



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد آب شناسی

بر آورد آبدهی ویژه بر اساس داده های آزمایش پمپاژ تک چاهی، مطالعه

موردی دشت های سمنان، ایوانکی و گرمسار

نگارنده

سیدرضا میرباقری

استاد راهنما

دکتر غلامحسین کرمی

شهریور ماه ۱۴۰۰

سپاسگزاری

با حمد و سپاس به درگاه خداوند متعال که علم و دانش را چراغ راه زندگی انسان قرار داد. حال که با عنایت خداوند متعال انجام این پایان نامه به اتمام رسید، بر خود لازم می دانم تا از زحمات آنان که به نور علم و معرفت خویش، روشنگر راهم بودند، سپاسگزاری نمایم. بی شک جایگاه معلم برجسته تر از آن است که من توان تجلیل و قدردانی از این مقام ارجمند را داشته باشم، اما از آنجائی که وظیفه هر شاگردی قدردانی از زحمات معلم خویش می باشد، بر خود لازم می دانم به این وسیله از زحمات بی دریغ و ارزشمند استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر غلامحسین کرمی که در تمام مراحل این تحقیق یاور من بودند کمال تشکر و امتنان را داشته باشم و برای ایشان از خداوند متعال آرزوی سلامتی و پیروزی دارم.

از اساتید ارجمند آقایان دکتر رحیم باقری و دکتر هادی جعفری که در این دوره تحصیلی افتخار شاگردی آنها را داشته ام تشکر می نمایم.

از همسر مهربانم و دختران عزیزم که صبورانه و صادقانه من را همراهی نموده تا بتوانم این تحقیق را به نتیجه برسانم بسیار سپاسگزارم.

سیدرضا میرباقری

شهریور ماه ۱۴۰۰

تعهدنامه

اینجانب سیدرضا میرباقری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی گرایش آب‌شناسی از دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه کارشناسی ارشد با عنوان برآورد آبدهی ویژه بر اساس داده‌های آزمایش پمپاژ تک‌چاهی، مطالعه موردی دشت‌های سمنان، ایوانکی و گرمسار.

تحت راهنمایی آقای دکتر غلامحسین کرمی متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج و پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج از این پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده) مربوط به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوط ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

انجام آزمایش پمپاژ به روش‌های مرسوم یعنی استفاده از چاه‌های پمپاژ و چاه‌های پیزومتری اطراف آن مستلزم صرف هزینه بسیار بالاست. بنابراین، در دشت‌های مختلف این آزمایشات به طور بسیار محدودی انجام شده است، از طرفی به کارگیری روش‌های آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ نیاز به افراد مجرب دارد و عدم قطعیت آنها نیز بالاست. با توجه به اینکه در دشت‌ها تعداد زیادی چاه برای استخراج آب‌های زیرزمینی حفر شده است، بنابراین می‌توان با استفاده از این چاه‌ها و ارائه یک روش مناسب مقادیر پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان را برآورد نمود. برای به دست آوردن ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان، بهترین ایده از میان ساده‌ترین، کم هزینه‌ترین و البته مطمئن‌ترین روش‌ها، ایده آزمون تک‌چاهی است که در سال‌های اخیر در سطح بین‌المللی مطرح شده است. در روش پمپاژ تک‌چاهی (Single well pumping test) برای برآورد پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان از چاه‌های بهره‌برداری که به وفور در تمام دشت‌ها حفر شده‌اند، استفاده خواهد شد که از هزینه به مراتب بسیار کمتری برخوردار است.

به منظور برآورد مقادیر آبدی ویژه با استفاده از اطلاعات سیستم تک‌چاهی از داده‌های ۹ چاه پمپاژ در دشت‌های سمنان، ایوانکی و گرمسار استفاده شده است. ابتدا تصحیحات لازم بر روی داده‌های آزمایش پمپاژ اعمال شده است. سپس با استفاده از نرم افزار Aquifer win^{۳۲} داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقادیر قابلیت انتقال و آبدی ویژه آبخوان تعیین گردید. بررسی‌های انجام شده نشان داد که مقادیر آبدی ویژه به دست آمده از اطلاعات لاگ‌های حفاری چاه‌های پمپاژ با پارامتر استخراج شده از داده‌های پمپاژ (تلفیق مقادیر دبی پمپاژ و افت سفره) یک رابطه خطی با همبستگی بسیار خوبی را نشان می‌دهد.

به این ترتیب که رابطه $S_y = 0.5227x + 0.0221$ بین آبدی ویژه به دست آمده از اطلاعات لاگ حفاری چاه‌های پمپاژ (S_y) با پارامتر استخراج شده از داده‌های پمپاژ (x) به دست آمده است. مقدار x به صورت $x = Q/(\alpha \cdot Aq. loss + \beta)$ تعیین می‌شود که در آن، Q دبی پمپاژ بر حسب مترمکعب بر ثانیه، x پارامتر استخراج شده از داده‌های آزمایش پمپاژ، a و β ضرایب تجربی که به ترتیب برابر با ۰/۰۵ و ۰/۲۵ به دست آمده‌اند، $Aq. loss$ مقدار افت سفره بر حسب متر است. بنابراین، برای آن دسته از چاه‌های پمپاژ که پیزومتر و اطلاعات لاگ حفاری ندارند می‌توان از معادله خط مذکور استفاده نمود و مقادیر آبدی ویژه را برآورد نمود.

کلید واژه: آبدی ویژه، آزمایش پمپاژ، پمپاژ تک‌چاهی

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق	۱
۲-۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه	۲
۳-۱- آب و هوای مناطق مورد مطالعه	۵
۴-۱- زمین شناسی مناطق مورد مطالعه	۹
۱-۴-۱- نهشته‌های قبل از کواترنری	۱۰
۲-۴-۱- نهشته‌های کواترنری	۱۱
۵-۱- ژئومورفولوژی مناطق مورد مطالعه	۱۷
۶-۱- هیدرولوژی مناطق مورد مطالعه	۲۱
۱-۶-۱- هیدرولوژی دشت سمنان	۲۲
۲-۶-۱- هیدرولوژی دشت گرمسار	۲۳
۳-۶-۱- هیدرولوژی دشت ایوانکی	۲۴
۷-۱- هیدروژئولوژی مناطق مورد مطالعه	۲۵
۱-۷-۱- هیدروژئولوژی دشت سمنان	۲۵
۲-۷-۱- هیدروژئولوژی دشت گرمسار	۲۶
۳-۷-۱- هیدروژئولوژی دشت ایوانکی	۲۷
فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین درباره روش‌های مختلف برآورد آبدهی ویژه	۲۹
۱-۲- روش‌های تعیین آبدهی ویژه	۳۰
۱-۱-۲- روش آزمایش پمپاژ استاندارد یا روش چندچاهی	۳۰

۳۴	 ۲-۱-۲- روش‌های ریاضی یا عددی
۳۵	 ۲-۱-۳- روش‌های آزمایشگاهی
۳۷	 ۲-۱-۴- سایر روش‌ها
۳۹	 ۲-۲- عدم قطعیت در مقادیر آبدهی ویژه
۴۱	 ۲-۳- ارزیابی رابطه بین آبدهی ویژه و هدایت هیدرولیکی
۴۲	 ۲-۴- مزایای روش تک‌چاهی
۴۵	 فصل سوم: روش انجام کار
۴۵	 ۳-۱- جمع‌آوری داده‌های آزمایش پمپاژ در مناطق مورد مطالعه
۴۶	 ۳-۲- تصحیح داده‌های آزمایش پمپاژ
۴۷	 ۳-۳- تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ با استفاده از نرم‌افزار Aquifer win ^{۳۲}
۴۹	 ۳-۴- تعیین آبدهی ویژه با استفاده از دانه‌بندی رسوبات
۵۱	 ۳-۵- ارائه روشی کاربردی برای برآورد آبدهی ویژه با استفاده از روش پمپاژ تک‌چاهی
۵۳	 فصل چهارم: تعیین آبدهی ویژه با استفاده از روش پمپاژ تک‌چاهی
۵۳	 ۴-۱- تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ با استفاده از نرم‌افزار Aquifer win ^{۳۲}
۵۵	 ۴-۱-۱- دشت سمنان
۶۲	 ۴-۱-۲- دشت ایوانکی
۶۷	 ۴-۱-۳- دشت گرمسار
۷۶	 ۴-۲- برآورد آبدهی ویژه در محدوده چاه‌های پمپاژ
۷۶	 ۴-۲-۱- برآورد آبدهی ویژه با استفاده از داده‌های آزمایش پمپاژ
۷۷	 ۴-۲-۲- برآورد آبدهی ویژه با استفاده از لاگ حفاری چاه‌ها

۷۹	۳-۲-۴- مقایسه مقادیر آبدهی ویژه بدست آمده از دو روش فوق الذکر
۸۰	۳-۴- ارائه روشی کاربردی برای برآورد آبدهی ویژه با استفاده از روش پمپاژ تک چاهی
۸۳	۴-۴- صحت‌سنجی مقادیر آبدهی ویژه به دست آمده از روش معرفی شده
۸۵	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۸۵	۱-۵- نتیجه‌گیری
۸۵	۱-۱-۵- تحلیل داده‌های پمپاژ
۸۶	۲-۱-۵- برآورد آبدهی ویژه
۸۶	۳-۱-۵- ارائه روش کاربردی جهت استفاده از جهت برآورد آبدهی ویژه
۸۷	۴-۱-۵- صحت سنجی روش معرفی شده
۸۷	۲-۵- پیشنهادها
۸۸	منابع مورد استفاده
۹۵	پیوست‌ها (لاگ‌های حفاری چاه‌های اکتشافی)

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- نقشه موقعیت جغرافیایی و راه دسترسی به مناطق مورد مطالعه ۳
- شکل ۲-۱- منحنی آمبروترمیک ایستگاه سینوپتیک سمنان (۱۳۸۴-۱۳۶۱) ۹
- شکل ۳-۱- تصاویری از واحدهای مختلف منطقه: الف - کوهستان ب- کوهپایه ج- پلایا ۱۸
- شکل ۴-۱- تصویری از دولین فروریخته ۲۰
- شکل ۱-۳- داده‌های پرت در چاه پمپاژ شماره ۱ گرمسار ۴۷
- شکل ۲-۳- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ جنت‌آباد ایوانکی ۴۸
- شکل ۳-۳- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ جنت‌آباد ایوانکی ۴۸
- شکل ۴-۳- تصویر شماتیکی از دستگاه زهکشی طراحی شده ۵۰
- شکل ۱-۴- موقعیت چاه‌های پمپاژ در دشت سمنان ۵۴
- شکل ۲-۴- موقعیت چاه‌های پمپاژ در دشت ایوانکی ۵۴
- شکل ۳-۴- موقعیت چاه‌های پمپاژ در دشت گرمسار ۵۵
- شکل ۴-۴- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های تصحیح نشده چاه پمپاژ مومن‌آباد ۵۷
- شکل ۵-۴- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های اصلاح شده چاه پمپاژ مومن‌آباد ۵۷
- شکل ۶-۴- کاربرد روش تایس برای داده‌های اصلاح شده چاه پمپاژ مومن‌آباد ۵۸
- شکل ۷-۴- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های چاه پیرومتری مومن‌آباد ۵۸
- شکل ۸-۴- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ پلیس‌راه سمنان - دامغان ۵۹
- شکل ۹-۴- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ پلیس‌راه سمنان - دامغان ۶۰
- شکل ۱۰-۴- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ پل هوایی، سمنان ۶۱
- شکل ۱۱-۴- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ پل هوایی، سمنان ۶۱
- شکل ۱۲-۴- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های چاه باغ دانش، ایوانکی ۶۲

- شکل ۴-۱۳- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ چاه باغ دانش، ایوانکی ۶۳
- شکل ۴-۱۴- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ جنت‌آباد، ایوانکی ۶۴
- شکل ۴-۱۵- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ چاه جنت‌آباد، ایوانکی ۶۵
- شکل ۴-۱۶- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ چشمه نادی، ایوانکی ۶۶
- شکل ۴-۱۷- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ چشمه نادی، ایوانکی ۶۷
- شکل ۴-۱۸- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ شماره ۱ گرمسار ۶۸
- شکل ۴-۱۹- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ شماره ۱ گرمسار ۶۹
- شکل ۴-۲۰- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های چاه پیژومتری شماره ۱ گرمسار ۷۰
- شکل ۴-۲۱- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ شماره ۲ گرمسار ۷۱
- شکل ۴-۲۲- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ شماره ۲ گرمسار ۷۲
- شکل ۴-۲۳- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های چاه پیژومتری شماره ۲ گرمسار ۷۳
- شکل ۴-۲۴- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ شماره ۳ گرمسار ۷۵
- شکل ۴-۲۵- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ شماره ۳ گرمسار ۷۵
- شکل ۴-۲۶- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های چاه پیژومتری شماره ۳ گرمسار ۷۶
- شکل ۴-۲۷- مقایسه مقادیر آبدهی ویژه به دست آمده از اطلاعات آزمایش پمپاژ و لاگ حفاری ... ۸۰
- شکل ۴-۲۸- رابطه بین آبدهی ویژه به دست آمده از لاگ‌های حفاری با پارامتر پمپاژ ۸۲
- شکل ۴-۲۹- رابطه بین آبدهی ویژه به دست آمده از معادله معرفی شده با قابلیت انتقال آبخوان .. ۸۳

فهرست جدول‌ها

۶	جدول ۱-۱- مشخصات اقلیمی استان سمنان
۷	جدول ۲-۱- پیشینه دمای مختلف ایستگاه سینوپتیک سمنان (۲۰۰۰-۲۰۰۴)
۴۶	جدول ۱-۳- مشخصات چاه‌های پمپاژ
۷۷	جدول ۱-۴- مقادیر آبدهی ویژه بر اساس داده‌های آزمایش پمپاژ
۷۷	جدول ۲-۴- مقادیر آبدهی ویژه بر اساس بافت رسوبات مختلف (کرمی ۱۳۹۱)
۷۸	جدول ۳-۴- برآورد آبدهی ویژه با استفاده از لاگ حفاری در چاه اکتشافی مومن‌آباد سمنان
۷۹	جدول ۴-۴- مقادیر آبدهی ویژه بر اساس لاگ حفاری چاه‌ها
۸۱	جدول ۵-۴- مقادیر افت سفره و پارامتر پمپاژ در چاه‌های پمپاژ
۹۶	جدول پیوست ۱- لاگ حفاری چاه اکتشافی سه راه مومن‌آباد
۹۹	جدول پیوست ۲- لاگ حفاری چاه اکتشافی مجاور پلیس راه سمنان - دامغان
۱۰۲	جدول پیوست ۳- لاگ حفاری چاه اکتشافی پل راه آهن سمنان
۱۰۴	جدول پیوست ۴- لاگ حفاری چاه اکتشافی جنت‌آباد ایوانکی
۱۰۷	جدول پیوست ۵- لاگ حفاری چاه اکتشافی چشمه نادری ایوانکی
۱۰۹	جدول پیوست ۶- لاگ حفاری چاه اکتشافی باغ دانش ایوانکی
۱۱۲	جدول پیوست ۷- لاگ حفاری چاه اکتشافی شماره ۱ گرمسار
۱۱۴	جدول پیوست ۸- لاگ حفاری چاه اکتشافی شماره ۲ گرمسار
۱۱۶	جدول پیوست ۹- لاگ حفاری چاه اکتشافی شماره ۳ گرمسار

فصل اول: مقدمه

در این فصل ابتدا بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق مطرح می‌شود و در ادامه به موقعیت جغرافیایی، آب و هوا، زمین شناسی، ژئومورفولوژی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی مناطق مورد مطالعه پرداخته می‌شود.

۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

پارامترهای هیدرودینامیکی که شامل ضریب ذخیره، قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی (K,T,S) است از مهمترین ویژگی‌های آبخوان‌هاست. پارامترهای مذکور کاربرد وسیعی در مطالعات هیدروژئولوژی دارند که از آن جمله می‌توان به مطالعات بیلان، مدیریت آبخوان، تغذیه مصنوعی، مدل‌سازی، ارزیابی آبدهی آبخوان، تشخیص ناهمگنی آبخوان، ارزیابی تغییرات خصوصیات هیدروشیمیایی و سایر حوزه‌های مطالعات منابع آب زیرزمینی اشاره نمود.

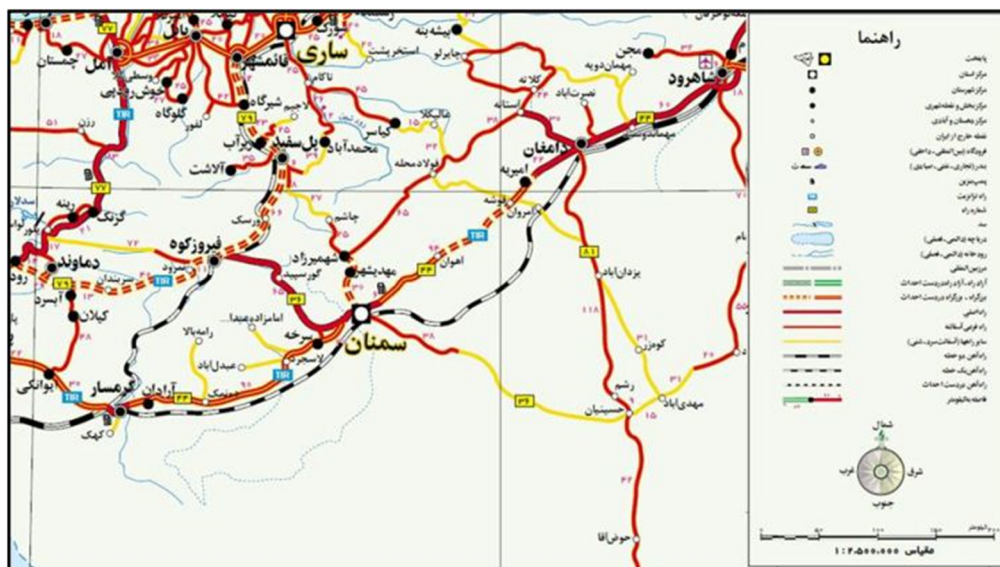
جهت تعیین آبدهی ویژه و سایر پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان روش‌های متعددی ارائه شده است که معتبرترین آنها آزمایش پمپاژ است. ولی در بسیاری از آبخوان‌ها داده‌های آزمایش پمپاژ کافی وجود ندارد یا در صورت وجود به طور دقیق مورد تجزیه و تحلیل قرار نمی‌گیرند، بنابراین بسیاری از محققین این پارامترها را از روش‌های دیگری برآورد نموده‌اند که می‌توان به روش‌هایی مانند روش‌های ریاضی یا عددی، روش‌های شبیه‌سازی، مدلینگ یا مدل‌سازی، شبکه‌های عصبی، روش‌های آزمایشگاهی، روش‌های ژئوفیزیکی یا لاگ‌های حفاری و روش پمپاژ تک چاهی اشاره کرد. در این تحقیق مقدار آبدهی ویژه با استفاده از روش پمپاژ تک چاهی برآورد شده است.

در دهه‌های اخیر برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی از طریق چاه‌های پمپاژ، سبب عدم تعادل بین میزان تغذیه و مقادیر برداشت از سفره شده و موجب افت سطح آب زیرزمینی گردیده است. کاهش حجم ذخایر آب زیرزمینی عواقب زیان‌باری دارد که می‌توان به مواردی از قبیل افت سطح ایستابی، متراکم شدن آبخوان، کاهش غیرقابل برگشت حجم آبخوان و نشست زمین اشاره کرد. جهت مدیریت صحیح و بهره‌برداری درست از منابع آب زیرزمینی، اطلاعات دقیق از آبدهی ویژه و سایر پارامترهای هیدرودینامیکی مهم و ضروری است. بنابراین در این تحقیق سعی شده است روشی دقیق و کم هزینه با استفاده از داده‌های چاه پمپاژ به منظور برآورد پارامترهای هیدرودینامیکی ارائه گردد.

۲-۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

استان سمنان یکی از پهناورترین استان‌های کشور ایران است. شهر سمنان مرکز و پرجمعیت‌ترین شهر این استان است. مساحت این استان برابر با ۹۶۸۱۶ کیلومترمربع که ۵/۹ درصد مساحت کل کشور را شامل می‌شود. این استان از نظر مساحت هفتمین استان ایران است. این استان از شمال به استان‌های خراسان شمالی، گلستان و مازندران، از جنوب به استان‌های خراسان جنوبی و اصفهان، از شرق به استان خراسان رضوی و از غرب به استان‌های تهران و قم محدود شده است.

استان سمنان با هشت استان ایران همسایه است که تعدادی از آن‌ها از پرجمعیت‌ترین استان‌های ایران به‌شمار می‌آیند. همسایگی استان سمنان با استان‌های خراسان رضوی و تهران موجب شده راه ارتباطی این دو استان (جاده تهران- مشهد) از استان سمنان عبور کند. همچنین راههای ارتباطی بین استان‌های شمالی (خراسان شمالی، گلستان و مازندران) و استان‌های مرکزی (یزد و اصفهان) از این استان عبور می‌کند. راه دسترسی به مناطق مورد مطالعه نیز جاده اصلی شاهرود، سمنان، تهران است که در شکل ۱-۱- نشان داده شده است.



شکل ۱-۱- نقشه موقعیت جغرافیایی و راه دسترسی به مناطق مورد مطالعه

سمنان یکی از شهرهای ایران و مرکز استان سمنان است که در موقعیت جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی واقع شده و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۱۳۰ متر است. این شهر، در جنوب رشته کوه البرز و شمال دشت کویر، در فاصله ۲۱۶ کیلومتری تهران و در مسیر جاده تهران به مشهد، قرار گرفته است. این شهر از شمال با درجزین، مهدی شهر و شه میرزاد، از جنوب با کویر مرکزی ایران و در ادامه با شهرستان نائین، از شرق با شهرستان دامغان، و از غرب با شهرستان سرخه همسایه است. همچنین به راه آهن سراسری تهران- مشهد متصل می باشد و دارای فرودگاه است. سمنان پرجمعیت ترین شهر استان می باشد و آب و هوای آن، خشک و معتدل است. در اطراف شهر سمنان معادن گچ، نمک، زئولیت، بنتونیت، سلسنتین و غیره وجود دارند. مواد معدنی موجود در این معادن عبارتند از: سنگ گچ، نمک، سنگ آهن، سنگ لاشه، سنگ آهک، سنگ های تزئینی، سنگ چینی، زغال سنگ، سولفات سدیم، میکا، بنتونیت، زئولیت، کائولن، بوکیست، خاک صنعتی، سیلیس، دولومیت، فلدسپات، فیروزه، سلسنتین، سرب، مرمریت، تراورتن، فلورین و منگنز.

گرمسار از لحاظ موقعیت جغرافیایی در ۵۱ درجه و ۵۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی قرار دارد و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۸۵۶ متر است. گرمسار یکی از هشت شهرستان استان سمنان است و در غرب این استان قرار دارد. شهرستان گرمسار از شمال به شهرستان‌های فیروزکوه و دماوند، از جنوب به کویر مرکزی و شهرستان آران و بیدگل، از شرق به شهرستان آرادان و از غرب به شهرستان پاکدشت و استان قم محدود می‌شود. فاصله شهر گرمسار تا مرکز استان ۱۱۰ کیلومتر و تا تهران ۹۵ کیلومتر است. مساحت شهرستان گرمسار ۱۰۶۸۶ کیلومتر مربع است. رودخانه حبله‌رود که از رشته کوه‌های البرز مرکزی سرچشمه می‌گیرد، مناطق اطراف گرمسار را سیراب می‌کند. طول دشت گرمسار از شرق به غرب ۴۸ کیلومتر و از شمال به جنوب معادل ۲۷ کیلومتر است. از محصولات اصلی کشاورزی این منطقه، گندم، پنبه، خربزه، انار و انجیر را می‌توان نام برد و مهم‌ترین رشته صنایع دستی این شهرستان انواع گلیم با نقوش و طرح‌های بومی می‌باشد.

ایوانکی یکی دیگر از شهرهای استان سمنان است که در موقعیت جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی واقع شده و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۲۰۰ متر است. ایوانکی، غربی‌ترین بخش استان سمنان است از این رو آن را پیشانی استان نام نهاده‌اند. شهری است کوچک با جمعیتی بیش از ۱۴۰۰۰ نفر در ۵۵ کیلومتری شرق تهران که از شمال با شهرستان دماوند، آبسرد و از جنوب با کویر و از شرق با گرمسار و از غرب با پاکدشت و تهران همسایه است. این شهر محل رویارویی دو دنیای متفاوت است. در ۲۵ کیلومتری این شهر جاده سر سبز فیروزکوه قرار دارد و در ۵ کیلومتری جنوب شهر، دشت کویر یکی از مخوف‌ترین بیابان‌های جهان با تپه‌های ماسه روان و شن و بادهایی که روز روشن را تار می‌کنند و مار و افعی‌های بسیار خطرناک، سمی و کشنده دارد. این شهر کوچک سابقه ۵۰۰۰ ساله دارد و در حدود ۳۵۰۰ سال پیش مرز میان دو دولت مهم آن دوره یعنی پارت و قُومس (سمنان کنونی به نام‌های قدیمی کومش، قومس، قوش، قُمس) بوده است. جاده مشهور سنگفرش ابریشم از حوالی ایوانکی آغاز می‌شود و تا قلب کویر راه

می‌یابد و هنوز آثار آن در آن منطقه قابل مشاهده است.. قدمت این جاده به ۴۰۰۰ تا ۶۰۰۰ سال پیش می‌رسد. می‌توان گفت که قدیمی‌ترین جاده جهان است. جاده به این معنی که زیرسازی و تأسیسات میان راهی داشته باشد. دیر زمانی این شهر مکانی نسبتاً مهم بوده است. ایوانکی به دلیل موقعیت مهم جغرافیایی خود در زمان‌های دور به نام پل کاسپین (پل منطقه کاسپین یا همان دریای خزر) در کتب یونانی با نام کاسپین گیت یا بند خزر بوده و بعدها به نام شاراکس یا شاهراه نام‌گذاری شده و در زمان پادشاهی کیانیان به دلیل اینکه یکی از مکان‌های مهم آن زمان بوده و دربار شاه کیانیان در آنجا زیاد رفت و آمد داشتند به نام ایوانِ کی (ایوانِ کی خسرو و کی کاووس) تغییر نام یافت و تا کنون نیز همچنان با این نام شناخته می‌شود. در حال حاضر ایوانکی یکی از فعال‌ترین مناطق صنعتی استان سمنان با سه شهرک صنعتی فعال بوده و از محدود شهرهایی است که در آن ۳ شهرک صنعتی دایر است، ولی جمعیت بومی شهر اکثراً به کارهای آزاد مشغولند و به تازگی پذیرای سیل مهاجرین از استان‌های همجوار هستند. این شهر دارای تنوع محصولات کشاورزی زیادی می‌باشد که بهترین آنها خربزه و انار است. دارای آب و هوای سرد و خشک در زمستان و گرم و خشک در تابستان می‌باشد. این شهر دارای معادن زیادی از جمله معادن نمک و گچ می‌باشد.

۱-۳- آب و هوای مناطق مورد مطالعه

استان سمنان در دامنه‌های جنوبی سلسله جبال البرز واقع شده و ارتفاعات طوری است که به تدریج از شمال به سمت جنوب از میزان ارتفاع کاسته شده و به دشت کویر منتهی می‌گردد. استان سمنان به طور کلی، تحت تاثیر جریان‌های هوایی گرم و خشک دشت کویر قرار دارد ولی عواملی چون دوری از دریا، جهت و امتداد کوهها، ارتفاع آنها و وزش بادهای نیز در آب و هوای این استان موثرند. از توده‌های هوایی که این استان را تحت تاثیر قرار می‌دهند، می‌توان به توده‌های هوای شمالی و توده‌های هوای غربی اشاره کرد.

به دلیل تنوع ناهمواری‌ها از جمله کویر، بیابان و کوهستان، در مناطق مختلف این استان همواره با مراکز مختلف فشار، یعنی فرابار و فروبار، رو به رو می‌شویم که این وضعیت موجب پیدایش بادهای محلی می‌گردد. آنچه که از نظر اقلیمی مهم است و در بوجود آوردن اقلیم استان مؤثر می‌باشد، نحوه استقرار ارتفاعات است، به گونه‌ای که ارتفاعات استان از غرب به سمت شرق کشیده شده‌اند و همین امر باعث می‌شود زمانی که یک سیستم باران‌زا از غرب، استان سمنان را تحت نفوذ خود قرار می‌دهد با موانع جدی برخورد نکرده و در نتیجه بعلت عدم مکانیزم صعود هوا، میزان بارندگی در مقایسه با مناطقی که ارتفاعات آنها در جهت شمال به جنوب کشیده شده‌اند، کمتر است.

در حالی که متوسط بارندگی سالانه کشور ما ۲۴۰ میلیمتر است، میانگین بارندگی سمنان ۱۶۳/۲ میلیمتر می‌باشد. بیشتر بارندگی در این استان به صورت باران است. کمترین میزان بارش در طول سال که کمتر از ۱۰۰ میلیمتر است در پست‌ترین منطقه استان (دشت‌های پست) رخ می‌دهد و بیشترین بارندگی عمدتاً در شمال استان و بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلیمتر را شامل می‌شود. بنابراین خشکی، یکی از ویژگی‌های ذاتی این استان است و نسبت به سایر اقلیم‌های موجود در استان از گستردگی بیشتری برخوردار می‌باشد. بالاترین میزان بارندگی در فصل بهار است (جدول ۱-۱).

جدول ۱-۱- مشخصات اقلیمی استان سمنان

نوع اقلیم	خشک و نیمه خشک
تعداد حوضه‌های آبریز اصلی	یک حوضه (مرکزی)
میانگین سالانه نزولات جوی	۱۶۳/۲ میلی‌متر
میانگین سالانه حجم نزولات جوی	۱۸۳۴/۰۴ میلیون مترمکعب

بر اساس اقلیم نماهای دوما رتن و آمبرژه، نوع اقلیم این استان در اغلب نقاط خشک و خشک سرد می‌باشد و فقط در ارتفاعات آن در مرز آب و هوای نیمه‌خشک و خشک سرد قرار می‌گیرد. دما به عنوان شاخصی از شدت گرما یکی از عناصر اساسی شناخت هواست و عوامل مؤثر بر دما در هر

منطقه، عرض جغرافیایی، ترکیب، جنس و سطح زمین، ارتفاع و مجاورت با خشکی و دریا و .. می‌باشد
(جدول ۱-۲).

جدول ۱-۲- پیشینه دمای مختلف ایستگاه سینوپتیک سمنان (۲۰۰۰-۲۰۰۴)

Month/Year	۲۰۰۰	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	Max
JAN	۱۷.۴	۱۳	۱۷.۶	۱۵	۱۴	۱۷.۶
FEB	۱۸.۲	۱۷.۶	۲۱.۸	۱۶.۸	۲۱.۶	۲۱.۸
MAR	۲۳	۲۷.۴	۲۶.۲	۲۰.۶	۲۷.۶	۲۷.۶
APR	۳۱.۶	۳۰.۴	۲۸.۵	۳۰.۶	۲۹.۶	۳۱.۶
MAY	۳۷	۳۸	۳۶	۳۳.۲	۳۴.۲	۳۸
JUN	۴۰	۴۱.۸	۳۹.۴	۴۰	۳۹.۸	۴۱.۸
JUL	۴۰	۴۲	۴۱.۶	۴۳	۳۹.۸	۴۳
AUG	۴۰	۴۱.۲	۴۲	۴۰	۴۱.۴	۴۲
SEP	۳۸	۳۶.۸	۳۷.۶	۳۶.۲	۳۸.۸	۳۸.۸
OCT	۲۸.۶	۳۳.۵	۳۳.۴	۳۲.۶	۳۰.۸	۳۳.۵
NOV	۲۲.۸	۲۴.۲	۲۳.۶	۲۴.۲	۲۴.۲	۲۴.۲
DEC	۱۳.۲	۱۸	۱۲.۶	۱۵.۴	۱۲	۱۸
Winter	۲۳	۲۷.۴	۲۶.۲	۲۰.۶	۲۷.۶	۲۷.۶
Spring	۴۰	۴۱.۸	۳۹.۴	۴۰	۳۹.۸	۴۱.۸
Summer	۴۰	۴۲	۴۲	۴۳	۴۱.۴	۴۳
Autumn	۲۸.۶	۳۳.۵	۳۳.۴	۳۲.۶	۳۰.۸	۳۳.۵
Annual	۴۰	۴۲	۴۲	۴۳	۴۱.۴	۴۳

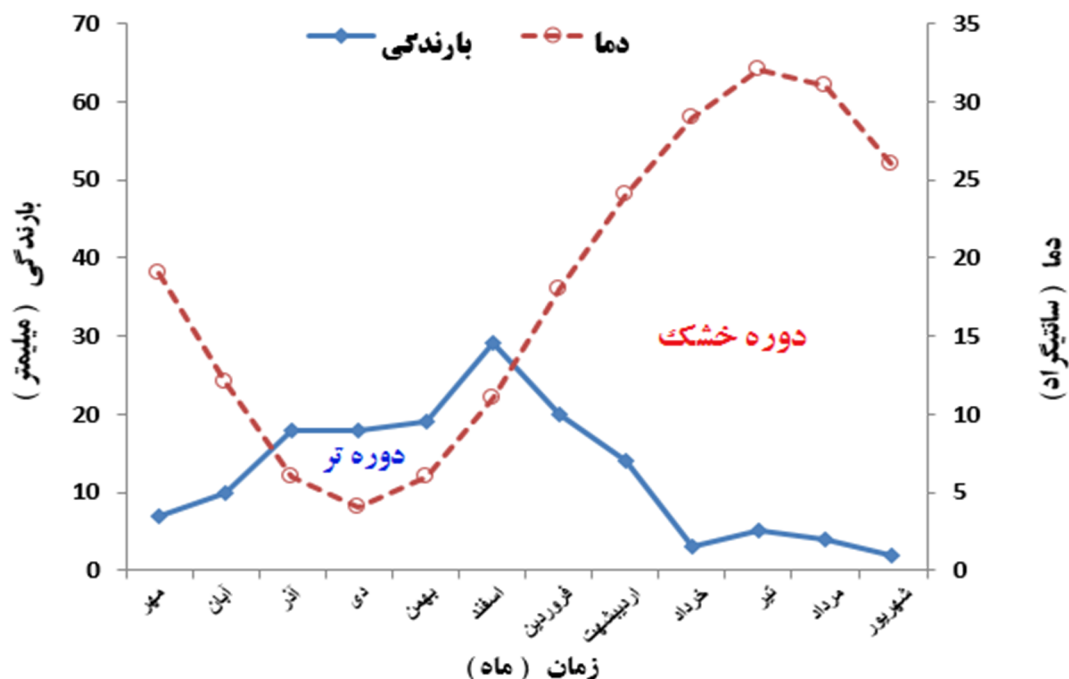
اگر به تفکیک ماهانه، نگاهی به میانگین دمای هوای ایستگاه سینوپتیک سمنان بیندازیم ملاحظه می‌کنیم که مرداد ماه بیشترین و دی ماه کمترین میانگین دما را به خود اختصاص داده‌اند.

شرایط آب و هوایی استان سمنان به گونه‌ای است که از شمال به جنوب بر میزان دما افزوده شده و از مقدار بارش و تعداد روزهای یخبندان و ابری کاسته می‌شود. در فصول سرد، تنها سیستم پرفشار قطبی می‌تواند سرما و کاهش دما برای جنوب این استان را به ارمغان آورد و در فصول گرم سال، این

استان کاملاً تحت تأثیر سیستم پرفشار مناطق حاره است که دارای هوای گرم و خشک می‌باشد. نوسان درجه حرارت در شبانه روز و نیز فاصله درجه حرارت در تابستان و زمستان در دشت‌های این استان خیلی زیاد است.

نوسانات رطوبت نسبی با تغییرات دما و ریزش باران ارتباط تنگاتنگ دارد و با تبخیر رابطه معکوس دارد. با نگاهی به نمودار رطوبت نسبی ایستگاه سینوپتیک سمنان ملاحظه می‌گردد که متوسط رطوبت نسبی در ایستگاه سمنان همراه با افزایش بارندگی بوده است. مقایسه این پارامتر نسبت به دوره آماری بلند مدت بیانگر افزایش رطوبت نسبی در ایستگاه سمنان است. بنابراین با مقایسه رطوبت نسبی و متوسط دمای این ایستگاه به رابطه دما و میزان رطوبت نسبی می‌توان اشاره کرد (شکل ۱-۲).

باد کویری معمولاً از طرف مناطق بیابانی و کویری و بیشتر در ماه‌های گرم سال می‌وزد و موجب افزایش دما و خشکی هوا می‌شود. از دیگر بادهای محلی استان، بادهای تورانه، شهریاری و میزان را می‌توان نام برد که در نقاط مختلف استان می‌وزند. مطالعه و بررسی بادهای غالب استان بر اساس نحوه تأثیرگذاری توده‌های هوا، سیستم‌های هواشناسی موثر بر منطقه، چگونگی تأثیر رژیم اقلیمی کوهستان - دشت و نیز وجود ویژگی‌های میکرو اقلیمی، بیانگر تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای در بادهای غالب استان می‌باشد. باد، عامل اصلی فرسایش، تخریب اراضی و هدر رفت خاک در این مناطق می‌باشد. بنابراین مطالعه بر روی خصوصیات باد ضروری است. بالاترین متوسط سرعت باد به میزان ۴/۷ متر بر ثانیه متعلق به بیارجمند و کمترین سرعت متعلق به سمنان به میزان ۲/۴ متر بر ثانیه است.



شکل ۱-۲- منحنی امپروترمیک ایستگاه سینوپتیک سمنان (۱۳۸۴-۱۳۶۱)

۴-۱- زمین شناسی مناطق مورد مطالعه

استان سمنان در دامنه‌های جنوبی کوه‌های البرز (مرکزی- خاوری) و در حاشیه شمالی کویر بزرگ قرار دارد. کوه‌های البرز در شمال ایران و در جنوب دریاچه خزر، رشته شرقی - غربی نسبتاً پیچ و خم‌داری را تشکیل می‌دهند. سلسله جبال البرز خود جزئی از قسمت شمالی کوهزایی آلپ - هیمالیا در آسیای غربی به شمار می‌روند و از شمال به بلوک فرورفته کاسپین و از جنوب به فلات ایران مرکزی محدود می‌شوند (درویش زاده، ۱۳۷۰). از نظر تقسیمات زمین‌شناسی، استان سمنان به دو پهنه ساختاری البرز و ایران مرکزی تعلق دارد. در شمال سمنان گسل سمنان و گرمسار به عنوان حد جداکننده البرز از ایران مرکزی تعیین شده در حالیکه در ۳۰ کیلومتری شرق سمنان، گسل عطاری مرز دو پهنه ساختاری- رسوبی البرز و ایران مرکزی معرفی شده است. زمین شناسی مناطق مورد مطالعه را در دو بخش نهشته‌های قبل از کواترنری و نهشته‌های بعد از کواترنری توضیح خواهیم داد که در ادامه به آنها می‌پردازیم.

