فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی
سال ۷ (۱۳۹۰)، شماره ۲: ۱۵۶-۱۴۷
www.appliedgeology.ir

مقایسه تغییرات شیمیایی آب در منابع آب مورد مطالعه حوضه مهارلو، استان فارس

رقیه عزیزی حقیقت*[1]، مهرداد رهنمایی[2] و محمد منشوری[1]

۱) گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم وتحقیقات تهران، azizi_s15@yahoo.com, m_manshouri@yahoo.com

۲) گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز، rahnemaei@iaushiraz.ac.ir

*) عهده‌دار مکاتبات

تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۱۴ ؛ تاریخ دریافت اصلاح شده: ۹۰/۶/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۲۵ ؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۰/۶/۳۰

چکیده

مطالعه تغییرات کیفی در چاه‌های کارستی و آبرفتی و مقایسه آنها برای استخراج اطلاعات زمین آبشناختی مورد نیاز اهمیت دارد. در این تحقیق، تغییرات کیفی در ستون آب داخل چاه‌ها شامل چهار عامل اکسیژن محلول، دما، هدایت الکتریکی و اسیدیته (pH) مورد بررسی گرفت. لذا اقدام به انتخاب دو چاه آبرفتی و چهار چاه اکتشافی کارستی در حوضه مهارلو شد. چاه‌های آبرفتی شاغول بیگی و اقبال‌آباد و چاه‌های آهکی باباحاجی و گلچهره در آبخوان قره در جنوب شیراز، پیربنو در آبخوان سبزپوشان و قصرقمشه در غرب شیراز قرار دارند. مشخص شد که الگوی تغییرات دما و اکسیژن محلول در چاه‌های آهکی و کارستیک مشهودتر از چاه‌های آبرفتی است. در آبخوان‌های کارستی اندازه‌ی دما کمتر ولی غلظت اکسیژن محلول بیشتر از آبخوان‌های دیگر است. میزان تغییرات هدایت الکتریکی و اسیدیته در چاه‌های آبرفتی بیشتر است و این نشان از تأثیر لایه‌های متفاوت در بدنه آبخوان، تأثیر جزیی آنها بر این دو عامل و وجود جریان‌های آرام در آنهاست. در چاه‌های کارستی تلاطم جریان، باعث یکدست شدن بیشتر آنها از لحاظ کیفی شده است.

واژه‌های کلیدی: کارست، آبرفت، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول، دما.

۱- مقدّمه

یکی از بهترین راه‌های مطالعه لایه‌های آبرفتی و آبدار آهکی، مطالعات چاه‌ها هستند که مطالعات زمین‌شناسی سطحی را تکمیل می‌کنند. در آبخوان‌ها عمدتاً شیمی آب تابع ترکیب شیمیایی کانی‌ها و مواد تشکیل دهنده آنهاست. نوع و غلظت مواد محلول در آب‌های زیرزمینی تابع عوامل مختلفی از قبیل شرایط محیطی و جریان، انتقال و نیز منشاء آب‌های زیرزمینی می‌باشند (Todd 2005). در این مقاله تغییرات زمانی چهار عامل هدایت الکتریکی، دما، اکسیژن محلول و اسیدیته آب در چاه‌های انتخابی آبرفتی و کارستی در حوضه‌ی مهارلو مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. مطالعه چهار عامل مورد نظر، در تعیین منشاء و بیان الگوی جریان آب زیرزمینی مهم است (رهنمایی ۱۳۸۸، Winslow 1962, Nightingale 1975 , Davis 1975 Wade & Reiter 1994, Su et al. 2004).

تغییرات هدایت الکتریکی در یک آبخوان ناشی از غلظت و ماهیت املاح می‌باشد (Tutmez & Kaymak 1998, Burger & Čelková 2003, Zaharin et al. 2009, Lee & Moon 2008). مقدار اکسیژن محلول در آب، طبق قانون هنری ، تابعی از دما و فشارجزئی اکسیژن موجود در محیط است. شوری و فشار هوا نیز عوامل فیزیکی مؤثری

در میزان اکسیژن محلول در آب می‌باشند. دما یکی از مهم‌ترین عوامل فیزیکی آب زیرزمینی است. نوسانات فصلی دما معمولاً تا عمق ۱۰ الی ۲۰ متر در آبخوان تأثیر می‌گذارد. بدین ترتیب دمای آب‌های زیرزمینی پایین‌تر از این عمق تغییرات زیادی ندارد. تحقیقات زیادی بر روی این چهار عامل صورت گرفته است، که بعضی از آن‌ها به شرح ذیل می‌باشند (Mehanni & Rengasamy 2007, Zhou et al. 2006, Constantz 2005, Akhilesh & Savita 2007, Luetscher & Jeannin 2004, Bredehoeft & Dopulos 1965, Domenic & Palciauska 2005, Jeannin et al. 1997).

