



## عوامل مؤثر در ظهور چشمه‌های موضعی آبریز دشت ایذه

نصراالله کلانتری، ممد رضا کشاورزی و عباس چرچی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید چمران اهواز

### مکیده

حوضه آبریز دشت ایذه با پوشش قابل توجهی از واحدهای آهکی در منطقه زاگرس چین خورده قرار دارد. واحد آهک آسماری مهمترین سفره آبدار کارستی در منطقه ایذه می‌باشد و چشمه‌های متعددی از این سازند کارستی منشأ می‌گیرند. در این بررسی عوامل مؤثر در ظهور چشمه‌ها همچون عوامل چینه‌شناسی، ساختاری و توپوگرافی مورد بررسی قرار گرفته اند. در این راستا مطالعه زمین‌شناسی و بررسی‌های ساختاری شامل چین خوردگی‌ها، گسل‌ها و شکستگی‌ها با استفاده از توانایی‌های سنجش از دور و جی آی اس انجام شده است. داده‌های به دست آمده نشان می‌دهند که ارتباط نزدیکی بین موقعیت رخنمون چشمه‌ها و فاصله از شکستگی‌ها وجود دارد به طوری که محل ظهور چشمه‌ها با فراوانی شکستگی‌ها انطباق خوبی را نشان می‌دهد. درجه حرارت و تغییرات فصلی دمای آب چشمه‌ها منعکس کننده سیستم جریان انتشاری - انتشاری و مجرای سفره آبدار کارستی است. نتایج به دست آمده همچنین نشان می‌دهد که رابطه‌ای بین تراکم شکستگی و درجه اشباع وجود دارد.

**واژه‌های کلیدی:** آهک آسماری، سفره آبدار کارستی، سیستم جریان انتشاری - انتشاری، مجرای، کارست

## Assessment of Factors Influencing Occurrence of Izeh Plain Watershed Springs

Kalantari .N, Keshavarzi. M.R & Charchi A.

Department of Geology, Shahid Chamran University, Ahvaz, Ahvaz - Iran

### Abstract

The Izeh watershed plain with considerable limestone units is located in the Zagros folded Territory. The Asmari Limestone Formation is the most significant water-bearing one in the Izeh area, where various springs are found in this karstic formation. In this investigation the effective factors governing the development of the springs such as stratigraphy, structure and topography have been assessed, and in this regard geology and structural evaluation, including folds, faults and fractures, have been carried out with the help of remote sensing and GIS facilities. The achieved results indicate that a promising correlation exists between spring locations and the distance from fractures, and similarly a promising correlation is noticed between spring occurrence and fractures frequency. The water temperature and its seasonal fluctuation reflect diffuse fractures and diffuse flow systems. The assembled data also show a relation between the density of fractures and saturation index. The seasonal variation of their temperature is emphasized on diffuse and diffuse-fracture flow.

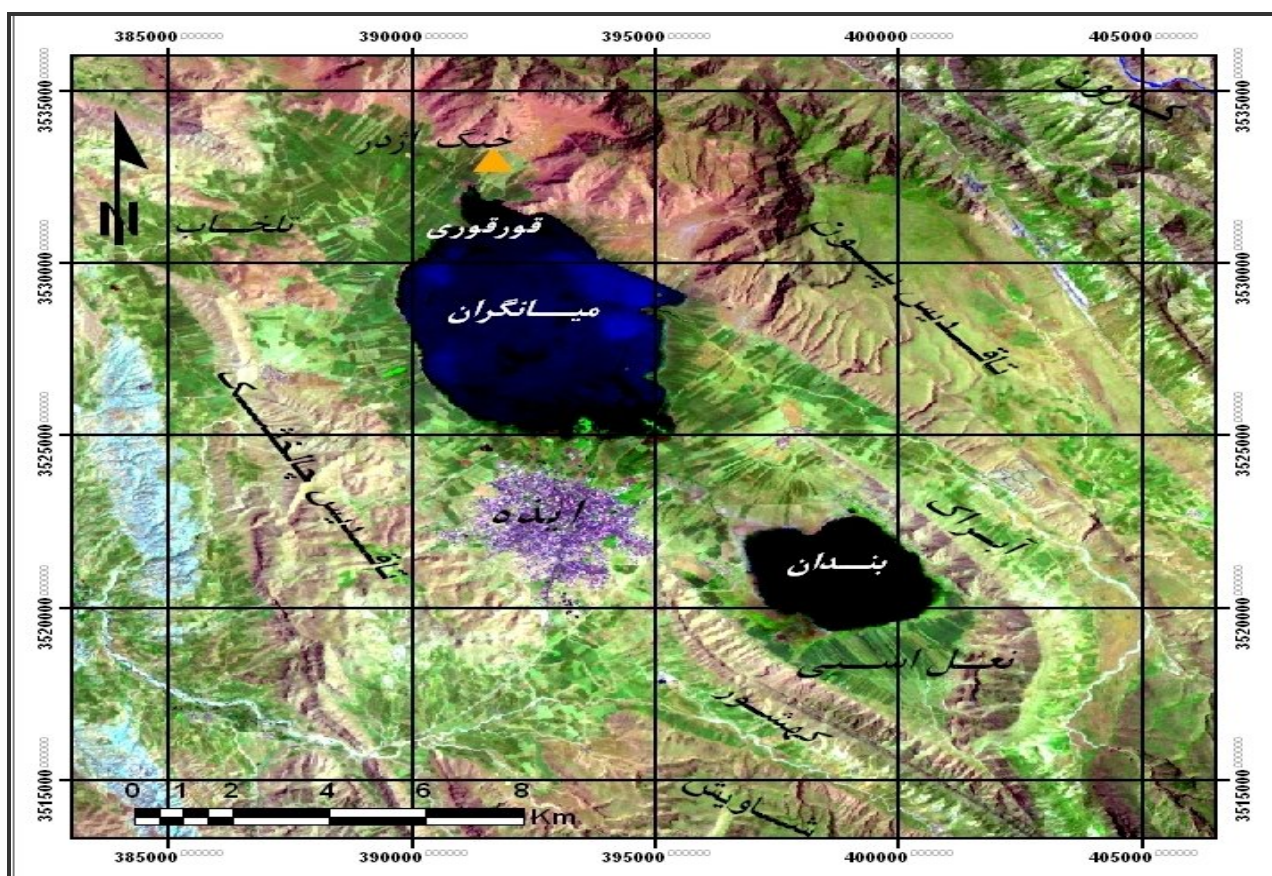
**Key words:** spring, Izeh, Asmari limestone, fracture, karst

## ۱- مقدمه

انحلال است، به طوری که فراوانی شکستگی‌ها نقشی اساسی در آبدهی چشمه‌ها ایفا می‌نمایند.

محققین مختلف معمولاً شرایط هیدرولوژی زیر سطحی را از طرق شاخص‌های سطحی مانند سیمای زمین‌شناسی و ساختارهای خطی استنتاج می‌کنند (Das 1996). شناسایی خطواره‌ها (Lineaments) اهمیت ویژه‌ای در هیدروژئولوژی سازندهای سخت دارند، چون این شکستگی‌های واحدهای سنگی محل انتقال و تمرکز آب‌های زیرزمینی هستند (Das 1990). عوامل ساختاری در تشکیل پدیده‌های کارستی بسیار مؤثر و کنترل‌کننده مسیرهای انحلال هستند (Ford and Williams 1988). رابطه بین دبی چشمه‌ها و فراوانی شکستگی سازندهای مختلف توسط (کلانتری و محمدی ۱۳۷۹، کلانتری و همکاران ۱۳۸۵، Rahnamaei, Kalantari and Farzad 2001، ۲۰۰۵) مورد بررسی قرار گرفته است. در رابطه با سفره آبدار آبرفتی دشت ایذه مطالعاتی توسط محققینی چون (احمدی ۱۳۸۰، علیجانی ۱۳۸۱، کشاورزی ۱۳۸۵، کشاورزی و کلانتری ۱۳۸۵) انجام شده است، ولی به طور خاص تا کنون تحقیقی در مورد چشمه‌های منطقه مورد مطالعه انجام نشده است. هدف از این تحقیق شناسایی

حوضه آبریز دشت ایذه با مساحت  $375 \text{ km}^2$  بین طول جغرافیایی  $49^\circ 21'$  تا  $50^\circ 31'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $31^\circ 43'$  تا  $31^\circ 57'$  شمالی در شرق استان خوزستان واقع شده است. آمار ۲۴ ساله ایستگاه هواشناسی ایذه (۱۳۸۳-۱۳۵۹) نشان می‌دهد که میزان بارندگی منطقه ایذه با میانگین سالانه  $670 \text{ mm}$  مناسب و با میانگین دمای  $21^\circ \text{C}$ ، اقلیم نیمه‌مرطوب معتدل دارد. دشت ایذه توسط ارتفاعات عمدتاً آهکی (سازند آسماری، فهلپان داریان و ایلام-سروک) احاطه شده و از لحاظ زمین‌شناسی یک پولزه (Polje) نیمه باز محسوب می‌شود که دریاچه‌های (میانگران و بندان) و پونر(قورقوری) در آن مشاهده می‌شود (تصویر ۱) و سازندهای آهکی از نظر پتانسل آبی یک منبع حائز اهمیت و تأمین‌کننده آب بخش قابل توجهی از منطقه می‌باشد. هر چند که سازند آهکی تا حدودی تحت تأثیر فرآیند کارستی، چشمه‌هایی را در حاشیه دشت ظاهر نموده است ولی به استثنای دو چشمه (نورآباد و سرقنات)، دبی اکثر چشمه‌ها (پاتوف، تکاب، لنده، الهک، ازگیل، سلیمان، کهور، چولگی، فاروم و تلخاب) کم می‌باشند. نوسان دبی چشمه‌ها منعکس‌کننده تأثیرات لیتولوژی، توپوگرافی، گسترش شکستگی‌ها و فرآیند