۱-۴-۱- نهشته‌های قبل از کواترنری

مناطق مورد مطالعه از لحاظ موقعیت زمین ساختاری، بخش‌هایی از زون‌های ساختاری ایران مرکزی و البرز را شامل می‌شوند. بلندترین نقاط در بالادست مناطق مورد مطالعه واقع شده‌اند که مخروط افکنه‌های وسیعی را در دامنه جنوبی خود تشکیل می‌دهند، این مخروط افکنه‌ها از لحاظ تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی اهمیت بسیار زیادی دارند. اختلاف ارتفاع منطقه در بین بخش‌های شمالی و جنوبی به بیش از ۲۰۰۰ متر می‌رسد. بخش‌های جنوبی غالباً کم ارتفاع هستند و حتی در بعضی مناطق به یک پهنه مخروط افکنه‌های کم ارتفاع تبدیل می‌گردد و در نهایت مناطق پست پهنه رسی (پلایا) را تشکیل داده است. با توجه به ویژگی‌های چینه‌شناسی، سنگ شناسی و ساختاری می‌توان مناطق مورد مطالعه را به دو بخش، شمالی و جنوبی تقسیم کرد، گسل بزرگ سمنان تقریباً جداکننده این دو بخش می‌باشد. این دو بخش دارای خصوصیات زمین‌شناسی متمایزی هستند. بخش شمالی سنگ‌های رسوبی دارای دامنه سنی تریاس تا کواترنری را شامل می‌شوند و سنگ‌های متعلق به سازندهای الیکا، ششمک، دلیچای، لار، فجن، ولکانیک‌های ائوسن، مارن‌های میوسن با طیف ترکیب سنگی نظیر آهک، دولومیت، مارن، شیل، ماسه‌سنگ، کنگلومرا و طبقات گچ‌دار را در بر می‌گیرند. روند این واحدهای سنگی به طور کلی شمال شرقی - جنوب غربی است و شیب آن با توجه به وجود ساختارهای منطقه تغییر می‌کند، با این وجود غالباً شیب طبقات به سمت شمال می‌باشد. طبقات گچ‌دار خصوصاً در شمال سمنان و سرخه گسترش وسیعی دارند بنابراین ده‌ها معدن و کارخانه گچ و چند شهرک صنعتی تخصصی گچ در این مناطق فعال می‌باشد و مقدار زیادی از گچ مصرفی کشور از این مناطق تأمین می‌شود.

در شمال گرمسار، سازندهای قرمز زیرین، قم و قرمز بالایی گسترش چشمگیری دارند، که سازند قرمز بالایی (میوسن) گسترش بیشتری دارد. این سازند شامل ضخامت قابل توجهی از مارن و ماسه سنگ‌های قرمز رنگ است. در شمال دشت گرمسار، کنگلومرا با ضخامت ۲۰۰ متر در محدوده حبله‌رود دیده می‌شود. در بخش جنوبی، سنگ‌های رسوبی، آتشفشانی، آتشفشانی رسوبی، آذرین و

دگرگونی به سن تریاس تا اواخر ائوسن و رسوبات آبرفتی - تخریبی کواترنری رخنمون دارند. توده‌های نفوذی زیادی در بین سنگ‌های مختلف این بخش و به ویژه سنگ‌های آتشفشانی، آتشفشانی-رسوبی و آتشفشانی تخریبی ایران مرکزی نفوذ کرده‌اند که در طی تزریق و جایگزینی، تحولات دگرگونی و دگرسانی متنوعی به همراه داشته‌اند.

با توجه به اینکه مطالعات و آزمایشات پمپاژ در دشتهای مورد مطالعه (سمنان، گرمسار و ایوانکی) انجام شده و این دشتهای از رسوبات کواترنری تشکیل شده‌اند، بنابراین در مورد واحدهای قبل از کواترنری به همین مقدار بسنده می‌شود و در ادامه واحدهای کواترنری بیشتر توضیح داده خواهد شد.

۱-۴-۲- نهشته‌های کواترنری

بعد از عملکرد فاز کوهزایی پاسادین، بخش اعظم سرزمین ایران به جز نواحی ساحلی دشت خزر، از آب خارج و نهشته‌های کنگلومرایی با سن پلیوسن - پلیستوسن بجا گذاشته شده است. در طی کواترنری حوضه‌های رسوبی قاره‌ای مانند محیط‌های رودخانه‌ای (تراس رودخانه‌ای)، آبرفتی، بیابانی (کویری)، بادی، دریاچه‌ای و فعالیت چشمه‌های معدنی گسترش یافت. مقایسه واحدهای کواترنری در ایران نشان می‌دهد که ضخامت این نهشته‌ها در جنوب دریای خزر از نقاط دیگر بیشتر است. نهشته‌های آبرفتی و کوهپایه‌ای که از فرسایش ارتفاعات به وجود آمده و در دامنه کوهها و در دشتهای مجاور رسوب‌گذاری نموده‌اند، از فراوان‌ترین نهشته‌های کواترنری می‌باشد. این نهشته‌ها حاصل فرسایش کوه‌های بالا آمده ناشی از عملکرد چرخه کوهزایی آلپی است. این رسوبات که به طور افقی بر روی واحدهای سنگ‌چینه‌ای قدیمی‌تر قرار دارند از رسوبات ریز دانه تا درشت دانه تغییر می‌کنند (موسی باقری و همکار ۱۳۹۲).

با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی و گزارشات ارائه شده، نهشته‌های کواترنری در مناطق مورد مطالعه به ۵ واحد مهم تقسیم می‌شوند که در ادامه توضیح داده می‌شوند:

۱- واحد مخروط افکنه

مخروط افکنه‌ها رسوبات بادبزی شکی هستند که در پای ارتفاعات، جایی که آب از دره‌های کوهستان وارد دشت می‌شوند گسترش یافته‌اند. اجزاء سازنده این واحدها رسوبات چندمنشائی هستند که از سازندهای تشکیل دهنده ارتفاعات منشاء گرفته‌اند. جنس این ذرات بیشتر کربناته، ماسه‌سنگی، چرتی، سیلتستونی، قطعات ولکانیکی، توفی و خرده‌های فسیلی است. شیب این واحدها کم و تقریباً افقی است و کوهزایی را تحمل نکرده‌اند. هر چه از بخش بالایی مخروط (Proximal fan) به بخش پائینی مخروط (Distal fan) حرکت می‌کنیم از اندازه ذرات کاسته شده و ذرات دانه ریزتر می‌شوند ولی گردشگری قطعات افزایش می‌یابد، بنابراین دانه‌های گراول با طی مسافت بیشتر یعنی در بخش‌های انتهایی مخروط افکنه دارای گردشگری بهتری هستند.

اندازه ذرات تشکیل‌دهنده این واحدها طیف بسیار گسترده‌ای دارند به طوری که از اندازه قطعه‌سنگ و قلوه‌سنگ تا گراول، ماسه و گل را دربر می‌گیرند. رسوبات پرکننده کانال‌های مخروط افکنه غالباً گراولی هستند، جهت یافتگی دانه‌های گراول در این رسوبات در امتداد قطر بزرگ گراول‌ها دیده می‌شود. رسوبات این واحدها، دانه پشتیبان (Grain-Supported) هستند. رسوباتی که در خارج از کانال نهشته شده‌اند، دارای جورشدگی ضعیف بوده و نیمه زاویه‌دار تا نیمه گردشده می‌باشند و در اکثر نقاط گل پشتیبان (Mud-Supported) بوده و رسوبات تخریبی دانه درشت در زمینه ماسه‌ای و سیلتی قرار گرفته است. گراول‌های پهنه‌های مختلف مخروط‌افکنه دارای فرم‌های مختلفی هستند، ولی در کل به علت مسافت کمی که طی کرده‌اند گردشگری کمی دارند و بیشتر به شکل تیغه‌ای و صفحه‌ای دیده می‌شوند. در بخش بالایی و میانی واحدهای مختلف مخروط‌افکنه قلوه سنگ‌های تیغه‌ای و پهن، همچنان که در دیواره کانال‌های رسوبی مشهود است شیبی خلاف جهت جریان را نشان می‌دهند. به طور کلی مخروط افکنه در دوره‌های یخچالی کواترنری، زمانی که شرایط آب و هوایی مناسب، پوشش گیاهی ناچیز و پراکنده است، تشکیل شده‌اند.

۲- واحد آبرفتی - رودخانه‌ای و طغیانی نامنظم

در امتداد رودخانه‌های کشیده شده در دشت‌های سمنان، گرمسار و ایوانکی مجموعه رخساره‌های کنگلومرایی، ماسه‌سنگی و شیلی در توالی‌های ریزشونده به سمت بالا وجود دارند که محیط رسوبی این توالی‌های رسوبی، رودخانه‌ای است. این توالی‌ها، نتیجه انتقال و ته‌نشینی مواد آلی و معدنی فرسایش یافته از حوضه‌های بالادست به وسیله آب‌های جاری می‌باشند. نهشته‌های این آبراهه‌ها شامل رسوبات دانه درشت مانند قلوه سنگ، گرانول و ماسه می‌باشند. این رسوبات در نزدیکی منشأ جایی که شیب زیاد است تشکیل می‌شوند. رسوبات جورشدگی متوسط تا بد دارند. این رسوبات روی یک سطح فرسایشی قرار دارند و به سمت بالا ریزتر شده و چین‌بندی متقاطع درشت دانه آنها، به لامیناسیون موازی یا ریپلی تبدیل می‌شود.

رسوب‌گذاری این واحد در آبراهه‌ها و مخروط‌افکنه‌ها در زمان طغیان و در قسمت‌های مختلف بستر انجام می‌شود، به طوری که از روی تناوب دوره طغیان و یا دوره خشکی رودخانه، می‌توان وضعیت رسوب را شناسائی نمود. رسوبات پرکننده کانال غالباً به فرم عدسی شکل در بین رسوبات سدی قرار دارد. طبقه‌بندی در این رسوبات به فرم توده‌ای و یا مورب عدسی شکل می‌باشد. رسوبات کف کانال در زیر این رسوبات با کنتاکت تخریبی قرار دارد. سدهای طولی حاوی رسوبات دانه درشت با جورشدگی بد می‌باشند. جهت یافتگی در دانه‌های گراول دیده می‌شود و محور بلند آنها عمود بر جهت جریان به صورت ساخت فلسی قرار گرفته است. کاهش تدریجی دانه‌ها به طرف بالا در توالی عمودی این رسوبات مشهود است. بطور کلی این رسوبات به فرم سیکلی دیده می‌شوند و در هر نوبت که رودخانه طغیان می‌کند مقداری از رسوبات بر جای مانده را شسته و با خود می‌برد و رسوباتی که بعداً در بالای آنها بر جای می‌ماند، تشکیل سیکلوتم را می‌دهند.

اندازه دانه‌ها به طور نسبی از پائین به بالا کاهش می‌یابد. بر ضخامت و تعداد طبقات دانه متوسط از پائین به سمت بالا به طور محسوسی افزوده می‌شود. قاعده کانال‌ها از دانه‌های درشت قلوه‌سنگ و گراول تشکیل شده است که نشان‌دهنده رسوب‌گذاری در یک محیط کاملاً پراورزی و جریانی است.

قسمت بالای توالی شامل رسوبات دانه‌ریز سیلت و رس است که یک محیط رسوبی کم انرژی را نشان می‌دهد (موسی باقری و همکار ۱۳۹۲).

۳- واحد پهنه گلی

جریان‌های آبی مناطق کوهستانی سمنان، به وسیله رودخانه‌های فصلی یا خشک‌رود، رسوبات تخریبی دانه‌ریز در حد سیلت و رس را به مناطق پست‌تر با شیب خیلی کم حمل کرده و دشتی هموار با شیبی کمتر از ۱ درجه تشکیل داده‌اند که به این دشت، پهنه گلی گفته می‌شود که در پست‌ترین نقطه این مناطق تشکیل شده‌اند. عوامل زیادی در تشکیل این پهنه‌ها نقش داشتند که مهمترین آنها، شرایط آب و هوایی، وضعیت ژئومورفولوژی، رسوبات دانه‌ریز، املاح و نمک‌های مختلف است. این پهنه‌های رسی عموماً فاقد رطوبت هستند که به تبع آن فاقد پوشش گیاهی بوده و بنابراین سطح آنها دارای ترک‌های گلی است.

در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالاست، آب‌های شور در اثر نیروی موئینه بالا آمده و موجب تبلور نمک در سطح زمین می‌شود به طوری که بلورهای کوچکی از نمک به صورت پراکنده در توده رس تشکیل می‌شود. اندازه بلورهای نمک از چند دهم میکرون تا ۲ میلی‌متر متغیر است. این بلورها باعث از بین بردن چسبندگی رس‌ها و پراکندگی آن شده و موجب تشکیل سطحی ناصاف در این پهنه می‌گردد بنابراین رس به جای آنکه سخت شود، برعکس آماس کرده و نرم می‌شود.

به طور کلی این پهنه‌ها غنی از کلریدها، سولفات‌ها و کربنات‌ها هستند و در جاهای مختلف، متفاوت می‌باشند و از رس مارنی تا مارن تغییر می‌کنند. به نظر می‌رسد دو عامل اصلی که در میزان بالای کربنات‌ها در این پهنه‌ها نقش دارند شامل فرسایش واحدهای کربناته و مارنی بالادست که در این محدوده ته‌نشست شده‌اند و وجود لایه‌های مارنی در قسمت پایین این واحدها می‌باشند. نکته دیگری که در مورد این پهنه می‌توان بدان اشاره کرد آمیخته‌شدن این واحد با دشت سیلابی آبراهه‌ها است که تفکیک ناپذیر به نظر می‌رسند. وجود مزارع و باغات متعدد در این واحد نشانگر توسعه و تکامل

افق‌های خاک در این واحد می‌باشد. البته هر چه به سمت جنوب می‌رویم شوری حاصل از تبخیر شدید، افزایش پیدا می‌کند. این رخساره‌ها اغلب فاقد پوشش گیاهی هستند که به علت مغروق شدن این رخساره در هر سیلاب است که اجازه استقرار گیاه را نمی‌دهد و یا این که قشر و لایه‌ای سخت شده در اثر تجمع بعضی از نمک‌ها در سطح یا نزدیک سطح زمین تشکیل می‌شود. رسوبات غالب در این پهنه، سیلت و رس است که در قسمت‌های مختلف به مقدار خیلی کم حاوی ماسه بسیار ریز تا ماسه درشت نیز می‌باشد. ساخت‌های رسوبی متعددی در این پهنه دیده می‌شود که می‌توان به لامینه‌های موازی و لایه‌بندی نازک، ترک‌های گلی، گلوله گلی، آثار قطرات باران و ساخت‌های فراوان بیولوژیکی اشاره کرد. در این پهنه‌ها اصولاً میزان رس بیشتر از سیلت است و حاوی کربنات کلسیم فراوان هستند. این رسوبات علاوه بر این حاوی املاح کلرور سدیم، سولفات کلسیم، گچ و نمک نیز می‌باشند.

۴- واحد نهشته‌های دشت ریگی یا سنگ‌فرش بیابان

این نهشته‌ها در سطح به صورت لایه نازکی از رسوبات تخریبی دانه درشت متمرکز شده‌اند و در زیر آن توالی رسوبی ناهمگنی از مواد تخریبی که دارای ماسه، سیلت و رس است، وجود دارد. پیدایش این رسوبات حاصل جریان‌های آبی است که این رسوبات را بر جای گذاشته‌اند و سپس فرسایش بادی عمل نموده، بدین گونه که باد دانه‌های ریز را با خود حمل و دانه‌های درشت‌تر مانند قله‌سنگ، گرانول و ماسه‌های دانه‌درشت را به جا گذاشته است. در این نهشته‌ها چندین رخساره سنگ‌فرش دانه‌درشت، دانه‌متوسط و رخساره جلای بیابان یا ورنی بیابان مشاهده می‌شود. در جاهایی از این پهنه، رخساره سنگ‌فرش دانه‌ریز گسترش دارد. دشت ریگی به صورت سطحی هموار با شیب کمتر از ۲ درصد است. سطح خارجی برخی سنگ‌های موجود در این دشت، به دلیل مقاومت‌های متفاوت به شکل مثلثی یا نوک تیز هستند.

این محدوده فاقد افق خاک یکنواخت است اما به صورت پراکنده در قسمت‌هایی از این محدوده افق نازکی از خاک گسترش دارد. رسوبات این پهنه می‌توانند در حال حرکت در این مناطق گسترش یافته و اغلب همراه با رسوبات حاصل از فرایندهای دوره‌ای به ویژه اشکال رودخانه‌ای و ماسه‌های بادی ترکیب شوند.

نهشته‌های دشت ریگی به صورت سطح همواری در منطقه مشاهده می‌گردد که از عناصر ریز و درشت شامل مواد آبرفتی کم و بیش سائیده شده با وسعت زیاد، سطح دشت را پوشانده است. از خصوصیات اصلی دانه‌های درشت، سطح خارجی آنهاست که در نتیجه عوامل فرسایش در صورتی که سنگ سخت و همگن باشد سطح خارجی سنگ به صورت صیقلی در می‌آید. در صورتی که مقاومت سنگ متفاوت باشد در سطح خارجی حفره‌های کوچکی ایجاد می‌گردد. جورشدگی رسوبات این واحد ضعیف بوده و کج شدگی منفی دارند که به احتمال زیاد در اثر خارج شدن سیلت و رس از محدوده در اثر جریان‌های سطحی یا وزش باد است (موسی باقری و همکار ۱۳۹۲).

۵- واحد نهشته‌های بادی یا بادرفتی

این نهشته‌ها ضخامت زیادی نداشته و بر روی رسوبات دانه ریز سیلتی - رسی انباشته شده‌اند. بیشتر رسوبات این پهنه گراول‌های در حد قلوه‌سنگ ریز تا گرانول در یک زمینه ماسه‌ای دانه‌درشت است. جورشدگی شکلی یک ویژگی انتقالی است که ذرات با درجه خاصی از گردشدگی، به طور انتخابی در سرعت خاصی از باد حمل می‌شوند. معمولاً دانه‌های ماسه‌ای درجه بالایی از گردشدگی را نشان می‌دهند و بیشتر نیمه گردشده تا گردشده هستند. در نمونه‌های دستی و در زیر میکروسکوپ نوری، سطح بیشتر ذرات بادی، تیره به نظر می‌رسد که به علت بی‌نظمی‌های کوچک، بعضی مواقع همراه با شکستگی‌های واضح پوسته (به علت سایش و نور خورشید) همراه است. اغلب سطح ذرات با قشر نازکی از اکسی هیدروکسیدهای آهن یا رسوب ثانویه SiO_2 پوشیده می‌شود. پوشش گیاهی در این واحد کم و پراکنده است. در بعضی از قسمت‌های این پهنه، شوره‌هایی در سطح زمین گسترش دارند

که از واحدهای زیرین یعنی واحدهای پهنه گلی به سمت بالا حرکت کرده و به این سطح رنگ سفید می‌بخشند. افق‌های خاک در این پهنه توسعه و تکامل آنچنانی ندارند. ساخت‌های رسوبی با لایه‌های موازی و مورب همراه با ریشه گیاهان و کمی ساخت‌های بیولوژیکی در ماسه‌ها و گراول‌های این پهنه وجود دارد.

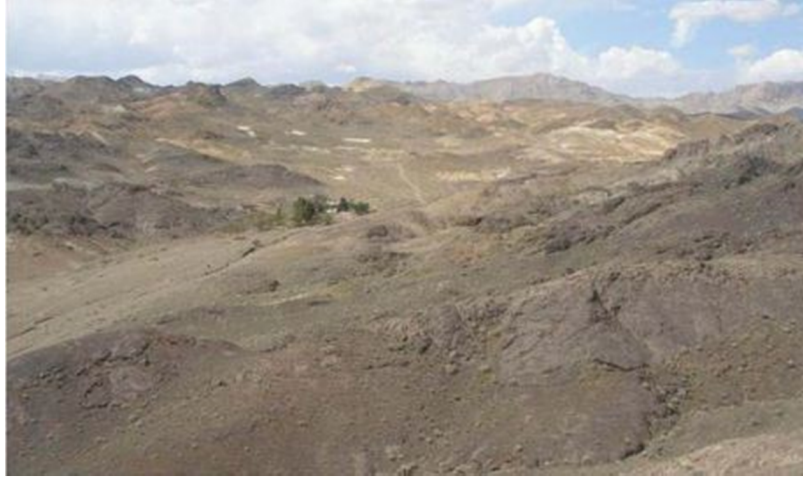
۱-۵- ژئومورفولوژی مناطق مورد مطالعه

سیمای طبیعی مناطق مورد مطالعه از چشم‌اندازهای متنوعی تشکیل شده است. از نظر ژئومورفولوژیکی با توجه به شکل ناهمواری‌ها، محدوده مورد مطالعه را می‌توان به سه قسمت مناطق کوهستانی، نواحی کوهپایه‌ای و نواحی پست پلایا تقسیم کرد (شکل ۱-۳). بنابراین، این ناحیه واجد اکثر واحدهای ریختی مربوط به نواحی گرم و خشک بیابانی است که در آن غلبه با عوامل فرسایش مکانیکی است.

واحد کوهستان در شمال منطقه، واحد توپوگرافی نسبتاً خشنی را نشان می‌دهد. به بیانی دیگر شیب توپوگرافی بیش از ۱۶ درصد و بافت خشن و سنگی از مشخصه‌های بارز واحد کوهستان در مناطق مورد مطالعه است. این واحد اغلب از سنگ‌های رسوبی، آتشفشانی تشکیل شده و عوامل فرسایش تا حدودی ناهمواری‌های آنها را مورد حمله قرار داده است. به طور کلی مشخصات این نواحی به وسیله حوزه‌های آبریز طویل با شیب نسبتاً تند با دره‌های عمیق مشخص می‌گردند. برونزدهای سنگی در نتیجه تخریب به صورت واریزه‌های قابل حرکت در آمده‌اند.

واحد کوهپایه از پایین دست خط کوهستان آغاز می‌شود و شیب آن بین ۱۶ درصد تا ۸ درصد است، شیب مقعر دارد، فاصله آبراهه‌ها حدود ۱۶۰-۲۰۰ متر است. در این واحد، رسوبات مخروط افکنه دیده می‌شود. از دیگر ویژگی‌های این واحد در منطقه می‌توان به الگوی کم‌تراکم آبراهه‌ها و توزیع نامنظم آنها اشاره کرد. در این واحد، فرم خلیجی شدن در پای کوه (Embayment)، عوارضی چون

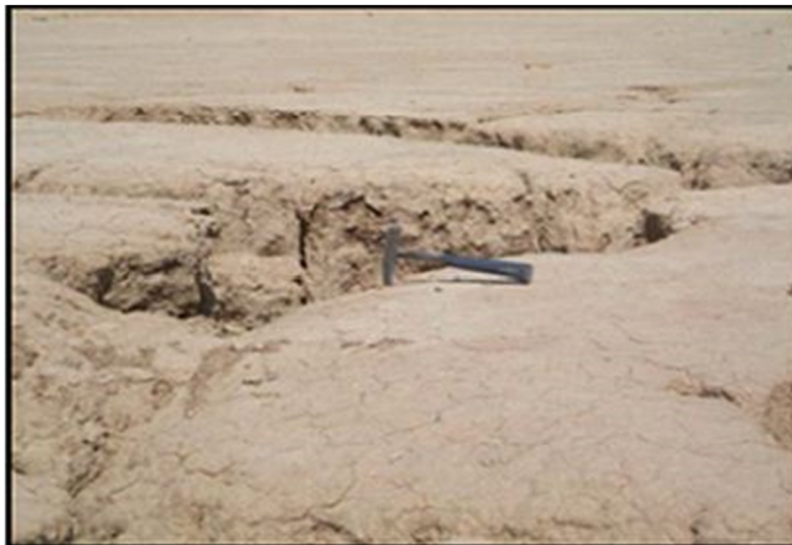
اینسلبِگ (Inselberg) و رخنمون‌های سنگی، عوارض فرسایش آبراهه‌ای، فرسایش آب‌کندی یافت می‌شود.



الف



ب



ج

شکل ۱-۳- تصاویری از واحدهای مختلف منطقه: الف - کوهستان ب - کوهپایه ج - پلایا

واحد پلایا سرزمین هموار وسیعی است که ارتفاع آن از ۱۱۹۰ متر کمتر است. این ناحیه عمدتاً از رسوبات آبرفتی با دانه‌بندی مختلف تشکیل شده است. به دلیل نفوذ پذیری زیاد، دارای سفره‌های زیرزمینی نسبتاً غنی می‌باشد. اما به دلیل اینکه سازندهای زیر رسوبات آبرفتی و مسیر جریان آب، عمدتاً از مارن، رس سیلتی، رس نمکی و رس آهکی می‌باشد، میزان املاح و شوری این آبها زیاد است. در این واحد عوارض مختلفی دیده می‌شود که به برخی از آنها اشاره می‌شود:

در پهنه رسی آهکی نواحی جنوبی مناطق مورد مطالعه در اثر عملکرد آبهای زیرزمینی و سطحی، چاله‌ها و فرورفتگی‌های انحلالی تشکیل شده است که به رخساره انحلالی (کارستی) معروفند. در روی این واحدها به علت نفوذ آب به داخل پهنه رسی و راه یافتن آب به اعماق، عمل انحلال گسترش یافته و غارهای زیرزمینی محدود و کوچکی تشکیل شده است. یکی دیگر از عوامل مهم در توسعه این رخساره‌ها وجود گاز کربنیک در آبهای نفوذی می‌باشد. بالا بودن مقدار کلسیت، ژئپس و هالیت، همراه با حوضه زهکشی و تخلیه آبهای زیرزمینی به گسترش این پدیده فرسایشی در محدوده شرق سمنان کمک کرده، همچنین نمونه‌هایی که دارای سیلت و ماسه ریز زیاد هستند بیشتر و راحت‌تر کارستی شده‌اند که به علت افزایش نفوذپذیری در این نمونه‌ها می‌باشد.

دره‌های کارستی از نوع دره‌های باریک و عمیق می‌باشند. این دره‌های در نهشته‌های کواترنری جنوب شرق و جنوب سمنان فراوان یافت می‌شود و معمولاً عمیق و دارای دیوارهای تقریباً عمودی می‌باشند. دولین‌ها نیز در پهنه رسی شرق سمنان گسترش یافته‌اند. قطر دولین‌ها از ۰/۸ متر تا بیش از سه متر و عمق آنها از چند متر تا ۱۰ متر و گاهی بیشتر می‌رسد. انحلال سنگ مارنی و رس آهکی در زیر لایه آبرفتی صورت گرفته که نتیجه آن باعث فرونشینی لایه‌های سطحی به داخل درزها و شکاف سنگ‌ها می‌گردد و بدین ترتیب حفره‌هایی در سطح زمین ایجاد کرده است. جنس رسوبات آبرفتی از هر نوعی که باشد، دولین‌ها به فراوانی یافت می‌شوند. دولین‌های فروریخته بر اثر فرو ریختن سنگ‌ها در مقیاس وسیع به وجود آمده‌اند و در آنها دیواره‌های فروریخته دارای شیب تند و صخره مانند هستند (شکل ۱-۴).



شکل ۱-۴- تصویری از دولین فرو ریخته

در نواحی کوهستانی و دشت شهرستان گرمسار، عوارض و اشکال جالب و بسیار زیبایی وجود دارد که برای همه، بویژه محققان و علاقه‌مندان به علوم زمین با ارزش و دیدنی است که شامل موارد زیر است:

چین خوابیده (کوه اژدها): در شمال گرمسار واقع در کوه کلرز، رسوبات گچ و نمک مربوط به دوره میوسن بطور منظم چین‌خورده و چین خوابیده‌ای را ایجاد کرده‌اند که از فواصل دور به خوبی نمایان است.

گنبد‌های نمکی: در شهرستان گرمسار به‌ویژه در محدوده‌های سردره، گنبد‌های نمکی از پدیده‌های جالب ژئومورفولوژیک است که به ویژه برای زمین‌شناسان، ژئومورفولوژیست‌ها، اکولوژیست‌ها و معدن‌شناسان و دیگر محققین و دانشجویان علوم زمین جالب و دیدنی است.

غار دق‌کشکولی یا زندان افغان: جریان سیلاب‌ها در طول هزاران سال زمین‌های رسوبی دوره ترشیری را کاویده و در برخی نقاط راهروهای ژرف زیرزمینی طولی به وجود آورده که پس از فروکش این آب‌ها، مجراهای زیرزمینی خشک شده و به صورت غارهای بزرگ و دیدنی به‌جای مانده‌اند.

کوپر: شهرستان گرمسار با داشتن نواحی وسیع کویری در بخش‌های جنوبی، کاملاً غنی است، زیرا انواع مختلف کوپر با املاح متنوع در آن وجود دارد. هریک از املاح این کوپرها موارد استفاده گوناگون دارند. فرونشست دشت کوپر به صورت یک حوضه فروافتاده جوان است که با توالی نسبتاً ضخیمی از مارن، ماسه‌سنگ و کنگلومرای حاوی گچ و یا نمک فراوان پوشیده شده است. ویژگی منحصر بفرد کوپر مرکزی ایران، یعنی سکوت، آرامش، هوای پاک، آسمان آبی، شب‌های پرستاره می‌تواند برای علاقمندان به طبیعت بکر کوپر، گردشگران زمین و طبیعت و دانشجویان جالب و دیدنی باشد.

دریاچه نمک: دریاچه نمک بین سه استان سمنان، تهران و اصفهان واقع شده و در طول سال نوسان شدیدی دارد. دریاچه نمک، به همراه چشمه‌های آب معدنی عین الرشید در کنار سیاه‌کوه و بناهای باستانی قصر بهرام و قصر عین الرشید و قصر حرمسرا، مجموعه‌ای دیدنی برای هر گردشگر است.

آب‌های معدنی: در دامنه شمالی سیاه‌کوه به سمت گرمسار در میان قشرهای رسوبی، چشمه‌های آبی وجود دارند که اغلب از نوع آب‌های معدنی‌اند. مهمترین آن‌ها چشمه شاه و چشمه عین الرشید است.

آبشارها: در ۵۵ کیلومتری شمال‌شرق گرمسار، ناحیه کوهستانی رامه واقع شده است. آبشارهای طبیعی، پوشش گیاهی و ارتفاعات منطقه از جاذبه‌های زمین‌گردشگری این منطقه می‌باشد. با ریزش کوه چهل‌تن در این منطقه، راه ارتباطی رودخانه بسته شده و دریاچه‌ای در پشت آن ایجاد شده است.

دره حبله‌رود: دره و رودخانه حبله‌رود واقع در شمال گرمسار، پوشش گیاهی و ارتفاعات منطقه به همراه آثار تاریخی این منطقه مانند ریگ‌تپه و قلعه‌گیری، قابلیت‌ها و فرصت‌های توسعه گردشگری منطقه را بیش از پیش نمایان ساخته است.

۱-۶- هیدرولوژی مناطق مورد مطالعه

شبکه زهکشی طبیعی در مناطق مورد مطالعه مرکب از رودخانه‌ها و مسیل‌های متعددی هستند که در گستره این مناطق پراکنده‌اند. در این مناطق رودخانه دائمی کم است و اغلب رودخانه‌ها فقط در فصول پرآبی جریان می‌یابند. عوامل مهمی در ویژگی جریان‌های حوضه‌ها از جمله رژیم جریان‌ها،

شکل هیدروگراف و خصوصیات سیلاب‌ها موثر هستند. در حوضه‌های آبریز مرتفع، نزولات جوئی عمدتاً به صورت برف است که ذوب تدریجی آنها موجب تعدیل جریان‌های حداکثر سالانه و به تأخیر افتادن زمان وقوع این جریان‌ها می‌گردد. برعکس در حوضه‌های کم ارتفاع نزولات جوئی غالباً به صورت باران بوده و شیب تند، موجب تخلیه سریع جریان‌ها و نهایتاً سیلابی شدن رودخانه‌ها و مسیل‌ها می‌شود. برخی عوامل فیزیوگرافی بر پتانسیل رسوب‌زایی، توزیع زمانی حمل مواد رسوبی در طول سال و نسبت بار معلق به بار بستر در کل رسوبات، تأثیر تعیین‌کننده‌ای دارند که طول آبراهه اصلی و درصد شیب آن از جمله این عوامل محسوب می‌شوند.

ارتفاع حداکثر تعدادی از حوضه‌های آبریز در حدود ۳ هزار متر از سطح دریاست. در این حوضه‌ها قسمت عمده یا تمامی نزولات جوئی به شکل باران است، حوضه‌های آبریز قوشه، حاجی آباد و گلرودبار در مناطق مورد مطالعه از آن جمله‌اند. ضریب گراویلیوس حوضه‌های آبریز رودخانه‌های جم آبرود، نمارک، رامه، گلرودبار، حاجی‌آباد، نزدیک به یک بوده، و بیانگر سیلابی بودن رژیم این حوضه‌های آبریز است. در ضمن شیب تند آبراهه‌های اصلی حوضه‌های فوق بیانگر تخلیه سریع جریان‌ها در زمان وقوع بارندگی است. آنچه که پروفیل طولی رودخانه‌های اصلی نشان می‌دهد، طول مسیر اغلب رودخانه‌های کوچک و مسیل‌ها، کوتاه بوده و نشانگر سیلابی بودن رژیم آنها است. جم آبرود، گلرودبار، قوشه، رامه، ایوانکی و مسیل‌های زیوان، زرتول، پیغمبران و چاشتخوران از این جمله هستند. وسعت حوضه رودخانه جم آبرود در ایستگاه گیلان ۲۳۵ و رودخانه نمارک در ایستگاه ایوانکی حدود ۷۷۵ کیلومتر مربع می‌باشد (مهدیزادگان ۱۳۹۵).

۱-۶-۱- هیدرولوژی دشت سمنان

سمنان رود یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های دائمی سمنان می‌باشد که از به هم پیوستن دو رود درج‌زین و آبگرم به دست می‌آید و از شمال شهرستان سمنان سرچشمه می‌گیرد. رودخانه آبگرم از چشمه آبگرم سمنان واقع در ۲۱ کیلومتری شمال غرب سمنان با متوسط دبی ۱۸ لیتر بر ثانیه منشأ

می‌گیرد. این رودخانه به دلیل شوری و EC بالا، در محل ورودش به دشت سمنان یک باند شور و گوگردی ایجاد می‌کند. در سال ۱۳۹۰ با احداث بند انحرافی، آب رودخانه به پایین دست انتقال داده شد تا کیفیت آب دشت خراب نشود. مقداری از این آب قبل از رسیدن به دشت توسط معدن برای ماسه‌شویی استفاده می‌شود که باعث تغذیه دشت می‌گردد. رودخانه درجین که منشاء آن چشمه گلرودبار با EC پایین می‌باشد نیز توسط کانال، قبل از وارد شدن به سمنان‌رود، مورد مصرف کشاورزی قرار می‌گیرد که سبب تغذیه دشت می‌شود (کریمی ۱۳۹۶).

رودخانه گلرودبار از ارتفاعات شمال سمنان سرچشمه می‌گیرد. جریان پایه این رودخانه، از چشمه گلرودبار تأمین می‌گردد. ارتفاعات محراب گلرودبار، شیرقلعه، پشم و سیاه‌کوه این رودخانه را تغذیه می‌کنند. ایستگاه‌های آب‌سنجی متعددی بر روی این رودخانه مستقر شده که مهمترین آن ایستگاه درجین است که وسعت حوضه آبریز در این محل ۳۲۵ کیلومتر مربع می‌باشد (مهدیزادگان ۱۳۹۵).

۱-۶-۲- هیدرولوژی دشت گرمسار

در غرب استان، رودخانه‌های حبله‌رود، جم‌آبرود و دوآب از شاخه‌های اصلی هستند، که رودخانه شورآب نیز در پایین دست به جریان‌های فوق پیوسته و رودخانه نمارک را تشکیل می‌دهند. حبله‌رود رودخانه دائمی است به طول ۲۴۰ کیلومتر که از دامنه کوه‌های سایو و شاه‌محمد قله و هما در ۳۰ کیلومتری شمال شرقی فیروزکوه سرچشمه می‌گیرد. سیستم رودخانه‌ای حبله‌رود از چندین سرشاخه مهم به نام‌های دلیچای، نمرود، شهرآباد و گورسفید تشکیل شده که در نهایت رودخانه حبله‌رود را به وجود می‌آورند. این رودخانه به عنوان زهکش اصلی از ارتفاعات کوه میشینه گرک، واقع در بخش شمال باختری حوضه آبریز اراضی خارج از استان سمنان سرچشمه گرفته و در امتداد عمودی خود به سمت جنوب جریان می‌یابد. رودخانه حبله‌رود طی مسیر خود پس از گذر از ارتفاعات متعدد و ایستگاه‌های هیدرومتری بنکوه و سیمین دشت به دشت گرمسار وارد می‌شود و به شاخه‌های فراوان تقسیم می‌شود و به مصرف آبیاری و غیره می‌رسد. مازاد آب آن پس از عبور از روستای علی‌آباد باقری

به سوی جنوب خاوری جاری شده و سرانجام در ۴۶ کیلومتری جنوب خاوری گرمسار به رودخانه گلو می‌ریزد. ارتفاع سرچشمه این رودخانه ۲۸۰۰ متر، شیب متوسط ۰/۹ درصد، مسیر کلی آن جنوب باختری است (مهدیزادگان ۱۳۹۵).

رودخانه حبله‌رود منبع اصلی آب زراعی شهرستان گرمسار است و تأثیر مهمی در اقتصاد و آبادانی منطقه دارد. حبله‌رود دارای شعب مختلف شیرین و شور است. شاخه‌های شیرین حبله‌رود شامل گورسفید و نمرود است که هر یک از این دو رود، دارای شاخه‌های متعدد فرعی هستند. نمرود بزرگ‌ترین شاخه شیرین حبله‌رود است و ۵۶ درصد آب آن را تامین می‌کند. حبله‌رود با دریافت آب رودخانه‌های دولتی، سمنان و شورآب، رودخانه واحدی به نام ورگی را تشکیل داده و درنهایت به دشت کویر می‌ریزد. این حوضه در محل ایستگاه بنکوه حدود ۳۱۹۵ کیلومترمربع وسعت دارد. در محل بنکوه سد انحرافی بر روی رودخانه حبله‌رود ساخته شده است، ارتفاعات عمدتاً مارنی و سنگی با پوشش گیاهی کم می‌باشد.

