دانشکده علوم زمین

گروه آبشناسی و زمین‌شناسی زیست محیطی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

ارزیابی تأثیر کمی و کیفی جریان آب زیرزمینی دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد بر دشت ازنا

بهاره یاراحمدی

استاد راهنما:

دکتر غلامحسین کرمی

بهمن ماه ۱۳۹۴

تقدیم به

ساحت مقدس امام زمان(عج)

پدرم، کوهی استوار و حامی من در زندگی

مادرم، سنگ صبوری که الفبای زندگی به من آموخت

استادم، که آموخت مرا تا بیاموزم

تقدیر و تشکر

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و

خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

نمی توانم معنایی بالاتر از تقدیر و تشکر بر زبانم جاری سازم و سپاس خود را در وصف همراهان خویش آشکار نمایم، که هرچه گویم و

سرایم، کم گفته ام

از استاد باکمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر غلامحسین کرمی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر

من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از کلیه اساتید ارجمند در طول دوره تحصیل از جمله آقایان دکتر کاظمی، دکتر جعفری، دکتر باقری و همچنین کارمندان محترم دانشکده

خانم ها فارسی و سعیدی قدر دانی و تشکر می نمایم.

از مسئولین و کارمندان محترم شرکت آب منطقه‌ای استان لرستان و آقایان مهندس زیودار و مهندس ابراهیمی و خانم ها سعیدی و

صادقی که در طی اجرای این پایان‌نامه، همکاری صمیمانه‌ای با من داشتند قدردانی و تشکر می نمایم.

از پدر و مادر دلسوز و مهربانم، خواهران و برادران عزیزم که آرامش روحی و آسایش فکری فراهم نمودند تا با حمایت های همه جانبه در محیطی مطلوب، مراتب تحصیلی و نیز پایان نامه درسی را به نحو احسن به اتمام برسانم؛ سپاسگزاری می نمایم.

از همکلاسی های ارجمندم خانم ها جهانشاهی، پروار، تفضلی، کشاورزیان، انصاری، زارع، حسینی، ظهرابی، موسایی، نقابی، خطیبی، برزگر و آقایان ازانی، کردلاچین، نصرتی که مرا در انجام این تحقیق یاری نمودند، قدردانی و تشکر می نمایم.

بهاره یاراحمدی

بهمن ۱۳۹۴

تعهد نامه

اینجانب **بهاره یاراحمدی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد **رشته آبشناسی** دانشکده **علوم زمین** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **ارزیابی تأثیر کمی و کیفی جریان آب زیرزمینی دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد بر دشت ازنا** تحت راهنمایی **دکتر غلامحسین کرمی** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا «**Shahrood University of technology**» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ **امضای دانشجو**

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

دشت ازنا با مساحتی حدود ۱۰۴ کیلومترمربع یکی از دشت‌های مهم استان لرستان می‌باشد. که خروجی آب‌های زیرزمینی دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد به ترتیب از شرق و شمال‌شرق به این دشت وارد می-شود. هدف اصلی از انجام این تحقیق، بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی دشت ازنا و همچنین تأثیر کمی و کیفی جریان آب زیرزمینی ورودی از دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد بر این دشت می‌باشد. به همین منظور دشت ازنا و ورودی‌های ذکر شده از نظر کمی و کیفی مورد ارزیابی قرار گرفتند. هیدروگراف واحد نشان داد که سطح آب زیرزمینی در دشت‌های ازنا، الیگودرز و مؤمن‌آباد به ترتیب حدود ۰/۸۸، ۰/۷۴ و ۱/۶۱ متر در سال افت داشته است. با توجه به مقدار افت و همچنین مقادیر آبدهی ویژه، حجم کسری مخزن برای دشت‌های ازنا، الیگودرز و مؤمن‌آباد به ترتیب حدود ۳/۶، ۰/۹ و ۴/۴ میلیون مترمکعب می‌باشد. بر اساس نقشه هم‌پتانسیل تهیه شده مقدار دبی ورودی به دشت ازنا از سمت دشت-های الیگودرز و مؤمن‌آباد به ترتیب حدود ۵/۸ و ۰/۲۷ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. بنابراین، می-توان نتیجه گرفت که حجم آب زیرزمینی ورودی از سمت دشت الیگودرز نسبتاً قابل توجه است در حالی که مقدار آب زیرزمینی ورودی از سمت دشت مؤمن‌آباد ناچیز می‌باشد. به منظور بررسی‌های هیدروژئوشیمیایی از چاه‌های موجود در منطقه در خرداد ماه ۱۳۹۴ نمونه‌برداری صورت گرفت و پس از آنالیز نمونه‌ها مشخص شد که تیپ آب زیرزمینی در دشت ازنا و ورودی‌های ذکر شده از نوع بی‌کربناته-کلسیک می‌باشد. با توجه به نمودار پایپر در تمام نمونه‌ها عناصر قلیایی‌خاکی و اسیدهای ضعیف غالب هستند، در نتیجه آب‌های زیرزمینی در این منطقه از کیفیت بالایی برخوردار می‌باشند. بنابراین، با توجه به یکسان بودن پارامترهای کیفی آب‌های زیرزمینی ورودی از دشت‌های مجاور با پارامترهای کیفی دشت ازنا، می‌توان این‌چنین اظهار نظر کرد که تأثیر کیفی آب‌های زیرزمینی ورودی به دشت ازنا تقریباً ناچیز است.

کلمات کلیدی: دشت ازنا، الیگودرز، مؤمن‌آباد، اثرات کمی و کیفی

لیست مقالات مستخرج از پایان‌نامه

۱. یاراحمدی ب. و کرمی غ، (۱۳۹۴) "بررسی کمی منابع آب زیرزمینی دشت‌های ازنا- الیگودرز" دومین همایش آب. انسان. زمین، اصفهان.

۲. یاراحمدی ب. و کرمی غ، (۱۳۹۴) "بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت-های ازنا – الیگودرز" کنفرانس جهانی رویکردهای نوین در کشاورزی و محیط زیست در راستای توسعه پایدار و تولید ایمن، دانشگاه شیراز.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق ۱

۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۲

۱-۳- آب و هوای منطقه مورد مطالعه ۳

۱-۴- آب‌های سطحی منطقه مورد مطالعه ۹

۱-۵- آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ۱۰

۱-۶- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۱۱

۱-۶-۱- چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۱۳

۱-۶-۲- زمین‌شناسی ساختاری ۱۹

۱-۷- ژئومرفولوژی منطقه ۲۰

فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین ۲۳

۲-۱- عوامل مؤثر بر کمیت آب‌های زیرزمینی ۲۳

۲-۱-۱- مقدار تغذیه سالانه آبخوان ۲۴

۲-۱-۲- حجم آب‌های ورودی ۲۶

۲-۱-۳- مقدار برداشت از آب‌های زیرزمینی ۲۷

۲-۲- عوامل مؤثر بر کیفیت آب‌های زیرزمینی ۲۹
۲-۲-۱- زمین‌شناسی منطقه ۲۹
۲-۲-۲- برداشت از آب‌های زیرزمینی ۳۱
۲-۲-۳- جریان‌های ورودی به دشت ۳۴
فصل سوم: روش انجام کار ۳۷
۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات کمی و کیفی آب زیرزمینی ۳۷
۳-۲- ترسیم نقشه زمین‌شناسی پایه منطقه مورد نظر ۳۸
۳-۳- بازدید صحرایی و نمونه‌برداری از آب‌های زیرزمینی منطقه ۳۸
۳-۴- بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی منطقه ۴۰
۳-۴-۱- رسم هیدروگراف جهت بررسی تغییرات سالیانه ۴۲
۳-۴-۲- تهیه نقشه‌های هم‌پتانسیل و هم‌افت آبخوان ۴۴
۳-۴-۳- بررسی بیلان در دشت‌های ازنا- الیگودرز- مؤمن‌آباد ۴۴
۳-۵- تحلیل داده‌های هیدروژئوشیمیایی منطقه ۴۵
۳-۵-۱- ترسیم نقشه هدایت الکتریکی ۴۵
۳-۵-۲- پارامترهای کیفی محاسبه شده ۴۵
۳-۵-۳- ترسیم نمودارهای کیفی آبخوان ۴۶
۳-۶- ارزیابی دبی جریان‌های آب زیرزمینی ورودی به دشت ازنا ۴۷
۳-۷- ارزیابی کیفی جریان‌های آب زیرزمینی ورودی به دشت ازنا ۴۷

فصل چهارم: ارزیابی هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی ۴۹
۴-۱- هیدروژئولوژی دشت ازنا ۴۹
۴-۱-۱- خصوصیات آبخوان ۵۰
۴-۱-۲- بررسی هیدروگراف واحد دشت در منطقه مورد مطالعه ۵۰
۴-۱-۳- بررسی نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه ۵۱
۴-۱-۴- نقشه افت آب‌های زیرزمینی ۵۴
۴-۱-۵- ارزیابی بیلان در دشت‌های ازنا - الیگودرز – مؤمن‌آباد ۵۹
۴-۲- ارزیابی هیدروژئوشیمیایی منطقه ۶۴
۴-۲-۱- نقشه هدایت الکتریکی منطقه مورد مطالعه ۶۸
۴-۲-۲- ارزیابی مقادیر pH آب‌های زیرزمینی ۷۰
۴-۲-۳- ارزیابی مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی ۷۰
۴-۲-۴- ارزیابی مقادیر پارامترهای محاسباتی ۷۲
۴-۲-۵- بررسی شاخص‌های اشباع ۷۳
۴-۲-۶- تعیین تیپ آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ۷۳
۴-۳- ارزیابی دبی جریان‌های آب زیرزمینی ورودی به دشت ازنا ۸۲
۴-۴- ارزیابی کیفی جریان‌های آب زیرزمینی ورودی به دشت ازنا ۸۴
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۸۹
۵-۱- نتیجه‌گیری ۸۹
۵-۱-۱- ارزیابی نقشه هم‌پتانسیل در منطقه مورد مطالعه ۸۹

۵-۱-۲- برآورد حجم آب‌های زیرزمینی ورودی به دشت ازنا از دشت‌های مجاور ۹۰
۵-۱-۳- ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی ورودی به دشت ازنا از دشت‌های مجاور ۹۱
۵-۱-۴- ارزیابی تأثیر جریان‌های ورودی به دشت ازنا از دشت‌های مجاور ۹۱
۵-۱-۵- ارزیابی تأثیر کیفی جریان‌های ورودی به دشت ازنا از دشت‌های مجاور ۹۲
۵-۲- پیشنهادها ۹۳
پیوست ۹۵
منابع ۱۰۵

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- نمایی از منطقه مورد مطالعه ۲

شکل ۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه ۳

شکل ۱-۳- نمودار امبروترمیک ایستگاه ازنا ۶

شکل ۱-۴- نمودار امبروترمیک ایستگاه الیگودرز ۷

شکل ۱-۵- جریان سطحی ورودی به دشت ازنا از سمت دشت الیگودرز ۹

شکل ۱-۶- جریان سطحی خروجی از دشت ازنا به سمت دورود ۱۰

شکل ۱-۷- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۱۲

شکل ۳-۱- نمونه‌برداری از منطقه مورد مطالعه ۳۹

شکل ۳-۲- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در منطقه ۴۰

شکل ۳-۳- موقعیت نقاط هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده در منطقه ۴۱

شکل ۳-۴- آنالیز نمونه‌ها در آزمایشگاه ۴۲

شماره ۳-۵- موقعیت پیزومترهای منطقه مورد مطالعه ۴۳

شکل ۳-۶- موقعیت نمونه‌های آنالیز شده در آزمایشگاه ۴۸

شکل ۴-۱- هیدروگراف واحد دشت ازنا ۵۳

شکل ۴- ۲- هیدروگراف واحد دشت الیگودرز ۵۳

شکل ۴-۳- هیدروگراف واحد دشت مؤمن‌آباد ۵۴

شکل ۴- ۴- نقشه هم‌پتانسیل منطقه مورد مطالعه ۵۶

شکل ۴-۵- نقشه پهنه‌بندی افت ۵۸

شکل ۴- ۶- شبکه تیسن‌بندی دشت ازنا ۵۹
شکل۴- ۷- شبکه تیسن‌بندی دشت الیگودرز ۶۱
شکل ۴- ۸- شبکه تیسن‌بندی دشت مؤمن‌آباد ۶۲
شکل ۴-۹- نقشه هدایت الکتریکی منطقه مورد مطالعه در خرداد ماه ۱۳۹۴ ..... ۶۹
شکل ۴-۱۰- نمودار شاخص اشباع یونی نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ۷۶
شکل ۴-۱۱- نمودار استیف نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ۷۸
شکل ۴-۱۲- نمودار استیف جریان‌های ورودی به دشت ازنا ۷۹
شکل ۴-۱۳- نمودار پایپر نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ۸۰
شکل ۴-۱۴- نمودار پایپر جریان‌های ورودی به دشت ازنا ۸۱
شکل ۴-۱۵- نمودار شولر نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ۸۲
شکل ۴-۱۶- نمودار شولر جریان‌های ورودی به دشت ازنا ۸۳
شکل ۴-۱۷- مقایسه هدایت الکتریکی در جریان‌های ورودی به دشت ازنا ۸۵
شکل ۴-۱۸- مقایسه غلظت سدیم در جریان‌های ورودی به دشت ازنا ۸۶
شکل ۴-۱۹- مقایسه غلظت منیزیم در جریان‌های ورودی به دشت ازنا ۸۶
شکل ۴-۲۰- مقایسه غلظت کلسیم در جریان‌های ورودی به دشت ازنا ۸۷
شکل ۴-۲۱- مقایسه غلظت کلر در جریان‌های ورودی به دشت ازنا ۸۷
شکل ۴-۲۲- مقایسه غلظت سولفات در جریان‌های ورودی به دشت ازنا ۸۸
شکل ۴-۲۳- مقایسه غلظت بی‌کربنات در جریان‌های ورودی به دشت ازنا ۸۸

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱- آمار درجه حرارت و بارندگی ایستگاه ازنا از سال ۱۳۹۲- ۱۳۸۱ ..... ۴

جدول ۱-۲- آمار درجه حرارت و بارندگی ایستگاه الیگودرز از سال ۱۳۹۲- ۱۳۸۱ ..... ۵

جدول ۱-۳- رده‌بندی اقلیمی دمارتن ۸

جدول ۱-۴- آمار منابع آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه ۱۱

جدول ۴-۱- موقعیت پیزومترها در منطقه مورد مطالعه ۵۲

جدول ۴-۲- ارتفاع سطح ایستابی در پیزومترهای حفر شده در منطقه مورد مطالعه ۵۵

جدول ۴-۳- داده‌های افت پیزومترها ۵۷

جدول ۴- ۴- مساحت تیسن‌بندی دشت ازنا ۶۰

جدول ۴- ۵- مساحت تیسن‌بندی دشت الیگودرز ۶۱

جدول ۴- ۶- مساحت تیسن‌بندی دشت مؤمن‌آباد ۶۳

جدول ۴- ۷- حجم کسری مخزن دشت‌های مورد نظر ۶۳

جدول ۴-۸- هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده در منطقه ۶۵

جدول ۴-۹- مقادیر هدایت الکتریکی و غلظت یون‌ها در چاه‌های دشت ازنا در خرداد ماه ۱۳۹۴ ..... ۶۶

جدول ۴-۱۰- پارامترهای کیفی محاسبه شده برای نمونه‌های آب مربوط به دشت ازنا ۶۷

جدول ۴-۱۱- مقدار هدایت الکتریکی و غلظت یون‌ها در جریان‌های ورودی به دشت ازنا ۶۸

جدول ۴-۱۲- طبقه‌بندی آب بر اساس سختی ۷۳

جدول ۴-۱۳- شاخص اشباع نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ۷۵

فصل اول: مقدمه

۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

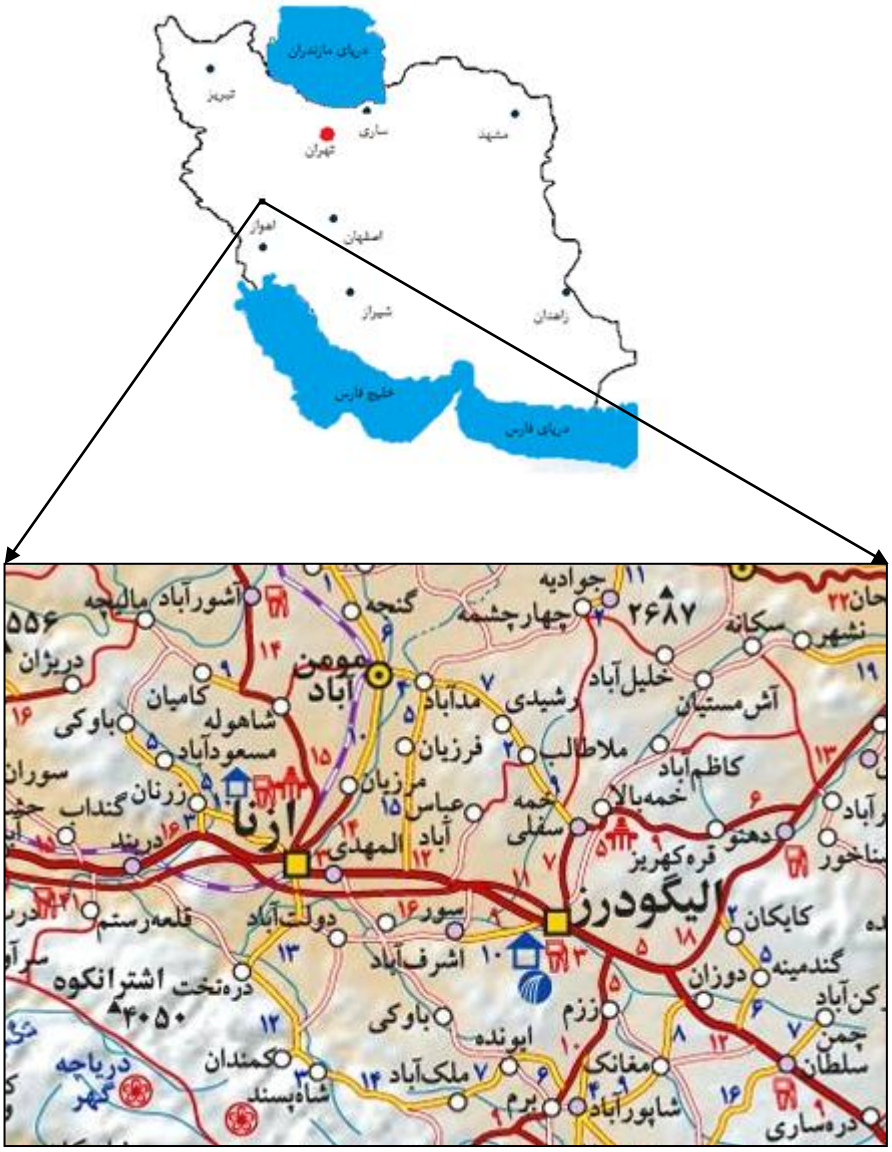
منابع آب زیرزمینی، بزرگترین ذخیره‌ی قابل دسترس آب شیرین را در مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهند. کشور ایران به دلیل کمبود بارش و زیاد بودن تبخیر، از نظر منابع آبی در وضعیت نامطلوبی قرار دارد و برداشت بی‌رویه از منابع آب‌زیرزمینی موجب افت سطح ایستابی و تخریب کیفیت منابع آب‌زیرزمینی شده است و تغییراتی را در حجم ذخایر منابع آب زیرزمینی به وجود آورده است. برای آگاهی از منابع آب زیرزمینی و مدیریت بهینه آن، لازم است بررسی دقیقی از وضعیت کمی و کیفی آب-های زیرزمینی انجام شود. بررسی دقیق خصوصیات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی می‌تواند در برنامه-ریزی تأمین آب قابل اعتماد و نیز در مدیریت آبخوان‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

دشت ازنا یکی از دشت‌های مهم استان لرستان می‌باشد که فعالیت‌های کشاورزی به طور وسیعی در سطح آن در حال انجام است. موقعیت این دشت به گونه‌ای است که خروجی دشت‌های الیگودرز از شرق و مؤمن‌آباد از شمال شرق به عنوان ورودی‌های مهم این دشت قلمداد می‌شود. تاکنون هیچگونه مطالعه‌ای بر روی خصوصیات کمی و کیفی آب زیرزمینی در دشت ازنا و به ویژه ورودی‌های این دشت انجام نشده است. بنابراین، هدف اصلی از انجام این تحقیق بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی دشت ازنا و همچنین تأثیر کمی و کیفی ورودی‌های فوق‌الذکر بر این دشت می‌باشد.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی یکی از محدوده‌های شرقی استان لرستان می‌باشد. این منطقه بین طولهای جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۳ دقیقه و ۲۴ ثانیه تا ۴۹ درجه و ۵۸ دقیقه و ۱۶ ثانیه شرقی و عرضهای جغرافیایی ۳۳ درجه و ۷ دقیقه و ۳۹ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۵۰ دقیقه و ۲۶ ثانیه عرض شمالی قرار گرفته است. دشت ازنا دارای مساحتی بالغ بر ۱۰۴ کیلومتر مربع می‌باشد و مساحت دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد به ترتیب برابر ۳۵ و ۱۱۸ کیلومتر مربع می‌باشد. این منطقه به لحاظ وجود بارش باران نسبتاً مناسب و آبرفت مناسب دارای منابع آب زیرزمینی قابل توجه و رودخانه های دائمی می‌باشد که از سرشاخه‌های رودخانه کارون محسوب می‌شوند. رشته‌کوه اشترانکوه با حداکثر ارتفاع ۴۰۹۰ متر از سطح دریا به عنوان بلندترین نقطه در منطقه مورد مطالعه و همچنین استان لرستان شناخته شده است. شکل‌های (۱-۱) و (۱-۲) به ترتیب نمایی از منطقه و موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهند.

شکل ۱-۱- نمایی از منطقه مورد مطالعه



شکل ۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه

۱-۳- آب و هوای منطقه مورد مطالعه

به منظور بررسی آب و هوا و اقلیم منطقه از آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی ازنا و الیگودرز استفاده شده است. جدول‌های (۱-۱) و (۱-۲) متوسط درجه حرارت و بارندگی ماهانه در یک دوره ۱۲ ساله را به ترتیب در ایستگاه‌های ازنا و الیگودرز نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱- آمار درجه حرارت و بارندگی ایستگاه ازنا از سال ۱۳۹۲- ۱۳۸۱

(سازمان هواشناسی استان لرستان)

زمان (ماه)	میانگین درجه حرارت ماهانه (درجه سانتیگراد)	میانگین بارندگی ماهانه (میلی‌متر)
مهر	۱۶/۵	۵/۰
آبان	۹/۵	۵۱/۵
آذر	۳/۱	۶۱/۷
دی	-۱/۷	۵۲/۲
بهمن	-۰/۲	۶۲/۳
اسفند	۶/۰	۳۹/۹
فروردین	۹/۷	۸۵/۴
اردیبهشت	۱۴/۴	۵۴/۴
خرداد	۲۰	۲/۵
تیر	۲۵	۰/۱
مرداد	۲۴/۶	۰/۱
شهریور	۲۱/۳	۴/۱
سالانه	۱۲/۳	۴۱۹/۲

با توجه به آمار ارائه شده توسط ایستگاه هواشناسی ازنا، بیشترین بارندگی در فروردین ماه و بیشترین دما در تیر ماه اتفاق می‌افتد. کمترین بارندگی در این دوره آماری ۱۲ ساله، در ماههای تیر و مرداد و کمترین دما در دی ماه روی می‌دهد. حداکثر مقدار بارندگی در سال ۱۳۸۳ با ۷۳۴/۶ میلیمتر و حداقل آن در

سال ۱۳۸۷ با ۲۵۲/۴ میلیمتر بوده است. میانگین دمای سالانه ۱۲/۳ درجه سانتیگراد و میانگین بارندگی سالانه ۴۱۹/۲ میلیمتر می‌باشد (سازمان هواشناسی استان لرستان).

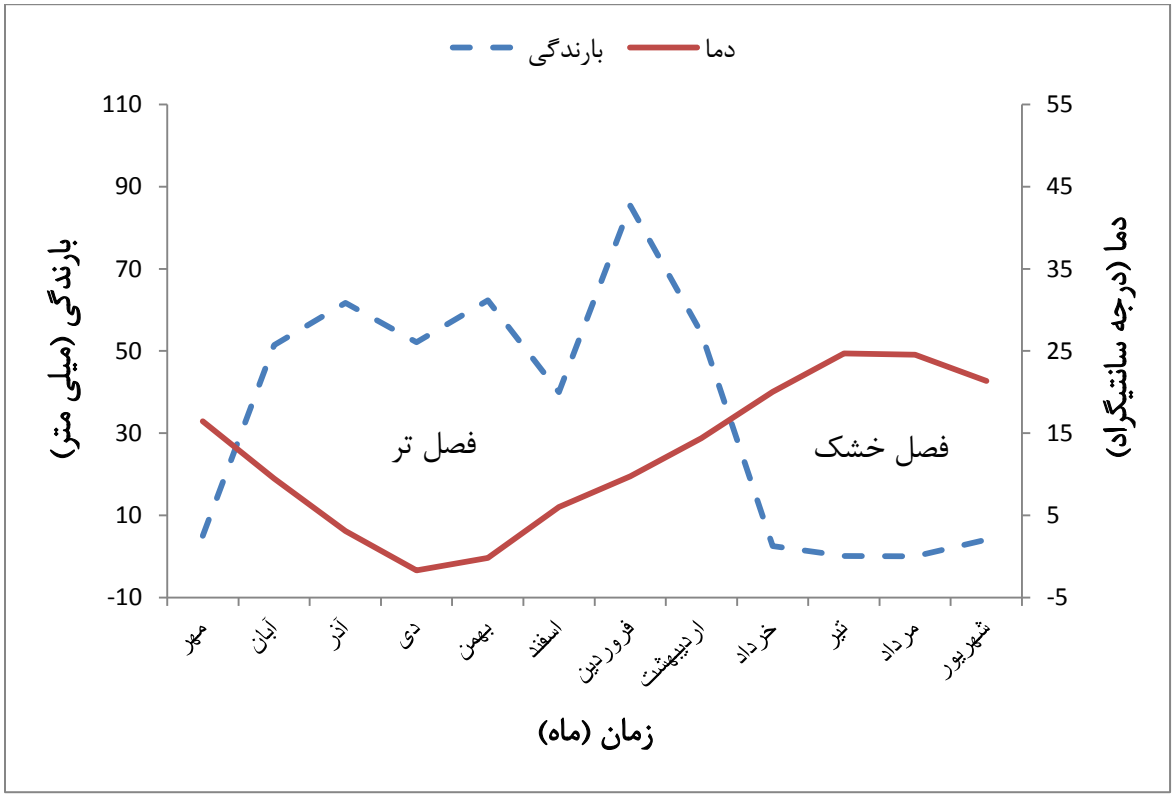
جدول ۱-۲- آمار درجه حرارت و بارندگی ایستگاه الیگودرز از سال ۱۳۹۲- ۱۳۸۱

(سازمان هواشناسی استان لرستان)

زمان (ماه)	میانگین درجه حرارت ماهانه (درجه سانتیگراد)	میانگین بارندگی ماهانه (میلی‌متر)
مهر	۱۶/۸	۴/۳
آبان	۹/۷	۵۰/۹
آذر	۳/۶	۵۷/۸
دی	-۰/۳	۴۶/۶
بهمن	۰/۸	۶۰/۲
اسفند	۶/۰	۳۳/۱
فروردین	۹/۵	۹۳/۸
اردیبهشت	۱۴/۳	۴۹/۳
خرداد	۲۰/۰	۳/۱
تیر	۲۴/۹	۰/۸
مرداد	۲۵/۵	۰/۷
شهریور	۲۲/۲	۳/۱
سالانه	۱۲/۷	۴۰۳/۶

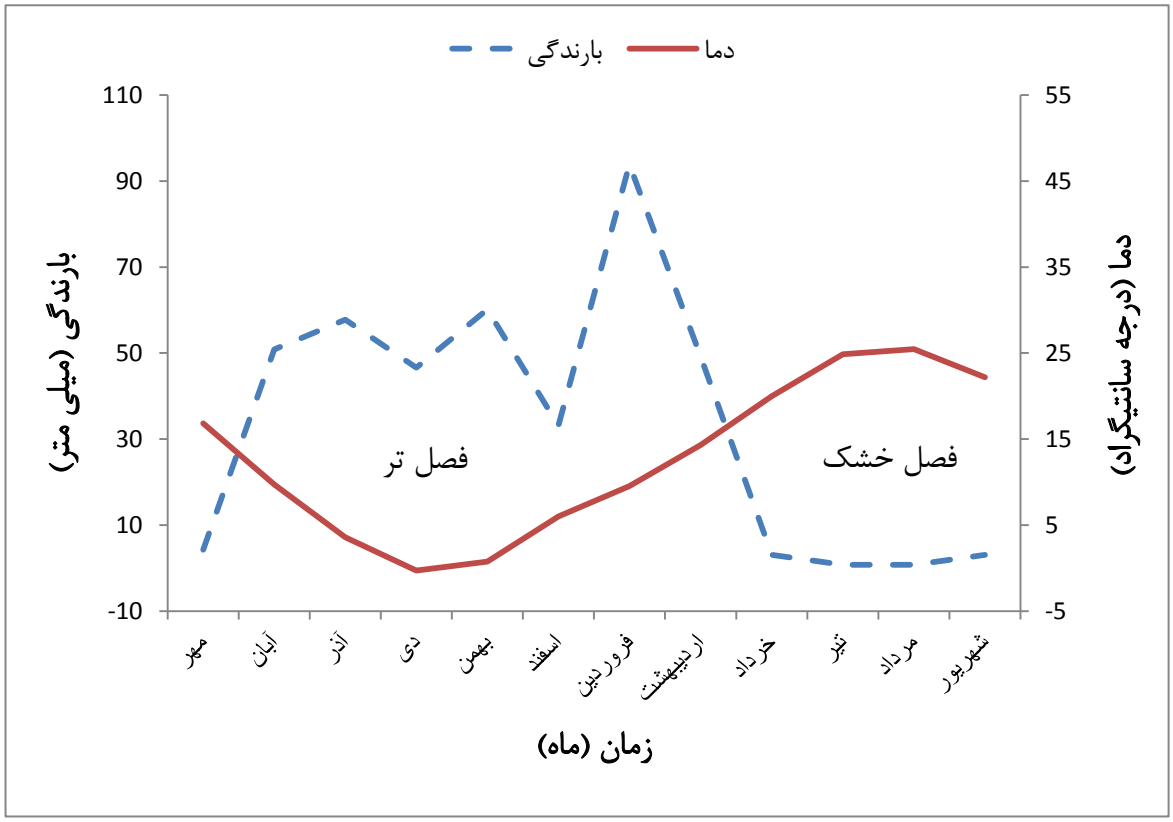
با توجه به آمار ارائه شده توسط ایستگاه هواشناسی الیگودرز، بیشترین بارندگی در فروردین ماه و بیشترین دما در مرداد ماه اتفاق می‌افتد. کمترین بارندگی نیز در این دوره آماری ۱۲ساله در مرداد ماه و کمترین دما در دی ماه روی می‌دهد. حداکثر مقدار بارندگی در سال ۱۳۸۳ با ۶۳۱/۱ میلیمتر و حداقل مقدار آن در سال ۱۳۹۰ با ۲۴۸/۶ میلیمتر بوده است. میانگین دمای سالانه ۱۲/۷ درجه سانتیگراد و میانگین بارندگی سالانه ۴۰۳/۶ میلیمتر می‌باشد (سازمان هواشناسی استان لرستان).

نمودار امبروترمیک ایستگاه ازنا در شکل (۱-۳) آورده شده است. نقطه تلاقی منحنی میانگین بارندگی با منحنی میانگین دما، جداکننده فصل خشک و تر از یکدیگر می‌باشد. طبق این نمودار فصل تر از از آبان تا اردیبهشت ماه بوده است و فصل خشک از خرداد تا مهر ماه می‌باشد.



شکل ۱-۳- نمودار امبروترمیک ایستگاه ازنا

نمودار امبروترمیک ایستگاه الیگودرز در شکل(۱-۴) آمده است. طبق این نمودار فصل تر از آبان تا اردیبهشت ماه بوده است و فصل خشک از خرداد تا مهر ماه می‌باشد.



شکل ۱-۴- نمودار امبروترمیک ایستگاه الیگودرز

به منظور تعیین اقلیم منطقه از روش دمارتن استفاده شده است. دمارتن با توجه به میانگین دما و بارش سالیانه، ضریبی به نام ضریب خشکی ارائه کرده است که مقدار این ضریب با توجه به جدول (۱-۳) اقلیم منطقه را مشخص خواهد کرد.

جدول ۱-۳- رده‌بندی اقلیمی دمارتن (علیزاده ۱۳۸۹)

نام اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتن (I)
خشک	کوچکتر از ۱۰
نیمه‌خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه‌ای	۲۰ تا ۲۳/۹
نیمه‌مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۳۴/۹
بسیار مرطوب	بزرگتر از ۳۵

ضریب خشکی دمارتن با استفاده از معادله (۱-۱) محاسبه می‌شود:

معادله (۱-۱)
$$I = \frac{P}{T+10}$$

در این معادله، P میانگین بارندگی سالانه (میلیمتر)، T میانگین دمای سالانه (درجه سانتیگراد) و I ضریب خشکی می‌باشد. با محاسبه ضریب خشکی و مراجعه به جدول نوع اقلیم منطقه تعیین می‌شود. در منطقه ازنا ضریب خشکی برابر با ۱۸/۷۵ به دست می‌آید که با توجه به جدول (۱-۳) اقلیم منطقه از نوع نیمه‌خشک می‌باشد. در منطقه الیگودرز ضریب خشکی برابر با ۱۷/۷۴ به دست می‌آید که نشان دهنده اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد.

۱-۴- آب‌های سطحی منطقه مورد مطالعه

عمده‌ترین جریان‌های سطحی واقع در منطقه مورد مطالعه، رودخانه‌های ازنا و الیگودرز می‌باشند. از دیگر جریان‌های سطحی واقع در محدوده مورد مطالعه می‌توان به رودخانه‌های دره دائی، عسلشاه، تیرون، دره-دزدان، دره‌لکو اشاره نمود. رودخانه ازنا در راستای شمال به جنوب طی مسیر نموده و با دریافت جریانات سطحی رودخانه الیگودرز در راستای شرقی- غربی جریان می‌یابد، در ادامه مسیر رودخانه‌های کمندان و دره‌تخت (با راستای تقریبی جنوب به شمال) نیز به این رودخانه پیوسته و رودخانه اصلی ماربره را در منطقه دورود به وجود می‌آورد. در نهایت رودخانه ماربره با پیوستن به رودخانه تیره، رودخانه اصلی سزار را تشکیل می‌دهند. شکل‌های (۱-۵) و (۱-۶) جریان‌های سطحی خروجی از دشت‌های الیگودرز و ازنا را نشان می‌دهد.

شکل ۱-۵- جریان سطحی ورودی به دشت ازنا از سمت دشت الیگودرز (دید به سمت شرق)

شکل ۱-۶- جریان سطحی خروجی از دشت ازنا به سمت دورود (دید به سمت جنوب)

۱-۵- آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

بر اساس آماربرداری انجام شده وضعیت منابع آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه به صورت جدول (۱-۴) می‌باشد.

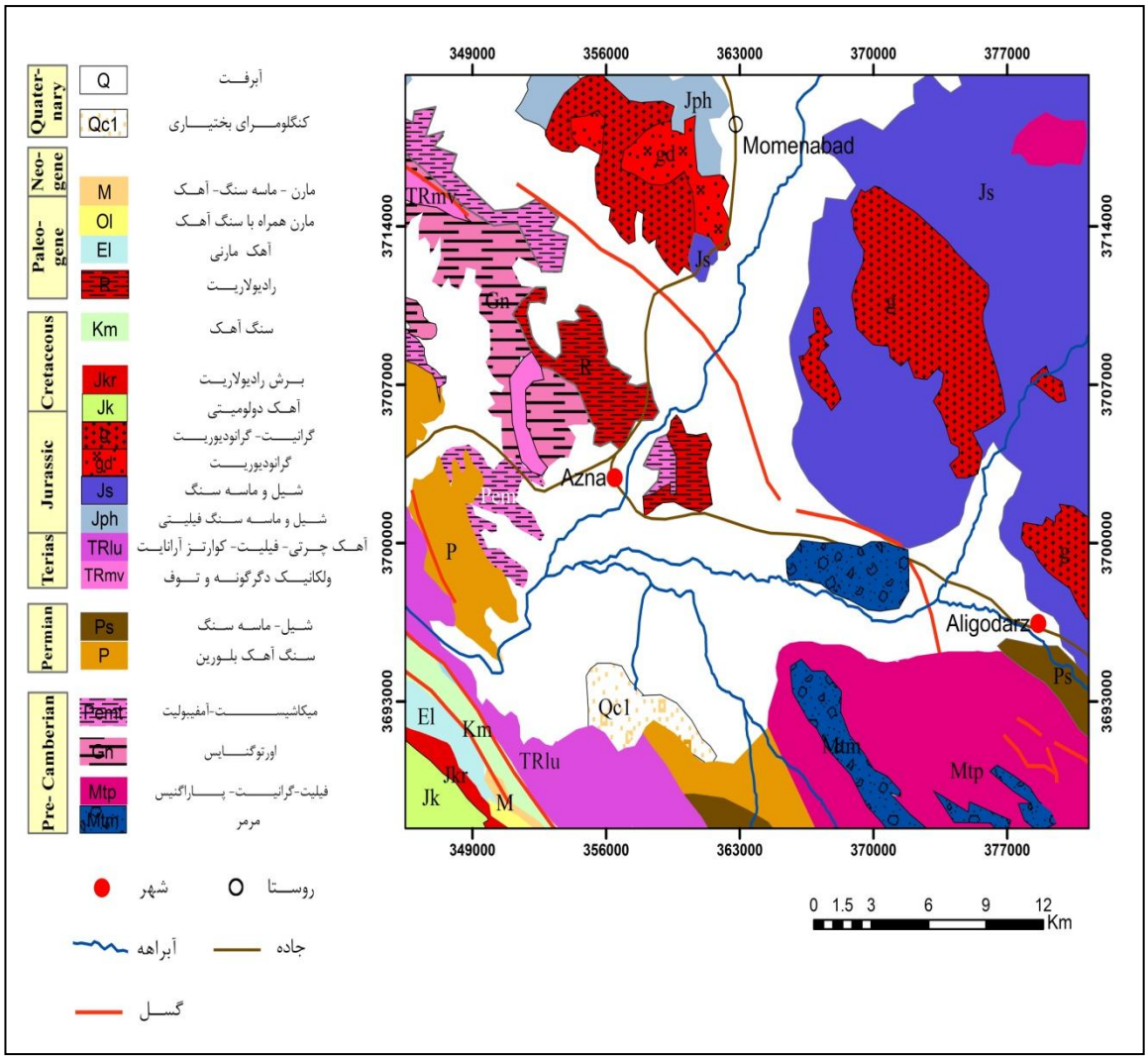
جدول ۱-۴- آمار منابع آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه

نوع منبع	تعداد	حداکثر آبدهی (l/s)
چاه عمیق	۸۹۶	۱۷۱
چاه نیمه عمیق	۸۰۷	۱۰۳
قنات	۳۷۱	۱۸۵
چشمه	۱۴۶۲	۹۲/۷

بر اساس آمار عمیق‌ترین چاه در محدوده روستای شهریار به عمق ۱۵۰ متر و کم عمق‌ترین چاه‌ها در محدوده روستای داود پیغمبر به عمق ۳ متر حفاری شده‌اند.

