نشانه‌های درون کارست در سنگ بستر منطقه فروچاله‌های همدان

منوچهر امیری، هادی نظری پویا: عضو هیأت علمی پژوهشی
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان

تاریخ: دریافت ۸۲/۱۰/۲۱ **پذیرش** ۸٤/٤/۸

چکیده

دشت‌های فامنین، کبودرآهنگ و قهاوند در شمال استان همدان واقع شده که ضخامت رسوبات سفره آب‌دار آن به حدود ۱۰۰-۷۰ متر می‌رسد و در سال‌های اخیر فروچاله‌های بزرگ و خطرناکی در این منطقه به وجود آمده است. بر مبنای حفاری‌های انجام شده در دشت و بیرون زدگی‌های پیرامون آن، سنگ بستر منطقه از آهک‌های الیگومیوسن تشکیل شده و بر اساس بررسی‌های صحرایی، اندازه‌گیری سیستم‌های درز و شکاف، بررسی مقاطع نازک، وضعیت حفاری و آب‌دهی چاه‌ها، نتایج حاصل از آزمایش‌های شیمی آب و برآورد پارامترهایی چون اندیس اشباع، اندیس پایداری، میزان دی‌اکسیدکربن آزاد محلول و فشار اولیه گاز دی‌اکسیدکربن حاکم بر سیستم مشخص می‌شود که سنگ بستر منطقه پدیده کارستیفیکاسیون را تحمل نموده و در آن ساختار درون کارست به وجود آمده که وجود پدیده‌های مطلوبی همچون آب‌دهی زیاد چاه‌های حفر شده در سنگ بستر و پدیده نامطلوبی چون وقوع فروچاله‌ها ناشی از وجود ساخت کارست در سنگ بستر منطقه بوده و برای جلوگیری یا کاهش نرخ وقوع فروچاله‌ها باید از کف‌کنی چاه‌ها در سنگ بستر جلوگیری کرد و چاه‌هایی که در سنگ بستر حفر شده و آب‌دهی زیادی دارند هرچه سریع‌تر تعطیل شوند.

واژه‌های کلیدی: همدان، درون کارست، آب زیرزمینی، فروچاله، دی‌اکسید کربن آزاد محلول

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.1.6]

مقدمه

در ده سال اخیر بیش از ۱۸ فروچاله کوچک و بزرگ در دشت‌های همدان به وجود آمده است که سبب نگرانی اهالی و جلب نظر پژوهندگان برای بررسی ویژگی‌های رسوبی، تکتونیکی و لیتولوژی منطقه شده است. بر مبنای تحقیقات انجام گرفته، به طور کلی فرونشست‌ها به دو صورت سریع و آهسته اتفاق می‌افتند. حرکات آهسته بیش‌تر در مناطق دانه‌ریز رسی که از حالت اشباع خارج شده و تحت نیروی وزن لایه تراکم می‌یابند به وجود آمده است، و حرکات سریع بیش‌تر در مناطقی با سنگ بستر آهک کارستی رخ داده و به فروچاله معروفند[۷]. آهک‌های ضخیم لایه افقی یا قائم با $CaCO_3$ بیش از ۹۰٪ و میکروکریستالین بامیان لایه‌های مارنی شرایط مناسبی برای پدیده کارستیفیکاسیون به وجود می‌آورند و مشارکت دی‌اکسیدکربن به عنوان عامل اصلی در انحلال کربنات‌ها و ایجاد پدیده کارستیفیکاسیون شناخته شده و در توسعه برون کارست منشأ آن از اتمسفر و فعالیت‌های بیولوژیک خاک بوده ودر درون کارست از فعالیت‌های متامورفیسم، ولکانیسم و یا خروج گاز از مانتو زمین است[۳] .

با عنایت به این که گاز دی‌اکسیدکربن عامل اصلی انحلال کربنات‌ها است. حیدری و همکارانش[٤] نمونه‌های مکعبی از سنگ‌های منطقه همه‌کسی و شمال شرق کبودرآهنگ (قلی‌آباد) را در دستگاه سیرکولاسیون و با استفاده از کپسول گاز CO_2 در PHهای ٦-۵/۵، ٦/۵-٦، ۷-٦/۵ و۷/۵-۷ مورد آزمایش قرار دادند و در هر PH غلظت یون کلسیم بر حسب زمان تا برقراری حالت اشباع اندازه‌گیری کردند و میانگین ثابت انحلال در منطقه همه‌کسی را برابر با m/s $^{-٤}$۱۰× ۱/۲۸ و در منطقه قلی‌آباد برابر با m/s $^{-٥}$۱۰× ٤/۰۹ برآورد کردند، و اظهار داشتند که این مقادیر در مقایسه با ثابت سرعت انحلال آهک‌های مناطق لار(m/s $^{-٦}$۱۰× ۲/۱۲) و غار علی‌صدر(m/s $^{-٥}$۱۰× ٦/۸) نشان‌دهنده پتانسیل انحلال‌پذیری بسیار بالای سنگ‌های آهکی الیگومیوسن این منطقه است نامبرده به کمک مقاطع نازک میکروسکوپی مقدار تخلخل موجود در این تشکیلات را بررسی کرده است. علیاری[٦] در بررسی فروچاله‌های دشت مرکزی همدان با بررسی هیدروگراف واحد، میانگین تقریبی افت سطح آب را در یک دوره ۹ ساله

