

بررسی عوامل مؤثر در افت فشار داده‌های هیدرولیکی جلگه گیلان

محمد رضا افشاری آزاد* - استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت
محمد پورهشیر - دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا، ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۰/۰۳ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۰۶/۲۵

چکیده

در جلگه گیلان منفی شدن افت فشار، به‌ویژه در زمان برداشت زیاد، یکی از مسائل هیدرولیکی منطقه است. تحلیل نتایج آزمایش پمپاژ، در مواردی ضرایب افت فشار در شبکه جدار یا در آبخوان را نشان می‌دهد. برای بررسی علل، اطلاعات ششصد حلقه چاه عمیق مورد بررسی قرار گرفته است. تحلیل نتایج پمپاژ که به‌روش افت پله‌ای پمپاژ شده بودند، شاخصی برای طبقه‌بندی در سه گروه کلی تعیین شد. در گروه اول، ضرایب افت فشار در شبکه جدار و در آبخوان هر دو مثبت بوده و در گروه دوم، ضریب افت فشار در شبکه جدار مثبت ولی در آبخوان منفی و در نهایت در گروه سوم، ضریب افت فشار در شبکه جدار منفی ولی در آبخوان مثبت بوده است. بررسی مشخصه چاه‌های متعلق به هر گروه و شرایط جغرافیایی و ژئومورفولوژیکی آنها نشان می‌دهد که چاه‌های متعلق به گروه اول، در آبخوان‌های با نفوذپذیری مناسب، پتانسیل خوب و با کیفیت مطلوب حفر شده‌اند. در حالی که چاه‌های گروه دوم، در آبخوان‌های با نفوذپذیری کم، پتانسیل ضعیف یا در آبخوان‌های گروه اول اما با کیفیت نامطلوب حفر شده‌اند و سرانجام چاه‌های گروه سوم، در آبخوان‌های با نفوذپذیری مناسب و با کیفیت مطلوب حفر شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: آب زیرزمینی، آبخوان، افت فشار، تغذیه و اداری، جلگه گیلان، هیدرولوژی.

مقدمه

آب زیرزمینی از منابع حیاتی برای تأمین نیازمندی‌های شرب، کشاورزی و صنعت است و موجب برپایی تمدن‌هایی در پهنه دشت‌ها و اراضی دور از رودخانه‌های آب شیرین شده است و امروزه نیز به‌سهم خود، کمک مؤثری به رشد اقتصادی جوامع مختلف می‌کند (Hayes & et al., 1998). در دشت‌های آبرفتی جلگه گیلان، به برکت بارندگی زیاد و شبکه هیدروگرافی گسترده، مشکل افت سطح آب زیرزمینی وجود ندارد، اما با توجه به شرایط زمین‌شناسی جلگه و عوامل

محیطی مؤثر در بهره‌برداری از آب زیرزمینی، مشکلات دیگری را در پی داشته که منفی‌شدن ضریب اُفت فشار در شبکه جدار چاه و آبخوان، از آن دسته است. با وجودی که حدود ۷۵ درصد از سطح کره زمین را آب فرا گرفته است، فقط ۲/۹۷ درصد از آب موجود روی زمین دارای کیفیت خوب و شیرین است. از این مقدار آب هم ۹۹/۳۱ درصد به‌صورت یخ در یخچال‌ها و مناطق قطبی متمرکز بوده و تنها ۰/۶۹ درصد آن برای مصارف مختلف در دسترس است. از کل آب شیرین در دسترس هم ۳ درصد در رودخانه‌ها و دریاچه‌های آب شیرین موجود بوده و ۹۷ درصد آن در داخل لایه‌های زمین جمع شده، آبهای زیرزمینی را تشکیل می‌دهند (پورهشیار، ۱۳۸۱: ۷). پس از اقیانوس‌ها و یخ‌های قطبی، مهم‌ترین منبع آب، آبهای زیرزمینی هستند (علیزاده، ۱۳۸۵: ۱۹۸). از کل آبهای شیرین دنیا، بیشترین مقدار آن را آبهای زیرزمینی شیرین تشکیل می‌دهند که حدود نیمی از آن به‌آسانی قابل استفاده است (کردوانی، ۱۳۷۴: ۶۴). بی‌شک ۹۰ درصد آبخانه‌های مورد استفاده در رسوب‌های منفصل، به‌خصوص سنگ‌ریزه و شن تشکیل شده‌اند که در این بین سنگ‌های رسوبی از اهمیت بیشتری برخوردار هستند و با وجود گسترش آنها نسبت به سازندهای دیگر، کم و در حدود ۵ درصد است، اما ۹۵ درصد ذخایر آبهای زیرزمینی را به‌خود اختصاص داده است (ولایتی، ۱۳۷۴: ۸۰). هرچند آبهای زیرزمینی از جنبه‌های مختلف توسعه حائز اهمیت است، اما آلودگی این منابع آبی یکی از معضلات زیست‌محیطی شمرده می‌شود (کریمی و همکار، ۱۳۹۱).

حسینی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی تأثیر سموم دفع آفات کشاورزی بر کیفیت آب شرب چاه‌های روستاهای شمیرانات، وجود مقادیری از سموم در آب تغلیظ‌شده در چاه‌های نمونه، به‌خصوص در خردادماه را مشاهده کردند. به‌همین دلیل استفاده از سموم آفت‌کش تهدیدی برای منابع تأمین آب شرب شهرستان شمرده می‌شود. با توجه به بارندگی سالانه و در نظر گرفتن مقدار هدر رفتن ناشی از تبخیر، حجم تولید آب حدود ۱۲۸ میلیارد مترمکعب در سال است. از این مقدار حدود ۸۳ میلیارد مترمکعب منابع آبهای سطحی را تشکیل داده و ۴۵ میلیارد مترمکعب آن با نفوذ در لایه‌های زمین، به ذخایر آب زیرزمینی پیوسته و ذخایر تجدیدشونده یا پویا (دینامیک) را به‌وجود می‌آورد. در چند دهه اخیر، رشد جمعیت و افزایش نیاز به آب، موجب بهره‌برداری بیشتر از این منبع حیاتی شده است؛ به‌گونه‌ای که در فاصله سال‌های ۵۲-۵۱ تا ۸۴-۸۵، مقدار بهره‌برداری از ذخایر آب زیرزمینی از ۱۸/۷ به ۷۹/۸۴ میلیارد مترمکعب افزایش داشته و تعداد چاه‌ها در این مدت از ۴۷۱۳۷ به ۵۸۸۷۴۳ حلقه رسیده است. این امر موجب اُفت سطح آب در بسیاری از دشت‌های کشور شده است (صباحی، ۱۳۸۶: ۱۵۱).

اُفت عبارت است از فاصله سطح استاتیک و سطح دینامیک چاه. اُفت آب در چاه سبب کاهش فشار آب در آن می‌شود، در حالی که طبقه‌های آبدار اطراف چاه فشار اولیه را حفظ می‌کنند. در اثر همین اختلاف فشار بین سطح دینامیک و ایستابی است که آب از طبقه‌های آبدار به طرف چاه تراوش کرده و وارد آن می‌شود (ولایتی، ۱۳۸۷: ۲۰۲).

