پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال پنجم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۵
صص. ۱۱۰-۹۳

بررسی تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی واقع در رسوبات کواترنری دشت ارومیه

امیرحسین کوکبی نژاد قزوینی*- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه
وحید محمدنژاد آروق- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه ارومیه
محمدباقر سلیمانی- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۱۲ تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۱۲/۲۰

چکیده

در پژوهش حاضر به بررسی و تجزیه‌وتحلیل کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه طی سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳ پرداخته‌شده است. هدف عمده و اصلی در این پژوهش، بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه، تهیه نقشه پهنه‌بندی عناصر برای دوره زمانی موردمطالعه و مقایسه میزان عناصر موجود در آب‌های منطقه با استانداردهای موجود است. آمار و دادهای هواشناسی و همچنین کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه، به تعداد ۲۰ چاه نمونه (۱۳۸۰-۱۳۹۳)، از مهم‌ترین داده‌های این تحقیق به شمار می‌روند. نقشه‌های توپوگرافی ۲۵۰۰۰ و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰ و نرم‌افزارهای GIS مهم‌ترین ابزار کار به شمار می‌روند. روش تجزیه‌وتحلیل مبتنی بر روش‌های زمین‌آماری و تحلیل نمودارهای ویلکوکس، پایپر و شولر است. نتایج نشان می‌دهد در سال ۱۳۸۰ حداکثر گسترش کلراید در بخش مرکزی دشت ولی در سال ۱۳۹۳ مقادیر حداکثر به شرق دشت یعنی به سمت دریاچه ارومیه گسترش پیداکرده است. سدیم در سال ۱۳۸۰ در شمال و مرکز و تا حدی جنوب بالاست ولی در سال ۱۳۹۳ این مقادیر در شرق و شمال شرق زیاد است. مقادیر یون کلسیم نیز در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۸۰ در شرق دشت افزایش پیداکرده است. یون بیکربنات در سال ۱۳۸۰ به میزان حداکثر ۹/۲ در غرب دیده می‌شود در حالی این میزان در سال ۱۳۹۳ به ۱۰/۲ و نیمه شرقی افزایش پیداکرده است. حداکثر هدایت الکتریک آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه در سال ۱۳۸۰ در حدود ۱٦٥٦ میکروموس در سانتیمتر و در مرکز و شمال غرب دشت قرار دارند. درحالی‌که در سال ۱۳۹۳ این میزان ۲۳۰۰ واحد شده و بیشتر در شرق دشت ارومیه مشاهده می‌شود. میزان سختی کل آب نیز از بخش مرکزی در سال ۱۳۸۰ به بخش شرقی دشت در سال ۱۳۹۳ منتقل‌شده است. به‌طورکلی اغلب عناصر در طی دوره مطالعاتی به لحاظ زمانی و مکانی دچار تغییرات شده‌اند. ضمن اینکه باوجود شرایط خاص در منطقه، آب‌های زیرزمینی به لحاظ مصارف سه‌گانه به‌ویژه در بخش شرب، از کیفیت مناسبی برخوردار است.

واژگان کلیدی: کیفیت، آب زیرزمینی، زمین‌آمار، دشت ارومیه.

* نویسنده مسئول: E-mail: amir_kokabi@iau-maragheh.ac.ir

مقدمه

آب‌های زیرزمینی به‌عنوان مناسب‌ترین منبع در دسترس، جهت تأمین آب موردنیاز بشر به شمار می‌رود. در حال حاضر ازیک‌طرف کمبود آب و از طرف دیگر افزایش روزافزون مصرف آب در بسیاری از مناطق کشور به دلیل افزایش جمعیت، توسعه صنایع، کشاورزی، کارخانه‌های متعدد و غیره درنهایت موجب تنزل کیفیت و پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی شده است (صادقی، ۱۳۹۴). بنابراین می‌توان گفت این منابع با چالش‌های متفاوتی از قبیل افت سطح آب، کاهش نرخ بارندگی و افزایش آلاینده‌های طبیعی و غیرطبیعی روبه‌رو است (یاری، ۱۳۸۷). بیش از یک میلیارد نفر از جمعیت جهان، آب سالم و نیمی از آن‌ها سیستم فاضلاب مناسب ندارند و همچنین ۸۰ درصد کل بیمارها در کشورهای درحال‌توسعه، دارای منشأ آب ناسالم‌اند (ملکوتیان، ۱۳۸۳).

در کشورهای درحال‌توسعه و جهان سوم، تنها به یافتن سفره‌های آب زیرزمینی مناسب جهت تأمین آب موردنیاز مصارف کشاورزی، شرب و صنعت توجه می‌شود و این در حالی است که به لحاظ کیفی کمتر موردتوجه قرار می‌گیرند. ارتباط آب با مواد و ترکیبات طبیعی یا انسان‌زاد سبب ایجاد فرایندهای مختلف شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی می‌گردد. انتقال، تمرکز و تشکیل ترکیبات مختلف ایجادشده در محیط‌های آبی قادر به ایجاد پتانسیل‌های مهم آلودگی خواهد شد. تعیین و شناسایی منابع ژئوشیمیایی طبیعی یا مصنوعی و مقایسه آن‌ها با داده‌های استاندارد جهانی مقدار طبیعی عناصر و ترکیبات ازجمله موارد توجیه مطالعات ژئوشیمیایی زیست‌محیطی فعالیت‌های بشری است (بهاروند و همکاران، ۱۳۸۶). کاهش معنی‌دار کیفیت آب زیرزمینی در کشورهای توسعه‌یافته به علت شستشوی نمک‌های کود در زمین‌های کشاورزی، آلودگی شهی، نفوذ آب دریا مشاهده‌شده است(مک دونالد و کی[1]، ۱۹۸۸). پتانسیل آب در مناطق کشاورزی بستگی به بهره‌برداری از زمین، کودهای مورداستفاده، موقعیت نسبت به رودخانه و سطح ایستابی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و شرایط آب و هوایی منطقه دارد(روگوسکی[2]، ۱۹۹۰). با توجه به آمار در اکثر نقاط کشور، بیش از ۸۰ درصد آب مصرفی در بخش کشاورزی مورداستفاده قرار می‌گیرد. بنابراین باصرفه جویی در مصر آب کشاورزی و افزایش راندمان آبیاری تا حد زیادی می‌توان بر مشکل کمبود آب کشور غلبه کرد. با تمام پیشرفتی که در علم کشاورزی حاصل‌شده است، هنوز متوسط آبیاری سطحی و سنتی در دنیا از ۲۵ درصد تجاوز می‌کند(هیلل[3]، ۱۹۹۸). با استفاده از آبیاری تحت‌فشار و همچنین ایجاد بندهای خاکی بر روی سرشاخه‌های رودخانه‌های اصلی می‌توان از آب ذخیره‌شده برای مصارف کشاورزی بهره برد. این امر سبب استفاده کمتر از منابع آب زیرزمینی شده و موجی افزایش سطح آن‌ها خواهد شد.

ایران به دلیل واقع‌شدن در منطقه خشک و نیمه‌خشک در زمره کشورهای بحرانی به لحاظ آب قرار داشته و در سال‌های اخیر، به علت افزایش مصرف آب از سویی و برداشت بیش‌ازحد از آب‌های زیرزمینی از سوی دیگر و بالاخره عدم استفاده بهینه از آب در اختیار، پدیده کمبود آب در کشور نمایان شده است (هاتفی و همکاران، ۱۳۸۶). از سوی دیگر، فرایند توسعه کشورها مسائل آلودگی آب را ایجاد کرده است، و این آلودگی نه‌تنها ممکن است با تغییرات فیزیکی و بیولوژیکی همراه باشد بلکه به دلیل حل شدن فزاینده مواد سمی و نامطلوب در آب آلودگی شیمیایی نیز ممکن است ایجاد شود. آلودگی‌ها با ایجاد تغییرات مذکور کیفیت آب را تنزل می‌دهند و در مراحلی آب را برای اغلب مصارف غیرقابل‌استفاده می‌کند (رجایی و همکاران،۱۳۹۱).

