علـوم محـیـطی سال چهارم، شماره چهارم، تابستان۱۳۸٦
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.4, No.4, Summer 2007
۳۳-٤٦

بررسی منابع آلاینده آب های زیرزمینی دشت ایذه، شمال شرق خوزستان

حمیدرضا ناصری*، فرشاد علیجانی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی

چکیده

در این تحقیق سیستم هیدروشیمی زمینه، آلاینده‌های کشاورزی و حیوانی، تغییرات مکانی و زمانی و منشاء آن‌ها در آب‌های زیرزمینی دشت ایذه، واقع در شمال شرق استان خوزستان، مطالعه شده است. نمونه‌های آب زیرزمینی از ۳۴ چاه، یک پیزومتر، یک چشمه، و یک قنات در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، شهریور، دی، و اسفند سال ۱۳۸۰ جمع‌آوری گردیده و جهت تعیین پارامترهای هیدروشیمی و آلودگی مورد سنجش قرار گرفته است. آلودگی شدید نیتراته آب‌های زیرزمینی به وسیله فعالیت‌های کشاورزی در نواحی وسیعی از دشت ایذه رخ داده است. فرآیند اصلی مسبب افزایش نیترات آب‌های زیرزمینی ایذه اکسیداسیون آمونیوم ناشی از فروشویی سریع کودهای غیر آلی اعمال شده بر زمین‌های کشاورزی می‌باشد. غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی دشت ایذه از بهمن تا اردیبهشت ماه افزایش می‌یابد و سپس دوباره روند کاهشی به خود می‌گیرد. هرچند که امکان جذب باکتری‌ها توسط لایه سیلتی ماسه‌ای پوشاننده آبخوان آبرفتی ایذه وجود دارد، با این حال آب‌های زیرزمینی کم عمق ایذه از لحاظ باکتریایی شدیداً آلوده می‌باشند.

کلیدواژه‌ها: ایذه، آبخوان، آلودگی، نیترات.

Pollution Sources of Ground Water in Izeh Plain, North East of Khuzestan

Hamid Reza Nassery*, Farshad Alijani

Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University

Abstract

The background hydrochemical system, the pollution sources, and the different pollutants of ground water in the Izeh plain, north east of Khuzestan, were determined and spatial and temporal variations of pollutants were studied. Groundwater samples from thirty four wells, one piezometer, and one Qanat have been collected in three periods of 2001. The nitrate concentrations of ground water in the Izeh plain increase, continuously, as a result of agricultural activities. The major process that cause increasing of nitrate concentrations in ground water is leaching of application of inorganic manure on cultivated areas. The maximum concentrations of nitrate in ground water of Izeh plain occur in May then the concentrations decrease during dry season. Although bacteria's adsorb on sandy silt layer overlying Izeh alluvial aquifer but shallow ground water are polluted bacterially.

Keywords: Izeh, aquifer, pollution, nitrate.

* Corresponding author. *E- mail Address: H-nassery@sbu.ac.ir*

مقدمه

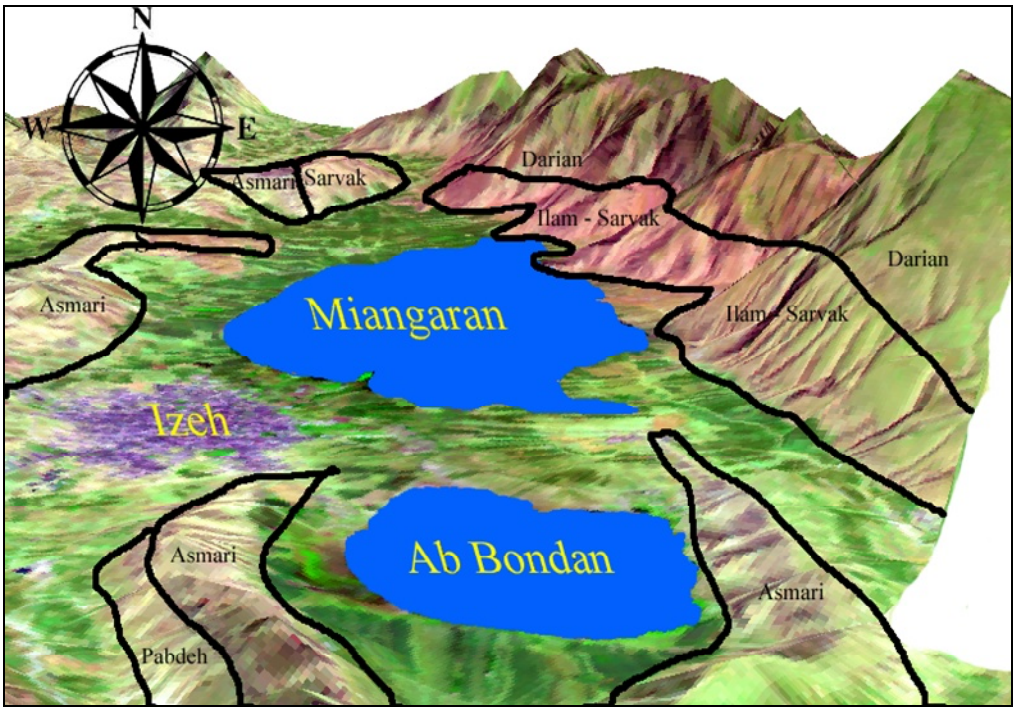
سه خصوصیت مهم که در تشخیص منشأهای آلودگی آب‌های زیرزمینی مورد توجه قرار می‌گیرند عبارتند از: درجه تجمع منشأهای آلودگی، تاریخچه باردهی (Loading history) منشأ، و نوع آلاینده‌هایی که از هر منشأ سرچشمه می‌گیرند. اندازه منبع آلاینده آب زیرزمینی از یک چاه مجزا تا ناحیه‌ای به وسعت صدها کیلومتر مربع متغیر است. تاریخچه باردهی چگونگی تغییرات غلظت آلاینده را به عنوان تابعی از زمان در منشأ یا بر حسب نرخ تولید آلاینده توصیف می‌نماید. منشأهای شهری آلودگی آب‌های زیرزمینی شامل نشت از سیستم فاضلاب، چاه‌های توالت، زباله دانی‌های بهداشتی، و گورستان‌ها می‌باشند. عموماً مقادیر نیاز اکسیژن شیمیایی و بیوشیمیایی، کلراید، نیترات، و سختی آب‌های زیرزمینی آلوده از منشأهای شهری زیاد می‌باشد. کودهای شیمیایی، حشره کش‌ها، آفت کش‌ها، آبیاری با فاضلاب و فضولات حیوانی از عمده‌ترین منشأهای آلودگی آب‌های زیرزمینی به واسطه فعالیت‌های کشاورزی می‌باشند. کشاورزی عمدتاً باعث رخداد آلودگی‌های غیر نقطه‌ای آب‌های زیرزمینی می‌شود. هر چند که کودهای شیمیایی عمدتاً ترکیبات نیتروژنه، فسفات و پتاسیم را وارد زون خاک می‌نمایند، ولی تبدیل ترکیبات نیتروژنه به نیترات و جذب فسفات و پتاسیم توسط خاک باعث می‌شود که کودهای شیمیایی اساساً آلودگی نیتراته آب‌های زیرزمینی را به همراه داشته باشند. نیترات و فسفات دو آلاینده عمده آب‌های زیرزمینی هستند که منشأ اصلی آنها فاضلاب شهری و فعالیت‌های کشاورزی می‌باشند. به سبب قابلیت تحرک کمتر فسفات، آلودگی وسیع آب‌های زیرزمینی نسبت به فسفات کمتر گزارش گردیده است، در حالی که نیترات به عنوان شاخص آلودگی آب‌های زیرزمینی همواره مورد توجه محققان بوده است. اکثر موارد رخداد نیترات در آب‌های زیرزمینی به صورت یک آلاینده انتشاری از کشاورزی ناشی شده و غلظت نیترات با میزان استفاده از کودهای نیتروژنه در ارتباط است (Lerner and Papatolios, 1993). جهت بررسی توزیع نیترات در آب‌های زیرزمینی می‌بایست شناخت دقیقی نسبت به فرآیندهای شیمیایی حاکم بر تبدیلات نیتروژن یعنی چرخه نیتروژن وجود داشته باشد (Alley, 1993; Antonakos and Lambrakis, 2000). فسفر از لحاظ مقدار آن در کودهای شیمیایی اعمالی بر مزارع و از نظر اهمیت آن برای گیاهان نسبت به نیتروژن در مرتبه دوم قرار دارد. گیاهان فسفر را به صورت ارتوفسفات (Orthophosphate) از آب خاک دریافت می‌نمایند. فسفر معمولاً به وسیله جذب در بخش رسی خاک، که شامل هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم می باشد، جذب می‌شود (Shamrukh, *et al*., 2001). مبحث عمده میکروبیولوژی آب‌های زیرزمینی خطرات سلامتی ناشی از آلودگی مدفوعی می‌باشد (Chapman, 1996). خصوصیات خاک نقش عمده‌ای را در بقاء و انتقال باکتری‌ها، ویروس‌ها و انگل‌ها ایفا می‌نماید. دو جنبه مهم اقلیمی در تعیین ثبات میکروارگانیسم‌ها، درجه حرارت و بارندگی می‌باشند. غلظت نیترات زیاد آب زیرزمینی در مقادیر بیش از ۳۰ میلی گرم در لیتر (مقدار متأثر از فعالیت‌های انسانی) در بخش‌هایی از آبخوان دشت ایذه مشخص گردیده است. در بعضی مناطق دشت ایذه غلظت نیترات آب زیرزمینی تا مقادیر بیش از ۴۵ میلی گرم (حداکثر غلظت مجاز آب شرب بر اساس EPA, 2003) افزایش یافته است. غلظت‌های نیترات بیش از ۴۵ میلی‌گرم در لیتر باعث ایجاد بیماری متاموگلوبینمیا (Methaemoglobinaemia) در نوزادان (عموماً بچه‌های کمتر از ۴ ماه)، و در نتیجه مرگ آنها می‌گردد (EPA, 2003). نیترات موجود در آب شرب می‌تواند در دستگاه گوارشی انسان به نیتریت تبدیل شده و در