زهتاییان و همکاران (۱۳۸۱) ضمن مطالعه تخریب آبخوان‌ها در اثر بهره‌برداری بی‌رویه از آبهای زیرزمینی در دشت قم، به این نتیجه رسیدند که اُفت متوسط آبهای زیرزمینی در دوره آماری ۷۹-۱۳۶۷، در حدود ۱۴/۵ متر بوده است. در مطالعه‌ای که از سوی مرتضوی و همکاران (۱۳۹۰) در دشت رفسنجان انجام گرفت، معلوم شد که سالانه حدود ۲۵۰ میلیون مترمکعب به‌صورت مازاد از آبهای زیرزمینی برداشت شده است که این رقم سطح آب زیرزمینی را سالانه

بیش از ۸۰ سانتی‌متر پایین برده و سبب نشست خاک، از بین رفتن اراضی مزروعی، کاهش کیفیت آب و خرابی مناطق مسکونی شده است. بررسی انجام‌شده روی تخلیه سفره آب زیرزمینی دشت جیرفت نشان داد که پمپاژ بیش از حد از سفره آب زیرزمینی، پیامدهای زیست‌محیطی فراوانی همچون تغییر کیفیت آب زیرزمینی، افزایش مصرف انرژی استخراج آب زیرزمینی، افزایش آسیب‌پذیری دشت نسبت به خشکسالی، نشست زمین و ایجاد شکاف در سطح زمین و بناها و... را به دنبال داشته است (شاهی‌دشت و عباس‌نژاد، ۱۳۹۰). اصغری مقدم و همکاران (۱۳۸۶) در تعیین عوامل هیدرولیکی آبخوان‌ها از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک (GA) برای تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ استفاده کردند. آنان با استفاده از این الگوریتم، پارامترهای چهار سفره تحت فشار را برآورد و با نتایج حاصل از روش‌های گرافیکی مقایسه کردند. مقایسه نتایج به دست آمده نشان داد که روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک روشی کارا، قابل اعتماد و قوی برای برآورد عوامل هیدرولیکی سفره تحت فشار است (بای‌بوردی، ۱۳۸۳: ۲۱۲).

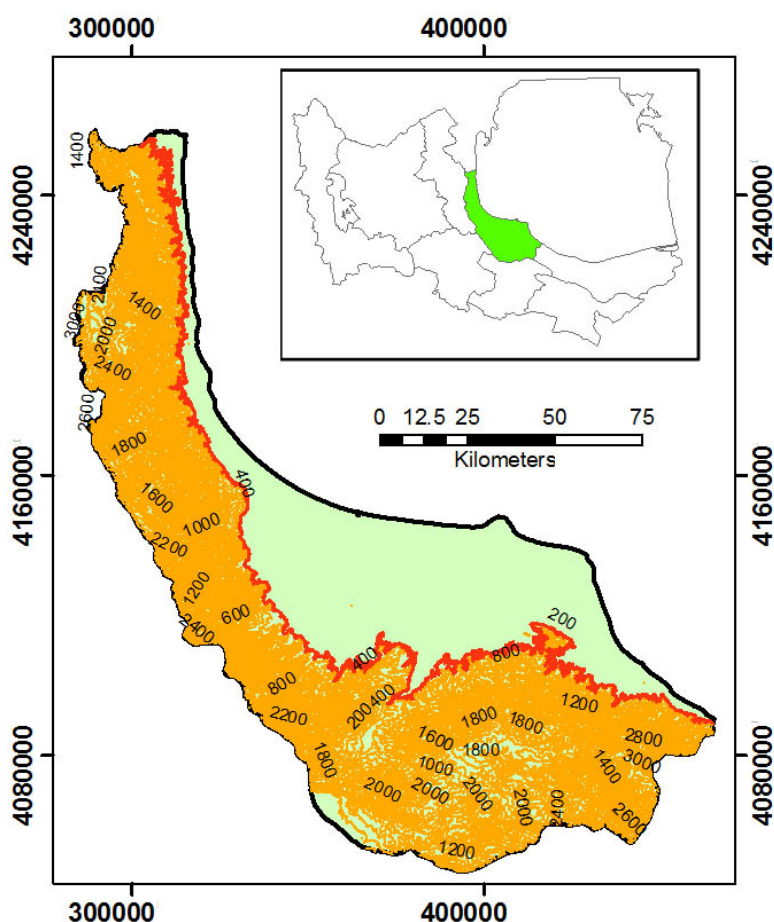
تعیین ضرایب هیدرودینامیکی در مطالعات آبهای زیرزمینی از اهمیت زیادی برخوردار است؛ زیرا تنها از طریق این ضرایب است که می‌توان به خصوصیت‌ها و تحولات آبخوان‌ها پی برد و وضعیت کمی و تا حدودی نیز وضعیت کیفی آب را مطالعه کرد و بر اساس آن، نحوه بهره‌برداری از آبهای زیرزمینی را تعیین و ارزیابی کرد (ولایتی، ۱۳۸۷: ۹۱).

ضرایب هیدرودینامیکی هم در محل و هم با نمونه‌گیری در آزمایشگاه محاسبه می‌شوند، اما با توجه به خارج شدن نمونه‌های برداشت‌شده از حالت طبیعی و نیز، گران بودن هزینه‌ها، بهتر است به وسیله آزمایش پمپاژ در محل انجام گیرد. برای همین امر، بررسی میدانی در دشت‌های آبرفتی جلگه گیلان آغاز شد. در زمان آغاز پژوهش، عملیات اجرایی طرح‌های تأمین آب شرب برای مناطق شهری و روستایی و همچنین تأمین آب برای اراضی زراعی خارج از شبکه‌های نوین آبیاری، از اهمیت زیادی برخوردار بوده است. از سویی، چون منبع تأمین آب برای مصارف بیان‌شده، بهره‌برداری از آب زیرزمینی از طریق حفر چاه بوده است، زمینه مطالعه فراهم‌شده که این خود عامل مثبتی در این پژوهش بوده است.

نخستین مرحله مطالعات آبهای زیرزمینی جلگه آبرفتی گیلان، در ارتباط با طرح عمرانی دشت گیلان در سال ۱۳۳۶ انجام گرفته است (معاونت برنامه‌ریزی استانداری گیلان، ۱۳۸۶: ۱۵). مطالعات سیستماتیک شناسایی منابع آبهای زیرزمینی و مقدار بهره‌برداری سالانه از آن، از سال ۱۳۵۰ شروع شده و این مطالعات همچنان ادامه دارد. در ارتباط با پروژه‌های عمرانی نیز در مقاطع زمانی مختلف و به صورت موضعی هم مطالعاتی در این زمینه انجام شده است. همه مطالعات در مورد شناسایی تعداد منابع آبهای زیرزمینی و بهره‌برداری از طریق منابع بیان‌شده و در نهایت محاسبه بیلان آبهای زیرزمینی دشت‌های مورد نظر انجام گرفته و به مسائلی از جمله علل منفی شدن ضرایب افت فشار در برخی از چاه‌ها و عوامل مؤثر در آن توجهی نشده است (پورهشیار، ۱۳۷۵: ۳۶). شناخت علل کاهش ضرایب افت فشار در شبکه جدار چاه و اینکه چه عواملی در این پدیده نقش دارند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مسئله آن است که در برخی از چاه‌ها، ضرایب افت فشار ارقام منفی را نشان می‌دهد؛ در حالی که در برخی از چاه‌ها این ارقام مثبت است. از سویی مشخص نیست که این تغییرات چه تأثیری در بهره‌برداری از منابع آب آبخوان دارد و در صورت مثبت بودن پاسخ، این تأثیر در چه زمینه و تا چه میزانی است؟ این پژوهش تلاش دارد تا ضمن شناسایی دلایل مؤثر در منفی شدن ضرایب افت فشار در سفره و شبکه جدار چاه‌ها، نتایج علمی و اثرات کاربردی آن را نیز مشخص کند.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد بررسی جلگه آبرفتی استان گیلان است. این جلگه در بخش غربی سواحل جنوبی خزر بین مدارهای ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه و ۳۶ تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و نصف‌النهارهای ۴۸ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. این جلگه از طرف شمال به دریای خزر، از مشرق به استان مازندران و از جنوب به کوه‌های البرز محدود است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

