



Technical Note

یادداشت فنی

The Effects of Excessive Withdrawal and Recent Droughts on Saveh Plain Aquifer

اثرات اضافه برداشت و خشکسالی‌های اخیر بر کیفیت و کمیت آبخوان دشت ساوه

Z. Pak ^{1*} and S.A. Mohseni Movahhed ²زهرا پاک ^{۱*} و سید اسدالله محسنی موحد ^۲

Abstract

The aim of this study was to review the effect of excessive withdrawals and recent droughts on groundwater reservoirs of Saveh Plain. The 7 stations in the plain were selected for the monthly rainfall data. In this research, the droughts were examined for CZI, ZSI, MCZI, and SPI indices using DIP software and for the time scales of 3, 6, 9 and 12 months. The groundwater level drawdown in Saveh aquifer was approximately 31/86 meters during the 22 years of 1992-2014. The data for the wells was taken into account during two 10-year periods (1991-2001 and 2001-2011). Considering 5-year periods, we concluded that in the period of 1991-1996 a good regression was obtained and the drawdown was very slow. However in the next 5-year period a steep slope was detected in the regression which was followed by the same or slightly steeper slope in the next period (2001 to 2011). This was assessed as the consequence of unauthorized and uncontrolled exploitation of groundwater through wells. In a review of groundwater quality using AqQa software the Piper diagram indicated calcic facies in the study area and the Durov diagram showed a sudden increase in total dissolved solids and a close to bicarbonate type. This can be due to the formations concerned, the leakage from an underlying semi-confined aquifer, or mixing with another source which requires further reviews.

Keywords: Groundwater Drawdown, Excessive Withdrawal, Groundwater Quality, Drought.

Received: October 31, 2016

Accepted: March 10, 2017

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی خشکسالی و تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت ساوه است. از بین آمار بارش ماهانه ایستگاه‌های موجود دشت ساوه ۷ ایستگاه انتخاب شدند. خشکسالی‌ها در این پژوهش در مقیاس‌های ۳، ۶، ۹، ۱۲ ماهه برای شاخص‌های CZI، ZSI، MCZI و SPI به کمک نرم‌افزار DIP بررسی شد. مقدار افت سطح آب‌زیرزمینی در آبخوان دشت ساوه طی حدود ۲۲ سال (۹۲-۱۳۷۰) حدوداً برابر ۳۱/۸۶ متر بوده است. آمار چاه‌ها طی ۲ دوره ۱۰ ساله (۱۳۷۰-۱۳۸۰ و ۱۳۹۰-۱۳۸۰) بررسی شد. با دو دوره آماری ۵ ساله می‌توان نتیجه گرفت که در سال‌های ۷۵-۷۰ نمودار دارای همبستگی بالایی است و روند افت در ۵ سال اول خیلی کند اما در ۵ سال دوم شیب تند شده است و در دهه ۸۰ تا ۹۰ با همان شیب یا کمی تندتر ادامه می‌یابد که به دلیل حفر چاه‌های غیرمجاز و برداشت بی‌رویه است. در بررسی کیفی آب‌زیرزمینی با استفاده از نرم‌افزار AqQa، دیاگرام پایپر نشان‌دهنده رخساره کلسیکی بوده و نمودار دیورف بیانگر افزایش ناگهانی میزان کل مواد جامد محلول و نزدیک به تیپ بی‌کربناته است که می‌تواند به دلیل تشکیلات سازند مربوطه و یا نشست از آبخوان نیمه‌محصور محتمل زیرین یا اختلاط با منبع دیگری باشد که مستلزم بررسی‌های بیشتری است.

کلمات کلیدی: افت آب زیرزمینی، برداشت بی‌رویه، کیفیت آب زیرزمینی، خشکسالی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۸/۱۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۲/۲۰

1- M.Sc. Graduate, Drainage and Irrigation Engineering, Arak University, Arak, Iran. Email: zahrp_88@yahoo.com

2-Assistant Professor of Water Engineering, Arak university, Arak, Iran

*- Corresponding Author

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه اراک

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه اراک

*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان خرداد ۱۳۹۷ امکانپذیر است.