۱-۶- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان لرستان، در جنوب غربی کشور و در دامنه رشته‌کوه‌های زاگرس واقع گردیده است. ناحیه جنوب غربی منطقه از نظر زمین ساخت در بخش خردشده زاگرس و ناحیه شمال شرقی در قسمت دگرگون شده زون سنندج - سیرجان واقع شده است. این دو ناحیه به وسیله دشت‌های ازنا و الیگودرز و دورود از همدیگر تفکیک می‌گردند. و از روند کلی آن (شمال غرب- جنوب شرق) تبعیت می‌کند. منطقه خرد شده زاگرس و زون دگرگون شده سنندج - سیرجان به وسیله گسل بزرگ و عمیقی که از جنوب کوه‌های اشترانکوه شروع و پس از گذشتن از شهر دورود تا جنوب شهر بروجرد ادامه می‌یابد، از یکدیگر مجزا می‌گردد. بخش واقع در جنوب غربی این گسل متعلق به ناحیه خرد شده زاگرس و بخشی که در شمال آن قرار دارد مربوط به زون سنندج - سیرجان می‌باشد. شکل (۱-۷) نقشه زمین‌شناسی منطقه را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحضه می‌شود واحدهای سنگی موجود در منطقه از سازندهای پرکامبرین تا نهشته‌های عهد حاضر به چشم می‌خورند که به طور مختصر معرفی می‌شوند.



شکل ۱-۷- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

۱-۶-۱- چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه

سازندهای مختلف زمین‌شناسی رخنمون یافته در محدوده مطالعاتی از نظر لیتولوژی از نهشته‌های زیر تشکیل گردیده است.

واحدهای سنگی پرکامبرین

این واحدهای سنگی در محدوده مورد مطالعه غالباً از مرمر، میکاشیست، آمفیبولیت، کوارتزیت و دولومیت‌های کاملاً کریستالیزه شده تشکیل گردیده است. سنگ‌های مربوط به این دوره در بخش جنوبی جاده الیگودرز - چمن سلطان گسترش داشته و به شدت چین خورده‌اند. با توجه به اینکه قسمت‌های تحتانی این سازندها غالباً توسط آبرفت‌های دوران چهارم (در حاشیه دشت) پوشیده شده است، مقطع کامل این سازندها در منطقه الیگودرز - چمن سلطان قابل رویت نمی‌باشد. در محدوده مطالعاتی سنگ-های دگرگون شده مذکور دارای امتداد شمال غربی - جنوب شرقی بوده و شیب عمومی به طرف شمال شرقی می‌باشد. بخش فوقانی این سازندها در مواردی توسط نهشته‌های پرمین و با نبود چینه‌شناسی در بعضی نقاط توسط نهشته‌های جوانتر به صورت دگرشیبی پوشیده شده است. درمحدوده مورد مطالعه رخساره آذرین گرانیتی نیز به سازندهای پرکامبرین تعلق داشته و در ارتفاعات حاشیه غربی فارسیان و هامون (در بخش مرکزی محدوده مطالعاتی) دارای رخنمون می‌باشد.

سازند میلا

این سازند در جنوب غربی محدوده مطالعاتی و در یال جنوب غربی ارتفاعات اشترانکوه و در بخش‌های جنوب غربی و غربی دهکده ولی‌آباد رخنمون داشته و متعلق به دوره کامبرین میانی و بالایی می‌باشد. در محدوده مورد مطالعه نهشته‌های فوق از شیل‌های ماسه‌سنگی میکادار به رنگ سبز زیتونی، آهک‌های مارنی و ورقه‌ای و آهک‌های متبلور تشکیل گردیده است.

واحدهای سنگی دوره پرمین

نهشته‌های پرمین در محدوده مطالعاتی دارای دو رخساره متفاوت می‌باشد. رخساره اول شامل ماسه‌سنگ، شیست و شیل می‌باشد و رخساره دوم شامل مرمر می‌باشد.

الف- رخساره ماسه‌سنگی، شیستی، شیلی، ولکانیکی: این رخساره در جاده بین الیگودرز به چمن-سلطان، جنوب دهکده آب باریک، جنوب ازنا دارای رخنمون می‌باشد. در جنوب جاده الیگودرز به چمن-سلطان نهشته‌های پرمین غالباً از شیست‌هایی با درجه دگرگونی کم (همچون فیلیت و اسلیت) تشکیل گردیده که بدون دگرشیبی زاویه‌ای برروی سازندهای پرکامبرین قرار گرفته است. در جنوب دهکده آب باریک این نهشته‌ها از شیست و شیل و دیاباز (به‌صورت عدسی) و به رنگ سبز روشن تشکیل گردیده است. در جنوب شهر ازنا و همچنین شمال راه ازنا به بروجرد نهشته‌های پرمین از ماسه‌سنگ و شیل آمفیبولیت‌دار، توف و گدازه‌های ولکانیکی تشکیل گردیده و در مواردی دارای چرت نیز می‌باشد. این رخساره به دلیل دارا بودن لایه‌های شیستی و نداشتن شکستگی عموماً دارای خلل و فرج بسیار کم می-باشد.

ب- رخساره مرمری: در محدوده مطالعاتی سنگ‌آهک متبلور شده (مرمر) به صورت عدسی‌هایی در داخل نهشته‌های شیستی و شیلی پرمین قرار گرفته و رخساره مرمری پرمین را به وجود آورده است که گسترش این عدسی‌ها در غرب ازنا و جنوب زرنان به حداکثر خود می‌رسد. کوه‌سفید در ۱۰۰ کیلومتری غرب شهرستان ازنا و جنوب زرنان دارای رخنمون بسیار گسترده این نوع رخساره از نهشته‌های پرمین می‌باشد. در حوالی روستای برن‌آباد در جنوب جاده ازنا به الیگودرز سنگ‌های کربناته به شدت کریستالیزه شده وجود داشته که کاملاً تبدیل به دولومیت شده است. رنگ سفید این نوع رخساره باعث تمایز و تشخیص سریع آن از سنگ‌های تیره رنگ اطراف می‌گردد. این رخساره غالباً به دلیل فرسایش

دارای خلل و فرج فراوان می‌باشد. با توجه به این مطلب رخساره مذکور از نظر منابع آب کارستیک می-تواند حائز اهمیت قلمداد گردد.

سازندهای دگرگونی، ولکانیکی، توف (تریاس)

نهشته‌های تریاس با رخساره شیستی، شیلی و ماسه‌سنگی دگرگون شده بخش مهمی از منطقه مطالعاتی را تحت پوشش قرار داده است. به طوریکه قسمت اعظم سازندهای زمین‌شناسی رخنمون یافته در شمال جاده چمن‌سلطان به ازنا و ازنا به بروجرد از نهشته‌های مذکور تشکیل گردیده است. این نهشته‌ها به وسیله توده‌های گرانیکی، دیوریتی و گابرویی بریده می‌شود. سنگ‌های ولکانیکی فوق گاهی سازندهای اطراف خود را به شدت دچار دگرگونی کرده و سنگ‌های مجاور را به گنایس تبدیل می‌نمایند. در مناطقی که شدت دگرگونی مجاورتی زیاد نیست، شیل‌های متعلق به دوره تریاس به شیست تبدیل می‌گردد. چنانچه در شمال و شمال غرب الیگودرز و در بخش غربی خط راه آهن ازنا به هامون این شیست‌ها به چشم می‌خورد. سازندهای رخنمون یافته در شمال جاده چمن‌سلطان به الیگودرز از نظر سنگ‌شناسی تا حدود زیادی شبیه سازندهای شمشک در ناحیه البرز و ایران مرکزی است. زیرا بیشتر از شیل‌های سبز زیتونی تا سیاه همراه با لایه‌هایی از ماسه سنگ‌های کوارتزیتی تشکیل گردیده است. این نهشته‌ها به-صورت هم‌شیب بر روی سازندهای پرمین واقع شده است.

سازندهای شیلی، ماسه‌سنگی و اسلیتی (ژوراسیک)

این سازندها در محدوده مطالعاتی در شمال جاده ازنا به بروجرد بیشتر از اسلیت و شیل سیاهرنگ به - صورت فیلیتی همراه با تناوبی از لایه‌های حاوی ماسه‌سنگ کوارتزیتی با ضخامت متغیر تشکیل گردیده است. نهشته‌های مذکور در بخش‌های تحتانی بیشتر دگرگون شده و در بخش‌های فوقانی از میزان دگرگونی کاسته می‌گردد. چنانچه در قسمت‌های سطحی، نهشته‌های فوق به طور کامل از شیل و ماسه-

سنگ تشکیل گردیده است. وجود رگه‌های کوارتز در این نهشته‌ها مرتبط به مراحل انتهایی نفوذ توده‌های گرانیتی به درون آن‌ها می‌باشد. همچنین در بخش‌های فوقانی و در بالاترین لایه‌های مربوط به این نهشته‌ها، در مواردی لایه‌هایی از ماسه‌سنگ دانه درشت و کنگلومرا مشاهده می‌گردد. سازندهای دگرگونی دوره تریاس و ژوراسیک را بایستی دنباله دگرگونی عمومی قلمداد نمود که همدان و اطراف آن را تحت تاثیر قرار داده است. در بین سری‌های دگرگونی غرب ازنا عدسی‌های قابل استخراج و نسبتاً خالص تالک گاهی به ضخامت ۲۰ متر و طول ۵۰۰ متر در داخل تالک‌شیست‌ها واقع شده و از دهه‌های قبل تاکنون در حال استخراج می‌باشد. بایستی توجه داشت که از حوالی ازنا تا دورود، عدسی‌های مذکور کمابیش به دنبال هم قرار دارند. این پدیده احتمالاً مربوط به لایه منیزیم‌داری است که قبل از دگرگونی در بین سری‌های رسوبی وجود داشته است.

سازندهای آهکی دولومیتی (ژوراسیک - کرتاسه)

به طور کلی ضخامت نهشته‌های آهکی - دولومیتی متعلق به ژوراسیک بالایی - کرتاسه زیرین حدود ۳۰۰۰ متر بوده و دارای گسترش فراوان می‌باشد. نهشته‌های مذکور از پایین به بالا از نظر لیتولوژی به واحدهای زیر تقسیم‌بندی می‌گردد.

- آهک‌های دولومیتی ضخیم‌لایه خاکستری تیره تا سیاه با تناوبی از لایه‌های آهکی (اوولیتیکی)
- آهک‌های دولومیتی به رنگ آبی روشن با تناوبی از آهک‌های نازک‌لایه زردرنگ، صورتی و سفید که در بخش‌های فوقانی این مجموعه دانه‌ها و باندهای چرتی وجود دارد.
- آهک‌های خاکستری تیره تا سیاه نازک‌لایه که در بخش‌های فوقانی حاوی چرت‌های سفیدرنگ می‌باشد.

این نهشته‌ها به صورت هم‌شیب بر روی سازندهای دگرگونی تریاس - ژوراسیک قرار دارند و خود با نهشته‌های کنگلومرای قاعده‌ای ائوسن به‌صورت دگرشیب در تماس می‌باشد. در این سازندها حفرات

متعدد و گسل‌های کوچک و بزرگ متعددی وجود داشته و خردشدگی بیش از حد در این آهک‌ها که عموماً عمود بر جهت شیب طبقات می‌باشد باعث وضوح سطوح طبقه‌بندی در سازندهای مذکور شده است. در برخی از نقاط در محدوده مطالعاتی سازندهای آهکی- دولومیتی ژوراسیک - کرتاسه، توسط گسلی با امتداد شمال غربی - جنوب شرقی در مجاورت آهک‌ها و مارن‌های الیگومیوسن واقع شده است. آهک‌های مذکور از لحاظ بررسی منابع آب کارستیک منطقه دارای اهمیت فراوان می‌باشد.

واحدهای سنگی رادیولاریت (کرتاسه)

در طول و به موازات خط راندگی زاگرس نوار افیولیت - رادیولاریت وجود دارد که ادامه آن در عمان نیز یافت می‌گردد. افیولیت - رادیولاریت‌های زاگرس و عمان از نظر چینه‌شناسی و ساختمانی وضع ثابت و یکنواختی دارند. این مجموعه در مقطع تیپ دارای سه بخش مشخص می‌باشد.

بخش زیرین یا بخش رسوبی: از نظر لیتولوژی شامل رادیولاریت‌های قرمز همراه با چرت‌های لایه‌ای قرمز تا سبز و خاکستری است که در آن آهک متبلور حاوی فسیل با ضخامت زیاد دیده می‌شود.

بخش میانی یا بخش ملانژ: شامل قطعات بیگانه رسوبی و آذرین از نوع سنگ‌های اولترابازیک، دیاباز و اسپیلیت است که در یک زمینه رسوبی پراکنده‌اند.

بخش فوقانی یا بخش افیولیتی: در قاعده این بخش توده افیولیت به ضخامت چند متر دیده می‌شود و روی آن مجموعه‌هایی از قطعات آهکی متبلور که دچار دگرگونی ضعیف شده و ظاهراً نابجا است دیده می‌شود. برروی این آهک‌ها مجموعه‌های افیولیتی واقعی وجود دارد که ضخامت آن به کیلومترها می‌رسد.

واحدهای آهکی (کرتاسه)

در جنوب ازنا در دامنه شمالی اشترانکوه، سازندهای آهکی کرتاسه به ضخامت حدود ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر به‌صورت لایه‌ای یا توده‌ای به رنگ خاکستری تیره و در مواردی خاکستری مایل به آبی و سبز رخنمون

یافته است. در بخش‌های میانی و فوقانی این نهشته‌ها فسیل‌های رودیست و اوربیتولین‌دار به حد وفور یافت می‌گردد. این سازندها در جنوب غربی دشت ازنا - دورود دارای لایه‌بندی به ضخامت ۳۰ تا ۹۰ متر بوده و اغلب در اثر فرسایش و آب شکستگی حفرات غار مانندی در سطح سنگ ایجاد شده است و از نظر منابع آب کارستیک دارای اهمیت فراوان می‌باشد.

واحدهای مارنی و آهک‌های مارنی (ائوسن)

این سازندها در منطقه مورد مطالعه در دامنه شمالی اشترانکوه گسترش نسبتاً مناسبی داشته و دارای لایه‌بندی نازک می‌باشد. در منطقه مطالعاتی نهشته‌های مارنی و آهکی‌مارنی ائوسن بر روی آهک‌های ژوراسیک - کرتاسه قرار گرفته و خود به وسیله نهشته‌های آهکی الیگومیوسن به صورت دگرشیب پوشیده می‌شود. در این محدوده آهک‌های ماسه‌سنگی دانه درشت توسط آهک‌های مارنی دانه ریز به رنگ نخودی مایل به سبز روشن و نازک‌لایه پوشیده شده است. آهک‌های مذکور با توجه به قدمت و وسعت کمتر از نظر منابع آب کارستیک نسبت به سازندهای آهکی دوران دوم از درجه اهمیت نسبتاً کمتری برخوردار می‌باشند.

سنگ‌های آهکی مرجانی (الیگومیوسن)

این سازندها در منطقه مورد مطالعه در جنوب ازنا و غالباً در دامنه شمالی اشترانکوه دارای رخنمون نسبتاً مناسب می‌باشند. ضخامت سازندهای آهکی الیگومیوسن از ۸۰تا ۴۵۰ متر در این ناحیه متغیر می‌باشد. در جنوب غربی آبادی دربند واقع در حد واسط دورود - ازنا طبقات آهکی الیگومیوسن به صورت تقریباً افقی واقع شده‌اند. همچنین سازندهای آهکی الیگومیوسن در بخش جنوبی ناحیه کمندان (در یال شمالی کمندان) بر روی سازندهای مارنی و آهک‌مارنی ائوسن قرار گرفته است. سازندهای فوق نیز همانند آهک-های مارنی ائوسن با توجه به وسعت و گسترش کم در محدوده مطالعاتی از نظر منابع آب کارستیک نسبت به سازندهای آهکی دوران دوم از اهمیت کمتری برخوردار می‌باشند.

نهشته‌های کنگلومرایی سخت نشده (کواترنری)

واحد کنگلومرایی پلیستوسن در جنوب ازنا در ناحیه دولت‌آباد در زیر واحدهای جوانتر آبرفتی دوران چهارم قرار گرفته است. عناصر تشکیل دهنده کنگلومرای مذکور از بیرون‌زدگی‌های همان محل (نهشته-های مجاور) تشکیل شده و سیمان ماسه‌ای و سیلتستون باعث اتصال مواد تشکیل دهنده آن شده است. فرق عمده کنگلومرای این سازندها با کنگلومرای بختیاری در این است که کنگلومرای پلیوستوسن سخت نشده و شیب طبقات آن از ۵ درجه بیشتر نمی‌باشد. در صورتیکه که کنگلومرای بختیاری بسیار محکم و سخت و شیب طبقات آن بیشتر از ۵ درجه است. کنگلومرای پلیستوسن در دامنه کوه‌های منطقه تپه-ماهورهای کوچکی را به وجود آورده که با فرسایش هزار دره‌ای خود مشخص می‌باشد. این سازندها به - صورت دگرشیب نهشته‌های قدیم‌تر را پوشانیده و خود به وسیله آبرفت‌های مختلف دوران چهارم پوشیده می‌شود.

نهشته‌های آبرفتی (عهد حاضر)

نهشته‌های آبرفتی دوران چهارم مخازن عمده آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. این نهشته‌ها بخش اعظم سطح دشت‌های ازنا و الیگودرز و مؤمن‌آباد را تشکیل می‌دهند. مواد تشکیل دهنده نهشته‌های آبرفتی، مخلوطی از قطعات قلوه‌سنگ، ماسه و رس (به همراه کمی قطعات آهکی) می-باشد. آبرفت‌های مذکور غالباً دارای فشردگی کم بوده و از نفوذپذیری بسیار زیادی برخودار می‌باشند.

۱-۶-۲- زمین‌شناسی ساختاری

با توجه به شرایط تکتونیکی وفعالیت‌های کوهزایی به وقوع پیوسته در ناحیه زاگرس، شکاف‌ها و گسل‌های زیادی در سازندهای مختلف زمین‌شناسی و از جمله سازندهای مقاوم آهکی به وجود آمده است. گسل-های واقع در محدوده مورد مطالعه دارای جهت شمال غربی به جنوب شرقی می‌باشند که عبارتند از:

گسل‌های واقع در سازندهای گرانیتی شمال منطقه که غالباً به صورت شکاف بوده و جابه‌جایی کمی را در سازندهای سنگی ایجاد نموده‌اند.

گسل موجود در آهکهای ژوراسیک-کرتاسه اشترانکوه واقع در ارتفاعات جنوب غربی دشت ازنا که دارای جهت شمال غربی - جنوب شرقی بوده وطول آن حدود ۲۰ کیلومتر می‌باشد.

گسل موجود در واحدهای دگرگونی پرکامبرین و پرمین واقع در جنوب شرقی شهر ازنا واقع در کوه سفید که به صورت رورانده بوده و باعث جابه‌جایی نسبی بخشی از سازندها در این ناحیه شده است. طول این گسل حدود ۲۰ کیلومتر می باشد. علاوه بر گسل‌های مذکور تعدادی گسل کوچک در منطقه مورد مطالعه وجود داشته که در ساختمان زمین‌شناسی این ناحیه نقش مهمی را ایفا نمی‌نمایند. در محدوده مطالعاتی گسل‌های قدیمی دارای امتداد شمال غربی- جنوب شرقی بوده و با شیب کم به صورت رورانده عمل نموده‌اند. در حالی که گسل‌های جوانتر عمود بر گسل‌های قدیمی بوده و به عنوان گسل‌های عادی در این ناحیه مورد شناسایی قرار گرفته‌اند.

۱-۷- ژئومرفولوژی منطقه

منطقه مورد مطالعه سرزمینی کوهستانی بوده و بلندای دشت از سطح دریا در اغلب نقاط بیش از ۱۹۰۰ متر است. این ارتفاع زیاد و کوهستانی بودن، زمستانهای سرد و طولانی و تابستانی معتدل و کوتاه را موجب گردیده است. وجود ارتفاعات متعدد در استان لرستان موجب شده است که عمده‌ترین تأثیر آب و هوایی منطقه ناشی از عامل ارتفاع باشد. علاوه بر تأثیر ارتفاع، همجواری مناطق پست جنوبی استان لرستان با جلگه خوزستان موجب تنوع آب و هوایی شده است و با توجه به پوشش گیاهی منطقه، رطوبت نسبی هوا تقریباً بالاست. بارندگی‌های منطقه اغلب به محدوده ماه‌های آبان تا اردیبهشت اختصاص دارد. اگر چه میزان بارندگی منطقه در مقایسه با مناطق دیگر بسیار بالاست اما به دلیل اینکه بارندگی به ماه-های سرد سال اختصاص دارد و حداکثر مصرف آب زمین‌های کشاورزی به نیمه دوم اردیبهشت ماه به بعد

و به فصول گرم سال اختصاص دارد. ایجاد تأسیسات مهار آب‌های سطحی در منطقه امری اجتناب ناپذیر می‌باشد و با مدیریت صحیح تلفیق آب‌های سطحی و زیرزمینی جهت مصارف مختلف منطقه می‌توان علاوه بر حفظ و حراست از سفره آب زیرزمینی به لحاظ کمی و کیفی به توسعه کشاورزی منطقه نیز کمک کرد.

فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین

درباره عوامل مؤثر بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی

منابع آب زیرزمینی دومین منبع مهم آب شیرین موجود در جهان هستند. بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی جهت تولیدات کشاورزی همراه با رشد جمعیت و گسترش صنعت، منابع آب زیرزمینی را از نظر کمیت و کیفیت با مشکلات جدی رو به رو کرده است (Jothiprakash and Mohan 2004). برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی در بسیاری از دشت‌ها باعث افت سطح آب زیرزمینی گشته است و مشکلات متعددی همچون شوری آب برای این مناطق را به وجود آورده است. کیفیت آب‌های زیرزمینی در هر منطقه تابعی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی می‌باشد که این به نوبه‌ی خود به شدت تحت تأثیر سازندهای زمین‌شناسی، شرایط آب و هوایی و فعالیت‌های انسانی می‌باشد. (Ramkumar et al. 2012; Subramani et al. 2005). به منظور مدیریت صحیح منابع آب زیرزمینی لازم است عوامل مؤثر بر کمیت و کیفیت این منابع آب به طور دقیق مورد شناسایی قرار گیرند.

۲-۱- عوامل مؤثر بر کمیت آب‌های زیرزمینی

عوامل زیادی بر کمیت آب‌های زیرزمینی تأثیرگذار هستند که مهم‌ترین آن‌ها شامل مقدار تغذیه سالانه آبخوان، حجم آب‌های ورودی به آبخوان و مقدار برداشت از آبخوان می‌باشد.

۲-۱-۱- مقدار تغذیه سالانه آبخوان

بارندگی در یک منطقه، مهم‌ترین عامل تعیین کننده در میزان حضور آب‌های سطحی و زیرزمینی در یک منطقه است. تأثیر بارندگی در کمیت آب زیرزمینی امری بدیهی است و تغییرات آن در کوتاه یا بلند مدت تا حد بسیار زیادی بر آب موجود در آبخوان تأثیرگذار است. آب‌های زیرزمینی به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تامین کننده آب، با چالش‌های متفاوتی مانند افت سطح آب زیرزمینی، کاهش نرخ بارندگی و آلاینده های طبیعی و غیرطبیعی روبه‌رو است (شمعانیان و همکاران ۱۳۸۵).

در دشت‌های شمال همدان کاهش ریزش‌های جوی، افزایش محسوس دما، تغییر نوع بارش از برف به باران، برداشت‌های بی‌رویه جهت مصارف کشاورزی، موجب تخلیه آبخوان و در نتیجه وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی در سطح منطقه گردیده است (محمدی و شمسی‌پور ۱۳۸۲).

آنوراگا و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی آبخوانی در جنوب هند به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تغذیه آبخوان نوع خاک و نفوذپذیری آن می‌باشد. در این منطقه، سطح آب در مناطقی که قشر بالای خاک دارای نفوذپذیری بیشتری بوده، بیشتر تحت تأثیر تغذیه قرار گرفته است. در این مطالعه مشخص شد که نرخ تغذیه در محاسبات مربوط به بیلان آب‌های زیرزمینی، کمتر از خروجی‌های زیرزمینی است و این مسئله باعث کاهش سطح ایستابی شده است.

در دشت جوین نتایج هیدروگراف واحد سالانه سطح آب زیرزمینی نشانگر آن است که به دلیل کاهش بارندگی، وجود چاه‌های عمیق بیشتر (حدوداً ۸۹۰ حلقه چاه عمیق) و برداشت بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی در این دشت، سطح آب زیرزمینی به طور غیرمنتظره‌ای از سال های ۱۳۷۵- ۱۳۷۴ تا سال آبی ۱۳۸۶- ۱۳۸۵ افتی معادل ۱۰ متر را به طور میانگین نشان می‌دهد. با پیشرفت این روند در آینده‌ای نه چندان دور تعداد زیادی از چاه‌های عمیق این منطقه خشک خواهد شد و آسیب‌های جدی به آبخوان اعمال خواهد شد (تهبندی و همکاران ۱۳۸۷).

شهید و هازریکا (Shahid and Hazarika 2009) تأثیر خشکسالی بر آب‌های زیرزمینی در شمال غربی منطقه بنگلادش را مورد بررسی قرار دادند، نتایج آن‌ها نشان داد که کاهش سطح آب زیرزمینی در ۴۲

درصد از این منطقه هر ساله پدیدار می‌شود. تحلیل هیدروگراف سطح آب زیرزمینی و سری زمانی بارندگی نشان داد که افزایش برداشت آب زیرزمینی برای آبیاری در فصل‌های خشک و خشکسالی از عوامل افت سطح آب زیرزمینی در این منطقه می‌باشد.

طباطبایی (۱۳۸۸) به بررسی منطقه شرق دریاچه ارومیه پرداخت و به این نتیجه رسید که مهم‌ترین دلایل افت تراز آب زیرزمینی کمبود بارندگی و برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی در سال‌های اخیر بوده است. در مناطق خشک و بیابانی، تغذیه و تنظیم بهره‌برداری صحیح آب، از مهم‌ترین راهکارهای مدیریت منابع آب به شمار می‌رود. تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی، به عنوان راهکار مناسب برای توسعه و تقویت این منابع و جبران زیان‌های وارده به آنها، جهت ذخیره‌سازی و به هنگام کردن جریان‌های سطحی به شمار می‌آید (خنامانی و همکاران ۱۳۸۹). پخش سیلاب یکی از راهکارهای مدیریت منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که می‌تواند تأثیرات مثبتی بر منابع آب زیرزمینی داشته باشد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که اغلب دشت‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، شرایط لازم را جهت اجرای طرح‌های پخش سیلاب را دارا می‌باشند (خنامانی و همکاران ۱۳۸۹).

دشت کاشان در منطقه‌ای خشک و کم باران قرار دارد. واقع شدن دشت کاشان در منطقه‌ای خشک از یک طرف و کاهش بارش و خشکسالی‌های سالیان اخیر از طرف دیگر موجب کاهش تغذیه این دشت شده است (حیدری و همکاران ۱۳۹۰). اکرامی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی منابع آب زیرزمینی دشت یزد - اردکان به این نتیجه رسیدند که سطح آب زیرزمینی در ۴ دهه اخیر روند نزولی داشته است و از سال (۱۳۸۸-۱۳۷۹) سطح ایستابی آب زیرزمینی حدود ۰/۵ متر در سال افت داشته است که به علت برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و کاهش تغذیه آبخوان می‌باشد.

بانشی و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی منابع آب زیرزمینی دشت الشتر به این نتیجه رسیدند که سطح آب زیرزمینی در مقطع زمانی (۱۳۸۹ - ۱۳۸۱) ۵/۴ متر افت داشته است که علت عمده آن عدم بارش مناسب، برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و عدم مدیریت صحیح می‌باشد. در برخی از مناطق دشت ابهر در استان زنجان افت سطح آب زیرزمینی رخ داده است، تحلیل مکانی نشان می‌دهد بخش مرکزی و

حاشیه جنوبی دشت با افتی معادل ۴/۳ متر، پرافت‌ترین بخش دشت می‌باشد. که علت آن علاوه بر کمبود بارش، ناشی از تمرکز زیاد چاه‌های بهره‌برداری، اضافه برداشت از آبخوان و عدم نزدیکی به مرزهای تغذیه کننده است. بخش شمالی دشت دارای افت کمتری می‌باشد که به دلیل نزدیکی به مرزهای تغذیه کننده آبخوان و عدم وجود چاه بهره‌برداری در این قسمت دشت می‌باشد (جلیلی و چیت‌سازان ۱۳۹۲).

کاهش فاکتور تغذیه کننده بارش از یک سو و فشار مضاعف به سفره توسط چاه‌های بهره‌برداری مجاز و غیرمجاز از طرف دیگر موجب شده که میزان تغذیه از راه‌های مختلف نتواند با مقدار برداشت به تعادل برسد و موجب بیلان منفی آب زیرزمینی دشت می‌شود که افت سطح آب زیرزمینی، کاهش حجم مخازن آن‌ها، کاهش آبدهی چاه‌ها و چشمه‌ها، جابه‌جایی و کف‌شکنی چاه‌ها و افزایش هزینه پمپاژ از عمق، فرونشست زمین و کاهش غیرقابل برگشت حجم آبخوان را در بیشتر مناطق موجب شده است.

۲-۱-۲- حجم آب‌های ورودی

در دشت گزیر خشکسالی‌های پیاپی و از طرف دیگر وضعیت توپوگرافی منطقه (ارتفاعات بلند حوضه و مسیل‌های متعدد و مجزا) باعث شده است در صورت بارندگی با زمان کوتاه ولی با شدت زیاد و رگباری، آب جریان یابد. این جریانات پس از اتصال به یکدیگر در نهایت از غرب حوضه خارج و وارد شوره‌زار مهرگان می‌شود و مشکلات فراوانی را برای منابع آب به دنبال داشته است به طوری که، علاوه بر کاهش حجم آبخوان و افت شدید سطح آب در آن‌ها، تخریب کیفی منابع آب بالاخص برای سفره آب‌های زیرزمینی را به دنبال داشته است (آدینه و همکاران ۱۳۸۹).

در آبخوان بهاباد تجمع چاه‌های بهره‌برداری به ویژه چاه‌های صنعتی در بخش مرکزی دشت، سبب فروافتادگی در سطح ایستابی و تمرکز جریان به سمت این چاه‌ها شده است و باعث تفاوت الگوی جریان در بخش‌های جنوبی و شمالی شده است. بر اساس بیلان هیدروژئولوژیکی آبخوان بهاباد برای سال آبی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ میزان ورودی به آبخوان در بخش‌های جنوبی و شمالی به ترتیب ۲۰/۸ و ۶/۸ میلیون متر

مکعب بوده که از مجموع خروجی‌ها که به ترتیب برای بخش‌های جنوبی و شمالی ۳۲/۹ و ۸/۵ میلیون متر مکعب است، کمتر می‌باشد. این موضوع سبب کسری مخزن آب زیرزمینی و بیلان منفی آبخوان شده که افت ممتد سطح ایستابی را در پی داشته است (شیرافکن و جعفری ۱۳۹۲). حوضه باشت در استان کهگیلویه و بویراحمد اگرچه دارای بارندگی مناسبی بوده است ولی شیب زیاد و شدت بارندگی زیاد سبب کاهش نفوذ آب شده و به دنبال آن تغذیه سفره آب زیرزمینی کاهش می‌یابد (گرجی و افضلی ۱۳۹۲).

۲-۱-۳- مقدار برداشت از آب‌های زیرزمینی

احتشامی و همکاران (۱۳۸۱) پس از بررسی تغییرات فیزیکی و شیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد طی یک دوره ده ساله (۱۳۷۹-۱۳۶۹) به این نتیجه رسیدند که طی این دوره، سطح منابع آب منطقه ۶/۱۴ متر افت داشتند که معادل ۳۰ میلیون مترمکعب کسری مخزن می باشد. در نتیجه پیشنهاد دادند که برداشت از چاه‌ها با نصب کنتورهای حجمی کنترل گردد و همچنین چاه های غیر مجاز که در دوره ممنوعیت حفاری شده اند، مسدود گردند.

اکبری و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی آبخوان دشت مشهد به این نتیجه رسیدند که سطح آب زیرزمینی در طی ۲۰ سال به میزان ۱۲/۱ متر، یعنی به طور متوسط هر ساله ۶۰ سانتی‌متر کاهش یافته است. سطح آب‌های زیرزمینی در بخش‌های مرکزی و غربی آبخوان تا ۳۰ متر کاهش داشته است و تمرکز چاه‌های برداشت با دبی‌های بالا در این منطقه، طبق نقشه هم‌پهنه بهره‌برداری بیانگر این مطلب می‌باشد. از مهمترین عوامل موثر بر افت آب زیرزمینی دشت مشهد می‌توان به پدیده‌ی خشکسالی، برداشت بی‌رویه، ازدیاد جمعیت، افزایش سطح زیرکشت و تعداد زیاد چاه‌های برداشت اشاره نمود.

در دشت بهبهان به‌علت خشکسالی و محدود شدن دسترسی به منابع آب سطحی، برداشت از منابع آب زیرزمینی توسط کشاورزان افزایش یافت و این امر باعث افت سطح ایستابی در سال‌های اخیر شده است (باقرزاده و همکاران ۱۳۸۸).

افت سطح آب زیرزمینی در استان کهگیلویه و بویراحمد مشکلاتی از قبیل خشک شدن بعضی از چاه‌های آب و تمام قنوات، کاهش دبی رودخانه‌های بزرگ و خشک شدن رودخانه‌های کوچک، تنزل کیفیت آب، افزایش هزینه پمپاژ و نشست زمین را در پی داشته است (شفیعی مطلق ۱۳۸۸).

عالیوند و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی آبخوان دشت قلعه‌تل به این نتیجه رسیدند که در اکثر قسمت‌های این آبخوان افت رخ داده است که قسمت‌های شرق، جنوب و شمال‌غرب آبخوان وضعیت بحرانی‌تری نسبت به بقیه مناطق این دشت دارند تا جایی‌که قنات بارانگرد در شمال‌غرب و قنات قلعه‌تل در شرق این دشت خشک گردیده و سطح آب چاه‌های کشاورزی و شرب دچار افت محسوس شدند.

بهره‌برداری بیش ازحد از ذخایر آب‌های زیرزمینی طی سه دهه اخیر، سبب افت شدید سطح آب در بسیاری از آبخوان‌های کشور شده است. یکی از راهکارهای اساسی برای جلوگیری از کاهش ذخایر آب-های زیرزمینی مهار آب‌های سطحی می‌باشد (محمدی و همکاران ۱۳۸۸).

دشت نیشابور با اقلیم خشک و نیمه‌خشک یکی از دشت‌هایی است که با افزایش برداشت چشمگیر آب زیرزمینی در سال‌های اخیر روبرو بوده است به طوری که در ۵ سال اخیر بیش از ۴ متر افت داشته است. نتایج بررسی سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور نشان می‌دهد که اثرات بارندگی بر روی نوسانات سطح آب زیرزمینی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. خشکسالی‌های اقلیمی در کوتاه مدت بر روی سطح آب زیرزمینی اثری ندارند اما در بلند مدت باعث افت سطح آب زیرزمینی می‌شوند. در نتیجه خشکسالی‌ها عامل اصلی افت سطح آب زیرزمینی دشت می‌باشد ولی به تنهایی عامل بحران نبوده و برداشت بی‌رویه یکی دیگر از عوامل موثر می‌باشد. به طوری که در سال ۱۳۸۳ علیرغم افزایش بارندگی‌ها در این سال و ترسالی به وجود آمده، سطح آب زیرزمینی افت زیادی را نشان می‌دهد. در نتیجه برداشت بی‌رویه از آب-های زیرزمینی به قدری زیاد بوده که بارندگی‌های به وجود آمده بر روی کاهش افت کم تأثیر بوده است (نادریان‌فر و همکاران ۱۳۸۹). در حوضه کاشان بر اساس اطلاعات حاصل از ۵۳ حلقه چاه مشاهده‌ای مشخص شد که میانگین سطح آب زیرزمینی بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶ حدود ۷/۹۳ متر کاهش یافته

است و این نشان می‌دهد که میانگین سطح آب حدود ۰/۴۹ متر در سال کاهش یافته است (Jamshidzadeh and Mirbagheri 2011). جعفری‌تلوکلایی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی دشت قائمشهر به این نتیجه رسیدند که این منطقه طی سال‌های آماری دارای نوسانات سطح آب بوده و با گذشت زمان سطح آب زیرزمینی در آن‌ها پایین افتاده که این نوسانات به عوامل مختلفی از جمله برداشت بی‌رویه بستگی داشته است. لذا بر اساس نتایج حاصله، باید راهکارهایی برای کاهش نوسان سطح آب زیرزمینی برای بهره‌برداری پایدار از ذخایر آب زیرزمینی ارائه شود. دشت میاندوآب با اقلیم معتدل یکی از دشت‌هایی است که با افزایش چشمگیر برداشت آب زیرزمینی در سال‌های اخیر روبه‌رو بوده است به طوری که در ۵ سال اخیر بیش از ۱/۵ متر افت داشته است در نتیجه نقش عوامل مدیریتی در این دشت حائز اهمیت می‌باشد (مددی و قاسمی ۱۳۹۲).

۲-۲- عوامل مؤثر بر کیفیت آب‌های زیرزمینی

کیفیت شیمیایی آب و تغییرات آن وابسته به دو منشاء می‌باشد: ۱) فرایندهای طبیعی، به عنوان مثال سنگ‌شناسی، سرعت جریان آب زیرزمینی، کیفیت آب تغذیه شده، برهمکنش آب با سنگ و خاک، بر همکنش با انواع دیگر آبخوان‌ها ۲) فعالیت‌های مربوط به دخالت انسان، از جمله کشاورزی، صنعت، توسعه شهری، افزایش بهره‌برداری از منابع آب (Chan 2001). مهم‌ترین عواملی که بر کیفیت آب‌های زیرزمینی تأثیرگذار هستند شامل زمین‌شناسی منطقه، برداشت از آب‌های زیرزمینی و جریان‌های ورودی به دشت می‌باشند که به طور مختصر ارائه می‌شوند.

۲-۲-۱- زمین‌شناسی منطقه

آب‌های زیرزمینی یک منطقه به شدت تحت تأثیر عوامل زمین‌شناسی قرار می‌گیرند و کیفیت خود را از دست می‌دهند. برای مثال مقدار مواد محلول موجود در آب‌های زیرزمینی مناطق با رسوبات تبخیری

نسبت به مناطق با سنگ‌های کربناته بسیار متفاوت است (Dawis and Dewist 1996). ترکیب شیمیایی منابع آب زیرزمینی در هر منطقه به نوع سنگ‌هایی بستگی دارد که آب از درون آن‌ها عبور می‌کند (Mokrik and Baublyte 2005). شیمی آب زیرزمینی تابعی پیچیده از متغیرهای فراوانی نظیر ترکیب شیمیایی آب تغذیه شونده، ترکیب سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی سنگ‌های زیرسطحی (عامل زمین-شناسی)، ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی سنگها (Langmuir 1997)، فعالیت‌های انسانی در تغییر ترکیب شیمیایی منابع آب (Hem 1985) و افت سطح آب‌های زیرزمینی می‌باشد. علاوه بر این، فعالیت‌های انسانی در تغییر ترکیب شیمیایی منابع آب و نفوذ آب شور به داخل تشکیلات حاوی آب زیرزمینی شیرین که عموماً به صورت غیرعمدی در اثر فعالیتهای انسانی نتیجه می‌شود درکیفیت آب‌های زیرزمینی تاثیرگذار می‌باشد (جعفری ۱۳۹۰).