تصویر ۱- تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه، ترکیب باندهای ۷، ۴، ۱، با استفاده از سنجنده لندست (Landsat-2002)

محدوده پدیده‌های کارستی منحصر به فرد مثل سیماهای کارستی برجسته همچون دولین و دیگر اشکال مورفولوژیکی به وفور مشاهده نمی‌شوند و واژه هلوکارست را نمی‌توان اطلاق نمود. این منطقه را از نقطه نظر هیدروژئولوژیکی می‌توان با توجه به گسل‌ها و چین و شیب‌های تند جزء کارست تکتونیکی در نظر گرفت. آبدهی یک چشمه تابعی از شرایط زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی حوضه آبریز است (Todd 2005). و از طرف دیگر چشمه‌های جاری از سفره‌های آبدار کارستی، نشانه بارزی از تأثیر هیدرولوژی آب زیرزمینی بر روی سطح زمین می‌باشند (Desmarais 2002). در مجموع سنگ‌های آهکی منطقه تحت تأثیر فرآیند کارستی شدن قرار گرفته‌اند و چاه‌های حفر شده در سازندهای آهکی ایذه از آبدهی نسبی برخوردارند و افت سطح آب در آن‌ها نیز نسبتاً قابل توجه می‌باشد. افت سطح آب در این سفره‌های آبدار کارستی و تغییر جهت جریان آب زیرزمینی از دشت به سمت کارست موید عدم وجود سفره آبدار کارستی غنی در این محدوده می‌باشد. عدم ظهور چشمه با دبی زیاد نیز می‌تواند ناشی از عمق کارستی شدن و یا به عبارت دیگر وجود مخازن زیرسطحی در اعماق باشد. البته به این نکته نیز باید توجه داشت که گسل‌های فراوانی در منطقه وجود دارند و این گسل‌ها می‌توانند مسیل فرار آب از منطقه به مناطق دیگر را فراهم آورند. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود تعداد ۱۳ چشمه در منطقه مورد مطالعه وجود دارد و اکثراً از سازند آسماری سرچشمه می‌گیرند که بخش قابل توجهی از منطقه را پوشانده‌اند. آبدهی چشمه نور آباد (Sp5) نسبت به بقیه چشمه‌ها بیشتر و نشان دهنده شدت نسبی فرآیند کارستی شدن می‌باشد. آبدهی چشمه‌هایی که کمتر تحت تأثیر شدت و تراکم شکستگی قرار گرفته‌اند، و به دلیل فاصله زیاد آن‌ها تا گسل‌ها، نسبت به چشمه نورآباد کمتر می‌باشد. در ذیل عوامل کنترل‌کننده ظهور چشمه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

### ۳-۱-۱- توالی چینه‌ای و ظهور چشمه‌ها

در حوضه آبریز دشت ایذه واحدهای سنگی مختلفی رخنمون دارند که به ترتیب سنی از قدیم به جدید عبارتند از: داریان- فهلپان، کژدمی، ایلام- سروک، گورپی، پابده، آسماری، گچساران، کنگلومرای توکک و نهشته‌های کواترنری. نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰) شرکت نفت ملی ایران) و تصویر ماهواره‌ای منطقه (باند ۷۴۱) ترسیم شده است (تصویر ۲). ترکیب رنگی ۷۴۱، مناسب‌ترین ترکیب باندی جهت تشخیص و تمایز واحدهای چینه‌ای می‌باشد. در بازدیدهای صحرائی نیز سازندها و ساختارهای اصلی در منطقه شناسایی و مورد بررسی

پارامترهای عمده کنترل‌کننده ظهور و آبدهی چشمه‌ها، همچون تغییرات تراکم شکستگی، توپوگرافی و لیتولوژی می‌باشد و خصوصیات هیدروشیمیایی آب چشمه‌ها نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است.

### ۲- روش کار

در بررسی اولیه، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی منطقه، مورد مطالعه قرار گرفت و در طی عملیات میدانی در سراسر منطقه چشمه‌ها شناسایی شدند. در این بازدیدها با استفاده از دستگاه مکان-یاب ماهواره‌ای (GPS, Geographical Position System)، موقعیت مکانی و محل ظهور آنها تعیین و از نظر لیتولوژیکی و ساختاری مورد ارزیابی قرار گرفت. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل:

- ۱- تصویر ماهواره‌ای منطقه ایذه از سنجنده لندست (Landsat 2002)،
- ۲- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شرکت نفت ملی ایران، توپوشیت کوه آسماری،
- ۳- نقشه‌های توپوگرافی سازمان نقشه‌برداری کشور به صورت نقشه‌های رقومی شده (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰)،
- ۴- عکس-های هوایی سازمان نقشه‌برداری کشور (مقیاس ۱:۴۰۰۰۰)،
- ۵- دبی چشمه‌ها و مکانی چشمه‌ها با استفاده از جی پی اس، و
- ۶- خصوصیات فیزیکی-شیمیایی نمونه‌های آب چشمه‌ها می‌باشد. با به کارگیری توانایی‌های سنسجش از دور و جی آی اس (GIS, Geographical Information System) خطواره‌ها (شامل گسل‌ها، شکستگی‌ها و درزه‌ها) از نقشه زمین‌شناسی، تصویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی محدوده مورد مطالعه استخراج گردید. به منظور بررسی ارتباط بین ظهور چشمه‌ها و شکستگی‌ها، در محیط جی آی اس فاصله چشمه‌ها از گسل‌ها و شکستگی‌ها تعیین و با استفاده از نرم‌افزار سورفر هشت (Surfur 8) نقشه فراوانی شکستگی‌ها در واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه تهیه شدند. همچنین نمودار گل-سرخ (Roze Diagram) خطواره‌ها در محدوده تعدادی از چشمه‌ها ترسیم و جهت غالب آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای ارزیابی کیفیت شیمیایی آب چشمه‌ها و تأثیر واحدهای آب چینه‌ای از نتایج آنالیز شیمیایی آب ۱۲ چشمه حوضه آبریز دشت ایذه استفاده گردید.

### ۳- بحث و بررسی

#### ۳-۱- خصوصیات سفره آبدار کارستی و ظهور چشمه‌ها

سازندهای آهکی محدوده ایذه را بر مبنای تقسیم بندی ژئومورفولوژیکی می‌توان کارست انتقالی نامید. به علت اینکه در این

جدول ۱- مشخصات چشمه‌های حوضه آبریز دشت ایذه

شماره	نام چشمه	UTM		سازند منشاء	نوع ساختار	دهنه	آبدهی متوسط سالانه I/S
		X	Y				
Sp1	پاتوف	۴۰۱۵۶۶	۳۵۳۵۳۰۰	آسماری	تماسی	۲	۵
Sp2	تکاب	۴۰۱۲۹۳	۷۷۶۳۳۵۱	آسماری	درزه شکافی	۱	۵/۰
Sp3	فاروم	۳۹۳۴۴۴	۳۵۳۱۸۸۵	داریان‌فهلپیان	درزه شکافی	۱	۴
Sp4	لندی	۳۸۸۶۲۶	۳۵۲۳۰۰۲	آسماری	تماسی	۱	۶
Sp5	نورآباد	۳۹۰۰۸۸	۳۵۲۲۲۴۳	آسماری	درزه شکافی	۲	۴۵
Sp6	الهک	۳۸۸۹۰۶	۳۵۲۱۰۳۱	آسماری	درزه شکافی	۲	۹
Sp7	راسوند	۳۸۶۸۸۹	۳۵۲۶۶۴۳	آبرفت آسماری	آبرفتی	۱	۸
Sp8	اژگیل	۴۰۲۲۵۰	۳۵۲۰۲۰۰	آسماری	تماسی	۱	۳
Sp9	سلیمان	۳۹۰۹۳۱	۳۵۲۰۷۲۰	آسماری	درزه شکافی	۲	۴
Sp10	ککشور	۴۰۱۰۴۵	۳۵۱۴۰۳۰	آسماری	تماسی	۲	۵/۱
Sp11	چولگی	۳۹۲۷۰۲	۳۵۱۸۳۳۱	آسماری	تماسی	۱	۲
Sp12	سرقنات	۳۹۲۷۱۱	۳۵۲۱۱۷۹	آسماری	تماسی	۱	۱۵
Sp13	تلخاب	۳۸۴۱۷۹	۳۵۲۹۹۰۴	گچساران	درزه‌ای	۱	۹/۱

عمق کارست شدگی در آهک‌های آسماری را مشخص می‌کند. در واقع سازند پابده سنگ کف آبخوان کارستی آهک‌های آسماری را تشکیل داده است که در تصویر ۲ به خوبی مشخص می‌باشد.