۱- مقدمه

خشکسالی در سال‌های اخیر زبان‌های زیادی را به بار آورده است، به طوری که تنها در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ به ترتیب ۳/۵ و ۲/۶ میلیارد دلار خسارت بر اقتصاد وارد کرده است (Banivahab, 2004). برای شناخت خشکسالی باید اثرات آن را کمی، آنگاه اندازه‌گیری و سپس ارزیابی کرد. بارندگی از مهم‌ترین متغیرهایی است که در تعریف خشکسالی استفاده می‌شود. نمایه‌های مختلفی بر پایه بارش برای ارزیابی خشکسالی ارائه شده و در طبقاتی تقسیم‌بندی می‌شوند که هر طبقه بیانگر وضعیتی از شدت خشکسالی می‌باشد. در بررسی میزان افت سطح آب‌زیرزمینی دشت جیرفت مشخص شد که میزان افت به صورت صعودی رو به افزایش است که این نشان‌دهنده خشکسالی‌های پی‌درپی و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی می‌باشد (Tabatabae and Mohammadi, 2012). امروزه خصوصیات کیفی آب از مؤلفه‌هایی است که ضرورت لحاظ آن در برنامه‌ریزی‌های مربوط به مدیریت منابع آب و همچنین ارزیابی سلامت حوضه‌های آبخیز کاملاً احساس شده است (Khadem and Kaluarachchi, 2006). مهم‌ترین اثرات افت سطح آب زیرزمینی عبارت از کاهش آبدهی رودخانه‌ها، نشست زمین، افزایش هزینه پمپاژ آب، کاهش آبدهی چاه‌ها، خشک شدن چاه‌های کم‌عمق و نیز کاهش کیفیت آب می‌باشد. پژوهشگران در بررسی تأثیر اثر سد الغدير ساوه بر روی کمیّت منابع آب‌زیرزمینی دشت ساوه به این نتیجه رسیدند که گسل ساوه نقش مهمی در تراز آب زیرزمینی دشت ساوه دارد به طوری که تراز آب‌زیرزمینی در دو طرف گسل ۱۰ الی ۱۵ متر اختلاف سطح نشان می‌دهد (Heydarian et al., 2011). در بررسی اثرات فصول تر و خشک و نیز عمق آب‌زیرزمینی بر کیفیت آب زیرزمینی آبخوان‌های ساوه و اراک، مشخص شد که کیفیت آب زیرزمینی در فصول تر نسبت به فصول خشک و در چاه‌هایی با عمق کمتر نامطلوب‌تر است (Mohammadi et al., 2011). هدف از این پژوهش بررسی اثرات خشکسالی‌های اخیر و اضافه برداشت بر کمیّت و کیفیت آبخوان منطقه مورد نظر است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

ساوه از شهرهای استان مرکزی در کشور ایران است. شهرستان ساوه، با ارتفاع حدود ۱۱۱۰-۹۶۰ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی پنجاه درجه و بیست دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی سی و پنج درجه و سه دقیقه شمالی قرار دارد. شهرستان ساوه را بیشتر نقاط هموار و دشت تشکیل می‌دهد. دشت ساوه از جمله دشت‌های حاصلخیز این شهرستان می‌باشند. در جدول ۱ سال‌های آماری ایستگاه‌های مختلف برای محاسبه شاخص خشکسالی می‌باشد که کمترین و بیشترین بارندگی سالیانه آن‌ها تعیین شده است.

۲-۲- مهم‌ترین شاخص‌های مورد استفاده برای ارزیابی خشکسالی

در این قسمت جهت اختصار فقط شاخص‌ها نام برده می‌شوند، در صورت نیاز برای اطلاعات بیشتر می‌توان به منابع مربوطه مراجعه کرد.

SPI: شاخص بارش استاندارد که به وسیله Mckee et al. (1993) ارائه شده است. بسیاری از محققین خشکسالی، به قابلیت انعطاف‌پذیری این شاخص اشاره داشته‌اند (Hayes and Decker, 1998; Hayes et al., 1999; McKee et al., 1993).

CZI: شاخص Z چینی، با این فرض است که داده‌های بارندگی از توزیع پیرسون تیپ سه پیروی می‌کنند (Kendall and Stuart, 1977).

