Archive of SID

هیدروژئولوژی، سال چهارم، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۸
Hydrogeology, Volume 4, No. 1, Summer 2019

تغییرات زمانی و مکانی جریان آب زیرزمینی در ساحل جنوب شرقی دریاچه ارومیه

امیر شمشکی[۱]، غلامحسین کرمی[۲*]

۱- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود
۲- دانشیار زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود
* نویسنده مسئول: g.karami@shahroodut.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۰۸

چکیده

در سال‌های اخیر، آب دریاچه ارومیه به شدت خشک شده و شوری آن به میزان چشمگیری افزایش یافته است. دلایل مختلفی برای علت این پدیده بیان گردیده ا ست. حتی در نحوه و میزان نقش م ستقیم و یا غیرم ستقیم آب زیرزمینی در مقای سه با آب‌های سطحی اختلاف وجود دارد. لذا در این پژوهش با هدف شناسایی نحوه اندرکنش آب‌های زیرزمینی و سطحی منطقه ساحل جنوب شـرقی این دریاچه به عنوان مهم‌ترین جبهه ورودی آب‌های سـطحی به دریاچه، تغییرات زمانی و مکانی جریان آب زیرزمینی مورد برر سی قرار گرفت. این برر سی با ا ستفاده از نق شه تراز آب زیرزمینی در اردیبه شت ماه سال ۱۳۸۷، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵ و همچنین نقشـه قابلیت انتقال آب زیرزمینی، میزان جریان‌های ورودی و خروجی آب زیرزمینی با اسـتفاده از تغییرات شـیب هیدرولیکی آب زیرزمینی انجام پذیرفت. همچنین از پنج برش عر ضی شامل اطلاعات تراز و شیب آب زیرزمینی در زمان‌های مورد نظر و همچنین اطلاعات جنس و نوع نهشته‌های رسوبی استفاده گردید. در این پژوهش مشخص شد که جریان‌های ورودی و خروجی آب زیرزمینی نقش مهمی در تأمین منابع آب زیرزمینی منطقه ندارند. بنابراین، افت‌های شـدید و محلی در تراز آب زیرزمینی ناشـی از اضـافه بردا شت و همچنین تغییر در حجم و نحوه توزیع منابع آب سطحی، نقش ب سیار مهمی در تغییرات جهت و شیب جریان‌های آب زیرزمینی ایفا می‌کند. خطر نفوذ آب شـور از سـمت سـاحل دریاچه به سـمت نواحی که دارای افت شـدید در تراز آب زیرزمینی می‌با شند، وجود دارد. در برخی نواحی به ویژه نواحی جنوبی، وجود سدهای زیرزمینی از جنس نهشته‌های ر سی با حالت مومسانی بسیار زیاد، مانع از نفوذ آب شور به نواحی داخل خشکی می شود. در این تحقیق، سهم آب‌های زیرزمینی در مقایسه با جریان‌های سطحی آب، در تأمین آب محدوده دریاچه ارومیه از سمت جبهه جنوب شرقی فقط حدود ۰/۹ درصد تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: دریاچه ارومیه، تغییرات زمانی و مکانی، شیب هیدرولیکی، سهم آب زیرزمینی.

مقدمه

در دهه‌های اخیر تعداد زیادی از دریاچه‌ها خشک شده و یا به میزان چشمگیری، حجم ذخیره خود را از دست داده‌اند. بی‌شک، این رخداد نتیجه بر هم خوردن تعادل بین عامل‌های آب ورودی و خروجی به پیکره آن‌ها می‌باشد. از مهم‌ترین این دریاچه‌ها دریاچه بزرگ نمک امریکا، دریای مرده، دریاچه آرال، دریاچه چاد، دریاچه بالخاش، دریای کاسپین، دریاچه ایسیک کول و دریاچه ارومیه می‌باشند. (لرمن و همکاران، ۱۹۹۵). دلایل متعددی توسط کارشناسان و پژوهشگران مختلف در توجیه علت خشک شدن این دریاچه‌های بسته که عمده‌ترین خروجی آب از آن به صورت تبخیر است، بیان گردیده که مهم‌ترین آن‌ها شامل ۱) تغییر اقلیم، ۲) ساخت سدها و سایر

www.SID.ir

Archive of SID

سازه‌های آبی، ۳) احداث میان‌گذر، ۴) افزایش شدید مصرف آب کشاورزی و ۵) تغییر جهت و میزان جریان آب‌های زیرزمینی پیرامون دریاچه‌ها می‌باشد. اندرکنش آب‌های زیرزمینی و سطحی در زمان و مکان بسیار پیچیده و مبهم است. این ارتباط نه تنها از عامل‌های آب و هوا، زمین ریخت‌شناسی، زمین‌شناسی و زیستی، بلکه از فعالیت‌های انسانی نیز تأثیر می‌پذیرد (سوفوسلئوس، ۲۰۰۲). از نخستین فعالیت‌های علمی در این زمینه، می‌توان به مطالعات مک‌براید و فن‌کوخ (۱۹۷۵) اشاره نمود. آن‌ها بر اساس مطالعات خود نتیجه گرفتند که بیشتر آب زیرزمینی که وارد سامانه یک دریاچه می‌شود، از منطقه ساحلی عبور می‌کند و در بخش‌های عمیق‌تر، سهم کمی از آب زیرزمینی مشارکت دارد. در یک کار پژوهشی با موضوع بررسی اندرکنش آب‌های زیرزمینی و دریاچه‌ها در محدوده ساحلی ۱۰ دریاچه واقع در آلبرتای مرکزی، شاو و پرپاس (۱۹۹۰) برآورد کردند که فقط در یکی از این دریاچه‌ها آب زیرزمینی ۴۹ درصد آب دریاچه را به عنوان منبع اصلی تغذیه تأمین می‌نماید و در سایر دریاچه‌ها سهم آب زیرزمینی در این مورد کم و حدود ۱۰ درصد از کل آب ورودی به آن‌ها است. آن‌ها با استفاده از ابزار نشت‌سنج، مقدار شار جریان آب زیرزمینی را به سمت این دریاچه‌ها بین ۳×۱۰^{-۷} تا ۲×۱۰^{-۱۰} متر بر ثانیه برآورد نمودند. در یک کار تحقیقاتی ایزیورهو و ماتیسوف (۱۹۹۰) برآورد کردند که سالیانه حدود ۱۸ درصد از آب دریاچه چاد در افریقا، صرف تغذیه آبخوان کواترنری می‌گردد. در جبهه جنوب غربی این دریاچه که از دیدگاه توپوگرافی پهنه‌ای هموار می‌باشد، توالی از نهشته‌های دریاچه‌ای و نهشته‌های رسی و ماسه‌ای رودخانه‌ای با سن پلئیستوسن وجود دارد. در این نهشته‌ها سه آبخوان بالایی، میانی و پایینی وجود دارد که آبخوان بالایی از نوع آزاد می‌باشد. آب دریاچه چاد به دلیل داشتن تراز بالاتر، این آبخوان را تغذیه می‌کند. شار جریان آب زیرزمینی در این جبهه با استفاده از نشت‌سنج، روش ردیابی و احداث شبکه‌ای از پیزومترهای کوچک، به طور متوسط $۱/۱۵\times۱۰^{-۳}$ متر بر روز ($۱/۳\times۱۰^{-۸}$ متر بر ثانیه) تخمین زده شد. مطالعات زکستلر (۱۹۹۶) نشان می‌دهد که حدود ۲ درصد آب دریاچه بایکال، ۰/۵ درصد دریاچه بالخاش، ۳۰ تا ۴۰ درصد دریاچه ایسسیک‌کول و ۱ درصد دریای خزر از آب زیرزمینی تأمین می‌گردد. گرانمن و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از بیلان آب برآورد کردند که آب زیرزمینی به طور مستقیم و غیرمستقیم ۸۰ درصد از آب ورودی توسط حوضه آبگیر به دریاچه میشیگان را شامل می‌شود. در پژوهش ایشان، سهم آب ورودی به دریاچه میشیگان توسط بارش‌های جوی مستقیم، آبراهه‌ها، تخلیه غیرمستقیم آب زیرزمینی به آبراهه‌ها، تخلیه مستقیم آب زیرزمینی و آب برگشتی به ترتیب حدود ۵۲، ۸، ۳۱، ۳ و ۶ درصد است. یارسیو و دستونی (۲۰۰۴) با استفاده از تغییرات بیلان آب زیرزمینی و تغییرات نسبی شیب هیدرولیکی، نشان دادند که با توجه به روند خشک شدن دریاچه آرال از سال ۱۹۶۰، سهم آب زیرزمینی در تأمین آب این دریاچه از حدود ۱۲ درصد در این سال، به حدود ۱۰۰ درصد در سال ۲۰۰۴ رسیده است. بر اساس مطالعه ایشان، میزان افزایش آب ورودی زیرزمینی از جبهه جنوب شرقی دریاچه آرال در مقایسه با جبهه شمال غربی به دلیل برخورداری از شیب بسیار ملایم‌تر، ناچیز بوده است. آن‌ها با در نظر گرفتن این که افت زیادی در تراز آبخوان‌های پیرامون این دریاچه شکل نپذیرفته است، با ارائه روابطی ریاضی بیان گردیده که هر اندازه ساحل دریاچه غیر هموارتر و دارای تغییرات شیب بیشتری بوده، میزان شیب هیدرولیکی به سمت دریاچه افزایش یافته و به همین نسبت بر میزان تخلیه آب زیرزمینی به دریاچه آرال افزوده شده است. وینتر (۲۰۰۰) میزان آسیب‌پذیری انواع زمین‌های مرطوب را در برابر تغییرات آب و هوایی مورد بررسی قرار داده است. وی در این بررسی نتیجه‌گیری نمود که میزان آسیب‌پذیری به جایگاه آن‌ها در چشم‌انداز آب‌شناختی و همچنین میزان وابستگی به منابع آب زیرزمینی بستگی دارد. بر این اساس، دریاچه‌هایی که وابستگی بیشتری به آب زیرزمینی دارند، از درجه آسیب‌پذیری کمتری برخوردار هستند. بالعکس هر اندازه وابستگی آن‌ها به بارش‌های