دشت ارومیه با مساحت ۱۴۷۹ کیلومترمربع در شمال غرب ایران و غرب دریاچه ارومیه واقع‌شده است. در سال‌های اخیر به دلیل کمبود بارش در دشت ارومیه و برداشت بی‌رویه از آن‌ها، کیفیت آب‌های زیرزمینی آن دچار نوسان شده

1 . McDonald and Key
2 . Rogowski
3 . Hillel

است. از طرف دیگر اقتصاد اصلی منطقه بر فعالیت‌های کشاورزی استوار است. به همین دلیل برای تأمین آب لازم جهت آبیاری بیشتر از آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود که در قالب حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق صورت می‌گیرد. به دنبال استفاده بیش‌ازحد از همین آب‌های زیرزمینی در این منطقه موجب کاهش سطح آب‌های زیرزمینی طی چند سال اخیر شده است. در حال حاضر و با توجه به خشک شدن دریاچه ارومیه، این امر به‌عنوان مهم‌ترین مسئله در منطقه به شمار می‌رود. از طرف دیگر آب‌های زیرزمینی در دشت ارومیه نه‌تنها در کشاورزی بلکه در بخش صنعت و شرب نیز استفاده می‌شود. بنابراین در حال حاضر این منبع، به‌عنوان یکی از منابع مهم در دشت ارومیه برای مصارف مختلف به شمار می‌رود.

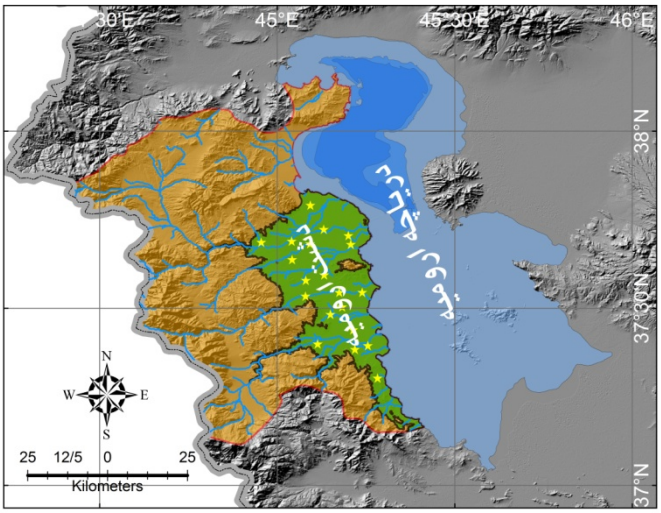
با توجه به لزوم بررسی آب‌های زیرزمینی، مطالعات زیادی در سطح جهان و ایران در این زمینه صورت گرفته است. سلیک ۲۰۰۶، با بررسی‌های هیدروشیمیایی کیفیت آب‌های زیرزمینی حوضه کاراسکایی در ترکیه به این نتیجه رسید که بسیاری از این منابع به دلیل واقع‌شدن در سازندهای نمکی، بسیار شور هستند. فتوانی و همکاران ۲۰۰۸، در مقاله‌ای به ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت آبی تریفا واقع در شمال شرق مراکش پرداختند. نتایج آن نشان‌دهنده تغییرات معنی‌دار در مقایسه با مطالعات قبلی بود و کیفیت آب در این نواحی بحرانی می‌باشد. میرزایی و همکاران ۱۳۹۴، در مطالعه‌ای به بررسی تعیین فلزات سنگین در رودخانه زاینده‌رود ایران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در مناطق مختلف میزان آلودگی از اختلاف فاحشی برخوردار است. فرناندز و همکاران ۲۰۱۳، به بررسی آلودگی فلزات سنگین در آب آشامیدنی و تأثیراتی که بر روی سلامتی انسان می‌گذارند پرداختند. تقی پور و همکاران ۲۰۱۲، در مطالعه‌ای به بررسی میزان خورندگی و پوسته‌پوسته شدن سیستم لوله‌کشی توزیع آب داخلی تبریز شمال غرب ایران، پرداخته و نتیجه گرفتند که آب خورنده باعث نفوذ فلزات سنگین به شبکه آب آشامیدنی می‌شود. چیت‌سازان و اختری ۱۳۸۵، به پتانسیل‌یابی آلودگی آب زیرزمینی دشت‌های زویرچری و خران دشت‌های واقع در شمال شرق اهواز با استفاده از مدل دراستیک و GIS پرداخته و با استفاده از هفت پارامتر مهم هیدرولوژیکی، نقشه آسیب‌پذیری را تولید نمودند.

اصغری مقدم و فیجانی ۱۳۸۷، در مطالعات هیدروشیمیایی آبخوان‌های بازالتی و کارستی منطقه ماکو، با استفاده از دیاگرام پایپر، نمونه‌های بازالتی را عمدتاً دارای تیپ بیکربنات سدیم، کلسیم و نمونه‌های آهکی را دارای تیپ بیکربنات کلسیم – منیزیم معرفی نمودند. معروفی و بیات ۱۳۸۸، در بررسی نتایج تجزیه شیمیایی کیفیت شیمیایی آب رودخانه کرج با توجه به استانداردهای ملی کیفیت آب شرب نشان دادند که میانگین غلظت پارامترهای شیمیایی موجود از حد استاندارد پایین‌تر می‌باشد. کلانتری و همکاران ۱۳۹۰، در پژوهشی خصوصیات شیمیایی خاک و آب زیرزمینی دشت آبرفتی عسلویه با تأکید بر آلودگی فلزات سنگین را مورد ارزیابی قراردادند. نتایج حاکی از زیاد بودن غلظت برخی فلزات سنگین در نمونه‌های آب‌وخاک است. ملکوتیان و همکاران ۱۳۹۱، کیفیت آب شرب بردسیر در سال‌های ۸۹-۱۳۸۸ را موردبررسی قراردادند. نتایج نشان می‌دهد که میزان نیترات و نیتریت در کلیه نمونه‌ها کمتر از حدود مجاز استاندارد ایران و رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت است. رجایی و همکاران ۱۳۹۱، در مطالعه‌ای غلظت فلزات سنگین در مخازن آب چاه نیمه‌های استان سیستان بلوچستان در سال ۱۳۸۹ را موردبررسی قراردادند. این تحقیق که به روش توصیفی مقطعی در بهار ۱۳۸۹ انجام شد. در طول مدت تحقیق ۴۸ نمونه از ۱۶ ایستگاه برداشت و غلظت فلزات سنگین را اندازه‌گیری کردند. محمدنژاد در سال ۱۳۹۲ به پتانسیل‌یابی و تهیه نقشه مناطق مستعد آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه با استفاده از GIS پرداخت. انتظاری و همکاران ۱۳۹۲، در پژوهشی کیفیت آب استحصالی از منابع زیرزمینی و تأثیر آن‌ها را بر بیماری‌های انسانی دهه اخیر دشت مشهد را موردبررسی قراردادند. این مطالعه به‌منظور کیفیت آب زیرزمینی دشت مشهد به لحاظ قابلیت شرب و میزان تأثیر بر سلامت انسان‌ها انجام‌شده است. بدیعی نژاد همکاران ۱۳۹۳، در طی یک بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب شرب زیرزمینی دشت شیراز را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد ارزیابی قرار و نتیجه گرفتند که کیفیت آب از سمت غرب به شرق کاهش‌یافته است.

هدف تحقیق حاضر بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه طی سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳ است. درواقع مقایسه زمانی و مکانی کیفیت آب‌ها طی این دوره صورت و نقشه آن‌ها تهیه‌شده است. همچنین کیفیت آب‌ها با استانداردهای آب شرب، صنعت و کشاورزی مورد مقایسه قرارگرفته است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، دشت ارومیه واقع در بخش شرقی شهرستان ارومیه (مابین دریاچه ارومیه در شرق و زون خوی ـ مهاباد در غرب)، موردبررسی قرارگرفته است. منطقه موردمطالعه در محدوده عرض‌های جغرافیایی ۳۷ درجه و ۸ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۴ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۴۵ درجه ۳۰ دقیقه شرقی واقع‌شده است (شکل ۱). مساحت کل شهرستان ارومیه در حدود ۵۱۹۱ کیلومترمربع است. اما مساحت دشت ارومیه (منطقه موردمطالعه)، ۱۴۷۹ کیلومترمربع می‌باشد. با توجه به تصویر SRTM منطقه، مشخص می‌شود که ازلحاظ مورفولوژی کلی، شهرستان ارومیه به دو بخش کوهستانی و دشت تقسیم می‌شود. بخش غربی محدوده، کوهستانی و دارای شیب زیادی است. درحالی‌که بخش شرقی آن به‌صورت دشت بوده و با شیب بسیار کم درنهایت به دریاچه ارومیه می‌رسد. ناهمواری محدوده موردمطالعه بین ۱۲۴۴ و ۳۵۹۱ متر ارتفاع دارد. سه سیستم رودخانه‌ای اصلی در این ناحیه با جهت غربی ـ شرقی جریان دارند. این رودخانه‌ها عبارت‌اند از باراندوز چای، شهر چای و نازلو چای. متوسط بارندگی در محدوده موردمطالعه در حدود ۳۴۱ میلی‌متر در سال است.



