



بررسی و ارزیابی پیشروی آب شور در آبخوان دشت درونه و تعیین الگوی اختلاط آن بر اساس نمودارهای ترکیبی

محمود شیخ وانلو، کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی
غلامرضا لشکری پور، عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد، استاد گروه زمین شناسی
پست الکترونیک: mst.mahmood@gmail.com

چکیده

آبخوان آبرفتی دشت درونه به وسعت تقریبی ۶۶۸ کیلومتر مربع (وسعت محدوده تبسن) بخشی از محدوده مطالعاتی درونه است که به علت مجاورت با کویر مرکزی ایران از اهمیت ویژه ای برخوردار است. این آبخوان، در حد فاصل گسل درونه در شمال و زهکش کال شور در جنوب، از آبرفت ها و مخروط افکنه های کواترنر تشکیل شده است و به دلیل عدم تعادل بین تخلیه و تغذیه آبخوان و قرار گیری آن در مجاورت کویر همواره در معرض تهاجم آب های زیرزمینی شور حوضه کویر می باشد. بررسی و تجزیه و تحلیلهای کیفی در آبخوان درونه، بیانگر هجوم آبهای شور حوضه کویر از طریق آبرفت های رودخانه ای کال دهن قلعه به آبخوان آبرفتی درونه می باشد. همچنین بر اساس نمودارهای ترکیبی، نمونه های کیفی آبخوان درونه از الگوی دو خوشه ای تبعیت نموده و بیانگر وجود آب زیرزمینی با دو منشا متفاوت اما بدون اختلاط می باشند. بطور کلی، با توجه به شرایط هیدروژئولوژی منطقه، بخشی از آبهای زیرزمینی منطقه لب شور و بخشی نیز شور می باشد که بخش شور آن مربوط به هجوم آبهای شور کویر می باشد.

کلید واژه: آبخوان دشت درونه، پیشروی آب شور، اختلاط آبهای زیرزمینی، نمودارهای ترکیبی

۱- مقدمه

محدوده مطالعاتی درونه یکی از زیر حوضه های کویر مرکزی است که بین طول جغرافیایی ۵۰' - ۵۶° تا ۵۶' - ۵۷° شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴° - ۴۷' تا ۳۵° - ۴۶' در جنوب غرب استان خراسان رضوی و در مجاورت کویر واقع شده است (شکل شماره ۱). این محدوده مطالعاتی از شمال و شمال شرق به محدوده های مطالعاتی کویر خارطوران، سبزوار، عطایه و سنگرد (قلعه میدان)، از شرق به محدوده مطالعاتی بردسکن، از جنوب به محدوده های مطالعاتی کویر نمک (کویر بچستان) و دستگردان و از غرب به محدوده مطالعاتی کویر مرکزی (دشت کویر) محدود می شود. مساحت محدوده مطالعاتی درونه در حدود ۵۵۵۳ کیلومتر مربع می باشد که ۲۱۷۹ کیلومتر مربع آن دشت و بقیه را ارتفاعات با مساحت ۳۳۷۴ کیلومتر مربع تشکیل داده اند. ارتفاع متوسط حوضه ۹۷۷ متر از سطح دریا و جهت شیب توپوگرافی از شرق به غرب می باشد. شیب توپوگرافی در قسمتهای شرقی کم و سطح زمین تقریباً مسطح می باشد و هر چه به سمت خروجی دشت (غرب محدوده) نزدیک می شویم بر میزان آن افزوده می شود. بر اساس رابطه گرادیان بارندگی و ارتفاع در منطقه، متوسط بارندگی در محدوده دشت با ارتفاع متوسط ۹۲۵ متر ۱۴۷ میلیمتر، در محدوده ارتفاعات با ارتفاع متوسط ۱۲۵۰ متر



۱۸۶ میلیمتر و در کل محدوده مطالعاتی ۱۵۳ میلیمتر برآورد گردیده است. به لحاظ جایگاه زمین شناسی، محدوده مطالعاتی درونه دارای مورفولوژی نسبتاً کشیده ای است که از لحاظ ساختاری بخشی از خرد قاره ایران مرکزی می باشد. مهمترین و تاثیر گذارترین ساختار زمین شناسی منطقه، گسل درونه (گسل کویر بزرگ) است. این گسل در محدوده مطالعاتی دارای روند شرقی - غربی است و جدا کننده حد دشت (آبخوان آبرفتی) از ارتفاعات شمالی به حساب می آید. حرکت این گسل در طول دوران های زمین شناسی و فرآیندهای فرسایشی حاصل از آن و بخصوص در دوران سوم زمین شناسی از عوامل تاثیر گذار در مورفولوژی آبخوان درونه می باشد.