www.SID.ir

Archive of SID

جوی بیشتر باشد، آسیب‌پذیری‌شان در برابر تغییرات اقلیمی بیشتر می‌باشد. در پژوهش‌های خود رونینگن و بربی (۲۰۱۲) نشان دادند دریاچه‌هایی که دارای جریان رودخانه‌ای ورودی یا خروجی نمی‌باشند، به‌طور ویژه در مقابل خشک‌سالی آسیب‌پذیر هستند. در یک کار تحقیقاتی (کتابچی و همکاران، ۱۳۹۶)، تبادل آب بین تالاب کانی‌برازان و آبخوان در حاشیه جنوبی دریاچه ارومیه در بازه زمانی سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۴ مورد بررسی قرار گرفت. در پژوهش یاد شده، نتیجه گرفته شد که نیاز آبی تالاب کانی‌برازان حدود ۵۰ درصد از منابع آب سطحی تأمین می‌گردد. از سوی دیگر، حدود نیمی از حجم آب‌های سطحی ورودی به تالاب از چشمه و کانال‌های زهکش کننده آب زیرزمینی حاصل می‌شود. بنابراین، حدود ۷۵ درصد از آب تالاب کانی برازان به طور مستقیم و غیر مستقیم وابسته به منابع آب زیرزمینی می‌باشد. فرهودی هفدران و کتابچی (۱۳۹۷) از شبیه‌سازی عددی اندرکنش دریاچه ارومیه و آبخوان ساحلی دشت عجب‌شیر نتیجه گرفتند که کاهش سطح تراز دریاچه با روند ۰/۴ متر بر سال، تراز متوسط آبخوان را به اندازه ۱/۷ متر در طول ۱۰ سال کاهش می‌دهد. ددیزر جیلیک و جیلیک (۲۰۱۷) با مدل‌سازی عددی اندرکنش آب‌های سطحی و زیرزمینی در حوزه پالاس ترکیه، مشخص نمودند که نقش آب‌های زیرزمینی به صورت مستقیم و غیر مستقیم در تأمین آب دریاچه بسته توزلا بسیار دارای اهمیت است. آن‌ها توصیه کردند که در مدیریت منابع آب دریاچه‌ها و تالاب‌ها باید به نقش آب‌های زیرزمینی توجه نمود. در دو دهه اخیر، دریاچه ارومیه به دلیل کاهش شدید سطح آب و افزایش شوری در شرایط بحرانی قرار گرفته است. از سوی دیگر، برداشت بیش از حد مجاز از آبخوان‌های آبرفتی پیرامون این دریاچه، احتمال نفوذ آب شور به آبخوان‌های ساحلی این دریاچه را افزایش داده است. میر عباسی نجف آبادی و همکاران (۱۳۹۵) و اصغری مقدم و محبی (۱۳۹۵) در تحقیقات خود، نفوذ آب شور را یکی از عوامل کاهش کیفیت آب زیرزمینی در بعضی نقاط مجاور دریاچه ارومیه دانسته‌اند. ساحل جنوب شرقی دریاچه ارومیه در پایین دست آبخوان‌های آبرفتی دشت میاندوآب و مراغه – بناب قرار دارد. این منطقه مهم‌ترین جبهه ورودی آب‌های سطحی به این دریاچه می‌باشد. بیشترین میزان عقب‌نشینی آب دریاچه نیز در این بخش رخ داده است. با این وجود از نحوه اندرکنش آب‌های زیرزمینی و سطحی در این ناحیه، اطلاعات کافی و مناسبی وجود ندارد. به همین دلیل فرضیه‌های متفاوت و گاه متناقضی در مورد میزان و نحوه ارتباط افت آبخوان‌ها و کاهش تراز آب دریاچه و افت کیفیت آب‌های زیرزمینی مطرح گردیده است. هدف اساسی از این تحقیق، شناخت منشأ و نحوه تغییرات زمانی و مکانی آب زیرزمینی در منطقه ساحلی جنوب شرقی دریاچه ارومیه می‌باشد. برای این منظور، لازم است عوامل مؤثر بر تغییر شیب هیدرولیکی در بخش‌ها و زمان‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین نقش تغییرات شیب هیدرولیکی در تغییر حجم و الگوی جریان آب زیرزمینی بررسی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

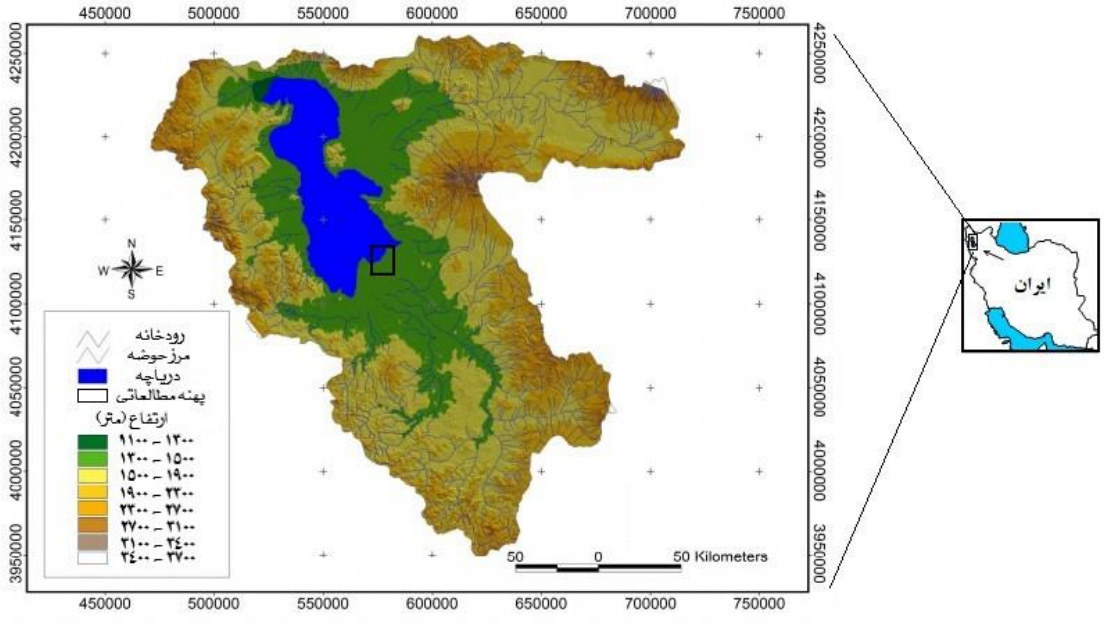
محدوده مورد مطالعه

ساحل جنوب شرقی دریاچه ارومیه در شمال غرب ایران و در محدوده استان‌های آذربایجان غربی و شرقی قرار دارد. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه ″۳۸ ′۵۰ °۴۶ تا ″۲۷ ′۰۲ °۴۶ طول شرقی و″۱۲ ′۰۵ °۳۷ تا ″۵۳ ′۲۲ °۳۷ عرض شمالی می‌باشد (شکل ۱). نیمه شمالی این پهنه در محدوده دشت مراغه – بناب و نیمه جنوبی آن در محدوده دشت میاندوآب جای دارد. مساحت دشت مراغه – بناب حدود ۸۰۰ کیلومتر مربع و ارتفاع متوسط آن حدود ۱۳۰۰ متر از سطح دریاهای آزاد است. این دشت در جنوب غربی کوه بزرگ و مرتفع آتشفشانی سهند با بیشینه ارتفاع ۳۷۰۷ متر قرار دارد. ارتفاعات سهند سرچشمه اصلی آبراهه‌های این دشت می‌باشد. دشت میاندوآب در جنوب و جنوب شرق استان آذربایجان غربی و دریاچه ارومیه قرار دارد. این دشت با وسعت حدود ۳۴۱۵

www.SID.ir

Archive of SID

کیلومتر مربع، بزرگ‌ترین دشت در حوضه آبگیر دریاچه ارومیه می‌باشد. ارتفاع متوسط دشت میاندوآب حدود ۱۳۰۰ متر از سطح دریاهای آزاد است. متوسط ارتفاع نواحی ساحلی دریاچه ارومیه حدود ۱۲۷۵ متر بالاتر از سطح دریاهای آزاد است. در سال‌های اخیر با تداوم روند چشمگیر کاهش تراز آب در این دریاچه، محیط دریاچه ارومیه به محیط پلایا تغییر یافته است.



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی پهنه مطالعاتی.