۱-۶-۳- هیدرولوژی دشت ایوانکی

رودخانه‌های متعددی از ارتفاعات شمالی ایوانکی وارد دشت ایوانکی می‌شوند و به همین دلیل آبخوان دشت ایوانکی از تنوع رسوبی قابل توجهی برخوردار است. مهمترین رودخانه ورودی به دشت ایوانکی رودخانه کرک است که منبع اصلی تغذیه دشت ایوانکی می‌باشد. رودخانه کرک با عبور از شهر ایوانکی وارد دشت می‌شود. علی‌رغم وسعت بالای حوضه آبریز رودخانه کرک، به علت بارش نسبتاً کم در این حوضه، این رودخانه در ایستگاه هیدرومتری نمارک (ورودی شهر ایوانکی)، تقریباً فاقد جریان می‌باشد. این مطلب به ویژه در سال‌های اخیر که بارندگی کاهش یافته است بسیار مشهود است. علاوه بر بارش کم حوضه، وجود تعداد زیادی چاه بهره‌برداری در مسیر رودخانه باعث شده تا رودخانه از حالت آبرسان به رودخانه آبریز تبدیل شود. بنابراین، جریان پایه این رودخانه در خروجی حوضه (ایستگاه نمارک) در اکثر ماههای سال تقریباً صفر است.

بر اساس آمار ایستگاه نمارک در یک دوره آماری ۳۲ ساله (۶۳-۶۲ تا ۹۴-۹۳)، رودخانه کرک در ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت بیشترین آبدهی را داشته است. علاوه براین ملاحظه می‌شود که (به غیر از موارد استثناء) در سایر ماه‌های سال رودخانه تقریباً خشک می‌باشد. به طور کلی، آورد سالانه این رودخانه به سیلاب‌هایی محدود می‌شود که در اثر بارش‌های سیل‌آسا به وقوع پیوسته‌اند. در سال آبی ۹۵-۱۳۹۴ رودخانه کرک در ایستگاه نمارک فاقد جریان بوده است که دلیل آن عدم وقوع بارش‌های قابل توجه در حوضه آبرگیر رودخانه بوده است.

۷-۱- هیدروژئولوژی مناطق مورد مطالعه

آب زیرزمینی تنها منبع مهم تأمین آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. منابع آب در این مناطق محدود بوده و بیشتر آنها کیفیت مناسبی ندارند. چرا که شوری به عنوان یک فاکتور کنترل‌کننده مهم، استخراج آب زیرزمینی را برای مصارف انسانی و زیست محیطی محدود می‌نماید.

۱-۷-۱- هیدروژئولوژی دشت سمنان

دشت سمنان در شمال‌غرب استان سمنان قرار دارد و دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک است. آب زیرزمینی این دشت از نوع آب لب‌شور با سختی بالا و تیپ کلروره و سولفات‌ه است. برداشت بیش از حد از آن، سبب افت شدید سطح آب زیرزمینی و تغییر جهت جریان آن از جنوب به سمت شمال شده است. آبخوان دشت سمنان از نوع آزاد می‌باشد که در یک دشت آبرفتی واقع شده است. طبق مطالعات ژئوفیزیک سال ۱۳۵۳، رسوبات آبرفتی به سه افق مشخص قابل تفکیک می‌باشند. بخش سطحی آبرفت شامل حدود ۳۰ تا ۱۰۰ متر رسوبات دانه‌درشت تا دانه‌ریز خشک می‌باشد. بخش میانی آبرفت شامل حدود ۲۰ تا ۱۰۰ متر رسوبات دانه‌متوسط حاوی آب شیرین می‌باشد، که از نواحی شمال‌غرب به طرف جنوب‌شرق کم مقاومت (دانه‌ریز یا لب‌شور) می‌شوند. بخش تحتانی آبرفت نیز شامل حداکثر ۳۰ متر رسوبات دانه‌ریز حاوی آب لب‌شور می‌باشد که در تمام نقاط دشت گسترش

نداشته و در برخی نقاط تا حدی تحت فشار می‌باشند. حداکثر ضخامت رسوبات آبرفتی به میزان بالغ بر ۲۸۰ متر در نواحی شمال سمنان و حداقل آن در پهنه کویری واقع در حاشیه ارتفاعات جنوب غرب دشت مشاهده شده است. جنس و دانه بندی رسوبات در نقاط مختلف، بسته به نوع و شدت فرسایش پذیری واحدهای سنگی ارتفاعات متفاوت بوده و اغلب از جنس کنگلومرا، ماسه سنگ و سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری متعلق به دوره ائوسن و عمدتاً دانه متوسط تا دانه ریز و در حد رس، سیلت و ماسه همراه با شن و ندرتاً ریگ می‌باشد. بر اساس مشاهدات زمین‌شناسی به نظر می‌رسد که سنگ کف دشت از مارن‌های میوسن می‌باشد، به استثنای نواحی مجاور کوه‌ها که مشابه لیتولوژی سازندهای مجاور آن می‌باشد. سنگ کف در شمال دشت از سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی، ریولیتی و توف‌های کرج می‌باشد و در غرب دشت متشکل از تهنشست‌های کنگلومرای ائوسن است. در دشت سمنان آب‌های زیرزمینی توسط ۴۰۸ حلقه چاه عمیق و تعداد ۷۲ رشته قنات و ۵۹ دهنه چشمه استخراج و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

۱-۷-۲- هیدروژئولوژی دشت گرمسار

دشت گرمسار، دشت وسیعی است که در حوضه رودخانه حبله‌رود واقع شده است. منبع اصلی تغذیه دشت گرمسار، جریان سطحی دائمی حبله‌رود است. آبرفت این دشت به وسیله رسوب‌گذاری جریان سطحی رودخانه حبله‌رود و چند آبراهه فرعی ایجاد شده است. با توجه به مورفولوژی دشت و حاشیه آن و عوامل تکتونیکی مؤثر بر دشت، ملاحظه می‌شود که وجود گسل‌های معکوس در جهت شرقی- غربی در محدوده شمالی دشت، با جدا نمودن ارتفاعات از مناطق هموار دشت، شرایط را جهت رسوب‌گذاری رودخانه حبله‌رود مهیا نموده‌اند. در محل ورودی رودخانه حبله‌رود به دشت گرمسار، مخروط افکنه نسبتاً وسیعی پدید آمده که در مناطق شمالی دانه‌درشت و شنی می‌باشد و در ادامه به رسوبات آبرفتی دانه‌ریزتر تبدیل شده و در نهایت در بخش‌های انتهایی دشت به رس تبدیل می‌گردد. وجود فازهای سیلابی شدید باعث گردیده که این آبرفت‌ها تا فاصله بسیار دور نیز حمل شوند. از

طرف دیگر چون اطراف دشت را تقریباً تشکیلات رسی و کنگلومرای فرارگرفته، تخریب این تشکیلات باعث گردیده که در این آبرفت‌ها، تناوبی از رس، ماسه و قلوه‌سنگ مشاهده شود. ضخامت آبرفت در ابتدای مخروط‌افکنه این دشت بالغ بر ۳۰۰ متر برآورد شده که هر چه به سمت اطراف و جنوب دشت پیش می‌رویم از ضخامت آن کاسته می‌شود، به‌طوری‌که در نواحی جنوبی دشت به حدود ۹۰ متر نیز می‌رسد. قابلیت انتقال آب در این دشت از حدود ۱۰۰ تا بیش از ۱۰۰۰ مترمربع بر روز متغیر است. متوسط ضریب ذخیره در دشت نیز ۵ تا ۱۵ درصد برآورد شده است. از نظر طبقه‌بندی کیفی جریان‌ات زیرزمینی، آب زیرزمینی دشت گرمسار جهت مصارف زراعی در کلاس $C3S1$ (گروه آب‌های متوسط دارای محدودیت جهت مصارف زراعی) تا $C4S4$ (گروه آب‌های بد و نامناسب برای آبیاری) قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که در بخش کوچکی از دشت که در ابتدای مخروط افکنه قرار گرفته، آب‌های زیرزمینی در کلاس $C3S1$ ، در مناطق شرقی و غربی دشت در کلاس $C4S2$ و در نواحی جنوبی دشت در کلاس $C4S3$ تا $C4S4$ قرار دارند.

۱-۷-۳- هیدروژئولوژی دشت ایوانکی

متوسط ارتفاع دشت ایوانکی ۱۰۲۰ متر بوده و موقعیت جغرافیایی آن $51/20$ تا $51/50$ طول شرقی و $35/15$ تا $35/23$ عرض شمالی است. محدوده حوضه آبریز این دشت از شمال به کوه‌های مشرف به دریاچه تاروعین ورزان، از غرب به رودخانه دماوند، از شرق به رودخانه حبله‌رود و از جنوب به سازندهای گچ و نمک کوه سرخ می‌باشد.

شیب کلی این دشت شمال به جنوب است. این منطقه در طبقه مناطق خشک تا نیمه‌خشک قرار دارد. نوع، مقدار و شدت ریزش‌های جوّی در مناطق و ماه‌های مختلف سال متفاوت است. متوسط بارندگی ۲۳ ساله، طبق آمار ایستگاه باران سنجی ایوانکی ۱۴۵ میلی‌متر در سال است که بیشترین مقدار بارندگی سالانه ۲۰۵ میلی‌متر و کمترین مقدار آن $78/5$ میلی‌متر است (عبادتی ۱۳۹۴).

آبخوان دشت ایوانکی از شمال به راندگی مشاء فشم از سمت شمال شرق به گسل گرمسار در شمال گرمسار محدود می‌شود که با یک راستای شرقی غربی به گسل پیشوا در جنوب ورامین ملحق می‌گردد، گسل پیشوا هم در امتداد غربی به گسل کهریزک می‌پیوندد. گسل ایوانکی نیز یکی دیگر از گسل‌های مهم این منطقه است که طول تقریبی آن ۷۵ تا ۸۰ کیلومتر است و از جنوب شرق تهران (مسگرآباد) تا شرق ایوانکی گسترش دارد. عملکرد این گسل‌ها باعث شده آبخوان دشت ایوانکی به شکل یک ناودیسی با راستای محوری شرقی- غربی درآید که ابتدا سنگ‌های تخریب‌شده به وسیله جریان‌های سیلابی شدید وارد این دشت شده بعد از آن رسوبات دانه ریزتر حاصل از تخریب ارتفاعات توسط جریان‌های آرام وارد دشت شده و نهایتاً سفره آب‌زیرزمینی دشت ایوانکی را تشکیل داده‌اند. بخش دیگری از آبرفت‌های دشت ایوانکی که مخازن اصلی آب‌های زیرزمینی این ناحیه است در اثر حمل مواد حاصل از تخریب کنگلومراها، ماسه‌سنگ‌ها، توفها و سایر سنگ‌های قدیمی‌تر حاصل شده که به وسیله رودخانه نم‌رود و سایر مسیل‌های دیگر در منطقه به جای گذاشته شده‌اند.

تراس‌های آبرفتی دوره کواترنری در جنوب غربی دشت و در پیش‌دامن مخروط‌افکنه جاجرود و ورامین نشان‌دهنده بستر اولیه رودخانه جاجرود در دوران‌های قدیم بوده است. سازندهای رسی و مارنی جنوب شرقی حوضه آبریز با سازندهای گچ و نمک اغلب به صورت گسلی تماس دارند و در جهات مختلفی نیز گسترش دارند.

کنگلومرای هزاردره سنگ‌کف دشت (Bed Rock) را تشکیل می‌دهد که به وسیله رسوبات مخروط افکنه نمارک و مسیل‌های دیگر پوشیده شده است. در قسمت شمالی دشت ضخامت آبرفت حدود ۳۰۰ متر، و در جنوب دشت بسیار ناچیز است و به کمتر از ۵۰ متر می‌رسد. این آبرفت‌ها مربوط به کواترنری هستند. نفوذپذیری بالای سازندهای کنگلومرای و ماسه‌سنگی در شمال و مرکز دشت سبب شده در این قسمت از دشت، چاه‌ها تراکم و آبدهی نسبتاً زیادی داشته باشند. آبرفت‌های قسمت انتهایی دشت به دلیل اینکه از کوه‌های مارنی و رسی و گچی منشأ می‌گیرند، نفوذپذیری کمی دارند (عبادت‌ی ۱۳۹۴).

فصل دوم: مروری بر تحقیقات پیشین

در باره روش‌های مختلف برآورد آبدهی ویژه

پارامترهای هیدرودینامیکی سفره آب زیرزمینی شامل هدایت هیدرولیکی (Hydraulic Conductivity) قابلیت انتقال (Transmissivity) و ضریب ذخیره (Storage Coefficient) یا آبدهی ویژه (Specific yield) می‌باشد. هدایت هیدرولیکی یا ضریب نفوذپذیری (K) نشان‌دهنده سهولت حرکت آب از فضای بین ذرات بوده و از خصوصیات ذرات نمونه خاک یا سنگ و خصوصیات مایع تبعیت می‌کند. قابلیت انتقال (T) توانایی ستونی به ارتفاع ضخامت لایه آبدار و عرض واحد را در انتقال آب نشان می‌دهد و برابر حاصل ضرب هدایت هیدرولیکی (K) در ضخامت سفره (b) می‌باشد (شمسایی ۱۳۷۷). حجم آبی که یک منشور قائم از لایه آبدار با سطح مقطع واحد به ازای تغییر واحد در ارتفاع سطح پیزومتری آزاد می‌کند یا ذخیره می‌کند به وسیله ضریب ذخیره (S) بیان می‌گردد. این ضریب، بدون بُعد است و به صورت درصد ذکر می‌شود. دو عامل فشردگی یا تراکم مواد در نمونه سنگ یا خاک و انبساط آب در نمونه سنگ یا خاک از عوامل مهم تاثیرگذار بر روی مقدار S هستند. در سفره‌های تحت فشار مقدار ضریب ذخیره متناسب با ضخامت لایه آبدار از 10^{-3} تا 10^{-7} تغییر می‌کند، در سفره‌های آزاد ضریب ذخیره برابر حجم آبی است که بتوان از واحد سطح لایه آبدار به ازای تغییر واحد در ارتفاع سطح ایستابی بدست آورد. ضریب ذخیره در لایه های آبدار آزاد با آبدهی ویژه (S_y) برابر است و مقدار آن از $0.2/0$ تا $0.3/0$ تغییر می‌کند (شمسایی ۱۳۷۷). یکی از پارامترهای مهم هیدرودینامیکی آبخوان‌های آزاد، آبدهی ویژه (Specific yield) است که میزان ذخیره‌سازی و آزادسازی آب از این آبخوان‌ها را مشخص می‌کند.

پارامترهای هیدروینامیکی آبخوان (S و T)، به لحاظ مطالعات هیدروژئولوژی بسیار مهم و حائز اهمیت بوده و کاربرد فراوانی دارند. این پارامترها جهت تعیین رفتار هیدروژئولوژیکی، مدل‌سازی، بیلان، انتقال آلودگی، تغذیه مصنوعی و موارد مشابه بسیار مفید و ضروری هستند. روش‌های متعددی برای تعیین پارامترهای مذکور ارائه شده است که معتبرترین آن‌ها روش آزمایش پمپاژ است. در بسیاری از آبخوان‌ها داده‌های آزمایش پمپاژ کافی وجود ندارد و یا در صورت وجود به طور دقیقی مورد تجزیه و تحلیل قرار نمی‌گیرند. بنابراین بسیاری از محققین تلاش کرده‌اند تا مقادیر این پارامترها را از روشهای جایگزین برآورد نمایند که در ادامه به برخی از این روش‌ها اشاره می‌گردد.

۲-۱- روش‌های تعیین آبدهی ویژه

۲-۱-۱- روش آزمایش پمپاژ استاندارد یا روش چندچاهی

به منظور شناسایی خصوصیات هیدرولیکی آبخوان با استفاده از روش پمپاژ با توجه به نوع آبخوان (آزاد یا تحت فشار) معادلات مختلفی ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به معادلات تایس (Theis)، کوپر و ژاکوب (Cooper and Jacob)، نیومن (Neuman)، بولتن (Bulletin) و غیره اشاره نمود. جهت حل هر یک از این معادلات، پارامترهای لازم از طریق آزمایش پمپاژ بدست می‌آیند. آزمایش پمپاژ یک کار صحرایی است، به این صورت که یک چاه اکتشافی با دبی ثابت به مدت طولانی (از ۷۲ ساعت تا یک هفته) پمپاژ می‌شود و سپس میزان افت در بازه‌های زمانی مختلف از شروع پمپاژ در چاه‌های مشاهده‌ای که در اطراف چاه اکتشافی حفر شده‌اند، اندازه‌گیری می‌شود و به کمک روش‌ها و معادله‌های مختلف، داده‌های بدست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در نهایت پارامترهای هیدروژئولوژیکی آبخوان محاسبه می‌شوند. آزمایش پمپاژ به دو صورت پله‌ای یا با دبی ثابت انجام می‌شود و در دو مرحله رفت و برگشت جهت تعیین ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان به کار

می‌رود. از بین این روش‌ها، مرحله رفت و برگشت آزمایش پمپاژ با دبی ثابت، به عنوان متداول‌ترین روش آزمایش پمپاژ جهت تعیین ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان استفاده می‌شود.

با وجود مزایایی که آزمایش پمپاژ دارد، محدودیت‌هایی نیز دارد که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. دقت و صحت نتایج آزمون‌های پمپاژ بر فرضیات ساده‌ای استوار است که با توجه به شرایط صحرایی از جمله نوع آبخوان، ماهیت جریان سیال، نرخ پمپاژ و ذخیره چاه سبب عدم ارزیابی نزدیک به واقعیت پارامترهای هیدرولیکی می‌شود. تجزیه و تحلیل داده‌های آزمون پمپاژ با استفاده از روش منحنی‌های ارائه شده توسط بولتن و نیومن از جمله روش‌های معمول جهت تخمین آبدهی ویژه در آبخوان‌های آزاد می‌باشد که در هر دو روش مقادیر آبدهی ویژه در زمان‌های اولیه پمپاژ نسبت به سایر روش‌ها کمتر است که در روش بولتن علت آن نادیده گرفتن اثر زهکشی تأخیری و در روش نیومن در نظر نگرفتن جریان عمودی سفره می‌باشد.

تیم، نخستین آشناسی است که فرمولی جهت تعیین ویژگی‌های آبخوان با استفاده از آزمایش پمپاژ ارائه نمود (Thiem ۱۹۰۶). با ارائه معادله معروف تایس در سال ۱۹۳۵ (Thies ۱۹۳۵) در تجزیه و تحلیل آبخوان در شرایط غیرتعادلی پیشرفت زیادی به وجود آمد و اصلاحات بسیاری در فرمول‌ها و روش‌های تفسیر داده‌های آزمایش پمپاژ صورت گرفت.

با استفاده از داده‌های آزمایش پمپاژ در تشکیلات درز و شکافدار شرق لهستان (Poland) جهت مطالعه ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی این تشکیلات، کراجوووسکی (Krajewsky ۱۹۹۶) به اهمیت منطقه‌بندی عمودی و افقی در هدایت هیدرولیکی پی‌برده است. این منطقه‌بندی‌ها به علت تغییرات منطقه‌ای در سنگ‌شناسی و تکتونیک ایجاد شده است.

زوبر و موتیکا (Zuber and Motyka ۱۹۹۶) بیان کردند که مقادیر هدایت هیدرولیکی زمینه در مقایسه با شبکه شکاف‌ها ناچیز است، علت آن است که مقادیر هدایت هیدرولیکی در حدود ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ بار کمتر از داده‌های حاصل از آزمایش پمپاژ و محاسبه شده برای شبکه‌های شکافدار می‌باشد.

میچالسکی و برایتون (Michalski and Britton ۱۹۹۷) برای تعیین پارامترهای هیدرولیکی سنگ بستر رسوبی در نیوجرسی از روش تمام لگاریتمی تایس (logarithmic plots - Theis double) استفاده کرده‌اند. آنها بیان نمودند که تمامی فرضیات مربوط به روش تایس (Theis ۱۹۳۵)، معقولانه و راضی‌کننده می‌باشد و بهترین انطباق داده‌های افت - زمان با منحنی تیپ تایس (Theis type curve)، برای تمامی چاه‌های مشاهده‌ای بدست آمده است. لازم به ذکر است که پاسخ سریع چاه‌های مشاهده‌ای به آزمایش پمپاژ، تأییدکننده ارتباط میان چاه‌های پمپاژ و مشاهده‌ای است.

ویلا و همکاران (Vila et al., ۱۹۹۹) یک مطالعه تحلیلی در خصوص افت مربوط به جریان شعاعی به سمت یک نقطه در سفره‌های ناهمگن انجام داده‌اند. آنها بیان کردند که گرچه روش کوپر - ژاکوب برای سفره‌های همگن ارائه شده است، در عین حال می‌تواند نتایج مفیدی را در سفره‌های ناهمگن ارائه دهد و همچنین میزان تغییرات ضریب ذخیره با زمان، بیشتر از تغییرات قابلیت انتقال می‌باشد.

سامانی و پسندی (Samani and Pasandi ۲۰۰۱) اظهار کرده‌اند که پاسخ یک سفره به آزمایشات پمپاژ بلند مدت توسط وضعیت‌های مرزی و ناهمگنی که در یک سفره می‌باشد، کنترل می‌شود. در چنین آزمایشاتی نمودار نیمه‌لگاریتمی مربوط به روش کوپر - ژاکوب (Cooper and Jacob ۱۹۴۶) به روش تایس (Theis ۱۹۳۵) ترجیح داده می‌شود. دلیل این امر آن است که نتیجه بررسی در روش کوپر - ژاکوب بر روی نمودار نیمه‌لگاریتمی به صورت خط راست ظاهر می‌شود و هر کجا شیب خط تغییر کند در صورتی که دبی پمپاژ ثابت باشد، معرف یک ناهمگنی است.

کرمی (Karami ۲۰۰۲) به تقسیم‌بندی نفوذپذیری سفره‌های درز و شکافدار به دو گروه کلی اشاره نموده است. ۱- نفوذپذیری زمینه یا بلوک سنگی ۲- نفوذپذیری بازشدگی میان بلوک‌های سنگی. همچنین اظهار داشتند که نفوذپذیری بلوک‌های سنگی در مقایسه با بازشدگی میان بلوک‌های سنگی خیلی کوچک است. به طور کلی ناهمگنی در سفره‌های درز و شکافدار می‌تواند به طور عمودی و یا منطقه‌ای رخ دهد که تابعی از خصوصیات سنگ و عملکرد فرایندهایی همچون انحلال، نیروهای تکتونیکی و هوازدگی باشند.

رازک و لاسم (Razak and Lasm ۲۰۰۵) با انجام آزمایش پمپاژ در سنگ‌های دگرگونی و بلورین که ۹۷ درصد از رخنمون‌های منطقه مان دانان (Man Danane) واقع در ساحل Ivory غرب آفریقا را تشکیل می‌دهند، قابلیت انتقال و دبی ویژه سفره آب زیرزمینی را برآورد نموده‌اند. نتایج بدست آمده بیانگر این مطلب است که مقادیر بالای قابلیت انتقال با مقادیر بالای دبی ویژه مطابقت خوبی را نشان می‌دهند.

براساس روشی که برای تعیین ناهمگنی آبخوان‌های کارستی توسط کرمی و یانگر ارائه شده Karami (۲۰۰۲, and Younger) و همچنین روشی که برای تعیین بعد جریان توسط چاکرابارتی (Chakrabarty, ۱۹۹۴) ارائه شده بود مشخص شد که با افزایش بعد جریان، ناهمگنی آبخوان کاهش می‌یابد. آنها مدلی ارائه دادند که قادر است نوع جریان در آبخوان‌های کارستی را با استفاده از نتایج آنالیز پمپاژ برآورد کند که این مدل بر اساس طبقه‌بندی بعد جریان و ضریب ناهمگنی ارائه شده است.

خصوصیات هیدرودینامیکی بخش وسیعی از سفره آبدار به وسیله آزمایش پمپاژ مشخص می‌شود (Walton, ۱۹۸۷, Todd ۲۰۰۵). آزمایش پمپاژ همچنین می‌تواند تخمین‌های نسبتاً خوبی از خواص هیدرودینامیکی در سفره‌های ناهمگن (سفره‌های سنگی درز و شکافدار) که تعیین متوسط خواص هیدرودینامیکی سفره با توجه به داده‌های حاصل از مغزه‌های حفاری تعداد محدودی چاهک آزمایشی مشکل یا غیر ممکن است، ارائه دهد (کرمی ۱۳۸۵).

کرمی (۱۳۸۵) در خصوص انتخاب روشی مناسب برای ارزیابی خصوصیات هیدرودینامیکی سفره‌های درزه و شکافدار بیان می‌کند، در مواقعی که منحنی داده‌های افت - زمان بدست آمده از آزمایشات پمپاژ شامل سه بخش می‌شود کاربرد روش‌های تایس (Theis ۱۹۳۵) و کوپر - ژاکوب (Cooper and Jacob ۱۹۴۶) برای تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ در سفره‌های درزه و شکافدار، خطای قابل توجهی ایجاد خواهند نمود که در این گونه سفره‌ها، منحنی افت - زمان از الگوی سه بخشی نظریه تخلخل دوگانه پیروی می‌کند و به همین دلیل داده‌های آزمایش پمپاژ باید با روش‌هایی که اساس آنها نظریه

مذکور می‌باشد مثلاً روش مانس (Moench ۱۹۸۴)، تحلیل شوند. در شرایطی که منحنی افت - زمان از الگوی سه بخشی تبعیت نکند، آنالیز داده‌های افت - زمان با همان روش‌های تاپس (Theis ۱۹۳۵) و کوپر - ژاکوب (Cooper ۱۹۴۶ and Jacob) انجام خواهد شد.

حسینی سبزواری (۱۳۸۵) اطلاعات چاه‌های پمپاژ و پیزومترهای محدوده اطراف و داخل آنومالی شماره ۳ معدن گل‌گهر سیرجان را مورد بررسی قرار داده است. وی داده‌های افت-زمان مربوطه در دو بخش آبرفتی و سنگی را توسط نرم افزار Aquifer win۳۲ با روش‌های تاپس (This ۱۹۳۵) و کوپر-ژاکوب (Cooper and Jacob ۱۹۴۶) مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است. نتایج آزمایش پمپاژ در بخش آبرفتی نشان داد، مقادیر قابلیت انتقال از ۱۲۵ تا ۱۸۷۵ مترمربع بر روز و ضریب ذخیره از $10^{-5} \times 6/9$ تا $0/38$ متغیر می‌باشند. نتایج به دست آمده نشان داده است که میزان ناهمگنی بخش سنگی بیشتر از بخش آبرفتی است.

۲-۱-۲- روش‌های ریاضی یا عددی

آلیمانی و سن (Alymani and Sen, ۱۹۹۳) با بررسی ۳۲ نمونه خاک شنی جمع‌آوری شده در عربستان سعودی و استرالیا، ارتباط بین هدایت هیدرولیکی اشباع و قطر ذرات را به صورت معادله زیر ارائه دادند:

$$k = 1300 [I. + 0.025(d_{50} - d_{10})]^2$$

جهت تعیین خصوصیات هیدرولیکی یک آبخوان در فنلاند که شامل دو سیستم شکستگی تقریباً عمودی بود، لویننت و همکاران (Leveinent it al., ۱۹۹۸) از داده‌های آزمایش پمپاژ هفت چاه مشاهده‌ای و منحنی الگوی جریان شعاعی استفاده کردند، که از هفت چاه شش چاه با مدل شعاعی منطبق بود. با تجزیه تحلیل رگرسیون شیب‌های خط راست و تطبیق منحنی الگو، ابعاد جریان کسری (۱-۲/۱ و ۱/۵) تعیین شد. در هر مرحله آزمایش ابعاد جریان در زون شکستگی مجاور، ابعادی از (۲-۲/۲۵) داشت.

روش دیگری که برای تخمین چنین پارامترهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد توسط راماسشا و همکاران (Ramasesha et al., ۲۰۰۳) ارائه شده است. برای مثال استفاده از مدل عددی برای محاسبات مکرر، جهت بهینه‌سازی پارامترها با کم‌کردن اختلاف میان افت‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده است. این مطالعه در روستای میواژیسالای (Meyvazhisalai village) در چاه حفاری شده در گستره سنگ‌های درز و شکافدار (گنیس گرانیته) صورت گرفته است. با استفاده از مدل تحلیلی و داده‌های مشاهده شده مقادیر قابلیت انتقال و ضریب ذخیره به ترتیب ۹/۹۹ متر مربع بر روز و $10^{-4} \times 4/41$ حاصل گردید.

اودونگ (Odong, ۲۰۰۷) بیان کرد که برای خاک‌های خوب دانه‌بندی شده، مقادیر ضریب هدایت هیدرولیکی که از روش الیمانی و سن (Alyamni and Sen, ۱۹۹۳) بدست آمده از دقت بالایی برخوردار است. وی با استفاده از توزیع اندازه دانه‌های خاک، چندین معادله تجربی محاسبه ضریب هدایت هیدرولیکی را مورد بررسی قرار داد. نتایج وی ثابت کرد که در بسیاری از تجزیه و تحلیل‌ها، فرمول کوزنی- کارمن بهترین برآوردکننده ضریب هدایت هیدرولیکی است و حتی برای طیف گسترده‌ای از انواع گوناگون خاک ممکن است مناسب باشد.

۲-۱-۳- روش‌های آزمایشگاهی

یکی دیگر از روش‌های تخمین آبدهی ویژه، آنالیز اندازه دانه‌هاست. با وجود اینکه در آزمایشگاه نیز می‌توان با استفاده از نمونه‌های دست‌نخورده از مواد آبخوان، آبدهی ویژه و نگهداشت ویژه را تعیین و تجزیه و تحلیل کرد ولی این روش به دلیل زمان‌بر بودن، بالا بودن هزینه و مراحل پیچیده، روش زیاد کاربردی نیست، برای برآورد آبدهی ویژه و نگهداشت ویژه، روش آنالیز اندازه ذرات تا حد زیادی سبب کاهش هزینه و زمان می‌گردد. بین سال‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۶۰ مطالعات زیادی در مورد آبدهی ویژه و نگهداشت ویژه از مواد آبخوان و روش‌های استاندارد آزمایشگاهی انجام شده است (Johnson ۱۹۶۳).

کینگ (King, ۱۸۹۹) با استفاده از ستون زهکشی از نمونه‌های اشباع برای ماسه‌های جور شده در پنج اندازه مختلف برای یک دوره طولانی مقادیر پایین‌تری از نگهداشت ویژه به خصوص برای نمونه‌های دانه درشت نسبت به آزمایش‌های هازن برآورد نمود.

مینزر (Meinzer, ۱۹۳۲) بیان کرد نتایج بدست آمده توسط هازن و کینگ در تخمین آبدهی ویژه کافی نیست و آزمایش‌های بیشتری از این نوع مورد نیاز است. وی بیان نمود ستون‌های زهکشی تهیه شده، جهت جلوگیری از درصد حاشیه‌ی موینگی اضافی باید به اندازه کافی بلند باشند و اثر تبخیر نیز بر اندازه‌گیری در نظر گرفته شود. به طوری که آزمایش‌ها در درجه حرارت یکنواخت انجام شوند یا اصلاحات لازم بر تغییرات دما اعمال شود. از آنجا که لازم است زهکشی برای یک مدت طولانی انجام شود تا نرخ آبدهی کم شود، آبدهی ویژه باید برای دوره مشخصی از زهکشی تعیین شود.

یک مطالعه دقیق با استفاده از روش ستون زهکشی و اشباع نمونه‌ها توسط جانسون و همکاران (۱۹۶۳) انجام شده است و بسیاری از عوامل تأثیرگذار بر مقادیر آبدهی ویژه مانند مقدار فشار وارد شده به نمونه‌ها، قطر و ارتفاع ستون زهکشی، روش بسته‌بندی و اثر زمان زهکشی را در نظر گرفتند و نتایج تحقیقات خود را به صورت زیر ارائه نمودند:

بررسی اثر قطر ستون در توزیع رطوبت مشاهده شده بعد از زهکشی ستون‌های با قطر یک، چهار و هشت اینچی پر شده با رسوبات جور شده ۱۲ میلی‌متری نشان داد، در الگوی کلی توزیع رطوبت بعد از زهکشی تفاوت کمی وجود دارد.

در شرایط بار اضافه‌شده به ستون زهکشی و بدون بار، با محاسبه و مقایسه مقدار تخلخل ستون پر شده از رسوبات یکنواخت و هم اندازه، مقادیر تخلخل در هر دو شرایط نزدیک و تقریباً برابر است. ارزیابی اثر زمان روی ستون زهکشی نشان داد حتی برای مواد مورد استفاده در مطالعه در اندازه ماسه، برای رسیدن به تعادل زهکشی زمان زیادی مورد نیاز است.

با استفاده از هر چهار روش استفاده شده در اشباع نمودن نمونه‌ها، مقادیر برآورد شده آبدهی ویژه تقریباً برابر و نزدیک به هم هستند.

پرل و همکاران (Prill et al, ۱۹۶۵) با مطالعه بر روی اثر زمان زهکشی بر مقادیر آبدهی ویژه با استفاده از ستون‌های بلند از مواد آبخوان در بررسی‌های آزمایشگاهی بیان نمودند، حتی برای موادی در اندازه ماسه برای رسیدن به تعادل زهکشی و ارائه حداکثر آبدهی به یک دوره از دو ماه تا بیش از یک سال نیاز خواهد بود.

عمادی (۱۳۹۵) با استفاده از الک‌های ۴ تا ۱۰۰ مش رسوبات دانه‌درشت را تفکیک کردند و سپس برای هر کدام از رسوبات و همچنین مخلوط آنها با استفاده از ستون زهکشی مقادیر تخلخل و آبدهی ویژه را اندازه‌گیری کردند. براساس نتایج بدست آمده، در رسوبات دانه‌درشت مقدار آبدهی ویژه از ۰/۳۵ در ریگ‌ها تا ۰/۰۷ در ماسه‌ریز و ۰/۰۲ در خاک لوم تغییر می‌کند. علاوه بر این، در مخلوط رسوبات مختلف مقدار آبدهی ویژه به طور قابل توجهی نسبت به میانگین وزنی آن‌ها کاهش پیدا کرده است. علت این مسئله این است که فضاهای خالی ذرات درشت به وسیله ذرات ریز در مخلوط ذرات ریز و درشت اشغال می‌شود و در نتیجه مقدار آبدهی ویژه و حتی تخلخل به مقدار قابل ملاحظه‌ای نسبت به میانگین وزنی رسوبات مخلوط شده، کاهش پیدا می‌کنند.

۲-۱-۴- سایر روش‌ها

تایس و همکاران (Theis et al ۱۹۶۳) روشی برای تعیین ضریب انتقال سفره با استفاده از ظرفیت چاه ارائه کردند که شامل یک روش گرافیکی است. از مزیت‌های این روش می‌توان به عدم حساسیت به ضریب ذخیره اشاره کرد و همچنین تخمین ضریب انتقال با هر یک از پله‌های آزمایش (در روش افت پله‌ای) ممکن است، از طرفی با در دست داشتن مقدار صحیح ضریب انتقال آبخوان، تخمین صحیح مقدار ضریب ذخیره و هدایت هیدرولیکی آبخوان ممکن است.

با بررسی‌های لرزه‌ای در حوضه پنسیلوانیا توسط گبورک و همکاران (Gburek et al, ۱۹۹۸) سه منطقه مجزا را در سفره‌های شکافدار با عمق شناسایی نمودند. این سه منطقه شامل ۱- منطقه با شکاف زیاد، ۲- منطقه با شکاف متوسط و ۳- منطقه با شکاف کم، در این منطقه با انجام آزمایشات

پکر، با افزایش عمق کاهش میزان هدایت هیدرولیکی مشاهده شد که نشان دهنده این است که بیشترین هدایت هیدرولیکی در زون با شکاف زیاد و کمترین مقدار مربوط به زون با شکاف کم می‌باشد.

دایلون و همکاران (Dillon et al, ۲۰۰۱) جهت مطالعه ناهمگنی در سفره‌های کربناته از مغزه‌های حفاری (به عنوان مقیاس کوچک) برای محاسبه هدایت هیدرولیکی در جهات افقی و عمودی استفاده کردند. مطالعات نشان داد که میزان تغییرات هدایت هیدرولیکی از بزرگی ۱۰ در جهت افقی تا بزرگی ۱۰۰ در جهت عمودی می‌باشد.

در دشت بیلوردی به علت عدم کیفیت مناسب منابع آب‌های سطحی مهم‌ترین منبع تأمین آب مورد نیاز برای مصارف شرب، صنعت و کشاورزی، آب زیرزمینی است. بنابراین بررسی خصوصیات آبخوان این دشت از جمله ضرایب هیدرودینامیکی آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این تحقیق با روش بیلان جزء به جزء ضریب ذخیره آبخوان این دشت برآورد شده است. در روش بیلان جزء به جزء آب زیرزمینی، در صورت معلوم بودن یکی از ضرایب هیدرودینامیکی، ضریب دیگر محاسبه می‌شود ولی بیشتر برای محاسبه ضریب ذخیره به کار می‌رود (اصغری مقدم و همکاران ۱۳۸۷).

محمدی (۱۳۹۰) روش‌های مختلف تحلیل آزمایش پمپاژ را بررسی کرد و دریافت که در برآورد مقادیر پارامترهای هیدرودینامیکی سفره آزاد، فقط در حالتی محاسبه هدایت هیدرولیکی مربوط به سفره آزاد با استفاده از مدل‌های تحلیلی مربوط به سفره تحت فشار خطای کمتری دارد که مقدار ضریب نیومن کمتر از ۰/۰۰۱ باشد.

برای تعیین درجه ناهمگنی آبخوان‌های کارستی کرمی و همکاران (Karami et al., ۲۰۰۲) روشی را بیان کردند که قادر است نوع جریان را با استفاده از نتایج آزمون پمپاژ برآورد نماید.

۲-۲- عدم قطعیت در مقادیر آبدهی ویژه

برآورد پارامترهای هیدرودینامیکی که معمولاً با روش‌های کلاسیک مانند روش‌های آزمایشگاهی، اسلاگ تست، آزمایش ردیابی و آزمون‌های پمپاژ انجام می‌گیرد، با عدم قطعیت ذاتی همراه بوده و پرهزینه و وقت‌گیر است. روش رایج برای تعیین پارامترهای هیدرودینامیکی، استفاده از داده‌های افت - زمان مربوط به چاه‌های پمپاژ و چاه‌های مشاهده‌ای، با استفاده از منحنی‌های تیپ می‌باشد که عمدتاً بر مبنای روش تایس استوار هستند، از این روش نه تنها می‌توان برای آبخوان‌های همگن استفاده نمود بلکه برای آبخوان‌های ناهمگن نیز کارایی دارد.