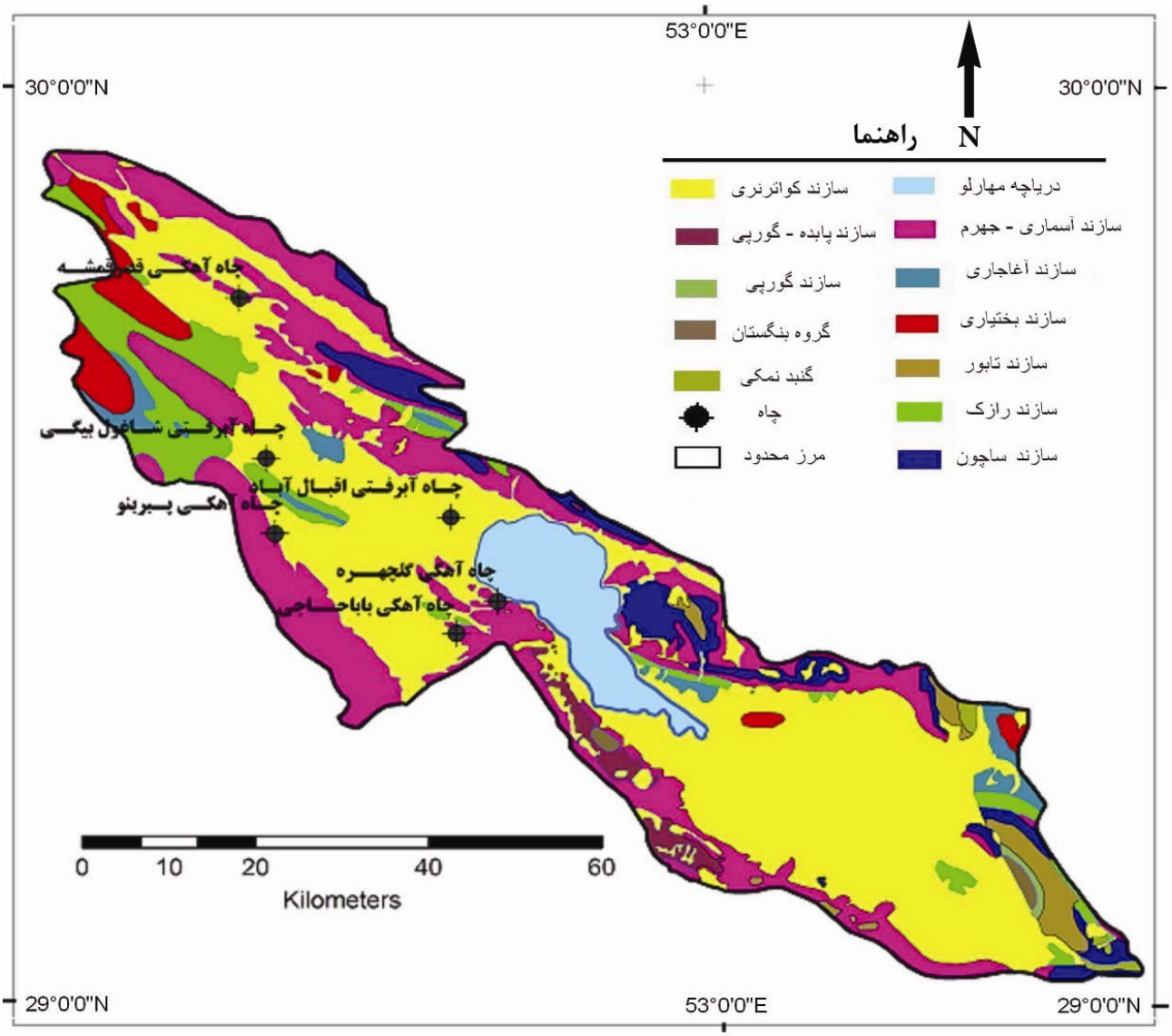
تانی‌گوچی و همکاران (Taniguchi et al. 2003) اشاره کرد که حرارت‌های زیرسطحی می‌تواند ردیاب خوبی برای جریان آب زیرزمینی باشد. شمین (Shemin 1998) به تغییرات ناگهانی پروفیل دما در مناطق شکستگی و گسل‌ها پی برد، در حالی که در فاصله دورتر تغییرات دما به صورت خطی در می‌آید. چن و لیو (Chen & Liu 2003) میزان تراکم اکسیژن محلول را در ۱۹۱ چاه در یک دلتا اندازه‌گیری کردند و دریافتند که در نقاطی میزان اکسیژن کاهش می‌یابد. وی این کاهش را به‌دلیل اکسیداسیون مواد آلی موجود در تهنشست‌ها دانست. همچنین به تفاوت مقادیر اندازه‌گیری پ-هاش (pH) در صحرا با مقدار آن در آزمایشگاه اشاره کرد که علت تفاوت وجود آب‌های گازدار یا آب‌های حاوی فلزاتی بوده است که تمایل به اکسیداسیون دارند.

۲- موقعیت جغرافیایی

حوضه مهارلو بین عرض‌های جغرافیایی ′۱ °۲۹- ′۶ °۳۰ شمالی و طول‌های جغرافیایی ′۱۲ °۵۲- ′۲۸ °۵۳ شرقی واقع شده است. مساحت آن حدود ۴۲۷۰ کیلومترمربع می‌باشد. منطقه مورد مطالعه بخشی از شیراز می باشد که شهر شیراز، مرکز استان فارس بر روی این دشت واقع شده است. در محدوده مطالعاتی، نحوه‌ی تغییرات عمودی کیفیت آب در ستون چاه‌های انتخابی بررسی شده است. دو چاه آبرفتی در محل اقبال‌آباد و شاغول بیگی در دشت شیراز و چهار چاه آهکی به نام‌های باباحاجی و گلچهره در آبخوان تاقدیس قره در جنوب شیراز، پیربنو در آبخوان تاقدیس سبزه پوشان و قصرقمشه در غرب شیراز قرار دارند. در این چاه‌ها، برداشت داده‌ها به صورت میدانی توسط دستگاه کامبی‌باکس (Combi Box) و در اعماق متفاوت صورت گرفته است. این دستگاه قادر است چهار عامل هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول، دما و اسیدیته را اندازه‌گیری کند. مشخصات عمومی منابع مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. تصویر ۱، نقشه موقعیت منابع مورد مطالعه را نشان می دهد. (شرکت آب منطقه ای فارس ۱۳۷٤، سازمان تماب ۱۳۷۳).

