



وزارت نیرو
شرکت مدیریت منابع آب ایران
شرکت آب منطقه‌ای مازندران
گروه تحقیقات و پژوهش‌های کاربردی



خلاصه گزارش طرح

بررسی جامع منابع آب کارستی در استان مازندران (مطالعه موردی حوضه هراز)

کد طرح
MAW-92001

پژوهشگر مجری
غلامحسین کرمی (دانشگاه صنعتی شاهرود)
ناظران طرح (پنل فنی)
دکتر قربان وهاب‌زاده کبریا، خلیل ا... فقهی، سید مصطفی رضایی،
حسینعلی زبردست رستمی

تاریخ انتشار

پاییز ۱۳۹۷

دبیرخانه گروه تحقیقات

شرکت آب منطقه‌ای مازندران

استان مازندران، ساری، کیلومتر ۳ جاده ساری - قائمشهر

شرکت آب منطقه‌ای مازندران کدپستی: ۴۸۱۵۸۹۸۶۴۳

تلفکس گروه تحقیقات: ۳۳۳۴۷۸۱۵ (۰۱۱)

تلفن: ۳۳۳۴۷۸۰۱-۴ (۰۱۱) دورنگار: ۳۳۳۴۷۸۰۰ (۰۱۱)

پست الکترونیک: wrm.mz.research@gmail.com

www.mzrw.ir

وب سایت:



وزارت نیرو
شرکت مدیریت منابع آب ایران
شرکت آب منطقه‌ای مازندران
گروه تحقیقات کاربردی

خلاصه گزارش طرح

بررسی جامع منابع آب کارستی در استان مازندران (مطالعه موردی حوضه هراز)

کد طرح

MAW-92001

پژوهشگر مجری

غلامحسین کرمی (دانشگاه صنعتی شاهرود)

ناظران طرح (پنل فنی)

دکتر قربان وهاب‌زاده کبریا، خلیل ا...، فقهی، سید مصطفی رضایی،

حسینعلی زبردست رستمی

تاریخ انتشار

پاییز ۱۳۹۷

پروژه ارزیابی اثربخشی و مستندسازی پروژه‌های تحقیقاتی

شناسنامه طرح

این گزارش نتیجه اجرای طرح تحقیقاتی سفارشی با عنوان «بررسی جامع منابع آب کارستی در استان مازندران (مطالعه موردی حوضه هراز)» می‌باشد که پیشنهاد انجام آن پس از بررسی و موافقت در کمیته تحقیقات آب منطقه‌ای مازندران طی نامه شماره ۹۱/۱۳۴/۲۰۸۰۰ مورخ ۹۱/۱۰/۲۴ مورد تایید شرکت مدیریت منابع آب ایران نیز قرار گرفت.

قرارداد این طرح در تاریخ ۹۳/۰۳/۰۳ به شماره ۵۳۹۱/۵۰۰ بین شرکت آب منطقه‌ای مازندران به عنوان کارفرما و دانشگاه صنعتی شاهرود به عنوان مجری (مشاور) تنظیم و با حمایت و پشتیبانی مالی از محل طرح‌های عمرانی (تملک دارایی و سرمایه‌ای) و جاری شرکت آب منطقه‌ای مازندران انجام شده و در تاریخ ۹۷/۴/۱۲ خاتمه یافته است.

پژوهشگر این طرح آقای غلامحسین کرمی بوده، داوری نهایی طرح نیز توسط پنل فنی انجام گردیده است.

گروه تحقیقات کاربردی
شرکت آب منطقه‌ای مازندران

بررسی جامع منابع آب کارستی در استان مازندران (مطالعه موردی حوضه هراز)

پژوهشگران: غلامحسین کرمی، هادی جعفری، عزیزا... طاهری، رحیم باقری، عبدا... شمسی،
سیدرضامیرباقری، قاسم سلیم، علی درستکار
کد طرح: MAW-92001

چکیده

حوضه هراز، به ویژه در قسمت‌های بالادست دارای سازندهای آهکی وسیعی می‌باشد. مهم‌ترین این سازندها از قدیم به جدید شامل سازندهای خوش ییلاق، مبارک، روته، الیکا، لار، تیزکوه و کرتاسه بالایی می‌باشند. از میان این سازندها، کرتاسه بالایی، لار و الیکا بیشترین وسعت را به خود اختصاص داده‌اند. در این سازندهای کربناته، پدیده انحلال باعث ایجاد خلل و فرج ثانویه و مجاری انحلالی شده است و به‌همین دلیل این قبیل مناطق در زمره مناطق کارستی قرار می‌گیرند. با عنایت به گسترده‌گی این مناطق و همچنین بارش نسبتاً زیاد این حوضه، این مناطق کارستی از منابع آبی مناسبی به لحاظ کمی و کیفی برخوردار هستند. وجود چشمه‌های کارستی بزرگ با کیفیت بسیار بالا در بخش‌های مختلف این حوضه (مانند چشمه‌های کارستی دوبرار، شیخ علیخان، زهرو و آستانه) تاییدکننده توسعه کارست در این منطقه می‌باشد. بر اساس مطالعات صحرایی انجام شده ملاحظه شد که آبخوان‌های کارستی در دامنه جنوبی دره لاسم، حوضه لار و حوضه چشمه آستانه از توسعه‌یافتگی بالایی برخوردار هستند. در این مناطق، چشمه‌های کارستی نسبتاً بزرگی وجود دارد که سیستم غالب جریان در آبخوان اکثریت آن‌ها از نوع مجاری می‌باشد. در دامنه شمالی دره لاسم و منطقه شاهان دشت، سیستم غالب جریان از نوع افشان است و چشمه‌های کارستی در این مناطق کوچک هستند. تیپ آب در تمامی چشمه‌های کارستی منطقه (به استثنای کارست‌های گچی منطقه بلده) از نوع بی‌کربنات کلسیم می‌باشد و هدایت الکتریکی آب‌ها کمتر از ۳۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر است. در منطقه بلده تیپ آب در چشمه‌های خروجی از کارست‌های گچی از نوع سولفات کلسیم می‌باشد و هدایت الکتریکی آب‌ها حدود ۱۳۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر است. تخلیه آبخوان‌های کارستی (به غیر از منطقه شاهان دشت) از طریق چشمه‌های کارستی انجام می‌شود و بخش کوچکی هم به رسوبات آبرفتی مجاور سازندهای کارستی تخلیه می‌شوند. در منطقه شاهاندشت، علی‌رغم وسعت بالای منطقه تقریباً هیچ چشمه کارستی بزرگی در این منطقه وجود ندارد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که آب این منطقه وسیع کارستی به طریقی از منطقه خارج می‌شود.

کلید واژه‌ها: کارست، چشمه کارستی، لار، نمارستاق، بلده، دره لاسم، حوضه هراز

مقدمه

آبخوان‌های کارستی به شدت ناهمگن و ناهمسو (Heterogeneous and anisotropic) بوده و دارای شرایط هیدروژئولوژیکی بسیار پیچیده‌ای می‌باشند. به این ترتیب که جریان آب زیرزمینی در این قبیل آبخوان‌ها با محیط‌های متخلخل (آبخوان‌های آبرفتی) بسیار متفاوت بوده و معمولاً در مسیرهای خاصی متمرکز می‌شود (White, 1999; Karami, 2002; Geyer et al. 2008). یکی از مهمترین مواردی که در مطالعه منابع آب آبخوان‌های کارستی بسیار حائز اهمیت است، برآورد مقدار تغذیه سالانه در این آبخوان‌ها می‌باشد. در حقیقت، شناخت نسبتاً دقیق مقدار تغذیه سالانه در یک آبخوان کارستی می‌تواند به شناخت بسیاری از مسائل هیدروژئولوژیکی آبخوان کارستی (از جمله مناطق تخلیه آبخوان و مسیرهای جریان در آبخوان کارستی) کمک بسزایی نماید (Milanovic, 1981). تغذیه آبخوان‌های کارستی از طریق بارش‌ها بر روی توده کارستی یا تغذیه درج‌ازا (Authogenic recharge) و تغذیه سطحی و یا زیرسطحی از نواحی مجاور گستره کارستی (Allogenic recharge) انجام می‌شود. در اکثریت موارد، با توجه به وضعیت مرفولوژی توده کارستی، تغذیه آبخوان‌های کارستی به تغذیه درج‌ازا مربوط می‌شود و تغذیه دگرج‌ازا وجود ندارد (White, 2002).