نتیجه نیتروزامینس (Nitrosamines) را ایجاد نماید. بعضی از نیتروزامینس‌ها سرطان زا و جهش زا تشخیص داده شده‌اند و به همین علت وجود نیتروزامینس‌ها در طولانی مدت اثرات جدی بر سلامتی انسان دارد (Datta, *et al.*, 1997). کوددهی نیتراته با هدف رشد زایشی گیاهان و نفوذ فاضلاب شهری از عمده‌ترین منشأهای آلودگی نیتراته آبخوان آبرفتی ایذه می‌باشند. در اوایل دهه ۷۰ و با تشخیص آلودگی آب‌های زیرزمینی آبخوان آبرفتی ایذه، آب شرب شهر از آبخوان کارستی نعل اسبی واقع در جنوب شرق دشت ایذه تأمین گردیده است. به علت بهره برداری بی‌رویه و متمرکز از آبخوان کارستی نعل اسبی از اواخر دهه ۷۰، و با معکوس شدن جهت جریان آب زیرزمینی از آبرفت به سمت کارست، هاله آلودگی به آبخوان کارستی نیز وارد گردیده است. بر این اساس تحقیق مذکور به منظور تعیین سیستم هیدروشیمی زمینه، منشأهای آلودگی، و انواع آلاینده‌ها و توزیع مکانی و زمانی آلاینده‌های آب‌های زیرزمینی دشت ایذه انجام شده است.

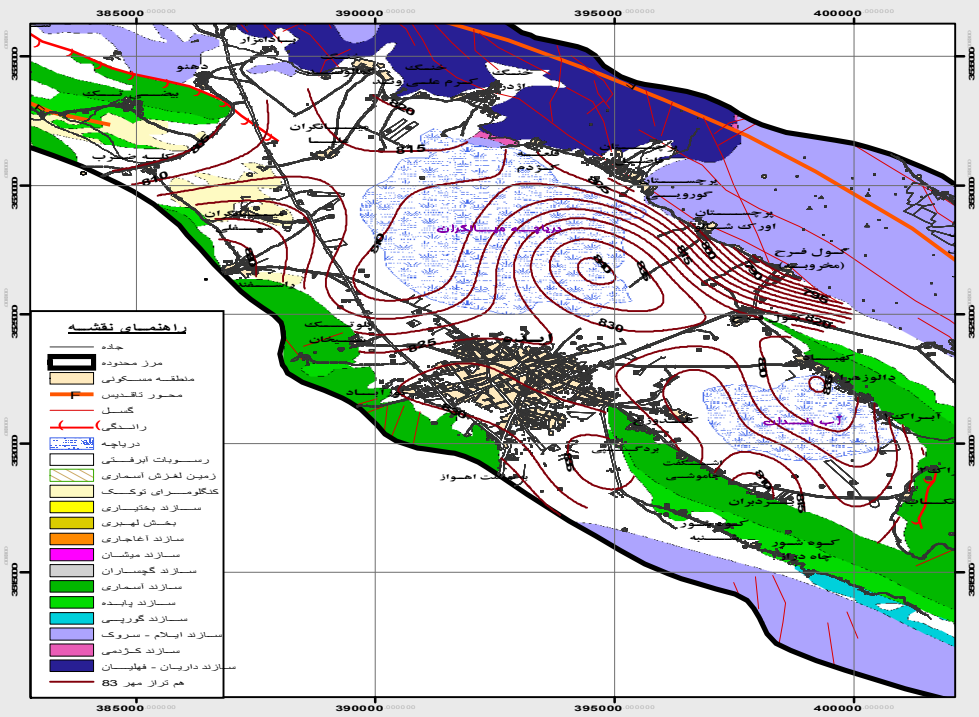
مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، دشت ایذه واقع در شمال شرق استان خوزستان می‌باشد که بین ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض جغرافیایی و ۴۹ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۲ دقیقه طول جغرافیایی واقع گردیده است. شهرستان ایذه که در بخش میانی دشت مذکور قرار گرفته در ۲۰۰ کیلومتری شمال شرق اهواز واقع شده است. در این تحقیق وسعتی برابر با ۱۴۰ کیلومتر مربع از دشت ایذه به عنوان محدوده مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. ارتفاع متوسط شهر ایذه ۸۳۵ متر از سطح دریا است. شکل ۱ مدل رقومی ارتفاعی همراه با پوشش تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. متوسط سالانه بارندگی ایذه ۶۶۲ میلی‌متر است. حدود ۹۰ درصد از بارندگی سالانه در فاصله زمانی آذر ماه تا اردیبهشت ماه ریزش می‌نماید و فصل خشک منطبق بر خرداد ماه تا آبان ماه می‌باشد. میانگین دمای روزانه در دوره آماری ۳۵ ساله برابر ۲۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در این دوره حداکثر مطلق دما ۴۸ درجه سانتی‌گراد مربوط به تیر ماه و حداقل مطلق دما ۳- درجه سانتی‌گراد مربوط به بهمن ماه می‌باشد. میانگین تبخیر سالانه ایستگاه هواشناسی ایذه در دوره بیست و سه ساله (۸۳-۱۳۶۱) برابر با ۱۶۹۰ میلی‌متر می‌باشد. حداقل تبخیر در دوره بیست و دو ساله در دی ماه و حداکثر آن در تیرماه به ترتیب ۱۱ و ۴۴۸ میلی‌متر می‌باشد. اقلیم منطقه ایذه بر اساس طبقه بندی آمبرژه، نیمه مرطوب معتدل است. دشت ایذه، حوضه آبگیر مسدودی است که کلیه آب‌های سطحی از اطراف به سمت مرکز دشت جریان می‌یابند. دو دریاچه نسبتاً وسیع معروف به شط در شمال و جنوب شرقی شهر ایذه واقع گردیده‌اند که جریان‌های سطحی ایجاد شده به داخل این شط‌ها می‌ریزند. دریاچه شمالی به نام میانگران به طور میانگین حدود ۲۰ کیلومتر مربع وسعت دارد و رشد شهر را از طرف شمال با محدودیت مواجه ساخته است. در فاصله سه کیلومتری جنوب شرقی شهر ایذه نیز دریاچه آب بندان واقع شده است. دریاچه میانگران نسبت به دریاچه آب بندان ارتفاع کمتری دارد و زمانی که ارتفاع آب در دریاچه آب بندان از حد معینی تجاوز کند، از طریق دو کانال باریک معمولی که در سال های اخیر احداث شده‌اند به دریاچه میانگران تخلیه می‌گردد. دریاچه میانگران در تابستان سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ به علت خشک‌سالی کاملاً خشک گردید. دریاچه آب بندان در پنج سال اخیر خشک شده است. در این مدت سطح دریاچه عمدتاً به صورت زون تبخیری بوده و سطح ایستابی تقریباً نزدیک به سطح زمین قرار گرفته است.