جدول ۱- مشخصات عمومی چاه‌های مورد سنجش و درجه کارستی شدن در آنها

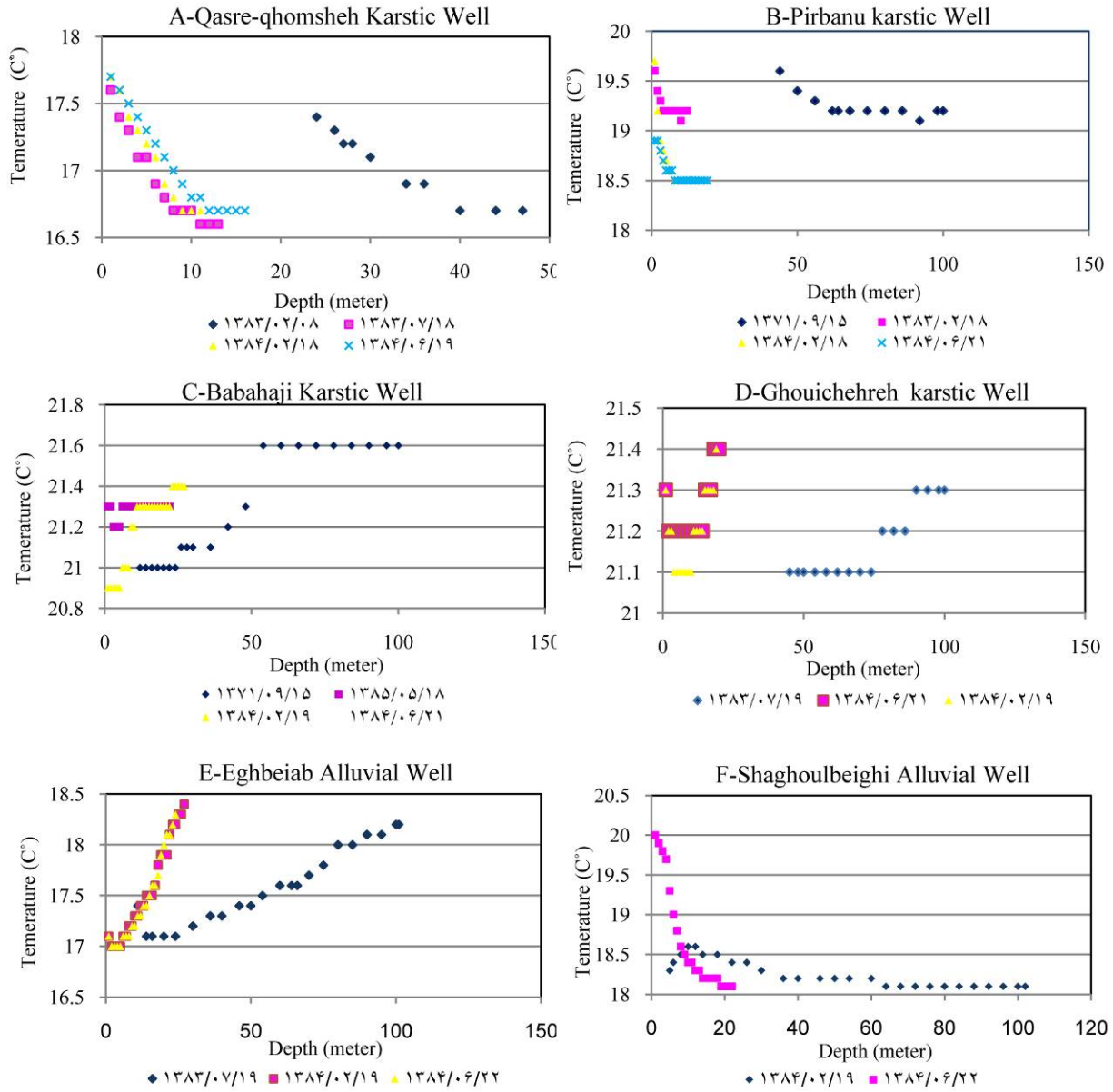
نام محل	محل چاه	نوع منبع	Y	X	تاریخ برداشت	عمق حفاری (متر)	درجه کارستی شدن
قصرقمشه	قصرقمشه	آهکی	۳۲۹٤٦۲۵	٦٤۰۰۵۵	۱۳۸۳/۰۲/۰۸ ۱۳۸۳/۰۷/۱۸ ۱۳۸٤/۰۲/۱۸ ۱۳۸٤/۰٦/۱۹	۲۱۷	متوسط
پیربنو	یال شمالی تاقدیس سبزه پوشان	آهکی	۳۲۳۷۰۹٦	٦٤۲۸۳۵	۱۳۷۱/۰۹/۱۵ ۱۳۸۳/۰۲/۰۸ ۱۳۸٤/۰۲/۱۸ ۱۳۸٤/۰٦/۲۱	۱۷٤	پیشرفته (نشری)
باباحاجی	در دامنه جنوبی تاقدیس قره	آهکی	۳۲٤۹۵۰۰	٦٦۲۰۷۹	۱۳۷۱/۰۹/۱۵ ۱۳۸۳/۰٦/۱۸ ۱۳۸٤/۰۲/۱۹ ۱۳۸٤/۰٦/۲۱	۱۸۷	پایین
گلچهره	تاقدیس قره	آهکی	۳۲۵۸۰۵۳	٦٦۹۰۱٦	۱۳۸۳/۰۷/۱۹ ۱۳۸٤/۰۲/۱۹ ۱۳۸٤/۰٦/۲۱	۱٦۳	پایین
اقبال‌آباد	جنوب شرقی دشت شیراز	آبرفتی	۳۲۷۱۰۵۷	٦٦۰۰۸۳	۱۳۸۳/۰۷/۱۹ ۱۳۸٤/۰۲/۱۹ ۱۳۸٤/۰٦/۲۲	۲۰۰	آبرفتی
شاغول بیگی	جنوب غربی دشت شیراز	آبرفتی	۳۲۷٦۰٤٦	٦٤٤٠٤٦	۱۳۸٤/۰۲/۱۹ ۱۳۸٤/۰٦/۲۲	۱۸۷	آبرفتی



تصویر ۱- نقشه زمین شناسی و موقعیت چاه‌های مورد مطالعه در حوضه مهارلو

۳- بررسی تغییرات دما

تغییرات دمای آب برحسب درجه سانتی‌گراد در اعماق متفاوت اندازه‌گیری گردید (تصویر ۲). در چاه قصرقمشه دما با عمق روند کاهشی داشته است. مقایسه هماهنگی تغییرات دما در دوره‌های مختلف اندازه‌گیری در این چاه مبین عدم پیشرفت کارست در آبخوان و تغییرات دوره‌ای کم‌عمق سطح آب می‌باشد (تصویر ۲-A). در چاه پیربنو، روند کاهش دما با عمق مشخص است. ولی دامنه تغییرات دما کم می‌باشد. در عمق‌های پایانی دما تقریباً ثابت مانده است (تصویر ۲-B). در چاه باباحاجی روند افزایشی دما نسبت به عمق وجود دارد. از طرفی در این منطقه، آب‌های زیرزمینی دشت قره‌باغ به تاقدیس وارد می‌شوند. به‌علت عدم پیشرفت کارست در این منطقه تا حدود زیادی تغییرات دما هماهنگ عمل می‌کند (تصویر ۲-C). در چاه گلچهره در هر بخش، دما تا حدود زیادی ثابت است، ولی در عمق خاصی الگوی افزایشی خود را بارزتر می‌سازد. این موضوع به تلاطم و اختلاط مؤثر آب در آبخوان مربوط است. ارتباط هیدرولیکی شاخصی بین این چاه و آب دریاچه مهارلو وجود نداشته و از طرفی کارست نیز در آبخوان نمود پیشرفته‌ای نیز ندارد (رهنمایی ۱۳۸۱) (تصویر ۲-D). در چاه اقبال‌آباد، به طرف پایین افزایش دما وجود دارد که با روند افزایش زمین گرمایی همخوان و میزان آن تقریباً به ۱/۵ درجه سانتی‌گراد در فاصله ۲۰ تا ۱۰۰ متری بالغ می‌شود. در این منطقه پوشش گیاهی (کشت ذرت) وجود دارد و کانال جریان آب سطحی منشعب از چشمه برم‌دلک پس از گذر چند کیلومتری از حاشیه ۱۵ متری چاه می‌گذرد. بنابراین به نوعی هماهنگی خاصی بین دوره‌های متفاوت به‌وجود آمده است. در این آبخوان با توجه به غالب بودن جریان آرام در کارست،