زمین‌شناسی

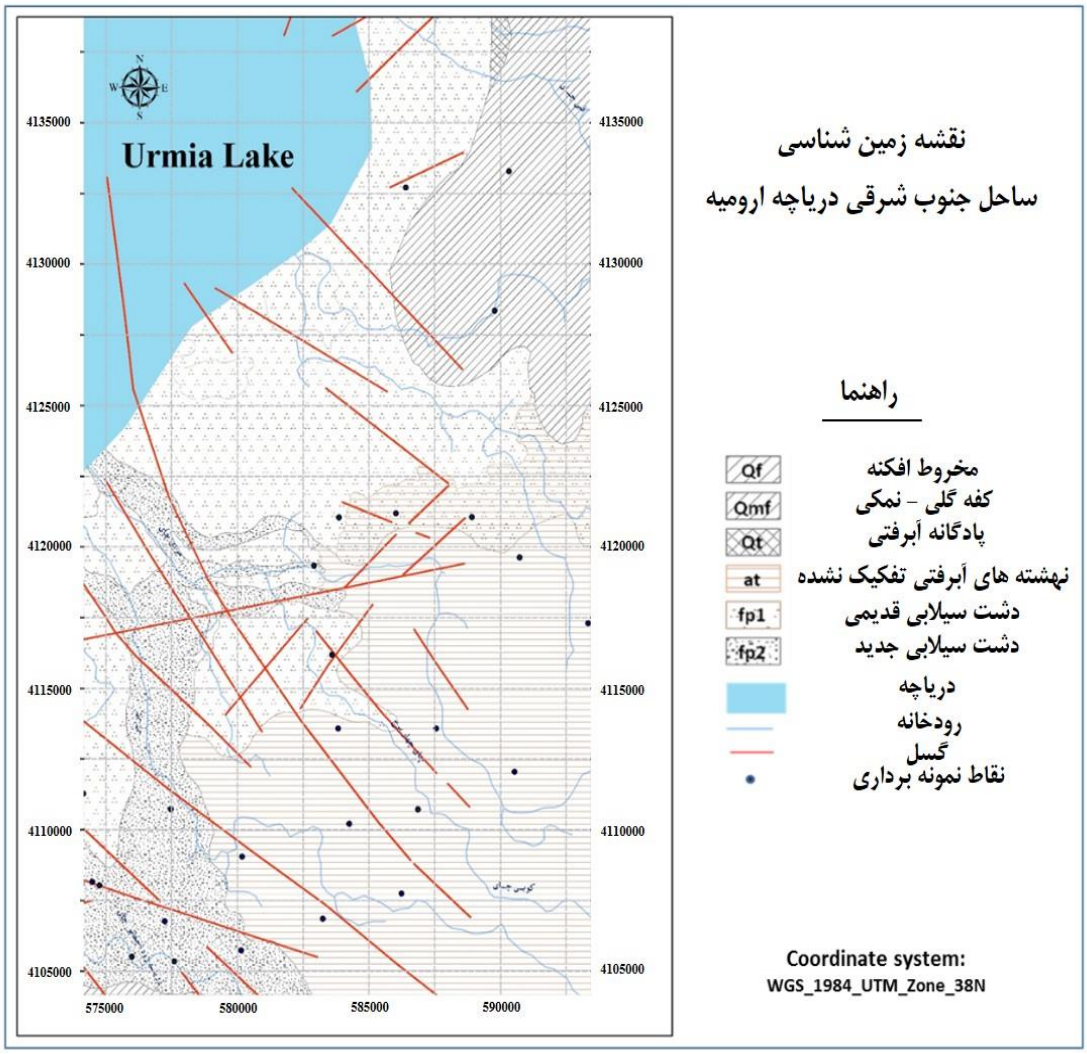
پهنه مطالعاتی از دیدگاه زمین‌شناسی در منطقه ساختاری البرز – آذربایجان قرار دارد. این منطقه ساختاری به طور نسبی از امتداد گسل ارومیه – زرینه‌رود از منطقه ساختاری خوی – مهاباد جدا می‌باشد. سطح محدوده مورد مطالعه از نهشته‌های کواترنری پوشیده شده است (شکل ۲). این نهشته‌ها در بخش شمالی، از نوع نهشته‌های مخروط‌افکنه‌ای در انتهای دشت مراغه – بناب می‌باشد. اندازه دانه‌های رسوبی در این قسمت بیش‌تر در محدوده ذرات ماسه و سیلت است.

اما در بخش جنوبی که حاشیه انتهایی دشت میاندوآب می‌باشد، توالی از رسوبات رودخانه‌ای و دریاچه‌ای مشاهده می‌گردد. این نهشته‌ها به طور عمده نهشته‌هایی دانه‌ریز شامل سیلت و رس هستند. در بستر آبراهه‌های بزرگ منطقه به ویژه بستر رودخانه زرینه‌رود، اندازه دانه‌های رسوبی بزرگ‌تر می‌باشد. به دلیل تغییر مسیرهای زیادی که آبراهه‌های این دشت از زمان شکل‌گیری دشت میاندوآب داشته‌اند و همچنین رخداد سیلاب‌های بزرگ در امتداد این آبراهه‌ها، کانال‌های مدفونی در بین لایه‌های رسوبی دانه‌ریز این منطقه وجود دارند که دربرگیرنده آوردهای رودخانه‌ای درشت دانه هستند. گسل خوردگی‌های زیادی در این محدوده مشاهده می‌شود که بیشتر وابسته به منطقه گسلی زرینه‌رود می‌باشند. این گسل که به طور نسبی در امتداد محور اصلی رودخانه زرینه‌رود است، گسلی پویا می‌باشد که آثار مشخصی بر مسیر آبراهه‌های منطقه گذاشته است. گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه، نقش مهمی در مسیر آبراهه‌ها و امتداد و نحوه رسوب‌گذاری آن‌ها داشته‌اند. به این ترتیب، ساختارهای زمین‌شناسی این پهنه شامل چین‌خوردگی‌ها و گسل خوردگی‌ها نقش مهمی در هندسه سفره‌های آب زیرزمینی و جهت جریان آن‌ها دارند. جنس سنگ کف آبخوان‌های آبرفتی به طور معمول شامل سنگ‌های آتشفشانی، سنگ آهک و مارن‌های میوسن می‌باشد. در برخی مکان‌ها، سنگ کف سفره‌های آب زیرزمینی

www.SID.ir

Archive of SID

از نهشته‌های دریاچه‌ای تشکیل شده است. از ویژگی این نهشته-ها وجود رس فراوان با خاصیت خمیری بسیار زیاد می‌باشد. عمق سنگ کف در بخش شمالی محدوده مطالعاتی به بیش از ۸۰ متر نیز می‌رسد؛ در حالی که در بخش میانی و جنوبی، عمق سنگ کف به طور عمده کمتر از ۳۰ متر است و در برخی نقاط، بیشینه به حدود ۵۵ متر می‌رسد.



شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه.

چاه‌های مشاهده‌ای منطقه

در پهنه مطالعاتی ۳۴ حلقه چاه مشاهده‌ای وجود دارد که از این تعداد ۲۸ حلقه متعلق به شرکت‌های آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و غربی می‌باشد. ۶ حلقه از این چاه‌ها در این پژوهش حفر گردیده که همگی در منطقه ساحل خشک شده دریاچه ارومیه قرار دارند. ۲۱ حلقه از چاه‌های مشاهده‌ای شرکت‌های آب منطقه‌ای دارای آمار و اطلاعات به مدت بیش از ۱۵ سال می-باشند که در این تحقیق با هدف بررسی تغییرات زمانی سطح آب زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. موقعیت جغرافیایی و تراز سطح این چاه‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی و تراز سطح چاه‌های مشاهده‌ای.

ردیف	نام چاه مشاهده‌ای	Y	X	تراز (متر)
۱	خضرلو- شورگل(روبروی نیروگاه)	۴۱۴۱۵۵۰	۵۸۹۳۵۰	۱۲۸۴/۴۱
۲	آخوند قشلاق	۴۱۳۵۸۵۰	۵۹۰۵۵۰	۱۲۸۰/۶۳
۳	غرب جاده عجب‌شیر – بناب	۴۱۳۷۰۰۰	۵۹۱۵۰۰	۱۲۸۰/۹۲
۴	قره چپق (بهداشت)	۴۱۳۰۵۰۰	۵۸۹۸۰۰	۱۲۸۵/۰۵
۵	بناب (انرژی اتمی)	۴۱۴۰۴۰۰	۵۹۰۸۰۰	۱۲۸۰/۳۳
۶	بناب (جاده دریا)	۴۱۳۳۴۳۰	۵۸۹۲۷۰	۱۲۸۱/۵۴
۷	بناب (اول جاده دریا)	۴۱۳۳۴۵۰	۵۹۰۶۷۵	۱۲۸۴/۳۱
۸	خانه برق (بهداری)	۴۱۲۹۲۵۰	۵۹۰۷۵۰	۱۲۸۵/۱۱
۹	خانه برق قدیم	۴۱۲۶۸۰۰	۵۹۲۳۵۰	۱۲۸۷/۶۵
۱۰	خلیلوند	۴۱۲۵۲۵۰	۵۹۳۲۷۵	۱۲۸۶/۴۱
۱۱	ابراهیم حصار	۴۱۱۰۲۰۶	۵۸۴۲۵۰	۱۲۸۳/۴۷
۱۲	آغداش	۴۱۱۲۲۰۰	۵۸۱۹۰۰	۱۲۸۲/۵۱
۱۳	بکتاش	۴۱۰۴۳۸۹	۵۸۹۴۹۰	۱۲۸۷/۰۶
۱۴	چپقلو	۴۱۱۹۰۰۰	۵۹۰۳۵۰	۱۲۸۲/۱۲
۱۵	حاجی مصیب	۴۱۲۱۰۵۷	۵۸۸۹۱۷	۱۲۸۰/۹۳
۱۶	خزینه جدید	۴۱۱۰۹۳۲	۵۹۳۲۰۰	۱۲۸۶/۸۴
۱۷	شعبانلو	۴۱۰۸۸۰۰	۵۸۹۴۱۰	۱۲۸۷/۳۱
۱۸	قبچاق	۴۱۱۰۷۱۱	۵۸۶۸۶۵	۱۲۸۱/۴۰
۱۹	قره قشلاق	۴۱۲۱۱۹۰	۵۸۶۰۳۰	۱۲۸۰/۸۱
۲۰	مبارک‌آباد	۴۱۱۴۱۲۲	۵۹۲۷۲۸	۱۲۹۷/۳۰
۲۱	غرب مجیدآباد	۴۱۱۴۷۲۹	۵۸۶۱۲۱	۱۲۸۱/۳۱