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.1.6]

حدود ۳ متر در سال برآورد کرده و عامل اصلی وقوع این فروچاله‌ها را افت شدید سطح آب دانسته و برای تأیید آن اظهار داشته است که محل تشکیل فروچاله‌ها بر محل تلاقی مخروط افت چاه‌ها واقع شده‌است. ولی از سیستم کارست درونی در سنگ بستر بحثی نکرده است. همچنین اکبرزاده خویی[۱] با بررسی منطقه غار علی‌صدر واقع در جنوب غربی دشت اظهار داشته که هیچ پدیدهٔ کارستی سطحی و مشخصی دیده نمی‌شود، ولی در درون غار نشانه‌های متعددی از کارست زیر سطحی همچون استلاگمیت، استلاکتیت و پلانشه مشاهده می‌شود.

در منطقه بررسی شده، به ویژه در اطراف روستای همه‌کسی فروچاله‌های زیادی به وجود آمده است و چاه‌هایی که در سنگ بستر منطقه حفر شده‌اند حاوی گاز هستند و تجهیزات داخل آن‌ها به شدت خورده و تخریب می‌شود[۲] لذا با توجه به تهدیدهای زیست محیطی و پتانسیل بالقوهٔ خطرزایی در منطقه و تأثیر سنگ بستر در وقوع این پدیده‌ها، ضرورت توجه به بررسی‌های زمین‌شناختی سنگ بستر منطقه امری اجتناب‌ناپذیر است.

روش تحقیق

برای بررسی هر سیستمی لازم و ضروری است که خصوصیات اجزای تشکیل‌دهنده و پدیده‌های اتفاق افتاده در آن شناسایی، مقایسه و ارزیابی شوند، لذا در این بررسی علاوه بر جمع‌آوری و بررسی کارهای انجام شده و جستجوی اطلاعات از طریق اینترنت، مشخصات سنگ بستر، ترکیب آب چاه‌های گازدار ، آب‌دهی و تغییرات چاه‌های مجاور فروچاله‌ها به عنوان اجزای تشکیل‌دهندهٔ سیستم مورد توجه قرار گرفت و با کاوش‌های دقیق صحرایی و تهیه مقاطع نازک و استناد به حفاری‌های انجام شده وضعیت کانی‌شناسی، بافت، تخلخل و ... سنگ بستر شناسایی شد و سیستم‌های درز و شکاف این تشکیلات در بیرون‌زدگی‌ها با کمپاس اندازه‌گیری و دیاگرام گل سرخی آن‌ها ترسیم شد. همچنین موقعیت جغرافیایی و مشخصات فروچاله‌ها و چاه‌های مرتبط با آن‌ها و آثار و نشانه‌های زمان وقوع با متر،دستگاه G.P.S و پرسش از روستاییان اندازه‌گیری و ثبت شد و از چاه‌های گازدار سه منطقه قهاوند(همه‌کسی)، لالجین و چهاردولی ۱۶ نمونه آب برداشت و آنالیز شد و با استفاده از ترکیباتی چون باقیمانده

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.1.6]

خشک، قلیائیت کربناتی، اسیدیته و دما و به کمک نموگراف‌ها [۸] و[۹] مقادیر دی‌اکسیدکربن آزاد محلول محاسبه و برآورد شد و سپس به کمک جدول‌های حلالیت گازها [۵] و به روش درون‌یابی میزان فشار CO_2 اولیه حاکم بر سیستم و همچنین با استفاده از روش محاسباتی[۵] طبق معادلات ۱، ۲ و۳ مقادیر اندیس‌های اشباع(IS) و پایداری(SI) محاسبه شد و در نهایت با تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشگاهی، صحرایی و داده‌های محاسباتی نشانه‌ها و دلایل وجود ساختار درون کارست در سنگ بستر شناسایی و ارائه گردید.

$$PH_s = [0.1 \text{ Log } (T.D.S) + C_t] - [\text{Log } (C_{ca} - ALK) + (F^\circ - C_\circ)] \quad (۱)$$

$$IS = PH_n - PH_s \quad (۲)$$

$$SI = 2PH_s - PH_n \quad (۳)$$

در این معادلات پارامترهای PH_n , F° , ALK , C_{ca} , T.D.S و PH_s به ترتیب باقیماندهٔ خشک، غلظت کلسیم معادل کربناتی، قلیائیت کل، درجه حرارت به فارنهایت، اسیدیته واقعی و اسیدیته اشباع را نشان می‌دهند.و ضرایب $C_\circ$ و C_t در دماهای بیش‌تر از ۷۷ درجه فارنهایت به ترتیب برابر با ۰/۰۰۹۱۵ و ۲/۲۷ و در دماهای کم‌تر معادل۰/۰۱۴۲ و ۱۲/۶۵ هستند.