با توجه به شرایط اقلیمی و هیدرولوژیکی محدوده مطالعاتی درونه، منابع آب زیرزمینی در مخازن آبرفتی این محدوده تنها منبع پایدار تامین آب در بخش شرب، صنعت و کشاورزی می باشد. طی چند دهه اخیر به دلیل افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضای آب در بخش های مختلف و بهره برداری بی رویه و کنترل نشده مازاد بر پتانسیل از منابع آب های زیرزمینی و محدودیت منابع آبهای تجدید شونده در این مخازن از یک طرف و نفوذ جبهه آب شور آبخوان های کویر مجاور آن از طرف دیگر باعث شده کیفیت آبهای زیرزمینی در این منطقه اهمیتی برابر کمیت آن پیدا کنند. با توجه به این مهم، بررسی و ارزیابی پیشروی آب شور در آبخوان دشت درونه و تعیین الگوی اختلاط آنها بر اساس نمودارهای ترکیبی، به عنوان یک ضرورت مهم و اساسی در مدیریت جامع منابع آب و تلفیق مطالعات این محدوده در نظر گرفته شده و به عنوان یک طرح پژوهشی پیشنهاد و مطالعات آن به اتمام رسیده است.

۲- مواد و روشها

بطور معمول بررسی و تجزیه و تحلیل کیفیت شیمیایی آبهای زیرزمینی بر اساس نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های برداشت شده فاقد نواقص آماری از چاه های انتخابی و بهره برداری موجود در گستره دشت صورت می گیرد. به همین منظور ایجاد شبکه نمونه برداری کیفی مطابق با شرایط هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی و شرایط زمین شناسی آبخوان ضروری است. متأسفانه تا کنون شبکه پایش کیفی آبخوان درونه، بطور سیستماتیک و هماهنگ با شبکه پایش کمی آن پیش نرفته است لیکن طی چند سال اخیر، به دلیل افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش نیازها از یک سو و تخریب کیفیت آبهای زیرزمینی ناشی از توسعه صنعت و کشاورزی و هجوم جبهه های آب شور از سو دیگر موجب توجه مجدد به موضوع کیفیت منابع آب زیرزمینی در این محدوده گردیده است. اولین نمونه برداری کیفی در آبخوان درونه، در سال آبی ۱۳۷۵-۷۶ بصورت پراکنده در سطح آبخوان شروع شده و تا کنون نیز ادامه داشته است. با توجه به اینکه، بررسی و تجزیه و تحلیل کیفیت شیمیایی آبهای زیرزمینی بایستی بر اساس آخرین نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های برداشت شده فاقد نواقص آماری از چاه ها و پیزومترهای موجود در دشت صورت گیرد، لذا به منظور بررسی تغییرات و بررسیهای کیفی آبخوان از نتایج آخرین نمونه برداری کیفی در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹ در سطح آبخوان استفاده شده است (جدول شماره ۱). به منظور بررسی و ارزیابی پیشروی آب شور در آبخوان دشت درونه و تعیین الگوی اختلاط آنها بر اساس نمودارهای ترکیبی، در ابتدا روند شوری نمونه های کیفی (کموگراف) طی سالهای مختلف بررسی و تجزیه و تحلیل شده است. سپس به منظور بررسی تغییرات شوری در سطح آبخوان و مشخص نمودن جبهه های آب شور، نقشه های هم شوری (EC)، هم کلر و ... در محیط GIS تهیه و استفاده شده و در نهایت به منظور تعیین الگوی اختلاط آبهای زیرزمینی نمودار های ترکیبی تهیه و بر اساس الگوی آن و مد نظر قرار دادن تغییر و تحول ترکیب شیمیایی آبهای زیرزمینی در حین عبور از محیط متخلخل نتایج تجزیه و تحلیل شده اند.

کموگراف آبخوان درونه، بر اساس مقادیر شوری میانگین نمونه های کیفی که طی سالهای مختلف نمونه برداری دارای پایه زمانی مشترک بوده (از سال آبی ۱۳۸۲-۸۳ تا ۱۳۸۸-۸۹) به روش چند ضلعی های تیسن تهیه و در



شکل شماره ۲ ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می شود، میزان شوری آب زیرزمینی در طی زمان در نوسان بوده و تابعی از شرایط آبخوان و جریانات سطحی و زیرزمینی و عوامل زمین شناسی می باشد. علاوه بر این، افت سطح آب زیرزمینی، نفوذ آب شور از آبخوان کویری مجاور و همچنین احتمالاً سنگ کف نیز از جمله دلایل افزایش هدایت الکتریکی آبخوان باشد.

