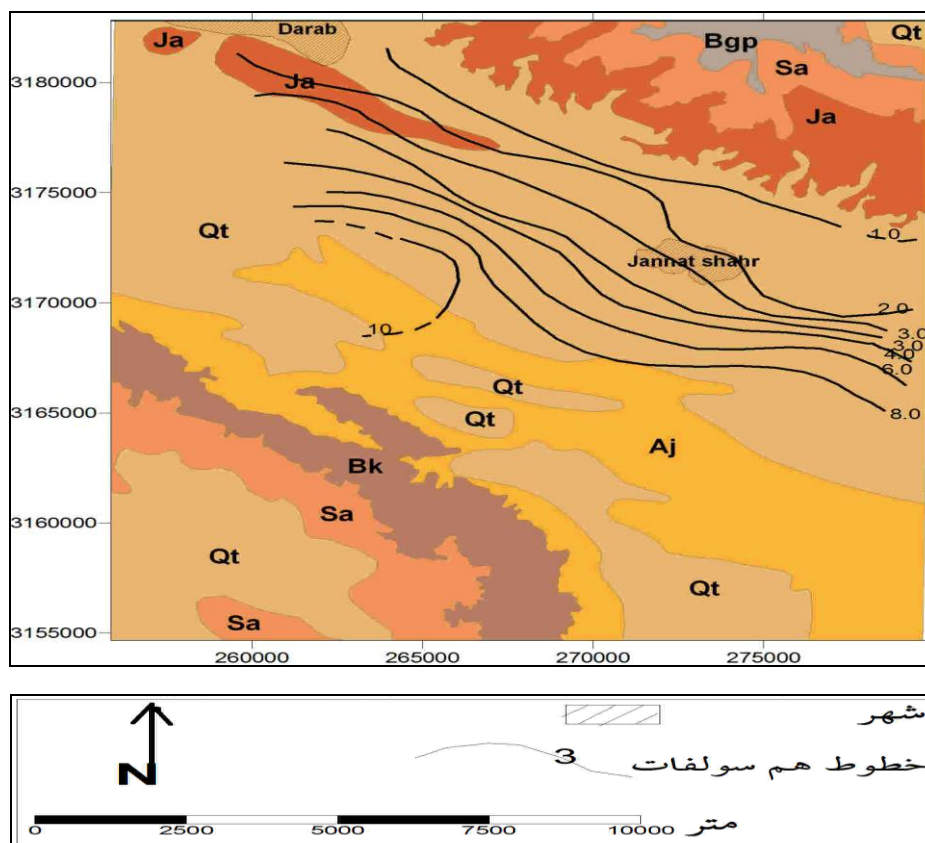
سولفات یکی از آنیون های اصلی است که معمولاً در تمام آنالیزهای شیمیایی آب مورد تجزیه قرار می گیرد و از منابع مختلف می تواند در آبهای سطحی و زیرزمینی نفوذ کند. از جمله راههای نفوذ سولفات در آب، از طریق حل شدن ژپس، اکسیداسیون سولفیدها، سولفیت ها در آبهای سطحی و فاضلاب های صنعتی می باشد. طبق استاندارد اتحادیه اروپا حداکثر غلظت قابل برای سولفات در آب آشامیدنی ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر می باشد. میزان سولفات در نمونه های آب زیرزمینی منطقه در دوره اول ۳۵ تا ۳۳۵ میلی گرم بر لیتر و در دوره دوم بین ۴۸ تا ۶۷۲ میلی گرم بر لیتر متغیر می باشد. نقشه سولفات منطقه نیز برای دو دوره نمونه برداری (شکل ۴-۱۲ و ۴-۱۳) ترسیم شده است.

مشاهده می شود که روند تغییرات سولفات در منطقه در دوره اول کم و بیش از شمال به سمت جنوب (به ویژه در بخش مرکزی) افزایش می یابد و بیشترین تمرکز سولفات مربوط به بخش

مرکزی منطقه می باشد. دلیل این امر احتمالاً برداشت آب از اعماق بیشتر و عوض شدن جنس سفره است.



شکل شماره ۴-۱۱- نقشه سولفات منطقه در دی ماه ۱۳۸۶



شکل شماره ۴-۱۲- نقشه سولفات منطقه در تیر ماه ۱۳۸۷

در دوره دوم نیز روند کلی تغییرات مانند دوره قبل می باشد. به طور کلی مقدار سولفات دوره دوم نسبت به دوره اول افزایش پیدا کرده و دلیل آن عدم بارندگی و پایین رفتن سطح آب در منطقه و افزایش زمان ماندگاری آب در سفره و در نتیجه ارتباط بیشتر آب زیرزمینی با سنگ و یا خاک می باشد.

۴-۳-۷- نیترات

استانداردهای مختلف ملی و بین المللی حداکثر غلظت مجاز یون نیترات را در آب زیرزمینی، مقادیر مختلفی عنوان کرده اند از جمله: سازمان بهداشت جهانی حد استاندارد غلظت نیترات را

۵۰ میلی گرم بر لیتر، اتحادیه اروپا حد مطلوب یون نیترات را ۲۵ و حداکثر مقدار مجاز آن را ۵۰ میلی گرم بر لیتر و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران حداکثر مقدار نیترات موجود در آب آشامیدنی را ۴۵ میلی گرم بر لیتر عنوان کرده اند.

نیترات از جمله آنیون های بسیار مهم آب به شمار می رود که غلظت آن در آب زیرزمینی به عنوان پارامتر مهمی برای ارزیابی کیفیت آب محسوب می شود. نیترات در منابع آب می تواند نتیجه آلودگی آبهای سطحی، تجزیه مواد آلی و معدنی و فعالیت های انسانی باشد. همچنین فعالیت های کشاورزی و استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی، فاضلابهای خانگی، آبیاری زیاد و بارندگی فراوان از جمله عواملی هستند که غلظت یون نیترات را در آبهای زیرزمینی تحت تاثیر قرار می دهند.

غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی منطقه در دی ماه ۰,۹ تا ۵۸ میلی گرم بر لیتر و در تیر ماه ۴/۴ تا ۵۰ میلی گرم بر لیتر می باشد.

تغییرات نیترات در دو دوره تقریباً مشابه و به طور کلی به سوی شمال غرب و جنوب شرق منطقه افزایش می یابد که دلیل عمده آن مجاورت دو محدوده مذکور با شهرهای داراب و جنت شهر می باشد و در نتیجه دلیل افزایش نیترات می تواند ناشی از تاثیر فاضلابهای شهری باشد که در این دو نقطه آب زیرزمینی را کاملاً آلوده کرده است.

۴-۴- پارامترهای محاسبه شده

پارامترهای محاسبه شده شامل کل مواد جامد محلول، سختی کل، نسبت سدیم به مجموع کاتیون ها، نسبت کلر به مجموع آنیون ها، نسبت کلسیم به منیزیم، درصد سدیم و نسبت جذب سدیم می باشد که در جداول (۴-۴) و (۴-۵) آورده شده است.

جدول شماره ۴-۴ - پارامترهای محاسبه شده در دی ماه ۱۳۸۶

شماره نمونه	کل مواد جامد محلول mg/l	درصد سدیم	SAR	سختی کل mg/l	سدیم به مجموع کاتیونها	کلر به مجموع آنیونها	کلسیم به منیزیم
1	564	15	0.64	350	0.14	0.15	1
2	383	13	0.43	225	0.12	0.06	1.25
3	547	28	1.27	275	0.27	0.16	1.75
4	480	12	0.5	310	0.12	0.19	0.93
5	891	29	1.81	475	0.29	0.34	1.11
6	397	8	0.27	275	0.07	0.15	1.2
7	378	13	0.43	225	0.12	0.12	1.25
8	469	16	0.63	260	0.16	0.173	0.92
9	465	10	0.41	310	0.10	0.26	0.67
10	456	33	1.47	225	0.32	0.24	2
11	581	26	1.28	325	0.25	0.35	1.16
12	514	26	1.2	280	0.26	0.25	1.15
13	469	18	0.72	275	0.17	0.25	0.83
14	553	37	1.9	250	0.37	0.31	1.5
15	1231	47	3.24	325	0.46	0.27	1.16
16	1583	30	2.01	550	0.29	0.33	1
17	1055	39	2.36	325	0.39	0.27	0.85
18	879	25	1.26	350	0.25	0.39	1
19	875	18	0.83	350	0.18	0.22	0.4
20	1319	53	4.05	325	0.52	0.31	1.6
21	1671	45	3.54	450	0.45	0.49	0.8
22	1407	43	3.07	415	0.42	0.32	0.72
23	1319	52	4.02	325	0.52	0.27	0.62

0.75	0.40	0.20	350	0.99	21	879	24
1	0.32	0.28	300	1.41	29	840	25
1.4	0.29	0.26	300	1.24	26	809	26
1.2	0.30	0.15	275	0.63	16	642	27
2.33	0.29	0.16	250	0.62	16	580	28

جدول شماره ۴-۵ - پارامترهای محاسبه شده در تیرماه ۱۳۸۷

شماره نمونه	کل مواد جامد محلول mg/l	درصد سدیم	SAR	سختی کل mg/l	سدیم به مجموع کاتیونها	کلر به مجموع آنیونها	کلسیم به منیزیم
1	595	10	0.45	400	0.11	0.10	1
2	466	36	1.36	200	0.15	0.36	3
3	605	13	0.58	400	0.22	0.12	0.77
4	1844	57	6.45	600	0.33	0.56	1
5	1571	43	3.97	700	0.34	0.42	0.86
6	528	23	1.03	300	0.19	0.22	1.4
7	490	18	0.75	275	0.07	0.18	1.75
8	473	29	1.23	325	0.10	0.29	3.5
9	607	21	1.02	350	0.22	0.21	1.33
10	793	36	2.19	375	0.25	0.36	0.87
11	1271	49	4.34	500	0.38	0.48	0.81
12	727	52	3.48	250	0.38	0.52	2.33
13	665	33	1.75	325	0.23	0.32	1.6
14	657	37	2.08	300	0.38	0.37	1.4
15	596	23	1.11	325	0.17	0.23	2.25
16	611	36	1.87	275	0.28	0.35	1.75
17	656	35	1.88	300	0.25	0.35	1.4
18	1011	56	4.58	325	0.24	0.55	1.6
19	908	42	2.84	375	0.23	0.42	0.87
20	403	18	0.67	225	0.18	0.18	3.5

1.4	0.45	0.31	300	2.94	46	755	21
1.8	0.56	0.33	350	5	57	1103	22
0.7	0.49	0.24	425	4.03	49	1123	23
1.25	0.19	0.17	225	0.73	20	398	24
1.16	0.32	0.26	325	1.66	31	655	25

۴-۴-۱- کل مواد جامد محلول

کل مواد جامد محلول^{۱۰} (TDS) شامل مواد جامدی است که در آب حل شده است، البته شامل رسوبات معلق، کلوئیدها و گازهای محلول نمی شود. در صورتی که تمام مواد جامد محلول در آب به وسیله آزمایش شیمیایی دقیقاً تعیین شود مجموع عددی تمام یونها برابر TDS می باشد. معمولاً TDS بر حسب میلی گرم برلیتر و یا ppm بیان می شود. در منطقه مورد نظر مقدار کل مواد جامد محلول در دی ماه بین ۳۷۸ تا ۱۶۷۱ و در تیرماه بین ۳۹۸ تا ۱۸۴۴ میلی گرم بر لیتر متغیر می باشد.

۴-۴-۲- سختی کل

کربنات و بیکربنات کلسیم و منیزیم از عوامل اصلی سختی کربناته و سایر نمکهای کلسیم و منیزیم موجب سختی غیرکربناته آب می شوند. مجموع سختی کربناته و غیر کربناته، سختی کل آب را تشکیل می دهد.

Total Dissolved Solids ¹⁰

سختی^{۱۱} از ابزارهای اندازه گیری حضور کاتیونهای مهم در آبهاست. تقریباً تمام سختی آب ناشی از یونهای کلسیم و منیزیم محلول می باشد (Davis and Dewiest 1975).

طبق پیشنهاد سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۹۷۱ بالاترین حد مطلوب سختی برابر ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بر حسب کربنات کلسیم می باشد و در صورتی که سختی بیش از 150 ppm باشد آب نامناسب و برای استفاده از آب باید سختی آن را کاهش داد.

البته موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران حداکثر مطلوب سختی کل را بر حسب کربنات کلسیم ۱۵۰ و حداکثر مجاز آن را ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر پیشنهاد کرده است.

بر اساس سختی کل، آبها به ۴ گروه زیر تقسیم می شوند (Todd 1980):

گروه ۱- آبهای نرم که سختی کل آنها کمتر از ۷۵ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم است.

گروه ۲- آبهای نسبتاً سخت که سختی کل آنها بین ۷۵ تا ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم است.

گروه ۳- آبهای سخت که سختی کل آنها بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم است.

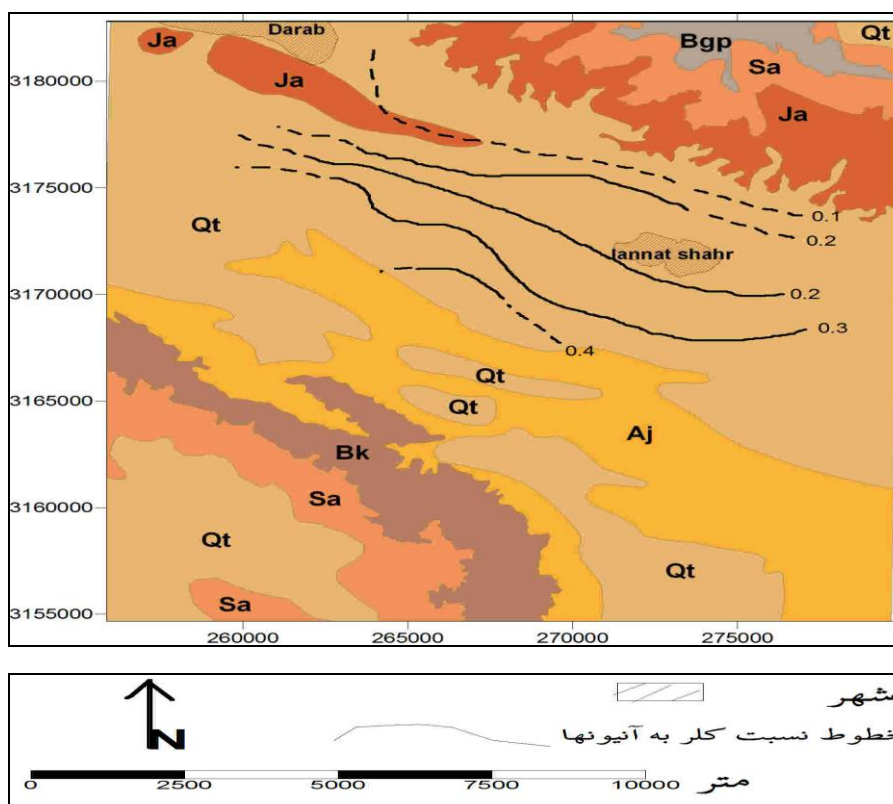
گروه ۴- آبهای خیلی سخت که سختی کل آنها بیشتر از ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم است.

بر اساس نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی مقدار سختی کل آبهای منطقه مورد مطالعه ۲۰۰ تا ۷۰۰ می باشد و بنابر این آبهای زیرزمینی منطقه در گروه آبهای سخت تا خیلی سخت قرار می گیرد.