نتایج و بحث

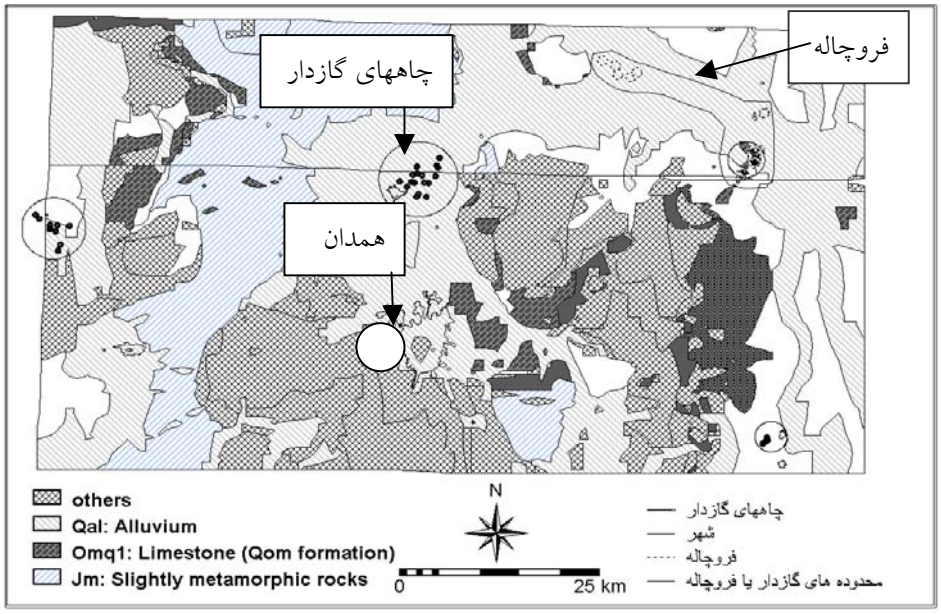
استعداد و شواهد انحلال‌پذیری سنگ بستر

سنگ بستر منطقه باسن الیگومیوسن از آهک میکروکریستالین تشکیل گردیده و دارای میان لایه‌هایی از مارن و آهک مارنی بوده و ضخیم لایه، دانه‌ریز و دارای کربنات کلسیم بالا و میکروفسیل است و در برخی نقاط در آن‌ها ساخت استیلولیت و کنکرسیون‌های آهکی مشاهده می‌شود. در این تشکیلات سیستم درز و شکاف به طور وسیع در سه امتداد N_{130},N_{50} و N_{160} توسعه یافته و طاقدیس‌ها و ناودیس‌های وسیع و ملایمی به وجود آمده و دشت کبودرآهنگ- فامنین بر روی ناودیس بزرگی از سنگ بستر قرار گرفته است. تشکیلاتی که چنین مشخصاتی را داشته باشند، بهترین استعداد را برای انحلال و پدیده کارستیفیکاسیون دارند. در شکل۱ وضعیت زمین‌شناسی منطقه و موقعیت چاه‌های گازدار، فروچاله‌ها، دشت‌ها و شهرهای منطقه ارائه شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.1.6]

حال که سنگ بستر منطقه دارای پتانسیل بالقوه‌ای برای انحلال است و بررسی‌های آزمایشگاهی که توسط دی‌اکسیدکربن به عمل آمده است این موضوع را تأیید می‌کند سؤال این است که آیا شواهدی دال بر انحلال و ورود گاز CO_2 به سیستم درز و شکاف سنگ بستر منطقه و ایجاد حفره و ساختار درون کارست وجود دارد یا نه. بررسی مقاطع میکروسکوپی نشان می‌دهد که میزان تخلخل میکروسکوپی در بیرون‌زدگی‌های مرکز دشت که به سنگ بستر اتصال مستقیم دارند نسبت به حاشیه دشت بیش‌تر بوده و به حدود ۲۵-۲۰ درصد می‌رسد در صورتی که در بیرون‌زدگی‌های پیرامون دشت اندازه حفره‌ها ریزتر و تخلخل میکروسکوپی حدود٤ درصد است. در جدول ۱ مشخصات میکروسکوپی- پتروگرافی تعدادی از نمونه‌ها برداشت شده از این تشکیلات ارائه شده‌است.



شکل۱- نقشه زمین‌شناسی و موقعیت فروچاله‌ها و چاه‌های گازدار

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.1.6]

جدول۱- مشخصات پتروگرافی تشکیلات آهکی الیگومیوسن منطقه*(نمونه‌ها از حیدری۲ ۱۳۸)

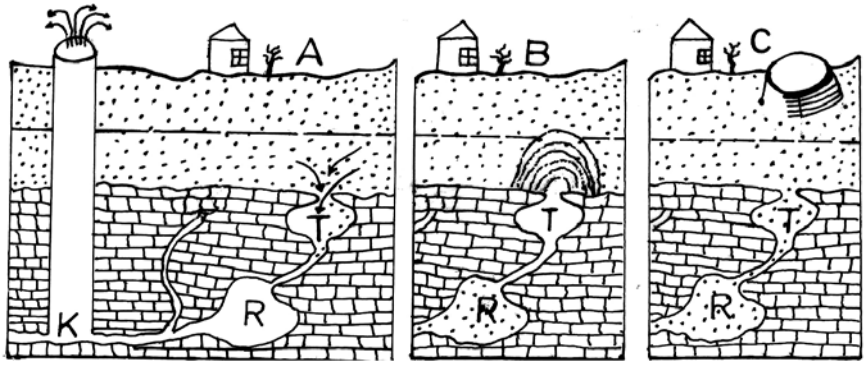
شماره نمونه	محل نمونه‌برداری	نام سنگ Folk (۱۹۶۲)	نام سنگ dunham (۱۹۶۲)	مشخصات میکروسکوپی
H-1*	همه‌کسی (مرکز دشت)	Biomicrudite	Packestone	۱- تخلخل حدود ۲۵ درصد ۲- ابعادحفرات درشت
R-1*	قلی‌آباد (پیرامون دشت)	Biomicrite	Packestone	۱- تخلخل حدود ٤ درصد ۲- ابعاد حفرات کوچک
Qm-1	قاباختپه (پیرامون دشت)	Biomicrite	Packestone	۱- تخلخل حدود ۷ درصد ۲- اندازه حفرات ریز و متوسط
Qm-2	اورقین (حاشیه دشت)	Biomicrite	Packestone	۱- تخلخل حدود٤/٥ درصد ۲-ابعاد حفرات کوچک ودارای اندکی پلت، پلوئید و میکرواسپاری
Qm-3	همه‌کسی (مرکز دشت)	Biomicrite	Packestone	۱- تخلخل حدود ۲۳ درصد. ۲- ابعاد حفرات درشت همراه اندکی رس، لیمونیت و میکروفسیل