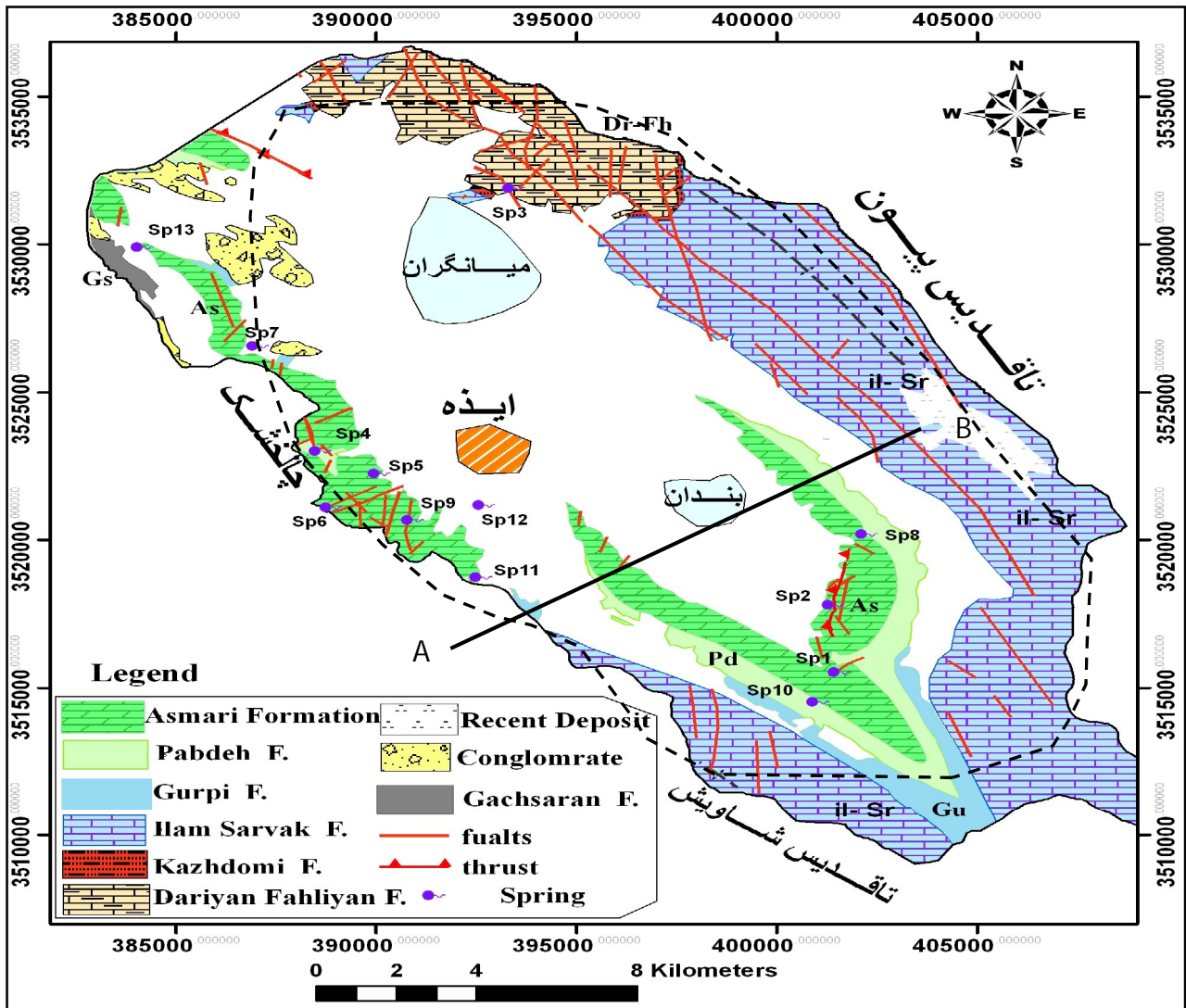
چشمه‌های چولکی، ککشور، اژگیل و لندی در مرز سازند آسماری با سازند نسبتاً نفوذ ناپذیر پابده ظهور یافته‌اند که از نوع چشمه‌های تماسی هستند و منبع تغذیه آنها آهک آسماری می‌باشد. آهک‌های آسماری حدود ۳۵/۶ کیلومتر مربع از مساحت کل حوضه آبریز دشت ایذه را پوشش داده است. ارتفاعات ناودیس نعل اسبی واقع در جنوب شرق ایذه، ارتفاعات شرق و غرب ایذه به وسیله آهک‌های کرم تا قهوه‌ای رنگ سازند آسماری تشکیل شده‌اند. سیستم‌های درزه و شکاف و سیماهای کارستی نظیر کارن، حفرات انحلالی مختلف و دره‌های خشک در این سازند گسترش دارند، همان‌طور که در نقشه زمین‌شناسی (تصویر ۱) و جدول ۱ مشاهده می‌شود، بیشتر چشمه‌های موجود در منطقه شامل چشمه سلیمان، الهک، نورآباد، تکاب و ... در آهک‌های درزه و شکافدار سازند کارستی آسماری برونزد دارند. همچنین در گذشته نیز چند چشمه در یال جنوبی ناودیس نعل اسبی در آهک آسماری وجود داشته است که پس از حفر چاه جهت تأمین آب شرب شهر ایذه در سازند آسماری خشک شده‌اند. هرچند که چشمه‌های سرقنات و راسوند در رسوبات کواترنری دشت رخنمون دارند، ولی منبع تغذیه عمده آنها از آهک آسماری مجاور آبرفت می‌باشد. به‌طور کلی آهک‌های آسماری، ایلام- سروک و داریان - فهلپیان واحدهای کارستی منطقه ایذه به حساب می‌آیند، ولی تمرکز چشمه‌ها در سازند آسماری است.

قرار گرفتند. ارتفاعات ناحیه شمالی دریاچه میانگران در تاقدیس پیون را، واحد آهک‌های ضخیم لایه داریان- فهلپیان تشکیل می‌دهند و فقط یک چشمه کوچک به نام فاروم با آبدهی ۴ لیتر در ثانیه در این واحد آهکی ظهور یافته است که آب شرب روستای قلعه کژدمی را تأمین می‌کند. در محدوده ایذه دو سازند آهکی ایلام و سروک از یکدیگر قابل تفکیک نمی‌باشند و به عنوان واحد ایلام- سروک معرفی شده است که در شمال شرق، جنوب شرق و جنوب محدوده ایذه به صورت هسته تاقدیس پیون، شاپوش و تنوش رخنمون دارد.

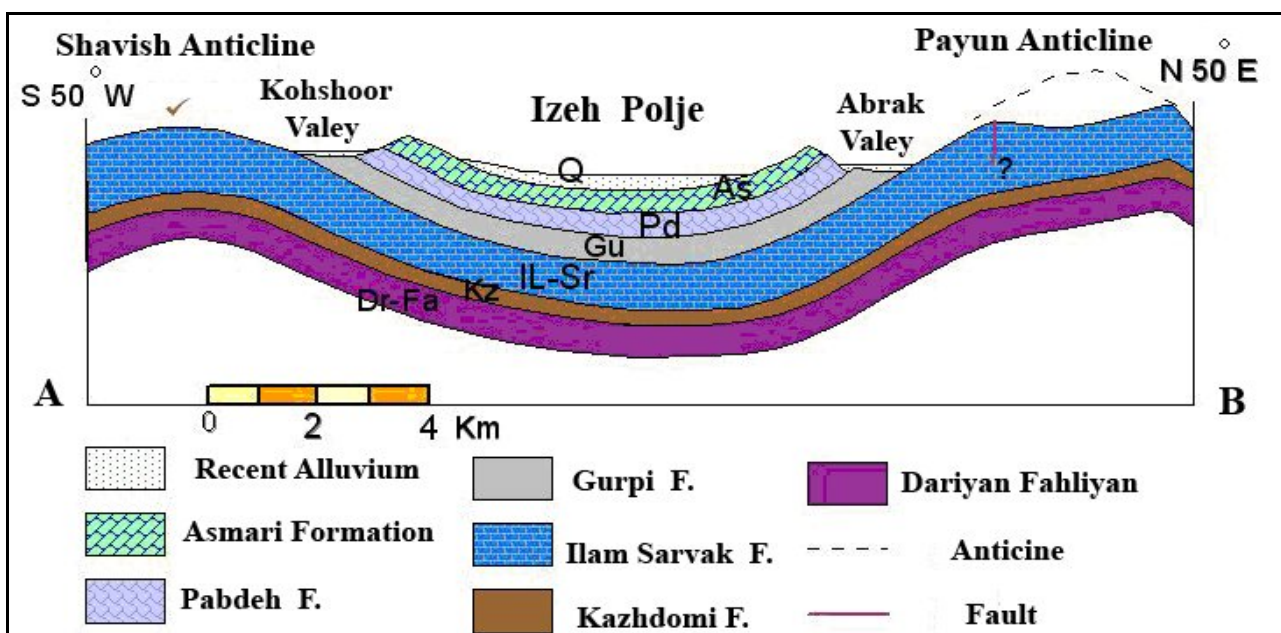
خرد شدگی فراوان و سیمای ژئومورفولوژیکی کارستی که در سطح این سازند مشاهده می‌شود، تأییدی بر تشکیل سفره آبدار کارستی در این واحد لیتولوژیکی می‌باشد. عدم ظهور چشمه در آهک‌های ایلام- سروک می‌تواند ناشی از عمق زیاد کارستی شدن در این محدوده باشد تصویر ۳ که بر اساس نقشه زمین‌شناسی تهیه شده است توالی واحدهای رسوبی و وضعیت ساختمانی حوضه آبریز دشت ایذه در مسیر AB (نقشه زمین‌شناسی تصویر ۲) را ارائه می‌کند. واحدهای سنگی پابده و گورپی متشکل از شیل، مارن و لایه‌های آهک رسی در زیر آهک‌های آسماری قرار دارند که رخنمون آنها در دره‌های آبراک و ککشور در جنوب شرق و جنوب شهر ایذه قابل مشاهده است. مقاومت کم و فرسایش پذیری بالای این واحدهای مارنی به همراه فعالیت‌های تکتونیکی در تشکیل دره‌های آبراک و ککشور تأثیر گذار بوده است.