MCZI: شاخص Z چینی اصلاح شده، که در آن به جای میانگین از میانه نیز استفاده شده است را CZI اصلاح شده یا MCZI نام‌گذاری کرده‌اند و بالاخره شاخص ZSI نیاز به تبدیل داده‌ها و برآزش توزیع‌هایی مانند گاما و یا پیرسون نوع سوم مطابق آنچه که در SPI

Table 1- Maximum and minimum rainfall rates of selected stations in Saveh Plain

جدول ۱- کمترین و بیشترین میزان بارندگی ایستگاه‌های منتخب دشت ساوه

| Station | Statistical Years | Minimum annual rainfall (mm) | Maximum annual rainfall (mm) |
|--------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|
| Tafresh | 60-89 | 73 | 75 |
| Saveh | 75-89 | 75 | 79 |
| Razin | 49-89 | 61 | 75 |
| Pikezarand | 51-89 | 52 | 75 |
| Karimabad | 63-89 | 78 | 83 |
| Emamabad | 49-89 | 49 | 64 |
| Bande abbasi | 45-89 | 58 | 73 |

و CZI انجام می‌شود، ندارد و لذا به نظر می‌رسد که این شاخص برای مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت کارا نباشد (Karimi et al., 2011).

۳- نتایج و تحلیل نتایج

با بررسی‌های لازم آماری مشخص شد که نیازی به همگن‌سازی داده‌ها وجود ندارد که جهت اختصار از ذکر جزئیات خودداری می‌شود. همچنین، برای ایستگاه‌های فاقد آمار با استفاده از آمار ایستگاه‌های مجاور و روش تیسن آمار لازم تولید شد. خشکسالی‌ها در مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه برای شاخص‌های CZI، ZSI، MCZI و SPI با نرم‌افزار DIP بررسی و نمودارهای شدت خشکسالی بر اساس طبقه‌بندی نرم‌افزار ترسیم گردید. سپس، از آن‌ها به منظور محاسبه فراوانی شاخص‌های خشکسالی استفاده شد، مقدار وقوع هر طبقه‌بندی به صورت ماهانه شمارش گردید و نمودارهای فراوانی برای تجزیه و تحلیل بهتر با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شدند که در یک نتیجه‌گیری کلی با مشاهده فراوانی شاخص‌های خشکسالی CZI، MCZI، ZSI و SPI در همه ایستگاه‌ها مشخص شد که این محدوده در طبقه‌بندی خشکسالی نزدیک به نرمال قرار دارد، که جهت اختصار از ارائه جدول طبقه‌بندی شدت خشکسالی بر مبنای حدود تغییرات شاخص‌ها و نمایش همه نمودارها خودداری و فقط یک نمونه در شکل ۱ نشان داده شده است.

۳-۲- بررسی تغییرات کمی و کیفی آب‌زیرزمینی دشت ساوه

افزایش بی‌رویه تعداد چاه‌ها در دشت ساوه و تخلیه بیش از اندازه از آبخوان، باعث افت قابل‌ملاحظه تراز سطح آب‌زیرزمینی شده است. بررسی حجم تخلیه از منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه، قنات) در سال‌های ۱۳۴۹-۱۳۶۰-۱۳۷۵-۱۳۸۲-۱۳۸۷ (سال‌های آماربرداری شده توسط شرکت آب منطقه‌ای استان مرکزی، جدول ۲) نشان داد که در بین سال‌های آماربرداری، بیشترین میزان تخلیه مربوط به چاه و در سال ۸۷ (۵/۵۷۱ میلیون متر مکعب) و کمترین مقدار چاه مربوط به سال ۴۹ (۲/۹۴ میلیون متر مکعب) می‌باشد. در این پژوهش برای بررسی دقیق‌تر تغییرات کمی آب زیرزمینی در دو دهه اخیر از داده‌های عمق و تراز آب‌زیرزمینی سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۹۲ استفاده شد. بررسی کیفیت آب زیرزمینی نیز با استفاده از داده‌های مربوط به ۱۵ حلقه چاه در مهر و اردیبهشت ۹۱ به وسیله روش‌های مختلف مطالعات هیدروژئوشیمی انجام شد و با نرم‌افزار AqQa مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