نقشه هم هدایت الکتریکی و نقشه هم کلر آبخوان درونه بر اساس متوسط مقادیر شوری آب زیرزمینی (EC) و کلر در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ تهیه و در اشکال شماره ۳ و ۴ ارائه شده است. با توجه به این نقشه ها و با توجه بررسی های صورت گرفته، یون کلر با هدایت الکتریکی دارای همبستگی مثبت بوده و روند منحنی های یون کلر از روند منحنی های هدایت الکتریکی آبخوان تبعیت می نماید. بطور کلی، روند تغییرات هر دو پارامتر در آبخوان، بیانگر وجود تغییرات شدید کیفیت آبهای زیرزمینی در گستره آبخوان (در سه منطقه شمال شرق، مرکز و غرب آبخوان) بوده و بطور موثری تحت تاثیر واحدهای زمین شناسی منطقه و نفوذ جبهه های آب شور حوضه کویر می باشند. با توجه به شرایط زمین شناسی و هیدروژئولوژی نواحی شمال شرق آبخوان (در محل چاه عمیق مجینگ)، کیفیت آبهای زیرزمینی در این منطقه بشدت تحت تاثیر کیفیت آبهای سطحی کال دهنه قلعه می باشد. اما در نواحی مرکزی (محل چاه عمیق مهلار پائین) و نواحی غرب آبخوان (محل چاه عمیق کریم آباد) کیفیت آبهای زیرزمینی آبخوان، بدلیل بهره برداری بی رویه از آبخوان توسط چاههای بهره برداری، متاثر از نفوذ جبهه های آب شور زیرزمینی عمیق می باشد.

اختلاط آبهای زیرزمینی آبخوان درونه نیز بر اساس نتایج آنالیز نمونه های کیفی در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ بررسی و نتایج آن در اشکال شماره ۵ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می شود، نمودار ترکیبی نمونه های کیفی آبخوان درونه از الگوی دو خوشه ای تبعیت نموده و بیانگر وجود نمونه های برداشت شده با دو منشأ متفاوت اما بدون اختلاط می باشند. با توجه نمودارهای ارائه شده، از ۹ نمونه برداشت چهار نمونه دارای آنیون (کلر و سولفات) و کاتیون (کلسیم و منیزیم) کمی نسبت به بقیه نمونه ها می باشند و بیانگر آب لب شور می باشند. بطور کلی، با توجه به شرایط هیدروژئولوژی منطقه، بخشی از آبهای زیرزمینی منطقه لب شور و بخشی نیز شور می باشد که بخش شور آن مربوط به آبهای شور کویر می باشد. علاوه بر این، به منظور بررسی تغییر و تحول ترکیب شیمیایی آبهای زیرزمینی در حین عبور از محیط زمین شناسی، تیپ و رخساره شیمیایی آبهای زیرزمینی در آبخوان درونه بر اساس اولویت غلظتی آنیونها و کاتیونها غالب مطابق قوانین شولر و اولویت یونی در تواترهای مربوطه تعیین گردیده و نتایج آن در جدول شماره ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج این جدول، تمام نمونه های برداشت شده دارای تیپ کلروره و رخساره سدیک می باشند. تیپ و رخساره شیمیایی آبهای زیرزمینی آبخوان درونه بر اساس مطالعات Chebotarev, 1995 تفسیر شده است. بر اساس این مطالعات، ترکیب آبهای زیرزمینی از محل تغذیه به محل تخلیه به سمت ترکیب آب دریا میل می کند و معمولاً تکامل تدریجی با تغییرات آنیونها اصلی موجود در آب همراه می باشد. با توجه به توالی پیشنهادی این محقق، معمولاً آبهای زیرزمینی در دامنه بیشتر ارتفاعات که منبع تغذیه دشتهای می باشند، به صورت بی کربناته بوده (بیکربنات آنیون اصلی است) و در مراکز دشت به صورت سولفات (در این ناحیه معمولاً سولفات، آنیون اصلی است) و در انتهای دشت به صورت کلروره (در این ناحیه کلر آنیون اصلی است) در می آیند. با توجه به شرایط زمین شناسی منطقه و الگوی نمودار ترکیبی نمونه های کیفی، سیر تکاملی مذکور به تنهایی قادر به تجزیه و تحلیل کیفیت آب های زیرزمینی نبوده و به نظر می رسد، توالی تکاملی مذکور تحت تاثیر جنس مواد زمین و نفوذ جبهه های آب شور قرار گرفته است و در محل مرز آبخوان با آبهای شور کویر، آنیون غالب کلر بوده و بیانگر نفوذ جبهه های آب شور می باشد.