سازند پابده به واسطه داشتن لایه‌های مارن با نفوذپذیری کم عموماً به صورت سد هیدرولیکی عمل نموده و از لحاظ هیدروژئولوژیکی





تصویر ۲- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه



تصویر ۳- مقطع زمین‌شناسی در مسیر A-B

### ۳-۱-۲- عوامل ساختمانی

منطقه ایذه از لحاظ زمین شناسی ناحیه‌ای بر اساس تقسیم بندی اشتوکلین (Stöcklin 1968) در ناحیه زاگرس چین‌خورده یا زاگرس خارجی قرار دارد. تغییر ناگهانی دشت به کوه و نیز زلزله‌های اخیر در منطقه ایذه از شواهد فعال بودن تکتونیک محدوده است. تاقدیس پیون در شرق و شمال، تاقدیس شاپوش در جنوب و شرق و تاقدیس چالخشک در غرب ایذه، ارتفاعات اصلی این محدوده را تشکیل می‌دهند. دشت ایذه یک پوزمه باز تکتونیک- کارستی است که عوارض و پدیده‌های ژئومورفولوژیک کارست در آن مشاهده می‌شود. ناودیس نعل اسبی در جنوب شرق ایذه از آهک آسماری تشکیل و از زیر توسط سازند پابده محصور شده است (تصویر ۳). فعالیت‌های تکتونیک در منطقه ایذه باعث ایجاد تخلخل درزه و شکافی (Fracture porosity) شده است. درزه و شکستگی‌ها در اثر عمل انحلال به‌ویژه در سنگ‌های کربناته (آسماری، ایلام سروک و فهلیان داریان) به تدریج توسعه یافته و مسیر مناسبی برای نفوذ آب و انحلال تدریجی ایجاد کرده اند که منجر به ظهور چشمه شده است.

### ۳-۱-۳- ارتباط بین ظهور چشمه‌ها و فاصله از شکستگی‌ها

نقش گسل‌ها و شکستگی‌ها در نفوذ و هدایت جریان آب، ایجاد تخلخل ثانویه، مجاری کارستی، ظهور چشمه‌ها و سایر سیماهای ژئومورفولوژیک کارست مؤید اهمیت مطالعه آن‌ها می‌باشند. مقایسه نتایج بررسی‌های هیدروژئولوژیک و سنجش از دور توسط (Elhatip and Günay 1998) بر روی چشمه‌های کارستی ساحل مدیترانه نشان داده است که سیماهای کارستی (همچون چشمه‌ها، غارها و ..) در محل برخورد شکستگی‌های اصلی و در امتداد خطواره‌ها قرار



تصویر ۴- نمائی از شکستگی و بازشدگی در آهک آسماری (جنوب شرق ایذه، دید به سمت جنوب)

گرفته‌اند. به طور کلی در مناطق کارستی زون‌های شکستگی نقش مهمی در تشکیل آب زیرزمینی ایفا می‌کنند (Hampson 1994). در

ارتفاعات آهکی منطقه ایذه شکستگی‌های فراوانی وجود دارد که اغلب در ارتباط با گسل‌ها می‌باشند. نمونه‌ای از شکستگی و بازشدگی در آهک آسماری در محدوده ناودیس نعل اسبی در تصویر ۴ ارائه شده است.

در تاقدیس چالخشک چند گسل با روند شمال شرق- جنوب غرب در آهک آسماری وجود دارد که بر شدت کارستی شدن و برونزد چشمه‌های اشکفت سلیمان، نورآباد، الهک و لندی نقش مؤثری داشته‌اند. در یال شرقی ناودیس نعل اسبی یک گسل رورانه (Trust fault) در آهک آسماری وجود دارد که در ایجاد شکستگی‌ها و برونزد چشمه‌های تکاب و پاتوف نقش مؤثری داشته است. در تاقدیس پیون (تصویر ۱) یک گسل اصلی موازی روند زاگرس (با امتداد شمال غرب- جنوب شرق) وجود دارد که موجب پایین افتادن سطح آب در سازندهای آهکی (ایلام- سروک و فهلیان- داریان) شده است. همین موضوع تعداد برونزد چشمه‌های تاقدیس پیون در مقاسیه با تعداد چشمه‌های تاقدیس چالخشک در غرب دشت ایذه را به وضوح ایجاد نموده است. با بکارگیری توانایی‌های سنجش از دور، جی آی اس، تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی و نقشه زمین‌شناسی، نقشه شکستگی‌ها (شامل گسل و شکستگی) تهیه شد (تصویر ۲).

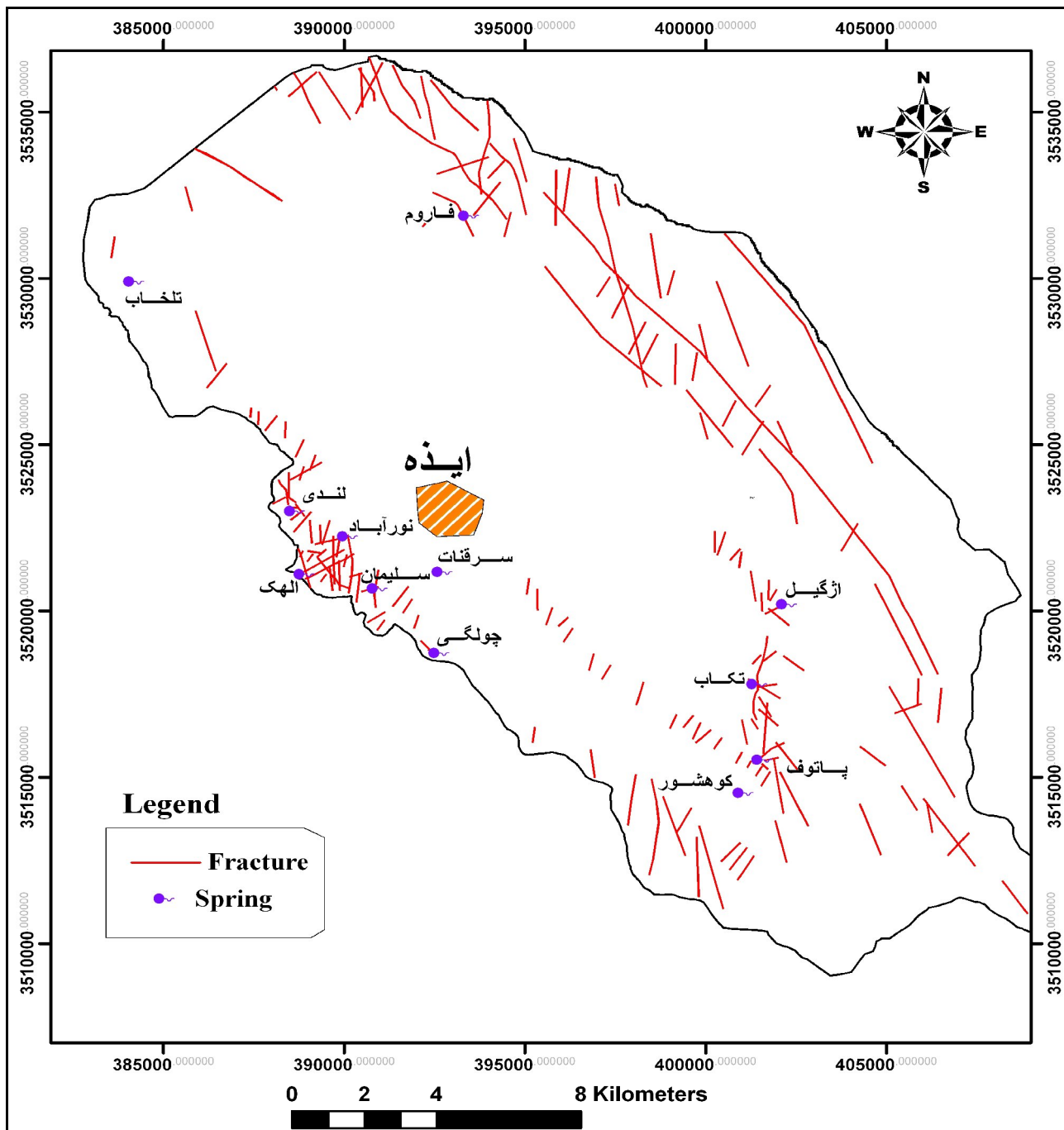
به منظور بررسی ارتباط بین ظهور چشمه‌ها و فاصله از شکستگی‌ها، در محیط جی آی اس لایه‌های بافر (Buffer) ۱۰۰ متری در اطراف گسل‌ها و شکستگی‌ها ایجاد گردید (تصویر ۵). بر اساس نقشه شکستگی‌ها و بازدیدهای صحرائی چشمه‌های لندی، نورآباد، الهک، تکاب، پاتوف، و فاروم در فاصله ۰ تا ۱۰۰ متری از شکستگی‌ها تشکیل شده‌اند، ولی در محدوده حوضه آبریز چشمه نورآباد که از آبدهی بیشتری برخوردار است، تجمع شکستگی‌ها بیشتر می‌باشند.