تصویر ۲- تغییرات دمایی- عمق در تاریخ‌های متفاوت در چاه‌هایی مطالعاتی

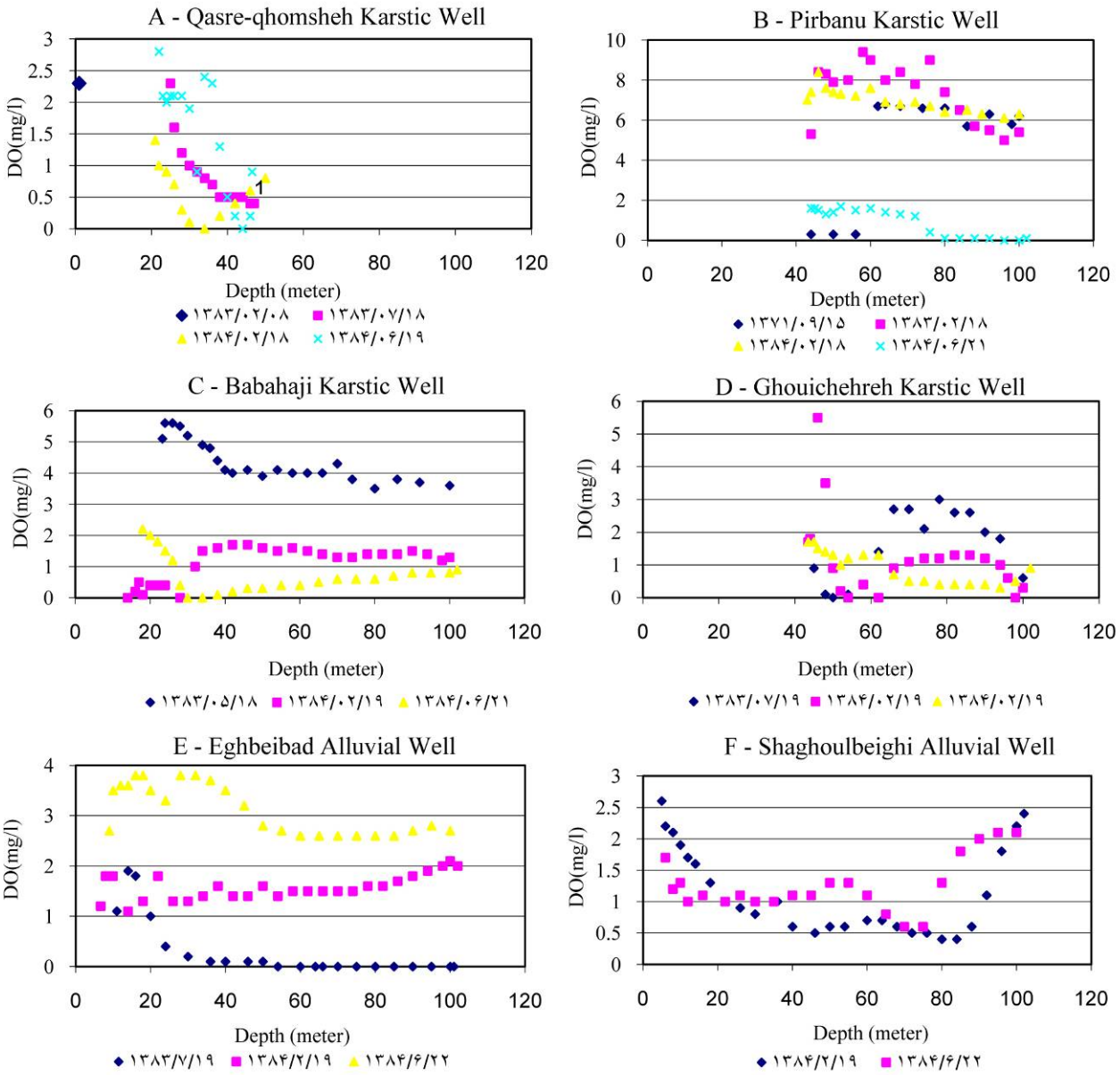
انتظار بر این است که به علت نشت آرام آب، رژیم دمایی تحت تأثیر زیادی قرار نگیرد (تصویر۲-E). در چاه شاغول بیگی دما از سطح آب به طرف پایین کاهش می‌یابد که دامنه تغییرات آن در حدود ۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در این منطقه به‌دلیل تغییرات فصلی، ساعت اندازه‌گیری، همچنین عدم وجود پوشش گیاهی، الگوهای تغییرات دما تا حدود زیادی مشابه هستند. کاهش دما به سمت عمق دال بر تغذیه چاه از پایین می‌باشد (رهنمایی ۱۳۸۵) (تصویر ۲-F).

۴- بررسی تغییرات اکسیژن محلول

تغییرات اکسیژن محلول در آب بر حسب میلی گرم در لیتر در اعماق متفاوت اندازه‌گیری شده است (تصویر ۳). در چاه قصر قمشه، روند این عامل نسبت به عمق کاهشی بوده است. در واقع در آب زیرزمینی به خاطر نبود هوا، به علت عدم تماس مستقیم با سطح زمین، عدم وجود کارست پیشرفته و درزه و شکاف، با توجه به زیاد شدن عمق، مقدار اکسیژن محلول کاهش پیدا کرده است (تصویر ۳-A). این نشان می‌دهد در اعماق ارتباط با جو به طور زیادی قطع می‌شود. در چاه پیربنو مقدار اکسیژن محلول در سه برداشت تقریباً برابر با ٦ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. اما در شهریورماه ۱۳۸٤ به حد کمی افت پیدا می‌کند. با توجه به میزان بالاتر این عامل در پیربنو، آن را می‌توان مرتبط به شکستگی‌های زیاد ولی کوچک در آبخوان پیربنو و به تبع آن شرایط

تغذیه آبخوان از سطح ربط داد (تصویر ۳-B). در چاه باباحاجی میزان اکسیژن محلول، در سال ۱۳۸٤ نسبت به سال قبلی کمتر و بین صفر تا ۲ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. این تغییرات اندک را می‌توان ناشی از درجه کارستی ضعیف این منطقه دانست (تصویر ۳-C). تغییرات اکسیژن محلول در چاه گلچهره هم بسیار اندک می باشد، و این نشانگر ارتباط کم آبخوان با جو است (تصویر ۳-D). در چاه اقبال‌آباد تغییرات اکسیژن محلول اندک می باشد (تصویر ۳-E).