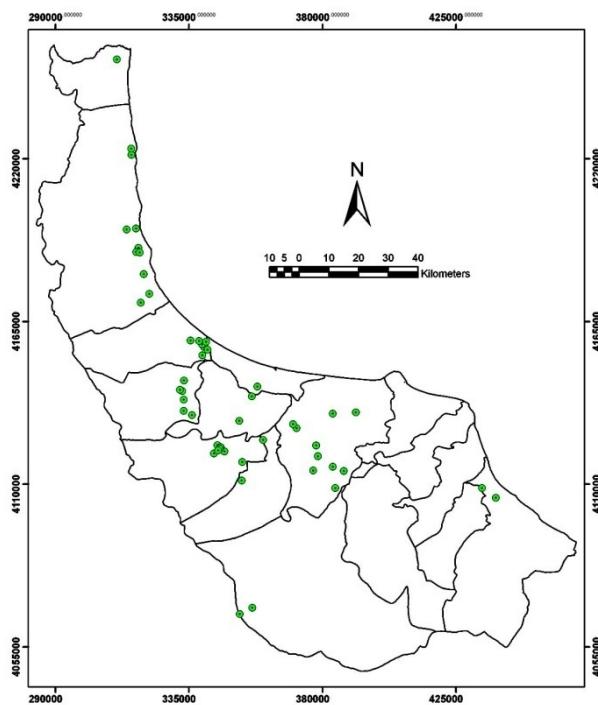
طول شرقی - غربی جلگه حدود ۲۲۵ کیلومتر و عرض آن از ۵۰ تا ۱۰۵ کیلومتر متغیر است (وزارت جهاد سازندگی ۱۳۷۷: ۲۲۰). به دلیل مجاورت جلگه گیلان با دریای خزر و اختلاف ارتفاع قسمت جلگه‌ای آن با ارتفاعات اطراف و شرایط اقلیمی حاکم بر آن و تراکم، ابرها پیوسته آماده ریزش بوده و موجب ریزش باران‌های درازمدت و پی‌درپی در سراسر جلگه و ارتفاعات می‌شود. میانگین ارتفاع بارندگی سالانه استان در سطح دشت و ارتفاعات، به ترتیب ۱۲۶۵ و ۷۶۹ میلی‌متر است (وزارت جهاد سازندگی ۱۳۶۵: ۴۷) که با توجه به وسعت هر یک از دو بخش جلگه‌ای و ارتفاعات، میانگین سالانه حجم آب تولید شده برابر ۱۳/۰۶۹ میلیارد مترمکعب است.

شکل هندسی جلگه و عرض کم آن و از سویی بارندگی زیاد، موجب جاری شدن رودخانه‌های متعدد در سطح این جلگه شده و سالانه به‌طور میانگین، حدود ۴/۸ میلیارد مترمکعب آب را (بدون احتساب رودخانه سفیدرود) به‌طور مستقیم یا از طریق تالاب انزلی به دریای خزر تخلیه می‌کند. ریزش‌های جوی و شبکه زهکشی متراکم، عامل مؤثری در تغذیه لایه‌های آب‌رفتی بوده و سفره‌های آب زیرزمینی با پتانسیل مناسب را تشکیل داده‌اند.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ابتدا مختصات جغرافیایی برخی از چاه‌های نمونه در محل با GPS برداشت شده و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS نقاط مورد نظر روی نقشه استان مشخص شدند. آمار و اطلاعات مربوط به شرایط جغرافیایی و ژئومورفولوژیکی، زمین‌شناسی محل و داده‌های آزمایش پمپاژ چاه‌های مورد نظر نیز جمع‌آوری شده و در چارچوب گراف‌های مربوطه که در برنامه اس.پی.اس.اس تهیه شد، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در گام بعدی نسبت به طبقه‌بندی نتایج به دست آمده اقدام شد و همه چاه‌هایی که از لحاظ ضرایب افت فشار وضعیت مشابه داشتند، در گروه‌های جداگانه دسته‌بندی شدند. سرانجام چاه‌های مورد بررسی در سه گروه به شرح زیر طبقه‌بندی شدند:

- چاه‌هایی که ضرایب افت فشار در شبکه جدار و در آبخوان هر دو مثبت بوده است؛
- گروهی از چاه‌ها که ضریب افت فشار در شبکه جدار مثبت، ولی در آبخوان منفی بوده‌اند؛
- گروهی از آنها که ضریب افت فشار در شبکه جدار منفی، ولی در آبخوان مثبت است.



شکل ۲. موقعیت چاه‌های نمونه مورد مطالعه در جلگه گیلان

در مرحله بعد مشخصه‌های چاه‌های موجود در هر طبقه، از لحاظ شرایط جغرافیایی و ژئومورفولوژی محل، زمین‌شناسی لایه‌های تشکیل‌دهنده محل چاه، بافت خاک سطحی و لایه‌های زیرین در محل چاه، مشخصه‌های فنی و

تخصصی شرکت حفار، کیفیت حفاری و سیستم نظارت و مانند اینها، مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته و وجوه اشتراک چاه‌ها در هر گروه مورد شناسایی قرار گرفتند. پس از شناسایی با توجه به وجوه اشتراک چاه‌های متعلق به هر گروه، روی چاه‌های دارای ضرایب افت فشار منفی تمرکز شده و سایر شاخص‌های جزئی مورد ارزیابی قرار گرفته و بر اساس یافته‌ها طبقه‌بندی انجام گرفت. برای اطمینان از نتایج به‌دست‌آمده نیز، ضمن بررسی‌های مجدد روی زمین، یافته‌ها مورد بازبینی قرار گرفتند و در مواردی تجدید آزمایش نیز به‌عمل آمد.

یافته‌های پژوهش

آزمایش پمپاژ برای تعیین مشخصات هیدرولیکی آبخوان‌های زیرزمینی و چاه از روش‌های فراگیر است (کروسمن، ۱۳۵۷: ۵۸). در این ارتباط آزمایش پمپاژ به دو روش پمپاژ با دبی ثابت (آزمایش رفت‌وبرگشت)، برای تعیین ضرایب آبخوان و پمپاژ با دبی متغیر (پمپاژ پله‌ای)، برای تعیین ضرایب چاه انجام می‌گیرد. در ارتباط با بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی از طریق چاه، تعیین ضرایب چاه برای بررسی وضعیت آبخوان و شرایط و مشخصات چاه، اهمیت ویژه‌ای دارد. در این راستا، تعیین ضرایب چاه نیز فقط با استفاده از نتایج پمپاژ با دبی متغیر (پمپاژ پله‌ای) مقدور است (Ghosh & et al., 2006). از این رو، این پژوهش با توجه به اهمیت و ضرورت، از داده‌های پمپاژ پله‌ای در تعیین مشخصات و وضعیت چاه و آبخوان استفاده کرده است.

مراحل انجام آزمایش پمپاژ پله‌ای

پس از اتمام عملیات حفاری و لوله‌گذاری یک چاه برای خروج مواد ریزدانه و بنتونیت باقی‌مانده در آن با استفاده از آب خالص و به‌روش پمپاژ، چاه مورد نظر شست و شو داده می‌شود (شکل ۳).



شکل ۳. شست‌وشو و تمیز کردن چاه

پس از شست‌وشو و تمیزشدن چاه، به کمک پژوهشگر و کارشناسان سازمان آب منطقه‌ای گیلان، پمپ آزمایشی در چاه نصب شد و عمل توسعه بافت رسوب اطراف لوله‌های مشبک، برای فراهم کردن شرایط مناسب ورود آب از لایه‌های آبخوان به داخل چاه با حداقل دور موتور آزمایشی آغاز شد. این عملیات با افزایش تدریجی دور موتور پس از کلاچ‌گیری‌های پی‌درپی و صاف و روشن شدن آب در هر دور، تا حداکثر دور موتور (چنانچه ظرفیت آبخوان پاسخ‌گو باشد) ادامه خواهد داشت (کروسمن، ۱۳۵۷: ۶۲). عملیات مذکور در شکل (۴) نمایش داده شده است.