شکل ۱: محدوده موردمطالعه

همان‌طور که قبلاً اشاره شد هدف این تحقیق بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه و همچنین تغییرات زمانی و مکانی عناصر موجود در این آب‌ها است. در اولین مرحله اقدام به مطالعات کتابخانه‌ای در زمینه موضوع و بررسی پیشینه تحقیق و همچنین روش‌های مختلف بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی گردید. هدف کلی در این مرحله جمع‌آوری مقالات و پایان‌نامه‌ها و پروژه‌های انجام‌شده در زمینه آب‌های زیرزمینی بود. از مقالات فارسی و لاتین و منابع مختلف، کار گردآوری پیشینه و مفاهیم نظری تحقیق انجام گرفت و به‌طور کامل موردبررسی و مطالعه قرار گرفت.

دومین مرحله از انجام تحقیق در این بخش، جمع‌آوری و طبقه‌بندی داده‌ها و ابزار تحقیق است. هدف در این مرحله این است که با توجه به هدف و روش تحقیق، ابزارها و داده‌های موردنیاز جمع‌آوری‌شده و مورداستفاده قرار بگیرد. از

داده‌های و ابزارهای اصلی در این تحقیق می‌توان به نقشه‌ها، نرم‌افزارها و داده‌های عددی اشاره کرد که از منابع مختلف أخذ و مورداستفاده قرار گرفت. مهم‌ترین نقشه‌های مورداستفاده در این تحقیق عبارت‌اند از:

۱- نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ که از سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شد و جهت مشخص کردن مرز دشت ارومیه و همچنین تحلیل‌های ارتفاعی و شیب و تهیه مدل رقومی ارتفاعی مورداستفاده قرار گرفت.

۲- نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه موردمطالعه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ که از سازمان زمین‌شناسی کشور أخذ گردید. دشت ارومیه در برگه نقشه ارومیه قرار دارد. ولی با توجه به اینکه می‌بایستی کل محدوده منطقه موردبررسی قرار می-گرفت بنابراین علاوه بر نقشه زمین‌شناسی برگ ارومیه، نقشه‌های زمین‌شناسی برگ اشنویه و گنگجین نیز أخذ و موردبررسی قرار گرفت. از نقشه‌های زمین‌شناسی در بررسی ساختارهای لیتولوژیکی منطقه و سازندهای مربوطه استفاده‌شده است.

داده‌های مربوط به کیفیت آب‌های زیرزمینی از سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان غربی أخذ شد. این داده‌ها در قالب فایل اکسل است. مجموعه دادها از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۳ را شامل می‌شود. با توجه به اینکه از اهداف اصلی این تحقیق بررسی تغییرات زمانی عناصر است، از این آمار ۱۳ ساله، دو دوره به‌عنوان نمونه انتخاب و تحلیل شدند. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌های مربوط به عناصر موجود در آب‌های زیرزمینی از نمودارهای پایپر، ویلکوکس و شولر استفاده‌شده است. نرم‌افزارهای زمین‌شناسی مختلفی می‌تواند این نمودارها را ترسیم کند. بدین منظور در این تحقیق از نرم‌افزاری که در قالب فایل اکسل و صرفاً بدین منظور نوشته‌شده است، استفاده شد و انواع نمودار ترسیم و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نیز جهت تهیه انواع نقشه‌ها و همچنین تجزیه‌وتحلیل‌ها مورداستفاده واقع شد. در این زمینه از نرم‌افزار ArcGIS10.1 استفاده شد. مهم‌ترین کاربرد این نرم‌افزار در تحقیق حاضر درواقع فراهم آوردن شرایط مقایسه زمانی و مکانی تغییرات عناصر آب‌های زیرزمینی است. با توجه به اینکه آمار و داده‌های مربوط به عناصر مختلف در قالب فایل اکسل است و موقعیت جغرافیایی هر چاه نیز در این فایل موجود است، ما قادر هستیم تا این فایل را با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS به نقشه تبدیل کرده و جدول اطلاعاتی آن را در همین نرم-افزار ویرایش کنیم. این فرایند صورت گرفت و نقشه چاه‌ها تهیه شد. در مرحله بعد با استفاده از تحلیل‌های زمین‌آماری، عناصر موجود در چاه‌ها به تفکیک سال‌های موردمطالعه و همچنین به تفکیک عناصر، درون‌یابی شد و پراکندگی نقشه عناصر هم برای سال ۱۳۸۰ و هم برای سال ۱۳۹۳ تهیه و در مراحل بعدی مورد مقایسه و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

روش تجزیه‌وتحلیل

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و رسیدن به اهداف از پیش تعین شده، دو روش عمده و اساسی به کار گرفته‌شده است. روش اول استفاده از زمین‌آمار (Geostatistical Analyst) است. این روش با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS به کار گرفته شد. مهم‌ترین کاری که صورت گرفت استفاده از این روش‌ها به‌منظور درون‌یابی و تهیه نقشه پیش‌بینی عناصر موجود در آب‌های زیرزمینی است. روش‌های مختلف آماری برای این منظور وجود دارد که در این تحقیق از روش IDW استفاده‌شده است. به‌منظور انتخاب روش مناسب، انواع مختلف روش‌های زمین‌آماری بررسی و با در نظر گرفتن استانداردهای انتخاب روش‌ها از قبیل میزان خطای مربعات، میانگین خطاها، مجذور خطای مربعات، روش IDW انتخاب و مورداستفاده قرار گرفت. بایستی اشاره کرد که قبل از به کار گرفتن زمین‌آمار، بایستی آمار و داده‌ها به لحاظ نرمال بودن بررسی شوند که این کار نیز با همین نرم‌افزار صورت گرفت و در جاهایی که توزیع نرمالی وجود نداشت اقدام به نرمال‌سازی داده‌ها شد و درنهایت نقشه‌های عناصر مختلف و برای سال‌های مختلف تهیه گردید.

روش دوم در تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده از نمودارهای شولر، ویلکوکس و پایپر به‌منظور ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی است. البته این نرم‌افزارها با استفاده از زبان برنامه‌نویسی اکسل، و برای همین کار طراحی‌شده است. همه عناصر موجود از قبیل منیزیوم، کلسیم، پتاسیم، هدایت الکتریکی، نسب جذب سدیم، کل مواد محلول، کلر و سایر عناصر به تفکیک حلقه چاه‌ها، وارد نرم‌افزار شد و تحلیل‌های بعدی روی همین داده‌ها اعمال شد. به‌منظور بررسی و تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی از نمودارهای پایپر استفاده‌شده است. همچنین با استفاده از نمودارهای شولر و ویلکوکس قابلیت شرب و کشاورزی آب‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت.

بحث و یافته‌ها

ژئومورفولوژی منطقه

موقعیت چاه‌های موردمطالعه در شکل ۲ نشان داده‌شده است. سعی شد در انتخاب نمونه چاه‌ها از اصل پراکندگی مناسب استفاده شود. دشت ارومیه از پایکوه‌های شرقی رشته خوی ـ مهاباد شروع‌شده و تا سواحل دریاچه ارومیه ادامه پیدا می‌کند. این دشت داری شیب بسیار پایینی بود و شهر ارومیه و تعداد زیادی از روستاها و زمین‌های کشاورزی را در خود جای‌داده است. رسوبات واقع در دشت انباشتی ارومیه نتیجه فرسایش و رسوب‌گذاری سه رودخانه اصلی منطقه (شهر چای، نازلو چای و باراندوز چای) طی دوره کواترنری است. طی این دوره فرایندهای هوازدگی و سپس فرسایش رودخانه‌ای موجب انتقال حجم عظیمی از رسوبات کوه‌های غربی منطقه به بخش شرقی شده و دشت انباشتی ارومیه را ایجاد کرده است.