مکانیزم تغذیه آبخوان‌های کارستی به دو صورت متمرکز (Point recharge) و پراکنده (Diffuse) صورت می‌پذیرد. تغذیه متمرکز از طریق فروچاله‌ها (Sinkholes) و تغذیه پراکنده از طریق نفوذ در کارنها (Karrens)، درزه‌ها (Joints)، حفرات انحلالی (Solutional cavities) و اپی‌کارست (Epikarst) انجام می‌شود (White, 1988; Ford and Williams, 2007; Moore et al. 2009).

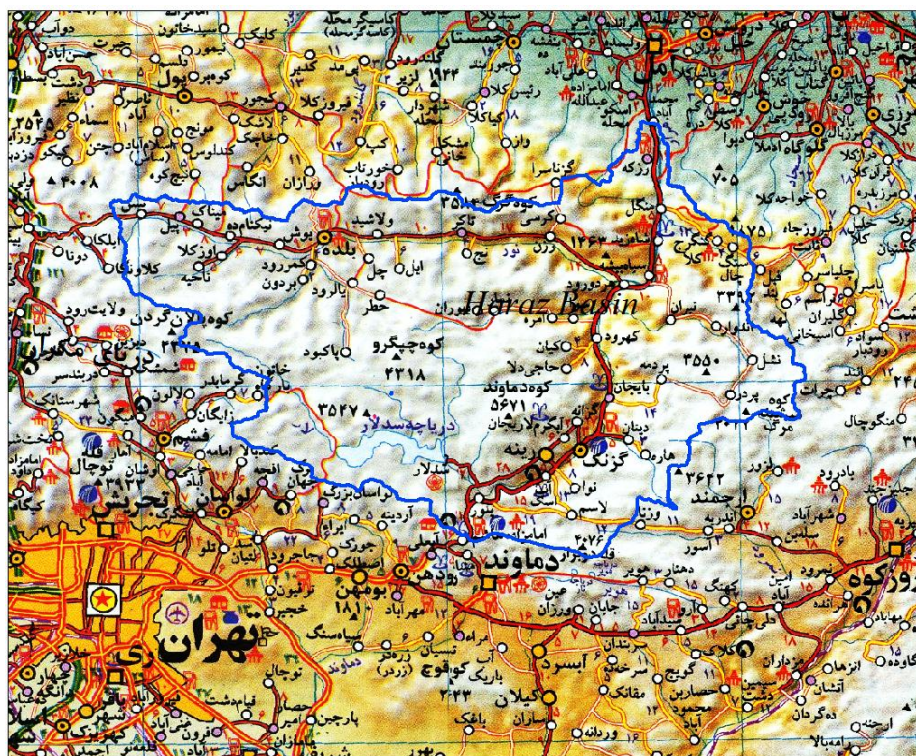
با توجه به کاهش شدید کمیت و کیفیت منابع آب سطحی و منابع آب زیرزمینی در آبخوان‌های آبرفتی، در بسیاری از کشورها (به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک) گرایش به استفاده از منابع آب در سازندهای سخت به ویژه سازندهای کارستی بسیار زیاد شده است. بنابراین، با توجه به اهمیت بالای منابع آب کارستی ضرورت مطالعه و بررسی جامع این آبخوان‌ها آشکار می‌گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در بخش مرکزی رشته کوه البرز در محدوده استان مازندران و در جنوب آمل قرار گرفته است. این منطقه حوضه آبرگیر رودخانه هراز را تشکیل می‌دهد که مساحتی حدود ۴۲۰۰

کیلومتر مربع را شامل می‌شود. مسیر اصلی دسترسی به این منطقه جاده هراز بوده که تهران را به آمل متصل می‌کند، به علاوه امکان تردد از مسیر فرعی ارجمند به هراز در فصول خشک نیز وجود دارد. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه

هواشناسی و هیدرولوژی منطقه

آب و هوای بخش شمالی البرز مرکزی نسبتاً مرطوب و معتدل است. مقدار بارندگی در بخش‌های مختلف حوضه هراز متفاوت می‌باشد. با توجه به اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی و باران‌سنجی موجود در این منطقه ایستگاه‌های پنجاب و پلور دارای کمترین و بیشترین مقدار بارندگی سالانه هستند. به این ترتیب که میانگین بارش سالانه از حدود ۲۵۰ میلی‌متر در ایستگاه پنجاب تا حدود ۶۰۰

میلی متر در ایستگاه پلور تغییر می کند. احتمالاً دلیل بارش نسبتاً اندک در ایستگاه پنجاب محاط شدن محدوده این ایستگاه با ارتفاعات بلند می باشد. علاوه بر این، ملاحظه می شود که در حوضه هراز تمرکز بارش ها مربوط به ماه های اردیبهشت، فروردین و بهمن می باشند و کمترین مقدار بارش در ایستگاه های مذکور مربوط به ماه های مرداد و تیر است. شکل (۲) بارندگی سالانه در ایستگاه های منطقه را نشان می دهد.

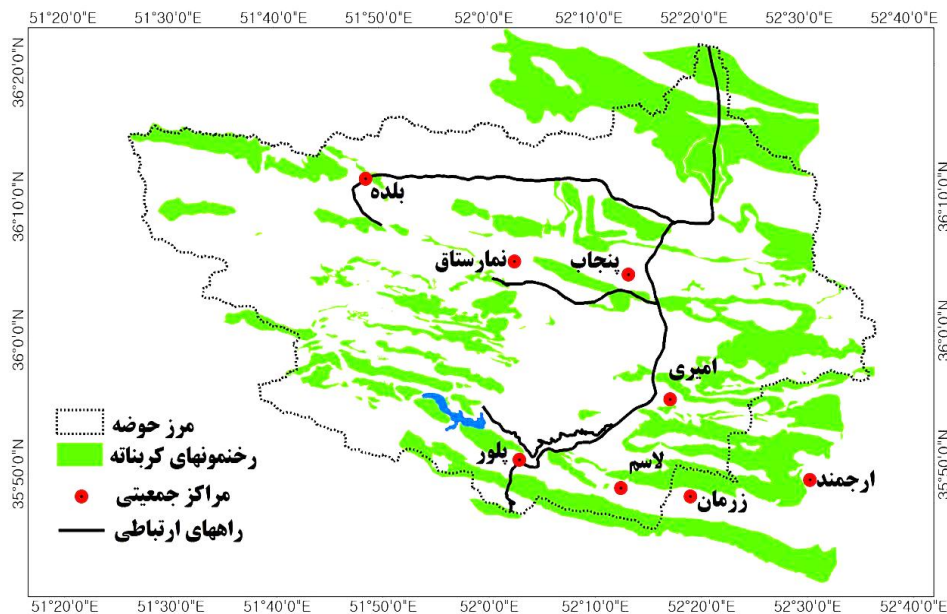
رودخانه اصلی منطقه مورد مطالعه رودخانه دائمی هراز بوده که رودخانه هراز بعد از عبور از بخش کوهستانی به دشت آمل و سپس به دریای مازندران وارد می شود. بر اساس آمار ۴۵ ساله دبی حداقل، متوسط و حداکثر ماهانه این رودخانه به ترتیب ۱۵، ۲۵ و ۵۷ مترمکعب بر ثانیه می باشد. این رودخانه دائمی دارای ۵ شاخه اصلی است که شامل بلده، نارستاق، لار، دلیچای و لاسم رود است. (رومیانی و خادمی، ۱۳۹۲). سطح کل حوضه هراز در بخش کوهستانی حدود ۳۰۷۰ کیلومتر مربع بوده که توسط رودخانه هراز به دریای خزر زهکشی می شود. تقریباً تمام شاخه های اصلی رودخانه هراز دارای جریان دائمی بوده و بیش از ۹۰٪ از اوقات سال در آن ها آب جاری است.