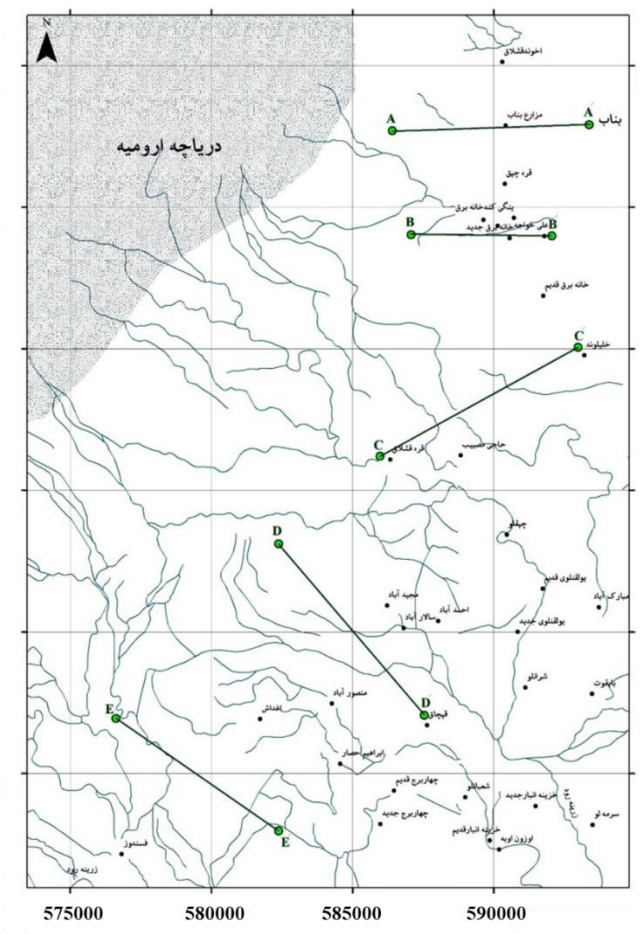
بحث و نتایج

تغییرات زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی

با هدف بررسی تغییرات زمانی و مکانی تراز آب زیرزمینی منطقه مطالعاتی، ۵ برش عرضی بر اساس آمار و اطلاعات اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۵، ۱۳۹۲ و ۱۳۸۷ (فصل تر) تهیه گردیده است. موقعیت مکانی این برش‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است. در ادامه، نتایج بررسی هر یک از این برش‌های عرضی آورده شده تا با جمع‌بندی آن‌ها شناخت بهتری از نحوه تغییرات جریان آب زیرزمینی در محدوده ساحل جنوب شرقی دریاچه ارومیه به دست آید.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- موقعیت مکانی برش‌های عرضی در محدوده مطالعاتی

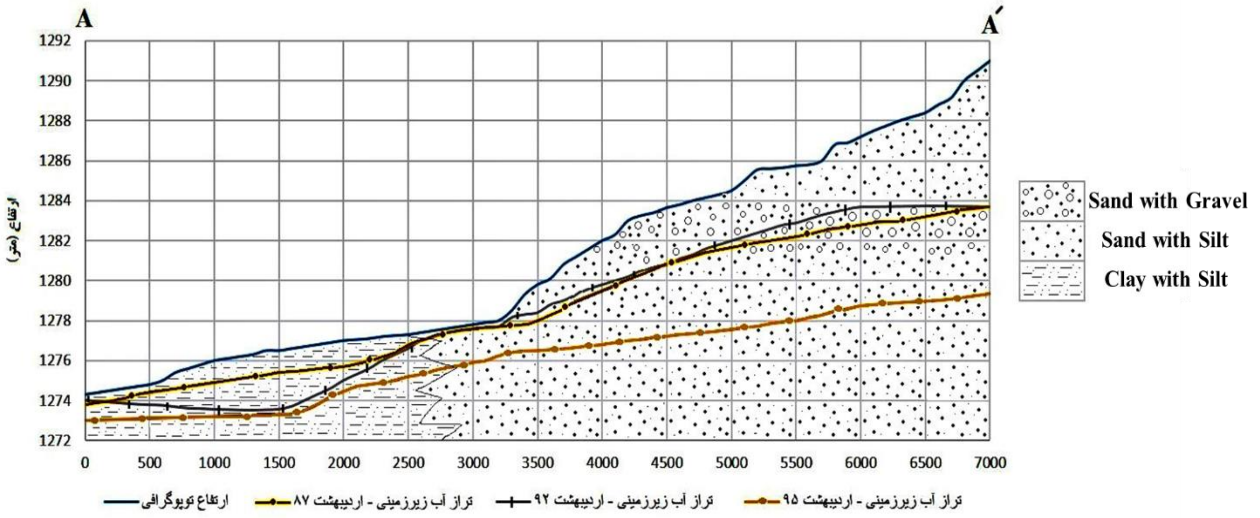
برش A-A´

این برش در محدوده دشت مراغه – بناب به درازای ۷۰۰۰ متر از نقطه A´ به مختصات X=۵۹۳۳۸۰ و Y=۴۱۳۲۹۱۵ در مرکز شهر بناب تا نقطه A به مختصات X=۵۸۶۴۰۰ و Y=۴۱۳۲۷۱۰ در بستر خشک شده دریاچه ارومیه در امتداد تقریبی جاده دریا بناب ترسیم شده است (شکل ۴). در این برش، تفاوت چشمگیری در تراز آب زیرزمینی اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۷ و ۱۳۹۲ در محدوده نهشته‌های درشت دانه آبرفتی مشاهده نمی‌شود. اما در محدوده نهشته‌های ریزدانه که منطبق بر بستر خشک شده دریاچه ارومیه است، تراز آب زیرزمینی در اردیبهشت سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۸۷ تا ۱/۹ متر در نقطه‌ای به فاصله ۱۵۰۰ متر از نقطه A دچار افت شده است. نکته قابل توجه این است که در این محدوده، تغییر مهمی در اردیبهشت سال ۱۳۹۵ مشاهده نمی‌گردد. بر خلاف محدوده نهشته‌های ریز دانه، افت چشمگیری در محدوده نهشته‌های درشت دانه از فاصله حدود ۲۶۰۰ متری از نقطه A تا نقطه A´ در بازه زمانی اردیبهشت ۹۲ تا ۹۵ رخ داده است. میزان این افت تا حدود ۴/۴ متر در محدوده شهر بناب می‌باشد. از اردیبهشت سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ در محدوده شهر بناب (فاصله حدود ۴۸۰۰ تا ۷۰۰۰ متر از نقطه A)، از چند سانتی‌متر تا ۹۰ سانتی‌متر افزایش تراز سطح آب زیرزمینی مشاهده می‌شود. به نظر می‌رسد که علت آن، افزایش میزان نفوذ از آب برگشتی مصارف آب شهری به دلیل افزایش جمعیت و توسعه شهر بناب بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

در این برش، متوسط شیب سطح زمین و تراز آب زیرزمینی در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۷، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵ به ترتیب ۲/۳۸، ۱/۴۱، ۱/۳۸ و ۰/۹۱ بر هزار می‌باشد. شیب تراز آب زیرزمینی در محدوده نهشته‌های درشت دانه در اردیبهشت سال ۱۳۸۷، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵ به ترتیب ۱/۵، ۱/۵ و ۰/۸۹ بر هزار است. در محدوده نهشته‌های ریز دانه منطقه ساحلی، شیب هیدرولیکی در اردیبهشت ۱۳۹۲ به سمت خشکی با شیب ۳ بر هزار تا فاصله ۱۵۰۰ متری از نقطه A معکوس گردیده است. در اردیبهشت ۱۳۹۵، اثری از معکوس شدگی جریان به سمت خشکی مشاهده نمی‌شود. با این وجود، در فاصله یاد شده میزان شیب هیدرولیکی حدود صفر است و به همین دلیل، به طور تقریبی در این محدوده جریان آب زیرزمینی وجود ندارد.