شکل ۱- تصویر سه بعدی دشت ایذه



شکل ۲- نقشه هم تراز سطح آب زیرزمینی دشت ایذه در مهر ماه ۱۳۸۰

عواملی همچون خشک سالی و بهره برداری بیش از حد از شش حلقه چاه آهکی آبخوان کارستی نعل اسبی و در نتیجه تخلیه آب زیرزمینی از آبرفت به آبخوان کارستی در خشک شدن دریاچه آب بندان موثر بوده‌اند. قسمت اعظم تغذیه دریاچه های موجود در منطقه ایذه مربوط به ریزش‌های جوی، جریان‌های سطحی ورودی، و زهکشی از آبخوان دشت است.

زمین شناسی و هیدروژئولوژی

دشت ایذه در ناحیه زاگرس چین خورده قرار گرفته است. این دشت از دیدگاه ژئومورفولوژی کارست یک پولیه است که در امتداد ناودیس بسته‌ای که محور آن شمال غربی - جنوب شرقی است، قرار دارد. دامنه جنوب شرقی ناودیس به صورت نعل اسبی است که دریاچه آب بندان در آن قرار دارد. دریاچه میانگران نیز در امتداد محور همین ناودیس تشکیل شده است. سازندهایی که درمنطقه مورد مطالعه رخنمون دارند مربوط به کرتاسه زیرین تا عهد حاضر می‌باشند (شکل ۲). آهک‌های ضخیم لایه خاکستری رنگ سازند داریان – فهلیان قدیمی‌ترین سنگ‌های بیرون زده در منطقه هستند که بر روی آن سازند شیلی کژدمی، سازندهای آهکی ایلام – سروک، سازند شیلی گورپی، سازند مارنی پابده، سازند آهکی آسماری، سازند گچساران، کنگلومرای توکک، و آبرفت‌های عهد حاضر به ترتیب قدمت قرار گرفته‌اند. دشت ایذه از شمال و شمال شرق به ارتفاعات آهکی ایلام – سروک و داریان- فهلیان (تاقدیس پیون) و از سمت جنوب و غرب به ارتفاعات آهکی آسماری (ناودیس نعل اسبی و تاقدیس غرب ایذه) محدود شده است. نهشته‌های کواترنری به صورت واریزه‌های دامنه‌ای در پای ارتفاعات و آبراهه‌ها و سپس نهشته‌های آبرفتی شامل قلوه سنگ ، شن و ماسه به صورت پادگانه‌های آبرفتی در راستای دره‌های بزرگ تا میانه دشت قرار دارند. رسوبات دانه ریز سلیت و رسی در کف دریاچه‌ها و عمدتاً تا عمق ۵۰ الی ۶۰ متری وجود دارند.

گسترش سازندهای آهکی با ضخامت زیاد، آب و هوای مساعد، و تکتونیک فعال شرایط مناسبی را برای ایجاد و گسترش کارست در ناحیه ایذه فراهم آورده است. در شمال دریاچه میانگران و در یک کیلومتری غرب روستای قلعه فاروم (قلعه کژدم) آبفروچاله (Sinkhole) بزرگی در پای یال غربی تاقدیس پیون در سازند ایلام – سروک در امتداد یک گسل قرار گرفته است. ظرفیت بلع این آبفروچاله که به نام محلی قورقوری خوانده می‌شود، به علت رسوب گل و لای در مدخل آن کاهش یافته است. به همین دلیل دریاچه میانگران که قبلاً توسط این آبفروچاله تخلیه می‌شده است به سمت شهر ایذه گسترش یافته و باعث بروز مشکلاتی گردیده است. در سال ۱۳۶۹ جهاد سازندگی به منظور باز نمودن دهانه آبفروچاله، انفجاری را در درزه های فرو برنده آب انجام داده که این انفجار باعث انسداد و کاهش فعالیت آبفروچاله شده است. در غرب آبفروچاله کارستی، به فاصله تقریباً یک کیلومتر به سمت دریاچه میانگران (که در تابستان سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ به علت کاهش نزولات جوی خشک گردیده است) آبفروچاله‌های آبرفتی متعددی (هشت عدد) وجود دارد. قطر این آبفروچاله‌ها بین ۱ تا ۲ متر و عمق آنها بین ۵۰ تا ۷۰ سانتی‌متر متغیر می‌باشد. رسوبات آبرفتی دشت ایذه بر اساس لوگ چاه‌ها، پیزومترها، و نتایج عملیات ژئوفیزیکی عمدتاً شامل رسوبات دانه ریز رس، سیلت، و رسوبات دانه درشت ماسه‌ای و گراولی در بخش‌های عمقی است. عمق رسوبات آبرفتی به طور متوسط حدود ۹۰ تا ۱۰۰ متر است که از ۳۰ متر در حاشیه دشت تا بیش از ۱۵۰ متر در شمال دشت متغیر است.

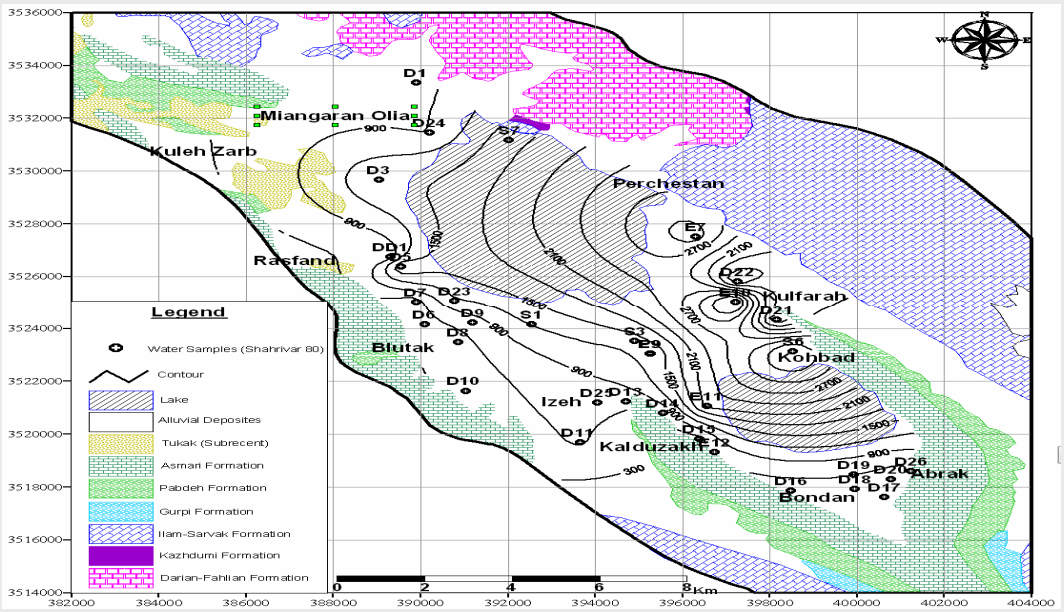
مقدار هدایت هیدرولیکی آبخوان آبرفتی از ۷ متر در روز در حاشیه دشت و در پای آهک نعل اسبی تا کمتر