به‌مانند اغلب دشت‌ها، شیب دشت در بخش‌های غربی و جبهه کوهستان بالا بوده و به سمت دریاچه ارومیه کاهش پیداکرده است. به همین ترتیب از اندازه رسوبات و همچنین عمق رسوبات کواترنری در جهت شرق کاسته شده است. سمت غرب منطقه بیشتر از رسوبات درشت‌دانه تشکیل‌شده است درحالی‌که سمت غرب محدوده موردمطالعه دارای رسوبات ریزدانه و خاک حاصلخیز می‌باشد. ضمن اینکه به دلیل خشک شدن دریاچه ارومیه، در منتهی الیه شرق محدوده، می‌توان رسوبات نمکی و دریاچه‌ای بسیار ریزدانه را نیز مشاهده کرد.

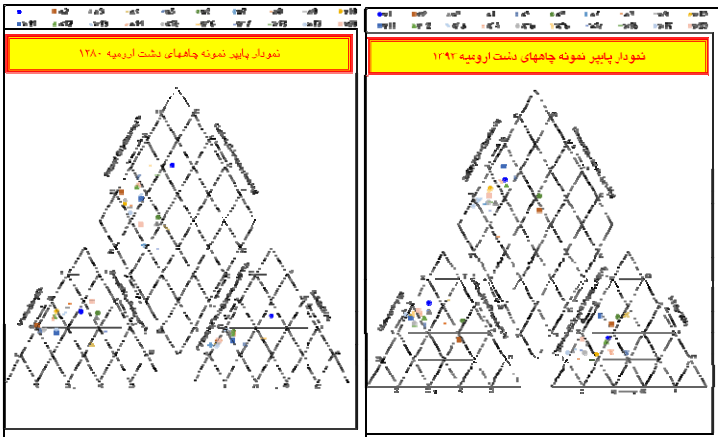
داده‌های مربوط به چاه‌های مطالعاتی برای دو دوره زمانی ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳ از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی دریافت و تحلیل‌های لازم بر روی آن‌ها اعمال شد. عناصر موردبررسی در تحقیق حاضر عبارت‌اند از: EC، T.D.S، PH، Ca^{+2}، Mg^{+2}، Na، K، Hco3، Co3، Cl و So4.

همین عناصر برای سال ۱۳۹۳ نیز مورد ارزیابی قرارگرفته. یازده عنصر مذکور وارد نرم‌افزار مربوطه و نمودارهای پایپر، ویلکوکس و شولر آن‌ها تهیه و ترسیم شد که در ادامه به تحلیل هریک از این نمودارها پرداخته‌شده است. همچنین نقشه درون‌یابی شده همین یازده عنصر برای هر دو دوره آماری با استفاده از روش IDW و نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. تهیه نقشه‌ها جهت تحلیل تغییرات مکانی و زمانی عناصر بسیار مفید و کارآمد است. چراکه با مقایسه نقشه‌های مربوط به دوره‌های زمانی متفاوت می‌توان به تغییرات صورت گرفته در آن دو دوره پی برد.

شکل ۲: موقعیت چاه‌های مطالعاتی

نمودار پایپر (تیپ آب)

شکل ۳ نشان‌دهنده نمودار پایپر نمونه چاه‌های انتخابی دشت ارومیه برای سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳ می‌باشد. با توجه به نمودار پایپر سال ۱۳۸۰ مشاهده می‌شود که تیپ اغلب چاه‌ها از نوع بی‌کربناته بوده و رخساره آن‌ها معمولاً کلسیک، منزیک و سدیک است. بنابراین می‌توان گفت که در دشت ارومیه و برای سال ۱۳۸۰ تیپ و رخساره اغلب چاه‌های موردمطالعه بی‌کربناته کلسیک و سدیک و در موارد نادر بی‌کربناته منزیک است.



شکل ۳: نمودار پایپر نمونه چاه‌های انتخابی دشت ارومیه برای دوره آماری سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳

به‌منظور تعیین کیفیت همین چاه‌ها در سال ۱۳۹۳ نیز از نمودار پایپر استفاده شد. با توجه به نمودار فوق مشاهده می‌شود که در این سال نیز تیپ اغلب چاه‌ها بی‌کربناته با رخساره‌های کلسیک، منزیک و سدیک است. تفاوت بین این سال‌ها درواقع در جابجایی ناچیز مقادیر داده‌هاست. ضمن اینکه در طول ۱۳ سال چاه شماره یک تغییرات اساسی را به خود دیده است. این تغییرات در صفحات بعد و در قالب جداولی از تیپ و رخساره چاه‌های انتخابی در دو دوره آماری مورد مقایسه و بررسی و تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته است.

روش ویلکوکس (کیفیت آب آبیاری)

به‌طورکلی استانداردهای کیفیت آب آبیاری بر اساس سه عامل اصلی تعیین می‌شود.

الف- غلظت کل نمک‌های محلول (شوری). این غلظت از طریق اعمال فشار اسمزی بر روی گیاه تأثیر گذاشته و موجب کاهش آبگیری توسط گیاه شده و رشد آن را کم می‌کند.

ب- یون‌هایی که در مقادیر زیاد بر روی گیاه تأثیر گذاشته و آن را مسموم می‌کند مثلاً عنصر بُر که موجب مسمومیت گیاه می‌شود.

ج- غلظت کاتیون‌هایی که موجب به هم زدن بافت خاک و کاهش نفوذپذیری آن می‌شود و روی رشد گیاه تأثیر می‌گذارد.

در این تحقیق از روش ویلکوکس برای تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه به‌منظور آبیاری استفاده‌شده است. این روش بر اساس دو معیار هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم عمل کرده و به شانزده گروه قابل‌تقسیم است (بهزادی‌فر، ۱۳۸۷). در این طبقه‌بندی EC آب نشان‌دهنده C و SAR نشان‌دهنده S است. میزان هدایت الکتریکی بیانگر خطر شوری و نسبت جذب سدیم نشانگر خطر سدیم می‌باشد. آب‌های خیلی خوب که دارای EC کمتر از ۲۵۰ میکروموس بر سانتیمتر هستند، در کلاس C_1S_1 قرار می‌گیرند. آب‌های خوب در کلاس C_1S_2، C_2S_1، C_2S_2، آب‌های متوسط در کلاس C_2S_3، C_1S_3، C_3S_1، C_3S_2 و C_3S_3 قرار می‌گیرد. هر قدر این ضرایب بیشتر شود، کیفیت آب‌ها نیز بدتر می‌شود.

چاه‌های منطقه با استفاده از روش ویلکوکس برای دو دوره زمانی موردمطالعه انجام شد که نتایج آن در جداول شماره ۱ و ۲ نشان داده‌شده است. در سال ۱۳۸۰ خطر سدیمی شدن کم است و این شرایط خوبی را نشان می‌دهد. اما به لحاظ خطر شوری، چاه‌ها در گروه متوسط تا زیاد قرار دارند. بنابراین خطر شوری در این دوره بیشتر احساس می‌شود. با توجه به جدول ۱ مشخص است که تمامی نمونه‌ها دارای شوری هستند و برخی شور و برخی کمی شور هستند. همچنین ازنظر کشاورزی، برخی نمونه‌ها قابل‌استفاده و برخی نیز مناسب تشخیص داده‌شده‌اند. درصد هر یک از طبقات نیز محاسبه‌شده است. مطابق نتایج به‌دست‌آمده از روش ویلکوکس ۵۵ درصد از نمونه‌ها در گروه C2S1 قرار دارند که به لحاظ استفاده در کشاورزی در گروه خوب قرار دارند. ولی خیلی خوب نیستند و همچنین خطر شوری آن‌ها بالاست. از طرف دیگر همین نتایج نشان می‌دهد که ۴۵ درصد از نمونه‌ها نیز در گروه C3S1 که گروه متوسطی است قرار دارند. ولی ذکر این جمله ضروری است که خطر شوری در این نمونه‌ها بالاست.