در دشت‌های بررسی شده در اثر بهره‌برداری بیش از حد و افت ٤٥ متری سطح آب زیرزمینی در طی ۲۵ سال اخیر، میزان آب‌دهی چاه‌ها شدیداً کاهش یافته و کشاورزان اقدام به کف‌کنی و عمیق‌سازی چاه‌های منطقه کرده‌اند، و در برخی نقاط بیش از ۵۰ متر سنگ بستر را حفاری کرده‌اند که هنگام حفاری در برخی از این چاه‌ها حفره‌های انحلالی و غار مانند و مجاری آب‌دار مشاهده شده است این چاه‌ها دارای آب‌دهی زیادی بوده و در طی چند سال اخیر علی‌رغم افت شدید در سطح آب زیرزمینی از آب‌دهی آن‌ها کاسته نشده است. همچنین در سطح دشت در ده سال اخیر بیش از ۱۸ فروچاله به وجود آمده که شکل اغلب آن‌ها مخروطی بوده و قاعده آن‌ها به سمت داخل زمین قرار گرفته است؛ یعنی اگر از فروچاله‌ها

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.1.6]

مقاطع افقی در اعماق مختلف رسم کنیم قطر دوایر در اعماق بیش‌تر می‌شود و نشان می‌دهد که در اثر پمپاژ آب موجود در مجاری و حفره‌های سنگ بستر خالی شده و بر اثر همین پدیده و فشار هیدرواستاتیکی لایه آب‌دار رسوبی،ذرات رسوبات به سوی مجاری حرکت و به صورت کمانی در رسوبات ریزش صورت گرفته ودر نهایت فروچاله‌های نوع فرونشستی به وجود آمده است. البته شکل فروچاله‌ها در همه‌کسی که سنگ بستر به سطح زمین نزدیک است تا حدودی بیضوی، شکافی و نامشخص بوده است، و این خود نشانه‌ای از ریزش سقف حفره‌های انحلالی و غارهای زیرزمینی موجود در سنگ بستر بوده و فروچاله‌های نوع ریزشی را به وجود آورده است. در شکل۲ مقاطع عرضی از چاه آب، مجاری انحلالی، ریزش‌های کمانی و فروچاله‌ها ارائه شده است.



شکل۲- مجاری انحلالی وچاه آب(A)،ریزش‌های کمانی(B)،مقطع افقی- عرضی فروچاله(C)

لازم به ذکر است که هم‌زمان با تشکیل هر فروچاله، یکی از چاه‌هایی که در سنگ بستر منطقه حفر شده است و آب‌دهی زیاد دارد به شدت گل‌آلود می‌شود و گل‌آلودگی آن برای چندین ساعت ادامه می‌یابد به طوری که در زمان وقوع فروچاله جهان‌آباد چاه وابسته به آن حدود۲٤ ساعت شدیداً گل‌آلود گردید. همچنین همه فروچاله‌های منطقه حدود ٦ ماه تا چند سال بعد از فعالیت چاه‌های کف‌کنی شده به وجود آمده‌اند. که همگی آن‌ها نشانه‌ای از وجود مجاری متصل کننده و حفره‌های انحلالی در سنگ بستر است در جدول۲ مشخصات و مختصات فروچاله‌ها و چاه‌های وابسته ارائه شده‌است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.1.6]

جدول ۲- مشخصات و مختصات فروچاله‌ها و چاه‌های وابسته به آن‌ها در دشت‌های قهاوند- فامنین- کبودرآهنگ