از ۰/۵ متر در روز در دریاچه‌های آب بندان و میانگران متغیر است. به طور کلی عمق برخورد به آب زیرزمینی ازحواشی شرقی، غربی و جنوب‌غربی دشت (بیش از ۳۵ متر) به سمت نواحی مرکزی (کمتر از ۵ متر) کاهش می‌یابد. درمحدوده شهر ایذه عمق آب زیرزمینی از ۲۰ متر در جنوب تا ۱/۵ متر در شمال تغییر می‌کند. در حاشیه شمالی و شمال شرقی شهر ایذه همواره مشکل بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در دوره مرطوب وجود داشته است. نقشه هم تراز آب زیرزمینی دشت ایذه در مهر ماه ۱۳۸۰ در شکل ۲ نشان داده شده است. به طور کلی جهت جریان آب زیرزمینی در دشت ایذه از حواشی جنوبی، جنوب غربی، و غربی دشت به طرف دریاچه‌ها در قسمت‌های میانی دشت است. شیب هیدرولیکی در حاشیه‌های دشت، که در ارتباط با سازندهای آهکی مجاور می‌باشند، بیش از سایر نواحی است و به طرف مرکز دشت و دریاچه‌ها به تدریج کاهش می‌یابد. تراز آب زیرزمینی از حدود ۸۳۵ متر در مناطق تغذیه‌ای حواشی جنوبی و غربی دشت تا کمتر از ۷۸۵ متر در منطقه تخلیه‌ای شرقی دشت تغییر می‌نماید (شکل ۲).

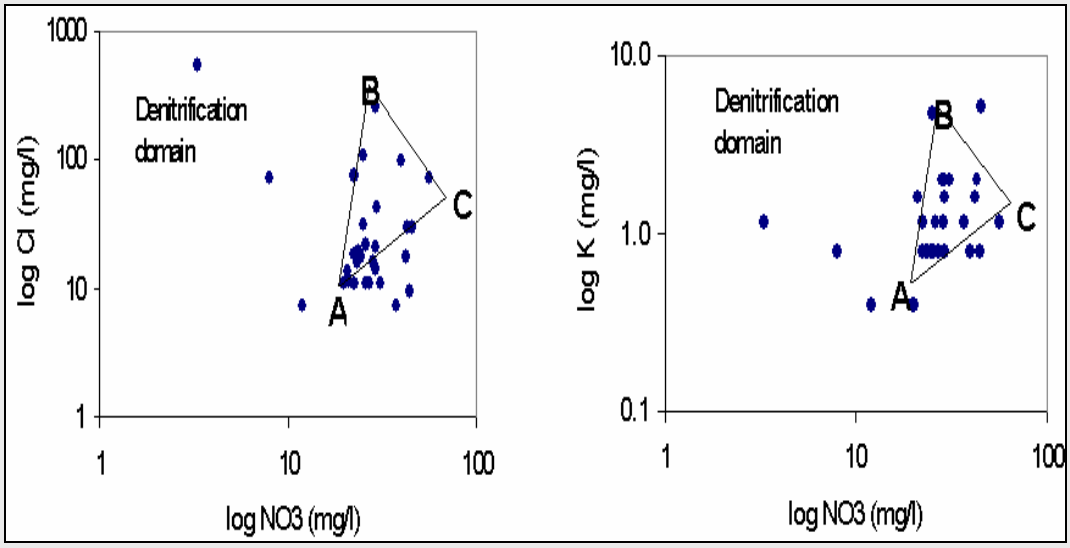
در مهر ماه ۱۳۸۰ منطقه تغذیه از ناودیس نعل اسبی از غرب تا جنوب امتداد دارد و با توجه به شیب هیدرولیکی و قابلیت زیاد آبخوان در ناحیه آبراک تا دماغه ناودیس، حجم تغذیه قابل ملاحظه‌ای از این ناحیه روی می‌دهد. در حوالی بردبران و جاموشی به علت بهره برداری متمرکز و بیش از حد از آبخوان کارستی جهت جریان از آبرفت به سمت کارست می‌باشد. در غرب شهر ایذه نیز آبخوان کارستی، آبرفت را تغذیه می‌نماید. در جنوب شهر ایذه، آبرفت از طریق آبراهه کهشور تغذیه می‌شود ولی ارتباط آن با محدوده مجاور (هلایجان) به دلیل نبود داده پیزومتری در خارج از محدوده مشخص نمی‌باشد. از بلوتک شیخان تا میانگران سفلی نیز آبخوان آبرفتی از کارست تغذیه می‌شود، هر چند که در بعضی نواحی احتمال تخلیه موضعی نیز وجود دارد. مرز شمالی دشت ایذه به صورت مرز بدون عبور جریان می‌باشد. در شرق دشت ایذه و از پرچستان تا کول فرح، تخلیه آب زیرزمینی به آبخوان کارستی ایلام – سروک در تاقدیس پیون مسجل شده است. تمرکز منحنی‌های هم پتانسیل در قسمت‌های میانی دریاچه میانگران می‌تواند نشانگر تخلیه زیرزمینی از طریق پونورهای آبرفتی به آبخوان کارستی زیرین باشد.

جمع آوری داده‌ها

پس از این، اساسی‌ترین گام در مطالعات هیدروشیمی و آلودگی، جمع آوری داده‌های شیمیایی می‌باشد. در مرحله جمع آوری داده‌های شیمیایی آبخوان آبرفتی ایذه، همواره محدودیت‌هایی در تعداد منابع آبی، چاه‌ها و چشمه‌هایی که می‌توانند در مطالعه منظور گردند، تعداد ممکن اندازه گیری‌های تکرار شونده دوره‌ای، و محدودیت‌های ذاتی موجود در نوع و تعداد سنجش‌های آزمایشگاهی وجود داشته است. نمونه‌های آب زیرزمینی از ۳۴ حلقه چاه، یک حلقه پیزومتر، یک دهنه چشمه، و یک دهنه قنات در اردیبهشت، خرداد، شهریور، دی، و اسفند ماه ۱۳۸۰ جمع‌آوری گردیده است. چاه‌های نمونه برداری شده شامل ۲۸ حلقه چاه عمیق (عمق حدود ۸۰ متر) و ۶ حلقه چاه کم عمق دستی (عمق حدود ۵ متر) بودند. نمونه‌های آب جهت تعیین یون‌های عمده، پارامترهای هدایت الکتریکی و pH، اکسیژن محلول (DO)، نیازاکسیژن بیوشیمیایی (BOD)، نیازاکسیژن شیمیایی (COD) (فقط در یک مرحله)، نیترات، نیتریت، فسفات، MPN کلی‌فرم، نوع باکتری‌ها، و آمونیوم (فقط در یک مرحله) مورد سنجش قرار گرفته‌اند. نتایج سنجش هیدروشیمی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت ایذه در اردیبهشت، شهریور، و دی ماه ۱۳۸۰ در جدول‌های ۱ تا ۳ ارائه شده است.



