



دانشکده علوم زمین  
پایان نامه کارشناسی ارشد  
گرایش آبشناسی

## بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی تنکابن

سیده فاطمه کلانتریان

استاد راهنما:

دکتر غلامحسین گرمی

اردیبهشت ۱۳۸۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

رشته زمین شناسی - گرایش آبشناسی

بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی  
سفره آب زیرزمینی تنکابن

دانشجو:

سیده فاطمه کلانتریان

استاد راهنما:

دکتر غلامحسین کرمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

اردیبهشت ۱۳۸۸

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : علوم


گروه : زمین شناسی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم سیده فاطمه کلانتریان

تحت عنوان:

بررسی بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی تنکابن

در تاریخ ۱۳۸۸/۲/۲۳ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی : دکتر غلامحسین کرمی
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی : دکتر فرج الله فردوست		نام و نام خانوادگی : دکتر غلامعباس کاظمی
			نام و نام خانوادگی : دکتر حمیدرضا ناصری
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :



تقدیم به

آنان که بر صفحه زندگی‌م، همواره عشق باریدند

صاحبان برترین مقام:

**پدر، مادر**

**و**

**همسر عزیزم**

## تشکر و قدردانی

اکنون که به لطف و عنایت الهی، کار نگارش و تدوین این تحقیق به اتمام رسیده است، بر خود لازم می دانم که در ابتدا از محبت های پدر و مادرم که محیطی آرام جهت رشد و تربیت من فراهم نمودند سپاسگذاری نمایم و از زحمات بی دریغ و بی شائبه استاد راهنمای بزرگوام جناب آقای دکتر کرمی که در تهیه و تکمیل این پروژه راهنمایی های بسیار زیادی نمودند، کمال تقدیر و تشکر را داشته باشم. هم چنین از جناب آقای مهندس محمدی کارشناس امور آب اداره آب تنکابن و رامسر و جناب آقای مهندس خادمی کارشناس بخش مطالعات آب های زیرزمینی استان مازندران که کمک های زیادی نموده اند نیز نهایت تشکر و قدردانی را دارم. از زحمات اساتید دلسوز و محترم گروه زمین شناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نهایت قدردانی را دارم و امیدوارم خداوند منان توفیق روز افزون بر این پرچم داران علم و اخلاق عنایت فرماید.

سپاسم برایتان بی پایان و کلامم ناتمام.

اردیبهشت ۱۳۸۸

سیده فاطمه کلانتریان

دانشجو تأیید می نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات ، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد .

اردیبهشت ۱۳۸۸

## چکیده

شهرستان تنکابن به طول تقریبی ۶۰ کیلومتر و عرض متوسط ۳۰ کیلومتر در جنوب دریای مازندران و در غرب استان مازندران با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. سفره آب زیرزمینی موجود در این منطقه از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است و تعداد چاه های بهره برداری در آن ۳۹۴۵ حلقه می باشد. با مطالعه و بررسی خصوصیات هیدروشیمی سفره آب زیرزمینی این منطقه مشخص شد که علیرغم وجود پتانسیل های آلاینده بسیار زیادی که در منطقه وجود دارد از جمله گسترش اراضی کشاورزی، بالا بودن سطح آب زیرزمینی، دانه درشت بودن رسوبات پوشاننده سفره و قرارگیری سفره آب زیرزمینی در کنار دریای مازندران، آلوده نیست و آن هم به این دلیل است که بر اثر بارندگی زیاد و نرخ کم رواناب، نرخ تغذیه سالیانه به سفره آب زیرزمینی بالا می باشد و از طرف دیگر زمان ماندگاری آب به دلیل دانه درشت بودن رسوبات پوشاننده سفره کوتاه است، در نتیجه غلظت عناصر محلول در آب بیشتر از حد مجاز نمی باشد. یک عامل بسیار مهمی که کمیت و کیفیت آب زیرزمینی منطقه را تحت تاثیر قرار می دهد وجود رودخانه بزرگ و دائمی چشمه کیله در غرب محدوده مورد مطالعه است. این رودخانه باعث کم شدن میزان هدایت الکتریکی در نزدیکی آن تا ۵۰۰ میکروموس بر سانتی متر است در حالیکه در بخش های دورتر از رودخانه این مقدار به ۷۰۰ میکروموس بر سانتی متر می رسد. هم چنین رودخانه بر غلظت یون های دیگر از جمله کلر نیز اثر گذاشته به نحویکه در نزدیکی رودخانه غلظت کلر ۲۰ میلی گرم بر لیتر است ولی در بخش های میانی به بیش از ۵۰ میلی گرم بر لیتر می رسد. مطالعه خصوصیات هیدروژئولوژیکی سفره آب زیرزمینی کم عمق منطقه نیز نشان می دهد که رودخانه تاثیر بسیار زیادی در ناهمگنی سفره آبرفتی دارد. تغییر مسیر آن در طول زمان های گذشته منجر به ایجاد تنوع بسیار زیادی در لیتولوژی و ضخامت لایه های آبرفتی در فواصل نزدیک به هم شده است که این امر منجر به تغییر بسیار زیادی در جنس و ضخامت رسوبات در فواصل کوتاه شده است. بررسی منحنی های ژئوالکتریک منطقه نیز

این مطلب را تایید می کند به طوریکه در نزدیکی رودخانه مقدار قابلیت انتقال ۳۶۰۰ متر مربع در روز است و در بخش های دورتر این مقدار حتی به ۴۱ متر مربع در روز نیز می رسد. در مجموع مطالعه هیدروژئوشیمی و هیدروژئولوژی سفره آبرفتی و کم عمق شهرستان تنکابن نشان می دهد که سفره موجود در منطقه از نوع آزاد و بسیار ناهمگن می باشد و از نظر کیفی دارای وضعیت مطلوبی جهت مصارف شرب و کشاورزی می باشد.

کلمات کلیدی: تنکابن، سفره آبرفتی، کشاورزی، هیدروژئوشیمی، هیدروژئولوژی.

## لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

کلانتریان س. ف. کرمی غ. محمدی ح. (۱۳۸۶) "بررسی هیدروژئوشیمیایی آبخوان آبرفتی در شرق تنکابن" بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، تهران.

کلانتریان س. ف. کرمی غ. محمدی ح. (۱۳۸۷) "بررسی هیدروژئولوژیکی سفره آب زیرزمینی در شرق تنکابن" دوازدهمین انجمن علمی زمین شناسی ایران، اهواز.

کلانتریان س. ف. کرمی غ. محمدی ح. (۱۳۸۷) "بررسی عوامل موثر بر کیفیت آب در سفره آب زیرزمینی تنکابن" دوازدهمین انجمن علمی زمین شناسی ایران، اهواز.

کلانتریان س. ف. کرمی غ. محمدی ح. (۱۳۸۷) "بررسی آلودگی سفره آب زیرزمینی نسبت به نیترات و فسفات در شرق تنکابن" سومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران. (در دست داوری).

## فهرست مطالب

فهرست اشکال.....م

فهرست جداول.....س

فصل اول: مقدمه.....۱

۱-۱- بیان مسئله.....۲

۲-۱- هدف از مطالعه.....۲

۳-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه.....۳

۴-۱- وضعیت آب و هوایی منطقه.....۳

۵-۱- ژئومورفولوژی منطقه.....۵

۶-۱- زمین شناسی عمومی منطقه.....۵

۱-۶-۱- چینه شناسی منطقه.....۷

۲-۶-۱- زمین شناسی ساختمانی منطقه.....۱۳

۷-۱- هیدرولوژی منطقه.....۱۴

۱-۷-۱- هیدرولوژی آب های سطحی.....۱۴

۲-۷-۱- هیدروژئولوژی منطقه.....۱۵

### فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام گرفته در خصوص هیدروژئولوژی و

هیدروژئوشیمی سفره های آبرفتی.....۱۶

۱-۲- هیدروشیمی و مفاهیم مربوط به آن.....۱۷

۲-۲- عوامل موثر بر کیفیت آب زیرزمینی.....۱۸

۱-۲-۲- عوامل طبیعی موثر بر کیفیت آب زیرزمینی.....۱۸

۱-۲-۲-۱- تکامل هیدروشیمیایی آب در جهت حرکت آب زیرزمینی.....۲۰

۲-۲-۱-۲- شرایط زمین شناسی و نقش آن در تغییر کیفیت آب.....۲۳

۲-۲-۱-۳- هیدروژئولوژی و تاثیر آن بر کیفیت آب زیرزمینی.....۲۸

۲-۲-۱-۴- تاثیر شرایط اکسیداسیون و احیا بر تغییر کیفیت آب.....۳۲

۲-۲-۲- عوامل انسانی موثر بر کیفیت آب زیرزمینی.....۳۵

۱-۲-۲-۲- فعالیت کشاورزی و تاثیر آن بر کیفیت آب زیرزمینی.....۳۶

۲-۲-۲-۲- تاثیر توسعه شهرسازی و مناطق مسکونی بر کیفیت آب زیرزمینی.....۳۸

۳-۲-۲-۲- فعالیت های صنعتی و تاثیر آن بر کیفیت آب زیرزمینی.....۴۳

فصل سوم: روش انجام مطالعات.....	۴۵
۱-۳- مقدمه .....	۴۶
۲-۳- تهیه نقشه زمین شناسی منطقه با استفاده از نقشه رقومی مازندران .....	۴۷
۳-۳- نمونه برداری از آب زیرزمینی .....	۴۷
۱-۳-۳- پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری .....	۴۸
۲-۳-۳- پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه .....	۵۰
۴-۳- جمع آوری داده های هیدروژئولوژیکی منطقه .....	۵۱
۱-۴-۳- استفاده از نرم افزارهای تخصصی .....	۵۲
۲-۴-۳- محاسبه افت سفره و افت چاه .....	۵۳
۵-۳- استفاده از منحنی های ژئوالکتریک .....	۵۴
۶-۳- تهیه نقشه های هم پتانسیل و هم عمق سفره آب زیرزمینی .....	۵۴

#### فصل چهارم: بررسی هیدروژئوشیمیایی آبخوان آبرفتی در جنوب شرق تنکابن.....

۱-۴- مقدمه .....	۵۶
۲-۴- بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آبخوان .....	۵۷
۱-۲-۴- بررسی تغییرات هدایت الکتریکی .....	۶۲
۲-۲-۴- بررسی تغییرات یون کلر .....	۶۸
۳-۲-۴- بررسی تغییرات یون سدیم .....	۷۰
۴-۲-۴- بررسی تغییرات یون سولفات .....	۷۱
۵-۲-۴- بررسی روند تغییرات سدیم به کاتیون ها و کلر به آنیون ها .....	۷۳
۶-۲-۴- بررسی روند تغییرات سختی در محدوده مورد مطالعه .....	۷۶
۷-۲-۴- محاسبه نمایه های اشباع کلسیت، دولومیت و هالیت .....	۷۸
۸-۲-۴- بررسی زون های غالب یونی آبهای زیرزمینی با استفاده از نمودار پایپر .....	۸۰
۹-۲-۴- بررسی تیپ آب های زیرزمینی با استفاده از دیاگرام استیف .....	۸۰
۱۰-۲-۴- بررسی کیفیت آب های زیرزمینی از نظر شرب .....	۸۴
۱۱-۳-۴- بررسی کیفیت آب های زیر زمینی از نظر کشاورزی .....	۸۴

#### فصل پنجم: بررسی هیدروژئولوژی آبخوان.....

۱-۵- مقدمه .....	۸۸
۲-۵- سیستم سفره آب های زیرزمینی .....	۸۸
۳-۵- حفاری های اکتشافی انجام شده .....	۸۹
۴-۵- هیدروژئولوژی سفره آب زیرزمینی .....	۹۰



- ۹۲-۵-۴-۱- بررسی نقشه هم پتانسیل .....  
 ۹۴-۵-۴-۲- بررسی نقشه هم عمق آب زیرزمینی .....  
 ۹۵-۵-۵-۵- ارزیابی نتایج مربوط به آزمایش های پمپاژ انجام شده .....  
 ۹۵-۵-۵-۱- برآورد مقادیر قابلیت انتقال با استفاده از آزمایش پمپاژ افت پله ای .....  
 ۱۰۰-۵-۲- بررسی روند تغییرات قابلیت انتقال در محدوده مورد مطالعه .....  
 ۱۰۱-۵-۳- محاسبه مولفه های افت .....  
 ۱۰۱-۵-۴- محاسبه افت ویژه و دبی ویژه .....  
 ۱۰۳-۵-۶- بررسی منحنی های ژئوالکتریک .....

**فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات ..... ۱۱۱**

- ۱۱۲-۶-۱- نتیجه گیری .....  
 ۱۱۲-۶-۱-۱- بررسی هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی منطقه .....  
 ۱۱۴-۶-۱-۲- بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی منطقه .....  
 ۱۱۷-۶-۲- پیشنهادات .....  
 ۱۱۸- منابع .....  
 ۱۲۴- پیوست .....

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی به شهرستان تنکابن ..... ۴
- شکل ۱-۲- نقشه زمین شناسی شهرستان تنکابن ..... ۶
- شکل ۱-۳- رودخانه های موجود در تنکابن و محل چاه های نمونه برداری ..... ۴۹
- شکل ۲-۳- موقعیت چاه های پمپاژ و پیزومترهای اکتشافی منطقه ..... ۵۱
- شکل ۳-۳- نحوه تصحیح داده های آزمایش پمپاژ ..... ۵۲
- شکل ۳-۴- نحوه محاسبه افت چاه و سفره در روش افت پله ای ..... ۵۳
- شکل ۱-۴- موقعیت چاه های نمونه برداری در محدوده مورد مطالعه ..... ۵۷
- شکل ۲-۴- نقشه هدایت الکتریکی در آبان ماه ۱۳۸۶ ..... ۶۲
- شکل ۳-۴- نقشه هدایت الکتریکی در تیر ماه ۱۳۸۷ ..... ۶۴
- شکل ۴-۴- نمودار رابطه هدایت الکتریکی و TDS ..... ۶۵
- شکل ۴-۵- نمودار رابطه یون های مختلف و هدایت الکتریکی در آبان ماه ۱۳۸۶ ..... ۶۶
- شکل ۴-۶- نمودار رابطه یون های مختلف و هدایت الکتریکی در تیر ماه ۱۳۸۷ ..... ۶۷
- شکل ۴-۷- نقشه کلر برای آبان ماه ۱۳۸۶ ..... ۶۸
- شکل ۴-۸- نقشه کلر برای تیر ماه ۱۳۸۷ ..... ۶۹
- شکل ۴-۹- نقشه هم سولفات در آبان ماه ۱۳۸۶ ..... ۷۱
- شکل ۴-۱۰- نقشه هم سولفات در تیر ماه ۱۳۸۷ ..... ۷۲
- شکل ۴-۱۱- نقشه نسبت کلر به مجموع آنیون ها در آبان ماه ۱۳۸۶ ..... ۷۴
- شکل ۴-۱۲- نقشه نسبت کلر به مجموع آنیون ها در تیر ماه ۱۳۸۷ ..... ۷۵
- شکل ۴-۱۳- نقشه نسبت سدیم به مجموع کاتیون ها در آبان ماه ۱۳۸۷ ..... ۷۶
- شکل ۴-۱۴- نقشه نسبت سدیم به مجموع کاتیون ها در تیر ماه ۱۳۸۷ ..... ۷۷
- شکل ۴-۱۵- نقشه تغییر شاخص اشباع هالیت ..... ۷۹
- شکل ۴-۱۶- دیاگرام Piper مربوط به نمونه های آبان ماه ۱۳۸۶ ..... ۸۱
- شکل ۴-۱۷- دیاگرام Piper مربوط به نمونه های تیر ماه ۱۳۸۷ ..... ۸۱
- شکل ۴-۱۸- نمودار استیف مربوط به نمونه های آبان ماه ۱۳۸۶ ..... ۸۲
- شکل ۴-۱۹- نمودار استیف مربوط به نمونه های تیر ماه ۱۳۸۷ ..... ۸۳
- شکل ۴-۲۰- نمودار شولر مربوط به نمونه های آبان ماه ۱۳۸۷ ..... ۸۵
- شکل ۴-۲۱- نمودار شولر مربوط به نمونه های آبان ماه ۱۳۸۷ ..... ۸۵
- شکل ۴-۲۲- نمودار ویلکاکس مربوط به نمونه های آبان ماه ۱۳۸۷ ..... ۸۶
- شکل ۴-۲۳- نمودار ویلکاکس مربوط به نمونه های تیر ماه ۱۳۸۷ ..... ۸۶
- شکل ۱-۵- مکان پیزومترها و چاه ها ..... ۹۲
- شکل ۲-۵- نقشه خطوط هم پتانسیل آب زیرزمینی ..... ۹۳

- شکل ۵-۳- نقشه هم عمق آب زیرزمینی ..... ۹۴
- شکل ۵-۴- نمودار های حاصل از آزمایش پمپاژ با استفاده از روش ایدن- هیزل ..... ۹۸
- شکل ۵-۵- نقشه قابلیت انتقال ..... ۱۰۰
- شکل ۵-۶- نمودار تغییرات قابلیت انتقال در برابر دبی ویژه و افت ویژه ..... ۱۰۳

## فهرست جداول

- جدول ۴-۱- مقادیر هدایت الکتریکی و پارامترهای کیفی چاه در آبان ماه ۱۳۸۶ ..... ۵۸
- جدول ۴-۲- مقادیر هدایت الکتریکی و پارامترهای کیفی چاه ها در تیر ماه ۱۳۸۷ ..... ۵۹
- جدول ۴-۳- پارامتر های محاسبه شده بر اساس نتایج آنالیز شیمیایی آبان ماه ۱۳۸۶ ..... ۶۰
- جدول ۴-۴- پارامتر های محاسبه شده بر اساس نتایج آنالیز شیمیایی تیر ماه ۱۳۸۷ ..... ۶۱
- جدول ۵-۱- اطلاعات مربوط به چاه های پمپاژ ..... ۹۱
- جدول ۵-۲- مقادیر قابلیت انتقال در چاه های منطقه ..... ۹۷
- جدول ۵-۳- مقادیر افت سفره و چاه ..... ۱۰۱
- جدول ۵-۴- مقادیر دبی ویژه و افت ویژه در چاه های منطقه ..... ۱۰۲

# فصل اول

## مقدمه

## ۱-۱- بیان مسئله

شهرستان تنکابن در غرب استان مازندران قرار دارد و دارای آب و هوایی معتدل و مرطوب می باشد. این شهرستان در کنار دریای خزر قرار گرفته و به دلیل بارندگی زیاد، شیب اندک و ذخیره گودالی ایجاد شده در داخل باغ ها، نرخ تغذیه به سفره زیرزمینی زیاد می باشد. عمده ترین رسوبات تشکیل دهنده آبخوان این دشت از جنس رسوبات دانه درشت آبرفتی و دلتایی است. توسعه شهرسازی و اراضی کشاورزی در سطح وسیع منجر به افزایش پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی در این سفره کم عمق ساحلی شده است. دو رودخانه دائمی چشمه کیله و ازارود در شهرستان تنکابن وجود دارد که آب آن ها بر اثر ورود فاضلاب های شهری و پساب های کشاورزی آلوده می باشد و از آنجا که این رودخانه ها سفره های آب زیرزمینی اطراف خود را تغذیه می کنند، می توان از آنها به عنوان عامل دیگری که منجر به تغییر کیفیت آب در منطقه می شود ذکر کرد. تا کنون مطالعه و تحقیق جامع ای پیرامون خصوصیات هیدروژئوشیمی و هیدروژئولوژی آبخوان شهرستان تنکابن صورت نگرفته است، لذا به منظور ارزیابی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی آبخوان آبرفتی و ساحلی تنکابن، مطالعه و تحقیقی در حد فاصل دو رودخانه بزرگ موجود در این منطقه یعنی از چشمه کیله تا ازارود صورت گرفته است تا ضمن مشخص شدن خصوصیات کمی و کیفی سفره آب زیرزمینی منطقه، منابع آلاینده احتمالی نیز شناسایی شده و از تغییر کیفیت این منبع ارزشمند جلوگیری شود.

## ۱-۲- هدف از مطالعه

سفره آب زیرزمینی کم عمق و آزاد شهرستان تنکابن به عنوان یکی از مهم ترین منابع آب شیرین در منطقه محسوب شده و تعداد چاه های محفوره در آن زیاد می باشد. از آنجا که فعالیت کشاورزی در این منطقه دارای گسترش وسیعی می باشد و رسوبات پوشاننده سفره نیز غالباً از نوع شن و ماسه و رسوبات دانه درشت رودخانه ای است، احتمال انتقال آلاینده های سطحی به سفره افزایش می یابد.

وضعیت سفره آب زیرزمینی موجود در شهرستان تنکابن ناشناخته است و تا کنون مطالعه جامعی در خصوص هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی سفره آب زیرزمینی در این شهرستان صورت نگرفته است. با توجه به اهمیت این سفره به عنوان منبع آب شیرین منطقه و جلوگیری از تخریب کیفیت آن، مطالعه هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی در جنوب شهرستان تنکابن، در حد فاصل دو رودخانه بزرگ چشمه کیله و از رود صورت گرفت. به طور کلی هدف از این تحقیق، ارزیابی خصوصیات کیفی و کمی آبخوان و بررسی تاثیر عواملی از قبیل کشاورزی، شهرسازی، رودخانه های دائمی و هم چنین نفوذ آب شور دریا بر کیفیت آب آبخوان می باشد.

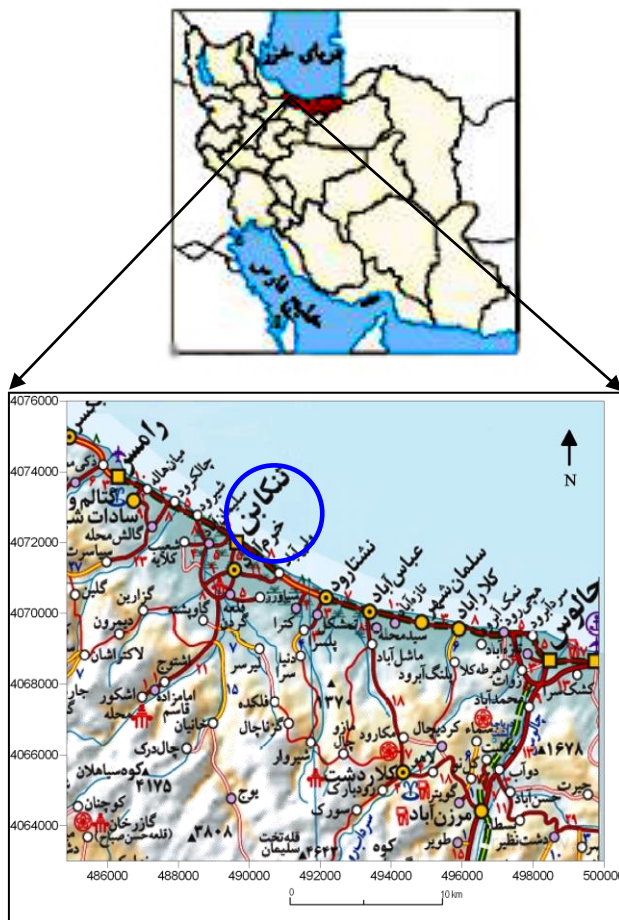
### ۱-۳- موقعیت جغرافیایی منطقه

شهرستان تنکابن به طول تقریبی ۶۰ کیلومتر و عرض متوسط ۳۰ کیلومتر در جنوب دریای مازندران و در غرب استان مازندران یعنی ۵۱ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. شهرستان تنکابن از سمت شمال به دریای مازندران و از سمت جنوب به سلسله جبال البرز، از سمت شرق به رودخانه نمک آبرود (مرز شهرستان چالوس) و از سمت غرب به رودخانه چالکروود (مرز شهرستان رامسر) محدود می شود. شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی منطقه و راه های دسترسی به آن را نشان می دهد.

### ۱-۴- وضعیت آب و هوایی منطقه

از نظر آب و هوایی، منطقه تنکابن را می توان به دو بخش تقسیم نمود. بخش اول جلگه و منطقه پست ساحلی است با پهنای بین ۵۰۰ متر تا ۹ کیلومتر که دارای آب و هوایی نسبتاً ملایم، گرم و مرطوب می باشد. بخش دوم ارتفاعات جنگلی مشرف به جلگه است. در قسمت های مرتفع و قله

کوهستانها از ارتفاع ۱۵۰۰ متر به بالا درخت وجود ندارد و اغلب سال پوشیده از برف است و دارای هوایی سرد می باشد، به همین مناسبت آب و هوای تنکابن متغیر و متفاوت است. میانگین بارش سالیانه در این منطقه ۹۰۰ میلی متر است. معدل رطوبت سالیانه هوا را ۸۷ درصد و میزان بارندگی سالیانه را بین ۱۱۰۰ تا ۱۵۰۰ میلیمتر بیان کرده اند. پر باران ترین ایام سال معمولاً فصل بهار و پاییز (اواخر فروردین و آبان و آذر) می باشد. تابستان تنکابن خصوصاً ساحل دریا گرم و مرطوب است. حداکثر درجه گرما بین ۲۹ تا ۳۲ درجه سانتیگراد و حداقل درجه سرما را بین ۱ تا ۴ درجه بالای صفر و در برخی سنوات تا ۵ درجه زیر صفر هم دیده شده است. میانگین دمای ۲۵ ساله تنکابن ۱۵/۴ درجه سانتیگراد، سردترین ماه سال بهمن ماه با دمای ۶/۵ درجه سانتیگراد و گرمترین ماه، مرداد با دمای ۲۴/۶ درجه سانتیگراد می باشد (علامه ۱۳۷۷).



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی به شهرستان تنکابن (برگرفته از سایت موسسه جغرافیایی و گیتاشناسی)

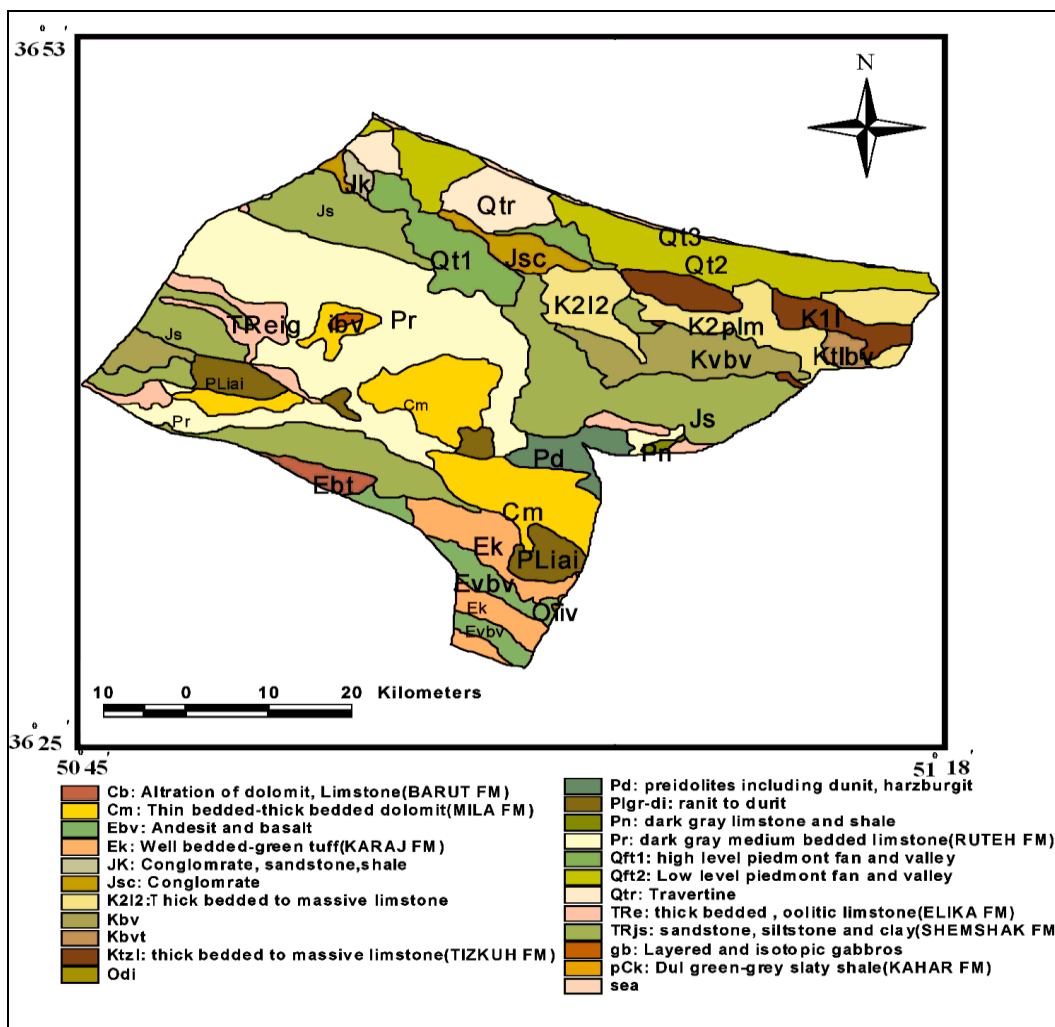


## ۱-۵- ژئومورفولوژی منطقه

از دیدگاه زمین ریخت شناسی، محدوده مورد مطالعه قابل تقسیم به سه واحد دشت، تپه ماهور و کوهستان می باشد. واحد زمین ریخت شناسی دشت شامل دشت ساحلی خزر می باشد که وسعت آن حدود ۲۲ درصد وسعت شهرستان تنکابن می باشد. واحد زمین ریخت شناسی ماهور به صورت یک نوار در حد فاصل دشت و ارتفاعات واقع شده است که وسعت آن حدود ۱۳ درصد وسعت شهرستان است و واحد کوهستانی نیز شامل ارتفاعات بلند منطقه که پوشیده از جنگل است و وسعت آن حدود ۶۵ درصد وسعت شهرستان تنکابن می باشد. پست ترین نقطه در ساحل دریای خزر با فرازی حدود ۲۶- متر و بلندترین نقطه آن در قله سیلان با فراز ۴۱۲۳ متر قرار دارد. صرف نظر از دشت کرانه ای، بخش کوهستانی دارای ریخت شناسی بسیار ناهموار با دره های ژرف است. رودهای اصلی که در محدوده جریان دارند عبارتند از: صفا رود، چالکرو، چشمه کیله (دوهزار و سه هزار)، تیرم رود، ولم رود و ازارود (نشتا رود) که همگی به دریای خزر می ریزند. دامنه شمالی کوه های منطقه تا فراز حدود ۲۰۰۰ متر دارای پوشش جنگلی است و در بخش هایی با ارتفاع بیش از ۳۵۰۰ متر، در دامنه شمالی یخچال های طبیعی و رسوبات حاصل از آنها مشاهده می گردد (بنی آدم و همکاران ۱۳۸۰).

## ۱-۶- زمین شناسی عمومی منطقه

خصوصیات آب و هوایی و موقعیت جغرافیایی شهرستان تنکابن به گونه ای است که در آن ارتفاعات و دامنه کوه ها پوشیده از پوشش جنگلی و گیاهی می باشد و به همین دلیل شرایط مناسبی جهت مطالعات زمین شناسی و شناسایی واحدهای سنگ چینه ای منطقه وجود ندارد. ارتفاعات بلند البرز واقع در سراسر جنوب منطقه با شیب نسبتاً تندی به تپه ماهورهای پای دامنه ای منتهی می گردد. در بخش شمالی رسوبات دریایی و آبرفتی حاصل از دریاچه خزر و رودهای منتهی به آن غالب می باشد.



شکل ۱-۲- نقشه زمین شناسی شهرستان تنکابن (ترسیم شده از نقشه رقومی مازندران)

در بخش جنوبی سنگ های پرکامبرین، پالئوزوئیک و مزوزوئیک و سنگ های آذرین سنوزوئیک رخنمون دارند. شاید بتوان سنگ های آتشفشانی بازالتی و توده های نفوذی گابرویی به سن سیلورین (دونین؟) را بقایایی از پوسته اقیانوسی پالئوتتیس در نظر گرفت که در مرز بین حوضه البرز و ورقه شمالی در این زمان تشکیل گردیده است (بنی آدم و همکاران ۱۳۸۰). شکل (۱-۲) نقشه زمین شناسی تنکابن را نشان می دهد.

## ۱-۶-۱- چینه شناسی منطقه

بر اساس گزارش زمین شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ رامسر، واحد های سنگی منطقه مورد مطالعه از قدیم به جدید به شرح زیر می باشند.

### واحد های سنگی دوران پر کامبرین

رخمونی از واحد های سنگی نازک تا ضخیم لایه، شامل تناوبی از ماسه سنگ، ماسه سنگ توفی، سیلت استون، توف و سنگ های آتشفشانی در بخش میانی دره سه هزار تنکابن مشاهده شده است. با توجه به نامشخص بودن مرز زیرین و بالایی این واحد، بر پایه تشابه سنگ شناسی معادل سازند کهپر در البرز در نظر گرفته شده است.

### واحد های سنگی دوران پالئوزوئیک

قدیمی ترین سنگ های پالئوزوئیک که در گزارش های پیشین از منطقه دیده می شود مربوط به یک سری از لایه های آواری کربناته است که آنلز و همکاران (۱۹۷۵)<sup>۱</sup> آن را به قبل از کربونیفر نسبت داده اند. این سنگ ها در دره سه هزار و منطقه دوهزار رخمون دارند. قدیمی ترین سنگ های پالئوزوئیک در تاقدیس سه هزار تنکابن قرار دارد که به صورت تناوبی از ماسه سنگ و کنگلومرا با سیمانی نامشخص می باشد. بر روی این واحد یک بخش ماسه سنگی با میان لایه هایی از شیل های فیلیتی شده دیده می شود که بر روی آن واحد کوارتزآرنایتی سفیدرنگی با ضخامت ۱۰۰ متر قرار گرفته است. این واحد با توجه به شباهت های سنگ شناسی و موقعیت چینه شناسی نسبت به واحدهای رویی هم ارز سازند لالون و باند کوارتزآرنایتی مذکور نیز معادل کوارتزیت قاعده میلا در نظر گرفته شده است. در تاقدیس سه هزار، بر روی افق کوارتز آرنایتی، تناوبی از سنگ های آواری- کربناته همراه با دایک و سیل هایی از سنگ های آتشفشانی دیده می شود. این توالی به وسیله

<sup>۱</sup> Annells *et al* 1975

دولومیت و دولومیت های آهکی چرت دار همراه با سنگ فورس آهکی دارای میان لایه های سنگ های آتشفشانی بر روی افق کوارتزآرنایت آغاز می شود و به سمت بالا یک افق سنگ آهک صورتی رنگ با لایه بندی منظم (۱ تا ۵ متر) در دو یال تاقدیس دیده می شود. در مجموع با توجه به شواهد سنگ شناسی و موقعیت چینه شناسی به عنوان سازند میلا (کامبرین-اردوئین) در نظر گرفته شد. در یال شمالی تاقدیس سه هزار تناوبی از شیل ها و ماسه سنگ های نازک لایه میکا دار خوب لایه بندی شده دیده می شود که دارای آثار کریوزویانا هستند که برای آن سن اردوئین بالایی پیشنهاد شده است. این واحد علاوه بر تاقدیس سه هزار در منطقه دوهزار نیز دارای گسترش قابل توجه است و چین خوردگی های جالبی را به نمایش می گذارد. سنگ های آتشفشانی خاکستری مایل به سبز که زمینه آنها گاهی متمایل به صورتی است در مسیر دوهزار و سه هزار به پیش کوه رخنمون دارند. از آنجایی که این سنگ ها در بین ماسه سنگ های شیل دار به سن اردوئین بالا و سنگ آهک کربونیفر زیرین محدود شده اند به عنوان سنگ های آتشفشانی سیلورین در نظر گرفته شده اند، ضمن آنکه نسبت داشتن این سنگ ها به زمان دونین نیز دور از انتظار نیست. سنگ های آهکی خاکستری تیره تا سیاه رنگ بودار<sup>۱</sup> که مربوط به سازند مبارک به سن سیلورین می باشد، در تاقدیس سه هزار و منطقه دو هزار دیده می شود و روی آنها به طور عمده توسط واحدهای آواری و کربناته متعلق به پرمین زیرین با ناپیوستگی موازی پوشیده شده است. سنگ های پرمین دارای گسترش قابل توجه در محدوده اند و در برگیرنده سنگ های رسوبی آواری و کربناته و سنگ های آتشفشانی هستند. سازند دورود شامل ماسه سنگ و شیل همراه با میان لایه های آهک های ماسه ای قرمز رنگ که شبیه به مقطع تیپ سازند دورود هستند در بخش شرقی دره سه هزار و دامنه شمالی کوه سیلان، با رخنمون قابل توجه دیده می شود. در انتهای دره دوهزار دو بخش کربناته به صورت میان لایه با این مجموعه دیده می شود. در مناطق بین دره سه هزار و دو هزار بخش کربناته آنکولیتی پرمین زیرین نسبت به بخش آواری غالب شده است. ضخامت این واحد در جنوب روستای عسل محله واقع

---

<sup>۱</sup> Fetid

در دوهزار تنکابن به بیش از ۳۰۰ متر می رسد و با شیب ملایم به سمت جنوب (کمتر از ۳۰ درجه) بر روی ماسه سنگ و ماسه سنگ آهکی پرمین زیرین جای می گیرد. در بخش شمالی دره دوهزار رخنمونی از سنگ های آتشفشانی سبز مایل به ارغوانی ( واحد  $PdV$  ) دیده می شود. در مسیر جاده دوهزار همراه و روی این سنگها بخش های کوارتزآرنایتی و دولومیتی نیز دیده می شود. سنگ های متعلق به پرمین بالایی در محدوده ورقه شامل دو سازند معروف روته و نسن هستند. وجه تمایز این دو سازند عمدتاً وجود یک افق لاتریتی و یا سنگ های آتشفشانی در قاعده سازند نسن است. سازند روته در ارتفاعات بالا دست دره دوهزار به صورت افق سنگ آهک چرت دار نسبتاً سخت فرسای در بالا و پایین و یک افق نرم فرسای در وسط می باشد. بخش میانی شامل تناوبی از سنگ آهک مارنی و مقداری میان لایه های شیلی است. سازند روته در محدوده ورقه به صورت یک نوار شرقی- غربی (در جنوب محدوده) از شمال کوه خشکچال تا دره سه هزار گسترش دارد و در شرق دره سه هزار نیز با گسترش شمالی- جنوبی دیده می شود. در بخش خاوری دره سه هزار، یک مقطع نسبتاً کامل از ماسه سنگ های هم ارز سازند لالون تا نهشته های آواری ژوراسیک دیده می شود که در میان آنها سنگ های مربوط به دونین دیده نشده است. سازند روته هم چنین دارای رخنمون هایی در انتهای دره ازارود می باشد. سازند نسن از دره سه هزار به سمت غرب، در سرتاسر بخش جنوبی ورقه در خط الرأس و یا نزدیک به آن در حد فاصل بخش سخت فرسای بالایی سازند روته و دولومیت های تریاس با ویژگی نرم فرسای با گسترش شرقی- غربی رخنمون دارند. در سمت شرق رودخانه سه هزار نیز دارای گسترش شمالی- جنوبی است. مرز زیرین این واحد با سازند روته یا به وسیله یک افق لاتریتی و یا وجود سنگ های آتشفشانی مشخص است که در مورد دوم عمدتاً ارتباط مستقیمی بین این سنگ های آتشفشانی و سازند روته دیده نشده است.

## واحدهای سنگی دوران مزوزوئیک

سنگ های این دوران در مجموع دارای بیشترین گسترش در محدوده ورقه نسبت به سنگ های دوران های دیگر بوده و شامل سنگ های کربناته تریاس و توالی آواری ژوراسیک زیرین- میانی و هم چنین بخش های کربناته ژوراسیک میانی و بالایی و نیز رخساره های کرتاسه زیرین و بالایی همراه با سنگ های آتشفشانی این زمان هستند. سازند الیکا در راستای رودخانه سه هزار و دوهزار رخنمون دارد که در دره سه هزار این واحد عمدتاً به صورت گسله دیده می شود. در محدوده این شهرستان همانند بیشتر مناطق البرز سنگ های مربوط به تریاس بالایی رخنمون محدودی دارند. واحدهای سنگی تریاس بالایی- ژوراسیک میانی پس از یک وقفه رسوبگذاری در تریاس بالایی و ایجاد یک افق لاتریتی و بوکسیتی ایجاد شده اند. شروع این رسوبگذاری به صورت یک کنگلومرای پیش رونده است. ماسه سنگ، شیل و سیلتستون همراه با میان لایه های از کنگلومرا و عدسی ها و افق های نازک ذغال سنگی دارای گسترش قابل توجهی در سرتاسر محدوده ورقه، از شمالی ترین بخش کوهستانی تا بلندترین نقطه ارتفاعی منطقه (قله سیالان) است. در منطقه جنگلی جنوب لیره سر، این واحد دارای گسترش قابل توجه است. در جنوب لیره سر درون رودخانه پس رود رخنمونی از سنگ های آهکی خاکستری روشن و کرم با میان لایه های آهک های مارنی خاکستری مایل به سبز دیده می شود که به سمت بالا، بخش های دولومیتی مایل به صورتی و بخش های ماسه ای نیز در آن یافت می شود. این مجموعه دارای سن ژوراسیک میانی و بالایی (دوگر و مالم) است. سنگ های آتشفشانی و رسوبات کربناته کرتاسه عمدتاً در بخش های شرقی و جنوبی تنکابن دیده می شوند. سنگ های آتشفشانی کرتاسه بالایی تقریباً در همه موارد همراه و روی سنگ آهک های متعلق به کرتاسه زیرین قرار دارند و نسبت به واحدهای آهکی دارای مساحت بیشتری می باشند.

## واحد‌های سنگی دوران سنوزوئیک

واحد‌های رسوبی این دوران محدود به واحد‌های دریایی حاصل از دریاچه خزر، رسوبات سیلابی- یخچالی، دلتایی آبرفتی و سیلابی مربوط به پلیوسن و کواترنری می باشند و هیچ گونه اثری از واحد های رسوبی پالئوسن تا میوسن در منطقه وجود ندارد. سنگ های آذرین مربوط به پالئوژن که در دامنه های جنوبی البرز مرکزی دارای رخنمون قابل توجه است دیده نمی شود. در جنوب روستای قلعه گردن و ارتفاعات بالا دست آن، رخنمونی از کنگلومرا و ماسه سنگ با لایه بندی ضعیفی وجود دارد که دارای شیب ملایمی می باشد. رسوبات این زمان در دشت کرانه ای خزر و حد فاصل کوه و دشت و در راستای رودخانه های منطقه گسترش قابل توجهی دارند. از دیدگاه محیط رسوبی، طیفی از شرایط کاملاً قاره ای<sup>۱</sup> تا شرایط ساحلی<sup>۲</sup> و حتی دریایی همراه با محیط های حدواسط دلتایی در آنها قابل تشخیص است. ضخامت نهشته های آبرفتی بر پایه اطلاعات ژئوفیزیک موجود در سازمان آب منطقه ای مازندران، در منطقه خرم آباد و ولی آباد تنکابن تا ۳۳۰ متر هم می رسد. رسوبات دریایی به سن پلیوستوسن بخش زیادی از دشت ساحلی منطقه را فرا گرفته اند که در حال حاضر تمامی سطح آن با شالیزار، باغ مرکبات و مناطق مسکونی پوشیده است. در مناطقی که این واحد گسترش دارد ریخت شناسی سطح آن به صورت بسیار مسطح و یا با شیب بسیار کم به سمت دریا و گاهی به سمت کوهستان مشخص است. رسوبات ساحلی در منطقه به سه صورت: رسوبات ساحلی عهد حاضر، رسوبات ساحلی قدیمی و رسوبات حدواسط ساحلی رخنمون دارند. رسوبات ساحلی عهد حاضر که عمدتاً ماسه ای بوده و با واحد  $Q_2^{b2}$  در نقشه نشان داده شده است، درست در خط ساحلی کنونی قرار دارد و از رسوبات ساحلی قدیمی که به صورت یک واحد با سیمانی برجسته و تا اندازه ای به موازات خط ساحلی کنونی قرار دارند، تفکیک شده اند. رسوبات ساحلی قدیمی با واحد  $Q_2^{b1}$  نشان داده شده و دارای سن پلیوستوسن می باشد. عمدتاً به صورت ماسه ای<sup>۳</sup> بوده، ضمن آنکه در بعضی از مناطق

<sup>۱</sup> Inland zone

<sup>۲</sup> Coastal zone

<sup>۳</sup> Sand

بویژه در مصب رودخانه های بزرگ به صورت ریگ<sup>۱</sup> در می آید. در این نهشته ها به سمت دریا ویژگی های محیط کم عمق و به سمت خشکی تپه های ماسه ای<sup>۲</sup> که توسط کولاب ها<sup>۳</sup> و یا مسیر جویبارها قطع می گردند، قابل شناسایی هستند. رسوبات مربوط به محیط واسط ساحلی و خشکی به صورت رسوبات دلتایی که از درون خشکی<sup>۴</sup> آغاز می شوند و به سمت دریا گسترش پیدا کرده است و تا اندازه ای نیز در دریا پیشروی دارند، دیده می شوند. این رسوبات که به صورت واحد Q<sub>2</sub><sup>d</sup> نشان داده شده اند، به وسیله رودهای بزرگ منطقه شامل صفا رود، چالکروود، شیروود، چشمه کیله و نشتارود بر جای گذاشته شده اند. این رسوبات در زمان پلیوستوسن در حال تشکیل بوده اند و عمدتاً به وسیله خط ساحلی قدیمی Q<sub>2</sub><sup>b2</sup> محدود شده اند، اما با پس روی دریا از زمان هولوسن این رسوبات نیز به سمت دریا (شمال) گسترش پیدا کرده اند (Annells et al. 1975). در حال حاضر این واحد با ریخت شناسی مشخص دلتایی و با شیب ملایم به سمت دریا مشخص است. رسوبات سیلابی - یخچالی<sup>۵</sup> به صورت مخلوطی از تخته سنگ های بسیار بزرگ تا کوچک، رسوبات شنی و حتی رسی در مرکز کوه دشت دارای گسترش قابل توجه می باشند (واحد Q<sub>2</sub><sup>fg1</sup>). ریخت شناسی این واحد به صورت فرورفتگی ها و برجستگی های نامنظم است و جنس بیشتر سنگ ها بسته به موقعیت مکانی متفاوت است. به طوریکه در جنوب لیره سر این تخته سنگ ها عمدتاً از جنس گرانیت است. رسوبات یخچالی (مورن ها) به دو صورت در محدوده دیده می شوند. بخشی از آنها در دامنه شمالی کوه های مرتفع و در ارتفاع بیش از سه هزار متر جای گرفته اند (Q<sub>2</sub><sup>m2</sup>) که مطمئناً مربوط به یخچال های عهد حاضر هستند. در جنوب منطقه غسل محله در ارتفاع ۱۵۰۰ متری رسوبات یخچالی با ریخت شناسی خاص، از جمله پشت ماهی دیده می شود (Q<sub>2</sub><sup>m1</sup>) که مربوط به دوره های پیشروی یخچال ها می باشد. پادگانه های آبرفتی که عمدتاً شنی هستند در دو سطح تراز در کناره رودخانه های بزرگ همچون

---

<sup>۱</sup> Gravel

<sup>۲</sup> Sand dunes

<sup>۳</sup> Lagoon

<sup>۴</sup> Inland

<sup>۵</sup> Fluvio-glacial



چشمه کیله و هم چنین در مرز کوه و دشت قابل تفکیک اند و به صورت واحدهای  $Q_2^{t1g}$  و  $Q_2^{t2g}$  در نقشه مشخص شده اند.

### ۱-۶-۲- زمین شناسی ساختمانی منطقه

در این بخش به گسل ها و سیستم شکستگی های منطقه هم چنین چین خوردگی های منطقه پرداخته می شود.

#### الف- گسل های منطقه

در سرتاسر دامنه شمالی و رشته جبال البرز در مجاورت کوه و دشت گسل های اصلی و فعال فراوانی با روند شمال غربی- جنوب شرقی و سایر جهات همراه با خطواره های تکتونیکی بسیاری وجود دارند که ادامه برخی از آنها در سنگ کف رسوبات آبرفتی و در آبرفت های قدیمی نیز اثرات قابل ملاحظه ای دارند که احتمالاً در میزان و نحوه آبگذری آبرفت ها تاثیر دارند (گزارش آماری منابع آب ۱۳۷۷). راستای عمومی ساختمان های زمین شناسی منطقه تنکابن، شمال باختر- جنوب خاور است. این ساختمان ها به وسیله انبوهی از گسلش هایی که عمدتاً از نوع راندگی هستند به وجود آمده اند. گسل ها مهمترین عامل سازنده ساختمان های زمین شناسی و ریخت شناسی منطقه هستند. تراکم سامانه<sup>۱</sup> گسله های منطقه بسیار زیاد است و عمدتاً از نوع ورقه های راندگی هستند که از شمال به جنوب حرکت کرده اند و شاخه هایی از آنها به دلیل تکرار راندگی جهت رانش به سمت شمال پیدا کرده اند و به صورت گسل های پس راندگی<sup>۲</sup> جلوه گر شده اند. در بخش های جنوبی منطقه جهت راندگی ها از جنوب به شمال است. مهمترین گسل های موجود در مجاورت دشت در منطقه مورد مطالعه عبارتند از: گسل نوشا که دارای ساز و کار راستالغز می باشد و منجر به بریده شدن توده گرانیتوئیدی در جنوب دریاسر (منطقه ای در ارتفاعات دوهزار تنکابن) شده است. راندگی ازارود در بالا دست

<sup>۱</sup> System

<sup>۲</sup> Back thrust

رودخانه ازارود باعث قرار گرفتن سازند مبارک در کنار دولومیت های تریاس شده است. از رودخانه سه هزار به سمت شمال باختر مجموعه ای از گسل هایی با روند های تقریباً مشابه و منشعب از همدیگر دیده می شود. که یال شمالی و جنوبی تاقدیس بزرگ آغوزکی را بریده اند. هم چنین دسته گسل هایی نیز از جنوب لیره سر به سمت شمال باختر دیده می شوند که باعث بالا آمدن سازندهای پالئوزوئیک و مزوزوئیک زیرین و میانی شده اند (بنی آدم و همکاران ۱۳۸۰).

#### ب- چین خوردگی های منطقه

چین خوردگی های منطقه به صورت تاقدیس ها و ناودیس های بزرگ و کوچکی دیده می شوند که عمدتاً با گسل ها بریده شده و ارتباط عادی بین ساختمان های تاقدیسی و ناودیسی به ندرت دیده می شود. محور چین ها در راستای شمال غرب- جنوب شرق می باشند. از مهمترین ساختمان های چین خورده موجود در منطقه می توان به ناودیس برگشته جنوب سیالان، تاقدیس آغوزکی دوهزار و تاقدیس سه هزار اشاره کرد (بنی آدم و همکاران ۱۳۸۰).

### ۱-۷- هیدرولوژی منطقه

#### ۱-۷-۱- هیدرولوژی آب های سطحی

منابع آب سطحی در شهرستان تنکابن شامل رودخانه هایی می باشد که عموماً از دامنه های کوه های البرز سرچشمه گرفته و پس از طی مسیر خود به دریای خزر می ریزند. طول این رودخانه ها زیاد نبوده و همه دارای بستری با شیب تند و سنگلاخ است. تنکابن با محدوده فعلی دارای ده رودخانه کوچک و بزرگ است که عبارتند از: نمک آبرود، کاظم رود، اسب چین، نشتا رود، رودخانه ولی آباد،

رودخانه تیرم و شیروود، رودخانه کوچک ولی آباد، رودخانه گرگانرود، رودخانه چالکرود و رودخانه چشمه کیله (علامه ۱۳۷۷).

### ۱-۷-۲- هیدروژئولوژی منطقه

عمده ترین ذخیره آب های زیرزمینی در ناحیه تنکابن در رسوبات آبرفتی است. اما نمی توان وجود ذخیره آب را در سازندهای زمین شناسی سخت حاشیه دشت، به خصوص آهک های کرتاسه شرق تنکابن نادیده گرفت. مشخصات لایه های آبرفتی به واسطه طول زیاد و عرض کم دشت، متنوع و متغیر است. بر طبق نقشه ها و گزارش مهندسین مشاور پژوهاب (گزارش آماری منابع آب ۱۳۷۷) در ناحیه تنکابن در حوالی مزرک و خرم آباد ضخامت، بیش از ۳۵۰ متر و قابلیت انتقال در مخروط افکنه رودخانه چشمه کیله تا ۵۰۰ متر مربع در روز هم می رسد. از این ناحیه به طرف شرق از ضخامت لایه آبرفتی کاسته شده و حداکثر به ۱۵۰ متر می رسد. در ابتدای دشت سفره ها از نوع آزاد با عمق آب زیرزمینی نسبتاً زیاد و در مراکز دشت به علت وجود لایه های رسی و مارنی در عمق به صورت سفره های تحت فشار یا نیمه تحت فشار و در منتهی الیه دشت (نزدیک ساحل) سفره های محدود معلق دیده می شوند. رقم چاه های محفوره در این سفره های معلق ساحلی که جهت شرب استفاده می شود به مراتب بیشتر از سایر چاه ها است. چشمه های موجود در منطقه تنکابن نیز تعدادشان زیاد می باشد و به طور کلی از چشمه های موجود، ۳۰ میلیون متر مکعب آب در سال تخلیه می شود که از آب بیشتر آنها در تامین آب شرب روستاهای منطقه استفاده می شود.