فاریابی و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی دشت جیرفت به این نتیجه رسیدند که مهمترین عامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه واکنش بین آب و مواد سازنده آبخوان است و اصلی‌ترین فرآیندهای حاکم بر ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی انحلال کانی‌های سولفاته ژیپس و انیدریت و کانی هالیت می‌باشد. در ناحیه جنوب غربی دشت گزیر به واسطه مجاورت آبرفت‌های منطقه با گنبد نمکی، میزان هدایت الکتریکی افزایش یافته است. کمترین مقادیر هدایت الکتریکی در جنوب غربی روستای چاه عبدالرحمن به میزان ۸۱۹۳ میکروموس بر سانتی‌متر اندازه‌گیری شده است. ارتفاعات شمالی دشت گزیر را عمدتاً سازند گچساران تشکیل می‌دهد که سهم عمده‌ای در تخریب کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت دارد (آدینه و همکاران ۱۳۸۹).

رستمی زرین‌آبادی و همکاران (۱۳۹۰) در ارزیابی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت رومشگان به بررسی نقش سازندهای منطقه بر کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت رومشگان پرداختند. به همین منظور غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی محاسبه شد و نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که یون-های بی‌کربنات، سدیم، کلر و سولفات یون‌های غالب در آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه هستند. همچنین غلظت یون‌های کلر و سولفات در آب زیرزمینی موجود در مناطق متأثر از سازند گچساران بسیار

بیشتر و شاخص اشباع یون‌های هالیت، ژیپس، انیدریت در این مناطق منفی است. لشکری و لشکری‌پور (۱۳۹۰) در بررسی دشت ایرانشهر به این نتیجه رسیدند که عامل زمین‌شناسی و وجود طبقات گچ‌دار و مقادیر بالای یون سولفات در بخش شمالی آبخوان باعث تغییر تیپ آب در این ناحیه شده است.

منطقه ملکان یکی از مناطق بسیار فعال کشاورزی شمال غرب کشور است که نیاز آبی آن از منابع آب زیرزمینی تامین می‌شود. متأسفانه وجود حدود شش هزار چاه بهره‌برداری در دشت و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی باعث افت شدید سطح آب و به تبع آن افزایش شوری آبخوان دشت ملکان گردیده است. برخلاف تصور که شوری آب زیرزمینی دشت ملکان را به نفوذ آب شور دریاچه ارومیه نسبت می-دادند. نتایج نشان داد که افزایش روند شوری آب زیرزمینی ناشی از تبخیر شدید از منابع آب سطحی و زیرزمینی انتهای دشت به علت عمق کم آب‌های زیرزمینی و جریان این آب‌ها به بالادست آبخوان می باشد. همچنین بازگشت جریان آب کشاورزی و واکنش آب - سنگ در مناطقی که سازندهای زمین شناسی از کانی‌های گچی و نمکی برخوردارند یکی دیگر از منابع شوری در قسمت‌های عمده از آبخوان می‌باشد (نوروزی و همکاران ۱۳۹۴). همه‌ی آب‌های زیرزمینی دارای نمک‌های محلول می‌باشند، نمک-های محلول موجود در آب‌های زیرزمینی اساساً از انحلال مواد سنگی منشاء می‌گیرد و یکی از فاکتورهای مهم کنترل کننده کیفیت آب جنس سنگ‌هایی است که آب ضمن عبور از آن کانی‌های قابل حل موجود در آن را حل می‌کند. میزان شوری آب بسته به جنس مواد سفره، قابلیت انحلال کانی‌های موجود و زمان ماندگاری تغییر می‌کند.

۲-۲-۲- برداشت از آب‌های زیرزمینی

برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی بحران دیگری به صورت شور شدن ذخائر آبی را سبب می‌شود. بنابراین، برای استفاده دائم از منابع آب زیرزمینی مدیریت صحیح و تعیین میزان برداشت از مخازن امری ضروری به نظر می‌رسد برای اعمال مدیریت صحیح، دسترسی به اطلاعات دقیق و به روز لازم است (خورسندی و همکاران ۱۳۸۸). افت سطح آب زیرزمینی، خشک شدن چاه‌ها و کاهش کیفیت آب

زیرزمینی نتیجه بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی می‌باشد (Ramakrishna et al. 2000). نیومن و گوس (Newman and Goss 2000) با بررسی حوضه آبریز مورای - دارلینگ به این نتیجه رسیدند که تجمع املاح و نمک‌ها، وجود زمین‌های مسطح، بارش کم و تبخیر زیاد از عوامل موثر در شوری آب‌های زیرزمینی منطقه می‌باشد. دشت قم که در جنوب و جنوب شرق قم واقع شده است، به علت کمبود جریانات سطحی با کیفیت مناسب، عدم رعایت نکات فنی در بهره‌برداری، برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی در طی دو دهه اخیر با افت سطح ایستابی و نیز افزایش شوری مواجه شده است. نتایج نشان می‌دهد افت متوسط آب‌های زیرزمینی برای دوره آماری (۱۳۷۹-۱۳۶۷) ۱۴/۵ متر بوده است و هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی در این دوره حدود ۴۳۴۰ میکروموس بر سانتیمتر بوده است (زهتابیان و همکاران ۱۳۸۱).

خدایی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی دشت کبودرآهنگ به این نتیجه رسیدند که میزان افت تراز آب زیرزمینی در یک دوره ۱۲ ساله حدود ۱۵ متر بوده یا به عبارتی تراز آب زیرزمینی ۱/۲۵ متر در سال افت داشته است و بیشترین میزان افت در نواحی مرکزی دشت اتفاق افتاده است. لازم به ذکر است که در منطقه کبودرآهنگ به دلیل افت سطح آب آبخوان فروچاله‌هایی نیز ایجاد گشته است، که علت اصلی این افت کاهش بارندگی، برداشت بی‌رویه از قنات‌ها و بهره‌برداری از چاه‌های عمیق غیرمجاز و نیروگاه حرارتی تولید برق در شمال همدان در نزدیکی شهرستان کبودرآهنگ می‌باشد که به تبع آن کیفیت آب زیرزمینی هم تغییر کرده است. به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه‌ای که از منابع آب زیرزمینی صورت می گیرد، با افزایش عمق سطح آب، بر میزان املاح مختلف شوری مانند کلر و سدیم افزوده می شود که این موضوع بر شدت تخریب منابع سطحی زمین مانند خاک و پوشش گیاهی می افزاید که این وضعیت بیشتر در چاه‌های محدوده زمین‌های کشاورزی دیده می‌شود (خنامانی و همکاران ۱۳۹۲).

استان اصفهان با دارا بودن اقلیمی خشک و نیمه‌خشک، وابسته به آب‌های زیرزمینی می باشد. در اثر بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع آبی، سطح آب‌های زیرزمینی در برخی مناطق استان تا ۳۰ متر هم افت داشته است. در نتیجه این افت، شوری آب این منابع افزایش یافته و همچنین خصوصیات شیمیایی آن به

حد بحرانی رسیده و حتی در برخی موارد، خارج از محدوده استاندارد می باشد. بهره‌برداری از این آب جهت مصارف کشاورزی باعث گردیده سطح زمین‌های کشاورزی شور شده که نهایتاً منجر به تخریب و رها شدن زمین و در نتیجه بیابان‌زایی شدید در منطقه گردیده است (خنامانی و همکاران ۱۳۹۲). عباس-نژاد و شاهی‌دشت (۱۳۹۲) با بررسی دشت سیرجان به این نتیجه رسیدند که سطح آب زیرزمینی دشت طی سال‌های گذشته همواره دارای سیر نزولی بوده است، به طوری که از سال آبی (۱۳۸۱-۱۳۸۰) تا سال آبی (۱۳۸۶-۱۳۸۵) به طور متوسط سالانه حدود ۸۰ سانتیمتر افت داشته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد برداشت بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی دشت، پیامدهایی همچون تغییر کیفیت آب زیرزمینی، افزایش مصرف انرژی استحصال آب زیرزمینی، افزایش آسیب‌پذیری دشت نسبت به خشکسالی و نشست زمین را به دنبال داشته است. دشت کهریز یکی از آبخوان‌های ساحلی دریاچه ارومیه می‌باشد و با آن ارتباط هیدرولیکی دارد. بروز خشکسالی‌های اخیر و افزایش مصرف آب در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت باعث افت سطح آب زیرزمینی دشت کهریز شده است. در این دشت میانگین سطح آب زیرزمینی در طول ۱۲ سال ۶/۰۲ متر افت نموده است. علاوه بر افت سطح آب زیرزمینی افت کیفیت آب زیرزمینی در دشت کهریز در اثر نفوذ آب شور دریاچه ارومیه و بالاآمدگی مخروطی شکل آب شور لایه-های تحتانی اتفاق افتاده است و میانگین هدایت الکتریکی از ۱۳۹۳ در سال ۱۳۸۱ به رقم ۳۱۳۰ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است (محمدی و همکاران ۱۳۹۲).

شجاعی و همکاران (۱۳۹۲) افت سطح ایستابی منابع آب زیرزمینی در دشت کرمان را بررسی کردند. در این راستا نقشه هم‌عمق سطح آب زیرزمینی دشت کرمان رسم شد و میزان کسری مخزن آب زیرزمینی، میزان اضافه برداشت و افت سطح ایستابی محاسبه گردید. بررسی آمار در سال آبی (۱۳۸۶-۱۳۸۵) و مقایسه آن با سال آبی (۱۳۸۱-۱۳۸۰) نشان داد، افت سطح آب ۵/۵ متر، حجم ذخایر آبی برابر ۳۳۳ میلیون متر مکعب بوده است. بررسی روند بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی نشان داد حجم تخلیه آب زیرزمینی در اثر بهره‌برداری بیش از حد در طول زمان به طور مستمر افزایش یافته و این امر منجر به کاهش حجم ذخایر و کیفیت آب زیرزمینی گردیده است.

۲-۲-۳- جریان‌های ورودی به دشت

آب‌های سطحی موجود در منطقه در صورتی که عمل تغذیه به آبخوان را انجام دهند، نقش بسیار مهمی در تغییر کیفیت آب خواهند داشت. در بررسی آبخوان آبرفتی دشت زیدون توسط کلانتری و زارعی (۱۳۸۴) مشخص شد رودخانه‌های موجود در منطقه عامل اصلی ایجاد تغییرات کیفی آب زیرزمینی می-باشند. در بخش شمالی دشت به دلیل وجود رودخانه، غلظت کلسیم و سولفات موجود در آب نسبت به سایر نقاط کمتر است.

به علت برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی از آبخوان‌های ساحلی، همانند دشت سروستان در مجاورت دریاچه مهارلو، گرادیان هیدرولیکی آب زیرزمینی بر خلاف وضعیت عادی، از طرف دریاچه به طرف دشت تغییر مسیر داده است و آب شور دریاچه به درون سفره آب زیرزمینی حاشیه دریاچه مهاجرت می‌کند (جهانشاهی و همکاران ۱۳۸۶).

در بررسی فرآیندهای تأثیرگذار بر هیدروشیمی آبخوان دشت آبدان در استان بوشهر، کاهش هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در جهت جریان در این دشت، با محاسبات درصد اختلاط آب‌های موجود در ارتفاعات شمالی و آب زیرزمینی منطقه، به تغذیه آب زیرزمینی توسط آب‌های ورودی از ارتفاعات که دارای هدایت الکتریکی پایینی هستند نسبت داده شد (شریف‌زاده و همکاران ۱۳۸۷). زارع (۱۳۸۸) به بررسی فرآیندهای تخریب‌کننده کیفیت آب زیرزمینی دشت آبدان- دیر پرداخت و به این نتیجه رسید که فرآیندهای اثرگذار بر هیدروشیمی آب زیرزمینی منطقه شامل فرآیندهای تبادل کاتیونی و اختلاط آب زیرزمینی این منطقه با آب‌های تبخیری بخش میانی دشت می‌باشد. اصغری‌مقدم و همکاران (۱۳۸۹) با مطالعه روی آب‌های زیرزمینی دشت آذرشهر، به این نتیجه رسیدند که به دلیل کاهش نزولات جوی، تغذیه طبیعی آب زیرزمینی کاهش یافته و سطح آب به طور متوسط افت کرده است و همچنین بهره-برداری بی‌رویه از این آب‌ها باعث تنزیل کیفیت آب زیرزمینی و افزایش شوری گشته است به طوری که در بعضی چاه‌ها هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در طی ۱۰ سال گذشته از ۱۰۲۰ به ۱۱۱۰ میکروموس بر سانتی‌متر افزایش یافته است.

نخعی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی دشت قم به این نتیجه رسیدند که این دشت به علت قرارگیری در حاشیه غربی دریاچه نمک با پدیده هجوم آب شور روبروست. سپس به منظور بررسی وضعیت آبخوان، منطقه از نظر کمی و کیفی شبیه سازی گردید و نتایج بدست آمده نشان داد که ورود آب شور دریاچه نمک به آبخوان سبب کاهش افت سطح آب در نواحی نزدیک به مرز تداخل آب شور و شیرین نسبت به مرزهای بالادست گردیده است. همچنین بررسی خطوط هم تراز سطح آب زیرزمینی در آغاز و در پایان دوره شبیه‌سازی (فروردین ۱۳۷۹ تا اسفند۱۳۸۳) نشان داد که در مرزهای مجاور دریاچه نمک جهت حرکت آب از سمت دریاچه به سمت آبخوان می باشد.

جمشیدزاده و میرباقری (Jamshidzadeh and Mirbagheri 2011) به منظور بررسی حوضه کاشان خصوصیات هیدروشیمی ۲۱ نمونه را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که بیشتر نمونه‌های آب قابل شرب نیستند و براساس نسبت کلر به بی‌کربنات مشخص شد که نفوذ دریاچه نمک به این حوضه منبع اصلی شوری می‌باشد. جاویدی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی هیدروژئوشیمی آبخوان سعادت‌شهر به این نتیجه رسیدند که افزایش غلظت یون‌های مختلف در حین حرکت، در جهت جریان آب زیرزمینی نمی‌باشد. با توجه به نمودارهای هیدروشیمی و نقشه‌های مربوطه مشخص شد که مجموع املاح آب زیرزمینی تحت تأثیر تغذیه توسط سازندهای کربناته حاشیه دشت که دارای آب با کیفیت خوب هستند، کاهش می‌یابد.

در دشت مهاباد کاهش بارندگی، افت سطح آب‌های زیرزمینی و برداشت بی‌رویه از منابع محدود آب‌های زیرزمینی باعث کاهش آبدهی منابع، نفوذ آب شور دریاچه ارومیه به داخل آبخوان و تغییر کیفیت آب گردیده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تیپ آب‌های منطقه به طور عمده کربناته کلسیک و کلروره کلسیک می‌باشد و به طرف نوار ساحلی تیپ آب در اثر نفوذ آب شور کلروره سدیک می‌گردد. غلظت و ترکیب یون‌های اصلی نشان‌دهنده نفوذ آب شور دریاچه به سفره ساحلی بوده به طوری که مقایسه غلظت هدایت الکتریکی به عنوان یک ردیاب ساده و مناسب نشان‌دهنده نفوذ شوری در منطقه می‌باشد (خوشنوا و همکاران ۱۳۹۲).

به منظور شناخت منابع شوری آب زیرزمینی دشت کهریز از منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) در شهریور ماه سال ۱۳۹۱ نمونه‌برداری شد و جنس لایه‌های زمین‌شناسی و عوامل موثر دیگر مورد مطالعه قرار گرفت که با توجه به بررسی‌های انجام شده مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر کیفیت و شوری آب منطقه نفوذ آب دریاچه ارومیه می باشد. تیپ غالب آب زیرزمینی بی‌کربنات کلسیم و کلرید سدیم بوده و از نظر شرب عمدتاً در رده قابل قبول تا خوب می‌باشند (محبی و همکاران ۱۳۹۲).

فصل سوم: روش انجام کار

در این فصل روند مطالعات انجام شده جهت بررسی‌های هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی در آبخوان مورد نظر ارائه می‌گردد. فعالیت‌های صورت گرفته جهت انجام این تحقیق را می‌توان به شرح زیر طبقه-بندی نمود:

۱) جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های خام در رابطه با کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی در دشت‌های ازنا – الیگودرز- مؤمن‌آباد

۲) تهیه نقشه زمین‌شناسی پایه منطقه با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ خرم آباد و گلپایگان

۳) انجام چند بازدید صحرایی به منظور شناخت بهتر منطقه، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و نمونه-برداری از چاه‌های منطقه

۴) بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی آبخوان و روند تغییرات کمی و کیفی آن

۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات کمی و کیفی آب زیرزمینی

به منظور بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی آبخوان مورد نظر، آمار و اطلاعات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در تعدادی از پیزومترها و چاه‌های منطقه از شرکت آب منطقه‌ای استان لرستان تهیه گردید. گزارش‌هایی نیز در این سازمان در رابطه با دشت‌های مورد نظر موجود می‌باشد که مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین به منظور تعیین مشخصات آب و هوایی منطقه که شامل درجه حرارت و میزان بارندگی سالانه می‌باشد از آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه که

توسط اداره هواشناسی استان لرستان اندازه‌گیری شده بود، استفاده گردید.

۳-۲- ترسیم نقشه زمین‌شناسی پایه منطقه مورد نظر

تهیه نقشه زمین‌شناسی پایه منطقه بر مبنای نقشه‌های زمین‌شناسی تهیه شده به وسیله سازمان زمین-شناسی و اکتشافات معدنی کشور صورت پذیرفته است. دشت‌های ازنا - الیگودرز و مؤمن‌آباد در محدوده نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ خرم‌آباد و گلپایگان قرار دارد. در محیط نرم‌افزار Arc Gis 9.3 واحدهای لیتولوژی و ساختاری موجود در محدوده مطالعاتی تعیین و نقشه زمین‌شناسی پایه منطقه تهیه گردید.

۳-۳- بازدید صحرایی و نمونه‌برداری از آب‌های زیرزمینی منطقه

به منظور بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آبخوان از آب‌های زیرزمینی منطقه نمونه‌برداری صورت گرفت (شکل ۳-۱). در بازدید صحرایی مختصات جغرافیایی چاه‌های نمونه‌برداری توسط دستگاه GPS تعیین شد. همچنین برخی از خصوصیات آب از جمله هدایت الکتریکی و pH در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد (شکل ۳-۲). اندازه‌گیری اسیدیته توسط دستگاه pH متر مدل YK- 2001 ساخت شرکت LUTRON کشور تایوان صورت گرفت. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی توسط EC متر مدل WP-84 ساخت شرکت TPS کشور استرالیا انجام شد. نمونه‌برداری و اندازه‌گیری پارامترها با گستردگی زیاد در خرداد ماه ۱۳۹۴ صورت پذیرفت و از مقادیر هدایت الکتریکی ۲۴ چاه، جهت ترسیم نقشه هدایت الکتریکی منطقه استفاده شد. موقعیت این نقاط در شکل (۳-۳) نشان داده شده است. از میان ۲۴ نمونه، ۱۶ نمونه جهت اندازه‌گیری غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های غالب موجود در آب از قبیل سولفات، کلر، بی‌کربنات، سدیم، منیزیم و کلسیم انتخاب گردید و سپس در آزمایشگاه آب و زیست محیطی دانشگاه صنعتی شاهرود مورد آنالیز قرار گرفت (شکل ۳-۴).

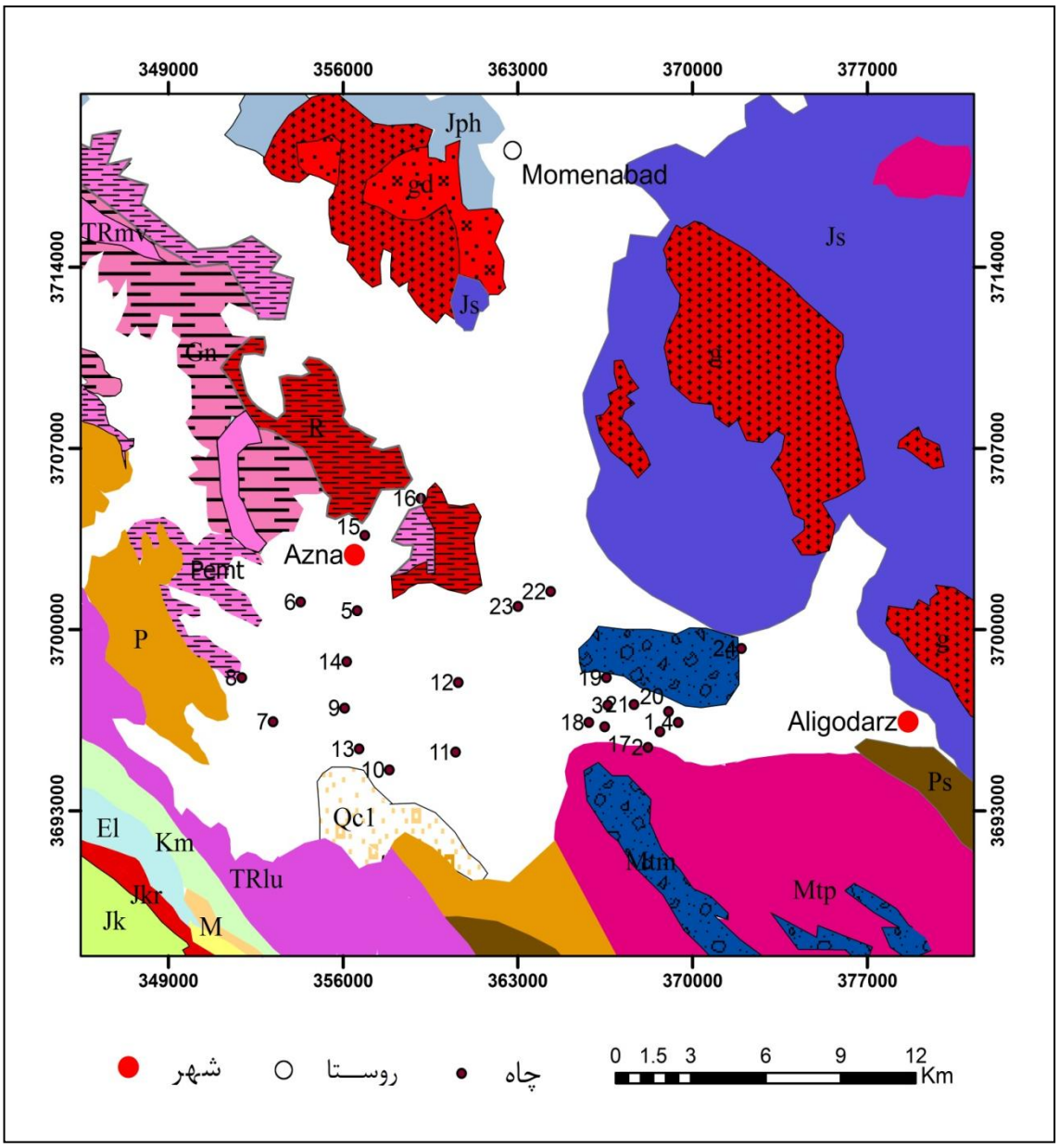
شکل ۳-۱- نمونه‌برداری از منطقه مورد مطالعه

شکل ۳-۲- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در منطقه

۳-۴- بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی منطقه

به منظور بررسی‌های کمی آبخوان، از داده‌های ۱۱ساله سطح آب زیرزمینی (۱۳۹۲-۱۳۸۲) ۲۰ پیزومتر که دارای بهترین پراکندگی در منطقه مورد مطالعه است، استفاده گردید. اندازه‌گیری سطح آب در پیزومترها به صورت ماهیانه صورت گرفته است و موقعیت این پیزومترها در شکل (۳-۵) نشان داده شده است. خصوصیات هیدروژئولوژیکی منطقه مورد مطالعه طبق داده‌های موجود در سازمان آب منطقه‌ای

استان لرستان مورد بررسی قرار گرفته‌اند. داده‌های سطح آب زیرزمینی پیزومترها و همچنین گزارشات تهیه شده در سال ۱۳۸۶، عمده اطلاعات پایه هیدروژئولوژیکی منطقه را تشکیل می‌دهند.



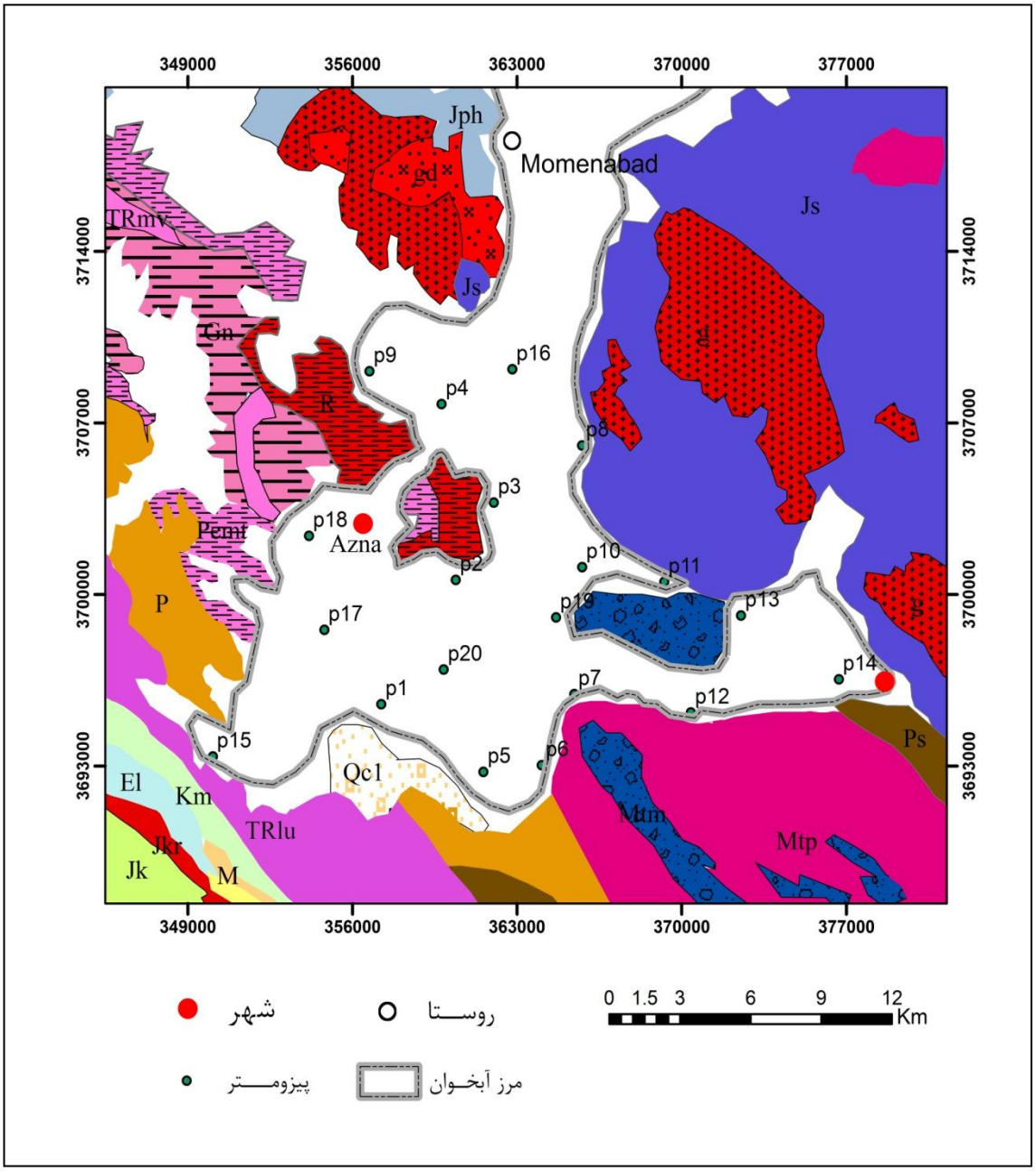
شکل ۳-۳- موقعیت نقاط هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده در منطقه

شکل ۳-۴- آنالیز نمونه‌ها در آزمایشگاه

۳-۴-۱- رسم هیدروگراف جهت بررسی تغییرات سالیانه

به منظور بررسی تغییرات زمانی سطح آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، هیدروگراف مربوط به پیزومترهای انتخابی در منطقه مورد مطالعه با توجه به داده‌های ماهانه سطح آب طی یک دوره زمانی ۱۱ساله (۱۳۹۲-۱۳۸۲) ترسیم گردید. سپس هیدروگراف واحد مربوط به دشت‌های ازنا، الیگودرز و مؤمن‌آباد به طور جداگانه ترسیم شد. به منظور بررسی ارتباط بین تغییرات سطح آب زیرزمینی با

بارندگی، مقدار بارندگی سالانه بر روی هیدروگراف واحد نمایش داده شد.



شکل ۳-۵- موقعیت پیزومترهای منطقه مورد مطالعه

۳-۴-۲- تهیه نقشه‌های هم‌پتانسیل و هم‌افت آبخوان

نقشه هم‌پتانسیل به منظور تعیین مناطق تغذیه و تخلیه و جهت اصلی جریان آب زیرزمینی تهیه می-گردد. جهت ترسیم نقشه هم‌پتانسیل از داده‌های سطح آب پیزومترهای مورد نظر در اسفند ماه ۱۳۹۲ استفاده شده است. نقشه هم‌پتانسیل منطقه ابتدا به صورت دستی ترسیم شد، سپس با استفاده از نرم افزار ArcGis 9.3 به صورت رقومی در آمده است. به منظور تهیه نقشه هم‌افت، میزان افت سطح آب زیرزمینی طی یک دوره ۱۱ ساله برای هر یک از پیزومترهای موجود در منطقه محاسبه شد و سپس مناطق با افت‌های مختلف در نقشه پایه زمین‌شناسی مشخص شدند.

۳-۴-۳- بررسی بیلان در دشت‌های ازنا- الیگودرز- مؤمن‌آباد

در بیلان آب زیرزمینی هدف اصلی محاسبه تغییر حجم آب سفره زیرزمینی می‌باشد. به این معنا که مشخص می‌شود طی یک دوره معین، حجم آب زیرزمینی افزایش و یا کاهش یافته است. محاسبه بیلان در طراحی توسعه و مدیریت آب زیرزمینی بسیار مهم می‌باشد. به منظور بررسی بیلان در دشت‌های مورد نظر از روش مثلث‌بندی تیسن استفاده شد و سپس با استفاده از معادله‌های (۳-۱) و (۳-۲) و داده‌های افت پیزومترهای منطقه، حجم کسری مخزن برای دشت‌های ازنا، الیگودرز و مؤمن‌آباد به صورت جداگانه محاسبه شد.

معادله (۳-۱)

$$X = \frac{\left(\sum(\text{مساحت پلیگون پیزومتر} \times \text{افت پیزومتر})\right)}{\text{مساحت کل}}$$

معادله (۳-۲)

$$V_w = S_y \times A \times \Delta h$$

X = افت متوسط در بازه زمانی t

Δh = افت متوسط سالانه

S_y = ضریب ذخیره (آبدهی ویژه)

V_w = حجم کسری مخزن

A = مساحت کل

۳-۵- تحلیل داده‌های هیدروژئوشیمیایی منطقه

به منظور بررسی منطقه از نظر هیدروژئوشیمیایی، از اندازه‌گیری‌های انجام شده در منطقه و نتایج بدست آمده از آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب استفاده شده است.

۳-۵-۱- ترسیم نقشه هدایت الکتریکی

جهت ترسیم نقشه هدایت الکتریکی از ۲۴ چاه موجود در منطقه نمونه‌برداری صورت گرفت. پس از اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و تعیین موقعیت جغرافیایی نقاط، نقشه هدایت الکتریکی به صورت دستی ترسیم شد و سپس با استفاده از نرم افزار Arc gis 9.3 به صورت رقومی در آمده است.

۳-۵-۲- پارامترهای کیفی محاسبه شده

سختی

سختی به صورت مجموع غلظت یون‌های Ca^{2+} و Mg^{2+} بر حسب ppm یا میلی‌گرم در لیتر بیان می-شود. محاسبه سختی از روی مقدار میلی‌گرم بر لیتر یون‌های کلسیم و منیزیم طبق معادله (۳-۳) می-باشد.

معادله (۳-۳) $H_T = 2.5Ca + 4.1Mg$

نسبت جذب سدیم (SAR) و درصد سدیم (%Na)

زمانی که سدیم به مقدار زیاد در محلول خاک وجود داشته باشد، به جای جذب کلسیم و منیزیم از خاک توسط ریشه‌ها، سدیم جذب می‌شود و SAR بالا موجب کاهش نفوذ آب در خاک می‌شود. نسبت جذب سدیم با استفاده از معادله (۳-۴) محاسبه شده است که در این معادله غلظت کلیه یون‌ها بر حسب میلی-اکی‌والان بر لیتر می‌باشد.

معادله (۳-۴)
$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

درصد سدیم با استفاده از معادله (۳-۵) محاسبه شده است، در این معادله نیز غلظت کلیه یون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشد.

معادله (۳-۵)
$$\%N = \frac{(Na+K)}{Ca+Mg+Na+K} \times 100$$

۳-۵-۳- ترسیم نمودارهای کیفی آبخوان

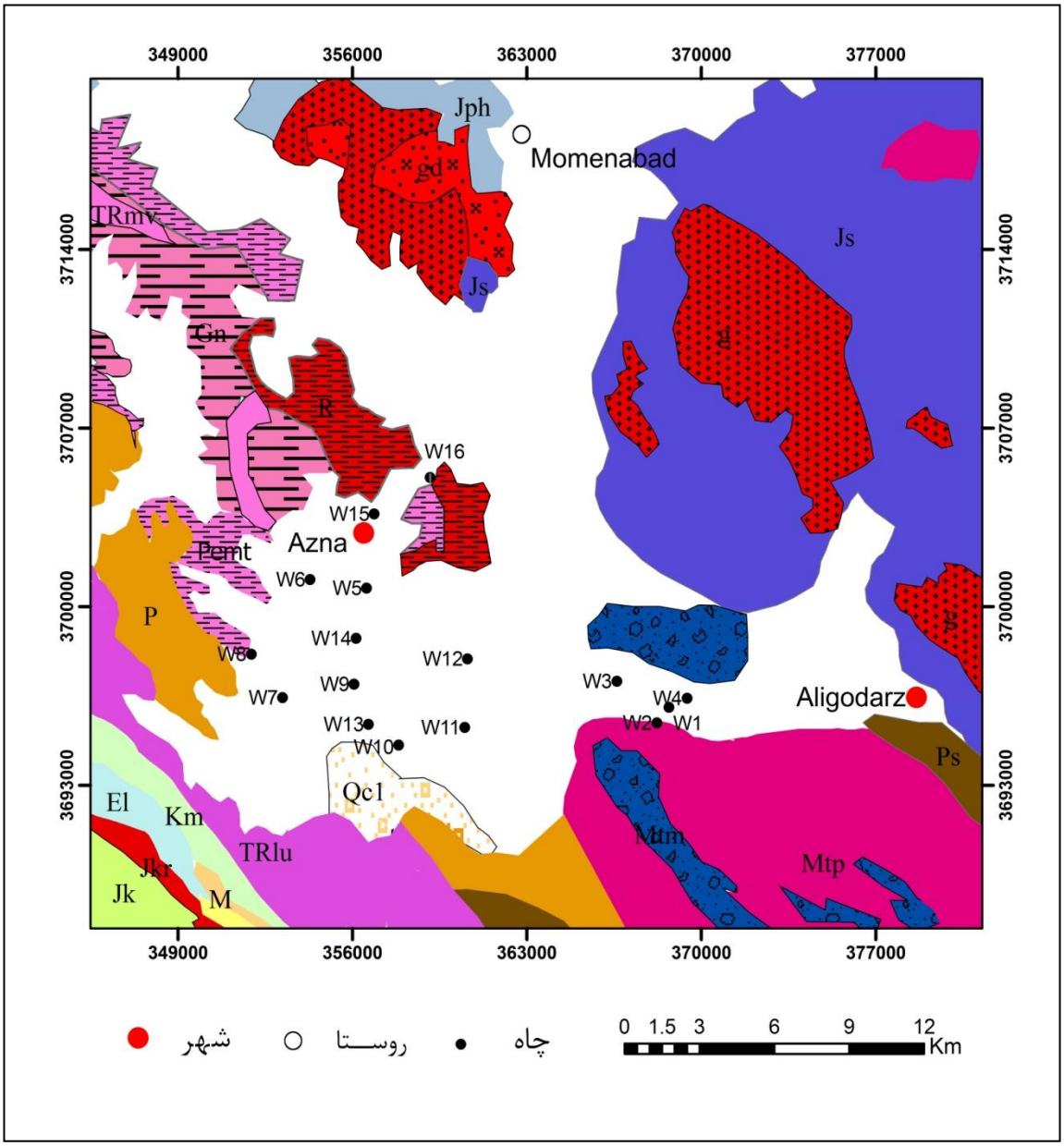
به منظور بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت ازنا از آمار و اطلاعات مربوط به نمونه‌های آب که در آزمایشگاه مورد آنالیز قرار گرفته‌اند، استفاده شد. موقعیت نمونه‌هایی که در آزمایشگاه مورد آنالیز قرار گرفته‌اند در شکل (۳-۶) نشان داده شده است. سپس نمودارهای استیف، پایپر و شولر با استفاده از نرم افزارهای Aqqa، Rockwork و اکسل ترسیم و مقایسه شد.

۳-۶- ارزیابی دبی جریان‌های آب زیرزمینی ورودی به دشت ازنا

مقدار دبی جریان‌های آب زیرزمینی ورودی از دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد به دشت ازنا با استفاده از قانون دارسی و داده‌های موجود محاسبه گردید.

۳-۷- ارزیابی کیفی جریان‌های آب زیرزمینی ورودی به دشت ازنا

به منظور ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی ورودی از دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد به دشت ازنا از چاه-های موجود در نقاط مختلف میانگین‌گیری صورت گرفت. به همین منظور A_1 به عنوان نماینده جریان ورودی از ارتفاعات شمال‌غرب و غرب، A_2 به عنوان نماینده جریان ورودی از ارتفاعات جنوبی، A_3 به عنوان نماینده جریان خروجی از دشت الیگودرز، A_4 به عنوان نماینده جریان خروجی از دشت مؤمن‌آباد و A_5 به عنوان نماینده دشت ازنا در نظر گرفته شدند. سپس با استفاده از آمار و اطلاعات کیفی، نمودارهای مختلف برای یون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم، سولفات، کلر، بی‌کربنات و EC به طور جداگانه ترسیم و مقایسه شد.



شکل ۳-۶- موقعیت نمونه‌های آنالیز شده جهت تعیین یون‌های اصلی

فصل چهارم: ارزیابی هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی آبخوان منطقه مورد مطالعه

دشت ازنا با وسعت حدود ۱۰۴ کیلومتر مربع در فاصله‌ی ۱۲۰ کیلومتری شرق خرم‌آباد در استان لرستان واقع شده است. محدوده مطالعاتی به لحاظ وجود سازندهای آهکی، بارش باران نسبتاً خوب و آبرفت مناسب دارای منابع آب زیرزمینی قابل توجه می‌باشد. در دشت ازنا حداکثر ضخامت نهشته‌های آبرفتی در مرکز دشت و حداقل آن در دامنه‌های شرقی و غربی دشت واقع شده است. در این دشت تعداد ۲۰ پیزومتر وجود دارد که با توجه به اطلاعات مربوط به این پیزومترها از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲ مطالعات هیدروژئولوژیکی دشت انجام شده است. همچنین با اندازه‌گیری مقادیر هدایت الکتریکی و pH در محل نمونه‌برداری از آب چاه‌های بهره‌برداری و آنالیز نمونه‌ها در آزمایشگاه ارزیابی هیدروژئوشیمیایی منطقه انجام شده است.