شکل ۴- برش عرضی **A-A´** در محدوده مطالعاتی

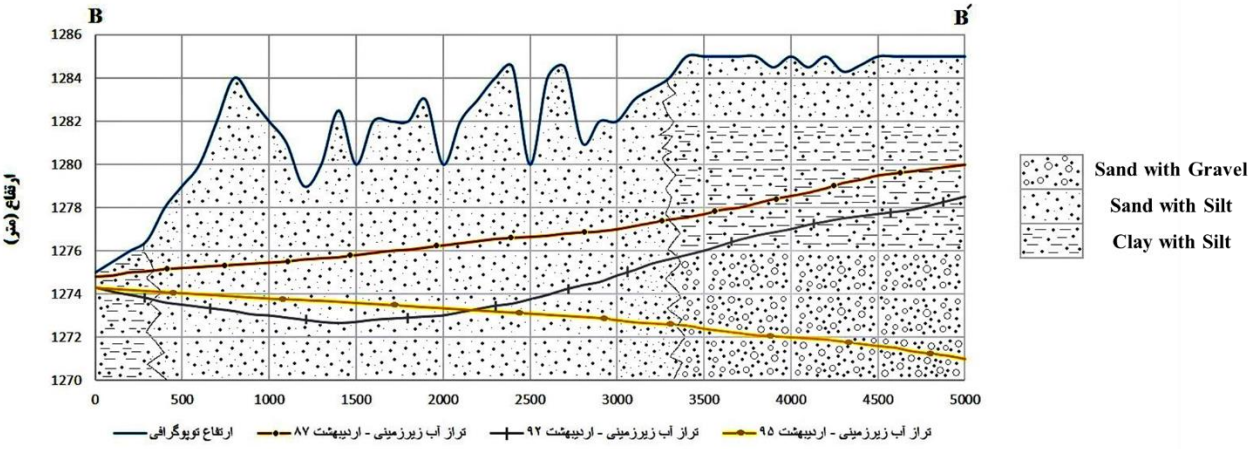
برش B-B´

این برش در محدوده دشت مراغه – بناب به درازای ۵۰۰۰ متر از نقطه B´ به مختصات X=۵۹۲۰۵۶ و Y=۴۱۲۸۹۹۶ در شرق روستای علی خواجه تا نقطه B به مختصات X=۵۸۷۰۷۰ و Y=۴۱۲۹۰۳۰ در محدوده ساحلی غرب خانه برق قدیم ترسیم شده است (شکل ۵). از فاصله حدود ۳۴۰۰ متری از نقطه B تا B´، تغییرات تراز سطح زمین ناچیز می‌باشد. این محدوده منطبق بر پادگانه‌ای آبرفتی است که به طور عمده شامل نهشته‌های درشت دانه می‌باشد و توسط یک گسل بالا آمده است. متوسط شیب سطح زمین در این برش حدود ۲ بر هزار می‌باشد. در اردیبهشت سال ۱۳۸۷، جهت جریان آب زیرزمینی به پیروی از جهت شیب سطح زمین از سمت دشت به سمت ناحیه ساحلی دریاچه می‌باشد. متوسط شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی در این سال پیرامون ۱/۰۴ بر هزار بوده است. در اردیبهشت سال ۱۳۹۲، ضمن افت ۱/۵ متری در نقطه B´ شیب هیدرولیکی به میزان ۱/۶۲ بر هزار افزایش یافته است. در این زمان، شیب هیدرولیکی از نقطه B تا فاصله حدود ۱۴۰۰ متری از آن معکوس می‌باشد. به عبارت دیگر، جهت جریان در این محدوده از سمت دریاچه به سمت خشکی بوده است. شیب هیدرولیکی معکوس در این بازه مکانی حدود ۱/۱۸ بر هزار می‌باشد.

در اردیبهشت سال ۱۳۹۵، جهت جریان آب زیرزمینی در کل برش به طور معکوس از سمت ساحل دریاچه به سمت خشکی است. شیب هیدرولیکی در این زمان پیرامون ۰/۶۶ بر هزار می‌باشد. به این ترتیب، در این بخش سفره آب زیرزمینی دشت مراغه – بناب در معرض شور شدگی از سمت دریاچه ارومیه بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- برش عرضی B-B´ در محدوده مطالعاتی

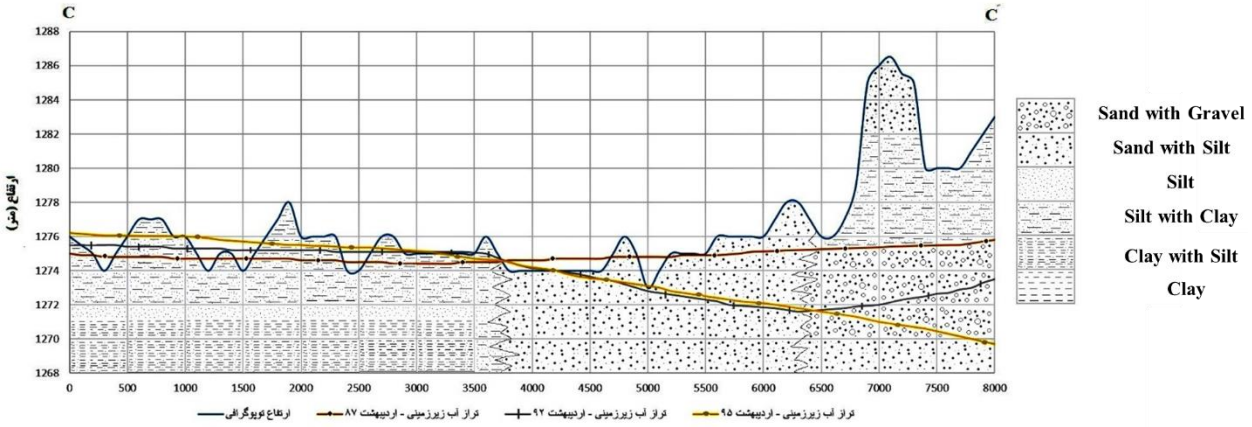
برش C-C´

برش C-C´ از نقطه‌ای به مختصات X=۵۹۲۹۸۵ و Y=۴۱۲۵۰۶۰ در روستای قره‌قشلاق تا نقطه‌ای به مختصات X=۵۸۵۹۷۰ و Y=۴۱۲۱۲۱۰ در محدوده روستای خلیلوند تهیه شده است (شکل ۶). این برش در حد فاصل محدوده دشت مراغه – بناب و دشت میاندوآب قرار دارد. در این برش از نقطه C تا فاصله حدود ۶۴۰۰ متری از آن، تغییرات تراز سطح زمین ناچیز و زمین به طور نسبی هموار می‌باشد. از این فاصله تا نقطه C´، سطح زمین حدود ۷ متر به دلیل عملکرد یک گسل در این منطقه بالاتر از سطح قبلی است. منطقه بالا آمده به طور نسبی از نهشته‌های رسوبی درشت دانه تشکیل شده است. از منطقه بالا آمده تا فاصله حدود ۳۸۰۰ متری از نقطه C، دانه‌های نهشته‌های رسوبی دارای اندازه متوسط و بیشتر شامل سیلت و ماسه هستند. از نقطه C تا فاصله حدود ۳۸۰۰ متری از آن، نهشته‌های رسوبی دانه‌ریز و بیشتر شامل رس و سیلت می‌باشند. متوسط شیب سطح زمین در برش C-C´ پیرامون ۰/۸۷ بر هزار است. شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی در اردیبهشت سال ۱۳۸۷، بسیار کم و حدود ۰/۱ بر هزار بوده است. به این ترتیب، در این زمان آب زیرزمینی ناچیزی از سمت دشت به سمت حاشیه دریاچه ارومیه جریان داشته است. در اردیبهشت سال ۱۳۹۲، شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی در محدوده نهشته‌های دانه درشت حوالی روستای خلیلوند همچنان در پیروی از شیب زمین از سمت خشکی به سمت دریاچه بوده و میزان آن به حدود عدد ۱/۱۲ بر هزار افزایش نشان می‌دهد. در این زمان در حدفاصل نهشته‌های درشت دانه و متوسط دانه شیب هیدرولیکی جریان معکوس و میزان آن حدود ۱/۲۱ بر هزار است. شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی در محدوده نهشته‌های دانه‌ریز ساحلی همچنان ناچیز و نزدیک به صفر است. بنابراین، در بخش یاد شده به طور تقریبی آب زیرزمینی جریان ندارد. در این برش تراز آب زیرزمینی در محدوده نهشته‌های دانه‌ریز ساحلی تا نهشته‌های متوسط دانه محدوده میانی، تفاوت چشمگیری در تراز آب زیرزمینی اردیبهشت سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵ مشاهده نمی‌شود. با این وجود، شیب هیدرولیکی در اردیبهشت سال ۱۳۹۵ در محدوده نهشته‌های رسوبی درشت دانه نیز معکوس شده است. بنابراین، این برش نشان می‌دهد که در اردیبهشت سال ۱۳۹۵ حوالی روستای خلیلوند در معرض نفوذ آب شور از سمت دریاچه ارومیه قرار داشته است. میزان افت آب زیرزمینی در نقطه C´ (حوالی روستای خلیلوند) از اردیبهشت سال ۱۳۸۷ تا اردیبهشت سال ۱۳۹۵ حدود ۶/۱ متر می‌باشد. برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی از یک‌سو و از سوی دیگر

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش چشمگیر جریان‌های ورودی آب زیرزمینی به این منطقه، نقش اساسی در شکل‌گیری این افت شدید داشته است. برداشت های روزمینی و بررسی آمار و اطلاعات کیفی آب زیرزمینی در محدوده روستای خلیلوند تا خانه برق بیانگر بیشترین میزان افت کیفی در منابع آب زیرزمینی منطقه نسبت به سایر نقاط محدوده مطالعاتی می‌باشد.