### ۳-۱-۴- ارتباط بین ظهور چشمه‌ها و فراوانی شکستگی‌ها

به منظور تهیه نقشه فراوانی شکستگی‌ها، شبکه‌ای با ابعاد ۲km km ۲× بر روی شکستگی‌های استخراج شده در محیط جی آی اس، پوشش داده شد و برای هر سلول تعداد شکستگی‌ها (Total number of fracture) محاسبه گردید. در نهایت نقشه فراوانی شکستگی ترسیم شد (تصویر ۶). در نقشه تهیه شده تراکم خطوط کتوری نشان دهنده فراوانی درزه‌ها و شکستگی‌ها بوده و نواحی با پتانسیل بالای نفوذپذیری و انتقال جریان آب را نشان می‌دهد که با محل ظهور چشمه‌ها مطابقت دارد. با توجه به نقشه شکستگی‌ها (تصویرهای ۲ و ۵) و مشاهدات صحرائی، شکستگی‌های آهک آسماری در نواحی چشمه‌های نورآباد و الهک که از آبدهی خوبی

نمودار گل‌سرخ (Rose Diagram) نمودار مناسبی برای نشان دادن جهت‌گیری گسل‌ها و شکستگی‌ها می‌باشد. برای ارزیابی روند شکستگی‌ها نمودار گل‌سرخ در محدوده برخی از چشمه‌ها ترسیم گردید (تصویر ۷) که بر اساس این نمودارها، شکستگی‌های مؤثر در ظهور چشمه‌های نورآباد، الهک و لندی در تاقدیس چالخشک عمدتاً از نوع شکستگی‌های عرضی (کششی) می‌باشند. از آنجا که شکستگی‌های کششی یا عرضی تحت تأثیر کشش به وجود آمده‌اند نسبت به شکستگی‌های طولی دارای بازشدگی بیشتری هستند و در

برخوردار می‌باشند بیشتر است. بطور کلی ظهور چشمه‌ها و آبدهی آن‌ها ارتباط مستقیمی با فراوانی گسل‌ها و شکستگی‌ها دارد. با توجه به مطالب فوق حرکات تکتونیکی منطقه باعث ایجاد خردشدگی و درزه و شکاف زیاد در تشکیلات آهکی منطقه گردیده است. وجود این درزه و شکاف‌ها باعث شده تا ریزش‌های جوی که در منطقه ایذه قابل توجه می‌باشد از طریق این درزه و شکاف‌ها آبخوان کارستی را تغذیه نماید که بخشی از این آب‌های نفوذی از طریق چشمه‌ها خارج می‌شوند.



تصویر ۵- نقشه شکستگی‌ها و موقعیت ظهور چشمه‌ها

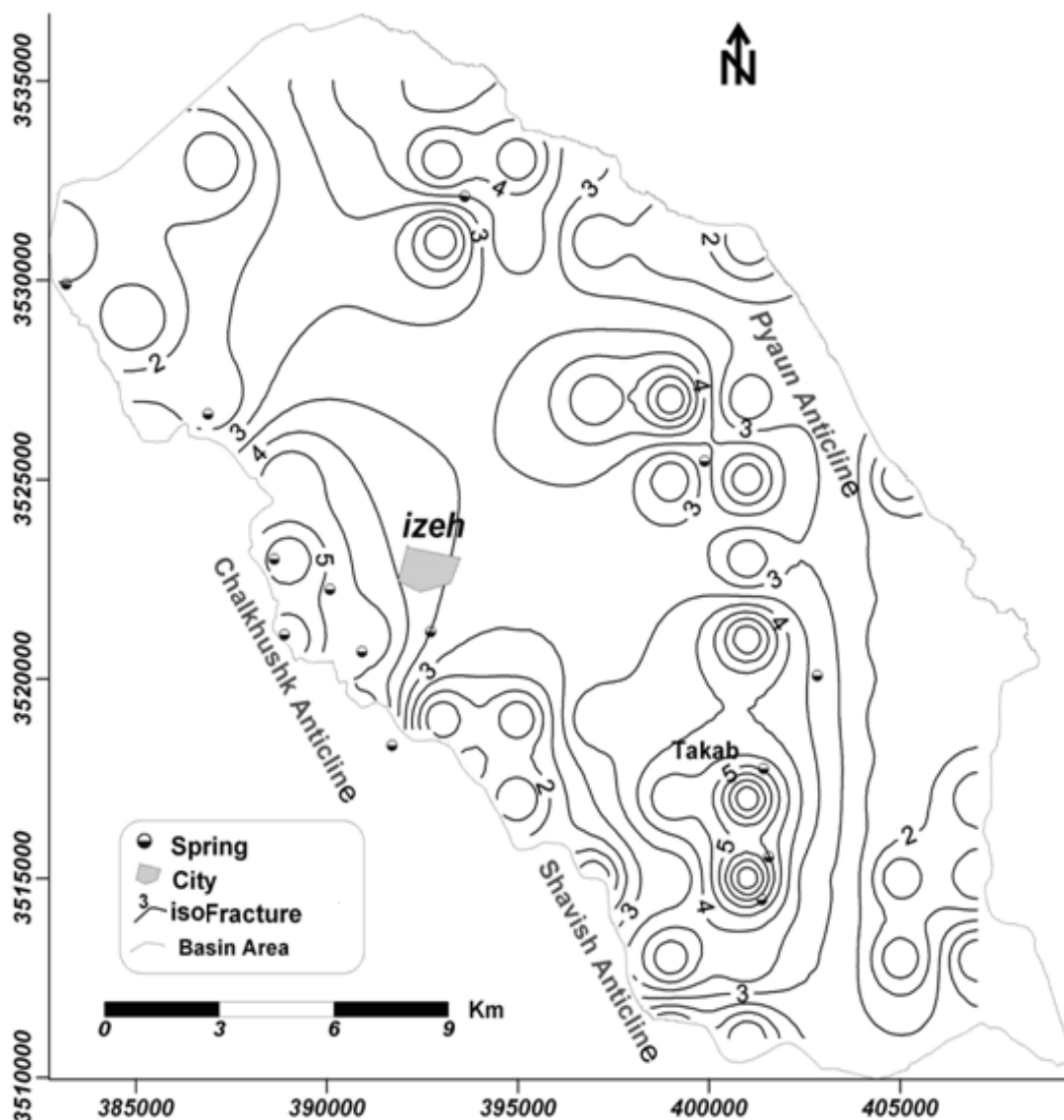


پوشش گیاهی دارد که پوشش گیاهی به نوبه خود از عوامل مؤثر در مقدار نفوذ و رواناب است. توپوگرافی یک پارامتر پیچیده است که می‌تواند در سیمای بیرونی و یا در ساختارهای داخلی سنگ مانند گسل‌ها و زون شکستگی‌ها منعکس گردد (Henriksen 2003). بطور کلی توپوگرافی نقش مؤثری در نواحی تغذیه و تخلیه و برونزد چشمه‌های کارستی دارد. در منطقه ایذه فعالیت‌های تکتونیکی و چین‌خوردگی موجب بالا آمدگی سازندها شده است، به طوری که ارتفاع سازندهای آهکی در بخش جنوب شرقی این محدوده به ۳۰۰۰ متر می‌رسد که به نوبه خود در بالا بودن مقدار ریزش‌های جوی مؤثر واقع شده است. همچنین درزه و شکستگی‌های فراوانی در نتیجه بالا آمدگی این سازندها آهکی به وجود آمده که منجر به ظهور چشمه‌ها شده است. ارتفاع متوسط دشت ایذه حدود ۸۶۰ متر می‌باشد، و همان

نتیجه دارای پتانسیل بالایی از نظر نفوذ پذیری، ذخیره و انتقال آب می‌باشند. در چشمه تکاب شکستگی‌ها از نوع طولی و در چشمه‌های پاتوف و فاروم شکستگی‌ها از نوع طولی و عرضی می‌باشند. با توجه به بازدیدهای صحرایی از محدوده مورد مطالعه، بیشتر شکستگی‌های موجود در آهک‌های آسماری دارای شیب زیاد هستند که این عامل نیز در تراوایی بیشتر این سازندها مؤثر واقع شده است.