۴-۱- هیدروژئولوژی دشت ازنا

در این بخش ابتدا خصوصیات آبخوان به طور مختصر معرفی شده و سپس هیدروگراف واحد، نقشه هم-پتانسیل، نقشه پهنه‌بندی افت و بیلان آب زیرزمینی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۴-۱-۱- خصوصیات آبخوان

بر اساس مطالعات قبلی انجام شده در دشت ازنا سفره‌ی آب زیرزمینی در این منطقه از نوع سفره آزاد (Unconfined aquifer) می‌باشد. واحدهای زمین‌شناسی رخنمون یافته در حاشیه دشت با توجه به تراوایی نسبتاً بالایی که دارند، به طور قابل توجهی دشت مورد نظر را تغذیه می‌کنند. به استثنای سازندهای مارنی، که تا حدودی می‌توانند باعث تخریب کیفیت آب شوند، تغذیه انجام شده به وسیله سازندهای موجود در منطقه از کیفیت بالایی برخوردار است. همانطور که قبلاً اشاره شده است، در این تحقیق از اطلاعات مربوط به ۲۰ پیزومتر در منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. جدول (۴-۱) موقعیت این پیزومترها را نشان می‌دهد.

۴-۱-۲- بررسی هیدروگراف واحد دشت در منطقه مورد مطالعه

به منظور بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی از هیدروگراف واحد دشت استفاده می‌شود. به همین منظور از اطلاعات مربوط به سطح آب اندازه‌گیری شده در چاه‌های پیزومتری موجود استفاده می‌شود و هیدروگراف دشت ترسیم می‌گردد. جهت ترسیم هیدروگراف واحد، از میانگین وزنی ارتفاع سطح آب زیرزمینی در پیزومترهای موجود در منطقه مورد مطالعه استفاده گردیده است. در نهایت با استفاده از آمار و اطلاعات حاصله، هیدروگراف واحد دشت‌های ازنا، الیگودرز و مؤمن‌آباد برای یک دوره آماری ۱۱ ساله ترسیم شد. شکل (۴-۱) هیدروگراف واحد دشت ازنا را نشان می‌دهد. با توجه به هیدروگراف دشت ازنا، از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۳ سطح آب زیرزمینی روند صعودی داشته است که به علت افزایش بارندگی بوده است. از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۶ سطح آب زیرزمینی تقریباً ثابت بوده است در حالی که بارندگی هم کاهش یافته است. از سال۱۳۸۶ تا ۱۳۹۲ با وجود اینکه بارندگی کم و بیش ثابت است و تغییرات زیادی ندارد سطح آب زیرزمینی روند نزولی داشته است که حاکی از برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی می‌باشد. با توجه به هیدروگراف ترسیم شده، سطح آب زیرزمینی در دشت ازنا سالانه حدود ۰/۸۸ متر افت داشته

است. هیدروگراف واحد دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد در شکل‌های (۴-۲) و (۴-۳) نشان داده شده است با توجه به هیدروگراف واحد دشت الیگودرز از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۳، همانند با دشت ازنا، سطح آب روند صعودی داشته است. از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۶۸ با وجود کاهش بارندگی سطح آب تقریباً ثابت بوده است و از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۲ سطح آب زیرزمینی کاهش یافته است و مقدار افت سالانه سطح آب زیرزمینی دشت الیگودرز حدود ۰/۷۴ متر می‌باشد. همانطور که هیدروگراف واحد دشت مؤمن‌آباد نشان می‌دهد سطح آب زیرزمینی از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۶ افزایش یافته است و ازسال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۲ به طور قابل ملاحضه‌ای روند نزولی داشته است. سطح آب زیرزمینی در دشت مؤمن‌آباد سالانه حدود ۱/۶۱ متر افت داشته است.

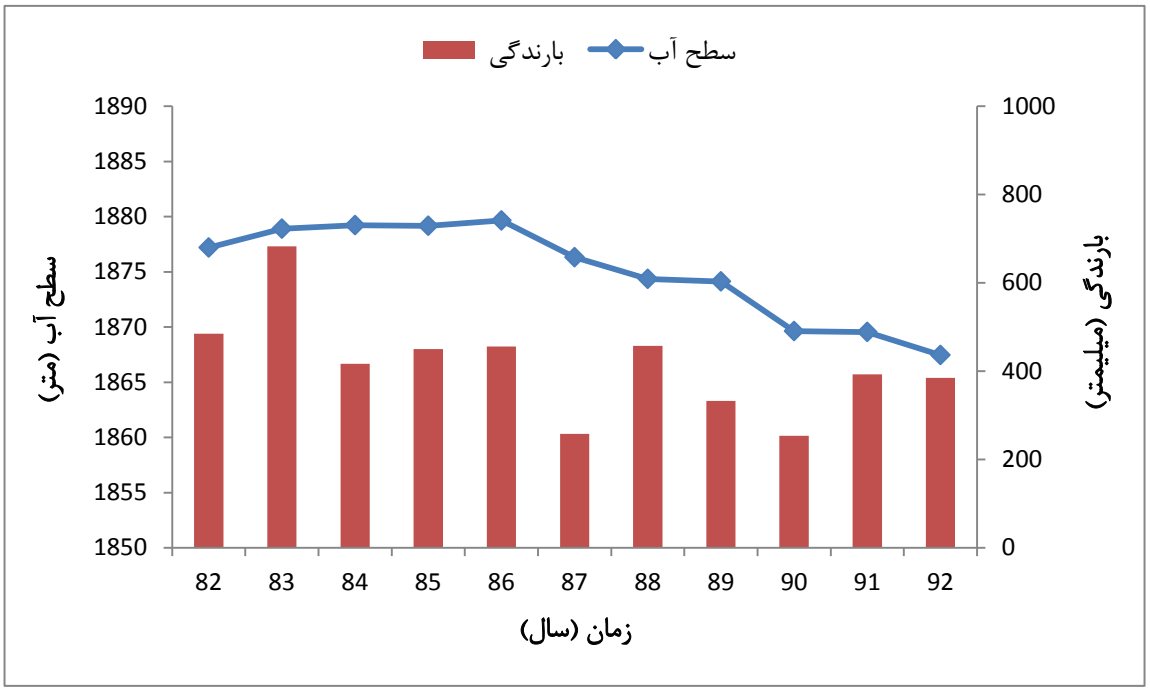
۴-۱-۳- بررسی نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه

برای تعیین جهت جریان و تغییرات سطح آب زیرزمینی از نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی استفاده می‌شود. جدول (۴-۲) ارتفاع سطح آب در پیزومترهای موجود در منطقه مورد مطالعه را در اسفند ماه ۱۳۹۲ نشان می‌دهد. با استفاده از این اطلاعات نقشه هم‌پتانسیل آب‌های زیرزمینی منطقه تهیه شده است (شکل ۴-۴). بر اساس نقشه هم‌پتانسیل آب‌های زیرزمینی، حداکثر تراز آب زیرزمینی در حاشیه شرقی منطقه برابر با ۱۹۵۰ متر و حداقل تراز آب زیرزمینی حدود ۱۸۴۰ متر در حاشیه غربی منطقه می‌باشد. جهت جریان آب زیرزمینی از نواحی شمال (دشت مؤمن‌آباد) و شرق (دشت الیگودرز) به سمت دشت ازنا می‌باشد. و ارتباط آبخوان با سازندهای مجاور دشت همانگونه که در نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی مشخص است نشانگر تغذیه دشت از طریق سازندهای مذکور می‌باشد. بنابراین دشت ازنا توسط آب‌های ورودی از ارتفاعات جنوبی، ارتفاعات شمال‌غرب و غرب، دشت الیگودرز و دشت مؤمن‌آباد تغذیه می‌شود. تغییرات گرادیان هیدرولیکی آبخوان تابع شیب توپوگرافی، دبی جریان، دانه‌بندی خاک و قابلیت انتقال آبخوان می‌باشد. گرادیان هیدرولیکی آبخوان در محدوده مرزی بین دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد با دشت ازنا به ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۰۰۲۷ می‌باشد. همانطور که ملاحظه می‌شود گرادیان هیدرولیکی در

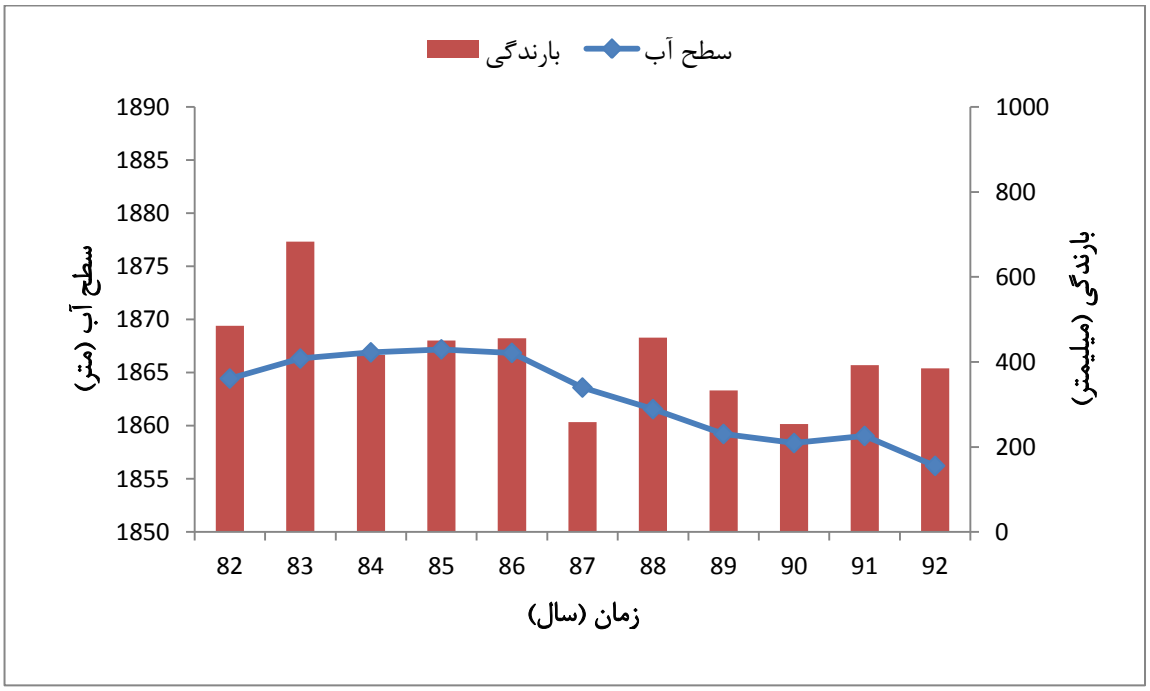
محدوده مرزی دشت مؤمن‌آباد با دشت ازنا در مقایسه با محدوده مرزی دشت الیگودرز با دشت ازنا به طور قابل توجهی کمتر است که دلیل این موضوع اندک بودن جریان آب زیرزمینی در این منطقه می-باشد.

جدول ۴-۱- موقعیت پیزومترها در منطقه مورد مطالعه

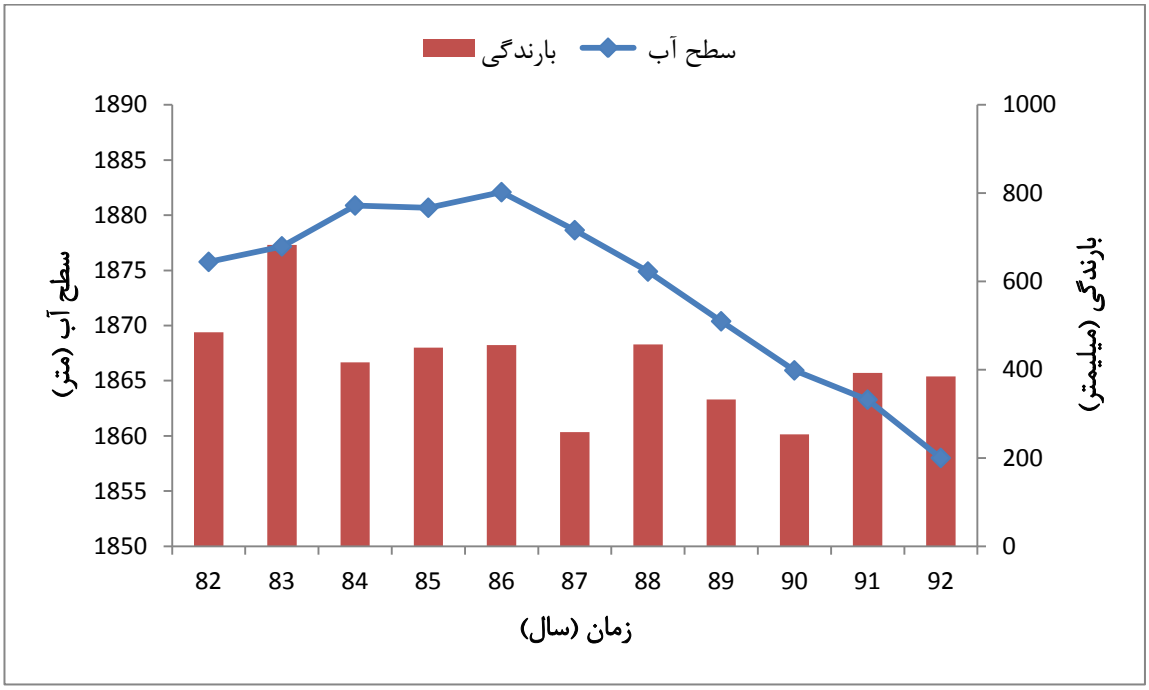
علامت اختصاری	نام پیزومتر	مختصات جغرافیایی (UTM)		ارتفاع از سطح دریا (m)
		X	Y	
P_1	دولت آباد	۳۵۷۲۳۰	۳۶۹۵۵۲۱	۱۹۰۳/۷۲
P_2	شهرک المهدی	۳۶۰۳۹۴	۳۷۰۰۵۹۳	۱۹۰۴/۴۲
P_3	دلیان	۳۶۲۰۱۶	۳۷۰۳۷۴۸	۱۸۹۰
P_4	تمبک	۳۵۹۷۹۵	۳۷۰۷۷۶۸	۱۸۸۵
P_5	دودهک	۳۶۱۵۷۴	۳۶۹۲۷۶۰	۱۹۰۰/۲۳
P_6	دهنو عبدالوند	۳۶۴۰۴۹	۳۶۹۳۰۳۲	۱۹۰۴/۸۸
P_7	سور	۳۶۵۴۳۳	۳۶۹۵۹۳۷	۱۸۸۲/۹۵
P_8	قره دین	۳۶۵۷۶۳	۳۷۰۶۰۷۹	۱۹۱۸/۵۴
P_9	گمبه	۳۵۶۷۲۹	۳۷۰۹۱۰۷	۱۹۰۶/۳۶
P_{10}	مرکز آموزش	۳۶۵۷۶۹	۳۷۰۱۱۱۷	۱۸۹۷/۵
P_{11}	شریف آباد	۳۶۹۲۶۱	۳۷۰۰۵۱۵	۱۹۲۰/۲۳
P_{12}	کشکک	۳۷۰۳۸۹	۳۶۹۵۱۸۳	۱۹۲۴/۹۸
P_{13}	ده نصیر	۳۷۲۵۲۱	۳۶۹۹۱۴۳	۱۹۲۳/۷۸
P_{14}	الیگودرز	۳۷۶۶۸۴	۳۶۹۶۵۳۸	۱۹۶۰/۱
P_{15}	نصرت آباد	۳۵۰۰۶۶	۳۶۹۳۳۹۱	۱۸۶۰
P_{16}	فین	۳۶۲۸۰۱	۳۷۰۹۱۸۶	۱۸۸۵/۳
P_{17}	برجله	۳۵۴۸۰۸	۳۶۹۸۵۵۸	۱۸۶۱
P_{18}	ازنا-اردوگاه	۳۵۴۱۵۴	۳۷۰۲۳۹۲	۱۸۵۸
P_{19}	برن آباد	۳۶۴۶۵۶	۳۶۹۹۰۶۲	۱۸۷۵/۱۸
P_{20}	علی آباد	۳۵۹۸۸۳	۳۶۹۶۹۳۵	۱۹۰۳/۳۶



شکل ۴-۱- هیدروگراف واحد دشت ازنا



شکل ۴- ۲- هیدروگراف واحد دشت الیگودرز



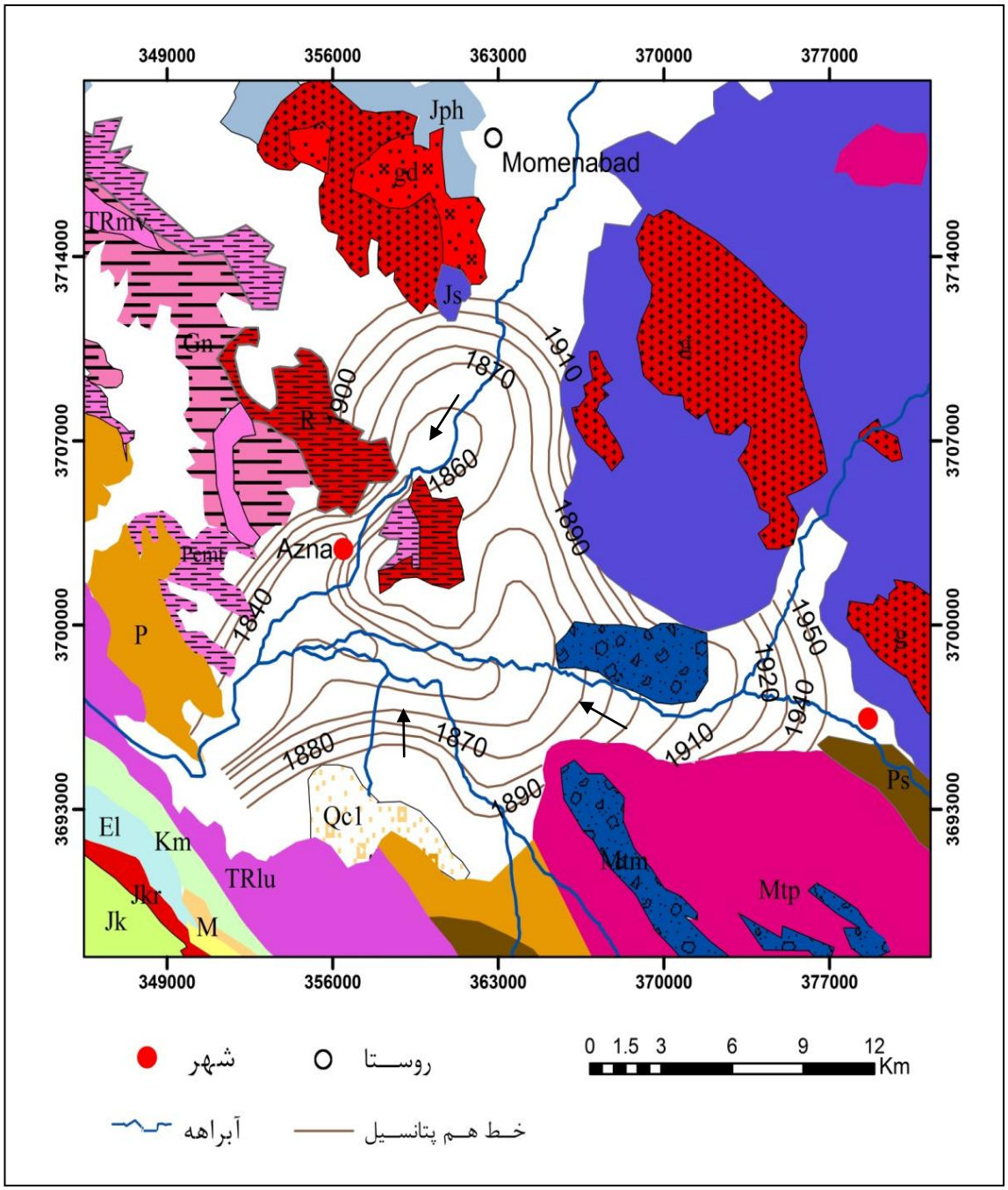
شکل ۴-۳- هیدروگراف واحد دشت مؤمن‌آباد

۴-۱-۴- نقشه هم‌افت آب‌های زیرزمینی

به منظور بررسی افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های مورد نظر از داده‌های سطح آب پیزومترهای منطقه طی یک دوره آماری ۱۱ ساله (۱۳۹۲- ۱۳۸۲) استفاده شد. جدول (۴-۳) داده‌های مربوط به افت پیزومترها را نشان می‌دهد. سپس با توجه به افت پیزومترها نقشه پهنه‌بندی افت برای دشت‌های مورد نظر ترسیم گردید. میانگین افت در بخش با افت کم و افت زیاد به ترتیب حدود ۲/۴۴ و ۹/۶۵ متر می‌باشد. نقشه پهنه‌بندی افت نشان می‌دهد که سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های ازنا و مؤمن‌آباد با افت شدیدی روبه‌رو شده است، که به دلیل کاهش بارندگی در سال‌های اخیر و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی می‌باشد. دشت الیگودرز به دلیل تغذیه از سازندهای مجاور دارای افت کمتری می‌باشد. شکل (۴-۵) نقشه پهنه‌بندی افت را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۲- ارتفاع سطح ایستابی در پیزومترهای حفر شده در منطقه مورد مطالعه در اسفند ماه ۱۳۹۲

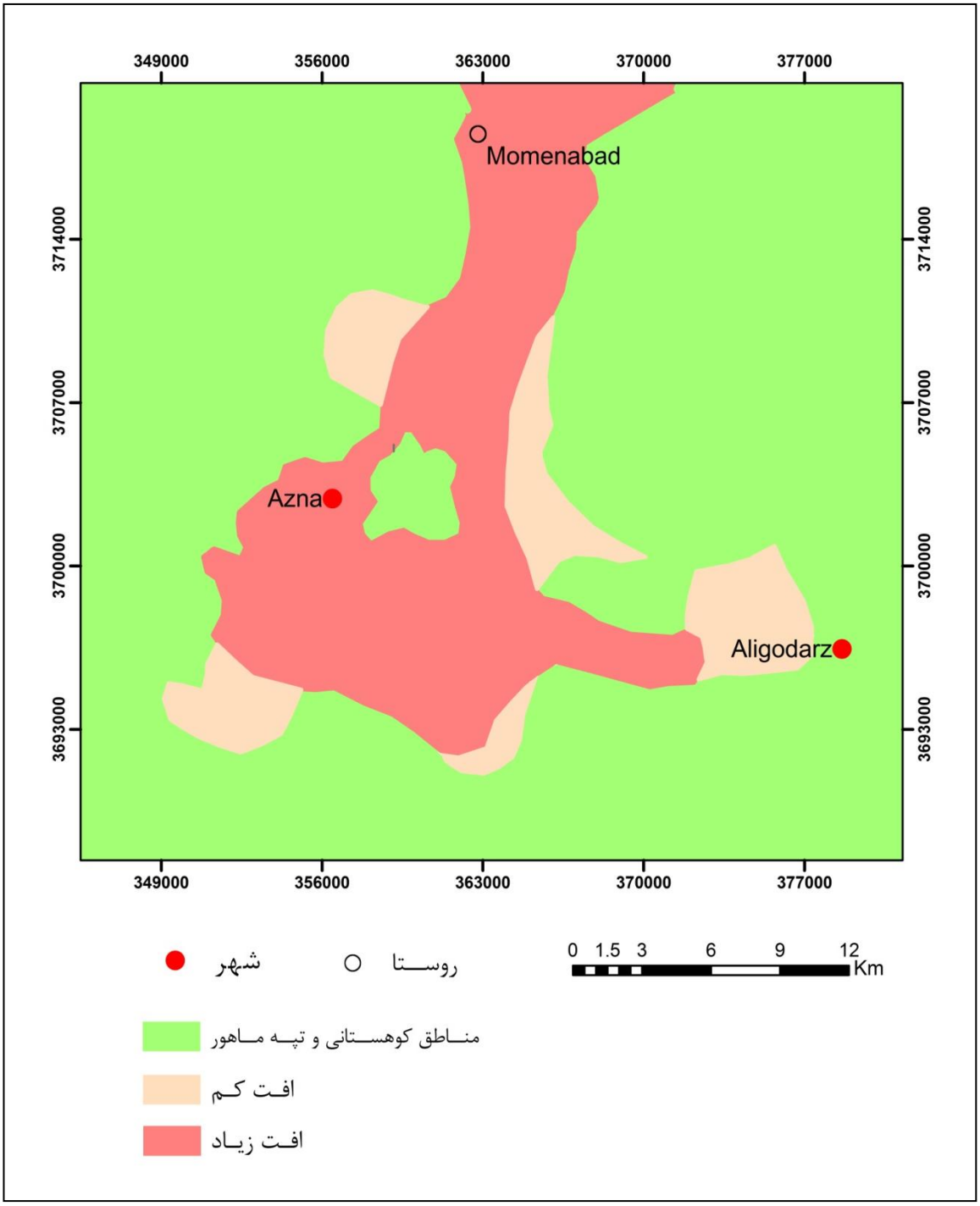
نام پیزومتر	ارتفاع نقطه نشانه از سطح دریا (m)	عمق سطح ایستابی (m)	بار هیدرولیکی (m)
دولت آباد	۱۹۰۳/۷۲	۱۶/۲	۱۸۸۷/۵۲
شهرک المهدی	۱۹۰۴/۴۲	۱۹/۹۵	۱۸۸۴/۴۷
دلیان	۱۸۹۰	۱۸/۸۹	۱۸۷۱/۱۱
تمبک	۱۸۸۵	۲۵/۴	۱۸۵۹/۶
دودهک	۱۹۰۰/۲۳	۹/۳۲	۱۸۹۰/۹۱
دهنو عبدالوند	۱۹۰۴/۸۸	۱۳	۱۸۹۱/۸۸
سور	۱۸۸۲/۹۵	۱۲/۳	۱۸۷۰/۶۵
قره دین	۱۹۱۸/۵۴	۹/۵	۱۹۰۹/۰۴
گمبه	۱۹۰۶/۳۶	۷/۱	۱۸۹۹/۲۶
مرکز آموزش	۱۸۹۷/۵	۱۷/۸۱	۱۸۷۹/۶۹
شریف آباد	۱۹۲۰/۲۳	۳/۵۹	۱۹۱۶/۶۴
کشکک	۱۹۲۴/۹۸	۱۴/۳۷	۱۹۱۰/۶۱
ده نصیر	۱۹۲۳/۷۸	۱۳/۶۱	۱۹۱۰/۱۷
الیگودرز	۱۹۶۰/۱	۱۲/۱	۱۹۴۸
نصرت آباد	۱۸۶۰	۹/۱۵	۱۸۵۰/۸۵
فین	۱۸۸۵/۳	۱۶/۴۴	۱۸۶۸/۸۶
برجله	۱۸۶۱	۱۶/۰۳	۱۸۴۴/۹۷
ازنا-اردوگاه	۱۸۵۸	۱۷/۶۸	۱۸۴۰/۳۲
برن آباد	۱۸۷۵/۱۸	۱۸/۴۳	۱۸۵۶/۷۵
علی آباد	۱۹۰۳/۳۶	۱۹/۲۹	۱۸۸۴/۰۷



شکل ۴- ۴- نقشه هم‌پتانسیل منطقه مورد مطالعه

جدول ۴-۳- داده‌های افت پیزومترها

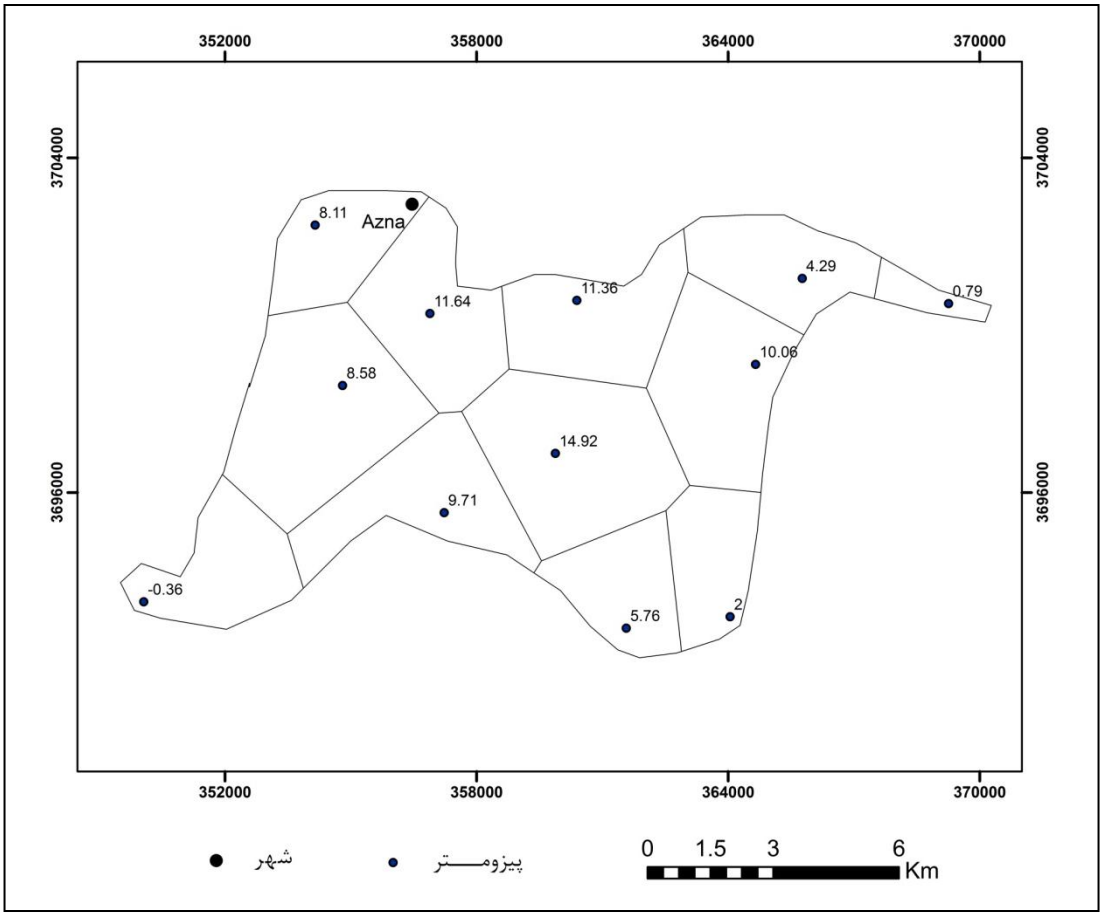
نام پیزومتر	ارتفاع سطح ایستابی در اسفند ۱۳۸۲(متر)	ارتفاع سطح ایستابی در اسفند ۱۳۹۲ (متر)	افت (متر)
دولت‌آباد	۱۸۹۷/۲۳	۱۸۸۷/۵۲	۹/۷۱
شهرک‌المهدی	۱۸۹۵/۸۳	۱۸۸۴/۴۷	۱۱/۳۶
دلیان	۱۸۸۰/۵۵	۱۸۷۱/۱۱	۹/۴۴
تمبک	۱۸۷۷/۴۹	۱۸۵۹/۶	۱۷/۸۹
دودهک	۱۸۹۶/۶۷	۱۸۹۰/۹۱	۵/۷۶
دهنوعبدالوند	۱۸۹۳/۸۸	۱۸۹۱/۸۸	۲
سور	۱۸۷۷/۸۶	۱۸۷۰/۶۵	۷/۲۱
قره‌دین	۱۹۱۲/۳۳	۱۹۰۹/۰۴	۳/۲۹
گمبه	۱۹۰۰/۸۲	۱۸۹۹/۲۶	۱/۵۶
مرکز آموزش	۱۸۸۳/۹۸	۱۸۷۹/۶۹	۴/۲۹
شریف‌آباد	۱۹۱۷/۴۳	۱۹۱۶/۶۴	۰/۷۹
کشکک	۱۹۱۸/۴۱	۱۹۱۰/۶۱	۷/۸
ده‌نصیر	۱۹۱۴/۸	۱۹۱۰/۱۷	۴/۶۳
الیگودرز	۱۹۵۱/۳۴	۱۹۴۸	۳/۳۴
نصرت‌آباد	۱۸۵۰/۴۹	۱۸۵۰/۸۵	-۰/۳۶
فین	۱۸۷۳/۸۸	۱۸۶۸/۸۶	۵/۰۲
برجله	۱۸۵۳/۵۵	۱۸۴۴/۹۷	۸/۵۸
ازنا- اردوگاه	۱۸۴۸/۴۳	۱۸۴۰/۳۲	۸/۱۱
برن‌آباد	۱۸۶۶/۸۱	۱۸۵۶/۷۵	۱۰/۰۶
علی‌آباد	۱۸۹۸/۹۹	۱۸۸۴/۰۷	۱۴/۹۲



شکل ۴-۵- نقشه پهنه‌بندی افت

۴-۱-۵- ارزیابی بیلان در دشت‌های ازنا - الیگودرز - مؤمن‌آباد

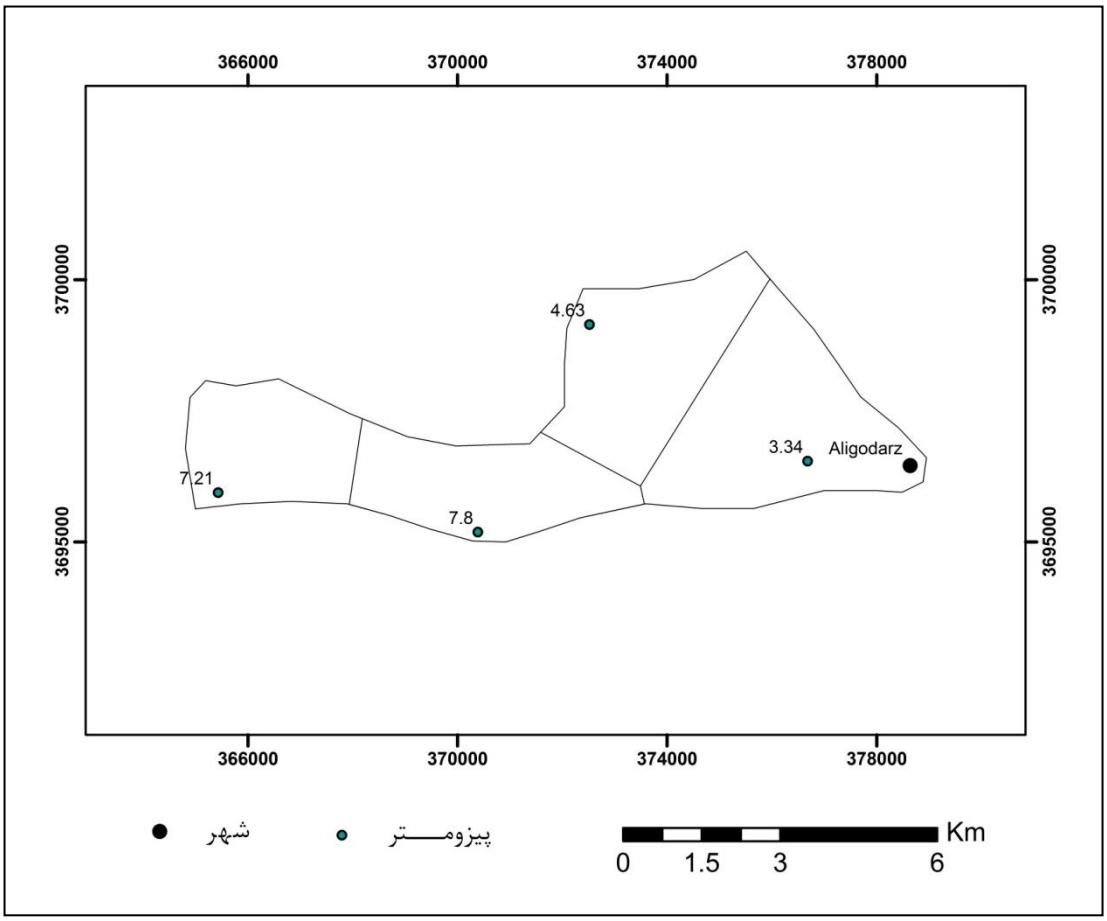
در بیلان آب زیرزمینی هدف اصلی محاسبه تغییر حجم ذخیره سفره آب زیرزمینی می‌باشد. به این معنا که مشخص می‌شود در طی دوره معین، حجم ذخیره سفره آب زیرزمینی، افزایش و یا کاهش یافته است. به منظور محاسبه بیلان در دشت‌های مورد نظر، مثلث‌بندی تیسن برای هر کدام از دشت‌ها به صورت جداگانه انجام گرفت. شکل‌های (۴-۶) تا (۴-۸) شبکه تیسن‌بندی دشت‌های مورد نظر را نشان می‌دهد. سپس با استفاده از افت هر پیزومتر و مساحت مربوط به آن و معادله (۳-۲) حجم کسری مخزن محاسبه گردید. مساحت شبکه تیسن دشت‌های ازنا، الیگودرز و مؤمن‌آباد در جدول‌های (۴-۴) تا (۴-۶) آورده شده است. جدول (۴-۷) مقدار ضریب ذخیره و حجم کسری مخزن دشت‌های مورد نظر را نشان می‌دهد.