شکل ۶- برش عرضی C-C´ در محدوده مطالعاتی

برش D-D´

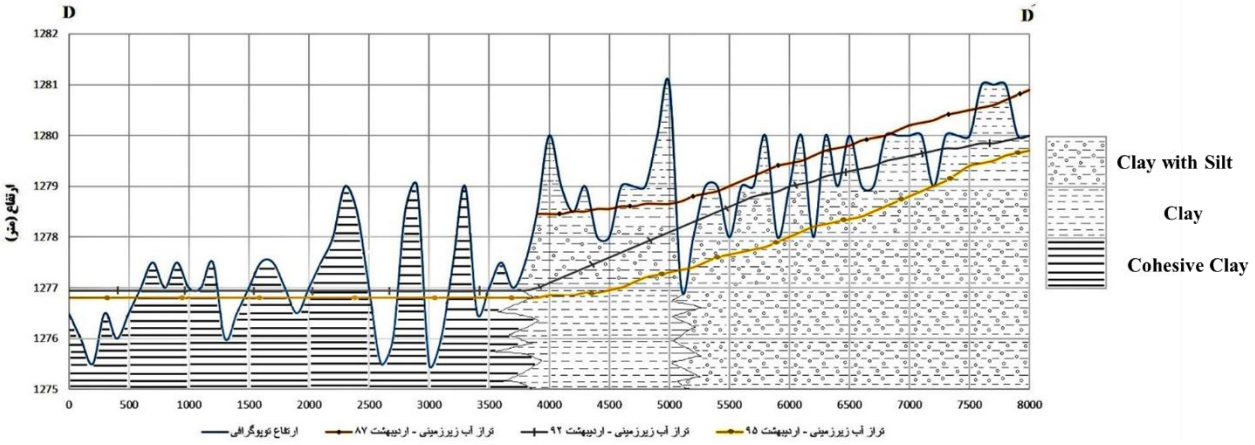
این برش در محدوده میاندوآب به درازای ۸۰۰۰ متر از نقطه D´ به مختصات X=۵۸۷۵۳۰ و Y=۴۱۱۲۰۶۰ در غرب شرانلو تا نقطه D به مختصات X=۵۸۲۳۸۰ و Y=۴۱۱۸۱۱۰ در محدوده تالاب قره‌قشون (پیرامون ۲ کیلومتری جنوب شرق روستای قره قشلاق) ترسیم گردیده است (شکل ۷). تا حدود فاصله ۳۷۰۰ متری از نقطه D، تغییرات ارتفاعی سطح زمین به طور نسبی کم می‌باشد. نهشته‌های رسوبی در این محدوده بسیار دانه‌ریز و از جنس رس‌های چسبنده با خاصیت خمیری بسیار بالا است. میزان قابلیت هدایت هیدرولیکی این نهشته‌ها متمایل به صفر می‌باشد. به عبارت دیگر، به طور تقریبی موادی نفوذناپذیر هستند که نقش مهمی در شکل‌گیری تالاب قره‌قشون در این ناحیه دارند. تراز آب زیرزمینی در نقاط مختلف این نهشته‌ها، به طور تقریبی یکسان است و شیب هیدرولیکی در آن‌ها نزدیک به صفر است. بنابراین، تنها راه خروج آب از آن‌ها، تبخیر و تعرق می‌باشد. در اردیبهشت سال ۱۳۸۷، تراز آب زیرزمینی در محدوده این نهشته‌ها حدود ۱ تا ۱/۵ متر از متوسط تراز سطح زمین بیشتر بوده است. به همین دلیل، در این محدوده بدنه آبی تالاب قره‌قشون امتداد داشته است. از فاصله حدود ۳۷۰۰ تا ۵۱۰۰ متری از نقطه D، یک بالاآمدگی سطح زمین به میزان حدود ۲ متر مشاهده می‌گردد. در این محدوده، یک افق از نهشته‌هایی متشکل از رس و ماسه به ضخامت حدود ۱/۱ متر از تراز حدود ۱۲۷۷/۱ تا ۱۲۷۸/۲ وجود دارد که یک سفره کوچک تحت فشار را تشکیل داده است. در اردیبهشت سال ۱۳۸۷، متوسط تراز پیزومتریک آبخوان در این محدوده که دارای شیب هیدرولیکی بسیار کمی بوده، حدود ۱۲۷۸/۶ متر می‌باشد. به این ترتیب، تراز پیزومتریک حدود ۴۰ سانتی‌متر از سطح بالایی لایه یاد شده بیشتر بوده است. در اردیبهشت سال ۱۳۹۲، متوسط تراز آب زیرزمینی در این لایه حدود ۱۲۷۷/۷ متر برآورد می گردد. بنابراین، در زمان یاد شده تراز آب زیرزمینی نسبت به زمان مشابه در سال ۱۲۸۷ پیرامون ۰/۹ متر افت داشته که در مقایسه با ضخامت لایه آبده میزان چشمگیری است. شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی این بخش در اردیبهشت سال ۱۳۹۲ حدود ۱/۰۹ بر هزار می‌باشد. در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۵، به طور تقریبی لایه آبده تحت فشار خشک شده و سطح آب زیرزمینی با شیبی بسیار کم، به طور نسبی منطبق بر مرز لایه

www.SID.ir

Archive of SID

دانه‌درشت با لایه دانه‌ریز پایینی است. از فاصله حدود ۵۱۰۰ متری نقطه D تا ´D، نهشته‌های رسوبی به طور عمده از رس با ماسه تشکیل شده‌اند و به طور نسبی دارای توان آبدهی خوبی هستند.

در اردیبهشت سال ۱۳۸۷، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵، شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی در این بخش به ترتیب حدود ۰/۷۶، ۰/۶۲ و ۰/۸۱ بر هزار می‌باشد. با وجود این که در زمان‌های یاد شده شیب هیدرولیکی تغییرات زیادی نداشته، متوسط تراز آب زیرزمینی در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۸۷، به ترتیب پیرامون ۰/۵۶ و ۱/۳۴ متر افت کرده است. در این برش اثری از نفوذ آب شور از سمت ساحل دریاچه به سمت آبخوان‌های آبرفتی مشاهده نمی‌شود.



شکل ۷- برش عرضی ´D-D در محدوده مطالعاتی

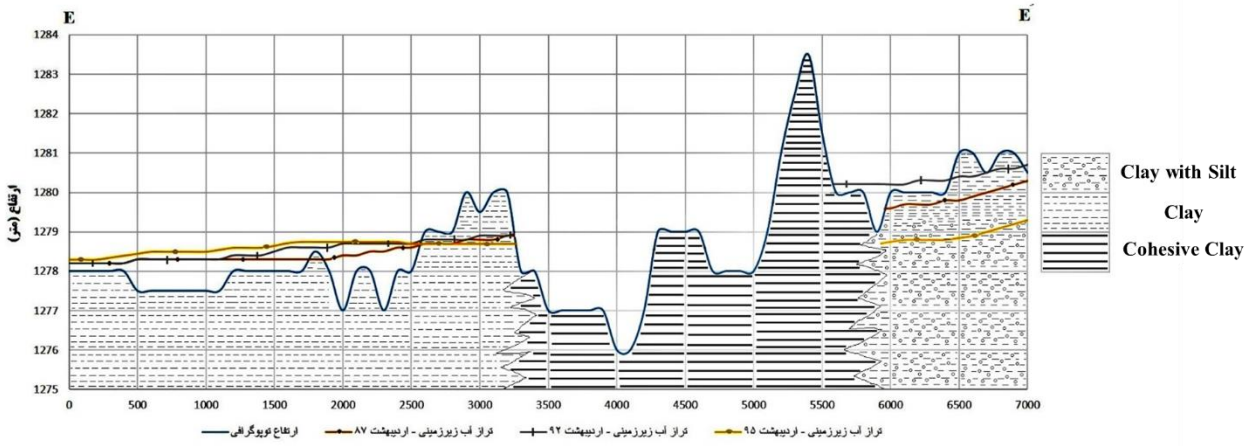
برش ´E-E

برش ´E-E به درازای ۷۰۰۰ متر از نقطه´E به مختصات X=۵۸۲۳۸۰ و Y=۴۱۰۷۹۷۵ در شمال فسندوز تا نقطه E به مختصات X=۵۷۶۶۲۰ و Y=۴۱۱۱۹۵۰ در غرب چهار برج تهیه شده است (شکل ۸). در این برش از نقطه E تا فاصله حدود ۳۳۰۰ متر از آن، نهشته‌های رسوبی از جنس رس‌های غیر چسبنده هستند. این بخش محدوده‌ای هموار است که تراز سطح آن به طور متوسط حدود ۱۲۷۸/۱۶ متر می‌باشد. شیب هیدرولیکی سطح آب زیرزمینی در این محدوده در هر سه زمان مورد بررسی بسیار ناچیز و نزدیک به صفر است. در این بازه مکانی، متوسط تراز آب زیرزمینی در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۷، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵ به ترتیب ۱۲۷۸/۴۳، ۱۲۷۸/۵۴ و ۱۲۷۸/۶۱ متر می‌باشد. به این ترتیب، در همه زمان‌های مورد بررسی این ناحیه، ناحیه‌ای زهدار بوده و متوسط تراز آب زیرزمینی از متوسط تراز سطح زمین بیشتر بوده است. از فاصله حدود ۳۳۰۰ متری تا ۵۹۰۰ متری نقطه E، سطح زمین با ارتفاع متوسط حدود ۱۲۷۸/۶۸ متر همچنان به طور نسبی محدوده‌ای هموار به شمار می‌آید. در این محدوده، نهشته‌های رسوبی از نوع رس‌های چسبنده است. نفوذپذیری این رس‌ها بسیار کم و به طور تقریبی می‌توان آن‌ها را یک مرز نفوذناپذیر در نظر گرفت. از ۵۹۰۰ متری نقطه E تا نقطه ´E، شیب سطح زمین حدود ۱/۳۶ بر هزار است. در این محدوده، تا عمق حدود ۱ تا ۱/۵ متر نهشته‌های رسی و در زیر آن نهشته‌های رسی همراه با سیلت مشاهده می‌شود. این نهشته‌ها تا از ویژگی‌های لازم برای تشکیل سفره آب زیرزمینی با توان آبدهی کم برخوردار می‌باشد. در اردیبهشت سال ۱۳۸۷، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵، شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی در این بخش به ترتیب حدود ۰/۶۴، ۰/۴۵ و ۰/۵۴ بوده است. متوسط تراز آب زیرزمینی در زمان‌های یاد شده به ترتیب حدود ۱۲۷۹/۸۷، ۱۲۸۰/۳۹ و ۱۲۷۸/۹۲ متر می‌باشد. بر خلاف سایر برش‌ها، در این برش متوسط تراز آب زیرزمینی در اردیبهشت سال ۱۳۹۲

www.SID.ir

Archive of SID

بیشتر از سال ۱۳۸۷ بوده است. با این وجود، میزان این عامل در اردیبهشت سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۹۲ و ۱۳۸۷ به ترتیب حدود ۱/۴۷ و ۰/۹۵ متر افت نموده است. در این برش اثری از نفوذ آب شور از سمت ساحل دریاچه به سمت آبخوان‌های آبرفتی مشاهده نمی‌گردد. تراز آب زیرزمینی در شرق محدوده نفوذناپذیر (سمت دشت) فقط حدود ۳۰ سانتی‌متر از نواحی مجاور ساحل دریاچه بیشتر است. به دلیل وجود نهشته‌های نفوذناپذیر، به نظر می‌رسد که حتی با وجود افت بیشتر و کمتر شدن تراز آب زیرزمینی این ناحیه نسبت به ناحیه ساحلی، همچنان در این مسیر پدیده نفوذ آب شور شکل نپذیرد.