۳- جمع بندی و نتیجه گیری

بطور کلی، کیفیت شیمیایی آبهای زیرزمینی آبخوان درونه، نتیجه ترکیب و غلظت املاح موجود در آن است و بطور عمده تحت تاثیر سازندهای زمین شناسی (گسترش رسوبات دانه ریز سیلتی - رسی، کفه های کویری توام با ذرات گچ و نمک و ...)، عوامل هیدروژئولوژیکی (بالا بودن سطح آب زیرزمینی و تبخیر از آبخوان، پیشروی آب شور حوضه کویر و اختلاط آن و ...) عوامل آب و هوایی، موقعیت جغرافیایی و تاثیرات خاک و گیاه (عدم زهکشی مناسب، آبخوایی سطحی در مزارع و ...) می باشد. با توجه بررسیهای بعمل آمده در بخش کیفیت آب زیرزمینی، آبخوان درونه را می توان به دو بخش عمده نواحی مجاور کال ها و مسیلهای منشعب از ارتفاعات شمال منطقه و نواحی مجاور کفه های نمکی کویر تقسیم نمود. در مناطق مجاور مسیلهها به دلیل درشت دانه بودن رسوبات آبرفتی و تغذیه از طریق بستر این مسیلهها کیفیت آب زیرزمینی تحت تاثیر آن قرار دارد. بنابراین می توان گفت، بطور کلی کیفیت آب زیرزمینی در این محدوده دارای کیفیت پایین می باشد و در گروه آبهای لب شور قرار داشته و بطور محلی تحت تاثیر کیفیت آبهای سطحی منطقه می باشند. در نواحی حاشیه کویر چندین عامل باعث تخریب کیفیت آبهای زیرزمینی آبخوان گردیده است. در ابتدا با فاصله از حاشیه ارتفاعات، رسوبات آبرفتی بتدریج دانه ریزتر شده و سرعت حرکت آب زیرزمینی کاهش می یابد. در این منطقه در اثر فعل و انفعالات درونی آبخوان بتدریج به سمت خروجی آبخوان بر مقدار املاح آن افزوده می شود. علاوه بر این به دلیل تغذیه آبخوان از جریانات سطحی شور در این منطقه، بتدریج بر مقدار شوری آبخوان افزوده می شود. اما در این محدوده، مهمترین عامل تخریب کیفیت آبهای زیرزمینی برداشت بی رویه آب زیرزمینی و نفوذ آب های شور کفه های نمکی مجاور آبخوان می باشد. با توجه به نقشه های کیفی ارائه شده در بخشهای قبل، تغییرات منحنی های کیفی بخصوص در نقشه هم کلر و نقشه هم هدایت الکتریکی و تغییر جهت جریان در محل پیرومتر جنوب حسین آباد مهلار گویای تغییر کیفیت شدید و نفوذ آب شور کویر می باشد. بررسی اختلاط آبهای زیرزمینی در آبخوان درونه بر اساس نمودارهای ترکیبی و تجزیه و تحلیل تیپ و رخساره آب زیرزمینی بر اساس توالی پیشنهادی Chebotarev، بیانگر این است، که نمودار ترکیبی نمونه های کیفی آبخوان درونه از الگوی دو خوشه ای تبعیت نموده و بیانگر وجود نمونه های برداشت شده با دو منشأ متفاوت اما بدون اختلاط می باشند.

در پایان لازم به ذکر است، انجام مطالعات اکتشافی در سطح محدوده آبخوان آبرفتی و بخصوص در مجاورت کویر به منظور شناسایی دقیق سنگ کف آبخوان، تعیین حد و حدود آبخوان و نحوه ارتباط آن با کویری مجاور و تفکیک زونهای اشباع و غیر اشباع و تعیین ضخامت آنها و سایر پارامترهای هیدروژئولوژیکی ضروری است.

۴- تقدیر و تشکر

بودجه این تحقیق توسط شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی تأمین گردیده است. لذا محققین بر خود وظیفه دانسته و از زحمات کلیه مدیران و کارشناسان دخیل در کار صمیمانه تقدیر و تشکر می نمایند.

۵- مراجع

- ۱- آرشیو مطالعات پایه منابع آب، شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی، (۱۳۸۸)، گزارش تمدید ممنوعیت محدوده مطالعاتی درونه
- ۲- اصغری مقدم ا، (۱۳۷۶)، هیدروژئولوژی صحرايي (ترجمه)، انتشارات دانشگاه تبریز.
- ۳- آقا نباتی، ع، (۱۳۸۳)، زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



۴- بانک اطلاعات مطالعات پایه منابع آب، شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی، آمار و اطلاعات کیفی منابع آب محدوده مطالعاتی درونه

۵- دستورالعمل شماره ۲۵ کمیته فنی اطلس منابع آب، بررسیهای هیدروژئوشیمیایی

۶- شرکت مهندسی مشاور یکم، (۱۳۸۷-۱۳۸۲)، تدوین برنامه بهره برداری از آبهای شور، لب شور و غیرمتعارف

در سطح حوضه های آبریز کشور، گزارش شماره یک، دو، سه، چهار، پنج و شش

۷- کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۳۸۵، نشریه شماره ۸۶ ارزیابی شوری خاک