شکل ۴. عملیات توسعه چاه

پس از اتمام عمل توسعه، برای برگشت آب به حالت اولیه پمپ خاموش می‌شود. پس از برگشت آب به حالت اولیه، آزمایش پمپاژ از چاه به صورت افت پله‌ای به شرح زیر انجام می‌گیرد. بسیاری از صاحب‌نظران عقیده دارند که برای پیش‌گیری از مشکلات ناشی از منفی شدن ضرایب افت فشار در آبخوان یا شبکه جدار چاه - که در مواردی به‌طور استثنایی در بعضی از چاه‌ها که به‌روش افت پله‌ای پمپاژ شده‌اند، روی می‌دهد - بهتر است که به‌جای پمپاژ به صورت افت پله‌ای، پمپاژ به صورت برگشت پله‌ای انجام گیرد. ضروری است که یادآوری شود، برای تعیین مشخصات و وضعیت واقعی چاه‌ها و آبخوان، به‌خصوص در دشت‌های جلگه‌ای و مناطق ساحلی، اجرای پمپاژ پله‌ای باید به‌روش افت پله‌ای انجام گیرد؛ زیرا طی بررسی نتایج پمپاژ بیش از صد حلقه چاه ثابت شده است که منفی شدن ضرایب افت فشار در شبکه جدار چاه و آبخوان استثنا نبوده، بلکه یک روش در هیدرولیک آبهای زیرزمینی به‌شمار می‌رود و فقط با پمپاژ به‌روش افت پله‌ای می‌توان نتایج واقعی را از آزمایش پمپاژ به‌دست آورد. در غیر این صورت، نتایج حاصل غیرواقعی بوده و گاهی پی‌آمد نامطلوب داشته و خسارات فراوانی نیز به بار خواهد آورد.

پمپاژ به‌روش افت پله‌ای با دبی کم شروع می‌شود. پیش از آغاز آزمایش، ابتدا سطح آب در چاه اندازه‌گیری می‌شود (سطح استاتیک آب)، آبکش آب از چاه با همان دور (دبی بدون تغییر) تا ثابت شدن سطح آب در چاه ادامه می‌یابد. در خلال این مدت سطح آب براساس جدول از پیش زمان‌بندی شده، اندازه‌گیری می‌شود تا روند تغییرات سطح آب و

ثابت‌شدن آن مشخص شود و همچنین از نتایج حاصل (نتایج مربوط به پله اول آزمایش)، ضرایب مربوط به آبخوان نیز محاسبه شود. پس از اطمینان از ثابت‌شدن سطح آب (رسیدن سطح آب به سطح دینامیک)، دبی چاه یا به‌گفته دیگر دور موتور، افزایش داده شده و فرآیند اندازه‌گیری عمق سطح آب به‌روش دور قبل تا تثبیت سطح آب در چاه ادامه می‌یابد. این برنامه دست‌کم در چهار مرحله با چهار دبی مختلف (چهار دور موتور) انجام می‌گیرد (شکل ۵).



شکل ۵. آزمایش پمپاژ، اندازه‌گیری عمق سطح آب و دبی پمپاژ

تحلیل نتایج پمپاژ پله‌ای

پس از اتمام عملیات صحرایی و ثبت اعداد و ارقام به‌دست‌آمده، خلاصه مشخصات پمپاژ به‌شرح جدول (۱) ارائه می‌شود.

جدول ۱. خلاصه مشخصات آزمایش پمپاژ پله‌ای

دور پمپ (rpm)	دبی (m^3/h)	افت (m)	افت ویژه $\left[\frac{m}{m^3/h}\right]$
۹۰۰	۶۸.۴	۴.۱۴	۰.۰۶۵
۱۱۰۰	۱۰۸	۷.۲	۰.۰۶۶۷
۱۳۰۰	۱۵۱.۲	۱۰.۲۵	۰.۰۶۷۸
۱۵۰۰	۱۸۷.۲	۱۳.۵۸	۰.۰۷۲۵

بعد از به‌دست‌آوردن جدول (۱)، با استفاده از منحنی افت ویژه به دبی که محل تقاطع منحنی مزبور با محور عرض‌ها است، ضریب افت فشار در آبخوان (B) به‌دست می‌آید. این منحنی با استفاده از اعداد مربوط به ستون دوم و چهارم جدول (۱) در یک دستگاه محورهای مختصات که در آن، محور طول‌ها معرف دبی (Q) به مترمکعب در ساعت و محور عرض‌ها معرف افت ویژه (S/Q) به متر مکعب آب دریافتی رسم می‌شود (شکل ۶). با دست‌آوردن افت فشار در آبخوان، افت فشار در شبکه جدار چاه (C) که در واقع شیب منحنی افت ویژه به دبی است از رابطه (۱) به‌دست می‌آید.

$$Y_{(2)} - Y_{(1)} / X_{(2)} - X_{(1)} \quad \text{رابطه ۱}$$

$Y_{(1)}$ ، $Y_{(2)}$ ، $X_{(1)}$ و $X_{(2)}$ مختصات دو نقطه واقع روی منحنی افت ویژه به دبی هستند.

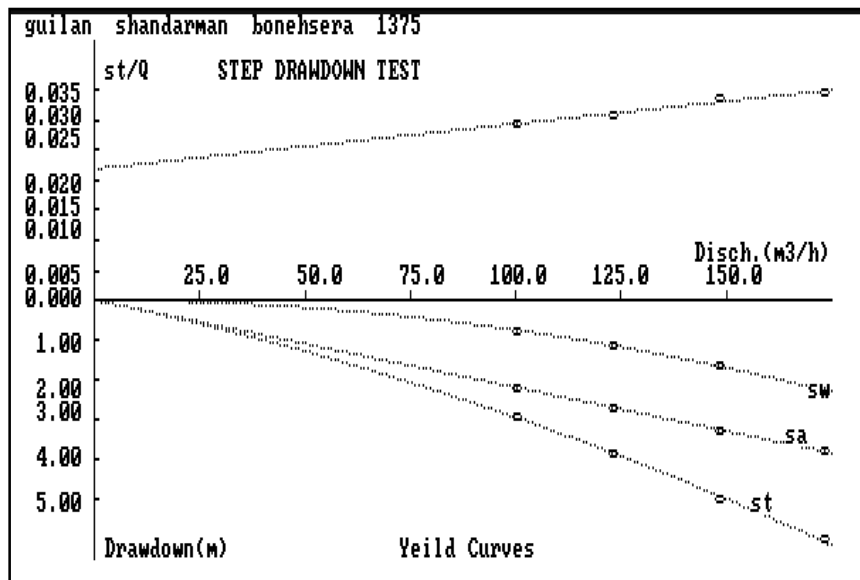
با محاسبه ضریب افت فشار در آبخوان و افت فشار در شبکه جدار چاه، خلاصه نتایج پمپاژ به شرح جدول (۲) تشکیل می‌شود.