شکل ۳- نقشه نیترات (بر حسب میلی گرم در لیتر) آبخوان آبرفتی ایذه در شهریور ماه ۱۳۸۰



شکل ۴- نمودارهای دو متغیره لگاریتم غلظت نیترات در مقابل لگاریتم غلظت پتاسیم و کلر نمونه های آب زیرزمینی دشت ایذه

دو جهت تکامل ژئوشیمیایی در آبخوان دشت ایذه مشخص گردیده است. نمونه‌های آب زیرزمینی که از آهک‌های آسماری تغذیه گشته و در نواحی غربی و جنوب‌غربی دشت واقع شده‌اند، نوع آب بی‌کربناته کلسیک (منیزیک) را نشان می‌دهند. تکامل طبیعی ژئوشیمیایی آب زیرزمینی دشت ایذه در جهت جریان عمومی، از آب نوع بی‌کربناته کلسیک (منیزیک) در جنوب دشت، به آب نوع بی‌کربناته منیزیک (کلسیک) در قسمت‌های مرکزی دشت و در نهایت به آب نوع سولفاته (بی‌کربناته) منیزیک (کلسیک) در شمال دشت روی می‌دهد. در نواحی شمال دریاچه آب‌بندان و قسمت‌های شرقی دشت به علت وجود باقی‌مانده‌هایی از سازند گچساران در آبرفت، به طور موضعی آب‌های زیرزمینی نوع بی‌کربناته کلسیک (منیزیک) به آب‌های نوع کلروره (سولفاته) سدیک (منیزیک) تکامل می‌یابند. جهت بررسی وضعیت هیدروشیمی مکانی آبخوان آبرفتی اقدام به تهیه نقشه‌های هم میزان هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی (شکل ۲) گردیده است. به طور کلی هدایت الکتریکی و در نتیجه میزان املاح محلول آب‌های زیرزمینی از حاشیه جنوبی و غربی دشت به سمت مرکز دشت و در نهایت به طرف شمال دریاچه میانگران به تدریج افزایش می‌یابد. در اطراف روستاهای کولفرح و کهباد یک ناهنجاری در کیفیت آب‌های زیرزمینی وجود دارد که با سایر نواحی دشت قابل مقایسه نمی‌باشد. عامل زمین شناسی که موجب رخداد چنین ناهنجاری شده است، وجود بقایای فرسایش نیافته‌ای از سازند تبخیری گچساران در آبرفت می‌باشد.

منشأهای آلودگی آب‌های زیرزمینی

منشأهای آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت ایذه با استفاده از نقشه کاربری اراضی منطقه، بازدیدهای صحرایی، و داده های هیدروشیمی مشخص گردیده است. بر این اساس چاهک‌های جذبی فاضلاب‌های خانگی در شهر ایذه و روستاهای اطراف، نهرهای هدایت‌کننده فاضلاب شهر ایذه به دریاچه میانگران، مرغداری‌ها، گاوداری‌ها، کودهای شیمیایی اعمال شده برای زراعت گندم و جو، و آبیاری زمین‌های شمال شرقی شهر ایذه با استفاده از فاضلاب جهت شالی کاری از مهم‌ترین عوامل آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت ایذه تشخیص داده شده‌اند. وجود چاه‌های توالت در مزرعه‌ها و طرح‌های کشاورزی در سرتاسر دشت باعث آلودگی‌های موضعی باکتریایی آب‌های زیرزمینی و در نتیجه غیر قابل شرب شدن چاه‌های آب گردیده است. آلودگی شدید آب‌های زیرزمینی به وسیله فعالیت‌های کشاورزی در نواحی وسیعی از دشت ایذه صورت گرفته است. به علت جذب سطحی زیاد و قابلیت تحرک کم فسفات، آغشتگی فسفاته آب‌های زیرزمینی آبخوان آبرفتی ایذه تشخیص داده نشده است. نهرهای هدایت کننده فاضلاب شهر ایذه نیز منشأهای خطی آلودگی شدید باکتریایی آب‌های زیرزمینی دشت ایذه می‌باشند. این نهرها عموماً فاضلاب را از سطح شهر ایذه جمع‌آوری نموده، به هم پیوسته و در نهایت یک نهر بزرگ را تشکیل داده و از شمال شهر به دریاچه میانگران می‌پیوندند.

آلودگی نیتراته آب‌های زیرزمینی

جهت مطالعه آلودگی آب‌های زیرزمینی آبخوان آبرفتی ایذه توزیع مکانی یون نیترات در شهریور ماه ۱۳۸۰ برای تعیین میزان آلودگی و شناخت روندهای آلودگی، مورد بررسی واقع شده است (شکل ۴). کاربری اراضی کشاورزی و اعمال زراعی اثرات عمده‌ای را بر روی کیفیت آب‌های زیر زمینی دشت ایذه گذاشته است.

به جز نواحی شهری و مناطقی که پیشروی آب دریاچه‌های منطقه تا آنجا می‌رسد، تقریباً بقیه نواحی دشت زیر پوشش زراعت گندم و جو قرار گرفته است. آلودگی شدید نیتراته آب‌های زیرزمینی به وسیله فعالیت‌های کشاورزی در نواحی وسیعی از دشت ایذه صورت گرفته است. کوددهی نیتروژنه زمین‌های زراعی گندم و جو در منطقه ایذه در نیمه دوم بهمن ماه صورت می‌گیرد. کود نیتروژنه عمدتاً جهت رشد رویشی (سبزینه) گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. کود نیتروژنه مورد استفاده قرار گرفته برای زراعت گندم و جو عمدتاً اوره می‌باشد. فرآیند اصلی مسبب افزایش نیترات آب‌های زیرزمینی ایذه اکسیداسیون آمونیوم ناشی از فروشویی سریع کودهای شیمیایی اعمال شده بر زمین‌های کشاورزی می‌باشد. آب‌های زیرزمینی ایذه عموماً محتوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای اکسیژن محلول می‌باشند. در این گونه محیط‌های هیدروژئولوژیکی، نیترات تا مسافت‌های قابل ملاحظه‌ای از نواحی منشأ خود مهاجرت می‌نماید.

حداکثر غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی دشت ایذه معمولاً در اردیبهشت ماه رخ داده است. تولید آمونیوم کودهای اعمال شده در بهمن ماه بر روی زمین‌های زراعی، در طی اسفند و فروردین به صورت نیترات از زون خاک به سطح ایستابی فروشویی می‌گردد. غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی در جنوب و شرق شهر ایذه همواره بیش از حداکثر غلظت مجاز شرب (۴۵ میلی‌گرم در لیتر) بوده است. منشأ اصلی نیترات آب‌های زیرزمینی دشت ایذه، به جز حومه شرقی شهر، کشاورزی می‌باشد. در شمال و شمال غرب دریاچه میانگران، شرق دشت ایذه، غرب دریاچه آب بندان، و تا حدودی جنوب دریاچه آب بندان غلظت‌های نیترات آب‌های زیرزمینی بیش از ۳۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. در شمال شهر ایذه و شرق روستای کهباد کاهش شدید غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی به صورت ناهنجاری در نقشه‌های هم نیترات مشخص می‌باشد.

آلودگی باکتریایی شدید آب‌های زیرزمینی در این دو نقطه باعث کاهش اکسیژن محلول آب شده است. ایجاد شرایط احیایی در آبخوان در این نواحی باعث دنیتریفیکیشن شدید و کاهش غلظت نیترات شده است. غلظت‌های کم اکسیژن محلول آب‌های زیرزمینی در شمال شهر ایذه تأییدی بر رخداد دنیتریفیکیشن شدید در این ناحیه می‌باشد. کاهش شدید نیترات در شمال شهر ایذه مربوط به نمونه آب چاه دستی واقع در یک مرغداری (نمونه S1) می‌باشد. نتایج سنجش‌های نمونه‌های آب این چاه دستی در فصول مختلف نشان دهنده هدایت الکتریکی بالا (بیش از ۱۵۰۰ میکروموهس بر سانتی‌متر)، اکسیژن محلول کم، MPN کلی‌فرم زیاد و نیترات کم (۵ تا ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. جهت بررسی نیترات منابع آب زیرزمینی دشت ایذه و نمایش فرآیند دنیتریفیکیشن نمودارهای لگاریتم کلر در مقابل لگاریتم نیترات و لگاریتم پتاسیم در مقابل لگاریتم نیترات برای داده های شهریور ماه ۱۳۸۰ رسم شده است (شکل ۴). هر دو نمودار الگوی توزیع مثلثی را نشان می‌دهند که بیانگر وجود سه منبع آب با میزان نیترات متفاوت در آبخوان آبرفتی ایذه است.