Table 2- Discharge from groundwater resources in different years

جدول ۲- تخلیه منابع آبی در سال‌های آماری مختلف

| Case study | Statistical Year | Well | | Qanat | | Spring | | Number of total resource water | Total Discharge (MCM) |
|------------|------------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------------------------------|-----------------------|
| | | Number | Discharge (MCM) | Number | Discharge (MCM) | Number | Discharge (MCM) | | |
| Saveh | 1349 | 247 | 94.2 | 138 | 81 | 26 | 7 | 411 | 182.2 |
| | 1360 | 831 | 425 | 152 | 57.6 | 26 | 3.42 | 1009 | 486.02 |
| | 1375 | 1311 | 315.03 | 117 | 47.96 | 25 | 1.84 | 1453 | 364.83 |
| | 1382 | 1591 | 351.588 | 449 | 114.053 | 169 | 10.153 | 2209 | 475.794 |
| | 1387 | 1852 | 571.498 | 410 | 118.14 | 632 | 6.625 | 2894 | 696.23 |

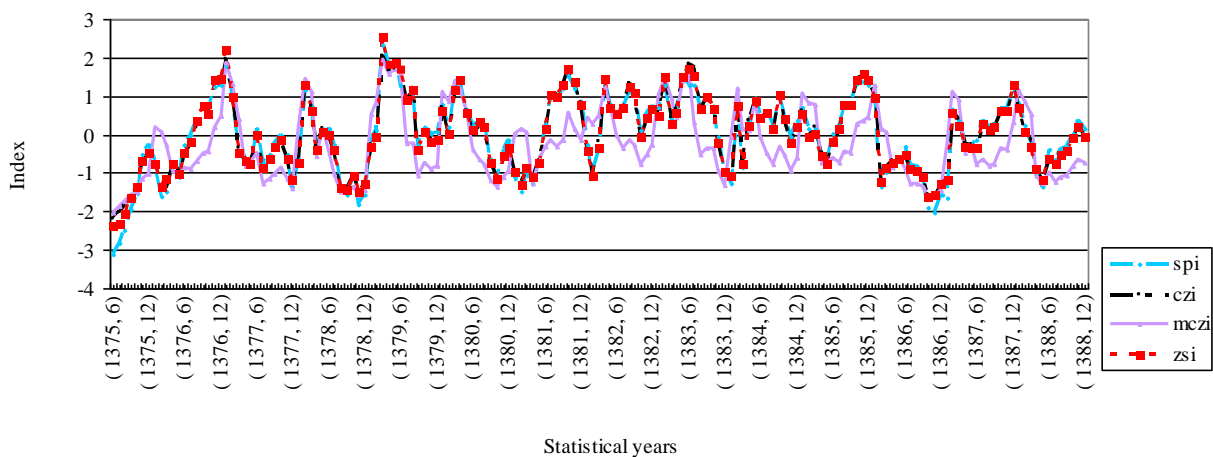


Fig. 1- Comparison of ZSI, MCZI, CZI, and SPI indicators in a 6-month scale

شکل ۱- مقایسه شاخص‌های ZSI، MCZI، CZI و SPI با مقیاس ۶ ماهه

مختلف داده‌های مربوط به کیفیت ۱۵ حلقه چاه در مهر و اردیبهشت ۹۱ انتخاب شدند و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این پژوهش بررسی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از نرم‌افزار AqQa انجام گرفت. ابتدا توسط نمودار پایپر (Piper) رخساره‌های هیدروژئوشیمی آب زیرزمینی تعیین شده، سپس با استفاده از نمودار دیورف موقعیت نمونه‌های آبی در سیکل تکامل هیدروژئوشیمی آب زیرزمینی بررسی شد. با توجه به قسمت مستطیل شکل نمودار دیورف، افزایش ناگهانی کل مواد جامد محلول (به بیش از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در برخی از چاه‌ها طبیعی نیست. روند نسبتاً خطی آن‌ها در قسمت‌های مستطیل شکل و مربع شکل نمودارهای دیورف، نشان از تمایل آن‌ها برای رسیدن به انتهای سیکل تکاملی هیدروژئوشیمیایی دارد. همچنین، افزایش ناگهانی میزان کل مواد جامد محلول و نزدیک شدن به تیپ بی‌کربناته (شکل ۳)، می‌تواند به لحاظ تأثیر تشکیلات سازند مربوطه و یا به دلیل اختلاط آب چاه‌های شماره ۴، ۶، ۹ و ۱۴ با منبع آبی دیگری که از کیفیت نسبتاً پایینی برخوردار است و یا به خاطر نشت از آبخوان نیمه‌محصور زیرین باشد، که این موضوع نیازمند بررسی بیشتری است. همچنین در شکل ۴ نیز افزایش ناگهانی میزان کل مواد جامد محلول و نزدیک شدن به تیپ بی‌کربناته، نشان از اختلاط آب چاه‌های شماره ۳ و ۶ با منبع آبی دیگری است که از کیفیت نسبتاً پایینی برخوردار می‌باشد. چاه شماره ۶ خاصیت بازی خیلی کمی را دارا است که شرایط بررسی آن مانند شکل ۳ می‌باشد.