جدول ۲. خلاصه نتایج آزمایش پمپاژ پله‌ای

کارکرد چاه (%)	دبی ویژه $\left[\frac{m}{m^3/h}\right]$	افت محاسبه شده (m)	افت در شبکه جدار (m)	افت در سفره (m)	افت ویژه $\left[\frac{m}{m^3/h}\right]$	افت (m)	دبی (m^3/h)	دور پمپ (rpm)
۹۰	۱۶/۶	۴/۱۹	۰/۴۳	۳/۷۶	۰/۰۶۵	۴/۱۴	۶۸/۴	۹۰۰
۸۵	۱۵	۷/۰۲	۱/۰۸	۵/۹۴	۰/۰۶۶۷	۷/۲	۱۰۸	۱۱۰۰
۸۰	۱۴/۱۸	۱۰/۴۳	۲/۱۱	۸/۳۱	۰/۰۶۷۸	۱۰/۲۵	۱۵۱/۲	۱۳۰۰
۷۶	۱۳/۸	۱۳/۵۳	۳/۲۴	۱۰/۲۹	۰/۰۷۲۵	۱۳/۵۸	۱۸۷/۲	۱۵۰۰

منبع: گزارش چاه عمیق بندسرای شاندرمن - سازمان آب منطقه‌ای استان گیلان، ۱۳۷۷: ۳۲

با استفاده از ارقام جدول (۲) منحنی‌های افت چاه رسم شده است که شامل افت در آبخوان (S_a)، افت در شبکه جدار چاه (S_w) و افت در چاه (S_t) است (شکل ۶).



شکل ۶. منحنی‌های افت در چاه

پس از گردآوری آمار و اطلاعات آزمایش پمپاژ برای حدود ششصد حلقه چاه که افزون بر صد حلقه از آنها به‌روشنی افت پله‌ای مورد آزمایش قرار گرفتند، منحنی‌های افت مربوط به هر یک از چاه‌ها رسم شدند و پس از آن، جداول

خلاصه نتایج آزمایش پمپاژ هر یک از آنها نیز فهرست شدند. با تحلیل نتایج به دست آمده که برای تعیین مشخصات و شرایط چاه و آبخوان و نوع ارتباط هیدرولیکی بین آن دو انجام گرفت، نتایج زیر به دست آمد:

به طور کلی چاه‌ها را می‌توان با توجه به نوع آبخوان، کیفیت حفاری و ارتباط هیدرولیکی چاه و آبخوان در یکی از سه گروه عمده زیر قرار داد:

۱- چاه مورد نظر با رعایت اصول فنی در یک آبخوان با نفوذپذیری مناسب و پتانسیل خوب حفر شده است. در این گروه از چاه‌ها به تناسب افزایش دبی چاه، افت سطح آب در چاه نیز با روندی متعارف و متناسب افزایش دارد. منحنی افت ویژه به دبی سیر صعودی دارد و زاویه‌ای که با جهت مثبت محور طول‌ها تشکیل می‌دهد، همواره مثبت است. امتداد این منحنی نیز محور عرض‌ها را در جهت مثبت قطع می‌کند. به گفته‌ای مقدار ضرایب افت فشار در آبخوان (B) و شبکه جدار (C) در این گروه از چاه‌ها همواره مثبت هستند. معادله چاه‌های این گروه به شرح رابطه (۲) ارائه شده است:

$$S = BQ + CQ^2 \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن:

S: افت در چاه به متر؛ Q: دبی در چاه به مترمکعب در ساعت؛

B: ضریب افت فشار در آبخوان؛ C: ضریب افت فشار در شبکه جدار چاه است.

در جدول (۳) خلاصه نتایج پمپاژ و در شکل (۵) منحنی‌های افت در یک حلقه چاه متعلق گروه ۱ واقع در شهرستان ماسال نشان داده شده است. در جدول و شکل مذکور، sa: افت در سفره؛ sw: افت در شبکه جدار و st: مجموع دو افت اشاره شده است.

جدول ۳. خلاصه نتایج پمپاژ در یک حلقه چاه گروه ۱

The correlation coefficient between Q & s/Q : r=0.73

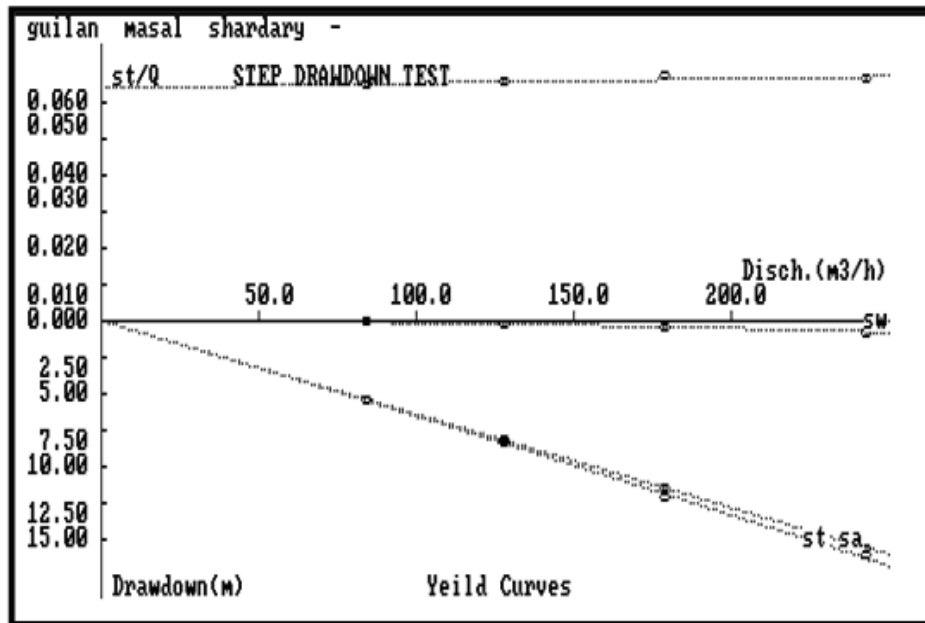
The form of equation st/Q=B+CQ : st/Q= 6.405412E-02 + 1.244032E-05 *Q
or st=BQ+CQ^2 : st= 6.405412E-02 Q+ 1.244032E-05 *Q^2

Strike Enter for displaying the table of Data & information.

RPM	Q Disch. (m ³ /h)	s Draw down(m)	s/Q Special D.d.	st/Q calcu- lated	sa= B*Q (m)	sw= C*Q^2 (m)	st= sa+sw (m)	Q/s Special disch.	Well efficie- ncy(%)
850	84.2	5.44	0.0646	0.0651	5.39	0.09	5.48	15.5	98
1150	127.8	8.40	0.0657	0.0656	8.19	0.20	8.39	15.2	98
1450	178.9	12.05	0.0674	0.0663	11.46	0.40	11.86	14.8	97
1750	242.6	16.11	0.0664	0.0671	15.54	0.73	16.27	15.1	96
MEAN :								15.1	97

The mean of absolute defferences : SUM|st-s|/ 4 = 10 cm

Well development factor : wdf= (C/B)*100 =0.02 (%)



شکل ۷. منحنی‌های افت در یک حلقه چاه از گروه ۱

۲- چاه در یک آبخوان به نسبت ضعیف و با نفوذپذیری کم حفر شده یا اینکه آبخوان پتانسیل خوبی داشته، ولی عملیات حفاری، لوله‌گذاری و تکمیل چاه درست انجام نگرفته و چاه مورد نظر، کیفیت مطلوب از لحاظ حفاری، لوله‌گذاری، شست‌وشو و توسعه را نداشته باشد.

در این دسته از چاه‌ها با افزایش دبی پمپاژ، افت در چاه زیادتر از حد معمول بوده و افت ویژه آن نیز به همان نسبت افزایش دارد. در نتیجه منحنی افت ویژه به دبی، ضمن آنکه همواره دارای سیر فزاینده خواهد بود، زاویه بین آن با جهت مثبت محور طول‌ها همواره کمتر از ۹۰ درجه است و امتداد منحنی مزبور نیز محور عرض‌ها را در جهت منفی قطع خواهد کرد. در این گروه از چاه‌ها ضریب افت فشار در آبخوان (B) منفی و ضریب افت فشار در شبکه جدار چاه (C) مثبت است. معادله این گروه از چاه‌ها به شرح رابطه (۳) است.

$$S = -BQ + CQ^{(2)} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن:

S: افت در چاه به متر؛

Q: دبی در چاه به مترمکعب در ساعت؛

B: ضریب افت فشار در آبخوان (منفی)؛

C: ضریب افت فشار در شبکه جدار چاه (مثبت) است.