زمین شناسی منطقه

بخش اعظم مطالعات زمین شناسی در مناطق مرکزی و جنوبی البرز در قالب تهیه نقشه های زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ توسط النباخ (Allenbach 1966)، اسرتو (Assereto 1966) و اشنايدر (Steiger 1966) تهیه شده که پس از تلفیق توسط کارتیر (Carteir 1972) به چاپ رسیده است. بخش شمالی منطقه توسط سوسلی (Sussli 1976) مورد مطالعه قرار گرفته و تحت عنوان زمین شناسی بخش پائینی دره هراز به چاپ رسیده است. مطالعات جزئی زمین شناسی در بخش های محدودی از ناحیه در قالب پایان نامه های زمین شناسی نیز به صورت محدود در این منطقه انجام شده است.

منطقه مورد مطالعه در بخش شمالی ایران، در بخش مرکزی رشته کوه البرز واقع شده است. این منطقه بر روی نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ آمل، دماوند، بلده و شرق تهران (فشم) قرار گرفته است. عمده ترین رخنمون های سنگی در منطقه شامل سازندهای دوران کامبرین، دونین، کربنیفر، پریمین، تریاس و ژوراسیک و کرتاسه هستند. عمده ترین رخنمون های سنگی در این منطقه به دوران ژوراسیک و دوره های کرتاسه و اتوسن تعلق دارد. مهمترین رخنمون های کربناته در منطقه شامل

سازند الیکا و تیزکوه به سن تریاس، سازند دلیچای و لار به سن ژوراسیک، آهک‌های نامگذاری نشده در دوران کرتاسه و سازند آهکی زیارت با رخنمون محدود هستند. مهمترین واحدهای غیرکربناته در این مناطق شامل سازند شمشک به سن ژوراسیک، واحدهای بازالتی دوران کرتاسه، سازند آتشفشانی رسوبی کرج و آندزیت‌های آتشفشان دماوند می‌باشند. شکل ۲ گسترش سنگ‌های کربناته را در حوضه هراز نشان می‌دهد. این سنگ‌ها حدود ۱۱۱۲ کیلومتر مربع وسعت دارند و حدود ۳۶/۲ درصد از مساحت حوضه هراز را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۲- گسترش سنگ‌های کربناته در حوضه هراز

از نظر زمین‌شناسی ساختمانی، منطقه مورد مطالعه در بخش البرز مرکزی قرار گرفته است و روند کلی ساختارهای تاقدیسی و ناودیسی در بخش شرقی منطقه دارای روند SW-NE و در بخش غربی منطقه دارای روند NW-SE می‌باشند. این دو روند متفاوت ساختاری در البرز مرکزی به هم می‌رسند و آتشفشان کواترنری دماوند نیز در محل تلاقی این دو روند ساختاری قرار دارد (آسرتو، ۱۹۶۶). وقوع

زلزله‌های متعدد با بزرگای متعدد در سال‌های اخیر، شاهی بر تکتونیک فعال منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در این منطقه ساختارهای گسلی و سطح محوری چین‌خوردگی‌ها کم و بیش قائم هستند. رویدادهای تکتونیکی در زیر پهنه البرز مرکزی باعث پیدایش مجموعه چین‌خوردگی‌ها و گسله‌هایی شده است که بسته به شرایط حاکم در زمان دگرشکلی، دو گونه دگرشکلی شکل‌پذیر و شکننده را پذیرا شده‌اند، بنابراین سیمای کنونی آن دستاورد دگرشکلی پیش‌رونده و بلندمدتی از پراکمرین تا هولوسن بر البرز مرکزی حاکم بوده است.

به‌منظور بررسی جامع کارست در حوضه هراز، در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ بازدیدهای صحرایی وسیعی از تمام رخنمون‌های کارستی در حوضه هراز به‌عمل آمد. در این بازدیدها موارد متعددی شامل ارزیابی توسعه کارست در بخش‌های مختلف حوضه هراز، اندازه‌گیری‌های کمی، کیفی و ایزوتوپی آب چشمه‌های کارستی منتخب و بارش‌های منطقه انجام شده است. به‌طور خلاصه مهمترین کارهای انجام شده در این تحقیق شامل موارد زیر می‌باشند:

- بررسی ویژگی‌های مرفولوژی کارست
- بررسی سیستم ورودی کارست
- تهیه مقاطع نازک از سنگ‌های کربناته به تعداد ۲۰ مورد
- نصب باران سنج در ارتفاعات مختلف به تعداد ۶ مورد
- انتخاب ۲۵ چشمه کارستی منتخب برای انجام مطالعات هیدروژئولوژیکی، هیدروژئوشیمیایی و ایزوتوپی
- اندازه‌گیری دبی، هدایت الکتریکی و درجه حرارت آب در چشمه‌های منتخب به‌صورت ماهانه
- نمونه‌برداری از چشمه‌های منتخب برای اندازه‌گیری یون‌های اصلی به تعداد ۱۰۰ مورد
- نمونه‌برداری از چشمه‌های منتخب برای اندازه‌گیری فلزات سنگین به تعداد ۲۵ مورد
- نمونه‌برداری از چشمه‌های منتخب برای اندازه‌گیری ایزوتوپ‌های اکسیژن ۱۸ و دوتریوم به تعداد ۵۰ مورد

- نمونه برداری از بارش (برف و باران) برای اندازه گیری ایزوتوپ های اکسیژن ۱۸ و دوتریوم به تعداد ۷۰ مورد

- تهیه هیدروگراف و منحنی فرود چشمه ها برای چشمه های منطقه
- تهیه نقشه های پهنه بندی کارست از دیدگاه های مختلف
- ترسیم حوضه آبرگیر چشمه ها با استفاده از روش های هیدروژئولوژیکی
- بررسی مناطق تخلیه آبخوان های کارستی در مناطق مختلف