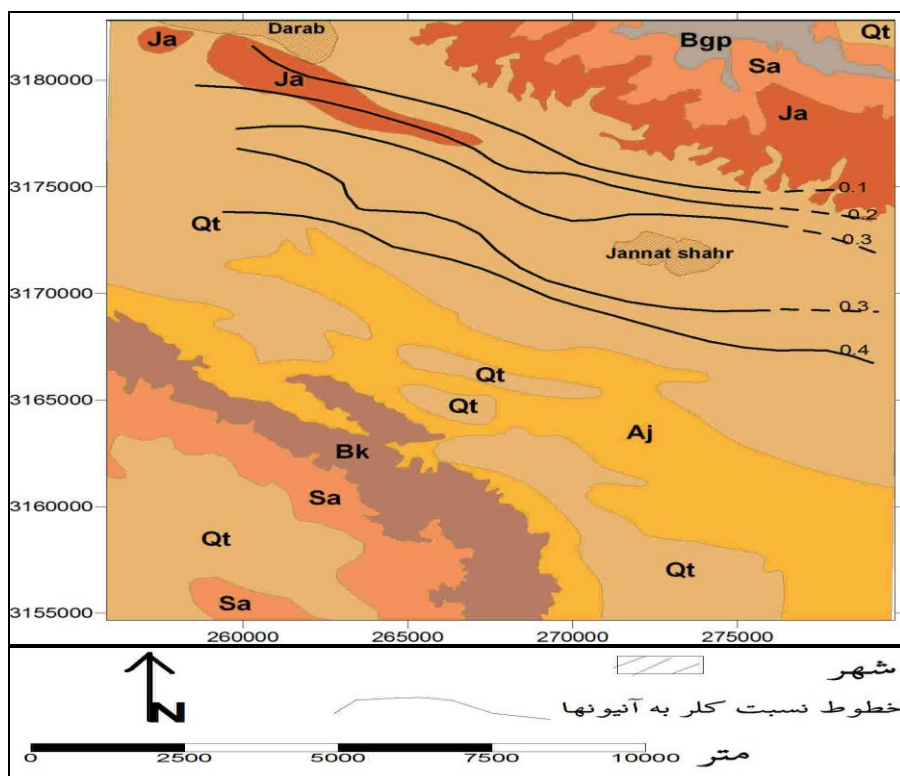
Hardness ¹¹

۴-۳- نسبت کلر به مجموع آنیون ها

نسبت کلر به مجموع آنیون ها پارامتر بسیار مهمی است که وضعیت تخریب کیفیت آب در یک منطقه را به خوبی نشان می دهد. نمودارهای نسبت کلر به مجموع آنیون ها برای هر دو دوره نمونه برداری، در منطقه ترسیم شده است (شکل ۴-۱۳) و (۴-۱۴).



شکل ۴-۱۳- نقشه نسبت کلر به مجموع آنیون ها در دی ماه ۱۳۸۶



شکل شماره ۴-۱۴- نقشه نسبت کلر به مجموع آنیون ها در تیر ماه ۱۳۸۷

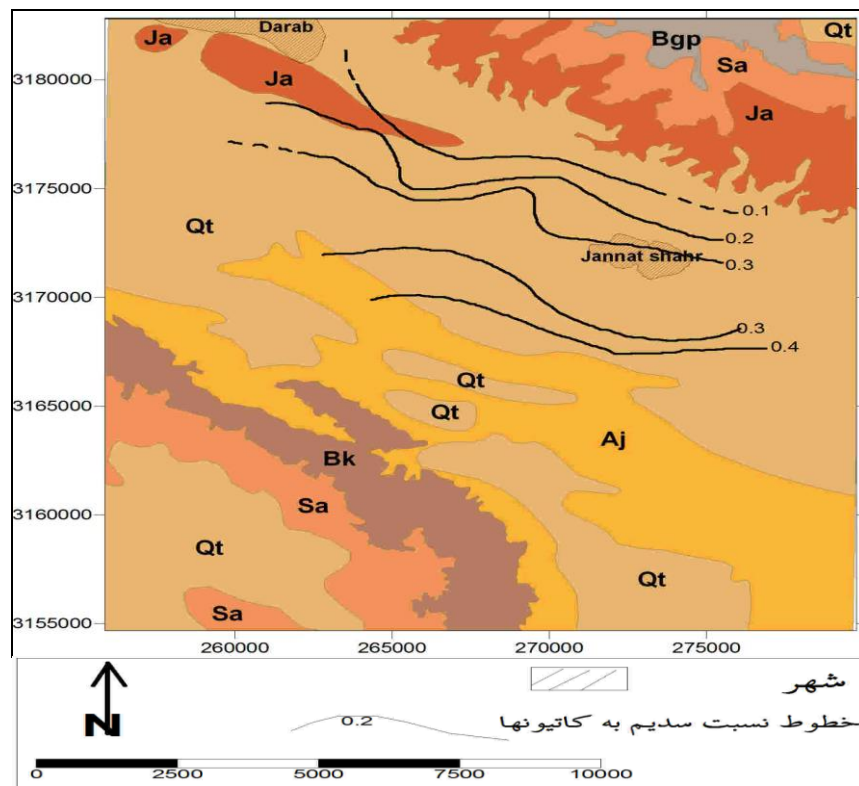
همان طور که در شکل ۴-۱۳ مشاهده می شود مقادیر نسبت کلر به مجموع آنیون ها در دی ماه ۱۳۸۶ مانند مقادیر هدایت الکتریکی و کلر در این دوره می باشد یعنی در قسمت های شمالی دشت مقدار آن بسیار کم و به سمت جنوب مقدار آن زیاد می شود که چنانچه قبلاً ذکر شد این ناهمگنی مربوط به تفاوت در لیتولوژی منطقه می باشد. روند تغییرات این نسبت در تیر ماه ۱۳۸۷ نیز مانند دوره قبل یعنی از شمال منطقه به سمت جنوب افزایش می یابد.

۴-۴-۴- نسبت سدیم به مجموع کاتیون ها

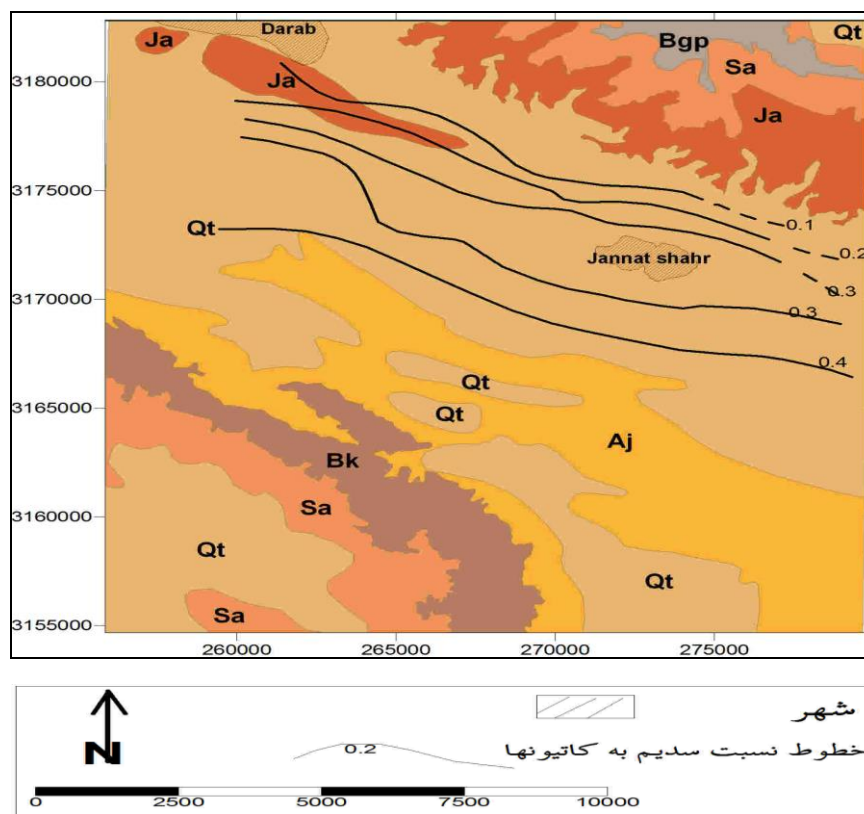
نسبت سدیم به مجموع کاتیون ها نیز نشان دهنده تخریب کیفیت آب زیرزمینی در یک منطقه می باشد. با توجه به نمودار نسبت سدیم به مجموع کاتیون ها در دی ماه ۱۳۸۶ (شکل ۴-۱۵)

مشاهده می شود که روند تغییرات آن تقریباً مشابه روند تغییرات هدایت الکتریکی، سدیم، کلر و نسبت کلر به مجموع آنیون ها در همین دوره می باشد.

نمودار نسبت سدیم به مجموع کاتیون ها در تیرماه ۱۳۸۷ (شکل ۴-۱۶) نشان می دهد که این نسبت نیز دارای روندی مشابه با روند تغییرات کلر به مجموع آنیون ها در همین دوره می باشد و تا حدودی نیز مشابه روند تغییرات هدایت الکتریکی و سدیم این دوره است.



شکل شماره ۴-۱۵- نقشه سدیم به مجموع کاتیون ها در دی ماه ۱۳۸۶



شکل شماره ۴-۱۶- نقشه نسبت سدیوم به مجموع کاتیون ها در تیر ماه ۱۳۸۷

۴-۴-۵- نسبت کلسیم به منیزیم

نسبت غلظت یون کلسیم به منیزیم در آبهای زیرزمینی کربناته، شاخص بسیار مناسبی برای تشخیص سفره های آهکی از سفره های دولومیتی می باشد.

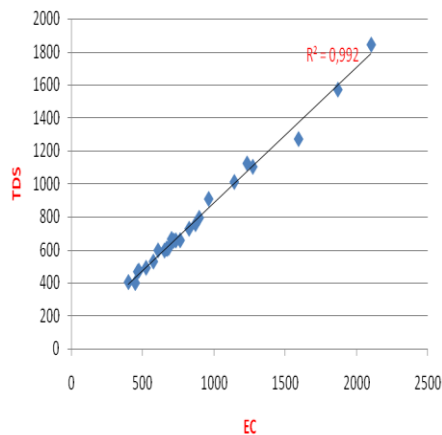
به طور کلی نسبت های نزدیک به ۱ مربوط به سفره های دولومیتی و نسبت های ۲ تا ۱۰ مربوط به سفره های آهکی می باشد. در صورتی که نسبت های بالاتر از ۱۰ در آبهای کارستی مشاهده شود، نشانگر درصد خلوص بالاتر آهک و یا وجود کانیهای ژپس یا انیدریت در تشکیلات آهکی است. معمولاً نسبت های کمتر از ۱ در تشکیلات کربناته مشاهده نمی شود، به استثناء مواردی که فرار گاز دی اکسیدکربن از آب در لایه آبدار دولومیتی موجب رسوب آراگونیت یا کلسیت گردد و

به این ترتیب غلظت یون منیزیم در آب بالا می رود (White 1988, Jacobson and Longmuir 1971).

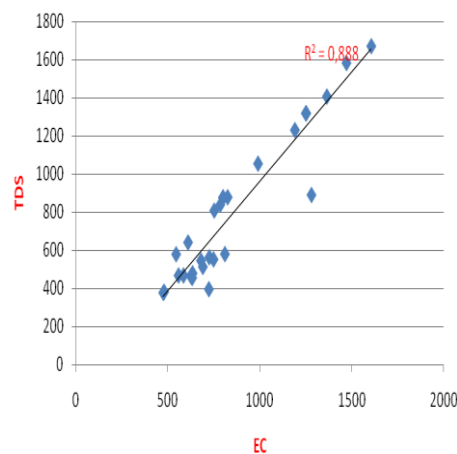
همچنین لازم به ذکر است که در نسبت کلسیم به منیزیم، غلظت یون ها بر حسب میلی اکی والان در لیتر است. با توجه به مقادیر محاسبه شده برای نسبت غلظت یون کلسیم به منیزیم در سازندهای سخت منطقه مورد مطالعه مشاهده می شود که مقدار این نسبت در کارستها ۱/۹ و بنابراین آبهای زیرزمینی کارستی مربوط به سفره آهکی می باشد.

۴-۴-۶- رابطه هدایت الکتریکی با غلظت یون های مختلف

الف- بررسی ارتباط هدایت الکتریکی با کل مواد جامد محلول



شکل شماره ۴-۱۸- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با TDS در تیرماه ۱۳۸۷

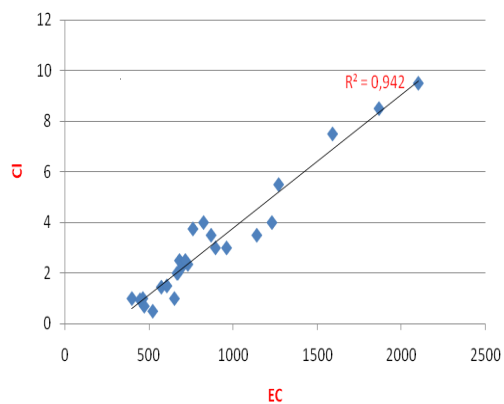


شکل شماره ۴-۱۷- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی TDS در دیماه ۱۳۸۶

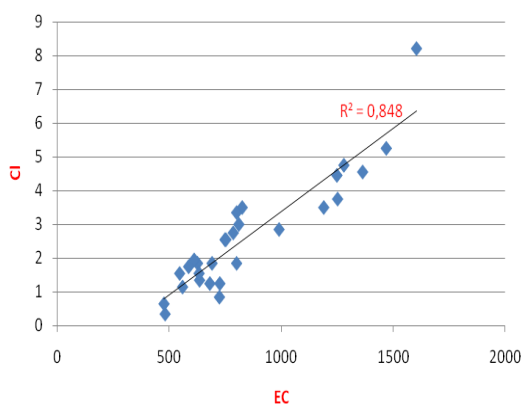
ب
-
بر
ر
س
ی

ار
ز

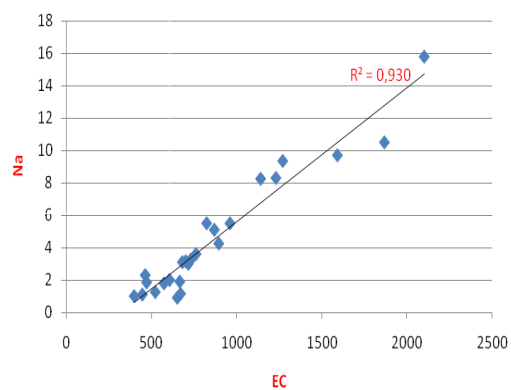
باط هدایت الکتریکی با سایر یونها



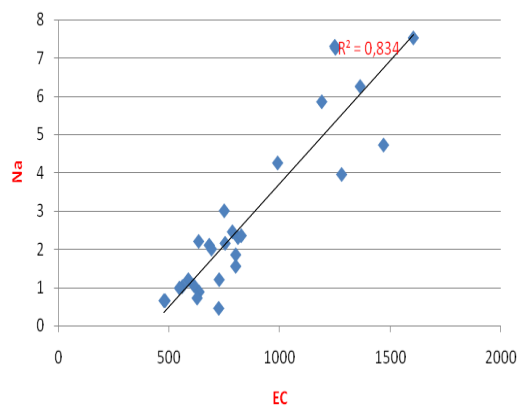
شکل شماره ۴-۲۰- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با کلر در تیر ماه ۱۳۸۷



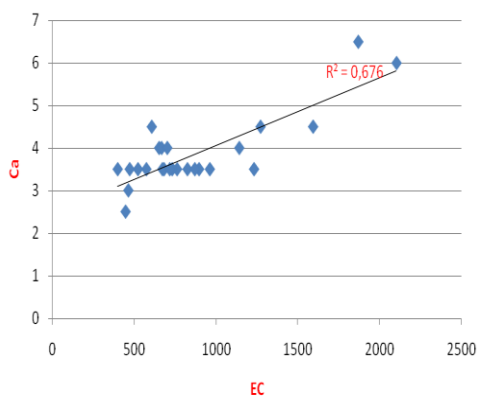
شکل شماره ۴-۱۹- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با کلر در دی ماه ۱۳۸۶



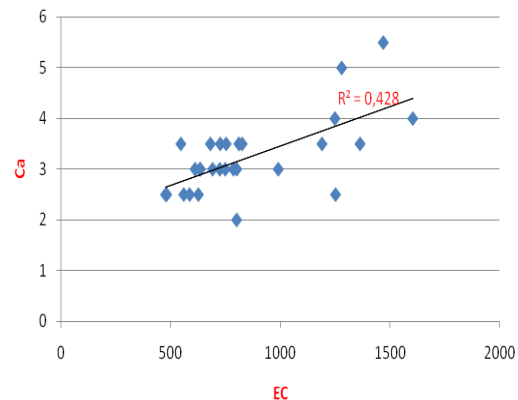
شکل شماره ۴-۲۲- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با یون سدیم در تیر ماه ۱۳۸۷