آب A، آب تغذیه ای از آبخوان کارستی می‌باشد که غلظت نیترات، کلر، و پتاسیم کمی دارد. با حرکت آب تغذیه‌ای A از حاشیه دشت به سمت مرکز دشت و متحمل شدن آلودگی با منشأهای کشاورزی و شهری، غلظت نیترات با بزرگی بیشتری نسبت به پتاسیم و کلراید افزایش یافته و در حالت انتهایی به آب C که غلظت نیترات زیاد و غلظت کلر و پتاسیم کمی دارد، تبدیل می‌شود. آب B، که غلظت کلر و پتاسیم زیاد و غلظت

نیترات متوسطی دارد در نواحی شرقی دشت که باقیمانده‌هایی از سازند گچساران درآنجا وجود دارد، یافت می‌گردد. در نمودارهای شکل ۴ نمونه‌هایی که دنیتریفیکیشن شدید را متحمل شده‌اند در سمت چپ و خارج از مثلث ABC واقع گشته‌اند.

جدول ۱- نتایج سنجش هیدرو شیمی نمونه های آب زیرزمینی دشت ایذه در اردیبهشت ماه ۱۳۸۰ (هدایت الکتریکی بر حسب میکروموهس بر سانتی متر؛ غلظت یون های عمده بر حسب میلی اکی والان بر لیتر؛ و غلظت کل جامدات محلول، نیترات، نیتریت، فسفات، DO، و BOD بر حسب میلی گرم در لیتر)

Sample	EC	pH	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	PO4	DO	BOD
S1	۱۲۷۶	۸,۲	۳,۲۷	۸,۰۷	۲,۳۷	۰,۰۳	۶,۰۳	۲,۴۹	۴,۹۸	۹,۰۲	۰,۰۷۶	۰	۰	۲,۶۸
S2	۶۴۵	۸,۵	۱,۴۲	۴,۸۶	۰,۹	۰,۰۳	۱,۹۳	۰,۳۱	۳,۲۳	۳۳,۰۶	۰,۰۳	۰	۵,۲	۰,۷۰
D11	۴۷۳	۸,۳	۱,۹۲	۲,۴۷	۰,۴۳	۰,۰۶	۴	۰,۳۷	۰,۳۱	۳۹,۹۵	۰	۰	۷,۱	۰,۸۰
D12	۴۰۰	۸,۴	۱,۳۸	۲,۳۹	۰,۳	۰,۰۹	۲,۸	۰,۳۸	۰,۳۶	۴۱,۸۲	۰,۰۲۶	۰	۸	۰,۸۰
D15	۵۶۶	۸	۲,۵۱	۲,۷۷	۰,۶۵	۰,۰۴	۴,۸۱	۰,۳۱	۰,۶۴	۳۴,۰۴	۰,۰۲۴	۰	۷,۷	۲,۰۰
D13	۸۰۸	۸	۲,۳۱	۴,۲۸	۰,۶۲	۰,۰۲	۵,۴	۰,۸۴	۰,۷۸	۷۶,۳۴	۰,۰۲۲	۰	۷	۰,۴۰
D18	۴۶۳	۸	۲,۵۱	۱,۸	۰,۳۷	۰,۰۲	۳,۶۴	۰,۲۸	۰,۵۶	۲۷,۶۷	۰,۰۲	۰	۷,۶	۰,۶۰
D17	۴۶۸	۸	۲,۳۷	۲,۰۱	۰,۲	۰,۰۵	۴,۰۱	۰,۱۸	۰,۲۳	۳۱,۲	۰,۰۱	۰	۷,۴	۰,۲۰
D16	۴۷۵	۷,۹	۲,۱۸	۱,۳۲	۰,۳	۰,۲۱	۲,۹۶	۰,۴	۰,۴۵	۲۴,۷	۰	۰	۶,۸	۰,۴۰
D14	۶۵۹	۷,۹	۲,۹۲	۲,۳۲	۱,۳۵	۰,۱	۵,۱۸	۰,۶۲	۰,۶۸	۳۵,۵	۰,۰۱۸	۰	۶	۰,۳۰
D10	۲۶۴	۸	۲,۱۷	۰,۹۶	۰,۱۹	۰,۰۴	۲,۵۲	۰,۳۹	۰,۲۴	۲۲,۶	۰,۰۵۱	۰	۸,۳	۰,۳۰
D6	۴۳۱	۸	۱,۶۶	۱,۹۸	۰,۴	۰,۰۴	۳,۵۲	۰,۴۱	۰,۱۹	۲۵	۰,۰۶	۰,۳۸	۸,۸	۱,۰۰
D7	۴۵۳	۸,۳	۱,۷۹	۲,۴۸	۰,۳۹	۰,۰۲	۳,۶۴	۰,۴۱	۰,۴۲	۲۸,۴	۰,۰۵۳	۰,۵۳	۸	۱,۹۰
D5	۱۵۹۶	۸,۱	۳,۵۳	۶,۲۲	۵,۸	۰,۰۴	۴,۵۲	۶,۸۹	۳,۶۹	۲۴,۱	۰,۰۱۷	۰,۰۶	۶,۴	۰,۶۰
D3	۱۶۵۰	۸,۳	۱,۴	۸,۴۳	۸,۵۷	۰,۰۳	۸,۱۸	۱,۹۵	۷,۴۸	۶۴,۳	۰,۰۲۷	۰	۵,۶	۱,۱۰
Q	۹۹۶	۷,۸	۸,۵۹	۱,۲۳	۰,۳۹	۰,۰۱	۲,۳	۰,۴۷	۷,۲۳	۱۸,۲	۰	۰,۰۲	۴,۶	۰,۲۰
D4	۱۱۲۸	۸,۴	۱,۰۲	۵,۶۳	۵,۸	۰,۱۱	۵,۷۲	۱,۵۵	۳,۵۷	۱۹	۰	۰,۱۳	۵,۷	۲,۴۰
D2	۸۰۰	۸,۶	۰,۴۸	۵,۶۶	۳	۰,۰۳	۴,۱۲	۱,۱۳	۲,۵	۴۷,۴	۰,۰۸۱	۰	۶,۵	۱,۱۰
D1	۵۷۷	۸,۵	۰,۵	۵,۲۷	۱,۰۳	۰,۱۴	۴,۵۴	۰,۴۷	۰,۴۷	۱۷,۶	۰,۰۳۱	۰	۷,۳	۰,۳۰
P9	۱۰۰۹	۹	۰,۳	۹,۹۲	۱,۷۸	۰,۱۴	۵,۳۸	۱,۹	۱,۴	۸۷,۵	۰	۰	۶,۶	۲,۶۰
S6	۳۱۷۲	۸,۷	۰,۸۶	۱۸,۹۴	۱۶,۵	۰,۰۲	۷,۹۲	۱۶,۵۳	۷,۲۹	۱۴,۳	۰,۰۱۹	۰,۲	۳,۲	۰,۳۰
D22	۹۰۱	۸,۳	۲,۳۶	۴,۲۸	۲,۴	۰,۰۲	۵,۵۱	۲,۱۲	۱,۷۵	۴۲,۳	۰,۰۳۸	۰,۰۴	۳,۲	۰,۱۰
S3	۸۸۰	۸,۷	۰,۴۲	۷,۵۴	۱,۷	۰,۱۳	۴,۷۴	۱,۶۳	۱,۲۱	۴۶,۳	۰	۰,۱۵	۸,۵	۲,۴۰