## **فصل دوم**

**مروری بر تحقیقات انجام گرفته در خصوص**

**هیدروژنولوزی و هیدروژنوشیمی سفره های**

**آبرفتی**

## ۲-۱- هیدروشیمی و مفاهیم مربوط به آن

کیفیت آب زیرزمینی به اندازه کمیت آن حائز اهمیت است و تحت تاثیر عوامل طبیعی و انسانی تغییر می کند. پدیده های مهمی که در ژئوشیمی باعث تغییرات آب در زمین می گردد به دو دسته شیمیایی و تغییر دهنده تقسیم می شوند. پدیده های شیمیایی عبارتند از: انحلال (انحلال گازها و نمک ها)، هیدرتاسیون (آب پوشی یون ها)، هیدرولیز، اکسیداسیون و احیا و پدیده های تغییر دهنده که بعد از پدیده های انحلال و اثرات آب به سنگ های مجاور آن و غالباً پس از طی مسافتی کم و بیش طولانی رخ داده و باعث تغییرات ترکیب شیمیایی آب می شوند، عبارتند از واکنش احیای سولفات، تبادل یونی و فرایند تغلیظ (غفوری ۱۳۷۴). به طور کلی غلظت نمک های محلول موجود در آب زیرزمینی نسبت به آب های سطحی بیشتر است، زیرا آب زیرزمینی مدت زمان طولانی تری در معرض توالی های زمین شناسی که دارای مواد قابل حل می باشند قرار می گیرد. همه آب های زیرزمینی دارای نمک های محلول می باشند ولی نوع و غلظت نمک های محلول موجود در آن به منشاء آب زیرزمینی، نحوه حرکت آن و محیطی که آب از آن عبور کرده بستگی دارد. نمک های محلول موجود در آب های زیرزمینی اساساً از انحلال مواد سنگی منشاء می گیرد و یکی از فاکتورهای مهم کنترل کننده کیفیت آب جنس سنگ هایی است که آب ضمن عبور از آن کانی های قابل حل موجود در آن را حل می کند. میزان شوری آب بسته به جنس مواد سفره، قابلیت انحلال کانی های موجود و زمان ماندگاری تغییر می کند. میزان شوری با کند شدن حرکت آب افزایش می یابد، بنابراین میزان املاح موجود در آب با افزایش عمق نیز افزایش می یابد. در مکان هایی که حجم آب تغذیه شده به زیر زمین زیاد است، مانند بستر رودخانه های آبرفتی، کانال ها و مناطقی که در آنها تغذیه مصنوعی صورت می گیرد، کیفیت آب نفوذی سطحی تاثیر بسیار زیادی در خصوصیات کیفی آب زیرزمینی دارد. از دیگر عواملی که منجر به تغییر کیفیت آب زیرزمینی می شود آب اضافی ناشی

از آبیاری زمین های کشاورزی است که ضمن نفوذ به سمت عمق مقادیر بسیار زیادی از نمک های موجود در سطح را با خود به سمت سطح ایستابی حمل می کند.

## ۲-۲- عوامل موثر بر کیفیت آب زیرزمینی

عوامل مختلفی باعث آلوده شدن آب زیرزمینی می شوند که عمده ترین آن ها عبارتند از: آلودگی های شهری، صنعتی، کشاورزی و عوامل متفرقه دیگر (Todd 2005). مهمترین عوامل موثر بر کیفیت آب زیرزمینی را می توان به دو دسته عوامل طبیعی و انسانی تقسیم کرد که هر یک از این دسته ها شامل زیرتقسیمات متعددی می باشند که در کنترل خصوصیات کیفی آب زیرزمینی نقش بسزایی دارند.

## ۲-۲-۱- عوامل طبیعی موثر بر کیفیت آب زیرزمینی

منظور از عوامل طبیعی موثر بر کیفیت آب زیرزمینی عواملی است که بشر در آن نقشی ندارد و از ساختار زمین شناسی منطقه و یا واکنش هایی که در طی مسیر حرکت آب در آن رخ می دهد منشاء می گیرد. این عوامل عبارتند از: تکامل هیدروشیمیایی آب در جهت حرکت آن از محل تغذیه به تخلیه، شرایط زمین شناسی موجود در منطقه، شرایط هیدروژئولوژیکی، شرایط اکسیداسیون و احیای حاکم بر سفره، تبخیر از سطح ایستابی و در مواردی نیز تاثیر آب های سطحی منطقه و ساختارهای زمین شناسی. نوع رسوبات تشکیل دهنده سفره بر زمان حرکت آب تاثیر گذاشته و بدین ترتیب منجر به تغییر کیفیت آن خواهد شد. تبخیر از سطح ایستابی و تاثیر ساختارهای زمین شناسی نسبت به سایر موارد دارای اهمیت کمتری هستند ولی در بعضی موارد به عنوان عامل اصلی تاثیر گذار بر کیفیت آب عمل می کنند.

با مطالعه منشاء شوری آب زیرزمینی دشت آذرشهر مشخص شد که دلایل متفاوتی در بخش های مختلف منجر به شوری آب زیرزمینی این منطقه می شوند که انحلال نهشته های نمکی موجود در سفره، تبخیر از آب زیرزمینی و نفوذ آب دریاچه ارومیه از جمله این عوامل می باشد (علی نژاد و علاف نجیب ۱۳۸۲). بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت قوچان نشان داد که عواملی از قبیل سازندها و ساختارهای زمین شناسی (گسل) بر روی کیفیت آب زیرزمینی منطقه تاثیر می گذارند. به طوریکه وجود سازند شوربچه و مارن های آن باعث تنزل کیفیت آب شده ولی در مناطقی که گسل از این سازند عبور کرده تغذیه صورت گرفته و در نتیجه غلظت کلر در آن پایین می آید. بنابراین سازندهای زمین شناسی در این منطقه به صورت عامل مخرب کیفیت و در مقابل ساختارهای تکتونیکی موجود در منطقه باعث بهبود کیفی منابع آب شده اند (بهزادی فر و همکاران ۱۳۸۳). آب های سطحی موجود در منطقه در صورتیکه عمل تغذیه به آبخوان را انجام دهند، نقش بسیار مهمی در تغییر کیفیت آب خواهند داشت. در بررسی هیدروشیمی آبخوان آبرفتی دشت زیدون توسط کلانتری و زارعی (۱۳۸۴) مشخص شد که رودخانه های موجود در منطقه عامل اصلی ایجاد تغییرات کیفی آب زیرزمینی می باشند به طوریکه در بخش شمالی به دلیل وجود رودخانه، غلظت کلسیم و سولفات موجود در آب نسبت به سایر نقاط کمتر است. لشکری پور و همکاران (۱۳۸۴) کیفیت آب زیرزمینی دشت لادیز را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیده اند که کیفیت آب زیرزمینی این منطقه نیز تحت تاثیر رودخانه میان رود، که از این دشت عبور می کند قرار می گیرد. در مطالعه کیفیت آب زیرزمینی دشت ابرکوه یزد، ملاحظه شده است که ساختار های زمین شناسی مانند گسل ها که در شکل گیری رسوبات تراورتنی دشت ابرکوه نقش دارند به صورت غیر مستقیم بر کیفیت آب تاثیر می گذارند (روزبه و همکاران ۱۳۸۵). رقیمی و همکاران (۱۳۸۵) با مطالعه و بررسی کیفیت آب زیرزمینی در گرگان به این نتیجه رسیده اند که وجود گسل خزر در شمال گرگان باعث ایجاد تغییرات شدیدی در غلظت یون ها و نمایه های اشباع آب زیرزمینی این منطقه شده است.

## ۲-۱-۱- تکامل هیدروشیمیایی آب در جهت حرکت آب زیرزمینی

کیفیت شیمیایی آب جوی در هنگام عبور از درون سنگ ها تغییر می کند و تغییرات آن نیز به عواملی نظیر نوع کانی های در تماس با آب، شرایط دما و فشار و مدت زمان واکنش آب و کانی ها بستگی دارد. مهمترین تغییری که پس از نفوذ آب باران به درون خاک صورت می گیرد، انحلال گاز کربنیک موجود در اتمسفر خاک می باشد. اسید کربنیک ضعیفی که به این ترتیب تشکیل می شود قادر به انحلال سنگ های آهکی (در صورت وجود در زیر خاک) می باشد. با افزایش فاصله از منطقه تغذیه، فرایند غالب از انحلال به تعویض یونی تغییر می یابد. اکثر سفره های آب زیرزمینی حاوی مقداری کانی رسی می باشند. یون های جذب شده به سطوح کانی های رسی معمولاً با یون های محلول، تعویض یونی انجام می دهند. یون های محلول عمدتاً شامل یون های مثبت موجود در روی ذرات رسی در سفره آب زیرزمینی است. تاثیر عمده این فرایند این است که یون های کلسیم و منیزیم محلول توسط یون های سدیم که در زمان ته نشست گردیدن سنگ ها بر روی سطوح رس متمرکز می شوند، جا به جا می گردد. حذف یون های کلسیم از آب می تواند منجر به انحلال بیشتر کربنات کلسیم گردد، لیکن تولید نهایی به صورت تولید آب حاوی بیکربنات سدیم خواهد بود. به علت آنکه در فواصل دورتر از منطقه تغذیه سفره، شیب طبقات رو به پایین بوده و هیچگونه محل خروجی برای آب وجود ندارد (به استثنای نشت از طبقات محبوس کننده) معمولاً حرکت طبیعی آب کمتر می شود. حرکت آهسته تر آب به منزله فرصت بیشتر برای انحلال کانی هایی است که قابلیت انحلال کمتری دارند. بنابراین تغییر وضعیت از آب بیکربناته به آب سولفاتنه و نهایتاً به آب کلروره است که همراه با کاتیون های مربوط به تغییر کلسیم و منیزیم به سدیم می باشند. با حرکت آب به عمق بیشتر، یون سولفات افزایش یافته و به صورت غالب در می آید و نهایتاً اگر سیستم به حد کافی عمیق باشد، کلر نیز همین حالت را پیدا می کند. بنابراین مقدار مواد محلول بر حسب زمان و عمق افزایش می یابد (چیت سازان ۱۳۷۵). این فرایند تحت عنوان تکامل شیمیایی آب نامیده می شود و یک عامل موثر در تغییر کیفیت آب از محل تغذیه به تخلیه می باشد. آب جوی ضمن عبور از خاک به



دلیل فرآیند تخریب و دگرگونی مواد آلی، نسبت به  $CO_2$  غنی می شود و در نتیجه انحلال مواد کربناته فعال تر خواهد شد:



که تیپ آب در این حالت از نوع بیکربنات کلسیک خواهد شد و غلظت کلسیم در آن افزایش می یابد. بر اثر افزایش فشار دی اکسید کربن موجود در آب بیکربنات کلسیک و سیمان دولومیتی موجود در رسوبات شسته شده و طی فرایند دولومیت زدایی همراه با زیاد شدن غلظت کلسیم و منیزیم غلظت سولفات هم زیاد می شود. هم چنین در مواقعی که علاوه بر انحلال کانی های کربناته، فرایند انحلال کانی های تبخیری در سفره آب زیرزمینی رخ دهد، غلظت سولفات موجود در آب نیز بیشتر خواهد شد (Mokrik and Baublyte 2005).



مطالعه و بررسی پیرامون خصوصیات کیفی آب زیرزمینی دشت زیدون توسط کلانتری و زارعی (۱۳۸۴) نشان داد که کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در جهت جریان آب زیرزمینی تحت تاثیر تکامل هیدروژئوشیمیایی قرار می گیرد و تیپ آب این آبخوان آبرفتی از کلروسدیوکلسیک به کلرو سدیک تغییر می کند. شرایط هیدروژئولوژیکی حاکم بر سفره مهمترین عامل ایجاد این تغییرات می باشد. به طوریکه در سفره آزاد و آبرفتی موجود در مناطق جنوبی به دلیل کوتاه بودن زمان ماندگاری، غلظت یون کلر و سدیم کم است. ولی در سفره محبوس واقع در بخش مرکزی به دلیل وجود یک لایه محبوس کننده، حرکت آب کند شده و تکامل هیدرووشیمیایی ضمن نفوذ عمقی آب باران رخ می دهد و در نتیجه غلظت سدیم و کلر در آب افزایش پیدا می کند. انحلال هالیت و تبادل

یونی کانی های رسی موجود در رسوبات نیز از جمله عوامل دیگری است که منجر به افزایش یون کلر در آب زیرزمینی این منطقه می شود.

بررسی فاکتورهای زمین شناسی و هیدروژئولوژی موثر بر شیمی آب های سطحی و زیرزمینی در جنوب شرق کالیفرنیا نشان داد که در جهت حرکت آب زیرزمینی تیپ آب از کربناته به سمت کلروره پیش می رود و مهمترین واکنش هایی که بر هیدروشیمی آب زیرزمینی این منطقه تاثیر گذار است به ترتیب اهمیت عبارتند از: واکنش هوازدگی سیلیکات، انحلال نمک ها، تبادل کاتیونی، رسوب کلسیت، سیلیس آمورف و کانی های رسی (Gulera and Thyne 2003). بررسی تغییرات هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی آبخوان آزاد منطقه هرمیدال<sup>۱</sup> نشان داد که به دلیل دانه ریز بودن تشکیلات سفره که از جنس سیلت فیلیتی با بین لایه هایی از ماسه فیلیتی می باشد، نرخ جریان آب زیرزمینی کند شده و در نتیجه میزان هدایت الکتریکی در جهت حرکت آب افزایش پیدا کرده است. افزایش هدایت الکتریکی در این منطقه یا در نتیجه مخلوط شدن آب شیرین زیرزمینی با آب شور است و یا در نتیجه فرایند تبخیر آب در مناطقی که عمق برخورد به آب زیرزمینی کم می باشد. در بعضی از مناطق نیز هدایت الکتریکی از روند عمومی پیروی نکرده و کم می شود که این رفتار بیانگر مخلوط شدن آب زیرزمینی با آب شیرین سطحی در نتیجه تغذیه در آن منطقه می باشد. از نظر هیدروژئوشیمی آنیون غالب موجود در آب منطقه هرمیدال کلر و کاتیون غالب نیز سدیم و پتاسیم می باشد (Khider and McPhail 2005). جو و همکاران (۲۰۰۶)<sup>۲</sup> با بررسی عوامل موثر بر غلظت فلوراید موجود در آب زیرزمینی حوضه تینن<sup>۳</sup> در شمال چین به این نتیجه رسیده اند که غلظت این یون در مناطق کم عمق و تخلیه بیشتر از سایر قسمت ها می باشد. آنها عواملی از قبیل هیدرولیز کانی های سیلیکاته، تبادل کاتیونی و تبخیر را به عنوان مهمترین عوامل افزایش فلوراید از محل تغذیه به تخلیه ذکر کرده اند. نتایج این بررسی هم چنین نشان داد که غلظت فلوراید در نمونه هایی که

---

Hermidale<sup>۱</sup>

Guo *et al.* 2006<sup>۲</sup>

Taiyuan<sup>۳</sup>

حاوی مقادیر بالایی از سدیم و بیکربنات به همراه اسیدپتیه پایین می باشند، بیشتر است که این امر بیان گر تشدید فعالیت انحلال تحت تاثیر این نوع آب است و در آب های قلیایی جانشینی یون فلئور کانی با هیدروکسید آب بیشتر صورت می گیرد. جایپرکش و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۷) فاکتورهای موثر بر ژئوشیمی آب را در تمیل نودای<sup>۲</sup> هندوستان با استفاده از روش های آماری مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که شیمی آب زیرزمینی این منطقه علاوه بر فعالیت های انسانی تحت تاثیر واکنش هایی از قبیل هوازدگی سیلیکات ها، ته نشست، انحلال در طی نفوذ آب زیرزمینی به سمت سفره قرار می گیرد.

## ۲-۱-۲-۲- شرایط زمین شناسی و نقش آن در تغییر کیفیت آب

شیمی آب زیرزمینی در هر منطقه به نوع سنگ هایی بستگی دارد که آب از درون آنها عبور می کند (Mokrik and Baublyte 2005). هنگامی که آب های جوی با سطح زمین تماس حاصل می کنند، خصوصیات آن تحت تاثیر زمین قرار گرفته و تغییراتی حاصل می کند. عبور آب از زمین های مختلف باعث ایجاد تغییرات فیزیکی و شیمیایی در آن شده که این تغییرات در رابطه با زمین شناسی نقاطی است که آب از آن عبور کرده است. مهمترین سنگ هایی که تحت تاثیر انحلال قرار می گیرند عبارت است از: سنگ آهک، دولومیت یا آهک دولومیتی، گچ متبلور یا ژپس، انیدریت، کلوروسدیم و کلوروپتاسیم. عناصر دیگر که غیر محلول نامیده می شوند مانند سیلیس به مقدار کم در آب وجود دارند (غفوری ۱۳۷۴). حضور سازند های تبخیری که دارای قابلیت انحلال بسیار بالایی می باشند منجر به کاهش کیفیت آب زیرزمینی خواهد شد. مطالعه کیفی منابع آب زیرزمینی در دشت شیروان نشان داد که به دلیل تاثیر سازندهای مارنی نئوژن، میزان هدایت الکتریکی در این منبع آب زیرزمینی بالا است. در بخش غربی شهرستان شیروان نیز از سمت شمال به جنوب، عمق برخورد به آب های

---

Jayaprakash *et al.* 2007<sup>۱</sup>  
Tamil Nadu<sup>۲</sup>

زیرزمینی کاهش می یابد که این کاهش عمق برخورد به آب در منطقه منجر به نامطلوب تر شدن کیفیت آب و شور شدن آن شده است (محمدزاده و همکاران ۱۳۷۸). زارع و همکاران (۱۳۷۸) تغییرات غلظت یون های کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم را در طول مسیر جریان آب زیرزمینی موجود در سازند های سخت شیرکوه یزد مورد مطالعه قرار دادند. آنها علت اصلی تغییرات مشاهده شده در منطقه را تبادل یونی و انحلال کانی های ثانویه منیزیم دار بیان کردند. بالا بودن غلظت یون های سدیم و پتاسیم در نتیجه انحلال پذیری بیشتر کانی های سدیک نسبت به کلسیک و تبادل کاتیونی سدیم و پتاسیم می باشد. هم چنین در این مطالعه مشخص شد که غلظت سیلیس موجود در آب در فصل خشک به دلیل طولانی شدن زمان ماندگاری آب زیرزمینی و به دنبال آن اشباع شدن آب از سیلیس و در نهایت رسوب آن به همراه کاتیون هایی مانند کلسیم و منیزیم، پایین می باشد. به منظور تعیین علل تغییرات هیدروشیمی منابع آب تاقدیس کارستی راوندی از منابع آب زیرزمینی این منطقه (چشمه ها) نمونه برداری شد. نتیجه این تحقیق نشان داد که حضور سازندهای مخرب کیفیت آب در منطقه عامل اصلی تخریب کیفیت آب می باشد. به طوریکه علت اصلی پایین بودن کیفیت آب چشمه خروجی از سازند آسماری تاثیر منفی سازند گچساران بر روی آب باران تغذیه شده می باشد (رئیزی و همکاران ۱۳۷۹). عابدی و باقری (۱۳۸۰) به منظور بررسی خصوصیات کیفی آب زیرزمینی در شمال غرب اصفهان و تعیین تاثیر سازند های زمین شناسی بر کیفیت آب زیرزمینی، از منابع آب منطقه نمونه برداری کردند. نتایج این بررسی نشان داد که عواملی از قبیل سازند های زمین شناسی، فعالیت های انسانی مانند: نشت از فاضلاب های شهرک صنعتی و هم چنین حرکت آب از یک مسیر طولانی از مهمترین عوامل تخریب کیفیت آب در منطقه می باشند. به طوریکه در بیشتر چاه های این منطقه غلظت نیترات و کبالت بیش از حد مجاز می باشد و در مقابل آب هایی که از آهک های کرتاسه تغذیه شده اند، مطلوب بوده و از کیفیت بالایی برخوردار است. علیمرادی و حقیقت (۱۳۸۱) عوامل تخریب کیفیت آب زیرزمینی را در حوضه آبریز دشت دهلران در استان ایلام بررسی کردند. از نظر آنها تاثیر سازندهای زمین شناسی، طرح آبخیز داری و تغذیه مصنوعی و افزایش آبهای

برگشتی نامطلوب حاصل از آبیاری زمین های کشاورزی از جمله عوامل موثر بر تخریب کیفیت آب منطقه محسوب می شوند. در نواحی شرقی و غربی دهلران به دلیل نفوذ آب به درون رخنمون های سازند بختیاری و نهشته های آبرفتی غلظت یون کلر کم است، در حالیکه در نواحی مرکزی به دلیل حضور رسوبات آبرفتی که از سازند گچساران منشاء گرفته اند، غلظت کلر زیاد می باشد. هم چنین به دلیل کم بودن ضخامت آبرفت موجود در منطقه و جنس سنگ کف که از جنس سازند گچساران می باشد، پخش سیلاب و طرح تغذیه مصنوعی انجام شده در بخش شمالی نیز باعث تخریب کیفیت آب شده است. بررسی هیدروژئوشیمی آبخوان موجود در سازند های سخت حوضه آبریز قزل اوزن توسط ناصری و دادروان (۱۳۸۱) نشان داد که تیپ آب تمامی چشمه های منطقه به جز چشمه هایی که تحت تاثیر سازند قم قرار می گیرند، از نوع بیکربنات کلسیک می باشد و دارای کیفیت قابل قبولی می باشند. ناصری و علیجانی (۱۳۸۱) با بررسی کیفیت سفره آب زیرزمینی در آبخوان آبرفتی ایذه نشان دادند که آب زیرزمینی موجود در این منطقه به دلیل فعالیت کشاورزی و شهری آلوده می باشد و غلظت نترات در آن زیاد ولی پتاسیم و کلر کم می باشد. در مناطقی از دشت که باقیمانده هایی از سازند گچساران وجود دارد غلظت پتاسیم و کلر آب زیاد و نترات متوسط است. هم چنین در این بررسی مشخص شد که در مناطقی که کشاورزی عامل تغییر در کیفیت آب می باشد، غلظت یون نترات بالا ولی پتاسیم و کلر کم است در حالیکه در بخش هایی از دشت که سازند گچساران رخنمون دارد، غلظت پتاسیم و کلر موجود در آب افزایش می یابد. مطالعه و بررسی کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی دشت زوبرچری و خران در شهرستان اهواز توسط عبدالهی و کلانتری (۱۳۸۲) نشان داد که کیفیت آب زیرزمینی این دشت وابسته به زمین شناسی منطقه می باشد و با تغییر لیتولوژی تغییر خواهد کرد. در چاه های عمیق منطقه تیپ آب از نوع سولفات کلسیک و منیزیک می باشد که انحلال ژپس مهمترین عامل ایجاد این نوع آب در دشت است. در مناطقی که انحلال نمک غالب است تیپ آب به صورت کلرور سدیک می باشد. اصغری مقدم و ضیا (۱۳۸۲) با بررسی خصوصیات هیدروشیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند به این نتیجه رسیده اند که زمین شناسی منطقه

نقش بسیار مهمی در تغییر کیفیت آب زیرزمینی دارد و وجود سازندهای مختلف در اطراف دشت و تنوع لیتولوژیکی آنها باعث تنوع کیفیت آب زیرزمینی شده است. اصغری مقدم و آقازاده (۱۳۸۲) به منظور تعیین تاثیر سازند های زمین شناسی در تنزل کیفیت آب زیرزمینی منطقه هرزندات در استان آذربایجان شرقی، از داده های هیدروشیمی سال های گذشته و نتایج حاصل از آنالیز ۱۸ نمونه آب استفاده کردند و به این نتیجه رسیده اند که بالا بودن غلظت کلر و سولفات در آب زیرزمینی این منطقه، احتمالاً به علت گسترش مارن در بین رسوبات سازند گنشیک و خاچیک به سن پرمین و هم چنین گسترش مارن به صورت میان لایه ای در بین کنگلومرای قرمز و خاکستری به سن ائوسن می باشد. نتایج مطالعه و تحقیق پیرامون تاثیر سازند های زمین شناسی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت اردبیل توسط ندیری و همکاران (۱۳۸۳) نشان داد که سازند های گچی و حاوی نمک موجود در منطقه باعث افزایش مواد محلول و افزایش غیر عادی یون سولفات در آب شده است. در بعضی از مناطق نیز حضور رسوبات دانه ریز منجر به کاهش هدایت هیدرولیکی و به دنبال آن ایجاد تعویض یونی و در نهایت افزایش غیر عادی یون کلر در آب زیرزمینی شده است. در مجموع کیفیت آب زیرزمینی این دشت متاثر از سازند های زمین شناسی منطقه بوده و از نظر کشاورزی، صنعت و شرب مناسب می باشد. با بررسی زمین شناسی، هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی سفره آب زیرزمینی دشت تسوج در استان تبریز توسط قندی و اصغری مقدم (۱۳۸۴) عوامل موثر بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه مشخص شد. این عوامل به ترتیب اهمیت عبارتند از: سازندها و ساختارهای زمین شناسی، آب برگشتی حاصل از آبیاری، شوری چرخه ای، شیب هیدرولیکی و دانه بندی رسوبات آبخوان و آب فسیل موجود در منطقه که به عقیده آنها سازندها و ساختارهای زمین شناسی در این میان نقش کنترلی مهمی بر ترکیب آب زیرزمینی دارند و نسبت به سایر موارد از اهمیت بیشتری برخوردار می باشند. ارزیابی خصوصیات کیفی منابع آب زیرزمینی در دشت ابر کوه استان یزد توسط روزبه و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد که زمین شناسی منطقه تاثیر بسیار زیادی بر کیفیت آب زیرزمینی دارد.

تشکیلات تراورتنی موجود در منطقه مهمترین عامل موثر در افزایش سختی آب می باشد. هم چنین آنها بالا بودن کلر موجود در آب را نیز به لیتولوژی موجود در منطقه نسبت داده اند.

بررسی کیفیت آب زیرزمینی گرگان و تاثیر عوامل زمین شناسی بر آن نشان داد که سنگ آهک سازند لار و سنگ های دگرگونی موجود در منطقه منجر به ایجاد آب های خیلی سخت شده و هم چنین بر روی میزان املاح منابع آب تاثیر می گذارند. نشت فاضلاب های خانگی گرگان و فروشویی نمک های تبخیری موجود در لس ها به عنوان منشاء احتمالی آب هایی از نوع کلرید (بی کربنات) کلسیم- منیزیم در منطقه معرفی شده است. به علت وجود کانی های دولومیت و کلسیت منیزیم دار، رخداد فرایند دولومیتی شدن و رسوب کلسیت، نمایه اشباع دولومیت نسبت به نمایه های اشباع کلسیت بالا می باشد (رقیمی و همکاران ۱۳۸۵). فاریابی و همکاران (۱۳۸۵) با مطالعه کیفیت آب زیرزمینی دشت باغملک در استان خوزستان و استفاده از روش آماری در تحلیل آن به این نتیجه رسیده اند که مهمترین عوامل موثر بر کیفیت آب در این منطقه عبارتند از: واکنش بین آب و سازند های زمین شناسی (انحلال سازند گچساران)، تبادل یونی معکوس و تاثیر سازند های محصور کننده دشت. به طوریکه سازند گچساران عمده ترین عامل تخریب کیفیت آب در منطقه مورد مطالعه می باشد. مطالعه و بررسی ژئوشیمی آب در حوضه لیتونیا<sup>۱</sup> واقع در اروپای شمالی توسط بابلیت و موکریک<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) نشان داد که شیمی آب زیرزمینی در این منطقه به نوع سنگ هایی بستگی دارد که آب از درون آنها عبور می کند. به طوریکه تیپ آب در سفره ای که توسط رسوبات کواترنری پوشیده شده است از نوع بیکربنات کلسیک می باشد. بر اثر حرکت آب از میان خاک، فشار جزئی دی اکسید کربن افزایش پیدا کرده و منجر به انحلال سیمان دولومیتی موجود در سفره شده و در نتیجه تیپ آب به صورت بیکربنات کلسیک- منیزیک در می آید. هم چنین با انحلال سیمان دولومیتی غلظت یون سولفات نیز در آب افزایش می یابد. با حرکت رو به پایین آب در اعماق بیشتر تبادل کاتیونی صورت گرفته و کلسیم جانشین سدیم موجود در کانی های رسی شده و باعث افزایش غلظت

---

<sup>۱</sup> Lithuania  
<sup>۲</sup> Baublyt and Mokrik 2005

سدیم در آب زیرزمینی می شود. عامل دیگری که منجر به افزایش غلظت سدیم می شود ته نشست سیمان کربناته به صورت ثانویه است که با کاهش غلظت کلسیم و منیزیم و افزایش سدیم در آب همراه است. در مناطقی از حوضه که در نزدیکی دریای بالتیک قرار دارند، تیپ آب از نوع کلرور سدیک می باشد. آب هایی با تیپ سولفاته در مناطقی دیده می شوند که ژپس وجود دارد.

### ۲-۱-۳- هیدروژئولوژی و تاثیر آن بر کیفیت آب زیرزمینی

منظور از شرایط هیدروژئولوژیکی خصوصیات سفره از قبیل جنس سفره، نوع آبخوان، ضریب هیدرولیکی، عمق سطح ایستابی و وجود یا عدم وجود لایه های رسی در منطقه می باشد. خصوصیات هیدروژئولوژی از قبیل: ترکیب سنگ شناسی و کانی شناسی، پارامترهای هیدرولیکی، عمق سفره، موقعیت جغرافیایی فیزیکی و سیستم کوهزایی مرتبط با آن در سرعت نفوذ و کیفیت آب زیرزمینی تاثیر دارد (Mokrik and Baublyte 2005). یکی از عوامل موثر بر کنترل کیفیت آب، شیب هیدرولیکی است به طوریکه قندی و اصغری مقدم (۱۳۸۴) خصوصیات کیفی آبخوان دشت تسوج را مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی مشخص شد که تیپ آب در فاصله کوتاهی از محل تغذیه به صورت کلرور سدیک در می آید. آنها وجود رسوبات دانه ریز در منطقه را علت اصلی تخریب کیفیت آب معرفی کرده اند. زیرا شیب هیدرولیکی در این رسوبات کم است و در نتیجه زمان حرکت آب در منطقه طولانی تر شده و باعث افزایش غلظت املاح محلول موجود در آن می شود.

سرما و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۷۹) تغییرات هدایت الکتریکی و نوسانات سطح آب را در طول یک دوره ۱۳ ماهه در چاه های موجود در امتداد خط ساحلی Visakha patnam تا Bhimili patnam مورد بررسی قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد که دو الگوی مختلف در این منطقه حاکم می باشد. اول اینکه با کاهش سطح آب میزان هدایت الکتریکی کاهش پیدا می کند و دوم با کاهش سطح آب میزان هدایت الکتریکی افزایش می یابد. با توجه به یکسان بودن شرایط زمین شناسی موجود در منطقه، آنها

<sup>۱</sup> Sarma et al. 1979



دو الگوی مشاهده شده را در نتیجه نوسانات سطح آب در دو زون هیدروژئولوژیکی مختلف معرفی کرده اند. ناتو و اسمیت<sup>۱</sup> (۱۹۸۶) با بررسی هیدروژئولوژی و ژئوشیمی سفره آب زیرزمینی اُگاللا<sup>۲</sup> که در زیر یک مخروط افکنه قرار دارد، به این نتیجه رسیده اند که خصوصیات سازند های پوشاننده سفره، از قبیل توپوگرافی، نفوذپذیری و ضخامت واحد ها بر کیفیت و کمیت آب آبخوان تاثیر بسزایی دارد. خصوصیات هیدروشیمی و ترکیب ایزوتوپی آب ضمن حرکت از درون سازندهای پوشاننده سفره تغییر می کند. آنها هم چنین عواملی از قبیل آلودگی ناشی از تبخیر در دریاچه های نمکی، فعالیت های کشاورزی و استفاده از کودها و نفوذ شوراب های ناشی از مناطق نفتی را از جمله عوامل آلاینده سفره آب زیرزمینی در این منطقه نام برده اند و اظهار داشتند که احتمال آلوده شدن سفره آب زیرزمینی در مناطق نفتی به دلیل انتقال شوراب های موجود در امتداد زون غیر اشباع، در آینده بیشتر خواهد شد.

بررسی خصوصیات سفره آبرفتی و کم عمق در حوضه رودخانه سن پدرو<sup>۳</sup> نشان داد که شرایط هیدروژئولوژی حاکم بر منطقه منجر به پیدایش یک سیستم آبرفتی بسیار ناهمگن شده است که این ناهمگنی بر روی خصوصیات کیفی آب و میزان قابلیت انتقال سفره تاثیر گذاشته است. رخساره های جانبی بوجود آمده ناشی از تغییر مسیر رودخانه بزرگ موجود در منطقه، باعث شده تا در بیشتر مناطق یک لایه رسی و سیلتی دانه ریز در سطح، مانند یک سد، مانع از انتقال آب های آلوده نسبت به نیترات، به سفره کم عمق شود و در مقابل در مناطقی که این پوشش رسی در سطح وجود ندارد، نیترات در غلظت های بالا دیده شده است. هم چنین نوسانات سطح آب و غلظت نیترات در دو چاه مشاهده ای که در اعماق مختلف قرار داشتند مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که میزان افت در پیژومتر عمیق تر بیشتر بوده ولی غلظت نیترات در آن کمتر می باشد و دلیل آن وجود یک لایه رسی در اعماق است که به صورت یک سد عمل کرده و در هنگام پمپاژ جلوی تغذیه آب از بخش بالایی به

---

Nativ and Smith 1986<sup>۱</sup>

Ogallala<sup>۲</sup>

San-Pdro<sup>۳</sup>

بخش پایینی سفره را گرفته و در نتیجه افت مشاهده شده در پیرومتر عمیق تر بیشتر می باشد (Leonhart *et al.* 1990). نتایج حاصل از مطالعه سفره آب زیرزمینی در مناطق ساحلی شمالی لانگ ایسلند<sup>۱</sup> نیویورک نشان داد که هیدروژئولوژی نقش بسیار مهمی بر کیفیت آب این منطقه دارد. هدایت هیدرولیکی بالای رسوبات پوشاننده سفره منجر به انتقال سریع آلاینده ها به سفره زیرین می شود. اکسیژن محلول موجود در آب زیرزمینی نیز نشان می دهد که ضمن حرکت آب مقدار زیادی اکسیژن در آن حل می شود، بدین ترتیب شرایط برای حفظ نیترات فراهم شده و غلظت آن افزایش می یابد. علاوه بر این چون ضخامت ناحیه اشباع در منطقه شمالی کم است، بر اثر پمپاژ و برداشت بی رویه آب از چاه های موجود زمان ماندگاری کوتاه تر شده و در نتیجه کیفیت آب زیرزمینی پایین می آید (Bleifuss *et al.* 1998). هیدروژئوشیمی آبخوان آبرفتی رودخانه کیوم<sup>۲</sup> در کره به منظور تعیین حساسیت آن نسبت به آلودگی توسط چاو و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۳) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که شرایط زمین شناسی موجود تاثیر بسیار زیادی در کیفیت آب زیرزمینی دارد. حضور یک رودخانه بزرگ و سیلابی شدن آن در طی چندین مرحله منجر به تشکیل یک لایه رسوبی دانه ریز متشکل از سیلت با ضخامت مختلف در منطقه شده است و به دلیل حضور این لایه رسی از انتقال آب حاوی نیترات حاصل از فعالیت کشاورزی به سمت سفره آب زیرزمینی جلوگیری شده است. در نتیجه غلظت نیترات در آب تحت پوشش لایه های رسی کم می شود ولی به دلیل حاکم شدن شرایط احیا، غلظت آهن و منیزیم افزایش می یابد. آب زیرزمینی در مناطقی که لایه رسی وجود ندارد مانند نزدیکی رودخانه کیوم تحت تاثیر آلودگی ناشی از کودها و آهک های استفاده شده در کشاورزی قرار گرفته و غلظت نیترات در آن بالا می باشد.

با مطالعه خصوصیات کیفی و کمی منابع آب در میشیگان مشخص شد که خصوصیات هیدروژئولوژی حاکم بر منطقه و وجود یا عدم وجود لایه های رسی در سطح زمین مهمترین عوامل تاثیر گذار بر

---

Long Island<sup>۱</sup>  
Keum<sup>۲</sup>  
Chae *et al.* 2003<sup>۳</sup>

کیفیت آب محسوب می شوند. در مناطقی که لایه رسی در سطح وجود دارد به صورت یک سد عمل می کند و مانع از انتقال آلاینده ها به سفره آب زیرزمینی می شود و در مقابل مناطقی که فاقد این لایه هستند، آب زیرزمینی آلوده می باشد و غلظت نیترات موجود در آن بالا است (USGS 2004). خصوصیات کیفی منابع آب زیرزمینی شهراکلند<sup>۱</sup> در کشور میشیگان<sup>۲</sup> توسط سازمان زمین شناسی ایالت متحده (۲۰۰۴) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که بر اثر نفوذ عمقی آب باران نیترات و کلرید موجود در خاک شسته شده و در سطح وسیعی پخش می شود. به دلیل شرایط سطحی نامناسب و عدم وجود یک لایه رسی ممتد در منطقه، انتقال آلاینده ها به سفره آب زیرزمینی بسیار سریع رخ می دهد و در نتیجه آب زیرزمینی آلوده می شود. هم چنین تخریب چاه ها و سیستم های فاضلاب در کشور میشیگان و رشد جلبک ها در آن باعث افزایش باکتری ها و ویروس ها در منابع آب زیرزمینی منطقه شده است. کلاتیر و همکاران (۲۰۰۶)<sup>۳</sup> به منظور بررسی هیدروشیمی و منشاء آب آبخوان بیسز- لورنتایز<sup>۴</sup> همه واحدهای هیدروژئولوژی و زمین شناسی منطقه را حداکثر تا عمق ۱۴۰ متر مشخص کردند و به این نتیجه رسیده اند که شرایط هیدروژئولوژیکی بر روی شیمی یون های اصلی و تیپ آب در منطقه تاثیر بسزایی دارد. آنها عوامل محلی موثر بر کیفیت آب را یخچالی شدن، تهاجم دریای چماین<sup>۵</sup>، تنوع و گوناگونی طبقات سنگ چینه ای و مقیاس شبکه جریان دانسته اند. در مناطقی که تغذیه از آنجا صورت می گیرد تیپ آب بیکربنات کلسیک- منیزیک است ولی در قسمت های محبوس و تحت فشار آب از نوع بیکربنات سدیک و سدیم و کلر است. کیم و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۰۷) به مطالعه و بررسی کیفیت آب زیرزمینی در سفره رودخانه مانکجیونگ<sup>۷</sup> که فعالیت کشاورزی در آن در سطح وسیعی صورت می گیرد، پرداختند و نتیجه گرفتند که شرایط هیدروژئولوژیکی حاکم بر منطقه نقش بسیار مهمی در انتقال آلاینده ها دارد به طوری که در یکی از

---

Oakland<sup>۱</sup>

Michigan<sup>۲</sup>

Cloutier *et al.* 2006<sup>۳</sup>

Basses-Laurentides<sup>۴</sup>

Chamoian<sup>۵</sup>

Kim *et al.* 2007<sup>۶</sup>

Mankgeong<sup>۷</sup>

مکان های نمونه برداری به دلیل وجود یک لایه سیلتی در سطح زمین، از ورود سولفات و نترات به اعماق جلوگیری شده و در نتیجه غلظت این عناصر در آب زیرزمینی کاهش یافته است. از طرف دیگر وجود این لایه رسی باعث ایجاد شرایط احیا در سفره شده و در نتیجه غلظت آهن و منگنز موجود در آب افزایش می یابد.

## ۲-۱-۴- تاثیر شرایط اکسیداسیون و احیا بر تغییر کیفیت آب

تغییر قابل ملاحظه ی دیگری که با افزایش فاصله از منطقه تغذیه و معمولاً با افزایش عمق در سفره آب زیرزمینی رخ می دهد، تغییر از شرایط اکسیداسیون به احیا می باشد (چیت سازان ۱۳۷۵). واکنش های اکسیداسیون و احیا<sup>۱</sup> که شامل نقل و انتقال الکترون می باشد ژئوشیمی آب زیرزمینی را تحت تاثیر قرار می دهند و با تغییر شرایط اکسیداسیون و احیای موجود در سفره کیفیت آب نیز تغییر خواهد کرد. به عنوان مثال در شرایط اکسیداسیون که اکسیژن به صورت محلول در آب وجود دارد، آمونیای موجود در آب زیرزمینی به نترات تبدیل شده و از آنجا که نترات در این شرایط پایدار است به سمت سفره حرکت کرده و بدین ترتیب باعث ایجاد آلودگی نترات در سفره می شود. شرایط بی هوازی هم به صورت طبیعی و هم در نتیجه آلوده شدن آب زیرزمینی توسط فاضلاب ها ایجاد می شود. عوامل طبیعی که منجر به احیا شدن شرایط می شوند عبارتند از: وجود بقایای گیاهی در خاک، کربن آلی در سنگ و فعالیت میکروب های موجود در آب زیرزمینی (Mc Quillan 2005). در شرایط احیا که میزان اکسیژن صفر یا نزدیک به صفر است، آلودگی نسبت به نیتريت در آب زیرزمینی مشاهده می شود. علاوه بر آلودگی نسبت به نیتريت، احتمال انتقال فلزات سنگین در شرایط احیا نیز افزایش می یابد، زیرا به دلیل اکسیداسیون آمونیوم و تخریب کربن آلی محلول، اکسیژن محلول موجود در زون غیر اشباع و اشباع مصرف شده و فشار جزئی دی اسید کربن افزایش پیدا می کند. با افزایش میزان دی اکسید کربن میزان انحلال کانی ها و تشکیلات کربناته، در صورت وجود در سفره

---

<sup>۱</sup> Redox

بیشتر می شود (Mc Quarrie *et al.* 2001, as cited by Navarro and Carbonell 2006) ولی در مناطقی که سفره فاقد رسوبات کربناته باشد، حالت اسیدی بوجود آمده به وسیله انحلال کلسیت خنثی نشده و ممکن است منجر به انتقال فلزات سنگین موجود در رسوبات شود که منجر به آلوده شدن آب می شود (Robertson and Blowes 1995, as cited by Navarro and Carbonell 2006). ژئوشیمی سفره کم عمق ساحلی در جنوب شرق ایالت متحده توسط تزوریرو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۴) مورد مطالعه قرار گرفت تا در آن حساسیت ذاتی سفره نسبت به آلاینده ها مورد بررسی قرار گیرد. آنها در ابتدا منطقه را بر اساس تفاوت های هیدروژئولوژی و پتانسیل اکسیداسیون و احیا، به دو بخش درون ساحلی و بیرون ساحلی تقسیم کردند. در بخش برون ساحلی رسوبات دانه ریز غالب است و به دلیل شرایط احیای حاکم بر آن، غلظت آهن و مواد آلی موجود در آب زیرزمینی زیاد است و در مقابل در بخش درونی که دارای رسوباتی با زهکشی بالا می باشد و در آن شرایط هوازی غالب است، نترات و سایر پارامترهایی که در این شرایط پایدار هستند، دیده می شود. به عقیده آنها عامل طبیعی که در آلودگی این سفره ساحلی نقش مهمی دارد عمق کم سفره است که باعث انتقال سریع آفت کش ها به سفره می شود. بررسی خصوصیات کیفی آبخوان کورالووس<sup>۲</sup> توسط ام سی کولین<sup>۳</sup> (۲۰۰۵) نشان داد که بر اثر ورود مواد ناشی از چاه های فاضلاب شرایط بی هوازی در محیط آبخوان ایجاد می شود که منجر به تخریب کیفیت آب در منطقه شده است. با تغییر شرایط اکسیداسیون محیط به شرایط بی هوازی و احیا، نترات، سولفات و اکسید های آهن و منگنز محلول در آب به نیتريت، سولفید هیدروژن و یون های آهن و منگنز احیا می شوند. در شرایط احیایی تر، در بعضی از چاه های منطقه متان نیز مشاهده شده است. ناوارو و کربونل<sup>۴</sup> (۲۰۰۶) با بررسی خصوصیات هیدروشیمی در سفره آب زیرزمینی منطقه لالیاجوستا<sup>۵</sup> در شمال بارسلونا به این نتیجه رسیده اند که غلظت کلسیم و نترات

---

Tesoriero *et al.* 2004 <sup>۱</sup>

Corales <sup>۲</sup>

Mc Quillan *et al.* 2005 <sup>۳</sup>

Navarro and Carbonell 2006 <sup>۴</sup>

La Liagosta <sup>۵</sup>

موجود در سفره بسیار بالا است. آنها دلیل این آلودگی را نشت از چاه های فاضلاب در شرایط اکسیداسیون دانسته اند. همانطور که در بالا نیز بیان شده است، در نتیجه افزایش فشار جزئی دی اکسید کربن، انحلال تشکیلات کربناته سرعت می گیرد. هم چنین در منطقه مورد مطالعه در نزدیکی چاه های فاضلاب، آلودگی نسبت به نیتريت در نمونه ها مشاهده شده است. کیفیت آب زیرزمینی در حوضه رودخانه های بزرگ موجود در اروپای مرکزی توسط شوم<sup>۱</sup> مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که فعالیت های انسانی منجر به تغییر شرایط اکسیداسیون و احیای حاکم بر سفره می شود و در نتیجه ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی نیز متناسب با این تغییرات، تغییر خواهد کرد. به عنوان مثال: مقادیر بالای آهن و منگنز و آمونیاک موجود در منابع آب حوضه رودخانه لیل<sup>۲</sup> را به طور مستقیم به فاکتورهای ذکر شده در بالا نسبت می دهند. هم چنین تحت چنین شرایطی غلظت نیترات و فلزات سنگین موجود در آب نیز افزایش یافته است. به دلیل تاثیر منفی آلودگی انسانی و احیا شدن سفره آب زیرزمینی آبرفت رودخانه لبرا و سیرچا<sup>۳</sup>، میزان غلظت یون های آهن، منگنز، آمونیوم در منطقه افزایش پیدا کرده است. در نهشته های آبرفتی رودخانه رانرا و متزیودروزی<sup>۴</sup> به دلیل حاکم بودن شرایط احیایی، افزایش غلظت آمونیوم، آهن و منگنز مشاهده شده است. کیم و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۷) با مطالعه و بررسی هیدروشیمی آب زیرزمینی منطقه ای که در آن برنج کاری در سطح وسیعی صورت می گیرد متوجه تمرکز آهن و منگنز در یک زون خاص شدند. به عقیده آنها شرایط اکسیداسیون و احیای حاکم بر سفره مهمترین عامل کنترل کننده تجمع آهن و منگنز در این زون خاص می باشد که توسعه این زون توسط نیترات و سولفات ناشی از فعالیت های کشاورزی کنترل می شود. به طوریکه تا عمقی که شرایط هوای غالب است و نیترات می تواند پایدار باشد اثری از آهن و منگنز دیده نمی شود. ولی با افزایش عمق که شرایط به سمت احیا پیش می رود،

---

<sup>۱</sup> SHMU

Lpel<sup>۲</sup>

Cirocha and Labara<sup>۳</sup>

and Medzibodrozi Ronara<sup>۴</sup>

Kim et al. 2007<sup>۵</sup>

غلظت آهن و منگنز زیاد می شود و این افزایش تا عمقی ادامه دارد که بر اثر شرایط احیای فراهم آمده یون های سولفات موجود احیا شده و به صورت سولفید در می آید. بنابراین یون های فلزی آهن و منگنز به صورت سولفید از آب خارج شده و رسوب می کنند. غلظت آهن و منگنز موجود در منابع آب زیرزمینی این منطقه به شرایط اکسیداسیون و احیا بستگی دارد که این شرایط تابعی از عمق و یون های سولفات و نیترات موجود در آب می باشد.

## ۲-۲-۲- عوامل انسانی موثر بر کیفیت آب زیرزمینی

فعالیت های انسانی که منجر به تغییر کیفیت آب زیرزمینی می شوند دارای رنج وسیعی می باشند که به صورت موردی عبارتند از: فعالیت های کشاورزی، فعالیت های صنعتی، شهرسازی و توسعه مناطق مسکونی که مورد اخیر خود شامل موارد بسیاری از قبیل: نشت از چاه های فاضلاب، آلودگی ناشی از روان آب های جاری شده بر روی سطوح نفوذ ناپذیر جاده ها، نشت از مخازن نگهداری سوخت های فسیلی، نشت شیرابه از محل دفن زباله، تخریب و فساد لوله های توزیع آب و شبکه آبرسانی و نشت از آنها و هم چنین پمپاژ بیش از حد از منابع آب زیرزمینی می باشد. در بیشتر موارد دو یا چند عامل با هم باعث تغییر خصوصیات آب شده و تنزل کیفی آن را منجر می شوند. به عنوان مثال با بررسی هیدروشیمی سفره آب زیرزمینی در میشیگان مشخص شد که خردگی مخازن ذخیره بنزین، نفت و سایر مخازن زیرزمینی و نشت از جداره آنها، به عنوان عامل مهم آلاینده آب زیرزمینی در میشیگان محسوب می شود. هم چنین بالا بودن غلظت نیترات در آب زیرزمینی منطقه به دلیل استفاده از کودهای حیوانی و شیمیایی در مقادیر بیش از حد جذب ریشه گیاه و نشت از چاه های فاضلاب می باشد (USGS 2004). بهره برداری بی رويه از منابع آب یکی دیگر از عواملی است که امروزه در بسیاری از مناطق منجر به تخریب کیفیت آب شده است. منبع آب زیرزمینی در دشت ورامین توسط حقیقت و شمشکی (۱۳۷۹) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که وضعیت

کمی و کیفی آبخوان این دشت در نتیجه برداشت بی رویه دست خوش تحولات نامطلوب شده است. رجب پور و همکاران (۱۳۸۲) هیدروشیمی سفره آب زیرزمینی دشت آذرشهر را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیده اند که به دلیل افزایش برداشت و کاهش بارش در منطقه، کیفیت آب های زیرزمینی کاهش یافته است. هم چنین نتیجه بررسی علی نژاد و علاف نجیب (۱۳۸۲) در دشت آذر شهر نیز مشخص شد که بهره برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی که منجر به افت شدید سطح آب شده است، مهمترین عامل افزایش روند شوری و املاح آب زیرزمینی در این منطقه می باشد. در نتیجه مطالعه انجام شده توسط بیگدلو و اصغری مقدم (۱۳۸۲) مشخص شد که توسعه حفر چاه های عمیق و برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی دشت عجب شیر در شهرستان تبریز مهمترین عامل نفوذ آب شور به سفره محسوب می شود.

## ۲-۲-۱- فعالیت کشاورزی و تاثیر آن بر کیفیت آب زیرزمینی

استفاده از کودهای شیمیایی و آفت کش ها در پاسخ به نیاز های رو به رشد جوامع انسانی در سال های گذشته منجر شده است تا اثرات مخرب و بعضاً پایدار در کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی به جا گذاشته شود. نفوذ عمقی آب های حاوی این آلاینده ها باعث انتقال این مواد به سفره آب زیرزمینی و در نتیجه تنزل کیفی آب می شود. مطالعه و بررسی نمونه های آب زیرزمینی آبرفت رودخانه آراوا<sup>۱</sup> توسط (SHMU 1999) در اروپا نشان داد که غلظت آهن، آلومینیم و ترکیبات نیتروژن دار ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$   $\text{NO}_3$ ) آب زیرزمینی این منطقه به دلیل فعالیت کشاورزی و استفاده از کودهای شیمیایی بالا می باشد. کلی<sup>۲</sup> (۱۹۹۶) با بررسی شیمی آب زیرزمینی سفره آزاد و کم عمق منطقه ای در ایلی نویز<sup>۳</sup> که فعالیت کشاورزی در آن در سطح وسیعی صورت می گرفت به این نتیجه رسیده است که سفره های آبرفتی موجود در مناطق کشاورزی به شدت تحت تاثیر آلودگی نیتراته ناشی از

---

Orava<sup>۱</sup>  
Kelly 1996<sup>۲</sup>  
Illinois<sup>۳</sup>



مصرف کودهای شیمیایی قرار می گیرند. لیتولوژی این رسوبات به گونه ای است که باعث انتقال سریع کود ها و مواد شیمیایی تا عمق بیش از ۳۰ متر می شود که با افزایش آبیاری نیز سرعت این انتقال بیشتر خواهد شد. وی در این مطالعه متوجه شد که نیترات در یک زون خاصی تجمع پیدا کرده است. ورود آبهای سطحی که دارای محتوی نیترات کمی است از بخش بالای این زون و فرایند دی نیتریفیکیشن در زیر این زون منجر به محدود شدن توزیع نیترات در منطقه گردیده است. هارتر و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۱) با بررسی کیفیت آب زیرزمینی در منطقه ای در کالیفرنیا که به شدت تحت تاثیر دامپروری و کشاورزی قرار داشت به این نتیجه رسیده اند که تجمع کودهای حیوانی و استفاده از آنها در کارهای کشاورزی اثر مخربی بر کیفیت آب داشته و منجر به افزایش نیترات و هدایت الکتریکی در منابع آب زیرزمینی این منطقه شده است.