شکل ۸- برش عرضی E-E´ در محدوده مطالعاتی

تغییر حجم آب زیرزمینی

با استفاده از آمار و اطلاعات تراز آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای، نقشه تراز آب زیرزمینی در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۷ و ۱۳۹۵ که در بیشینه مقدار خود نسبت به سایر ماه‌های سال می‌باشد، ترسیم و به ترتیب در شکل‌های ۹ و ۱۰ نشان داده شده است. تغییرات ارتفاع سطح آب زیرزمینی در پهنه‌ای به وسعت ۴۹۰ کیلومتر مربع، در دو زمان یاد شده برابر ۴ متر و به طور متوسط ۰/۵ متر بر سال می‌باشد. بر اساس معادله dV=A.SC. (±dh)، با استفاده از میزان تغییرات متوسط سالیانه ارتفاع سطح آب زیرزمینی (dh)، در پهنه‌ای با مساحت (A) و متوسط ضریب ذخیره (SC)، تغییر ذخیره آبخوان به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$dV = ۴۹۰ \times ۱۰۶ \times ۰/۰۵ \times (-۰/۵)$$

$$dV = -۱۲/۲۵ \times ۱۰^{۶} m^3$$

در یک بازه زمانی ۸ ساله (اردیبهشت سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵)، حدود ۹۸ میلیون مترمکعب از ذخیره سفره آب زیرزمینی در پهنه ساحلی مورد مطالعه، کاسته شده است.

تغییر میزان جریان‌های خروجی آب زیرزمینی

برای تعیین میزان جریان‌های خروجی آب زیرزمینی، ابتدا بر اساس نقشه تراز آب زیرزمینی در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۷ و ۱۳۹۵ (شکل‌های ۹ و ۱۰)، جبهه‌های خروجی سفره آب زیرزمینی در پهنه مطالعاتی مشخص گردید. سپس با استفاده از نقشه قابلیت انتقال آب زیرزمینی (شکل ۱۱) و تعیین شیب هیدرولیکی، مقطع‌های جریان‌های خروجی آب زیرزمینی در هر یک از زمان‌های یاد شده مشخص و میزان این جریان‌ها برآورد گردید. نتیجه برآوردهای انجام شده در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۷ و ۱۳۹۵ به ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. براین اساس، کل جریان خروجی آب زیرزمینی در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۷ و ۱۳۹۵ به ترتیب حدود ۱۳۵۰۰ و ۱۲۸۴۰ متر مکعب بر روز می‌باشد. این عامل در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۸۷، ۶۶۰ متر مکعب بر روز و به عبارت دیگر حدود ۴/۹ درصد کاهش نشان می‌دهد که کاهش چشمگیری به شمار نمی‌آید. آمار و اطلاعات ایستگاه‌های آب‌سنجی موجود در منطقه نشان می‌دهد که متوسط جریان خروجی آب‌های سطحی

www.SID.ir

Archive of SID

به سمت دریاچه ارومیه از سال آبی ۸۷-۸۶ تا ۹۵-۹۴ برابر ۱۵۰۵۸۹۰ متر مکعب بر روز می‌باشد. با توجه به این که متوسط جریان خروجی آب زیرزمینی در این بازه زمانی حدود ۱۳۱۷۰ متر مکعب بر روز است، بنابراین سهم آب زیرزمینی در مقایسه با جریان‌های سطحی در تأمین آب دریاچه ارومیه از سمت ساحل جنوب شرقی آن فقط حدود ۰/۹ درصد می‌باشد.

جدول ۲- مقادیر جریان خروجی آب زیرزمینی در اردیبهشت ماه ۱۳۸۷

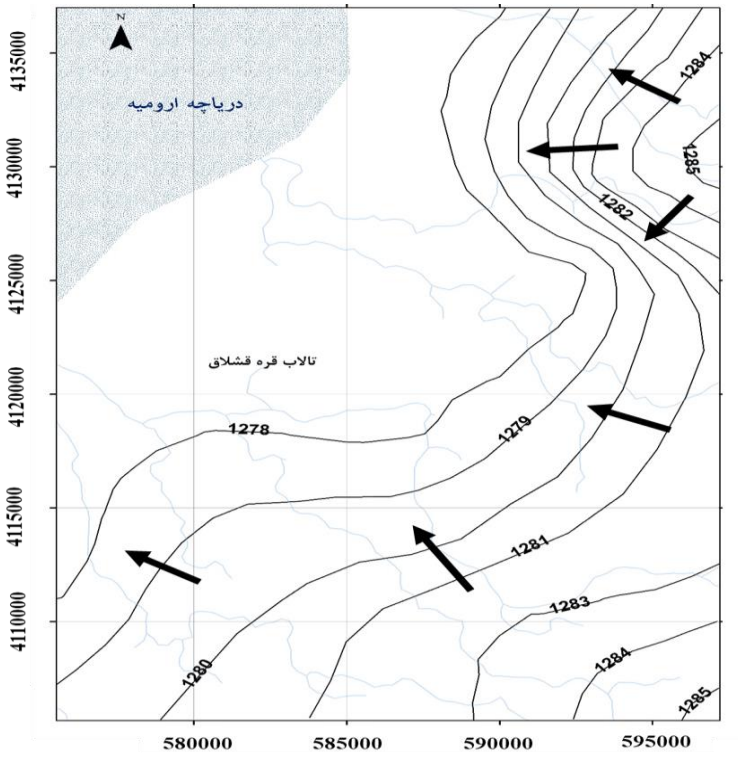
شماره مقطع	طول مقطع (متر)	شیب هیدرولیکی	قابلیت انتقال آب زیرزمینی (متر مربع بر روز)	حجم جریان (متر مکعب بر روز)
۱	۱۵۸۳۴	$۲/۸۱\times۱۰^{-۴}$	۱۷۵	۷۸۰
۲	۹۸۲	$۲/۸۹\times۱۰^{-۴}$	۱۷۵	۵۰
۳	۱۹۷۹	$۳/۱۵\times۱۰^{-۴}$	۱۷۵	۱۰۹
۴	۳۲۴۲	$۴/۱۶\times۱۰^{-۴}$	۳۷۵	۵۰۶
۵	۱۴۰۰	$۴/۱۶\times۱۰^{-۴}$	۵۵۰	۳۲۰
۶	۱۴۱۰	$۵/۸۴\times۱۰^{-۴}$	۱۷۵	۱۴۴
۷	۵۳۵۳	$۸/۰۰\times۱۰^{-۴}$	۱۷۵	۷۵۰
۸	۶۵۶	$۱/۱۱\times۱۰^{-۳}$	۳۷۵	۲۷۳
۹	۱۴۶	$۹/۰۰\times۱۰^{-۴}$	۷۵۰	۹۹
۱۰	۸۹۶	$۱/۳۰\times۱۰^{-۳}$	۱۲۵۰	۱۴۵۶
۱۱	۲۲۵۴	$۱/۳۰\times۱۰^{-۳}$	۱۷۵۰	۵۱۲۸
۱۲	۱۶۷۰	$۹/۲۰\times۱۰^{-۴}$	۷۵۰	۱۱۵۲
۱۳	۱۸۸۷	$۷/۴۵\times۱۰^{-۴}$	۳۷۵	۵۲۷
۱۴	۴۶۸	$۷/۵۳\times۱۰^{-۴}$	۷۵۰	۲۶۴
۱۵	۷۰۰	$۸/۲۱\times۱۰^{-۴}$	۱۲۵۰	۷۱۸
۱۶	۷۴۰	$۹/۴۶\times۱۰^{-۴}$	۱۷۵۰	۱۲۲۵
جمع خروجی آب زیرزمینی				۱۳۵۰۰

جدول ۳- مقادیر جریان خروجی آب زیرزمینی در اردیبهشت ماه ۱۳۹۵

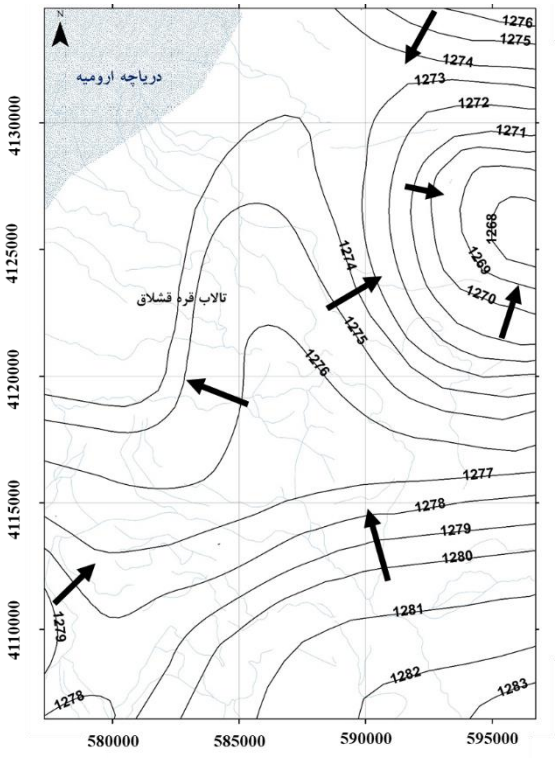
شماره مقطع	طول مقطع (متر)	شیب هیدرولیکی	قابلیت انتقال آب زیرزمینی (متر مربع بر روز)	حجم جریان (متر مکعب بر روز)
۱	۴۹۰۶	$۸/۲۵\times۱۰^{-۴}$	۴۰۰	۱۶۱۹
۲	۱۸۳۷۸	$۱/۳۱\times۱۰^{-۳}$	۱۵۰	۳۶۱۱
۳	۵۳۸۶	$۱/۰۷\times۱۰^{-۳}$	۱۰۰	۵۷۶
۴	۱۲۰۳	$۴/۳۷\times۱۰^{-۴}$	۱۲۵۰	۶۵۷
۵	۲۵۷۶	$۳/۷۰\times۱۰^{-۴}$	۲۰۰۰	۱۹۰۶
۶	۱۱۶۸	$۶/۶۷\times۱۰^{-۴}$	۱۲۵۰	۹۷۳
۷	۶۶۰	$۱/۰۰\times۱۰^{-۳}$	۷۵۰	۴۹۵
۸	۷۷۰۰	$۱/۵۶\times۱۰^{-۳}$	۲۵۰	۳۰۰۳
جمع خروجی آب زیرزمینی				۱۲۸۴۰