زمان وقوع فروچاله	ابعاد فروچاله (متر)		مختصات جغرافیایی فروچاله		مشخصات چاه وابسته			
	محیط	عمق	عرض شمالی	طول شرقی	عمق (متر)	متراژ سنگ	تعداد حفرات	زمان حفر
۱۳۷۱	۱۰٤	۱/٥	″۱۷/۳ ′۰۱ °۳٥	″٥٥/٦ ′٥۷ °٤۸	۷٥	٦٥	۲	۱۳۷۰
۱۳۷٦	۳٤	۲	″۱٤/٦ ′۰۱ °۳٥	″٥۸/۷ ′٥۷ °٤۸	۷٥	٦٥	۲	۱۳۷۰
۱۳۷٥	۱۳	۱/٥	″۱۷ ′۰۰ °۳٥	″٥۷/۳ ′٥٦ °٤۸	۸٥	۳٥	۳	۱۳۷۰
۱۳۷۳	٤۸	۲	″۱۲/٤ ′۰۰ °۳٥	″٥٦/٥ ′٥٦ °٤۸	۸٥	۳٥	۳	۱۳۷۰
۱۳۷۳	٦٥	۱٥	″۱۰/٦ ′۰۰ °۳٥	″٥۳/۱ ′٥٦ °٤۸	۸٥	۳٥	۳	۱۳۷۰
۱۳۷۷	۱۸	۷	″۰۷/۱ ′۰۱ °۳٥	″٤٦/٥ ′٥۷ °٤۸	۷۰	۳۰	۲	۱۳۷٤
۱۳۷۸	۱٤	٥	″۰٦/۹ ′۰۱ °۳٥	″٤٥/۳ ′٥۷ °٤۸	۷۰	۳۰	۲	۱۳۷٤
۱۳۷٥	٦۲	۰/۸	″٤۲/۲ ′۰۱ °۳٥	″۰۲/۳ ′٥۸ °٤۸	۱۰۰	۸۰	۳	۱۳۷٤
۱۳۷٦	۲۳	۲/٥	″۳٥ ′۰۱ °۳٥	″۰۲/۱ ′٥۸ °٤۸	۱۰۰	۸۰	۳	۱۳۷٤
۱۳۷٥	۱۹	٤/٥	″۰۱/۹ ′۰۲ °۳٥	″٤۰/٦ ′٥۷ °٤۸	٤٥	۲۸	۱	۱۳۷٤
۱۳۷٥	٦۳	۲/٥	″٤۳/٥ ′۰۱ °۳٤	″۳۹/۲ ′٤۷ °٤۸	٤٥	۲۸	۱	۱۳۷٤
۱۳۷۸	۳۹	۱/٥	″٥۹/۳ ′۰۱ °۳٥	″۱٦/٦ ′٥۸ °٤۸	۱۰۰	٦٤	۳	۱۳۷٦
۱۳۷۳	٦٥	۲۰	″٤٤ ′۰٤ °۳٥	″۳٤/٤ ′٥۸ °٤۸	۱٥٥	٥۰	٤	۱۳۷۱
۱۳۷۳	٥۰	۱/٥	″۳٦/۸ ′۰٤ °۳٥	″۳٥/۲ ′٥۸ °٤۸	۱٥٥	٥۰	٤	۱۳۷۱
۱۳۸۱	٤۸	۳۰	″۰۰/٦ ′۰۷ °۳٥	″۳۲/۹ ′٤۷ °٤۸	۱۳۰	۳۰	۲	۱۳۷٥
۱۳۷٦	۷۲	۱۸	″۲۱/۲ ′۰۷ °۳٥	″۰۱/٤ ′٤۸ °٤۸	۱۳۰	۳۰	۲	۱۳۷٥
۱۳۷٤	۲٦	۳/٥	″۱۸/۲ ′۱۰ °۳٥	″۰۹/۰ ′٤٥ °٤۸	۱۲۰	۳۰	۱	۱۳۷۲
۱۳۷۸	۸۲	۱۳	″٤۲/۲ ′۰۷ °۳٥	″۱۹/۲ ′٤٦ °٤۸	۱٤۰	٤۲	٤	۱۳۷٦

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.1.6]

شاخص‌های حضور گاز دی‌اکسیدکربن و انحلال

در سنگ بستر به علت عمق زیاد، اثر جوی به شدت کاهش می‌یابد و تنها فعالیت‌های درونی می‌تواند CO_2 کافی را به محیط وارد کند، به خصوص اگر مقدار CO_2 آزاد محلول در آب به بیش از ppm ۱۰ برسد حضور دی‌اکسیدکربن با منشأ درونی الزامی است[۹]. در منطقه بررسی شده (اطراف همه‌کسی و کوزره ،دشت چهاردولی و اطراف لالجین) آب برخی از چاه‌ها دارای مزهٔ تند، سوزنده و ترش و گاهی تلخ و گس بوده و ذرات هیدرواکسید و اکسید آهن آن‌ها را همراهی می‌کند و در برخی از آن‌ها گاز نیز از چاه خارج می‌شود که سوزنده و تند است[۲]. با توجه به نتایج آنالیز نمونه‌ها و با استفاده از پارامترهایی چون باقیماندهٔ خشک، اسیدیته، قلیائیت بی‌کربناتی و دمای نمونه‌ها و چاه‌های آب و به کمک نموگراف‌های موجود[۸] مقادیر دی‌اکسیدکربن آزاد محلول در آب چاه‌ها محاسبه شد که میانگین مقادیر آن به همراه میانگین سایر پارامترهای وابسته در جدول۳ ارائه شده است. این جدول نشان می‌دهد که میزان CO_2 آزاد محلول در آب‌های مناطق گازدار خیلی زیاد بوده و حتی در مناطق گازدار قهاوند(اطراف همه‌کسی)به بیش از ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد. مقادیر زیاد دی‌اکسید کربن آزاد محلول در آب این چاه‌ها نشان می‌دهد که فشار گاز CO_2 مرتبط با آب این چاه‌ها بسیار زیاد بوده است.با استفاده از جداول حلالیت گازها و جداول حلالیت کربنات کلسیم بر مبنای حرارت و فشار جزئی[۵] میزان فشار گاز دی‌اکسیدکربن وارد بر سیستم آب زیرزمینی منطقه محاسبه و در جدول٤ ارائه شده‌است. همان طور که از جدول٤ مشاهده می‌شود، میزان فشار اولیهٔ گاز دی‌اکسیدکربن وارد بر سیستم آب زیرزمینی بسیار زیاد و در منطقه قهاوند- فامنین به طور متوسط حدود یک اتمسفر بوده است که این فشار زیاد نشانه‌ای از فعالیت‌های شدید فازهای پنوماتولیتی و گاز دی‌اکسیدکربن با منشأ درونی و ورود آن‌ها به آب موجود در سنگ بستر منطقه است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.1.6]