نتایج و بحث

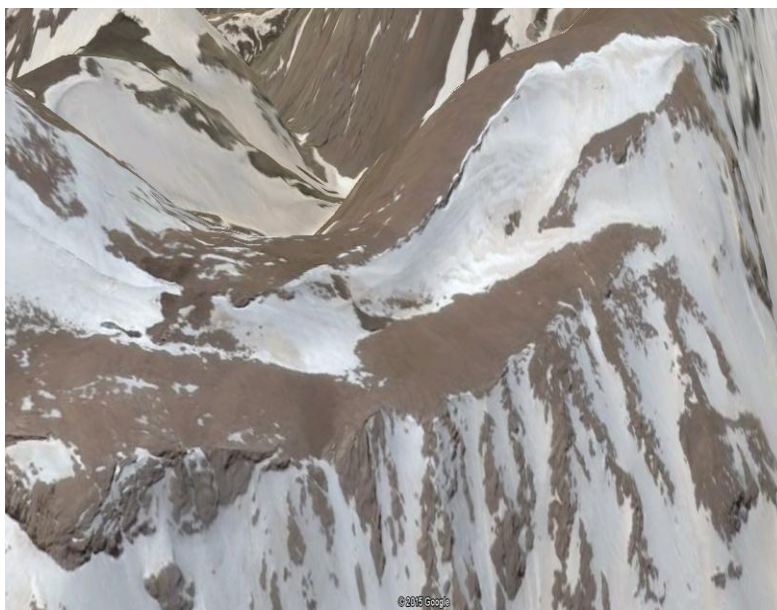
توسعه کارست در منطقه

توسعه کارست به معنای متمرکز شدن توسعه فضاهای انحلالی در مناطق یا مسیرهای خاصی از سازندهای کارستی است. از مهمترین شواهد توسعه یافتگی کارست می توان به عوارضی از قبیل کارن های عمیق، فروچاله ها، گودی های مسدود، پلایه ها، پانرها و دره های خشک اشاره کرد. وجود تعدادی از این عوارض مهم مرفولوژیکی در یک گستره کارستی می تواند دلیل محکمی بر توسعه یافتگی کارست باشد.

به منظور ارزیابی توسعه کارست در منطقه مورد مطالعه، ابتدا با بررسی دقیق تصاویر ماهواره ای و عکس های هوایی محدوده های با توسعه یافتگی مختلف مورد شناسایی قرار گرفتند. سپس با انجام بازدیدهای صحرایی مکرر نتایج به دست آمده از تصاویر ماهواره ای و عکس های هوایی به طور دقیق مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این بخش، خلاصه ای از شواهد ژئومرفولوژیکی بیان کننده توسعه کارست در حوضه هراز ارائه می شود. مهمترین عوارض ژئومرفولوژیکی در مناطق کارستی شامل گودی های مسدود، پلایه های کارستی، دره های خشک، غارها، دهانه چشمه های قدیمی، فروچاله ها، کارن ها و حفرات انحلالی می باشند. مختصری درباره این عوارض ژئومرفولوژیکی در حوضه هراز ارائه می شود.

گودی‌های مسدود

گودی‌های مسدود (Closed depressions) یکی از شواهد مهم برای توسعه زیرسطحی کارست است و مشاهده آن، به‌ویژه به صورت متوالی در یک منطقه کارستی، بیانگر توسعه کارست و تشکیل مجاری بزرگ زیرسطحی است. مهمترین مناطقی که این عارضه مهم کارستی به‌طور واضح مشاهده می‌شود عبارت از حوضه‌های آبگیر مربوط به چشمه‌های کارستی بزرگ آستانه و دوبرار می‌باشند. در حوضه آبگیر چشمه بزرگ آستانه تعداد زیادی گودی مسدود نسبتاً بزرگ در دامنه ارتفاعات کوه چپکرو وجود دارد که حاکی از توسعه کارست در این منطقه است. در حوضه آبگیر چشمه بزرگ دوبرار تعدادی گودی مسدود وجود دارد که به‌صورت خطی در امتداد حوضه آبگیر ردیف شده‌اند. این مساله بیانگر توسعه مجاری و کانال‌های بزرگ در امتداد این کوه آهکی می‌باشد. علاوه بر دو منطقه فوق‌الذکر، گودی‌های مسدود نسبتاً کوچکی در دیگر مناطق مهم کارستی حوضه هراز وجود دارد. شکل ۳ گودی‌های مسدود واقع در ارتفاعات کوه چپکرو را نشان می‌دهد.



شکل ۳- گودی‌های مسدود در ارتفاعات کوه چپکرو

پلیه کارستی

پلیه کارستی (Karstic polje) یکی دیگر از عوارض بسیار مهم کارستی است که وجود آن می‌تواند معرف مناطق کارستی با درجه بالای توسعه‌یافتگی باشد. این عارضه کارستی، یک دشت کشیده است که جهت‌یافتگی آن با محورهای تکتونیکی مطابقت داشته و در درون آن رسوبات کواترنری دیده می‌شود. علاوه بر این دارای شیب توپوگرافی بسیار کمی است و اغلب شامل سیستم پونر می‌باشد.

در منطقه مورد مطالعه چند پلیه کارستی در دامنه شمالی کوه چکرو وجود دارد. یکی از این پلیه‌ها که در خرداد ماه ۱۳۹۴ حالت غرقابی داشت دارای مختصات ۵۹۳۲۰۹ شرقی و ۳۹۸۹۲۵۳ شمالی و با ارتفاع ۳۴۴۵ متر می‌باشد. یک پلیه کارستی تیپیک از نوع پلیه‌های باز (Open poljes) است که در ارتفاعات شاهان دشت وجود دارد. مختصات این پلیه ۵۹۲۷۳۹ شرقی و ۳۹۸۸۸۷۸ شمالی و با ارتفاع ۳۵۹۵ متر می‌باشد. شکل ۴ نمایی از پلیه موجود در ارتفاعات جنوب شرقی امیری را نشان می‌دهد.



شکل ۴- نمایی از پلیه کارستی در ارتفاعات شاهان دشت

غارهای کارستی

غارهای کارستی (Karstic caves) به کانال‌های کارستی افقی تا نیمه افقی اطلاق می‌شود که کم و بیش در نواحی مختلف کارستی مشاهده می‌شوند. اگرچه غارهای بزرگ، به ویژه غارهایی که در مسیرهای تکتونیکی قرار گرفته‌اند و در یک راستا طول قابل ملاحظه‌ای دارند، می‌توانند بیانگر توسعه‌یافتگی کارست در منطقه باشند؛ غارهای کوچک و محدود در اکثریت مناطق کارستی حضور دارند و حضور آن‌ها دلیلی بر توسعه‌یافتگی کارست نیست. لازم به ذکر است که عدم حضور غارهای بزرگ هم به معنای درجه پائین توسعه کارست نیست و چه بسا غارهای بسیار بزرگی که در بخش‌های زیرسطحی کارست حضور دارند ولیکن به سمت بیرون رخنمون پیدا نکرده‌اند. در منطقه مورد مطالعه غار بزرگی مشاهده نشده است ولی غارهای کوچک متعددی به‌صورت موردی در نقاط مختلف کارست‌های منطقه وجود دارد. شکل ۵ نمایی از یک غار کارستی در ارتفاعات شمال غرب لاسم‌رود را نشان می‌دهد.



شکل ۵- نمایی از یک غار کارستی در ارتفاعات شمال غرب لاسم‌رود

دره‌های خشک کارستی

دره‌های خشک کارستی (Karstic dry valleys) غالباً مسیرهای قدیمی انتقال آب در سنگ‌های کارستی هستند که در راستای آن‌ها فرایند انحلال در مقایسه با فرسایش سطحی بیشتر بوده است. در منطقه مورد مطالعه دره‌های خشک متعددی دیده می‌شود که اختلاف ارتفاع بستر برخی از آن‌ها با ارتفاع لبه به بیش از ۲۰۰ متر می‌رسد. شکل ۶ دره خشک کارستی در شمال غرب لاسم را نشان می‌دهد.