در جدول (۴) خلاصه نتایج پمپاژ و در شکل (۸) منحنی‌های افت مختص به چاه‌های گروه ۲ نشان داده شده است.

جدول ۴. خلاصه نتایج پمپاژ در یک حلقه چاه گروه ۲

The correlation coefficient between Q & s/Q : r=0.97

The form of equation $st/Q=B+CQ$; $st/Q=-6.027172E-03 + 5.664634E-04 *Q$
 or $st=BQ+CQ^2$; $st=-6.027172E-03 Q+ 5.664634E-04 *Q^2$

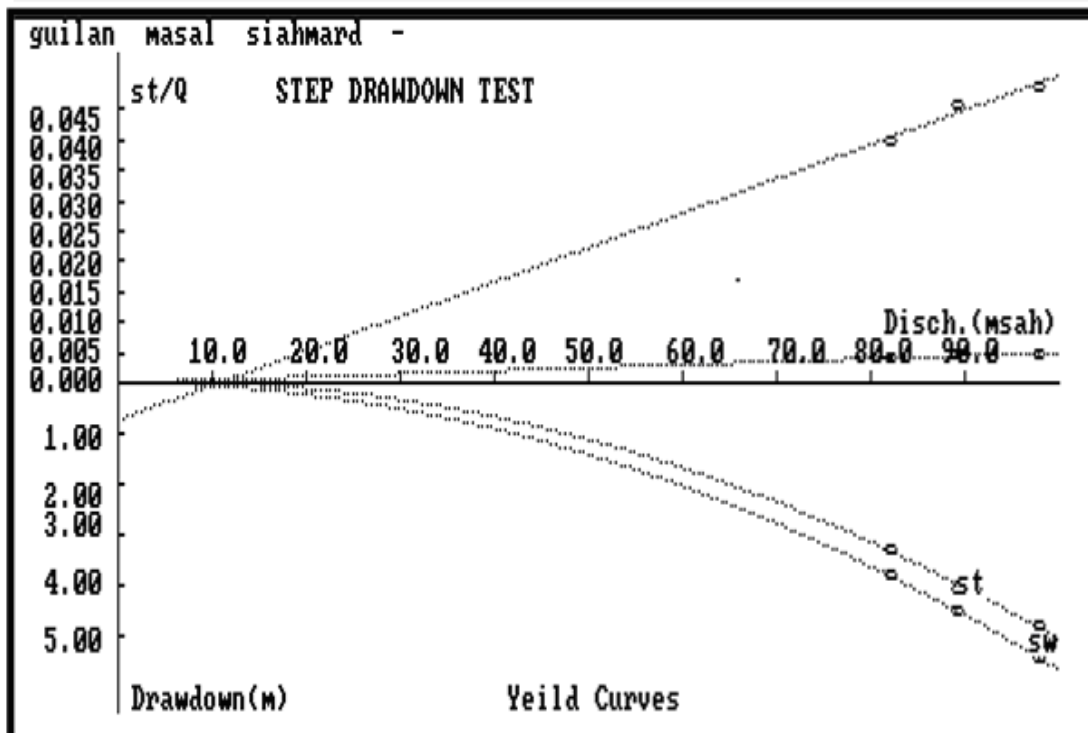
Strike Enter for displaying the table of Data & information.

RPM	Q Disch. (m3/h)	s Draw down(m)	s/Q Special D.d.	st/Q calcu- lated	sa= B*Q (m)	sw= C*Q^2 (m)	st= sa+sw (m)	Q/s Special disch.	Well efficie- ncy(%)
1000	82.1	3.26	0.0397	0.0405	-0.49	3.82	3.32	25.2	-15
1100	89.3	4.10	0.0459	0.0445	-0.54	4.52	3.98	21.8	-14
1200	97.9	4.78	0.0488	0.0494	-0.59	5.43	4.84	20.5	-12
MEAN :								22.5	-14

The mean of absolute defferences : $SUM|st-s|/3 = 8$ cm

Well development factor : $wdf = (C/B)*100 = 9.40$ (%)

منبع: مهندسان مشاور سفیدرود گیلان، گزارش فنی چاه سیاهمزگی، ۱۳۹۰: ۶۷



شکل ۸. منحنی‌های افت در یک حلقه چاه گروه ۲

۳- چاه با کیفیت مناسب و رعایت ضوابط فنی در شرایط تغذیه‌ای خوب با نفوذپذیری مناسب حفر شده است. در این گروه از چاه‌ها با افزایش مقدار دبی بهره‌برداری از چاه، افت در چاه نیز افزایش می‌یابد، اما رشد آن متناسب با رشد دبی چاه نبوده و دارای روندی کندتر است. بنابراین با افزایش مقدار دبی، تغییرات افت ویژه سیر کاهنده خواهد داشت. چنین چاه‌هایی در معرض تغذیه واداری قرار دارند و دبی مورد بهره‌برداری از چاه همزمان از آبخوان و منبع تغذیه‌کننده تأمین می‌شود. زاویه بین منحنی افت ویژه به دبی در این نوع از چاه‌ها با جهت مثبت محور طول‌ها بیش از ۹۰ درجه بوده و امتداد منحنی مزبور، محور طول‌ها را در جهت مثبت قطع می‌کند. در نتیجه در این گروه از چاه‌ها ضریب افت فشار در آبخوان (B) مثبت و ضریب افت فشار در شبکه جدار چاه (C) منفی است. معادله چاه‌های واقع در این گروه به شرح رابطه (۴) است.

$$S = BQ + CQ^2 \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن:

S: افت در چاه به متر؛

Q: دبی در چاه به مترمکعب در ساعت؛

B: ضریب افت فشار در آبخوان (مثبت)؛

C: ضریب افت فشار در شبکه جدار چاه (منفی) است.

خلاصه نتایج پمپاژ مربوط به گروه ۳ در جدول (۵) و منحنی‌های افت در یک نمونه از چاه‌های متعلق به این دسته در شکل (۹) نشان داده شده است.

جدول ۵. خلاصه نتایج پمپاژ در یک حلقه چاه از گروه ۳

```

The correlation coefficient between Q & s/Q : r=-.84
The form of equation st/Q=B +CQ^2 : st/Q= 1.622728 + -1.276106E-02 *Q
or st=BQ+CQ^2 : st= 1.622728 Q+ -1.276106E-02 *Q^2
Strike Enter for displaying the table of Data & information.

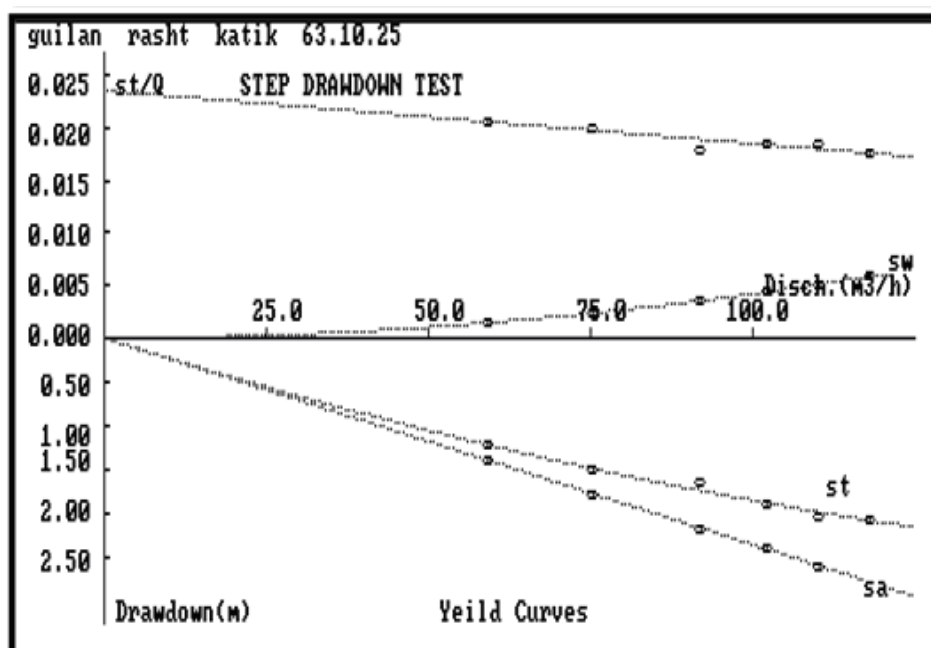
```