شکل ۴- ۶- شبکه تیسن‌بندی دشت ازنا

جدول ۴- ۴- مساحت تیسن‌بندی دشت ازنا

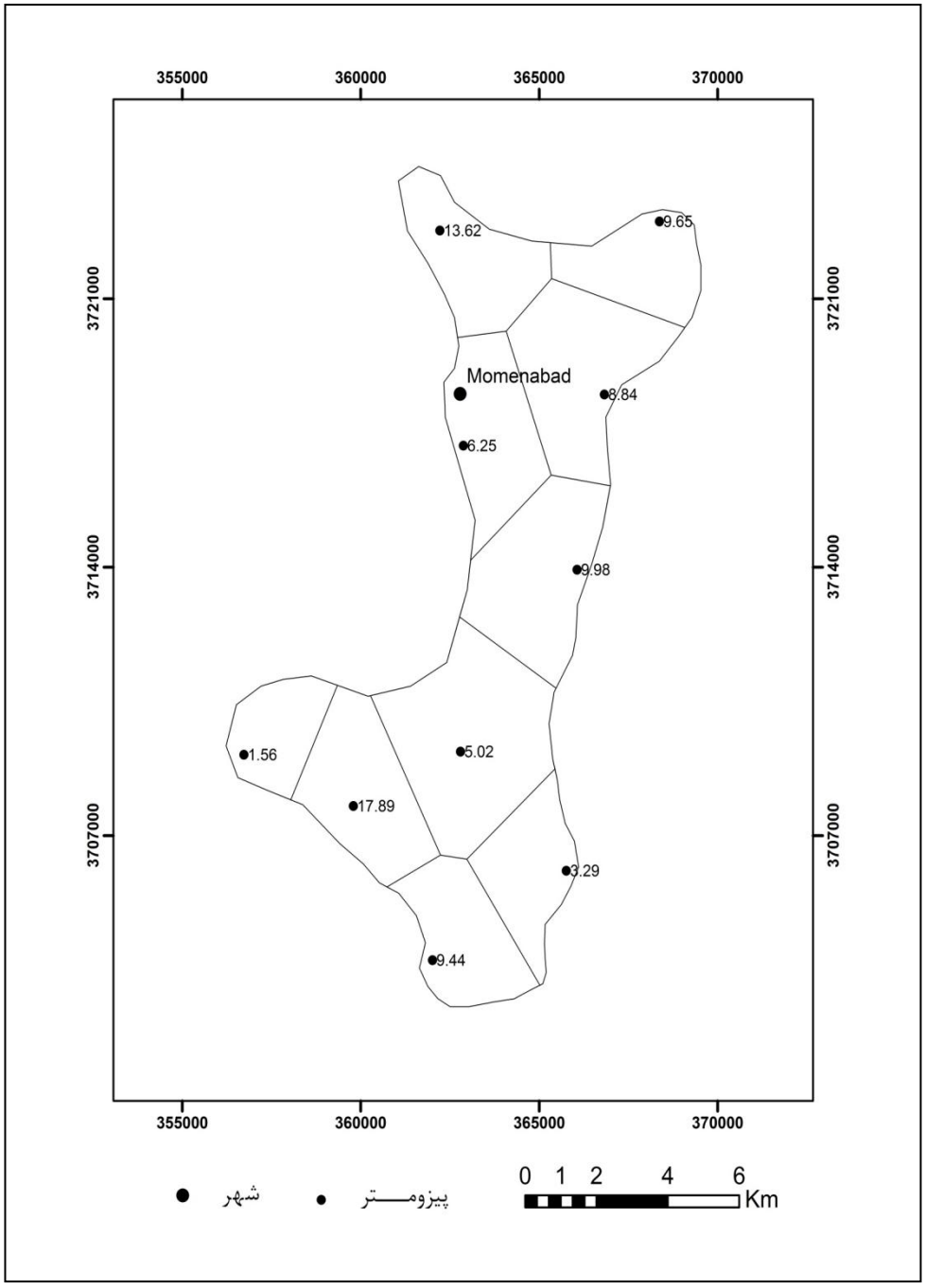
پیزومتر	مقدار افت (m)	مساحت (km^2)
برجله	۸/۵۸	۱۶/۵۲
علی‌آباد	۱۴/۹۲	۱۵/۹۰
شریف‌آباد	۰/۷۹	۱/۸۱
مرکزآموزش	۴/۲۹	۸/۵۳
ازنا- اردوگاه	۸/۱۱	۷/۱۳
چالسبار	۱۱/۶۴	۱۰/۸۹
دولت‌آباد	۹/۷۱	۱۰/۸۲
نصرت‌آباد	-۰/۳۶	۸/۳۲
برن‌آباد	۱۰/۰۶	۱۲/۱۸
دهنوعبدالوند	۲	۶/۷۳
شهرک‌المهدی	۱۱/۳۶	۱۰/۰۲
دودهک	۵/۷۶	۷/۳۱



شکل۴- ۷- شبکه تیسن‌بندی دشت الیگودرز

جدول ۴- ۵- مساحت تیسن‌بندی دشت الیگودرز

پیزومتر	مقدار افت (m)	مساحت (km^2)
سور	۷/۲۱	۶/۹۰
کشکک	۷/۸	۸/۲۱
ده‌نصیر	۴/۶۳	۱۰/۰۵
الیگودرز	۳/۳۴	۱۲/۶۶



شکل ۴- ۸- شبکه تیسن‌بندی دشت مؤمن‌آباد

جدول ۴- ۶- مساحت تیسن‌بندی دشت مؤمن‌آباد

پیزومتر	مقدار افت (m)	مساحت (km^2)
فین	۵/۰۲	۱۸/۸۷
شورجه	۹/۶۵	۸/۲۲
مومن‌آباد	۶/۲۵	۱۰/۴۷
فرزیان	۹/۹۸	۱۳/۶۴
گمبه	۱/۵۶	۶/۴۲
تمبک	۱۷/۸۹	۱۱/۵۴
دلیان	۹/۴۴	۹/۳۵
قره‌دین	۳/۲۹	۸/۴۰
گنجه	۱۳/۶۲	۹/۸۶
مدآباد	۸/۸۴	۱۴/۲۴

جدول ۴- ۷- حجم کسری مخزن دشت‌های مورد نظر

دشت	مساحت منطقه تیسن‌بندی (km^2)	افت متوسط سالانه (m)	ضریب ذخیره	حجم کسری مخزن (MCM)
ازنا	۱۱۶/۱۶	۰/۷۷	۰/۰۴	۳/۶
الیگودرز	۳۷/۸۲	۰/۴۸	۰/۰۵	۰/۹
مؤمن‌آباد	۱۱۱/۰۱	۰/۷۹	۰/۰۵	۴/۴

۴-۲- ارزیابی هیدروژئوشیمیایی منطقه

کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی اطلاعات جامعی در رابطه با منابع آب زیرزمینی، ترکیب شیمیایی آب، تعیین محل تغذیه، جهت حرکت آب‌های زیرزمینی و خصوصیات آبخوانی که آب از آن عبور می-نماید، در اختیار ما قرار می‌دهد. به منظور بررسی هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در خرداد ماه سال ۱۳۹۴ از چاه‌های موجود در منطقه نمونه‌برداری صورت گرفت و پارامترهای هدایت الکتریکی و اسیدیته در منطقه مورد مطالعه اندازه‌گیری شدند. به منظور دقت بیشتر در تفسیرهای هیدروژئوشیمیایی و همچنین جلوگیری از بروز خطا، مقدار هدایت الکتریکی در نقاط زیادی از دشت اندازه‌گیری شد که جدول (۴-۸) مقادیر هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده در منطقه را نشان می‌دهد. از میان نمونه‌های جمع‌آوری شده ۱۶ نمونه در آزمایشگاه آب و محیط زیست دانشگاه صنعتی شاهرود مورد آنالیز شیمیایی قرار گرفت. در جدول (۴-۹) نتایج آنالیز شیمیایی مربوط به ۱۶ نمونه آب زیرزمینی ارائه گردیده و همچنین سایر پارامترهای مهم در بررسی هیدروژئوشیمیایی آب محاسبه شده و در جدول (۴-۱۰) ارائه شده‌اند. به منظور بررسی هیدروژئوشیمیایی جریان‌های ورودی به دشت ازنا از چاه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه میانگین‌گیری صورت گرفت و داده‌های مربوطه در جدول (۴-۱۱) ارائه شده است.

جدول ۴-۸- هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده در منطقه

علامت اختصاری	مختصات جغرافیایی (UTM)		EC (µmhos/cm)
	X	Y	
W_1	۳۶۸۶۹۸	۳۶۹۶۰۵۴	۶۹۰
W_2	۳۶۸۲۱۷	۳۶۹۵۴۴۷	۳۹۱
W_3	۳۶۶۶۱۱	۳۶۹۷۰۷۵	۶۳۲
W_4	۳۶۹۴۲۹	۳۶۹۶۴۰۸	۶۲۴
W_5	۳۵۶۵۷۰	۳۷۰۰۷۲۶	۵۹۸
W_6	۳۵۴۳۰۵	۳۷۰۱۰۶۳	۶۳۷
W_7	۳۵۳۱۹۹	۳۶۹۶۴۳۷	۸۴۰
W_8	۳۵۱۹۴۵	۳۶۹۸۱۴۰	۴۱۴
W_9	۳۵۶۰۶۹	۳۶۹۶۹۶۴	۵۴۰
W_{10}	۳۵۷۸۵۵	۳۶۹۴۵۷۷	۴۵۳
W_{11}	۳۶۰۵۱۱	۳۶۹۵۲۶۶	۴۹۸
W_{12}	۳۶۰۶۱۹	۳۶۹۷۹۵۶	۵۸۸
W_{13}	۳۵۶۶۴۶	۳۶۹۵۳۸۷	۳۷۲
W_{14}	۳۵۶۱۵۰	۳۶۹۸۷۵۹	۶۷۲
W_{15}	۳۵۶۸۷۴	۳۷۰۳۶۳۶	۶۵۰
W_{16}	۳۵۹۱۲۳	۳۷۰۵۰۶۵	۶۹۰
W_{17}	۳۶۶۴۸۷	۳۶۹۶۲۴۷	۵۰۲
W_{18}	۳۶۵۸۵۲	۳۶۹۶۴۱۱	۵۰۴
W_{19}	۳۶۶۵۵۱	۳۶۹۸۱۴۳	۶۷۰
W_{20}	۳۶۹۰۴۲	۳۶۹۶۸۳۱	۷۵۰
W_{21}	۳۶۷۶۶۰	۳۶۹۷۱۰۵	۷۱۰
W_{22}	۳۶۴۳۱۸	۳۷۰۱۴۶۷	۶۲۰
W_{23}	۳۶۳۰۱۴	۳۷۰۰۸۹۵	۵۳۲
W_{24}	۳۷۱۹۶۰	۳۶۹۹۲۷۰	۵۳۲

جدول ۴-۹- مقادیر هدایت الکتریکی و غلظت یون‌ها در چاه‌های دشت ازنا در خرداد ماه ۱۳۹۴

علامت اختصاری	مختصات جغرافیایی (UTM)		غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)						EC (µmhos/cm)
	X	Y	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	
W_1	۳۶۸۶۹۸	۳۶۹۶۰۵۴	۱/۹	۲/۵	۴/۵	۶	۰/۸	۲	۶۹۰
W_2	۳۶۸۲۱۷	۳۶۹۵۴۴۷	۱/۳	۲/۵	۲	۴	۰/۴	۱/۳	۳۹۱
W_3	۳۶۶۶۱۱	۳۶۹۷۰۷۵	۱/۷	۲/۲	۴/۳	۶	۰/۶	۱/۸	۶۳۲
W_4	۳۶۹۴۲۹	۳۶۹۶۴۰۸	۱/۶	۲/۴	۴	۵/۹	۰/۵	۱/۷	۶۲۴
W_5	۳۵۶۵۷۰	۳۷۰۰۷۲۶	۱/۶	۲/۲	۴/۲	۵/۷	۰/۷	۱/۵	۵۹۸
W_6	۳۵۴۳۰۵	۳۷۰۱۰۶۳	۱/۶	۲/۳	۴/۴	۶/۱	۰/۶	۱/۷	۶۳۷
W_7	۳۵۳۱۹۹	۳۶۹۶۴۳۷	۱/۸	۲/۷	۶/۵	۶/۷	۲/۱	۱/۵	۸۴۰
W_8	۳۵۱۹۴۵	۳۶۹۸۱۴۰	۱/۲	۲/۳	۲/۴	۴/۳	۰/۴	۱/۱	۴۱۴
W_9	۳۵۶۰۶۹	۳۶۹۶۹۶۴	۱/۴	۳/۸	۳/۳	۶/۷	۱/۲	۰/۷	۵۴۰
W_{10}	۳۵۷۸۵۵	۳۶۹۴۵۷۷	۱/۵	۲	۳/۲	۵/۲	۰/۵	۱	۴۵۳
W_{11}	۳۶۰۵۱۱	۳۶۹۵۲۶۶	۱/۳	۲	۳/۸	۵/۵	۰/۶	۰/۹	۴۹۸
W_{12}	۳۶۰۶۱۹	۳۶۹۷۹۵۶	۱/۹	۲/۴	۳/۸	۵/۵	۰/۵	۱/۷	۵۸۸
W_{13}	۳۵۶۶۴۶	۳۶۹۵۳۸۷	۱	۲	۳	۴/۳	۰/۴	۱/۱	۳۷۲
W_{14}	۳۵۶۱۵۰	۳۶۹۸۷۵۹	۱/۹	۲/۴	۴/۴	۵/۸	۰/۷	۲	۶۷۲
W_{15}	۳۵۶۸۷۴	۳۷۰۳۶۳۶	۱/۸	۲/۱	۴/۵	۶/۱	۰/۷	۱/۶	۶۵۰
W_{16}	۳۵۹۱۲۳	۳۷۰۵۰۶۵	۲	۲/۳	۴/۶	۶/۱	۰/۹	۱/۸	۶۹۰

جدول ۴-۱۰- پارامترهای کیفی محاسبه شده برای نمونه‌های آب مربوط به دشت ازنا در خرداد ماه ۱۳۹۴

Total Hardness	$\frac{Na}{\sum Cations}$	$\frac{Cl}{\sum Anions}$	TDS (mg/l)	S.A.R	%Na	pH	علامت اختصاری
۳۵۰	۰/۲۱	۰/۲۳	۴۵۶/۶	۱/۰۱	۲۱/۳۴	۸/۰۳	W_1
۲۲۴/۷۵	۰/۲۲	۰/۲۳	۲۸۷/۷	۰/۸۶	۲۲/۴۱	۸/۵۲	W_2
۳۲۵/۰۵	۰/۲۱	۰/۲۱	۴۲۷/۷	۰/۹۴	۲۰/۷۳	۸/۲۲	W_3
۳۲۰	۰/۲	۰/۲۱	۴۱۰/۴	۰/۸۹	۲۰	۸/۱۷	W_4
۳۲۰	۰/۲	۰/۱۹	۴۰۸/۴	۰/۸۹	۲۰	۸/۳۲	W_5
۳۳۵	۰/۲	۰/۲	۴۲۸/۱	۰/۸۷	۱۹/۲۷	۸/۲	W_6
۴۶۰/۳	۰/۱۶	۰/۱۴	۵۶۳	۰/۸۴	۱۶/۳۶	۷/۹۷	W_7
۲۳۴/۸	۰/۲	۰/۱۹	۲۹۳	۰/۷۸	۲۰/۳۳	۸/۰۹	W_8
۳۵۴/۶۵	۰/۱۶	۰/۰۸	۴۳۱/۴	۰/۷۴	۱۶/۴۷	۸/۱۶	W_9
۲۶۰	۰/۲۲	۰/۱۵	۳۴۱	۰/۹۳	۲۲/۳۸	۸/۲۲	W_{10}
۲۹۰	۰/۱۸	۰/۱۳	۳۵۸/۹	۰/۷۶	۱۸/۳۰	۸	W_{11}
۳۱۰	۰/۲۳	۰/۲۲	۴۰۱/۱	۱/۰۷	۲۳/۴۵	۸/۲۵	W_{12}
۲۵۰	۰/۱۶	۰/۱۹	۲۹۶/۸	۰/۶۳	۱۶/۶۶	۸/۱۲	W_{13}
۳۴۰	۰/۲۲	۰/۲۳	۴۴۲/۵	۱/۰۳	۲۱/۸۳	۸/۱۶	W_{14}
۳۳۰/۱	۰/۲۱	۰/۱۹	۴۳۳/۵	۰/۹۹	۲۱/۴۲	۸/۲۶	W_{15}
۳۴۵	۰/۲۲	۰/۲	۴۵۹/۲۵	۱/۰۸	۲۲/۴۷	۸/۲۳	W_{16}

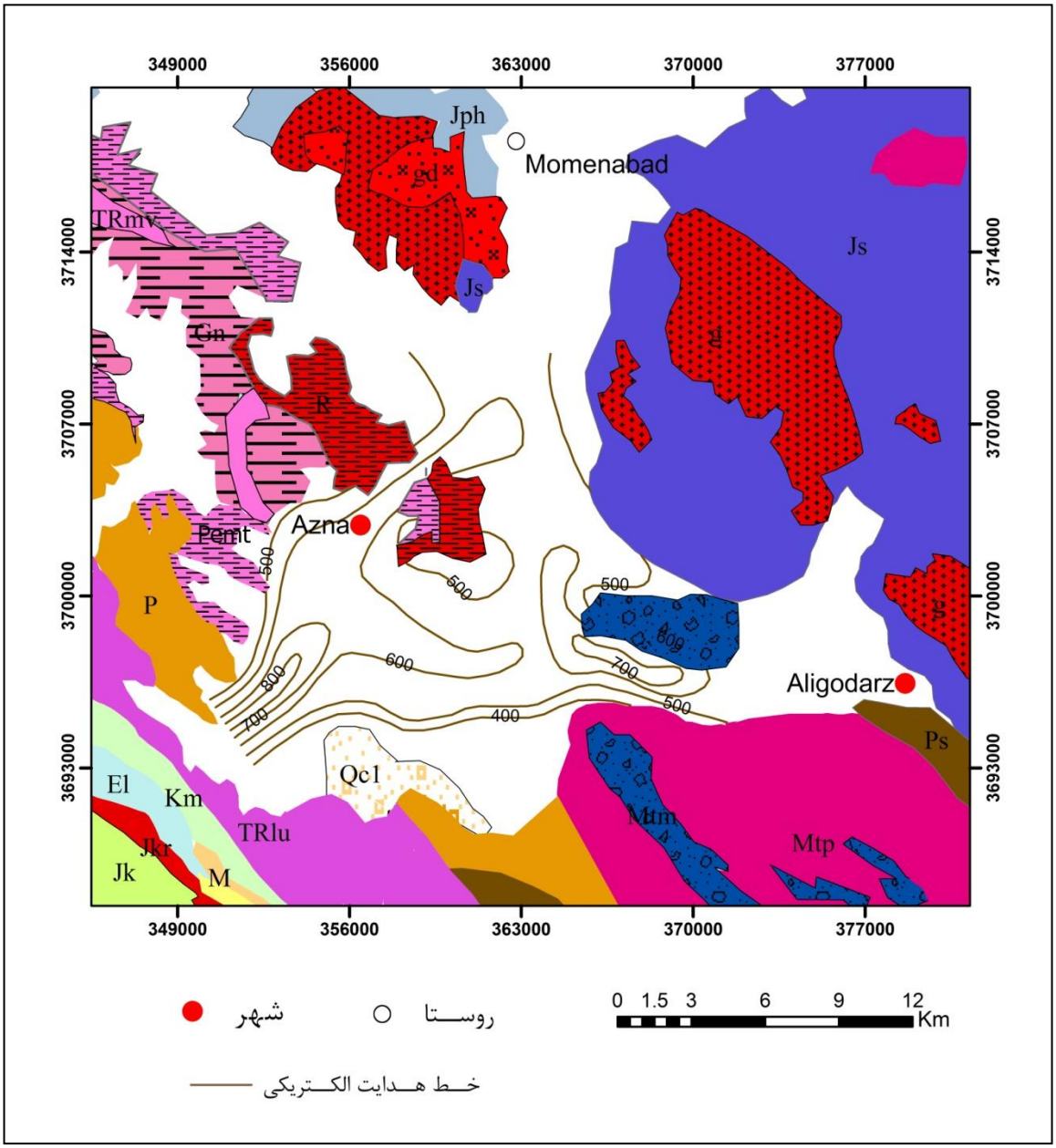
جدول ۴-۱۱- مقدار هدایت الکتریکی و غلظت یون‌ها در جریان‌های ورودی به دشت ازنا

جریان‌های ورودی به دشت ازنا	علامت اختصاری	غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)						EC (µmho/cm)	TDS (mg/l)
		Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-		
جریان‌های ورودی از ارتفاعات شمال-غرب و غرب	A_1	۱/۶	۲/۲۵	۴/۳	۵/۹	۰/۶۵	۱/۶	۶۱۷/۵	۴۱۸/۲
جریان‌های ورودی از ارتفاعات جنوبی	A_2	۱/۲۷	۲/۱۲	۳	۴/۷۵	۰/۴۷	۱/۰۷	۴۲۸/۵	۳۲۱/۱
جریان‌های ورودی از دشت الیگودرز	A_3	۱/۷۳	۲/۳۶	۴/۲۶	۵/۹۶	۰/۶۳	۱/۸۳	۶۴۸/۷	۴۳۱/۶
جریان‌های ورودی از دشت مؤمن‌آباد	A_4	۱/۹	۲/۲	۴/۵۵	۶/۱	۰/۸	۱/۷	۶۷۰	۴۴۶/۴
نماینده دشت ازنا	A_5	۱/۸	۲/۳۳	۴/۱۳	۵/۶۷	۰/۶۳	۱/۷۳	۶۱۹/۳	۴۱۷/۳

۴-۲-۱- نقشه هدایت الکتریکی منطقه مورد مطالعه

به منظور بررسی وضعیت شوری سفره آب زیرزمینی در دشت‌های مورد نظر از داده‌های اندازه‌گیری شده در منطقه که در جدول (۴-۸) آمده است، استفاده شد. به طور کلی مقدار هدایت الکتریکی آب زیرزمینی می‌بایست در مقاطع ورودی، به دلیل تغذیه از سازندهای حاشیه کمترین مقدار و در مقاطع خروجی آب زیرزمینی به دلیل ریزدانه‌تر شدن مواد تشکیل دهنده آبخوان، کاهش جریان و همچنین اثرات آب برگشتی کشاورزی بیشترین مقدار را دارا باشد. با توجه به نقشه هدایت الکتریکی ترسیم شده (شکل ۴-۹)، روند عمومی افزایش هدایت الکتریکی با جهت جریان آب زیرزمینی کم و بیش همخوانی دارد. به این ترتیب که افزایش هدایت الکتریکی از سمت دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد به سمت نواحی مرکزی و خروجی دشت ازنا بوده است. نقشه هدایت الکتریکی نشان می‌دهد، کیفیت آب‌های ورودی از سمت دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد با کیفیت آب دشت ازنا اختلاف فاحشی ندارند. بیش‌ترین میزان هدایت

الکتریکی مربوط به خروجی دشت ازنا با مقدار ۸۴۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد. همچنین ملاحظه می‌شود که هدایت الکتریکی آب‌های ورودی از سمت دشت الیگودرز حدود ۶۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر و از سمت دشت مؤمن‌آباد حدود ۶۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد.



شکل ۴-۹- نقشه هدایت الکتریکی منطقه مورد مطالعه در خرداد ماه ۱۳۹۴

۴-۲-۲- ارزیابی مقادیر pH آب‌های زیرزمینی

مقدار pH آب به عوامل مختلفی از قبیل میزان دی‌اکسیدکربن محلول در آب، مقدار آنیون‌های بی‌کربنات و کربنات و همچنین درجه حرارت آب بستگی دارد. هر چه میزان دی‌اکسیدکربن محلول در آب افزایش یابد، مقدار pH آب کمتر می‌شود. با افزایش مقدار یون‌های بی‌کربنات و کربنات در آب میزان pH نیز افزایش می‌یابد. افزایش درجه حرارت نیز باعث کاهش مقدار pH می‌شود. درمنطقه مورد مطالعه، حداقل اسیدیته ۷/۹۷ و حداکثر اسیدیته ۸/۵۲ می‌باشد. به طور کلی pH آب‌های زیرزمینی بازی می‌باشد که با توجه به جدول (۴-۱۰) نمونه‌های آب چاه‌های منطقه دارای pH بازی می‌باشند.

۴-۲-۳- ارزیابی مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی

یون سدیم

سدیم یکی از کاتیون‌های اصلی موجود در آب‌های زیرزمینی است. منشاء اصلی سدیم در آب‌های زیرزمینی از انحلال هالیت و همچنین هوازدگی و انحلال فلدسپات‌ها می‌باشد. باتوجه به جدول (۴-۹) مقدار سدیم از حدود یک میلی‌اکی‌والان بر لیتر تا دو میلی‌اکی‌والان بر لیتر در منطقه متغیر است. کمترین مقدار سدیم مربوط به ارتفاعات جنوبی منطقه و بیشترین مقدار مربوط به خروجی مؤمن‌آباد می‌باشد.

یون کلر

کلر یکی از مهمترین آنیون‌های موجود در آب‌های زیرزمینی می‌باشد که بیشتر به صورت ترکیبات سدیم و منیزیم در طبیعت وجود دارد. مقدار کلر در آب یکی از عوامل مهم و تعیین کننده کیفیت آب به ویژه جهت مصارف شرب بوده و ازدیاد آن باعث شوری آب می‌گردد. منشاء یون کلر در آب‌های زیرزمینی از طریق انحلال هالیت، نفوذ آب شور دریا و نمک‌های اتمسفری می‌باشد. جهت تعیین منشاء یون کلر از

نسبت کلر به سایر آنیون‌ها استفاده می‌شود. اگر این نسبت بزرگتر از ۰/۸ و TDS نمونه‌ها کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد، منشاء کلر از آب باران است و در حالتی که این نسبت کمتر از ۰/۸ باشد، منشاء کلر از هوازدگی سنگ‌ها می‌باشد و در صورتی که نسبت مذکور بیشتر از ۰/۸ و TDS بیشتر از ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد، آب دریا، شورابه‌ها یا تبخیری‌ها منشاء کلر موجود در نمونه آب می‌باشد (Hounslow 1995). با توجه به جدول (۴-۱۰) نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها در تمامی نمونه‌های منطقه مطالعاتی کمتر از ۰/۸ می‌باشد، بنابراین منشاء یون کلر در آب‌های زیرزمینی هوازدگی سنگ‌ها می‌باشد. با توجه به مقادیر کلر اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه، غلظت یون کلر موجود در نمونه‌های آب زیرزمینی بر اساس استاندارد و در حد قابل قبول می‌باشد. کمترین مقدار کلر مربوط به ارتفاعات جنوبی منطقه با میزان ۰/۹ میلی‌اکی‌والان بر لیتر و بیشترین مقدار کلر مربوط به خروجی الیگودرز با میزان ۲ میلی‌اکی-والان بر لیتر می‌باشد.

سولفات

سولفات یکی از آنیون‌های اصلی است که از پارامترهای مؤثر در افزایش هدایت الکتریکی می‌باشد. بالا بودن مقدار سولفات آب‌های زیرزمینی می‌تواند ناشی از انحلال سولفات‌ها، سولفیدها، و یا ژیپس باشد. حضور سولفات باعث افزایش سختی آب‌زیرزمینی می‌گردد. مقدار یون سولفات محدوده مطالعاتی از ۰/۴ تا ۲/۱ میلی‌اکی‌والان بر لیتر متغیر می‌باشد. کمترین مقدار سولفات مربوط به ارتفاعات جنوبی منطقه و بیشترین مقدار مربوط به خروجی دشت ازنا می‌باشد.

بی‌کربنات

بی‌کربنات یکی از آنیون‌های موجود در آب‌های زیرزمینی می‌باشد که غلظت بالای این یون نشان‌دهنده هوازدگی کربنات و تجزیه مواد آلی می‌باشد (Kumar et al. 2010). کمترین مقدار یون بی‌کربنات ۴

میلی‌اکی‌والان بر لیتر و بیشترین مقدار آن ۶/۷ میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشد.

۴-۲-۴- ارزیابی مقادیر پارامترهای محاسباتی

در این قسمت برخی از پارامترهای محاسباتی از قبیل نسبت یون سدیم به مجموع کاتیون‌ها و نسبت یون کلر به مجموع آنیون‌ها و سختی کل محاسبه شده است و در جدول (۴-۱۰) بیان شده است.

نسبت یون سدیم به مجموع کاتیون‌ها و نسبت یون کلر به مجموع آنیون‌ها

با توجه به نتایج آنالیز نمونه‌ها برخی از نسبت‌های یونی مانند سدیم به مجموع کاتیون‌ها و کلر به مجموع آنیون‌ها محاسبه شده است. با توجه به جدول (۴-۱۰) حداقل مقدار نسبت سدیم به مجموع کاتیون‌ها ۰/۱۶ و حداکثر مقدار آن ۰/۲۳ می‌باشد. حداقل مقدار نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها ۰/۰۸ و حداکثر مقدار آن ۰/۲۳ می‌باشد.

سختی کل

سختی آب به غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم وابسته است و معمولاً واحد آن میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم می‌باشد. سختی چاه‌های منطقه از ۲۲۴ تا ۴۶۰ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم متفاوت است. مقادیر سختی کل چاه‌های منطقه مورد مطالعه برحسب میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم در جدول (۴-۱۰) آورده شده است. چاه W_7 در بین چاه‌های منطقه بیشترین میزان سختی را دارد که بر اساس جدول (۴-۱۲) در رده آب‌های خیلی سخت قرار می‌گیرد. و چاه W_2 در بین چاه‌های منطقه کمترین میزان سختی را دارد که در رده آب‌های سخت قرار می‌گیرد.

جدول ۴-۱۲- طبقه‌بندی آب بر اساس سختی (Todd and Mays 2005)

سختی (میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم)	طبقه‌بندی آب
۰-۷۵	نرم
۷۵-۱۵۰	نسبتاً نرم
۱۵۰-۳۰۰	سخت
۳۰۰<	خیلی سخت

۴-۲-۵- بررسی شاخص‌های اشباع

به منظور توصیف تکامل شیمیایی آب زیرزمینی شاخص اشباع کانی‌های مختلف محاسبه می‌شود. به همین منظور شاخص اشباع نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، از طریق نرم‌افزار PHREEQC محاسبه گردید. شاخص اشباع کانی‌های مختلف در جدول (۴-۱۳) ارائه شده است. با توجه به شکل (۴-۱۰) اندیس اشباع کانی‌های هالیت و ژیپس منفی و برای کانی کلسیت مثبت می‌باشد. با توجه به این نتایج مشخص می‌گردد که همه نمونه‌ها نسبت به کانی کلسیت فوق اشباع و نسبت به کانی‌های ژیپس و هالیت غیر اشباع می‌باشند. شاخص اشباع کلسیت بیشتر از بقیه کانی‌ها می‌باشد و این را می‌توان به حضور کلسیم و منیزیم در محیط نسبت داد. شاخص اشباع هالیت پایین است و این به خاطر کم بودن مقادیر یون‌های سدیم و کلر در منطقه می‌باشد.

۴-۲-۶- تعیین تیپ آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

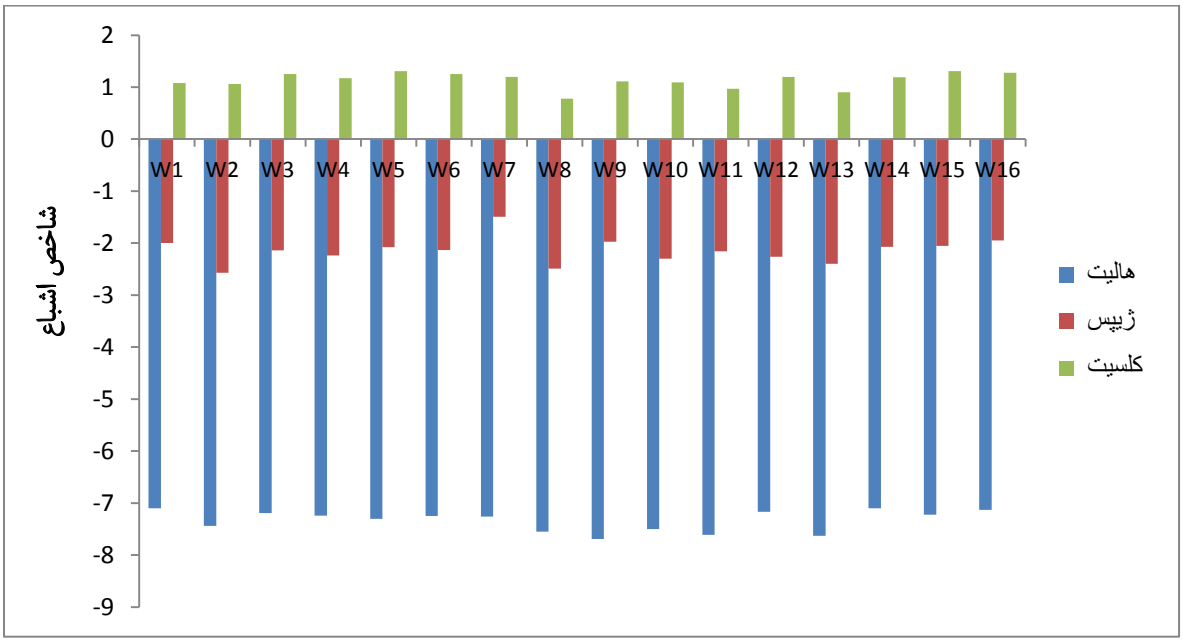
نمودارهای مختلفی برای نشان دادن نتایج تجزیه شیمیایی آب پیشنهاد شده است. با استفاده از این نمودارها می‌توان تغییرات یون‌ها را بررسی کرد. استفاده از نمودار استیف یکی از بهترین روش‌ها جهت

تعیین تیپ نمونه‌های آب می‌باشد. همچنین از این نمودار جهت مقایسه و طبقه‌بندی نمونه‌های آب استفاده می‌شود. تیپ آب زیرزمینی در دشت‌های بزرگ، عموماً در مناطق تغذیه از نوع بی‌کربناته است و در جهت حرکت آب‌های زیرزمینی و انحلال کانی‌های موجود در مسیر خود و تبادلات یونی با سنگ‌های بستر می‌تواند به سولفاته و در نهایت به کلروره تبدیل شود. در منطقه مورد مطالعه به دلیل کوچک بودن نسبی دشت و عدم وجود لایه‌های مخرب کیفیت آب، تیپ آب زیرزمینی در تمام نمونه‌های برداشت شده از نوع بی‌کربناته کلسیم باقی مانده است. شکل (۴-۱۱) نمودار استیف برای نمونه‌های آب زیرزمینی در خرداد ماه ۱۳۹۴ را برای کل منطقه نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشخص است نمودار استیف مربوط به کل منطقه به ۴ گروه تقسیم شده‌اند. در گروه اول آنیون غالب بی‌کربنات و کاتیون غالب کلسیم است به عبارت دیگر تیپ بی‌کربناته کلسیم می‌باشد. در این گروه بعد از بی‌کربنات و کلسیم آنیون و کاتیون غالب به ترتیب کلر و منیزیم می‌باشد. در گروه دوم نیز تیپ آب بی‌کربناته کلسیم می‌باشد ولیکن در مقایسه با گروه اول، اختلاف بین کلسیم با کاتیون‌های منیزیم و سدیم ناچیز است. در گروه سوم نیز تیپ آب بی‌کربناته کلسیم می‌باشد اما در این گروه بعد از بی‌کربنات آنیون غالب سولفات می‌باشد در حالی که در گروه‌های اول و دوم، بعد از بی‌کربنات آنیون غالب کلر می‌باشد. در گروه چهارم تیپ بی-کربناته می‌باشد اما در مورد رخساره نمونه‌ها یا غلبه با منیزیم است و یا کلسیم و منیزیم کم و بیش با هم برابرند.

علاوه بر نمونه‌های مربوط به دشت ازنا، به منظور مقایسه وضعیت کیفی نمونه‌های آب در ورودی‌های مختلف دشت ازنا با میانگین دشت ازنا نمودار استیف ترسیم شده است (شکل ۴-۱۲). با توجه به شکل نمودار استیف جریان‌های ورودی به دشت ازنا مشابه یکدیگر هستند و تیپ آب بی‌کربناته کلسیم می‌باشد. نمودار استیف مربوط به جریان‌های ورودی از ارتفاعات جنوبی دارای مساحت کمتر می‌باشد که نشان-دهنده کیفیت بهتر آب زیرزمینی در این منطقه می‌باشد. همچنین سولفات و کلر موجود در آب‌های ورودی از ارتفاعات جنوبی نسبت به سایر ورودی‌ها کمتر می‌باشد.

جدول ۴-۱۳- شاخص اشباع نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

علامت اختصاری	کلسیت	دولومیت	ژیپس	هالیت
W_1	۱/۰۸	۲/۰۵	-۲	-۷/۱۰
W_2	۱/۰۶	۲/۳۷	-۲/۵۷	-۷/۴۴
W_3	۱/۲۵	۲/۳۵	-۲/۱۴	-۷/۱۹
W_4	۱/۱۷	۲/۲۶	-۲/۲۴	-۷/۲۴
W_5	۱/۳۱	۲/۴۹	-۲/۰۸	-۷/۳۰
W_6	۱/۲۵	۲/۳۵	-۲/۱۳	-۷/۲۵
W_7	۱/۲۰	۲/۱۵	-۱/۴۹	-۷/۲۶
W_8	۰/۷۸	۱/۶۸	-۲/۴۹	-۷/۵۵
W_9	۱/۱۱	۲/۴۳	-۱/۹۷	-۷/۶۹
W_{10}	۱/۰۹	۲/۱۱	-۲/۳۰	-۷/۵۰
W_{11}	۰/۹۷	۱/۸۰	-۲/۱۶	-۷/۶۱
W_{12}	۱/۲۰	۲/۳۳	-۲/۲۶	-۷/۱۷
W_{13}	۰/۹۰	۱/۷۶	-۲/۴۰	-۷/۶۳
W_{14}	۱/۱۹	۲/۲۵	-۲/۰۷	-۷/۱۰
W_{15}	۱/۳۱	۲/۴۳	-۲/۰۵	-۷/۲۲
W_{16}	۱/۲۸	۲/۴۱	-۱/۹۵	-۷/۱۳



شکل ۴-۱۰- نمودار شاخص اشباع یونی نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

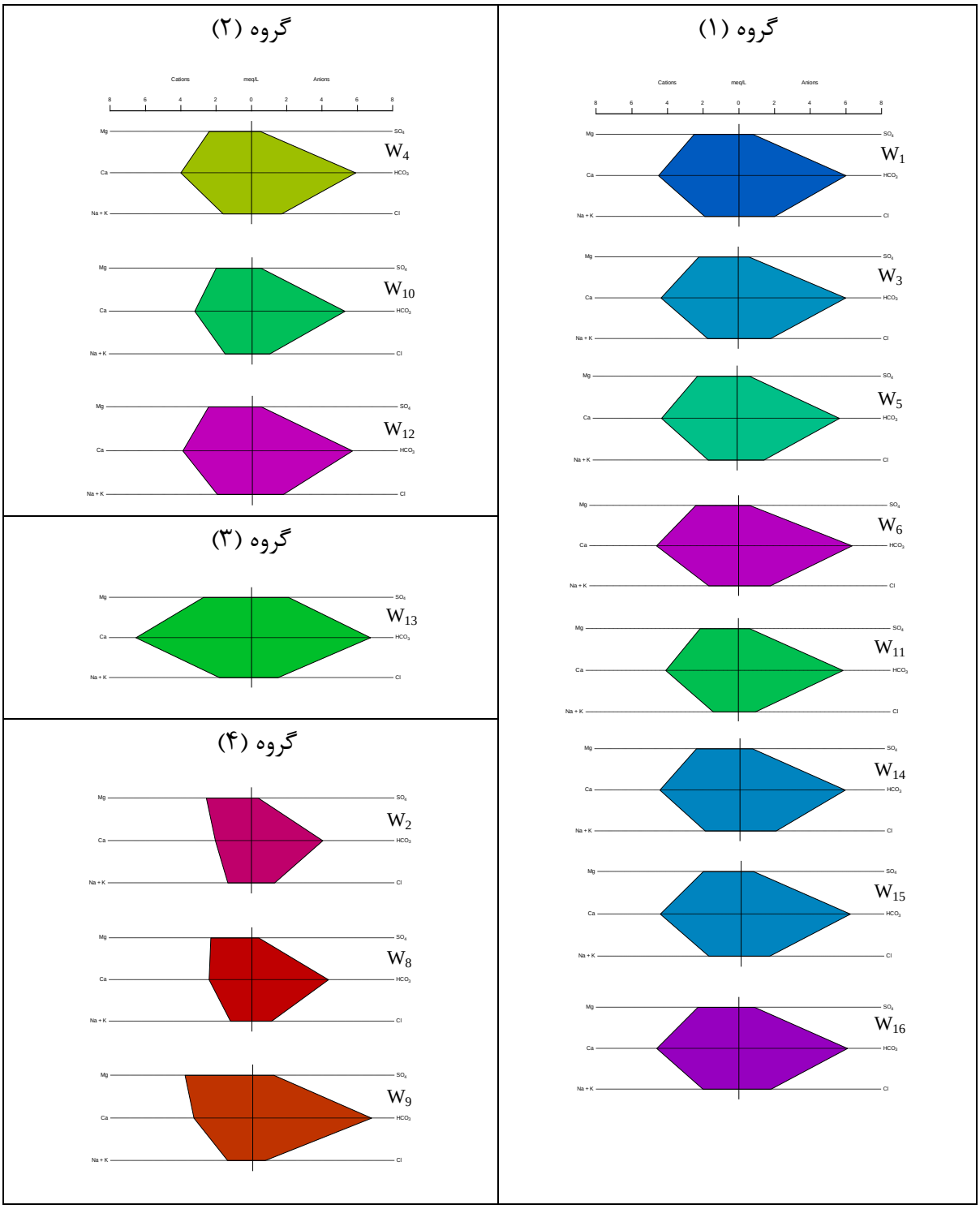
نمودار پایپر

یکی دیگر از نمودارهای رایج به منظور بررسی هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی نمودار پایپر می‌باشد. شباهت‌ها و تفاوت‌های نمونه‌ها از طریق نمودار پایپر به خوبی مشخص می‌شود. زیرا نمونه‌هایی که دارای خصوصیات مشابه هستند، در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. با استفاده از نمودار پایپر علاوه بر تعیین تیپ و رخساره نمونه‌های آب، می‌توان وقوع فرآیندهایی چون تهنشینی یا انحلال، اختلاط آب‌ها و تبادل یونی را نیز پیش‌بینی کرد (Hounslow 1995). این نمودار برای تمام نمونه‌های آب چاه‌های منطقه با استفاده از نرم افزار AqQA رسم شده است. شکل (۴-۱۳) نمودار پایپر نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۴-۱۳) تمامی نمونه‌ها ترکیب شیمیایی یکسانی دارند و درصد عناصر قلیایی خاکی نسبت به عناصر قلیایی و اسیدهای ضعیف نسبت به اسیدهای قوی بیشتر می‌باشد. شکل(۴-۱۴) موقعیت جریان‌های ورودی مختلف به دشت ازنا در نمودار پایپر را نشان می‌دهد. با توجه به شکل تمامی ورودی‌ها ترکیب شیمیایی یکسانی دارند و عناصر قلیایی خاکی و اسیدهای ضعیف غالب

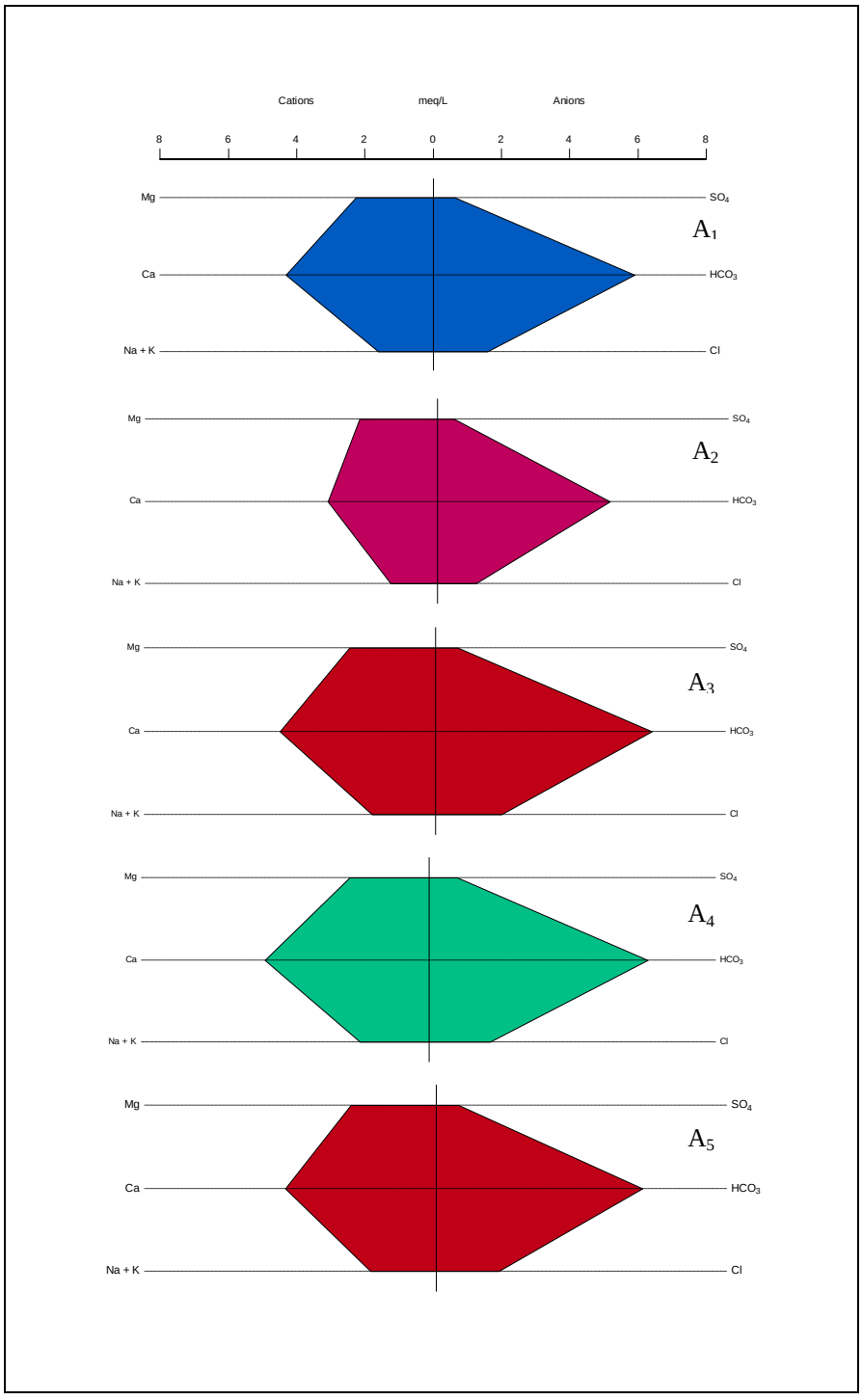
هستند. در آب‌های ورودی از ارتفاعات جنوبی درصد عناصر قلیایی خاکی و اسیدهای ضعیف نسبت به سایر ورودی‌ها بیشتر می‌باشد. بنابراین، آب‌های ورودی از ارتفاعات جنوبی در مقایسه با سایر ورودی‌ها از کیفیت بالایی برخوردار می‌باشند.