عواملی از قبیل وسعت آبخوان، درجه ناهمگنی آبخوان، ناهمسوئی آبخوان و نوع جریان و شرایط آن در تعیین مقادیر پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان مؤثر می‌باشند. هر چه وسعت آبخوان بیشتر باشد و همچنین درجه ناهمگنی و ناهمسوئی آبخوان بالاتر باشد، مدت زمان مورد نیاز برای آزمایش پمپاژ طولانی‌تر خواهد بود. نوع جریان و شرایط آن هم بر روی انتخاب روش‌های مناسب برای تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ مؤثر می‌باشد.

می‌توان چنین اظهار نمود که رفتار یک آبخوان آبرفتی در بخش‌های مختلف به علت ناهمگنی‌های موجود یکسان نمی‌باشد و به همین دلیل در تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ، لازم است بر اساس رفتاری که این داده‌ها منعکس می‌کنند، عمل شود.

نتایج آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ به دلایل متعددی دارای عدم قطعیت می‌باشند و مهمترین دلایل عدم قطعیت، وجود خطای انسانی، شرایط پیچیده زمین‌شناسی، تغییرات دبی پمپاژ، ناهمگنی آبخوان و عدم وجود افراد مجرب برای تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ می‌باشند.

داده‌های حاصل از آزمایش پمپاژ در بعضی از آبخوان‌ها، به دلیل شرایط پیچیده زمین‌شناسی به راحتی قابل تفسیر نمی‌باشد. تنها زمانی معادلات مربوط به تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی بر اساس آزمون پمپاژ صحت دارد که فرضیات مربوط به ماهیت جریان سیال، نوع سفره آب زیرزمینی، نرخ پمپاژ و ذخیره چاه با فرضیات معادله مذکور یکسان باشد. همچنین به افراد مجربی برای استفاده

از داده‌های آزمون پمپاژ و تجزیه و تحلیل آنها نیاز است در غیر این صورت خطای کار بالاست و داده‌های آزمایش پمپاژ قابل استفاده نمی‌باشند (Raghavan ۲۰۰۴).

داده‌های آزمون پمپاژ در اغلب موارد، با استفاده از روش‌های مرسوم و بدون در نظر گرفتن تغییرات دبی پمپاژ و اصلاح افت چاه، تجزیه و تحلیل می‌شوند. این مسئله در بسیاری از آزمایش‌های پمپاژ در تعیین قابلیت انتقال آبخوان موجب بروز خطاهای نسبتاً فاحشی می‌شود.

بعضی از محققین مانند (Eden and Hazel ۱۹۷۳) روش‌هایی را برای حذف اثر دبی متغیر ارائه کرده‌اند ولیکن این روش‌ها تنها برای آبخوان‌های همگن کاربرد دارند. به این ترتیب که تمام انحراف‌ها نسبت به خط راست سیستم نیمه لگاریتمی داده‌های افت- زمان (زمان بر روی محور لگاریتمی) را فقط به تغییرات دبی نسبت داده‌اند و بر این اساس تغییرات دبی پمپاژ را تصحیح نموده‌اند. مهم‌ترین ضعف این روش نادیده گرفتن اثرات ناهمگنی آبخوان می‌باشد. در بسیاری از آبخوان‌ها به دلیل وجود ناهمگنی، استفاده از این روش‌ها با خطای نسبتاً زیادی همراه است (رحیمیان و همکاران، ۱۳۹۰).

در اغلب آزمایش‌های پمپاژ (منظور آزمایش پمپاژ با دبی ثابت)، دبی پمپاژ با زمان تغییراتی را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه در روش‌های مختلف آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ به این تغییرات توجهی نمی‌شود، خطاهای نسبتاً بزرگی در مقادیر به دست آمده برای خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان‌ها مشاهده می‌شوند. بنابراین جهت جلوگیری از بروز خطا، باید به طریقی اثرات مربوط به دبی متغیر حذف شود (Karami ۲۰۰۲).

برای دستیابی به نتایج دقیق در خصوص ویژگی‌های هیدرودینامیکی آبخوان‌ها لازم است که یک‌سری تصحیحات انجام شود که مهم‌ترین تصحیحات مورد نیاز شامل افت چاه، دبی متغیر پمپاژ و داده‌های پَرت می‌باشند. علاوه بر این، با توجه به این که رفتار یک آبخوان آبرفتی در بخش‌های مختلف یکسان نیست، ضروری است که بر اساس رفتاری که داده‌های آزمایش پمپاژ نشان می‌دهند، از روش‌های مناسب برای داده‌های آزمایش پمپاژ استفاده شود. از آنجایی که اکثریت افرادی که

داده‌های آزمایش پمپاژ را تجزیه و تحلیل می‌کنند به موارد فوق توجه نمی‌کنند، نتایج به دست آمده برای مقادیر خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان از عدم قطعیت بالایی برخوردار هستند. با عنایت به این که در برآورد مقادیر پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان، مقدار دبی از اهمیت زیادی برخوردار است، بنابراین اندازه‌گیری دقیق آن در زمان‌های مختلف آزمایش پمپاژ توصیه می‌شود. علاوه بر این، تصحیحات لازم بر روی داده‌ها قبل از تجزیه و تحلیل آنها، امری لازم و ضروری است. این تصحیحات شامل افت چاه، دبی متغیر پمپاژ و حذف داده‌های پرت است. در آزمایش پمپاژ همزمان از تجزیه و تحلیل داده‌های مرحله رفت با داده‌های آزمون برگشت استفاده می‌شود و در صورت عدم اختلاف فاحش، داده‌های مرحله رفت به عنوان نتایج آزمایش پمپاژ استناد می‌گردد. در نهایت اینکه لازم است لاگ حفاری چاه‌های پمپاژ تهیه شود و نتایج به دست آمده با توجه به نوع رسوبات مورد ارزیابی قرار گیرد و نتایج آزمایش پمپاژ مورد ارزیابی و صحت‌سنجی قرار گیرد (اشجاری ۱۳۹۷).

۲-۳- ارزیابی رابطه بین آبدهی ویژه و هدایت هیدرولیکی

نگهداشت ویژه و آبدهی ویژه ماسه‌های جورشده بر اساس اندازه ذرات توسط هازن مطالعه شده است (Hazen, ۱۸۹۲). وی ماسه‌های با اندازه مختلف را اشباع و زهکشی کرد و مشاهده نمود، با کاهش اندازه ذرات مقدار نگهداشت آب افزایش می‌یابد. همچنین در مواد دانه‌ریز در بخش پایینی نسبت به بخش بالایی، درصد آب نگهداشت شده (حفظ شده) بیشتر است. هیدرودینامیک رسوبات در دشت سیلابی حوضه چاک رودخانه لامبورن توسط گراسبی و همکاران (Grasby et al. ۲۰۰۵) مطالعه شده است. در این طرح سطوح مختلف آب زیرزمینی در کانال‌های دشت سیلابی و کف دره‌ها با استفاده از گمانه‌ها و چاه‌های پیرومتریک تعیین شده است. مشخص شد که رودخانه دائمی در عمق دره، سفره آب زیرزمینی آبرفتی گراولی را تغذیه می‌کند.

حسینی سبزواری و کرمی (۱۳۹۱) بر اساس آزمایشاتی که انجام داده‌اند دریافتند میزان ناهمگنی بر روی مدت زمان آزمایش بسیار مؤثر است و هرچه درجه ناهمگنی بیشتر باشد آزمایش پمپاژ باید در مدت زمان بیشتری انجام شود. در معدن سنگ آهن گل‌گهر حداقل زمان آزمایش پمپاژ در سفره آب زیرزمینی ناهمگن دو روز و در سفره‌هایی با ناهمگنی بسیار بالا، چهار روز یا بیشتر می‌باشد.

حبیب زاده و همکاران (۱۳۹۲) به ارزیابی هیدرودینامیکی و ژئومورفولوژیکی نهشته‌های کواترنری به منظور تحلیل بحران آبهای زیرزمینی شمال دریاچه ارومیه (مطالعه موردی دشت تسوج) پرداختند. بررسی دانه‌بندی نمونه‌های لاگ چاه‌ها نشان داد که قسمت‌های میانی دشت از نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی بالایی برخوردار می‌باشند.

عمادی (۱۳۹۵) رسوبات دانه درشت را با استفاده از الک‌های ۴ تا ۱۰۰ مش تفکیک نمود و سپس با استفاده از ستون زهکشی برای هر کدام از رسوبات و همچنین مخلوط آنها مقادیر تخلخل و آبدهی ویژه را اندازه‌گیری کرد. براساس نتایج بدست آمده، مقدار آبدهی ویژه در رسوبات دانه درشت از ۰/۳۵ در ریگ‌ها تا ۰/۰۷ در ماسه‌ریز و ۰/۰۲ در خاک لوم متغیر است. علاوه بر این، مقدار آبدهی ویژه در مخلوط رسوبات مختلف به طور قابل توجهی نسبت به میانگین وزنی آن‌ها کاهش پیدا کرده است. علت این مسئله این است که در مخلوط ذرات ریز و درشت، فضاهای خالی ذرات درشت به وسیله ذرات ریز اشغال می‌شود و در نتیجه مقدار آبدهی ویژه و حتی تخلخل به طور قابل توجهی نسبت به میانگین وزنی رسوبات مخلوط شده، کاهش پیدا می‌کند.

۲-۴- مزایای روش تک چاهی

آزمون پمپاژ اگرچه یکی از قابل اعتمادترین روش‌ها برای تعیین ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان است، ولی عیب این روش هزینه بالای آن است. به طور کلی داده‌های آزمایش پمپاژ از دقت بالایی برخوردارند، ولی در بسیاری از موارد به دلیل انتخاب روش‌های نامناسب تحلیلی، مقادیر حاصل از

نتایج آزمون پمپاژ از دقت کافی برخوردار نیستند. از طرفی تعداد آزمایشات پمپاژ نیز در دشت‌ها بسیار ناچیز است (کرمی ۱۳۹۱).

عملیات حفاری و احداث چاه‌های اکتشافی برای انجام آزمایشات پمپاژ و تعیین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان هزینه‌های بسیار بالایی دارد، یکی از مناسب‌ترین روش‌های جایگزین، روش پمپاژ تک‌چاهی است. عابدی و گلابچیان (۱۳۹۴) اظهار می‌دارند که شناخت رفتار یک سیستم آب زیرزمینی، نیازمند حفر تعداد زیادی چاه اکتشافی و انجام عملیات پمپاژ و یک‌سری تحقیقات طولانی مدت برای هر منطقه خاص می‌باشد که با توجه به وضعیت کنونی و سقف محدود بودجه‌ها عملاً امکان‌پذیر نیست. نخعی و افشار (۱۳۹۰) بیان می‌کنند که یکی از راه‌های تعیین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان، انجام آزمایش پمپاژ است که معمولاً بسیار پرهزینه بوده و انجام آن در اکثر مناطق به ویژه در مناطق خشک (به سبب افزایش عمق حفاری) با محدودیت‌های زیادی روبرو است. بنابر آنچه ذکر شد انجام آزمایش پمپاژ به روش‌های مرسوم یعنی استفاده از چاه‌های پمپاژ و چاه‌های پیژومتری اطراف آن مستلزم صرف هزینه بسیار بالاست. بنابراین در دشت‌های مختلف این آزمایشات به طور بسیار محدودی انجام شده است، از طرفی بکارگیری روش‌های آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ نیاز به افراد مجرب دارد و عدم قطعیت آنها نیز بالاست.

با توجه به اینکه در دشت‌ها تعداد زیادی چاه برای استخراج آب‌های زیرزمینی حفر شده است، بنابراین می‌توان با استفاده از این چاه‌ها و ارائه یک روش مناسب، مقادیر پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان را برآورد نمود. برای به دست آوردن ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان ساده‌ترین، کم هزینه‌ترین و البته مطمئن‌ترین روش، ایده آزمون تک‌چاهی است که در سال‌های اخیر در سطح بین‌المللی مطرح شده است.

در روش پمپاژ تک‌چاهی (Single well pumping test) برای برآورد پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان از چاه‌های بهره‌برداری که به وفور در تمام دشت‌ها حفر شده‌اند، استفاده خواهد شد که از هزینه به مراتب بسیار کمتری برخوردار است. علاوه بر آن، با توجه به این که این روش تنها با استفاده

از چاه‌های پمپاژ، بدون نیاز به چاه‌های پیرومتری انجام می‌شود، می‌توان با هزینه بسیار پایین برای دشت‌های مختلف انجام داد و پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان‌ها را مجدداً با این روش به دست آورد که هم هزینه کمی دارد و هم از دقت بالایی برخوردار است.

فصل سوم: روش انجام کار

در این فصل فعالیت‌های انجام شده در این تحقیق، جهت رسیدن به رابطه بین پارامترهای پمپاژی با آبدهی ویژه به طور مختصر بیان شده است. مهمترین کارهایی که برای رسیدن به این هدف انجام شده است شامل موارد زیر می‌باشد:

- جمع‌آوری داده‌های آزمایش پمپاژ در مناطق مورد مطالعه
 - تصحیح داده‌های آزمایش پمپاژ
 - تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ با استفاده از نرم‌افزار Aquifer win^{32}
 - تعیین آبدهی ویژه با استفاده از دانه‌بندی رسوبات
 - ارائه روشی کاربردی برای برآورد آبدهی ویژه با استفاده از روش پمپاژ تک‌چاهی
- در ادامه هر کدام از موارد فوق توضیح داده می‌شوند:

۳-۱- جمع‌آوری داده‌های آزمایش پمپاژ در مناطق مورد مطالعه

در این مطالعه، از داده‌های آزمایش پمپاژ مربوط به ۹ حلقه چاه پمپاژ استفاده شده است که ۳ حلقه چاه مربوط به دشت سمنان، ۳ حلقه چاه مربوط به دشت گرمسار و تعداد ۳ حلقه چاه مربوط به دشت ایوانکی می‌باشد. اطلاعات مربوط به این چاه‌ها در جدول ۳-۱ ارائه شده است.

جدول ۳-۱- مشخصات چاه‌های پمپاژ

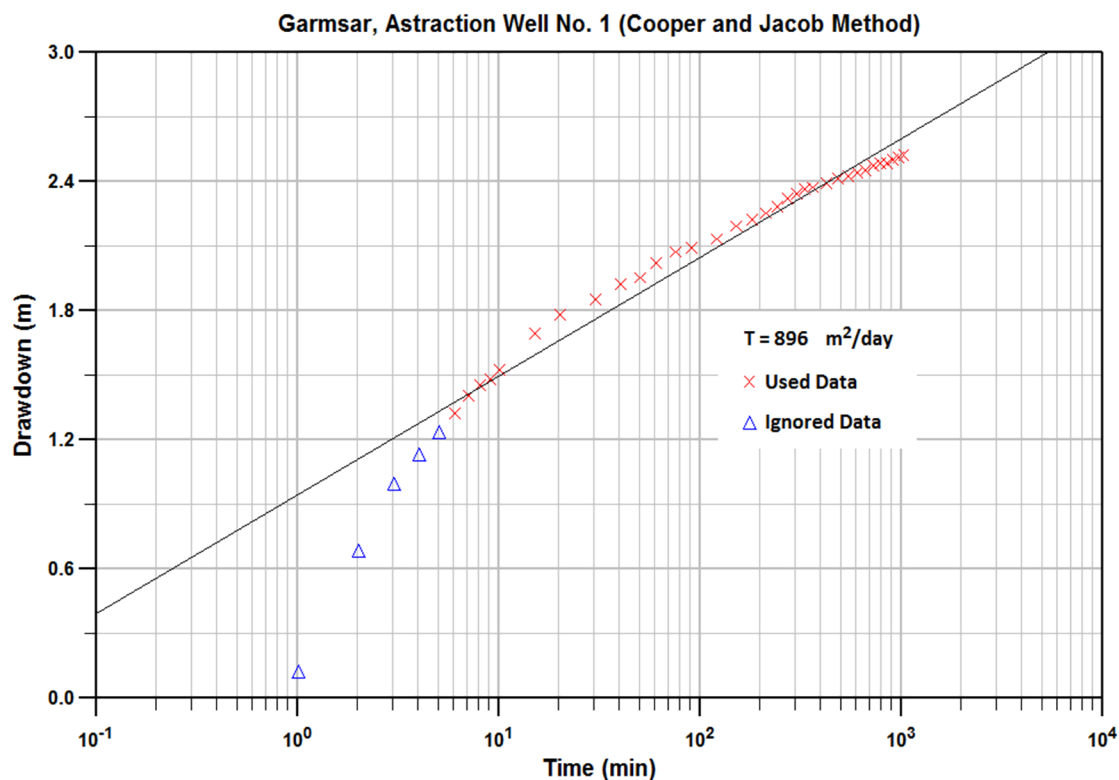
ردیف	نام دشت	نام چاه	دبی پمپاژ (l/s)	مدت پمپاژ (min)	فاصله پیزومتر از چاه (m)
۱	سمنان	مومن‌آباد	۳/۰	۱۴۴۰	۱۰/۰
۲		پلیس راه سمنان - دامغان	۵۰/۰	۱۸۰	-
۳		پل هوایی راه آهن سمنان	۸/۱	۲۴۰	-
۴	ایوانکی	باغ دانش	۷/۰	۳۰۰	-
۵		جنت‌آباد	۳۳/۰	۳۶۰	-
۶		چشمه نادى	۱۷/۷	۳۰۰	-
۷	گرمسار	شماره ۱ گرمسار	۳۱/۲	۱۰۲۰	۳۱/۰
۸		شماره ۲ گرمسار	۲۲/۵	۱۴۴۰	۲۷/۳
۹		شماره ۳ گرمسار	۱۹/۰	۹۶۰	۱۹/۰

۳-۲- تصحیح داده‌های آزمایش پمپاژ

در نمودارهای افت- زمان مربوط به چاه‌های پمپاژ، مشاهده‌ای و یا پیزومتری، می‌توان داده یا داده‌هایی را مشاهده نمود که حالت غیرواقعی دارند و از روند کلی داده‌ها پیروی نمی‌کنند. این داده‌ها به دلیل وجود خطاهای موجود در آزمایش پمپاژ (خطاهای انسانی، طبیعی و دستگاهی) به صورت داده‌های پرت ظاهر می‌شوند که بالاتر یا پایین‌تر از داده‌های مجاور قرار می‌گیرند. در این صورت برای جلوگیری از ایجاد خطا باید این داده‌های پرت حذف شوند و سپس نمودار مربوطه مجدداً ترسیم شود.

داده‌هایی که از روند کلی نمودار افت- زمان پیروی نمی‌کنند و به طور قابل توجهی مقدار افت را بالاتر یا پایین‌تر از روند کلی نمودار نشان می‌دهند به داده‌های پرت معروفند. اغلب این داده‌های غیرواقعی یک حالت برگشت در افت، به معنی بالا آمدن سطح آب، را نشان می‌دهند. چنین داده‌هایی باعث بروز خطا در تخمین پارامترهای سفره می‌شوند و در صورت انحراف زیادشان نسبت به داده‌های

معمولی، خطای قابل توجهی را ایجاد می‌کنند. بنابراین چنین نقاط مشکل‌ساز از داده‌های اصلی حذف می‌شوند. در شکل ۱-۳ به عنوان مثال داده‌های پرت در چاه پمپاژ شماره ۱ گرمسار مشخص شده است.

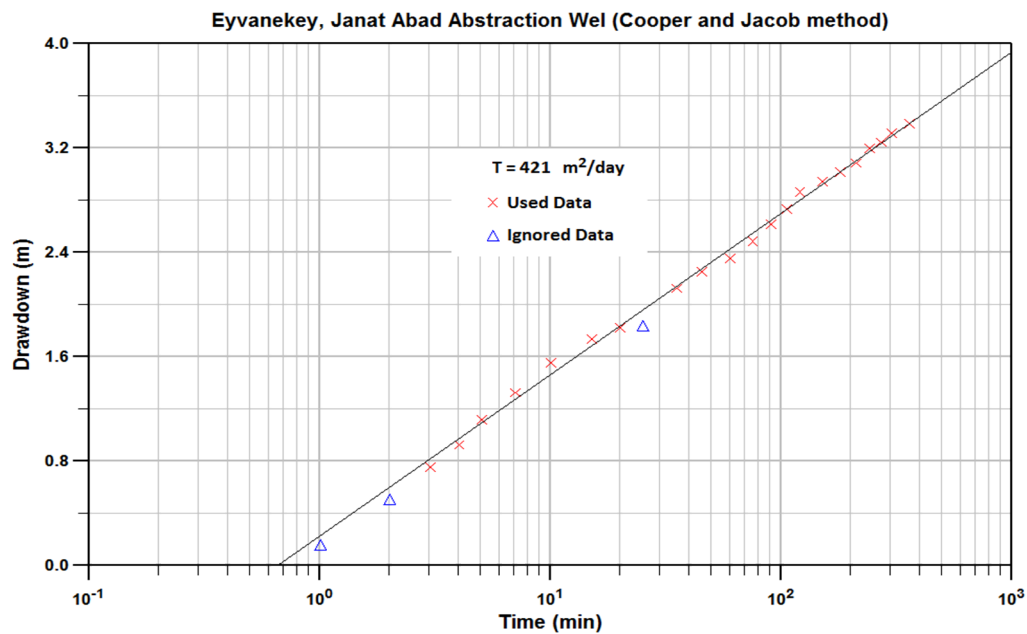


شکل ۱-۳- داده‌های پرت در چاه پمپاژ شماره ۱ گرمسار

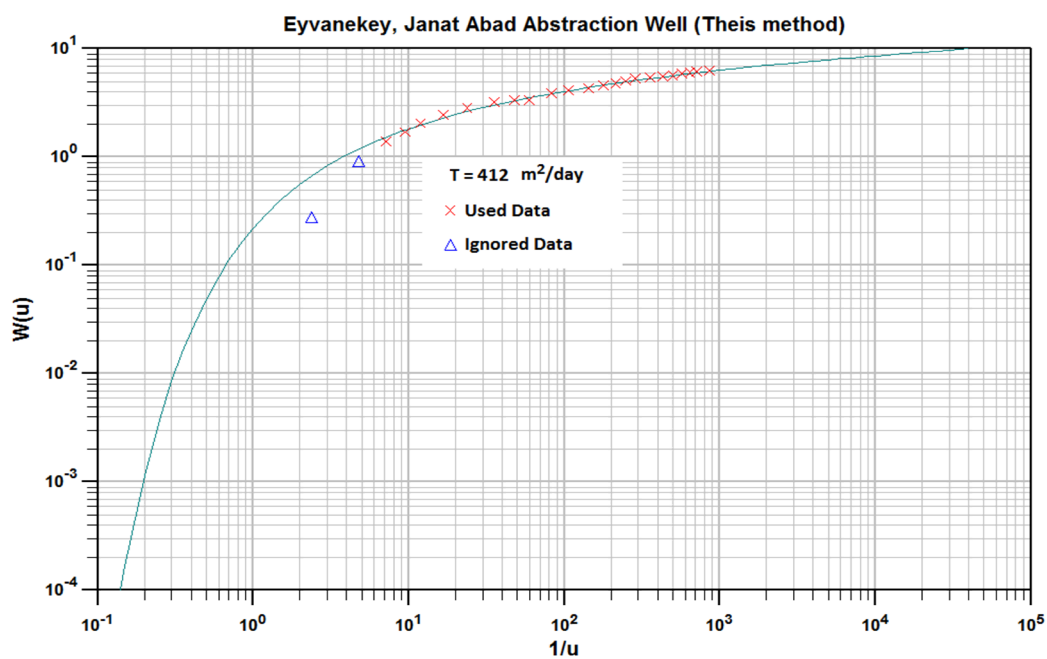
۳-۳- تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ با استفاده از نرم‌افزار Aquifer win۳۲

بعد از تصحیح داده‌های آزمایش پمپاژ، با استفاده از نرم‌افزار Aquifer win۳۲ داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. برای آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ به روش دبی ثابت، مراحل زیر انجام می‌شود: ابتدا با استفاده از روش نیمه‌لگاریتمی کوپر-ژاکوب نمودار را رسم نموده و روند داده‌های افت-زمان را ارزیابی می‌کنیم. در صورت خطی بودن روند داده‌ها، نتیجه می‌گیریم که این روش، روش مناسبی برای آنالیز داده‌هاست، بنابراین می‌توان برای تحلیل داده‌ها از روش کوپر-ژاکوب Cooper and Jacob (۱۹۴۶) و تایس (Theis ۱۹۳۵) استفاده کرد، در غیر این صورت از سایر روش‌های مناسب

جهت آنالیز داده‌ها استفاده خواهد شد. شکل‌های ۲-۳ و ۳-۳ به عنوان نمونه به ترتیب کاربرد روشهای کوپر-ژاکوب و تایس را برای داده‌های چاه پمپاژ جنت‌آباد ایوانکی نشان می‌دهند.



شکل ۲-۳- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ جنت‌آباد ایوانکی

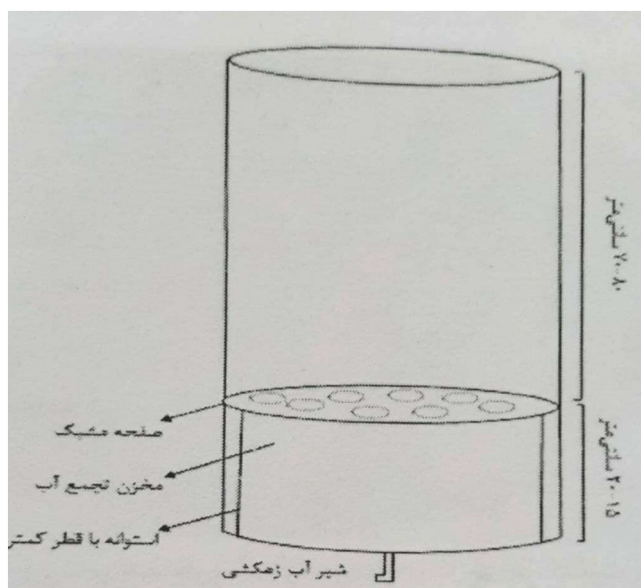


شکل ۳-۳- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ جنت‌آباد ایوانکی

۳-۴- تعیین آبدهی ویژه با استفاده از دانه‌بندی رسوبات

آنالیز اندازه ذرات رسوبی که یکی از روش‌های تخمین آبدهی ویژه است بهترین روش برای نشان دادن سریع ولی تقریبی آبدهی ویژه است. با استفاده از نمونه‌های دست نخورده از مواد آبخوان در آزمایشگاه نیز می‌توان آبدهی ویژه را تعیین نمود ولی این روش به دلیل طولانی بودن، هزینه زیاد و پیچیدگی روش، خیلی کاربردی نیست. روش آنالیز اندازه ذرات برای برآورد آبدهی ویژه تا حد زیادی سبب کاهش هزینه و زمان در تعیین این پارامتر می‌شود. بین سال‌های ۱۹۲۰ تا ۱۹۶۰ مطالعات زیادی در مورد آبدهی ویژه بر اساس مواد آبخوان و روش‌های استاندارد آزمایشگاهی انجام شده است (Johnson ۱۹۶۳).

برآورد آبدهی ویژه با استفاده از دانه‌بندی رسوبات، بر اساس روش‌های آزمایشگاهی اشباع نمونه و زهکشی آنها طراحی شده است. روش اشباع نمونه و زهکشی آن شامل تهیه ستونی از مواد آبخوان و اشباع آن، سپس زهکشی تحت نیروی ثقل و تعیین حجم رسوبات زهکشی شده و حجم آب ثقلی خارج شده از آن می‌باشد. در نهایت با تقسیم حجم آب ثقلی خارج شده از نمونه اشباع به حجم کل نمونه، مقدار آبدهی ویژه به دست می‌آید. جهت انجام آزمایش و بررسی‌های مورد نظر، یک دستگاه ستون زهکشی طراحی و ساخته شده که شامل دو لوله پلی‌اتیلن است که یکی قطر کمتری دارد و داخل لوله دیگر قرار می‌گیرد، لوله با قطر کمتر ارتفاع کمتری نیز دارد و یک صفحه مشبک بر روی آن قرار می‌گیرد. رسوب بر روی صفحه مشبک ریخته می‌شود و آب حاصل از زهکشی در زیر صفحه جمع می‌شود. یک شیر آب نیز جهت تخلیه آب خارج شده از نمونه تعبیه شده است. در شکل ۳-۴ تصویری از دستگاه مورد نظر نشان داده شده است.



شکل ۳-۴- تصویر شماتیکی از دستگاه زهکشی طراحی شده

نحوه کار جهت برآورد آبدهی ویژه رسوبات با استفاده از دستگاه ستون زهکشی ساخته شده به این صورت است که ابتدا مخزن زیر صفحه مشبک دستگاه را از آب پر می‌کنیم سپس رسوب مورد نظر را بر روی صفحه مشبک دستگاه ریخته و با استفاده از آب، رسوب مورد نظر را اشباع نموده و قسمت فوقانی آن را جهت جلوگیری از تبخیر با فوم می‌پوشانیم. پس از تراکم کامل نمونه، خروج هوای محبوس شده و اشباع نمونه، به نمونه زمان می‌دهیم تا آب ثقیلی آن تخلیه شود. با استفاده از شیر آب تعبیه شده در قسمت انتهایی دستگاه زهکشی، آب دستگاه را تخلیه نموده و حجم آن را اندازه‌گیری می‌کنیم. ابتدا مقدار آب مربوط به مخزن زیر صفحه مشبک را که ابتدا در آن ریختیم از حجم کل آب زهکشی شده از نمونه کسر می‌کنیم. سپس با تقسیم حجم آب ثقیلی خارج شده به حجم کل نمونه، مقدار آبدهی ویژه به دست می‌آید.

لازم به ذکر است، این کار برای نمونه رسوبات مربوط به دشت‌های مورد مطالعه قبلاً انجام شده و از نتایج آن در این بخش استفاده شده است.

۳-۵- ارائه روشی کاربردی برای برآورد آبدهی ویژه با استفاده از روش پمپاژ

تک‌چاهی

به منظور برآورد مقادیر آبدهی ویژه با استفاده از اطلاعات سیستم تک‌چاهی، لازم است که رابطه‌ای بین آبدهی ویژه در محدوده تعدادی چاه پمپاژ که از طریق آزمایش پمپاژ یا لاگ‌های حفاری به دست می‌آید، با داده‌های مربوط به آزمایش پمپاژ در آن چاه‌ها ارائه شود. بعد از ارائه چنین رابطه‌ای می‌توان در چاه‌هایی که فاقد پیزومتر و لاگ حفاری هستند با استفاده از این رابطه، آبدهی ویژه را فقط با اتکا به داده‌های آزمایش پمپاژ برآورد نمود.

در اینجا، رابطه فوق‌الذکر با استفاده از مقادیر آبدهی ویژه به دست آمده از لاگ حفاری چاه‌ها در محدوده ۹ چاه پمپاژ در دشت‌های سمنان، ایوانکی و گرمسار و ارتباط آن با داده‌های آزمایش پمپاژ به روش آزمون و خطا مورد بررسی قرار گرفته و ارائه شده است که در فصل ۴ به طور مفصل بیان شده است.

فصل چهارم: تعیین آبدهی ویژه با استفاده از

روش پمپاژ تک چاهی

در این فصل، در ابتدا داده‌های افت- زمان چاه‌های پمپاژ با استفاده از نرم‌افزار Aquifer win^{۳۲} مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقادیر قابلیت انتقال و آبدهی ویژه آبخوان‌ها در محدوده چاه‌ها تعیین شده است. سپس مقادیر آبدهی ویژه رسوبات مختلف، بر اساس بافت غالب آنها در آزمایشگاه رسوب شناسی تعیین گردید. در مرحله بعد بر اساس مقادیر آبدهی ویژه مربوط به رسوبات مختلف که در آزمایشگاه به دست آمد و با استفاده از نمونه‌های لاگ حفاری چاه‌ها و به کارگیری روش میانگین وزنی، مقادیر آبدهی ویژه برای محدوده چاه‌ها تعیین گردید. در نهایت، با استفاده از آزمون سعی و خطا روی داده‌های آزمایش پمپاژ (پارامترهای پمپاژ) و آبدهی ویژه، یک رابطه کاربردی بین مقادیر دبی پمپاژ و افت سفره با مقادیر موجود آبدهی ویژه به دست آمده است.

۴-۱- تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ با استفاده از نرم‌افزار Aquifer win^{۳۲}

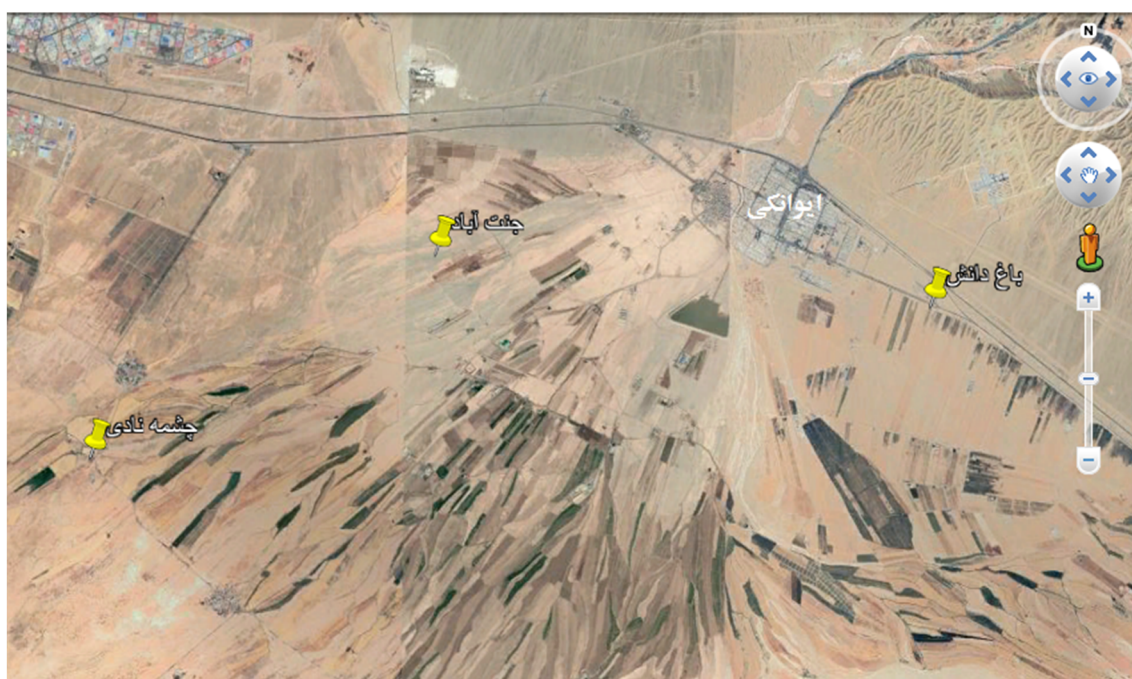
تجزیه و تحلیل داده‌های افت- زمان برای ۹ چاه پمپاژ و چهار پیزومتر در دشت‌های سمنان، گرمسار و ایوانکی با استفاده از نرم‌افزار Aquifer win^{۳۲} انجام شده است. شکل‌های ۴-۱ الی ۴-۳، موقعیت مکانی چاه‌های پمپاژ را نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است که ابتدا داده‌های افت- زمان با روش خط راست کوپر- ژاکوب (Cooper – Jacob straight line method) مورد ارزیابی قرار گرفته است. از آنجایی که تقریباً تمام داده‌های افت- زمان کم و بیش بر خط راست منطبق شده‌اند لذا برای تحلیل داده‌ها از روش‌های کوپر- ژاکوب

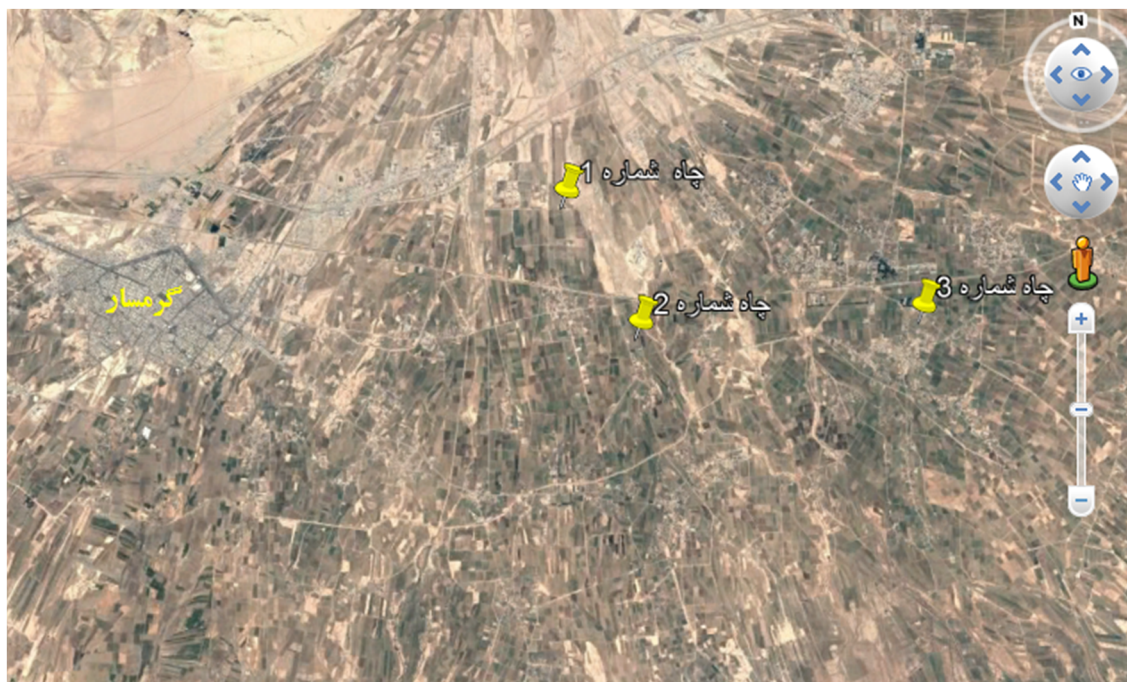
(Cooper – Jacob ۱۹۴۶) و تایس (Theis ۱۹۳۵) استفاده شده است. در این قسمت، نمودار به دست آمده از روش‌های مذکور برای هر سری داده افت – زمان ارائه شده است.



شکل ۴-۱- موقعیت چاه‌های پمپاژ در دشت سمنان



شکل ۴-۲- موقعیت چاه‌های پمپاژ در دشت ایوانکی



شکل ۴-۳- موقعیت چاه‌های پمپاژ در دشت گرمسار

۴-۱-۱- دشت سمنان

در دشت سمنان اطلاعات افت - زمان مربوط به سه چاه پمپاژ به نام‌های چاه مومن‌آباد، چاه پلیس - راه سمنان - دامغان و چاه پل هوایی راه آهن سمنان و یک پیزومتر در مجاورت چاه مومن‌آباد مورد استفاده قرار گرفته است.