تغییرات چاه شاغول بیگی نسبت به چاه آبرفتی اقبال‌آباد، بسیار کمتر می‌باشد و این نشانگر ارتباط آبی ضعیف تر این آبخوان با جو است (تصویر ۳-F).



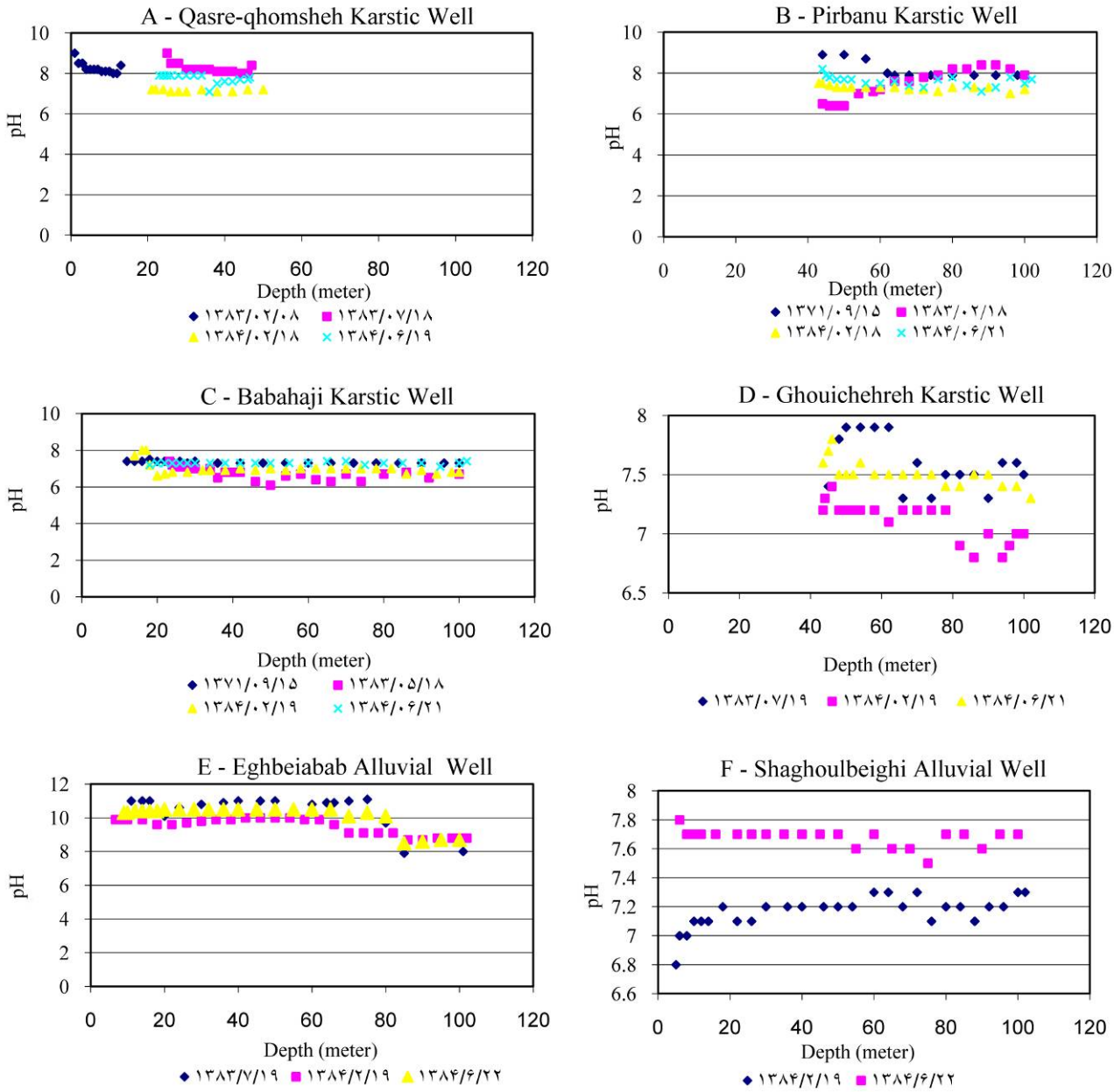
تصویر ۳- تغییرات اکسیژن محلول- عمق در تاریخ‌های متفاوت در چاه‌هایی مطالعاتی

۵- بررسی تغییرات اسیدیته (pH)

تغییرات اسیدیته در آب در اعماق متفاوت اندازه‌گیری شده است (تصویر ٤). محدوده تغییرات اسیدیته چاه قصرقمشه در بازه‌ی ٦ تا ۹ می‌باشد (تصویر ٤-A). در چاه پیربنو نیز تغییرات شبیه به چاه قصرقمشه می‌باشد، اما ضریب تغییرات میزان اسیدیته نسبت به قصرقمشه زیادتر می‌باشد (تصویر ٤-B). تغییرات pH در چاه

باباحاجی بین ٦ تا ٨ می‌باشد و شکل تغییرات بسیار ملایم بوده است (تصویر ٤-C). در چاه گلچهره دامنه تغییرات تقریباً نزدیک به صفر می‌باشد (تصویر ٤-D). بیشترین اسیدیته در چاه اقبال‌آباد در حدود ١١ بوده است. دامنه تغییرات شدت یافته و در فصول مختلف از حالت خنثی به حالت شدیداً بازیک می‌رسد. به احتمال قوی میان لایه‌ها نقش بسیار متفاوتی در ورود آب‌هایی با اسیدیته متفاوت به درون چاه ایفاء می‌کنند. این نشانگر تداوم نقش لایه‌هایی با جنس متفاوت و تأثیر یکنواخت لایه‌های اطراف در آبدهی به چاه را دارد. در حالی که برای چاه‌های با بازه ٦ تا ٩ نقش لایه‌ها در آبدهی به درون چاه بسیار متفاوت است. پیشنهاد می‌شود مطالعات خاک‌شناسی در ستون این چاه صورت گیرد. همچنین رودخانه خشک شیراز از بالادست چاه اقبال‌آباد می‌گذرد.