جدول ۲- نتایج سنجش هیدرو شیمی نمونه های آب زیرزمینی دشت ایذه در شهریور ماه ۱۳۸۰ (هدایت الکتریکی بر حسب میکروموهس بر سانتی متر؛ غلظت یون های عمده بر حسب میلی اکی والان بر لیتر؛ و غلظت کل جامدات محلول، نیترات، فسفات، DO، BOD، و COD بر حسب میلی گرم در لیتر)

Sample	EC	pH	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	SO4	NO3	PO4	DO	BOD	COD
S1	۱۲۲۰	۸,۲	۲,۹۰	۶,۷۰	۱,۹۷	۰,۰۲	۶,۲	۲,۰۰	۳,۳۵	۸	۰	۳,۱	۲,۳	۳,۲
D11	۶۳۶	۸,۳	۲,۷۰	۲,۷۰	۰,۴۳	۰,۰۵	۴,۹	۰,۳۰	۰,۶۶	۳۱	۰	۷,۲	۱,۴	۷,۲
D15	۴۹۳	۸,۴	۲,۱۳	۲,۷۷	۰,۴۳	۰,۰۴	۴,۰	۰,۴۹	۰,۸۵	۴۲,۱	۰,۰۱۵	۶,۲	۱,۶	۸,۲
D13	۶۸۰	۸,۵	۴,۰۰	۱,۷۰	۰,۵۰	۰,۰۳	۴,۱	۰,۲۰	۱,۰۲	۳۷,۲	۰	۷,۸	۱,۴	۶,۴
D18	۴۶۰	۵,۱	۲,۶۲	۲,۳۳	۰,۲۳	۰,۰۲	۴,۲	۰,۵۴	۰,۴۴	۲۳,۸	۰	۷,۸	۱,۲	۸
D17	۴۸۵	۸,۲	۳,۲۰	۲,۰۰	۰,۱۹	۰,۰۲	۴,۳	۰,۲۷	۰,۸۲	۴۴,۴	۰,۰۲۱	۷,۸	۱,۲	۷,۴
D16	۴۳۰	۸,۲	۳,۲۱	۰,۹۹	۰,۲۳	۰,۰۲	۳,۷	۰,۴۶	۰,۲۹	۲۳,۴	۰,۰۱	۸,۵	۲,۶	۱۰,۴
D14	۵۸۰	۸,۳	۲,۲۰	۲,۴۰	۱,۳۵	۰,۰۵	۴,۱	۰,۸۳	۱,۰۴	۴۲,۹	۰	۸,۲	۳,۸	۱۶,۸
D10	۳۹۲	۸,۵	۲,۳۰	۱,۵۰	۰,۲۳	۰,۰۴	۲,۷	۰,۳۱	۰,۱۵	۲۱	۰	۸,۵	۰,۶	۳,۲
D6	۴۷۹	۸,۳	۲,۲۰	۲,۷۰	۰,۳۹	۰,۰۳	۴,۱	۰,۳۰	۰,۹۰	۲۶	۰,۰۱	۸,۴	۱,۴	۱۴,۴
D7	۴۳۹	۸,۰	۲,۲۰	۲,۵۰	۰,۳۳	۰,۰۲	۲,۳	۰,۶۰	۱,۰۰	۱۸	۰,۰۱	۷,۲	۱,۸	۳,۱
D5	۱۷۸۲	۸,۲	۳,۸۰	۷,۹۰	۶,۷۰	۰,۰۳	۶,۰	۷,۲۰	۵,۱۷	۲۹	۰,۰۱۴	۷,۶	۱,۶۴	۷,۲
D3	۱۴۸۰	۹,۰	۱,۱۴	۸,۶۶	۸,۰۰	۰,۰۳	۴,۹	۲,۰۳	۸,۳۶	۵۶	۰	۶	۰,۶	۳,۶
Q	۹۱۴	۸,۴	۴,۷۰	۵,۶۰	۰,۳۷	۰,۰۴	۲,۵	۰,۴۰	۷,۷۷	۲۹,۲	۰	۷,۷	۰,۳۴	۳,۶
D2	۷۵۹	۸,۲	۲,۴۱	۴,۴۹	۲,۵۰	۰,۰۳	۶,۰	۰,۳۰	۳,۱۰	۲۲,۴	۰,۰۳	۷,۴	۲,۴	۳,۶
D1	۷۷۲	۸,۲	۲,۸۲	۵,۸۰	۰,۸۳	۰,۰۱	۶,۲	۰,۳۰	۲,۹۲	۲۰	۰	۸,۱	۱,۴۲	۱۰,۱
P9	۱۱۴۹	۸,۵	۲,۱۰	۹,۱۰	۱,۵۰	۰,۱۳	۹,۵	۰,۸۳	۱,۰۰	۴۵,۶	۰,۰۳	۴,۶	۱,۲	۱۴,۴
S6	۳۸۳۱	۸,۱	۲,۱۷	۲۲,۸۳	۱۵,۰۰	۰,۰۳	۱۳,۴	۱۵,۳۰	۱۱,۵۰	۳,۳	۰,۰۲	۲,۷	۲,۵	۱۰,۸
D22	۱۱۴۸	۸,۲	۴,۲۰	۳,۷۰	۲,۴۰	۰,۰۲	۶,۰	۲,۷۰	۱,۶۰	۴۰	۰,۰۱	۴,۴	۱	۱۱,۶
S3	۱۳۳۷	۸,۷	۲,۲۰	۹,۸۰	۲,۷۵	۰,۱۲	۷,۶	۳,۰۰	۲,۷۲	۲۵	۰,۰۳	۶	۲,۳	۲۸,۴
D8	۴۹۹	۸,۵	۱,۶۳	۳,۷۷	۰,۵۹	۰,۰۲	۴,۰	۰,۳۰	۰,۸۸	۲,۷۳	۰	۷,۷	۱,۳	۴
D9	۷۳۳	۸,۴	۲,۴۰	۴,۲۰	۱,۰۰	۰,۰۲	۶,۶	۰,۵۰	۰,۵۰	۲,۴۵	۰	۵,۱	۰,۷	۹,۸
D21	۱۱۶۷	۸,۶	۳,۳۰	۷,۵۰	۱,۲۰	۰,۰۲	۳,۴	۲,۱۰	۵,۴۰	۲۲,۶	۰	۲,۸	۰,۴	۸,۲
D23	۱۱۵۸	۸,۵	۲,۱۴	۴,۴۶	۵,۲	۰,۰۵	۶,۷	۱,۱۷	۳,۵۴	۲۹,۵	۰	۵,۵	۰,۵	۱۲
D26	۴۹۴	۸,۸	۳,۱۰	۱,۶۹	۰,۲۰	۰,۰۵	۴,۲	۰,۴۵	۰,۳۶	۲۸,۳	۰	۷,۹	۲	۴,۶

جدول ۳- نتایج سنجش هیدرو شیمی نمونه های آب زیرزمینی دشت ایذه در دی ماه ۱۳۸۰ (هدایت الکتریکی بر حسب میکروموهس بر سانتی متر؛ غلظت یون های عمده بر حسب میلی اکی والان بر لیتر؛ و غلظت کل جامدات محلول، نیترات، نیتریت، و آمونیوم بر حسب میلی گرم در لیتر)