شکل ۶- دره خشک کارستی در ارتفاعات آهکی شرق امیری

دهانه چشمه‌های کارستی قدیمی

دهانه‌های چشمه‌های کارستی قدیمی (Old spring mouths) محل‌هایی هستند که در گذشته مظهر چشمه‌های کارستی بوده‌اند. این عارضه کارستی بیانگر وجود مسیر جریان در گذشته می‌باشد که می‌تواند در حال حاضر هم در اعماق پائین‌تر چنین جریان‌هایی وجود داشته باشد. در منطقه کارستی مورد مطالعه، دهانه‌های مربوط به چشمه‌های کارستی قدیمی در نقاط مختلف مشاهده می‌شوند. این عارضه کارستی عمدتاً در سطوح اساس فرسایش محلی و منطقه‌ای ظاهر شده‌اند. شکل ۷ دهانه چشمه کارستی قدیمی در بالادست سفید چشمه در حوضه لار را نشان می‌دهند.



شکل ۷- دهانه خروجی یک چشمه کارستی قدیمی در شرق زیار

فروچاله‌ها

فروچاله‌ها (Sinkholes) عوارض گودال ماندی هستند که به شکل‌های متنوعی در مناطق کارستی ممکن است مشاهده شوند. این عارضه کارستی، همانند پلایه‌ها و گودی‌های مسدود، از ویژگی نواحی کارستی می‌باشد که دارای مجاری زیرسطحی قابل توجهی هستند. در کارست‌های مورد مطالعه، فروچاله‌ها را می‌توان به دو گروه کلی تقسیم نمود. گروه اول، فروچاله‌هایی هستند که بر روی آبرفت‌های ظاهر شده‌اند. گروه دوم، فروچاله‌هایی هستند که بر روی سنگ‌های کارستی رخنمون یافته‌اند. فروچاله‌هایی که بر روی آبرفت‌های ظاهر شده‌اند عمدتاً در حوضه سد لار واقع شده‌اند. علت تشکیل این فروچاله‌ها به وجود حفرات و فضاهای انحلالی موجود در آهک‌های کارستی شده واقع در زیر آبرفت‌ها مربوط می‌شوند (شکل ۸). فروچاله‌های ایجاد شده بر روی سنگ‌های کارستی منطقه به‌طور مشخص در گودی‌های مسدود واقع در حوضه‌های آبگیر چشمه‌های کارستی آستانه و دوبرار وجود دارند. علاوه بر این، فروچاله‌ها در حوضه آبگیر چشمه‌های شیخ‌علیخان، زهرو و آب‌مراد و همچنین به صورت پراکنده در ارتفاعات شاه‌اندشت نیز به چشم می‌خورند. شکل ۹ نمایی از چند فروچاله ایجاد شده بر روی سنگ‌های کارستی را در حوضه آبگیر چشمه آستانه نشان می‌دهد.

ذکر این نکته ضروری است که تشکیل گستره‌های کارستی علاوه بر سازندهای آهکی و دولومیتی، بر روی سازندهای گچی نیز امکان‌پذیر است. البته به علت کیفیت بسیار پایین آب خروجی از سازندهای گچی، و همچنین گسترش محدود آنها، کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. در منطقه بلده، رخنمون نسبتاً بزرگی از سازندهای گچی وجود دارد که در واقع کارست‌های گچی را به وجود آورده‌اند و دارای فروچاله‌های فراوانی هستند. شکل ۱۰ یکی از فروچاله‌های ایجاد شده بر روی سازندهای گچی را در نزدیکی روستای یالرود در منطقه بلده را نشان می‌دهد.



شکل ۸- یکی از فروچاله‌های آبرفتی در حوضه سد لار



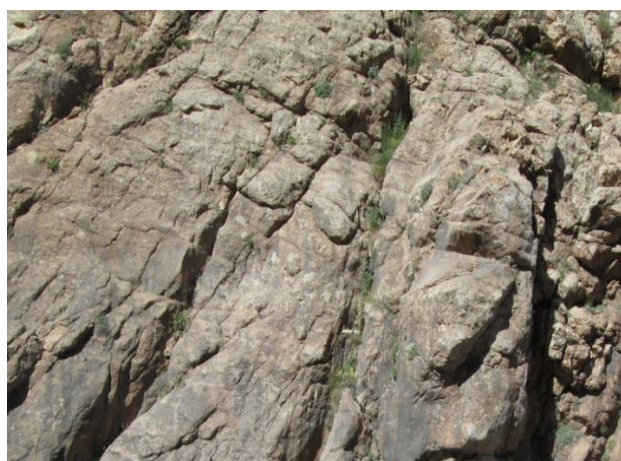
شکل ۹- فروچاله‌های ایجاد شده بر روی سنگ‌های کارستی در حوضه آبگیر چشمه آستانه



شکل ۱۰- یکی از فروچاله‌های موجود در سازندهای گچی منطقه بلده

کارنها

کارنها شامل شیارهای انحلالی می‌شوند که تقریباً در تمامی مناطق کارستی مشاهده می‌شوند. مهمترین مشخصه‌های کارنها که تا حدود زیادی بیانگر وضعیت توسعه کارست است شامل ابعاد کارنها به‌ویژه عمق آنها می‌باشد. شکل ۱۱ نمایی از کارن‌های منطقه را نشان می‌دهد. در کارست‌های مورد مطالعه، کارن‌های عمیق در حوضه آبگیر چشمه‌های کارستی انگمار، آب‌مراد، شیخ‌علیخان، زهرو، آستانه و دوبرار وجود دارد. در ارتفاعات جنوب شرق امیری کارن‌های نسبتاً عمیق به‌صورت پراکنده مشاهده می‌شوند.



شکل ۱۱- کارن‌های قابل مشاهده در تمامی نواحی کارستی

خصوصیات هیدروژئولوژیکی چشمه‌های کارستی

از مهمترین مطالعات در سفره‌های کارستی بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی چشمه‌های کارستی می‌باشد. در چند دهه اخیر مطالعات بسیاری بر روی شناخت رفتار هیدروژئولوژیکی سفره‌های کارستی صورت گرفته است. در این مطالعات ضریب بده، حجم ذخیره دینامیکی لایه آبدار و بررسی تغییرپذیری دبی چشمه‌های کارستی مورد بررسی قرار گرفته است.

یکی از مهم‌ترین خصوصیات چشمه‌های کارستی، دبی و تغییرات زمانی دبی این چشمه‌ها می‌باشد. دانستن دبی چشمه‌های کارستی برای مواردی از قبیل بررسی وضعیت بیلان در گستره‌های کارستی، تعیین حوضه آبرگیر چشمه‌های کارستی و ارزیابی جهت‌های عمده جریان در کارست بسیار حائز اهمیت است. برآورد تغییرات زمانی دبی چشمه‌های کارستی برای برآورد درجه توسعه کارست در منطقه و تعیین سیستم غالب جریان در کارست بسیار مفید می‌باشد. در این بخش هیدروگراف مهمترین چشمه‌های کارستی ارایه می‌شود و در ادامه با استفاده از این هیدروگراف‌ها منحنی‌های فرود چشمه‌های کارستی ترسیم شده است.