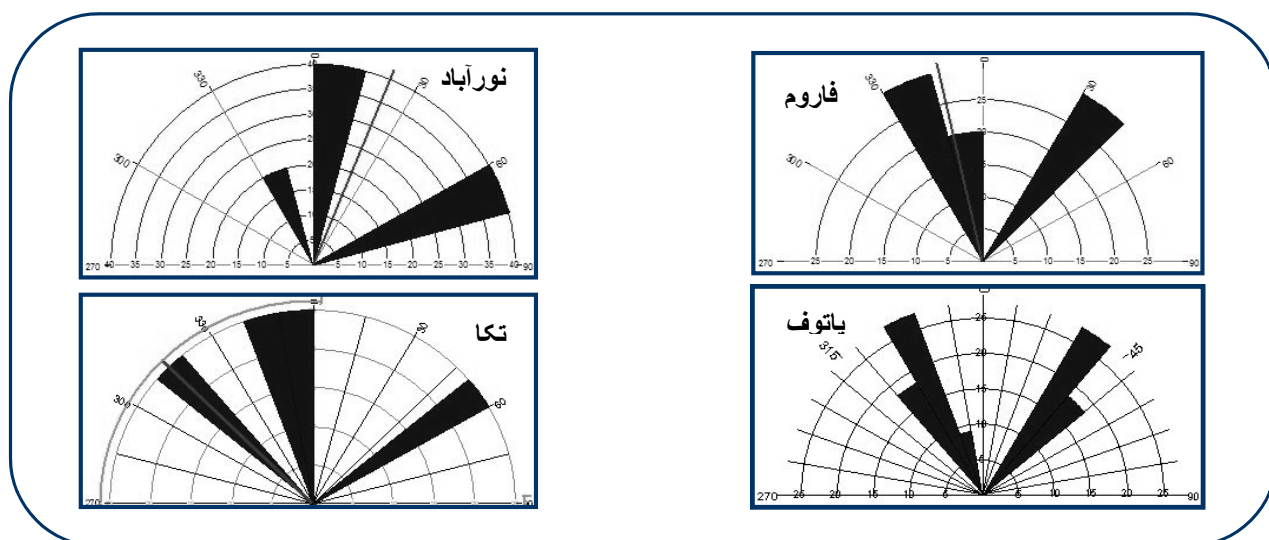
### ۳-۱-۵- توپوگرافی

متغیرهای کنترل کننده فرآیندهای کارستی به سه عامل عمده شیمیایی، فیزیکی و موقعیت هیدروژئولوژیکی تقسیم می‌شوند (White 1988). یکی از پارامترهای فیزیکی اختلاف ارتفاع است که نقش مؤثری در میزان وقوع بارندگی، تبخیر و تعرق، دما و وضعیت

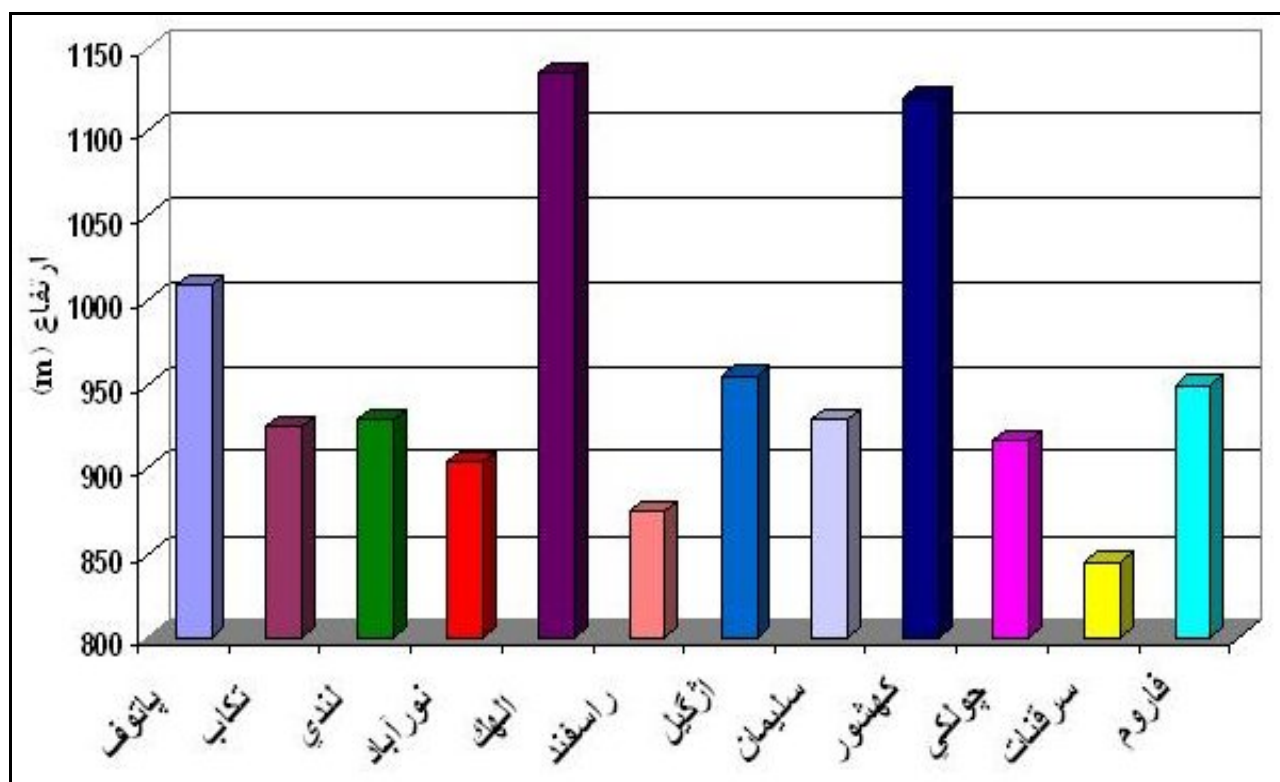


تصویر ۶- نقشه فراوانی شکستگی‌های منطقه آهکی حوضه آبریز دشت ایذه





تصویر ۷- نمودار گل‌سرخ (Rose Diagram) شکستگی‌ها در محدوده تعدادی از چشمه‌های حوضه آبریز دشت ایذه



تصویر ۸- نمودار ارتفاع ظهور چشمه‌ها در حوضه آبریز دشت ایذه

میزان شیب در تاق‌دیس پیون کمتر می‌باشد. چشمه نورآباد در مقایسه با چشمه‌های مجاور خود (الهک، سلیمان و چولگی) که در ارتفاع کمتری قرار دارد، از آبدهی بیشتری برخوردار است.

### ۳-۲- نوسان آبدهی چشمه‌ها و برآورد موزه آبریز

از ویژگی‌های عمده چشمه‌ها، تفاوت دبی آنها در فصل تر و خشک است. تصویر ۹ نمودار تغییرات آبدهی چشمه‌ها (بر حسب لیتر در

طور که در تصویر ۸ مشاهده می‌شود در ارتفاعات گوناگون چشمه‌ها ظهور یافته‌اند، ولی ارتفاع محل ظهور اکثر چشمه‌ها بیش از ۹۰۰ متر است. در یک منطقه که کارست خوب توسعه یافته باشد معمولاً رابطه ای بین ارتفاع محل ظهور چشمه و آبدهی باید وجود داشته باشد، و هر چند که این رابطه در چشمه نورآباد مشاهده می‌شود ولی در مورد بقیه چشمه‌ها صدق نمی‌کند. میزان شیب که تحت کنترل توپوگرافی است در نواحی تمرکز چشمه‌ها در تاق‌دیس چالخشک در مقایسه با

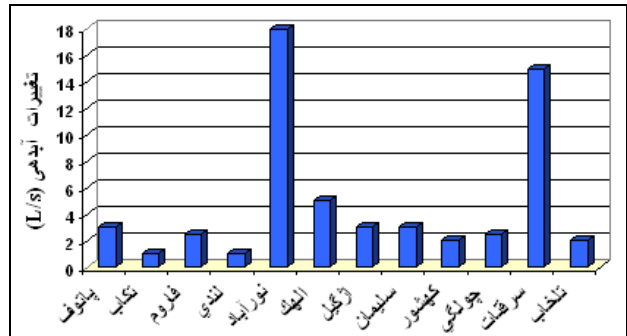
$$Q_B = IAP \quad (1)$$

$Q_B$ : ميزان تخليه چشمه در سال ( $m^3$ ).

A: مساحت حوضه آبيگر چشمه ( $km^2$ ).

P: متوسط بارندگى سالانه (mm) و

I: درصد نفوذ بارندگى.



تصوير ۹- نمودار تغييرات آبدى چشمه‌ها

مقدار ضريب نفوذ پذيرى به عواملى مثل ميزان و نوع نزولات جوى، شدت بارندگى، تراكم درزه‌ها، گسترش و عمق بازشدگى درزه‌ها و ... بستگى دارد. با توجه به توسعه شكستگى‌ها، درصد نفوذ در اين منطقه حدود ۳۰ درصد در نظر گرفته شد. با داشتن متوسط بارندگى ساليانه در محدوده مورد مطالعه ( $670 \text{ mm}$ ) و تخليه سالانه چشمه‌ها، مساحت حوضه آبيگر چشمه‌ها محاسبه گرديد (جدول ۲). حوضه آبيگر چشمه نورآباد (بيشترين مساحت) حدود  $4/24 \text{ km}^2$  و حوضه آبريز چشمه تكاب (كمترين مساحت) با كمترين آبدى ( $0/5 \text{ L/S}$ ) حدود  $0/05 \text{ km}^2$  محاسبه شده است

### ۳-۳- كيفيت آب چشمه‌ها و شاخص اشباع

براي بررسى كيفيت آب از ۱۲ چشمه منطقه مورد مطالعه نمونه بردارى شد كه نتايج آناليز شيميايى آنها در جدول ۳ ارائه شده است. رخساره‌هاى هيدروشيميايى ( $\text{Hydrochemical facies}$ ) جهت