۳-۲- آنیون‌ها و کاتیون‌ها

یون‌های موجود در آب‌های زیرزمینی، حاصل واکنش بین آب و محیط اطراف خود می‌باشد. این یون‌ها می‌توانند حاصل عملکردهای مصنوعی نزدیک به این منابع باشد. افزایش غیرطبیعی این یون‌ها باعث کاهش کیفیت آب خواهد شد.

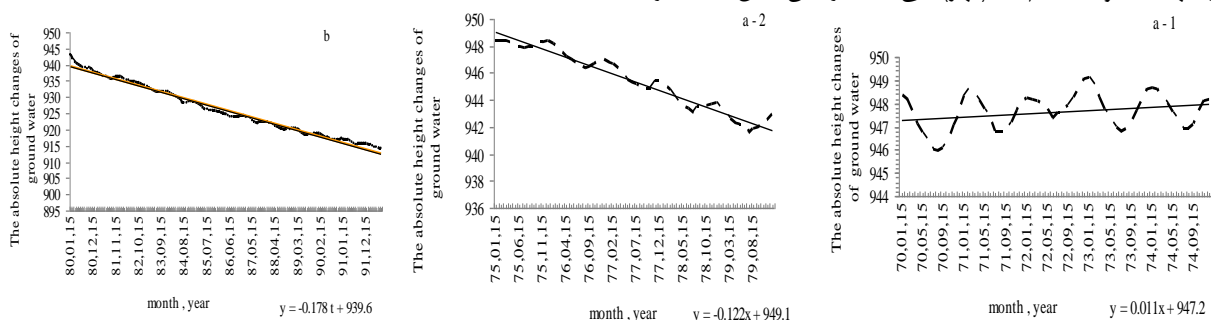


Fig. 2- Aquifer hydrograph (variation in absolute height of water table) (a- 1 and a-2) - Two 5-year periods of 1991-95 and 1996-2000 (b)- 2001-2011 (80's to 90's in Iranian calendar)

شکل ۲ (الف و ب) - هیدروگراف آبخوان (تغییرات ارتفاع مطلق آب) دو دوره ۵ ساله ۷۵-۷۰ و ۸۰-۷۵، ۲-ب - هیدروگراف آبخوان (تغییرات ارتفاع مطلق آب) در دهه ۹۰-۸۰

به‌منظور بررسی افت، هیدروگراف ارتفاع مطلق آب زیرزمینی برای دوره آماری مورد مطالعه ۱۳۹۲-۱۳۷۰ در دو دوره ۱۰ ساله با میان‌گیری بین چاه‌های منتخب ترسیم شد (شکل ۲). هدف از ترسیم هیدروگراف آبخوان، به‌دست آوردن شیب و روند تغییرات و تعیین افت سطح آب زیرزمینی است. شکل ۲ شیب خط برازش داده شده بر روند افت هیدروگراف درازمدت آبخوان دشت در دو دهه متوالی را نمایش می‌دهد.