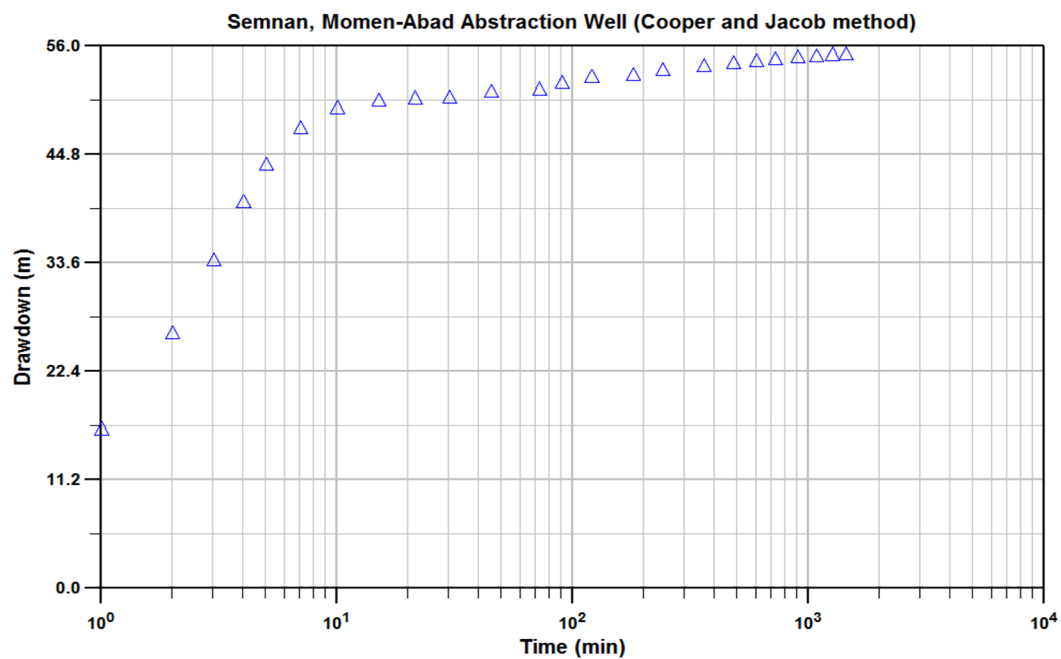
الف - چاه مومن‌آباد

شکل (۴-۴) کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ سه‌راه مومن‌آباد را نشان می‌دهد. با عنایت به این شکل ملاحظه می‌شود که داده‌های آزمایش پمپاژ این چاه با روش کوپر- ژاکوب به علت تغییرات دبی و هم چنین انحراف اولیه داده‌ها به خاطر اثرات افت چاه (Well loss) همخوانی ندارد. بنابراین بایستی داده‌های آزمایش پمپاژ این چاه برای تغییرات دبی اصلاح شوند و افت چاه اولیه در نظر گرفته نشود.

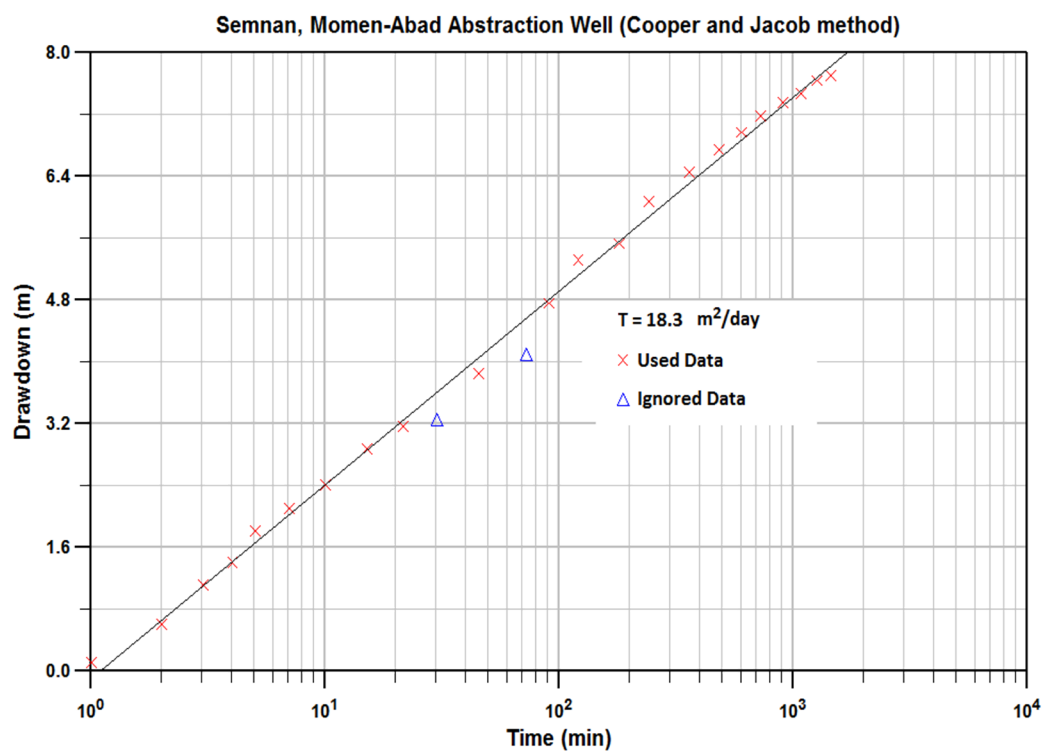
داده‌های این چاه پمپاژ بر اساس روش کرمی و یانگر (Karami and Younger ۲۰۰۲) برای تصحیح دبی متغیر و اثرات افت چاه اصلاح شده‌اند. بر اساس داده‌های اصلاح شده مجدداً از روش کوپر-ژاکوب استفاده شده است و مقدار قابلیت انتقال برای محدوده این چاه برآورد شده است (شکل ۴-۵). مقدار قابلیت انتقال در محدوده چاه مومن‌آباد با استفاده از روش مذکور حدود $18/3$ مترمربع بر روز برآورد شده است که بیانگر قابلیت انتقال اندک در محدوده این چاه می‌باشد.

با توجه به این که داده‌های افت - زمان در سیستم نیمه لگاریتمی کم و بیش بر خط راست منطبق شده‌اند، بنابراین برای آنالیز داده‌ها از روش تایس هم استفاده شده است (شکل ۴-۶). مقدار قابلیت انتقال در محدوده چاه مومن‌آباد با استفاده از روش تایس، حدود $17/6$ مترمربع بر روز برآورد شده است که تأییدکننده قابلیت انتقال اندک در محدوده این چاه است.

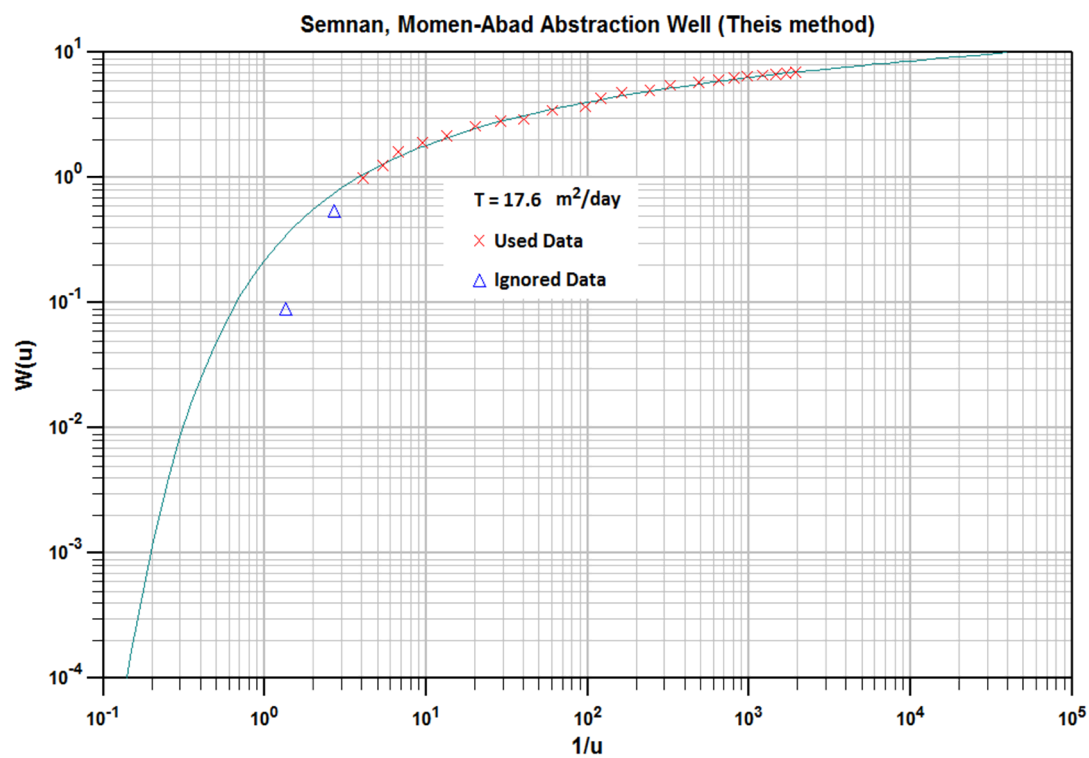
علاوه بر اطلاعات چاه پمپاژ، از داده‌های افت - زمان مربوط به چاه پیزومتری مجاور چاه پمپاژ نیز استفاده شده است. شکل (۴-۷) کاربرد روش کوپر-ژاکوب برای داده‌های افت - زمان مربوط به چاه پیزومتری را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود مقدار قابلیت انتقال در محدوده پیزومتر مومن‌آباد حدود 58 مترمربع بر روز برآورد شده است که در مقایسه با نتیجه به دست آمده از اطلاعات چاه پمپاژ بسیار بالاتر است. دلیل این مطلب از این قرار است که داده‌های افت - زمان مربوط به چاه پیزومتری منعکس‌کننده رفتار کل مخروط افت ایجاد شده در اطراف چاه پمپاژ نمی‌باشند و فقط بیانگر بخش بسیار کوچکی در محدوده پیزومتر است (Karami ۲۰۰۲).



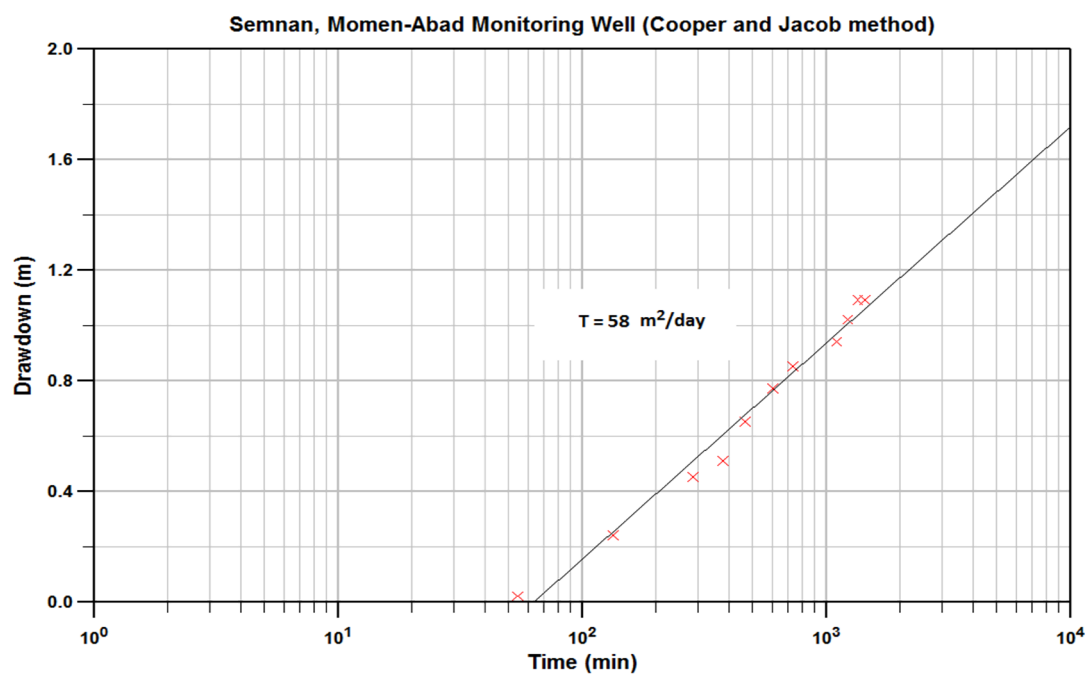
شکل ۴-۴- کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های تصحیح نشده چاه پمپاژ مومن آباد



شکل ۴-۵- کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های اصلاح شده چاه پمپاژ مومن آباد



شکل ۴-۶- کاربرد روش تایس برای داده‌های اصلاح شده چاه پمپاژ مومن‌آباد

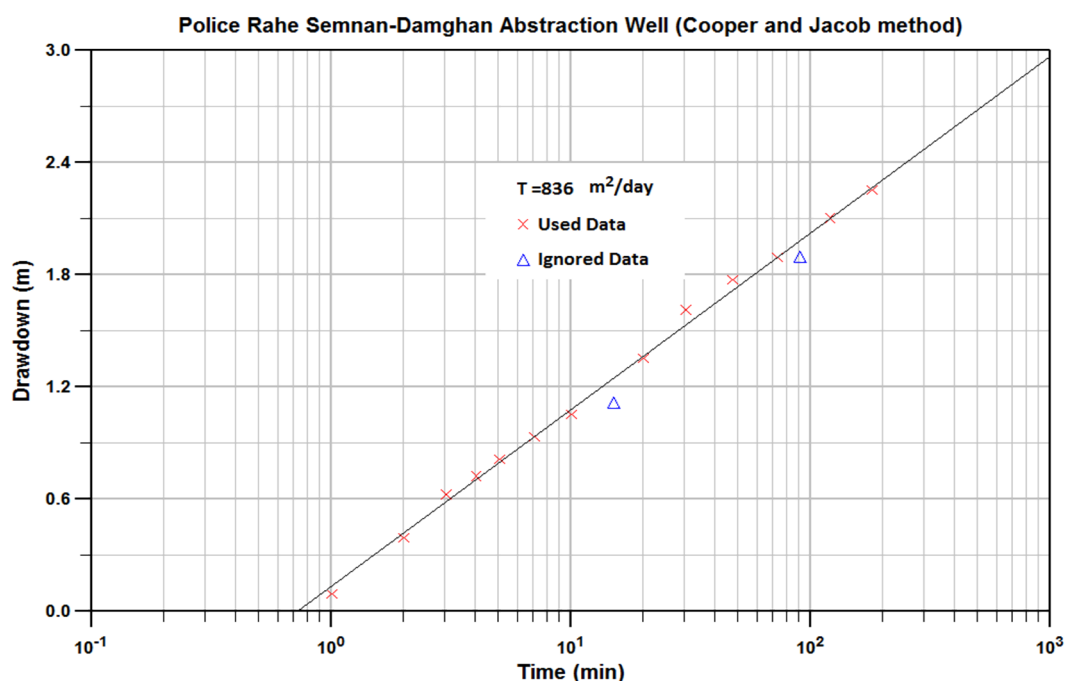


شکل ۴-۷- کاربرد روش کوپر-ژاکوب برای داده‌های چاه پیزومتری مومن‌آباد

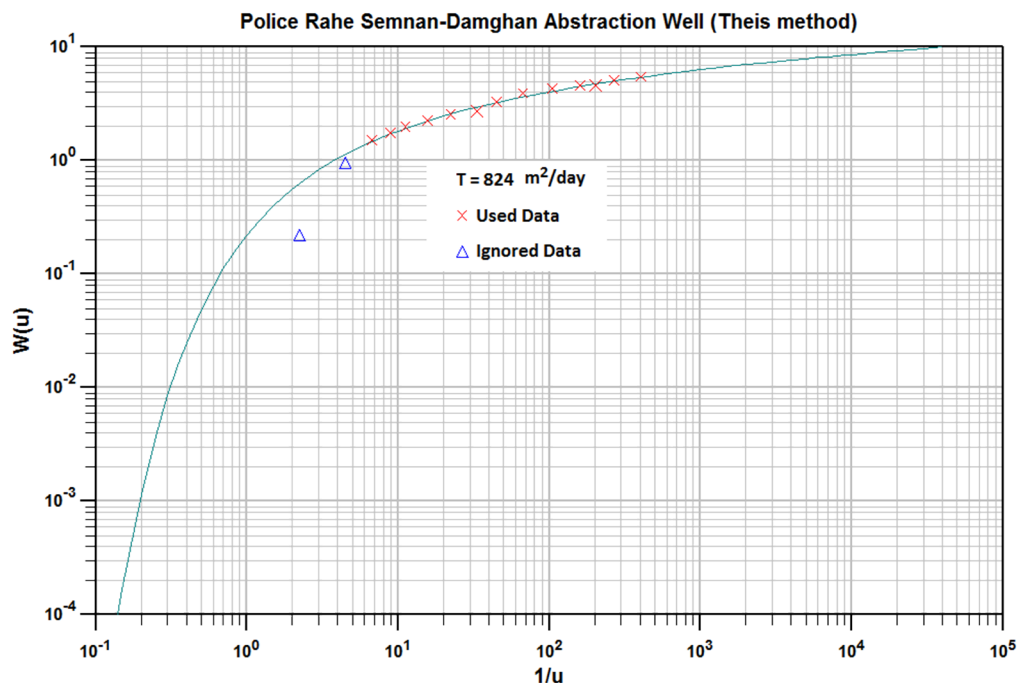
ب- چاه پلیس راه سمنان - دامغان

شکل (۴-۸) کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ پلیس راه سمنان - دامغان را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مذکور ملاحظه می‌شود که داده‌های آزمایش پمپاژ این چاه با روش کوپر- ژاکوب همخوانی خوبی را نشان داده است. مقدار قابلیت انتقال در محدوده چاه پمپاژ پلیس راه سمنان - دامغان با استفاده از روش کوپر- ژاکوب برابر با ۸۳۶ مترمربع بر روز برآورد شده است که بیانگر قابلیت انتقال بالا در محدوده این چاه است.

با توجه به انطباق خوب داده‌های افت - زمان با خط راست در سیستم نیمه لگاریتمی، برای آنالیز داده‌ها از روش تایس (۱۹۳۵) Theis نیز استفاده شده است. شکل (۴-۹) به کارگیری روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ پلیس راه سمنان - دامغان را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که مقدار قابلیت انتقال در محدوده چاه پمپاژ پلیس راه سمنان - دامغان با استفاده از روش تایس برابر با ۸۲۴ مترمربع بر روز برآورد شده است که تأییدکننده نتیجه به دست آمده از روش کوپر- ژاکوب است.



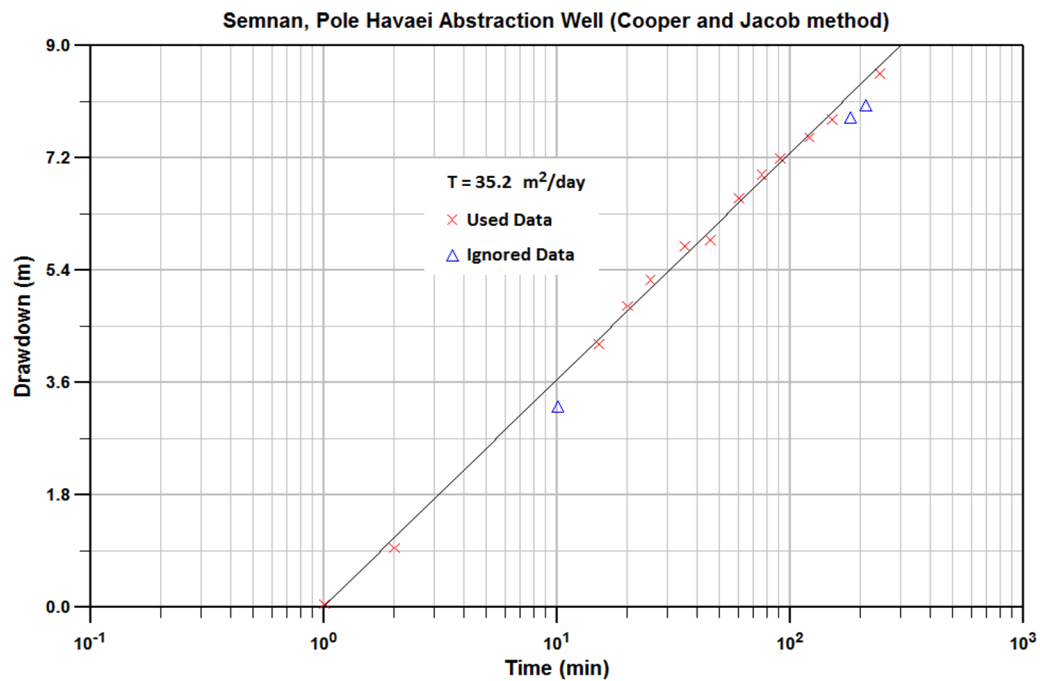
شکل ۴-۸- کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ پلیس راه سمنان - دامغان



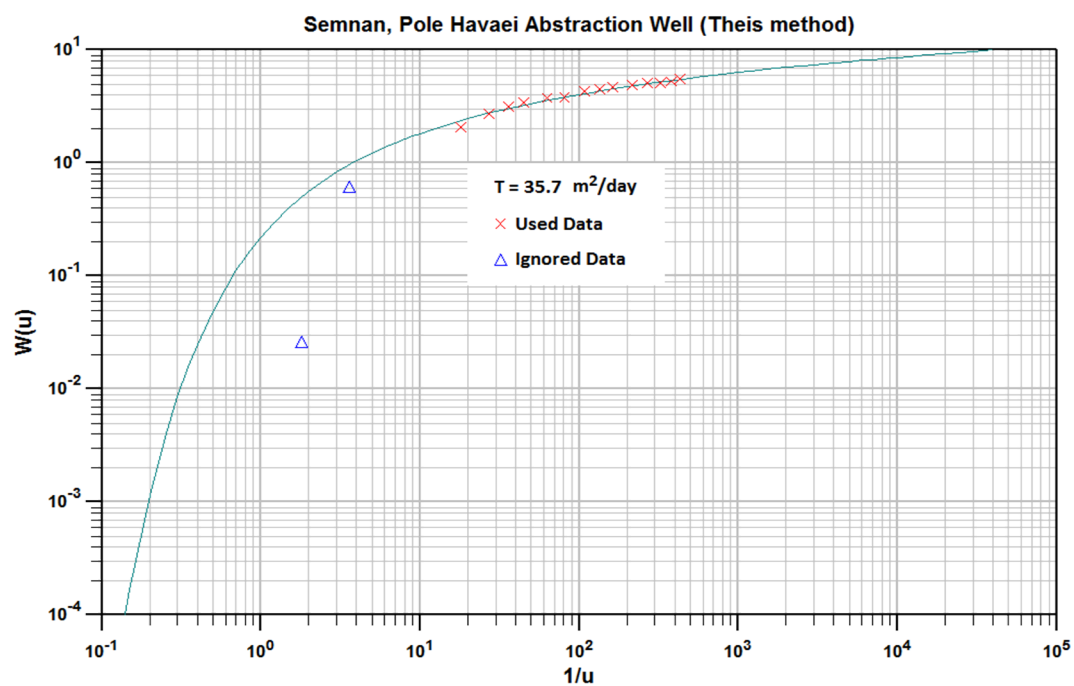
شکل ۴-۹- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ پلیس‌راه سمنان - دامغان

ج- چاه پل هوایی راه آهن سمنان

شکل (۴-۱۰) کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ پل هوایی راه آهن سمنان را نشان می‌دهد. مطابق شکل، داده‌های آزمایش پمپاژ این چاه با روش خط راست کوپر- ژاکوب انطباق خوبی را نشان داده است. مقدار قابلیت انتقال در محدوده این چاه با استفاده از روش مذکور برابر با $۳۵/۲$ مترمربع بر روز برآورد شده است که بیانگر قابلیت انتقال اندک در محدوده این چاه است. با توجه به همخوانی خوب داده‌های افت - زمان با خط راست در سیستم نیمه لگاریتمی، برای آنالیز داده‌ها از روش تایس نیز استفاده شده است. شکل (۴-۱۱) به کارگیری روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ پل هوایی راه آهن سمنان را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود مقدار قابلیت انتقال در محدوده چاه پمپاژ پل هوایی راه آهن سمنان با استفاده از روش تایس برابر با $۳۵/۷$ مترمربع بر روز برآورد شده است که تأییدکننده نتیجه به دست آمده از روش کوپر- ژاکوب بوده و همچنین بیانگر قابلیت انتقال اندک در محدوده این چاه پمپاژ است.



شکل ۴-۱۰- کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ پل هوایی، سمنان



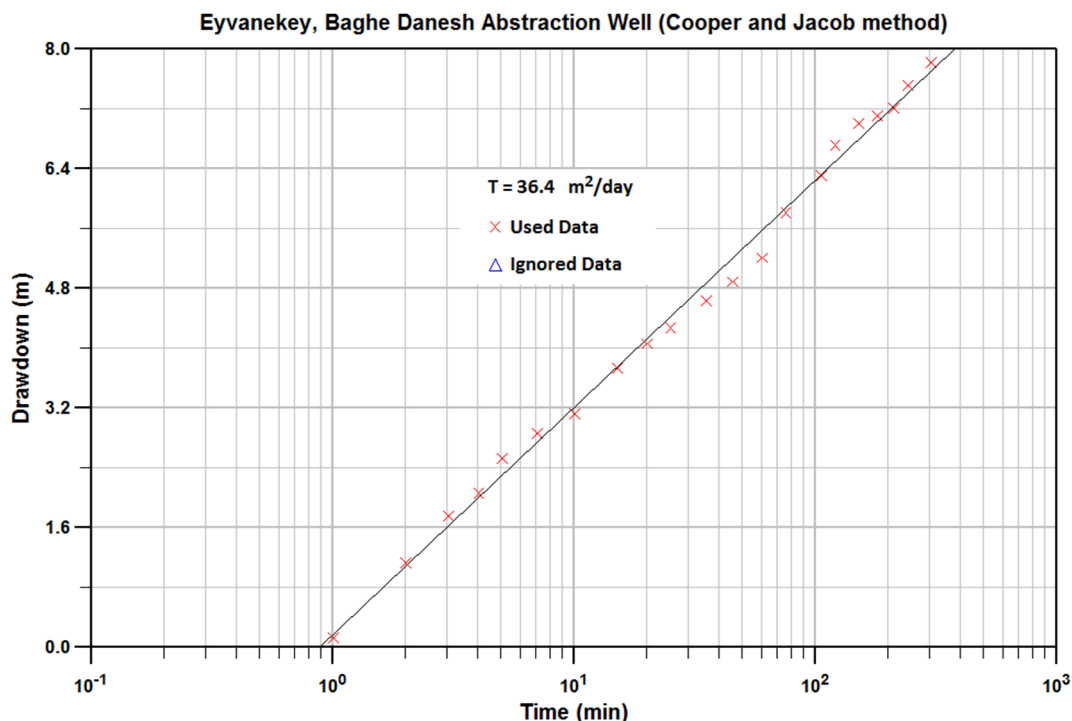
شکل ۴-۱۱- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ پل هوایی، سمنان

۴-۱-۲- دشت ایوانکی

در دشت ایوانکی اطلاعات افت- زمان مربوط به سه چاه پمپاژ به نام‌های چاه باغ دانش، چاه جنت آباد و چاه چشمه نادی مورد استفاده قرار گرفته است.

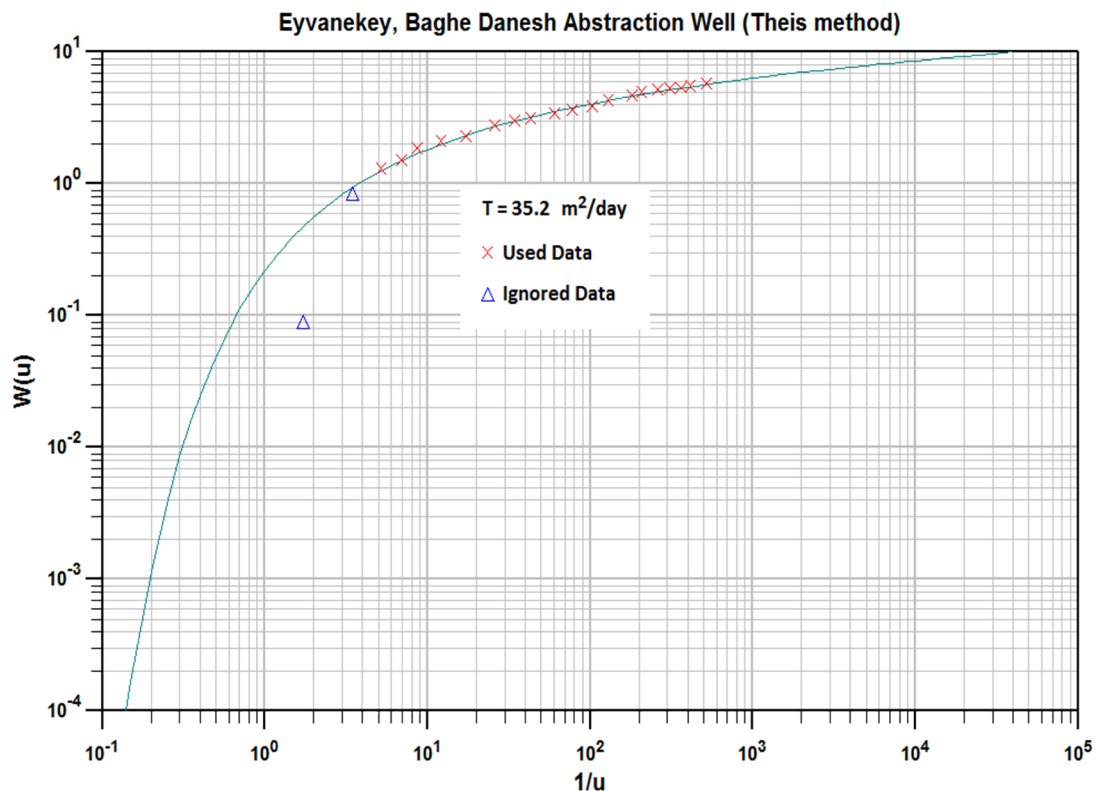
الف- چاه پمپاژ باغ دانش

شکل (۴-۱۲) کاربرد روش کوپر- ژاکوب (۱۹۴۶) Cooper and Jacob برای داده‌های چاه پمپاژ باغ دانش ایوانکی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مذکور ملاحظه می‌شود که داده‌های آزمایش پمپاژ این چاه با روش کوپر- ژاکوب همخوانی خوبی را نشان داده است. مقدار قابلیت انتقال در محدوده این چاه پمپاژ با استفاده از روش کوپر- ژاکوب برابر با $36/4$ مترمربع بر روز برآورد شده است که بیانگر قابلیت انتقال اندک آبخوان در محدوده این چاه است.



شکل ۴-۱۲- کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های چاه باغ دانش، ایوانکی

با توجه به انطباق خوب داده‌های افت - زمان با خط راست در سیستم نیمه لگاریتمی، برای آنالیز داده‌ها از روش تایس (۱۹۳۵) Theis نیز استفاده شده است. شکل (۴-۱۳) به کارگیری روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ باغ دانش ایوانکی را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که مقدار قابلیت انتقال در محدوده چاه پمپاژ باغ دانش ایوانکی با استفاده از روش تایس برابر با $35/2$ مترمربع بر روز برآورد شده است که تأییدکننده نتیجه به دست آمده از روش کوپر- ژاکوب بوده و همچنین بیانگر قابلیت انتقال اندک آبخوان در محدوده این چاه است.

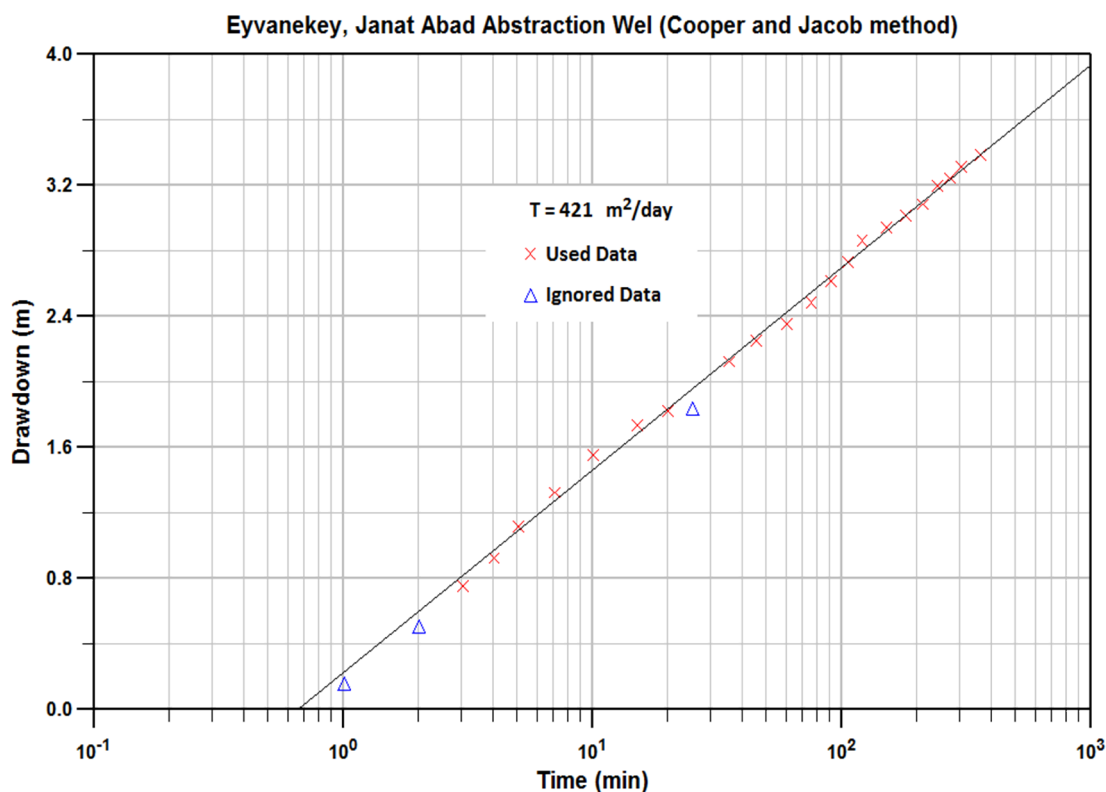


شکل ۴-۱۳- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ چاه باغ دانش، ایوانکی

ب- چاه پمپاژ جنت‌آباد

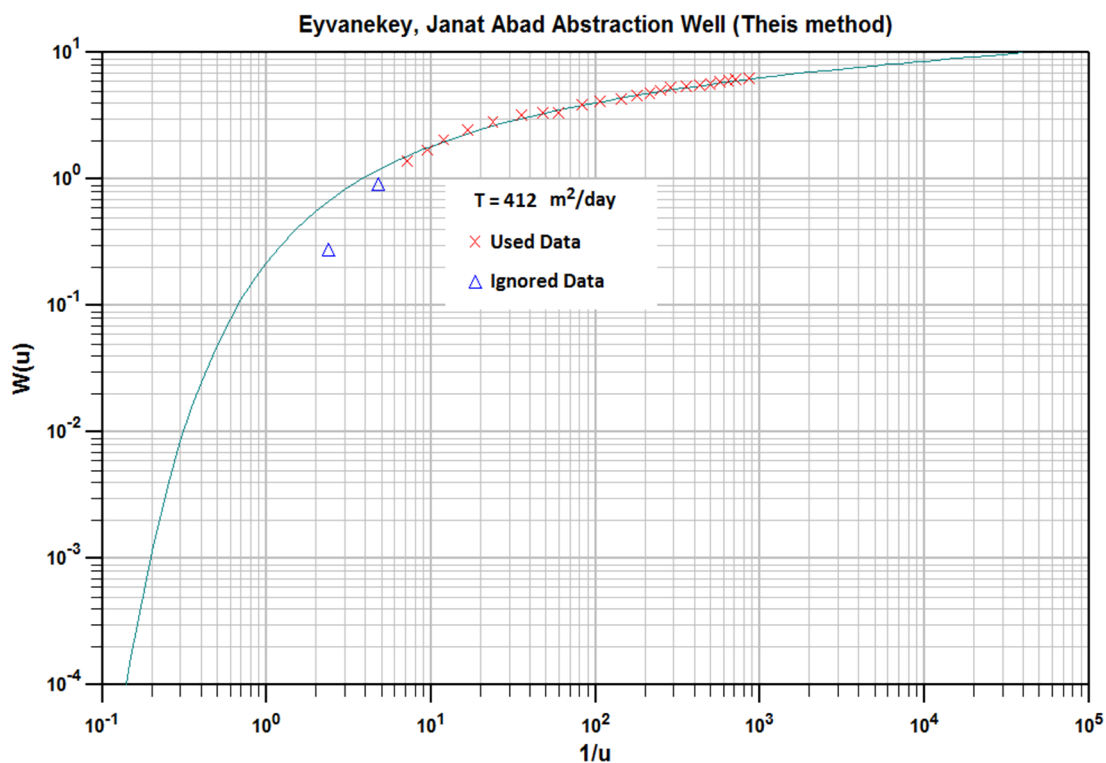
شکل (۴-۱۴) کاربرد روش کوپر- ژاکوب (۱۹۴۶) Cooper and Jacob برای داده‌های چاه پمپاژ جنت‌آباد ایوانکی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مذکور ملاحظه می‌شود که داده‌های آزمایش پمپاژ

این چاه با روش کوپر-ژاکوب همخوانی خوبی را نشان داده است. مقدار قابلیت انتقال در محدوده چاه پمپاژ جنت‌آباد ایوانکی با استفاده از روش کوپر-ژاکوب برابر با ۴۲۱ مترمربع بر روز برآورد شده است که بیانگر قابلیت انتقال نسبتاً بالا در محدوده این چاه است.