ثانيه) را نشان مى‌دهد. تغييرات قابل ملاحظه در ديبى چشمه نورآباد نشان دهنده توسعه بيشتر مجارى كارستى در حوضه آبريز اين چشمه نسبت به ساير چشمه‌ها مى‌باشد. چشمه آبرفتى سرقنات يك چشمه فصلى است كه بيشتر در فصل زمستان و بهار فعال و آبدى آن تحت تاثير نوسان سطح آب در آبخوان كارستى غرب ايذه است. با توجه به بررسى‌هاى صحرايى و موقعيت ظهور چشمه‌ها مخزن تايمين كننده آب چشمه نورآباد در غرب ايذه سفر آبدار اصلى مى‌باشد، در حاليكه مخازن تايمين كننده آب ساير چشمه‌ها سفره آبدار زير سطحى ( $\text{Subcataneous zone}$ ) است. هرچند محاسبه حوضه آبريز يك چشمه آسان نمى‌باشد ولي با استفاده از آمار و اطلاعات موجود، مساحت حوضه آبيگر چشمه‌هاى مورد مطالعه با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گرديد:

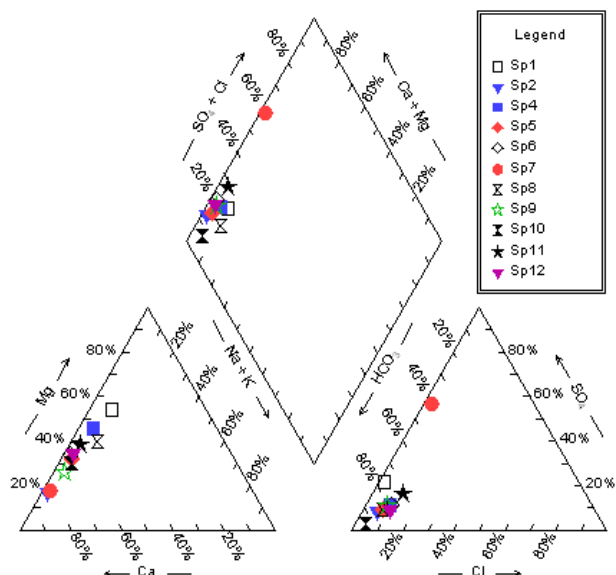
جدول ۲- مساحت حوضه آبيگر چشمه‌ها بر حسب كيلومتر مربع

چشمه	پاتوف	تكاب	لندي	نورآباد	الهك	ازگيل	سليمان	كهشور	چولكي	فاروم	تلخاب
حوضه آبيگر	۰/۴۷	۰/۰۵	۰/۵۶	۴/۲۴	۰/۸۵	۰/۲۸	۰/۳۸	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۳۸	۰/۱۸

جدول ۳- نتايج آناليز شيميايى نمونه‌هاى آب چشمه‌هاى حوضه آبريز دشت ايذه ( $\text{meq/l}$ )

شماره	نام	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	TDS ( $\text{mg/l}$ )	$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{Na}^{+}$	$\text{K}^{+}$	$\text{HCO}_3^{-}$	$\text{Cl}^{-}$	$\text{SO}_4^{-2}$
Sp1	پاتوف	۵۰۰	۲۳	۷/۸	۲۷۵	۸۹/۱	۷۵/۲	۰/۴۵	۰/۰۵	۵۵/۳	۰/۱۴	۰/۹۸
Sp2	تكاب	۳۰۰	۶/۲۱	۱/۸	۱۶۵	۴۲/۲	۰/۵	۰/۰۷	۰/۰۲	۷/۲	۰/۲	۰/۲۵
Sp3	فاروم	۲۰۵	۲۳	۷/۷	۱۱۳	۴۶/۱	۰/۴۸	۰/۰۷	۰/۰۲	۵/۱	۰/۱۱	۰/۲۷
Sp4	لندي	۲۳۰	۲۲	۹/۷	۱۳۰	۲/۱	۱۲/۱	۰/۱۴	۰/۰۲	۸۴/۱	۰/۲۴	۰/۲۶
Sp5	نورآباد	۳۲۰	۲۲	۶/۷	۱۸۰	۱۲/۲	۰/۶۱	۰/۱۴	۰/۰۲	۵۶/۲	۰/۲۶	۰/۲۹
Sp6	الهك	۲۳۰	۲۱	۲/۸	۱۲۶	۴۵/۱	۰/۷۸	۰/۰۷	۰/۰۱	۷/۱	۰/۲۴	۰/۲۳
Sp7	راسوند	۹۱۰	۲۳	۶/۷	۵۰۰	۶۳/۷	۷/۱	۰/۲۹	۰/۰۳	۳/۷۶	۰/۳۵	۳۲/۵
Sp8	ازگيل	۶۱۰	۲۳	۷/۷	۳۸۰	۳۵/۳	۷/۲	۰/۶۲	۰/۱۲	۴۶/۵	۰/۵۵	۰/۵۷
Sp9	سليمان	۲۶۰	۲۲	۸	۱۴۷	۹۷/۱	۰/۷۳	۰/۱۱	۰/۰۳	۱۶/۲	۰/۲۵	۰/۲۹
Sp10	كهشور	۸۵۰	۲۱	۶/۷	۴۹۵	۳/۶	۸۸/۲	۰/۵۳	۰/۰۵	۸۴/۸	۰/۴۷	۰/۲۴
Sp11	چولكي	۲۵۰	۲۲	۸	۱۳۹	۵۴/۱	۰/۲۱	۰/۱۱	۰/۰۲	۸۲/۱	۰/۳۲	۰/۴۱
Sp12	سرقنات	۳۰۰	۲۱	۷/۷	۱۶۵	۹۵/۱	۰/۷۱	۰/۱۱	۰/۰۲	۳۸/۲	۰/۳۴	۰/۲۶

می‌باشد ولی همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود تفاوتی در میزان غلظت املاح آب چشمه‌ها مشاهده می‌شود. اشباع می‌باشد و این پارامتر در شناسایی خصوصیات هیدروشیمیایی و همچنین نوع جریان در منطقه کارستی حائز اهمیت است.



تصویر ۱۰- دیاگرام پایبر نمونه‌های آب چشمه‌های حوضه آبریز دشت ایذه

نمایش اختلاف در ترکیب شیمیایی آب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (Fetter 1999). برای بررسی نوع آب چشمه‌ها می‌توان از دیاگرام پایبر استفاده نمود که با استفاده از نرم‌افزار AqQa ترسیم گردید (تصویر ۱۰). با توجه به دیاگرام پایبر رخساره آب چشمه پاتوف از نوع بیکربناته- منیزیک، چشمه راسوند سولفاته- کلسیک است و رخساره آب سایر چشمه‌ها بیکربناته- کلسیک می‌باشد.

چشمه راسوند در مسیر یک فئات قدیمی ظهور یافته و در فاصله حدود ۳۰۰ متری از اولین میل‌چاه قدیمی، سازند گچساران قرار گرفته است. این سازند موجب نامطلوب شدن کیفیت آب چشمه شده است. بنابراین کیفیت شیمیایی آب چشمه راسوند با رخساره سولفاته- کلسیک و تی دی اس (TDS, ...) بیشتر نسبت به سایر چشمه‌ها متأثر از سازند گچساران می‌باشد. چشمه سرفقات در رسوبات آبرفتی جاری می‌شود اما دارای رخساره بیکربناته کلسیک است که نشان دهنده تغذیه از ارتفاعات آهکی (چالخشک) در غرب دشت می‌باشد. از آب چشمه فصلی سرفقات جهت مصرف کشاورزی استفاده می‌شود. چشمه‌های الهک، نورآباد، چولگی و ازگیل با توجه به کیفیت خوبی که دارند تأمین کننده آب مصرفی روستاهای مجاور خود هستند. هر چند که واحد آهکی آسماری تغذیه کننده عمده چشمه‌ها

جدول ۴- شاخص اشباع کلسیت آب چشمه‌ها

چشمه	پاتوف	تکاب	فاروم	لندی	نورآباد	الهک	راسوند	ازگیل	سلیمان	کشور	چولگی	سرفقات
SIC	۱۲/۱	۰/۶۱	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۱۶-۰/۱	۰/۳۱	۰/۵۷	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۶۷	۰/۳۸	۰/۰۶

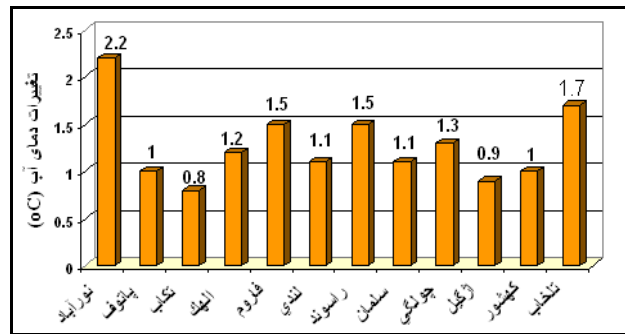
نشان دهنده نوع جریان مجرای- انتشاری در مسیر جریان آب این چشمه می‌باشد.

با توجه به مطالعات (White 1988)، تغییرات فصلی دمای آب چشمه‌ها معیاری است که در تشخیص جریان انتشاری و مجرای به کار گرفته می‌شود. در سیستم‌های انتشاری به علت طولانی بودن زمان ماندگاری، تغییرات چندانی در درجه حرارت آب مشاهده نمی‌شود. میزان تغییرات دمای آب را در چشمه‌های کانالی  $5/9^{\circ}\text{C}$  و در چشمه‌های انتشاری  $1/32^{\circ}\text{C}$  تعیین کرده اند (Cowell & Ford, 1983) با توجه به نمودار تغییرات فصلی دمای آب چشمه‌های ایذه (تصویر ۱۱)، سیستم جریان آب در چشمه‌های الهک، لندی، سلیمان، چولگی و تکاب غالباً انتشاری می‌باشد. هر چند که تغییرات فصلی دمای آب (بیش از  $1/32^{\circ}\text{C}$ ) در چندین چشمه منطقه ایذه نیز مشاهده شده است ولی با توجه به این پارامتر و آبدهی چشمه‌ها فقط چشمه نورآباد بر سیستم جریان مجرای- انتشاری دلالت دارد.