جدول۳- مقادیر دی‌اکسید کربن آزاد محلول در آب چاه‌های نمونه‌برداری شده و پارامترهای وابسته

مناطق گاز دار	اسیدیتهٔ نمونه‌ها(pH)	دمای آب چاه‌ها (°C)	قلیائیت بی کربناتی (mg/L)	باقیمانده خشک (mg/L)	دی اکسید کربن محلول (mg/L)
لالجین	٦/٥٧	١٤/٨٩	٦٦٢/٣	١٢١٠	٨٨٨
چهاردولی	٦/٨٧	١٥/٠٦	٥٤١/٤	١٢٠١	٢٧٩/٤
قهاوند	٦/٢٤	١٧/٦٤	١٥٣٩/٦	١٩٤٢/٨	١٥٢٠

جدول ٤- فشار اولیه دی‌اکسید کربن حاکم بر سیستم آب زیرزمینی موجود در سنگ بستر

منطقه	میانگین دما صحرایی (^{o}C)	میانگین دی اکسید کربن (mg/L)	با استناد به رابطه CO_2 با کربنات کلسیم		فشار CO_2 اولیه با استناد به مقادیر CO_2 حل شده (اتمسفر)
			بی‌کربنات (mg/L)	کربنات کلسیم (ppm)	فشار اولیه CO_2 (اتمسفر)
لالجین	١٤/٨٩	٨٨٨	١٠/٨٦	٥٤٣	٠/٥٢	٠/٤٧
چهاردولی	١٥/٠٦	٢٧٩/٤	٨/٨٧	٤٤٣/٥	٠/٤٢	٠/١٥
قهاوند	١٧/٦٤	١٥٢٠	٢٥/٢٤	١٢٦٢	١/٣	٠/٨٤

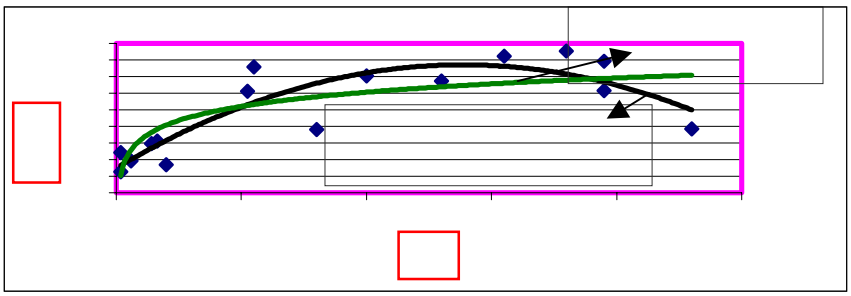
همان‌گونه که ذکر شد سنگ‌بستر منطقه از نظر پارامترهای صحرایی و آزمایشگاهی استعداد قوی برای انحلال داشته و نتایج آنالیز و برآوردها، انحلال مقادیر زیادی از دی‌اکسیدکربن در آب زیرزمینی موجود در رسوبات و درز و شکاف سنگ بستر را نشان می‌دهد. حال سؤال این است که آیا دی‌اکسیدکربن و اسیدکربنیک حاصل از آن به سنگ بستر کربناتی منطقه حمله کرده است یا خیر. برای جواب این سؤال مقادیر اندیس‌های اشباع و پایداری و پارامترهای وابسته در نمونه‌های آنالیز شده محاسبه و در جدول۵ ارائه شده است. هنگامی که مقادیر

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.1.6]

اندیس‌های اشباع و پایداری به ترتیب مثبت و کم‌تر از ٦ باشد، حالت فوق اشباع برای یون کلسیم محلول در آب وجود دارد و محلول تمایل به تشکیل رسوب کربنات کلسیم دارد[۵]. نمونه‌های منطقه قهاوند- فامنین در جدول۵ در شرایط اشباع و فوق اشباع قرار گرفته و مفهوم آن این است که آب حاوی گاز دی‌اکسید کربن به سنگ بستر منطقه حمله نموده و با انحلال مقادیر زیادی از کربنات کلسیم سبب توسعه سیستم درز و شکاف و تشکیل مجاری، حفره‌ها، غارها و کانال‌های ارتباطی شده است. در شکل ۲ نمودار مقادیر بی‌کربنات محلول در مقابل دی‌اکسیدکربن برای نمونه‌ها ارائه شده است که درجه همبستگی بین آن‌ها نسبتاً بالا است همچنین در شکل۳ نمودار اندیس پایداری در مقابل سختی کلسیمی و در شکل٤ نمودار اندیس پایداری در مقابل قلیائیت کل ارائه شده که درجه همبستگی معکوس بین آن‌ها نسبتاً بالا بوده و نشان‌دهنده انحلال کربنات کلسیم از سنگ بستر و تشکیل یون‌های کلسیم، کربنات و بی‌کربنات است.