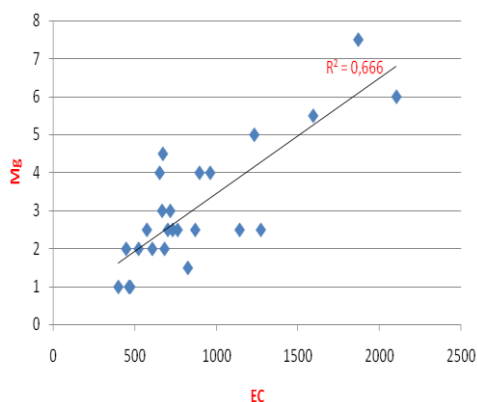
شکل شماره ۴-۲۱- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با یون سدیم در دی ماه ۱۳۸۶



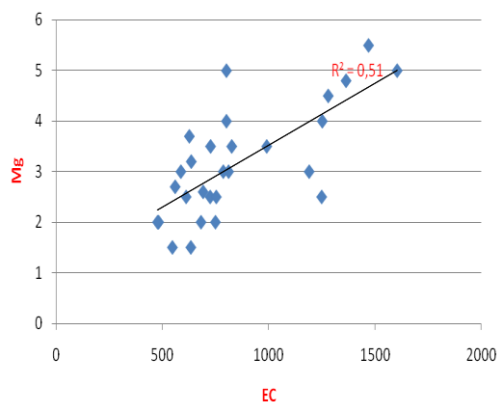
شکل شماره ۴-۲۴- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با یون کلسیم در تیر ماه ۱۳۸۷



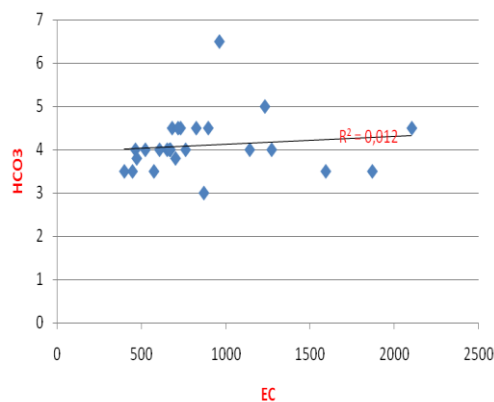
شکل شماره ۴-۲۳- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با یون کلسیم در دی ماه ۱۳۸۶



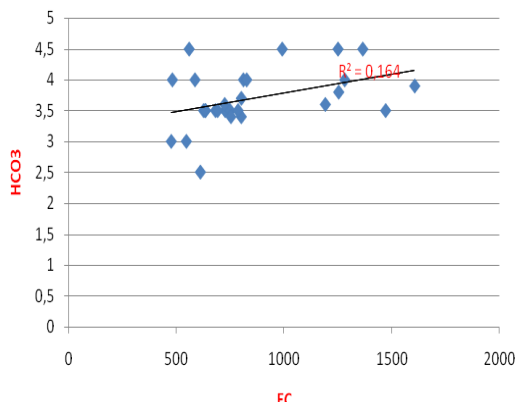
شکل شماره ۴-۲۶- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با یون منیزیم در تیر ماه ۱۳۸۷



شکل شماره ۴-۲۵- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با یون منیزیم در دی ماه ۱۳۸۶



شکل شماره ۴-۲۸- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با یون بیکربنات در تیر ماه ۱۳۸۷



شکل شماره ۴-۲۷- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی با یون بیکربنات در دی ماه ۱۳۸۶

جهت بررسی ارتباط هدایت الکتریکی با یونهای مختلف نمودارهای مقایسه ای ترسیم گردید. ابتدا رابطه هدایت الکتریکی نمونه های آب برداشت شده با کل مواد جامد محلول در آب زیرزمینی در نظر گرفته شد که همان طور که ملاحظه می شود هدایت الکتریکی دارای رابطه مستقیم با کل مواد جامد محلول در آب می باشد. از میان یونهای محلول در آب زیرزمینی، یونهای غالب در نظر گرفته شد که شامل کلر، سدیم، کلسیم، منیزیم و بیکربنات است که هدایت الکتریکی دارای

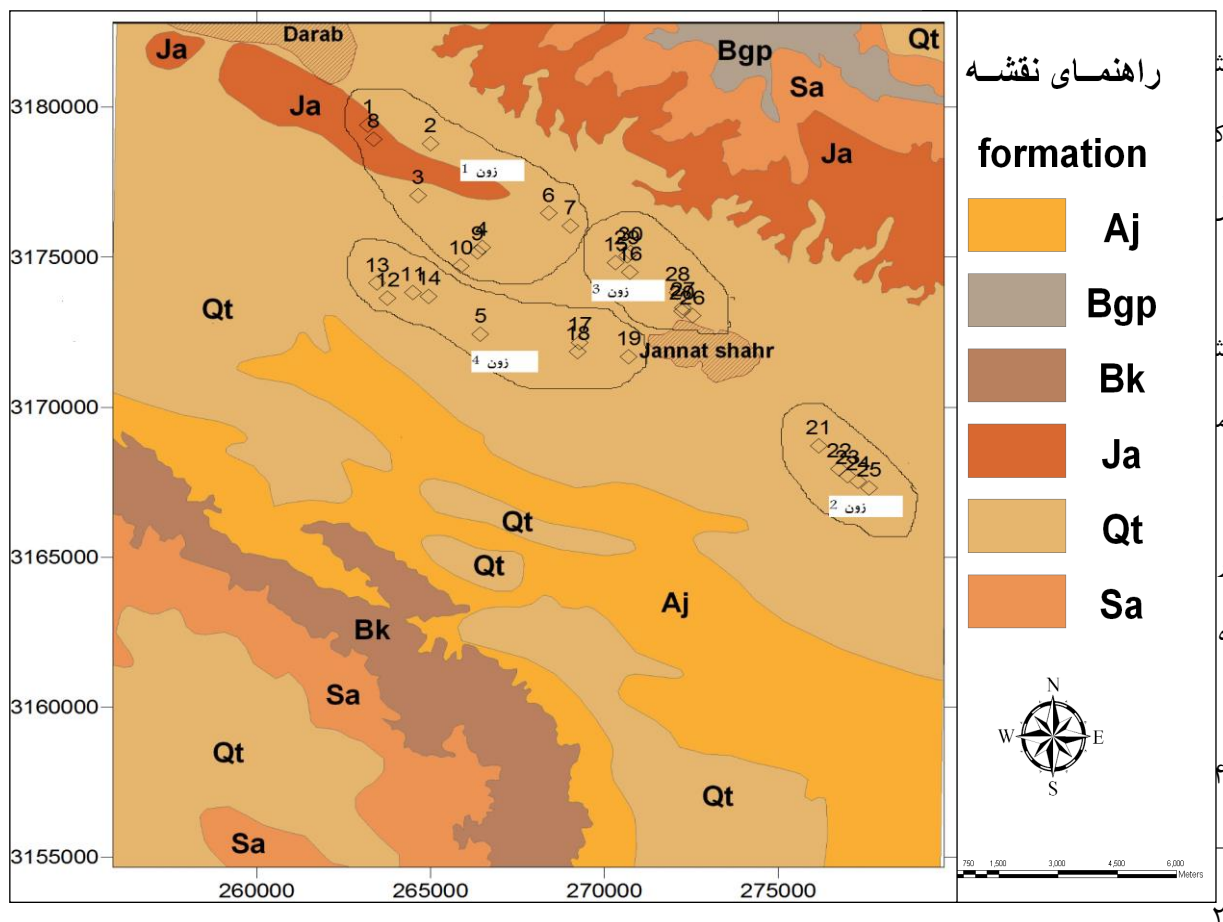
ارتباط مستقیم با تمام یونها می باشد ولی بیشترین ارتباط همان گونه که ملاحظه می شود بین هدایت الکتریکی با یونهای کلر و سدیم وجود دارد.

۴-۵- تیپ آبهای زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه

تیپ آب، نشان دهنده غلظت نسبی کاتیون ها و آنیون های اصلی در آب می باشد. جهت تعیین تیپ آب در نمونه های آب زیرزمینی منطقه از نمودارهای پایپر و استیف استفاده شده است.

نمودار پایپر از ترکیب سه میدان مجزا درست شده است. درصد آنیون ها و کاتیون ها را در میدان های مثلثی و موقعیت ترکیبی آنها را در میدان لوزی شکل پیاده می کنند. در نمودار پایپر می توان تعداد زیادی نمونه آب زیرزمینی را در یک دیاگرام نشان داد و به سرعت می توان نوع آب را تشخیص داد و همچنین لازم به ذکر است که درصدها بر اساس مجموع اکی والان در لیتر یون های اصلی محاسبه می شود.

در نمودار استیف آنیون ها در سمت راست و کاتیون ها در سمت چپ نمایش داده می شوند. با اتصال نقاط به دست آمده به هم شکل های مشخصی به وجود می آید که از نظر مقایسه سریع تعداد زیادی از نمونه ها بسیار مفید است. در نمودار استیف نیز غلظت یون ها برحسب میلی اکی والان بر لیتر بیان می شود.

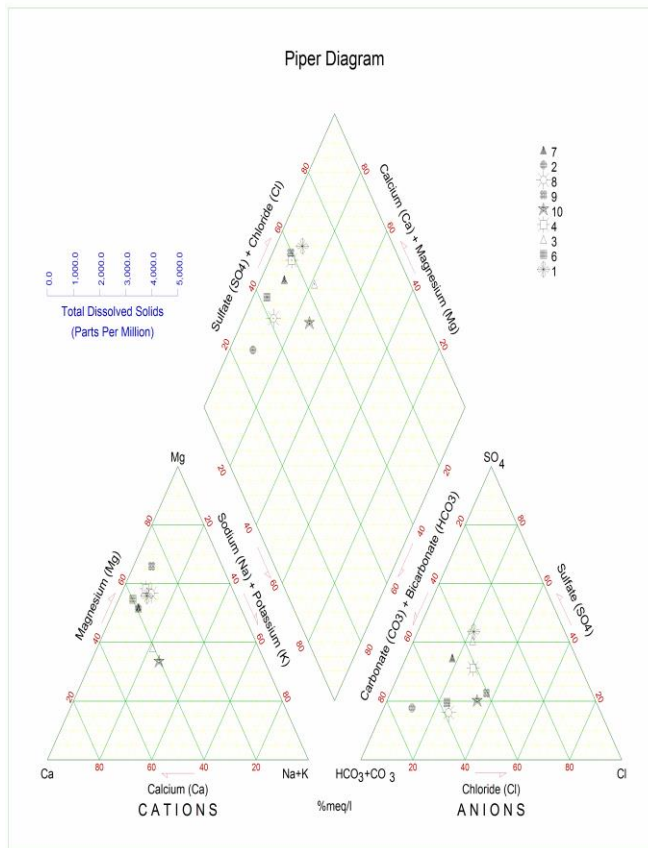


۹- نقشه زمین شناسی و زون بندی منطقه

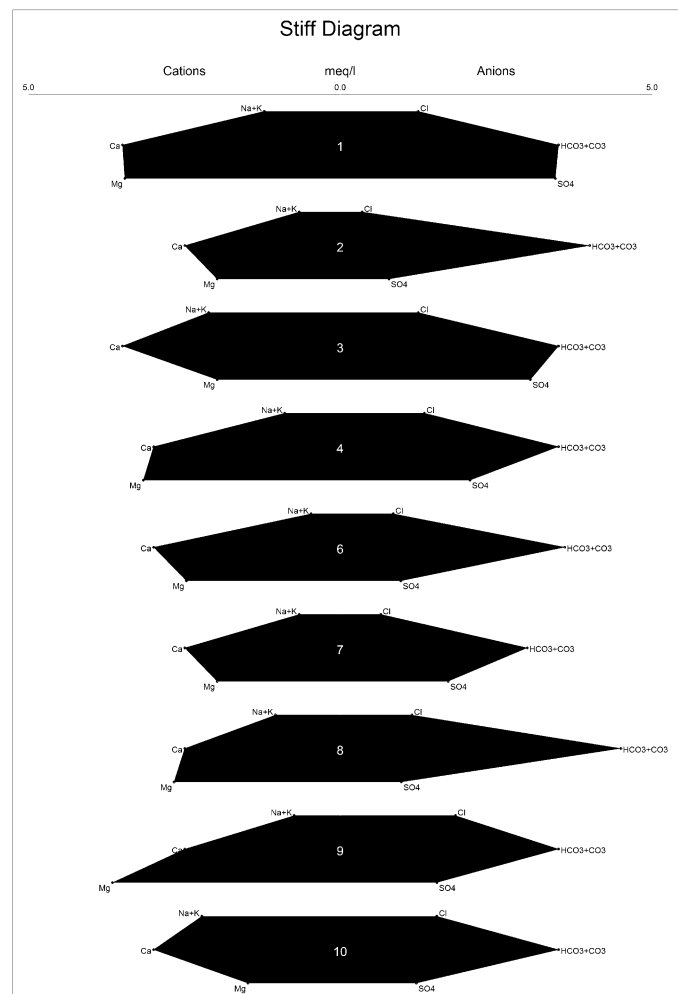
ابتدا برای تمام نمونه های برداشت شده در منطقه، یک نمودار پایپر ترسیم شد، اما به دلیل تنوع لیتولوژی منطقه مشاهده شد که نمونه ها به طور پراکنده ای در بخش های مختلف این دیاگرام قرار می گیرند به همین دلیل منطقه مورد مطالعه بر اساس خصوصیات کیفی آب زیرزمینی به ۴ زون تقسیم شد (شکل شماره ۴-۲۹) و در هر زون چند نمونه قرار گرفت. سپس برای هر زون

دیاگرام های پایپر و استیف مجزا ترسیم شد که در این صورت ارتباط منطقی تری بین نمونه ها برقرار می شود.

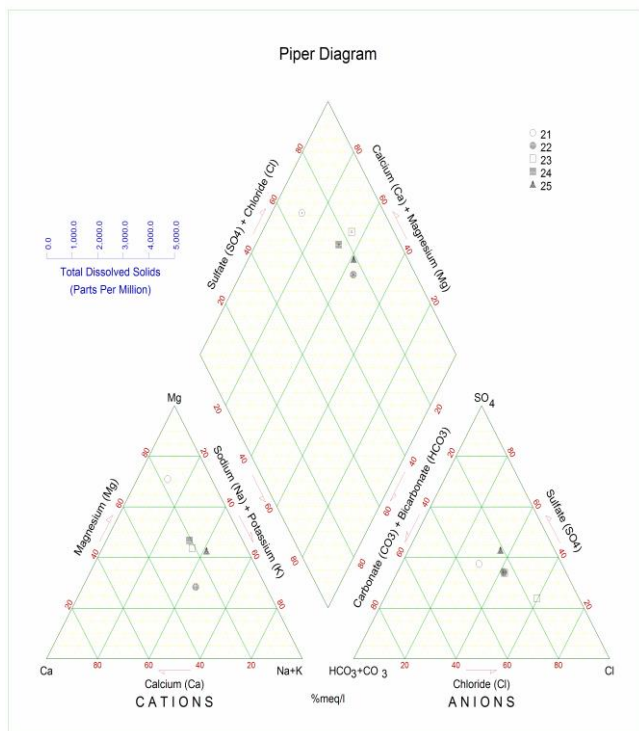
اشکال (۴-۳۰ تا ۴-۳۷) نمودارهای مذکور را نشان می دهد.