شکل ۴-۱۴- کاربرد روش کوپر-ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ جنت‌آباد، ایوانکی

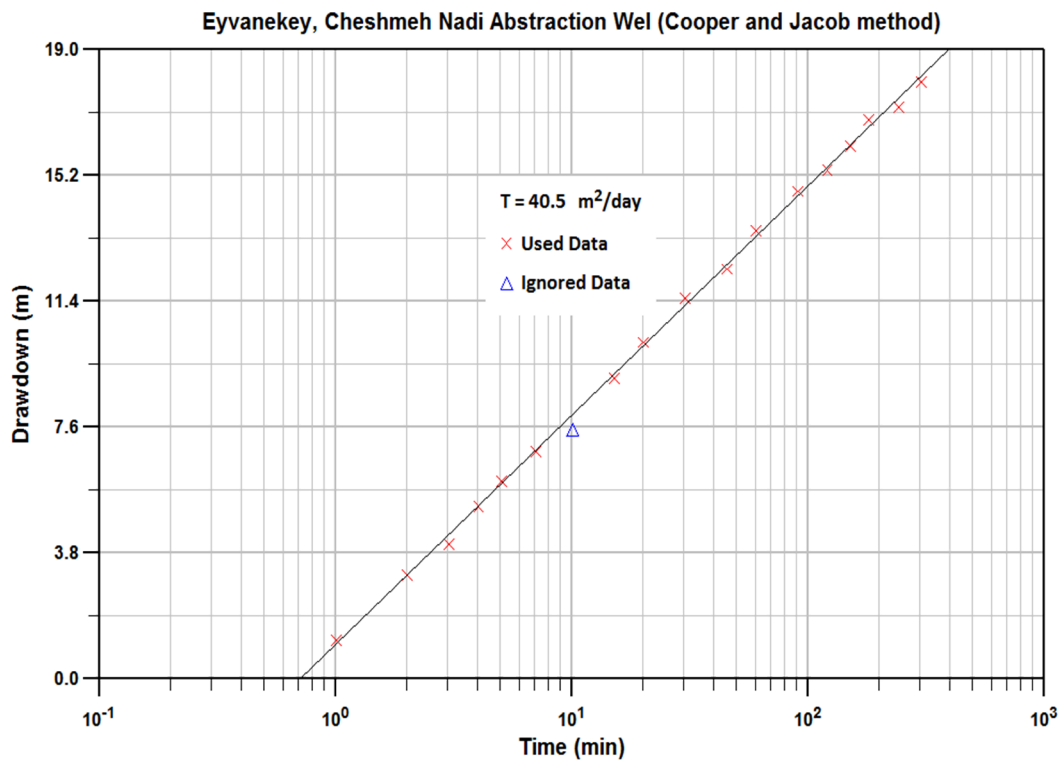
با توجه به روند خطی داده‌های افت - زمان در سیستم نیمه لگاریتمی، برای آنالیز داده‌ها از روش تایس (۱۹۳۵) Theis نیز استفاده شده است. شکل (۴-۱۵) به کارگیری روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ جنت‌آباد ایوانکی را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که مقدار قابلیت انتقال در محدوده چاه پمپاژ جنت‌آباد ایوانکی با استفاده از روش تایس برابر با ۴۱۲ مترمربع بر روز برآورد شده است که تائیدکننده نتیجه به دست آمده از روش کوپر-ژاکوب بوده و همچنین بیانگر قابلیت انتقال نسبتاً بالادر محدوده این چاه است.



شکل ۴-۱۵- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ چاه جنت آباد، ایوانکی

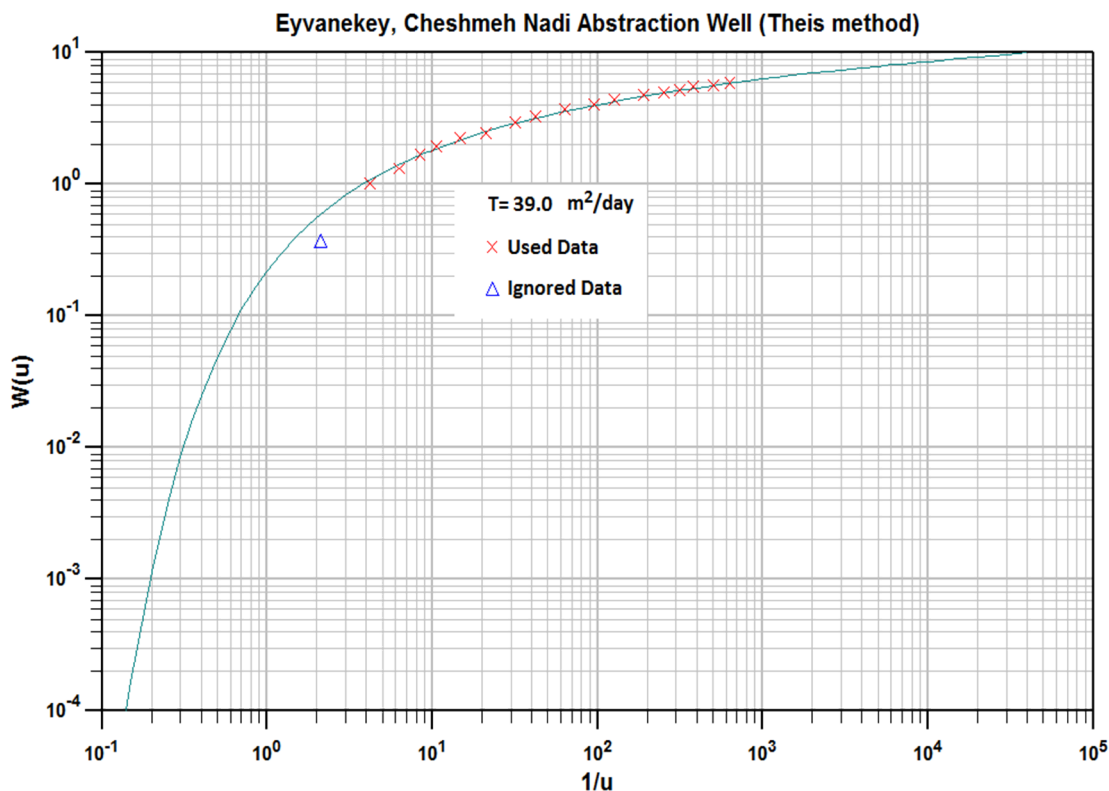
ج- چاه پمپاژ چشمه نادی

شکل (۴-۱۶) کاربرد روش کوپر- ژاکوب (۱۹۴۶) Cooper and Jacob برای داده‌های چاه پمپاژ چشمه نادی ایوانکی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مذکور ملاحظه می‌شود که داده‌های آزمایش پمپاژ این چاه با روش کوپر- ژاکوب همخوانی خوبی را نشان داده است. مقدار قابلیت انتقال در محدوده چاه پمپاژ چشمه نادی ایوانکی با استفاده از روش کوپر- ژاکوب برابر با $40/5$ مترمربع بر روز برآورد شده است که بیانگر قابلیت انتقال اندک آبخوان در محدوده این چاه است.



شکل ۴-۱۶- کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ چشمه نادی، ایوانکی

با توجه به انطباق خوب داده‌های افت - زمان با خط راست در سیستم نیمه لگاریتمی، برای آنالیز داده‌ها از روش تایس (۱۹۳۵) Theis نیز استفاده شده است. شکل (۴-۱۷) به کارگیری روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ چشمه نادی ایوانکی را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که مقدار قابلیت انتقال در محدوده چاه پمپاژ چشمه نادی ایوانکی با استفاده از روش تایس برابر با ۳۹ مترمربع بر روز برآورد شده است که تأییدکننده نتیجه به دست آمده از روش کوپر- ژاکوب بود و هم‌چنین بیانگر قابلیت انتقال اندک آبخوان در محدوده این چاه است.



شکل ۴-۱۷- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ چشمه نادی، ایوانکی

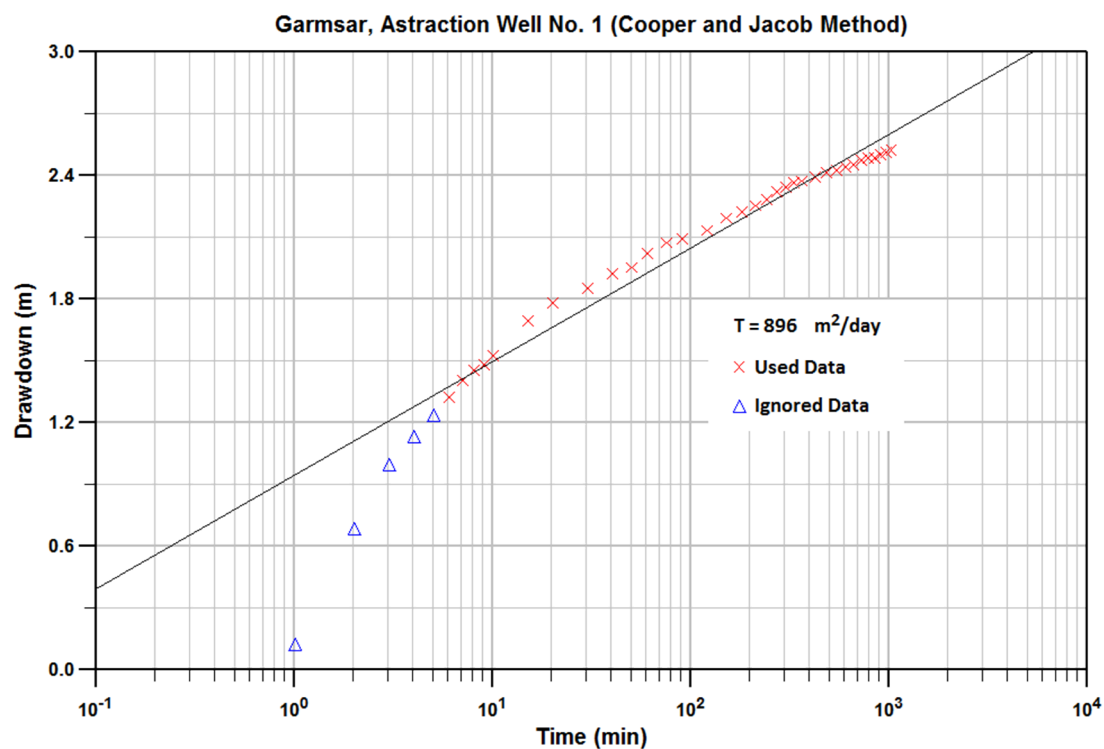
۴-۱-۳- دشت گرمسار

در این دشت اطلاعات افت - زمان مربوط به سه چاه پمپاژ با شماره‌های ۱، ۲ و ۳ و هم چنین سه پیزومتر (یک چاه پیزومتری به ازای هر چاه پمپاژ) مورد استفاده قرار گرفته است.

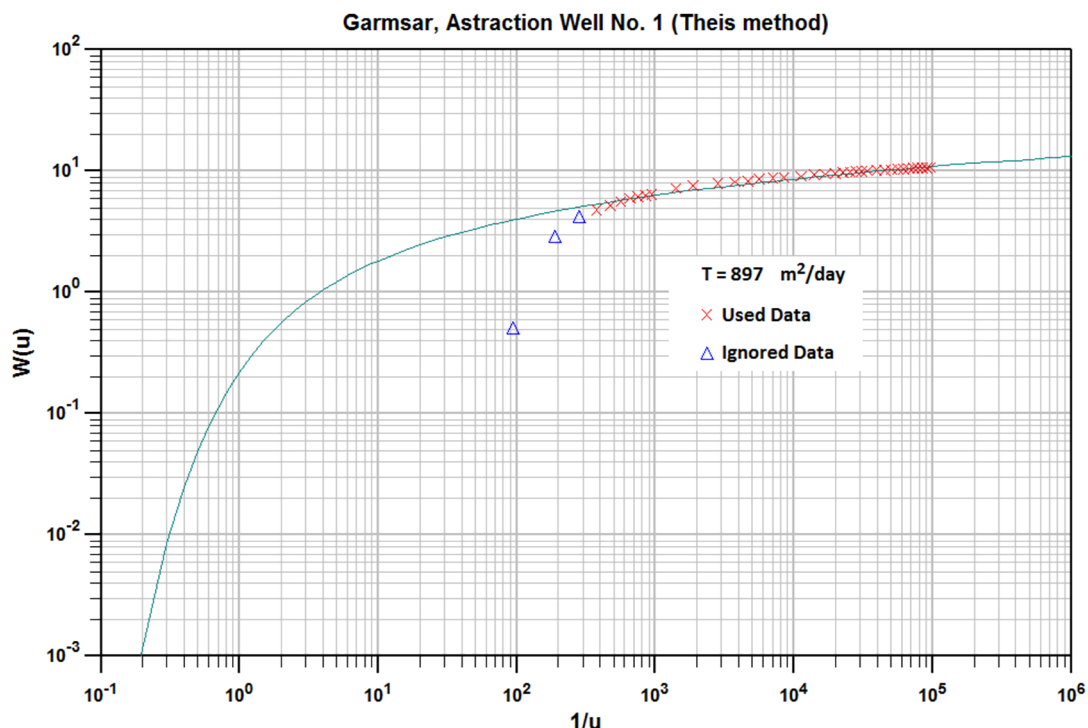
الف - چاه شماره ۱

شکل (۴-۱۸) کاربرد روش کوپر- ژاکوب (۱۹۴۶) Cooper and Jacob برای داده‌های چاه پمپاژ شماره (۱) گرمسار را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مذکور ملاحظه می‌شود که داده‌های آزمایش پمپاژ این چاه با روش کوپر- ژاکوب همخوانی خوبی را نشان داده است. مقدار قابلیت انتقال در محدوده چاه پمپاژ شماره (۱) گرمسار با استفاده از روش کوپر- ژاکوب برابر با ۸۹۶ مترمربع بر روز برآورد شده است که بیانگر قابلیت انتقال بالا در محدوده این چاه است.

با توجه به انطباق خوب داده‌های افت - زمان با خط راست در سیستم نیمه لگاریتمی، برای آنالیز داده‌ها از روش تایس (۱۹۳۵) Theis نیز استفاده شده است. شکل (۴-۱۹) به کارگیری روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ شماره (۱) گرمسار را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که مقدار قابلیت انتقال در محدوده چاه پمپاژ شماره (۱) گرمسار با استفاده از روش تایس برابر با ۸۹۷ مترمربع بر روز برآورد شده است که تأییدکننده نتیجه به دست آمده از روش کوپر- ژاکوب بوده و هم‌چنین بیانگر قابلیت انتقال بالای آبخوان در محدوده این چاه است.



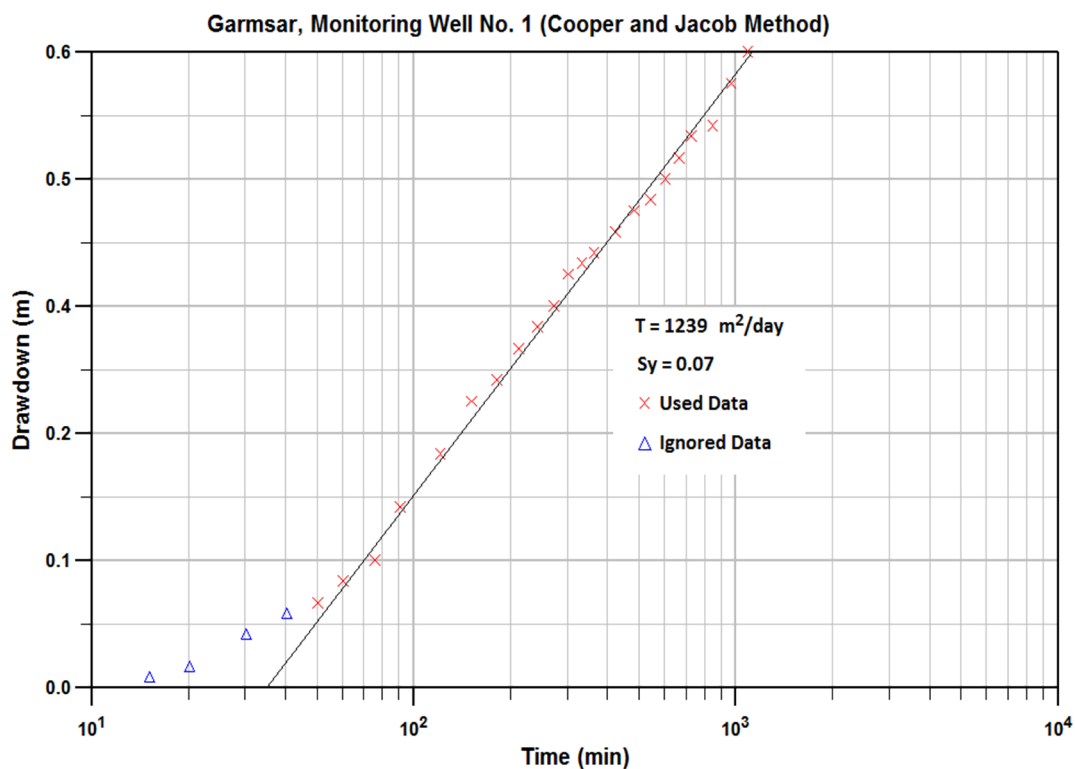
شکل ۴-۱۸- کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ شماره ۱ گرمسار



شکل ۴-۱۹- کاربرد روش تائیس برای داده‌های چاه پمپاژ شماره ۱ گرمسار

علاوه بر اطلاعات چاه پمپاژ، از داده‌های افت - زمان مربوط به چاه پیزومتری مجاور چاه پمپاژ نیز استفاده شده است. شکل (۴-۲۰) کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های افت - زمان مربوط به چاه پیزومتری مجاور چاه پمپاژ شماره (۱) را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود مقدار قابلیت انتقال در محدوده پیزومتر شماره (۱) حدود ۱۲۳۹ مترمربع بر روز برآورد شده است که در مقایسه با نتیجه به دست آمده از اطلاعات چاه پمپاژ به طور قابل توجهی بالاتر است. همانطور که پیشتر اشاره شد دلیل این مطلب از این قرار است که داده‌های افت- زمان مربوط به چاه پیزومتری منعکس کننده رفتار کل مخروط افت ایجاد شده در اطراف چاه پمپاژ نمی‌باشند و فقط بیانگر بخش بسیار کوچکی در محدوده پیزومتر هستند. بنابراین، مقادیر قابلیت انتقال به دست آمده با استفاده از داده‌های افت - زمان مربوط به چاه پیزومتری در مقایسه با مقادیر به دست آمده از داده‌های مربوط به چاه پمپاژ تفاوت چشمگیری را نشان می‌دهند.

با توجه به وجود اطلاعات چاه پیزومتری در محدوده چاه پمپاژ شماره (۱) گرمسار مقدار آبدهی ویژه آبخوان نیز می‌تواند تعیین شود. همانطور که در شکل (۴-۲۰) ارائه شده، مقدار آبدهی ویژه آبخوان در محدوده چاه شماره (۱) گرمسار برابر با ۰/۰۷ برآورد شده است که بیانگر آبدهی ویژه نسبتاً بالای آبخوان در این محدوده است.



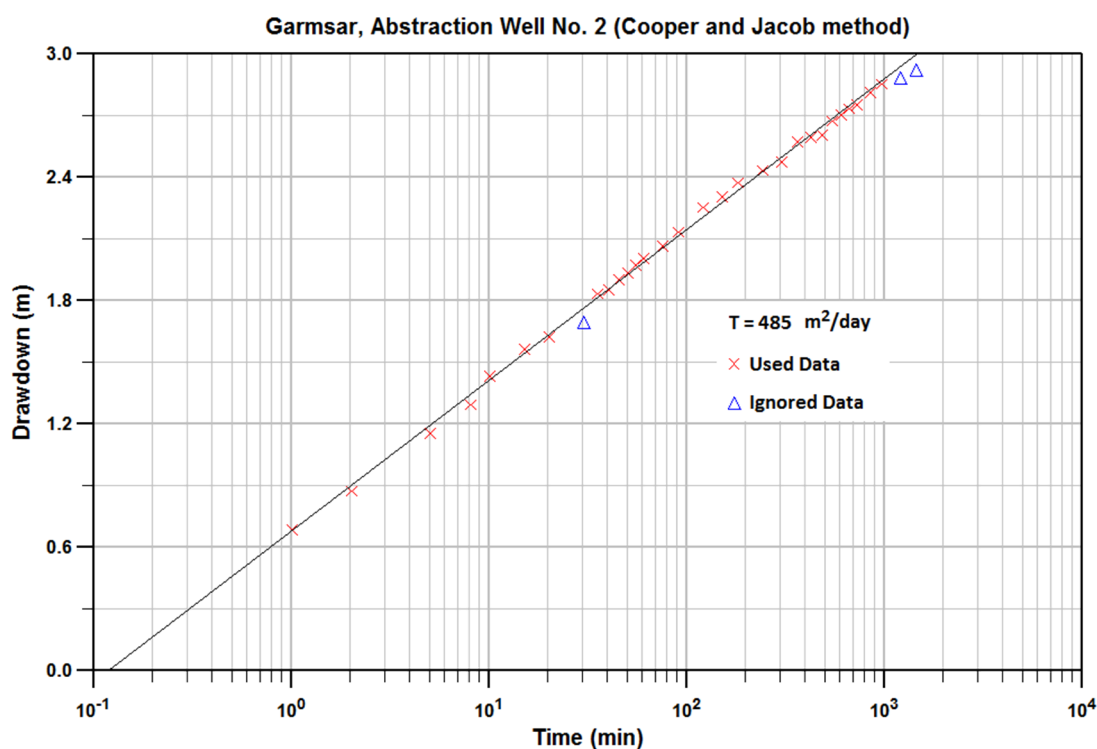
شکل ۴-۲۰- کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های چاه پیزومتری شماره ۱ گرمسار

ب- چاه شماره ۲

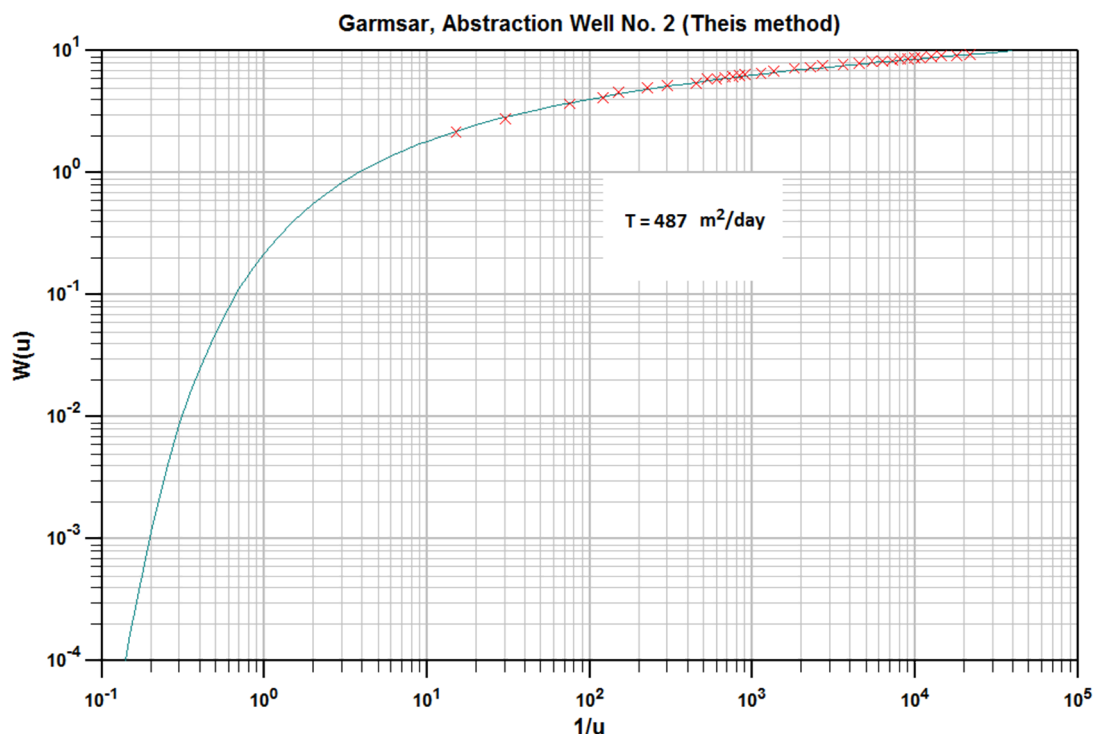
شکل (۴-۲۱) کاربرد روش کوپر- ژاکوب (۱۹۴۶) Cooper and Jacob برای داده‌های چاه پمپاژ شماره (۲) گرمسار را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مذکور ملاحظه می‌شود که داده‌های آزمایش پمپاژ این چاه با روش کوپر- ژاکوب همخوانی خوبی را نشان داده است. مقدار قابلیت انتقال در

محدوده چاه پمپاژ شماره (۲) گرمسار با استفاده از روش کوپر- ژاکوب برابر با ۴۸۵ مترمربع بر روز برآورد شده است که بیانگر قابلیت انتقال نسبتاً بالا در محدوده این چاه است.

با توجه به انطباق خوب داده‌های افت - زمان با خط راست در سیستم نیمه لگاریتمی، برای آنالیز داده‌ها از روش تایس (۱۹۳۵) Theis نیز استفاده شده است. شکل (۴-۲۲) به کارگیری روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ شماره (۲) گرمسار را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که مقدار قابلیت انتقال در محدوده چاه پمپاژ شماره (۲) گرمسار با استفاده از روش تایس برابر با ۴۸۷ مترمربع بر روز برآورد شده است که تأییدکننده نتیجه به دست آمده از روش کوپر- ژاکوب بوده و هم‌چنین بیانگر قابلیت انتقال نسبتاً بالای آبخوان در محدوده این چاه است.



شکل ۴-۲۱- کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ چاه پمپاژ شماره ۲ گرمسار

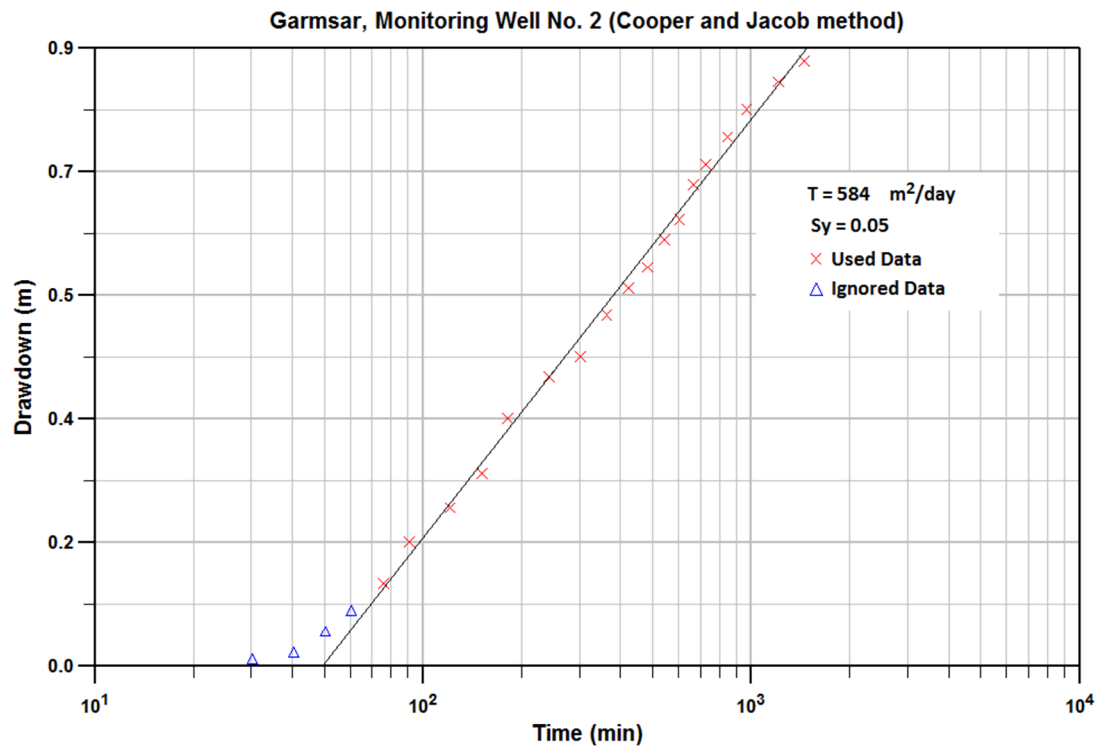


شکل ۴-۲۲- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ شماره ۲ گرمسار

علاوه بر اطلاعات چاه پمپاژ، از داده‌های افت - زمان مربوط به چاه پیزومتری مجاور چاه پمپاژ نیز استفاده شده است. شکل (۴-۲۳) کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های افت - زمان مربوط به چاه پیزومتری مجاور چاه پمپاژ شماره (۲) را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود مقدار قابلیت انتقال در محدوده پیزومتر شماره (۲) حدود ۵۸۴ مترمربع بر روز برآورد شده است که در مقایسه با نتیجه به دست آمده از اطلاعات چاه پمپاژ به طور نسبی بالاتر است. همانطور که پیشتر اشاره شد دلیل این مطلب از این قرار است که داده‌های افت- زمان مربوط به چاه پیزومتری منعکس‌کننده رفتار کل مخروط افت ایجاد شده در اطراف چاه پمپاژ نمی‌باشند و فقط منعکس‌کننده رفتار بخش بسیار کوچکی از آبخوان در محدوده پیزومتر است.

با توجه به وجود اطلاعات چاه پیزومتری در محدوده چاه پمپاژ شماره (۲) گرمسار، مقدار آبدی ویژه آبخوان نیز می‌تواند تعیین شود. همانطور که در شکل (۴-۲۳) ارائه شده مقدار آبدی ویژه آبخوان در

محدوده چاه شماره (۲) گرمسار برابر با ۰/۰۵ برآورد شده است که بیانگر آبدهی ویژه متوسط آبخوان در این محدوده است.



شکل ۴-۲۳- کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های چاه پیزومتری شماره ۲ گرمسار

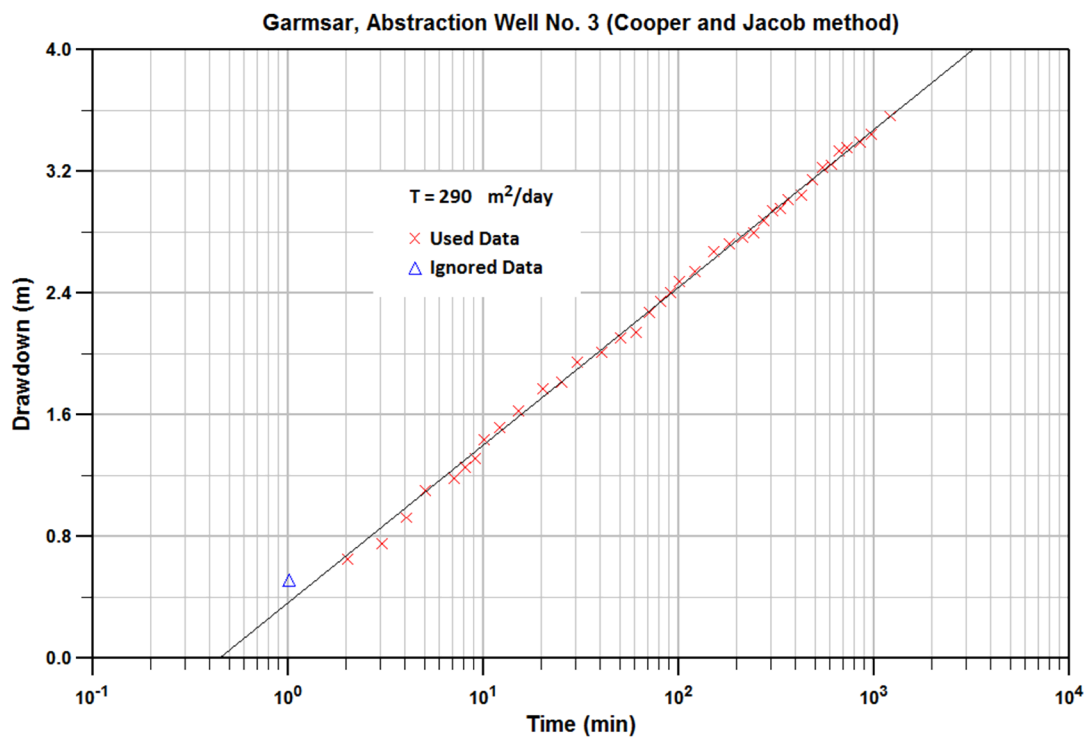
ج- چاه شماره ۳

شکل (۴-۲۴) کاربرد روش کوپر- ژاکوب (۱۹۴۶) Cooper and Jacob برای داده‌های چاه پمپاژ شماره (۳) گرمسار را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مذکور ملاحظه می‌شود که داده‌های آزمایش پمپاژ این چاه با روش کوپر- ژاکوب مطابقت خوبی را نشان می‌دهند. مقدار قابلیت انتقال در محدوده چاه پمپاژ شماره (۳) گرمسار با استفاده از روش کوپر- ژاکوب برابر با ۲۹۰ مترمربع بر روز برآورد شده است که بیانگر قابلیت انتقال متوسط در محدوده این چاه است.

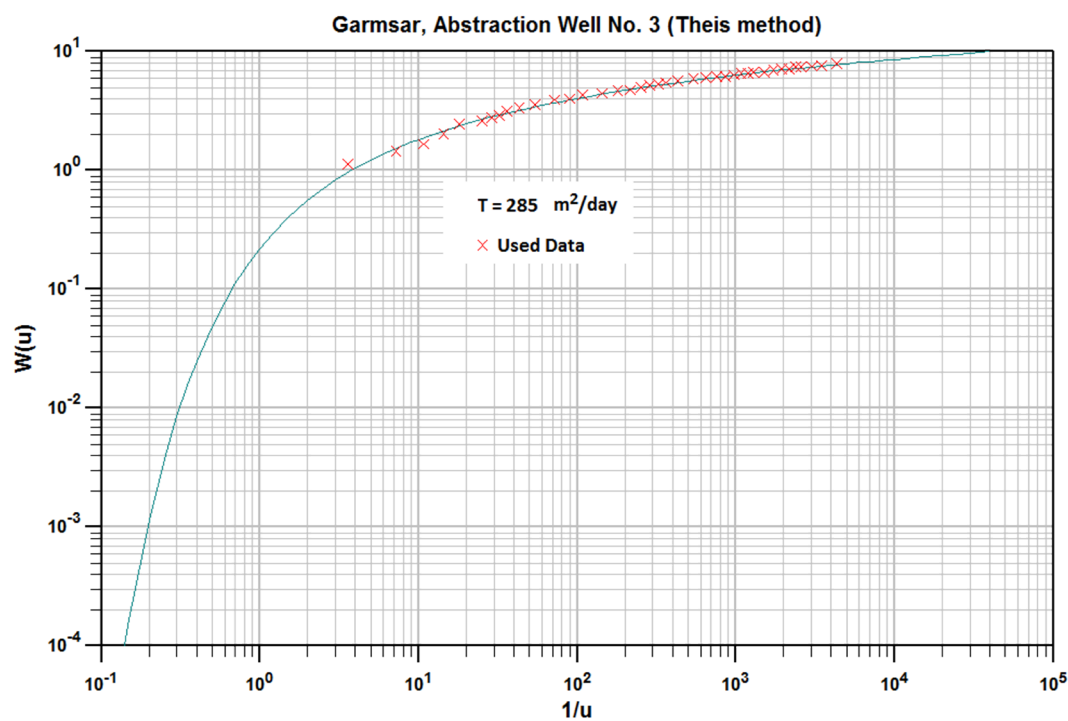
با توجه به روند خطی داده‌های افت - زمان در سیستم نیمه‌لگاریتمی، برای آنالیز داده‌ها از روش تایس (۱۹۳۵) Theis نیز استفاده شده است. شکل (۴-۲۵) به کارگیری روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ شماره (۳) گرمسار را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که مقدار قابلیت انتقال در محدوده چاه پمپاژ شماره (۳) گرمسار با استفاده از روش تایس برابر با ۲۸۵ مترمربع بر روز برآورد شده است که تأییدکننده نتیجه به دست آمده از روش کوپر- ژاکوب بوده و هم‌چنین بیانگر قابلیت انتقال متوسط آبخوان در محدوده این چاه است.

علاوه بر اطلاعات چاه پمپاژ، از داده‌های افت - زمان مربوط به چاه پیزومتری مجاور چاه پمپاژ نیز استفاده شده است. شکل (۴-۲۶) کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های افت - زمان مربوط به چاه پیزومتری مجاور چاه پمپاژ شماره (۳) را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود مقدار قابلیت انتقال در محدوده پیزومتر شماره (۳) حدود ۳۶۰ مترمربع بر روز برآورد شده است که در مقایسه با نتیجه به دست آمده از اطلاعات چاه پمپاژ به طور نسبی بالاتر است. همانطور که پیشتر اشاره شد دلیل این مطلب از این قرار است که داده‌های افت - زمان مربوط به چاه پیزومتری منعکس‌کننده رفتار کل مخروط افت ایجاد شده در اطراف چاه پمپاژ نمی‌باشند و فقط بیانگر بخش بسیار کوچکی در محدوده پیزومتر هستند.

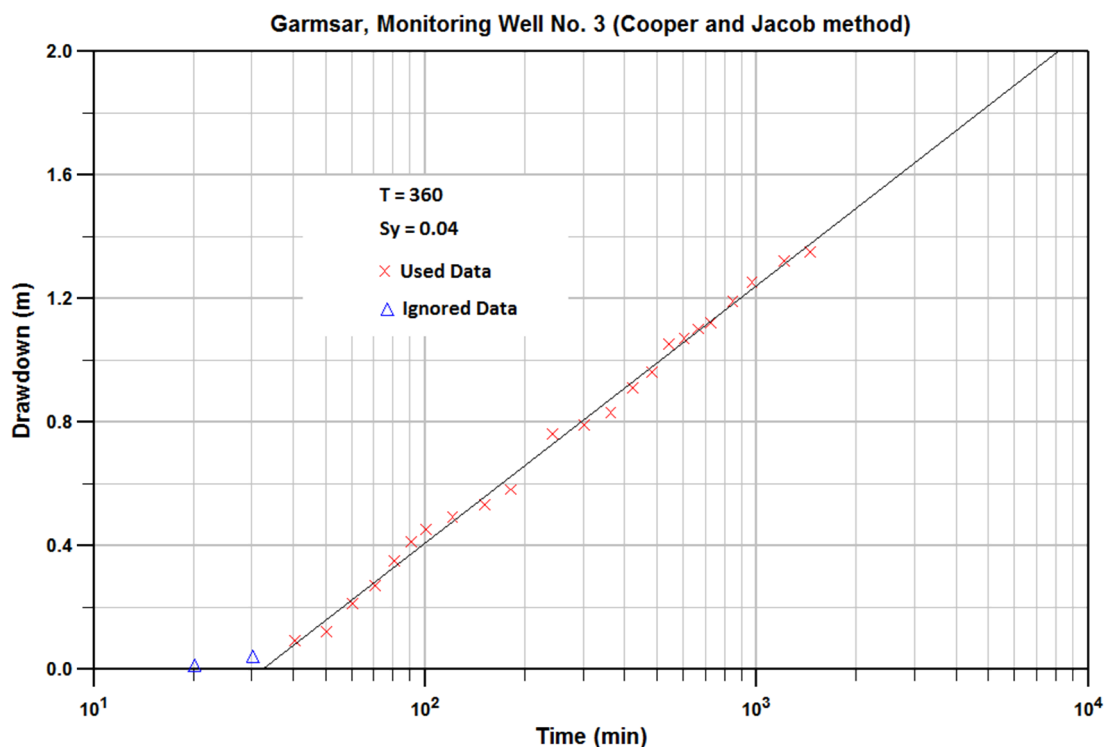
با توجه به وجود اطلاعات چاه پیزومتری در محدوده چاه پمپاژ شماره (۳) گرمسار مقدار آبدهی ویژه آبخوان نیز می‌تواند تعیین شود. همانطور که در شکل (۴-۲۶) ارائه شده مقدار آبدهی ویژه آبخوان در محدوده چاه شماره (۳) گرمسار برابر با ۰/۰۴ برآورد شده است که بیانگر آبدهی ویژه متوسط آبخوان در این محدوده است.