هیدروژئوشیمی سفره کم عمق موجود در رسوبات کواترنری حوضه داتونگ<sup>۲</sup> چین توسط جو و ونگ<sup>۳</sup> (۲۰۰۳) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. بر اساس این مطالعه منطقه به سه زون تغذیه ای، بینابینی و تخلیه ای تقسیم بندی شد. هدف از این تقسیم بندی بررسی تاثیر نوع کاربری اراضی در سطح زمین بر کیفیت آب زیرزمینی می باشد. در مجموع غلظت سدیم از منطقه تغذیه به تخلیه به دلیل تبادل یونی و آلودگی های ناشی از فعالیت کشاورزی و صنعتی افزایش می یابد. در مناطقی که کشاورزی تمرکز دارد غلظت نیترات آب بالا می باشد و غلظت زیاد سولفات که به همراه فلزات سنگینی مانند نیکل و کبالت دیده می شود بیان گر آلودگی ناشی از انجام فعالیت های معدنی علاوه بر کشاورزی در منطقه است.

مطالعه خصوصیات هیدروژئوشیمی و هیدروژئولوژیکی سفره آب زیرزمینی منطقه ای در ژاپن نشان داد که آب های زیرزمینی کم عمق این منطقه تحت تاثیر فعالیت های کشاورزی، آلوده می باشند و در مقابل آب های موجود در بخش های عمیق تر سفره از کیفیت بهتری برخوردار می باشند و کاتیون

---

Harter *et al.* 2001<sup>۱</sup>

Datong<sup>۲</sup>

Guo and Wang 2003<sup>۳</sup>

های کلسیم و بیکربنات در آن غالب می باشد. نیترات و سولفات موجود در آب زیرزمینی در نتیجه کاربرد کودهای اوره و آمونیوم دار است. علیرغم استفاده از کودهای پتاسیم دار، غلظت پتاسیم در آب زیاد نمی باشد که دلیل آن جذب پتاسیم توسط مواد کلوئیدی و مواد رسی موجود در خاک می باشد (Gallardo and Tase 2005). کوربانیزو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) به منظور ارزیابی کیفیت منابع آب و تشخیص وجود آلاینده های شیمیایی و آلی در منطقه ای از دریای اورال که به تازگی خشک شده است، از منابع آب زیرزمینی و سطحی این منطقه نمونه برداری کردند. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که در منطقه مورد مطالعه آلودگی نیترات در مقادیر زیاد به همراه فلزات سنگین مانند: کبالت، کادمیم، مس، فلورین، استرانسیوم، منگنز، روی و مولیبدن وجود دارد. آنها تجمع فلزات سنگین مانند فلورین و استرانسیوم را به کاربرد کودهای فسفاته و نیتروژن دار در منطقه نسبت داده اند. فتونی و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۷) کیفیت آب زیرزمینی دشت هایی از تریاف<sup>۳</sup> را که تحت تاثیر آبیاری و کشاورزی قرار دارد از لحاظ فیزیکی، شیمیایی و باکتریولوژیک مورد بررسی قرار دادند. نتایج این بررسی ها نشان داد که آب زیرزمینی این منطقه تحت تاثیر فعالیت های کشاورزی نسبت به نیترات آلوده می باشد. هم چنین بر اثر نشت از سیستم فاضلاب، آلودگی باکتریولوژیک در منطقه نیز مشاهده شده است. در برخی از مناطق نیز نیتريت، ارتوفسفات و آمونیاک دیده شد که منشاء نیتريت و آمونیاک از سیستم فاضلاب و ارتوفسفات در نتیجه استفاده از کودها و مواد شوینده حاوی آن می باشد.

## ۲-۲-۲-۲- تاثیر توسعه شهرسازی و مناطق مسکونی بر کیفیت آب زیرزمینی

آلودگی آبها توسط فاضلاب های خانگی از متداولترین نوع آلودگی ناشی از توسعه شهر و مناطق مسکونی می باشد. پساب و مواد خارج شده از چاه های فاضلاب حاوی مقادیر بسیار بالایی کربن آلی

---

<sup>۱</sup> Kurbaniyazov et al. 2006

<sup>۲</sup> Fetouani et al. 2007

<sup>۳</sup> Triaifa

محلول<sup>۱</sup>، آمونیا، پاتوژن ها و میکروآلاینده های آلی می باشند. هم چنین آلودگی نسبت به فلزات سنگین و عناصر کمیاب نیز به خصوص در مکان هایی که پساب های خانگی و صنعتی به هم می پیوندند افزایش پیدا می کند. ضمن عبور پساب های فاضلاب از منطقه غیر اشباع فرآیند نیتریفیکیشن آمونیا و اکسیداسیون کربن آلی محللول رخ می دهد. در نتیجه این واکنش ها، غلظت نترات، فسفات، دی اکسیدکربن و سایر آلاینده های آب زیرزمینی افزایش می یابد (Ptacek 1998). هم چنین مقدار یون های پتاسیم، کلسیم، سدیم، کلر، آلکانیته و کربن آلی حل شده در آب نیز بر اثر نشت از فاضلاب افزایش پیدا کرده و در مقابل میزان اکسیژن محللول پایین می آید و شرایط حاکم بر سفره به صورت احیا در خواهد آمد. در نتیجه احیای اکسید و هیدروکسیدهای آهن (III) و اکسید منگنز (IV) در این شرایط غلظت آهن و منگنز محللول موجود در آب زیرزمینی افزایش می یابد (Navarroa and Carbonell 2006). پتاسیم، سدیم، کلر، نترات و فسفات موجود در فاضلاب ها دارای منشاء های مختلف و متنوعی نظیر فاضلاب آشپزخانه، حمام، لباسشویی و هم چنین فاضلاب های انسانی می باشند. در بعضی از مطالعات، بیش از ۸۰٪ نیتروژن و ۵۰٪ فسفات موجود در فاضلاب ها را ناشی از ضایعات غیر مدفوعی انسانی ذکر کرده اند (Wilsenach and Vanloosdrecht 2003). سیریست و همکاران<sup>۲</sup> (۱۹۷۶) به مطالعه منشاء عنصرهای مختلف موجود در فاضلاب پرداختند و به این نتیجه رسیده اند که روزانه به ازای هر انسان ۲/۶۴ گرم نیتروژن و ۰/۲۸ گرم فسفات از طریق مواد زاید غیر مدفوعی و ۱/۵ گرم نیتروژن و ۰/۲۷ گرم فسفات از طریق مواد زاید مدفوعی تولید می شود. بنابراین در مناطقی که سفره تحت تاثیر آلودگی ناشی از سیستم های فاضلاب قرار می گیرد، غلظت نترات و فسفات آب بالا می باشد. پساب حاصل از شستشوی لباس که حاوی کثیفی لباس ها و ترکیبات تشکیل دهنده مواد شوینده است به عنوان دومین بخش مواد زاید موجود در فاضلاب که باعث آلودگی آب زیرزمینی می شوند، در نظر گرفته شده است. اگرچه مواد پاک کننده دارای وزن مولکولی زیادی هستند ولی در هنگام عبور از زمین جذب نشده و خود را مانند مواد شیمیایی دیگر به

---

DOC<sup>۱</sup>  
Sieyrist *et al.* 1976<sup>۲</sup>

آبهای عمقی می‌رسانند. وجود سدیم و فسفات در شامپوها، کلر در همه سفید کننده ها و ضد عفونی کننده ها، سولفات در مواد پاک کننده، کلسیم موجود در خمیر دندان و منیزیم موجود در داروها باعث زیاد شدن این عناصر در فاضلاب و در نهایت در آب زیرزمینی می‌شود. علاوه بر فاضلاب، شبکه های آبرسانی در مناطق شهری می‌تواند خود باعث ایجاد آلودگی های مختلفی شود. مجاری اصلی توزیع که عموماً از آهن یا بتن ساخته می‌شود می‌توانند ذرات غیر مناسبی را وارد آب کنند. بیشتر موادی که برای ساخت لوله های انتقال آب استفاده می‌کنند، در طول زمان مورد حمله آب قرار می‌گیرند و به این ترتیب آهن، فولاد و سرب به مقدار فراوان وارد ترکیب آب می‌شوند. لذا برای انتقال آب مشروب بایستی از نوعی ترکیبات که دارای حداقل تبادل با آب باشند و متناسب با وضع فیزیکی و شیمیایی آب بوده استفاده کرد. در مسیر های طولانی انتقال آب که محیط مناسبی برای باکتری ها می‌باشد بایستی اصولی را از نظر توزیع رعایت کرد که آب در نقاط مختلف شبکه دارای حداقل توقف باشد (غفوری ۱۳۷۴). به منظور بررسی نقش توسعه مناطق مسکونی بر آلودگی منابع آب، کیفیت آب زیرزمینی در زیر یک مرکز بزرگ شهری در دنور<sup>۱</sup> کلرادو مورد بررسی قرار گرفت. نوع کاربری زمین تاثیر زیادی بر روی کیفیت آب زیرزمینی دارد، به طوریکه آنیون غالب موجود در نمونه های مربوط به مناطق مسکونی و تجاری، سولفات است در حالیکه در نمونه های مربوط به مناطق صنعتی آنیون بیکربنات غالب می‌باشد. این تفاوت نشان می‌دهد که با تغییر کاربری زمین شرایط اکسیداسیون و احیا نیز تغییر خواهد و به دنبال آن کیفیت آب دست خوش تغییرات زیادی خواهد شد (Bruce and Mc Mahon 1996). ویلیامز<sup>۲</sup> (۱۹۹۷) کیفیت آب زیرزمینی منطقه را در روستایی در کالیفرنیا مورد بررسی قرار داد. وی برای تعیین منشاء نترات مشاهده شده در منابع آب از آنالیز شیمیایی و ایزوتوپی نمونه ها استفاده کرد. نتایج این بررسی نشان داد که عوامل موثر بر تغییر کیفیت آب در این منطقه را می‌توان به دو دسته طبیعی و انسانی تقسیم بندی کرد که در این میان فعالیت های انسانی و توسعه مناطق مسکونی و به دنبال آن آلودگی ناشی از فاضلاب ها و آبیاری بیش از حد گیاهان بیش از نیمی

---

Denver<sup>۱</sup>  
Williams 1997<sup>۲</sup>

از آلودگی نیتراته در منطقه را به خود اختصاص می دهند و نقش عوامل طبیعی در این میان اندک است. بلیفیوز و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۹۸) خصوصیات کیفی آب را در سواحل شمالی لانگ ایسلند<sup>۲</sup> مورد بررسی قرار دادند. هدف از این مطالعه، بررسی تاثیر تغییر در کاربری زمین بر کیفیت آب زیرزمینی می باشد. نتایج این بررسی نشان داد که آب های موجود در این منطقه دارای مقادیر زیادی نیترات می باشند. به منظور تعیین منشاء نیترات موجود، بررسی ایزوتوپی صورت گرفته و نتایج نشان می دهد که فعالیت های کشاورزی قدیمی دلیل آلوده بودن آب موجود در بخش های عمیق تر سفره نسبت به نیترات می باشد و نیترات مربوط به مناطق کم عمق تر که از نظر ایزوتوپی نیز سنگین تر است نشان دهنده آلوده شدن منابع آب در نتیجه نشت از سیستم فاضلاب می باشد. هم چنین بالا بودن غلظت کلرید و سدیم در مناطق مسکونی ناشی از نمک پاشی جاده ها و نشت از چاه های فاضلاب می باشد. خصوصیات هیدروشیمی و کیفی سفره ساحلی منطقه آکوالبوم<sup>۳</sup> توسط آجی و اوماه<sup>۴</sup> (۱۹۹۸) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان می دهد که علیرغم توسعه مناطق شهری در این منطقه، آب زیرزمینی دارای کیفیت خوبی می باشد و تیپ غالب آب های آن از نوع بیکربنات سدیک، کلسیک و منیزیک است. پایین بودن غلظت کلر در این سفره ساحلی نشان دهنده عدم نفوذ آب شور دریا در سفره است. محققان علت اصلی مطلوب بودن آب این منطقه را به بارندگی بیش از ۲۰۰۰ میلیمتر در سال و تغذیه زیاد سفره نسبت می دهند. بررسی تاثیر توسعه مناطق مسکونی بر کیفیت آب زیرزمینی دیت رویت<sup>۵</sup> میشیگان توسط توماس<sup>۶</sup> (۲۰۰۰) نشان داد که آب های کم عمق این منطقه تحت تاثیر نشت آب آلوده از چاه ها و شبکه فاضلاب خانه ها قرار گرفته و دارای مقادیر زیادی نیترات، کلرید و مواد محلول می باشد. در حالیکه در جهت افزایش عمق کیفیت آب بهتر می شود. علاوه بر نشت از سیستم فاضلاب، مصرف زیاد و بیش از حد کودها در چمنزارهای

---

<sup>۱</sup> Bleifuss et al ۱۹۹۸

<sup>۲</sup> Long Island

<sup>۳</sup> Akwalbom

<sup>۴</sup> Ajayi and. Umoh 1998

<sup>۵</sup> Detroit

<sup>۶</sup> Thomas 2000

منطقه و نفوذ آبهای آلوده ای که به صورت رواناب بر روی سطوح غیر قابل نفوذ شهری قرار می گیرند و حاوی نمک به کار رفته در جاده ها و پسماندهای سوخت های فسیلی اند، منجر به آلوده شدن آب زیرزمینی منطقه شده است. آن و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۴) عوامل موثر بر کیفیت آب زیرزمینی سفره کم عمق در اطراف دریاچه تکسوما<sup>۲</sup> را مورد بررسی قرار دادند. آنها منطقه مورد مطالعه را به سه بخش مسکونی، کشاورزی و میادین نفتی تقسیم کردند. نتیجه این تحقیق نشان داد که در هر منطقه، کیفیت آب زیرزمینی متناسب با کاربری اراضی در سطح تغییر خواهد کرد. در مناطق مسکونی غلظت آهن (III) و نیترات موجود در آب نسبت به مناطقی که تحت تاثیر فعالیت کشاورزی قرار دارد بیشتر است. در میادین نفتی آب زیرزمینی تحت تاثیر آلاینده های هیدروکربنی قرار می گیرد که وجود یون کلرید و بالا بودن میزان هدایت الکتریکی بیان گر اختلاط شوراب ها با آب زیرزمینی می باشد. آلودگی آب زیرزمینی در سفره آب زیرزمینی مربوط به رودخانه بسو<sup>۳</sup> توسط ناوارو و کربونل<sup>۴</sup> (۲۰۰۶) مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه مشخص شد که در مناطق مختلف، کیفیت آب تحت تاثیر عوامل متعددی تغییر خواهد کرد. در بخش هایی که مناطق مسکونی توسعه یافته اند، به دلیل نشت فاضلاب از سیستم های لوله کشی و چاه های فاضلاب خانگی آب زیرزمینی آلوده شده است. در حالیکه در مناطق صنعتی در نتیجه ورود گنداب های صنعتی شرایط احیا حاکم شده و Eh پایین می آید. در چنین شرایطی غلظت یون های آهن و منگنز موجود در آب افزایش می یابد که معمولاً همراه با افزایش غلظت عناصر فلزی سنگینی نظیر سرب، روی، نیکل می باشد که در فاضلاب های صنعتی وجود دارند.

بررسی و مطالعه کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی در شمال شرق شهر بینوس ارس<sup>۵</sup> (پایتخت آرژانتین) نشان داد که پدیده های طبیعی و انسانی مهمترین عوامل موثر بر کیفیت آب زیرزمینی در منطقه هستند. منابع آلاینده متمرکز موجود نظیر چاه های فاضلاب به عنوان اصلی ترین منبع

---

An et al 2004<sup>۱</sup>

Texoma<sup>۲</sup>

Beso<sup>۳</sup>

Navarro and Carbonell 2006<sup>۴</sup>

BuenosAires<sup>۵</sup>

آلودگی معرفی شده و علاوه بر آن نفوذ آبهای آلوده ناشی از فعالیت های کشاورزی و خانگی نیز باعث افزایش غلظت نیترات در آب های زیرزمینی شده است (Galindo 2006). کیفیت آب زیرزمینی آبخوان کم عمق ساحلی کوچین<sup>۱</sup> در هندوستان توسط لالوراج<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه به دو منبع آلاینده در منطقه اشاره شده است که عبارتند از نشت از چاه های فاضلاب و فعالیت های انسانی که وجود باکتری Ecoli در چاه های دهانه گشاد منطقه نیز نشان دهنده خطر پتانسیل آلودگی مدفوعی می باشد و دیگری پدیده نفوذ آب شور دریا در سفره کم عمق ساحلی که غلظت زیاد سدیم و کلر در بعضی از چاه های دهانه گشاد بیانگر این مطلب می باشد.

## ۲-۲-۳- فعالیت های صنعتی و تاثیر آن بر کیفیت آب زیرزمینی

ورود مواد زاید و آلوده کارخانه ها به جریان های آب های سطحی و زیرزمینی یکی دیگر از منابع آلاینده آب ها می باشد. آلودگی توسط مواد رادیواکتیو که عموماً متعاقب عملیات بشر در آب ها ظاهر می شود می تواند در اثر کارهای اکتشاف و استخراج معادن رادیواکتیو، کاربرد یا ساخت مواد رادیواکتیو و ایجاد ایزوتوپ های مصنوعی آنها در آزمایشگاه یا صنعت به وجود آید (غفوری ۱۳۷۴). مطالعه جامعی در خصوص کیفیت آب زیرزمینی رودخانه های بزرگ موجود در اروپای مرکزی در سال ۱۹۹۹ صورت گرفت. بطور کلی نتایج آنالیز ها نشان داد که در همه مکان هایی که فعالیت های صنعتی دارای تمرکز بالایی هستند، آب زیرزمینی آلوده می باشد. به عنوان مثال به دلیل نفوذ پساب های صنعتی، آب زیرزمینی در آبرفت رودخانه بلا<sup>۳</sup> دارای مقادیر زیادی آهن می باشد. کیفیت آب زیرزمینی موجود در آبرفت رودخانه نیترا<sup>۴</sup> در بخش های بالا دست و پایین دست متفاوت می باشد. در بالا دست آب از کیفیت بالایی برخوردار است ولی در قسمت های میانی

---

Cochin <sup>۱</sup>  
Laluraj 2005 <sup>۲</sup>  
Bela <sup>۳</sup>  
Nitra <sup>۴</sup>

که به شدت متاثر از فعالیت های انسانی قرار دارد میزان سولفات، منگنز، آهن، کربن آلی محلول و مواد قطبی استخراجی به دلیل فعالیت های کشاورزی و صنعتی زیاد است. هم چنین فلزات سنگین مانند نیکل، آلومینیم، آرسنیک نیز در غلظت های زیاد مشخص شده است. کیفیت آب زیرزمینی آبرفت رودخانه هورن<sup>۱</sup> در نتیجه تمرکز سنگین صنعت بر روی آن پایین است و غلظت مواد قطبی استخراجی در آن زیاد می باشد.

---

Hron<sup>۱</sup>



# فصل سوم

## روش انجام مطالعات

### ۳-۱- مقدمه

در این فصل کلیه کارهایی که جهت بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمی سفره آب زیرزمینی در جنوب شهرستان تنکابن انجام شده است، به طور مختصر ارائه می شود. به طور کلی در این تحقیق موارد ذیل انجام شده است:

الف) تهیه نقشه زمین شناسی منطقه با استفاده از نقشه رقومی مازندران با استفاده از نرم افزار Arcview3.2.

ب) از ۲۳ حلقه چاه دستی با پراکنش مناسب در آبان ماه ۱۳۸۶ و ۲۴ چاه در تیر ماه ۱۳۸۷ نمونه برداری شده است.

ج) بررسی خصوصیات هیدروشیمیایی آبخوان و ارزیابی روند تغییرات کیفی آن با تغییر فصل بر اساس نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی نمونه ها در دو دوره و تهیه نقشه های کیفی برای منطقه مورد مطالعه به کمک نرم افزارهای Rockwork و Surfer 8.

د) بررسی هیدروژئولوژی منطقه و محاسبه ضرایب قابلیت انتقال دشت با استفاده از داده های آزمایش پمپاژ دوازده حلقه چاه موجود و با بکارگیری نرم افزار Aquifer<sup>win32</sup> و بررسی روند تغییرات قابلیت انتقال در منطقه.

ه) تفسیر منحنی های ژئوالکتریک پیزومترهای اکتشافی و چاه های آب شرب موجود و بررسی ناهمگنی موجود در سفره با استفاده از این منحنی ها.

## ۳-۲- تهیه نقشه زمین شناسی منطقه با استفاده از نقشه رقومی

### مازندران

نقشه زمین شناسی شهرستان تنکابن از نقشه رقومی مازندران و با استفاده از نرم افزار Arcview3.2 تهیه شده است. هم چنین از نرم افزارهای Surfer8 و Arcview3.2 جهت تهیه نقشه های جغرافیایی، نقشه هدایت الکتریکی و نقشه های کیفی استفاده شده است. اطلاعات چینه شناسی موجود در این تحقیق از ورقه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رامسر برگرفته شده و واحدهای زمین شناسی موجود در نقشه رقومی با آن تطابق داده شده است.

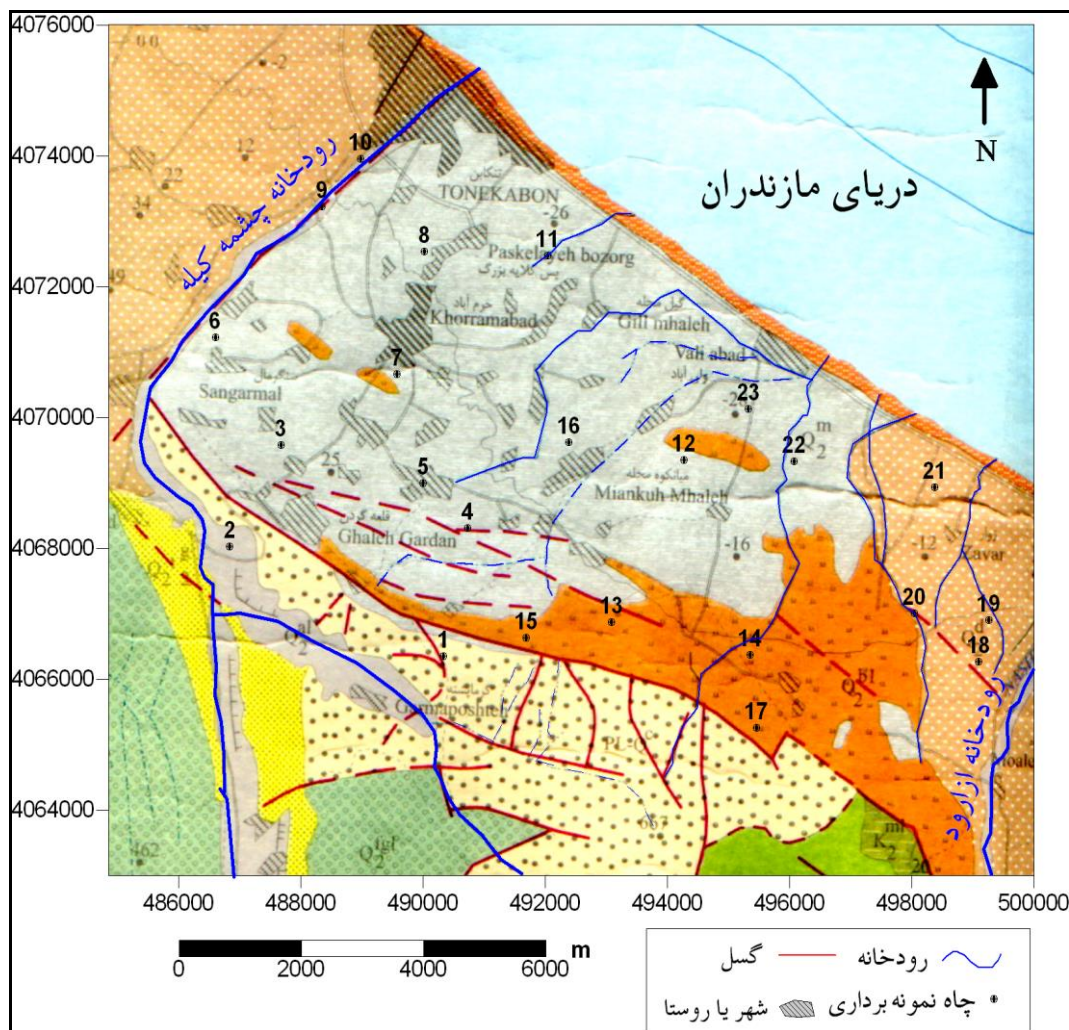
## ۳-۳- نمونه برداری از آب زیرزمینی

به منظور بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمی آب زیرزمینی موجود در سفره ساحلی و آبرفتی شرق شهرستان تنکابن، از ۲۳ حلقه چاه دستی موجود در منطقه در آبان ماه ۱۳۸۶ و ۲۴ حلقه چاه در تیر ماه ۱۳۸۷ نمونه برداری شد. محدوده نمونه برداری به دلیل وجود رودخانه های بزرگ در تنکابن، بالا بودن سطح آب زیرزمینی و هم چنین تعیین نقش رودخانه ها و دریا بر روی خصوصیات کیفی آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، در حد فاصل دو رودخانه بزرگ و دائمی این شهرستان انتخاب شد و همه نمونه ها در فاصله بین رودخانه چشمه کیله در غرب تا رودخانه ازارود (نشتارود) در شرق برداشت شده است. شکل (۳-۱) مکان رودخانه های بزرگ در شهرستان تنکابن و موقعیت چاه های نمونه برداری را نشان می دهد. برای نمونه برداری از ظرف های پلاستیکی ۲۵۰ میلی لیتری استفاده شد و ظرف نمونه قبل از نمونه برداری سه مرتبه با آب شستشو داده شد و کلیه نمونه ها پس از ده دقیقه پمپاژ از چاه برداشت شده است. به منظور جلوگیری از آلوده شدن آب با هرگونه عامل خارجی دو نمونه آب از هر چاه برداشته شد، که در یکی پارامترهای محیطی از قبیل درجه حرارت، هدایت

الکتریکی، اسیدپته اندازه گیری شد و درب نمونه دوم را محکم بسته و پس از شماره گذاری به آزمایشگاه پارک علم و فن آوری استان سمنان (شاهرود) فرستاده شد تا مورد آنالیز شیمیایی قرار گیرد. در آزمایشگاه غلظت کاتیون ها و آنیون های اصلی محلول در آب که شامل یون های نیترات، فسفات، سولفات، کلر، بیکربنات، پتاسیم، سدیم، منیزیم و کلسیم اندازه گیری شد. اندازه گیری پارامترهای محیطی از قبیل هدایت الکتریکی و اسیدپته در محل نمونه برداری انجام شد که هدایت الکتریکی به وسیله دستگاه هدایت سنج الکتریکی مربوط به شرکت HACH و اسیدپته با استفاده از دستگاه pH متر مدل SUNTEX-710 انجام شد. پس از دریافت نتایج آنالیز شیمیایی درصد خطای آزمایش برای تمام نمونه ها محاسبه و پس از حصول اطمینان نسبت به دقت آزمایش پارامترهایی از قبیل کل املاح جامد محلول، درصد جذب سدیم، درصد سدیم، سختی کل و برخی از نسبت های یونی از قبیل سدیم به کل کاتیون ها و کلر به کل آنیون ها و هم چنین برخی از پارامترهای آماری برای آنها محاسبه شد. به منظور تعیین خصوصیات کیفی آب جهت مصارف شرب، کشاورزی و مقایسه نمونه ها و تعیین تیپ آب ها نمودار های شولر، ویلکوکس، پایپر و استیف برای آنها ترسیم گردید. پارامترهای اندازه گیری شده را می توان به دو بخش پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری که شامل هدایت الکتریکی و اسیدپته و درجه حرارت می باشد و پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه که غلظت کاتیون ها و آنیون های اصلی است، تقسیم بندی کرد.

### ۳-۳-۱- پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری

از میان پارامترهای فوق الذکر که برای تمام نمونه های آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه اندازه گیری شده است، سه پارامتر هدایت الکتریکی، اسیدپته و درجه حرارت در محل نمونه برداری اندازه گیری شده اند که نحوه اندازه گیری این پارامترها به طور مختصر در زیر آورده شده است:



شکل ۳-۱- رودخانه های بزرگ موجود در شهرستان تنکابن و محل چاه های نمونه برداری

#### الف) اندازه گیری هدایت الکتریکی آب

مقدار هدایت الکتریکی (EC) برای تمام نمونه های آب در محل نمونه برداری، توسط دستگاه هدایت سنج الکتریکی ساخت به شرکت HACH اندازه گیری شده است. دقت این دستگاه برای اندازه گیری هدایت الکتریکی کمتر از ۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی متر، برابر با ۱ میکروموس بر سانتی متر و در محدوده بزرگتر از ۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی متر، برابر با ۱۰ میکروموس بر سانتی متر می باشد. پس از اندازه گیری هدایت الکتریکی آب زیرزمینی و ثبت موقعیت جغرافیایی چاه های نمونه برداری منطقه با کمک GPS، موقعیت قرارگیری کلیه چاه ها و مقدار هدایت الکتریکی هر یک در نرم افزار Surfer8 پلات شد و نقشه هدایت الکتریکی منطقه بر اساس آنها ترسیم گردید.

ب) اندازه گیری اسیدیته آب

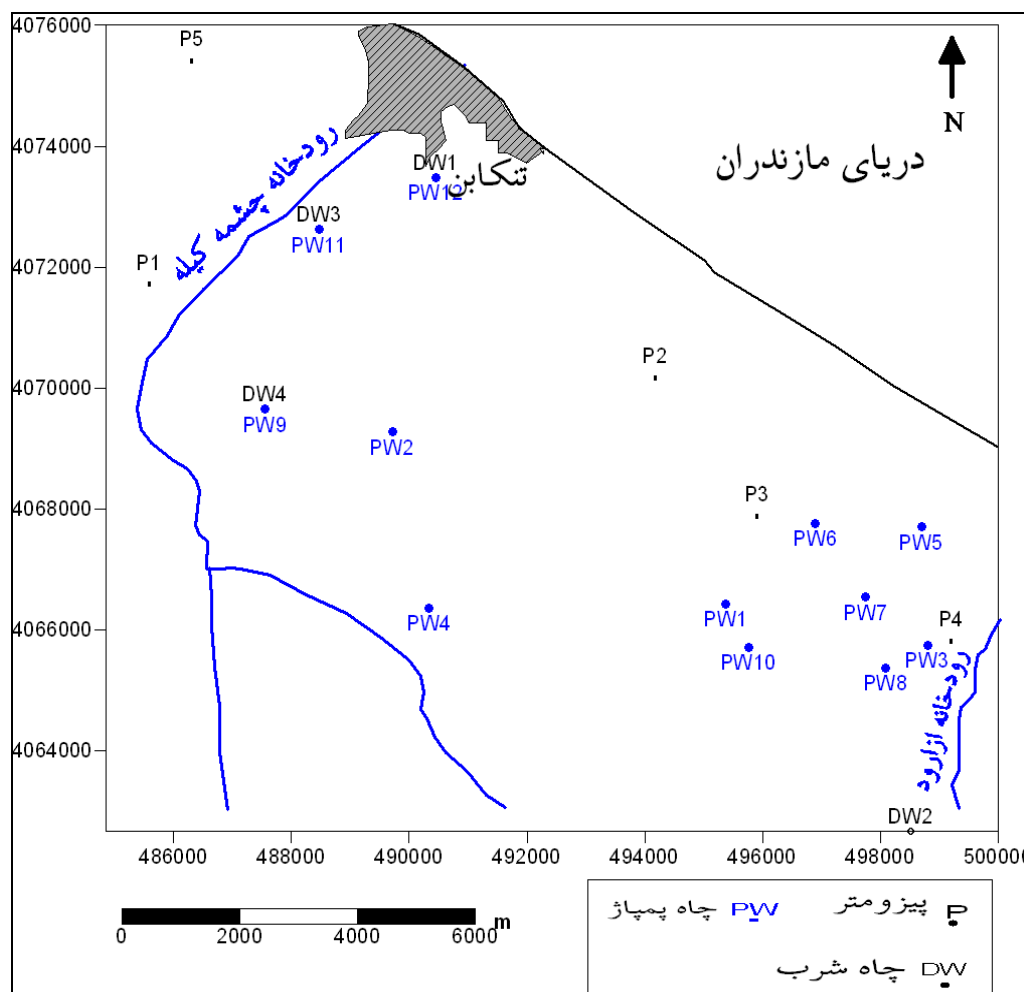
اندازه گیری مقدار pH یا اسیدیته آب همانند هدایت الکتریکی در محل نمونه برداری انجام شده است. برای اندازه گیری اسیدیته از دستگاه pH متر مدل SUNTEX-710 استفاده شده است. دقت این دستگاه برای اندازه گیری pH برابر با ۰/۰۱ واحد می باشد.

### ۳-۲- پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه

اندازه گیری کاتیون ها و آنیون های اصلی شامل یون های نیترات، فسفات، سولفات، کلر، بیکربنات، پتاسیم، سدیم، منیزیم و کلسیم برای کلیه نمونه ها در آزمایشگاه پارک علم و فن آوری استان سمنان (شاهرود) انجام شده است. پس از دریافت نتایج آزمایشگاه پارامترهای آماری مانند، درصد خطای آزمایش، درصد جذب سدیم (SAR)، درصد سدیم، کل املاح جامد محلول، سختی کل، ضریب تغییرات و برخی از نسبت های یونی محاسبه شد و نمودار های شولر، ویلکوکس، پایپر و استیف برای آنها ترسیم گردید. جهت ترسیم نمودار های کیفی مذکور از نرم افزار RockWork 2006 استفاده شد. هم چنین مشابه آنچه در مورد تهیه نقشه هدایت الکتریکی انجام شد، بر اساس موقعیت جغرافیایی چاه های نمونه برداری موجود در منطقه و مقدار عناصر مختلف از جمله سدیم، کلر و سولفات نقشه های کیفی مربوطه با استفاده از نرم افزار Surfer8 ترسیم گردید. نمودارهای مربوط به برخی از نسبت های یونی از قبیل سدیم به مجموع کاتیون ها، کلر به مجموع آنیون ها، سولفات به مجموع آنیون ها و نمودارهای ترکیبی مختلف برای نمونه ها ترسیم شد.

### ۴-۳- جمع آوری داده های هیدروژئولوژیکی منطقه

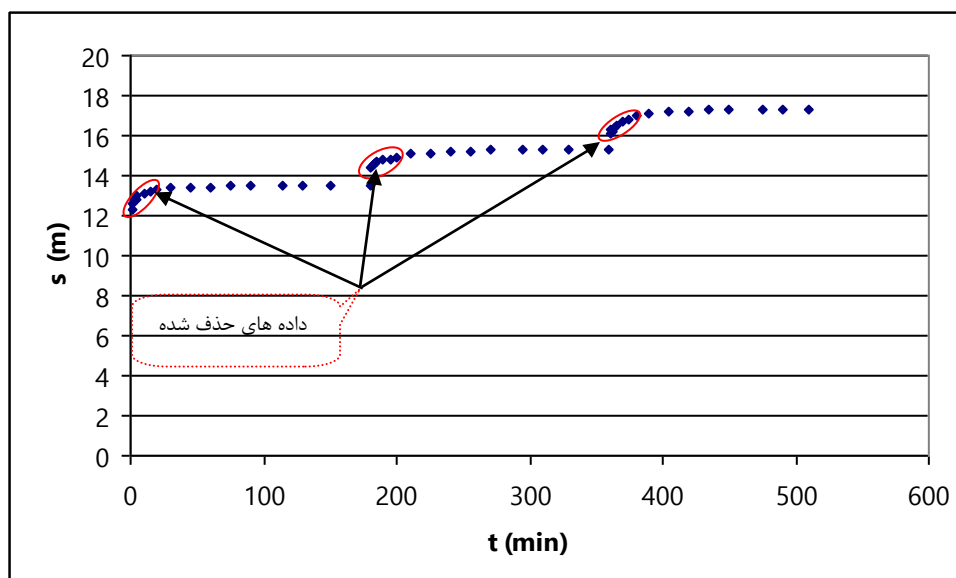
بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی منطقه بر پایه اطلاعات موجود در اداره امور آب تنکابن و رامسر و هم چنین سازمان آب منطقه ای مازندران صورت گرفته است. این اطلاعات شامل آزمایشات پمپاژ مربوط به دوازده حلقه چاه موجود در منطقه، داده های سطح آب زیرزمینی در نقاط مختلف دشت و منحنی های ژئوالکتریک پنج پیزومتر اکتشافی و چهار حلقه چاه آب شرب در جنوب شهرستان تنکابن می باشد. شکل (۲-۳) موقعیت چاه هایی که از داده های آزمایش پمپاژ آنها استفاده شد و پیزومترهای اکتشافی به همراه چاه های آب شرب منطقه که از منحنی های ژئوالکتریک آن ها استفاده شد را نشان می دهد.



شکل ۲-۳- موقعیت چاه های پمپاژ (PW)، چاه های شرب (DW) و پیزومترهای اکتشافی منطقه (P)

### ۳-۴-۱- استفاده از نرم افزارهای تخصصی

این اطلاعات شامل داده های آزمایش پمپاژ دوازده حلقه چاه موجود در محدوده مورد مطالعه می باشد که با استفاده از آنها و به کمک نرم افزار  $\text{win}^{32}$  Aquifer قابلیت انتقال سفره محاسبه شد. کلیه آزمایشات پمپاژ موجود به صورت افت پله ای بوده و و روش مورد استفاده در تجزیه و تحلیل آنها روش ایدن- هیزل (۱۹۷۳) می باشد. البته لازم به ذکر است که جهت محاسبه ضریب تراوایی از نرم افزار  $\text{win}^{32}$  Aquifer استفاده شد که روش انتخاب شده در حل مساله، روش ذکر شده در بالا می باشد. در ابتدا عمل تصحیح داده ها صورت گرفت تا داده های پرت حذف شود. برای این کار نمودار افت در برابر زمان در Excel ترسیم شد (شکل ۳-۳) و از روی این نمودار داده های مربوط به شروع هر پله که افت در آن ها به سرعت تغییر می کرد و نتیجه تاثیر ذخیره آب در چاه بود، حذف شد. سپس مقدار قابلیت انتقال برای هر چاه با استفاده از این داده های تصحیح شده محاسبه شد و نقشه قابلیت انتقال جنوب تنکابن با استفاده از نرم افزار Surfer8 ترسیم شد.

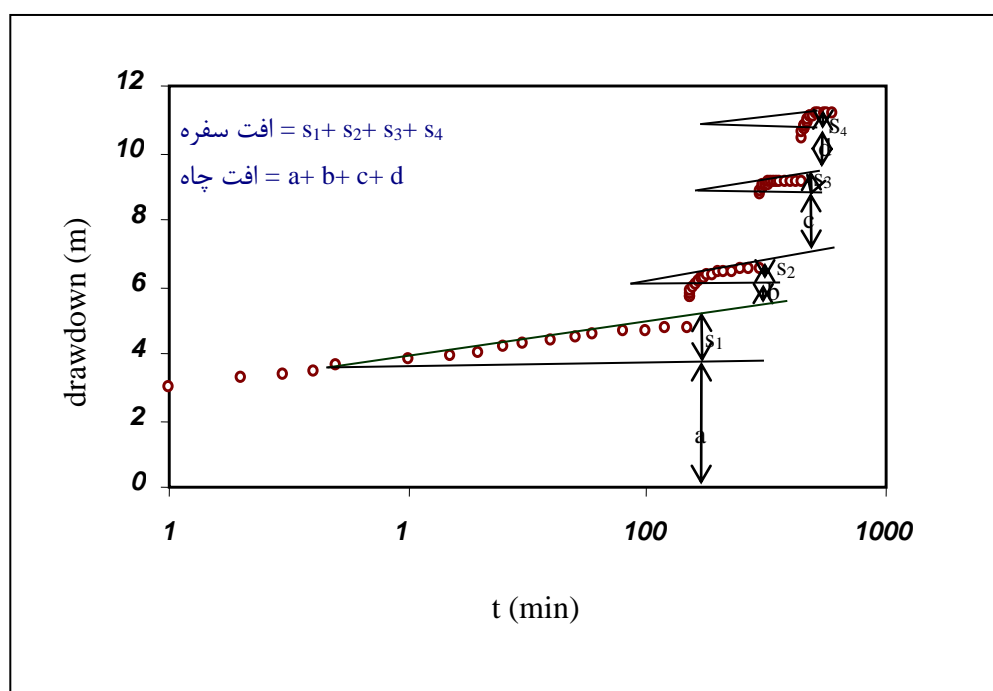


شکل ۳-۳- نحوه تصحیح داده های آزمایش پمپاژ



### ۳-۴-۲- محاسبه افت سفره و افت چاه

جهت محاسبه مولفه های افت سفره و چاه از روش کرمی و یانگر<sup>۱</sup> (۲۰۰۲) استفاده شد. بر اساس این روش همانطور که در شکل (۳-۴) مشخص است، برای هر چاه در ابتدا نمودار افت در برابر لگاریتم زمان ترسیم شد. در هر پله از نقطه ای که میزان افت ثابت شد خطی به موازات داده ها و یک خط افقی به موازات محور طول ها ترسیم می شود. زیر خط افقی، افت مربوط به چاه و بالای آن افت مربوط به سفره را نشان می دهد که با توجه به شکل این دو بخش برای هر پله کاملاً از هم تفکیک شده است. در نهایت افت چاه برابر با مجموع افت چاه در هر پله و افت سفره برابر با مجموع افت سفره در هر پله می شود.



شکل ۳-۴- نحوه محاسبه افت چاه و سفره در روش افت پله ای

<sup>۱</sup> Karami and Youngers 2002

### ۳-۵- استفاده از منحنی های ژئوالکتریک

به منظور بررسی خصوصیات سفره آب زیرزمینی و تعیین چگونگی تغییر در ضخامت و جنس لایه های مختلف تشکیل دهنده سفره در بخش های مختلف دشت، منحنی های ژئوالکتریک مربوط به پنج پیزومتر اکتشافی و چهار چاه آب شرب موجود در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. این منحنی ها شامل منحنی های مقاومت ویژه، اشعه گاما و پتانسیل خودزا می باشند.

### ۳-۶- تهیه نقشه های هم پتانسیل و هم عمق سفره آب زیرزمینی

به منظور تعیین جهت عمومی حرکت آب زیرزمینی در سفره آبرفتی و ساحلی شهرستان تنکابن، نقشه هم پتانسیل دشت تهیه شده است. پیزومترهای اکتشافی منطقه در سال ۱۳۸۵ حفاری شده اند و هنوز مورد استفاده قرار نگرفته اند، در نتیجه امکان دسترسی به آمار دقیق تغییرات سطح آب زیرزمینی منطقه وجود ندارد، بنابراین اطلاعات سطح آب زیرزمینی و عمق برخورد به آب مربوط به چاه های موجود در منطقه مورد مطالعه در یک دوره ۱۰ ساله از سازمان آب منطقه ای مازندران گردآوری شده است و با داشتن آمار بارندگی اطلاعات پرباران ترین سال مورد استفاده قرار گرفت و در نتیجه برای ترسیم منحنی های هم پتانسیل و هم عمق منطقه از آمار سطح آب مربوط به اسفند ماه سال ۱۳۸۵ استفاده شد.

## **چهارم فصل**

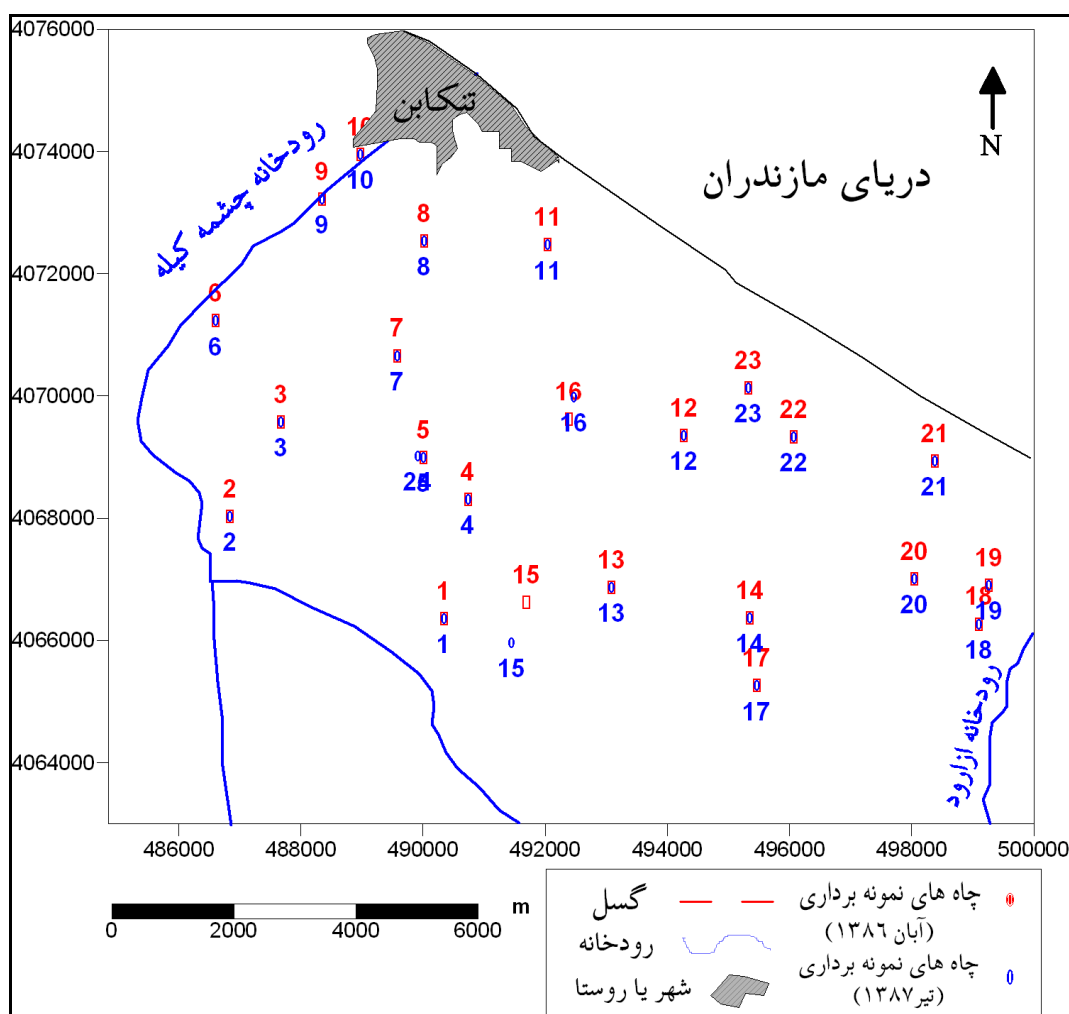
**بررسی هیدروژئوشیمیایی آبخوان در منطقه**

## ۴-۱- مقدمه

از آنجا که آب زیرزمینی به عنوان اصلی ترین منبع ذخیره آب شیرین مورد توجه و استفاده بشر است، تعیین خصوصیات کیفی آن جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعت و هم چنین ارزیابی پارامترهای موثر بر تغییر کیفیت از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. موقعیت جغرافیایی، خصوصیات آب و هوایی و مشخصات زمین شناسی شهرستان تنکابن به گونه ای است که منجر به ایجاد یک سفره کم عمق آبرفتی در مجاورت دریای خزر شده است. عمده ترین رسوبات تشکیل دهنده دشت، آبرفتی، کنگلومرایی و آهکی می باشد. در مناطقی که غلبه با رسوبات آهکی است کاتیون کلسیم در آب زیاد می باشد. سازندهای کنگلومرایی موجود در منطقه که اکثراً آهکی هستند بر کیفیت آب تاثیر زیادی دارند. ولی در این میان رسوبات آبرفتی با دو منشأ رودخانه ای و دریایی در منطقه دارای گسترش چشم گیری بوده و تاثیر بسیار زیادی بر بهبود بخشیدن کیفیت منابع آب این شهرستان دارند. به طوریکه در مناطقی که رسوبات رودخانه ای دانه درشت تا متوسط توسعه دارند، کیفیت آب مطلوب است ولی در مناطقی که رسوبات دانه ریز لجنی و دریایی قدیمه گسترش دارند کیفیت آب پایین آمده و غلظت املاح محلول در آب افزایش می یابد. رسوبات پوشاننده این سفره عمدتاً رودخانه ای- دلتایی بوده، بنابراین احتمال انتقال آلاینده ها از سطح به سمت آب زیرزمینی به دلیل نفوذپذیری بالای این رسوبات افزایش می یابد. در شهرستان تنکابن به دلیل شرایط آب و هوایی خوب و فراوانی منابع آب های سطحی و هم چنین حاصلخیزی خاک، فعالیت های کشاورزی و پرورش ماهی به عنوان اصلی ترین شغل مردم منطقه می باشد که در نهایت همه این فعالیت ها به طور مستقیم و غیر مستقیم بر کیفیت آب زیرزمینی سفره کم عمق منطقه تاثیر می گذارند. با توجه به موارد ذکر شده، در این تحقیق خصوصیات هیدروشیمیایی آبخوان آبرفتی و کم عمق شرق شهرستان تنکابن مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

## ۲-۴- بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آبخوان

به منظور بررسی خصوصیات کیفی آبخوان آبرفتی و آزاد جنوب تنکابن از ۲۳ حلقه چاه دستی موجود در منطقه با توزیع مناسب در طی دو نوبت آبان ماه ۱۳۸۶ (فصل خشک) و تیر ماه ۱۳۸۷ (فصل تر) نمونه برداری شد. نمونه ها از منابع آب موجود در حد فاصل دو رودخانه دائمی و بزرگ موجود در منطقه برداشت شده است. شکل (۱-۴)، موقعیت چاه های نمونه برداری را نشان می دهد.



شکل ۱-۴- موقعیت چاه های نمونه برداری در حد فاصل رودخانه های چشمه کیله تا ازارود

جداول (۱-۴) و (۲-۴) به ترتیب خصوصیات هیدروژئوشیمیایی چاه های منطقه را در آبان ماه ۱۳۸۶ و تیرماه ۱۳۸۷ نشان می دهد، جداول (۳-۴) و (۴-۴)، پارامترهای محاسبه شده را نشان می دهند.