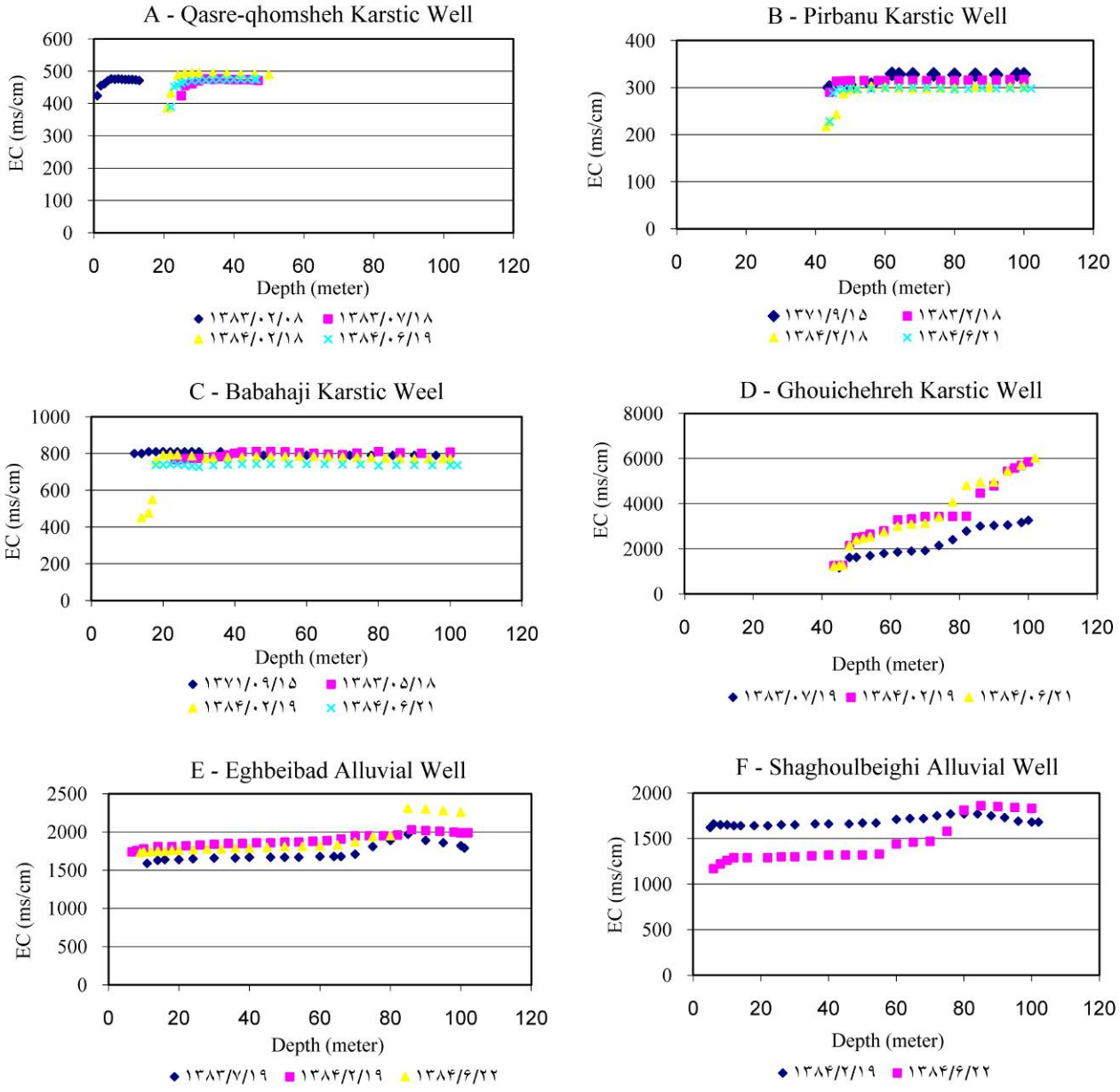
سرازیر شدن فاضلاب چندین مرکز صنعتی و برخی بیمارستان‌ها، باعث قلیایی شدن رودخانه شده و به نظر می‌رسد که قلیایی بودن چاه‌های منطقه اقبال‌آباد را نمی‌توان جدا از اتفاقات رودخانه خشک دانست (تصویر ٤-E). در چاه شاغول بیگی خاصیت بازی افزایش می‌یابد اما شدت آن کمتر از چاه اقبال‌آباد است (تصویر ٤-F).



تصویر ٤- تغییرات اسیدیته- عمق در تاریخ‌های متفاوت در چاه‌هایی مطالعاتی

۶ - بررسی تغییرات هدایت الکتریکی

تغییرات هدایت الکتریکی را برحسب میکرومهوس بر سانتی‌متر در آب در اعماق متفاوت اندازه‌گیری شده است (تصویر ۵). تغییرات هدایت الکتریکی در چاه قصرقمشه بین ٤۰۰ تا ۵۰۰ میکرومهوس بر سانتی‌متر می‌باشد (تصویر ۵-A). افزایش هدایت الکتریکی نشانگر وجود لایه‌های کارستی با توسعه نه چندان زیاد، وجود لایه‌های غیرکارستی و عمدتاً مارنی در این چاه می‌باشد. در چاه پیربنو هم دامنه تغییرات این عامل زیاد نیست و بین ۲۵۰ تا ۳۵۰ میکرومهوس بر سانتی‌متر می‌باشد (تصویر ۵-B). این نشانگر جنس نسبتاً خالص کارستی با شکستگی‌های کوچک است ولی اندازه این شکستگی‌ها آنقدر ریز نیست که بتواند منجر به افزایش شدید هدایت الکتریکی در این آبخوان گردد. در چاه باباحاجی، سازندهای پابده وگورپی وجود دارد که باعث زیادتر شدن مقدار هدایت الکتریکی بین ۷۰۰ تا ۸۰۰ میکرومهوس برسانتی شده است (تصویر ۵-C).