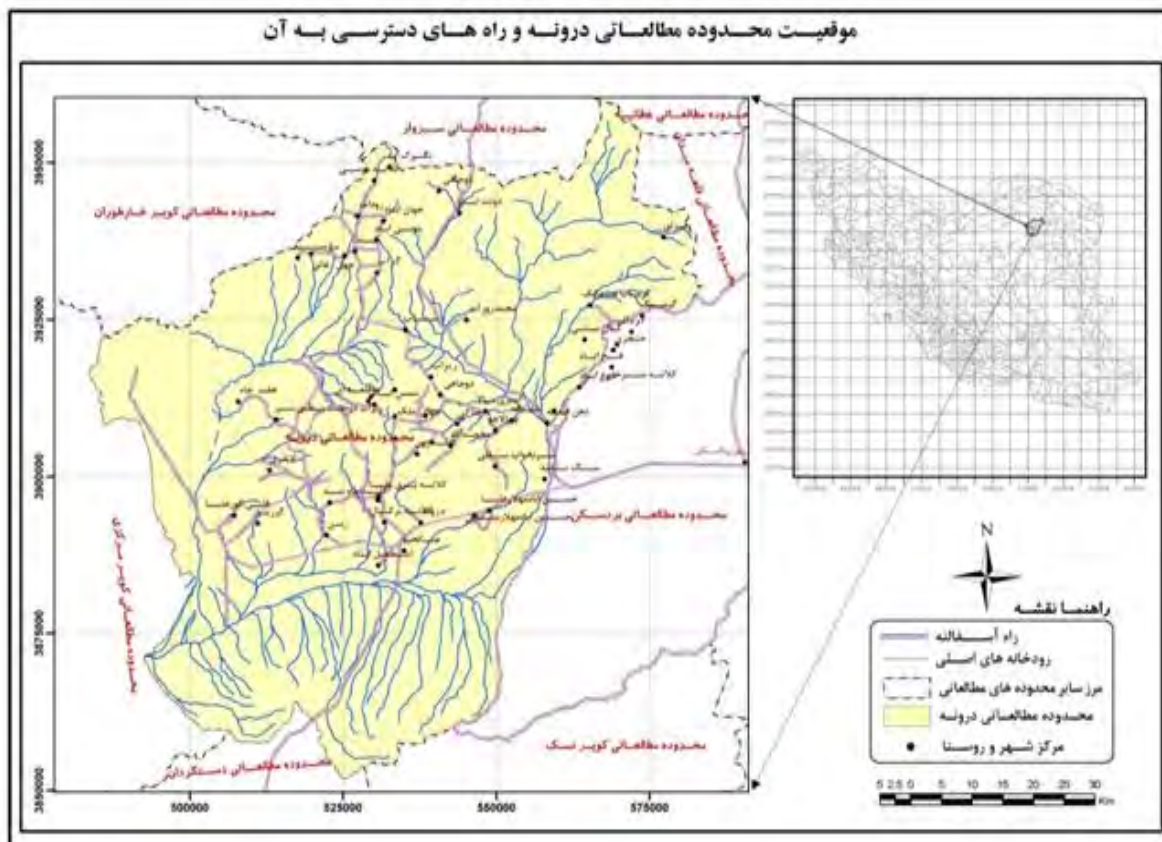
8- Domenico, P. A. , Schwartz, F. W., 1990. *Physical and chemical hydrology*. John Wiley & Sons Inc., U.S.A.

9- Hanslow, A., 1998, *Water quality Data*, Analysis and interpretation.

10- Longmuir D., 1997, *Aqueous environmental Geochemistry*, Prentice Hall Inc.

11- Mazar, E., 1993. *Hydro chemical implication of ground water mixing*. Vol.29. NO.1. PP.193-205.