جدول ۴-۱- مقادیر هدایت الکتریکی، اسیدیته، آنیون ها و کاتیون های اصلی چاه های منطقه در آبان ماه ۱۳۸۶

غلظت عناصر (epm)											
شماره نمونه	$EC$ ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	$pH$	$K^+$	$Na^+$	$Mg^{2+}$	$Ca^{2+}$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$HCO_3^-$	$NO_3^-$	$PO_4^{3-}$
۱	۵۲۰	۷/۴	۰/۰۲۸	۲/۴۷۸	۰/۸۳۳	۲/۹۰۰	۱/۱۲۵	۰/۹۸۵	۳/۹۳۴	۰/۱۰۱	۰/۰۱۵
۲	۶۰۰	۷/۹	۰/۰۷۶	۲/۶۵۲	۱,۴۱۶	۴/۰۰۰	۰/۷۹۱	۰/۹۸۵	۵/۵۷۳	۰/۱۷۷	۰/۰۲۵
۳	۶۱۰	۷/۹	۰/۰۴۸	۲/۷۳۹	۱/۳۷۵	۳/۹۰۰	۰/۸۳۳	۱/۰۹۸	۵/۵۰۸	۰/۲۴۱	۰/۰۱۷
۴	۷۱۸	۷/۷	۰/۰۳۳	۴/۵۶۵	۱/۲۵۰	۳/۶۵۰	۱/۴۱۶	۱/۳۸۰	۶/۰۶۵	۰/۲۰۶	۰/۰۰۶
۵	۵۵۰	۸/۳	۰/۱۰۰	۲/۳۹۱	۱/۰۰۰	۳/۴۰۰	۱/۴۸۷	۰/۵۶۳	۴/۸۳۶	۰/۲۱۲	۰/۰۱۰
۶	۴۹۵	۸/۳	۰/۰۵۸	۲/۴۲۱	۱/۰۴۱	۳/۲۵۰	۱/۱۲۵	۰/۴۲۲	۵/۰۰۰	۰/۱۹۳	۰/۰۰۵
۷	۶۲۰	۷/۹	۰/۰۷۶	۲/۸۲۶	۱/۴۱۶	۳/۹۰۰	۰,۸۶۴	۱/۲۶۷	۵/۵۴۰	۰/۲۲۵	۰/۰۱۹
۸	۵۷۰	۸/۳	۰/۰۴۳	۲/۲۶۰	۱/۳۳۳	۳/۱۰۰	۰,۸۷۵	۰/۹۲۹	۴/۷۲۱	۰/۱۴۸	۰/۰۱۰
۹	۵۸۸	۸/۲	۰/۰۸۴	۲/۶۶۰	۱/۱۶۶	۳/۴۰۰	۱/۱۸۷	۰/۵۰۷	۵/۲۴۵	۰/۱۲۹	۰/۰۰۲
۱۰	۷۲۵	۷/۹	۰/۰۷۶	۲/۹۷۸	۱/۳۳۳	۳/۴۰۰	۱/۳۵۴	۰/۶۱۹	۵/۲۴۵	۰/۲۰۹	۰/۰۰۹
۱۱	۶۶۸	۷/۹	۰/۰۴۶	۴/۰۰۰	۱/۱۶۶	۳/۷۵۰	۱/۴۳۷	۱/۲۱۱	۵/۸۱۹	۰/۱۷۷	۰/۰۰۳
۱۲	۷۱۷	۷/۹	۰/۰۶۶	۳/۶۳۰	۱/۶۶۶	۳/۵۰۰	۰/۸۱۲	۰/۷۶۰	۶/۷۲۱	۰/۲۹۰	۰/۰۰۴
۱۳	۵۸۱	۷/۸	۰/۱۲۳	۴/۲۳۹	۱/۸۳۳	۳/۴۰۰	۱/۲۲۹	۱/۶۳۳	۶/۶۳۹	۰/۶۱۲	۰/۰۰۵
۱۴	۶۸۱	۸/۱	۰/۰۷۶	۲/۰۸۶	۱/۲۵۰	۲/۸۵۰	۰/۹۱۶	۱,۶۰۵	۴/۲۶۲	۰/۱۹۳	۰/۰۱۰
۱۵	۴۳۲	۷/۷	۰/۰۳۰	۲/۲۶۰	۰/۷۵۰	۲/۸۰۰	۱/۱۲۵	۰/۹۲۹	۳/۶۰۶	۰/۰۷۲	۰/۰۱۶
۱۶	۵۹۰	۸/۰	۰/۱۱۲	۳/۹۵۶	۱/۱۶۶	۳/۶۰۰	۱/۱۴۵	۱/۹۵۷	۵/۳۷۷	۰/۱۴۳	۰/۰۰۹
۱۷	۴۹۸	۷/۳	۰/۰۳۳	۲/۳۶۹	۰/۷۵۰	۲/۸۵۰	۱/۱۲۵	۰/۹۵۷	۳/۷۷۰	۰/۰۸۷	۰/۰۱۵
۱۸	۷۱۰	۸/۱	۰/۰۶۴	۳/۹۵۶	۱/۳۳۳	۳/۷۵۰	۱/۵۰۰	۱/۴۰۸	۴/۲۴۵	۰/۵۱۶	۰/۰۰۴
۱۹	۶۲۲	۷/۷	۰/۰۳۵	۳/۵۶۵	۱/۰۰۰	۳/۶۰۰	۱/۱۶۶	۱/۱۸۳	۵/۳۷۷	۰/۳۵۴	۰/۰۰۴
۲۰	۵۹۰	۷/۸	۰/۰۲۸	۳/۱۷۳	۱/۰۰۰	۳/۰۰۰	۱/۱۸۷	۰/۹۸۵	۴,۵۰۸	۰/۱۷۷	۰/۰۱۱
۲۱	۵۶۰	۸/۱	۰/۰۳۵	۳/۳۰۴	۱/۰۰۰	۳/۱۰۰	۱/۰۲۰	۰/۵۹۱	۵,۵۷۳	۰/۰۱۲	۰/۰۰۳
۲۲	۴۹۶	۸/۱	۰/۰۲۸	۲/۶۹۵	۱/۰۰۰	۲/۹۵۰	۱/۰۴۱	۱/۰۹۸	۴/۰۹۸	۰/۱۵۳	۰/۰۲۷
۲۳	۷۰۲	۷/۹	۰/۰۴۶	۳/۶۰۰	۱/۵۰۰	۳/۵۵۰	۰/۸۹۵	۰/۶۴۷	۶/۱۴۷	۰/۲۲۵	۰/۰۵۳

جدول ۴-۲- مقادیر هدایت الکتریکی، اسیدیته، آنیون ها و کاتیون های اصلی چاه های منطقه در تیر ماه ۱۳۸۷

غلظت عناصر (epm)											
شماره نمونه	$EC$ ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	$pH$	$K^+$	$Na^+$	$Mg^{2+}$	$Ca^{2+}$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$HCO_3^-$	$NO_3^-$	$PO_4^{3-}$
۱	۴۶۳	۷/۸	۰/۰۳۰	۲/۲۱۷	۰/۷۰۸	۲/۷۰۰	۱/۰۴۱	۰/۹۰۱	۳/۶۰۶	۰/۱۱۱	۰/۰۲۰
۲	۶۰۳	۷/۳	۰/۰۵۶	۲/۴۳۴	۱/۲۵۰	۳/۷۵۰	۰/۷۲۹	۰/۹۰۱	۵/۱۶۳	۰/۱۷۷	۰/۰۲۷
۳	۶۲۲	۷/۵	۰/۰۴۳	۲/۷۸۲	۱/۳۳۳	۴/۰۰۰	۰/۸۵۴	۱/۱۱۲	۵/۵۷۳	۰/۲۷۴	۰/۰۱۶
۴	۷۱۲	۷/۴	۰/۰۳۳	۴/۴۳۴	۱/۲۵۰	۳/۵۰۰	۱/۳۷۵	۱/۳۵۲	۵/۹۸۳	۰/۲۲۵	۰/۰۱۰
۵	۶۱۸	۷/۳	۰/۰۸۴	۲/۶۵۲	۱/۸۰۳	۳/۷۰۰	۱/۲۵۰	۰/۶۰۵	۵/۰۸۱	۰/۲۵۰	۰/۰۱۳
۶	۵۶۰	۷/۵	۰/۰۶۹	۲/۶۹۵	۱/۱۶۶	۳/۴۵۰	۱/۱۸۷	۰/۴۷۸	۵/۳۲۷	۰/۲۰۹	۰/۰۰۶
۷	۶۲۷	۷/۴	۰/۰۶۴	۲/۶۰۸	۱/۵۰۰	۳/۸۵۰	۰/۸۳۳	۱/۲۹۵	۵/۳۲۷	۰/۲۵۸	۰/۰۱۷
۸	۵۶۴	۷/۵	۰/۰۵۶	۲/۳۰۴	۱/۴۱۶	۳/۱۵۰	۰/۸۵۴	۰/۹۰۱	۴/۵۰۸	۰/۱۷۷	۰/۰۱۲
۹	۵۸۸	۷/۴	۰/۰۶۹	۲/۵۶۵	۱/۰۸۳	۳/۴۵۰	۱/۱۶۶	۰/۵۳۵	۵/۱۶۳	۰/۱۲۰	۰/۰۰۳
۱۰	۷۰۱	۷/۲	۰/۰۵۳	۲/۸۲۶	۱/۱۶۶	۳/۲۵۰	۱/۳۱۲	۰/۵۶۳	۵/۰۰۰	۰/۲۴۱	۰/۰۰۸
۱۱	۷۱۱	۷/۱	۰/۰۶۴	۴/۰۸۹	۱/۳۳۳	۴/۰۰۰	۱/۵۰۰	۱/۲۳۹	۵/۸۱۹	۰/۱۷۷	۰/۰۰۳
۱۲	۶۹۹	۷/۵	۰/۰۵۶	۳/۵۶۵	۱/۵۸۳	۳/۳۵۰	۰/۷۷۰	۰/۷۳۲	۶/۴۷۵	۰/۲۷۴	۰/۰۰۵
۱۳	۷۴۷	۷/۵	۰/۰۷۶	۴/۲۶۰	۱/۵۰۰	۳/۱۰۰	۱/۱۴۵	۱/۵۷۷	۶/۰۶۵	۰/۴۰۳	۰/۰۰۷
۱۴	۶۶۸	۷/۴	۰/۰۶۱	۲/۹۱۳	۱/۱۶۶	۲/۹۰۰	۰/۸۷۵	۱/۵۴۹	۴/۷۵۴	۰/۲۴۱	۰/۰۰۶
۱۵	۵۰۰	۷/۳	۰/۰۴۳	۲/۳۴۷	۰/۹۱۶	۲/۹۰۰	۱/۱۸۷	۰/۹۸۵	۳/۹۰۱	۰/۱۴۵	۰/۰۱۳
۱۶	۸۴۵	۷/۲	۰/۰۸۹	۳/۴۳۴	۱/۱۴۶	۴/۰۵۰	۱/۲۰۸	۱/۰۴۲	۵/۷۳۷	۰/۱۹۳	۰/۰۰۸
۱۷	۴۹۶	۷/۴	۰/۰۵۱	۲/۳۰۴	۰/۸۳۳	۲/۸۰۰	۱/۰۸۳	۰/۹۸۵	۳/۶۸۸	۰/۱۲۹	۰/۰۱۲
۱۸	۶۷۱	۷/۴	۰/۰۴۶	۳/۶۵۲	۱/۱۶۶	۳/۶۰۰	۱/۴۳۷	۱/۲۹۵	۴/۸۶۸	۰/۴۳۵	۰/۰۰۶
۱۹	۵۹۴	۷/۴	۰/۰۴۳	۳/۳۴۷	۱/۰۰۰	۳/۵۰۰	۱/۱۰۴	۱/۰۷۰	۵/۰۸۱	۰/۴۰۳	۰/۰۰۷
۲۰	۶۱۵	۷/۴	۰/۰۴۳	۳/۰۴۳	۰/۹۱۶	۲/۸۵۰	۱/۱۲۵	۰/۹۵۷	۴/۲۶۲	۰/۲۴۱	۰/۰۰۹
۲۱	۶۱۰	۷/۳	۰/۰۴۸	۳/۶۹۵	۱/۰۸۳	۳/۳۰۰	۱/۱۰۴	۰/۷۰۴	۵/۸۶۸	۰/۱۲۰	۰/۰۰۴
۲۲	۸۷۳	۷/۲	۰/۰۶۴	۳/۶۵۲	۱/۳۳۳	۳/۲۵۰	۱/۲۷۰	۱/۳۸۰	۵/۱۶۳	۰/۱۹۳	۰/۰۲۰
۲۳	۷۶۶	۷/۴	۰/۰۴۳	۳/۸۲۶	۱/۵۰۰	۳/۸۵۰	۰/۹۵۸	۰/۷۶۰	۶/۴۷۵	۰/۲۷۴	۰/۰۲۴
۲۴	۵۶۳	۷/۵	۰/۰۵۳	۲/۴۷۸	۰/۹۱۶	۳/۵۵۰	۱/۱۶۶	۰/۶۱۹	۴/۷۲۱	۰/۲۰۹	۰/۰۱۰

جدول ۴-۳- پارامتر های محاسبه شده بر اساس نتایج آنالیز شیمیایی آبان ماه ۱۳۸۶

شماره نمونه	Hardness (mg/l) CaCO <sub>3</sub>	TDS (mg/l)	SAR	SSP	Na%	$\frac{Cl}{\sum Anion}$	$\frac{Na}{\sum Cation}$	% Error
۱	۱۸۶/۶	۴۶۱/۸	۱/۸	۳۹/۸۹	۴۰/۱۶۹	۰/۱۵۹	۰/۳۹۷	۱/۲
۲	۲۷۰/۷	۵۸۴/۶	۱/۶	۳۲/۸۶	۳۳/۵۰۳	۰/۴۳۰	۰/۳۲۵	۷/۷
۳	۲۶۳/۶	۵۸۹/۸	۱/۶	۳۴/۱۷	۳۴/۵۷۶	۰/۱۴۲	۰/۳۳۹	۴/۶
۴	۲۴۴/۹	۶۹۴/۲	۲/۹	۴۸/۲۳	۴۸/۴۱۳	۰/۱۵۲	۰/۴۸۰	۴/۵
۵	۲۱۹/۹	۵۲۴/۳	۱/۶	۳۵/۲۱	۳۶/۱۵۱	۰/۰۸۲	۰/۳۴۷	۱/۱
۶	۲۱۴/۵	۵۲۱/۶	۱/۶	۳۶/۰۷	۳۶/۶۲۹	۰/۰۶۲	۰/۳۵۷	۰/۳
۷	۲۶۵/۷	۶۰۲/۰	۱/۷	۳۴/۷۰	۳۵/۳۱۷	۰/۱۶۰	۰/۳۴۳	۳/۷
۸	۲۲۱/۵	۵۰۴/۱	۱/۵	۳۳/۷۷	۳۴/۲۰۱	۰/۱۳۹	۰/۳۳۵	۰/۷
۹	۲۲۸/۲	۵۴۹/۵	۱/۷	۳۶/۸۱	۳۷/۵۴۶	۰/۰۷۱	۰/۳۶۳	۳/۳
۱۰	۲۳۶/۵	۵۷۵/۷	۱/۹	۳۸/۶۲	۳۹/۲۲۹	۰/۰۸۳	۰/۳۸۲	۴/۵
۱۱	۲۴۵/۷	۶۶۰/۸	۲/۵	۴۴/۸۵	۴۵/۱۴۳	۰/۱۴۰	۰/۴۴۶	۳/۵
۱۲	۲۵۸/۲	۶۷۰/۲	۲/۲	۴۱/۲۶	۴۱/۷۱۰	۰/۰۸۵	۰/۴۰۹	۳/۱
۱۳	۲۶۱/۵	۷۷۵/۴	۳/۲	۵۰/۰۲	۵۰/۶۰۸	۰/۱۶۱	۰/۴۹۴	۴/۵
۱۴	۲۰۴/۹	۵۱۹/۲	۲/۱	۴۲/۹۵	۴۳/۵۵۶	۰/۲۲۹	۰/۴۲۴	۳/۸
۱۵	۱۷۷/۴	۴۳۰/۱	۱/۶	۳۸/۹۰	۳۹/۲۲۹	۰/۱۶۱	۰/۳۸۷	۱/۵
۱۶	۲۳۸/۲	۵۸۴/۵	۱/۹	۳۸/۲۸	۳۹/۱۶۹	۰/۱۲۵	۰/۳۷۷	۲/۶
۱۷	۱۷۹/۹	۴۴۵/۶	۱/۷	۳۹/۶۹	۴۰/۰۲۸	۰/۱۶۰	۰/۳۹۴	۰/۷
۱۸	۲۵۴/۰	۶۵۸/۶	۲/۴	۴۳/۷۶	۴۴/۱۶۳	۰/۱۶۲	۰/۴۳۴	۴/۸
۱۹	۲۲۹/۹	۶۱۵/۵	۲/۳	۴۳/۶۶	۴۳/۹۱۰	۰/۱۴۶	۰/۴۳۴	۱/۴
۲۰	۱۹۹/۹	۵۲۴/۴	۲/۲	۴۴/۲۴	۴۴/۴۶۰	۰/۱۴۳	۰/۴۴۰	۴/۷
۲۱	۲۰۴/۹	۵۶۲/۲	۲/۳	۴۴/۶۲	۴۴/۸۹۴	۰/۰۸۲	۰/۴۴۴	۳/۲
۲۲	۱۹۷/۴	۴۸۳/۳	۱/۹	۴۰/۵۶	۴۰/۸۱۳	۰/۱۷۱	۰/۴۰۳	۳/۸
۲۳	۲۵۲/۳	۶۳۰/۰	۲/۲	۴۱/۶۱	۴۱/۹۲۸	۰/۰۸۱	۰/۴۱۳	۸/۷

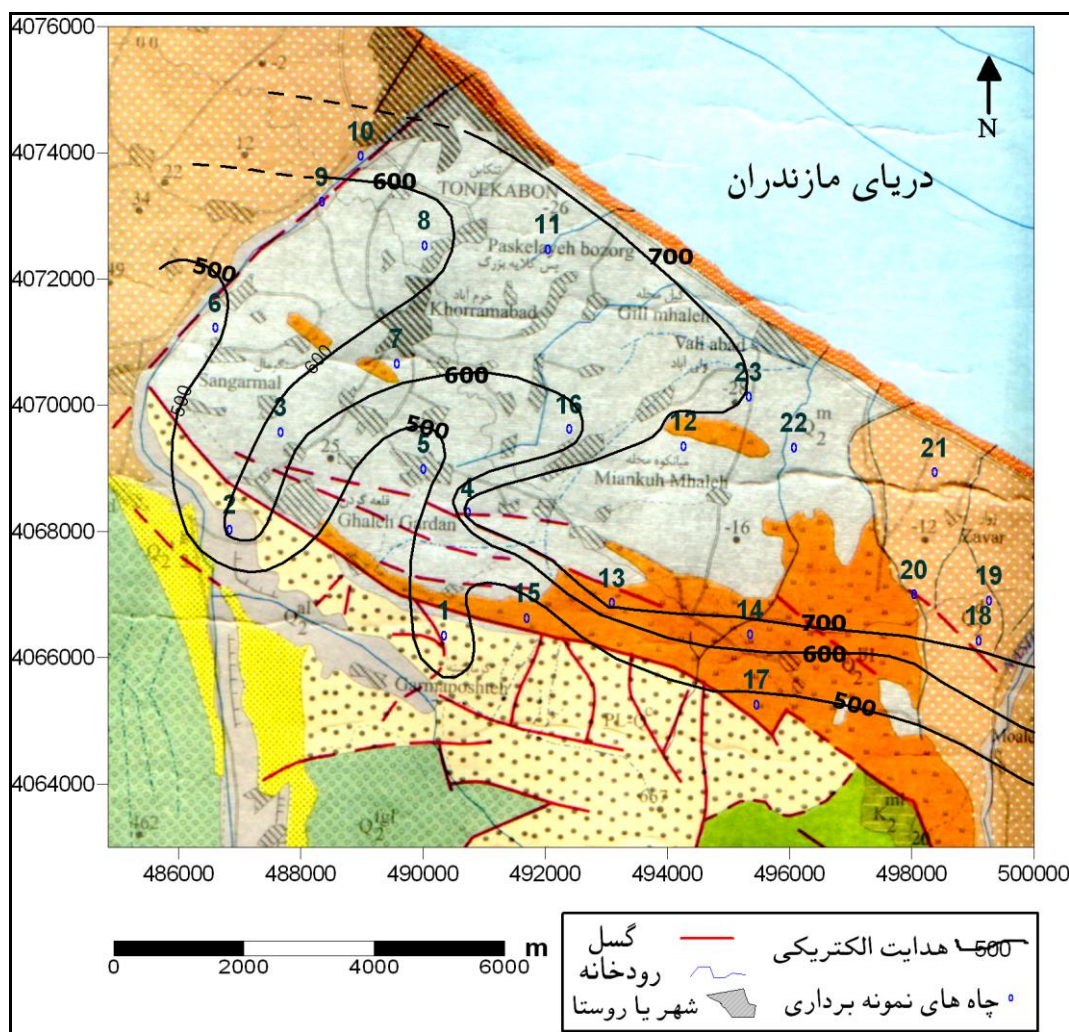


جدول ۴-۴- پارامتر های محاسبه شده بر اساس نتایج آنالیز شیمیایی تیر ماه ۱۳۸۷

شماره نمونه	Hardness (mg/l) CaCO <sub>3</sub>	TDS (mg/l)	SAR	SSP	Na%	$\frac{Cl}{\sum Anion}$	$\frac{Na}{\sum Cation}$	% Error
۱	۱۷۰/۳۶	۴۲۴/۱۵	۱/۶۹	۳۹/۴۱	۳۹/۷۴	۰/۱۵۸	۰/۳۹۲	۰/۴
۲	۲۴۹/۹۰	۵۴۱/۹۳	۱/۵۳	۳۲/۷۴	۳۳/۲۵	۰/۱۲۸	۰/۳۲۵	۶/۷
۳	۲۶۶/۵۶	۵۹۹/۶۳	۱/۷۰	۳۴/۲۸	۳۴/۶۳	۰/۱۴۲	۰/۳۴۱	۴/۱
۴	۲۳۷/۴۰	۶۸۱/۵۸	۲/۸۷	۴۸/۲۸	۴۸/۴۷	۰/۱۵۱	۰/۴۸۱	۲/۹
۵	۲۳۹/۰۸	۵۵۸/۶۵	۱/۷۱	۳۵/۶۶	۳۶/۳۹	۰/۰۸۴	۰/۳۲۵	۴/۳
۶	۲۳۰/۷۴	۵۵۹/۸۷	۱/۷۷	۳۶/۸۶	۳۷/۴۵	۰/۰۶۶	۰/۳۶۵	۲/۳
۷	۲۶۷/۳۸	۵۸۴/۹۵	۱/۵۹	۳۲/۷۷	۳۳/۳۱	۰/۱۶۷	۰/۳۲۵	۳/۶
۸	۲۲۸/۲۲	۴۹۴/۵۳	۱/۵۲	۳۳/۵۳	۳۴/۰۷	۰/۱۳۹	۰/۳۳۲	۷/۰
۹	۲۲۶/۵۸	۵۴۱/۲۹	۱/۷۰	۳۶/۱۳	۳۶/۷۵	۰/۰۷۶	۰/۳۵۷	۲/۵
۱۰	۲۲۰/۷۴	۵۴۹/۳۲	۱/۹۰	۳۹/۰۱	۳۹/۴۶	۰/۰۷۹	۰/۳۸۷	۲/۳
۱۱	۲۶۶/۵۶	۶۷۴/۵۹	۲/۵۰	۴۳/۳۸	۴۳/۷۶	۰/۱۴۱	۰/۴۳۰	۸/۱
۱۲	۲۴۶/۵۴	۶۴۵/۳۹	۲/۲۷	۴۱/۹۵	۴۲/۳۳	۰/۰۸۸	۰/۴۱۶	۳/۵
۱۳	۲۲۹/۸۸	۶۸۷/۲۰	۲/۸۰	۴۸/۰۸	۴۸/۵۳	۰/۱۷۱	۰/۴۷۶	۲/۸
۱۴	۲۰۲/۲۴	۵۴۳/۵۸	۲/۰۴	۴۱/۷۳	۴۲/۲۴	۰/۲۰۸	۰/۴۱۳	۵/۳
۱۵	۱۹۰/۷۶	۴۶۴/۰۵	۱/۶۹	۳۸/۰۸	۳۸/۵۲	۰/۱۵۸	۰/۳۷۸	۰/۴
۱۶	۲۷۳/۲۲	۶۳۷/۷۲	۲/۰۷	۳۸/۵۸	۳۹/۱۹	۰/۱۲۷	۰/۳۸۲	۹/۳
۱۷	۱۸۱/۶۰	۴۴۱/۳۴	۱/۷۰	۳۸/۸۰	۳۹/۳۳	۰/۱۶۷	۰/۳۸۴	۱/۵
۱۸	۲۳۸/۲۴	۶۱۰/۹۷	۲/۳۶	۴۳/۳۸	۴۳/۶۸	۰/۱۶۱	۰/۴۳۱	۵/۰
۱۹	۲۲۴/۹۲	۵۸۶/۹۱	۲/۲۳	۴۲/۶۵	۴۲/۹۷	۰/۱۳۹	۰/۴۲۴	۲/۸
۲۰	۱۸۸/۲۶	۵۰۲/۹۵	۲/۲۱	۴۴/۶۹	۴۵/۰۴	۰/۱۴۵	۰/۴۴۴	۳/۸
۲۱	۲۱۹/۰۸	۶۰۹/۵۲	۲/۴۹	۴۵/۷۴	۴۶/۰۶	۰/۰۹۰	۰/۴۵۴	۴/۰
۲۲	۲۲۹/۰۶	۶۰۵/۰۵	۲/۴۱	۴۴/۳۴	۴۴/۷۷	۰/۱۷۱	۰/۴۴۰	۳/۳
۲۳	۲۶۷/۳۸	۶۷۰/۳۵	۲/۳۳	۴۱/۶۹	۴۱/۹۷	۰/۰۸۹	۰/۴۱۴	۸/۲
۲۴	۲۲۳/۲۶	۵۲۰/۳۷	۱/۶۵	۳۵/۶۸	۳۶/۱۷	۰/۰۹۲	۰/۳۵۴	۳/۹

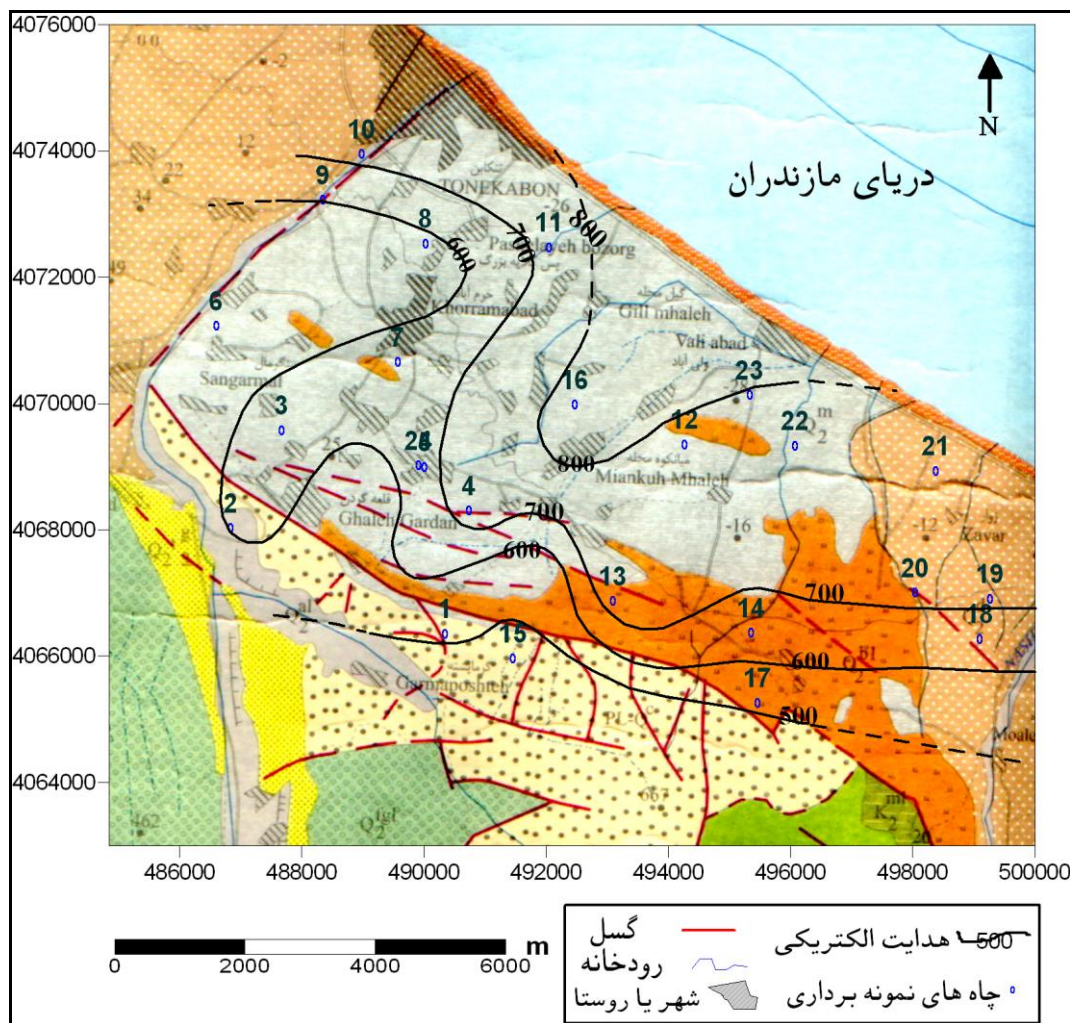
## ۴-۲-۱- بررسی تغییرات هدایت الکتریکی

همانطور که قبلاً ذکر شد اندازه گیری پارامتر هدایت الکتریکی در محل نمونه برداری صورت گرفته است. با توجه به اینکه هدایت الکتریکی نماینده کل املاح محلول می باشد و تغییرات آن در مقایسه با تغییرات تک تک یون ها آسانتر تفسیر می شود، نقشه هدایت الکتریکی منطقه پس از ثبت موقعیت جغرافیایی محل نمونه برداری و مقدار این پارامتر برای هر دو نوبت فصل خشک (آبان ماه ۱۳۸۶) و فصل تر (تیر ماه ۱۳۸۷) تهیه شده است. شکل های (۲-۴) و (۳-۴) به ترتیب نقشه های هدایت الکتریکی منطقه مورد مطالعه را برای آبان ماه ۱۳۸۶ و تیر ماه ۱۳۸۷ نشان می دهد. بر اساس شکل (۲-۴)، میزان هدایت الکتریکی در آبان ماه از ۴۳۲ تا ۷۲۵ میکروموس بر سانتیمتر تغییر می کند.



شکل ۴-۲- نقشه هدایت الکتریکی جنوب تنکابن در آبان ماه ۱۳۸۶

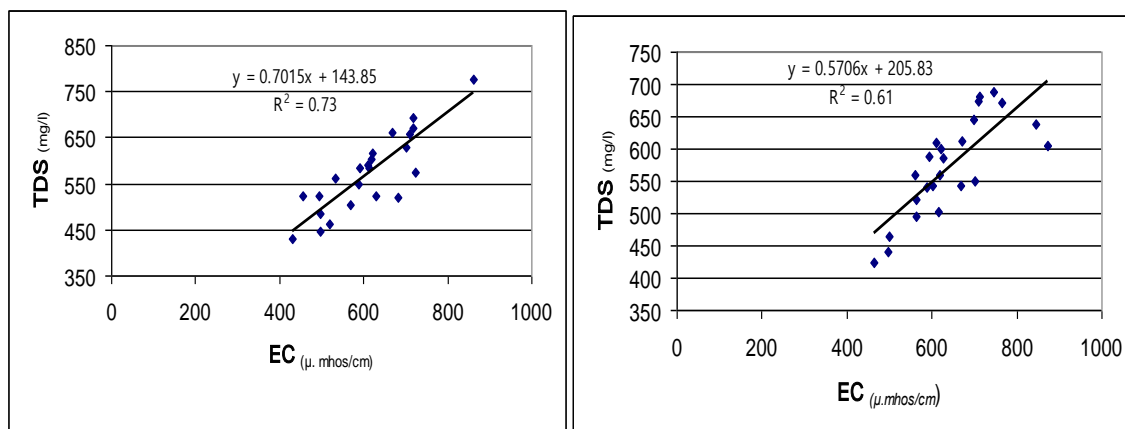
با توجه به اینکه غلظت املاح موجود در آب زیرزمینی در جهت حرکت آب افزایش می یابد و همانطور که در نقشه نیز قابل رویت است به صورت کلی و عمومی میزان املاح از سمت جنوب غرب به شمال شرق یعنی از سمت کوه به دریا افزایش یافته است، که این جهت منطبق بر حرکت آب های سطحی موجود در منطقه نیز می باشد. افزایش غلظت املاح موجود در آب زیرزمینی در همه جا از این روند تبعیت نمی کند که دلیل آن پیچیده بودن محدوده مورد مطالعه در اثر عملکرد عواملی از قبیل پیشروی دریا در گذشته و بر جای ماندن رسوبات دانه ریز دریایی، رودخانه و وجود سفره های معلق می باشد. به طوریکه در بخش هایی از منطقه که تحت تاثیر رودخانه قرار گرفته اند روند تغییرات بسیار مرتب بوده و از سمت کوه به دریا املاح موجود در آب افزایش می یابد ولی در بخش های میانی محدوده مورد مطالعه به دلیل وجود رسوبات دانه ریز دریایی و عدم شستشوی آنها توسط رودخانه ها کیفیت آب پایین می آید. در بخش شمال شرق محدوده مورد مطالعه که غلظت املاح پایینی را نشان می دهند، نمونه ها از سفره های معلق موجود در منطقه ساحلی برداشت شده است. هم چنین پایین بودن بار هیدرولیکی بخش میانی نسبت به کل محدوده، بالا بودن سطح آب زیرزمینی در این بخش و وجود مارن های لجنی به صورت پراکنده در منطقه، به خصوص در محل چاه های شماره (۱۳) و (۲۳) را می توان از جمله عوامل تاثیر گذار در افزایش هدایت الکتریکی بخش میانی ذکر کرد. شکل (۳-۴) نقشه هدایت الکتریکی جنوب تنکابن را در تیر ماه ۱۳۸۷ نشان می دهد. بر اساس نقشه مذکور، میزان هدایت الکتریکی از ۴۵۵ تا ۸۷۳ میکروموس بر سانتیمتر تغییر می کند. در این دوره نیز مانند دوره قبل روند افزایش هدایت الکتریکی از سمت جنوب غرب به شمال شرق است. هم چنین بیشترین میزان املاح موجود در آب زیرزمینی در بخش مرکزی مشاهده می شود که آن به دلیل فعالیت کشاورزی و مصرف کودهای شیمیایی و حیوانی در منطقه می باشد. ریزش کم نزولات جوی و در نتیجه شسته شدن مواد شیمیایی باقیمانده روی زمین، ناشی از مصرف کودها و سموم دفع آفات به سمت عمق منجر به افزایش هدایت الکتریکی این دوره نسبت به دوره قبل شده و در نمونه هایی که منبع آب آنها در رسوبات دانه درشت واقع شده اند بیشتر به چشم می خورد.



شکل ۴-۳- نقشه هدایت الکتریکی جنوب تنکابن در تیر ماه ۱۳۸۷

بررسی نتایج هدایت الکتریکی نمونه ها در دو دوره نمونه برداری نشان می دهد که به جز سه چاه به شماره های ۱۳، ۱۶ و ۲۲ در سایر نقاط تغییرات قابل ملاحظه ای در هدایت الکتریکی مشاهده نمی شود. بنابراین بالا بودن میزان هدایت الکتریکی در این سه چاه را می توان به احتمال زیاد به وجود منبع آلاینده در این منطقه نسبت داد که برای اثبات آن نیاز به بررسی بیشتر می باشد. به منظور تعیین ارتباط بین میزان هدایت الکتریکی و کل املاح جامد محلول در آب نمودار تغییرات هدایت الکتریکی در برابر کل جامدات محلول برای هر دو نوبت ترسیم شد (شکل ۴-۴). همانطور که در شکل (۴-۴) مشخص است بین هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول رابطه ای خطی برقرار است و این دو پارامتر دارای ضریب همبستگی  $0/85$  برای نمونه های آبان ماه ۱۳۸۶ و  $0/78$  برای نمونه های

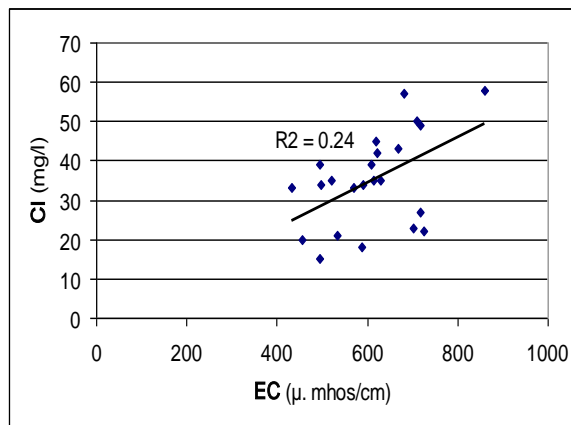
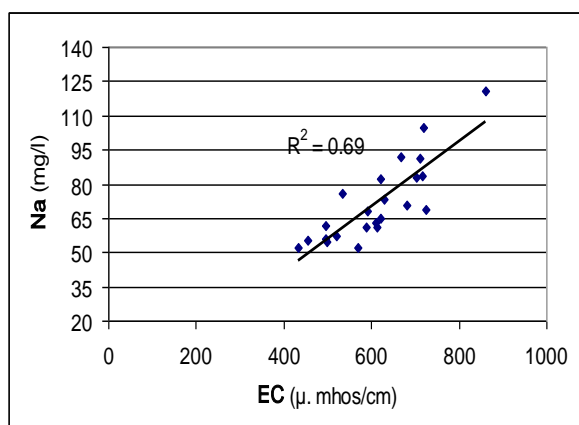
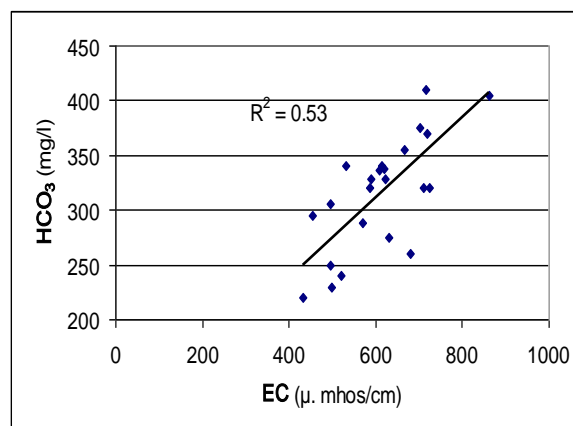
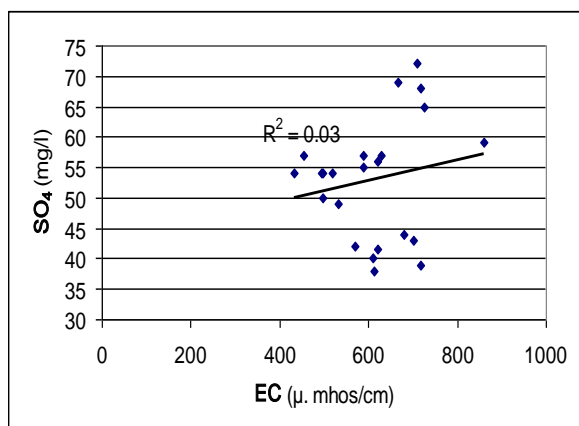
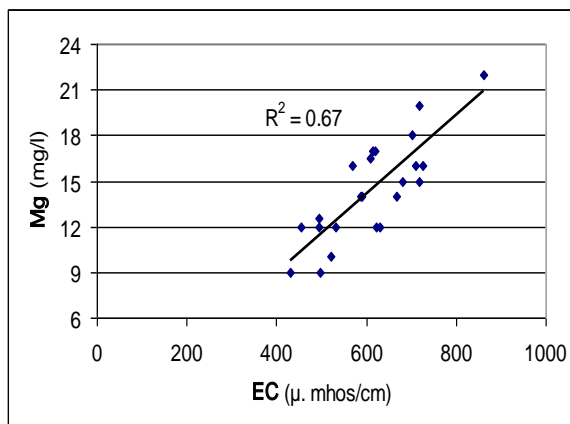
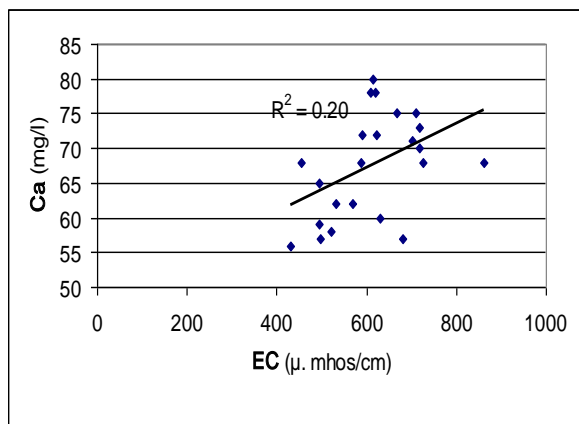
تیر ماه ۱۳۸۷ می باشند. این مطلب بیانگر افزایش هدایت الکتریکی با افزایش میزان املاح موجود در آب می باشد. هم چنین به منظور تعیین ارتباط بین هدایت الکتریکی با سایر یون ها نمودار تغییرات یون های کلسیم، منیزیم، سولفات، بیکربنات و سدیم در برابر هدایت الکتریکی رسم شده است. شکل های (۴-۵) و (۴-۶) این نمودارها را برای دو نوبت آبان ۱۳۸۶ و تیر ۱۳۸۷ نشان می دهد. بر اساس نمودارهای ترسیم شده و بر پایه آنالیز نمونه های برداشت شده، در محدوده مورد مطالعه در هر دو دوره بین میزان هدایت الکتریکی و بعضی از یون ها همبستگی وجود دارد که در این بین یون های سدیم، منیزیم و بیکربنات به ترتیب ذکر شده دارای همبستگی بیشتری نسبت به سایر یون ها با هدایت الکتریکی دارند، ولی سایر یون ها نظیر کلر، سولفات و کلسیم تغییرات کاملاً یکنواختی را نشان نمی دهند.



(الف)

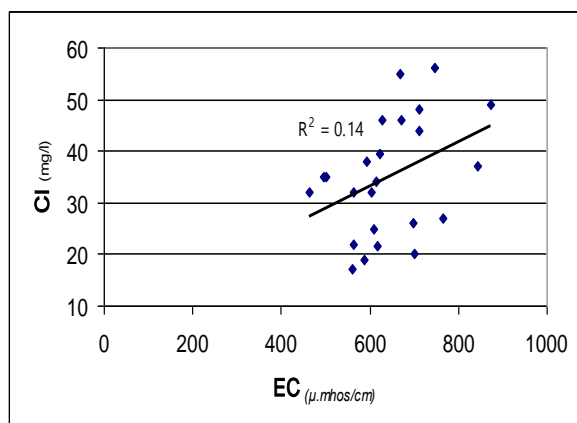
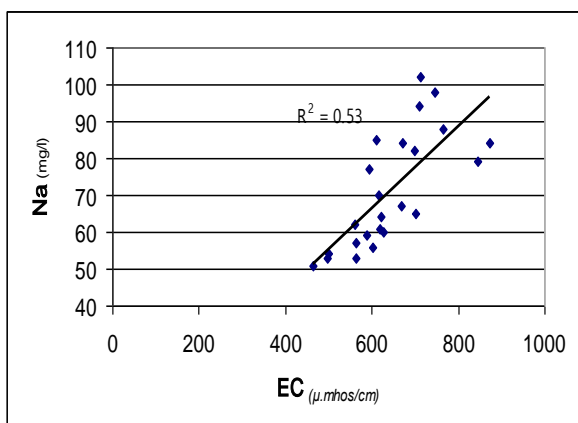
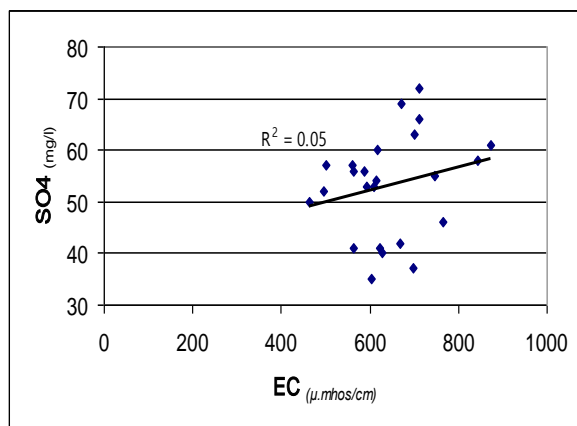
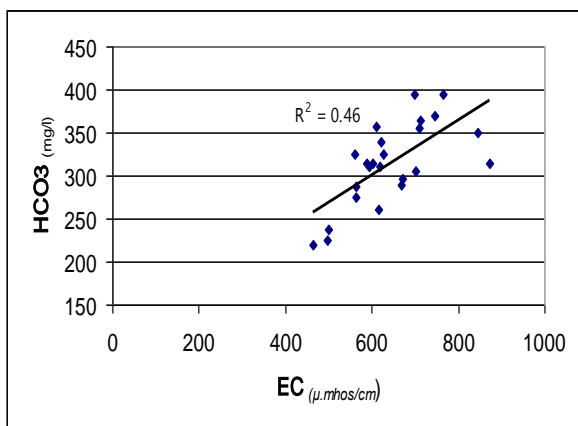
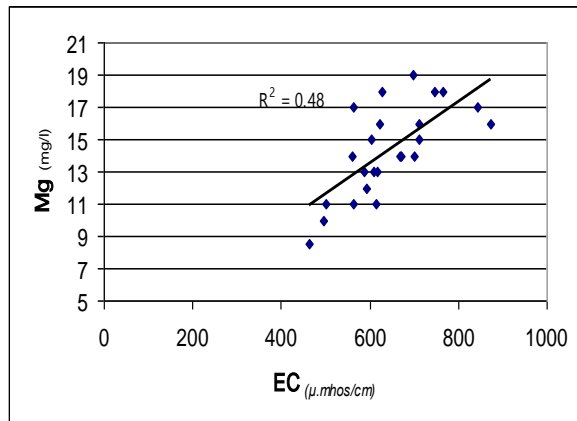
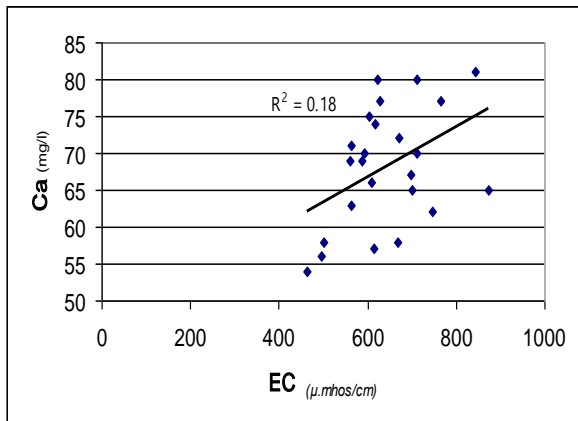
(ب)

شکل ۴-۴- نمودار رابطه هدایت الکتریکی و TDS در آبان ماه ۱۳۸۶ (الف) و تیر ماه ۱۳۸۷ (ب)



شکل ۴-۵- نمودار رابطه یون های مختلف در برابر هدایت الکتریکی در آبان ماه ۱۳۸۶

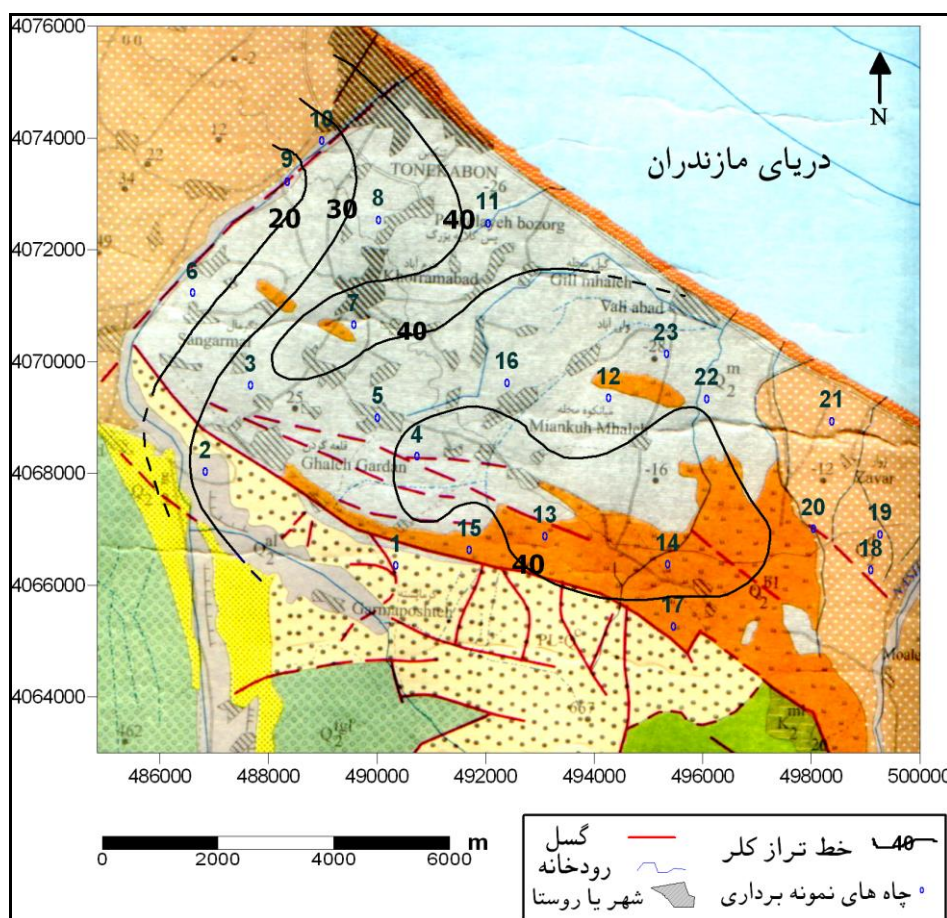




شکل ۴-۶- نمودار رابطه یون های مختلف در برابر هدایت الکتریکی در تیر ماه ۱۳۸۷

## ۴-۲-۲- بررسی تغییرات یون کلر

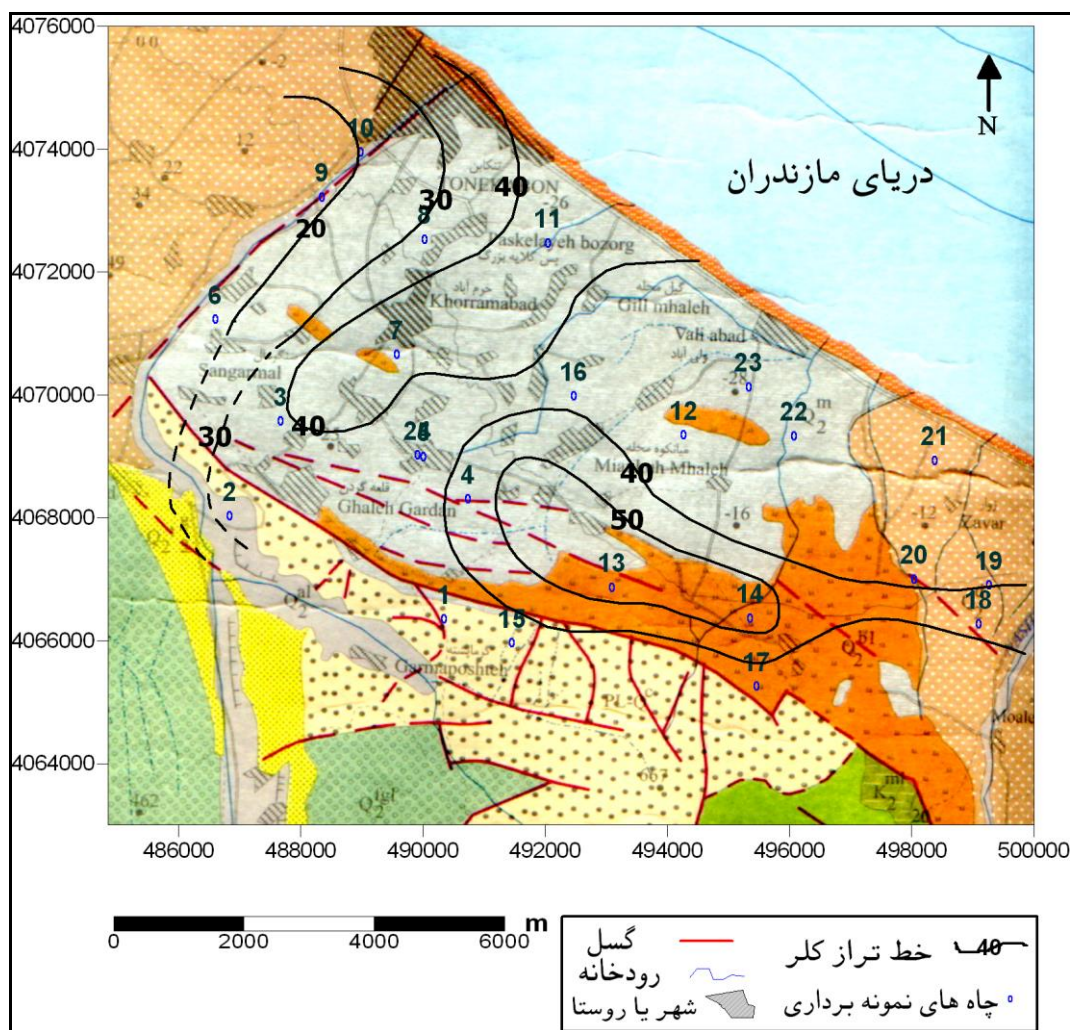
منشاء اصلی کلر در طبیعت در سنگ های رسوبی است ولی در سنگ های آذرین نیز در مقادیر کم وجود دارد. اگر مقدار آن در آب به بیش از  $100 \text{ mg/l}$  برسد، طعم شوری در آب مشخص می شود. بر طبق استاندارد ۱۰۵۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، حد مطلوب کلر در آب ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر و حد مجاز آن ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر است. در محدوده مورد مطالعه غلظت یون کلر موجود در نمونه های آب زیرزمینی برداشت شده بیش از حد مطلوب استاندارد نمی باشد. به منظور بررسی چگونگی توزیع یون کلر در منطقه نقشه کلر برای دو نوبت آبان ماه ۱۳۸۶ و تیر ماه ۱۳۸۷ ترسیم شد. شکل های (۴-۷) و (۴-۸) به ترتیب نقشه کلر را برای آبان ماه ۱۳۸۶ و تیر ماه ۱۳۸۷ نشان می دهد.



شکل ۴-۷- نقشه کلر برای آبان ماه ۱۳۸۶



بر اساس نقشه مربوط به دوره آبان ماه ۱۳۸۶ کمترین غلظت کلر در منطقه ۰/۴۲ میلی اکی والان بر لیتر در اطراف رودخانه چشمه کیله و چاه شماره (۵) می باشد. از آنجا که رودخانه دارای نقش تغذیه کننده به سفره آب زیرزمینی در اطراف خود می باشد، پایین بودن میزان یون کلر در نمونه های نزدیک به آن قابل انتظار می باشد. بیشترین غلظت کلر ۱/۶۳ میلی اکی والان بر لیتر در بخش میانی منطقه مورد مطالعه است. همانطور که در بخش هدایت الکتریکی بیان شد در جهت حرکت آب زیرزمینی از سمت کوه به دریا غلظت کلر افزایش پیدا می کند. تغییرات این یون همانند تغییرات هدایت الکتریکی می باشد که در محدوده تاثیر رودخانه بزرگ چشمه کیله در جهت دریا افزایش می یابد ولی در سایر نقاط روند مشخصی از خود نشان نمی دهد.