شکل ۴-۲۴- کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های چاه پمپاژ چاه پمپاژ شماره ۳ گرمسار



شکل ۴-۲۵- کاربرد روش تایس برای داده‌های چاه پمپاژ شماره ۳ گرمسار



شکل ۴-۲۶- کاربرد روش کوپر- ژاکوب برای داده‌های چاه پیزومتری شماره ۳ گرمسار

۴-۲- برآورد آبدهی ویژه در محدوده چاه‌های پمپاژ

به منظور برآورد آبدهی ویژه در محدوده چاه‌های پمپاژ مورد مطالعه از دو روش استفاده شده است: در روش اول، برای چاه‌های پمپاژی که دارای پیزومتر هستند با استفاده از اطلاعات آزمایش پمپاژ (داده‌های افت- زمان) آبدهی ویژه آنها برآورد شده است. در روش دوم، با توجه به اینکه تمام چاه‌های پمپاژ دارای لاگ حفاری هستند لذا با استفاده از اطلاعات لاگ‌های حفاری نیز مقدار آبدهی ویژه برای تمام چاه‌ها برآورد شده است.

۴-۲-۱- برآورد آبدهی ویژه با استفاده از داده‌های آزمایش پمپاژ

از میان چاه‌های پمپاژ مورد مطالعه تنها ۴ چاه پمپاژ دارای پیزومتر هستند و مقادیر آبدهی ویژه آنها با استفاده از اطلاعات آزمایش پمپاژ برآورد شده است. مقادیر آبدهی ویژه برآورد شده با استفاده از داده‌های آزمایش پمپاژ در جدول (۴-۱) ارائه شده است.

جدول ۴-۱- مقادیر آبدهی ویژه بر اساس داده‌های آزمایش پمپاژ

نام چاه پمپاژ	آبدهی ویژه
چاه مومن آباد سمنان	۰/۰۳
چاه پمپاژ شماره ۱ گرمسار	۰/۰۷
چاه پمپاژ شماره ۲ گرمسار	۰/۰۵
چاه پمپاژ شماره ۳ گرمسار	۰/۰۴

۴-۲-۲- برآورد آبدهی ویژه با استفاده لاگ حفاری چاه‌ها

تمام چاه‌های پمپاژ دارای لاگ حفاری هستند (جدول‌های پیوست). مقادیر آبدهی ویژه در محدوده آبخوان این چاه‌ها با استفاده از لاگ حفاری، توجه به بافت رسوبات غالب در افق‌های مختلف و مقادیر آبدهی ویژه بر اساس بافت رسوبات (جدول ۴-۲) به روش میانگین وزنی محاسبه شده است. به عنوان نمونه، محاسبات انجام شده برای برآورد آبدهی ویژه چاه اکتشافی مومن‌آباد سمنان با استفاده از لاگ حفاری در جدول (۴-۳) ارائه شده است. مقادیر آبدهی ویژه محاسبه شده از لاگ حفاری چاه‌های پمپاژ مورد مطالعه در جدول (۴-۴) ارائه شده است. همانطور که از اطلاعات مندرج در جدول (۴-۴) ملاحظه می‌شود، مقادیر آبدهی ویژه در این دشت‌ها از ۰/۰۲۵ تا ۰/۰۷۳ متغیر می‌باشد.

جدول ۴-۲- مقادیر آبدهی ویژه بر اساس بافت رسوبات مختلف (کرمی ۱۳۹۱)

بافت غالب رسوب	آبدهی ویژه (درصد)
ماسه	۸
ماسه و رس	۶
لوم (مخلوط ماسه، سیلت و رس)	۴
رس	۲

جدول ۴-۳- برآورد آبدهی ویژه با استفاده از لاگ حفاری در چاه اکتشافی مومن آباد سمنان

(عمق سطح ایستابی = ۱۰۴/۵۶ متر)

Sy	شرح رسوبات	عمق	ردیف
۰/۰۱	عمدتاً رس و سیلت + مقداری خرده سنگ + گچ	۱۰۲ - ۱۰۵	۳۵
۰/۰۱	عمدتاً رس و سیلت + مقداری خرده سنگ و ریگ + گچ	۱۰۵ - ۱۰۸	۳۶
۰/۰۱	عمدتاً رس و سیلت + شن + گچ	۱۰۸ - ۱۱۱	۳۷
		۱۱۱ - ۱۱۴	۳۸
۰/۰۲	شن رس دار + اندکی گچ	۱۱۴ - ۱۱۷	۳۹
		۱۱۷ - ۱۲۰	۴۰
		۱۲۰ - ۱۲۳	۴۱
۰/۰۲	شن رس دار + سیلت	۱۲۳ - ۱۲۶	۴۲
		۱۲۶ - ۱۲۹	۴۳
		۱۲۹ - ۱۳۲	۴۴
		۱۳۲ - ۱۳۵	۴۵
۰/۰۲	شن رس دار + کمی ماسه ریز	۱۳۵ - ۱۳۸	۴۶
		۱۳۸ - ۱۴۱	۴۷
		۱۴۱ - ۱۴۴	۴۸
		۱۴۴ - ۱۴۷	۴۹
۰/۰۲	شن رس دار	۱۴۷ - ۱۵۰	۵۰
		۱۵۰ - ۱۵۳	۵۱
		۱۵۳ - ۱۵۶	۵۲
		۱۵۶ - ۱۵۹	۵۳
۰/۰۲۵	شن رس دار + کمی ماسه + کمی خرده سنگ	۱۵۹ - ۱۶۲	۵۴
		۱۶۲ - ۱۶۵	۵۵
۰/۰۲۵	شن رس دار + کمی ماسه + کمی خرده سنگ و ریگ	۱۶۵ - ۱۶۸	۵۶
		۱۶۸ - ۱۷۱	۵۷
		۱۷۱ - ۱۷۴	۵۸
۰/۰۱۵	رس ماسه دار + شن	۱۷۴ - ۱۷۷	۵۹
		۱۷۷ - ۱۸۰	۶۰
۰/۰۱۵	رس ماسه دار + شن	۱۸۰ - ۱۸۳	۶۱
۰/۰۲	شن رس دار + ریگ	۱۸۳ - ۱۸۶	۶۲
۰/۰۱۵	عمدتاً رس + ماسه و شن	۱۸۶ - ۱۸۹	۶۳
۰/۰۲۵	عمدتاً شن + رس + گچ	۱۸۹ - ۱۹۲	۶۴
۰/۰۴	عمدتاً شن و ماسه + کمی رس	۱۹۲ - ۱۹۵	۶۵
		۱۹۵ - ۱۹۸	۶۶
		۱۹۸ - ۲۰۱	۶۷
		۲۰۱ - ۲۰۴	۶۸
۰/۰۴	عمدتاً شن و ماسه + کمی رس + کمی ریگ	۲۰۴ - ۲۰۷	۶۹
		۲۰۷ - ۲۱۰	۷۰
۰/۰۲۵	میانگین وزنی		

جدول ۴-۴- مقادیر آبدهی ویژه بر اساس لاگ حفاری چاه‌ها

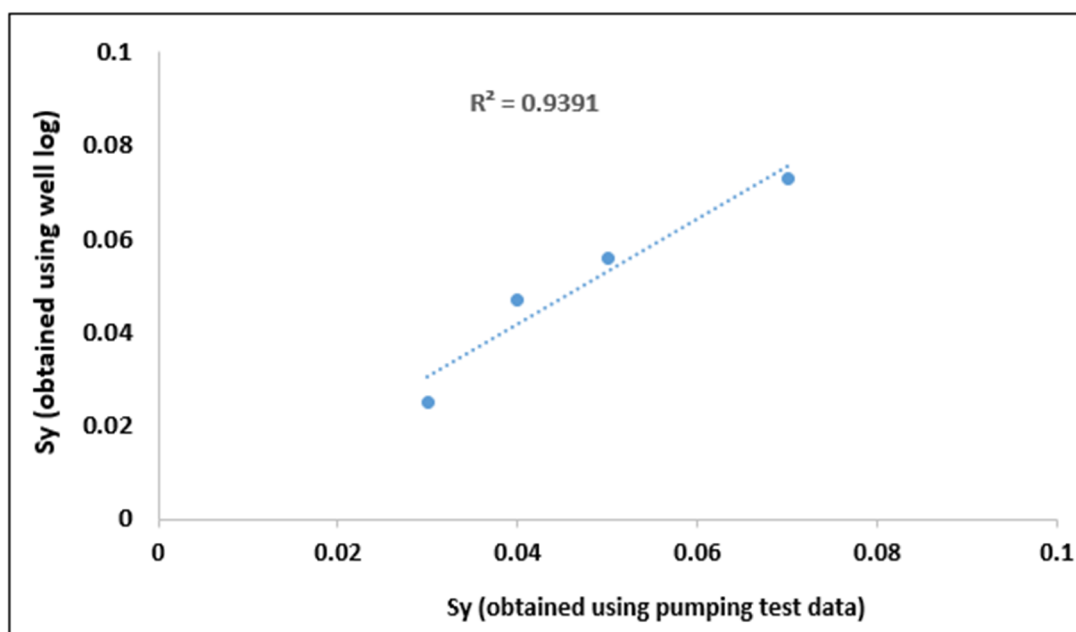
ردیف	نام چاه پمپاژ	آبدهی ویژه
۱	مومن آباد سمنان	۰/۰۲۵
۲	پلیس‌راه سمنان- دامغان	۰/۰۶۷
۳	پل هوایی راه آهن سمنان	۰/۰۲۵
۴	باغ دانش ایوانکی	۰/۰۲۷
۵	جنت‌آباد	۰/۰۵۷
۶	چشمه نادی	۰/۰۳۱
۷	چاه پمپاژ شماره ۱ گرمسار	۰/۰۷۳
۸	چاه پمپاژ شماره ۲ گرمسار	۰/۰۵۶
۹	چاه پمپاژ شماره ۳ گرمسار	۰/۰۴۷

۴-۲-۳- مقایسه مقادیر آبدهی ویژه به دست آمده از دو روش فوق‌الذکر

با توجه به اینکه از بین ۹ چاه مورد مطالعه فقط ۴ چاه پمپاژ در اطراف خود دارای چاه پیزومتری بودند لذا به منظور مقایسه، مقادیر آبدهی ویژه به دست آمده از دو روش مذکور برای این ۴ چاه پمپاژ (روش استفاده از لاگ حفاری چاه‌ها و روش استفاده از اطلاعات آزمایش پمپاژ)، در یک نمودار در مقابل هم ترسیم شده و مورد مقایسه قرار گرفته‌اند (شکل ۴-۲۷).

همانطور که از شکل ۴-۲۷ ملاحظه می‌شود، مقادیر آبدهی ویژه به دست آمده از اطلاعات لاگ حفاری چاه‌ها با مقادیر آبدهی ویژه به دست آمده از اطلاعات آزمایش پمپاژ، همخوانی نسبتاً بالایی را شامل می‌شوند (ضریب همبستگی خط برابر ۰/۹۳۹۱) که بیانگر آن است که مقادیر آبدهی ویژه به دست آمده از اطلاعات لاگ حفاری چاه‌ها از صحت بالایی برخوردار است و قابل اعتماد و استناد می‌باشد. بنابراین با توجه به وجود اطلاعات لاگ‌های حفاری برای تمام چاه‌های پمپاژ مورد مطالعه،

می‌توان از مقادیر آبدهی ویژه به دست آمده از لاگ حفاری چاه‌ها برای ارائه یک معادله کاربردی، جهت برآورد آبدهی ویژه در سیستم تک‌چاهی استفاده نمود.



شکل ۴-۲۷- مقایسه مقادیر آبدهی ویژه به دست آمده از اطلاعات آزمایش پمپاژ و لاگ حفاری

۴-۳- ارائه روشی کاربردی برای برآورد آبدهی ویژه با استفاده از روش پمپاژ

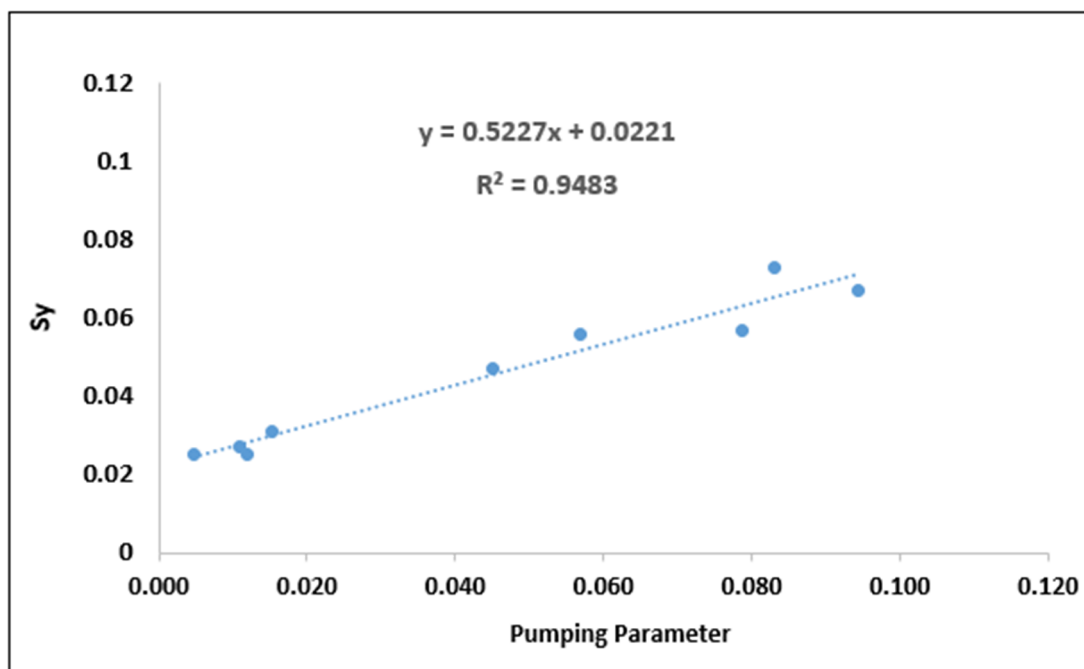
تک‌چاهی

به منظور برآورد مقادیر آبدهی ویژه با استفاده از اطلاعات سیستم تک‌چاهی، لازم است که رابطه‌ای بین آبدهی ویژه با داده‌های مربوط به آزمایش پمپاژ (دبی پمپاژ و افت سفره) در محدوده تعدادی چاه پمپاژ ارائه شود. مقادیر داده‌های آزمایش پمپاژ در جدول ۴-۵ ارائه شده است. لازم به ذکر است که برای برآورد افت سفره در سیستم تک‌چاهی از روش ارائه شده به وسیله کرمی (۱۳۸۴) استفاده شده است.

در این جا، رابطه مذکور با استفاده از مقادیر آبدهی ویژه در محدوده ۹ چاه پمپاژ در دشت‌های سمنان، ایوانکی و گرمسار به روش آزمون و خطا مورد بررسی قرار گرفته و ارائه شده است. بررسی‌های انجام شده نشان داد که مقادیر آبدهی ویژه با مقادیر پارامتر X که تلفیقی از دبی پمپاژ و افت سفره می‌باشد و از داده‌های پمپاژ استخراج شده است، بیشترین همبستگی را نشان می‌دهد. به این ترتیب که در یک دستگاه مختصات، آبدهی ویژه به دست آمده از لاگ‌های حفاری در مقابل پارامتر پمپاژ (پارامتر X) ترسیم شده است که همبستگی بالایی را نشان داده است (شکل ۴-۲۸).

جدول ۴-۵- مقادیر دبی پمپاژ، افت سفره و پارامتر پمپاژ در چاه‌های پمپاژ

ردیف	نام چاه پمپاژ	دبی پمپاژ (l/s)	افت سفره (m)	پارامتر پمپاژ (X)
۱	مومن آباد سمنان	۳/۰	۸/۰۰	۰/۰۰۵
۲	پلیس‌راه سمنان-دامغان	۵۰/۰	۵/۶۰	۰/۰۹۴
۳	پل هوایی راه آهن سمنان	۸/۱	۸/۵۴	۰/۰۱۲
۴	باغ دانش ایوانکی	۷/۰	۷/۸۱	۰/۰۱۱
۵	جنت‌آباد	۳۳/۰	۳/۳۸	۰/۰۷۹
۶	چشمه نادی	۱۷/۷	۱۸/۰۰	۰/۰۱۵
۷	چاه پمپاژ شماره ۱ گرمسار	۳۱/۲	۲/۵۲	۰/۰۸۳
۸	چاه پمپاژ شماره ۲ گرمسار	۲۲/۵	۲/۹۲	۰/۰۵۷
۹	چاه پمپاژ شماره ۳ گرمسار	۱۹/۰	۳/۴۴	۰/۰۴۵



شکل ۴-۲۸- رابطه بین آبدهی ویژه به دست آمده از لاگ‌های حفاری با پارامتر پمپاژ (پارامتر x)

همانطور که از شکل (۴-۲۸) ملاحظه می‌شود مقادیر آبدهی ویژه به دست آمده از اطلاعات لاگ‌های حفاری چاه‌های پمپاژ با پارامتر استخراج شده از داده‌های پمپاژ (پارامتر پمپاژ) یک رابطه خطی با همبستگی بسیار خوبی را نشان می‌دهد (ضریب همبستگی خط برابر ۰/۹۴۸۳). بنابراین، برای آن دسته از چاه‌های پمپاژ که پیزومتر و اطلاعات لاگ حفاری ندارند می‌توان از معادله خط مذکور استفاده نمود و مقادیر آبدهی ویژه را برآورد کرد. همانطور که از شکل (۴-۲۸) ملاحظه می‌شود معادله خط به صورت زیر است:

$$S_y = 0.5227 \times x + 0.0221$$

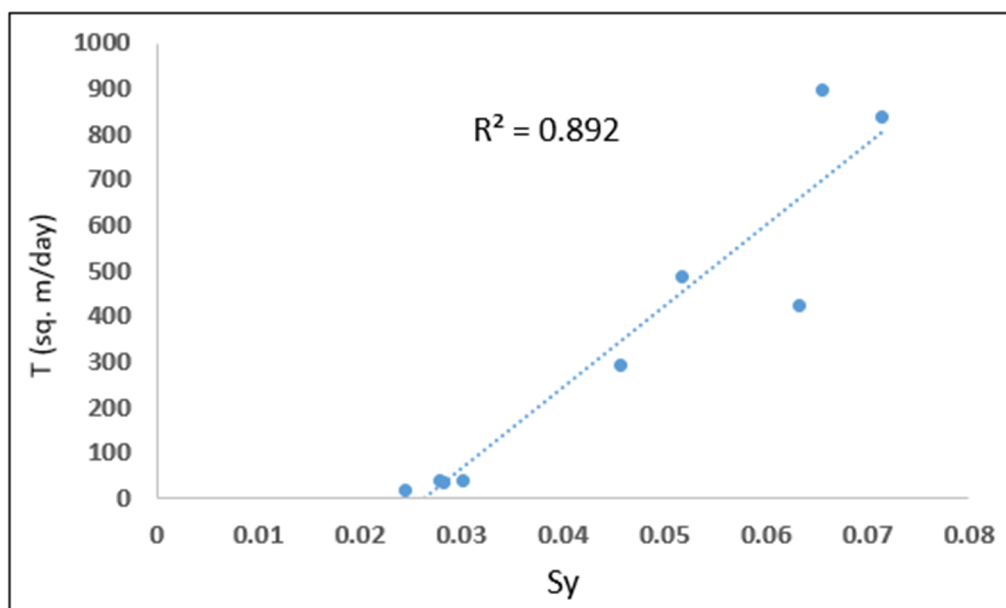
$$x = \frac{Q}{a \times Aq.loss + \beta}$$

که در این معادلات، x پارامتر استخراج شده از داده‌های آزمایش پمپاژ، Q دبی پمپاژ بر حسب مترمکعب بر ثانیه، α و β ضرایب تجربی که به ترتیب برابر با ۰/۰۵ و ۰/۲۵ به دست آمده‌اند و $Aq.loss$ مقدار افت سفره بر حسب متر است.

۴-۴- صحت‌سنجی مقادیر آبدهی ویژه به دست آمده از روش معرفی شده

در بخش قبل ذکر شد که با توجه به رابطه خطی بین مقادیر آبدهی ویژه با پارامتر استخراج شده از تلفیق مقادیر دبی پمپاژ و افت سفره، یک معادله کاربردی ارائه شده است که به منظور برآورد مقادیر آبدهی ویژه با استفاده از اطلاعات سیستم تک چاهی می‌توان از آن استفاده نمود.

با توجه به اینکه آبدهی ویژه با قابلیت انتقال یک رابطه خطی و مستقیم دارد بنابراین به منظور صحت‌سنجی این معادله، مقادیر آبدهی ویژه به دست آمده از معادله مذکور با مقادیر قابلیت انتقال به دست آمده از اطلاعات آزمایش پمپاژ مورد ارزیابی قرار گرفته است. شکل (۴-۲۹) رابطه بین این مقادیر را در محدوده چاه‌های پمپاژ مورد مطالعه نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود یک رابطه مستقیم با ضریب همبستگی نسبتاً خوبی بین مقادیر آبدهی ویژه با مقادیر قابلیت انتقال آبخوان مشاهده می‌شود. به این ترتیب که هرچه مقادیر قابلیت انتقال آبخوان بالاتر است مقادیر آبدهی ویژه هم بیشتر است. لازم به ذکر است که مقادیر قابلیت انتقال آبخوان علاوه بر هدایت هیدرولیکی تابع ضخامت آبخوان هم می‌باشند و چنانچه رابطه بین مقادیر آبدهی ویژه با مقادیر هدایت هیدرولیکی مورد بررسی قرار گیرد، همبستگی بین آنها به طور قابل توجهی بالاتر خواهد بود.



شکل ۴-۲۹- رابطه بین آبدهی ویژه به دست آمده از معادله معرفی شده با قابلیت انتقال آبخوان

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این فصل ابتدا نتایج حاصل از تحقیق انجام شده بیان شده و در ادامه پیشنهادهایی جهت کار بیشتر ارائه شده است.

۵-۱- نتیجه‌گیری

مهمترین نتایج حاصله از تحقیق انجام شده شامل تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ، برآورد آبدهی ویژه، ارائه روش کاربردی جهت برآورد آبدهی ویژه در سیستم تک‌چاهی و صحت‌سنجی روش معرفی‌شده می‌باشند که به طور مختصر ارائه می‌شوند.

۵-۱-۱- تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ

داده‌های آزمایش پمپاژ با استفاده از نرم افزار Aquifer win^{۳۲} مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند، ابتدا با استفاده از روش کوپر- ژاکوب داده‌ها آنالیز شده است و با توجه به اینکه داده‌های افت - زمان در سیستم نیمه‌لگاریتمی در روش مذکور بر خط راست منطبق شده‌اند بیانگر مناسب بودن این روش است. بنابراین برای آنالیز داده‌ها از روش تاپس هم استفاده شده است و مقادیر قابلیت انتقال برای مناطق مورد مطالعه محاسبه شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که مقادیر قابلیت انتقال (T) از کم تا زیاد وجود داشته که حداقل قابلیت انتقال برابر با $۱۸/۳$ مترمربع بر روز است که مربوط به چاه پمپاژ مومن‌آباد سمنان است و حداکثر آن برابر ۸۹۶ مترمربع بر روز است که متعلق به چاه پمپاژ شماره ۱ گرمسار می‌باشد.

۵-۱-۲- برآورد آبدهی ویژه

برای برآورد آبدهی ویژه از دو روش استفاده شده است. در روش اول آبدهی ویژه با استفاده از داده‌های آزمایش پمپاژ برآورد شده است، با توجه به اینکه از بین ۹ چاه پمپاژ مورد مطالعه فقط ۴ چاه پمپاژ دارای پیرومتر بوده‌اند بنابراین مقادیر آبدهی ویژه بر اساس داده‌های همان ۴ چاه برآورد شده است که مقادیر آن از ۰/۰۳ تا ۰/۰۷ متغیر است. کمترین مقدار آن برابر ۰/۰۳ مربوط به چاه مومن آباد سمنان و بیشترین مقدار آن برابر ۰/۰۷ است که مربوط به چاه شماره ۱ گرمسار می‌باشد. در روش دوم مقادیر آبدهی ویژه با استفاده از لاگ حفاری چاه‌ها برآورد شده است و با توجه به اینکه تمام چاه‌های پمپاژ دارای لاگ حفاری هستند، بنابراین بر اساس نوع رسوبات مختلف در هر لاگ و توجه به مقادیر آبدهی ویژه برای رسوبات مختلف و تعدیل‌هایی که بعضاً برای اندک تفاوت در نوع رسوبات انجام شده است، مقادیر آبدهی ویژه هرچاه به روش میانگین وزنی محاسبه شده است. در این روش برای تمام چاه‌ها مقادیر آبدهی ویژه محاسبه شده است که کمترین مقدار برابر ۰/۰۲۵ مربوط به چاه مومن آباد سمنان و بیشترین مقدار برابر ۰/۰۷۳ مربوط به چاه شماره ۱ گرمسار است.

۵-۱-۳- ارائه روش کاربردی جهت برآورد آبدهی ویژه در سیستم تک‌چاهی

جهت برآورد مقادیر آبدهی ویژه با استفاده از داده‌های آزمایش پمپاژ در سیستم تک‌چاهی، ابتدا رابطه بین آبدهی ویژه به دست آمده از لاگ‌های حفاری برای تمام چاه‌های مورد مطالعه و پارامترهای پمپاژ مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که بین مقادیر آبدهی ویژه و پارامترهای پمپاژی از قبیل دبی پمپاژ و افت سفره همبستگی زیادی وجود دارد که ارتباط بین آنها به صورت خطی است و معادله این خط به صورت زیر است:

$$S_y = 0.0227 \times x + 0.0221$$

$$x = \frac{Q}{a \times Aq.loss + \beta}$$

بنابراین، برای آن دسته از چاه‌های پمپاژ که پیزومتر و اطلاعات لاگ حفاری ندارند می‌توان از معادله خط مذکور استفاده نمود و مقادیر آبدهی ویژه را برآورد کرد.

۵-۱-۴- صحت‌سنجی روش معرفی شده

با توجه به این که بین آبدهی ویژه و قابلیت انتقال رابطه مستقیمی وجود دارد به این معنی که با افزایش آبدهی ویژه، قابلیت انتقال نیز افزایش می‌یابد و عنایت به اینکه مقادیر قابلیت انتقال برای تمام چاه‌های پمپاژ محاسبه شده است، بنابراین به منظور صحت‌سنجی روش مذکور، مقادیر آبدهی ویژه که از روش معرفی شده به دست آمده را در مقابل مقادیر قابلیت انتقال که از داده‌های آزمایش پمپاژ به دست آمده است، رسم نموده و روند نمودار بررسی شده است. با توجه به اینکه نمودار حاصل یک روند خطی و مستقیم دارد، بیانگر این است که آبدهی ویژه برآورد شده از روش مذکور از صحت لازم برخوردار بوده و مورد تأیید می‌باشد.

۵-۲- پیشنهادها

در این تحقیق روش ارائه شده برای برآورد آبدهی ویژه در سیستم تک‌چاهی با استفاده از اطلاعات ۹ حلقه چاه پمپاژ در استان سمنان به دست آمده است. برای افزایش دقت و صحت این روش موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

- پیشنهاد می‌شود این کار برای تعداد بسیار بیشتری چاه پمپاژ انجام شود و رابطه ارائه شده برای برآورد مقدار آبدهی ویژه مجدداً محاسبه شود تا دقت آن افزایش یابد.
- پیشنهاد می‌شود که برای صحت‌سنجی از اطلاعات تعدادی چاه جدید که آبدهی ویژه آنها قبلاً برآورد شده، استفاده شود و صحت‌سنجی معادله ارائه شده مجدداً مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

اشجاری، ز. ۱۳۹۷. صحت‌سنجی پارامترهای هیدرودینامیکی حاصل از آزمایش پمپاژ، مطالعه موردی دشت تبریز. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

باقری، م. فیض نیا، س. ۱۳۹۲. گزارش نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ سمنان، سازمان زمین شناسی کشور.

تکابی، ا. ۱۳۹۴. تعیین پارامترهای هیدروژئولوژیکی آبخوان شیروان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

حبیب‌زاده، ا. روستایی، ش. نیکجو، م. ۱۳۹۲. ارزیابی هیدرودینامیکی و ژئومورفولوژیکی نهشته‌های کواترنری، تحلیل بحران آب‌های زیرزمینی شمال دریاچه ارومیه، مطالعه موردی دشت تسوج. پژوهش‌های ژئومورفولوژیکی، سال سوم، شماره ۲.

حسینی سبزواری، س. م. ح. ۱۳۸۶. بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی سفره آب زیرزمینی در معدن گل گهر سیرجان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

حسینی سبزواری، س. م. ح. کرمی، غ. ۱۳۹۱. تعیین حداقل مدت زمان انجام آزمایش پمپاژ در سفره های ناهمگن، مطالعه موردی معدن سنگ آهن گل گهر. شانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.

درویش زاده، ع. ۱۳۸۳. زمین شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر، ۴۳۴ صفحه.

رحیمیان، م. کرمی، غ. ذاکری، م.ا. دیواندری، د. ۱۳۹۰. تعیین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان با همگن سازی داده های پمپاژ، مطالعه موردی چاه اکتشافی مومن آباد سمنان. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

شمسایی، ا. ۱۳۷۷. هیدرولیک جریان آب در محیط متخلخل. دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

عابدی کوپایی، ج. گلابچیان، م. ۱۳۹۴. برآورد ضرایب هیدرودینامیک منابع آب زیرزمینی حوضه آبخیز کوهپایه- سگری با استفاده از مدل MODFLOW. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی- علوم آب و خاک، جلد ۱۹، شماره ۷۲.

عبادت، ن. ۱۳۹۴. بررسی روند تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی دشت ایوانکی. مجله اکولوژی، دوره ۲، شماره ۴، صفحه ۳۸۳-۳۹۴.

عمادی، ف. ۱۳۹۵. تعیین آبدهی ویژه رسوبات با استفاده از آنالیز اندازه ذرات. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

کرمی، غ. ۱۳۸۴. برآورد مولفه های افت با استفاده از آزمایش پمپاژ با دبی ثابت. مجله علوم و فنون دانشگاه صنعتی شاهرود، شماره ۲، صفحات ۱ تا ۶.

کرمی، غ. ۱۳۸۵. انتخاب روش مناسب برای تحلیل داده های آزمایش پمپاژ در سفره های کارستی، فصلنامه علمی- پژوهشی علوم زمین، سال پانزدهم، شماره ۵۹، صفحات ۵۰ تا ۵۵.

کرمی، غ. ۱۳۹۱. مطالعات برآورد ضرایب هیدرودینامیکی در دشت سمنان- ایوانکی. شرکت آب منطقه ای سمنان.

کریمی، ث. محمدی، ض. سامانی، ن. ۱۳۹۶. بررسی خصوصیات هیدروشیمیایی آب زیرزمینی و روند تکامل شوری در دشت سمنان. مجله هیدروژئولوژی، سال دوم، شماره ۱.

محمدی، ض. نسیمی، ع. ۱۳۹۰. بررسی اختلاف روش‌های مختلف تحلیل آزمون پمپاژ در برآورد ضرایب هیدرودینامیک آبخوان آزاد. مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۲، جلد ۱.

مهدیزادگان، م. ۱۳۹۵. تحلیل وضعیت منابع طبیعی و محیط زیست استان سمنان، شرکت مهندسی مشاور سامان.

نخعی، م. افشار، م. ۱۳۹۰. ارزیابی روش آزمون تک‌چاهی جهت تعیین ضرایب هیدرودینامیک آبخوان. انجمن زمین‌شناسی ایران.

Alyamani M. S. and Sen. Z. (۱۹۹۳). "Determination of hydraulic conductivity from complete grain-size distribution curves". Ground water, no. ۴: ۵۵۱-۵۵۵.

Chakrabarty, c. (۱۹۹۴). "A note on fractional dimation analysis of constant rate interference tests," water resource reserch, ۳۰(۷):۲۳۳۹-۲۳۴۱.

Cooper H. H. and Jacob C. E. (۱۹۴۶). A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history, American Geophysical Union Transactions, ۲۷:۵۲۶-۵۳۴.

Dillon, P., Pavelic, P., Wright, M., Peter, P.. and Nefiodovas, A. (۲۰۰۱). Small-scale heterogeneity and anisotropy of a confined carbonate aquifer from triaxial tests on core samples, New Approaches Characterising Groundwater Flow. Swets and Zeitlinger Lisse, pp. ۸۱۵-۸۱۹.

Eden R. N. and C. P. Hazel (1993). Computer and graphical analysis of variable discharge pumping test of wells. Inst. Engrs. Australia Civil Engng. Trans. pp. 3-10.

Gburek, W.J., Folmar, G.H., and Urban, J.B. (1998). Field data and ground water modeling in a layered fractured aquifer. Ground Water, 37:170-184.

Grasby, S. Chen, Z. Osader, K. Betcher, R. Kennedy, P. (2000). "Fracture controlled regional variations in transmissivity, carbonate aquifer, southern manitoba, canada" Salt Lake City Annual Meeting, Session No. 40.

Hazen A., (1892). "Experiments upon the purification of sewage and water at the Lawrence experiment station" Massachusetts States Board of Health Twenty-Third Annual Report for 1891, pp. 428-434, Massachusetts.

Johnson A. I. (1963). "Specific Yield compilation of specific yields for various material: u.s". Geol. Survey Water-Supply.

Karami, G.H. (2002). Assessment of heterogeneity and flow systems in karstic aquifers using pumping test data, PhD. Thesis, Univ. of Newcastle, Newcastle upon Tyne, U.K., 183 p.

Karami, G.H., and Younger, p. (2002). Analysing step – Drowdown tests in heterogeneous aquifers. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 30: 290-303.

King F.H., (1899). "Principles and conditions of the movements of ground water" U.S. Geol. Survey 19th Ann, pp 86-91, Washington.

Krajewsky, S. (1996). Distribution of hydrogeological properties in fissured and fractured carbonate formations, Proceedings of international conference on karst-fractured aquifers - vulnerability and sustainability, Katowice-Ustron, Poland, pp. 83-90.

Leveinen, J., Rönkä, E., Tikkanen, J., Karro E., (1998). " Fractional flow dimensions and hydraulic properties of a fracture-zone aquifer, Leppävirta, Finland" Hydrogeology Journal 6(3):327-340.

Meinzer O.E. (1932). "Outline of methods for estimating ground-water supplies" USGPO., 638-C.

Michalski, A., and Britton, R. (1997). The role of bedding fractures in the hydrogeology of sedimentary bedrock- evidence from the Newark Basin, New Jersey. Ground Water, 35:318-327.

Moench, A.F. (1984). Double-porosity models for a fissured groundwater reservoir with fracture skin. Water Resour. Res., 20:831-846.

Odong J. (2007). "Evaluation of Empirical Formulae for Determination of Hydraulic Conductivity based on Grain-Size Analysis". Journal of American Science, 3(3).

Prill R.C. Johnson A.I. and Morris D.A. (1960). "Specific yield-laboratory experiments showing the effect of time on column drainage" USGPO., 1662-B, pp 00.

Raghavan R. (2004) A review of applications to constrain pumping test responses to improve on geological description and uncertainty.

Ramasesha, C.S., Shetty, G.Y., and Ashanmugana, S.S. (2003). Optimisation of aquifer parameters in the fractured rock aquifer system using numerical groundwater model. Groundwater in Fractured Rocks 280-286.

Razack, M., and Lasm, T. (2000). Geostatistical estimation of the transmissivity in a highly fractured metamorphic and crystalline aquifer (Man - Danane Region, Western Ivory Coast). Journal of Hydrology, xx: 1-10.

Samani, N., and Pasandi, M. (۲۰۰۱). Derivative-assisted evaluation of a heterogeneous aquifer. *New Approaches Characterizing Groundwater Flow*. Seiler and Wohnlich (eds), pp. ۳۹۵-۳۹۹.

Theis C. V. (۱۹۶۳). Estimating the transmissivity of a water-table aquifer from the specific capacity of a well. *U.S. Geological Survey Water Supply Paper*. ۱۵۳۶-۱. pp. ۳۳۲-۳۳۶.

Theis, C. V. (۱۹۳۵). "The relation between the lowering of the Piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage" *Eos, Transactions American Geophysical Union*., ۱۶, ۲, pp ۵۱۹-۵۲۴.

Thiem, G. (۱۹۰۶). "Hydrologic methods". Gebhardt, Leipzig, Germany. pp ۵۶.

Todd, D.K., (۲۰۰۵). *Groundwater hydrology*. Third Edition, John Wiley and Sons.

Todd, D.K. and Mays L.W., (۲۰۰۵). "Groundwater Hydrology", John Wiley and Sons, New York, pp. ۵۳۵.

Vila, S.X., Meier, P.M., and Carrera, J. (۱۹۹۹). Pumping test in heterogeneous aquifers: an analytical study of what can be obtained from their interpretation using Jacob's method. *Water Resour. Res.*, ۳۵:۹۴۳-۹۵۲.

Walton, W. C., (۱۹۸۷). "Groundwater pumping tests", Lewis Publishers, Inc., U.S.A.

Zuber, A., and Motyka, J. (۱۹۹۶). Hydraulic conductivity and solute transport parameters of karsticfractured-porous aquifers. *International conference on karst-fractured aquifers - vulnerability and sustainability*, Katowice-Ustron, Poland, pp. ۲۸۲-۲۸۹.