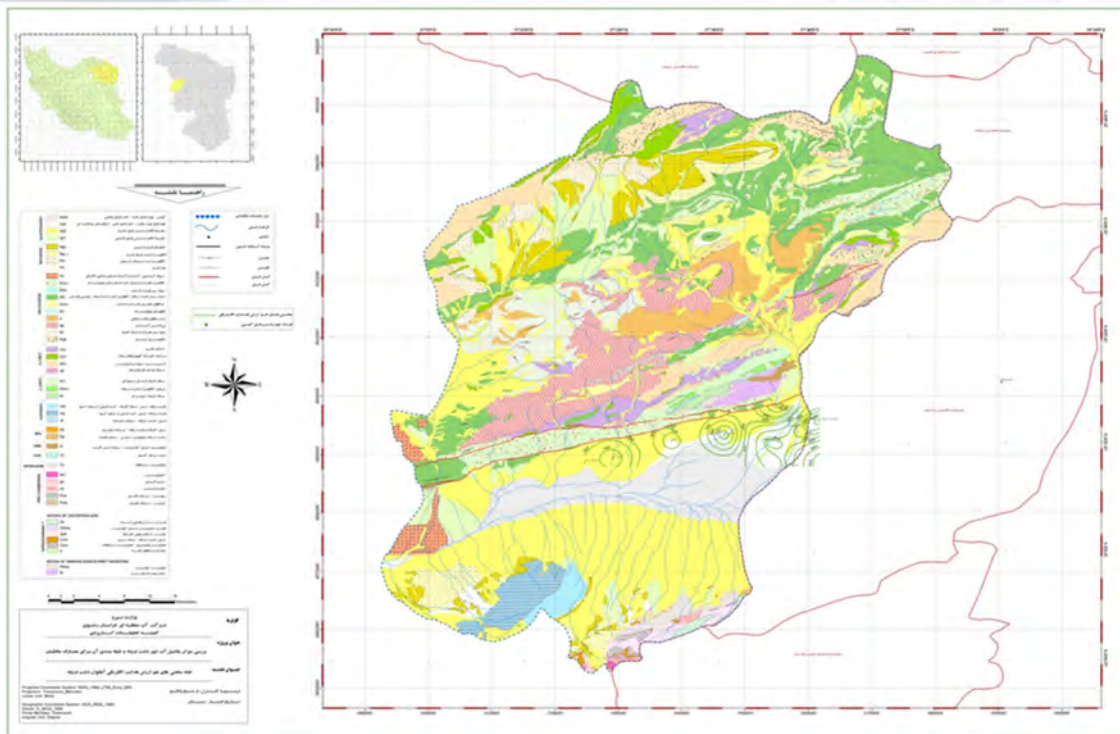
12- Mazar, E. 1991. *Applied chemical and isotopic ground water hydrology*. Halstead press a division of John Wiley and Sons.



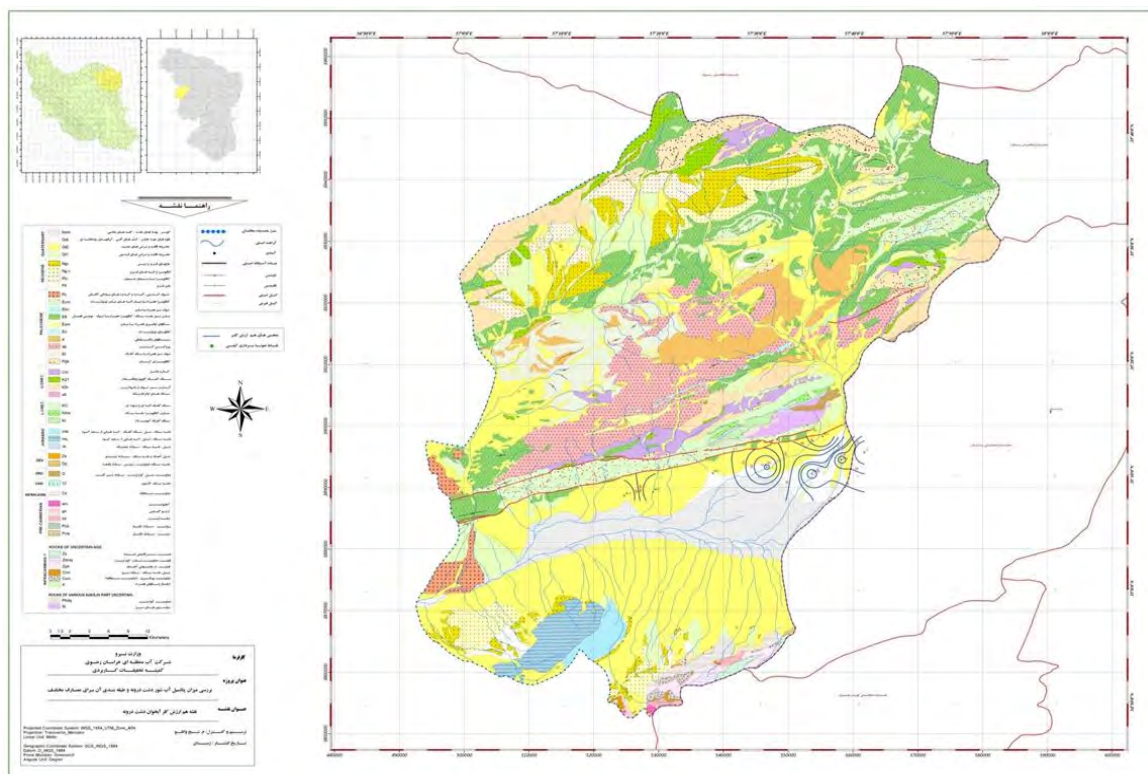
شکل شماره ۱- نقشه موقعیت محدوده مطالعاتی دروننه و راههای دسترسی به آن