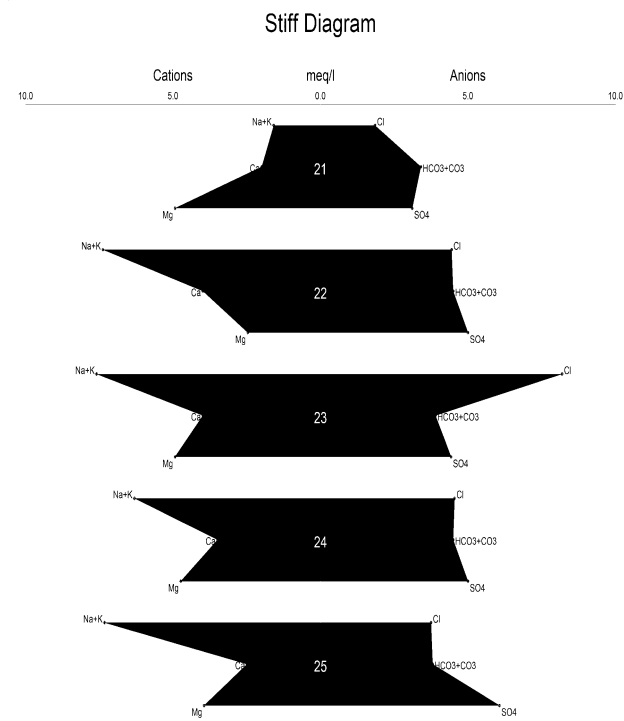
شکل شماره ۴-۳۱- نمودار پایپر مربوط به زون ۱



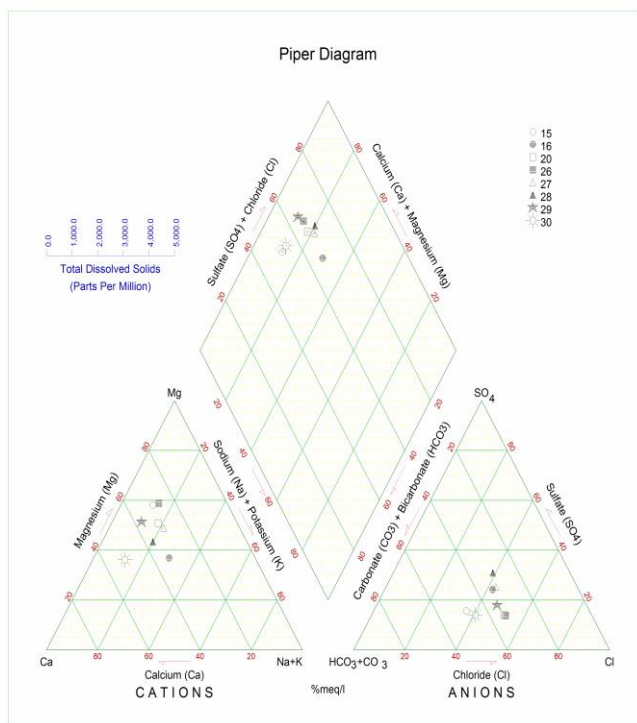
شکل شماره ۴-۳۰- نمودار استیف مربوط به زون ۱



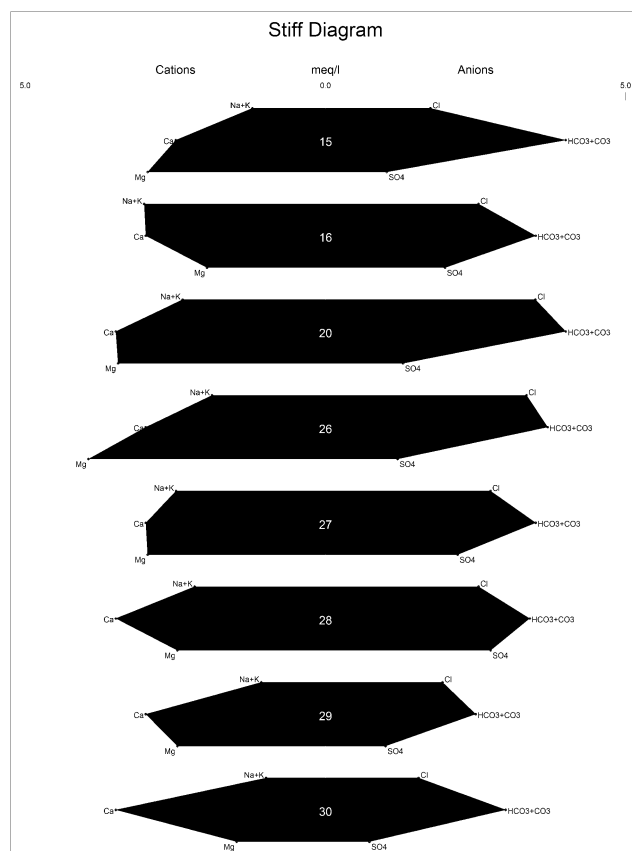
شکل شماره ۴-۳۳- نمودار پایپر مربوط به زون ۲



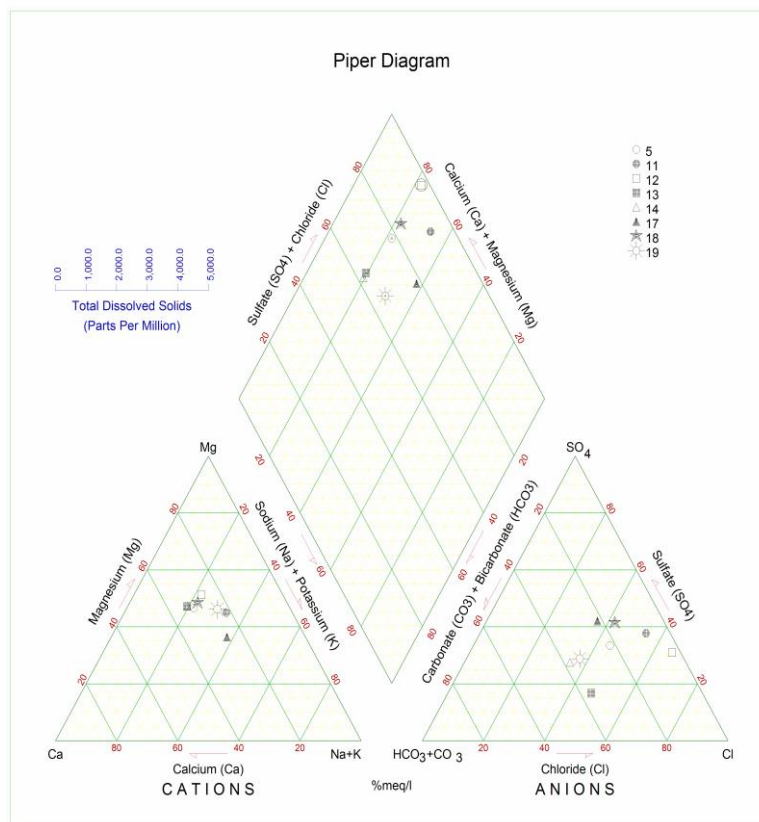
شکل شماره ۴-۳۲- نمودار استیف مربوط به زون ۲



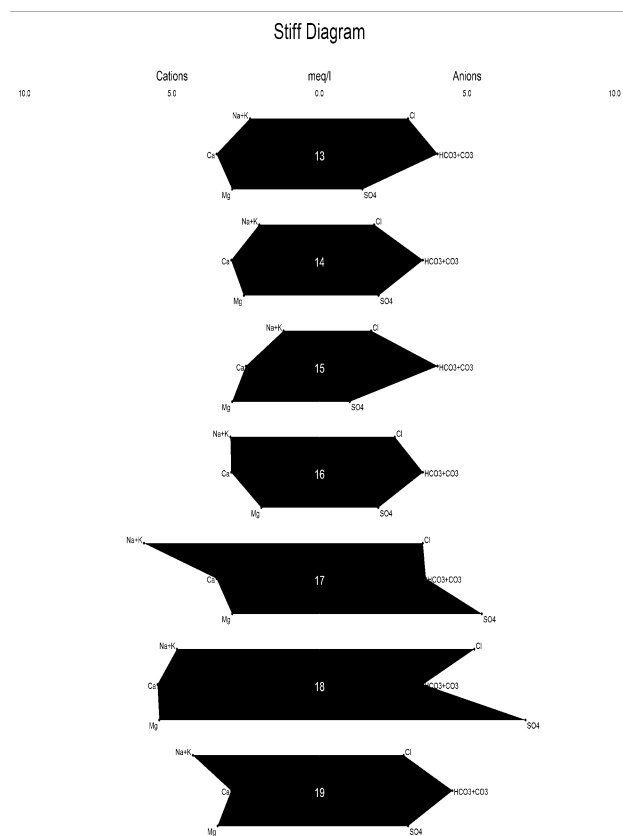
شکل شماره ۴-۳۵- نمودار پایپر مربوط به زون ۳



شکل شماره ۴-۳۴- نمودار استیف مربوط به زون ۳



شکل شماره ۴-۳۷- نمودار پایپر مربوط به زون ۴



شکل شماره ۴-۳۶- نمودار استیف مربوط به زون ۴

زون (۱) این زون در شمال منطقه واقع شده و نمونه های آب زیرزمینی آن عمدتاً تحت تاثیر آبهای تغذیه کننده دشت توسط سازندهای آهکی کارستی می باشد. نمودار استیف ترسیم شده برای نمونه های این زون نشان می دهد تمام آبهای این بخش دارای تیپ بیکربناته کلسیک می باشند و با توجه به نمودار پایپر زونهای اصلی این نمونه ها نسبت تقریباً یکسانی از اسیدهای ضعیف و قوی و همچنین عناصر قلیایی خاکی است و در گروه آبهای سخت تا نیمه سخت واقع شده است.

زون (۲) این زون در بخش جنوبی منطقه و در مجاورت سازند آغاچاری واقع شده و نمونه های آب زیرزمینی این زون تحت تاثیر آبرفتهای مجاور این سازند می باشند. تیپ آبهای این زون کلروره و

سولفات‌ها و زونهای غالب آن عناصر قلیایی خاکی و تا حدودی اسیدهای قوی است و در گروه آبهای شور می‌باشند.

زون ۳) این زون در بخشهای شمالی و مرکزی دشت و در پایین دست آهکهای منطقه قرار دارد. نمونه های آب زیرزمینی این زون نیز تحت تاثیر آبرفتها و آهکهای شمال منطقه و دارای تیپ غالب بیکربناته کلسیک و منیزیک و زونهای عمده آن اسیدهای قوی و تا حدودی عناصر قلیایی خاکی است و در گروه آبهای سخت واقع می‌شوند.

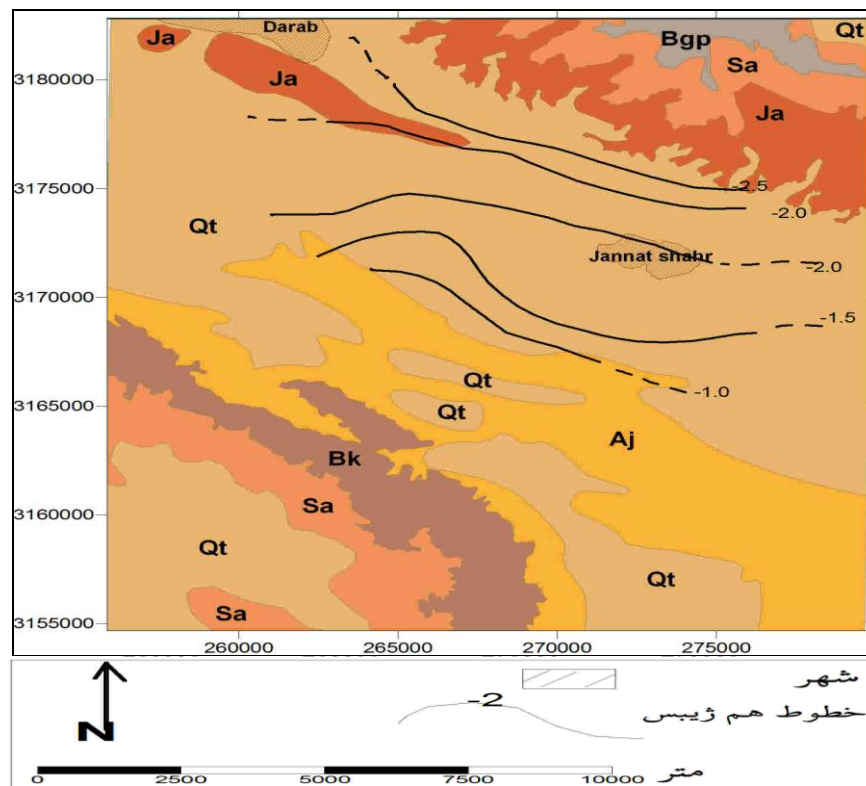
زون ۴) این زون در بخش های مرکزی و جنوبی دشت و بین سازند آسماری-جهرم و سازند بختیاری قرار گرفته و آبهای زیرزمینی این زون از طرفی تحت تاثیر سازند آغاچاری و از طرفی آهکهای کارستی آسماری-جهرم می‌باشد. تیپ آب سولفات‌ها و بیکربناته و زونهای غالب آب نسبت یکسانی از اسیدهای قوی و عناصر قلیایی خاکی و در گروه آبهای با سختی دائم است. با توجه به تیپ آب این زون می‌توان متوجه اختلاط دو نوع آب بیکربناته تغذیه شونده از آهکها و سولفات‌ها سازند آغاچاری در این بخش از دشت شد.

۴-۶- تکامل ژئوشیمیایی دشت

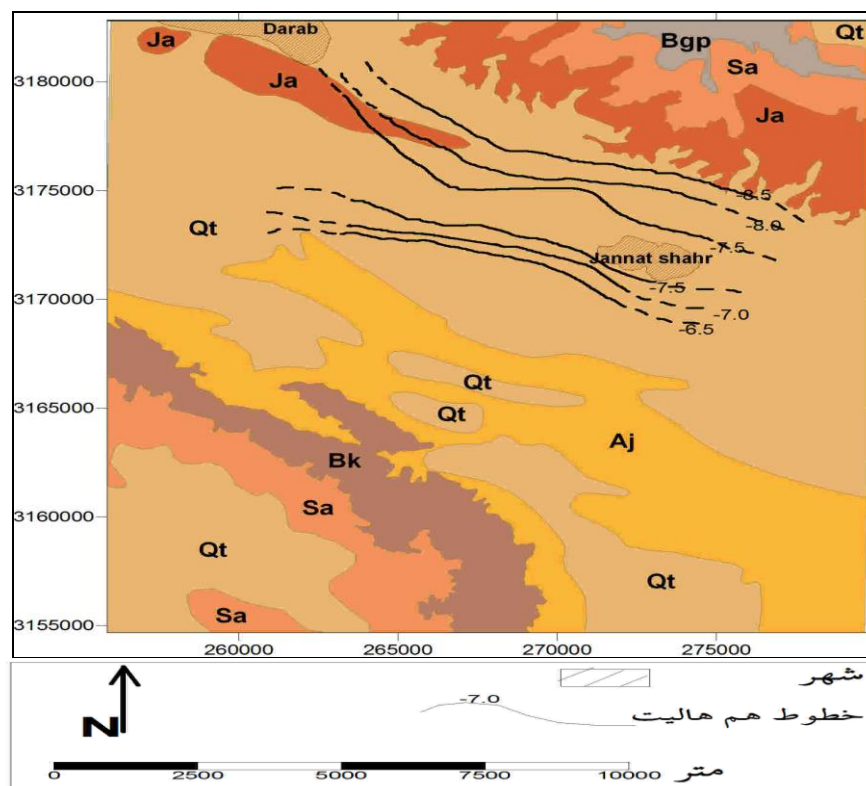
جهت محاسبه تکامل ژئوشیمیایی از نرم افزار PHREEQC استفاده می‌شود. این نرم افزار، نرم افزار پیچیده ای است که قابلیت های زیادی در حل مسائل مربوط به ژئوشیمی دارد و دارای ۱۶ مثال می‌باشد که هر مثال قادر به حل یک مسئله خاص است. مثالی که در اینجا استفاده شده یک مثال ساده از نحوه کارکرد این نرم افزار است که با توجه به ترکیب شیمیایی محلول، ویژگی های آن محلول نظیر قدرت یونی، اکتیویته یونها و از همه مهمتر اندیس اشباع مربوط به کانیهای مختلف را محاسبه می‌کند. یک نمونه از فایل خروجی مربوط به این مثال در پیوست الف آورده

شده است. قسمت اصلی در توصیف یک محلول، اندیس اشباع می باشد که اندیس اشباع نسبت به کانیهای مختلف را نشان می دهد. در صورتی که اندیس اشباع نسبت به یک کانی مثبت باشد یعنی این کانی در این محلول رسوب می کند و بنابراین این محلول نمی تواند این کانی را در خود حل نماید و در صورتی که اندیس اشباع نسبت به یک کانی منفی باشد یعنی این کانی می تواند در این محلول حل شود.