شکل ۴-۸- نقشه کلر برای تیر ماه ۱۳۸۷

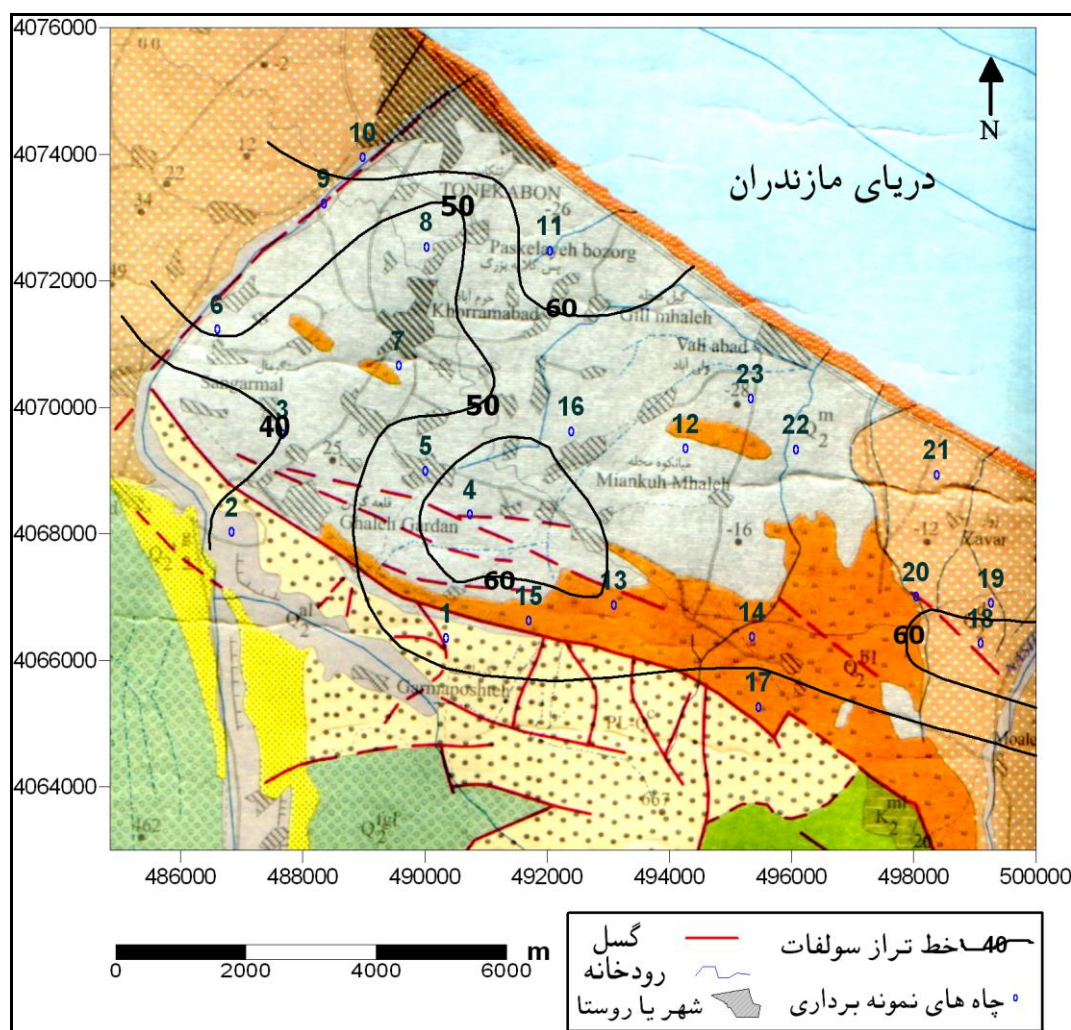
هم چنین بیشترین غلظت کلر در بخش مرکزی محدوده مورد مطالعه مشاهده می شود که آن هم می تواند به دلیل بالا بودن سطح آب در این بخش، گسترش فعالیت کشاورزی و وجود رسوبات دریایی به صورت پراکنده باشد. میزان غلظت این یون در نمونه های آب زیرزمینی برداشت شده در تیر ماه ۱۳۸۷ از ۰/۴۷ تا ۱/۵۷ میلی اکی والان بر لیتر متغیر می باشد. در مجموع میزان این یون در منطقه نسبت به دوره قبل به میزان بسیار کم افزایش نشان می دهد ولی میانگین آبان ماه ۱۳۸۶ با تیر ماه ۱۳۸۷ کم و بیش برابر است.

#### ۴-۲-۳- بررسی تغییرات یون سدیم

سدیم به صورت طبیعی از فلدسپارها (آلبیت)، کانی های رسی، سنگ های تبخیری مانند نمک طعام (NaCl) منشاء می گیرد و به طور معمول دارای غلظت کمتر از ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر است. بر طبق استاندارد ۱۰۵۳ حد مجاز آن ۲۰۰ میلی گرم در لیتر می باشد. حداقل میزان غلظت آن در آبان ماه ۱۳۸۶ برابر با ۲/۲۶ میلی اکی والان بر لیتر می باشد که در اطراف رودخانه چشمه کیله دیده می شود و بیشترین غلظت آن ۵/۲۳ میلی اکی والان بر لیتر است که در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه دیده می شود. هرچه از سمت کوه به دریا پیش رویم نیز غلظت سدیم افزایش می یابد. این یون نیز همانند سایر یون ها از روند هدایت الکتریکی تبعیت کرده و در جهت حرکت آب زیرزمینی و در بخش میانی منطقه مورد مطالعه بیشترین غلظت را نشان می دهد که دلیل آن احتمالاً وجود رسوبات دریایی قدیمی و مرداب در بخش مرکزی می باشد. غلظت سدیم در نوبت دوم از حداقل ۲/۲۱ تا حداکثر ۴/۴۳ میلی اکی والان بر لیتر تغییر می کند. در مجموع میزان غلظت این یون در آب نسبت به دوره قبل هرچند بسیار اندک، کاهش پیدا کرده است، به طوریکه میانگین غلظت یون سدیم در دوره قبل ۳/۱۲ میلی اکی والان بر لیتر بود، در حالیکه این مقدار به ۳/۰۸ میلی اکی والان بر لیتر در تیر ماه ۱۳۸۷ تقلیل یافت.

#### ۴-۲-۴- بررسی تغییرات یون سولفات در محدوده مورد مطالعه

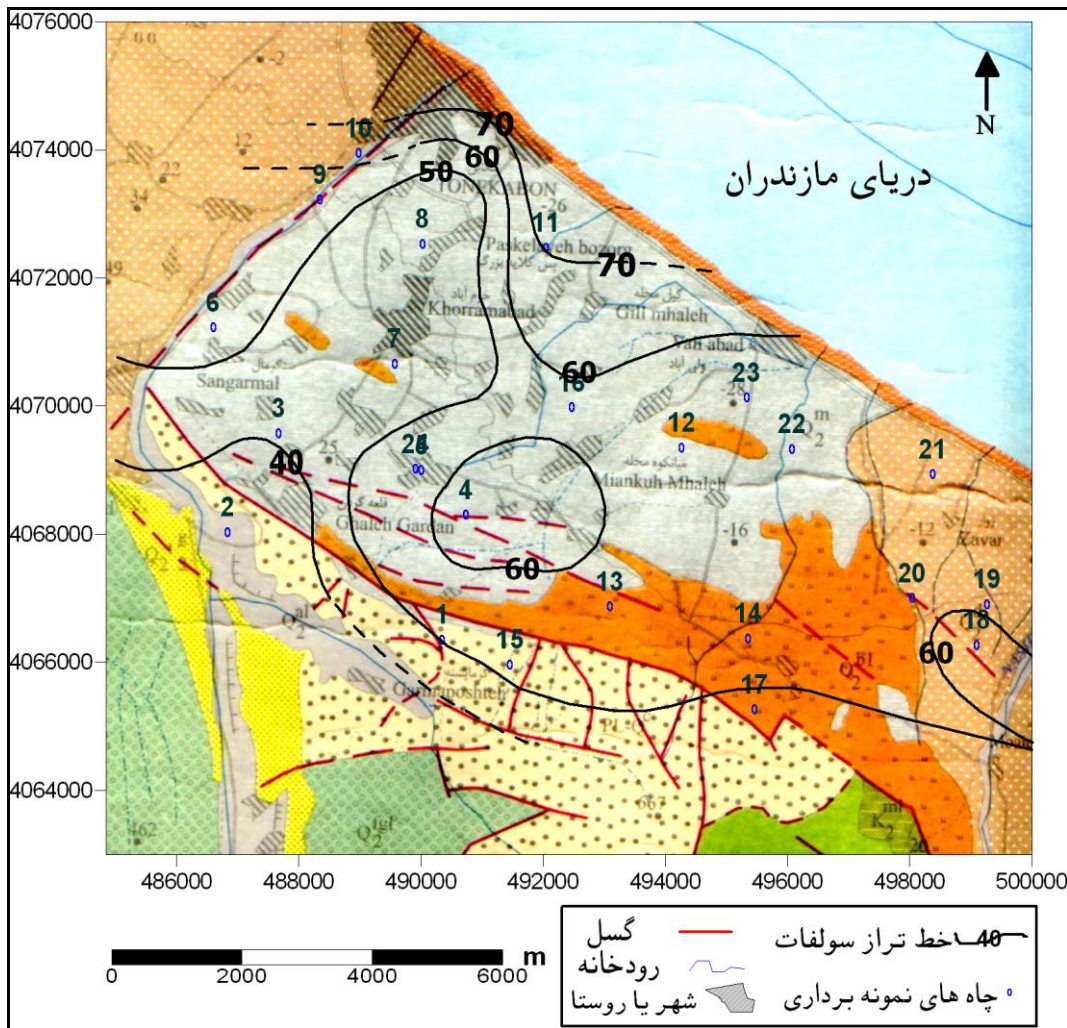
منشاء سولفات به طور طبیعی ناشی از اکسیداسیون سولفیدها، ژئیس و انیدریت است و معمولاً دارای غلظت کمتر از ۳۰۰ میلی گرم در لیتر می باشد. مهمترین منبع ورودی این یون در آب های طبیعی سولفیدهای فلزاتی نظیر مس، آهن، روی، نیکل و سرب می باشد. این سولفیدها در اثر شرایط جوی و رطوبت مناسب اکسید شده و به سولفات تبدیل می شود و در نهایت در اثر انحلال در آب های جاری به آب های زیرزمینی وارد می شوند. حضور سولفات باعث افزایش سختی آب زیرزمینی می گردد (Fresenius *et al.* 1988). شکل های (۴-۹) و (۴-۱۰) به ترتیب نقشه سولفات را برای آبان ماه ۱۳۸۶ و تیر ماه ۱۳۸۷ در جنوب تنکابن نشان می دهد.



شکل ۴-۹- نقشه هم سولفات در آبان ماه ۱۳۸۶



بر طبق استاندارد شماره ۱۰۵۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، حد مطلوب سولفات در آب ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر و حد مجاز آن ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر است که در محدوده مورد مطالعه غلظت یون سولفات موجود در نمونه های آب زیرزمینی برداشت شده بیش از حد مطلوب مطرح شده در استاندارد ها نمی باشد. این یون نیز مانند هدایت الکتریکی از سمت کوه به دریا افزایش غلظت نشان می دهد. در مجموع این یون نیز مانند یون های سدیم و کلر در اطراف رودخانه چشمه کیله غلظت پایین تری نسبت به سایر نقاط دارد و در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه نیز دارای بیشترین غلظت می باشد.



شکل ۴-۱۰- نقشه هم سولفات در تیر ماه ۱۳۸۷

حداقل غلظت این یون در محدوده مورد مطالعه در آبان ماه ۱۳۸۶، ۰/۷۹ میلی اکی والان بر لیتر و حداکثر آن ۱/۵ میلی اکی والان بر لیتر می باشد. غلظت این یون هم چنین مانند سدیم به سمت دریا افزایش نشان می دهد. هم چنین نتایج آنالیز شیمیایی دوره دوم نشان داد که یون سولفات در منطقه از حداقل ۰/۷۲ میلی اکی والان بر لیتر تا حداکثر ۱/۵ میلی اکی والان بر لیتر تغییر می کند و روند تغییرات آن نیز کاملاً مشابه نوبت اول می باشد. مقایسه میزان یون سولفات نشان می دهد که غلظت این یون در آب نسبت به دوره قبل تغییری نکرده است و میانگین غلظت یون سولفات موجود در آب زیرزمینی تنکابن در هر دو دوره برابر با ۱/۱۰ میلی اکی والان بر لیتر می باشد.

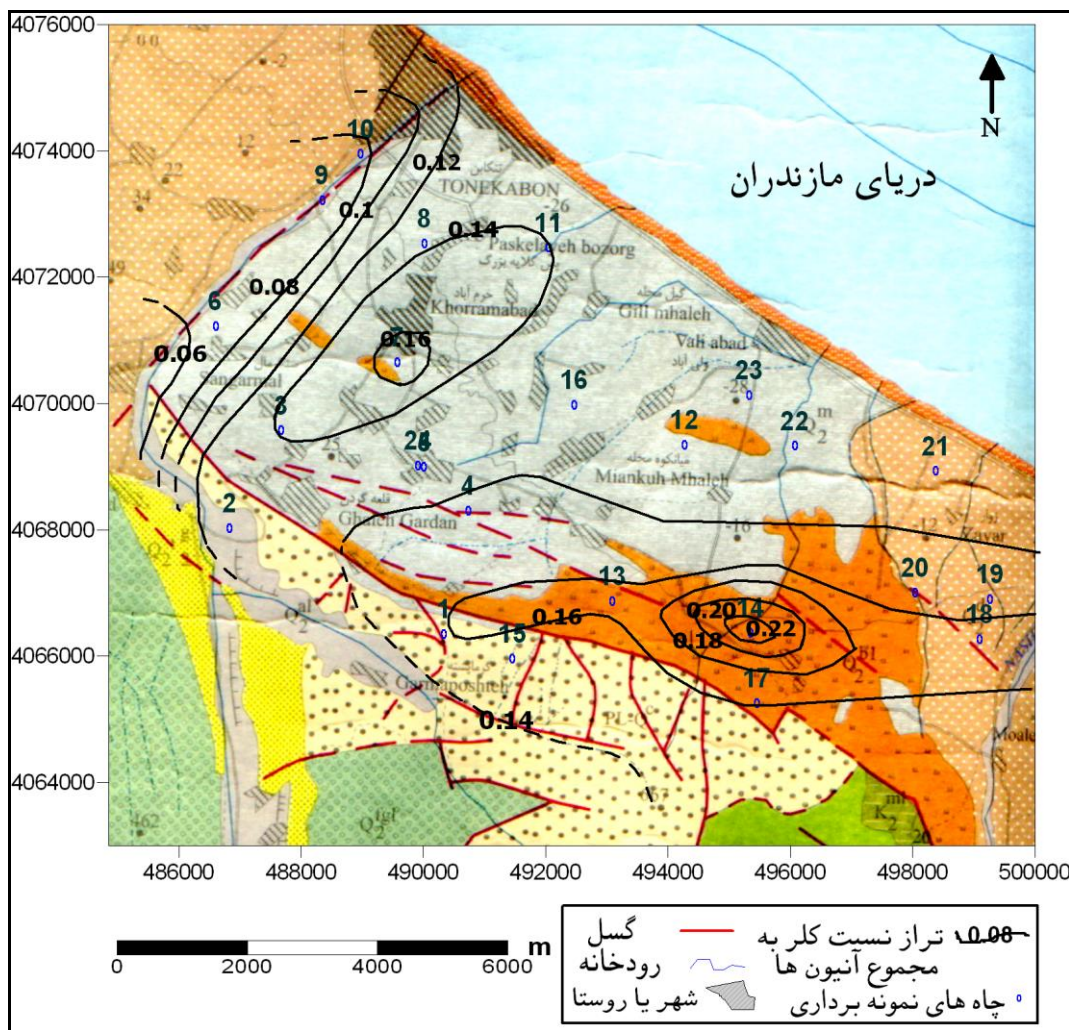
#### ۴-۲-۵- بررسی روند تغییرات نسبت سدیم به مجموع کاتیون ها و نسبت کلر

##### به مجموع آنیون ها

همانطور که قبلاً ذکر شد پس از دریافت نتایج آنالیز نمونه ها برخی از نسبت های یونی مانند سدیم به مجموع کاتیون ها و کلر به مجموع آنیون ها محاسبه شد. شکل های (۴-۱۱) و (۴-۱۲) به ترتیب نقشه های نسبت یون کلر به مجموع آنیون ها را برای آبان ماه ۱۳۸۶ و تیر ماه ۱۳۸۷ نشان می دهد. بر اساس نقشه نسبت کلر به مجموع آنیون ها در آبان ماه ۱۳۸۶ حداقل این نسبت ۰/۰۶۲ می باشد که همانند سایر یون ها در اطراف رودخانه چشمه کیله دیده می شود و حداکثر این نسبت ۰/۲۲۹ است که در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه مشاهده می شود. همانطور که ملاحظه می شود این نقشه با نقشه هم هدایت الکتریکی منطقه هم خوانی بسیار خوبی را نشان می دهد و موارد ذکر شده در خصوص تغییرات هدایت الکتریکی را تایید می نماید. به این ترتیب که هر چه از مناطق تغذیه (رودخانه چشمه کیله و پای کوهها) به طرف دریا فاصله گرفته شود نسبت کلر به مجموع آنیون ها بیشتر می شود که آن هم به دلیل تاثیر زمان ماندگاری آب در راستای جهت جریان از بالا دست به سمت پایین دست می باشد. نسبت یونی مذکور برای نمونه های نوبت دوم نیز همین روند را داشته و

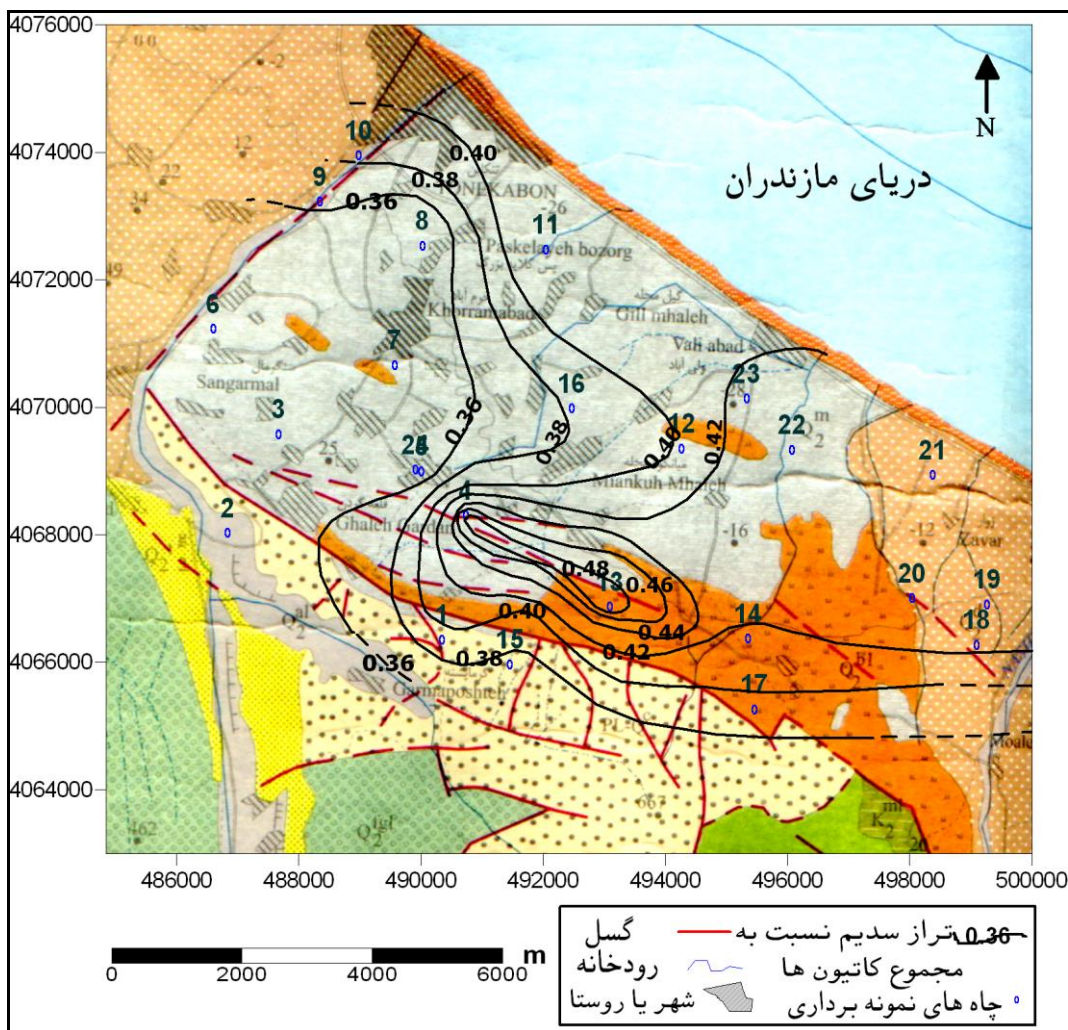






شکل ۴-۱۲- نقشه نسبت کلر به مجموع آنیون ها در تیر ماه ۱۳۸۷

پایین بودن این نسبت ها در اطراف رودخانه چشمه کیله را می توان به دو مطلب نسبت داد: اول اینکه رودخانه در این منطقه آبخوان را تغذیه می کند و در نتیجه املاح محلول آب پایین می آید و دوم اینکه جنس رسوبات تشکیل دهنده دشت در نزدیکی رودخانه عمدتاً از نوع قلوه سنگ و شن و ماسه درشت رودخانه ای می باشد که دارای قابلیت انتقال بالایی می باشند. در نتیجه به دلیل کوتاه شدن زمان ماندگاری آب، فرصت کافی برای انحلال مواد مختلف وجود ندارد و در نتیجه آب نفوذی به سمت سفره آب زیرزمینی دارای املاح پایینی می باشد. علاوه بر نزدیکی رودخانه در محل چاه شماره (۵) نیز این نسبت پایین است زیرا این چاه کم عمق و روباز می باشد که در مجاورت یک رودخانه کوچک قرار گرفته و بنابراین تاثیر تغذیه سفره به وسیله رودخانه باعث بهبود کیفیت آب شده است.

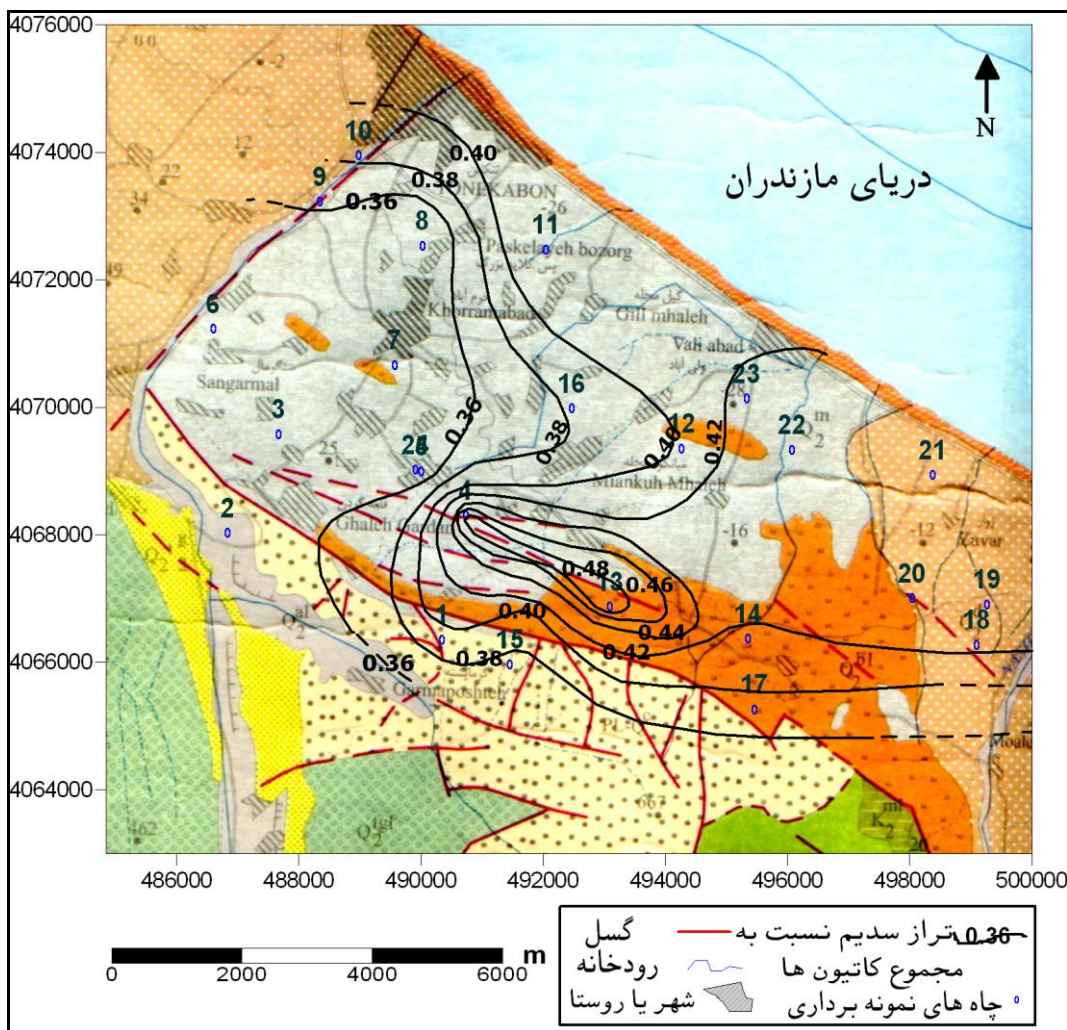


شکل ۴-۱۳- نقشه نسبت سدیم به مجموع کاتیون ها در آبان ماه ۱۳۸۷

#### ۴-۲-۶- بررسی روند تغییرات سختی در محدوده مورد مطالعه

سختی نتیجه وجود کاتیون های فلزی دو ظرفیتی نظیر کلسیم و منیزیم در آب می باشد. این یونها در اثر واکنش با صابون رسوب می کنند و هم چنین اگر همراه آنیون های خاص در آب باشند منجر به پوسته گذاری می شوند. زمانی که آب باران به صورت عمقی نفوذ می کند بر اثر فعالیت باکتری ها، میزان دی اکسید کربن محلول در آن افزایش می یابد و در نتیجه انحلال کانی های کربناته موجود در سفره سرعت می گیرد و غلظت یون های فلزی منیزیم و کلسیم در آب زیاد شده و سختی آب زیاد می گردد.





شکل ۴-۱۴- نقشه نسبت سدیم به مجموع کاتیون ها در تیر ماه ۱۳۸۷

میزان سختی کل از رابطه زیر محاسبه می شود که در این رابطه:

$$Hr = 2.5Ca + 4.1Mg \quad (\text{رابطه ۴-۱})$$

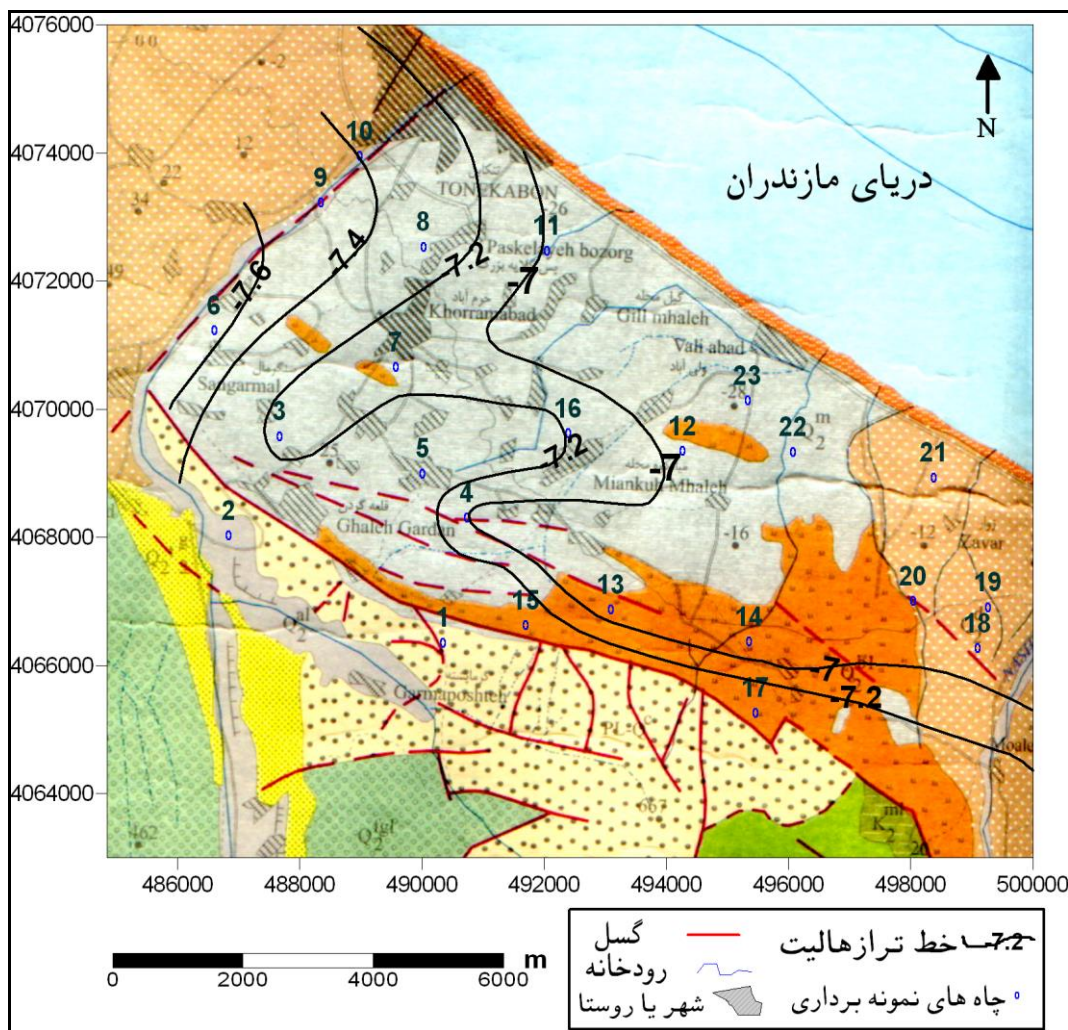
غلظت یونهای  $Ca$ ,  $Mg$  بر حسب میلی گرم بر لیتر است و  $Hr$  یا سختی کل بر حسب میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم می باشد. پس از دریافت نتایج آنالیز شیمیایی، سختی کل برای نمونه ها در آبان ماه ۱۳۸۶ و تیر ماه ۱۳۸۷ محاسبه شد (جداول ۳-۴ و ۴-۴). بر اساس جداول مذکور حداقل سختی آب زیرزمینی در نمونه های آبان ماه ۱۳۸۶، برابر با  $177/4$  میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم می باشد که در بخش جنوب و غرب منطقه مورد مطالعه یعنی در مناطقی که تغذیه از آنجا صورت می گیرد

مشاهده می شود و حداکثر آن ۲۷۰/۷ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم است و در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه دیده می شود. هم چنین میزان حداقل سختی آب زیرزمینی برای نمونه های مربوط به تیر ماه ۱۳۸۶ برابر با ۱۷۰/۳ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم و حداکثر آن ۲۷۳/۲ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم می باشد. در مجموع سختی آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه نسبت به دوره قبل اندکی افزایش یافته است. میانگین سختی در دوره اول نمونه برداری ۲۲۸/۵ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم بود در حالیکه در نوبت دوم این مقدار به ۲۲۹/۹ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم افزایش یافته است. در مجموع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه بر طبق طبقه بندی تاد<sup>۱</sup> (۲۰۰۵) در رده آب های سخت قرار می گیرد. بالا بودن غلظت کلسیم و منیزیم در آب های منطقه را می توان به انحلال کانی های کربناته موجود در سفره نسبت داد. از آنجا که خاک محدوده مورد مطالعه مرطوب و غنی از مواد آلی است، محیط مناسبی جهت فعالیت میکروارگانیسم ها و باکتری ها محسوب شده و در نتیجه عملکرد این میکروارگانیسم ها میزان فشار دی اکسید کربن خاک زیاد می شود. بنابراین اسیدیته آب های نفوذی ضمن عبور از خاک افزایش یافته و انحلال کانی های کربناته شدت می گیرد و در نهایت غلظت این عناصر در آب زیاد می شود. هم چنین استفاده از کودهای کلسیم دار و آهک برای فعالیت های کشاورزی در محدوده مورد مطالعه می تواند از عوامل موثر بر سختی آب زیرزمینی منطقه محسوب شود.

#### ۴-۲-۷- محاسبه نمایه های اشباع کلسیت، دولومیت و هالیت

به منظور محاسبه شاخص های اشباع کلسیت، دولومیت و هالیت در منطقه مورد مطالعه از نرم افزار (phreeqc) استفاده شد. نتایج این بررسی نشان داد که شاخص اشباع کلسیت و دولومیت برای تمامی نمونه ها در منطقه مورد مطالعه مثبت بوده و بیانگر اشباع بودن آب زیرزمینی نسبت به این دو عنصر است. هم چنین مقادیر شاخص اشباع هالیت در منطقه نشان می دهد که آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه نسبت به هالیت غیر اشباع است. شکل (۴-۱۵) نقشه تغییر شاخص اشباع هالیت را در جنوب تنکابن نشان می دهد.

<sup>۱</sup> Tood 2005



شکل ۴-۱۵- نقشه تغییر شاخص اشباع هالیت در جنوب تنکابن

علت اشباع بودن کلسیت و دولومیت در منطقه به احتمال زیاد به این دلیل است که آب های نفوذی به سفره آب زیرزمینی به علت بالا بودن گاز کربنیک خاک به شدت اسیدی شده و نمک های کلسیم و منیزیم به مقدار قابل توجهی در آب حل می شوند و این امر باعث می شود که آب های زیرزمینی منطقه از لحاظ شاخص های اشباع کلسیت و دولومیت اشباع باشند. بر اثر انحلال کانی های کربناته موجود در سفره نهایتاً اسیددیده آب زیرزمینی کاهش می یابد. بر اساس شکل مذکور ملاحظه می شود که از نظر درجه اشباع تمام منطقه نسبت به هالیت غیر اشباع است ولی از سمت کوه به دریا مقدار این شاخص بیشتر می شود که نشان دهنده اشباع شدن آب در جهت حرکت از پایین دست به سمت دریا نسبت به نمک می باشد.

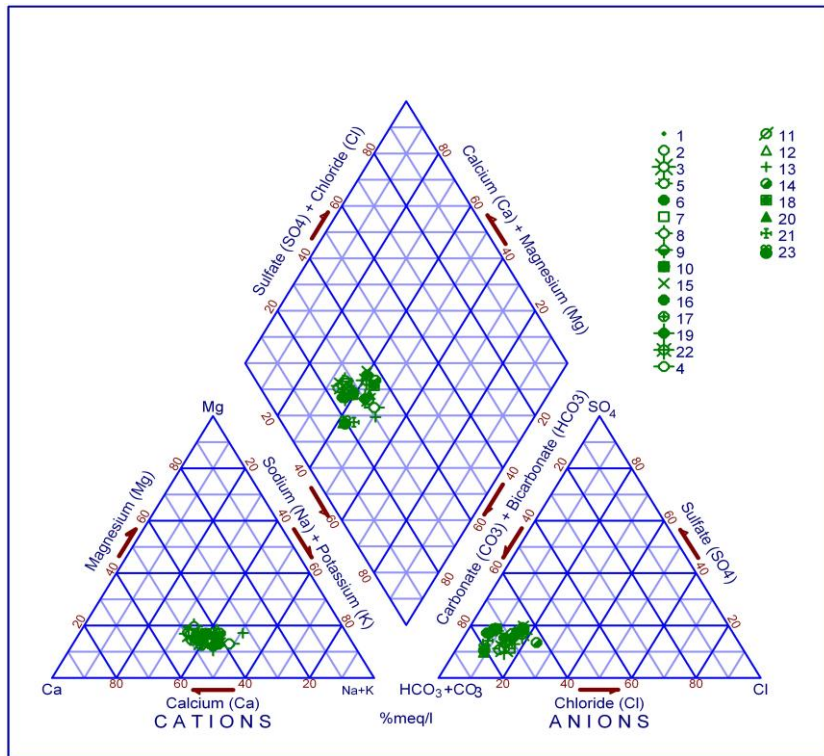
## ۴-۲-۸- بررسی زون های غالب یونی آب زیرزمینی با استفاده از نمودار پایپر

یکی از رایجترین و کاربردی ترین نمودارهایی که جهت بررسی کیفیت آب مورد استفاده قرار می گیرد دیاگرام مثلثی پایپر است. شباهت ها و تفاوت های نمونه ها از طریق دیاگرام پایپر به خوبی مشخص می شود زیرا نمونه هایی که دارای خصوصیات مشابه هستند به صورت گروهی در کنار یکدیگر قرار می گیرند. هم چنین از نمودار پایپر جهت تعیین تیپ آب، انحلال یا رسوبگذاری، اختلاط بین دو نوع آب و تبادل یونی استفاده می کنند. شکل های (۴-۱۶) و (۴-۱۷) به ترتیب نمودارهای پایپر را برای آبان ماه ۱۳۸۶ و تیرماه ۱۳۸۷ نشان می دهند. با توجه به موقعیت قرار گیری نمونه های آب در دیاگرام پایپر در هر دو دوره نتیجه گیری می شود که آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه دارای کلسیم، منیزیم و بیکربنات بالایی می باشد و آب هایی با سختی موقت هستند. بر اساس این دیاگرام تمام نمونه ها دارای سختی کربناته بیش از ۵۰ درصد هستند و در آنها غلبه با اسیدهای ضعیف و عناصر قلیایی خاکی می باشد.

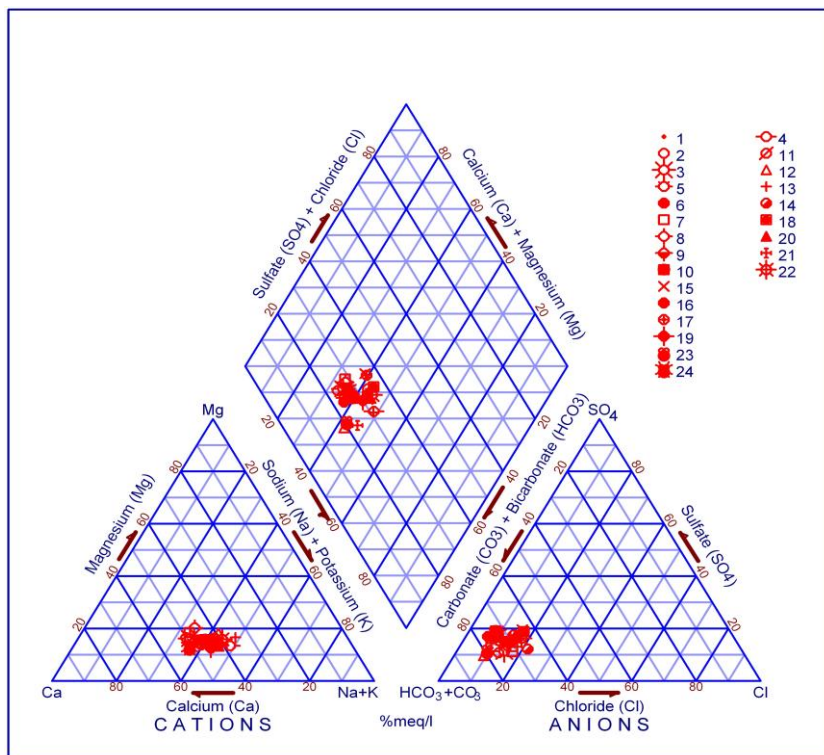
## ۴-۲-۹- بررسی تیپ آب های زیرزمینی با استفاده از دیاگرام استیف

استفاده از دیاگرام استیف یکی از بهترین روش ها جهت تعیین تیپ نمونه های آب می باشد. اندازه و شکل حاصل از این نمودار، تقریباً برابر با کل محتوی یونی است. هم چنین از این نمودار جهت تشخیص سنگ منشاء های مختلف نیز استفاده می شود. شکل های (۴-۱۸) و (۴-۱۹) نمودار استیف ترسیم شده برای نمونه های آب زیرزمینی در آبان ماه ۱۳۸۶ و تیر ماه ۱۳۸۷ را نشان می دهد. همانطور که در شکل (۴-۱۸) مشخص است اکثر نمونه دارای آنیون غالب بیکربنات و کاتیون غالب کلسیم می باشند و به عبارت دیگر دارای تیپ بیکربنات کلسیک می باشند و بعضی از نمونه ها دارای حالت حدواسط بوده و تیپ آب آنها بیکربنات کلسیک-سدیک می باشد. تنها چند نمونه در منطقه دارای تیپ بیکربنات سدیک می باشند که نمودار استیف تیر ۱۳۸۷ نیز این مطلب را تایید می کند.

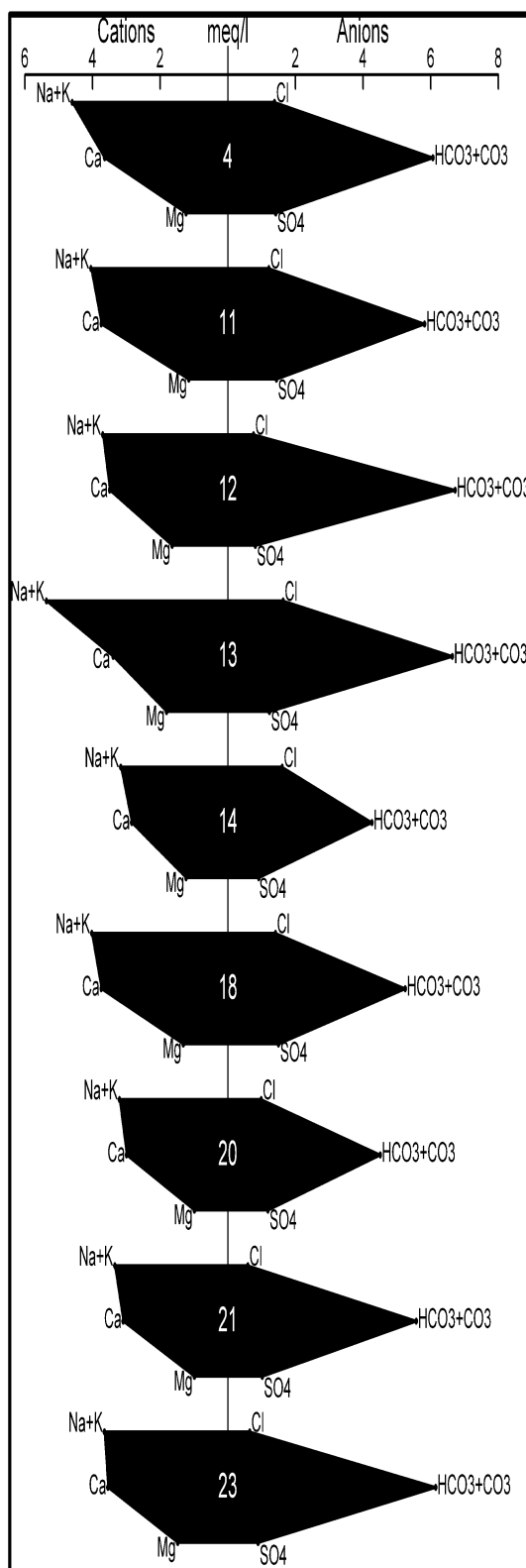
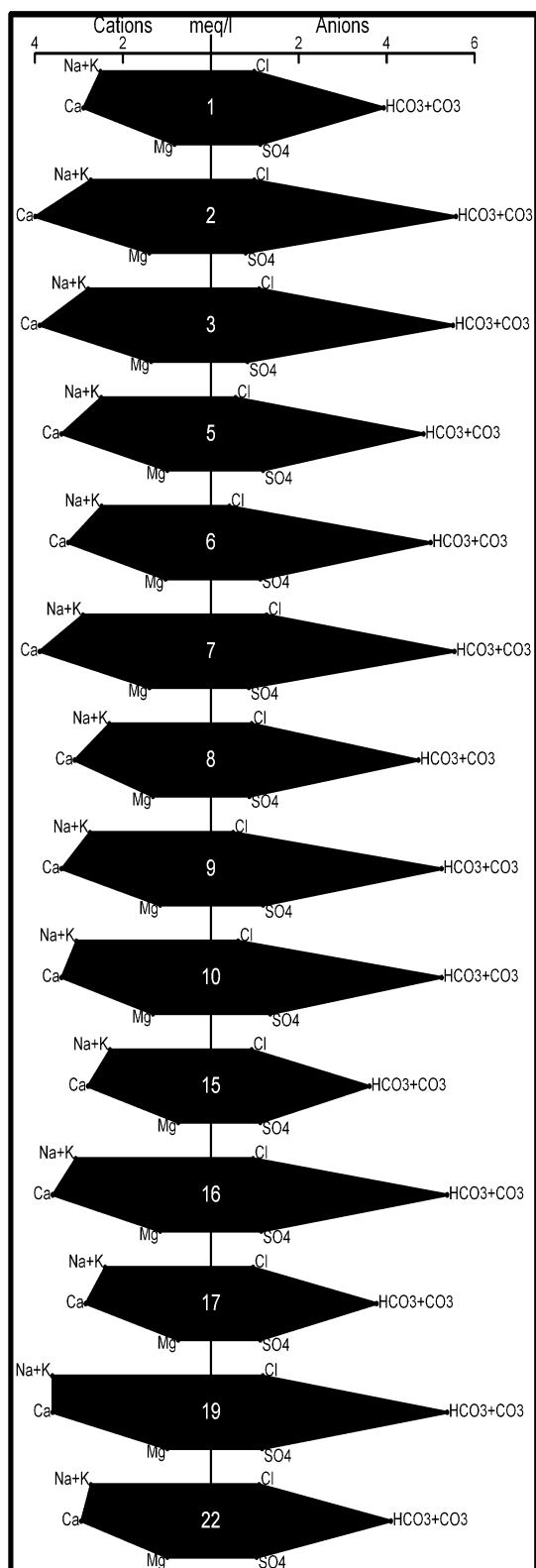




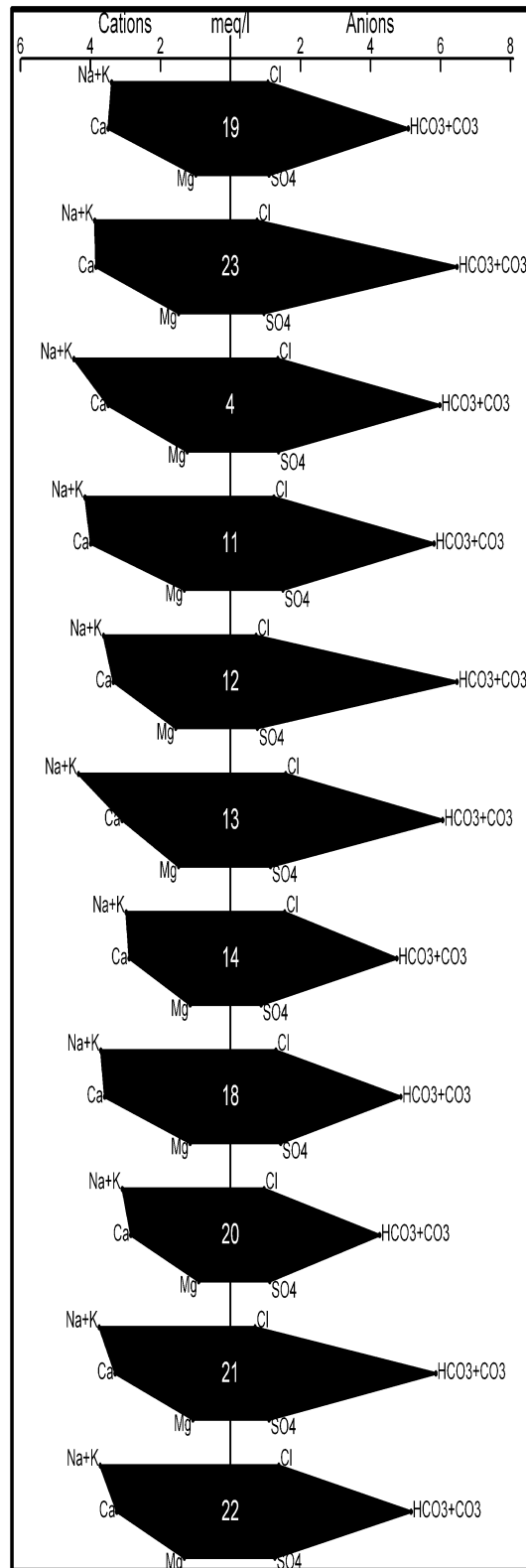
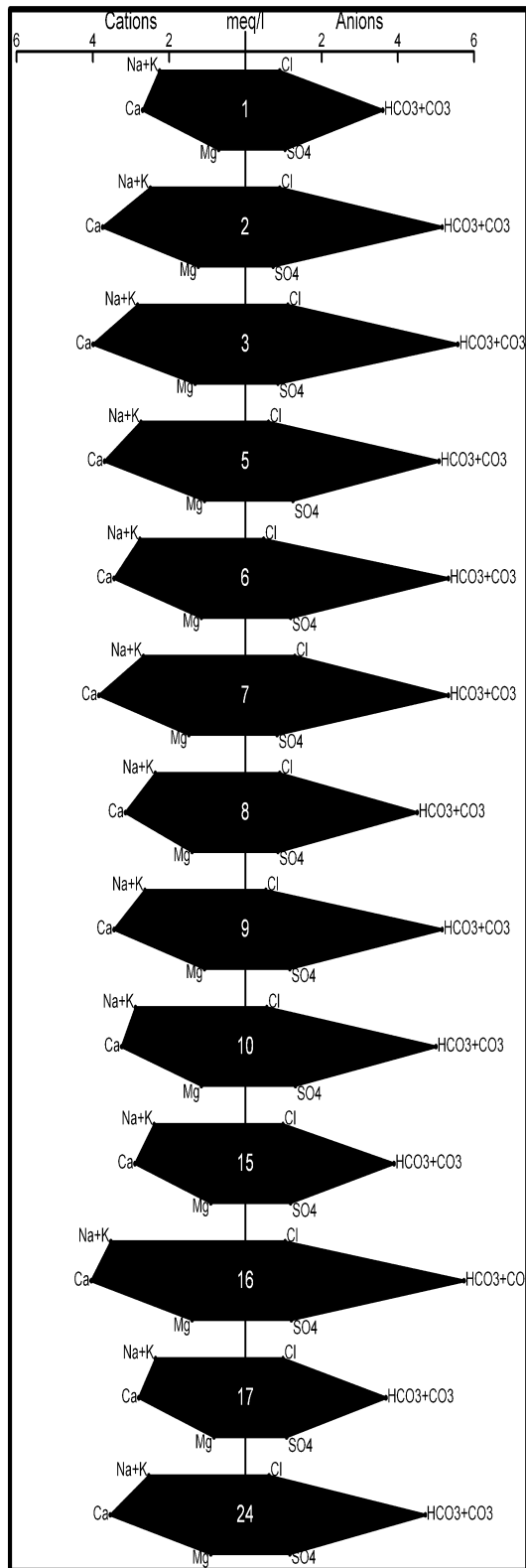
شکل ۴-۱۶- دیاگرام Piper مربوط به نمونه های آبان ماه ۱۳۸۶



شکل ۴-۱۷- دیاگرام Piper مربوط به نمونه های تیر ماه ۱۳۸۷



شکل ۴-۱۸- نمودار استیف مربوط به نمونه های آبان ماه ۱۳۸۶



شکل ۴-۱۹- نمودار استیف مربوط به نمونه های تیر ماه ۱۳۸۷

#### ۴-۲-۱۰- بررسی کیفیت آب های زیرزمینی از نظر شرب

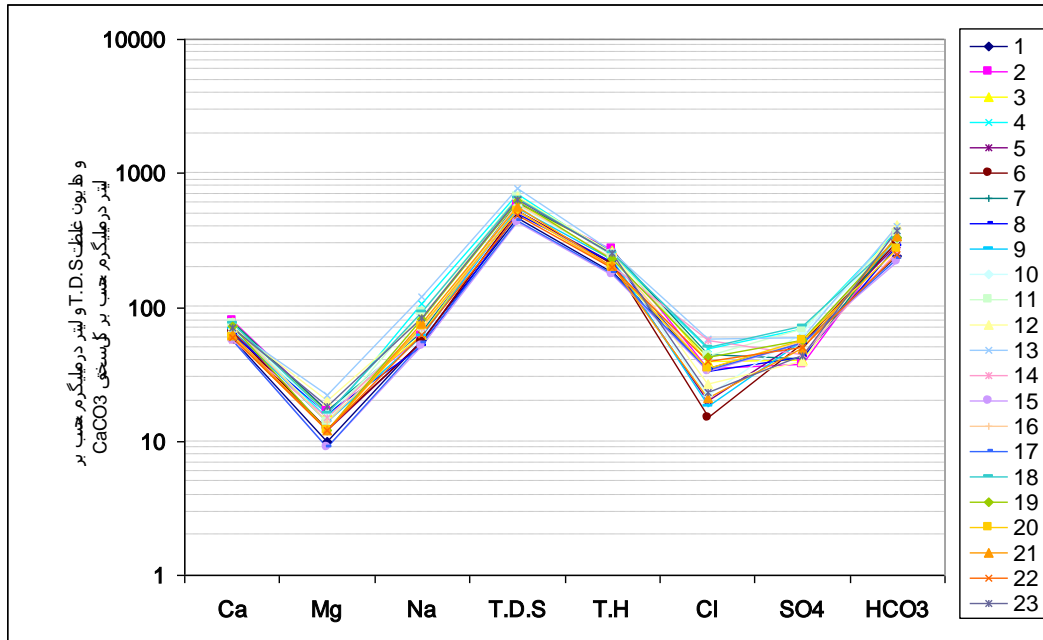
آب آشامیدنی باید فاقد رنگ، طعم و بو باشد و به لحاظ عناصر و مواد شیمیایی موجود در آن در محدوده مجاز که توسط سازمان های بهداشتی تعیین می شود، قرار می گیرد. به منظور تعیین کیفیت آب زیرزمینی تنکابن از نظر شرب از دیاگرام شولر استفاده شد که شکل های (۴-۲۰) و (۴-۲۱) این دیاگرام را برای نمونه های مربوط به آبان ماه ۱۳۸۶ و تیر ماه ۱۳۸۷ نشان می دهد. بر اساس دیاگرام ترسیم شده میزان عناصر محلول در آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در هر دو نوبت نمونه برداری، در هیچ یک از نمونه ها از حد مجاز تجاوز نمی کند و لذا از این لحاظ قابل قبول تا خوب قرار می گیرد.