جدول ۱: طبقه‌بندی نمونه چاه‌های دشت ارومیه جهت کشاورزی در سال ۱۳۸۰

علامت اختصاری	SAR	EC	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی
w2	1/85	1560	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w2	0/28	640	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
w3	2/68	890	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w4	1/84	920	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w5	0/36	630	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی

w6	1/82	1000	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w7	3/25	530	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
w8	0/52	570	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
w9	0/74	630	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
w10	0/48	490	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
w11	1/18	660	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
w12	0/48	1020	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w13	0/95	1220	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w14	0/52	490	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
w15	0/47	710	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
w16	0/51	1370	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w17	3/67	780	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w18	1/1	1580	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w19	0/82	600	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
w20	1/92	600	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی

بر اساس جدول ۴ مشخص است که شرایط کلی که در سال ۱۳۸۰ بر آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه حاکم بوده است، کم‌وبیش با تغییراتی در سال ۱۳۹۳ نیز حاکم بوده است. تفاوت عمده‌ای که این جدول با جدول سال ۸۰ دارد این است که خط سدیمی شدن چاه شماره ۲ در سال ۱۳۹۳ نسبت به دوره قبل افزایش‌یافته است. اما خطر شوری چاه‌ها در گروه متوسط تا زیاد قرار دارد. مطابق تحلیل‌های نگارنده، ۵۰ درصد از آب‌های منطقه در گروه C3S1 (متوسط)، ۵ درصد در گروه C3S2 (متوسط) و ۴۵ درصد در گروه C2S1 (خوب) قرار دارد.

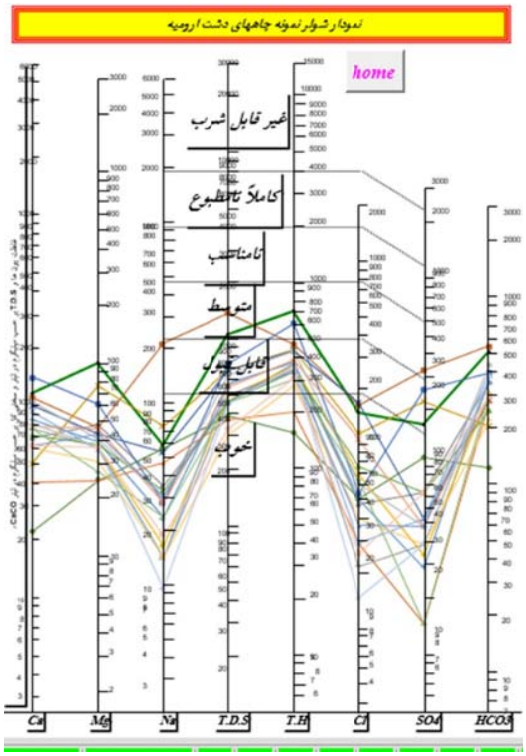
جدول ۲: طبقه‌بندی نمونه چاه‌های دشت ارومیه جهت کشاورزی در سال ۱۳۹۳

علامت اختصاری	SAR	EC	کلاس	کیفیت آب برای کشاورزی
w1	0/94	1600	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w2	4/27	2100	C3-S2	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w3	0/79	700	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
w4	1/53	1020	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w5	1/12	1030	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w6	1/93	590	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
w7	0/52	870	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w8	1/41	560	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
w9	0/33	700	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
w10	0/37	750	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w11	0/49	1110	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w12	0/77	700	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
w13	0/31	860	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w14	0/62	840	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w15	0/63	960	C3-S1	شور – قابل‌استفاده برای کشاورزی
w16	0/36	460	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
w17	0/72	760	C3-	شور – قابل‌استفاده برای

کشاورزی	S1			
کمی شور – مناسب برای کشاورزی	C2-S1	690	0/58	w18
کمی شور – مناسب برای کشاورزی	C2-S1	680	0/21	w19
کمی شور – مناسب برای کشاورزی	C2-S1	500	0/46	w20

نمودار شولر (کیفیت ازنظر شرب)

به‌منظور بررسی آب‌های منطقه موردمطالعه ازنظر شرب، از نمودار شولر استفاده‌شده است. این نمودار برای تعیین کیفیت و بررسی مناسب بودن منابع آب ازلحاظ مصارف شرب استفاده می‌شود. تقسیمات سختی در این نمودار بر حسب درجه سختی فرانسوی (۲۴ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم)، سنجیده می‌شود. شکل ۴ نشان‌دهنده ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳ جهت مصارف شرب است. مطابق نمودارهای مذکور، آب‌های منطقه به لحاظ شرب در حد خوب و قابل‌قبول قرار دارند.

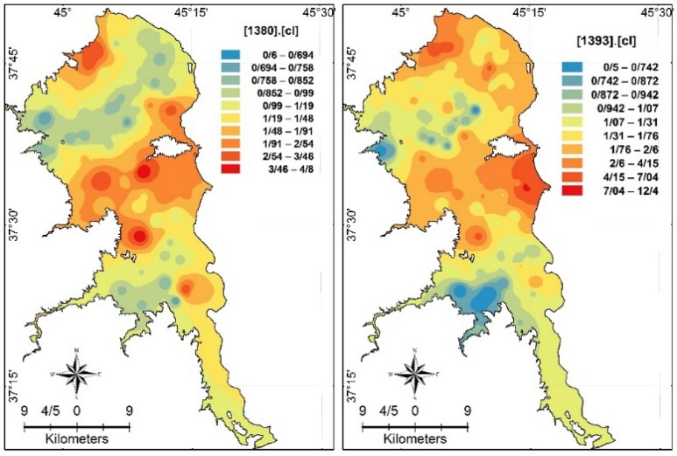


شکل ٤: طبقه‌بندی نمونه چاه‌های دشت ارومیه جهت مصارف شرب

تغییرات عناصر شیمیایی طی دوره آماری

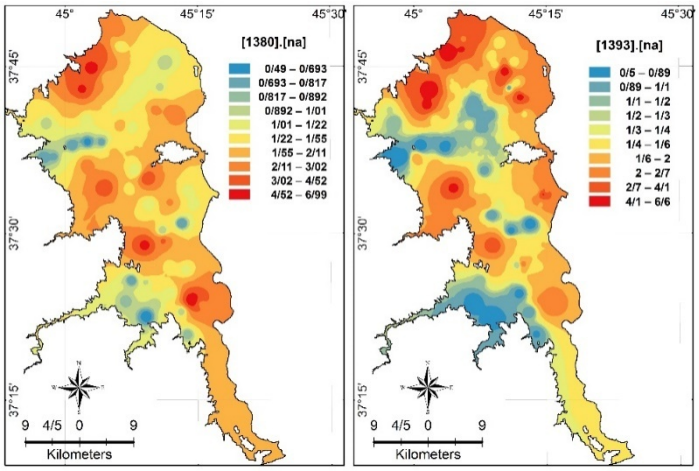
کلراید: شکل۵ بیانگر گسترش مقادیر عنصر کلراید در دشت ارومیه برای سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳ است. با توجه به نقشه مذکور مشاهده می‌شود که در سال ۱۳۸۰ میزان این عنصر در بخش‌های مرکزی دشت زیاد بوده و در جنوب و شمال دشت کاهش پیداکرده است. ضمن اینکه در شمال دشت یک پهنه غلیظ ازنظر میزان کلر مشاهده می‌شود. بیشترین مقادیر کلر در این سال ۴/۸ میلی اکی والان است که در مرکز دشت مشاهده می‌شود. اگر نقشه همین عنصر را

برای سال ۱۳۹۳ در نظر گرفته شود، تغییرات ایجادشده در مقادیر آن در دشت ارومیه طی این دوره مشاهده خواهد شد. در سال ۱۳۹۰ مقادیر کلر افزایش چشم‌گیری داشته است. حداکثر آن ۱۲/۴ میلی اکی والان و در شرق دشت دیده می-شود. نکته جالب در این زمینه افزایش میزان کلراید به سمت سواحل دریاچه ارومیه است. بدین‌صورت که مقادیر حداکثر از مرکز دشت به سمت شرق جابجا شده‌اند. همچنین با توجه به شکل مشاهده می‌شود که در سال ۱۳۹۳ مقادیر حداقل عنصر مذکور در جنوب غرب دشت قرار دارند. آب برگشتی کشاورزی، استفاده از سموم کشاورزی، برداشت بی‌رویه از چاه‌ها برای مصارف کشاورزی و کاهش آبدهی منابع به دنبال آن پیشروی و نفوذ آب‌شور دریاچه به داخل آبخوان ه موجب افزایش غلظت یون کلر در آب‌شده است.