جهت بررسی تکامل ژئوشیمیایی دشت ابتدا دشت به ۴ زون که قبلاً نیز نشان داده شده است تقسیم گردید سپس با استفاده از نرم افزار PHREEQC اندیس های اشباع مربوط به کانیهای هالیت، ژپس، انیدریت، آراگونیت، کلسیت و دولومیت مربوط به تمام نمونه های آب زیرزمینی برداشت شده محاسبه گردید. از میان کانیهای ذکر شده مهم ترین کانیها که در تکامل ژئوشیمیایی دشت مورد استفاده قرار می گیرد ژپس، کلسیت و هالیت می باشد. اندیس اشباع کلسیت در تمام نقاط دشت مثبت می باشد که بیانگر اشباع بودن آب زیرزمینی نسبت به این کانی می باشد، زیرا اولین کانی که در آب به حد اشباع می رسد کلسیت است و به دلیل وجود سازندهای آهکی در منطقه به ویژه در شمال و شمال شرق آب زیرزمینی نسبت به این کانی خیلی زود به حد اشباع می رسد. نقشه های شماره ۴-۳۸ و ۴-۳۹ روند کلی افزایش و کاهش اندیس اشباع ژپس و هالیت را نشان می دهد.



شکل شماره ۴-۳۸- نقشه اندیس اشباع ژیبس



شکل شماره ۴-۳۹- نقشه اندیس اشباع هالیت

سپس میانگین اندیس های اشباع این سه کانی در زونهای مختلف محاسبه گردید که نتایج حاصله در جدول ۴-۶ آورده شده است.

جدول شماره ۴-۶- میانگین اندیس های اشباع کانیها در زونهای مختلف

زون	اندیس اشباع کلسیت	اندیس اشباع ژئپس	اندیس اشباع هالیت
زون ۱)	۰/۳۵	-۲/۰۴	-۷/۷۵
زون ۲)	۰/۲۹	-۱/۷۹	-۶/۴۹
زون ۳)	۰/۳۲	-۱/۹۲	-۶/۹۱
زون ۴)	۰/۳۸	-۱/۶۷	-۶/۷

همان طور که ملاحظه می شود در هر چهار زون کلسیت در حد اشباع و کمی فوق اشباع، ژئپس تحت اشباع و هالیت خیلی پایین تر از اشباع می باشد که این روند قابل انتظار و دلیل آن حلالیت بالای هالیت، متوسط ژئپس و کم کلسیت می باشد.

مقدار اندیس اشباع کلسیت در تمام زونها کم و بیش یکسان و همه در حد اشباع و اندکی بالاتر از اشباع می باشد. مقدار اندیس اشباع ژئپس و هالیت رفتاری تقریباً مشابه دارند و در تمام زونها در حد زیر اشباع و در بخش هایی که جریان های تغذیه کننده در دشت توسط آهکهای کارستی وجود دارد، خیلی کمتر و در بخش های انتهایی حوضه به ویژه نزدیک سازند آغاچاری مقدار آن اندکی بیشتر می شود.

۴-۷- بررسی کیفیت آب از نظر کشاورزی

از جمله یون های مهمی که جهت تعیین کیفیت آب از نظر کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد کاتیون سدیم می باشد.

نسبت جذب سدیم یا SAR^{12} نسبت یون های سدیم را در یک نمونه آب نسبت به یونهای کلسیم و منیزیم نشان می دهد. این نسبت برای پیش بینی خطر سدیم در آبهای با میزان کربنات بالا به کار می رود. در صورتی که نسبت جذب سدیم کمتر از ۴ باشد مشکلی از لحاظ میزان سدیم وجود ندارد. با افزایش این نسبت از میزان ۸ معمولاً مقدار سدیم زیاد است و می تواند باعث برهم زدن بافت خاک و کاهش نفوذپذیری آن شود و به طور غیرمستقیم روی رشد گیاه موثر می باشد (صداقت ۱۳۷۳).

چنانچه SAR بیشتر از ۱۳ باشد، سبب مشکل سدیمی شدن خاک می شود و خاک مذکور را خاک سدیمی^{۱۳} می گویند. میزان SAR منطقه مورد مطالعه در تمام نمونه های آب زیرزمینی به غیر از چند نمونه کمتر از ۴ می باشد و در این چند نمونه نیز این نسبت کمی بیشتر از ۴ و در تمام نمونه ها این نسبت کمتر از ۸ می باشد و بنابراین از نظر کشاورزی بلامانع می باشد.

۴-۸- تاثیر زباله های شهری بر کیفیت آبهای زیرزمینی منطقه

به منظور بررسی اثر دفن زباله های شهری در آهکهای شمال منطقه و به دلیل متخلخل بودن سازندهای آهکی این قسمت و همچنین بافت درشت دانه قسمتهای پایین تر این سایت دفن زباله و با توجه به جهت حرکت آب زیرزمینی که از شمال به سمت جنوب منطقه است تعدادی نمونه

Sodium Adsorption Ratio ¹²

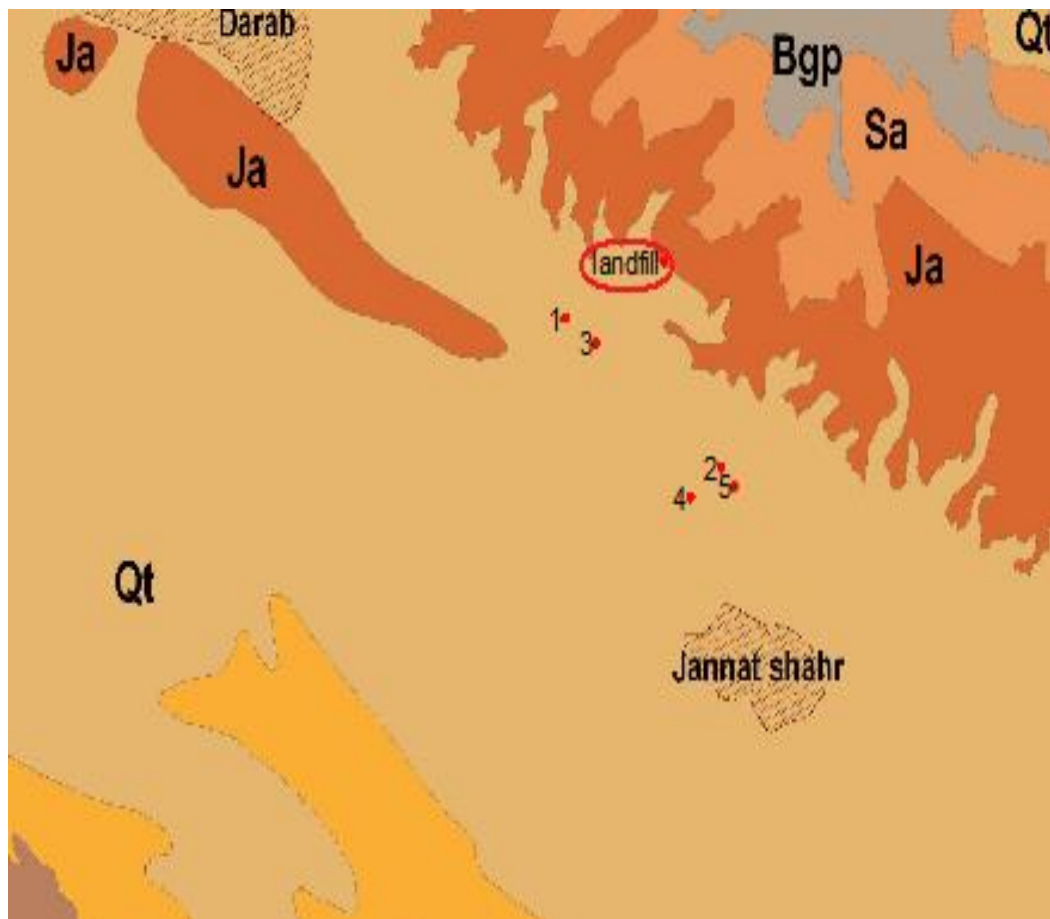
Sodic Soil ¹³

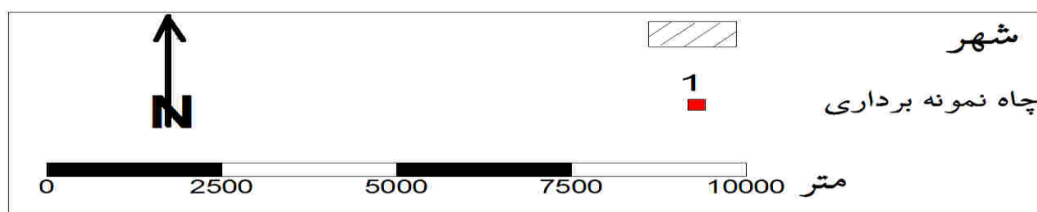
در منطقه جهت آنالیز فلزات سنگین از نقاط پایین دست محل دفن زباله و نقاط دورتر که احتمال انتقال آلاینده‌گی وجود نداشت برداشته شد.

نتایج حاصله در جدول شماره ۴-۷ آورده شده است.

جدول شماره ۴-۷- نتایج آنالیز فلزات سنگین بر حسب *ppb*

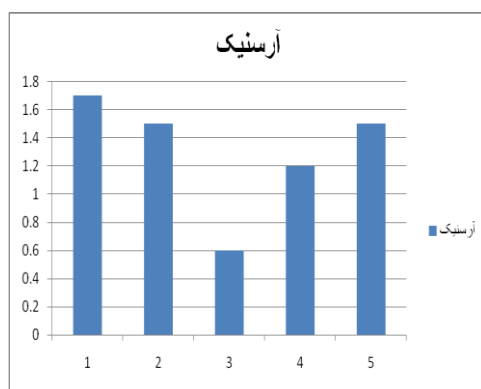
شماره نمونه	As	Al	B	Be	Cd	Co	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Nb	Ni	Pb	Sb	Rb	Zn
1	1/7	2	118	0/05	0/05	0/15	2/3	57	0/1	2/79	5/5	0/01	1	0/2	1/47	1/35	170/6
2	1/5	1	134	0/05	0/05	0/17	17/5	23	0/1	0/63	3	0/01	0/3	0/2	1/45	6/35	257/5
3	0/6	1	50	0/05	0/05	0/13	3/9	10	0/1	2/32	2/1	0/01	0/2	0/2	1/17	3/47	89/4
4	1/2	1	158	0/05	0/05	0/16	0/8	64	0/1	0/32	3/1	0/01	0/2	0/2	1/28	8/05	3/7
5	1/5	1	160	0/05	0/05	0/13	0/6	10	0/1	0/39	4	0/01	0/2	0/2	1/38	9/71	2/6



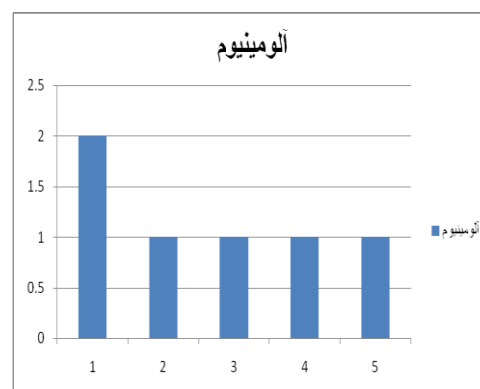


شکل ۴-۴۰- نقشه موقعیت سایت دفن زباله و محل های نمونه برداری جهت آنالیز فلزات سنگین

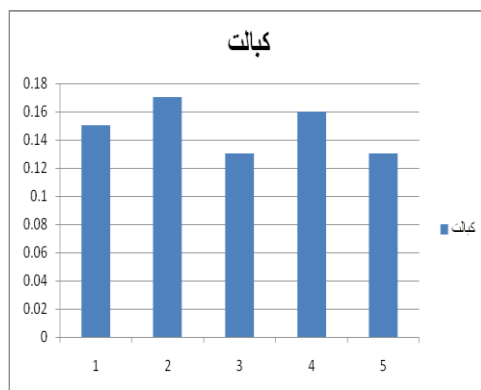
از میان عناصر فلزی و سنگین اندازه گیری شده بعضی از عناصر رایج تر وجود دارند که جهت بررسی آلودگی بیشتر به کار می روند از جمله: نقره، آلومینیوم، آرسنیک، بور، برلیوم، کادمیم، کبالت، مس، آهن، جیوه، منگنز، مولیبدن، نیوبیوم، نیکل، سرب، آنتیموان، روبیدیوم و روی. همان طور که در جدول مشاهده می شود غلظت عناصر نقره، برلیوم، کادمیم، جیوه، نیوبیوم و سرب در هر ۵ نمونه یکسان می باشد و جهت بررسی غلظت عناصر دیگر ذکر شده در نمونه های آب برداشت شده هیستوگرام هایی ترسیم شده که غلظت عناصر مختلف در نمونه های مختلف را نشان می دهد. اشکال ۴-۴۱ تا ۴-۵۲ این هیستوگرام ها را نشان می دهند.



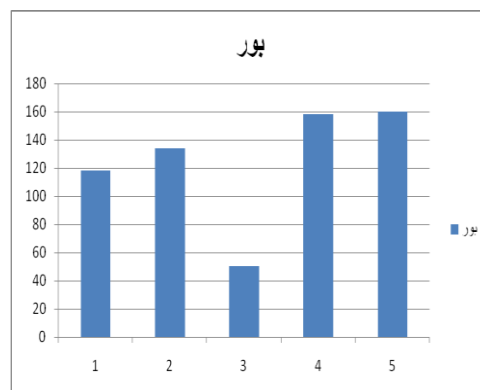
شکل شماره ۴-۴۲- غلظت یون آرسنیک در آب زیرزمینی



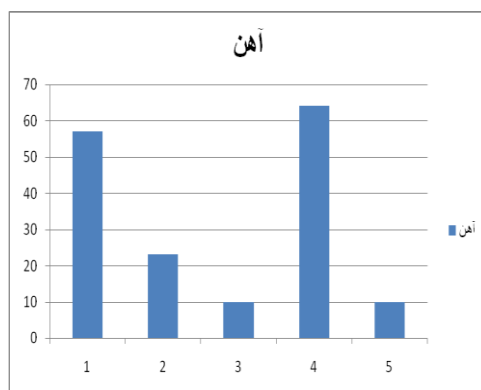
شکل شماره ۴-۴۱- غلظت یون آلومینیوم در آب زیرزمینی



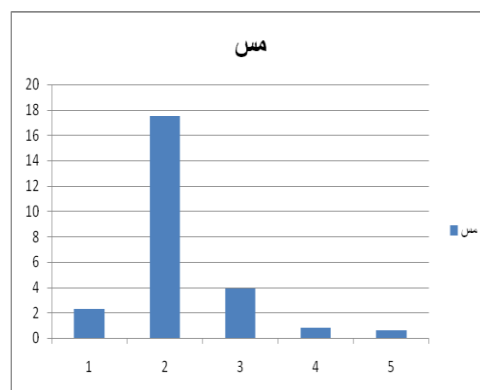
شکل شماره ۴-۴۴- غلظت یون کبالت در آب زیرزمینی



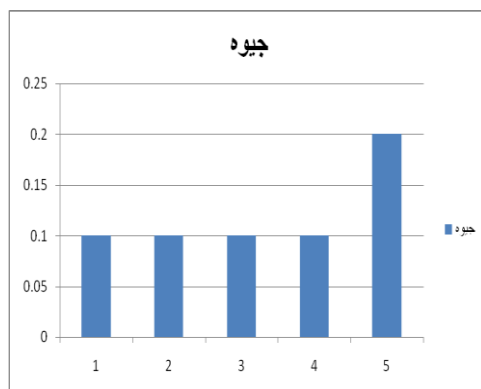
شکل شماره ۴-۴۳- غلظت یون بور در آب زیرزمینی



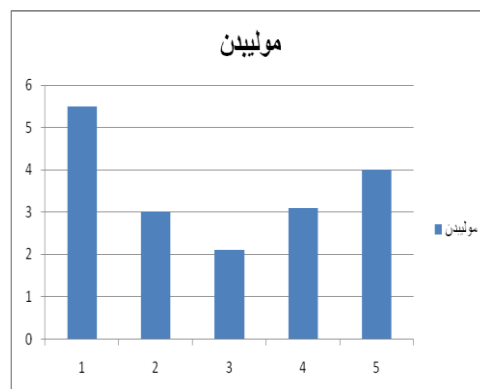
شکل شماره ۴-۴۶- غلظت یون آهن در آب زیرزمینی