RPM	Q Disch. (m3/h)	s Draw down(m)	s/Q Special D.d.	st/Q calcu- lated	sa= B*Q (m)	sw= C*Q^2 (m)	st= sa+sw (m)	Q/s Special disch.	Well efficie- ncy(%)
1000	14.4	23.80	1.6528	1.4390	23.37	-2.65	20.72	0.6	113
1200	41.4	33.00	0.7971	1.0944	67.18	-21.87	45.31	1.3	148
1400	65.9	43.90	0.6664	0.7820	106.91	-55.39	51.52	1.5	208
1550	84.6	62.80	0.7423	0.5431	137.28	-91.33	45.95	1.3	299
MEAN :								1.2	192

```

The mean of absolute defferences : SUM|st-si| / 4 =996 cm
Well development factor : wdf= (C/B)*100 =-.79 (%)

```



شکل ۹. منحنی‌های افت در یک حلقه چاه گروه ۳

بحث و نتیجه‌گیری

فرایند تشکیل دشت‌های آبرفتی جلگه گیلان، خصوصیت‌های هیدروژئولوژی و بارش‌های جوئی بالا در منطقه، وجود رودخانه‌های متعدد دائمی و شبکه هیدروگرافی گسترده در سطح دشت و وجود آبخوان‌های آزاد و نیمه تحت فشار که به صورت مطبق با تعادل هیدرولیکی روی هم قرار گرفته‌اند، موجب شده تا در دشت‌های مورد نظر، بهره‌برداری از آبهای زیرزمینی از طریق حفر چاه با وجود شرایط مناسب از لحاظ پتانسیل و تغذیه، مشکلاتی را هم به همراه داشته باشد. این مشکلات گاهی مربوط به طبیعت منطقه از لحاظ بافت خاک و خصوصیت‌های هیدروژئولوژیکی دشت‌ها یا عامل انسانی هستند که از دسته می‌توان عملکرد پدیده تغذیه واداری، کیفیت نامطلوب حفاری و تکمیل چاه‌ها و همچنین نحوه بهره‌برداری از آنها را نام برد. پدیده تغذیه واداری که از طریق عوامل مختلفی چون، رودخانه‌ها، نهرها، شبکه‌های آبیاری و زهکشی، آب‌بندان‌ها و استخرهای پرورش ماهی و مانند اینها، به‌طور گسترده در سطح دشت‌های مورد نظر وجود دارند و همچنین سفره‌های آزاد واقع بر سفره‌های نیمه‌محبوس که در حالت تعادل هیدرولیکی قرار دارند، به‌وجود می‌آید، هرچند که عامل مفیدی است و می‌تواند در افزایش عمر بهره‌برداری اقتصادی یک چاه نقش مثبتی داشته باشد، اما به دلیل ناآشنایی اغلب کارشناسان با این پدیده و عملکرد متغیر آن در فصول مختلف سال، چاه‌های متأثر از پدیده مورد اشاره دچار آسیب و خسارت می‌شوند و گاه شدت خسارت به اندازه‌ای است که به تخریب چاه می‌انجامد.

در بررسی عوامل مؤثر در افت فشار داده‌های هیدرولیکی جلگه گیلان، از روش پمپاژ پله‌ای در تعیین مشخصات و وضعیت چاه و آبخوان استفاده شده است. البته با توجه به واقعی‌تر بودن نتایج به‌روش برگشت پله‌ای در تعیین ضرایب هیدرولیکی چاه، بهتر است از این روش پمپاژ به‌جای روش افت پله‌ای استفاده شود؛ زیرا برای تعیین مشخصات و

وضعیت واقعی چاه‌ها و آبخوان، به‌خصوص در دشت‌های جلگه‌ای و مناطق ساحلی، اجرای پمپاژ پله‌ای به‌روش افت پله‌ای مناسب‌تر است. از این رو، آمار و اطلاعات آزمایش پمپاژ روی حدود ششصد حلقه چاه در جلگه گیلان گردآوری شد که افزون بر صد حلقه از آنها به‌روش افت پله‌ای مورد آزمایش قرار گرفتند. پس از تکمیل جداول و ترسیم منحنی‌های افت مربوط به هر یک از چاه‌ها، مشخص شد که چاه‌ها با توجه به نوع آبخوان و کیفیت حفاری و ارتباط هیدرولیکی بین چاه و آبخوان، در سه گروه عمده قرار می‌گیرند:

۱. چاه‌هایی که با رعایت اصول فنی در یک آبخوان با نفوذپذیری و پتانسیل خوب حفر شده بودند. در این گروه از چاه‌ها مقدار ضرایب افت فشار هم در آبخوان و هم در شبکه جدار همواره مثبت است.
 ۲. چاه‌هایی که در آبخوانی به‌نسبت ضعیف و با نفوذپذیری کم حفر شده بودند، یا آبخوان‌هایی که پتانسیل خوبی داشته، اما عملیات لوله‌گذاری و تکمیل چاه روی آنها درست انجام نگرفته بود. در این گروه از چاه‌ها ضریب افت فشار در آبخوان منفی و ضریب افت فشار در شبکه جدار چاه مثبت است.
 ۳. چاه‌هایی که با رعایت ضوابط فنی و کیفیت مناسب، در آبخوان با نفوذپذیری مناسب و شرایط تغذیه خوب حفر شده بودند، ضریب افت فشار در آبخوان مثبت و ضریب افت فشار در شبکه جدار چاه منفی است.
- عدم رعایت اصول فنی در حفاری (نصب نامناسب لوله اسکرین یا مشبک، شست‌وشوی ناقص و عدم توسعه کامل چاه، عدم تناسب درصد شبکه لوله جدار با درصد تخلخل لایه‌های آبدار و...)، موجب افزایش افت فشار در شبکه جدار چاه و ایجاد سرعت موضعی در محل ورود آب به چاه و در نتیجه تغییر شرایط فیزیکی آب می‌شود. تغییر شرایط فیزیکی آب منجر به تبدیل بی‌کربنات محلول در آب به کربنات غیر محلول شده و با رسوب بر جدار چاه و گراول پک پشت لوله جدار و شیارهای شبکه جدار (پوسته‌گذاری)، علاوه بر کاهش آب‌دهی چاه، موجب افزایش افت فشار شبکه جدار و تشدید عمل پوسته‌گذاری می‌شود که در نهایت از عمر بهره‌برداری اقتصادی چاه می‌کاهد (شمسائی، ۱۳۹۱: ۲۳۲).

سپاس‌گزاری

از مدیریت سازمان آب منطقه‌ای استان گیلان و بخش مرجع و کتابخانه که اطلاعات مربوط به این پژوهش را در اختیار پژوهشگران قرار دادند، قدردانی می‌شود.