شکل ۵: پراکندگی عنصر کلراید در آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳

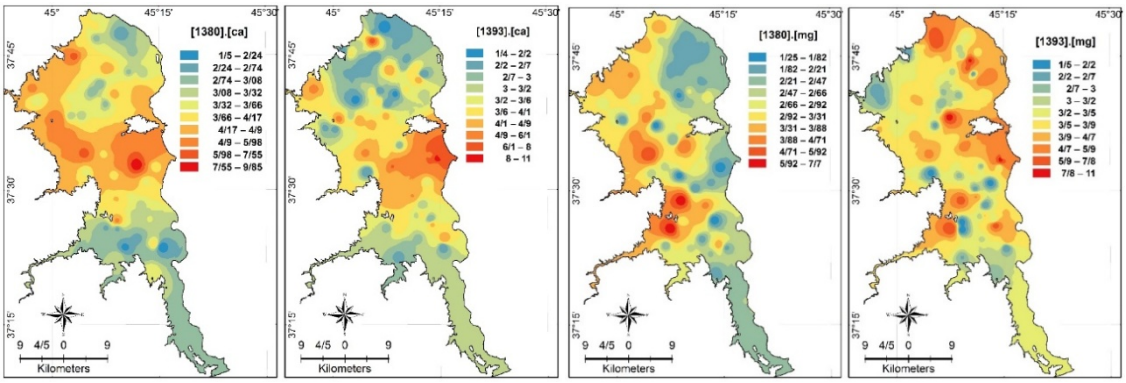
سدیم: نقشه‌های درون‌یابی شده عنصر سدیم در شکل ۶ نشان داده‌شده است. در سال ۱۳۸۰ حداکثر سدیم ۷ میلی اکی والان است. شمال، مرکز و تا حدی جنوب دشت ارومیه دارای مقادیر بالای سدیم هستند. مقادیر کم آن نیز در جنوب غرب دشت که متناسب با پایکوه‌ها و خط تغییر شیب است مشاهده می‌شود. در سال ۱۳۹۳ این عنصر هم به لحاظ زمانی و هم به لحاظ مکانی دچار تغییرات شدیدی شده است ولی به لحاظ کمیت تغییر زیادی ندارد. هسته‌های بیشینه‌ای عنصر در سال ۱۳۹۳ به شرق، شمال شرق و شمال دشت ارومیه منتقل‌شده است. درواقع مقادیر بالای این عنصر نیز به‌مانند عنصر کلراید بیشتر در سواحل دریاچه ارومیه قابل‌مشاهده است. ضمن اینکه مقادیر حداقل واقع در جنوب غرب دشت نیز توسعه پیداکرده و گستره وسیعی را به خود اختصاص داده است. عوامل افزایش یون سدیم به جهت شیب منطقه به سمت چاه‌ها که موجب افزایش غلظت این یون در آب‌ها می‌شود و وجود پهنه‌های نمکی در قسمت شرقی دشت به دلیل افت سطح آب دریاچه ارومیه و شور شدن خاک‌ها می‌توان نسب داد.



شکل ٦: پراکندگی عنصر سدیم در آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳

منیزیوم: شکل ۷ مقادیر یون منیزیوم را در آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه نشان می‌دهد. در سال ۱۳۸۰ حداکثر مقادیر یون منیزیوم در حدود ۷/۷ میلی اکی والان و حداقل آن ۰/۵ میلی اکی والان است. در این سال آماری مقادیر حداقل در نیمه شرقی دشت و مقادیر متوسط به بالا در نیمه غربی دشت قرار دارند. مهم‌ترین هسته‌ای حداکثر نیز در بخش غربی دشت واقع‌شده است. در سال ۱۳۹۳ مقادیر این یون به لحاظ مکانی کاملاً برعکس شده است. یعنی مقادیر بالای منیزیوم در سمت شرق دشت تمرکز پیداکرده است. همچنین مقادیر کم موجود در بخش شمال شرقی دشت ارومیه در سال ۱۳۸۰ جای خود را به مقادیر بالای منیزیوم در سال ۱۳۹۳ داده است. به‌احتمال‌زیاد این تغییر روند نیز با خشک شدن دریاچه ارومیه و عقب‌نشینی خط ساحلی در ارتباط است.

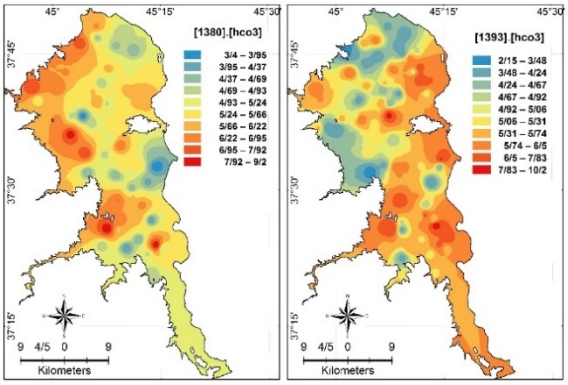
کلسیم: شکل ۸ پراکندگی یون کلسیم را در دشت ارومیه نشان می‌دهد. در سال ۱۳۸۰ تمرکز عمده کلسیم در بخش‌های مرکزی و شمال غربی دشت مشاهده می‌شود. بخش جنوبی دشت به لحاظ وجود کلسیم فقیر است. حداکثر مقدار کلسیم در این سال ۹/۸۵ میلی اکی والان و در مرکز دشت ارومیه قرار دارد. مقادیر کلسیم در سال ۱۳۹۳ ازنظر مکانی و کمیت تغییر پیداکرده است. در شمال دشت ارومیه از مقدار کلسیم کاسته شده و مقادیر کم مساحت زیادی را در برگرفته است. از طرف دیگر حداکثر آن در این سال ۱۱ میلی اکی والان است که در بخش شرقی دشت قرار دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مقادیر بالا از سمت مرکز به‌طرف شرق دشت یعنی سواحل دریاچه ارومیه پیشروی کرده است.



شکل ۸: پراکندگی عنصر کلسیم در دشت ارومیه

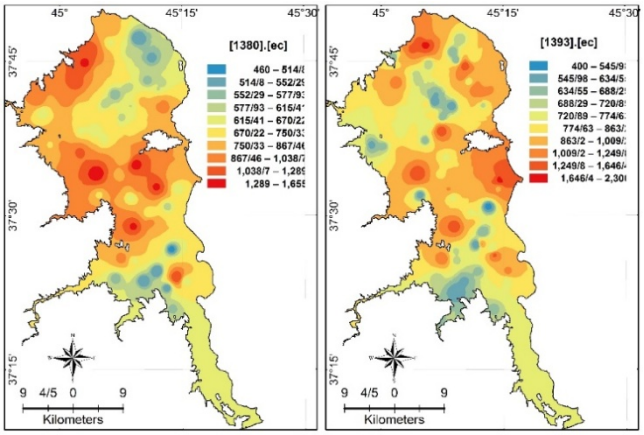
شکل ۷: پراکندگی عنصر منیزیوم در دشت ارومیه

بیکربنات: حداکثر مقادیر بیکربنات در سال ۱۳۸۰ در آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه در حدود ۹/۲ میلی اکی والان است. حداقل آن نیز در همین سال ۳/۴ واحد می‌باشد. مقادیر زیاد در بخش‌های غربی دشت و در پایکوه‌ها قابل‌شناسایی است. با نگاهی به نقشه همین عنصر در سال ۱۳۹۳ مشخص می‌شود که مقادیر حداکثر بیکربنات یک واحد افزایش‌یافته و به ۱۰/۲ میلی اکی والان رسیده است. علاوه بر موقعیت مکانی مقادیر نیز عوض‌شده است. در سال ۱۳۹۳ مقادیر کم در شمال و غرب قرار دارند. ولی مقادیر بالا در نیمه شرقی دشت و در نزدیکی ساحل دریاچه ارومیه مشاهده می‌شود. به آن ترتیب مشاهده می‌شود که موقعیت مقادیر بیکربنات طی دو دوره آماری دچار تغیر شده است.