تصویر ۵- تغییرات هدایت الکتریکی- عمق در تاریخ‌های متفاوت در چاه‌های مطالعاتی

در چاه گلچهره محدوده تغییرات این عامل بین ۱۰۰۰ تا ۶۰۰۰ میکرومهوس بر سانتی متر بوده و ضریب تغییرات بالاتری نسبت به بقیه چاه‌ها دارد. در چاه گلچهره تغییرات هفت برابری برای این عامل دیده می‌شود. که می‌تواند به علت وجود میان لایه‌های مارنی (با توجه به لوگ چاه مورد نظر) باشد. هم‌چنین می‌توان تغییرات سطح ایستابی یا نفوذ زبانه‌های آب شور به داخل چاه (لزوماً از طریق تأثیر میان لایه‌ها) را دال بر این تغییرات دانست (تصویر D-۵). در چاه اقبال‌آباد روند افزایش این عامل دیده می‌شود با این تفاوت که دامنه آن بین ۱۶۰۰ تا ۲۳۰۰ میکرومهوس بر سانتی‌متر می‌باشد (تصویر E-۵). این عامل در چاه شاغول بیگی با عمق به صورت افزایشی عمل می‌کند و بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میکرومهوس بر سانتی‌متر می‌باشد. در چاه اقبال‌آباد و شاغول بیگی، تغییرات هدایت الکتریکی بیشتر از چاه‌های کارستیک می‌باشد. با توجه به اینکه سرعت جریان در آبخوان‌های آبرفتی ملایم بوده و هم چنین لایه‌های ناهمگنی در پروفیل چاه وجود داشته (مثلاً وجود درشت دانه‌هایی که ورود آب را تسهیل می‌کنند و با وجود لایه‌های ریزدانه‌ای که به حالت میان لایه قرار گرفته) باعث افزایش تغییرات شده است (تصویر F-۵).

در ادامه می‌توان گفت با توجه به مطالب قبلی در آبخوان‌های غیر کارستی انتظار بر این است که با افزایش عمق به صورت عادی بر دمای محیط، زمین وآب افزوده گردد. در صورتی که در آبخوان‌های کارستی و همچنین آبخوان‌های دیگر ناهمگن امکان تأثیرگذاری بر الگوی منظم تغییرات دما از طریق مسیرهای ناهنجار جریانی مانند مجاری کارستی وجود دارد به عبارتی وجود این مجاری الگوی تغییرات دما را در کارست تحت شعاع قرار می‌دهد جدول ۲ مشخصات آماری داده‌های مورد بررسی در چاه‌های انتخابی حوضه مهارلو را نشان می‌دهد. جدول ۳ تفاوت تغییرات عامل‌های کیفی مورد مطالعه در چاه‌های آبرفتی و آهکی حوضه مذکور را نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بیشترین تغییر بین آبخوان‌های آهکی و آبرفتی در هدایت الکتریکی به میزان ۳۳ درصد و کمترین تفاوت در دما به میزان ۹/۲ درصد بوده است.

جدول ۲- مشخصات آماری داده‌های مورد بررسی در چاه‌های انتخابی حوضه مهارلو

نام محل	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	درصد ضریب تغییرات
هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)					
قصرقمشه	۷/٤	۸/۲	۷/۸۳	۰/۲۵	۱/۷
پیربنو	۷/۱	۸/۲۵	۷/٦	۰/٤	۵
باباحاجی	۷	۷/٦	۷	۰/۲	۲/۸
گلچهره	۷	۷/۷	۷/٤	۰/۲	۲/۷
اقبال‌آباد	۸/۳	۱۰/۵	۹/۹	۰/۷	۷
شاغول بیگی	۷/۱	۷/۵	۷/٤	۰/۲	۰/۲
اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر)					
قصرقمشه	۰/۱	۲/٤	۰/۹	۰/۷	۷۷
پیربنو	۲/۸	٦/٦	٤/۹	۱/٤	۱۷
باباحاجی	۱/۲	۳/۱	2	۰/٦	۳۵
گلچهره	۰/٦	۲/۱	۱/۳٤	۰/۵	۲۳
اقبال‌آباد	۱/۲	۲	۱/۷	۰/۵	۲۹
شاغول بیگی	۰/۵	۲/۳	۱/۵	۰/٦	٤۰
اسیدیته					
قصرقمشه	٤۰۳	٤۷۰	٤۵۷	۲۰	٤/۳
پیربنو	٤۰٦	۳۱۲	۳۰٤	۱۷	٤/٤
باباحاجی	٤۸٤	۷۹۰	۷۵۳	۳٤	۷/٤
گلچهره	۱۲۱۳	۵۰٤٦	۳۰٤۵	۱۲۸۳	٤۲
اقبال‌آباد	۱٦۸۷	۲۱۰۳	۱۸۳٦	۱۳٤	۷/۲
شاغول بیگی	۱۳۹۵	۱۸۱۵	۱۵٦۹	۱٤٤	۹/۱
دما (درجه سانتی‌گراد)					
قصرقمشه	۱٦/٦	۱۷/٦	۱۷	۰/۳	۱/۷
پیربنو	۱۸/٦۵	۱۸/۹۷	۱۸/۵	۰/۲	۱
باباحاجی	۲۱	۲۱/٤	۲۱	۰/۱٦	۰
گلچهره	۲۱/۱	۲۱/۳	۲۱/۱	۰/۰۸	۰
اقبال‌آباد	۱۷	۱۸/۳	۱۷/۵	۰/٤	۲
شاغول بیگی	۱۸/۱	۱۹/۳	۱۸/٤	۰/٤	۲

جدول ۳- تفاوت تغییرات عامل‌های کیفی مورد مطالعه در چاه‌های آهکی و آبرفتی منطقه مطالعات

عامل‌های موجود	چاه آهکی	چاه آبرفتی	نسبت تغییرات
دما (°C)	۱۹/۳۳	۱۷/۵۵	٪۹/۲
هدایت الکتریکی (µs/cm)	۱۱٤۰	۱۷۰۲	٪۳۳
اکسیژن محلول (mg/L)	۲/۳	۱/٦	٪۳۰
اسیدیته	۷/٤۵	۸/۷	٪۱٤/۳

۷- نتیجه‌گیری

از مطالعه تغییرات اکسیژن محلول، دما، هدایت الکتریکی و اسیدیته در ستون آب در چاه‌ها، تا حدود زیادی می‌توان به رژیم گردشی آب و ماندگاری، الگوی تغذیه و ارتباطات هیدرولیکی در آبخوان پی برد. در منابع آبرفتی که تغذیه به‌طور ملایم انجام می‌گیرد، تغییرات بارزتری در اسیدیته و هدایت الکتریکی اتفاق افتاده است. در آبخوان‌های کارستیک تغییرات دما و اکسیژن محلول بیشتر است. ظاهراً هرچه آبخوان کارستی باشد، شکستگی‌ها و حفره‌های زیرسطحی بیشتری برای عبور جریان‌های آب و هوا وجود دارد و هم‌چنین وجود کانال‌های زیرزمینی بیشتر و متنوعی باعث ایجاد یک حلقه ارتباطی با سطح زمین و هوای پیرامون نیز هست. بیشترین میانگین هدایت الکتریکی را چاه اقبال‌آباد داراست ، بیشترین میانگین مقدار اکسیژن محلول در چاه پیرینو است و میانگین بیشتر در میزان اسیدیته و دما را چاه گلچهره به خود اختصاص داده‌اند.