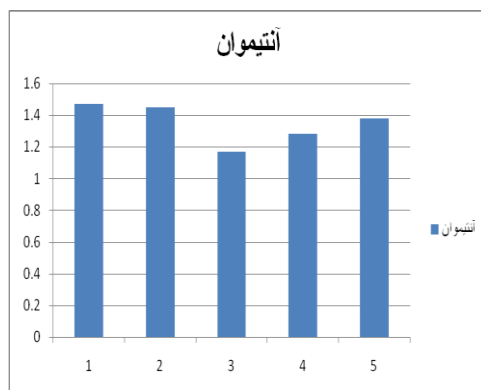
شکل شماره ۴-۴۵- غلظت یون مس در آب زیرزمینی



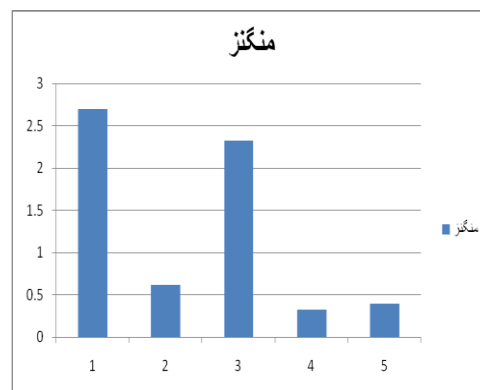
شکل شماره ۴-۴۸- غلظت یون جیوه در آب زیرزمینی



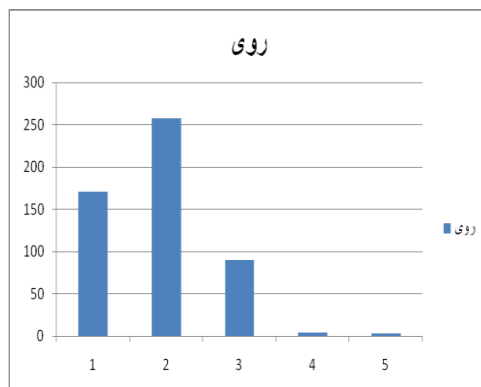
شکل شماره ۴-۴۷- غلظت یون مولیبدن در آب زیرزمینی



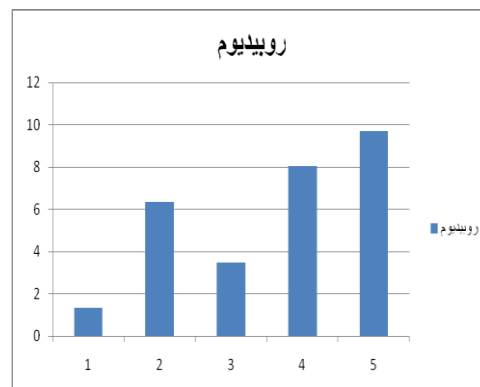
شکل شماره ۴-۵۰- غلظت یون آنتیموان در آب زیرزمینی



شکل شماره ۴-۴۹- غلظت یون منگنز در آب زیرزمینی



شکل شماره ۴-۵۲- غلظت یون روی در آب زیرزمینی



شکل شماره ۴-۵۱- غلظت یون روبیدیم در آب زیرزمینی

با توجه به فاصله زیاد محل دفن زباله تا چاههای نمونه برداری اثر آلودگی به خوبی دیده نمی شود ولی در هر صورت غلظت بعضی از عناصر در نمونه شماره ۱ که در پایین دست محل دفن زباله قرار گرفته است، افزایش یافته است از جمله یونهای آلومینیوم، آرسنیک، مولیبدن، منگنز، نیکل و آنتیموان و تنها عنصری که هم در نمونه شماره ۱ و هم شماره ۳ که در مجاورت هم قرار دارند افزایش یافته است منگنز است ولی با این وجود از آنجایی که این عناصر هم منشا زمینی و هم منشا آلودگی دارند به خوبی نمی توان در مورد اثر دفن زباله قضاوت کرد. عناصری هم دیده می شوند که

غلظت آنها بسیار کم و در تمام نمونه ها یکسان می باشد که این امر به دلیل مقدار کم این عناصر در آب زیرزمینی و دقت اندازه گیری کم دستگاههای آنالیز کننده است.

فصل پنجم: بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی منطقه

۵-۱- مقدمه

سفره آب زیرزمینی دشت داراب از جهات مختلف شمال، شمال غرب، غرب و جنوب غربی و حتی از جنوب آگیری می نماید لیکن سفره آب زیرزمینی پیوستگی کاملی ندارد. زیرا که هر قسمت برای خود عمل نموده و دارای مشخصات جداگانه ای است ولی به دلیل اینکه جهت جریانهای مختلف همه به یک سمت است این ناپیوستگی محسوس نمی باشد و می توان آن را یک سفره فرض نمود. نوع آبرفت در نقاط مختلف دشت متفاوت است به این صورت که در پای دامنه ها آبرفت از نوع دانه درشت قلوه سنگ و شن و ماسه بوده و به تدریج از پای دامنه ارتفاعات از قطر دانه ها کاسته شده و درصد مارن و رس آن اضافه می شود. ضخامت آبرفت نیز در نقاط مختلف بسیار متنوع است به طوری که از شرق دشت به سمت غرب آن ضخامت از ۳۰ متر به ۱۵۰ متر می رسد.

سطح آب نیز در نقاط مختلف دشت بسیار متفاوت و از ۳۰ متر تا ۶۰ متر متغیر می باشد. و وضعیت سفره از نظر آبدهی تابعی از سطح حوضه، نوع آبرفت و تغذیه از سازندهای سخت است.

در شمال و شمال غربی دشت به علت ارتباط سازندهای جهرم و تاربور با آبرفت و تغذیه از سمت ارتفاعات وضع آبدهی سفره مناسب و هرچه به طرف وسط دشت نزدیکتر می شویم به علت دانه ریز شدن و افزایش درصد مارن و رس از آبدهی سفره کاسته می شود. در حوالی شرق شهر داراب و جنوب به علت ضخامت زیاد آبرفت و ارتباط با سازند جهرم سفره از آبدهی مناسبی برخوردار

است. در غرب دشت به علت رسوبات دانه ریز و لایه های نازک آبرفت دانه درشت وضع آبدهی متوسط و به طرف دهانه خروجی نامناسب است.

در منطقه مورد مطالعه، نوع سفره از جنس سازند سخت آهکی و آبرفت دانه درشت و با ضخامتی حدود ۳۰ تا ۵۰ می باشد. در این منطقه به علت ارتباط سفره آب زیرزمینی با سازند آسماری-جهرم سفره از آبدهی مناسبی برخوردار است. ضریب قابلیت انتقال آب سفره بر اساس حفاری های اکتشافی برای کل سفره محاسبه شده و بین ۲۰ تا ۲۲۰۰ متر مربع در روز متغیر می باشد در مناطقی که آبرفت درشت دانه و دارای ضخامت زیاد است ضریب قابلیت انتقال بالا و در مناطقی که سفره از رسوبات دانه ریز تشکیل شده است ضریب قابلیت انتقال پایین می باشد (سازمان آب منطقه ای فارس).

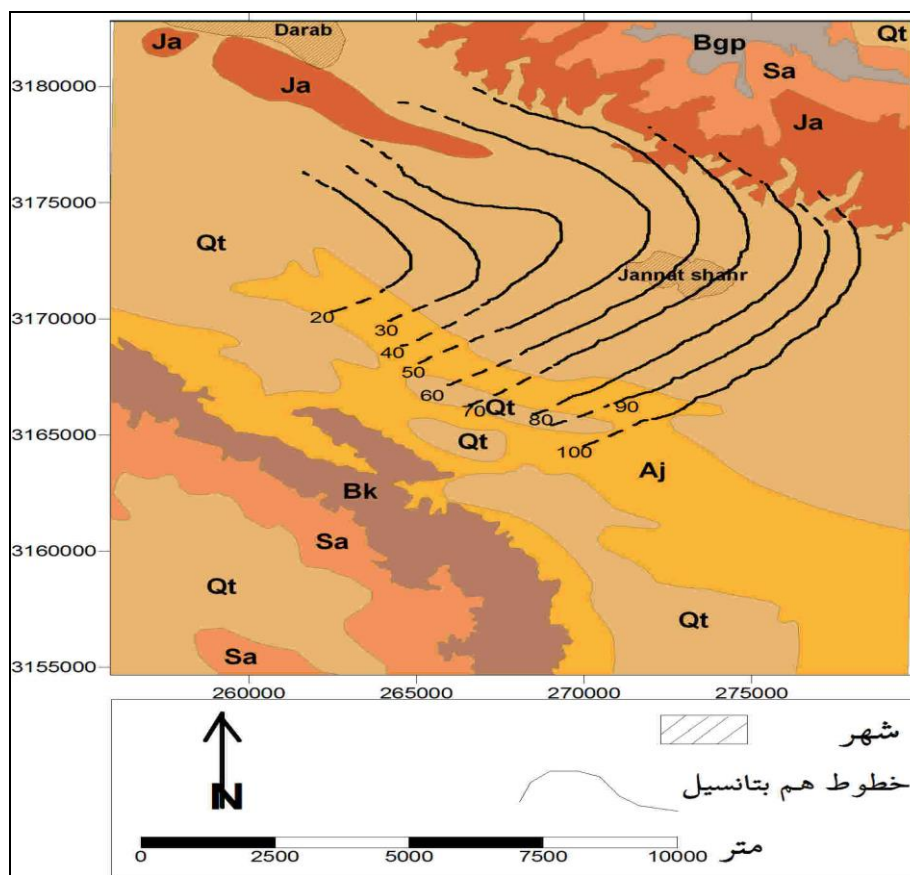
۵-۲- جهت جریان آب زیرزمینی در منطقه

جهت بررسی جهت جریان آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده های مربوط به سطح آب که از پیزومترهای مختلف نصب شده در دشت برداشت شده است و در جدول شماره (۵-۱) آورده شده است نقشه هم پتانسیل منطقه ترسیم گردید که در شکل شماره ۵-۱ نشان داده شده است.

جدول ۵-۱- داده های مربوط به سطح و عمق آب در پیزومترهای منطقه

شماره پیزومتر	سطح آب (متر)	عمق برخورد به آب (متر)
1	18.84	20.96
2	17.1	13.77
3	4۰.94	43.94
4	40.45	38.51
5	1۸.14	16.14
6	56.32	54.53
7	26.38	30.16
8	96.55	94.47

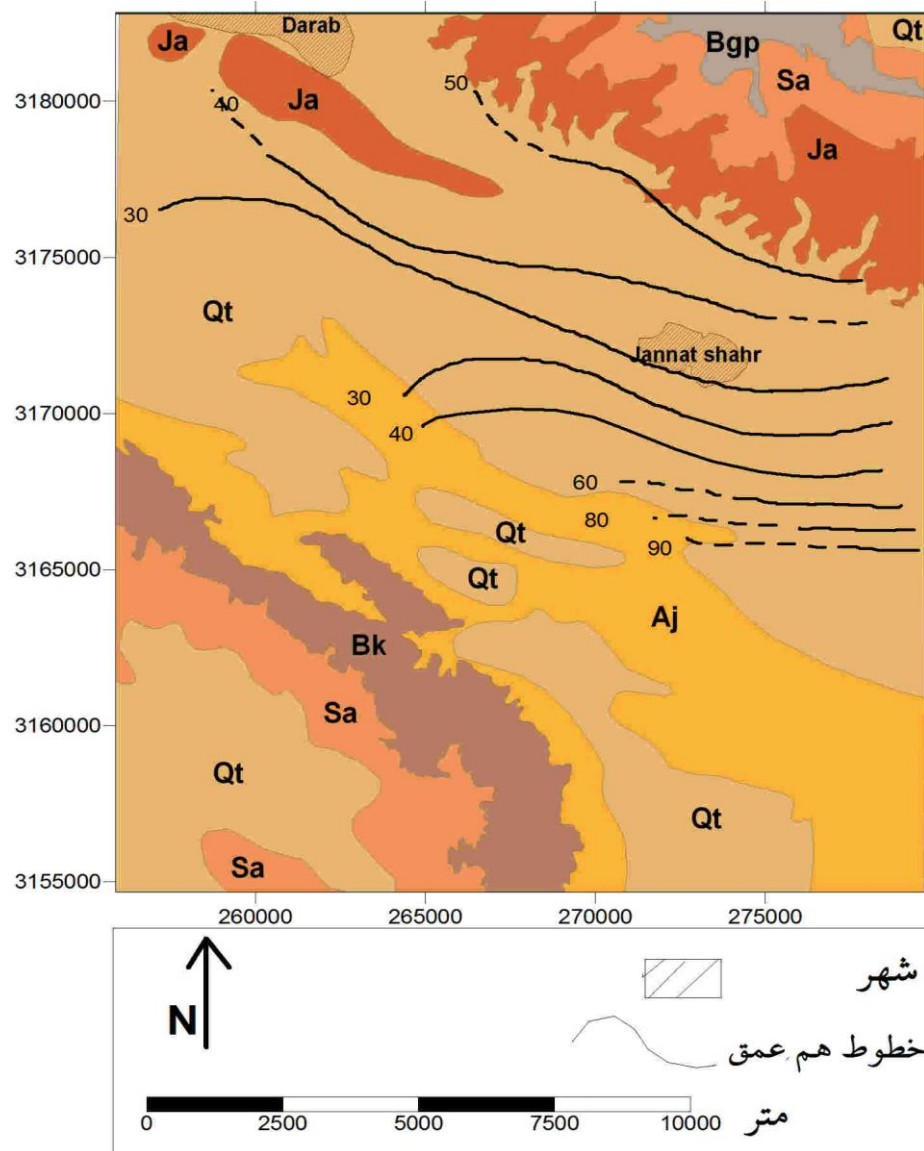
همان طور که ملاحظه می شود در بخش های شمالی منطقه که سفره آب زیرزمینی از سازند آسماری- جهرم تغذیه می کند، جهت جریان آب زیرزمینی تقریباً شمالی-جنوبی و از شمال شرق به سمت جنوب غرب می باشد و به تدریج در بخش های مرکزی دشت جهت جریان عوض شده و روند شرقی- غربی به خود می گیرد. دوباره در بخشهای جنوبی جهت جریان عوض می شود و به صورت جنوب شرق- شمال غرب می شود. به طور کلی در منطقه مورد مطالعه بخشی از آبهای زیرزمینی از شمال منطقه خارج شده و بخشی از جنوب و این آبها همگی به سمت مرکز حرکت کرده و با روند شرقی -غربی از منطقه خارج می شوند. در بخشهای شرقی منطقه جایی که به سازند آسماری- جهرم می رسیم خطوط کنتموری متراکم تر می شوند که این نشانه زیاد شدن شیب هیدرولیکی و در نتیجه حرکت سریع تر آب زیرزمینی است.



شکل شماره ۵-۱- نقشه هم پتانسیل منطقه مورد مطالعه

۵-۳- عمق آب زیرزمینی در منطقه

نقشه هم عمق آبهای زیرزمینی منطقه نیز با استفاده از داده های عمق آب در پیزومترهای مختلف نصب شده در منطقه ترسیم گردید که در شکل شماره ۵-۳ آمده است و بیانگر موارد زیر می باشد: همان طور که ملاحظه می شود عمق برخورد به آب در نقاط مختلف دشت متفاوت می باشد. حداقل عمق برخورد به آب 30 متر و در قسمت مرکزی و حداکثر عمق برخورد به آب 90 متر و در بخش جنوبی منطقه مورد مطالعه می باشد و به طور کلی از مرکز منطقه به سمت شمال و جنوب عمق برخورد به آب افزایش می یابد.