شکل ۹: پراکندگی عنصر بیکربنات در آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳

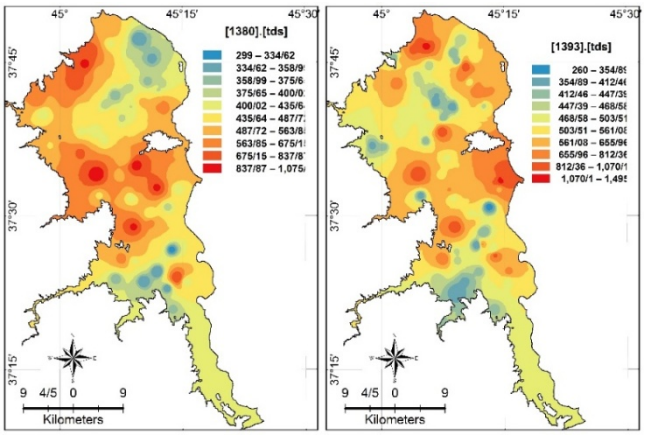
هدایت الکتریکی: شکل ۱۰ مقادیر EC را در دشت ارومیه نشان می‌دهد. به لحاظ موقعیت، مقادیر حداکثر در مرکز و شمال غرب دشت واقع‌شده است. دو منطقه نیز دارای مقادیر حداقل است. بخش شمال شرقی و بخش جنوب غربی دشت. در سال ۱۳۹۳ حداکثر هدایت الکتریکی افزایش‌یافته و به ۲۳۰۰ واحد رسیده است. ضمن اینکه به لحاظ موقعیت نیز مقادیر حداکثر به سمت شرق تغییر مکان داده است. از وسعت مقادیر کم در شمال شرق کاسته شده و مقادیر این قسمت متوسط تا زیاد را نشان می‌دهد. افزایش هدایت الکتریکی را می‌توان ناشی از هوازدگی و فرسایش ساختارهای زمین‌شناسی پرکامبرین دگرگون‌شده در ارتفاعات منطقه، واحدهای تخریبی میوسن و جهت شیب منطقه به سمت رسوبات آبرفتی درنتیجه تجمع جریان‌های آبی در این محدوده دانست. هم‌زمان با خشکسالی، کاهش نزولات جوی و افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی و نفوذ آب‌شور دریاچه، میزان هدایت الکتریکی در آب‌های نزدیک نوار ساحلی چندین برابر افزایش‌یافته است که عامل اصلی دخیل در افزایش میزان هدایت الکتریکی می‌توان به‌حساب آورد.



شکل ۱۰: نقشه پهنه‌بندی میزان هدایت الکتریکی در آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳

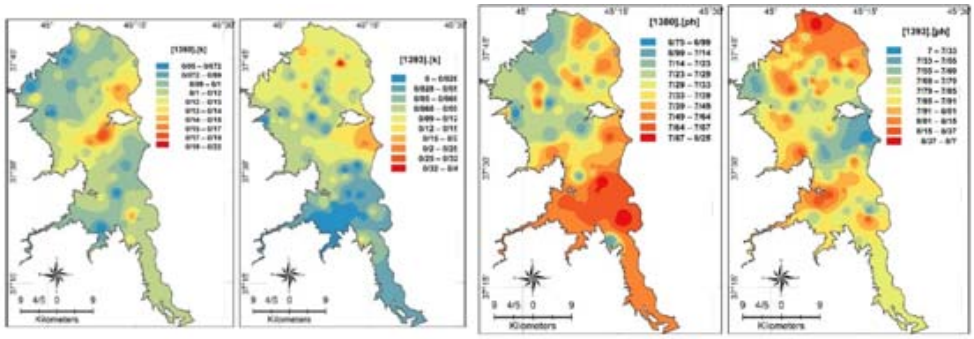
TDS: بر اساس استاندارد ملی ایران حداکثر مقدار مجاز این متغیر در آب‌های آشامیدنی ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است. از سوی دیگر حداکثر مقدار TDS در منطقه و در سال ۱۳۸۰ در حدود ۱۰۷۵ میلی‌گرم بر لیتر است. از این نظر آب منطقه برای مصارف شرب مناسب به نظر می‌رسد (شکل ۴-۱۷). شمال شرق و جنوب غرب دشت دارای مقادیر کم و مرکز و شمال غرب دشت دارای مقادیر بالاست. در سال ۱۳۹۳ حداکثر TDS ۱۴۹۵ است که به حداکثر مجاز استاندارد نزدیک شده است و درواقع کیفیت آن کاهش پیداکرده است. به لحاظ مکانی نیز مقادیر حداکثر به سمت شرق دشت جابجا شده است.

استیدیته: در شکل ۱۲ مقادیر اندازه‌گیری شده PH در آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه مشاهده می‌شود. حداکثر و حداقل آن در سال ۱۳۸۰ به ترتیب ۸/۲۵ و ۷/۷۵ است. در سال ۱۳۹۳ نیز این مقادیر به ترتیب ۸/۷ و ۷ گزارش‌شده است. این امر نشان‌دهنده افزایش میزان PH به مقدار اندک در منطقه موردمطالعه است. در سال ۱۳۸۰ مقادیر بالا در نیمه جنوبی دشت و مقادیر پایین در نیمه شمالی آن پراکنده‌شده‌اند. ولی این روند در سال ۱۳۹۳ تغییر کرده است. به‌نحوی‌که در این سال مقادیر بالا را می‌توان در شمال و اندکی در غرب مشاهده کرد. سمت شرق دشت نیز که با دریاچه ارومیه همسایه است، مقادیر کاهشی را نشان می‌دهد. در بین تمامی عناصری که تا اینجا موردبررسی قرارگرفته-اند، تنها این ویژگی است که مقادیر پایین آن در سال ۱۳۹۳ در نزدیکی خط ساحل دریاچه ارومیه مشاهده می‌شود.



شکل ۱۱: مقادیر TDS در دشت ارومیه در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳

پتاسیم: با توجه به شکل ۱۳ می‌توان اظهار داشت که مقادیر کم پتاسیم در دشت بسیار گسترده‌تر از مقادیر حداکثر می‌باشد. پراکندگی حداکثر و حداقل آن در سال ۱۳۸۰ به ترتیب در مرکز و شمال منطقه دیده می‌شود. در سال ۱۳۹۳ مقادیر پتاسیم در بخش‌های شمالی افزایش‌یافته و بخش مرکزی نیز موقعیت خود را به سمت شرق تغییر داده است.



شکل ۱۲: مقادیر PH در دشت ارومیه

شکل ۱۳: مقادیر پتاسیم در دشت ارومیه

نتیجه‌گیری

در این مقاله به بررسی تغییرات و کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه پرداخته‌شده است. از آمار و داده‌های ۲۰ حلقه چاه برای سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳ استفاده گردید.

تجزیه‌وتحلیل مقادیر آب‌های زیرزمینی دشت و همچنین تهیه نقشه پراکندگی عناصر مختلف و مقایسه این نقشه‌ها برای سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳ نتایج جالبی را روشن کرد. مهم‌ترین نتیجه تحلیل این نقشه‌ها جابجایی مقادیر حداکثر عناصر از قسمت‌های مختلف دشت به سمت شرق است. برای مثال در سال ۱۳۸۰ حداکثر گسترش کلراید در بخش مرکزی دشت ولی در سال ۱۳۹۳ مقادیر حداکثر به شرق دشت یعنی به سمت دریاچه ارومیه گسترش پیداکرده است. سدیم در سال ۱۳۸۰ در شمال و مرکز و تا حدی جنوب بالاست ولی در سال ۱۳۹۳ این مقادیر در شرق و شمال شرق زیاد است. عنصر سولفات در سال ۱۳۸۰ بیشتر در شمال، مرکز و غرب دیده می‌شود ولی در سال ۱۳۹۳ در شمال شرق بیشتر می‌باشد. ضمن اینکه در این سال از مساحت حداکثرها کاسته شده است. حداکثر یون منیزیوم (۷/۷)، در نیمه غربی در سال ۱۳۸۰ و نیمه شرقی در سال ۱۳۹۳ قابل‌مشاهده است. مقادیر یون کلسیم نیز در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۸۰ در شرق دشت افزایش پیداکرده است. یون بیکربنات در سال ۱۳۸۰ به میزان حداکثر ۹/۲ در غرب دیده می‌شود در حالی این میزان در سال ۱۳۹۳ به ۱۰/۲ و نیمه شرقی افزایش پیداکرده است. حداکثر هدایت الکتریک آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه در سال ۱۳۸۰ در حدود ۱۶۵۶ میکروموس در سانتیمتر است. این مقادیر حداکثر در مرکز و شمال غرب دشت قرار دارند. درحالی‌که در سال ۱۳۹۳ این میزان ۲۳۰۰ واحد شده و بیشتر در شرق دشت ارومیه مشاهده می‌شود. میزان سختی کل آب نیز از بخش مرکزی در سال ۱۳۸۰ به بخش شرقی دشت در سال ۱۳۹۳ منتقل‌شده است. شاید بتوان اظهار کرد که عامل اصلی مهاجرت مقادیر حداکثرها از سایر قسمت‌های دشت به بخش‌های شرقی دشت، خشک شدن دریاچه ارومیه و پسروی خط ساحلی آن است. تحلیل تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که در حال حاضر بخش جنوبی دریاچه (از پل شهید کلانتری) کاملاً خشک‌شده است. فقط به هنگام بارندگی‌ها، چند سانتیمتر آب در سطح دریاچه جمع شده و دوباره با تابش خورشید تبخیر و از بین می‌رود. بخش شمالی آن نیز به‌شدت پسروی کرده و مساحت دریاچه از ۶۰۰۰ کیلومترمربع در سال ۱۹۹۸ به ۶۲۷ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۴ رسیده است. از طرف دیگر استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در بخش کشاورزی طی این دوره سبب کاهش سطح آن‌ها و درنتیجه تغییر میزان عناصر در آن‌ها شده است.