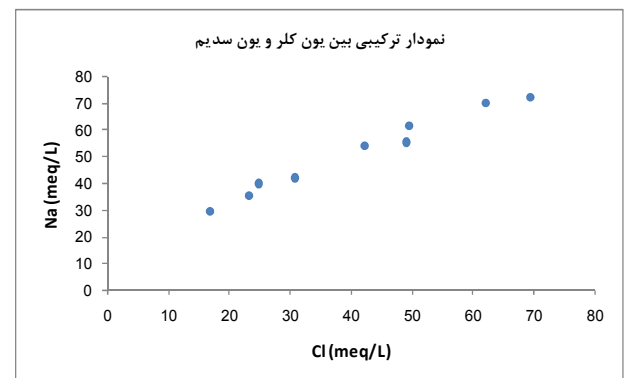
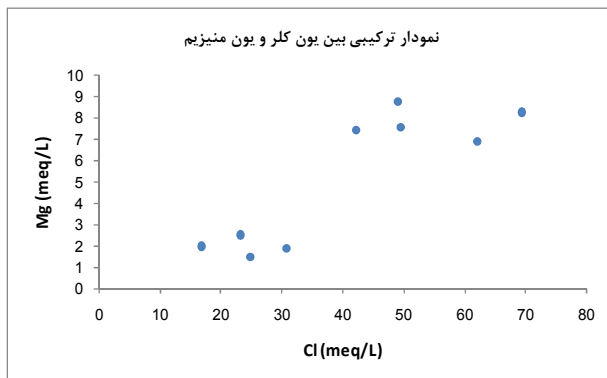
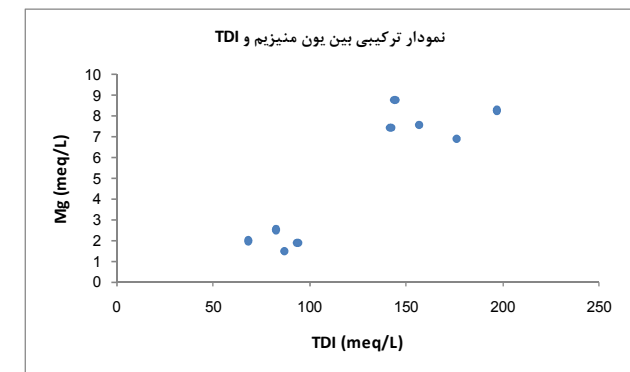
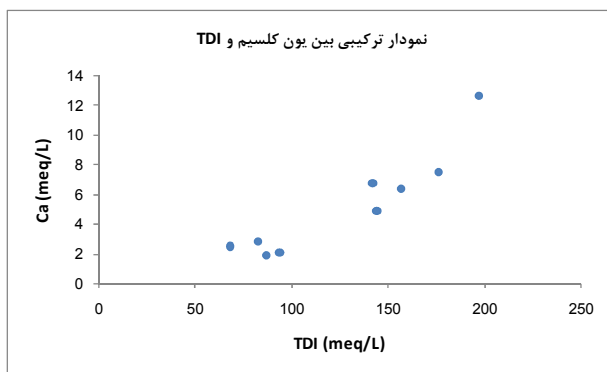
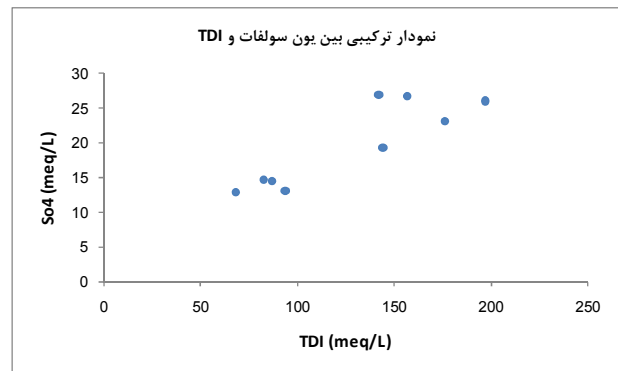
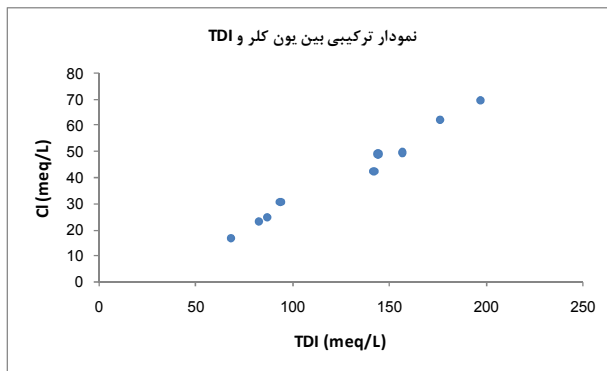
شکل شماره کموگراف آبخوان دشت دروننه (طی سال ۱۳۸۲-۸۳ تا سال آبی ۱۳۸۸-۸۹)