با توجه به شکل ۲ مقدار افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان دشت ساوه طی حدود ۲۲ سال (۱۳۹۲-۱۳۷۰) حدوداً برابر ۳۱/۸۶ متر بوده است. به‌طوری‌که در دهه ۸۰ روند افت با شیب ۱۲/۲٪ و در دهه ۹۰ با شیب ۱۷/۸٪ می‌باشد. اگر روند کاهشی افت با همان شیب در دهه اخیر ادامه یابد پیش‌بینی می‌شود که در ۱۰ سال آینده ۲۵ متر افت سطح آب را نسبت به سطح کنونی داشته باشیم، که بسیار نگران‌کننده است. بررسی آب زیرزمینی دشت نشان می‌دهد که در طول دوره آماری مورد بررسی، بیشترین میزان افت آب زیرزمینی مربوط به دهه اخیر و سال ۹۲ می‌باشد که نسبت به سال‌های قبلی میزان تخلیه بیشتر است. بیشترین مقدار تخلیه در چاه محل نودژ (ارتفاع مطلق پیژومتری ۸۷۰/۷۱ متر) و بیشترین مقدار تغذیه مربوط به چاه محل امام‌زاده قارالر (ارتفاع مطلق پیژومتری ۱۲۸۹/۷۴ متر) است.

۳-۱- استفاده از مطالعات هیدروژئوشیمی برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت ساوه

با توجه به این که آب زیرزمینی در این منطقه برای مصارف مختلفی به‌خصوص کشاورزی و شرب مورد استفاده قرار می‌گیرد، بنابراین ارزیابی کیفی آن اهمیت ویژه‌ای دارد. لازم به ذکر است که معمولاً اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب زیرزمینی سالانه ۲ بار، در ماه پرآب (اردیبهشت) و ماه کم‌آب (مهر) می‌باشد. از بین سال‌های آماری

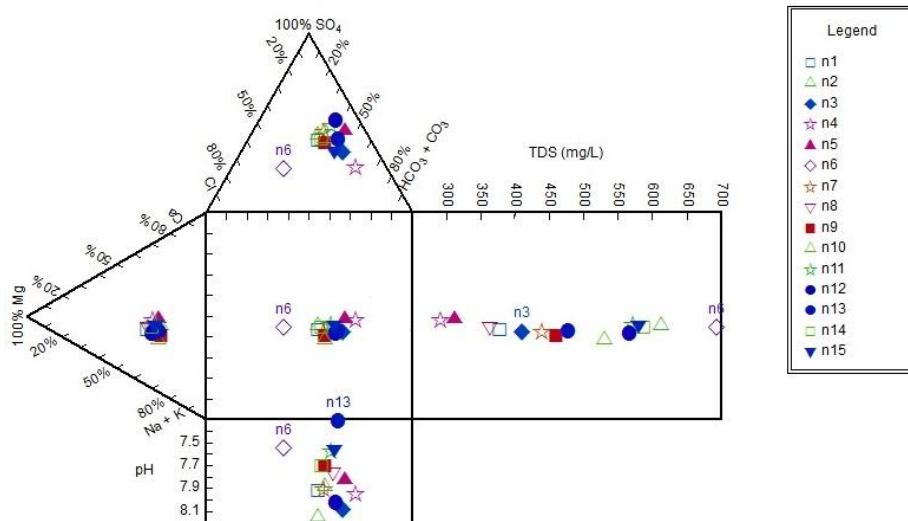


Fig. 3- Durov Diagram- October 2012
 شکل ۳- دیاگرام دیورف- مهر ۹۱

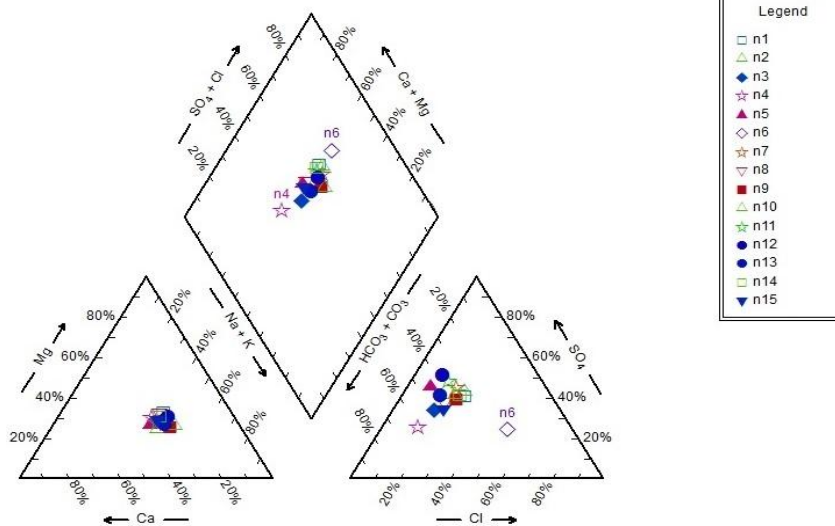


Fig. 4- Piper Diagram- October 2012
 شکل ۴- نمودار پایپر- مهر ۹۱

(Singhal and Gupta, 1999)