تیپ و رخساره اغلب نمونه‌های موردبررسی بیکربناته کلسیک است. این نتایج از بررسی کاتیون‌ها و آنیون‌ها و مقایسه درصد مقادیر آن‌ها در هر یک از نمونه‌ها حاصل‌شده است. نتایج حاصل از بررسی نمودار شولر نیز مشخص می‌کند که به لحاظ مصارف شرب، نمونه‌ها در حالت خوبی قرار دارند. البته بین نمونه‌های مختلف در این زمینه اختلاف وجود دارد. کیفیت آب‌ها برای مصارف کشاورزی نیز بررسی و نتیجه شد که آب‌ها دارای کیفیت شور و کمی شور هستند. بااین‌وجود برخی برای کشاورزی مناسب و برخی قابل‌قبول هستند. بنابراین می‌توان با رعایت نکات فنی از این آب‌ها استفاده کرد. برای مصارف صنعتی نیز اغلب چاه‌ها خورنده بوده و بنابراین مناسب برای صنایع نیستند. در ضمن سختی کل تمامی نمونه‌ها، کاملاً سخت تشخیص داده شد. بنابراین نتیجه کلی که می‌توان از بررسی کیفیت نمونه‌ها گرفت این است علی‌رغم شرایط خاص منطقه یعنی خشک شدن دریاچه ارومیه و برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی به‌منظور استفاده در کشاورزی، آب‌های منطقه دارای استانداردهای مطلوبی ازنظر شرب و کشاورزی هستند. گر چه ازنظر سختی و برخی موارد در حد قابل‌قبولی قرار ندارند. نکته دیگر اینکه خطر شور شدن نمونه‌های موردمطالعه، متوسط و در خیلی موارد بالاست. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که خطر شوری بالاست و بایستی روش‌های مناسب و علمی را در این زمینه به کار گرفت. دلایل آن را می‌توان درافت سطح دریاچه ارومیه و سطح آب‌های زیرزمینی، وجود پهنه‌های نمکی و شور شدن خاک‌های اطراف ساحل دریاچه، کاهش بارندگی و افزایش غلظت عناصر، نفوذ آب‌شور دریاچه به دشت، افزایش

دما، وزش بادهای مختلف از دریاچه به سمت دشت و درنتیجه انتقال نمک‌های سطح دریاچه به دشت ارومیه و همچنین استفاده بی‌رویه از انواع سموم و آفت‌کش‌ها دانست.

منابع

- اصغری مقدم و قیجانی، (۱۳۸۹)، مطالعات هیدرولوژی و هیدروشیمیایی آبخوان‌های بازالتی و کارستی منطقه ماکو در ارتباط با سازندهای زمین‌شناسی منطقه، علوم زمین، سال ۱۷، شماره ۶۷
- انتظاری، علیرضا؛ الهه اکبری و فاطمه میوانه، (۱۳۹۲)، بررسی کیفیت آب شرب استحصالی از منابع زیرزمینی بر بیماری‌های انسانی دهه‌های اخیر در دشت مشهد، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۳، شماره ۳۱
- بدیعی نژاد، احمد؛ حسین الیاری و منصور شاهرخوندی، (۱۳۹۳)، بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب شرب زیرزمینی دشت شیراز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، ماهنامه طب جنوب، سال ۱۷، شماره ۳، صص ۳۵۸-۳۶۷.
- بهاروند، سیامک و احود خلجی، (۱۳۸۶)، نقش سازندهای مختلف زمین‌شناسی در کیفیت آب‌های زیرزمینی شمال خرم‌آباد، سومین همایش زمین‌شناسی کاربردی و محیط‌زیست اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامشهر.
- چیت‌سازان، منوچهر و یوسف اختری (۱۳۸۵)، پتانسیل‌یابی آلودگی آب‌های زیرزمینی در دشت‌های زویرچری و خران با استفاده از مدل دراستیک و *GIS*، مجله آب و فاضلاب، شماره ۵۹، ص ۳۹-۵۱
- رجایی، قاسم؛ محمدهادی مهدی نژاد و سمانه حصاری، (۱۳۹۱)، بررسی کیفیت شیمیایی آب شرب روستاهای دشت بیرجند و قائن ۱۳۸۹-۱۳۸۸، مجله تحقیقات سلامت، سال ۷، شماره ۶
- صادقی، زینب؛ (۱۳۹۴)، بررسی و ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی و منشأ آلودگی آن در محدوده قالقاچی و تأثیر آن بر محیط‌زیست اطراف، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی، دانشگاه ارومیه، گروه زمین‌شناسی
- محمدنژاد، وحید و صیاد اصغری (۱۳۹۲)، تهیه نقشه مناطق مستعد آب‌های زیرزمینی با استفاده از *GIS* و *MIF*، مطالعه موردی: شهرستان ارومیه، مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۳، زمستان ۹۲
- معروفی، صادق و احمد بیات(۱۳۸۸)، بررسی کیفیت آب شرب بردسیر در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹، مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، دوره ۱۱، شماره ۴۰
- ملکوتیان، محمد و جمشید مؤمنی، (۱۳۹۱)، بررسی کیفیت آب شرب بردسیر در سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۸۸، مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، دوره ۱۱، شماره ۴۰
- میرزایی، مژگان و عیسی سلگی، (۱۳۹۴)، بررسی غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، مس، منگنز، نیکل، سرب و روی) در رسوبات رودخانه زاینده‌رود، مجله تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، زمستان ۹۴، صص: ۲۵۱-۲۶۵
- هاتفی، ر؛ اسحاقیان، ک؛ شهسواری، ع ؛(۱۳۸۶) بررسی روند تغییرات کیفی آب زیرزمینی و تحقیق برای علت افت سطح آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی بجستان یونسی، شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان .ص ۹-۱

- یاری، ر.، کوچک زاده، (۱۳۸۷)، مقایسه روش‌های زمین‌آماری برای پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری آب زیرزمینی، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران و دانشگاه تبریز
- *Celik M, and T. Yardarm, 2006, Hydrogeochemical evaluation of ground water quality in the cavscayi basin, turkey, Environmental Geology, volume 50, number 3*
- *Fernandez-Luqueno, (2013), Heavy metal pollution in drinking water: aglobal risk for human health, African journal of environment, July 2013, pp: 567-584*
- *Fetouani. M; (2008), Assessing groundwater quality in the irrigated plain of Triffa, Agricultural water management, pp: 86-95*
- *Hillel, D; 1998. The eficient use of eater in irrigation. World bank technical paper No 65 Washington D. C; 107 pp.*
- *Kalantari, N. and Nasseri, H; Groundwater quality of Ghereso aquifer system in northen Tran, Third conference of groundwater quality, sheffield University, sheffield, U.K; (2001) 219-225.*
- *Mc Donald, A. T. & Kay, D. 1988. Water Resources: Issues and Strategies. Longman Scientific and Technical. Harlow, UK*
- *Rogowski, A. S. 1990. Estimation of the groundwater pollution potential on a agricultural watershed. Agricultural Water Management 18:209-230.*
- *Tgipour, Hassan (2012), Corrosion and Scaling potential drinking water distribution system of Tabriz, northwest of iran, Heaith Promotion Prespectives, vol 2, no, 1, pp: 103-111*