#### ۴-۳-۱۱- بررسی کیفیت آب های زیر زمینی از نظر کشاورزی

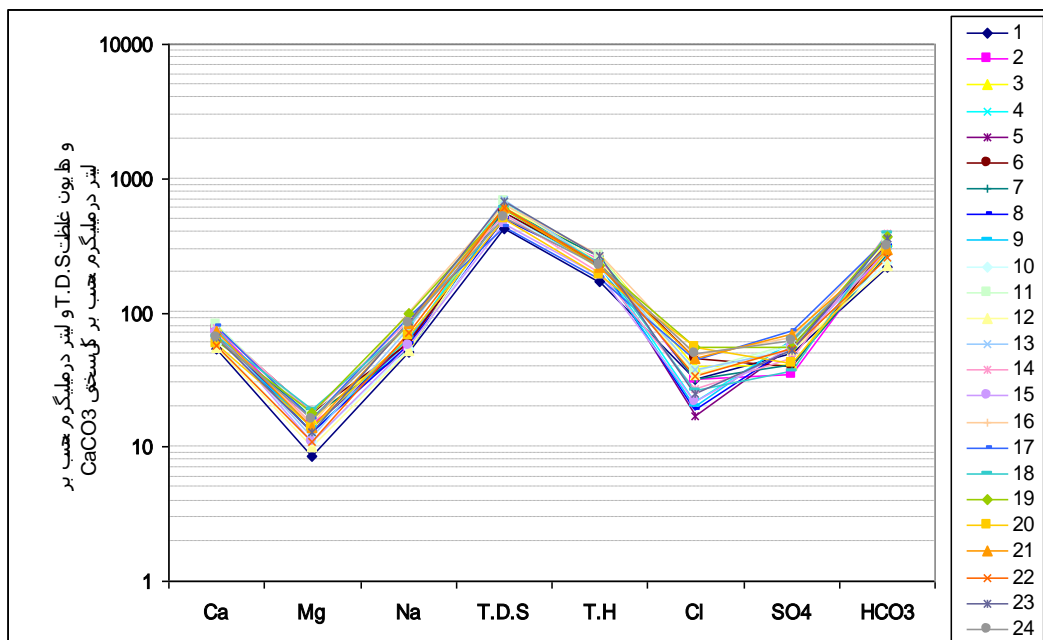
مهمترین معیار طبقه بندی آب از نظر کشاورزی شوری و مقدار سدیم موجود در آن می باشد. زیرا این دو نه تنها بر رشد گیاه موثرند بلکه درجه تناسب آب را از نظر آبیاری و تاثیر آن بر نفوذ پذیری خاک مشخص می سازد. محاسبه سدیم با یکی از معیار های جذبی سدیم یا درصد سدیم محلول (SSP) سنجیده می شود. این پارامترها محاسبه شده و در جداول (۴-۳) و (۴-۴) آورده شده است. بر اساس درصد سدیم محلول محاسبه شده تمام نمونه های آب زیرزمینی در هر دو نوبت نمونه برداری در رده خوب تا قابل قبول قرار می گیرند. هم چنین جهت تعیین کیفیت آب های زیرزمینی منطقه جنوب تنکابن از نظر کشاورزی از نمودار ویل کاکس استفاده شد. شکل های (۴-۲۲) و (۴-۲۳) نمودار ویلکاکس مربوط به آبان ماه ۱۳۸۶ و تیر ماه ۱۳۸۷ نشان می دهد. همانطور که در شکل های (۴-۲۲) و (۴-۲۳) مشهود است تمامی نمونه های مربوط به آبان ماه ۱۳۸۶ در رده C2S1 قرار دارند و اغلب نمونه های مربوط به تیر ماه ۱۳۸۷ نیز در رده C2S1 قرار می گیرند به جز سه نمونه که در رده C3S1 قرار می گیرند. بنابراین نتیجه گیری می شود که در مجموع آب این منطقه برای



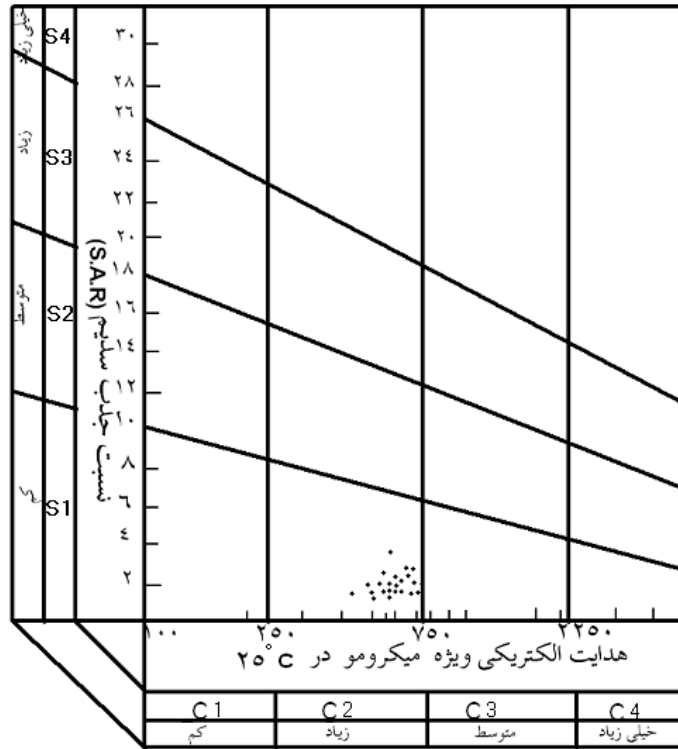
کشاورزی مناسب می باشد.



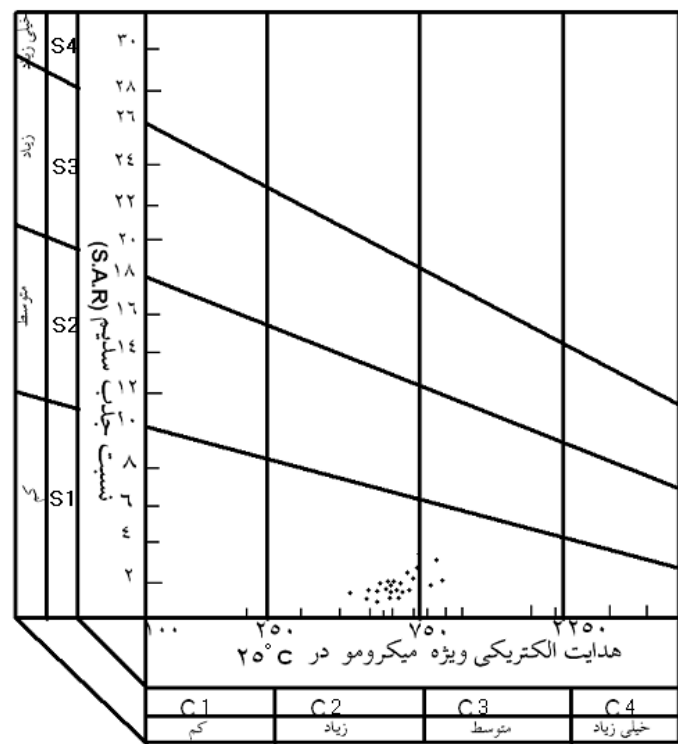
شکل ۴-۲۰- دیاگرام شولر مربوط به نمونه های آبان ماه ۱۳۸۶



شکل ۴-۲۱- دیاگرام شولر مربوط به نمونه های آبان ماه ۱۳۸۶



شکل ۴-۲۲- نمودار ویلکاکس مربوط به نمونه های آبان ماه ۱۳۸۷



شکل ۴-۲۳- نمودار ویلکاکس مربوط به نمونه های تیر ماه ۱۳۸۷

## **پنجم فصل**

### **بررسی هیدروژنولوزی آبخوان**

## ۵-۱- مقدمه

شهرستان ساحلی تنکابن از سه بخش جلگه ای، تپه ماهوری و کوهستانی تشکیل شده است که در بخش کوهستانی سنگ های آهکی و سخت رخنمون دارند ولی رسوبات بخش ساحلی عمدتاً رودخانه ای- دلتایی می باشد. عمده ترین ذخیره آب شیرین نیز در همین رسوبات آبرفتی موجود می باشد. تاکنون مطالعه ای پیرامون خصوصیات هیدروژئولوژیکی سفره آبرفتی این منطقه صورت نگرفته است. تنها مطالعات صورت گرفته بررسی های ژئوالکتریک و مقاطع مربوط به آن می باشد که با بررسی آنها مشخص شده است که در بخش هایی از منطقه، در اعماق بیشتر از چهل متر، یک افق هادی با مقاومت ویژه کمتر از ۱۰ اهم متر وجود دارد که حاوی آب شور می باشد. منشاء آب شور منطقه مشخص نبوده ولی در برخی از نوشته ها آن را به آب های فسیلی نسبت داده اند و عده ای نیز آن را در نتیجه وجود رسوبات حاوی مواد آلی زیاد و ترکیبات هیدروکربنی موجود در رسوبات دانه ریز دانسته اند. رسوبات آبرفتی دشت دارای دو منشاء می باشند. منشاء رودخانه ای و رسوبات واریزه ای که از تشکیلات حاشیه دشت منشاء گرفته اند و رسوباتی که منشاء دریایی دارند و مربوط به پیش روی دریای خزر است. رسوبات دسته اول در کنار مخروط افکنه ها و در ابتدای دشت دیده می شوند ولی رسوبات دسته دوم در قسمت های شمالی دشت و نزدیک به ساحل دریا وجود دارند. عمق برخورد به آب در نقاط مختلف دشت یکسان نبوده بلکه از جنوب (حاشیه ارتفاعات) به سمت شمال (ساحل دریا) از مقدار آن کاسته می شود.

## ۵-۲- سیستم سفره آب های زیرزمینی

سفره های آب زیرزمینی منطقه به صورت آزاد و تحت فشار و در برخی مناطق ساحلی به صورت معلق دیده می شوند. در ابتدای دشت سفره از نوع آزاد و با عمق آب زیرزمینی نسبتاً زیاد و در مراکز دشت به علت وجود لایه های رسی و مارنی در اعماق به صورت سفره های تحت فشار یا نیمه تحت

فشار و در منتهی الیه دشت (نزدیک ساحل) سفره های محدود معلق دیده می شود که تعداد چاه های حفر شده در این سفره های معلق ساحلی که جهت شرب استفاده می شود به مراتب بیشتر از سایر چاه ها است. وجود این سفره های معلق در نتیجه حفاری های صورت گرفته در این منطقه اثبات شده است. حد جنوبی سفره های آب زیرزمینی در تنکابن منطبق بر مرز بین رسوبات آبرفتی جدید و سازندهای زمین شناسی سخت حاشیه دشت می باشد و حد شمالی آن در تماس با دریا حد جدایی آب شور و شیرین است. از جهت شرقی و غربی حد و مرزی نمی توان بین ذخایر آبی زیرزمینی قائل شد. چون این منابع در ارتباط با هم بوده و حتی در مناطق کوهستانی از طریق سازندهای آهکی و کنگلومرایی تا حدودی دارای ارتباط هیدرولوژیکی می باشند. ولی می توان از رودخانه های سطحی به عنوان مرز مطالعات هیدروژئولوژیکی استفاده نمود و از این طریق سفره ها را محدود کرد. به طور کلی شیب آب زیرزمینی در ارتفاعات بیشتر از سایر نقاط است و در مراکز کمتر و در نزدیکی ساحل به کمترین مقدار می رسد. شیب هیدرولیکی آب های زیرزمینی منطقه دشت تنکابن حدود ۰/۰۰۸ برآورد شده است.

### ۵-۳- حفاری های اکتشافی انجام شده

شهرستان تنکابن به عنوان بخشی از محدوده مطالعاتی چالوس- رامسر محسوب می شود و وضعیت کیفی و کمی سفره آب زیرزمینی در این منطقه تاکنون به صورت مجزا و تفکیک شده مورد مطالعه و بررسی قرار نگرفته است. در محدوده مطالعاتی چالوس- رامسر ۴۰ مقطع ژئوالکتریک با مقیاس طولی ۱/۲۰۰۰۰ و مقیاس عمودی ۱/۵۰۰۰ ترسیم گردیده است. که از این میان تعداد ۱۸ مقطع، یعنی از مقطع شماره ۱۶ تا مقطع شماره ۲۸ در محدوده شهرستان تنکابن قرار می گیرد (پیوست شماره ۱). بخش جنوبی این مقاطع از طبقات کنگلومرایی بوجود آمده است که دارای مقاومت ویژه نظیر آبرفت های پوششی می باشند. با عنایت به مطالب مذکور، در اکثر موارد در سونداژهای مجاور دشت که لایه

هادی بین آبرفت های مقاوم و کنگلومرا قرار می گیرد تمایز آبرفت از کنگلومرا به وسیله روش ژئوالکتریک میسر نمی باشد. آبرفت های مقاوم سطحی که در مقاطع (۱۶) تا (۲۵) در اثر رسوبات مخروط افکنه رودخانه چشمه کیله بوجود آمده اند غالباً با ضخامت زیادی بر روی افق هادی قرار می گیرند. از نظر سنگ شناسی، این افق هادی که مقاومت مخصوص آن در اکثر مقاطع با کمتر از ۱۰ اهم متر مشخص شده است و همچنین در بعضی از مقاطع نیز با مقاومت مخصوص کمتر از ۵۰ تا کمتر از ۳۰ اهم متر نشان داده شده است، از رسوبات ماسه و رس دریایی بوجود آمده اند. در مقاطع (۲۶) و (۲۷) که در قسمت های میانی دشت قرار می گیرند، ضخامت رسوبات آبرفتی مقاوم به علت خارج شدن از محیط رسوبگذاری مخروط افکنه رودخانه چشمه کیله کم می گردد ولی باز در مقطع شماره (۲۸) که در محدوده مخروط افکنه رودخانه نشتارود انجام شده است، ضخامت پوشش مقاوم افزایش یافته است. بررسی مقاطع ژئوالکتریک منطقه به خوبی نشان می دهد که بر اثر تغذیه زیاد سفره از آب شیرین رودخانه چشمه کیله و نشتارود، آب شور دریا در این مقاطع نفوذ نکرده است و روی این اصل حتی تا ساحل دریا نیز این رسوبات، به علت داشتن مقاومت مخصوص زیاد محتوی آب شیرین می باشند (مهندسان مشاور آبکاو ۱۳۵۱). لازم به ذکر است که مطالب مذکور توسط نقشه هدایت الکتریکی هم تأیید می شود.

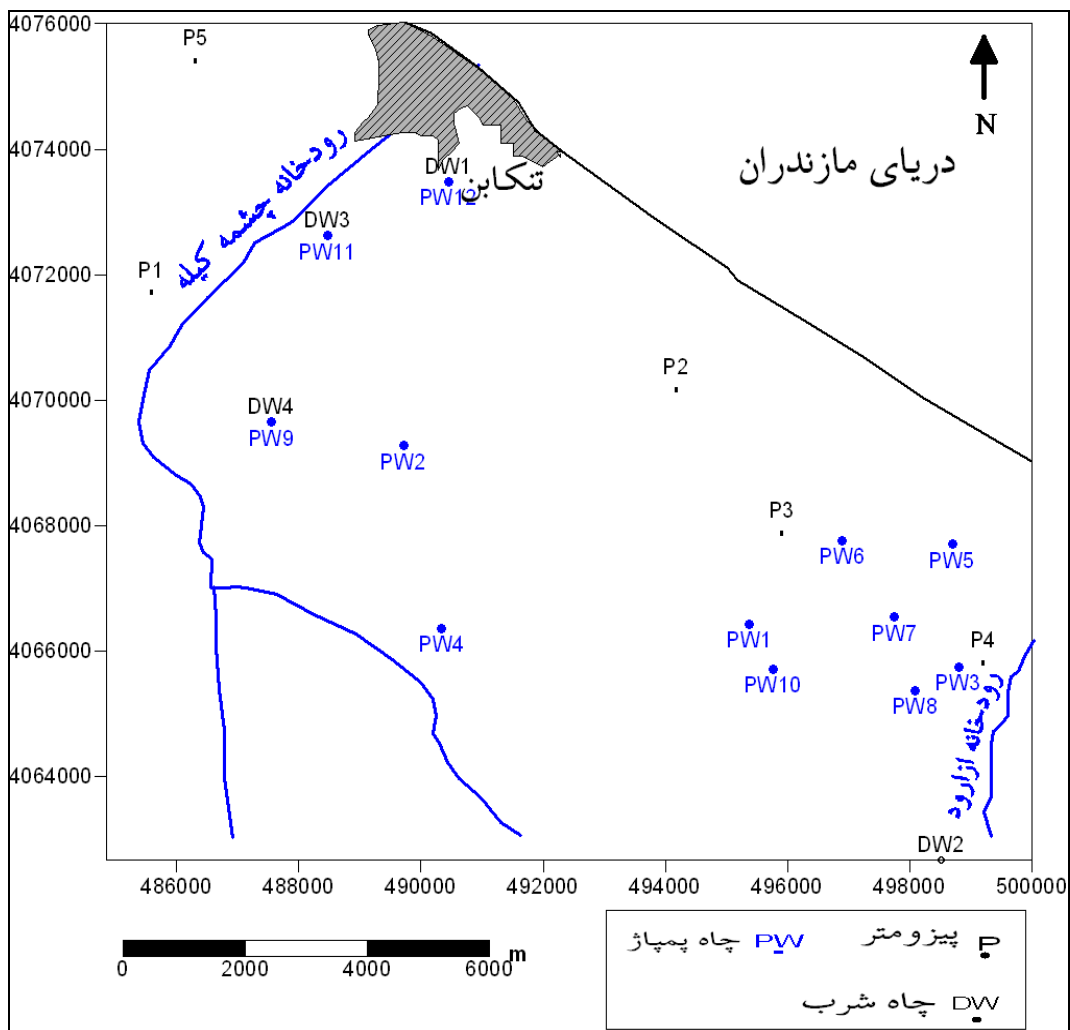
## ۵-۴- هیدروژئولوژی سفره آب زیرزمینی

به منظور پایش وضعیت سفره آب زیرزمینی و تعیین ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان آبرفتی منطقه از داده های پمپاژ دوازده حلقه چاه موجود در اداره امور آب شهرستان تنکابن- رامسر، استفاده شد. جدول (۴-۱) اطلاعات مربوط به چاه ها را نشان می دهد.

جدول ۵-۱- اطلاعات مربوط به چاه های پمپاژ

سال حفاری	دبی (m <sup>3</sup> /s)		عمق چاه (m)	UTMY	UTMX	شماره چاه
۱۳۸۵	۱۱۸۸	پله اول	۳۰	۴۰۶۹۲۷۰	۴۸۹۷۱۰	۱
	۱۶۸۰	پله دوم				
	۲۱۱۲	پله سوم				
۱۳۶۸	۱۵۹۸/۴	پله اول	۸۱	۴۰۶۹۶۴۶	۴۸۷۵۴۸	۲
	۱۸۴۸/۹۶	پله دوم				
	۲۲۴۶/۴	پله سوم				
	۲۶۱۷/۹۲	پله چهارم				
۱۳۷۰	۲۵۹۲	پله اول	۸۰	۴۰۷۳۴۷۹	۴۹۰۴۴۶	۳
	۳۰۲۴	پله دوم				
	۳۳۶۹/۶	پله سوم				
۱۳۶۷	۲۷۶۴/۸	پله اول	۸۰	۴۰۷۲۶۲۰	۴۸۸۴۷۰	۴
	۴۷۵۲	پله دوم				
	۵۶۱۶	پله سوم				
۱۳۸۲	۵۹۰/۴	پله اول	۵۰	۴۰۶۶۳۵۷	۴۹۰۳۳۶	۵
	۶۹۱/۲	پله دوم				
	۹۰۷/۲	پله سوم				
۱۳۸۱	۱۴۲۵/۶	پله اول	۳۰	۴۰۶۰۵۳۸	۴۹۷۷۵۷	۶
	۱۴۴۱/۶	پله دوم				
	۱۹۸۷/۲	پله سوم				
۱۳۷۵	۲۴۳۶/۴۸	پله اول	۸۰	۴۰۶۷۷۶۰	۴۹۶۹۰۰	۷
	۲۶۹۵/۶۸	پله دوم				
	۲۹۸۹/۴۴	پله سوم				
۱۳۸۱	۱۰۳۶/۸	پله اول	۴۰	۴۶۶۴۲۲	۴۹۵۳۷۶	۸
	۱۲۹۶	پله دوم				
	۱۵۵۵/۲	پله سوم				
۱۳۶۷	۲۲۴۶/۴	پله اول	۱۰۰	۴۰۶۵۷۴۰	۴۹۸۸۰۰	۹
	۲۵۳۱/۵۲	پله دوم				
	۲۷۳۸/۸۸	پله سوم				
۱۳۸۱	۸۶۴	پله اول	۴۵	۴۰۶۵۷۰۶	۴۹۵۷۶۱	۱۰
	۱۱۸۸	پله دوم				
	۱۵۵۵/۲	پله سوم				
۱۳۸۰	۱۰۳۶/۸	پله اول	۳۶	۴۰۶۷۷۰۰	۴۹۸۷۰۰	۱۱
	۱۳۳۹/۲	پله دوم				
	۱۷۲۸	پله سوم				
۱۳۷۸	۱۴۶۸/۸	پله اول	۷۰	۴۰۶۵۳۷۰	۴۹۸۰۹۰	۱۲
	۱۹۸۷/۲	پله دوم				
	۲۶۷۸/۴	پله سوم				
	۳۱۹۶/۸	پله چهارم				

هم چنین به منظور شناسایی خصوصیات سنگ شناسی لایه ها، تعیین ضخامت رسوبات تراوا، بررسی تغییرات لایه ها از نظر ضخامت و جنس و تعیین میزان ناهمگنی آبخوان در منطقه منحنی های ژئوالکتریک مربوط به پنج پیزومتر اکتشافی و چهار چاه آب شرب مورد استفاده قرار گرفت. شکل (۵)- (۱) موقعیت پیزومترهای اکتشافی منطقه، چاه های پمپاژ و چاه های شرب را نشان می دهد.



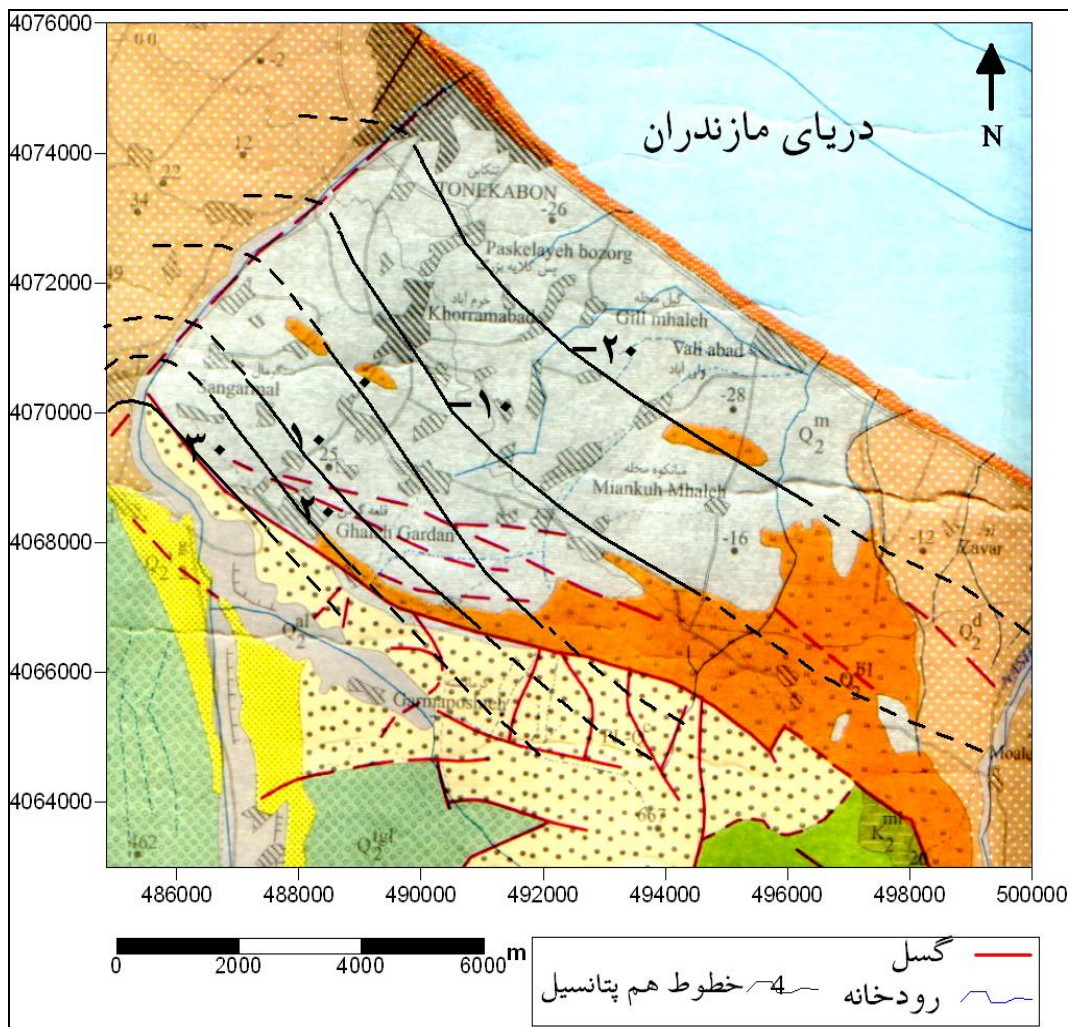
شکل ۵-۱- مکان پیزومترها و چاه هایی که دارای لاگ حفاری هستند

#### ۵-۴-۱- بررسی نقشه هم پتانسیل

به منظور تعیین جهت عمومی حرکت آب زیرزمینی در سفره آبرفتی و ساحلی جنوب تنکابن، نقشه هم پتانسیل این منطقه تهیه شده است. پیزومترهای اکتشافی منطقه در سال ۱۳۸۵ حفاری شده اند



و هنوز مورد استفاده قرار نگرفته اند، در نتیجه امکان دسترسی به آمار دقیق تغییرات سطح آب زیرزمینی منطقه وجود ندارد، بنابراین اطلاعات سطح آب زیرزمینی و عمق برخورد به آب مربوط به چاه های موجود در منطقه مورد مطالعه در یک دوره ۱۰ ساله از سازمان آب منطقه ای مازندران گردآوری شده است. برای ترسیم منحنی های هم پتانسیل و هم عمق منطقه از آمار سطح آب مربوط به اسفند ماه سال ۱۳۸۵ استفاده شد. شکل (۲-۵) نقشه هم پتانسیل آب زیرزمینی را در جنوب تنکابن نشان می دهد.



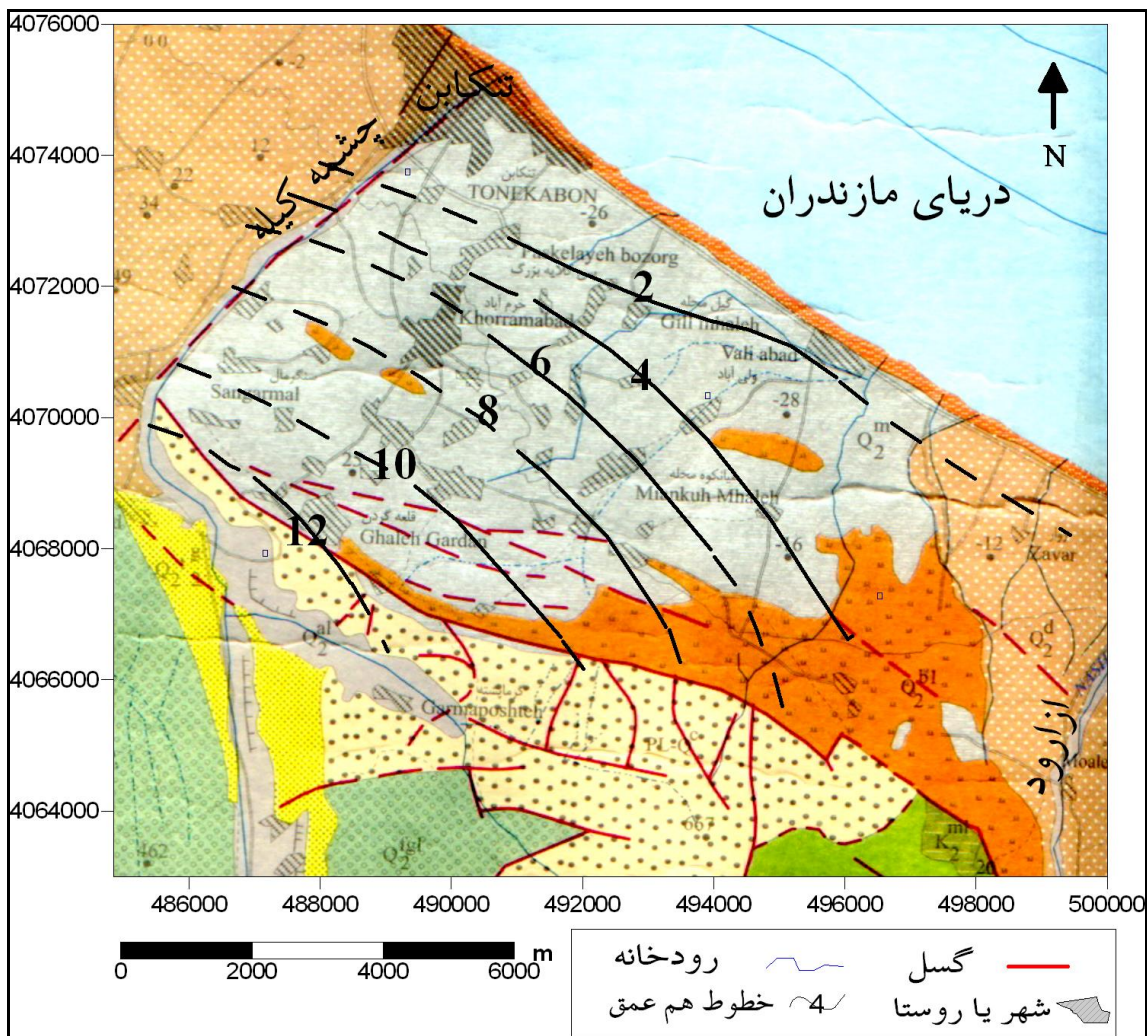
شکل ۲-۵- نقشه خطوط هم پتانسیل آب زیرزمینی در جنوب تنکابن

بر اساس نقشه مذکور همانطور که ملاحظه می شود حرکت عمومی آب از سمت جنوب غرب به شمال شرق می باشد که هم روند با جهت جریان های سطحی موجود در منطقه می باشد. در بخش

های ابتدایی رودخانه بزرگ چشمه کیله جهت حرکت آب تغییر کرده و به صورت تقریباً شرقی- غربی درآمده است. تغییر روند حرکت آب در این بخش نشان دهنده نقش تغذیه کننده رودخانه چشمه کیله نسبت به سفره آب زیرزمینی می باشد.

### ۵-۴-۲- بررسی نقشه هم عمق آب زیرزمینی

بر اساس چاه هایی که در تهیه نقشه هم پتانسیل آب زیرزمینی از اطلاعات آنها استفاده شد، نقشه هم عمق آب زیرزمینی منطقه نیز ترسیم شد. شکل (۳-۵) نقشه هم عمق آب زیرزمینی منطقه را نشان می دهد.



شکل ۳-۵- نقشه هم عمق آب زیرزمینی جنوب تنکابن

بر اساس نقشه مذکور ملاحظه می شود که حداکثر عمق برخورد به آب ۱۲ متر می باشد و در بخش های جنوبی منطقه دیده می شود و حداقل عمق برخورد به آب که در بخش ساحلی منطقه دیده می شود که حدود ۱ متر است. به طور کلی بر اساس این نقشه می توان نتیجه گرفت که هرچه از ارتفاعات (جنوب) به سمت ساحل (شمال) نزدیک شویم، عمق برخورد به آب کم می شود. عمق برخورد به آب در قسمت های مرکزی منطقه مورد مطالعه که از نظر هیدروژئوشیمی نیز دارای بیشترین املاح می باشند نسبت به سایر نقاط کمتر است.

## ۵-۵- ارزیابی نتایج مربوط به آزمایشات پمپاژ انجام شده

### ۵-۵-۱- برآورد مقادیر قابلیت انتقال با استفاده از آزمایش پمپاژ افت پله ای

یک پارامتر بسیار مهم در ارزیابی خصوصیات سفره های آب زیرزمینی قابلیت انتقال سفره می باشد. به منظور محاسبه قابلیت انتقال سفره موجود در جنوب تنکابن از نتایج آزمایشات پمپاژ دوازده حلقه چاه موجود در منطقه استفاده شد. آزمایش ها به صورت افت پله ای بوده و روش مورد استفاده جهت آنالیز آنها روش ایدن- هیزل<sup>۱</sup> می باشد. اساس این روش بر مبنای استفاده از معادله کوپر- ژاکوب<sup>۲</sup> می باشد.

$$s = \frac{2.3Q}{4\eta T} \log \frac{2.25Tt}{r^2 S} \quad \text{معادله (۱-۴)}$$

افت در چاه با استفاده از معادله کوپر- ژاکوب به صورت زیر نوشته می شود.

$$s_w = \frac{2.3Q}{4\eta T} \log \frac{2.25Tt}{r_{ew}^2 S} \quad \text{معادله (۲-۴)}$$

$r_{ew}$  = شعاع تاثیر چاه

این معادله می تواند به صورت زیر نوشته شود:

<sup>۱</sup> Eden and Hazel, 1973  
<sup>۲</sup> Copper and Jakob

$$s_w = (a + b \log t)Q \quad \text{معادله (۳-۴)}$$

که در اینجا:

$$a = \frac{2.3}{4\eta T} \log \frac{2.25T}{r_{ew}^2 S} \quad \text{معادله (۴-۴)}$$

$$b = \frac{2.3}{4\eta T}$$

می باشند. با استفاده از معادله (۳-۴) افت در زمان  $t$  در طول پله ی  $n$  ام به صورت زیر محاسبه می شود:

$$s_{w(n)} = \sum_{i=1}^n (\Delta Q_i) \{a + b \log(t - t_i)\} \quad \text{معادله (۵-۴)}$$

یا:

$$s_{w(n)} = aQ_n + b \sum_{i=1}^n (\Delta Q_i) \log(t - t_i) \quad \text{معادله (۶-۴)}$$

که در اینجا:

$Q_n$  = میزان دبی ثابت در طول پله ی  $n$  ام  $t$  = زمان شروع آزمایش افت پله ای

$Q$  = میزان دبی ثابت در طول پله ی  $n$  ام  $\Delta Q = Q_i - Q_{i-1}$  = میزان تغییر دبی  
که جلوتر از پله ی  $n$  ام است.  $t_i$  از زمان شروع تا زمان  $t_i$

$t_i$  زمان شروع پله ی  $i$  ام. معادلات بالا را برای تاثیر افت غیر خطی (آشفته) چاه نمی توان استفاده

کرد. اگر این افت ها را در معادله (۶-۴) وارد کنیم داریم:

$$s_{w(n)} = aQ_n + bH_n + cQ_n^2 \quad \text{معادله (۷-۴)}$$

که در اینجا

$$H_n = \sum_{i=1}^n \Delta Q_i \log(t - t_i) \quad \text{معادله (۸-۴)}$$

است. فرضیات روش آیدن- هیزل به استثناء موارد زیر شبیه فرضیات روش تاپس می باشد:

(۱) آزمایش پمپاژ از نوع آزمایش افت پله ای می باشد.

۲) جریان آب به طرف چاه یک حالت ناپایدار است.

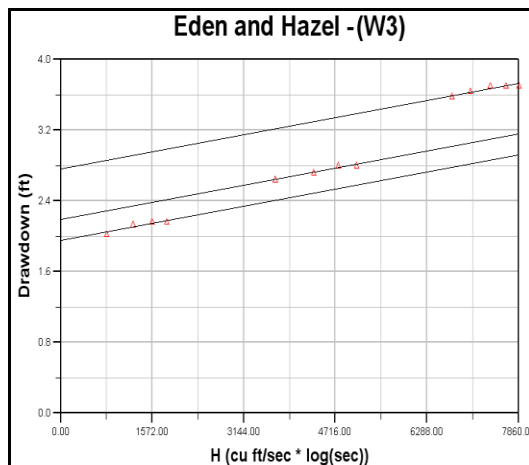
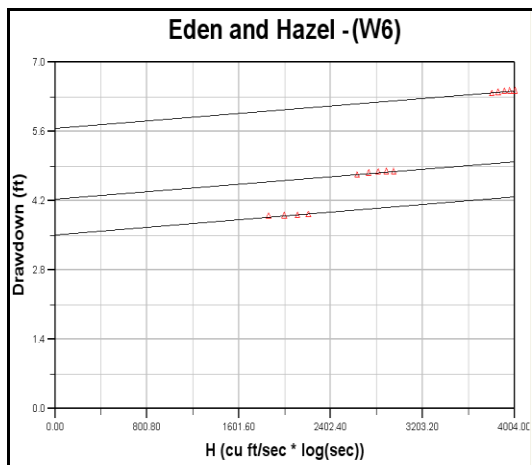
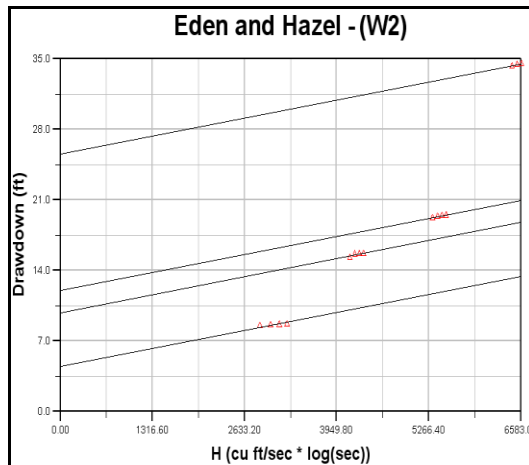
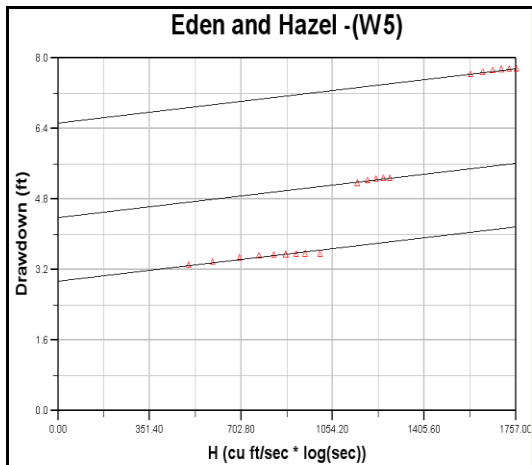
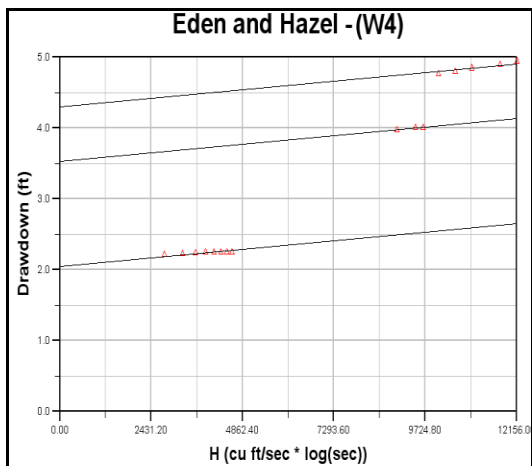
نمودارهای آنالیز داده های آزمایش پمپاژ در شکل (۴-۵) آورده شده است.

بر اساس روش مذکور میزان قابلیت انتقال برای ۱۲ حلقه چاه محاسبه شد که نتایج این محاسبه در جدول (۲-۵) ارائه شده است.

جدول ۲-۵- مقادیر قابلیت انتقال در چاه های منطقه

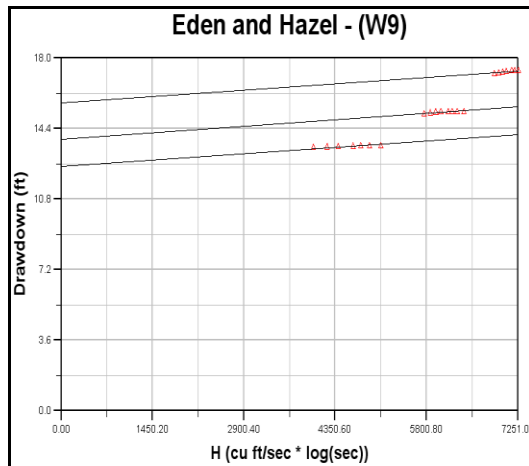
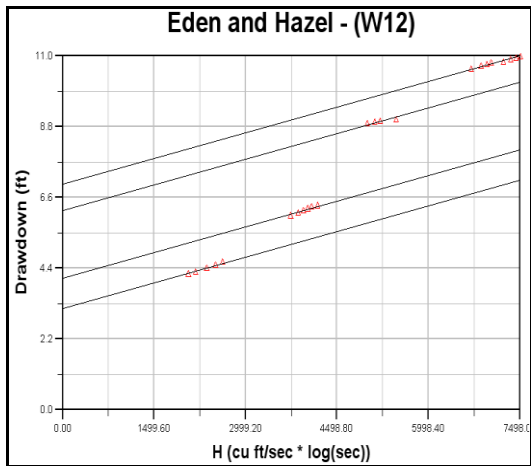
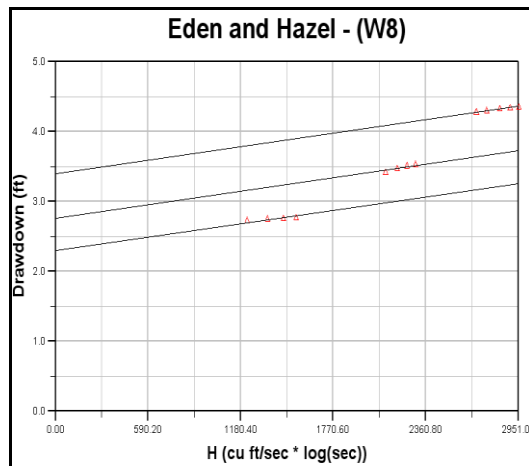
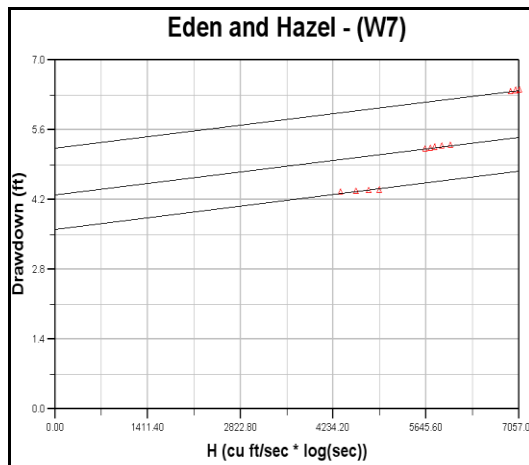
شماره چاه	قابلیت انتقال (m <sup>2</sup> /day)	شماره چاه	قابلیت انتقال (m <sup>2</sup> /day)
W <sub>1</sub>	۱۰۱	W <sub>7</sub>	۱۱۷۷
W <sub>2</sub>	۱۰۶	W <sub>8</sub>	۴۴۵
W <sub>3</sub>	۱۴۸۸	W <sub>9</sub>	۹۵۲
W <sub>4</sub>	۳۶۰۰	W <sub>10</sub>	۴۱
W <sub>5</sub>	۲۵۰	W <sub>11</sub>	۱۵۷
W <sub>6</sub>	۱۰۱۱	W <sub>12</sub>	۳۰۸

بر اساس جدول مذکور مقدار قابلیت انتقال در منطقه مورد مطالعه از ۴۱ تا ۳۶۰۰ متر مربع در روز متغیر است. تغییرات قابلیت انتقال در منطقه عمدتاً به تغییرات اندازه رسوبات و به طور جزئی تر به تغییرات در ضخامت رسوبات مربوط می شود. رسوبات موجود در منطقه جنوب و جنوب شرق تنکابن بسیار متنوع و متغیر است. در مکان هایی که رودخانه از آن عبور کرده به دلیل برجای ماندن رسوبات دانه درشت رودخانه ای، آبدهی چاه های موجود در این مناطق نیز بیشتر می باشد. در بخش های مرکزی منطقه مورد مطالعه رسوبات لجنی و دانه ریز دریایی وجود دارد که باعث کم شدن آبدهی چاه ها در این مناطق می شود. در برخی نقاط دیگر نیز مخلوطی از رسوبات دانه درشت رودخانه ای و دانه ریز دریایی باعث ایجاد مقادیر متوسط قابلیت انتقال در محدوده مورد مطالعه می شود.



شکل ۴-۵- نمودارهای حاصل از آنالیز داده های آزمایش پمپاژ با استفاده از روش ایدن- هیزل

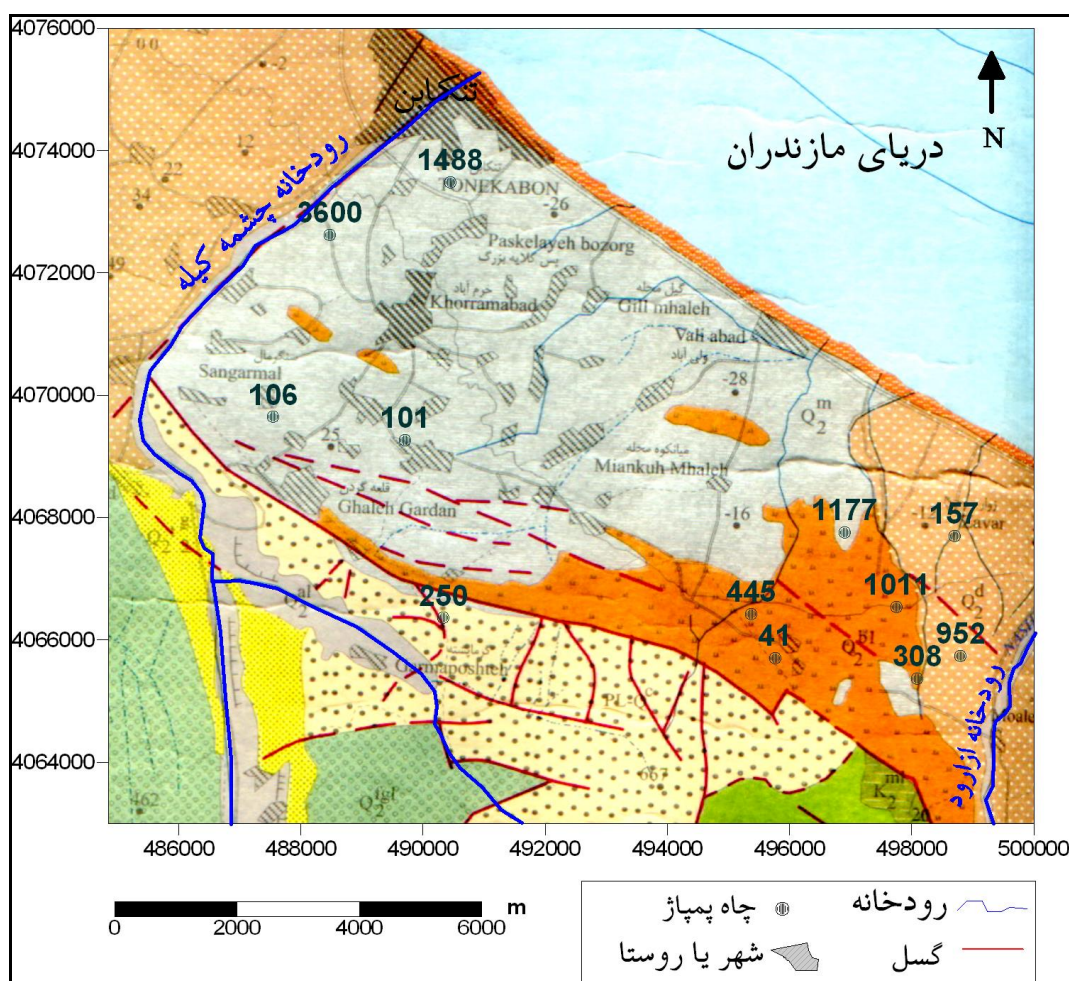




ادامه شکل ۴-۵- نمودار های حاصل از آنالیز داده های آزمایش پمپاژ با استفاده از روش ایدن- هیزل

## ۵-۵-۲- بررسی روند تغییرات قابلیت انتقال در محدوده مورد مطالعه

نقشه قابلیت انتقال سفره آبرفتی تنکابن با استفاده از مقادیر محاسبه شده در محدوده ۱۲ چاه ترسیم شد. شکل (۵-۵) مقادیر قابلیت انتقال برای چاه ها را نشان می دهد. بر اساس نقشه مذکور قابلیت انتقال منطقه دارای یک روند مشخصی نیست ولی در مجموع از سمت ارتفاعات به دریا مقدار آن افزایش می یابد. هم چنین مقدار قابلیت انتقال در نزدیکی رودخانه چشمه کیله حد اکثر می شود. روند تغییر قابلیت انتقال در جنوب تنکابن نشان می دهد که تغییر در تراوایی لایه های تشکیل دهنده سفره در منطقه به عنوان مهمترین عامل موثر در تغییر قابلیت انتقال به شمار می آید، زیرا در نزدیکی رودخانه ها که ضخامت لایه تراوا نسبت به سایر نقاط بیشتر است قابلیت انتقال نیز بیشتر است.



شکل ۵-۵- نقشه مقادیر قابلیت انتقال



### ۵-۵-۳- محاسبه مولفه های افت

افت مشاهده شده در چاه پمپاژ به دو مولفه افت سفره و افت چاه تقسیم می شود. افت سفره یا افت تئوری عبارت از افتی است که در اثر پایین افتادن آب در داخل سفره حاصل می شود. افت چاه یا افت شبکه مقدار افتی است که مازاد بر افت سفره در چاه های پمپاژ اتفاق می افتد. برای محاسبه مولفه های افت در چاه هایی با آزمایش افت پله ای، از روش کرمی و یانگرا (۲۰۰۲) استفاده شد. جدول (۳-۵) مقادیر مولفه های افت را نشان می دهد.

جدول ۳-۵- مقادیر افت سفره و افت چاه برای دوازده آزمایش پمپاژ در جنوب تنکابن

شماره چاه	افت سفره (m)	افت چاه (m)	شماره چاه	افت سفره (m)	افت چاه (m)
W <sub>1</sub>	۱/۱۲	۱۲/۵۷	W <sub>7</sub>	۱/۰۵	۵/۰۵
W <sub>2</sub>	۶/۱۵	۲۷/۶۶	W <sub>8</sub>	۱/۲۵	۲/۹۹
W <sub>3</sub>	۰/۷۹	۲/۹	W <sub>9</sub>	۱/۰۹	۱۴/۲
W <sub>4</sub>	۰/۶۱	۴/۱۷	W <sub>10</sub>	۶/۰۷	۱۵/۸۶
W <sub>5</sub>	۰/۹۷	۶/۶۵	W <sub>11</sub>	۳/۱۵	۶/۳
W <sub>6</sub>	۰/۸۴	۵/۳۵	W <sub>12</sub>	۱/۴۶	۹/۵۴

بر اساس جدول مذکور ملاحظه می شود که میزان افت سفره در تمام چاه های پمپاژ مورد مطالعه از افت چاه کمتر است. دلیل این مطلب بالا بودن دبی پمپاژ نسبت به توان آبدهی چاه می باشد.

### ۵-۵-۴- محاسبه افت ویژه و دبی ویژه

اگر دبی را به افت در داخل چاه تقسیم کنیم دبی ویژه یا ظرفیت ویژه چاه به دست می آید. میزان افت ویژه نیز از تقسیم میزان افت کل چاه به دبی پمپاژ به دست می آید. دبی ویژه معیاری است که

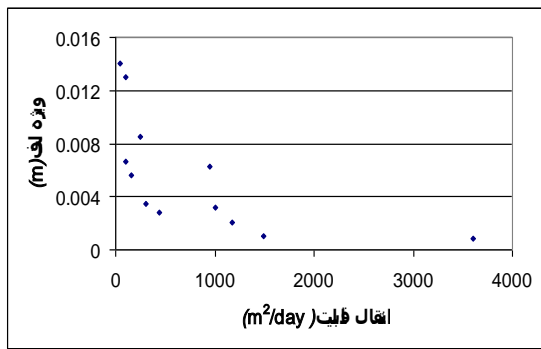
<sup>۱</sup> Karami and Younger 2002

موثر بودن یا به عبارت دیگر استعداد آبدهی چاه را نشان می دهد. ظرفیت ویژه چاه مقدار ثابتی نیست و با افزایش دبی مقدارش کم می شود. آزمایش پمپاژ چاه های مورد استفاده در منطقه از نوع افت پله ای بوده، بنابراین مقادیر افت ویژه و دبی ویژه برای هر پله به صورت جداگانه محاسبه شده است و نتایج حاصله در جدول (۴-۵) ارائه شده است.