شکل شماره ۳- نقشه منحنی های هم هدایت الکتریکی آبخوان دشت درونه



شکل شماره ۴- نقشه منحنی های هم کلر آب زیرزمینی آبخوان دشت درونه (مقادیر کلر بر حسب meq/l)



شکل شماره ۵ - نمودار ترکیبی نمونه های کیفی آبخوان درونه



جدول شماره ۱- متوسط نتایج تجربه شیمیایی منابع انتخابی کیفی آبخوان درونه در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸

Σ Kation	Miliequivalent / Lit				Σ Anion	Miliequivalent / Lit				TDS (mg/L)	EC (μs/cm)	مختصات منبع		نام محل
	K	Na	Mg	Ca		So4	Cl	HCO3	CO3			Y_UTM	X_UTM	
71.0	2.8	54.1	7.5	6.7	71.0	26.9	42.3	1.6	0.2	4473.0	7100.0	3888671	524728	زیرکوه درونه
78.5	2.9	61.6	7.6	6.4	78.5	26.7	49.6	2.0	0.2	4921.9	7812.5	3889316	529157	کریم آباد
72.0	2.9	55.5	8.8	4.9	72.1	19.3	49.2	3.7	0.0	4529.7	7190.0	3892322	538386	درونه
88.1	3.5	70.1	6.9	7.5	88.3	23.2	62.3	2.5	0.4	5507.8	8742.5	3893320	546701	مهلاز پایین
43.7	0.3	40.0	1.5	1.9	43.5	14.5	25.0	4.0	0.0	2790.9	4430.0	3892245	553640	درونه کاشمر
98.4	5.2	72.3	8.3	12.7	98.6	26.0	69.5	3.1	0.0	6118.9	9712.5	3898312	555305	چاه مجینگ
46.9	0.8	42.1	1.9	2.1	47.0	13.1	30.8	2.6	0.5	2946.3	4676.7	3887861	556306	محمدخان صبا
41.3	0.5	35.5	2.5	2.8	41.5	14.7	23.3	2.9	0.5	2587.2	4106.7	3894571	558209	محمدخان شیخها
34.1	0.0	29.6	2.0	2.5	34.3	12.9	17.0	4.4	0.0	2116.8	3360.0	3895753	561751	داوطلب (سطح آب)

جدول شماره ۲- اولویت غلظتی آنیونها و کاتیونها غالب منابع انتخابی کیفی آبخوان درونه در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸

ردیف	محل نمونه برداری	علامت اختصاری	غلظت آنیونها	غلظت کاتیونها	تیپ آب	رخساره آب	تیپ و رخساره	نحوه توسعه تیپ و رخساره
۱	زیرکوه درونه	Dw1	Cl > SO4 > HCO3	Na+K > Mg > Ca	کلوره	سدیک	کلوره سدیک	توسعه اساسی
۳	کریم آباد	Dw2	Cl > SO4 > HCO3	Na+K > Mg > Ca	کلوره	سدیک	کلوره سدیک	توسعه اساسی
۳	درونه	Dw3	Cl > SO4 > HCO3	Na+K > Mg > Ca	کلوره	سدیک	کلوره سدیک	توسعه اساسی
۴	مهلاز پایین	Dw4	Cl > SO4 > HCO3	Na+K > Ca > Mg	کلوره	سدیک	کلوره سدیک	توسعه اساسی
۵	درونه کاشمر	Dw5	Cl > SO4 > HCO3	Na+K > Ca > Mg	کلوره	سدیک	کلوره سدیک	توسعه اساسی
۶	چاه مجینگ	Dw6	Cl > SO4 > HCO3	Na+K > Ca > Mg	کلوره	سدیک	کلوره سدیک	توسعه اساسی
۷	محمدخان صبا	Dw7	Cl > SO4 > HCO3	Na+K > Ca > Mg	کلوره	سدیک	کلوره سدیک	توسعه اساسی
۸	محمدخان شیخها	Dw8	Cl > SO4 > HCO3	Na+K > Ca > Mg	کلوره	سدیک	کلوره سدیک	توسعه اساسی
۹	پیزومتر داوطلب	P	Cl > SO4 > HCO3	Na+K > Ca > Mg	کلوره	سدیک	کلوره سدیک	توسعه اساسی
۱۰	زیرکوه درونه	Dw1	Cl > SO4 > HCO3	Na+K > Mg > Ca	کلوره	سدیک	کلوره سدیک	توسعه اساسی