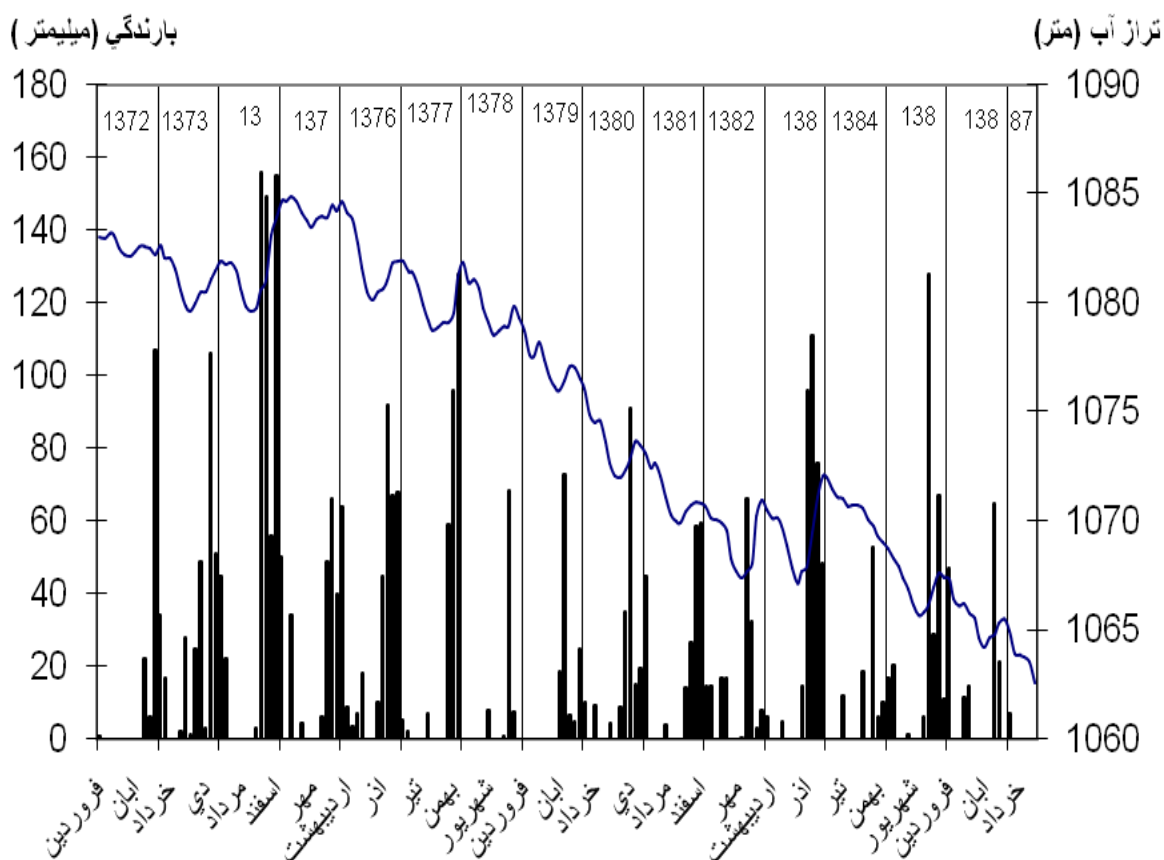


شکل شماره ۵-۲- نقشه هم عمق آب زیرزمینی در منطقه

۵-۴- بررسی هیدروگراف واحد دشت

با استفاده از تراز آب چاههای مشاهده ای نمودار هیدروگراف واحد دشت ترسیم شد و به منظور مقایسه تراز آب با بارندگی، با استفاده از آمار بارندگی ایستگاههای هواشناسی موجود در منطقه، مقادیر بارندگینیز در این نمودار ترسیم شد که در شکل شماره ۵-۳ آمده است.

این هیدروگراف که برای یک دوره زمانی ۱۶ ساله ترسیم شده است نشان می دهد که بیشتر ماههای سال ماههای خشک هستند و همیشه بیشترین بارندگی در منطقه در ماههای بهمن و اسفند رخ می دهد. همچنین بارندگی در منطقه از سال ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۷ یک سیر نزولی را طی می کند.



همان طور که ملاحظه می شود تراز آب زیرزمینی نیز تابعی از مقدار بارندگی می باشد به نحوی که در ابتدای سال ۱۳۷۲ تراز متوسط آب زیرزمینی منطقه حدود ۱۰۸۳ متر بوده است و به دلیل کاهش بارندگی در سالهای بعد تراز آب نیز کاهش می یابد و در سال ۱۳۷۴ به ۱۰۸۰ متر می رسد یعنی ۳ متر کاهش در طی ۲ سال. سپس بارندگی ۱۶۰ میلی متری سال ۱۳۷۴ این کاهش را جبران کرده و تراز آب در سال ۱۳۷۵ به ۱۰۸۵ متر می رسد و دوباره پس از این سال به دلیل کاهش بارندگی و همچنین برداشت بیش از حد از سفره تراز آب کاهش می یابد و در سال ۱۳۸۷ تراز سفره آب زیرزمینی منطقه به ۱۰۶۳ متر می رسد. در سالهای مختلف به طور موقت پس از بارندگی ها تراز آب مقداری افزایش یافته ولیکن این افزایش های جزئی نتوانسته است جوابگوی برداشت بیش از حد چاههای مجاز و غیرمجاز منطقه باشد به طوری که در مدت ۱۶ سال تراز آب زیرزمینی منطقه حدود ۲۰ متر کاهش یافته است. این روند بسیار نگران کننده است و می تواند به خشک شدن سفره آب زیرزمینی بیانجامد.

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱- مقدمه

در این فصل نتایج حاصل از تحقیق که شامل بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمی و هیدروژئولوژی سفره آب زیرزمینی در جنوب شرق دشت داراب می باشد به طور خلاصه ارائه می شود.

۶-۲- بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی سفره

به منظور بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی آنالیز شیمیایی بر روی نمونه های آب زیرزمینی در دو دوره انجام گرفت که در جداول ۴-۱ و ۴-۲ ارائه شده اند و همچنین یک سری پارامترها با استفاده از نتایج آنالیزها محاسبه شدند که در جداول ۴-۴ و ۴-۵ ارائه شده اند. نتایج حاصله بیانگر موارد زیر می باشد:

۶-۲-۱- هدایت الکتریکی

بر اساس نقشه های هدایت الکتریکی منطقه مورد مطالعه در دو نوبت ملاحظه می شود که روند افزایش هدایت الکتریکی از شمال منطقه به سمت جنوب منطقه می باشد یعنی به طور کلی میزان املاح محلول در آب زیرزمینی از جایی که ارتفاعات آسماری-جهرم متشکل از آهکهای کارستی شده وجود دارد به سمت جنوب منطقه که سازندها عمدتاً آجاجاری و از جنس مارن و ژئیس می باشند، افزایش می یابد و همچنین باید ذکر کرد که در شمال منطقه که آب املاح کمتری را در خود حل کرده آب دارای کیفیت بسیار خوب و با هدایت الکتریکی حدود ۴۰۰ میکرو موس بر سانتی متر می باشد در حالی که در بخشهای جنوبی به دلیل انحلال کانیهای سولفات و غیره موجود در سازند آجاجاری هدایت الکتریکی آب زیرزمینی به ۱۶۰۰ تا ۱۸۰۰ میکروموس بر سانتی متر می رسد. همچنین هدایت الکتریکی نمونه های آب زیرزمینی از جنوب به سمت مرکز منطقه کاهش می یابد و کیفیت آب بهتر می شود. نکته شایان ذکر دیگر این است که به طور کلی هدایت الکتریکی نمونه ها در دوره دوم یعنی تیرماه نسبت به دوره اول که دی ماه است افزایش یافته که دلیل آن عدم وقوع بارش سالیانه در منطقه و افزایش زمان ماندگاری آب می باشد.

۶-۲-۲- رفتار غلظت کاتیونها و آنیونها

نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی نمونه ها و همچنین نمودارهای ترسیم شده برای یونهای کلر، سدیم، سولفات و همچنین نسبتهای یونی کلر به مجموع آنیونها و سدیم به مجموع کاتیونها نیز حاکی از روند افزایشی غلظت یونهای ذکر شده از شمال منطقه به سمت جنوب منطقه است و دلیل آن نیز همان گونه که در مورد هدایت الکتریکی ذکر شد، تفاوت در لیتولوژی غالب منطقه است. نکته قابل توجه این است که غلظت سولفات در بخش میانی منطقه که متشکل از آبرفتهای دانه درشت عهد حاضر می باشد به طور ناگهانی افزایش یافته است که دلیل آن کشاورزی وسیع

در این قسمت منطقه و استفاده از کودهای سولفات و در نتیجه فروشویی سولفات به سفره آب زیرزمینی است.

بر اساس نتایج حاصل از غلظت یونهای آب زیرزمینی و دیاگرام های پایپر و استیف ترسیم شده تیپ آب زیرزمینی در منطقه، از بیکربناته در بخشهای شمالی تا کلروره و سولفات در بخشهای جنوبی منطقه متغیر می باشد.

همچنین نتایج حاصل از سختی محاسبه شده آب زیرزمینی در منطقه نشان می دهد که مقدار سختی نمونه های آب برداشت شده در منطقه بین ۲۰۰ تا ۷۰۰ می باشد و بنابراین طبق طبقه بندی تاد در گروه آبهای سخت تا خیلی سخت قرار می گیرند دلیل سختی زیاد آبها وجود سازندهای کربناته و سولفات در منطقه و انحلال آنها توسط آبهای زیرزمینی می باشد.

بر اساس نسبت کلسیم به منیزیم محاسبه شده برای آبهای زیرزمینی موجود در سازندهای کارستی منطقه که ۱/۹ می باشد، آبهای زیرزمینی کارستی در منطقه از نوع آهکی تشخیص داده شد.

۶-۲-۳- تکامل ژئوشیمیایی

به منظور بررسی تکامل ژئوشیمیایی دشت برای تمام نمونه های آب برداشت شده از منطقه اندیس های اشباع کانیهای مختلف محاسبه شد که از مهم ترین آنها اندیس های اشباع مربوط به کانیهای هالیت، ژیپس و کلسیت می باشد و بر این اساس منطقه به ۴ زون مختلف تقسیم بندی شد و در هر زون میانگین اندیس های اشباع مربوط به این ۳ کانی محاسبه و بر اساس روند افزایش و کاهش آنها در طی مسیر، تکامل ژئوشیمیایی دشت مورد بررسی قرار گرفت. در هر چهار زون

کلسیت در حد اشباع و کمی فوق اشباع، ژئوپس تحت اشباع و هالیت خیلی پایین تر از اشباع می باشد که این روند قابل انتظار و دلیل آن حلالیت بالای هالیت، متوسط ژئوپس و کم کلسیت می باشد.

مقدار اندیس اشباع کلسیت در تمام زونها کم و بیش یکسان و همه در حد اشباع و اندکی بالاتر از اشباع می باشد که دلیل آن سازندهای آهکی اطراف به ویژه شمال و شرق منطقه و همچنین اشباع شدگی نسبتاً سریع این نمک است. مقدار شاخص اشباع ژئوپس و هالیت رفتاری تقریباً مشابه دارند و در تمام زونها در حد زیر اشباع و در بخش هایی که جریان های تغذیه کننده در دشت توسط آهکهای کارستی وجود دارد، خیلی کمتر و در بخش های انتهایی حوضه به ویژه نزدیک سازند آجاجاری مقدار آن اندکی بیشتر می شود.

۶-۲-۴- تاثیر زباله های شهری بر کیفیت آب زیرزمینی

نتایج آنالیز فلزات سنگین نشان می دهد که زباله های شهری بر کیفیت آبهای زیرزمینی پایین دست محل دفن زباله ها احتمالاً تاثیر گذاشته و آبهای زیرزمینی این قسمت از منطقه را آلوده کرده است ولی به طور قطعی نمی توان نتیجه گیری کرد.

۶-۳- بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی منطقه

نوع سفره آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه از جنس سازند سخت و آبرفت با ضخامتی حدود ۳۰ تا ۵۰ متر می باشد. سفره به علت ارتباط با سازند آسماری-چهرم از آبدهی مناسبی برخوردار

است و در بخشهایی که آبرفت درشت دانه با ضخامت زیاد است ضریب قابلیت انتقال بالاست. جهت جریان آب زیرزمینی در بخشهای شمالی منطقه که سفره از سازند آسماری-جهرم تغذیه می کند شمالی-جنوبی و در بخشهای مرکزی و جنوبی جهت جریان به تدریج عوض شده، در بخش مرکزی روند شرقی-غربی و در بخش جنوبی روند جنوب شرقی-شمال غربی پیدا می کند. عمق برخورد به آب زیرزمینی در منطقه از ۳۰ تا ۹۰ متر متغیر است و از شمال به سمت جنوب عمق برخورد به آب افزایش می یابد.

هیدروگراف واحد دشت نشان می دهد که از سال ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۷ بارندگی در منطقه یک سیر نزولی طی کرده است که این کاهش بارندگی و همچنین برداشت بیش از حد از سفره آب زیرزمینی باعث پایین آمدن تراز آب زیرزمینی در منطقه شده است به طوری که در طی این دوره ۱۶ ساله تراز آب از ۱۰۸۳ متر به ۱۰۶۳ متر رسیده است که این روند بسیار نگران کننده و خطرناک است و ممکن است غیر قابل جبران باشد.

۶-۴- پیشنهادات

در این بخش پیشنهاداتی به طور خلاصه در خصوص نتایج به دست آمده از این مطالعه و همچنین موارد مهمی که در مطالعات بعدی باید مورد توجه قرار گیرد ذکر می شود:

الف) در این مطالعه نتایج مهمی در خصوص وضعیت هیدروژئوشیمیایی سفره و همچنین وضعیت هیدروژئولوژیکی سفره آب زیرزمینی منطقه به دست آمد که می تواند جهت مدیریت بهتر منابع آب زیرزمینی مورد استفاده مسئولین قرار گیرد.

ب) جهت بررسی بهتر خصوصیات هیدروژئولوژیکی منطقه تعدادی چاه پمپاژ و همچنین عملیات حفاری ژئوفیزیکی در منطقه نیاز می باشد.

ج) مطالعات جامع و کامل تری در خصوص تاثیر زباله های شهری بر روی کیفیت آب زیرزمینی، مخصوصاً در نقاطی که این آب جهت مصارف شرب و کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد صورت گیرد.

د) مطالعات ایزوتوپی جهت تعیین منشا نیترات در آب زیرزمینی انجام شود.

مراجع فارسی:

احمدپور م. رئیسی ع. اصغری مقدم الف. (۱۳۸۴) "هیدروژئولوژی چشمه های کارستی چشمه های کارستی تاقدیس سبزپوشان" چکیده مقالات بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

اصغری مقدم الف. آقازاده ن. (۱۳۸۲) "بررسی تاثیر سازندهای زمین شناسی بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت هرزندات" صفحات ۳۹۳ تا ۳۹۵ چکیده مقالات بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

آرمان پور س. (۱۳۸۶) "ارزیابی آسیب پذیری سفره آب زیرزمینی نسبت به آلودگی در گرمابدشت گلستان" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود

رئیسی ع. کمالی م. زارع م. (۱۳۷۹) بررسی علل تغییرات هیدروشیمیایی منابع آب در تاقدیس کارستی راوندی صفحات ۲۶ تا ۳۲ چهارمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، تهران.

سازمان آب منطقه ای فارس، مرکز مطالعات شرق فارس (۱۳۸۶) "گزارش ادامه مطالعه محدوده های مطالعاتی داراب، قلعه بیابان و دراکویه.

شریعت پناهی م. (۱۳۷۵) اصول تصفیه آب انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

صداقت م. (۱۳۸۵) "زمین و منابع آب (آبهای زیرزمینی)" چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه پیام نور، ص ۲۱۰-۲۲۴.

عبداللهی م. کلانتری ن. (۱۳۸۲) بررسی کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی دشت زویرچری و هرزندات صفحات ۷۵۳ تا ۷۵۴ چکیده مقالات بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

علی نژاد ع. علاف نجیب م. (۱۳۸۳) بررسی منشا شوری آبخوان دشت آذرشهر صفحات ۴۱۱ تا ۴۱۳ چکیده مقالات بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

علیزاده الف. (۱۳۸۵) "اصول هیدرولوژی کاربردی" چاپ بیستم، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد، ص ۷۶۸-۷۷۴.