www.SID.ir

Archive of SID



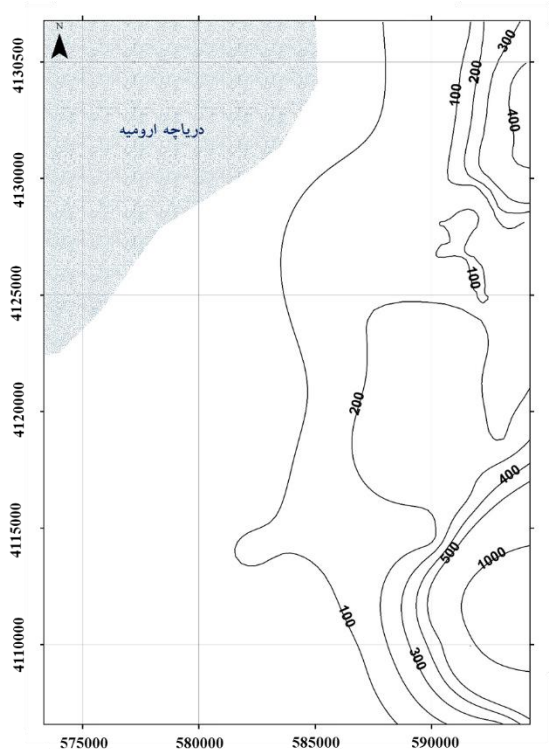
شکل ۹- نقشه تراز (m) و جهت جریان آب زیرزمینی در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۷



شکل ۱۰- نقشه تراز (m) و جهت جریان آب زیرزمینی در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۵

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۱- نقشه قابلیت انتقال آب زیرزمینی(m2 day-1)

نتیجه‌گیری

پنج برش عرضی ترسیم شده در محدوده ساحل جنوب شرقی دریاچه ارومیه، نشان می‌دهد که افت سطح آب زیرزمینی در نهشته‌های درشت تا متوسط دانه به‌ویژه نهشته های مخروط‌افکنه‌ای ساحل محدوده مطالعاتی دشت مراغه – بناب نسبت به نهشته‌های ریز دانه به ویژه نهشته‌های ریز دانه مجاور ساحل دریاچه بسیار بیشتر بوده است. در بخش چشمگیری از پهنه ساحلی، تراز آب زیرزمینی به سمت داخل خشکی بالاتر از نواحی مجاور ساحل دریاچه ارومیه است. در این نواحی اثری از نفوذ مستقیم آب شور از سمت ساحل دریاچه به سمت داخل خشکی دیده نمی‌شود. در برخی نواحی مانند نواحی جنوبی ساحل دشت مراغه – بناب، افت آب زیرزمینی به قدری زیاد بوده که نفوذ مستقیم آب شور از نواحی ساحلی به داخل خشکی شکل پذیرفته است. وجود یک لایه رسی با خاصیت خمیری بسیار زیاد و به طور نسبی نفوذناپذیر به ویژه در محدوده ساحلی دشت میاندوآب باعث شده که نه تنها نفوذ مستقیم آب شور به داخل خشکی صورت نپذیرد، بلکه امکان شکل‌گیری پدیده بالازدگی آب شور ناشی از پمپاژ شدید نیز وجود نداشته باشد. بنابراین، نبود افت کیفی چشمگیر در این مناطق نشانگر مناسب بودن وضعیت کمی آب‌های زیرزمینی نیست. محاسبه جریان‌های ورودی و خروجی آب زیرزمینی و تغییر حجم مخزن آبخوان در بازه زمانی اردیبهشت ماه ۱۳۸۷ تا اردیبهشت ماه ۱۳۹۵ نشان می‌دهد که آب چاه‌های این منطقه به طور غالب از نفوذ مستقیم جریان‌های سطحی در سطح منطقه و یا جریان‌های برگشتی مانند آب برگشتی کشاورزی تأمین می‌گردد. حجم آب زیرزمینی در این منطقه وابستگی بسیار کمی به جبهه های ورودی و خروجی آب زیرزمینی دارد. به همین دلیل بیشترین افت کمی و کیفی آب زیرزمینی در حوالی خانه برق و خلیلوند مشاهده می‌گردد. سهم آب زیرزمینی در مقایسه با

www.SID.ir

Archive of SID

جریان‌های سطحی در تأمین آب دریاچه ارومیه از سمت ساحل جنوب شرقی آن به طور مستقیم فقط حدود ۰/۹ درصد است.

سپاسگزاری

از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به دلیل حمایت از این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین مراتب تشکر خود را از مدیران و کارشناسان شرکت‌های آب منطقه‌ای آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی به جهت در اختیار قرار دادن آمار و اطلاعات مورد نیاز، صمیمانه ابراز می نماییم.

منابع

اصغری مقدم، ا. محبی، ی.، ۱۳۹۵. ارزیابی عوامل مؤثر بر کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی دشت کهریز با استفاده از روش‌های آماری و هیدروشیمیایی. هیدروژئولوژی، سال اول، شماره ۱، ۷۶-۹۲.

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۵. نقشه زمین‌شناسی چهارگوش عجب‌شیر با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰.

شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان غربی، ۱۳۸۶. مشخصات و لوگ چاه‌های مشاهده‌ای محدوده مطالعاتی میاندوآب.

شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان غربی، ۱۳۸۷. پروژه بهنگام‌سازی بیلان آب محدوده‌های مطالعاتی حوضه آبریز دریاچه ارومیه (گزارش هیدرولوژی). مهندسین مشاور فرسپندآب.

شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی، ۱۳۹۲. مطالعات آب زیرزمینی دشت مراغه – بناب. مهندسین مشاور یکم.

فرهودی هفدران، ر. و کتابچی، ح.، ۱۳۹۷. شبیه‌سازی عددی اندرکنش دریاچه ارومیه و آبخوان ساحلی دشت عجب‌شیر. تحقیقات منابع آب ایران، جلد ۱۴، شماره ۱، ۵۸-۴۵.

کتابچی، ح.، محمودزاده، د. و فرهودی هفدران، ر.، ۱۳۹۶. برآورد تبادل آب بین تالاب و آبخوان (مطالعه موردی: تالاب کانی برازان). اکوهیدرولوژی، دوره ۴، شماره ۳، ۶۹۹-۷۰۹.

میرعباسی نجف آبادی، ر.، ستاری، م.ت. و برقی ولینجق، و.، ۱۳۹۵. شبیه‌سازی و مدیریت بهره‌برداری از آب زیرزمینی دشت عجب‌شیر. هیدروژئولوژی، سال اول، شماره ۱، ۵۷-۷۵.

Dadaser-Celik, F. and Celik, M., 2017. Modelling surface water-groundwater interactions at the Palas Basin (Turkey) using FREEWAT. Italian Journal of Groundwater. 288: 53-60.

Grannemann, N.G., Hunt, R.J., Nicholas, J.R., Reilly, T.E. and winter, T.C., 2000. The Importance of Ground Water in the Great Lakes Region. U.S. Geological Survey. Water-Resources Investigations Report. 4008: 19p.

Isiorho, S.A. and Matisof, G., 1990. Groundwater recharge from Lake Chad; Liminology and Oceanography. Journal of geological survey. 35 (4): 931 – 938.

Jarsjö, J. and Destouni, G., 2004. Groundwater discharge into the Aral Sea after 1960. Journal of Marine Systems. (47): 109-120.

Lerman, A., Imboden, D.M. and Gat, J.R., 1995. Physics and Chemistry of Lakes. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 334p.

McBride, M.S. and Pfannkuch, H.O., 1975.The distribution of seepage within lakebeds. Journal of geological survey. 3 (5): 505 – 512.

Roningen, J.M. and Burbey, T.J., 2012. Hydrological controls on lake level: a case study at Mountain Lake, Virginia, USA. Journal of Hydrogeology. 19: 443-454.

Shaw, R.D. and Prepas, E.E., 1990. Groundwater – lake interactions: I. Accuracy of seepage meter estimates of lake seepage. Journal of Hydrology. 119: 105-120.

Sophocleous, M., 2002. Interaction between groundwater and surface water: the state of the science. Journal of Hydrogeology. (103): 52 – 67.

Winter, T.C., 2000. The vulnerability of wetlands to climate change: a hydrological landscape perspective. Journal of Water Resource. 36 (2): 305 – 311.

Zekster, I.S., 1996. Groundwater discharge into lakes: a review of recent studies with particular regard to large saline lakes in central Asia. International Journal of Salt Lake Research. (4): 233-249.

www.SID.ir