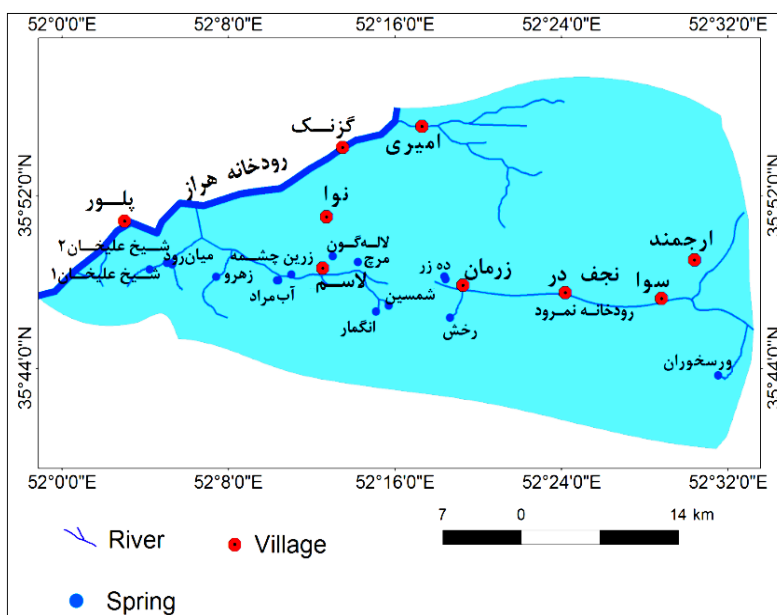
با توجه به هیدروگراف چشمه‌های کارستی، حجم تخلیه سالانه این چشمه‌ها به‌طور جداگانه محاسبه شده است. هم‌چنین انحراف از معیار، میانگین و ضریب تغییرات دبی برای این چشمه‌ها محاسبه شده است. علاوه بر این، با به‌کارگیری از منحنی فرود چشمه‌ها ضرائب دبی (Discharge coefficient) برای شیب‌های مختلف منحنی فرود این چشمه‌ها محاسبه شده است.

بررسی هیدروگراف و منحنی فرود چشمه‌های کارستی در حوضه لاسم‌رود

در حوضه لاسم‌رود تعداد زیادی چشمه کارستی وجود دارد که برخی از آن‌ها آب‌های زیرزمینی ارتفاعات آهکی جنوب دره لاسم‌رود را تخلیه می‌کنند و برخی دیگر در ارتفاعات آهکی شمال لاسم‌رود ظاهر شده‌اند (شکل ۱۲). مهمترین چشمه‌های کارستی تخلیه‌کننده ارتفاعات آهکی زیرحوضه لاسم‌رود شامل چشمه‌های آب مراد، زهرو، شیخ علیخان، میان‌رود، انگمار، شمسین، مرچ، لاله‌گون و زرین چشمه می‌باشند.

چشمه آب مراد شامل سه مظهر می‌باشد که دو تا از آن‌ها در خروجی دره آب مراد، یکی در شرق دره (آب مراد شرقی) و دیگری در غرب دره (آب مراد غربی) واقع شده‌اند. سومین مظهر این چشمه شامل تعدادی چشمه کوچک و بزرگ می‌شود که همگی با هم با عنوان چشمه آب مراد مرکزی در خروجی دره آب مراد، قبل از برخورد به خروجی‌های مربوط به جریان‌های آب مراد شرقی و آب مراد غربی، اندازه‌گیری می‌شوند.

چشمه شیخ علیخان، که در دره روبروی روستای زیار واقع شده است، دارای دو خروجی می‌باشد. یکی در ورودی دره شیخ علیخان در جناح شرقی دره (شیخ علیخان ۱) و دیگری در انتهای دره در ارتفاعات واقع شده است (شیخ علیخان ۲).



شکل ۱۲- موقعیت چشمه‌های کارستی مهم در زیرحوضه لاسم‌رود

بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده، خلاصه‌ای از حجم تخلیه سالانه، میانگین آبدهی، انحراف از معیار آبدهی، ضریب تغییرات آبدهی و ضرایب بده برای چشمه‌های کارستی زیرحوضه لاسم‌رود در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

بررسی هیدروگراف و منحنی فرود چشمه‌های کارستی در حوضه لار

در حوضه لار تعداد زیادی چشمه کارستی وجود دارد که اغلب حوضه‌های آبگیر مجزایی را شامل می‌شوند و کم و بیش در حوضه آبگیر این چشمه‌ها تغذیه نابرجا (Allogenic recharge) نیز وجود دارد. مهمترین چشمه‌های کارستی که در حوضه لار در این تحقیق مورد بررسی مستمر قرار گرفته‌اند شامل چشمه‌های دوبرار، کاروانسرا، قزلخانی، چشمه خونی و ورارو می‌باشند (شکل ۱۳).

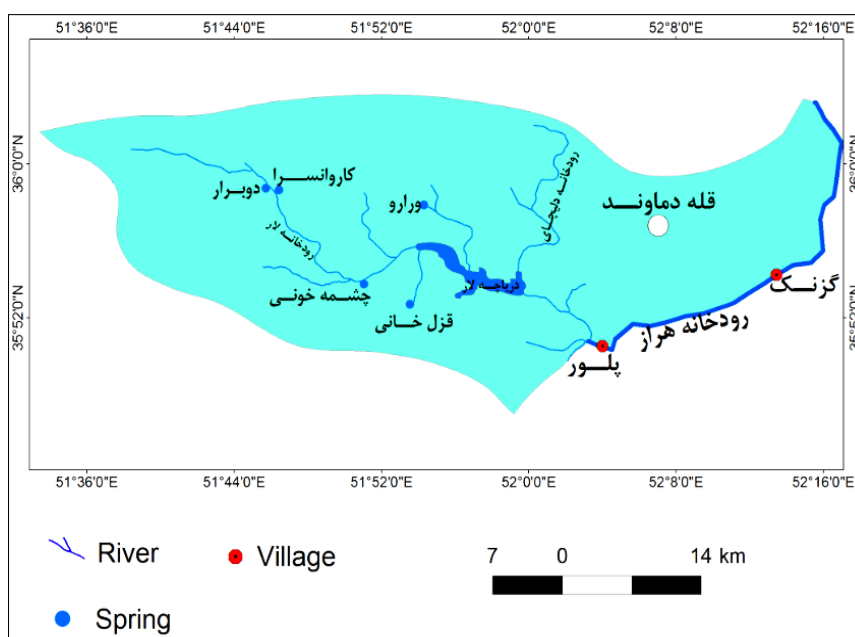
بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده، خلاصه‌ای از حجم تخلیه سالانه، میانگین آبدهی، انحراف از معیار آبدهی، ضریب تغییرات آبدهی و ضرائب بده برای چشمه‌های کارستی زیرحوضه لار در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۱- حجم تخلیه سالانه، پارامترهای آماری و ضرائب دبی در چشمه‌های دامنه جنوبی دره لاسم

نام چشمه									پارامتر محاسبه شده	
شمسین	انگمار	میانرود	زغرو	شیخ علیخان		آب مراد				
				۲	۱	غربی	مرکزی	شرقی		
۳/۲۶	۷/۳۲	۳/۵۱	۳۲/۲۰	۲۵/۶۶	۱۲/۴۶	۰/۷۳	۸/۸۶	۲/۵۸	حجم تخلیه سالانه (Mm ³)	
۱۰۹	۲۵۸	۱۰۲	۱۰۲۸	۷۸۱	۳۸۲	۲۵	۵۶۵	۱۰۳	میانگین دبی (l/s)	
۳۷	۱۳۰	۶۱	۵۳۰	۸۶۲	۲۵۸	۲۹	۳۱۵	۱۱۱	انحراف از معیار دبی (l/s)	
۳۴	۵۱	۶۰	۵۲	۱۱۰	۶۸	۱۱۶	۱۷۹	۱۰۸	ضریب تغییرات دبی (%)	
۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۱α	ضرایب دبی
۰/۰۱۰	۰/۰۱۵	۰/۰۳۶	۰/۰۰۶	۰/۰۴۴	۰/۰۲۸	۰/۰۴	۰/۰۷۷	۰/۰۴۴	۲α	
-	-	۰/۰۰۳	-	۰/۰۱۱	۰/۰۰۶	-	۰/۰۴۰	۰/۰۱۳	۳α	