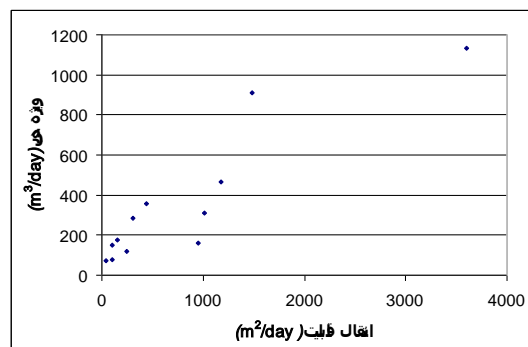
جدول ۴-۵- مقادیر دبی ویژه و افت ویژه در چاه های منطقه

چاه پمپاژ	پله ها	دبی پمپاژ (m <sup>3</sup> /day)	افت (m)	دبی ویژه (m <sup>3</sup> /day)	افت ویژه (m)
W <sub>1</sub>	اول	۱۱۸۸	۴/۷	۲۵۲/۷۶	۳/۹×۱۰ <sup>-۳</sup>
	دوم	۱۶۸۰	۹/۲۵	۱۸۱/۶	۵/۵×۱۰ <sup>-۳</sup>
	سوم	۲۱۱۲	۱۳/۹۴	۱۵۱/۵۰	۶/۶×۱۰ <sup>-۳</sup>
W <sub>2</sub>	اول	۱۵۹۸/۴	۸/۷	۱۸۳/۷۲	۵/۴×۱۰ <sup>-۳</sup>
	دوم	۱۸۴۸/۹۶	۱۵/۷۰	۱۱۷/۷۶	۸/۴×۱۰ <sup>-۳</sup>
	سوم	۲۲۴۶/۴	۱۹/۵	۱۱۵/۲	۸/۶×۱۰ <sup>-۳</sup>
	چهارم	۲۶۱۷/۹۲	۳۴/۵	۷۵/۸۸	۱/۳×۱۰ <sup>-۲</sup>
W <sub>3</sub>	اول	۲۵۹۲	۲/۱۶	۱۲۰۰	۸/۳×۱۰ <sup>-۳</sup>
	دوم	۳۰۲۴	۲/۸	۱۰۸۰	۹/۲×۱۰ <sup>-۳</sup>
	سوم	۳۳۶۹/۶	۳/۷	۹۱۰/۷۰	۱×۱۰ <sup>-۲</sup>
W <sub>4</sub>	اول	۲۷۶۴/۸	۲/۲۵	۱۲۲۸/۸	۸/۱×۱۰ <sup>-۳</sup>
	دوم	۴۷۵۲	۴/۰۱	۱۱۸۵/۰۳	۸/۴×۱۰ <sup>-۳</sup>
	سوم	۵۶۱۶	۴/۹۵	۱۱۳۴/۵	۸/۸×۱۰ <sup>-۳</sup>
W <sub>5</sub>	اول	۵۹۰/۴	۳/۵۶	۱۶۵/۸۴	۶×۱۰ <sup>-۳</sup>
	دوم	۶۹۱/۲	۵/۳۷	۱۳۱/۱۵	۷/۶×۱۰ <sup>-۳</sup>
	سوم	۹۰۷/۲	۷/۷۵	۱۱۷/۰۵	۸/۵×۱۰ <sup>-۳</sup>
W <sub>6</sub>	اول	۱۴۲۵/۶	۳/۹۲	۳۶۳/۶۷	۲/۷×۱۰ <sup>-۳</sup>
	دوم	۱۶۴۱/۶	۴/۷۹	۳۴۲/۷۱	۲/۹×۱۰ <sup>-۳</sup>
	سوم	۱۹۸۷/۲	۶/۴۲	۳۰۸/۵۷	۳/۲×۱۰ <sup>-۳</sup>
W <sub>7</sub>	اول	۲۴۳۶/۴۸	۴/۳۹	۵۵۵	۱/۸×۱۰ <sup>-۲</sup>
	دوم	۲۶۹۵/۶۸	۵/۳	۵۰۸/۶۱	۱/۹×۱۰ <sup>-۲</sup>
	سوم	۲۹۸۹/۴۴	۶/۴۲	۴۶۵/۶۴	۲/۱×۱۰ <sup>-۲</sup>
W <sub>8</sub>	اول	۱۰۳۶/۸	۲/۷۸	۳۷۲/۹۴	۲/۶×۱۰ <sup>-۳</sup>
	دوم	۱۲۹۶	۳/۵۶	۳۶۴/۰۴	۲/۷×۱۰ <sup>-۳</sup>
	سوم	۱۵۵۵/۲	۴/۳۶	۳۵۶/۶۹	۲/۸×۱۰ <sup>-۳</sup>
W <sub>9</sub>	اول	۲۲۴۶/۴	۱۳/۵۲	۱۶۶/۱۵	۶×۱۰ <sup>-۳</sup>
	دوم	۲۵۳۱/۵۲	۱۵/۲۷	۱۶۵/۷۸	۶×۱۰ <sup>-۳</sup>
	سوم	۲۷۳۸/۸۸	۱۷/۳۵	۱۵۷/۸۶	۶/۳×۱۰ <sup>-۳</sup>
W <sub>10</sub>	اول	۸۶۴	۹/۸۶	۱۷/۶۲	۱/۱×۱۰ <sup>-۲</sup>
	دوم	۱۱۸۸	۱۵/۱۴	۷۸/۴۶	۱/۲×۱۰ <sup>-۲</sup>
	سوم	۱۵۵۵/۲	۲۱/۹	۷۱/۰۱	۱/۴×۱۰ <sup>-۲</sup>
W <sub>11</sub>	اول	۱۰۳۶/۸	۵/۱	۲۰۳/۳۹	۴/۹×۱۰ <sup>-۳</sup>
	دوم	۱۳۳۹/۲	۷/۰۲	۱۹۰/۷۶	۵/۲×۱۰ <sup>-۳</sup>
	سوم	۱۷۲۸	۹/۸	۱۷۶/۳۲	۵/۶×۱۰ <sup>-۳</sup>
W <sub>12</sub>	اول	۱۴۶۸/۸	۴/۷۱	۳۱۱/۸۴	۳/۲×۱۰ <sup>-۳</sup>
	دوم	۱۹۸۷/۲	۶/۵۵	۳۰۳/۳۸	۳/۲×۱۰ <sup>-۳</sup>
	سوم	۲۶۷۸/۴	۹/۱۶	۲۹۲/۴۰	۳/۴×۱۰ <sup>-۳</sup>
	چهارم	۳۱۹۶/۸	۱۱/۱۹	۲۸۵/۶۸	۳/۵×۱۰ <sup>-۳</sup>

هم چنین به منظور بررسی رابطه بین قابلیت انتقال با دبی ویژه و افت ویژه نمودار تغییرات این پارامترها نسبت به هم ترسیم شده است. شکل های (۵-۶، الف و ب) به ترتیب نمودار تغییرات قابلیت انتقال در برابر دبی ویژه و قابلیت انتقال در برابر افت ویژه را نشان می دهند. با توجه به شکل های مذکور ملاحظه می شود که قابلیت انتقال با دبی ویژه رابطه ای مستقیم دارد در حالیکه بین قابلیت انتقال و افت ویژه رابطه عکس وجود دارد. بنابراین مقدار افت در چاه هایی که دارای مقادیر بالای قابلیت انتقال هستند مانند  $W_3, W_4, W_6$  نسبت به سایر چاه ها کمتر است و بر عکس در چاه هایی که دارای مقادیر پایین قابلیت انتقال می باشند مقدار افت نیز بیشتر است.



(ب)



(الف)

شکل ۵-۶- تغییرات قابلیت انتقال در برابر دبی ویژه (الف) و افت ویژه (ب)

## ۵-۶- بررسی منحنی های ژئوالکتریک

استفاده از لاگ های ژئوالکتریک و نگاره های چاه پیمایی برای بدست آوردن اطلاعات مفید در مورد ویژگی های مختلف هیدروژئولوژیکی آبخوان موثر است. به طور خلاصه می توان گفت که منحنی های ژئوالکتریک در تخمین پارامترهایی که مستقیماً مورد استفاده هیدروژئولوژیست ها قرار می گیرند، کمک زیادی می کنند. در این نمودارها با اندازه گیری مقاومت ویژه لایه ها، مشخصات سنگ شناسی آنها به دست آمده و تطابق بین لایه ها آسان می شود. از بین نمودارهای مختلفی که در چاه پیمایی

به دست می آید، تنها پیرامون سه نمودار مقاومت ویژه، پتانسیل خودزا و اشعه گاما توضیحاتی به طور مختصر ارائه می شود.

مقاومت ویژه عبارتست از درجه عدم عبور جریان الکتریکی که واحد آن اهم- متر است و در سنگ ها به عوامل مختلفی از قبیل مقدار آب موجود در سازند، لیتولوژی یعنی نوع سازند، درصد وجود رس و پارامترهای مختلف دیگر بستگی دارد. به طور کلی می توان گفت که هر چه رسوبات دانه درشت تر باشند مقاومت ویژه نیز بیشتر خواهد شد. حضور کانی های رسی و آب شور در لایه ها منجر به کاهش مقدار مقاومت ویژه می شود. ضخامت لایه، پارامتر مهمی است که بر روی شکل نمودار تاثیر می گذارد به نحوی که اگر یک لایه تراوایی وجود داشته باشد که ضخامت آن کم باشد، مقاومت ویژه از مقدار واقعی خود فاصله گرفته و مقداری کمتر را نشان می دهد.

از دیگر نمودارهای که در نتیجه چاه پیمایی به دست می آید و کاربرد بسیار زیادی به خصوص در تعیین مرز لایه های تراوا دارد، نمودار پتانسیل خودزا<sup>۱</sup> می باشد. پتانسیل خودزا عبارت است از یک اختلاف پتانسیل الکتریکی خود به خودی که بین الکتروود ثابت واقع در سطح و الکتروود دیگری که در چاه جابه جا می شود به وجود می آید. واحد آن میلی ولت می باشد و عواملی از قبیل قطر چاه، قطر رخنه، ضخامت لایه، مقاومت ویژه زون های موجود و سازند های متراکم بر روی آن تاثیر می گذارند. به طور کلی هر جا که لایه تراوا وجود داشته باشد پتانسیل خودزا از خط شیل منحرف می شود. از این منحنی جهت آشکارسازی طبقات متخلخل و تراوا، تعیین مقاومت ویژه آب سازند، تعیین لیتولوژی و شناخت افق های ذغالی و رسی استفاده می شود.

اندازه گیری تشعشعات پرتوی گامای طبیعی منجر به ایجاد منحنی تشعشع گاما می شود. تبدیل خود به خودی هسته اتم همراه با پرتوزایی را پرتوزایی طبیعی می نامند. منشاء پرتوزایی سنگ ها عبارتند از توریم ( $^{232}Th$ )، اورانیوم ( $^{238}U$ ) و پتاسیم ( $^{40}K$ ). منشاء اصلی کانی های پتاسیم عمدتاً فلدسپات های پتاسیم دار میکا است و در رده های پایین تر این عنصر در تعداد زیادی از کانی ها وجود دارد.

---

<sup>۱</sup> Spontaneom Potential

اندازه گیری پرتوزایی گامای طبیعی به طور عمده در تعیین لیتولوژی (شناخت رس، نمک های تبخیری و کانی های سنگین پرتوزا)، ارزیابی درصد رس موجود در مخازن و سایر موارد کاربرد دارد. هر چه درصد کانی های رسی در لایه ها بیشتر شود منحنی گاما نیز مقادیر بیشتری را نشان می دهد، زیرا رس باعث افزایش تشعشعات گاما می شود. به منظور تعیین خصوصیات لایه ها در جنوب تنکابن از نظر جنس لایه، ضخامت لایه و تعیین افق های تراوا و غیر تراوا از منحنی های ژئوالکتریک پنج پیزومتر اکتشافی و چهار چاه شرب شهری استفاده شده است. هدف از این کار بررسی وضعیت تراوایی آبرفت در مکان های مختلف و بررسی میزان ناهمگنی سفره در جنوب تنکابن می باشد. نتایج حاصل از تفسیر منحنی های ژئوالکتریک هر چاه با مشاهدات مربوط به لاگ های حفاری تطبیق داده شده که در ادامه تفسیر نهایی که شامل جنس و ضخامت لایه های رسوبی و ضخامت منطقه تراوا می باشد، به طور خلاصه ارائه گردیده است.

### پیزومتر اکتشافی شماره (۱)

این پیزومتر در منطقه ای قرار دارد که عمده ترین رسوبات آن قلوه سنگ ها و شن دانه درشت رودخانه ای می باشد. بررسی نمودارهای منحنی مقاومت ویژه و گاما نشان می دهد که از سطح زمین تا عمق ۶۵ متری رسوبات عمدتاً قلوه سنگی و دانه درشت می باشند و از ۶۵ تا ۸۵ متری رسوبات دانه ریز تر شده و به صورت ماسه های دانه متوسط در خمیره رسی در می آیند. از عمق ۸۵ متر تا ۹۵ متری رسوبات غالباً شن و ماسه درشت می باشند. بررسی منحنی پتانسیل خودزا نشان می دهد که دو زون تراوا در این بخش وجود دارد. یکی از سطح زمین تا عمق ۶۵ متری و دیگری از عمق ۸۵ تا ۹۵ است که در این اعماق منحنی پتانسیل خودزا از خط شیل فاصله گرفته است.

### پیزومتر اکتشافی شماره (۲)

بررسی منحنی های مقاومت ویژه و گاما در این پیزومتر نشان می دهد که عمده ترین رسوبات موجود در این منطقه دانه ریزها هستند. از سطح زمین تا عمق ۹ متری یک لایه تراوا از جنس شن و ماسه درشت وجود دارد که در زیر این لایه تا عمق ۷۲ متری تناوبی از لایه های دانه ریز رسی و ماسه دانه ریز در خمیره رسی مشاهده می شود. دومین زون تراوا از عمق ۷۲ متر شروع می شود و تا ۷۹ متر ادامه دارد و جنس رسوبات آن شن و ماسه دانه درشت است. در زیر لایه دانه درشت مجدداً رسوبات دانه ریز ماسه ای در خمیره ای از رس تا عمق ۹۰ متری وجود دارد. زون های تراوای موجود در این منطقه از عمق ۵ تا ۱۲ متر و ۵۰ تا ۷۰ متری وجود دارند.

### پیزومتر اکتشافی شماره (۳)

بررسی منحنی های ژئوالکتریک این پیزومتر نشان می دهد که همانند پیزومتر شماره ۲ غالب رسوبات تشکیل دهنده در این محل دانه ریز می باشد. از سطح زمین تا عمق ۹ متری شن و ماسه درشت رودخانه ای وجود دارد که در زیر آن آن تا عمق ۷۰ متری تناوبی از لایه های رسی و ماسه دانه ریز در خمیره رسی وجود دارد. از عمق ۷۰ تا ۸۰ متر رسوبات دانه درشت تر شده و شامل شن و ماسه درشت می باشند و پس از آن نیز دوباره رسوبات دانه ریز رسی تا عمق ۱۱۰ متری وجود دارند. تغییرات منحنی پتانسیل خودزا نیز از سطح زمین تا ۲۰ متری و در اعماق ۷۰ تا ۸۰ متری نشان دهنده وجود یک زون تراوا می باشد.

### پیزومتر اکتشافی شماره (۴)

منحنی مقاومت الکتریکی مربوط به این پیزومتر دارای محدوده بیشتری می باشد و منحنی پتانسیل خودزا در این منطقه نیز نسبت به سایر مناطق انحراف بیشتری نسبت به خط شیل نشان می دهد. میزان تشعشعات گاما نیز کم می باشد. از سطح زمین تا عمق ۱۳ متری رسوبات از نوع قلوه سنگ و

شن درشت می باشند. در زیر این لایه تا عمق ۶۳ متری تناوبی از لایه قلوه سنگی و لایه های نازکی از شن و ماسه و ماسه در خمیره رسی دیده می شود. لایه دانه ریز متشکل از ماسه دانه ریز در خمیره رسی به ضخامت ۱۷ متر تا عمق ۸۰ متری وجود دارد. در زیر این زون ناتراوا مجدداً رسوبات دانه درشت شن و ماسه تا عمق ۱۰۵ متری وجود دارند. البته یک لایه رسی به ضخامت ۳ متر از عمق ۸۷ تا ۹۰ متر مشاهده می شود. از عمق ۱۰۵ تا ۱۲۰ متری نیز رسوبات دانه ریز ماسه همراه با خمیره رسی در منطقه غالب می شوند.

### پیزومتر اکتشافی شماره (۵)

بررسی منحنی های ژئوالکتریک این پیزومتر نشان می دهد که تا عمق ۱۶ متری رسوبات نسبتاً دانه درشت و شامل شن و ماسه می باشند. پس از آن یک افق ۱۰ متری از رسوبات دانه ریز از جنس ماسه دانه ریز در خمیره رسی به چشم می خورد. لایه بسیار تراوای قلوه سنگی با ضخامت ۷ متر به ماسه دانه ریز در خمیره رسی ختم شده که از عمق ۳۳ متر شروع شده و تا ۴۷ متر ادامه دارد. پس از آن لایه قلوه سنگی تا عمق ۵۲ متر وجود دارد که از ۵۲ تا ۶۱ متری باز هم رسوبات دانه ریزتر می شوند. از عمق ۶۱ تا ۷۵ متری مجدداً رسوبات دانه درشت قلوه سنگی دیده می شوند که به ماسه های دانه ریز با خمیره رسی و لایه رسی تا عمق ۱۰۰ متری ختم می شود. تنها از عمق ۵ متری تا ۳۰ متری منحنی پتانسیل خودزا از خط شیل منحرف شده و نشان دهنده یک زون تراوا در این منطقه است.

### چاه شرب تنکابن (W1)

رسوبات این منطقه به طور عمده دانه ریز بوده و زون تراوای آن در عمق ۴۰ تا ۶۵ متر وجود دارد. از سطح زمین تا عمق ۱۰ متری رسوبات رسی وجود دارد که به ماسه دانه ریز در خمیره رس ختم می شود. لایه رسوبی دانه ریز تا عمق ۴۰ متری ادامه دارد. از عمق ۴۰ تا ۶۵ متر رسوبات دانه درشت تر شده و مقاومت الکتریکی بیشتری را نشان می دهند. همچنین تنها در این عمق منحنی پتانسیل

خودزا حضور یک لایه تراوا را نشان می دهد. از ۶۵ تا ۸۰ متری مجدداً رسوبات دانه ریز غالب شده و عمدتاً از جنس رس و ماسه دانه ریز در خمیره رسی می باشند.

### چاه شرب طالش محله (W2)

یک لایه از رسوبات دانه درشت قلوه سنگی از سطح زمین تا عمق ۱۹ متر مشاهده می شود. در زیر این لایه تراوا رسوبات دانه ریز تر شده و از ماسه دانه ریز در خمیره رسی تا رس تغییر می کند و تا عمق ۳۵ متری وجود دارند. در اعماق ۳۵ تا ۵۳ متر مجدداً رسوبات دانه درشت تر می شوند که شامل شن و ماسه درشت می باشد. از عمق ۵۳ تا ۱۰۰ متر رسوبات دانه ریز رسی و ماسه دانه ریز در خمیره رسی وجود دارد. علاوه بر زون تراوایی که تا عمق ۲۰ متری وجود دارد از ۳۵ تا ۵۳ متری نیز لایه آبدار وجود دارد. منحنی پتانسیل خودزا در عمق ۸۵ تا ۱۰۰ متری انحراف از خط شیل نشان می دهد درحالیکه مقاومت ویژه در این عمق پایینتر از ۵۰ است. به نظر می رسد که در این عمق آب شور وجود دارد.

### چاه شرب شاقوزکتی (W3)

عمده ترین رسوبات این منطقه دانه درشت بوده و رسوبات دانه ریز به جز عمق ۲۸ تا ۳۸ متری اغلب نازک لایه بوده و دارای ضخامت ۳ تا ۴ متر می باشد. توالی رسوبی منطقه به گونه ای است که از سطح زمین تا عمق ۲۸ متری رسوبات از جنس شن و ماسه درشت می باشند. پس از آن ۱۰ متر ماسه دانه ریز در خمیره رسی وجود دارد. از عمق ۳۸ متر تا ۷۱ متر باز هم دانه درشت ها غالب می شوند ولی از ۷۹ متر تا عمق ۱۰۰ متری عمدتاً رسوبات از جنس رس و ماسه دانه ریز در خمیره رسی می باشند. بررسی منحنی پتانسیل خودزا در این چاه نشان می دهد که دو زون تراوا یکی از سطح زمین تا عمق ۴۰ متری و دیگری از ۶۰ تا ۷۵ وجود دارد.



#### چاه شرب استخرسر (W4)

رسوبات دانه درشت قلوه سنگی به همراه شن و ماسه درشت رودخانه ای از سطح زمین تا عمق ۲۰ متری وجود دارند و پس از آن درصد رسوبات دانه ریز بیشتر می شود و تا عمق ۷۸ متری رس و ماسه دانه ریز در خمیره رسی وجود دارد. البته بررسی مقاومت ویژه نشان می دهد که در این فاصله لایه های قلوه سنگی با ضخامت کمتر دیده می شوند. از عمق ۷۸ تا ۹۶ متر رسوبات دانه درشت شن و ماسه وجود دارد که در زیر آن تا عمق ۱۰۰ متری مجدداً رسوبات دانه ریز غالب می شود.

هم چنین بررسی ارتباط بین منحنی های مقاومت ویژه و پتانسیل خودزا با هدایت الکتریکی و قابلیت انتقال نشان داد که در بعضی از چاه ها ارتباط بسیار خوبی بین این پارامترها وجود دارد. بررسی منحنی مقاومت ویژه پیزومتر اکتشافی شماره (۱) نشان می دهد که عمده ترین رسوبات تشکیل دهنده این پیزومتر دانه ریز است که این مطلب توسط مقدار بالای هدایت الکتریکی و قابلیت انتقال کم آن تأیید می شود. هم چنین در چاه شرب شاقوزکتی که دارای رسوبات دانه درشت رودخانه ای است هم میزان قابلیت انتقال زیاد است و هم میزان املاح محلول در آب زیرزمینی کم است. بنابراین نتیجه گیری می شود که انطباق تقریباً خوبی بین مقدار هدایت الکتریکی و منحنی مقاومت ویژه چاه ها وجود دارد و در مکان هایی که رسوبات دانه درشت وجود دارند میزان املاح محلول موجود در آب زیرزمینی به دلیل کم شدن زمان ماندگاری آب کم است و در مقابل مقدار قابلیت انتقال به دلیل تراوایی زیاد این رسوبات بالا می باشد. لازم به ذکر است که این رابطه در همه جای محدوده مورد مطالعه مشاهده نمی شود و آن هم به دلیل پیچیدگی های بسیار زیاد موجود در منطقه می باشد. در مجموع بررسی منحنی های ژئوالکتریک منطقه نشان می دهد که تنوع لایه ها در فاصله های اندک زیاد است و ضخامت و جنس لایه ها دارای تنوع زیادی می باشد. اگر بخواهیم منطقه را از نظر هیدروژئولوژیکی تفسیر کنیم می توان آن را به سه زون شرقی، غربی و میانی تقسیم بندی نمود که حضور رودخانه های دائمی و بزرگ موجود در شرق و غرب محدوده مورد مطالعه باعث ایجاد تنوع در جنس و ضخامت لایه آبرفتی شده اند. ضخامت لایه تراوا و دانه درشت متشکل از قلوه سنگ و شن و

ماسه درشت در زون شرقی و غربی منطقه زیاد است به همین دلیل مقادیر قابلیت انتقال به دست آمده از آزمایش پمپاژ در این دو بخش بالا می باشد. زون میانی که عمده ترین رسوبات آن دانه ریز بوده و از ماسه دانه ریز در خمیره رسی و رس تشکیل شده اند، دارای مقادیر کمتری قابلیت انتقال می باشد. در مجموع می توان نتیجه گرفت که درجه ناهمگنی سفره آب زیرزمینی منطقه به دلیل تاثیر رودخانه های بزرگ و تغییر مسیر این رودخانه ها در گذشته بسیار بالا می باشد.

## **فصل ششم**

### **نتیجه گیری و پیشنهادات**

## ۶-۱- نتیجه گیری

سفره آب زیرزمینی تنکابن نیز از نوع آزاد و آبرفتی است و شرایط حاکم بر آن از قبیل دانه درشت بودن رسوبات پوشاننده سفره و قرارگیری این آبخوان در کنار دریای مازندران احتمال انتقال آلاینده های سطحی به این منبع را افزایش می دهد. لذا بررسی خصوصیات کمی و کیفی آبخوان به منظور مدیریت صحیح در حفظ منابع آب زیرزمینی این منطقه از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می باشد که در این تحقیق به آن پرداخته شده است تا علاوه بر شناسایی پتانسیل های آلاینده سفره خصوصیات هیدروژئوشیمیایی و هیدروژئولوژیکی آن مورد بررسی قرار گیرد.

### ۶-۱-۱- بررسی هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی منطقه

نتایج حاصله از آنالیز شیمیایی بیانگر موارد زیر می باشد:

#### *الف- نتایج حاصل از بررسی هدایت الکتریکی در منطقه*

نتایج حاصل از بررسی نقشه های هدایت الکتریکی تهیه شده برای دو نوبت نمونه برداری، نشان دهنده روند افزایشی هدایت الکتریکی از کوه به سمت دریا، به خصوص در مناطقی که تحت تاثیر رودخانه قرار می گیرد می باشد. نرخ تغییرات هدایت الکتریکی در آبان ماه ۴۳۲ تا ۷۲۵ و در تیر ماه ۴۵۵ تا ۸۷۳ میکروموس بر سانتیمتر می باشد. به طور کلی میزان املاح از سمت جنوب به شمال شرق یعنی از سمت کوه به دریا افزایش یافته است، که این جهت منطبق بر حرکت آب های سطحی موجود در منطقه نیز می باشد. افزایش غلظت املاح موجود در آب زیرزمینی در همه جا از این روند تبعیت نمی کند که دلیل آن پیچیده بودن محدوده مورد مطالعه در اثر عملکرد عواملی از قبیل پیشروی دریا در گذشته و بر جای ماندن رسوبات دانه ریز دریایی، رودخانه و وجود سفره های معلق می باشد. به طوریکه در بخش هایی از منطقه که تحت تاثیر رودخانه قرار گرفته اند روند تغییرات

بسیار مرتب بوده و از سمت کوه به دریا املاح موجود در آب افزایش می یابد ولی در بخش های میانی محدوده مورد مطالعه به دلیل وجود رسوبات دانه ریز دریایی و عدم شستشوی آنها توسط رودخانه ها کیفیت آب پایین می آید. هم چنین پایین بودن بار هیدرولیکی بخش میانی نسبت به کل محدوده، بالا بودن سطح آب زیرزمینی در این بخش و وجود مارن های لجنی به صورت پراکنده در منطقه را می توان از جمله عوامل تاثیر گذار در افزایش هدایت الکتریکی بخش میانی ذکر کرد.

#### ب- نتایج حاصل از بررسی رفتار غلظت کاتیون ها و آنیون ها در منطقه

مطالعه و بررسی روند تغییرات یون های کلر، سدیم، سولفات و نسبت های یونی کلر به مجموع آنیون ها و سدیم به مجموع کاتیون ها نشان می دهد که روند تغییرات این یون ها همانند تغییرات هدایت الکتریکی بوده و در مناطق نزدیک به رودخانه چشمه کیله در غرب محدوده مورد مطالعه غلظت این یون ها به صورت منظم از سمت کوه به دریا افزایش می یابد ولی در بخش هایی که تحت تاثیر این رودخانه قرار ندارد روند تغییرات متفاوت می باشد. به طور کلی هر چه از رودخانه به سمت بخش های میانی دشت فاصله بگیریم غلظت عناصر محلول در آب زیرزمینی بیشتر است که آن نیز به دلیل نقش تغذیه کننده رودخانه نسبت به سفره آب زیرزمینی اطراف خود می باشد.

#### ج- نتایج حاصل از بررسی سختی آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه

بر اساس مقادیر سختی محاسبه شده در محدوده مورد مطالعه، حداقل سختی آب زیرزمینی در نمونه های آبان ماه ۱۳۸۶، برابر با ۱۷۷/۴ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم می باشد که در بخش جنوب و غرب منطقه مورد مطالعه یعنی در مناطقی که تغذیه از آنجا صورت می گیرد مشاهده می شود و حداکثر آن ۲۷۰/۷ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم است و در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه دیده می شود. هم چنین میزان حداقل سختی آب زیرزمینی برای نمونه های مربوط به تیر ماه ۱۳۸۶ برابر با ۱۷۰/۳ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم و حداکثر آن ۲۷۳/۲ میلی گرم بر لیتر کربنات

کلسیم می باشد. آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه بر طبق طبقه بندی تاد<sup>۱</sup> (۲۰۰۵) در رده آب های سخت قرار می گیرد. بالا بودن غلظت کلسیم و منیزیم در آب های منطقه را می توان به انحلال کانی های کربناته موجود در سفره در نتیجه فعالیت میکروارگانیسم ها و باکتری ها نسبت داد. هم چنین استفاده از کودهای کلسیم دار و آهک برای فعالیت های کشاورزی در محدوده مورد مطالعه می تواند از عوامل موثر بر سختی آب زیرزمینی منطقه محسوب شود.

د- نتایج حاصل از بررسی نمایه های اشباع کلسیت، دولومیت و هالیت در محدوده مورد مطالعه نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که شاخص اشباع کلسیت و دولومیت برای تمامی نمونه ها در منطقه مورد مطالعه مثبت بوده و بیانگر فوق اشباع بودن آب زیرزمینی نسبت به این دو عنصر است. علت اشباع بودن کلسیت و دولومیت در منطقه به احتمال زیاد به این دلیل است که آب های نفوذی به سفره آب زیرزمینی به علت بالا بودن گاز کربنیک خاک به شدت اسیدی شده و نمک های کلسیم و منیزیم به مقدار قابل توجهی در آب حل می شوند. هم چنین مقادیر شاخص اشباع هالیت در منطقه نشان می دهد که آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه نسبت به هالیت زیر اشباع است.

#### ۶-۱-۲- بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی منطقه

در ارتباط با خصوصیات هیدروژئولوژیکی از داده های مربوط به آزمایش های افت پله ای، لاگ های ژئوالکتریکی و داده های سطح آب استفاده شده است که نتایج حاصله به صورت مختصر در زیر ارائه می شود:

*الف) نتایج بدست آمده از نقشه هم پتانسیل و هم عمق*

بر اساس نقشه هم پتانسیل تهیه شده در دشت، روند حرکت عمومی آب از سمت جنوب به شمال شرق می باشد که هم روند با جهت جریان های سطحی موجود در منطقه می باشد. در بخش های

<sup>۱</sup> Tood 2005

ابتدایی رودخانه بزرگ چشمه کیله به دلیل نقش تغذیه کننده رودخانه نسبت به سفره آب زیرزمینی، جهت حرکت آب تغییر کرده و به صورت تقریباً شرقی- غربی درآمده است. هم چنین بررسی عمق برخورد به آب در منطقه نشان می دهد که حداکثر عمق برخورد به آب ۲۱ متر می باشد و در بخش های جنوب غربی منطقه و در نزدیکی رودخانه چشمه کیله دیده می شود و حداقل عمق برخورد به آب که در بخش ساحلی منطقه دیده می شود که حدود ۱ متر است. به طور کلی می توان نتیجه گرفت که هرچه از ارتفاعات (جنوب) به سمت ساحل (شمال) نزدیک شویم، عمق برخورد به آب کم می شود. عمق برخورد به آب در قسمت های میانی منطقه مورد مطالعه که از نظر هیدروژئوشیمی نیز دارای بیشترین املاح می باشند نسبت به سایر نقاط کمتر است.

#### ب) تفسیر داده های پمپاژ

با بررسی آزمایشات پمپاژ چاه های موجود در منطقه مشخص شد که مقدار قابلیت انتقال دشت از ۴۱ تا ۳۶۰۰ متر مربع در روز تغییر می کند. روند تغییرات این پارامتر در منطقه به دو صورت است. اول اینکه از کوه به سمت دریا (از جنوب به شمال) مقدار قابلیت انتقال افزایش می یابد و دوم اینکه در نزدیکی رودخانه های بزرگ میزان این پارامتر افزایش می یابد. بالا بودن میزان قابلیت انتقال در نزدیکی رودخانه ها را می توان به افزایش ضخامت رسوبات دانه درشت رودخانه ای در این بخش نسبت داد. البته لازم به ذکر است که در بعضی از مناطق نیز به دلیل ناهمگنی زیاد سفره میزان قابلیت انتقال در فواصل نزدیک بسیار متفاوت می باشد.

#### ج) تفسیر لاگ های ژئوالکتریک

منحنی های موجود شامل منحنی مقاوت ویژه، پتانسیل خودزا و اشعه گامای طبیعی می باشند که نتایج حاصل از تفسیر این منحنی ها نشان می دهد که از نظر هیدروژئولوژیکی می توان منطقه را به سه زون شرقی، غربی و میانی تقسیم کرد. در زون های شرقی و غربی به دلیل تاثیر رودخانه های

بزرگ موجود در منطقه، ضخامت رسوبات دانه درشت رودخانه ای بسیار زیاد می باشد و تا اعماق بیش از ۸۰ متر نیز مشاهده می شود. درحالیکه در زون میانی به دلیل دور بودن از رودخانه ها غلبه با رسوبات دانه ریز بوده و عمدتاً شامل رس و شن و ماسه در خمیره رسی می باشند. هم چنین با بررسی این منحنی ها مشخص شد که ضخامت و جنس لایه ها در فواصل نزدیک به هم بسیار متفاوت که رودخانه تاثیر بسیار زیادی در ناهمگنی سفره آبرفتی دارد. تغییر مسیر رودخانه در طول زمان های گذشته منجر به ایجاد تنوع بسیار زیادی در لیتولوژی و ضخامت لایه های آبرفتی در فواصل نزدیک به هم شده است که این امر منجر به تغییر بسیار زیادی در جنس و ضخامت رسوبات در فواصل کوتاه شده است. هم چنین بررسی ارتباط بین منحنی های مقاومت ویژه و پتانسیل خودزا با هدایت الکتریکی و قابلیت انتقال نشان داد که در بعضی از چاه ها ارتباط بسیار خوبی بین این پارامترها وجود دارد. در مکان هایی که رسوبات دانه درشت وجود دارند میزان املاح محلول موجود در آب زیرزمینی به دلیل کم شدن زمان ماندگاری آب کم است و در مقابل مقدار قابلیت انتقال به دلیل تراوایی زیاد این رسوبات بالا می باشد و در مناطقی که رسوبات دانه ریز وجود دارد میزان املاح موجود در آب زیرزمینی بالا و مقدار قابلیت تراوایی کم است.



## ۶-۲- پیشنهادات

علیرغم مصرف کودهای شیمیایی و آلی در بخش کشاورزی و دانه درشت بودن رسوبات پوشاننده سفره، انتقال آلاینده ها آلودگی قابل توجهی که در نتیجه فعالیت کشاورزی در منطقه باشد، وجود ندارد و احتمال اینکه بخشی از املاح موجود در آب زیرزمینی در نتیجه در نتیجه نشت از سیستم فاضلاب باشد زیاد می باشد و سختی زیاد آب منطقه نیز این مطلب را تایید می کند. با توجه به ناهمگنی بسیار زیاد سفره در این منطقه و پیچیدگی های موجود در آن باید مطالعات جامع تری پیرامون بخش هیدروژئولوژی سفره انجام گیرد، لذا پیشنهادات زیر جهت بررسی دقیق تر ویژگی های کیفی و کمی منابع آب منطقه ارائه می گردد:

(۱) از آنجا که سفره های معلق زیادی در منطقه وجود دارد و تعداد چاه های حفاری شده در آن نیز زیاد می باشد پیشنهاد می شود که پیزومترهای اکتشافی بیشتری در فواصل نزدیک به هم حفاری شود تا اطلاعات بیشتری پیرامون این سفره ها بدست آید و در ضمن حفاری نمونه برداری از لایه های تشکیل دهنده با دقت بالا صورت بگیرد.

(۲) محیط رسوبی منطقه به طور دقیق مورد مطالعه قرار گیرد و منشاء آب شور موجود در اعماق بیش از ۴۰ متر در قسمت های جنوبی منطقه مورد شناسایی قرار گیرد.

(۳) با توجه به اینکه تنها آزمایشات پمپاژ موجود در منطقه از نوع پله ای می باشد و منطقه نیز بسیار ناهمگن است، پیشنهاد می شود آزمایشات پمپاژ بیشتری با دقت بالا صورت گیرد و در مواردی که پمپاژ به صورت پله ای است میزان تغییرات دبی نیز ثبت شود تا از داده ها بتوان استفاده کرد.

(۴) مطالعه ایزوتوپی جهت تعیین منشاء نترات موجود در منطقه صورت گیرد تا میزان نقش کشاورزی و توسعه مناطق مسکونی در تغییر کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد شناسایی قرار گیرد.

## منابع فارسی

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

اصغری مقدم الف. ضیاء ح. (۱۳۸۲) "بررسی خواص هیدروشیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند" صفحه ۷۴۹ تا ۷۵۰، چکیده مقالات بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

بهزادی فر. نخعی م. لشگری پور غ. اشرافی م. (۱۳۸۳) "بررسی وارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت قوچان با استفاده از GIS" صفحه ۴۱۳ تا ۴۲۲، هشتمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، شاهرود.

بیگدلو خ. اصغری مقدم الف. (۱۳۸۲) "علل شوری منابع آب زیرزمینی دشت عجب شیر" صفحه ۸۲۹، چکیده مقالات بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

پرایسس م. (۱۳۷۵) "شناخت آب های زیرزمینی" ترجمه: دکتر منوچهر چیت سازان، چاپ اول، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ص ۲۱۸-۲۱۲.

حقیقت ر. شمشکی ر. (۱۳۷۹) "تاثیر ساختارهای زمین شناسی بر ویژگی های کمی و کیفی آبخوان دشت ورامین" صفحه ۱۴ تا ۱۶، فشرده مقالات چهارمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، مرکز نشر سمر، تبریز.

حیدرنژاد ح. (۱۳۷۰) "سیمای طبیعی منطقه تنکابن" پایان نامه ارشد، دانشکده جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران.

رئیزی ع. کمالی م. زارع م. (۱۳۷۹) "بررسی علل تغییرات هیدروشیمیایی منابع آب در تاقدیس کارستی راوندی" صفحه ۲۶ تا ۳۲، چهارمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، مرکز نشر سمر، تبریز.

رجب پور ح. اصغری مقدم الف. ناصری ح. علی نژاد ع. (۱۳۸۲) "هیدروژئوشیمی آب های زیرزمینی دشت آذرشهر" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم طبیعی، گروه زمین شناسی، دانشگاه تبریز.

رقیمی م. رحیمی ع. قره محمدلو م. شاه پسندزاده م. سیدخادمی س. م. (۱۳۸۵) "تاثیر عوامل زمین شناسی در کیفیت شیمیایی منابع آب آشامیدنی گرگان، چکیده مقالات بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

روزبه م. دهقان منشادی ب. میرحسینی م. (۱۳۸۵) "تحلیل کیفی آب های زیرزمینی دشت ابرکوه، چکیده مقالات بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

زارع م. رئیسی ع. کرم پور ف. (۱۳۷۸) "مطالعه ویژگی های هیدروژئوشیمیایی منابع آب در سازندهای سخت شیرکوه یزد" صفحه ۳۰۷ تا ۳۱۱، فشرده مقالات سومین همایش انجمن علمی زمین شناسی ایران، مرکز نشر دانشگاه شیراز، شیراز.

سرا الف. (۱۳۷۸) "چاه نگاری" دکتر غلامحسین نوروزی، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، ص ۱۸۳-۱۳۳.

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

عابدی کوبایی ج. باقری م. (۱۳۸۰) "تاثیر سازندهای زمین شناسی بر کیفیت آب های زیرزمینی منطقه شمال غرب اصفهان" صفحه ۵۲۳، چکیده مقالات بیستمین گردهمایی علوم زمین، سازمان نقشه برداری کشور، تهران.

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

علامه ص. (۱۳۷۷) "تاریخ جامع تنکابن" چاپ اول، انتشارات بیگی تنکابن، ۴۵۵ صفحه.

علی نژاد ع. علاف نجیب م. (۱۳۸۲) "بررسی منشاء شوری آبخوان دشت آذرشهر" صفحه ۴۱۱ تا ۴۱۲، چکیده مقالات بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

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

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

غفوری م. مرتضوی ر. (۱۳۷۴) "آب شناسی" چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۴۵-۴۳.

قندی الف. اصغری مقدم الف. (۱۳۸۴) "بررسی عوامل موثر بر کیفیت آب زیرزمینی دشت تسوج" صفحه ۵۱، مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن علمی زمین شناسی، دانشگاه تربیت معلم تهران.

کاپلیر د. (۱۳۷۶) "چاه پیمایی در هیدروژئولوژی" مهندس عبدالحمید انصاری، چاپ اول، انتشارات دانشگاه یزد، ص ۱۳۹-۵۹.

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

گزارش نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رامسر، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

لشکری پور غ. خلاقی توره ش. کوچکان زاده الف. (۱۳۸۴) "بررسی آب های زیرزمینی دشت لادیز"، بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، تهران.

ماچیان ب، (۱۳۷۷)، پایان نامه ارشد: "بررسی آبهای آلوده در شهرستان تنکابن و نقش عوامل جغرافیایی در آن"، گروه جغرافیا، دانشگاه تهران.

محمدزاده ح. کاظمی گلپان ر. علایی م. (۱۳۷۸) "بررسی هیدروشیمیایی آب های زیرزمینی دشت شیروان و نقش آن در توسعه و گسترش شهر شیروان" صفحه ۵۹۳ تا ۵۹۷، فشرده مقالات سومین همایش انجمن زمین شناسی ایران،

محمودی ن. اصغری مقدم الف. (۱۳۸۵) "هیدروشیمی دشت مراغه-بناب و تاثیر پساب های شهرک صنعتی مراغه بر کیفیت آب های زیرزمینی" چکیده مقالات بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

مرادزاده ع. قوامی ریایی ر. (۱۳۸۶) "چاه پیمایی برای مهندسین" جلد اول، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ص ۳۳-۴۶.

مهندسان مشاور کاوآب، (۱۳۷۷) "گزارش آماری منابع آب- واحدهای مطالعاتی مازندران غربی و مرکزی.

مهندسان مشاور آبکاو، (۱۳۵۱) "مطالعات ژئوالکتریکی ناحیه چالوس و رامسر"، تهران.

ناصری ح. دادروان ف. (۱۳۸۱) "هیدروژئوشیمی سازندهای سخت بخشی از حوضه آبریز قزل اوزن" صفحه ۳۵۰ تا ۳۵۲، چکیده مقالات بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

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

ندیری ع. اصغری مقدم الف. عبدالله زاده س. (۱۳۸۳) "بررسی تاثیر سازندهای زمین شناسی بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت اردبیل"، چکیده مقالات بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

## منابع انگلیسی

Ajayi O. and Umah O. A. (1998) "Quality of groundwater in the coastal plain sand aquifer of the Akwalbom State, Nigeria" J. of **American Earth Sciences.**, 27, 2, pp 259-275.

An Y. J. Kampbell D. H. Jeong S. W. Jewell K. P. Masoner J. R. (2004) "Impact of geochemical Stressors on shallow groundwater quality" **Science of the Total Environment.**, Volume 348, pp 257-266.

Bleifuss P.S., (1998) "Tracing Sources of nitrate in the Long Island aquifer system" Department of Geosciences State University of New York at Stony Brook, M S thesis

Bruce B.W. McMahan P.B. (1996) "Shallow ground water quality beneath a major urban Center Denver, Colorado, USA" J. of **Hydrology.**, Volume 186, pp 129-151.

Chae G.T. Kim K. Yun S.T. Kim K.H. Kim S.O. Choi B.Y. Kim H.S. Rhee Ch.W. (2003) "Hydro geochemistry of alluvial ground waters in an agricultural area: an implication for ground water contamination susceptibility" J. of **Chemosphere.** Volume 55, pp 369-378.

Cloutier V. Leofebvre R. Savard M-M. Bourque E. and Therrien R. (2006) "Hydrogeochemistry and ground water origin of the Basses- Laurentides sedimentary rock aquifer system, St.Lawrence lowlands Quebec, Canada" **Hydrogeology jornal**, Volume 14, Issue 4, pp.573-590

Fetouani S. Sbaa M. Vancloster M. Bendra B. (2007) "Assessing ground water quality in the irrigated plain of Triffa a (north-east Morocco)" J. of **Agricultural Water Management**, Volume 95 , pp 133-142.

Galindo G. Sainato C. Dapena C. Fernandez-Turiel J. L. Gimeno D. Pomposiell M. C. Panarell H. O. (2006) "Surface and ground water quality in the northeastern region of Buenos Aires Province, Argentina" J. of **South American Earth Science.**, Volume 23, pp 336-345.

Gallardo A. H. and Tase N. (2005) "Hydrogeology and geochemistry characterization of ground water in a typical small scale agricultural area of Japan" J. of **Asian Earth Sciences.**, Volume 29, pp 18-28.

Guler C. and Thyne G.D. (2003) "Hydrologic and geologic factors controlling surface and ground water chemistry in the India wells-Owens valley area, southeastern California, USA" J. of **Hydrology.**, Volume 285, pp 177-198.

Guo H. and Wang Y. (2003) "Hydrogeochemical processes in shallow quaternary aquifer from the northern part of the Datong Basin, China" **Applied Geochemistry.**, Volume 19, pp 19-27.

Guo Q. Wang Y. Ma T. Ma R. (2006) "Geochemical processes controlling the elevated fluoride concentrations in ground waters of the Taiyuan Basin, Northern China" J. of **Geochemical Exploration.**, Volume 93, pp 1-12.

Harter T. Davis H. Mathews M. C. Meyer R. D. (2001) "shallow ground water quality on dairy farms with irrigated forage crops" J. of **Contaminant Hydrology.**, Volume 55, pp 287-315.

Hounslow w. (1995) "**Water quality data- Analysis and Interpretation**" IEMS Publishers, pp 71-22.

Jagannadha sarma V.V. Prasad N.V.B.S.S. Rajendra Prasad P. (1979) "The effect of hydrogeology on variation in the electrical conductivity of ground water fluctuations" J. of **Hydrology.**, Volume 44, Issues 1-2, pp 81-87.

Jayaprakash M. Giridharan L. Venugopal T. Kumar S.P.K. Periakalip P. (2007) "Characterization and evaluation of the factors affecting the geochemistry of ground water in Neweli, TamilNadu, India" J. of **Environmental geology.**, Volume 54, pp 855-867.

Karami G.H. and Younger P. " Analysing step- drawdown tests in heterogeneous aquifers Quaternary" **J of. Engineering Geology and Hydrogeology.**, Volume 35, pp 295-303.

Kelley W. R. (1996) "Heterogeneities in ground water geochemistry in a sand aquifer beneath an irrigated field" J. of **Hydrology.** Volume 198, pp. 154-176.

Khider K. and McPhail D.C. (2005) "Hydrogeology and Hydrogeochemistry in the HERMIDALE area, NSW" Regolith 2005- Ten years of CRC LEME, pp 165-169.

Kim K. Kim H. Choi B. Kim S. Park H. (2007) "Fe and Mn levels regulated by agricultural activities in alluvial ground waters underneath a flooded Paddy field" J. of **Applied Geochemistry**, Volume 23 ,pp 44-57.

Krusman G. P. and DeRidder N. A. (1979) "**Analysis and evaluation of pumping test data**" 4<sup>th</sup> edition, ILRI Publication, International Institute for Reclamation and development, The NETHERLANDS.

Kurbaniyazov A. and Kurbaniyazov S. (2006) "Anthropogenic contamination of ground water in the area of newly dry bottom of Aral Sea" J. of **European Geosciences Union**, Geophysical Research Abstracts, Volume 8, 1 pp.

Laluraj C. M. Gopinath G. Dineshkumar P. K. (2005) "Ground water chemistry of shallow aquifers in the coastal zones of Cochin, India" J. of **Applied Ecology and Environmental Research.**, Volume 3, pp 133-139.

Leonhart L.S. Roudebush E.M. Long M.R. Suelly B.A. Semmens B.A. (1990) "Hydrogeology Of the alluvial aquifer along the Curtiss reach of the San Pedro River" .pp 474-479.

Mc Quillan D. Kulis J. Charez B. Chiasson J. Fiaris B. (2005) "Groundwater quality in Corrales, Middle Rio Ground Basin, New Mexico" Interim Progress Report December 2005.

Mokrik R. and Baublyte A. (2005) "Water geochemistry in the Sventojy- Arukula aquifer system Lithuania" J. of **Geologija.**, volume 52, pp 55-64.

Nativ R. and Anderson Smith D. (1986) "Hydrogeology and geochemistry of Ogallala aquifer, Southern High plains" J of. **Hydrology.**, volume 91, pp 217-253.

Navarro A. Carbonell M. (2006) "Evaluation of ground water contamination beneath an urban environment: The Basos river basin (Barcelona, Spain)" J. of **Environmental Management.**, Volume 85, pp 259-269.

SHMU (1999) "Groundwater quality"

[http://www.sazp.sk/slovak/periodika/sprava/psreng/water/quality/quality\\_b\\_1.html](http://www.sazp.sk/slovak/periodika/sprava/psreng/water/quality/quality_b_1.html)

Tesoriero A. J. Spruill T. B. Eimers J. (2004) "Geochemistry of Shallow groundwater in coastal plain environments in the southeastern United State, implication for aquifer susceptibility" J. of **Applied Geochemistry.**, Volume 19, pp 1471-1482.

Thomas M. A. (2000) "The effect of residential development on ground water quality near Detroit, Michigan" J. of **American Water Resources Association.**, Volume 36, pp 1023-1038.

Todd D. K. (1980) "**Groundwater hydrology**" 2<sup>th</sup> edition, John Wiley and Sons, New York, 535 pp.

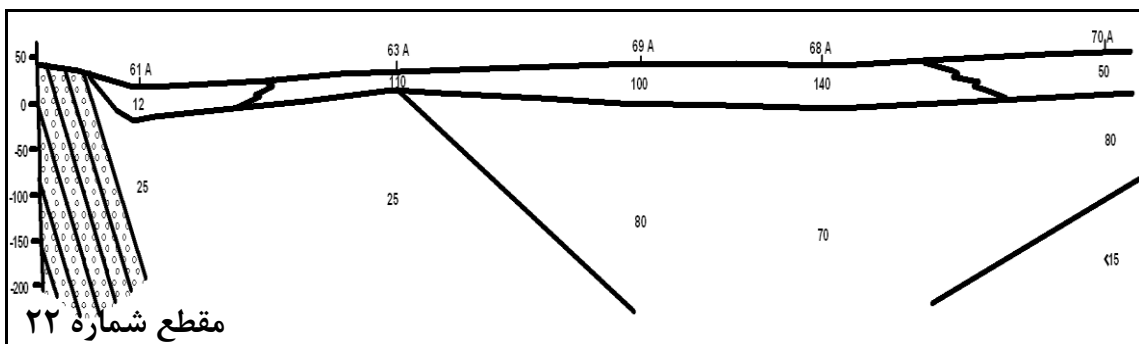
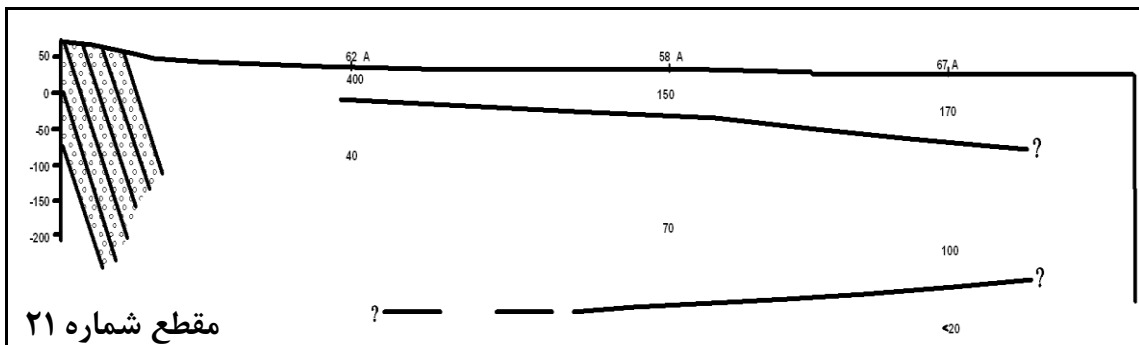
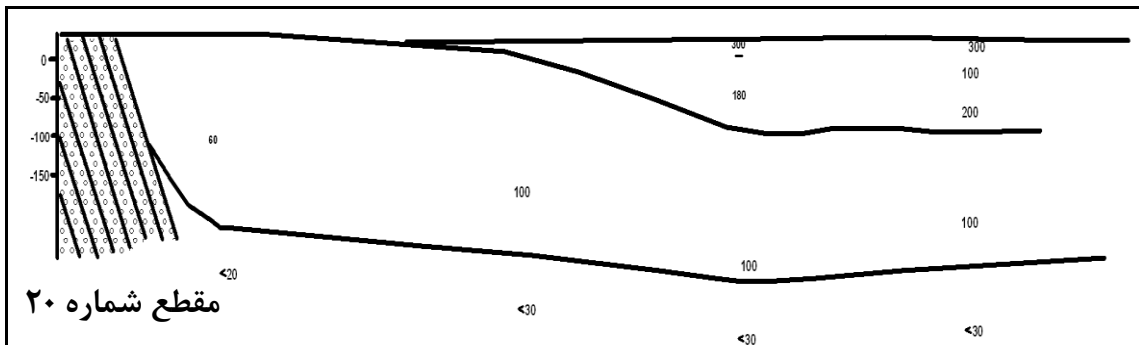
USGS.(2004) "Factors affecting ground water quality in Okland country, Michigan" U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, pp 1-4.