منابع

- اصغری مقدم، ا.، نورانی، و.، کرد، م. (۱۳۸۶). تخمین پارامترهای هیدرولیکی سفره‌های تحت فشار به‌وسیله تکنیک بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک، فصلنامه تحقیقات منابع آب ایران، سال سوم، شماره ۳، صص. ۴۱-۳۰.
- بای بوردی، م. (۱۳۸۳). انتقال حوضه‌به‌حوضه (مطالعه موردی: کارون به زاینده رود)، همایش انتقال آب حوضه‌های آبخیز و نقش آن در توسعه منابع آب کشور، دانشگاه تهران.
- پورهشیار، م. (۱۳۸۱). بررسی علل نابودی زود هنگام چاه‌های عمیق دارای مصرف شرب، گیلان: انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گیلان.

- حسینی، ا.ح.، صیادی، م. و جعفری، س. (۱۳۹۱). بررسی تأثیر سموم دفع آفات کشاورزی بر کیفیت آب شرب چاه‌های محفوره روستاهای شمیرانات، فصلنامه آب و فاضلاب، سال ۲۳، شماره ۸۱، صص. ۱۲۹-۱۱۹.
- زهتابیان، غ.، خلیل‌پور، ا.، جعفری، م. (۱۳۸۱). تخریب آبخوانه در اثر بهره‌برداری بی‌رویه از آبهای زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت قنات قم)، مجله بیابان، سال هفتم، شماره ۲، صص. ۹۲-۱۱۹.
- سازمان آب منطقه‌ای استان گیلان. (۱۳۷۷). گزارش چاه عمیق بندسرای شاندرمن، ص ۷۵.
- شاهی‌دشت، ع.، عباس‌نژاد، ا. (۱۳۹۰). ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تخلیه سفره آب زیرزمینی دشت جیرفت و پیش‌بینی شرایط در آینده، فصلنامه تحقیقات منابع آب ایران، سال هفتم، شماره ۱ (پیاپی ۱۹)، صص. ۸۱-۷۷.
- شمسایی، ا. (۱۳۹۱). هیدرولیک جریان در محیط‌های متخلخل، چاپ سوم، جلد دوم، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- صبوحی، م. (۱۳۸۶). ارزیابی منابع آبهای زیرزمینی برای ارائه راهکارهای مدیریتی، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴، صص. ۱۷۵-۱۸۴.
- علیزاده، ا. (۱۳۸۵). اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ دوازدهم، مشهد: انتشارات آستان قدس.
- کریمی، ف.، کاظمی، ه. (۱۳۹۱). پایش مکانی شوری آبهای زیرزمینی در سال شاخص خشکسالی و ترسالی؛ مورد: دشت تبریز، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۸، صص. ۹۴-۷۹.
- کردوانی، پ. (۱۳۷۰). ژئوهیدرولوژی، چاپ دوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- مرتضوی، س. م.، سلیمانی، ک.، غفاری موفق، ف. (۱۳۹۰). مدیریت منابع آب و توسعه پایدار (مطالعه موردی: دشت رفسنجان)، مجله آب و فاضلاب، سال ۲۲، شماره ۷۸، صص. ۱۳۱-۱۲۶.
- معاونت برنامه‌ریزی استانداری گیلان. (۱۳۸۶). سالنامه آماری استان گیلان.
- مهندسین مشاور سفیدرود گیلان. (۱۳۹۰). گزارش فنی چاه سیاهمزیگی.
- وزارت جهاد سازندگی. (۱۳۶۵). گزارش آب‌رسانی به مناطق روستایی شهرستان ماسال.
- وزارت جهاد سازندگی. (۱۳۷۷). گزارش آب‌رسانی به مناطق روستایی دهستان میرزا کوچک صومعه سرا.
- وزارت جهاد سازندگی. (۱۳۷۷). گزارش آب‌رسانی به مناطق روستایی شهرستان فومن و شفت.
- ولایتی، س. (۱۳۸۷). هیدروژئولوژی سازندهای نرم و سخت، چاپ اول، مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی.
- Alizadeh, A., 2007, **Fundamental of Applied Hydrology**, Vol. 12, Astane Ghods Pub., Mashad.
- Asghari Moghaddam, A., Nurani, V., Kord, M., 2008, **Estimation of Hydraulic Parameters of Confined Aquifers Using Genetic Algorithm Optimization Technique**, Iran-Water Resources Research, Vol. 3, No. 3, PP. 30-41.

- Baybordi, M., 2004, **Basin to Basin Water Transfer: Case Study in Karoon-Rafsanjan**, Water Basin Transfer Conf, and Its Role in Country's Sustainable Development, Tehran University.
- Crosman, Zh. P., 1978, **Analysis and Result of Pumping Test**, Translated by Dariush Daneshvar, Publication of Scientific Medical Research House of Khorasan.
- Deputy Office of Planning in Government House of Guilan, 1976, **Statistical Yearbook of Guilan Province**.
- Engineering Group of Guilan Sepidrud, 2011, **The Technical Report of Syahmazgi Well**.
- Ghosh, N.G., Sharma, K.D., 2006, **Groundwater Modeling and Management**, Capital Publishing Company.
- Ghosh, N.G., Sharma, K.D., 2006, **Groundwater Modeling and Management**, Capital Publishing Company.
- Hasani, A.H., Sayyadi, M., Jafari, S., 2012, **Investigation of Pesticides Effect on Groundwater Quality of Shemiranat Villages**, Water and Waste Water Quarterly, Water and Waste Water Engineering Consulting and Research Plan, No. 1, PP. 119-129.
- Hayes, M.J., Svoboda, M.D., Wilhite, D.A., Vanyarkho, O.V., 1998, **Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index**, Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 80, No. 3, PP. 429-438.
- Karami, F., Kazemi, H., 2012, **Spatial Monitoring of Groundwater Salinity in Drought and Wet Periods, Case Study: Tabriz Plain**, Geography and Development, No. 28, PP.79-94.
- Kardavani, P., 1991, **Geo Hydrology**, Second Edition, University of Tehran, Tehran.
- Ministry of Jihad-e-Sazandegi, 1998, **Rehydration to the Rural Area of Fouman and Shaft**.
- Ministry of Jihad-e-Sazandegi, 1998, **Rehydration to the Rural Area of Mirza Kouchak Khan Rural District in Somesara**.
- Ministry of Jihad-e-Sazandegi, 1998, **Rehydration to the Rural area of Masal**.
- Mortazavi, S.M., Soleymani, K., Ghaffari-Movaffagh, F., 2011, **Water Resource Management and Land Sustainable, the Case Study in Rafsanjan in Iran**, Water and Waste Water Magazine, Vol. 22, No. 78, PP. 126-131.
- Pourhoshidar, M., 2002, **Considering the Reason of Early Disappearance of Deep Wells Having Drink Consumption-publication of Guilan's**, Management and Planning Organization.
- Sabohi, M., 2007, **Evaluation of Groundwater Resources Management Solution**, Agriculture Science and Natural Resources, No. 4, PP. 175-184.
- Shahidast, A., Abbas Nejad, A., 2011, **Evaluation of the Environmental Impacts of Aquifer Depletion in Jiroft Plain and Prediction of the Future Status**, Journal of water Resources, Vol. 7, No. 1, PP. 77-81.
- Shamsaei, A., 1978, **Hydraulic of Stream in Porous Environment**, First Edition, Second Volume, Publication of Amir Kabir Industrial University, Tehran.

Velayati, S., 2008, **Hydrology of Hard and Soft Formations**, First Edition, Jihad-e-Daneshgahi, University of Mashhad, Mashhad.

Water Management Organization of Guilan Province, 1999, **The Report of Shanderman Bandsarai Deep Well**.

Zehtabian, Gh., Khalilpour, A., Jafari, M., 2002, **Aquifer Degradation due to Overuse of Ground Water (Case Study: Qom Plain)**, Biaban, Vol. 7, No.2, PP. 92-119.