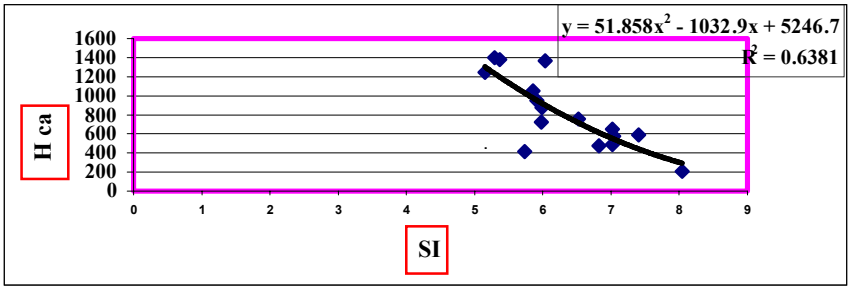
از جمله شواهد دیگری که انحلال سنگ بستر منطقه را نشان می‌دهد وجود قشر سخت و نازک از کربنات کلسیم ته‌نشین شده در سطح کانال‌ها و حوضچه برخی از چاه‌های گازدار به خصوص در منطقه قهاوند- فامنین است. این قشر هنگامی که گاز دی‌اکسید کربن به علت کاهش فشار و افزایش دما از آب خارج می‌شود و غلظت کلسیم افزایش می‌یابد تشکیل می‌شود.



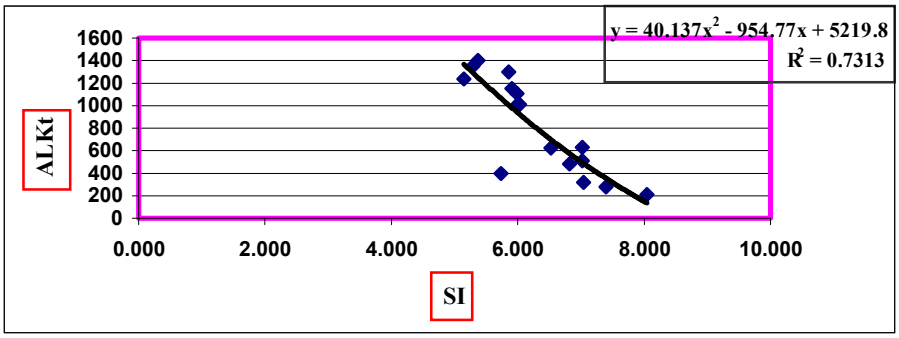
شکل۲- نمودار تغییرات بی‌کربنات(mg/L) در برابر دی‌اکسیدکربن آزاد محلول(mg/L) نمونه‌ها

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.1.6]



شکل۳- نمودار اندیس پایداری در مقابل سختی کلسیمی(غلظت کلسیمی معادل کربناتی) نمونه‌ها



شکل٤- نمودار اندیس پایداری در مقابل قلیائیت کل نمونه‌ها

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

بر مبنای مشخصات پتروگرافی و تکتونیکی سنگ بستر و وضعیت انحلال آن در آزمایشگاه این سنگ از استعداد خوبی برای انحلال برخودار است و وجود مقادیر زیاد گاز دی‌اکسیدکربن آزاد محلول در آب چاه‌ها گویای فعالیت‌های گازی شدید با منشأ درونی در شکستگی‌ها و سیستم درز و شکاف منطقه بوده است مقادیر مثبت و کم‌تر از ٦ اندیس‌های اشباع و پایداری، همبستگی مناسب دی‌اکسیدکربن آزاد محلول با یون بی‌کربنات کلسیم و همبستگی معکوس مناسب بین اندیس پایداری با قلیائیت کل و سختی کلسیمی نشان می‌دهد که سنگ بستر منطقه مورد هجوم گاز CO_2 قرار گرفته و سیستم‌های درز و شکاف این تشکیلات گشادتر شده و حفره‌های انحلالی، غارهای زیرزمینی، مجاری متعدد و در نتیجه ساختار درون کارست

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.1.6]

جدول۵- مقادیراندیس‌های پایداری(SI) واشباع(IS) برای نمونه‌های اخذ شده از چاه‌های گازدار