نمودار شولر

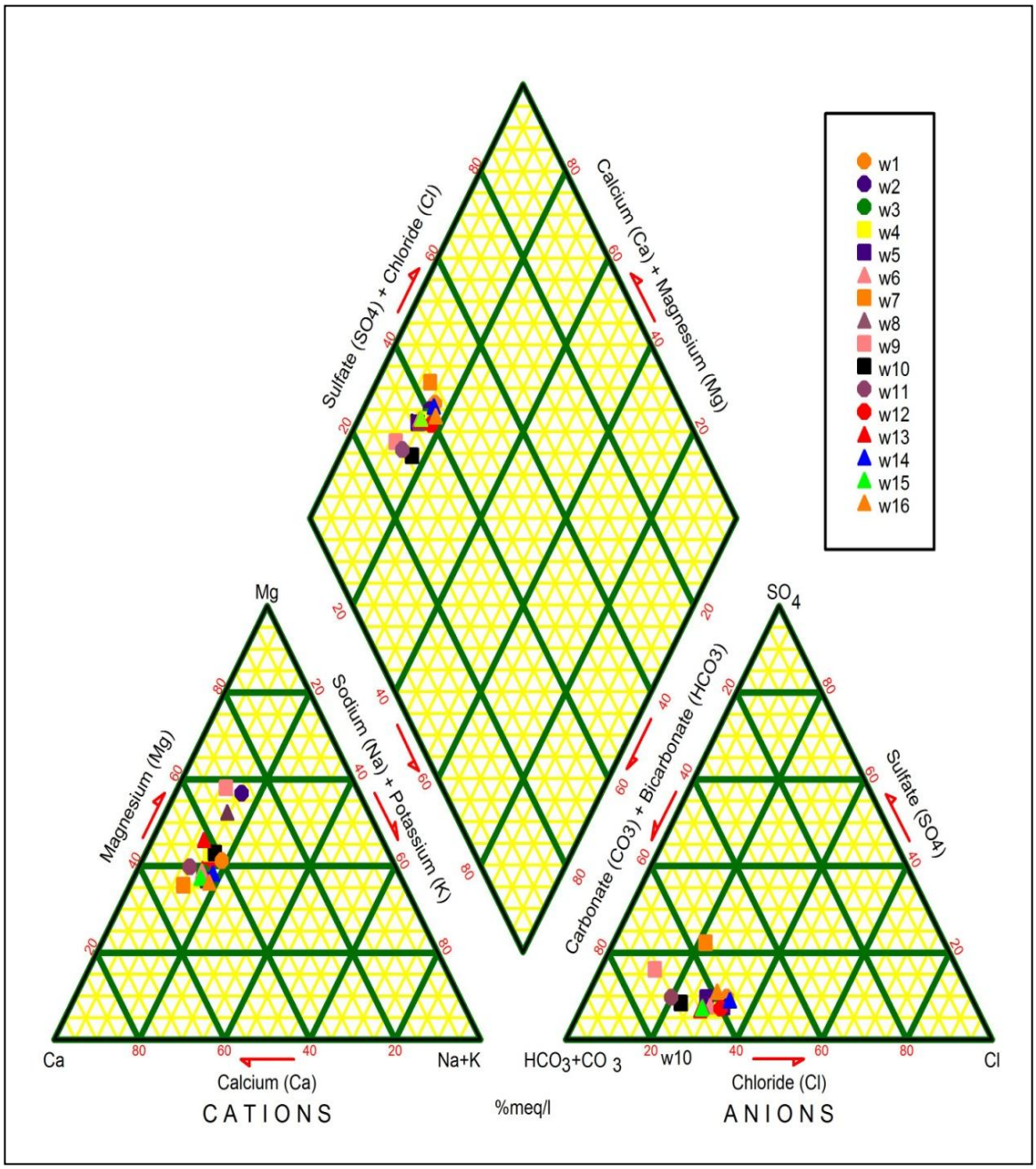
نمودار شولر یک نمودار نیمه لگاریتمی است که به منظور بررسی روند مقادیر یون‌های اصلی آب و مقایسه تعداد زیادی نمونه آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در محور افقی یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، سولفات، کلر، بی‌کربنات بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر قرار دارند. با توجه به لگاریتمی بودن محور عمودی نمودار شولر، اگر خطی که غلظت دو یون را در یک نمونه به هم وصل می‌کند با خطی که این دو یون را در نمونه دیگر متصل کرده موازی باشد، نشان‌دهنده مساوی بودن نسبت دو یون در هر دو نمونه است (Todd and Mays 2005). با توجه به شکل (۴-۱۵) روند منحنی برای تمامی نمونه‌ها یکسان می‌باشد که بیانگر این است که منشاء این نمونه‌ها یکسان می‌باشد. اما نمونه‌های W_7 و W_9 در قسمت آنیون‌ها با سایر نمونه‌ها تفاوت دارند. در نمونه W_7 غلظت یون سولفات نسبت به سایر نمونه‌ها بیشتر می‌باشد و نمونه W_9 دارای کلر کمتری نسبت به سایر نمونه‌ها می‌باشد. احتمالاً منشاء سولفات و کلر در این دو نمونه با بقیه نمونه‌ها متفاوت است. شکل (۴-۱۶) نمودار شولر مربوط به ورودی‌های دشت ازنا را نشان می‌دهد. در این نمودار روند منحنی غلظت یون‌ها برای تمامی ورودی‌ها یکسان می‌باشد.



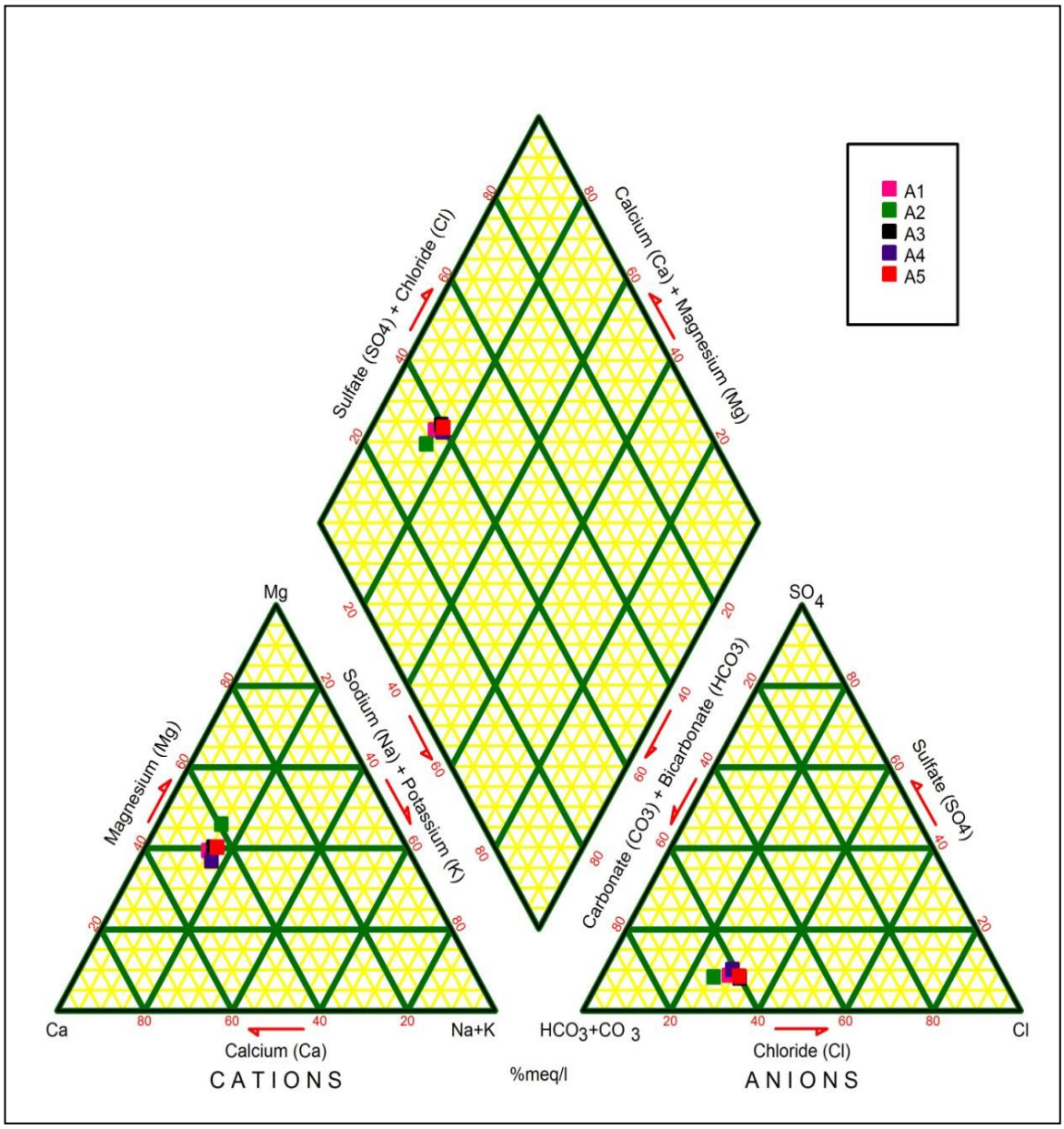
شکل ۴-۱۱- نمودار استیف نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه



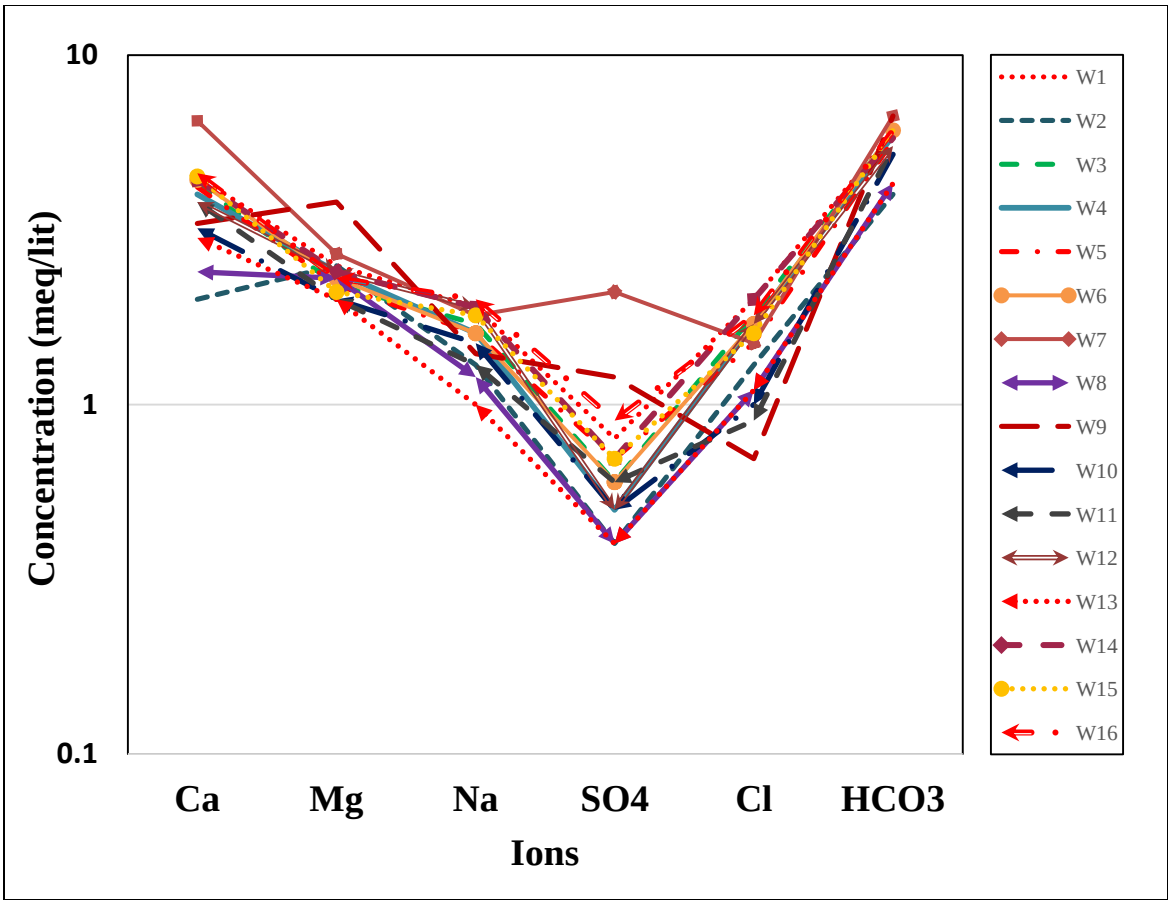
شکل ۴-۱۲- نمودار استیف جریان‌های ورودی به دشت ازنا



شکل ۴-۱۳- نمودار پایپر نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه



شکل ۴-۱۴- نمودار پایپر جریان‌های ورودی به دشت ازنا



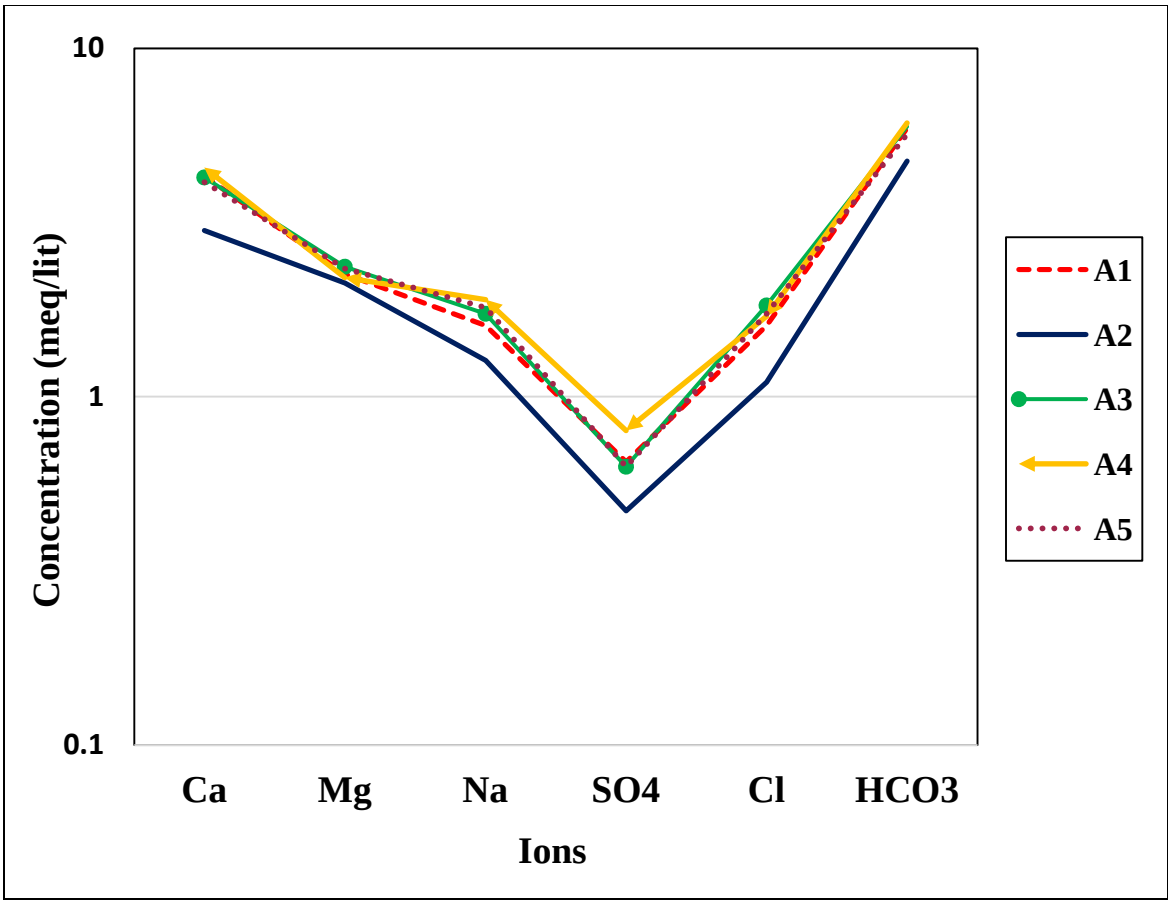
شکل ۴-۱۵- نمودار شولر نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

۴-۳- ارزیابی دبی جریان‌های آب زیرزمینی ورودی به دشت ازنا

بر اساس نقشه هم‌پتانسیل شکل (۴-۴) ملاحظه می‌شود که دشت ازنا علاوه بر تغذیه از ارتفاعات، از دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد هم تغذیه می‌شود. در این بخش مقدار تغذیه دشت ازنا از دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد به طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

الف- جریان آب زیرزمینی ورودی از دشت الیگودرز

با توجه به نقشه هم‌پتانسیل منطقه ملاحظه می‌شود که دشت ازنا از سمت شرق توسط دشت الیگودرز تغذیه می‌شود. در محل اتصال این دو دشت به یکدیگر، عرض دشت حدود دو کیلومتر است. علاوه بر این،



شکل ۴-۱۶- نمودار شولر جریان‌های ورودی به دشت ازنا

بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از شرکت آب منطقه‌ای لرستان مقدار قابلیت انتقال در این محدوده تقریباً برابر با ۸۰۰ متر مربع بر روز است. همچنین بر اساس نقشه هم‌پتانسیل ملاحظه می‌شود که مقدار گرادیان هیدرولیکی در این بخش از دشت حدود ۰/۰۱ می‌باشد. به منظور محاسبه دبی ورودی از سمت دشت الیگودرز از معادله (۴-۱) و اطلاعات فوق‌الذکر استفاده شده است.

معادله (۴-۱) $$Q = T\ W\ i$$

که در این معادله، Q برابر با دبی جریان عبوری از مقطع مورد نظر بر حسب متر مکعب بر روز، T قابلیت انتقال آبخوان بر حسب متر مربع بر روز، W عرض مقطع بر حسب متر و i مقدار گرادیان هیدرولیکی در مقطع مورد نظر می‌باشد.

با استفاده از معادله (۴-۱)، مقدار دبی ورودی به دشت ازنا از سمت دشت الیگودرز حدود ۱۶۰۰۰ متر مکعب بر روز می‌باشد. این دبی معادل ۵/۸ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد.

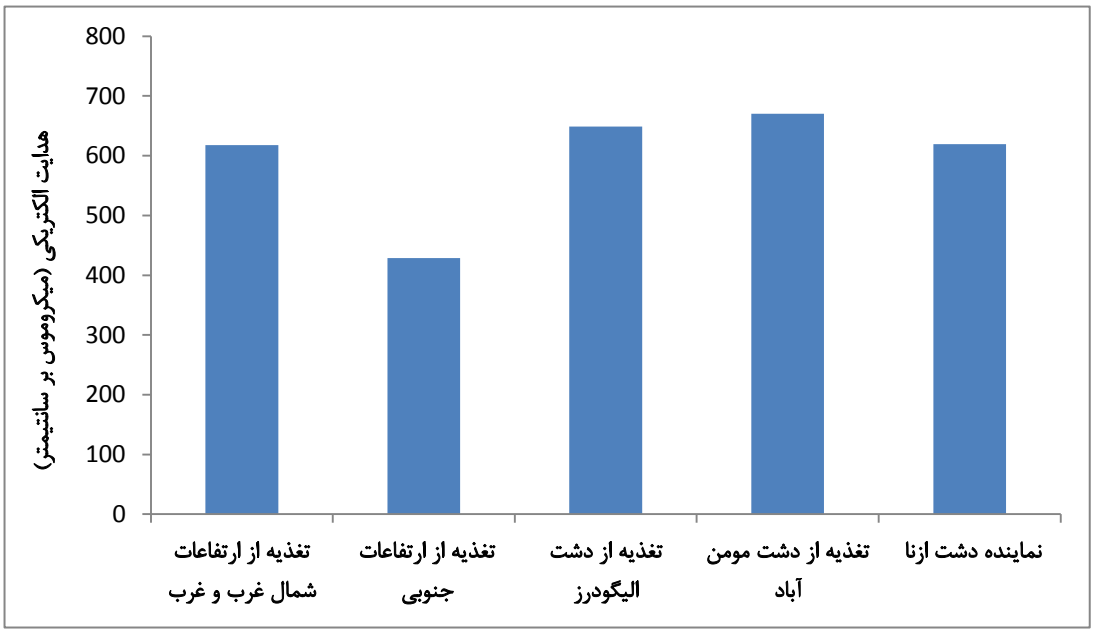
ب- جریان آب زیرزمینی ورودی از دشت مؤمن‌آباد

با توجه به نقشه هم‌پتانسیل منطقه، دشت ازنا از سمت شمال توسط دشت مؤمن‌آباد تغذیه می‌شود. در محل اتصال این دو دشت به یکدیگر، عرض دشت حدود ۴۵۰ متر است. بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از شرکت آب منطقه‌ای لرستان مقدار قابلیت انتقال در این محدوده تقریباً برابر با ۶۰۰ مترمربع بر روز است. همچنین بر اساس نقشه هم‌پتانسیل ملاحظه می‌شود که مقدار گرادیان هیدرولیکی در این بخش از دشت حدود ۰/۰۰۲۷ می‌باشد. با استفاده از معادله (۴-۱)، مقدار دبی ورودی به دشت ازنا از سمت دشت مؤمن‌آباد حدود ۷۴۰ مترمکعب بر روز می‌باشد. این دبی معادل ۰/۲۷ میلیون مترمکعب در سال است.

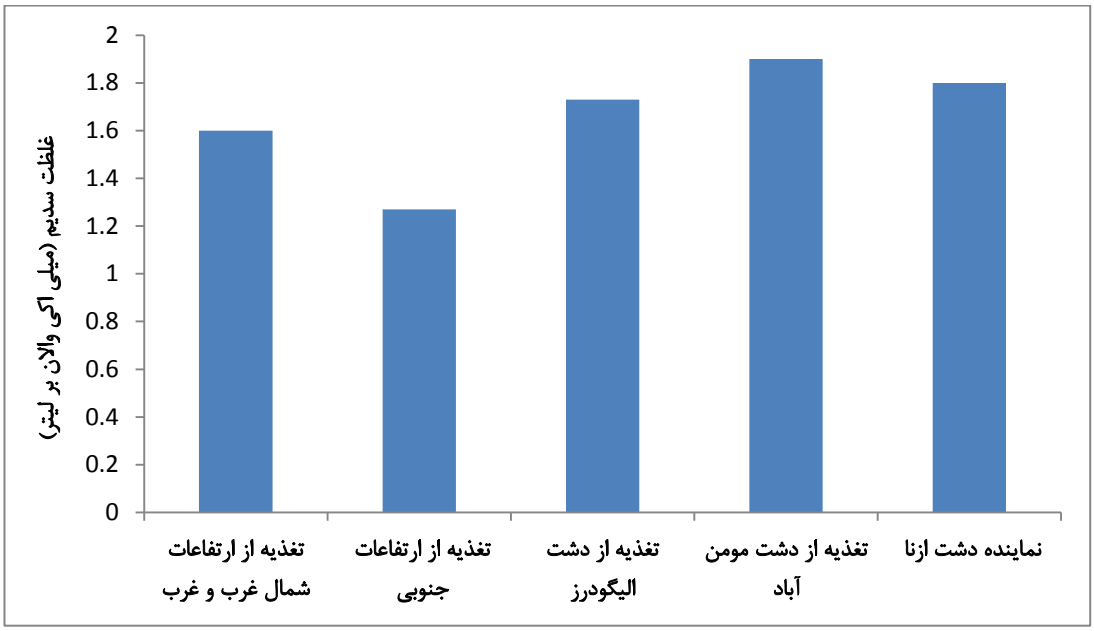
۴-۴- ارزیابی کیفی جریان‌های آب زیرزمینی ورودی به دشت ازنا

به منظور ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی ورودی از دشت الیگودرز و مؤمن‌آباد به دشت ازنا از آمار و اطلاعات چاه‌های موجود در مرز دشت‌های فوق‌الذکر با دشت ازنا استفاده شد. به همین منظور نمودارهای مربوط به کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی و هدایت الکتریکی برای جریان‌های ورودی به دشت ازنا ترسیم شده است. شکل (۴-۱۷) نشان می‌دهد آب‌های ورودی از ارتفاعات جنوبی دارای کمترین مقدار هدایت الکتریکی هستند. سایر ورودی‌ها و نماینده دشت ازنا هدایت الکتریکی کم و بیش یکسانی دارند. شکل (۴-۱۸) نشان می‌دهد آب‌های ورودی از ارتفاعات جنوبی کمترین مقدار سدیم را دارند. با توجه به شکل (۴-۱۹) غلظت منیزیم در تمام ورودی‌ها و نماینده دشت ازنا تقریباً یکسان است. غلظت کلسیم در آب-های ورودی از ارتفاعات جنوبی نسبت به سایر ورودی‌ها و نماینده دشت ازنا کمتر می‌باشد. بیشترین

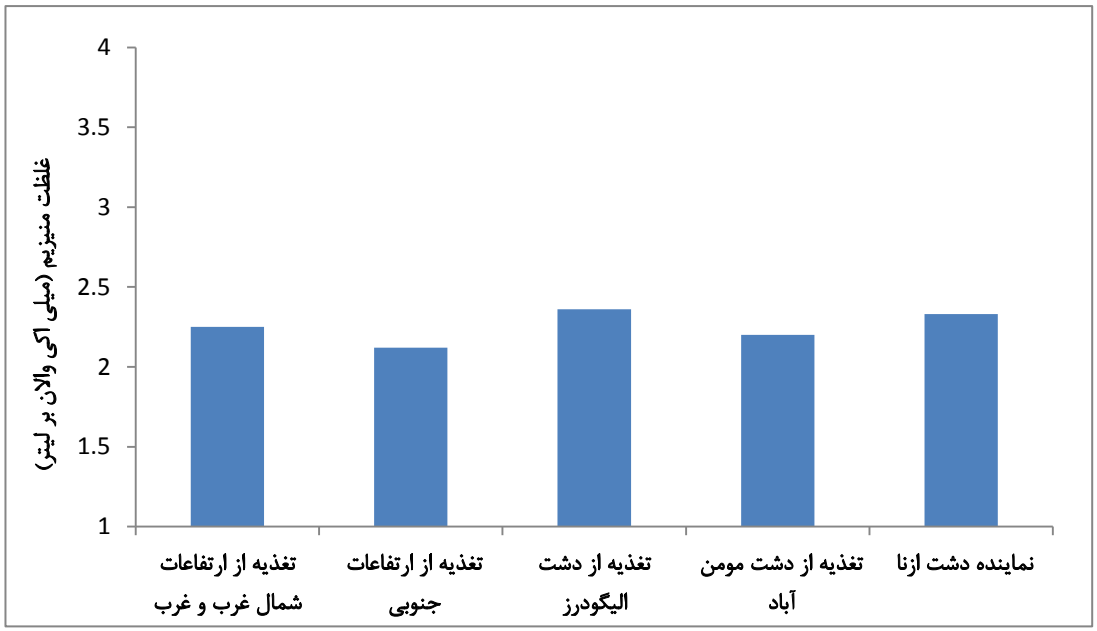
مقدار کلسیم مربوط به آب‌های ورودی از دشت مؤمن‌آباد می‌باشد شکل (۴-۲۰). با توجه به شکل (۴-۲۱) بیشترین مقدار کلر مربوط مربوط به آب‌های ورودی از دشت الیگودرز و کمترین مقدار آن مربوط به آب‌های ورودی از ارتفاعات جنوبی می‌باشد. شکل (۴-۲۲) نشان می‌دهد آب‌های ورودی از دشت مؤمن-آباد بیشترین مقدار سولفات را دارا می‌باشند و کمترین مقدار سولفات مربوط به آب‌های ورودی از ارتفاعات جنوبی می‌باشد. غلظت بی‌کربنات در آب‌های ورودی از ارتفاعات جنوبی نسبت به سایر ورودی‌ها و نماینده دشت ازنا کمتر می‌باشد شکل (۴-۲۳). با توجه به نمودارهای ترسیم شده آب‌های ورودی از ارتفاعات جنوبی نسبت به سایر ورودی‌ها از کیفیت بالایی برخوردار می‌باشند و کیفیت آب‌های ورودی از دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد با آب‌های زیرزمینی دشت ازنا اختلاف زیادی ندارند.



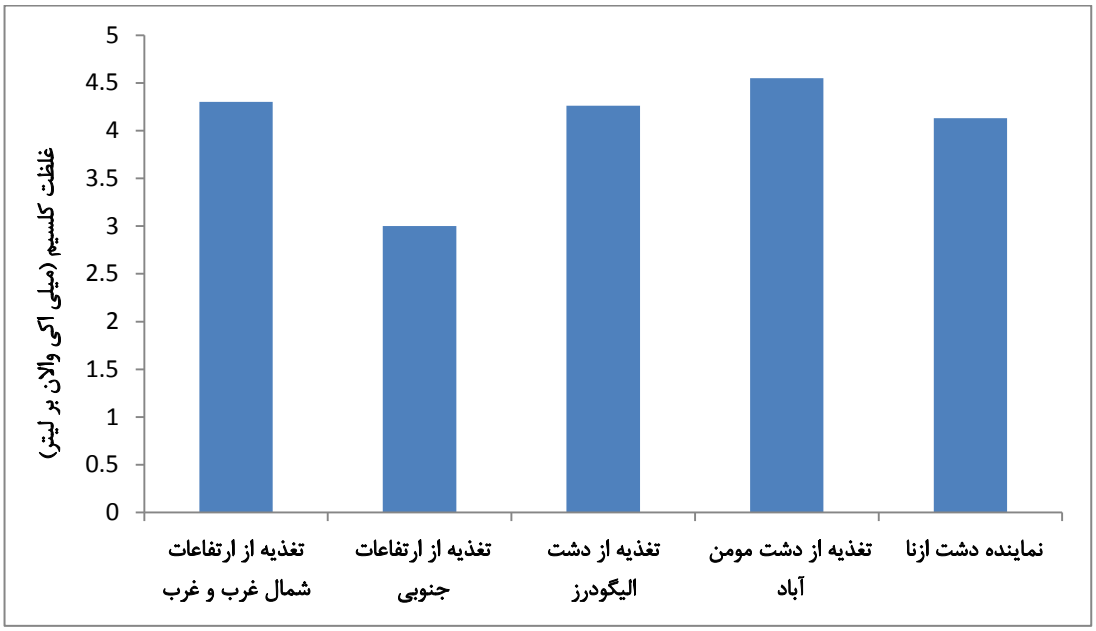
شکل ۴-۱۷- مقایسه هدایت الکتریکی در جریان‌های ورودی به دشت ازنا



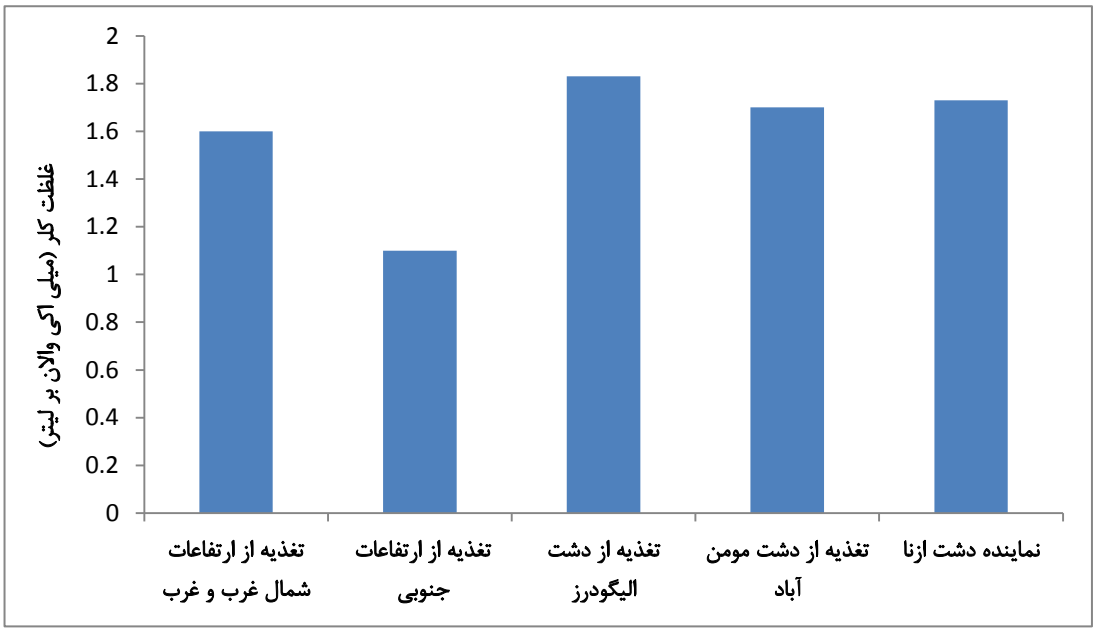
شکل ۴-۱۸- مقایسه غلظت سدیم در جریان‌های ورودی به دشت ازنا



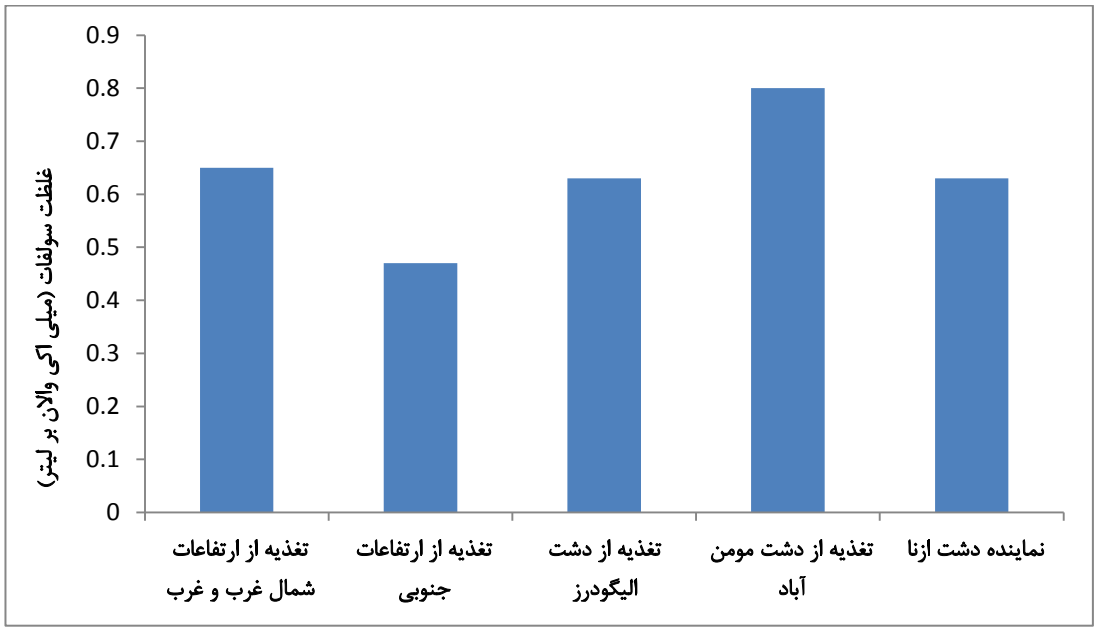
شکل ۴-۱۹- مقایسه غلظت منیزیم در جریان‌های ورودی به دشت ازنا



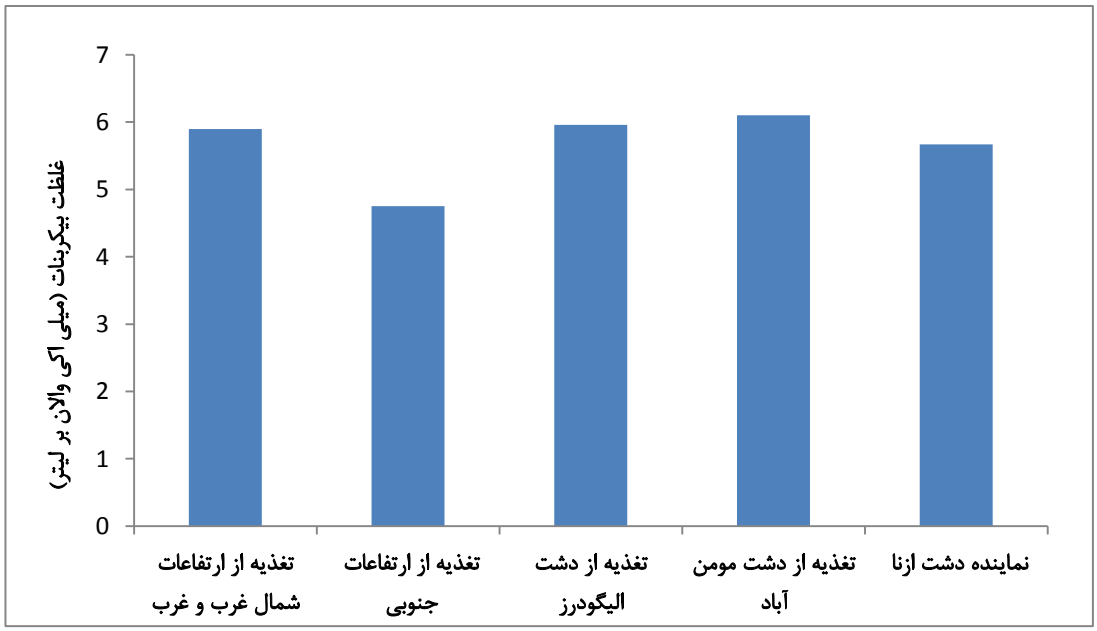
شکل ۴-۲۰- مقایسه غلظت کلسیم در جریان‌های ورودی به دشت ازنا



شکل ۴-۲۱- مقایسه غلظت کلر در جریان‌های ورودی به دشت ازنا



شکل ۴-۲۲- مقایسه غلظت سولفات در جریان‌های ورودی به دشت ازنا



شکل ۴-۲۳- مقایسه غلظت بی‌کربنات در جریان‌های ورودی به دشت ازنا

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این فصل ابتدا مهم‌ترین نتایجی که از این تحقیق بدست آمده است، ارائه می‌شود و در ادامه پیشنهادهایی جهت پایش دقیق‌تر و بهتر منابع آبی و تکمیل این تحقیق ارائه گردیده است.