۳-۳- مقایسه پارامترهای کیفی آب زیرزمینی آبخوان‌های دشت ساوه

به منظور بررسی تغییرات پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت ساوه، میانگین سالانه پارامترهای کیفی آب زیرزمینی این محدوده طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۱ رسم شد. تغییرات زمانی این پارامترها در قسمت‌های مختلف شکل ۵ آورده شده است. همبستگی تغییرات نسبت جذبی سدیم و سدیم نشان دهنده رابطه مستقیم این دو پارامتر است. همچنین به ترتیب اختلاف مقدار عناصر کیفی TDS و EC سال

با استفاده از این داده‌ها، منشأ آب سطحی و زیرزمینی قابل حدس خواهد بود. به طور کلی آب‌ها از نظر ترکیب شیمیایی به سه گروه تقسیم‌بندی می‌شوند: بی‌کربناته، سولفات و کلروره. هر کدام از این سه تیپ خود شامل سه رخساره کلسیک، منیزیک و سدیک می‌باشد که توسط پایپر جهت تعیین کیفیت آب نمایش داده می‌شود. پلات شدن نمونه‌ها بر روی هر قسمت از این دیاگرام نشان دهنده منشأ و نوع آب مربوطه می‌باشد. دیاگرام شکل‌های ۳ و ۴ نشان دهنده این است که آب‌های موجود در محدوده مورد پژوهش از نوع کلسیکی می‌باشد. از مزایای نمودار دیورف نسبت به نمودار پایپر نمایش بهتر تیپ‌های مختلف آبی و فرایندهای هیدروشیمیایی مانند تبادل یونی می‌باشد

آب زیرزمینی را به همراه دارد، برداشت‌های بی‌رویه و نیز حفر چاه‌های غیرمجاز است. افت سطح آبخوان دشت ساوه طی حدود ۲۲ سال برابر ۸۶/۳۱ متر بوده که از سال ۱۳۷۶ به بعد شدت یافته است و اگر روند افت با همان شیب در دهه اخیر ادامه یابد پیش‌بینی می‌شود که در ۱۰ سال آینده سطح آب‌زیرزمینی باز هم ۲۵ متر تنزل خواهد کرد که بسیار نگران‌کننده است. بررسی کیفی نشان داد که آب‌زیرزمینی از نظر ترکیب شیمیایی بی‌کربناته و از گروه رخساره کلسیکی است. تغییرات TDS و EC از سال ۸۵ تا ۹۰، به ترتیب ۴۹۷ میلی‌گرم بر لیتر و ۵۱۵ میکروموس بر سانتی‌متر است. با کاهش عمق آب‌زیرزمینی شوری نیز کاهش یافته است که علت آن را می‌توان وجود لایه‌های بالایی نمکی تر دانست. خشکسالی‌ها در دشت ساوه عامل مهمی در افت سطح آب‌زیرزمینی دشت می‌باشد؛ ولی به تنهایی عامل بحران نبوده بلکه برداشت بی‌رویه از دیگر عوامل است. افزایش خشکسالی‌ها به‌خصوص در سال‌های اخیر باعث افزایش برداشت از سطح آب‌زیرزمینی و در نتیجه شدت افت سطح آب‌زیرزمینی دشت شده است. تمام عوامل مورد بررسی باعث افت آب هستند؛ اما مقدار تأثیرگذاری هر کدام نیاز به پژوهش‌های بیشتری دارد.