جدول ۲- حجم تخلیه سالانه، پارامترهای آماری و ضرائب دبی در چشمه‌های دامنه شمالی دره لاسم

نام چشمه			پارامتر محاسبه شده	
زیرین چشمه	لاله‌گون	مرچ		
۰/۲۴	۰/۹۲	۱/۸۰	حجم تخلیه سالانه (Mm ³)	
۹	۳۱	۶۱	میانگین دبی (l/s)	
۱۱	۱۵	۲۴	انحراف از معیار دبی (l/s)	
۱۲۷	۴۸	۳۹	ضریب تغییرات دبی (%)	
۰/۰۱۹	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	۱۵	ضریب دبی



شکل ۱۳- موقعیت چشمه‌های کارستی مهم در زیرحوضه لار

جدول ۳- حجم تخلیه سالانه، پارامترهای آماری و ضرائب دبی در چشمه‌های حوضه لار

نام چشمه					پارامتر محاسبه شده	
ورارو	چشمه خونی	قرلخانی	کاروانسرا	دوبرار		
۱۹/۶۸	۱۳/۵۳	۶/۲۰	۱۵/۸۵	۴۹/۰۲	حجم تخلیه سالانه (Mm ³)	
۶۹۰	۴۴۴	۲۲۲	۶۳۳	۱۶۹۵	میانگین دبی (l/s)	
۲۷۱	۲۶	۸۰	۵۹۶	۴۳۷	انحراف از معیار دبی (l/s)	
۳۹	۶	۳۶	۹۴	۲۶	ضریب تغییرات دبی (%)	
۰/۰۱۳	۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۸	۰/۰۰۷	۱α	ضریب دبی
۰/۰۰۸	—	۰/۰۰۶	۰/۰۴۵	۰/۰۰۳	۲α	

خصوصیات هیدروژئوشیمیایی چشمه‌های کارستی

بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی چشمه‌های کارستی برای ارزیابی وضعیت هیدروژئولوژیکی آبخوان‌های کارستی بسیار مفید می‌باشند. در این قسمت مختصری از خصوصیات هیدروژئوشیمیایی چشمه‌های کارستی در حوضه هراز ارایه می‌شود.

هدایت الکتریکی

بررسی تغییرات مکانی هدایت الکتریکی در چشمه‌های کارستی در منطقه مورد مطالعه بیانگر این است که این پارامتر مهم هیدروژئوشیمیایی از ۱۴۰ تا ۱۳۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در چشمه‌های کارستی منطقه متغیر می‌باشد. لازم به ذکر است که هدایت الکتریکی اکثریت چشمه‌ها (به ویژه چشمه‌های بزرگ منطقه)، که لیتولوژی غالب آبخوان‌های تغذیه کننده آن‌ها آهکی است، کمتر از ۳۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر است. تعداد محدودی از چشمه‌ها دارای هدایت الکتریکی حدود ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر هستند که آبخوان‌های تغذیه کننده آن‌ها دارای لیتولوژی گچی و یا ترکیبی از آهک و گچ هستند.

غلظت یون‌های اصلی

در اکثریت چشمه‌های کارستی (به ویژه چشمه‌های بزرگ) که لیتولوژی غالب آبخوان‌های تغذیه کننده آن‌ها آهکی است، تیپ آب بی‌کربنات کلسیم می‌باشند. این آب‌ها از کیفیت بسیار بالایی برخوردارند و سختی آب‌ها بین حدود ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم متغیر است. در چشمه‌های کارستی که آبخوان‌های تغذیه کننده آن‌ها دارای لیتولوژی گچی و یا ترکیبی از آهک و گچ هستند، تیپ آب سولفات کلسیم است. سختی آب در این چشمه‌ها از ۲۴۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم تغییر می‌کند.

غلظت فلزات سنگین

نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در چشمه‌های مهم کارستی در حوضه هراز بیانگر این است که در اکثریت چشمه‌های کارستی غلظت این عناصر بسیار اندک می‌باشد. از بین عناصر سنگین، غلظت آهن در مقایسه با سایر عناصر سنگین بالاتر بوده و تا ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد. به‌طور کلی، اغلب چشمه‌های کارستی دارای کیفیت بسیار عالی جهت شرب بوده و غلظت فلزات سنگین بسیار پایین‌تر از حد مجاز می‌باشند.

بررسی ایزوتوپ‌های پایدار

برای بررسی مقادیر ایزوتوپ‌های پایدار در آبخوان‌های کارستی حوضه هراز، تعداد ۵۰ نمونه از چشمه‌های کارستی منطقه برداشته شد. نتایج به‌دست آمده بیانگر این است که تقریباً تمامی چشمه‌ها در محدوده خط جوی محلی (Local meteoric water line=LMWL) قرار می‌گیرند. ترتیب ایزوتوپی چشمه‌ها از ۴۳/۸۴- تا ۵۲/۹۷- در هزار و ۸/۹۷- تا ۷/۰۹- در هزار برای ایزوتوپ‌های اکسیژن و دوتریوم می‌باشند. علت تغییرات ترکیب ایزوتوپی چشمه‌های کارستی مورد مطالعه به وضعیت ژئومرفولوژیکی و ارتفاع چشمه‌ها مربوط می‌شود. چشمه‌های کارستی واقع در مناطق مرتفع تاشدگی بیشتری در ترکیب ایزوتوپ‌های پایدار دوتریوم و اکسیژن ۱۸ را نشان می‌دهند.

نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعات صحرایی انجام شده و اندازه‌گیری‌های هیدروژئولوژیکی، هیدروژئوشیمیایی و ایزوتوپی انجام شده در آبخوان‌های کارستی حوضه هراز، نتایج ارزنده‌ای به‌دست آمده است که مهمترین آن‌ها به شرح زیر خلاصه می‌شوند:

وضعیت توسعه کارست در منطقه

در کارست‌های منطقه غالباً اپی‌کارست خیلی ضعیف است (به‌ویژه در دامنه‌های جنوبی دره لاسم، حوضه لار و حوضه آبگیر چشمه نمارستاق). در دامنه‌های شمالی دره لاسم تا حدودی اپی‌کارست نسبتاً ضخیم‌گسترش بیشتری دارد. عوارض مهم بیان‌کننده توسعه کارست (مانند فروچاله‌ها، کارن‌های بزرگ و گودی‌های مسدود) در برخی از مناطق حوضه هراز حضور دارند. برای مثال در دره‌های واقع در دامنه جنوبی دره لاسم و در حوضه‌های آبگیر چشمه‌های کارستی دوبرار و نمارستاق فروچاله‌های متعددی وجود دارد. گودی‌های مسدود هم عمدتاً در حوضه‌های آبگیر چشمه‌های دوبرار و نمارستاق مشاهده می‌شوند.

با توجه به مطالب فوق‌الذکر و همچنین سایر شواهد، بیشترین توسعه‌یافتگی در کارست‌های دامنه جنوبی دره لاسم و آبخوان‌های کارستی تغذیه‌کننده چشمه‌های کارستی بزرگ نمارستاق و دوبرار مشاهده می‌شود. کمترین توسعه‌یافتگی کارست به گستره‌های کارستی دامنه شمالی دره لاسم، شاهان دشت و ارتفاعات شمالی منطقه بلده مربوط می‌شود.