پیوست‌ها

(لاگ‌های حفاری چاه‌های اکتشافی)

جدول ۱- لاگ حفاری چاه اکتشافی سه راه مومن آباد

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۱	۰ - ۳	عمدتاً رس و سیلت + مقداری خرده سنگ + گچ
۲	۳ - ۶	عمدتاً رس و سیلت + کمی خرده سنگ + گچ
۳	۶ - ۹	عمدتاً رس و سیلت + مقداری خرده سنگ + گچ
۴	۹ - ۱۲	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه و شن + مقداری خرده سنگ + گچ
۵	۱۲ - ۱۵	عمدتاً رس و سیلت + مقداری خرده سنگ + گچ
۶	۱۵ - ۱۸	عمدتاً سیلت و رس + مقداری خرده سنگ + گچ
۷	۱۸ - ۲۱	
۸	۲۱ - ۲۴	عمدتاً سیلت و رس + اندکی ماسه و شن + مقداری خرده سنگ + گچ
۹	۲۴ - ۲۷	عمدتاً رس و سیلت + مقداری خرده سنگ + گچ
۱۰	۲۷ - ۳۰	عمدتاً رس و سیلت + کمی خرده سنگ + مقدار کمی گچ (از بالا به پایین، به تدریج از مقدار گچ کم می شود)
۱۱	۳۰ - ۳۳	
۱۲	۳۳ - ۳۶	
۱۳	۳۶ - ۳۹	
۱۴	۳۹ - ۴۲	
۱۵	۴۲ - ۴۵	
۱۶	۴۵ - ۴۸	عمدتاً رس و سیلت + کمی خرده سنگ (در افق های مختلف تغییراتی در رنگ ها به صورت تیره و روشن مشاهده می شد)
۱۷	۴۸ - ۵۱	
۱۸	۵۱ - ۵۴	
۱۹	۵۴ - ۵۷	
۲۰	۵۷ - ۶۰	
۲۱	۶۰ - ۶۳	عمدتاً رس و سیلت + مقداری خرده سنگ
۲۲	۶۳ - ۶۶	
۲۳	۶۶ - ۶۹	
۲۴	۶۹ - ۷۲	عمدتاً سیلت و رس + مقداری خرده سنگ
۲۵	۷۲ - ۷۵	
۲۶	۷۵ - ۷۸	
۲۷	۷۸ - ۸۱	عمدتاً رس و سیلت + مقداری خرده سنگ
۲۸	۸۱ - ۸۴	
۲۹	۸۴ - ۸۷	
۳۰	۸۷ - ۹۰	عمدتاً رس و سیلت + کمی خرده سنگ + مقدار کمی گچ
۳۱	۹۰ - ۹۳	
۳۲	۹۳ - ۹۶	

جدول ۱- ادامه

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۳۳	۹۶ - ۹۹	عمدتاً رس و سیلت + مقداری خرده سنگ + گچ
۳۴	۹۹ - ۱۰۲	
۳۵	۱۰۲ - ۱۰۵	
۳۶	۱۰۵ - ۱۰۸	عمدتاً رس و سیلت + مقداری خرده سنگ و ریگ + گچ
۳۷	۱۰۸ - ۱۱۱	عمدتاً رس و سیلت + شن + گچ
۳۸	۱۱۱ - ۱۱۴	
۳۹	۱۱۴ - ۱۱۷	شن رس دار + اندکی گچ
۴۰	۱۱۷ - ۱۲۰	
۴۱	۱۲۰ - ۱۲۳	
۴۲	۱۲۳ - ۱۲۶	شن رس دار + سیلت
۴۳	۱۲۶ - ۱۲۹	
۴۴	۱۲۹ - ۱۳۲	
۴۵	۱۳۲ - ۱۳۵	
۴۶	۱۳۵ - ۱۳۸	شن رس دار + کمی ماسه ریز
۴۷	۱۳۸ - ۱۴۱	
۴۸	۱۴۱ - ۱۴۴	
۴۹	۱۴۴ - ۱۴۷	
۵۰	۱۴۷ - ۱۵۰	شن رس دار
۵۱	۱۵۰ - ۱۵۳	
۵۲	۱۵۳ - ۱۵۶	
۵۳	۱۵۶ - ۱۵۹	
۵۴	۱۵۹ - ۱۶۲	شن رس دار + کمی ماسه + کمی خرده سنگ
۵۵	۱۶۲ - ۱۶۵	
۵۶	۱۶۵ - ۱۶۸	شن رس دار + کمی ماسه + کمی خرده سنگ و ریگ
۵۷	۱۶۸ - ۱۷۱	
۵۸	۱۷۱ - ۱۷۴	
۵۹	۱۷۴ - ۱۷۷	رس ماسه دار + شن
۶۰	۱۷۷ - ۱۸۰	
۶۱	۱۸۰ - ۱۸۳	رس ماسه دار + شن
۶۲	۱۸۳ - ۱۸۶	شن رس دار + ریگ
۶۳	۱۸۶ - ۱۸۹	عمدتاً رس + ماسه و شن
۶۴	۱۸۹ - ۱۹۲	عمدتاً شن + رس + گچ

جدول ۱- ادامه

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۶۵	۱۹۲ - ۱۹۵	عمدتاً شن و ماسه + کمی رس
۶۶	۱۹۵ - ۱۹۸	
۶۷	۱۹۸ - ۲۰۱	
۶۸	۲۰۱ - ۲۰۴	
۶۹	۲۰۴ - ۲۰۷	عمدتاً شن و ماسه + کمی رس + کمی ریگ
۷۰	۲۰۷ - ۲۱۰	

جدول ۲- لاگ حفاری چاه اکتشافی مجاور پلیس راه سمنان - دامغان

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۱	۰ - ۳	عمدتاً رس و سیلت + مقداری خرده سنگ
۲	۳ - ۶	
۳	۶ - ۹	
۴	۹ - ۱۲	عمدتاً رس و سیلت + مقداری خرده سنگ و ریگ
۵	۱۲ - ۱۵	
۶	۱۵ - ۱۸	
۷	۱۸ - ۲۱	عمدتاً سیلت و رس + شن درشت
۸	۲۱ - ۲۴	عمدتاً رس و سیلت + کمی شن
۹	۲۴ - ۲۷	عمدتاً رس و سیلت + شن
۱۰	۲۷ - ۳۰	عمدتاً رس و سیلت + کمی شن
۱۱	۳۰ - ۳۳	عمدتاً رس و سیلت + شن + کمی خرده سنگ
۱۲	۳۳ - ۳۶	عمدتاً سیلت و رس + کمی ماسه و شن + کمی خرده سنگ
۱۳	۳۶ - ۳۹	
۱۴	۳۹ - ۴۲	عمدتاً رس و سیلت + کمی ماسه و شن + کمی خرده سنگ
۱۵	۴۲ - ۴۵	عمدتاً سیلت و رس + کمی ماسه و شن + مقداری خرده سنگ
۱۶	۴۵ - ۴۸	عمدتاً رس و سیلت + کمی ماسه و شن + کمی ریگ
۱۷	۴۸ - ۵۱	
۱۸	۵۱ - ۵۴	
۱۹	۵۴ - ۵۷	عمدتاً رس و سیلت + کمی ماسه + کمی خرده سنگ
۲۰	۵۷ - ۶۰	عمدتاً سیلت و رس + کمی شن
۲۱	۶۰ - ۶۳	عمدتاً سیلت و رس + کمی شن + کمی ریگ
۲۲	۶۳ - ۶۶	
۲۳	۶۶ - ۶۹	عمدتاً سیلت و رس + کمی شن + کمی خرده سنگ
۲۴	۶۹ - ۷۲	
۲۵	۷۲ - ۷۵	
۲۶	۷۵ - ۷۸	عمدتاً سیلت و رس + شن + کمی خرده سنگ
۲۷	۷۸ - ۸۱	عمدتاً سیلت و رس + شن درشت + کمی خرده سنگ
۲۸	۸۱ - ۸۴	عمدتاً سیلت و رس + شن ریز + کمی خرده سنگ
۲۹	۸۴ - ۸۷	عمدتاً سیلت و رس + شن درشت + کمی خرده سنگ
۳۰	۸۷ - ۹۰	عمدتاً شن + کمی سیلت و رس + ریگ

جدول ۲- ادامه

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۳۱	۹۰ - ۹۳	عمدتاً شن + کمی سیلت و رس + ریگ
۳۲	۹۳ - ۹۶	
۳۳	۹۶ - ۹۹	
۳۴	۹۹ - ۱۰۲	
۳۵	۱۰۲ - ۱۰۵	
۳۶	۱۰۵ - ۱۰۸	
۳۷	۱۰۸ - ۱۱۱	عمدتاً شن + مفداری سیلت و رس + ریگ
۳۸	۱۱۱ - ۱۱۴	
۳۹	۱۱۴ - ۱۱۷	عمدتاً رس و سیلت + کمی شن + کمی خرده سنگ
۴۰	۱۱۷ - ۱۲۰	عمدتاً شن و ماسه + سیلت و رس
۴۱	۱۲۰ - ۱۲۳	عمدتاً رس و سیلت + کمی شن + کمی خرده سنگ
۴۲	۱۲۳ - ۱۲۶	
۴۳	۱۲۶ - ۱۲۹	
۴۴	۱۲۹ - ۱۳۲	عمدتاً رس و سیلت + شن و ماسه + کمی خرده سنگ
۴۵	۱۳۲ - ۱۳۵	
۴۶	۱۳۵ - ۱۳۸	شن و ماسه رس دار + کمی خرده سنگ
۴۷	۱۳۸ - ۱۴۱	عمدتاً شن و ماسه + رس + سیلت + کمی خرده سنگ
۴۸	۱۴۱ - ۱۴۴	عمدتاً شن و ماسه + کمی رس و سیلت + کمی خرده سنگ
۴۹	۱۴۴ - ۱۴۷	
۵۰	۱۴۷ - ۱۵۰	
۵۱	۱۵۰ - ۱۵۳	
۵۲	۱۵۳ - ۱۵۶	عمدتاً رس و سیلت + کمی خرده سنگ
۵۳	۱۵۶ - ۱۵۹	شن و ماسه رس دار + کمی خرده سنگ
۵۴	۱۵۹ - ۱۶۲	عمدتاً رس و سیلت + کمی شن
۵۵	۱۶۲ - ۱۶۵	شن و ماسه رس دار
۵۶	۱۶۵ - ۱۶۸	
۵۷	۱۶۸ - ۱۷۱	
۵۸	۱۷۱ - ۱۷۴	شن و ماسه رس دار + ریگ
۵۹	۱۷۴ - ۱۷۷	عمدتاً رس و سیلت + شن
۶۰	۱۷۷ - ۱۸۰	عمدتاً رس و سیلت + شن + کمی خرده سنگ

جدول ۲- ادامه

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۶۱	۱۸۰ - ۱۸۳	عمدتاً رس و سیلت + شن + کمی شن و ماسه
۶۲	۱۸۳ - ۱۸۶	عمدتاً رس و سیلت + شن + کمی شن و ماسه + ریگ
۶۳	۱۸۶ - ۱۸۹	عمدتاً شن درشت و ماسه + رس و سیلت + ریگ
۶۴	۱۸۹ - ۱۹۲	
۶۵	۱۹۲ - ۱۹۵	عمدتاً رس و سیلت + شن + کمی شن + کمی خرده سنگ
۶۶	۱۹۵ - ۱۹۸	عمدتاً رس و سیلت + شن + کمی شن + مقداری خرده سنگ
۶۷	۱۹۸ - ۲۰۱	عمدتاً شن درشت و ماسه + رس و سیلت + کمی خرده سنگ
۶۸	۲۰۱ - ۲۰۴	عمدتاً شن درشت و ماسه + رس و سیلت + ریگ
۶۹	۲۰۴ - ۲۰۷	شن و ماسه رس دار + ریگ
۷۰	۲۰۷ - ۲۱۰	
۷۱	۲۱۰ - ۲۱۳	
۷۲	۲۱۳ - ۲۱۶	
۷۳	۲۱۶ - ۲۱۹	
۷۴	۲۱۹ - ۲۲۲	
۷۵	۲۲۲ - ۲۲۵	
۷۶	۲۲۵ - ۲۲۸	
۷۷	۲۲۸ - ۲۳۱	عمدتاً شن و ماسه + رس و سیلت + ریگ
۷۸	۲۳۱ - ۲۳۴	
۷۹	۲۳۴ - ۲۳۷	
۸۰	۲۳۷ - ۲۴۰	شن و ماسه رس دار + ریگ
۸۱	۲۴۰ - ۲۴۳	
۸۲	۲۴۳ - ۲۴۶	
۸۳	۲۴۶ - ۲۵۰	

جدول ۳- لاگ حفاری چاه اکتشافی پل راه آهن سمنان

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۱	۰ - ۳	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه + اندکی خرده سنگ
۲	۳ - ۶	
۳	۶ - ۹	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه
۴	۹ - ۱۲	
۵	۱۲ - ۱۵	
۶	۱۵ - ۱۸	
۷	۱۸ - ۲۱	رسی سیلت دار
۸	۲۱ - ۲۴	
۹	۲۴ - ۲۷	
۱۰	۲۷ - ۳۰	رسی سیلت دار + اندکی خرده سنگ
۱۱	۳۰ - ۳۳	
۱۲	۳۳ - ۳۶	
۱۳	۳۶ - ۳۹	رسی سیلت دار
۱۴	۳۹ - ۴۲	
۱۵	۴۲ - ۴۵	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه + اندکی خرده سنگ
۱۶	۴۵ - ۴۸	
۱۷	۴۸ - ۵۱	رسی سیلت دار
۱۸	۵۱ - ۵۴	
۱۹	۵۴ - ۵۷	
۲۰	۵۷ - ۶۰	
۲۱	۶۰ - ۶۳	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه
۲۲	۶۳ - ۶۶	
۲۳	۶۶ - ۶۹	
۲۴	۶۹ - ۷۲	رسی سیلت دار
۲۵	۷۲ - ۷۵	
۲۶	۷۵ - ۷۸	
۲۷	۷۸ - ۸۱	
۲۸	۸۱ - ۸۴	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه
۲۹	۸۴ - ۸۷	
۳۰	۸۷ - ۹۰	عمدتاً رس و سیلت + کمی ماسه + اندکی خرده سنگ
۳۱	۹۰ - ۹۳	

جدول ۳- ادامه

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۳۲	۹۳ - ۹۶	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه + اندکی خرده سنگ
۳۳	۹۶ - ۹۹	
۳۴	۹۹ - ۱۰۲	
۳۵	۱۰۲ - ۱۰۵	
۳۶	۱۰۵ - ۱۰۸	رسی سیلت‌دار
۳۷	۱۰۸ - ۱۱۲	

جدول ۴- لاگ حفاری چاه اکتشافی جنت آباد ایوانکی

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۱	۰ - ۳	رس و سیلت + کمی ماسه + کمی خرده سنگ
۲	۳ - ۶	
۳	۶ - ۹	
۴	۹ - ۱۲	رس و سیلت + ماسه + کمی خرده سنگ
۵	۱۲ - ۱۵	
۶	۱۵ - ۱۸	
۷	۱۸ - ۲۱	ماسه + رس و سیلت + کمی خرده سنگ
۸	۲۱ - ۲۴	
۹	۲۴ - ۲۷	ماسه + رس و سیلت + مقداری خرده سنگ
۱۰	۲۷ - ۳۰	
۱۱	۳۰ - ۳۳	
۱۲	۳۳ - ۳۶	ماسه + رس و سیلت
۱۳	۳۶ - ۳۹	
۱۴	۳۹ - ۴۲	ماسه + رس و سیلت + اندکی خرده سنگ
۱۵	۴۲ - ۴۵	
۱۶	۴۵ - ۴۸	
۱۷	۴۸ - ۵۱	شن و ماسه + سیلت + رس + اندکی خرده سنگ
۱۸	۵۱ - ۵۴	
۱۹	۵۴ - ۵۷	
۲۰	۵۷ - ۶۰	
۲۱	۶۰ - ۶۳	
۲۲	۶۳ - ۶۶	سیلت + رس + شن و ماسه + کمی خرده سنگ
۲۳	۶۶ - ۶۹	
۲۴	۶۹ - ۷۲	سیلت + رس + شن و ماسه
۲۵	۷۲ - ۷۵	
۲۶	۷۵ - ۷۸	
۲۷	۷۸ - ۸۱	شن و ماسه + سیلت + رس
۲۸	۸۱ - ۸۴	
۲۹	۸۴ - ۸۷	شن و ماسه + اندکی سیلت و رس + اندکی خرده سنگ
۳۰	۸۷ - ۹۰	
۳۱	۹۰ - ۹۳	شن و ماسه + اندکی سیلت و رس + اندکی خرده سنگ
۳۲	۹۳ - ۹۶	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه + اندکی خرده سنگ

جدول ۴- ادامه

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۳۳	۹۶ - ۹۹	شن و ماسه + اندکی سیلت و رس + اندکی خرده سنگ
۳۴	۹۹ - ۱۰۲	
۳۵	۱۰۲ - ۱۰۵	
۳۶	۱۰۵ - ۱۰۸	
۳۷	۱۰۸ - ۱۱۱	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه + اندکی خرده سنگ
۳۸	۱۱۱ - ۱۱۴	شن و ماسه + اندکی سیلت و رس + مقداری خرده سنگ
۳۹	۱۱۴ - ۱۱۷	
۴۰	۱۱۷ - ۱۲۰	
۴۱	۱۲۰ - ۱۲۳	
۴۲	۱۲۳ - ۱۲۶	عمدتاً شن و ماسه + اندکی سیلت و رس + مقداری خرده سنگ
۴۳	۱۲۶ - ۱۲۹	
۴۴	۱۲۹ - ۱۳۲	
۴۵	۱۳۲ - ۱۳۵	
۴۶	۱۳۵ - ۱۳۸	شن و ماسه رس دار
۴۷	۱۳۸ - ۱۴۱	
۴۸	۱۴۱ - ۱۴۴	
۴۹	۱۴۴ - ۱۴۷	رس و سیلت + مقداری ماسه + اندکی خرده سنگ
۵۰	۱۴۷ - ۱۵۰	
۵۱	۱۵۰ - ۱۵۳	رس و سیلت + ماسه + مقداری خرده سنگ
۵۲	۱۵۳ - ۱۵۶	
۵۳	۱۵۶ - ۱۵۹	
۵۴	۱۵۹ - ۱۶۲	
۵۵	۱۶۲ - ۱۶۵	
۵۶	۱۶۵ - ۱۶۸	رس و سیلت + مقداری ماسه
۵۷	۱۶۸ - ۱۷۱	
۵۸	۱۷۱ - ۱۷۴	
۵۹	۱۷۴ - ۱۷۷	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه
۶۰	۱۷۷ - ۱۸۰	

جدول ۴- ادامه

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۶۱	۱۸۰ - ۱۸۳	عمدتاً شن و ماسه + اندکی سیلت و رس + مقداری خرده سنگ
۶۲	۱۸۳ - ۱۸۶	
۶۳	۱۸۶ - ۱۸۹	
۶۴	۱۸۹ - ۱۹۲	
۶۵	۱۹۲ - ۱۹۵	
۶۶	۱۹۵ - ۱۹۸	رس و سیلت + ماسه
۶۷	۱۹۸ - ۲۰۱	
۶۸	۲۰۱ - ۲۰۴	
۶۹	۲۰۴ - ۲۰۷	شن و ماسه + سیلت + رس + مقداری خرده سنگ
۷۰	۲۰۷ - ۲۱۰	
۷۱	۲۱۰ - ۲۱۳	
۷۲	۲۱۳ - ۲۱۶	
۷۳	۲۱۶ - ۲۱۹	شن و ماسه + سیلت + رس
۷۴	۲۱۹ - ۲۲۲	
۷۵	۲۲۲ - ۲۲۵	عمدتاً شن و ماسه + اندکی سیلت و رس + مقداری خرده سنگ
۷۶	۲۲۵ - ۲۲۸	
۷۷	۲۲۸ - ۲۳۱	شن و ماسه + سیلت + رس + کمی خرده سنگ
۷۸	۲۳۱ - ۲۳۴	
۷۹	۲۳۴ - ۲۳۷	
۸۰	۲۳۷ - ۲۴۰	عمدتاً شن و ماسه + اندکی سیلت و رس + مقداری خرده سنگ
۸۱	۲۴۰ - ۲۴۳	شن و ماسه + سیلت + رس + مقداری خرده سنگ
۸۲	۲۴۳ - ۲۴۶	
۸۳	۲۴۶ - ۲۵۰	

جدول ۵- لاگ حفاری چاه اکتشافی چشمه نادی ایوانکی

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۱	۰ - ۳	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه
۲	۳ - ۶	
۳	۶ - ۹	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه + اندکی خرده سنگ
۴	۹ - ۱۲	
۵	۱۲ - ۱۵	
۶	۱۵ - ۱۸	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه
۷	۱۸ - ۲۱	
۸	۲۱ - ۲۴	رسی سیلتی
۹	۲۴ - ۲۷	
۱۰	۲۷ - ۳۰	
۱۱	۳۰ - ۳۳	
۱۲	۳۳ - ۳۶	عمدتاً رس و سیلت + کمی ماسه
۱۳	۳۶ - ۳۹	
۱۴	۳۹ - ۴۲	
۱۵	۴۲ - ۴۵	عمدتاً رس و سیلت + کمی ماسه + اندکی خرده سنگ
۱۶	۴۵ - ۴۸	
۱۷	۴۸ - ۵۱	رس و سیلت + ماسه + کمی خرده سنگ
۱۸	۵۱ - ۵۴	
۱۹	۵۴ - ۵۷	
۲۰	۵۷ - ۶۰	
۲۱	۶۰ - ۶۳	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه
۲۲	۶۳ - ۶۶	
۲۳	۶۶ - ۶۹	
۲۴	۶۹ - ۷۲	
۲۵	۷۲ - ۷۵	رس و سیلت + کمی ماسه + کمی خرده سنگ
۲۶	۷۵ - ۷۸	
۲۷	۷۸ - ۸۱	
۲۸	۸۱ - ۸۴	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه
۲۹	۸۴ - ۸۷	
۳۰	۸۷ - ۹۰	رس و سیلت + کمی ماسه + کمی خرده سنگ
۳۱	۹۰ - ۹۳	
۳۲	۹۳ - ۹۶	

جدول ۵- ادامه

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۳۳	۹۶ - ۹۹	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه
۳۴	۹۹ - ۱۰۲	
۳۵	۱۰۲ - ۱۰۵	
۳۶	۱۰۵ - ۱۰۸	رس و سیلت + کمی ماسه + کمی خرده سنگ
۳۷	۱۰۸ - ۱۱۱	
۳۸	۱۱۱ - ۱۱۴	رسی سیلتی
۳۹	۱۱۴ - ۱۱۷	
۴۰	۱۱۷ - ۱۲۰	
۴۱	۱۲۰ - ۱۲۳	
۴۲	۱۲۳ - ۱۲۶	
۴۳	۱۲۶ - ۱۲۹	رس و سیلت + کمی ماسه + کمی خرده سنگ
۴۴	۱۲۹ - ۱۳۲	
۴۵	۱۳۲ - ۱۳۵	
۴۶	۱۳۵ - ۱۳۸	عمدتاً رس و سیلت + اندکی ماسه
۴۷	۱۳۸ - ۱۴۱	
۴۸	۱۴۱ - ۱۴۴	
۴۹	۱۴۴ - ۱۴۷	رسی سیلتی
۵۰	۱۴۷ - ۱۵۰	

جدول ۶- لاگ حفاری چاه اکتشافی باغ دانش ایوانکی

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۱	۰ - ۳	عمدتاً رس و سیلت + کمی ماسه + کمی خرده سنگ
۲	۳ - ۶	
۳	۶ - ۹	
۴	۹ - ۱۲	سیلت + رس + ماسه + مقداری خرده سنگ
۵	۱۲ - ۱۵	
۶	۱۵ - ۱۸	
۷	۱۸ - ۲۱	
۸	۲۱ - ۲۴	سیلت + رس + ماسه + کمی خرده سنگ
۹	۲۴ - ۲۷	
۱۰	۲۷ - ۳۰	
۱۱	۳۰ - ۳۳	
۱۲	۳۳ - ۳۶	
۱۳	۳۶ - ۳۹	
۱۴	۳۹ - ۴۲	
۱۵	۴۲ - ۴۵	
۱۶	۴۵ - ۴۸	عمدتاً رس و سیلت + کمی ماسه
۱۷	۴۸ - ۵۱	
۱۸	۵۱ - ۵۴	
۱۹	۵۴ - ۵۷	
۲۰	۵۷ - ۶۰	
۲۱	۶۰ - ۶۳	عمدتاً رس + سیلت + کمی ماسه + مقداری خرده سنگ
۲۲	۶۳ - ۶۶	
۲۳	۶۶ - ۶۹	
۲۴	۶۹ - ۷۲	
۲۵	۷۲ - ۷۵	ماسه + رس + سیلت + خرده سنگ
۲۶	۷۵ - ۷۸	
۲۷	۷۸ - ۸۱	سیلت + رس + ماسه + کمی خرده سنگ
۲۸	۸۱ - ۸۴	
۲۹	۸۴ - ۸۷	
۳۰	۸۷ - ۹۰	عمدتاً رس و سیلت + کمی ماسه + مقداری خرده سنگ
۳۱	۹۰ - ۹۳	

جدول ۶- ادامه

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۳۲	۹۳ - ۹۶	عمدتاً رس و سیلت + کمی خرده سنگ
۳۳	۹۶ - ۹۹	
۳۴	۹۹ - ۱۰۲	
۳۵	۱۰۲ - ۱۰۵	رس و سیلت + کمی ماسه + کمی خرده سنگ
۳۶	۱۰۵ - ۱۰۸	
۳۷	۱۰۸ - ۱۱۱	
۳۸	۱۱۱ - ۱۱۴	
۳۹	۱۱۴ - ۱۱۷	
۴۰	۱۱۷ - ۱۲۰	عمدتاً رس و سیلت
۴۱	۱۲۰ - ۱۲۳	
۴۲	۱۲۳ - ۱۲۶	رس و سیلت + ماسه + کمی خرده سنگ
۴۳	۱۲۶ - ۱۲۹	عمدتاً شن و ماسه + کمی سیلت + کمی رس + مقداری خرده سنگ
۴۴	۱۲۹ - ۱۳۲	
۴۵	۱۳۲ - ۱۳۵	
۴۶	۱۳۵ - ۱۳۸	رس و سیلت + ماسه + کمی خرده سنگ
۴۷	۱۳۸ - ۱۴۱	
۴۸	۱۴۱ - ۱۴۴	عمدتاً شن و ماسه + اندکی سیلت + اندکی رس + مقداری خرده سنگ
۴۹	۱۴۴ - ۱۴۷	
۵۰	۱۴۷ - ۱۵۰	
۵۱	۱۵۰ - ۱۵۳	
۵۲	۱۵۳ - ۱۵۶	
۵۳	۱۵۶ - ۱۵۹	عمدتاً شن و ماسه + کمی سیلت + کمی رس + مقداری خرده سنگ
۵۴	۱۵۹ - ۱۶۲	
۵۵	۱۶۲ - ۱۶۵	
۵۶	۱۶۵ - ۱۶۸	
۵۷	۱۶۸ - ۱۷۱	
۵۸	۱۷۱ - ۱۷۴	ماسه رس دار + شن + مقداری خرده سنگ
۵۹	۱۷۴ - ۱۷۷	
۶۰	۱۷۷ - ۱۸۰	

جدول ۶- ادامه

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۶۱	۱۸۰ - ۱۸۳	عمدتاً شن و ماسه + کمی سیلت + کمی رس + مقداری خرده سنگ
۶۲	۱۸۳ - ۱۸۶	
۶۳	۱۸۶ - ۱۸۹	
۶۴	۱۸۹ - ۱۹۲	شن و ماسه + سیلت + رس
۶۵	۱۹۲ - ۱۹۵	شن و ماسه + سیلت + رس + اندکی خرده سنگ
۶۶	۱۹۵ - ۱۹۸	
۶۷	۱۹۸ - ۲۰۱	شن و ماسه + سیلت + رس
۶۸	۲۰۱ - ۲۰۴	
۶۹	۲۰۴ - ۲۰۷	
۷۰	۲۰۷ - ۲۱۰	عمدتاً شن و ماسه + اندکی خرده سنگ
۷۱	۲۱۰ - ۲۱۳	شن و ماسه + سیلت + رس + اندکی خرده سنگ
۷۲	۲۱۳ - ۲۱۶	
۷۳	۲۱۶ - ۲۱۹	
۷۴	۲۱۹ - ۲۲۲	عمدتاً شن و ماسه + مقداری خرده سنگ
۷۵	۲۲۲ - ۲۲۵	شن و ماسه + سیلت + رس + کمی خرده سنگ
۷۶	۲۲۵ - ۲۲۸	
۷۷	۲۲۸ - ۲۳۱	
۷۸	۲۳۱ - ۲۳۴	
۷۹	۲۳۴ - ۲۳۷	شن و ماسه + سیلت + رس + اندکی خرده سنگ
۸۰	۲۳۷ - ۲۴۰	
۸۱	۲۴۰ - ۲۴۳	
۸۲	۲۴۳ - ۲۴۶	رس و سیلت + اندکی ماسه + اندکی خرده سنگ
۸۳	۲۴۶ - ۲۵۰	

جدول ۷- لاگ حفاری چاه شماره ۱ گرمسار

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۱	۰ - ۳	شن و ماسه + رس و سیلت
۲	۳ - ۶	
۳	۶ - ۹	
۴	۹ - ۱۲	
۵	۱۲ - ۱۵	
۶	۱۵ - ۱۸	
۷	۱۸ - ۲۱	
۸	۲۱ - ۲۴	
۹	۲۴ - ۲۷	
۱۰	۲۷ - ۳۰	
۱۱	۳۰ - ۳۳	ماسه + سیلت
۱۲	۳۳ - ۳۶	
۱۳	۳۶ - ۳۹	
۱۴	۳۹ - ۴۲	
۱۵	۴۲ - ۴۵	
۱۶	۴۵ - ۴۸	
۱۷	۴۸ - ۵۱	
۱۸	۵۱ - ۵۴	
۱۹	۵۴ - ۵۷	
۲۰	۵۷ - ۶۰	
۲۱	۶۰ - ۶۳	شن و ماسه + کمی خرده سنگ
۲۲	۶۳ - ۶۶	
۲۳	۶۶ - ۶۹	
۲۴	۶۹ - ۷۲	
۲۵	۷۲ - ۷۵	
۲۶	۷۵ - ۷۸	
۲۷	۷۸ - ۸۱	شن و ماسه + کمی رس و سیلت
۲۸	۸۱ - ۸۴	
۲۹	۸۴ - ۸۷	
۳۰	۸۷ - ۹۰	

جدول ۷- ادامه

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۳۱	۹۰-۹۳	شن و ماسه + کمی رس و سیلت
۳۲	۹۳-۹۶	شن و ماسه + کمی رس و سیلت
۳۳	۹۶-۹۹	
۳۴	۹۹-۱۰۲	
۳۵	۱۰۲-۱۰۵	شن و ماسه + اندکی خرده سنگ
۳۶	۱۰۵-۱۰۸	
۳۷	۱۰۸-۱۱۱	
۳۸	۱۱۱-۱۱۴	
۳۹	۱۱۴-۱۱۷	
۴۰	۱۱۷-۱۲۰	
۴۱	۱۲۰-۱۲۳	
۴۲	۱۲۳-۱۲۶	
۴۳	۱۲۶-۱۲۹	
۴۴	۱۲۹-۱۳۲	عمدتاً شن و ماسه
۴۵	۱۳۲-۱۳۵	
۴۶	۱۳۵-۱۳۸	
۴۷	۱۳۸-۱۴۱	
۴۸	۱۴۱-۱۴۴	
۴۹	۱۴۴-۱۴۷	
۵۰	۱۴۷-۱۵۰	
۵۱	۱۵۰-۱۵۳	
۵۲	۱۵۳-۱۵۶	شن و ماسه + رس و سیلت
۵۳	۱۵۶-۱۵۹	
۵۴	۱۵۹-۱۶۲	
۵۵	۱۶۲-۱۶۵	

جدول ۸- لاگ حفاری چاه شماره ۲ گرمسار

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۱	۰ - ۳	رس و سیلت + ماسه
۲	۳ - ۶	
۳	۶ - ۹	
۴	۹ - ۱۲	
۵	۱۲ - ۱۵	
۶	۱۵ - ۱۸	
۷	۱۸ - ۲۱	ماسه + رس و سیلت
۸	۲۱ - ۲۴	
۹	۲۴ - ۲۷	
۱۰	۲۷ - ۳۰	
۱۱	۳۰ - ۳۳	
۱۲	۳۳ - ۳۶	
۱۳	۳۶ - ۳۹	
۱۴	۳۹ - ۴۲	
۱۵	۴۲ - ۴۵	
۱۶	۴۵ - ۴۸	شن و ماسه + کمی رس و سیلت
۱۷	۴۸ - ۵۱	
۱۸	۵۱ - ۵۴	
۱۹	۵۴ - ۵۷	
۲۰	۵۷ - ۶۰	
۲۱	۶۰ - ۶۳	
۲۲	۶۳ - ۶۶	
۲۳	۶۶ - ۶۹	شن و ماسه + کمی رس و سیلت + کمی خرده سنگ
۲۴	۶۹ - ۷۲	
۲۵	۷۲ - ۷۵	
۲۶	۷۵ - ۷۸	
۲۷	۷۸ - ۸۱	
۲۸	۸۱ - ۸۴	
۲۹	۸۴ - ۸۷	
۳۰	۸۷ - ۹۰	

جدول ۸- ادامه

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۳۱	۹۰-۹۳	شن و ماسه + کمی رس و سیلت + کمی خرده سنگ
۳۲	۹۳-۹۶	شن و ماسه + کمی رس و سیلت + کمی خرده سنگ
۳۳	۹۶-۹۹	
۳۴	۹۹-۱۰۲	عمدتاً شن و ماسه
۳۵	۱۰۲-۱۰۵	
۳۶	۱۰۵-۱۰۸	
۳۷	۱۰۸-۱۱۱	
۳۸	۱۱۱-۱۱۴	
۳۹	۱۱۴-۱۱۷	
۴۰	۱۱۷-۱۲۰	
۴۱	۱۲۰-۱۲۳	
۴۲	۱۲۳-۱۲۶	رس و سیلت + کمی ماسه و خرده سنگ
۴۳	۱۲۶-۱۲۹	
۴۴	۱۲۹-۱۳۲	
۴۵	۱۳۲-۱۳۵	
۴۶	۱۳۵-۱۳۸	
۴۷	۱۳۸-۱۴۱	
۴۸	۱۴۱-۱۴۴	
۴۹	۱۴۴-۱۴۷	
۵۰	۱۴۷-۱۵۰	

جدول ۹- لاگ حفاری چاه شماره ۳ گرمسار

ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۱	۰ - ۳	رس و سیلت + ماسه + کمی خرده سنگ
۲	۳ - ۶	
۳	۶ - ۹	
۴	۹ - ۱۲	
۵	۱۲ - ۱۵	
۶	۱۵ - ۱۸	
۷	۱۸ - ۲۱	
۸	۲۱ - ۲۴	رس و سیلت + ماسه
۹	۲۴ - ۲۷	
۱۰	۲۷ - ۳۰	
۱۱	۳۰ - ۳۳	
۱۲	۳۳ - ۳۶	
۱۳	۳۶ - ۳۹	
۱۴	۳۹ - ۴۲	ماسه + رس و سیلت
۱۵	۴۲ - ۴۵	
۱۶	۴۵ - ۴۸	
۱۷	۴۸ - ۵۱	
۱۸	۵۱ - ۵۴	
۱۹	۵۴ - ۵۷	
۲۰	۵۷ - ۶۰	
۲۱	۶۰ - ۶۳	
۲۲	۶۳ - ۶۶	
۲۳	۶۶ - ۶۹	شن و ماسه
۲۴	۶۹ - ۷۲	
۲۵	۷۲ - ۷۵	
۲۶	۷۵ - ۷۸	
۲۷	۷۸ - ۸۱	
۲۸	۸۱ - ۸۴	
۲۹	۸۴ - ۸۷	رس و سیلت + ماسه
۳۰	۸۷ - ۹۰	
۳۱	۹۰ - ۹۳	

جدول ۹- ادامه

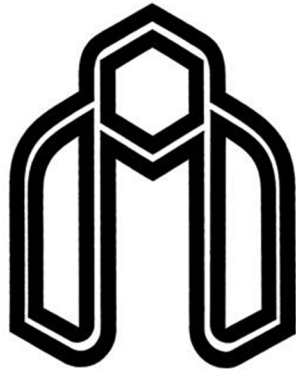
ردیف	عمق (متر)	شرح رسوبات
۳۲	۹۳ - ۹۶	رس و سیلت + ماسه
۳۳	۹۶ - ۹۹	
۳۴	۹۹ - ۱۰۲	
۳۵	۱۰۲ - ۱۰۵	ماسه + رس و سیلت
۳۶	۱۰۵ - ۱۰۸	
۳۷	۱۰۸ - ۱۱۱	
۳۸	۱۱۱ - ۱۱۴	
۳۹	۱۱۴ - ۱۱۷	
۴۰	۱۱۷ - ۱۲۰	
۴۱	۱۲۰ - ۱۲۳	
۴۲	۱۲۳ - ۱۲۶	
۴۳	۱۲۶ - ۱۲۹	رس و سیلت + کمی ماسه
۴۴	۱۲۹ - ۱۳۲	
۴۵	۱۳۲ - ۱۳۵	
۴۶	۱۳۵ - ۱۳۸	
۴۷	۱۳۸ - ۱۴۰	

Abstract

Perform pumping test by conventional methods (i.e. use of pumping wells and piezometric wells around it) requires a very high cost. Therefore, in different plains such tests have been limitedly carried out. On the other hand, analyzing pumping test data requires experienced people and their uncertainty is also high. Due to the fact that a high number of wells have been drilled in the plains to extract groundwater, so it is possible to use these wells and provide a suitable method to estimate the hydrodynamic parameters of the aquifer. To obtain the aquifer hydrodynamic coefficients, single-well test which has been raised internationally in recent years is the best idea among the simplest, least expensive and reliable methods. In single-well pumping test method exploitation wells, which have been in all plains will be used for estimating the aquifer hydrodynamic parameters that costs very little.

In order to estimate the specific yield values using single well system, data of 9 pumping wells in Semnan, Eavanekay and Garmsar plains have been used. First, the necessary corrections are made to the pumping test data and then the data have been analyzed by the aquifer Win³² software and the values of specific yield and Transmissivity have been determined. Studies have been shown that the values of specific yield obtained using drilling logs of pumping wells and parameter extracted from pumping test data show a linear relationship with very good correlation. Thus, the equations $Sy = 0.0227x + 0.0221$ between that the values of specific yield obtained using drilling logs of pumping wells (Sy) with the parameter extracted from the pumping test data (x) is obtained. The value of x is determined as $x = Q / (\alpha \cdot Aq. Loss + \beta)$ in which Q is the pumping flow rate in cubic meters per second, x is the parameter extracted from the pumping test data, and α and β are the experimental coefficients, which are obtained as 0.00 and 0.20, respectively, $Aq. loss$ is the amount of aquifer loss in meters. Therefore, specific yield values can be estimated with can be used this line equation for those pumping wells that do not have piezometer and drilling log information

Keywords: specific yield, pumping test, single-well pumping test



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Sciencens

M. Sc. Thesis in Hydrogeology

**Estimation of specific yield basd on single well
pumping test data, case study in Eavanekay, Garmsar
and Semnan plains**

By:

Seyed Reza Mirbagheri

Supervisor:

Dr. Gholam Hossein Karami

September ۲۰۲۱