۵-۱- نتیجه‌گیری

سفره‌ی آب زیرزمینی در دشت ازنا از نوع آزاد است که وسعت آن حدود ۳۲۰/۸ کیلومتر مربع می‌باشد. با توجه به هیدروگراف واحد دشت، افت سالانه در این دشت حدود ۰/۸۸ متر است، با توجه به اینکه فعالیت‌های کشاورزی در سطح دشت به طور وسیع انجام می‌شود بیشترین حجم آب مصرفی در این دشت مربوط به بخش کشاورزی می‌باشد. به منظور ارزیابی اثرات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت-های مجاور بر دشت ازنا این تحقیق انجام شده است و مهم‌ترین دستاوردهای این تحقیق به طور مختصر ارائه می‌شوند:

۵-۱-۱- ارزیابی نقشه هم‌پتانسیل در منطقه مورد مطالعه

مهم‌ترین مناطق تغذیه دشت ازنا شامل رودخانه الیگودرز، ارتفاعات جنوبی، ارتفاعات شمال‌غرب و غرب، ورودی زیرزمینی از دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد می‌باشد. رودخانه الیگودرز از سمت شرق به طرف دشت ازنا جریان دارد و باعث تغذیه آبخوان می‌شود. ارتفاعات جنوبی عمدتاً شامل آهک‌های اشترانکوه هستند که آب‌های ورودی از این ارتفاعات دارای کیفیت بالایی می‌باشد و مقدار گرادیان هیدرولیکی در

این قسمت زیاد است. ارتفاعات شمال‌غرب و غرب مجموعه‌ای از آهک‌های کریستالیزه شده می‌باشد که این بخش هم تا اندازه‌ای باعث تغذیه دشت ازنا می‌شود. آب‌های زیرزمینی ورودی از دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد باعث تغذیه دشت ازنا می‌شود که گرادیان هیدرولیکی در مرز دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد با دشت ازنا به ترتیب حدود ۰/۰۱ و ۰/۰۰۲۷ می‌باشد. مهم‌ترین محل تخلیه دشت ازنا خروجی دشت می‌باشد که آب‌های خروجی به دشت دورود وارد می‌شود.

۵-۱-۲- برآورد حجم آب‌های زیرزمینی ورودی به دشت ازنا از دشت‌های مجاور

همان‌طور که قبلاً اشاره شد به غیراز ارتفاعات، خروجی زیرزمینی دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد به عنوان ورودی زیرزمینی دشت ازنا محسوب می‌گردد که در زیر حجم این ورودی‌های زیرزمینی برآورد شده است.

الف- برآورد حجم آب زیرزمینی ورودی از دشت الیگودرز

در محل اتصال دشت الیگودرز به دشت ازنا عرض دشت حدود دو کیلومتر، مقدار قابلیت انتقال محدوده تقریباً برابر با ۸۰۰ مترمربع بر روز و مقدار گرادیان هیدرولیکی حدود ۰/۰۱ می‌باشد. با توجه به این داده‌ها و با استفاده از قانون دارسی حجم آب ورودی از دشت الیگودرز به دشت ازنا حدود ۵/۸۴ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است. با توجه به حجم برآورد شده می‌توان این‌چنین اظهار نظر نمود که حجم آب‌های زیرزمینی ورودی از دشت الیگودرز به دشت ازنا قابل ملاحظه است.

ب- برآورد حجم آب زیرزمینی ورودی از دشت مؤمن‌آباد

در محل خروجی دشت مؤمن‌آباد به دشت ازنا عرض دشت حدود ۴۵۰ متر، مقدار قابلیت انتقال در این محدوده حدود ۶۰۰ متر مربع بر روز و مقدار گرادیان هیدرولیکی حدود ۰/۰۰۲۷ می‌باشد. با توجه به

اطلاعات ذکر شده حجم آب ورودی از دشت مؤمن‌آباد به دشت ازنا حدود ۰/۲۷ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است. با توجه به حجم برآورد شده، می‌توان این‌چنین نتیجه گرفت که حجم آب ورودی از دشت مؤمن‌آباد به دشت ازنا در مقایسه با دشت الیگودرز بسیار ناچیز می‌باشد.

۵-۱-۳- ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی ورودی به دشت ازنا از دشت‌های مجاور

مهم‌ترین پارامتر کیفی مورد استفاده برای ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی مقدار هدایت الکتریکی می‌باشد که نماینده کل یون‌هاست. مقدار هدایت الکتریکی آب‌های ورودی از ارتفاعات جنوبی و ارتفاعات شمال‌غرب و غرب به ترتیب حدود ۴۰۰ و ۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد. با توجه به مقادیر هدایت الکتریکی، آب‌های ورودی از ارتفاعات جنوبی نسبت به ارتفاعات شمال‌غرب و غرب کیفیت بهتری دارند. علاوه بر ارتفاعات، ورودی‌های زیرزمینی نیز از دشت‌های الیگودرز و مؤمن‌آباد دشت ازنا را تغذیه می‌کنند. هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی ورودی از دشت الیگودرز معادل ۶۰۰ میکروموس بر سانتیمتر و از دشت مؤمن‌آباد حدود ۶۵۰ میکروموس بر سانتیمتر می‌باشد، که کم و بیش با هم برابرند. بر اساس کلیه پارامترهای کیفی ملاحضه می‌شود که آب‌های ورودی از ارتفاعات جنوبی در مقایسه با سایر منابع تغذیه کننده دشت ازنا از کیفیت بالاتری برخوردار است.

۵-۱-۴- ارزیابی تأثیر جریان‌های ورودی به دشت ازنا از دشت‌های مجاور

همان‌طور که در بخش (۵-۱-۲) ذکر شده است حجم سالانه آب‌های ورودی از دشت‌های الیگودرز و مؤمن آباد به دشت ازنا به ترتیب حدود ۵/۸۴ و ۰/۲۷ میلیون مترمکعب می‌باشد. و در ادامه اثرات این آب‌های ورودی بر دشت را بررسی می‌کنیم.

الف- ارزیابی تأثیر کمی جریان‌های ورودی از دشت الیگودرز

در محل اتصال دشت الیگودرز به دشت ازنا گرادیان هیدرولیکی و عرض دشت نسبتاً زیاد و مقدار قابلیت

انتقال نیز به طور نسبی زیاد می‌باشد. مجموع این ویژگی‌ها باعث شده که حجم آب‌های زیرزمینی ورودی به دشت ازنا از سمت الیگودرز نسبتاً زیاد باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر کمی خروجی زیرزمینی دشت الیگودرز بر دشت ازنا به طور نسبی قابل توجه می‌باشد.

ب- ارزیابی تأثیر کمی جریان‌های ورودی از دشت مؤمن‌آباد

در محدوده مرزی دشت مؤمن‌آباد با دشت ازنا گرادیان هیدرولیکی و همچنین عرض دشت و حتی مقدار قابلیت انتقال آبخوان در مقایسه با محدوده مرزی دشت‌های الیگودرز با ازنا به طور قابل توجهی کمتر است. این ویژگی‌ها سبب شده است که حجم آب‌های ورودی از دشت مؤمن‌آباد به دشت ازنا بسیار کم باشد. بنابراین، می‌توان این‌چنین اظهار نظر نمود که خروجی زیرزمینی دشت مؤمن‌آباد بر دشت ازنا تأثیر چندانی ندارد.

۵-۱-۵- ارزیابی تأثیر کیفی جریان‌های ورودی به دشت ازنا از دشت‌های مجاور

مهم‌ترین پارامتر کیفی که می‌تواند برای ارزیابی تأثیر کیفی جریان‌های ورودی به دشت ازنا از سمت دشت‌های مجاور مورد استفاده قرار گیرد، هدایت الکتریکی می‌باشد. در بخش‌های زیرین مقدار این پارامتر در جریان‌های ورودی از دشت‌های مجاور به دشت ازنا با میانگین این پارامتر در دشت مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

الف- ارزیابی تأثیر کیفی جریان‌های ورودی از دشت الیگودرز

هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی ورودی از دشت الیگودرز به دشت ازنا حدود ۶۰۰ میکروموس بر سانتیمتر می‌باشد که در مجموع با میانگین هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی دشت ازنا کم و بیش برابر می‌باشد. بنابراین، می‌توان این‌چنین اظهار نظر نمود که آب‌های زیرزمینی ورودی به دشت ازنا از سمت

دشت الیگودرز به لحاظ کیفی تأثیر چندانی بر دشت ازنا نمی‌گذارند.

ب- ارزیابی تأثیر کیفی جریان‌های ورودی از دشت مؤمن‌آباد

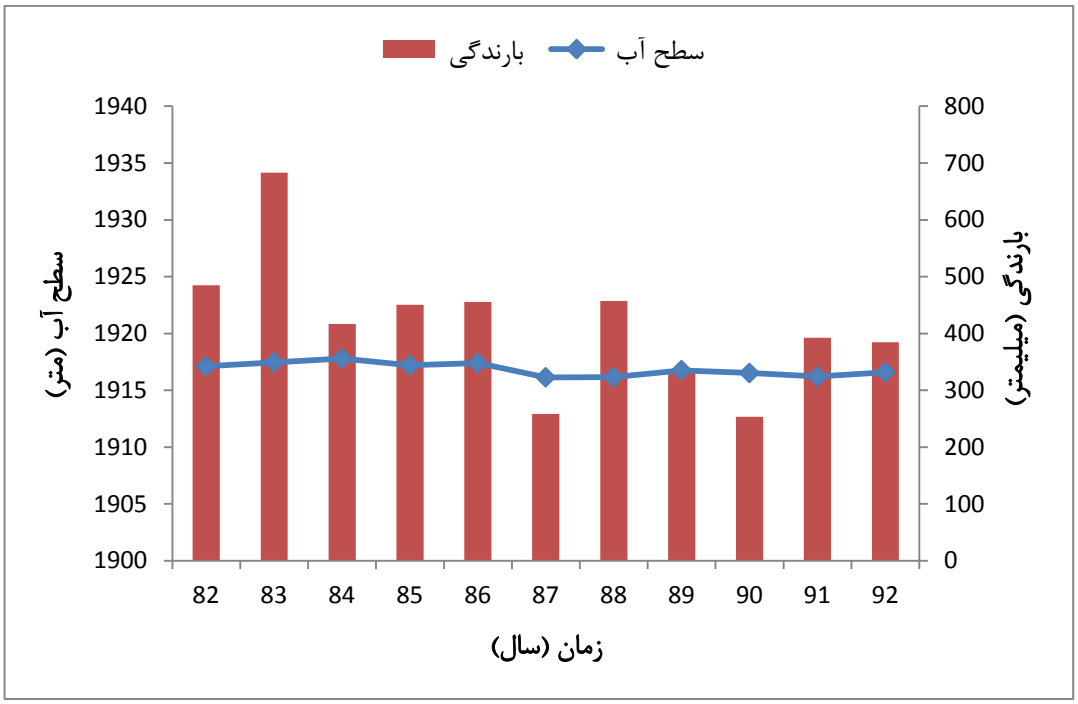
هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی ورودی از دشت مومن‌آباد به دشت ازنا، حدود ۶۵۰ میکروموس بر سانتیمتر می‌باشد. بنابراین، همانند با آب‌های زیرزمینی دشت الیگودرز، مقدار هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی ورودی به دشت ازنا از سمت دشت مؤمن‌آباد با میانگین هدایت الکتریکی دشت ازنا کم و بیش مطابقت دارد. با عنایت به مشابهت نسبی مقادیر هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی ورودی به دشت ازنا از سمت دشت مؤمن‌آباد و همچنین با توجه به ناچیز بودن حجم این آب‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که این آب‌ها به لحاظ کیفی هیچ تأثیر محسوسی بر دشت ازنا نمی‌گذارند.

۵-۲- پیشنهادها

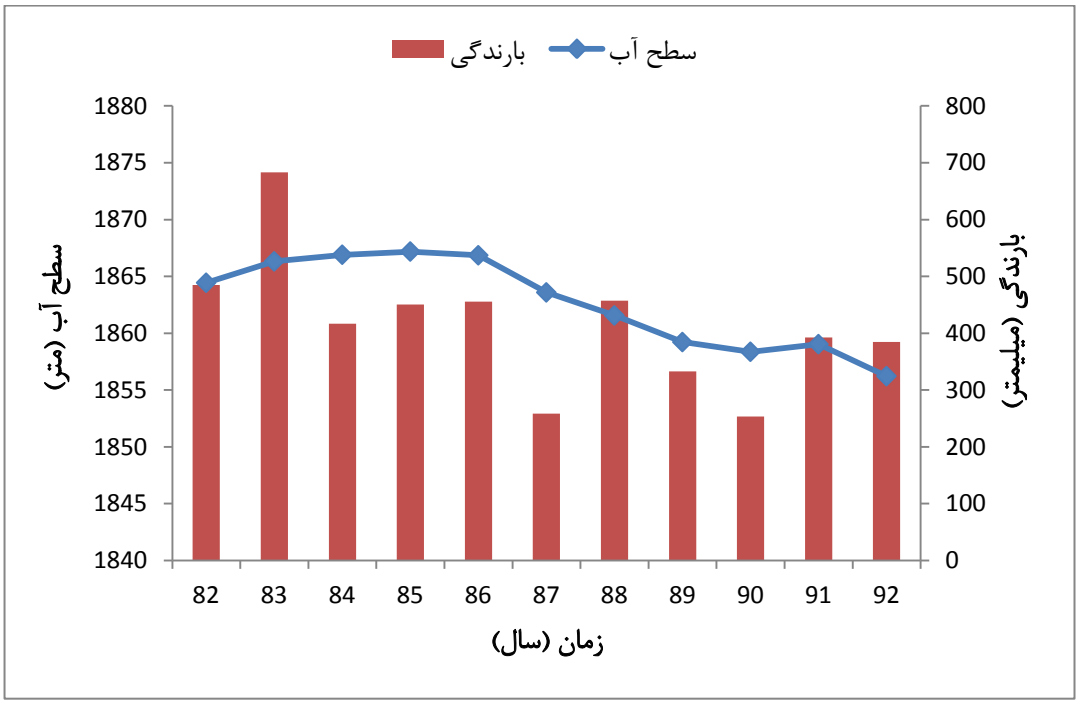
با توجه به مطالعات انجام شده در دشت ازنا و همچنین ورودی‌های زیرزمینی دشت‌های مجاور، برای انجام مطالعات بیشتر و مدیریت بهتر دشت ازنا، پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

- ✓ تکمیل شبکه پیزومتری دشت ازنا
- ✓ انجام تعدادی آزمایش پمپاژ به منظور برآورد دقیق خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان آبرفتی در دشت ازنا
- ✓ اندازه‌گیری غلظت عناصر کمیاب در آب‌های زیرزمینی منطقه
- ✓ انجام تغذیه مصنوعی آبخوان به منظور کاهش مقدار افت سالانه

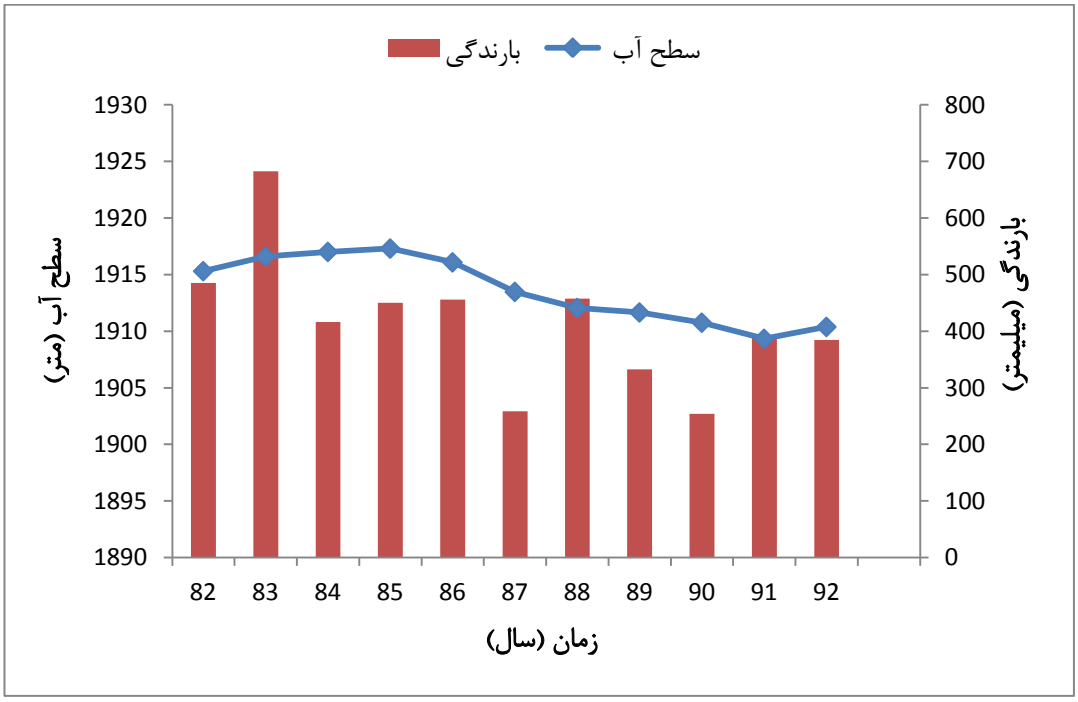
پیوست



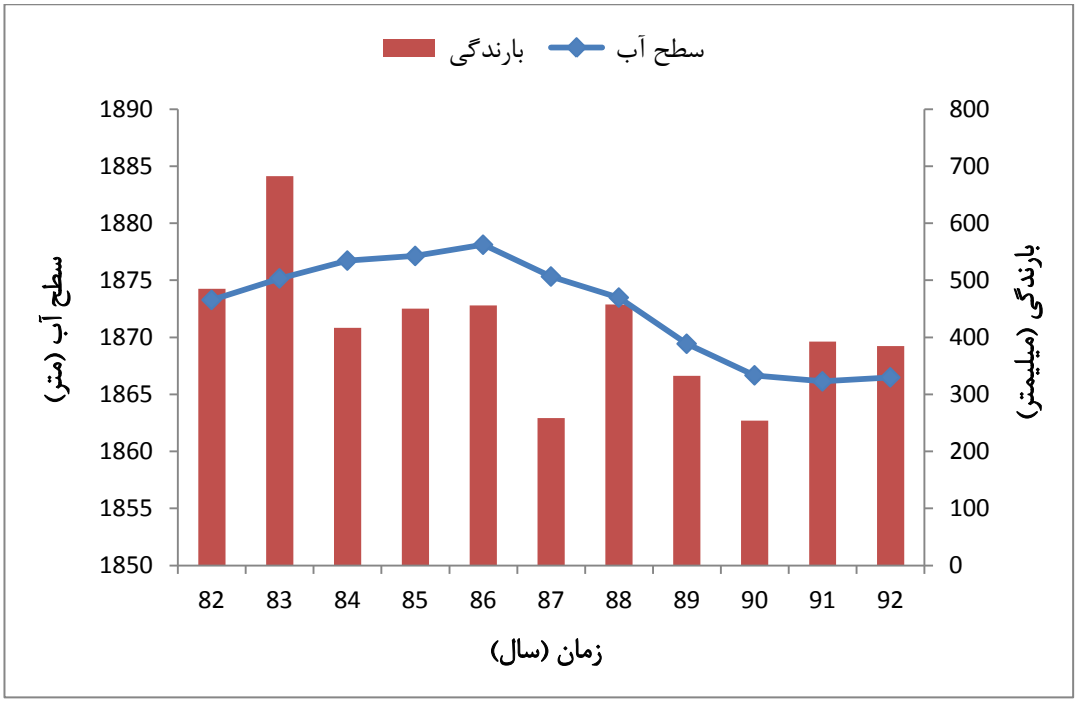
شکل پیوست ۱- تغییرات سطح آب در پیزومتر شریف‌آباد در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



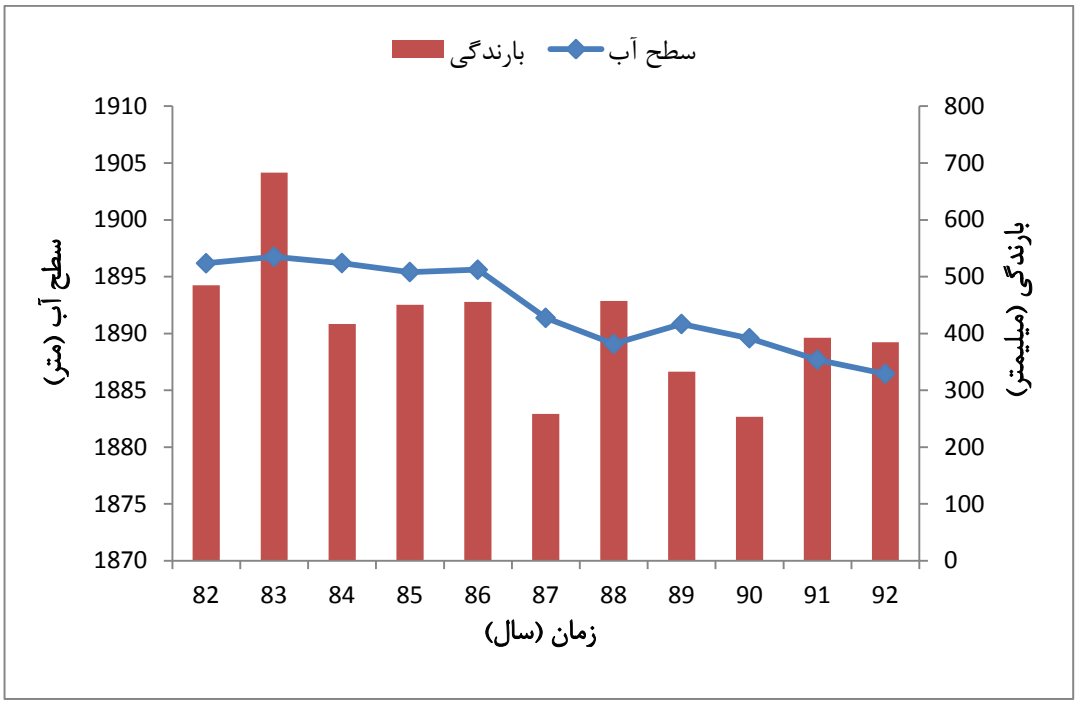
شکل پیوست ۲- تغییرات سطح آب در پیزومتر برن‌آباد در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



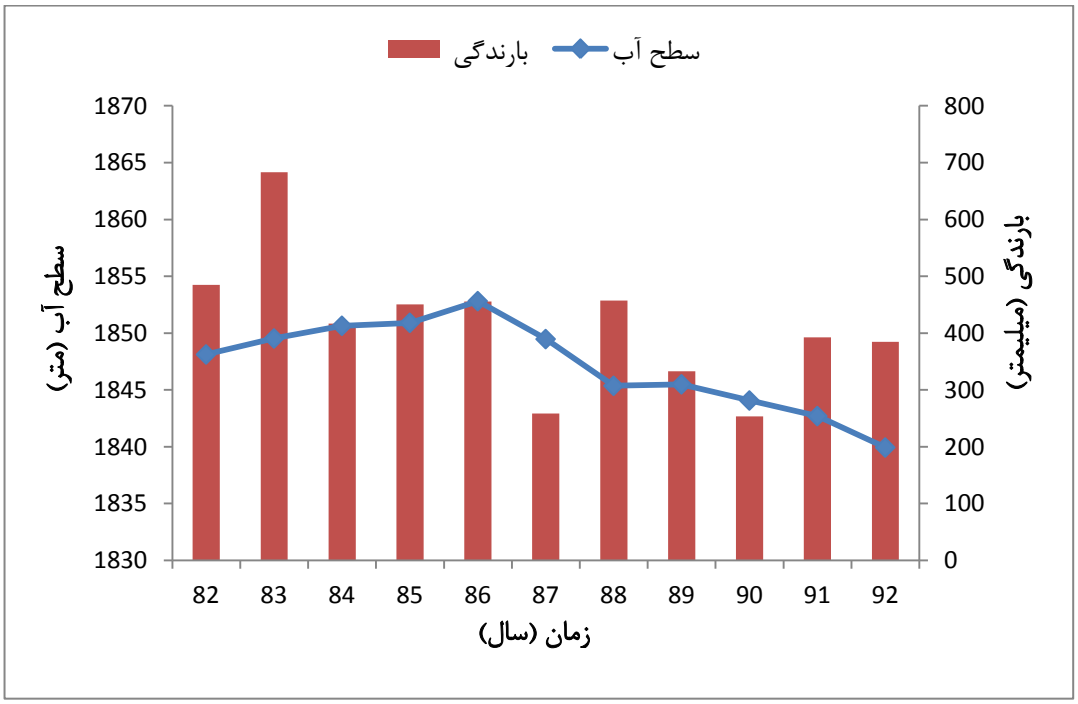
شکل پیوست ۳- تغییرات سطح آب در پیزومتر ده‌نصیر در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



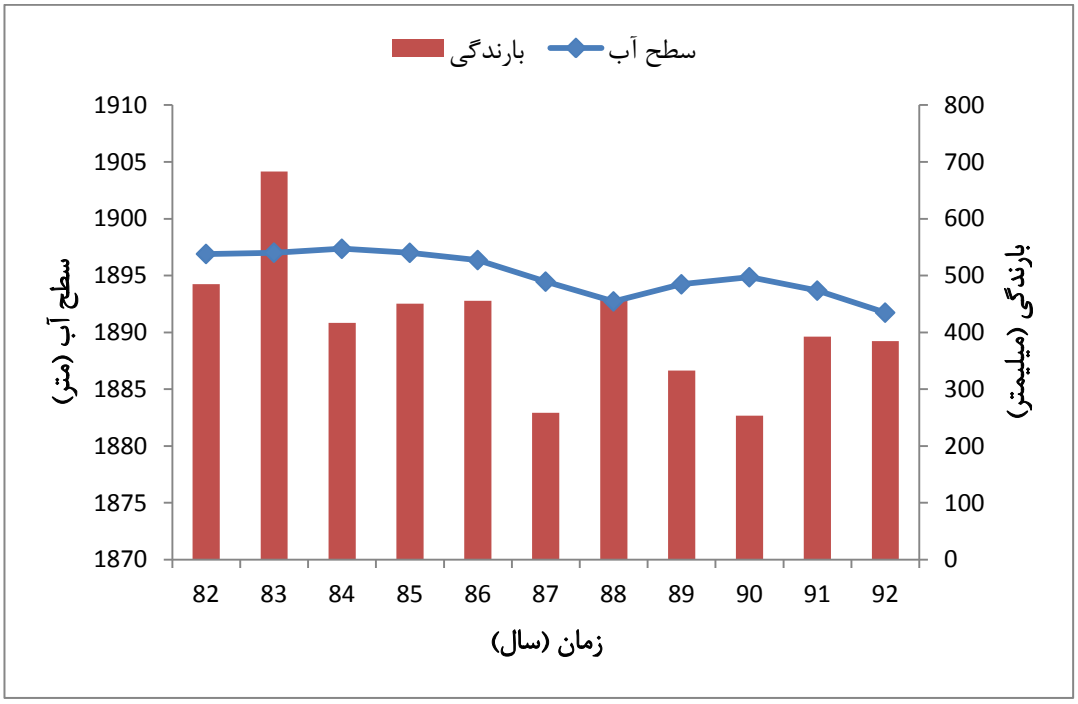
شکل پیوست ۴- تغییرات سطح آب در پیزومتر فین در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



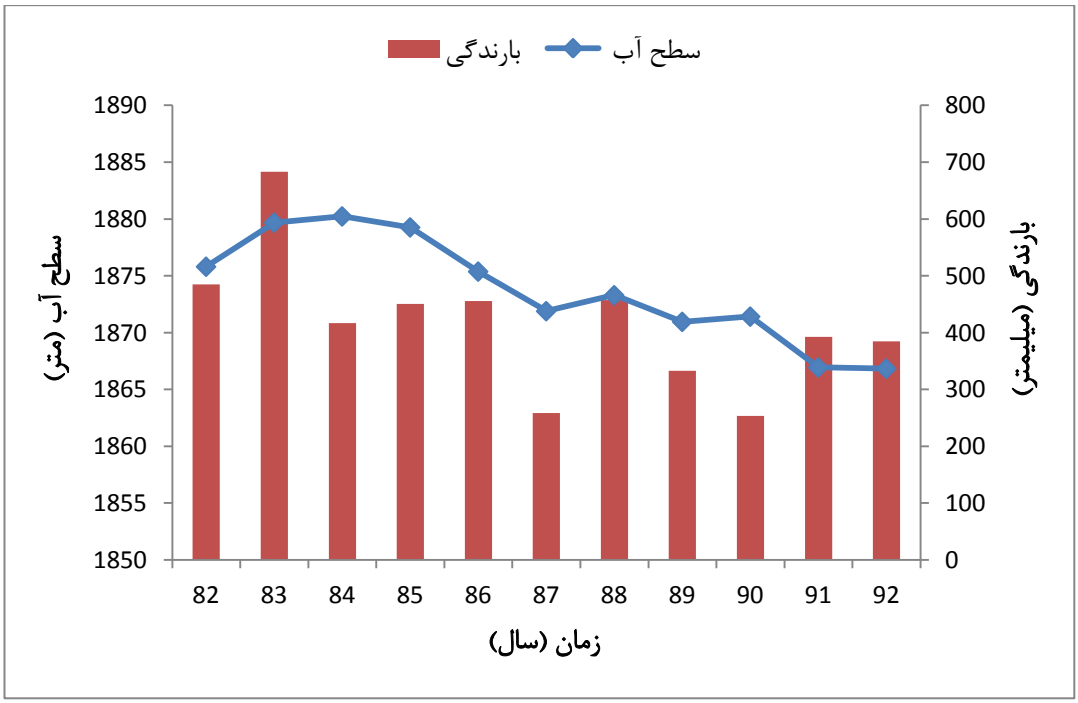
شکل پیوست ۵- تغییرات سطح آب در پیزومتر دولت‌آباد در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



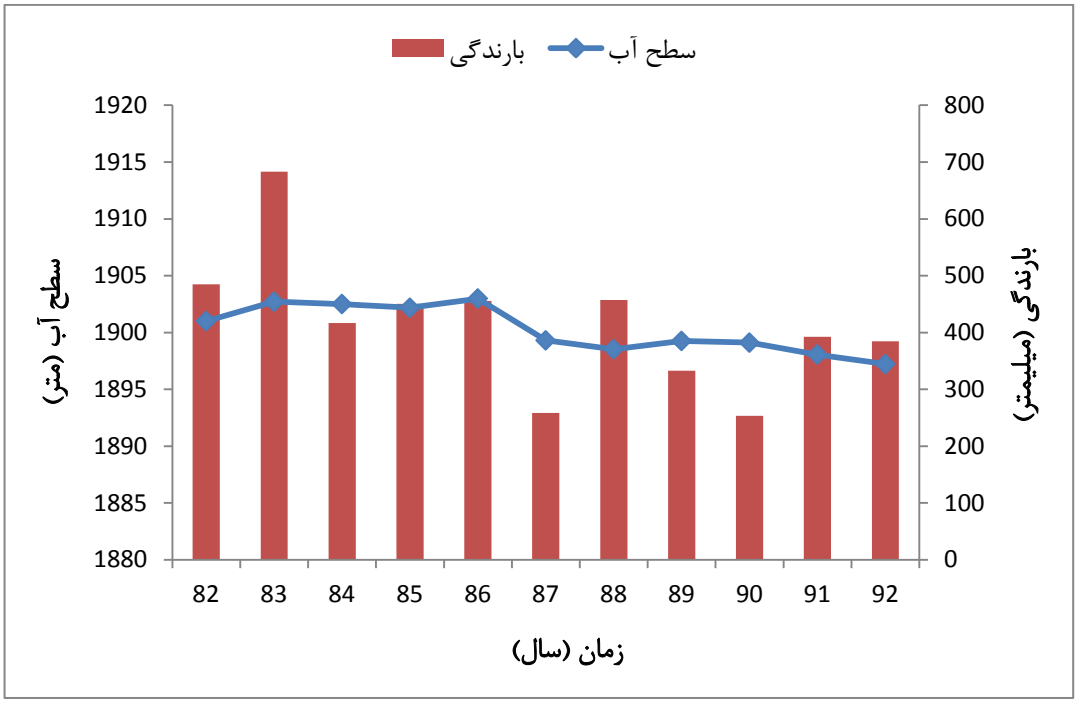
شکل پیوست ۶- تغییرات سطح آب در پیزومتر ازنا-اردوگاه در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



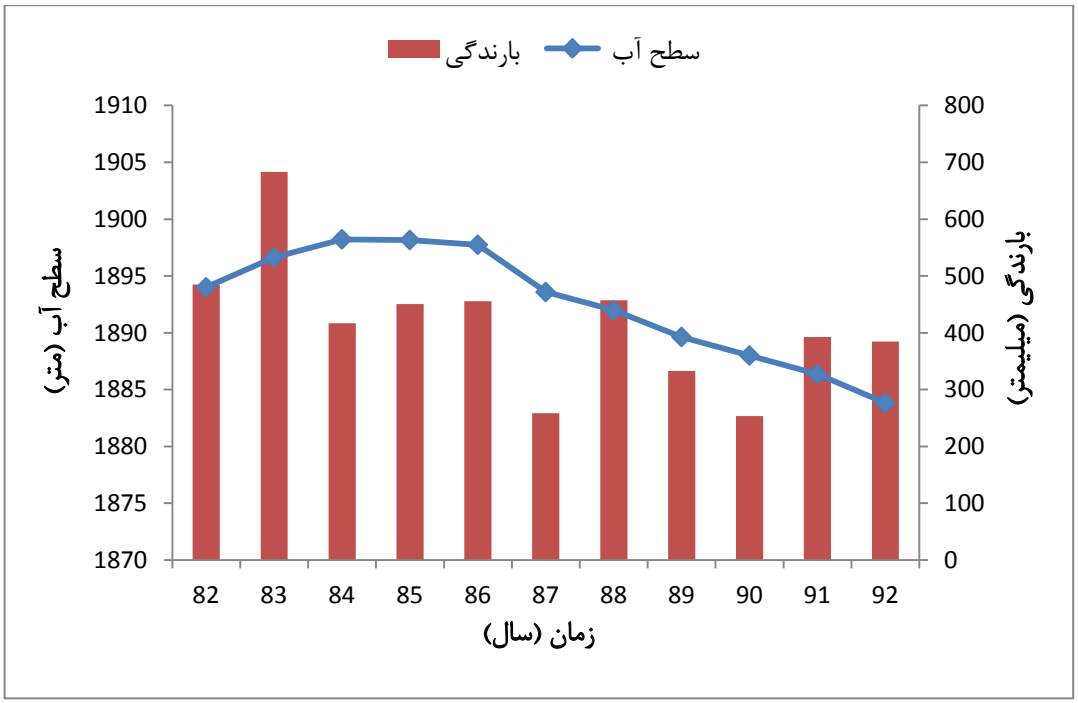
شکل پیوست ۷- تغییرات سطح آب در پیزومتر دودهک در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



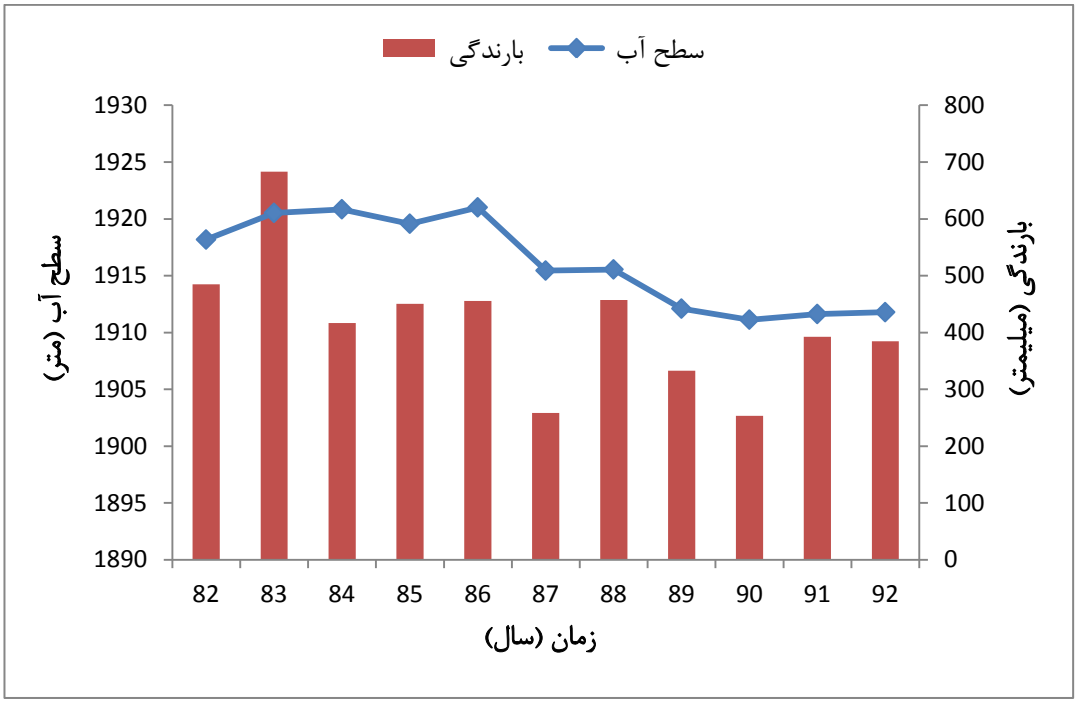
شکل پیوست ۸- تغییرات سطح آب در پیزومتر سور در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