علیمرادی ص. حقیقت ر. (۱۳۸۱) بررسی مشکلات منابع آب حوضه آبریز دشت دهلران صفحات ۵۷۴ تا ۵۷۵ چکیده مقالات بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

عودی ق. (۱۳۷۳) کیفیت آب آشامیدنی انتشارات محقق، تهران.

کلانتری ن. زارعی ح. (۱۳۸۴) "بررسی کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی در آبخوان آبرفتی دشت زیدون" صفحات ۵۳۳ تا ۵۴۳، هشتمین همایش انجمن علمی زمین شناسی، شاهرود.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳۷۰) ویژگیهای آب آشامیدنی شماره ۱۰۵۳ چاپ چهارم.

ناصری ح. علیجانی ف. (۱۳۸۱) "هیدروشیمی و آلودگی آبخوان آبرفتی ایذه" صفحات ۶۵ تا ۷۲
مجموعه مقالات ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، کرمان.

مراجع انگلیسی:

Alsharhan A.Z. ,Pizk Z.A, Narin A. E. M., Bakhit D.W. and Alhajari (2007)
"Hydrogeology of an Arid Region".

Andereas M., Allan A., Detlev N. (2007) "Strategy for groundwater management in
developing countries: A case study in northern Costa Rica" Journal of Hydrology
334, pp 109-124.

Arnad L.J. (1999) "Seasonal correlation of well contamination and septic tank
distance" Ground water, Vol. 37, No. 6, pp 920-923.

Arthur W.H. (1995) "WATER QUALITY DATA Analysis and Interpretation"
EWIS PUBLISHERS.

Bouwer H. (1978) "Ground water Hydrology" Mac Graw-Hill.

Caputo D. R., Sdao F. and Masi S. (2006) "Pollution risk assessment based on
hydrogeological data and management of solid waste landfills" Engineering Geology
Vol. 85, pp 122-131.

Chae G. T., Kim K., Yun S., Kim K. H., Kim S., Choi B., Kim H., Rhee C. (2004)
"Hydrogeochemistry of alluvial groundwaters in an agricultural area: an implication
for groundwater contamination susceptibility" Chemospher 55, pp 369-378.

Cohen D. B. (1986) "Ground water contamination by toxic substances" A California
assessment. Pp499-529.

Cronin A. A., Taylor R.G., POWELL k.L. (2003) "Temporal trends in the depth-
specific hydrochemistry and sewage – relates microbiology of an urban sandstone
aquifer" Nottingham, UK. Hydroges. J.11 (2) pp205-216.

- Davis S.N. and Dewiest R.J.M. (1966) "Hydrogeology" John Wiley, New York, p 463.
- Fetter C. W. (1990) "Applied Hydrogeology" 3d. ed. Mac Millan publishing company U.S.A.
- Gallard A. H. and Tase N. (2007) "Hydrogeology and geochemical characterization of groundwater in a typical small-scale agricultural area of Japan". Journal of Asian Earth Science 29 pp18-28.
- Huaming G., Yanxin W. (2005) "Geochemical characteristics of shallow groundwater in Datong basin, northwestern China" Journal of Geochemical Exploration 87, pp109-120.
- Kim J. J., Kim S. J., Tazaki K. (2002) "Mineralogical characterization of microbial ferrihydrite and schwertmannite and manbiogenic Al-sulfate precipitates from mine drainage in the Donghae mine, Korea" Environment Geology, vol. 42 pp 19-31.
- Kovaeie G. and Ravbar N. (2004) "Potential and actual polluters of groundwater in selected karst areas in Slovenia" Geophysical Research Abstracts, Vol. 6,01452.
- Kulabako N. R., Nalubega M., Thunvik R. (2007) "Study of the impact of land use and hydrogeological settings on the shallow groundwater quality in a peri-urban area of Kampala, Uganda" Science of the Total Environment 381, pp 180-199.
- Kunwar P. S., Amrita M., Sarita S., Danish M., Vinod K. S. (2007) "Exploring Groundwater hydrochemistry of alluvial multi-way modeling" Analytica Chimica Acta 596, pp 171-182.
- Kunwar P. S., Amrita M., Vinod K. S., Danish M., Sarita S. (2005) "Chemometric analysis of groundwater quality data of alluvial aquifer of Gangetic plain, North India" Analytica Chimica Acta 550, pp 82-91.
- Longmuir D. (1971) "The geochemistry of carbonate ground waters in central Pennsylvania" Geochim Cosmochim Acta. 35, pp 1023-1045.

Mackenzie A.G. and Viets F.G. (1974) "Nutrient and other chemicals in agricultural drainage waters" p 160.

Mackey D. and Paterson S. (1991) "Evaluating the multimedia fate of organic chemicals: a III level fugacity model" Environ. Sci. Tech. 25 pp 427-436.

Reiff F.M. (1987) "Health aspects of waste water reuse for irrigation of crops" pp 245-259.

Tanji K. K. and Valoppi (1989) "Groundwater contamination by trace elements" Agric. Ecosyst. Environ. pp 229-274.

Todd D. K. (2005) "Ground water Hydrology" Third Ed, John Wiley and Sons Inc. New York, U.S.A. 535 pp.

White W. B. (1988) "Geomorphology and Hydrology of karst terrains" Oxford University Press: New York, pp 464.

World Health Organization (1993) "Guidelines for Drinking water Quality" Vol. 1: Recommendations (second Edition). WHO, Geneva.

پیوست الف

نمونه ای از فایل خروجی نرم افزار PHREEQC

```
Input file: C:\Users\123\Desktop\Phrqc3.pqi
Output file: C:\Users\123\Desktop\Phrqc3.pqo
Database file: C:\Program Files\USGS\Phreeqc Interactive 2.8\phreeqc.dat
```

```
-----
Reading data base.
-----
```

```
SOLUTION_MASTER_SPECIES
SOLUTION_SPECIES
PHASES
```

```
EXCHANGE_MASTER_SPECIES
EXCHANGE_SPECIES
SURFACE_MASTER_SPECIES
SURFACE_SPECIES
RATES
END
```

```
-----
Reading input data for simulation 1.
-----
```

```
DATABASE C:\Program Files\USGS\Phreeqc Interactive 2.8\phreeqc.dat
SOLUTION_SPREAD
      Temperature      pH  C(4)      Cl      S(6)      Ca      Mg
Na      K      Alkalinity  N(5)  Description
      mMol/kgw      mMol/kgw      mMol/kgw
mMol/kgw      mMol/kgw      as HCO3
```

	23	8.39	0	1.25	3.45	3.5	3.5
1.2	0.02	175	26.4		1		
	23	8.30	0	1.15	4.25	3.1	3.2
2.1	0.05	168	23.4		2		

TITLE <Type title here>REZAEI 1

END

TITLE

<Type title here>REZAEI 1

Beginning of initial solution calculations.

Initial solution 1. 1

-----Solution composition-----

--

Elements	Molality	Moles
Alkalinity	1.750e-001	1.750e-001
Ca	3.500e-003	3.500e-003
Cl	1.250e-003	1.250e-003
K	2.000e-005	2.000e-005
Mg	3.500e-003	3.500e-003
N(5)	2.640e-002	2.640e-002
Na	1.200e-003	1.200e-003
S(6)	3.450e-003	3.450e-003

-----Description of solution-----

--

pH = 8.390
 pe = 4.000
 Activity of water = 0.997

Ionic strength = 1.158e-001
 Mass of water (kg) = 1.000e+000
 Total carbon (mol/kg) = 1.705e-001
 Total CO2 (mol/kg) = 1.705e-001
 Temperature (deg C) = 23.000
 Electrical balance (eq) = -1.943e-001
 Percent error, 100*(Cat-|An|)/(Cat+|An|) = -91.64
 Iterations = 9
 Total H = 1.111762e+002
 Total O = 5.610969e+001

-----Distribution of species-----
 --

Species	Molality	Activity	Log Molality	Log Activity	Log Gamma
OH-	2.797e-006	2.102e-006	-5.553	-5.677	-0.124
H+	4.968e-009	4.074e-009	-8.304	-8.390	-0.086
H2O	5.551e+001	9.965e-001	1.744	-0.002	0.000
C(4)	1.705e-001				
HCO3-	1.616e-001	1.261e-001	-0.792	-0.899	-0.108
CO3-2	3.758e-003	1.393e-003	-2.425	-2.856	-0.431
CO2	1.158e-003	1.189e-003	-2.936	-2.925	0.012
MgHCO3+	1.115e-003	8.630e-004	-2.953	-3.064	-0.111
CaCO3	1.086e-003	1.115e-003	-2.964	-2.953	0.012
CaHCO3+	9.898e-004	7.723e-004	-3.004	-3.112	-0.108
MgCO3	7.403e-004	7.603e-004	-3.131	-3.119	0.012
NaHCO3	5.931e-005	6.091e-005	-4.227	-4.215	0.012
NaCO3-	2.600e-005	2.013e-005	-4.585	-4.696	-0.111
Ca	3.500e-003				
Ca+2	1.317e-003	4.956e-004	-2.881	-3.305	-0.424
CaCO3	1.086e-003	1.115e-003	-2.964	-2.953	0.012
CaHCO3+	9.898e-004	7.723e-004	-3.004	-3.112	-0.108
CaSO4	1.074e-004	1.103e-004	-3.969	-3.957	0.012
CaOH+	2.599e-008	2.012e-008	-7.585	-7.696	-0.111
CaHSO4+	3.320e-012	2.570e-012	-11.479	-11.590	-0.111
Cl	1.250e-003				

	<i>Cl-</i>	1.250e-003	9.428e-004	-2.903	-3.026	-0.122
<i>H (0)</i>		2.334e-028				
	<i>H2</i>	1.167e-028	1.199e-028	-27.933	-27.921	0.012
<i>K</i>		2.000e-005				
	<i>K+</i>	1.985e-005	1.497e-005	-4.702	-4.825	-0.122
	<i>KSO4-</i>	1.492e-007	1.155e-007	-6.826	-6.937	-0.111
	<i>KOH</i>	1.237e-011	1.270e-011	-10.908	-10.896	0.012
<i>Mg</i>		3.500e-003				
	<i>Mg+2</i>	1.499e-003	5.899e-004	-2.824	-3.229	-0.405
	<i>MgHCO3+</i>	1.115e-003	8.630e-004	-2.953	-3.064	-0.111
	<i>MgCO3</i>	7.403e-004	7.603e-004	-3.131	-3.119	0.012
	<i>MgSO4</i>	1.454e-004	1.493e-004	-3.837	-3.826	0.012
	<i>MgOH+</i>	5.643e-007	4.368e-007	-6.248	-6.360	-0.111
<i>N (5)</i>		2.640e-002				
	<i>NO3-</i>	2.640e-002	1.960e-002	-1.578	-1.708	-0.129
<i>Na</i>		1.200e-003				
	<i>Na+</i>	1.108e-003	8.590e-004	-2.955	-3.066	-0.111
	<i>NaHCO3</i>	5.931e-005	6.091e-005	-4.227	-4.215	0.012
	<i>NaCO3-</i>	2.600e-005	2.013e-005	-4.585	-4.696	-0.111
	<i>NaSO4-</i>	6.245e-006	4.834e-006	-5.204	-5.316	-0.111
	<i>NaOH</i>	1.352e-009	1.388e-009	-8.869	-8.858	0.012
<i>O (0)</i>		1.257e-037				
	<i>O2</i>	6.283e-038	6.453e-038	-37.202	-37.190	0.012
<i>S (6)</i>		3.450e-003				
	<i>SO4-2</i>	3.191e-003	1.137e-003	-2.496	-2.944	-0.448
	<i>MgSO4</i>	1.454e-004	1.493e-004	-3.837	-3.826	0.012
	<i>CaSO4</i>	1.074e-004	1.103e-004	-3.969	-3.957	0.012
	<i>NaSO4-</i>	6.245e-006	4.834e-006	-5.204	-5.316	-0.111
	<i>KSO4-</i>	1.492e-007	1.155e-007	-6.826	-6.937	-0.111
	<i>HSO4-</i>	5.572e-010	4.313e-010	-9.254	-9.365	-0.111
	<i>CaHSO4+</i>	3.320e-012	2.570e-012	-11.479	-11.590	-0.111

-----Saturation indices-----

--

<i>Phase</i>	<i>SI</i>	<i>log IAP</i>	<i>log KT</i>	
<i>Anhydrite</i>	-1.90	-6.25	-4.35	<i>CaSO4</i>

<i>Aragonite</i>	2.16	-6.16	-8.32	<i>CaCO3</i>
<i>Calcite</i>	2.31	-6.16	-8.47	<i>CaCO3</i>
<i>CO2(g)</i>	-1.48	-19.63	-18.15	<i>CO2</i>
<i>Dolomite</i>	4.80	-12.25	-17.04	<i>CaMg(CO3)2</i>
<i>Gypsum</i>	-1.67	-6.25	-4.58	<i>CaSO4:2H2O</i>
<i>H2(g)</i>	-24.78	-24.78	0.00	<i>H2</i>
<i>H2O(g)</i>	-1.56	-0.00	1.56	<i>H2O</i>
<i>Halite</i>	-7.67	-6.09	1.58	<i>NaCl</i>
<i>O2(g)</i>	-34.24	49.56	83.80	<i>O2</i>

Initial solution 2. 2

-----Solution composition-----
--

<i>Elements</i>	<i>Molality</i>	<i>Moles</i>
<i>Alkalinity</i>	1.680e-001	1.680e-001
<i>Ca</i>	3.100e-003	3.100e-003
<i>Cl</i>	1.150e-003	1.150e-003
<i>K</i>	5.000e-005	5.000e-005
<i>Mg</i>	3.200e-003	3.200e-003
<i>N(5)</i>	2.340e-002	2.340e-002
<i>Na</i>	2.100e-003	2.100e-003
<i>S(6)</i>	4.250e-003	4.250e-003

-----Description of solution-----
--

pH = 8.300
pe = 4.000
Activity of water = 0.997
Ionic strength = 1.120e-001
Mass of water (kg) = 1.000e+000
Total carbon (mol/kg) = 1.650e-001
Total CO2 (mol/kg) = 1.650e-001
Temperature (deg C) = 23.000
Electrical balance (eq) = -1.863e-001

Percent error, $100 \cdot (\text{Cat} - |\text{An}|) / (\text{Cat} + |\text{An}|)$ = -90.94

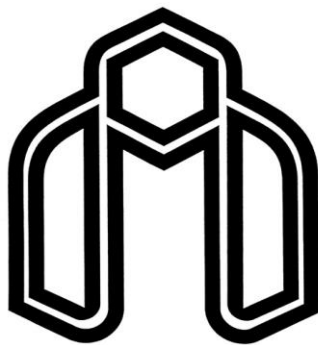
Iterations = 9

Total H = 1.111717e+002

Total O = 5.608709e+001

Abstract

The study area is part of Darab plane that is located in south east of Darab city. Two types of aquifer are observed in the rejoin are hard rock aquifer and alluvial aquifer. To study hydrogeological and hydrogeochemical characteristics of ground water physical and chemical characteristics of ground water were measured in 2 time periods. For all samples the values of Acidity, Temperature and Electerical Conductivity were measured insitue and the concentration of major ions measured in the lab. Moreover to evaluate effect of waste landfill on ground water quality, some samples were sent Canada for measurement of concentration of heavy minerals. The obtained results show that the ground water quality from north of the rejoin that covered by rocks and sediments of high solubility to south of it that covered by Aghajary formation is markedly decreased and type of water change From becarbonated to sulfated and kolorited. It is seen that in areas adjacent to municipal solid waste landfill, the waste landfill polluted the ground water. According to information of piezometers depth of ground water at north of rejoin to south of it change from 30 meter to 90 meter and the trend of ground water current in the north is north-south and at the south part is south east-north west and finally at the center part all water with a east-west trend exit from the rejoin. Water table level in a 16-years period is decreased about 20 meter due to lack of enough precipitation in the rejoin.



Shahrood University of Technology

Msc Thesis

Faculty of Earth Science

Title:

**Investigation of Hydrogeology and Hydrogeochemistry
Properties of Darab Aquifer**

By:

Leila Rezaei

Supervisor:

Dr. Gholam Hossein Karami

Consultant:

Dr. Siavash Behrooz

2009