ارزیابی نوع تغذیه در آبخوان‌های کارستی

در کارست‌های حوضه هراز، نوع تغذیه در بخش‌های مختلف متفاوت می‌باشد. در برخی از گستره‌های کارستی، تغذیه از طریق فروچاله‌ها و گودی‌های مسدود انجام می‌شود (حوضه آبگیر چشمه‌های دوبرار و آستانه) و در برخی از گستره‌های کارستی از طریق سنگ‌های برهنه (مانند حوضه آبگیر چشمه شیخ علیخان) و در سایر موارد از طریق ترکیبی از سنگ‌های برهنه و اپی‌کارست انجام می‌شود (مانند حوضه‌های آبگیر چشمه‌های مرچ و لاله‌گون). در اکثر حوضه آبگیر چشمه‌های کارستی، تغذیه آبخوان فقط از نوع درجا می‌باشد و در موارد محدودی تغذیه دگرجا (عمدتاً از توف‌های کرج) نیز وجود دارد (مانند حوضه آبگیر چشمه دوبرار).

ارزیابی سیستم غالب جریان در آبخوان‌های کارستی

سیستم غالب جریان در گستره‌های کارستی جنوب دره لاسم، حوضه‌های آبگیر چشمه‌های کارستی دوبرار، کاروانسرا و آستانه، از نوع کاملاً مجرایی می‌باشد. در گستره‌های کارستی شمال دره لاسم، حوضه‌های آبگیر چشمه‌های کارستی، سیستم غالب جریان افشان می‌باشد. در سایر مناطق کارستی حوضه هراز، سیستم غالب جریان افشان-مجرایی یا مجرایی-افشان است.

ارزیابی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی در آبخوان‌های کارستی

هدایت الکتریکی اکثریت چشمه‌های کارستی حوضه هراز کمتر از ۳۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر است. تعداد محدودی از چشمه‌ها دارای هدایت الکتریکی حدود ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر هستند که آبخوان‌های تغذیه‌کننده آن‌ها دارای لیتولوژی گچی و یا ترکیبی از آهک و گچ هستند. در اکثریت چشمه‌های کارستی تیپ آب بی‌کربنات کلسیم می‌باشند. در چشمه‌های کارستی که آبخوان‌های تغذیه‌کننده آن‌ها دارای لیتولوژی گچی و یا ترکیبی از آهک و گچ هستند، تیپ آب سولفات کلسیم است. نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در چشمه‌های مهم کارستی در حوضه هراز بیانگر این است که در اکثریت چشمه‌های کارستی غلظت این عناصر بسیار اندک می‌باشد.

ارزیابی ترکیب ایزوتوپ‌های پایدار محیطی در آبخوان‌های کارستی

نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن ۱۸ و دوتریوم بیانگر این است که تقریباً تمامی چشمه‌ها در محدوده خط جوی محلی (Local meteoric water line=LMWL) قرار می‌گیرند. ترتیب ایزوتوپی چشمه‌ها از ۴۳/۸۴- تا ۵۲/۹۷- در هزار و ۸/۹۷- تا ۷/۰۹- در هزار برای ایزوتوپ‌های اکسیژن و دوتریوم می‌باشند.

ارزیابی مناطق تخلیه آبخوان‌های کارستی

در کارست‌های حوضه هراز، در اکثریت موارد تخلیه کارست از طریق چشمه‌های کارستی موجود در گستره کارستی انجام می‌شود. در منطقه شاهاندشت، علیرغم وسعت بالای منطقه تقریباً هیچ چشمه کارستی بزرگی در این منطقه وجود ندارد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که آب این منطقه وسیع کارستی به طریقی از منطقه خارج می‌شود.

تشکر و قدردانی

پژوهشگران این طرح از معاونت تحقیقات و نیروی انسانی شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران و به‌ویژه شرکت آب منطقه‌ای مازندران برای حمایت‌های مالی و راهبردی، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

- Assereto, R., 1966, Geological map of upper Djajrud and Lar valleys (Central Elburz, Iran), Inst. Geol. Univ. Milano, Serie G, Publ. 232, 86.
- Allenbach, P., 1966, Geologie und petrographie des Damavand und seiner umgeurg (Zentral-Elburz): Iran: Geologisches Institut, ETH-Zurich, Mitteilung Nr. 63, 114 p.
- Ford, D. C., and P. W. Williams. 1989. Karst geomorphology and hydrology. Chapman and Hall, London.
- Geyer T, Birk S, Liedl R, Sauter M (2008) Quantification of temporal distribution of recharge in karst systems from spring hydrographs. J Hydrol 348:452–463
- Karami G.H. (2002). Assessing the heterogeneity and flow system type in karstic aquifers using pumping test data, Ph.D. dissertation, 180 pp, Univ. of Newcastle, Newcastle upon Tyne, UK.
- Moore, P.J., Martin, J.B., Screamon, E.J., 2009. Geochemical and statistical evidence of recharge, mixing, and controls on spring discharge in an eogenetic karst aquifer. Journal of Hydrology 376, 443–455.
- Steiger R. 1966. Die Geologie der West-Firuzkuh -~rea (Zentral Elburz, Iran): Mitt. Geol. Inst. ETH u. Univ. Zurich, n.s., 145p.
- Sussli, P.E. 1976. The geology of the lower Haraz Valley Area. Central Alborz, Iran. Geological Survey of Iran, Report, 38:1-118.
- White, W. B. 1988. Geomorphology and hydrology of karst terrains. Oxford University Press.
- White, W. B. 1999. Conceptual models for karstic aquifers. Pages 259-261 in A. N. Palmer, M. V. Palmer, and I. D. Sasowsky, editors. Karst Modelling, West Virginia.
- White, W. B. 2002. Karst hydrology: recent developments and open questions. Engineering Geology 65 (2002) 85–10.

Abstract

Haraz basin, especially in upstream parts, has a number of calcareous formations. The most important formations, from old one to new one are Khoshyelagh, Mobarak, Routeh, Elikah, Lar, Tizkuh and Upper Cretaceous formations. From these formations, Upper Cretaceous, Lar, and Elikah formations have the largest extent. In these carbonate formations, the dissolution phenomenon has created secondary pores and solutinal spaces and for this reason, such areas are among the karstic regions. Because of the extent of these areas and also their relatively high precipitation in these karstic areas have good water resources from quantitative and qualitative point of view. The presence of large karst spring with good quality (e.g. Doberar, Sheikhalikhan, Zehroo and Astaneh) confirms the development of karst in this region. Based on field studies, it was observed that karst aquifers in southern edge of Lasem Valley, Lar basin and Astaneh Basin have developed karst terrains. In these areas, there are relatively large karst springs which the dominant flow system in their aquifers is conduit system. In the northern edge of Lasem Valley and Shahandasht area, the dominant flow system is diffuse system and their karstic springs are small. The water type for all karstic spring in study area (exception for gypsum karsts in Baladeh region) is $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ and their electrical conductivities are less than 300 micro mhos/cm. In Baladeh region, the water type of springs of gypsum karsts is $\text{SO}_4\text{-Ca}$ and their electrical conductivities are about 1000 micro mhos/cm. The karstic aquifers (exception for Shahandasht area) are drained through the karstic springs, and a small part entered to alluvial deposits adjacent to the karst formations. Despite the vastness of Shahandasht area, there is no large karstic spring in this area. Therefore, it can be concluded that the water of this vast karst area is discharged in some way.

Keywords: Karst, Karstic spring, Lar, Nemarestagh, Lasem Valley, Baladeh, Haraz basin