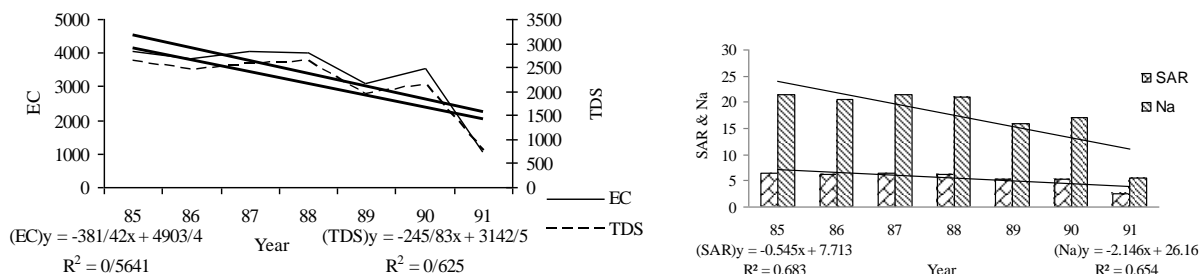


Fig. 5- Average of annual changes in qualitative parameters in Saveh Plain aquifer

شکل ۵- میانگین سالانه تغییرات پارامترهای کیفی دشت ساوه

Seventh Conference of Engineering Geology and Environment, Shahrood University of Technology, 6 p (In Persian)

Karimi V A, Habibinejad R, Abkari A A (2011) To determinate meteorological drought indices in synoptic stations of Mazandaran. Quarterly Journal of Irrigation and Water Engineering, 5:15-25 (In Persian)

Kendall M G, Stuart A (1977) The advanced theory of statistics. Charles Griffin & Company: London, High Wycombe, 400-401

Khadem I M, Kaluarachchi J J (2006) Water quality modeling under hydrologic variability and parameter uncertainty using erosion-scaled export coefficients. Journal of Hydrology, 330:354-367

McKee T B, Doesken N J, Kleist J (1993) The relationship of drought frequency and duration to

۸۵ با ۹۰، ۴۹۷ میلی‌گرم بر لیتر و ۵۱۵ میکروموس بر سانتی‌متر است. برابری و همبستگی نسبتاً خوب تغییرات آنیون و کاتیون در آب زیرزمینی تا حدودی نشانگر صحت اندازه‌گیری‌ها می‌باشد که با نتایج Mohammadi et al. (2011) مطابقت دارد.

۴- جمع‌بندی

در این پژوهش حجم تخلیه منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) دشت ساوه در سال‌های آماری ۱۳۴۹-۱۳۶۰-۱۳۷۵-۱۳۸۲-۱۳۸۷ بررسی و مشخص شد کمترین مقدار تخلیه از چاه‌ها در سال ۴۹ (۹۴/۲ میلیون متر مکعب) و بیشترین آن در سال ۸۷ (۵۷۱/۵ میلیون متر مکعب) است. میانگین تغییر حجم آبخوان در این دشت طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۷۰، برابر با ۷۵/۷۱- میلیون مترمکعب است که حاکی از کاهش حجم آبخوان به‌ویژه در سال‌های اخیر می‌باشد. شاخص‌های خشکسالی و نمودارهای فراوانی حاکی از خشکسالی نزدیک به نرمال است؛ اما در سال‌های آتی می‌تواند نگرانی بیشتری را موجب شود. در حال حاضر، مشکل عمده محدوده مورد مطالعه که افت قابل توجه تراز

۵- مراجع

Banivahab A (2004) Evaluation of drought, wet, predicts climate change Birjand area using a statistical simulation. Geographical Research, 45:141-157 (In Persian)

Hayes MJ, Decker WL (1998) Using satellite and real-time weather data to predict maize production. International Journal of Biometeorology, 42(1):10-15

Hayes M J, Svoboda M D, Wilhite D A, Vanyarkho O V (1999) Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. Bulletin of American Meteorological Society 80:429-438

Heydarian Z, Hafezi Moghadas N, Nedae gilarlo S, Ebrahimi F (2011) Al ghadir dam effecton on the quantity of groundwater resources plain of Saveh.

Singhal B B S, Gupta R P (1999) Applied hydrogeology of fractured rocks. Kluwer Academic Publisher, 400 p

Tabatabae M, Mohammadi A (2012) To determinate changes and effects water table on drawdown groundwater salinity (Case Study: plain Jiroft). Eleventh Seminar water and reduce evaporation, 1-6 (In Persian)

time scales. 8th conference on applied climatology, 17– 22 January, Anaheim CA

Mohammadi ghalenay M, Ebrahimi K, AraghinaJad Sh (2011) Qualitative and quantitative assessment of groundwater resources (Case study: aquifers of Saveh & Arak). Journal of Soil and Water, 21(2):93-108 (In Persian)