(Langmuir 1997). در مناطقی که آب زیرزمینی از نظر درجه اشباع، تحت اشباع و یا اشباع باشد، بیان کننده وضعیت هیدروژئولوژیکی می‌باشد. وضعیت هیدروژئولوژیکی زیرسطحی نیز می‌تواند تابعی از سیمای سطحی در منطقه کارستی باشد. با استفاده از نرم‌افزار Phreeqc Interactive 2.6 شاخص اشباع (Saturation Index) کلسیت نمونه‌های آب چشمه‌ها محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، آب اکثر چشمه‌های منطقه نسبت به کانی کلسیت اشباع می‌باشند و شاخص اشباع مثبت به نوبه خود منعکس کننده جریان انتشاری است. و جریان انتشاری نیز نشان دهنده عدم گسترش زیاد شکستگی در حوضه آبریز چشمه‌های مورد نظر می‌باشد. میزان شاخص اشباع کلسیت (SIC, Saturation Index of Calcite) فقط در چشمه نورآباد منفی می‌باشد که شرایط تحت اشباع را نشان می‌دهد و منعکس کننده تراکم بیشتر شکستگی سطحی و زیرسطحی و همچنین

۸- مجموع املاح آب اکثر چشمه‌ها کمتر از  $300 \text{ mg/l}$  می‌باشد و رخساره آنها بیکربناته- کلسیک می‌باشد. به طور کلی در مناطق کارستی شدت فرآیند کارستی موجب نامطلوب شدن کیفیت منابع آب می‌شود، ولی در منطقه ایزده به علت کارستی شدن نسبی در محدوده‌ای که تراکم درزه‌ها بیشتر است کیفیت آب مطلوب‌تر می‌باشد.

۹- میزان شاخص اشباع نمونه‌های آب چشمه‌ها بیان‌کننده تراکم نسبی شکستگی و همچنین نوع جریان می‌باشد.



تصویر ۱۱- نمودار تغییرات فصلی دمای آب چشمه‌ها (طی دو فصل خشک و تر)

### تشکر و قدردانی

از معاونت محترم مطالعات پایه منابع آب (سازمان آب و برق خوزستان) که هزینه اجرای پروژه را تامین نموده اند و همچنین گروه زمین‌شناسی دانشگاه شهید چمران که در انجام این پژوهش مساعدت کرده‌اند، سپاسگزاری می‌شود.

### مراجع

- احمدی، ا.، ۱۳۸۰، "شبیه سازی جریان در آبخوان دشت ایزده با استفاده از مدل ریاضی عددی تفاضلات محدود به منظور اعمال مدیریتی بهینه"، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز.
- علیجانی، ف.، ۱۳۸۱، "هیدروژئوشیمی و آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت ایزده"، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- کشاورزی، م. و کلانتری، ن.، ۱۳۸۵، "ارزیابی آب دریاچه‌های ایزده در تأمین آب کشاورزی اراضی حاشیه دشت ایزده"، مجموعه مقالات همایش ملی آبیاری و زهکشی، اهواز، دانشگاه شهید چمران، ۱۳۷۲-۱۳۷۳.
- کشاورزی، م.، ۱۳۸۵، "بررسی نواحی مناسب و ارائه روش بهینه جهت تغذیه مصنوعی در منطقه ایزده- پیون"، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز.
- کلانتری، ن. و محمدی احمد آبادی، ر.، ۱۳۷۹، "بررسی هیدروشیمیایی منابع آب ارتفاعات جنوب بهشهر و ارتباط آن با توسعه کارست منطقه"، چهارمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، تبریز: ۶۵-۶۲.
- کلانتری، ن.، گرمی‌فرد، م. و چرچی، ع.، ۱۳۸۵، "بررسی اثر شکستگی‌ها بر ظهور چشمه‌های منطقه سردشت شهیون در استان خوزستان"، فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین، ۷۱-۶۲.

### ۴- نتیجه گیری

با توجه به مطالعات انجام شده نتایج ذیل به دست آمده است که عبارتند از:

- دشت ایزده یک پوزنه تکتونیک- کارستی است که سیمای ژئومورفولوژیکی کارستی در آن مشاهده می‌شود.
- واحد آهک آسماری از نظر تأمین آب مهمترین سفره آبدار کارستی در حوضه آبریز دشت ایزده می‌باشد و سازند پابده به واسطه داشتن لایه مارنی از لحاظ هیدروژئولوژیکی عمق کارست‌شدگی آهک آسماری را مشخص می‌کند.
- بیشتر چشمه‌ها از سازند کارستی آسماری سرچشمه می‌گیرند و از نوع درزه‌ای- شکافی و یا تماسی می‌باشند.
- میزان شیب در تاقدیس چالخشک (نواحی تمرکز چشمه‌ها) در مقایسه با میزان شیب در تاقدیس پیون کمتر می‌باشد. چشمه نورآباد که در ارتفاع کمتری در مقایسه با چشمه‌های مجاور (الهک، سلیمان و چولگی) قرار دارد، از آبدهی بیشتری برخوردار است.
- بر اساس نقشه شکستگی، چشمه‌های لندی، نورآباد، الهک، تکاب، پاتوف و فاروم در فاصله ۰ تا ۱۰۰ متری از شکستگی‌ها ظهور یافته‌اند. بطور کلی ظهور چشمه‌ها و آبدهی آنها ارتباط مستقیمی با فراوانی شکستگی‌ها دارد. نبود چشمه در آهک ایلام- سروک می‌تواند به دلیل پایین افتادن سطح آب در نتیجه عملکرد گسل تاقدیس پیون باشد و همچنین می‌تواند ناشی از عمق کارستی شدن باشد.
- چشمه نورآباد با بیشترین آبدهی ( $45 \text{ l/s}$ ) با حوضه آبگیر  $4/24 \text{ km}^2$  و چشمه تکاب با کمترین آبدهی ( $0/6 \text{ l/s}$ ) و با حوضه آبگیر  $0/05 \text{ km}^2$  در آهک آسماری ظهور یافته‌اند. آبدهی چشمه نورآباد نشان دهنده شدت و توسعه کارستی شدن نسبی آهک آسماری در غرب ایزده می‌باشد.
- سیستم جریان آب در چشمه‌های لندی، الهک، چولگی و تکاب غالباً انتشاری و در چشمه نورآباد مجرای- انتشاری می‌باشد.

Cowell, D.W. & Ford D.C. 1983, "Karst hydrology of the Bruce Peninsula, Ontario, Canada", V. T.



- Stöcklin, J., 1968**, "Structural history and tectonic of Iran, A review", *American of Petroleum Geologists Bulletin*, Vol. 52 (7): 1229-1258.
- Todd, D.K., 2005**, "Groundwater hydrology", 3rd. *New York: John Wiley and Sons*.
- Todd, D.K., and Mays, L.W., 2005**, "Ground-water hydrology (3<sup>ed</sup>): John Wiley and Sons, New York: 636 p.
- White, W.B., 1988**, "Geomorphology and hydrology of Karst Terrains", *Oxford Univ. Press, New York*.
- Stringfield Symposium- Processes in Karst Hydrology, Journal of Hydrology, Vol. 61(1-3): 163-168.**
- Das, D., 1990**, "Satellite remote sensing in subsurface water targeting", *Proceeding ACSMASPRS annual convention: 99-103*.
- Das, D., 1996**, "Environmental appraisal for water resource development Proceedings", *International Conference on Disaster Management (ICODIM): 499-507 Guwahati: India, Organized by Tejpur University*.
- Desmarais, K.M. & Rojstaczer, S., 2002**, "Inferring source waters measurements of carbonate spring response to storms", *Journal of hydrology, Vol. 260: 118-134*.
- Elhatip, H. & Günay, G., 1998**, "Karst hydrogeology of the Kas,-Kalkan springs along the Mediterranean coast of Turkey", *Environmental Geology, Vol. 36 :1-2*.
- Fetter, C. W., 1999**, "Contaminant hydrgeology", 2d ed., *Prentice Hall Inc., NJ*.
- Ford, D.C. & Williams, P.W., 1988**, "Karst geomorphology and hydrology". *Unwin Hyman, USA*.
- Hampson, S.K., 1994**, "The impact of agricultural practices on epikarstic ground-water quality in the Inner Blue Grass Region of Kentucky: Lexington", *University of Kentucky, M.S. Thesis: 288 p*.
- Henriksen, H., 2003**, "The role of some regional factors in the assessment of well yields from hard-rock aquifers of Fennoscandia", *Hydrogeology Journal, Vol. 11:628-645*.
- Kalantari N. & Farzad A., 2001**, "Groundwater occurrence in alluvium Tectonic Valley", *Journal of Applied Hydrology, : 18-23*.
- Langmuir, D. 1997**, "Aqueous Environmental geochemistry", *Prentice Hall, New Jersey*.
- Rahnemaei, M., 2005**, "Application of spectral analysis of daily water level and spring discharge hydrographs data for comparing physical characteristics of karstic aquifers" *Journal of Hydrology, Vol. 311: 106-116*.