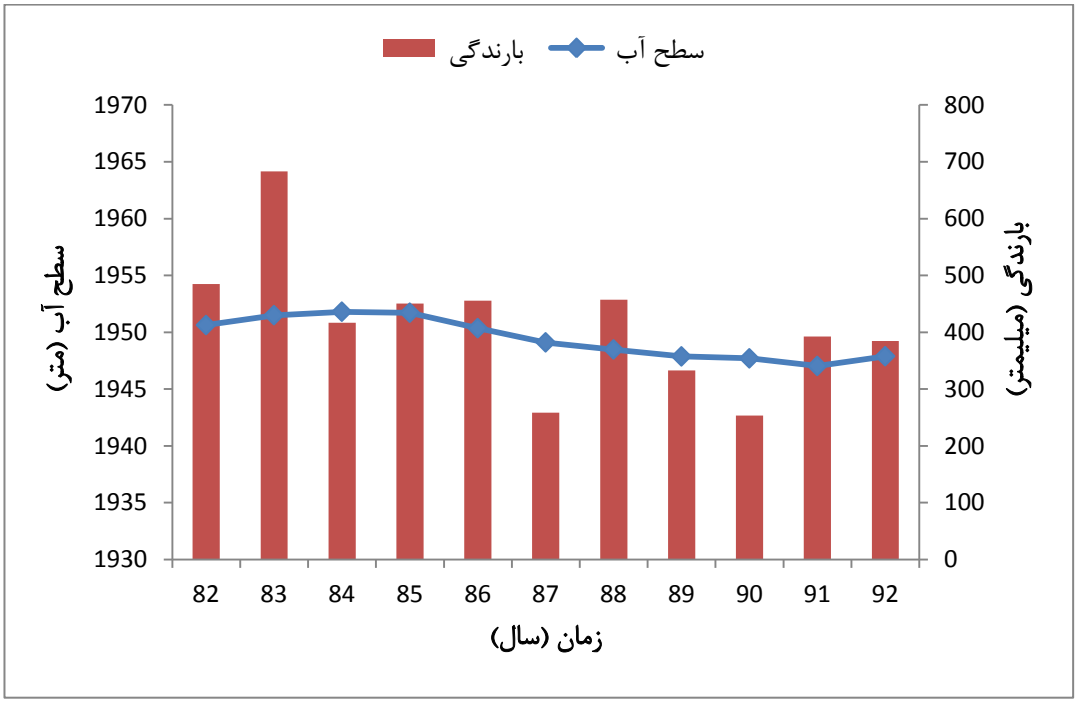
شکل پیوست ۹- تغییرات سطح آب در پیزومتر گمبه در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



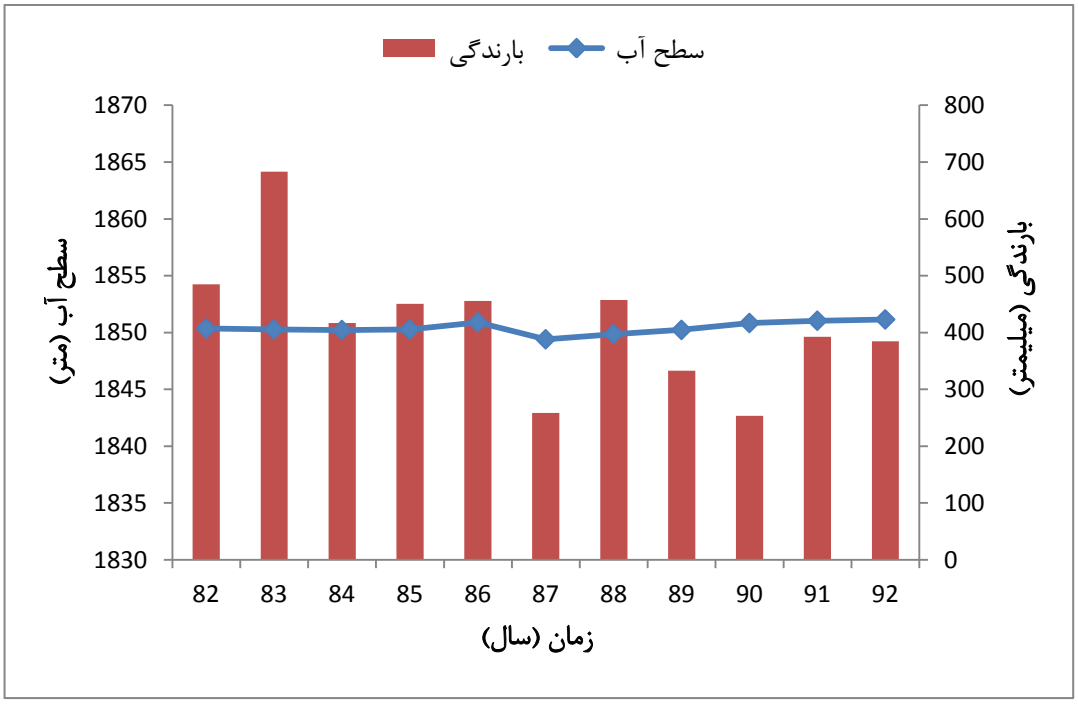
شکل پیوست ۱۰- تغییرات سطح آب در پیزومتر شهرک‌المهدی در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



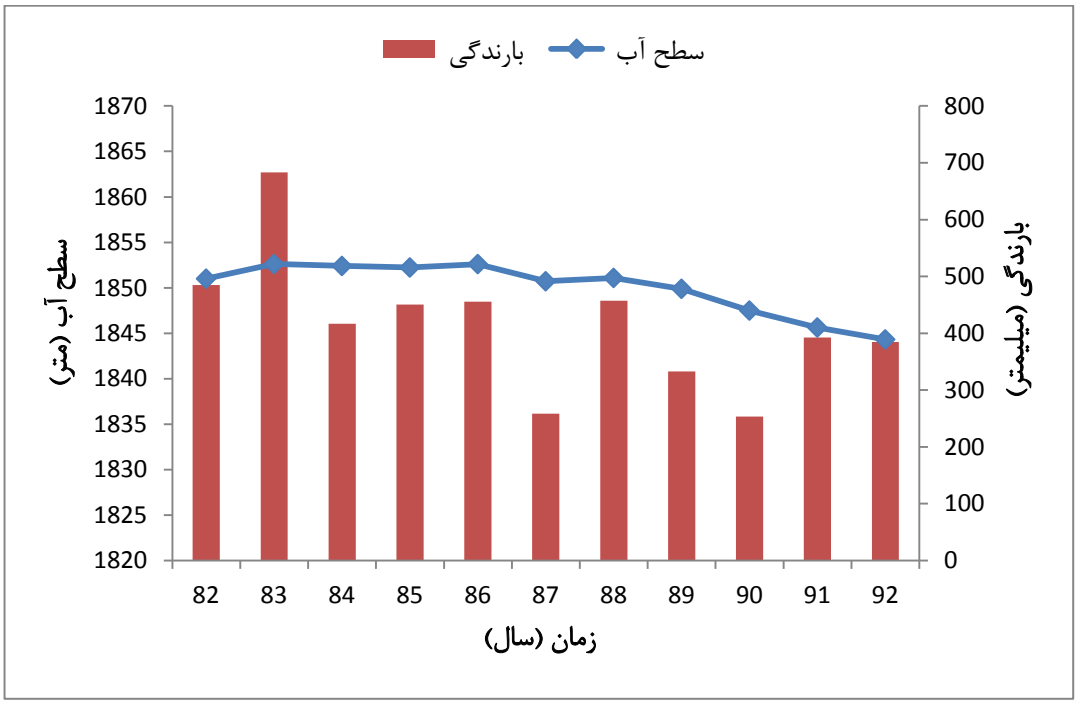
شکل پیوست ۱۱- تغییرات سطح آب در پیزومتر کشکک در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



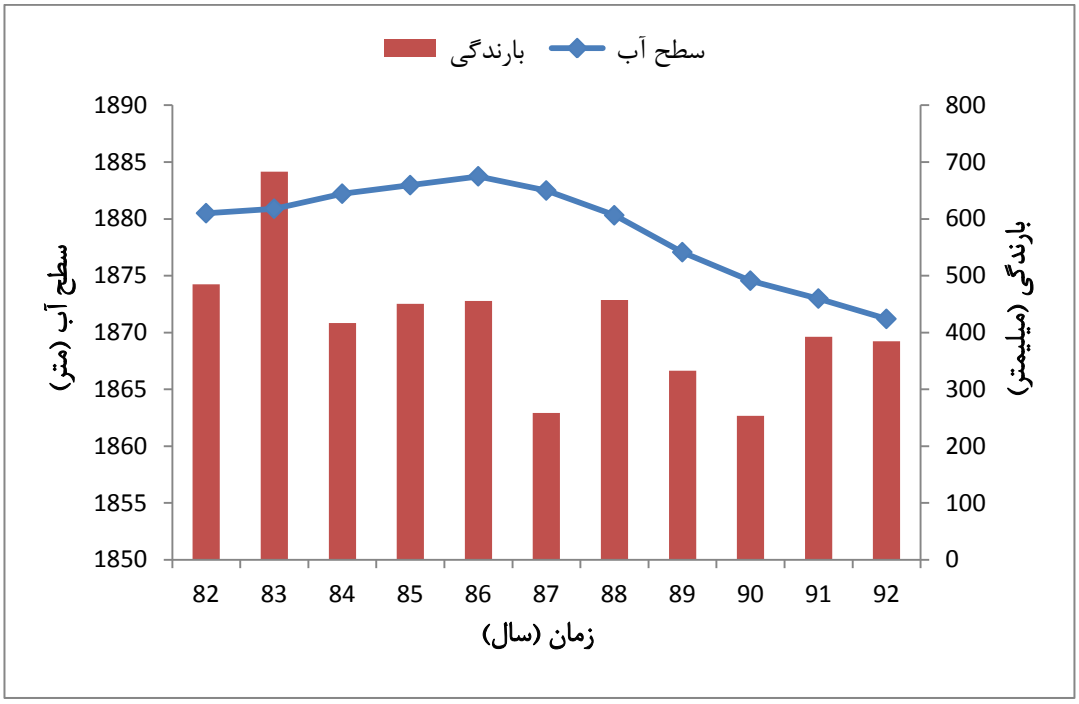
شکل پیوست ۱۲- تغییرات سطح آب در پیزومتر الیگودرز در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



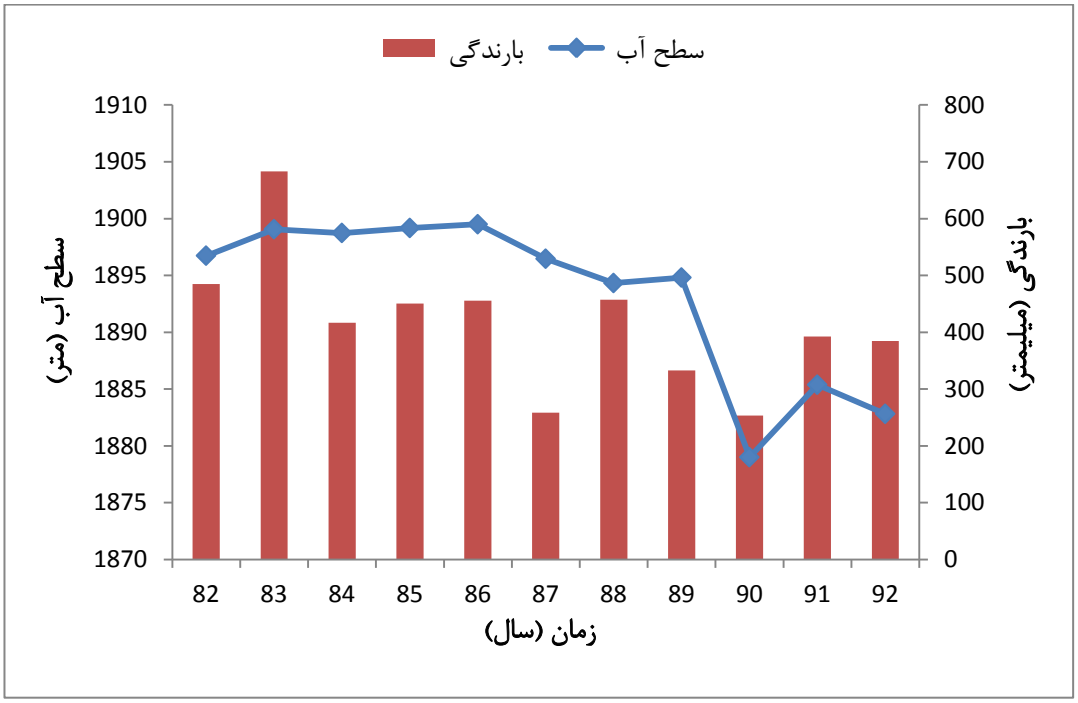
شکل پیوست ۱۳- تغییرات سطح آب در پیزومتر نصرت‌آباد در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



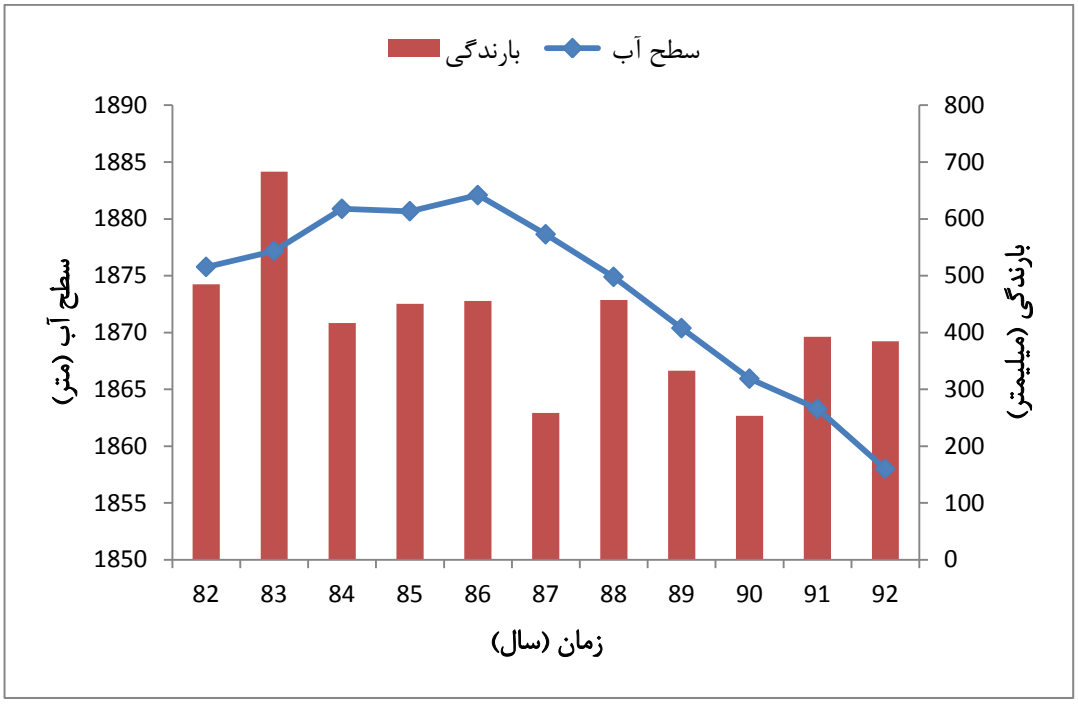
شکل پیوست ۱۴- تغییرات سطح آب در پیزومتر برجله در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



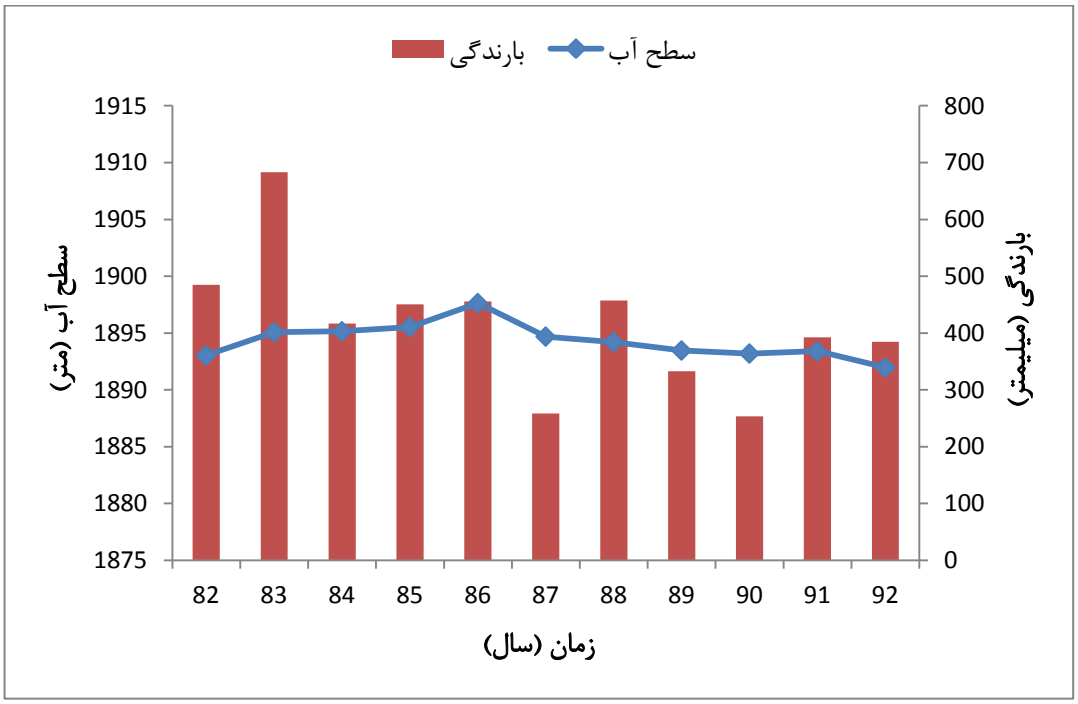
شکل پیوست ۱۵- تغییرات سطح آب در پیزومتر دلیان در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



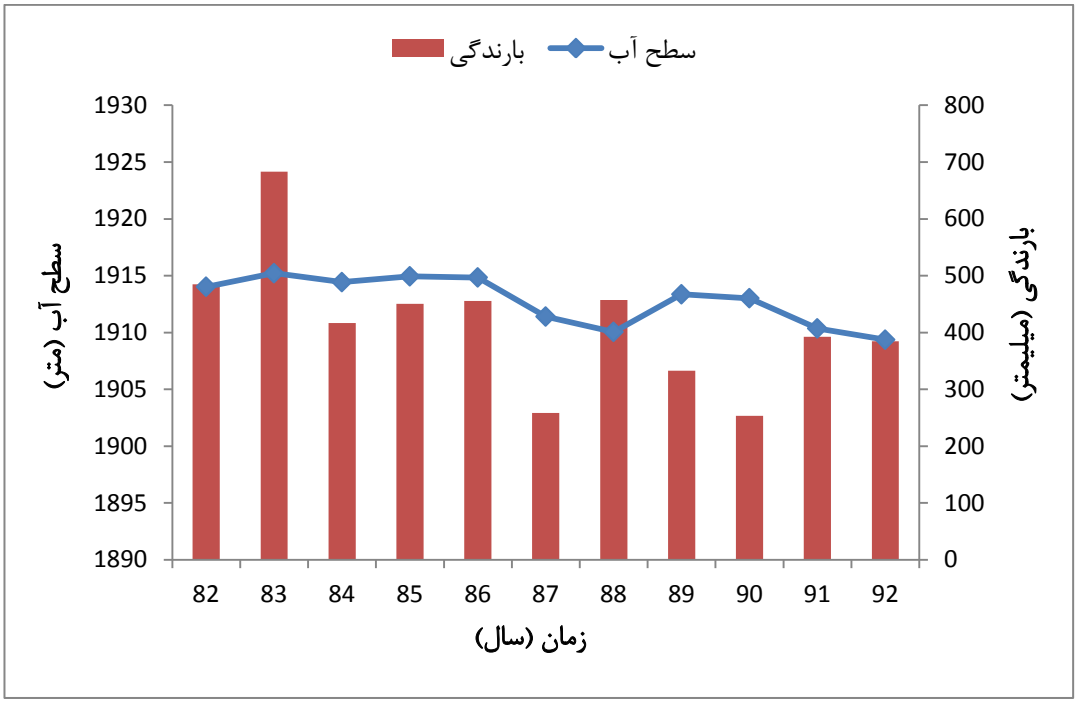
شکل پیوست ۱۶- تغییرات سطح آب در پیزومتر علی‌آباد در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



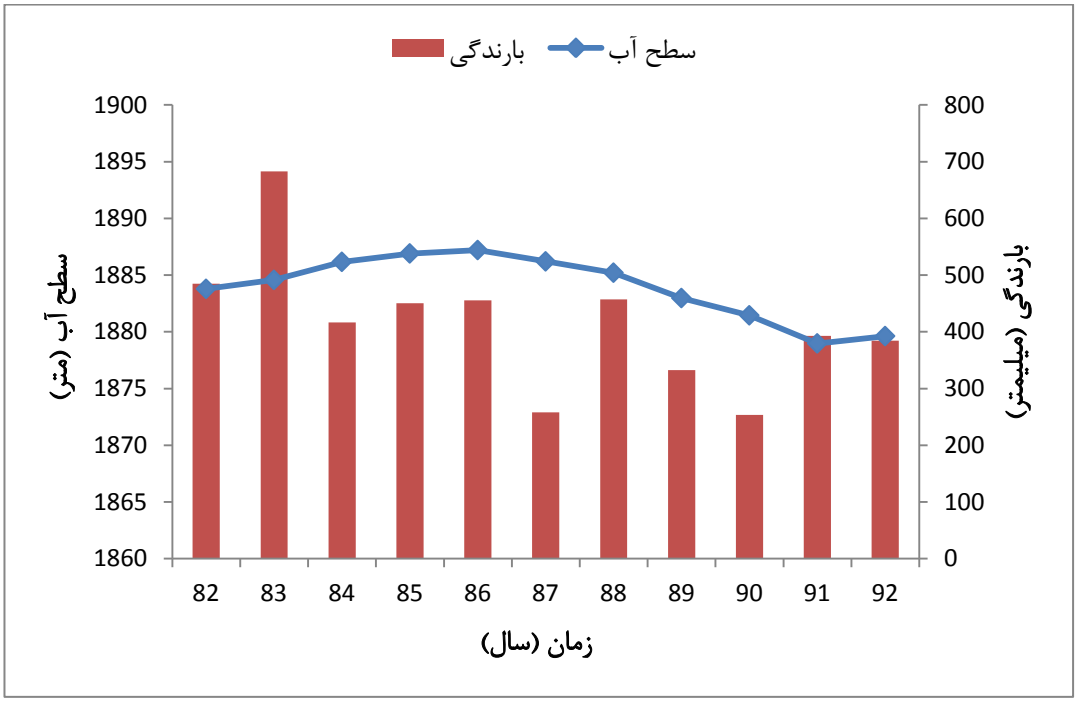
شکل پیوست ۱۷- تغییرات سطح آب در پیزومتر تمبک در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



شکل پیوست ۱۸- تغییرات سطح آب در پیزومتر دهنو در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



شکل پیوست ۱۹- تغییرات سطح آب در پیزومتر قره‌دین در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)



شکل پیوست ۲۰- تغییرات سطح آب در پیزومتر مرکزآموزش در بازه زمانی (۱۳۹۲-۱۳۸۲)

منابع

۱. آدینه ح. یمانی م. و انصاری لاری ا، (۱۳۸۹) "تأثیر ویژگی‌های ژئومورفولوژی و تغییرات بارش بر آب‌های زیرزمینی دشت گزیر" فصل نامه جغرافیای طبیعی، شماره ۱۰، ص ۳۰-۱۵.

۲. احتشامی م. رضایی‌رویا ع. و آغاسی ع، (۱۳۸۱) "بررسی روند تحول پتانسیل آب زیرزمینی دشت هشتگرد در ده سال گذشته و علل آن" نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۴، شماره ۱۳، ص ۷۴-۶۱.

۳. اکبری م. جرگه م. و مدنی ح، (۱۳۸۸) "بررسی افت سطح آب‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی: آبخوان دشت مشهد)" مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد شانزدهم، شماره چهارم، ص ۷۶-۶۳.

۴. اکرامی م. شریفی ذ.ا. ملکی‌نژاد ح. و اختصاصی م، (۱۳۹۰) " بررسی روند تغییرات کیفی و کمی منابع آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان در دهه (۱۳۸۸-۱۳۷۹)" فصلنامه علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد، سال دهم، شماره دوم و سوم، ص ۸۹-۸۲.

۵. امیرحسینی م. و کاظمی غ.ع، (۱۳۹۲) "بررسی تغییرات ۲۰ ساله‌ی (۱۳۹۲-۱۳۷۲) سطح و شیمی آب زیرزمینی آبخوان دشت دامغان" پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، ص ۱۲۹.

۶. باقرزاده س. کلانتری ن. و رحیمی م، (۱۳۸۸) "بررسی نوسانات سطح ایستابی دشت بهبهان با نگاهی به خشکسالی اخیر" دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، اصفهان.

۷. بانشی م. پورحقی ا. و آخوندعلی ع، (۱۳۹۲) "ارائه و ارزیابی بیلان کمی منابع آب زیرزمینی دشت الشتر" مجموعه مقالات اولین همایش ملی بهینه‌سازی مصرف آب، گرگان.

۸. توحیدی‌فر ف. و کرمی غ.ح، (۱۳۹۳) "مطالعه منابع آب زیرزمینی منطقه معلمان، دامغان" پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، ص ۶۷-۶۰.

۹. تهبندی ه. قنبرپور م. حبیب‌نژادروشن م. و دادرسی‌سبزوار ا، (۱۳۸۷) " تعیین زمان‌های بیشینه و کمینه بهره‌برداری منابع آبهای زیرزمینی دشت جوین با استفاده از هیدروگراف واحد سالانه" اولین کنفرانس بین المللی بحران آب، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، دانشگاه زابل.

۱۰. جاویدی م. و کرمی غ.ح، (۱۳۹۰) "بررسی کمی و کیفی آبهای زیرزمینی دشت سعادت‌شهر در استان فارس" پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، ص ۶۱.

۱۱. جاویدی م. کرمی غ.ح. و محمدی ض، (۱۳۹۰) "بررسی فرایندهای تأثیرگذار بر هیدروژئوشیمی آبخوان سعادت‌شهر در استان فارس" هفتمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۱۲. جعفری‌تلوکایی م. شاهنظری ع. صادقی س. و علیزاده‌صنعی ف، (۱۳۹۰) "بررسی روند تغییرات سطح آب زیرمینی دشت قائمشهر" یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر، کرمان.

۱۳. جعفری عظیم‌آبادی ه، (۱۳۹۰) " بررسی کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی در ارتباط با افت سطح ایستابی ناشی از پمپاژ- آبخوان هرات در استان یزد" هفتمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، شاهرود.

۱۴. جلیلی ث. و چیت‌سازان م، (۱۳۹۲) "تأثیر خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی دشت ابهر" پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

۱۵. جهانشاهی ر. زارع م. رئیسی ع.ا، (۱۳۸۶) "مدیریت بهره‌برداری از آبخوان ساحلی جنوب‌شرقی دریاچه مهارلو به منظور جلوگیری از شور شدن آب چاه‌های پمپاژ (آب زیرزمینی)" پنجمین همایش زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، تهران.

۱۶. حیدری م.م. موسوی ر.ا. و رستگاردباغی م، (۱۳۹۰) " بررسی روند تغییرات سطح آی زیرزمینی در دشت کاشان – اصفهان" اولین کنفرانس ملی عمران و توسعه، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت.

۱۷. خدایی ب. نخعی م. و مهدلو ترکمانی س، (۱۳۹۰) "بررسی سطح افت آب زیرزمینی در آبخوان دشت کبودرآهنگ در محیط GIS" سی‌امین گردهمایی علوم زمین، تهران

۱۸. خنامانی ع. دودانگه ا. سلیمانی ف. کریم‌زاده ح. و سلطانی س، (۱۳۹۲) "روند تغییرات برخی از خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت سگزی اصفهان طی سال‌های ۱۳۷۴تا ۱۳۸۷" مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، شماره ۶۷، ص ۶۸-۵۹.

۱۹. خورسندی ز. مختاری ف. خورسندی ف. و ذوالفقاری م، (۱۳۸۸) "بررسی روند تغییرات سطح آب زیرزمینی با استفاده از تکنیک GIS (مطالعه موردی بخشی از دشت شهرضا)" نخستین کنفرانس سراسری آبهای زیرزمینی، دانشگاه آزاد اسلامی، بهبهان.

۲۰. رستمی‌زرین‌آبادی ا. و کرمی غ.ح، (۱۳۹۰) "ارزیابی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی و پارامترهای موثر بر کیفیت آب شرب و کشاورزی منطقه رومشگان، لرستان" هفتمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۲۱. زهتابیان غ. خلیل‌پور ا. و جعفری م، (۱۳۸۱) "تخریب آبخوانه در اثر بهره‌برداری بی‌رویه از آبهای زیزمینی (مطالعه موردی دشت قنوات قم)" مجله بیابان، جلد هفتم، شماره دو، ص ۱۱۶-۱۰۰.

۲۲. شجاعی س. سلیمانی ع. و زهتابیان غ، (۱۳۹۲) "بررسی تأثیر فعالیت‌های کشاورزی بر افت سطح ایستابی منابع آب زیرزمینی در دشت کرمان" مجموعه مقالات اولین همایش ملی بهینه‌سازی مصرف آب، گرگان.

۲۳. شریف‌زاده ب. محمدی ض. و زارع م، (۱۳۸۷) "بررسی فرآیندهای تأثیرگذار بر آبهای زیرزمینی دشت آبدان بوشهر" مجموعه مقالات دوازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ص ۲۵۰-۲۴۳.

۲۴. شفیعی‌مطلق خ.ر، (۱۳۸۸) "بررسی تأثیر خشکسالی‌های اخیر در افت منابع آب زیرزمینی استان کهگیلویه و بویراحمد و راهکارهای کاهش اثرات آن" نخستین کنفرانس سراسری آبهای زیرزمینی، دانشگاه آزاد اسلامی، بهبهان.

۲۵. شیرافکن م. و جعفری ه، (۱۳۹۲) "ارزیابی بیلان هیدروژئولوژیکی آبخوان بهاباد در استان یزد" هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲۶. طباطبایی امیرحسین، (۱۳۸۸) " بررسی علل افت آبهای زیرزمینی در منطقه شرق دریاچه ارومیه" اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۲۷. عالیوند ش. هوشمندی ح. و محرابی‌نژاد ع، (۱۳۸۸) "بررسی تأثیر خشکسالی‌های اخیر بر آب زیرزمینی آبخوان دشت قلعه‌تل" نخستین کنفرانس سراسری آبهای زیرزمینی، دانشگاه آزاد اسلامی. بهبهان.

۲۸. عباس‌نژاد ا. و شاهی‌دشت ع، (۱۳۹۲) " بررسی آسیب‌پذیری دشت سیرجان با توجه به برداشت بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی منطقه" مجله جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، شماره ۷، ص ۸۶-۹۶.

۲۹. علیزاده الف، (۱۳۹۰) " اصول هیدرولوژی کاربردی" جلد اول، چاپ سی ویکم، دانشگاه امام رضا(ع)، مشهد، ص ۹۱۱.

۳۰. فاریابی م. کلانتری ن. نگارستانی ا، "ارزیابی عوامل مؤثر بر کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی دشت جیرفت با استفاده از روش‌های آماری و هیدروشیمیایی" مجله علوم زمین، سال بیستم، شماره ۷۷، ص ۱۲۰-۱۱۵.

۳۱. کریم‌خوشنوا م. امیرپوردیلمی ا. جباری م. و کرکان س، (۱۳۹۲) " ارزیابی نفوذ آب شور دریاچه ارومیه به آبخوان ساحلی دشت مهاباد" اولین همایش ملی تأثیر پسروی دریاچه ارومیه بر منابع خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربابجان شرقی، تبریز.

۳۲. کلانتریان س.ف، (۱۳۸۸) " بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی تنکابن" پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود،۷۷.

۳۳. گرجی م. و افضلی س.ف.ا، (۱۳۹۲) "بررسی کیفی آب زیرزمینی جهت استفاده در کشاورزی (مطالعه موردی حوزه آبخیز باشت- کهگیلویه و بویراحمد)" مجموعه مقالات اولین همایش ملی

بهینه‌سازی مصرف آب، گرگان.

۳۴. لشکری م. و لشکری پور غ، (۱۳۹۰) "بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت ایرانشهر و تأثیر سازند زمین‌شناسی بر کیفیت آب" مجموعه مقالات سی‌امین گردهمایی علوم زمین.

۳۵. مددی ع. و قاسمی م، (۱۳۹۲) "بررسی روند تغییرات سطح آب زیرزمینی حوضه آجرلوچای با تاکید بر شرایط اقلیمی" دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، ارومیه.

۳۶. محمدی ح. شمسی‌پور ع.ا، (۱۳۸۱) "تأثیر خشکسالی اخیر در افت منابع آب زیرزمینی دشتهای شمال همدان" مجله پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۴۵، ص ۱۳۰-۱۱۵.

۳۷. محمدی ع. دوستی‌رضایی م. و دادروان ف، (۱۳۹۲) "بررسی تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت کهریز" سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۳۸. نادریان‌فر م. انصاری ح. ضیایی ع.ن. و داوری ک، (۱۳۸۹) " بررسی روند تغییرات نوسانات سطح آب زیرزمینی در حوضه آبریز نیشابور تحت شرایط اقلیمی مختلف" فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال اول، شماره ۳، ۳۵-۲۲.

۳۹. نوروزی ح. اصغری‌مقدم ا. و ندیری ع.ا، (۱۳۹۴) " ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی شوری آب زیرزمینی دشت ملکان با استفاده از روش درون‌یابی معکوس وزنی فاصله" دهمین کنگره بین-المللی مهندسی عمران، دانشگاه تبریز.

۴۰. هنری ف. کرمی غ.ح. و کاظمی غ.ع، (۱۳۹۳) "ارزیابی خصوصیات هیدروزئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی قنات‌های منطقه خور" پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، ص۷۱.

41. Chan H.J., (2001) "Effect of landuse and urbanization on hydrochemistry and contamination of groundwater from Taejon area, Korea" Journal of Hydrology., pp 194-210
42. Hem J.D., (1985) "Stady and interpretation of the chemidal characteristics of natural water" U.S. Geological Survey, Water- Supply Paper 2254, p 263.
43. Hounslow A.W., (1995) "Water Quality Data Analysis and interpretation" Stillwater, Oklahoma, Lewis Publishers.
44. Jamshidzadeh Z. and Mirbagheri S. A., (2011) "Evaluation of groundwater quantity and quality in the Kashan Basin, Central Iran" Desalination, 270(1), pp 23-30.
45. Jothiprakash V. and Mohan S., (2004) "Weekly operational planning model for a fun-off river system" ustainable water resources management in changing environment of the Monsson regions, Colombo, pp 569-572.
46. Langmuir D. (1997) "Aqueous Environmental Geochemistry" Printice Hall, NewJersey, pp 600.
47. Mokrik R. and Baublyte A., (2005) "Water geochemistry in the Sventojy- Arukula aquifer system Lithuania"J. of Geologija., volume 52, pp 55-64
48. Newman B. and Goss K., (2000) "The Murray-Darling basin salinity Management Strategy Implication for the Irrigation Sector, Murray Darling basin commission" in Proceedings of the 47 annual ANCID conference, Australia, 10-13 September.
49. Ramakrishna R.M.N. Janardhnana R.Y. Venkatararami R. and Reddy T.V.K., (2000) "Water resources development and management in Cuddapah district, India" Environmental Geology, 39, 3-9.
50. Ramkumar T. Venkarramanan S. Anithamary I. and Ibrahim SM., (2012) "Evaluation of hydrogeochemical parameters and quality assessment of the groundwater in Otter blocks" Tiruvarur district, Tamilnadu, India.
51. Shahid Sh. and Hazarika M.K., (2009) "Groundwater Drought in the Northwestern District of Bangladesh" Water resources management, 24(10), pp 1989-2006.

52. Subramani T. Elango L. and Damodarasamy S.R., (2005) “Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar River basin” Tamil Nadu, India, JEnviron Geol 47, pp1099–1110.
53. Todd D.K. and Mays L.W., (2005) “Groundwater Hydrology” Third Edition, John Wiley and sons, New York.

Abstract

Azna plain having 104 km^2 area, is one of the important plains of Lorestan province that receives the groundwater outputs of Aligoodarz and Momen-abad plains from the east and the northwest, respectively. The main purpose of this research is investigating the hydrogeological and hydrogeochemical properties of Azna plain as well as quantitative and qualitative impacts of the groundwater flow entering from Aligoodarz and Momen-abad plains on this plain. To do that, Azna plain and the mentioned inputs were evaluated from quantity and quality point of view. Unit hydrograph showed that the groundwater levels in plains of Azna, Aligoodarz and Momen-abad have dropped about 0.88, 0.74 and 1.61 meters per year. According to the amounts of drop in groundwater level and specific yield, deficit contents of reservoir for Azna, Aligoodarz and Momen-abad plains are approximately 3.6, 0.9 and 4.4 million m^3, respectively. Based on the prepared Iso-potential map, Discharge amounts entering into Azna plain directed from Aligoodarz and Momen-abad are about 5.8 and 0.27 million m^3 per year, respectively. Thus, it can be concluded that the entering groundwater volume directed from Aligoodarz plain is relatively considerable while the entering groundwater amount directed from Momen-abad is negligible. For hydrogeochemical investigation of exsiting wells in the area, sampling was conducted in June, 2015, and after analyzing samples, it was found that the groundwater type in Azna plain and the mentioned entrances is calcic bicarbonate. Based on Piper diagram, weak acids and alkaline- earth elements are predominant in all samples; therefore, the groundwater in this area is high-qualified. As a result, according to the sameness of qualitative parameters of the groundwaters entering from the adjacent plains and the qualitative parameters of Azna plain, it may be argued that the qualitative effect of the groundwaters entering Azna plain is almost negligible.

Keywords: Azna plain, Aligudarz, Momen-abad, quantitative and qualitative impacts

Faculty of Earth Sciences
Hydrogeology and Enviromental Geology Group
M. Sc. Thesis

Assessing the quantitative and qualitative effects of groundwater flow from Plains of Aligudarz and Momen-abad on Azna Plain

Bahareh Yarahmadi

Supervisor:
Dr. Gholam Hossein Karami

Feb 2016