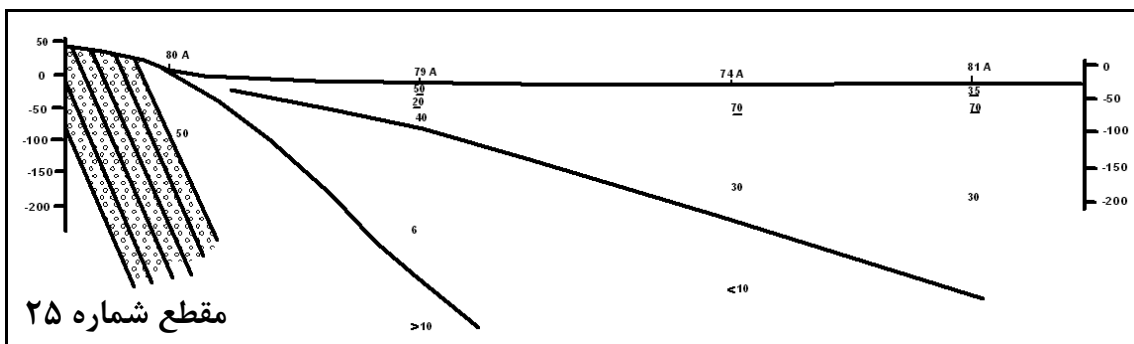
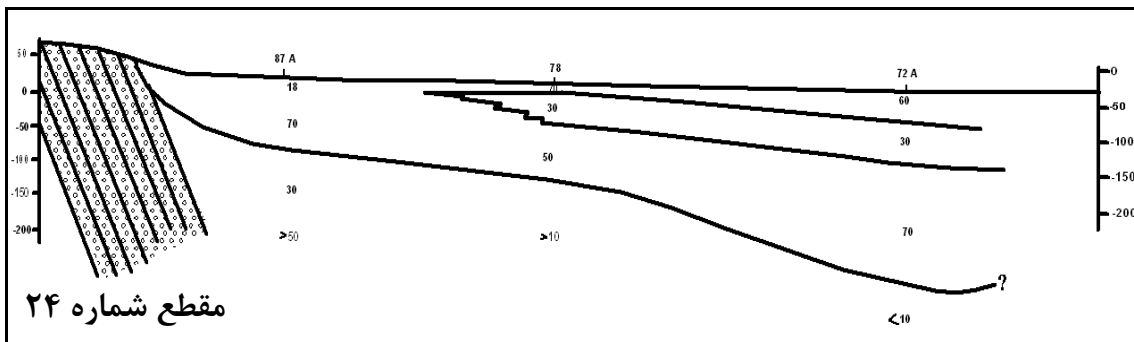
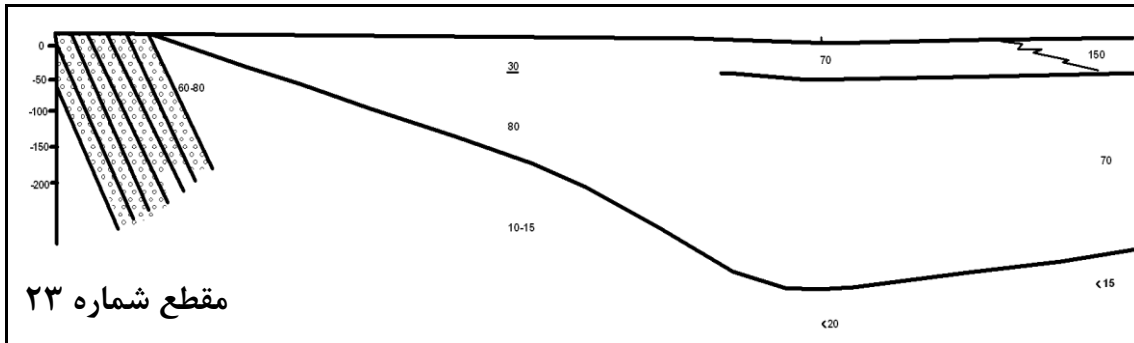
Williams A. E. Lund L. J. Johnson J. A. Kabala Z. J. (1997) "Natural and anthropogenic nitrate contamination of ground water in a rural community, California" J. of **Environmental Science and Technology.**, Volume 32 ,pp 32-39.

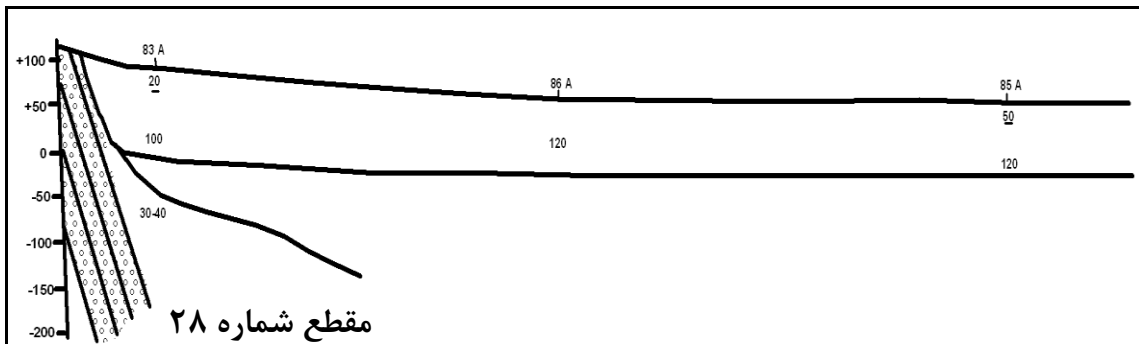
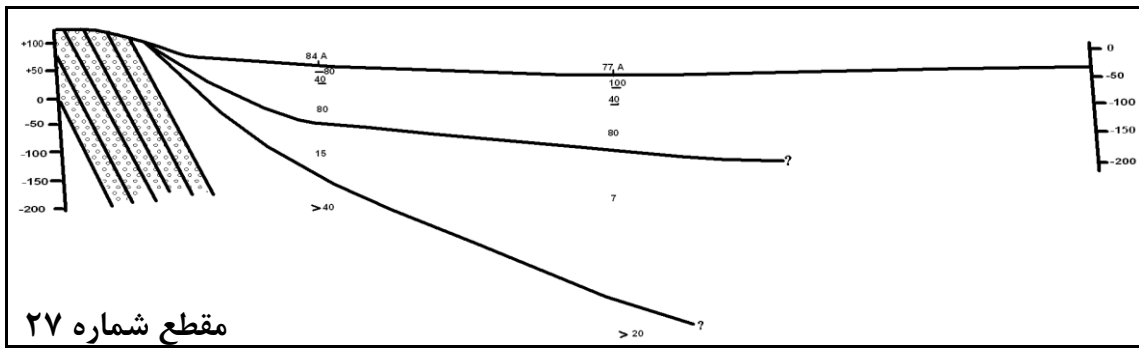
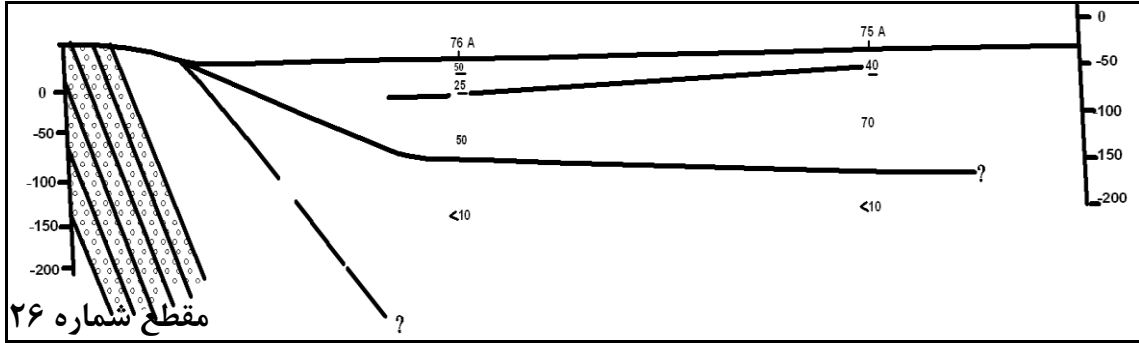


### پیوست شماره (۱)

مقاطع ۲۰ تا ۲۸ سونداژ های شمالی - جنوبی منطقه







پیوست شماره (۲).

منحنی های ژئوالکتریک پیزومترها و چاه های آب شرب

پیزومتر اکتشافی شماره (۱)

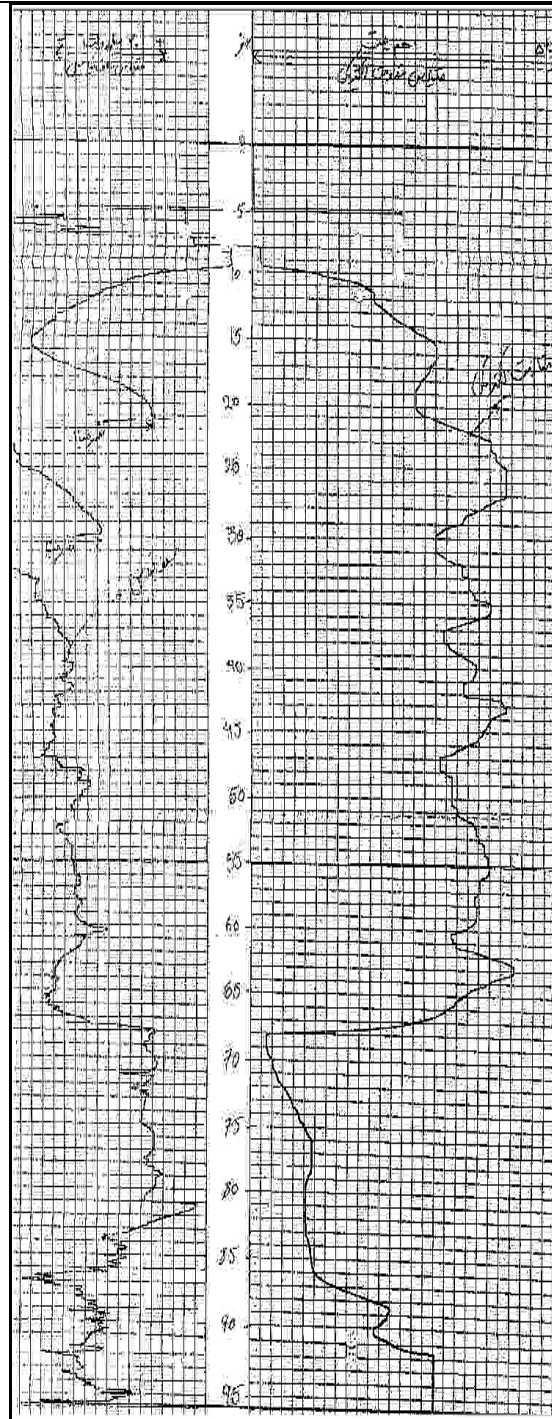
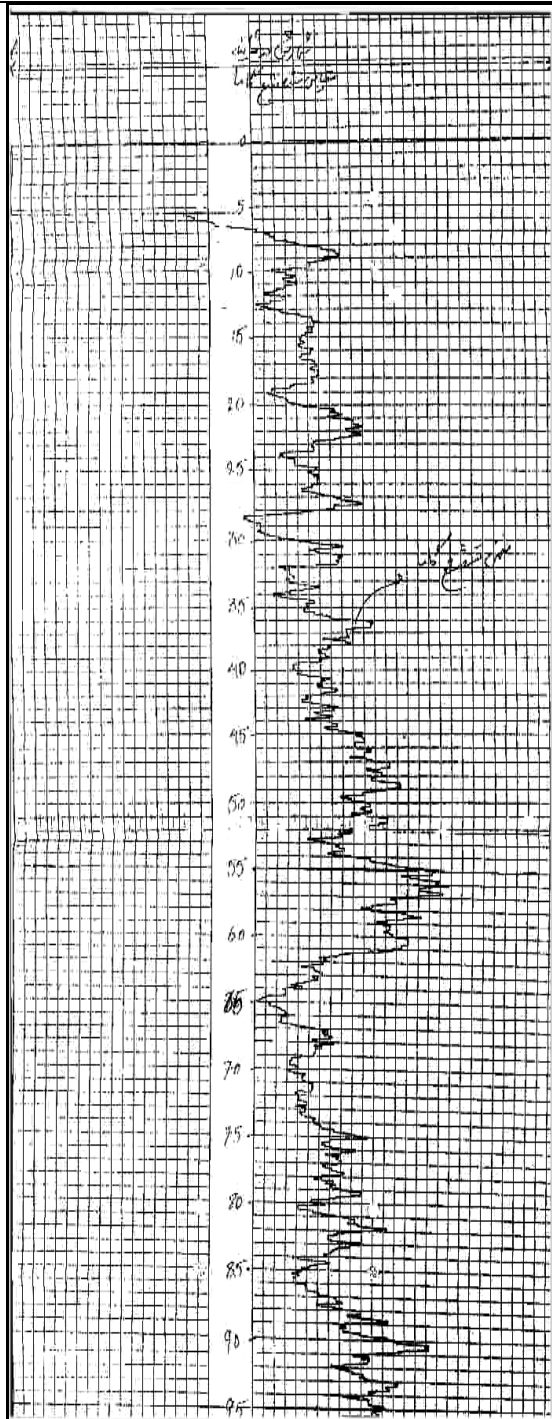
UTMX= 485576

UTMY= 4071712

نام شرکت حفار: حفاری سورابدشت

سال حفاری: ۱۳۸۵

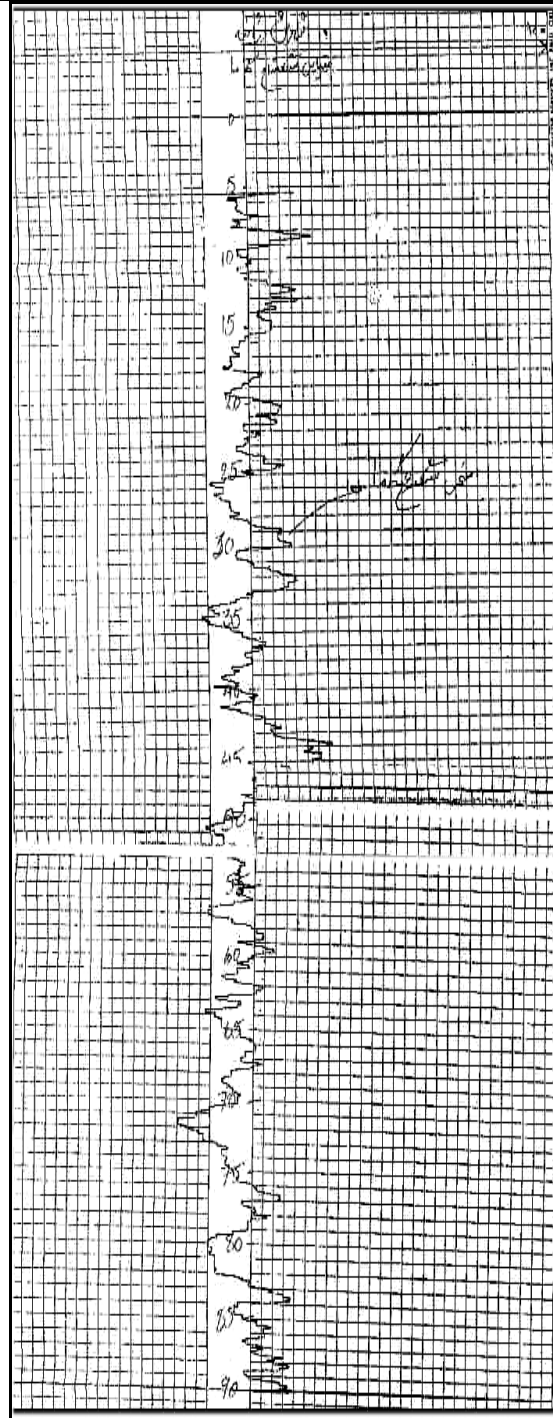
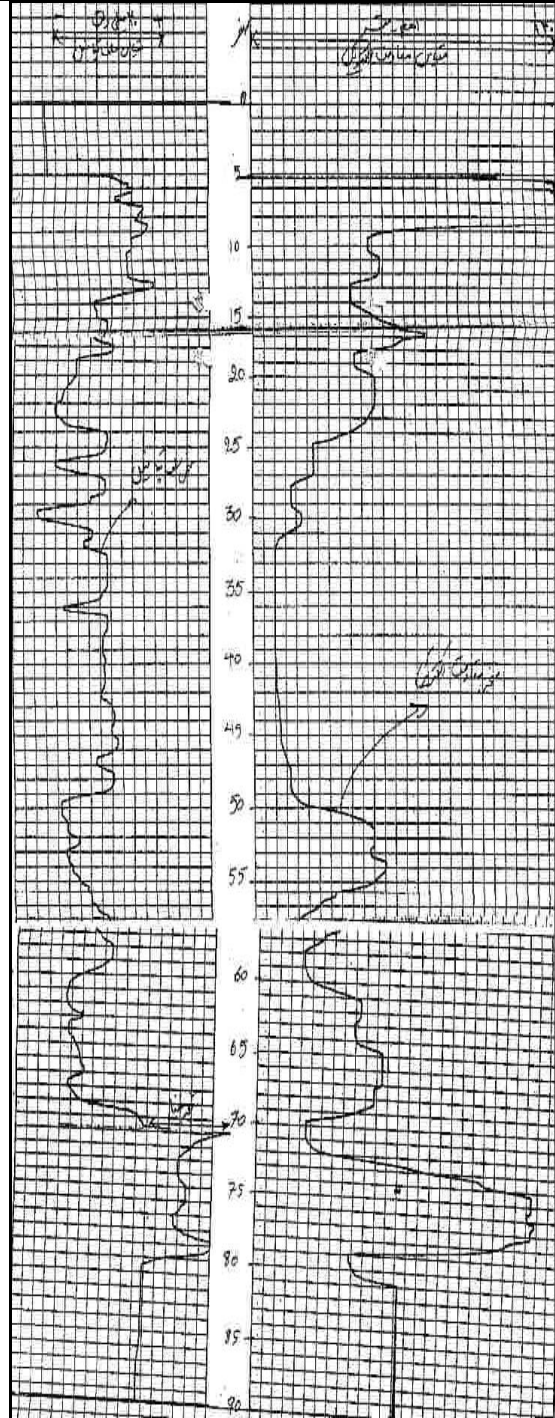
عمق چاه: ۹۵ متر



پیزومتر اکتشافی شماره (۲)

UTMX= 494175  
UTMY= 4070161

نام شرکت حفار: حفاری سورابدشت  
سال حفاری: ۱۳۸۵  
عمق چاه: ۹۰ متر



پیزومتر اکتشافی شماره (۳)

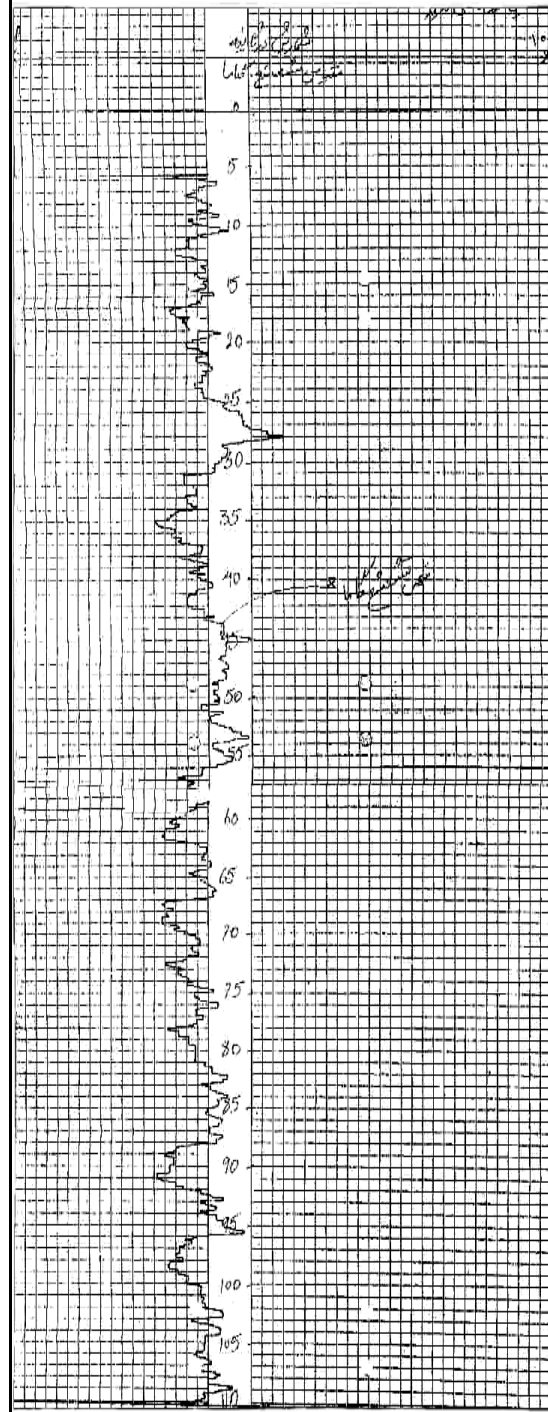
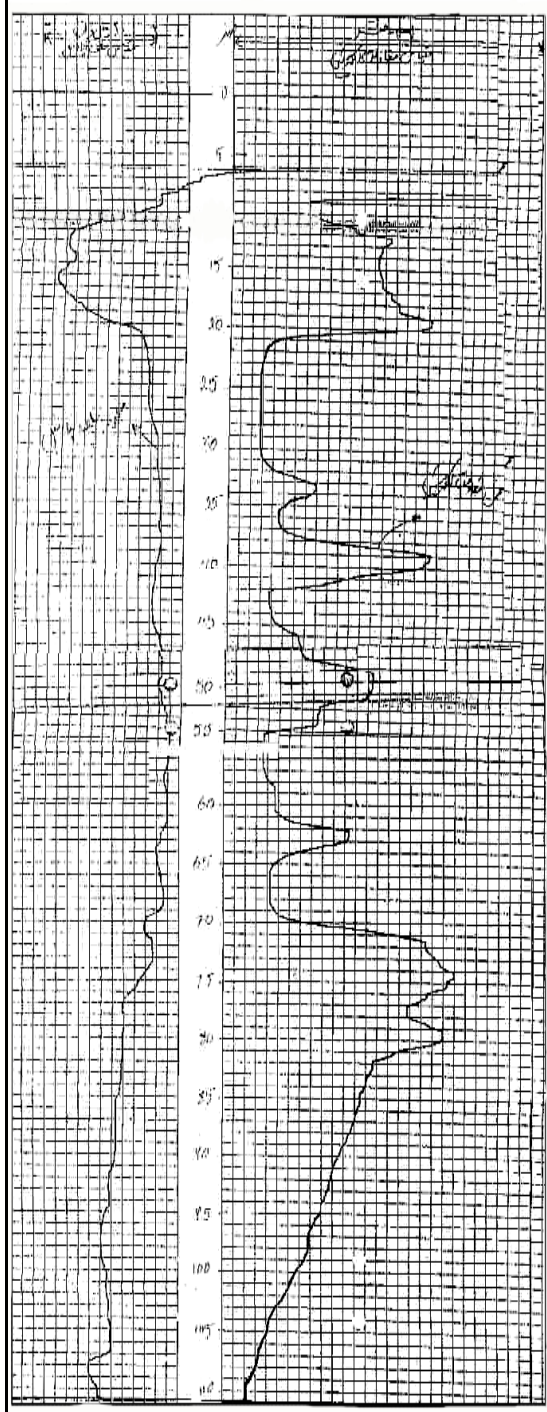
UTMX= 495909

UTMY= 4067880

نام شرکت حفار: حفاری سورابدشت

سال حفاری: ۱۳۸۵

عمق چاه: ۱۱۰ متر





پیزومتر اکتشافی شماره (۴)

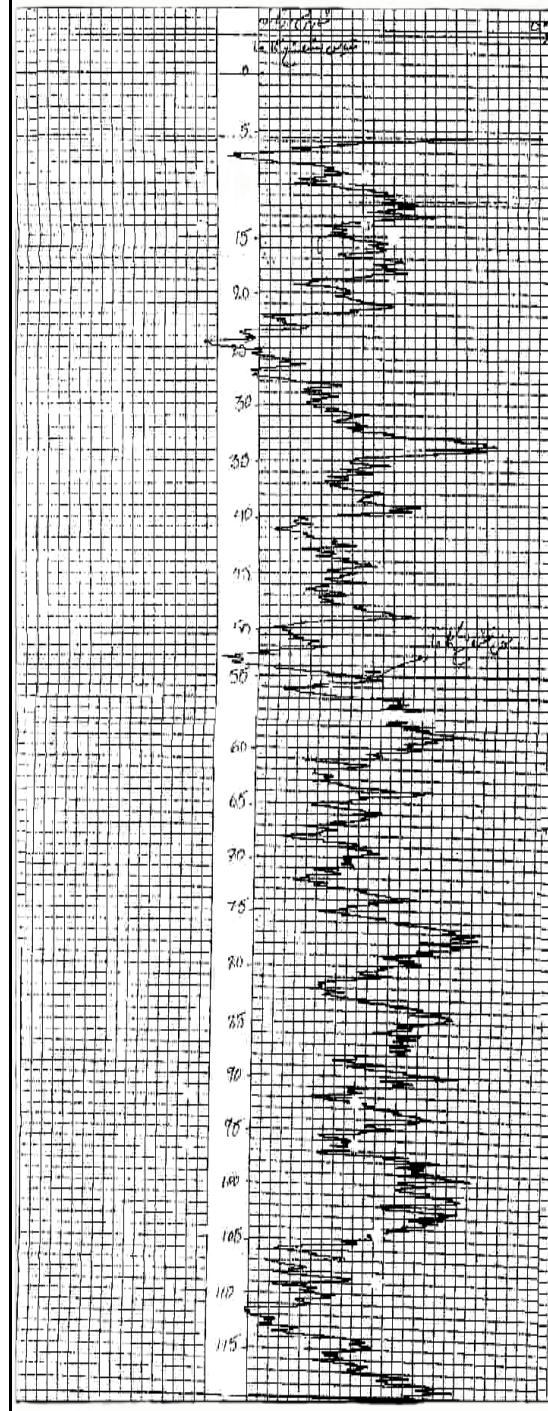
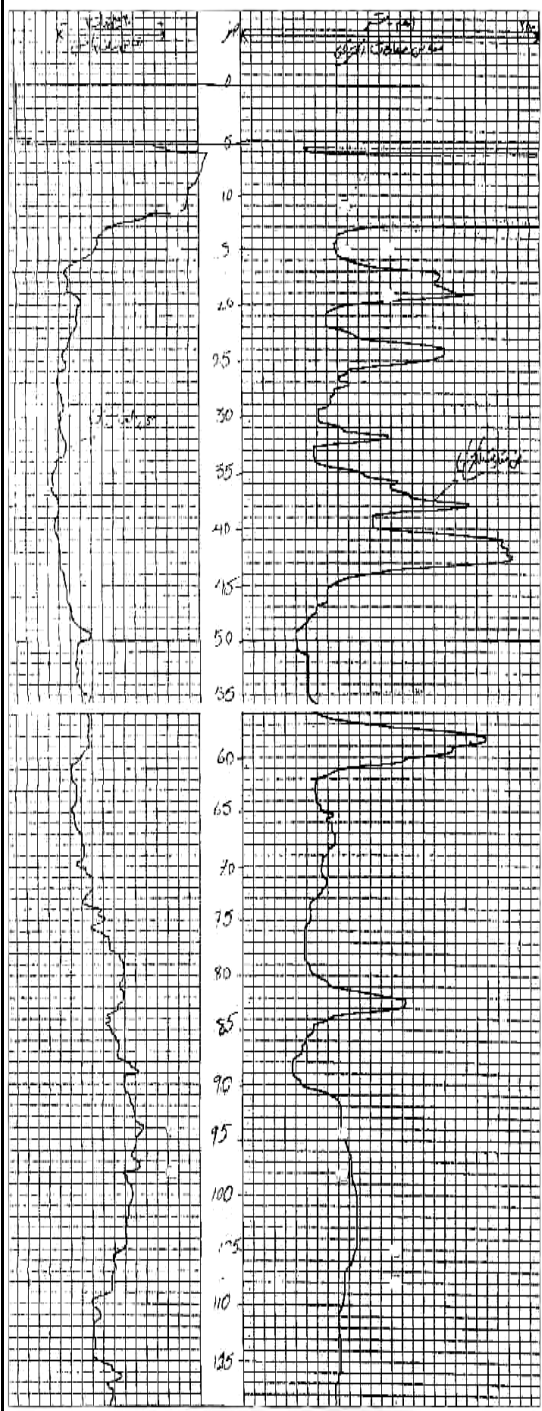
UTMX= 499206

UTMY= 4065815

نام شرکت حفار: حفاری سورابدشت

سال حفاری: ۱۳۸۵

عمق چاه: ۱۲۰ متر



پیزومتر اکتشافی شماره (۵)

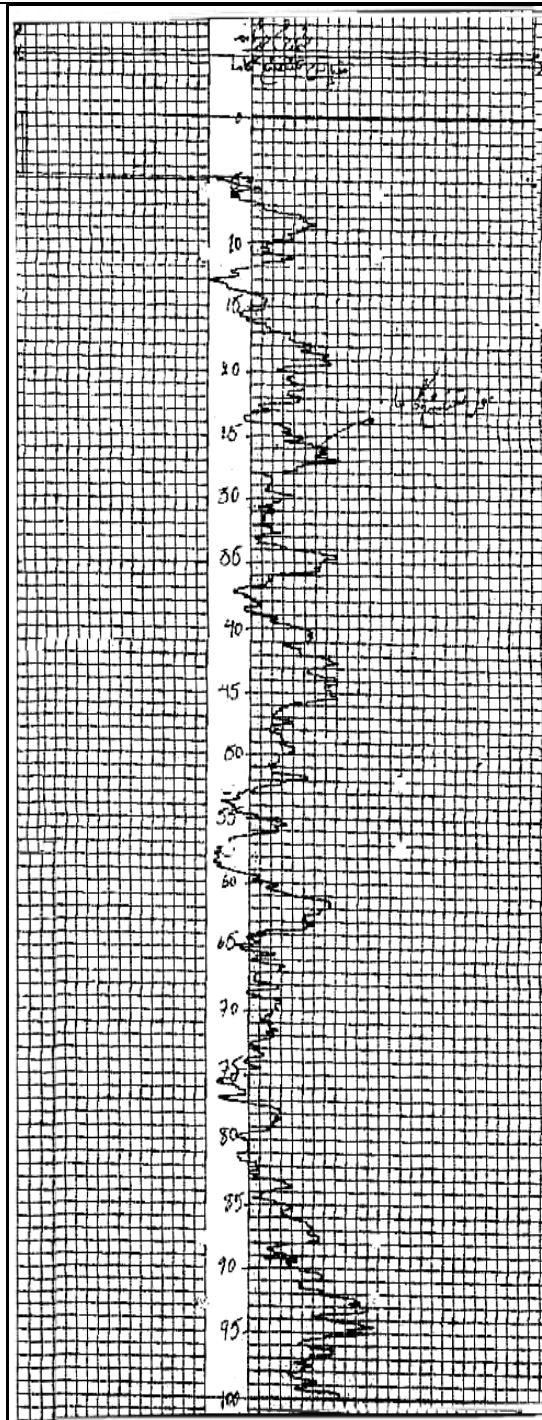
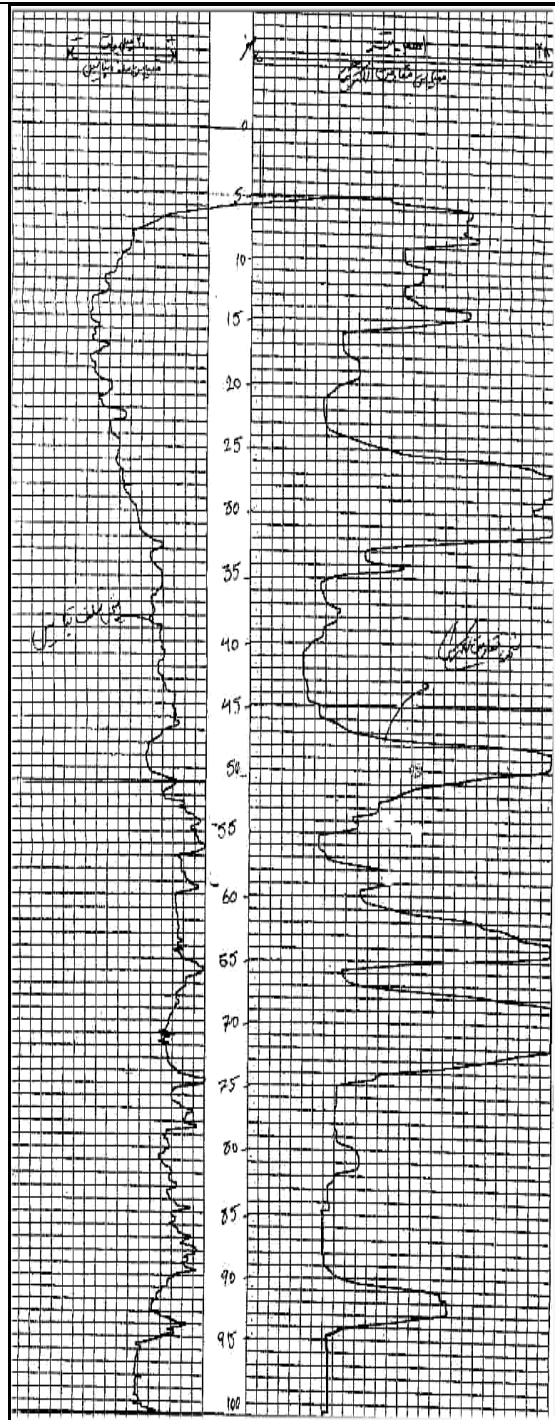
UTMX= 486304

UTMY= 4075407

نام شرکت حفار: حفاری سورابدشت

سال حفاری: ۱۳۸۵

عمق چاه: ۱۰۰ متر





چاه آب شرب تنکابن (W1)

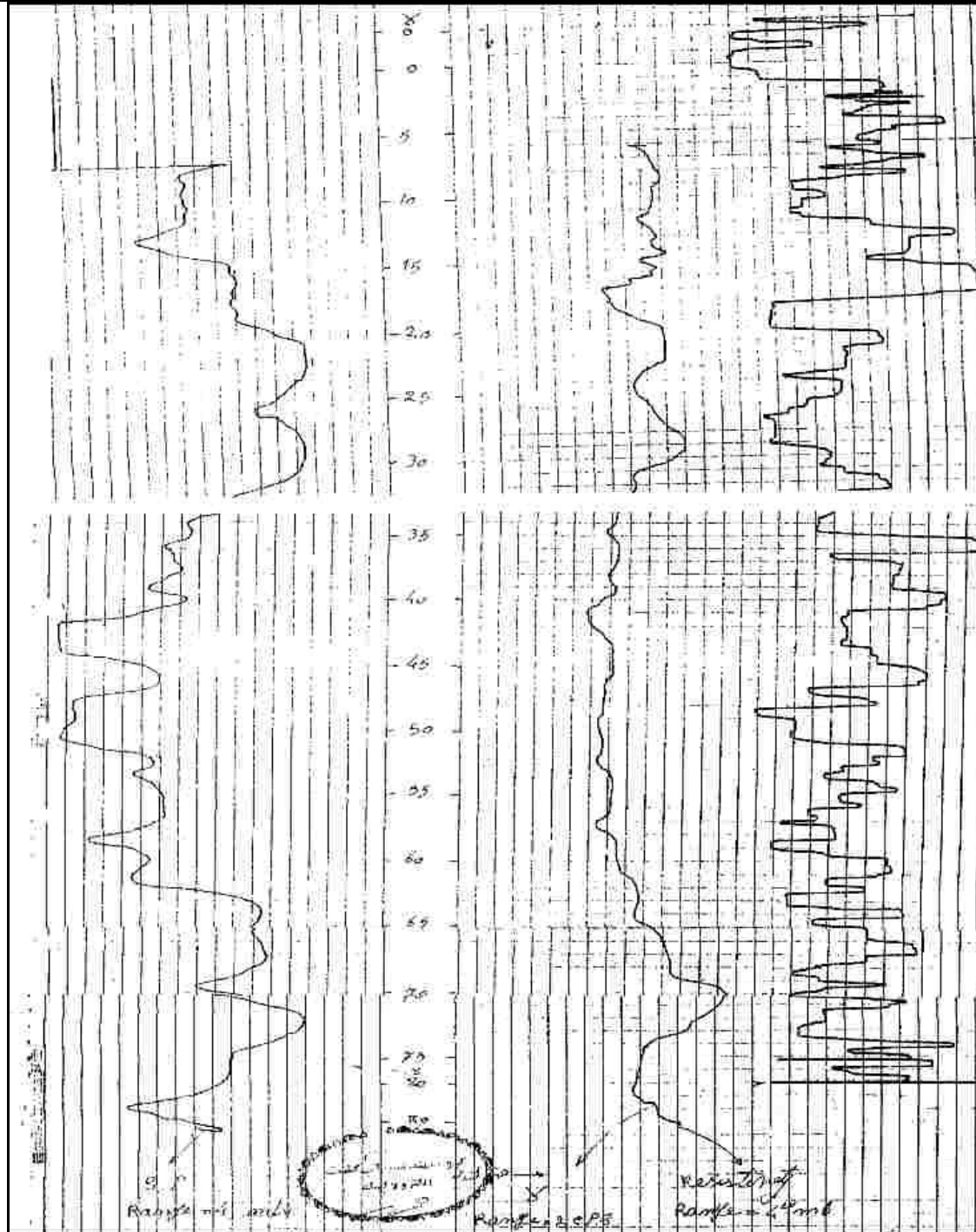
UTMX= 490446

UTMY= 4073479

نام شرکت حفار: حفاری سورابدشت

سال حفاری: ۱۳۷۰

عمق چاه: ۸۰ متر



چاه آب شرب طالش محله سربوت (W<sub>2</sub>)

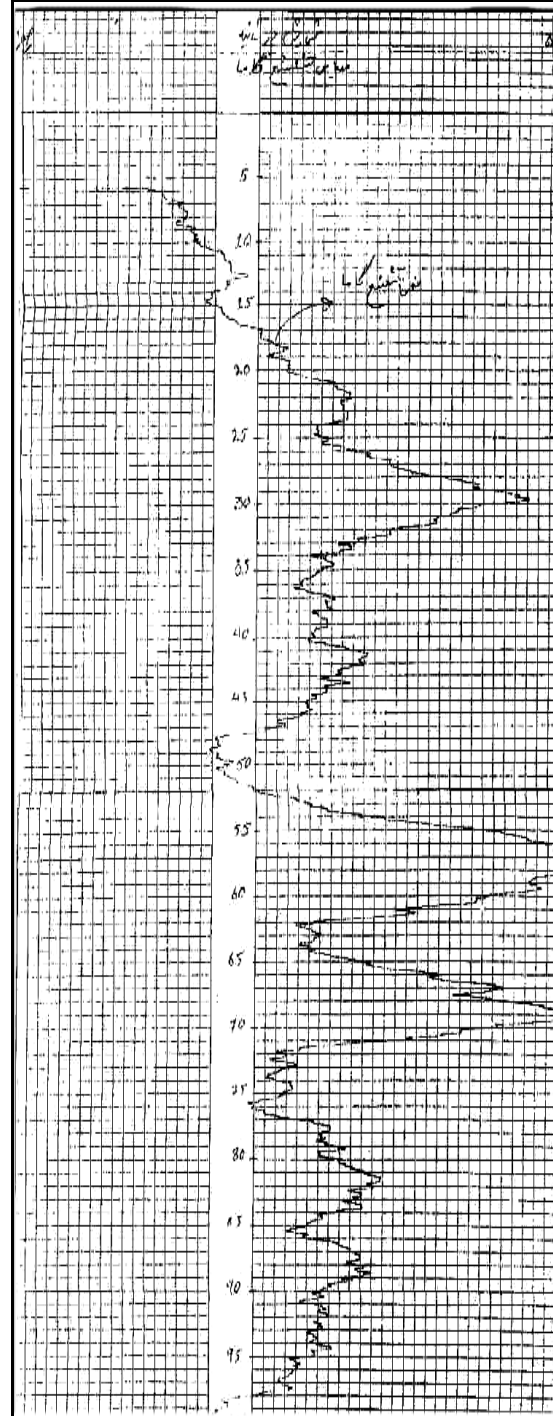
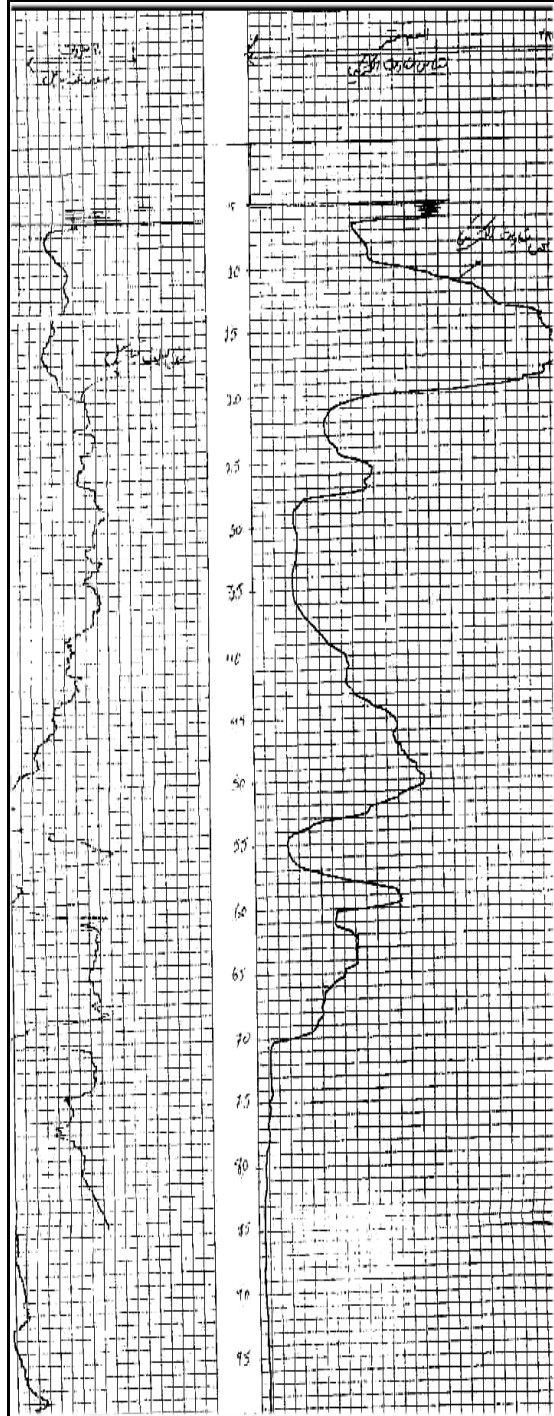
UTMX= 498518

UTMY= 4062662

نام شرکت حفار: مهندسی اکیفر

سال حفاری: ۱۳۸۲

عمق چاه: ۱۰۰ متر



چاه آب شرب شاقوزکتی (W3)

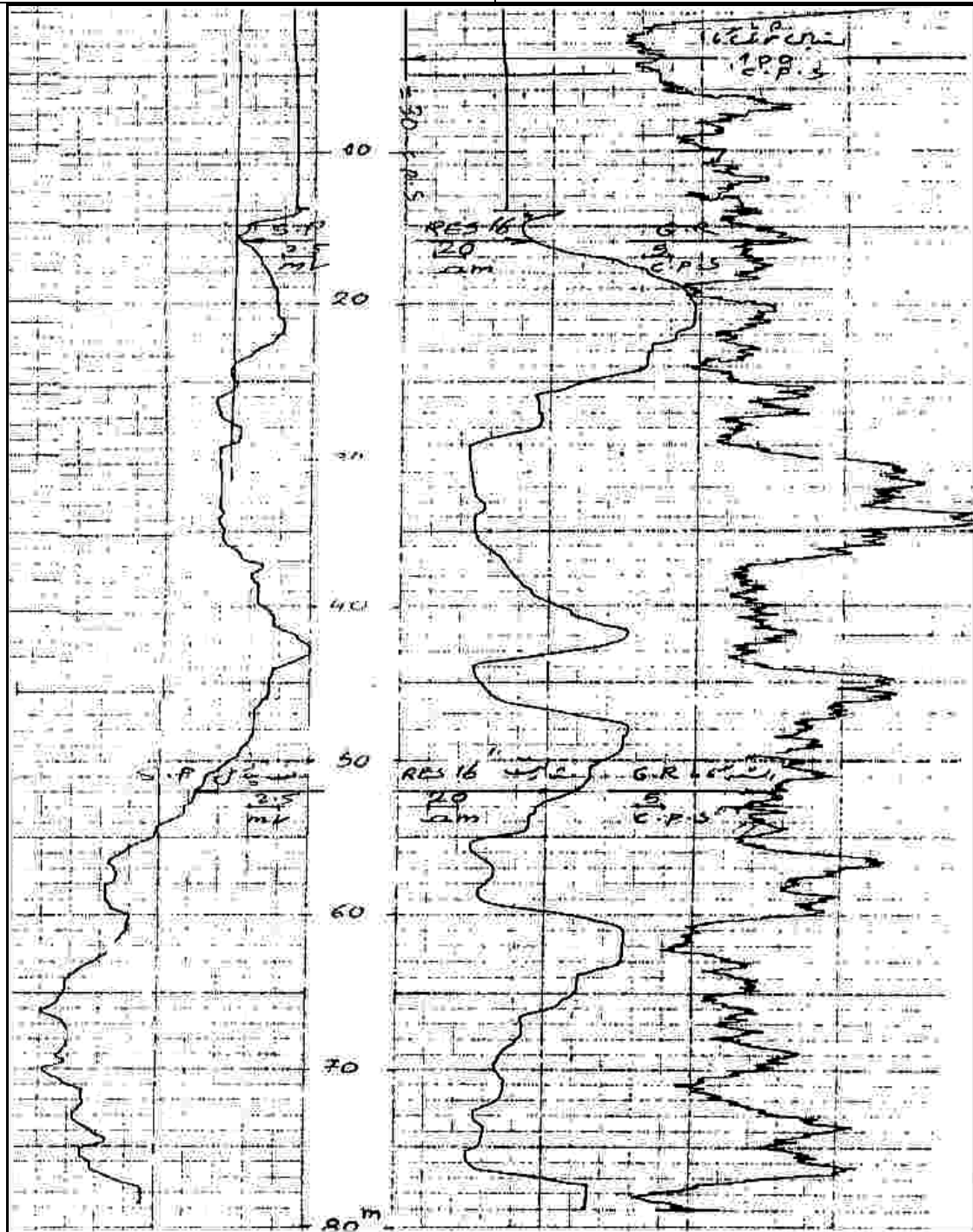
UTMX= 488470

UTMY= 4072620

نام شرکت حفار: مهندسی اکيفر

سال حفاری: ۱۳۶۷

عمق چاه: ۸۰ متر



چاه آب شرب استخرسر (W4)

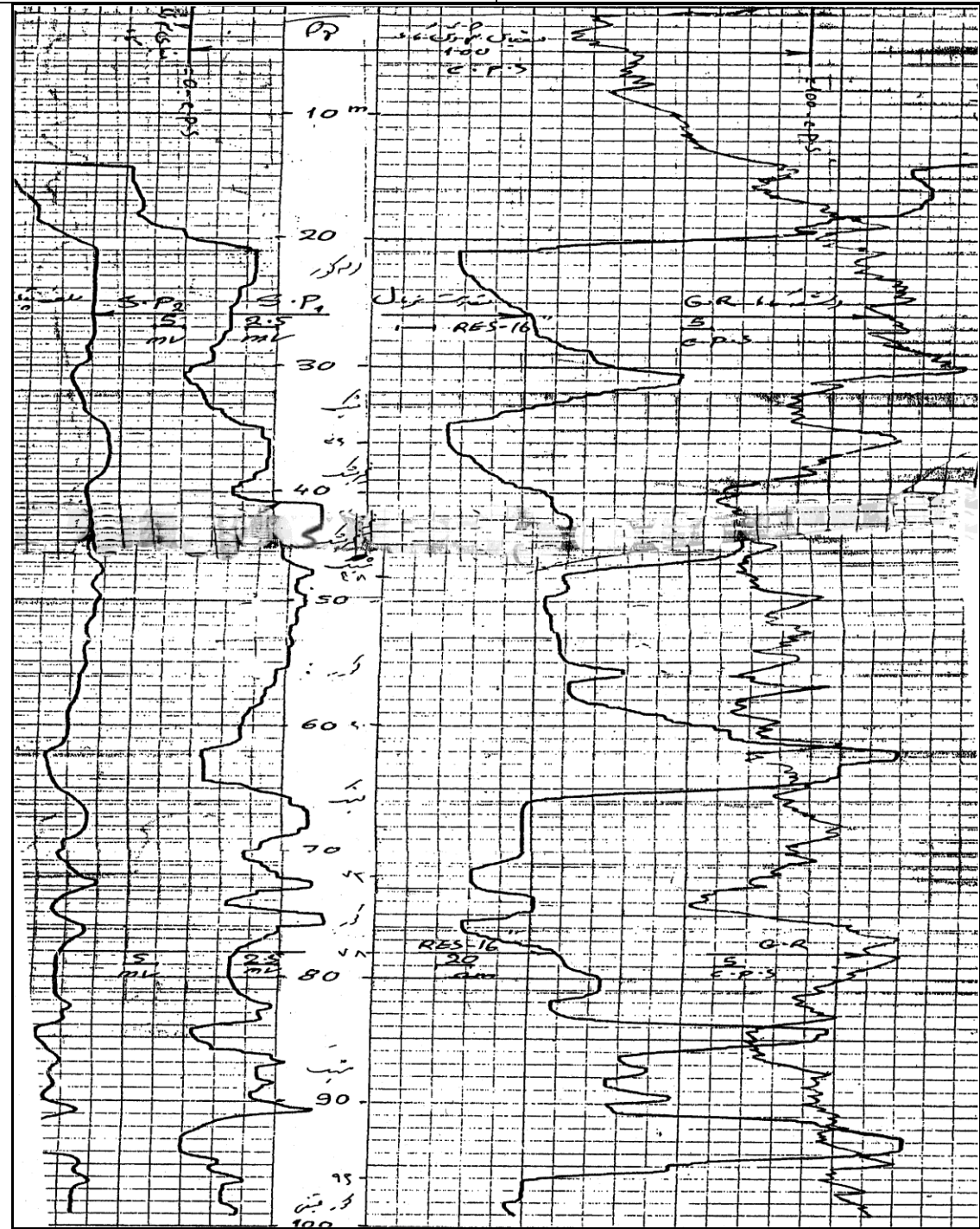
UTMX= 487548

UTMY= 4069646

نام شرکت حفار: مهندسی اکیفر

سال حفاری:

عمق چاه: ۱۰۰ متر



## **Abstract**

The Study area is located in the south east of Tonekabon city in the Mazandaran province. To evaluate the hydrogeochemistry of aquifer and determine the affective parameters affecting the groundwater quality , 23 samples in November 2007 and 24 samples in July 2008 were collected. Electrical conductivity, pH and temperature for all samples were measured on site and the concentration of major ions was measured in the Lab. The defined result show that the concentration of ions near the Cheshmekile River was increased from mountain to sea but in the central area of the plain it is more than other part. this is probably because of presence of water quality diminishing sediment in the central part of the plain . Also Hydrogeological study in this area show that the aquifer in Tonekabon is heterogeneous which may be classified in to three zones., namely east, west and central zones. In the east and west zones because of two rivers, course- grained sediments was deposited but in the central area fine- grained sediments were dominance. Geoelectrical evidences show that the rivers change along times lead to make different sediments in type and size was deposited in this area. However, groundwater quality in Tonekabon is generally suitable for drinking water and agricultural activities. The concentration of Mg and Ca is high and groundwater in this area is in the hard water class based on Todd (2005) classification. Calcite and dolomite saturation index is positive in this area wich may be attributed to microorganism and bacterial activities. By the contrast, Halite saturation index is negative for all samples. The groundwater type based on stiff diagram is bicarbonate Ca and Na.

Key words:

Hydrogeology, Hydrogeochemistry, alluvial aquifer, Tonekabon.



Shahrood University of Technology  
Faculty of Earth Sciences  
**M.S.C Thesis**

**Hydrogeology and hydrogeochemistry investigation  
of Tonekabon aquifer**

Seiedeh Fatemeh Kalantarian

Supervisor:  
Dr.G.H.Karami

April 2009