تشکر و قدردانی

از موسسه‌ی تحقیقات آب و مرکز ملی تحقیقات سازندهای سخت به جهت در اختیار گذاشتن یا تهیه اطلاعات و آمار اولیه‌ی مورد نیاز تشکر و قدردانی می‌گردد.

مراجع

رهنمایی، م.، ۱۳۸۱، "تجزیه و تحلیل هیدروگراف جریان‌های سطحی و زیرسطحی در حوضه‌های کارستی"، *بررسی عوامل هیدروژئولوژیکی نفوذ و رواناب، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران- ایران: ۴۰-۱.*

رهنمایی، م.، ۱۳۸۵، "کاربرد ترمومتری درمقایسه آبخوان‌های کارستی-آبرفتی حوضه مهارلو"، *طرح پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی شیراز: ۳۵-۱۵.*

میلانوویچ، پ.، ۱۳۸۸، "مهندسی زمین شناسی درکارست"، ترجمه: ***رهنمایی، م.،*** *دانشگاه آزاد اسلامی شیراز: ۳۰۰ ص.*

سازمان تحقیقات منابع آب (تماب)، ۱۳۷۳، "گزارش‌های نهایی مطالعات جامع حوضه کارست مهارلو"، *وزارت نیرو.*

Akhilesh, J., & Savita, D., 2007, "Pre- and post-monsoon variation in, physico-chemical characteristics in groundwater quality of Bhopal, the city of lakes", *Chemistry Department Maulana Azad National Institute of Technology, India, Vol. 22 (3): 311-316.*

Bredehoeft, J. D. & Dopulos, I. S., 1965, "Rates of vertical ground water movement estimation from the earth's thermal profile", *Water Resources Research, Vol. 1 (2): 325-328.*

Burger, F., Čelková, A., 2003, "Salinity and sodicity hazard in water flow processes in the soil", *Plant Soil Environ, Vol. 49 (7): 314-320.*

Chen, W. F. & Liu, T. K., 2003, "Dissolved oxygen and nitrate of groundwater in ChoshuiFan-Delta, western Taiwan", *Environmental Geology, Vol. 44:731–73.*

Constantz, J. E., 2005, "Heat as a tracer for examining enhanced recharge processes along the Russian River, CA", *Ground Water Monitoring & Remediatio, Vol. 25, 75 pp.*

Davis, J. C., 1975, "Minimal dissolved oxygen requirements of aquatic life with emphasis on Canadian Species: A review", *Journal of the Fisheries Research Board of Canada, Vol. 32 (12): 2295-2331.*

Domenico P. A. & Palciauskas, V., 2005, "Theoretical analysis of forced heat transfer in regional ground water flow", *Geological Society of America Bulletin, Vol. 84 (12): 3803-3814.*

Jeannin, P. Y., Leidl, R., & Sauter, M., 1997, "Some concept about heat transfer in karstic systems", *In: Proc. Of the 12th International Congress of Speleology, Switzerland, Vol. 1: 195-198.*

Lee, J. Y., & Moon, S. H., 2008, "Groundwater contamination with petroleum hydrocarbons, chlorinated solvents and high pH: implications for multiple sources", *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, Vol. 41: 35-47.*

Luetscher, M., & Jeannin, P. Y., 2004, "Temperature distribution in karst systems: the role of air and water fluxes, speleogenesis and evolution of karst Aquifers", *The Virtual Scientific Journal, Vol. 2: 344-350.*

Mehanni, A. H., & Rengasamy, P., 2007, "Establishment and production of lucerne on a salinised clay soil irrigated with moderately saline groundwater", *Australian Journal of Experimental Agriculture., Vol. 30 (2): 203-207.*

Miyakoshi, M., Uchida, Y., Sakura, Y., & Hayashi, T., 2003, "Distribution of subsurface temperature in the Kanto Plain, Japan; estimation of regional groundwater flow system and surface warming", *Physics and Chemistry of the Earth, Vol. 28: 467-475.*

Nightingale, H. I., 1975, "Ground-water recharge rates from thermometry", *Ground Water, Vol. 18: 340–344.*

Shemin, G., 1998, "Estimation of groundwater velocity in localized fracture zones from well temperature profiles", *Journal of Volcanology and Geothermal. Department of Geological Sciences, University of Colorado Boulder, CO, USA, Vol. 84: 93–101.*

Su, G. W., Jasperse, J., Seymour, D., & Constantz, J., 2004, "Estimation of hydraulic conductivity in an alluvial system using temperatures", *Groundwater, Vol 42 (6): 890-901.*

Taniguchi, M., Shimada, J., & Uemura, T., 2003, "Transient effects of surface temperature and groundwater flow on subsurface temperature in Kumamoto Plain", *Japan. Physics and Chemistry of the Earth, Department of Earth Sciences, Kumamoto University, Kumamoto, Japan, Vol. 28: 477–486.*

Todd, D. K., Mays, L. W., 2005, "Groundwater hydrology", *J. Wiley & Sons, 3th Edition: 329-357.*

Tutmez, Z., & U. Kaymak., 1998, "Modelling electrical conductivity of groundwater using an adaptive neuro-fuzzy inference system B", *American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America. Segoe Rd., Madison, WI 53711 USA, Vol. 32: 421-433.*

Wade, S. C. & M. Reiter., 1994, "Hydrothermal Estimation of Vertical Ground-Water Flow", *Canutillo, Texas. Ground Water, Vol. 32 (5): 735-742.*

Winslow, J. D., 1962, "Effect of stream infiltration on ground–water temperatures near Schenectady", *New York: U.S. Geological Survey Professional, Paper 450-C: 125-128.*

Zaharin, A., Adullal, M. H., & Praveana, S. M., 2009, "Evolution of groundwater chemistry in the shallow aquifer of a small tropical island in Sabah", *Malaysia Sains Malaysiana, Vol. 38 (6): 805–812.*

Zhou, F., Liu, Y. & Guo, H., 2006, "Application of multivariate statistical methods to water quality assessment of the watercourses in north western new territories", *Hong Kong Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 132: 1-13.*