منطقه	مختصات جغرافیایی محل نمونه		F^o	PH_n	C_{ca}	Alk	PH_s	IS	SI
	عرض	طول							
لالجین	۳۴°-۵۹´-۱۶/۳˝	۴۸°-۲۸´-۵۰/۲˝	۶۵/۸۴	۶/۵	۴۱۶	۲۷۷	۶/۹۵	-۰/۴۵	۷/۴
	۳۴°-۵۹´-۴۵˝	۴۸°-۲۹´-۵۳/۱˝	۷۱/۴۲	۵/۷۸	۵۵۰	۶۳۰	۶/۴۰	-۰/۶۲	۷/۰۲
	۳۴°-۵۹´-۵۰/۴˝	۴۸°-۳۰´-۱۴/۴˝	۷۱/۶	۷/۷۱	۳۹۴	۴۰۰	۶/۷۱	+۱	۵/۷۳
	۳۴°-۵۸´-۱۱/۵˝	۴۸°-۳۰´-۱۴/۶˝	۶۶/۲	۶/۲۶	۶۸۸	۶۲۳	۶/۳۹	-۰/۱۳	۶/۵۲
	۳۴°-۵۸´-۲۳/۳˝	۴۸°-۳۰´-۲۳/۸˝	۷۱/۶	۶/۰۵	۸۴۶	۱۰۱۰	۶/۰۴	+۰/۰۱	۶/۰۳
	۳۴°-۵۹´-۱۲˝	۴۸°-۳۱´-۱۲/۷˝	۶۵/۳	۷/۱۲	۲۷۶	۳۱۸	۷/۰۸	+۰/۰۴	۷/۰۴
دشت‌چهار دولی	۳۴°-۵۵´-۵۵/۹˝	۴۷°-۵۹´-۲۸/۷˝	۶۶/۷۴	۶/۸۸	۲۸۶	۴۸۳	۶/۸۵	+۰/۰۳	۶/۸۲
	۳۴°-۵۵´-۵/۷˝	۴۸°-۰۰´-۵۰/۸˝	۶۶/۹۲	۶/۸۴	۲۲۴	۵۱۳	۶/۹۳	-۰/۰۹	۷/۰۲
	۳۴°-۵۶´-۱۲/۶˝	۴۸°-۵۹´-۹/۱˝	۶۷/۴۶	۶/۵۴	۵۶۰	۱۰۰۰	۶/۲۶	+۰/۲۸	۵/۹۸
	۳۴°-۵۳´-۴۳˝	۴۸°-۰۱´-۵/۷˝	۶۶/۹۲	۶/۶۱	۱۱۷۵	۱۲۳۹	۵/۸۸	+۰/۷۳	۵/۱۵
	۳۴°-۵۵´-۳۱˝	۴۸°-۰۰´-۵۷/۷˝	۶۷/۲۸	۷/۴۸	۹۰	۲۱۰	۷/۷۶	-۰/۲۸	۸/۰۴
قهاوند	۳۴°-۴۱´-۲۸/۴˝	۴۸°-۵۹´-۲۲˝	۶۳/۳۹	۶/۲	۸۷۲	۱۳۰۰	۶/۰۳	+۰/۱۷	۵/۸۶
	۳۴°-۰۰´-۲۹/۷˝	۴۸°-۵۷´-۰۲˝	۶۹/۲۶	۶/۲۵	۱۲۵۲	۱۳۵۰	۵/۷۷	+۰/۴۸	۵/۲۹
	۳۴°-۰۱´-۳۸/۸˝	۴۸°-۵۷´-۵۷/۸˝	۶۹	۶/۲۱	۱۱۸۷	۱۴۰۲	۵/۷۹	+۰/۴۲	۵/۳۷
	۳۴°-۴۱´-۱۲/۵˝	۴۸°-۵۸´-۵۹/۶˝	۷۳/۴	۶/۲۷	۵۶۴	۱۱۰۶	۶/۱۳	+۰/۱۴	۵/۹۹
	۳۴°-۴۱´-۳۴/۴˝	۴۸°-۵۹´-۱۸/۹˝	۷۲/۸۶	۶/۲۷	۶۲۰	۱۱۵۰	۶/۰۹	+۰/۱۸	۵/۹۱

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.1.6]

در آن‌ها به وجود آمده است.وقوع فروچاله‌ها با اشکال خاص و چاه‌های حفر شده در سنگ بستر با آب‌دهی بالا و گل‌آلودگی آن‌ها در هنگام وقوع فروچاله‌ها وجود ساختار درون کارست را در سنگ بستر تأیید و بر آن تأکید می‌کنند. بنابراین بهره‌برداری از آب موجود در سنگ بستر و تخلیهٔ مجاری و حفره‌ها عاملی برای ریزش کمانی رسوبات فوقانی و در نهایت وقوع فروچاله در منطقه است و برای کاهش میزان وقوع آن‌ها باید از کف‌کنی چاه‌های آب در منطقه جلوگیری و تمام چاه‌هایی که دارای آب‌دهی زیاد هستند و در سنگ بستر حفر شده‌اند باید هرچه سریع‌تر تعطیل شوند.

منابع

۱- اکبرزاده خویی،ح، «تهیه نقشه توپوگرافی و بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی غار علی‌صدر همدان»، نوزدهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران (۱۳۷۹).

۲- امیری، م، «بررسی گازدارشدن و ارائه راه‌حل‌ها در رابطه با چاه‌های آب استان همدان»، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، نشریه شماره ۳٦۱ (۱۳۸۲).

۳- ترابی تهرانی، پ، هیدرولوژی زیرزمینی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، شماره ۱۳۱ (۱۳۷۹).

٤- حیدری، م. خانلری، غ و طالب بیدختی، ع،«بررسی انحلال‌پذیری سنگ‌های‌کربناته حاشیه نیروگاه»، سومین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه بوعلی سینا همدان(۱۳۸۲).

۵- شریعت، م ، اصول کیفیت و تصفیه آب و فاضلاب، انتشارت دانشگاه تهران (۱۳۷۸).

٦- علیاری، ع. فاطمی عقدا، م. نخعی، م وبیت الهی، ع، «بررسی مکانیزم تشکیل فروچاله‌های دشت مرکزی همدان» ، دومین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران (۱۳۸۰).

1- A.C. Walthan, Ground subbsidence. Blackie, (1989) 202 P.

2- E.W.More, Garphic determination of carbon dioxide and th three forms of alkalinity, J. Amer water works Assoc. 31:51 (1939).

3- Standard method. Committee, standard methods for the examination of water waster , part 9000, chemical examination, vol. 1 (1990).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.1.6]