Sample	EC	pH	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	SO4	NO3	NO2	NH4
S1	۱۵۶۳	۷,۶	۴,۹۰	۱۰,۸۰	۳,۲۰	۰,۰۲	۹,۸۰	۳,۹۰	۵,۰۱	۵,۰۸	۰	۰
D11	۵۸۷	۷,۷	۳,۲۲	۳,۶۸	۰,۳۷	۰,۰۶	۶,۱۰	۰,۴۰	۰,۷۳	۳۰	۰,۰۲	۰,۰۳
D15	۵۳۶	۷,۶	۳,۱۰	۳,۸۰	۰۶۰	۰,۰۴	۵,۴۰	۰,۳۰	۱,۶۴	۳۰	۰,۰۲	۰,۰۳
D13	۷۶۹	۷,۶	۳,۱۰	۴,۶۰	۰,۹۰	۰,۱۰	۶,۹۰	۰,۷۳	۰,۹۰	۱۷,۴	۰,۰۲	۰
D18	۷۳۳	۷,۸	۲,۷۰	۲,۷۰	۰,۴۰	۰,۰۲	۴,۵۳	۰,۲۸	۰,۴۰	۲۴	۰	۰,۰۲
D16	۴۰۵	۸,۱	۳,۰۰	۳,۰۰	۰,۲۰	۰,۰۲	۳,۷۵	۰,۲۹	۱,۹۸	۲۰,۲	۰	۰,۰۳
D10	۳۳۶	۸,۰	۲,۱۶	۱,۸۴	۰,۲۰	۰,۰۴	۲,۸۰	۰,۳۰	۰,۹۴	۱۲	۰,۰۱	۰,۰۲
D6	۴۴۲	۷,۹	۲,۲۵	۲,۶۵	۰,۴۰	۰,۰۲	۴,۸۰	۰,۲۰	۰,۱۰	۱۵	۰	۰
D7	۴۲۸	۸,۳	۲,۱۰	۲,۹۰	۰,۴۰	۰,۰۲	۴,۶۰	۰,۳۰	۰,۳۲	۱۵,۲	۰,۰۱	۰,۰۲
D5	۲۵۳۴	۷,۷	۶,۴۰	۹,۱۰	۱۱,۸۰	۰,۰۳	۶,۳۰	۱۲,۱۰	۸,۷۲	۲۱,۳	۰,۰۱	۰,۰۳
D3	۱۲۹۴	۷,۴	۳,۵۰	۶,۸۶	۵,۶۰	۰,۱۰	۱۰,۰۰	۱,۳۰	۴,۵۶	_	_	_
Q	۷۵۷	۷,۸	۶,۹۰	۱,۴۰	۰,۲۳	۰,۰۳	۳,۴۹	۰,۵۸	۴,۲۸	۲۸,۶	۰	۰,۰۲
D2	۸۷۶	۷,۹	۳,۳۰	۵,۷۰	۱,۲۰	۰,۰۲	۹,۶۰	۰,۴۰	۰,۰۲	۱۷,۴	۰,۰۲	۰,۰۲
P9	۱۰۸۱	۸,۲	۱,۷۰	۹,۶۰	۱,۶۰	۰,۱۲	۱۱,۲۰	۱,۲۰	۰,۴۰	۵۴	۰	۰
S6	۹۳۴	۷,۹	۱,۵۹	۵,۳۱	۳,۷۰	۰,۰۵	۴,۷۰	۴,۱۰	۱,۶۵	۱۶,۲	۰,۰۱	۰,۰۲
S3	۹۷۵	۸,۰	۲,۶۰	۷,۱۰	۱,۶۰	۰,۱۰	۹,۲۰	۱,۵۰	۰,۵۰	۲۵,۲	۰	۰,۰۱
D8	۵۸۶	۷,۶	۳,۱۶	۳,۵۴	۰,۵۰	۰,۰۲	۶,۳۰	۰,۳۰	۰,۴۰	۳۰,۲	۰	۰,۰۴
D9	۶۶۰	۷,۹	۲,۰۰	۵,۶۰	۰,۸۳	۰,۰۱	۶,۹۰	۰,۳۰	۱,۰۳	۱۶,۴	۰	۰,۰۳
D21	۱۲۱۲	۸,۳	۳,۸۰	۸,۴۰	۱,۵۰	۰,۰۲	۱۰,۳۰	۳,۱۰	۰,۱۲	_	_	_

محـدودیت ویـژه مطالعـه بـاکتریولوژیکی آب‌هـای زیرزمینی آنست که انواع مختلف باکتری‌های مـدفوعی خصوصیات انتقـالی و بقـاء متفـاوتی دارنـد و از ایـن‌رو پس از رخداد آلودگی، نسبت‌هـای انـواع بـاکتری‌هـای مختلف با زمان و فاصله از منشأ تغییر می‌نمایـد. هرچنـد که امکان جذب باکتری‌ها توسـط لایـه سـیلتی ماسـه‌ای پوشاننده آبخوان آبرفتی ایذه وجـود دارد، بـا ایـن حـال آب‌های زیرزمینی کـم عمـق ایـذه از لحـاظ باکتریـایی شدیداً آلوده می‌باشند. در خرداد و شهریور مـاه ۱۳۸۰، حدود ۴۵ درصد نمونه‌های آب زیرزمینی ایذه آلودگی باکتریایی را نشان می‌دهند. نفوذ آب‌های سطحی آلوده از طریق بـارش و نیـز بـالا رفـتن سـطح ایـستابی، باعـث گردیـــده تـــا در دی مـــاه ۱۳۸۰ حـــدود ۸۰ درصـــد نمونه‌های آب زیرزمینی ایذه حاوی بـاکتری‌هـای کلـی فرم گردند.

نتیجه گیری

تکامل طبیعی ژئوشیمیایی آب زیرزمینی دشت ایـذه در جهت جریان عمومی، از آب نوع بـی‌کربناتـه کلـسیک (منیزیـک) در جنـوب دشـت، بـه آب نـوع بـی‌کربناتـه منیزیک (کلسیک) در قسمت‌های مرکـزی دشـت و در نهایـت بـه آب نـوع سـولفاته (بـی‌کربناتـه) منیزیـک (کلسیک) در شمال دشت روی می‌دهد. غلظت نیترات زیاد آب زیرزمینی در مقادیر بیش از ۱۵ میلـی‌گـرم در لیتر (مقدار متأثر از فعالیت‌هـای انـسانی) در بخـش‌هـای وسیعی از آبخوان دشت ایذه مشخص گردیده است.

جدول ۴- نتایج سنجش های باکتریولوژیکی نمونه های آب زیرزمینی دشت ایذه و معرفی منشأهای آلودگی باکتریایی در سه دوره نمونه برداری در سال ۱۳۸۰ (علامت * نمایانگر عدم اندازه گیری می باشد)

	دی		شهریور		خرداد	
منشأ آلودگی	نوع باکتری	MPN	نوع باکتری	MPN	نوع باکتری	MPN	شناسه
فاضلاب شهر ایذه + مرغداری	اشرشیاکلی	۱۵۰	انترو باکتر اثروجنیز	>۱۱۰۰	انترو باکتر اثروجنیز	>۱۱۰۰	S1
گاوداری	اشرشیاکلی + کلسیلا	۲۸	-	۰	-	۰	D11
نفوذ آبهای سطحی از دریاچه	کلسیلا	۳۹	*	*	-	۰	D15
-	*	۰	-	۰	-	۰	D13
نامشخص	کلسیلا	۹	-	۰	-	۰	D18
نامشخص	*	*	-	۰	کلسیلا	۲۴۰	D17
گاوداری	کلسیلا	۱۵	-	۰	*	*	D16
-	*	*	-	۰	-	۰	D14
آغل های گوسفندان در ارتفاعات	اشرشیاکلی	۴۳	اشرشیاکلی	۲۱	پروتئوس ولگاریس	>۱۱۰۰	Sp
آغل های گوسفندان در ارتفاعات	تعیین نشده	>۱۱۰۰	اشرشیاکلی	۹۳	-	۰	D10
-	-	۰	-	۰	-	۰	D6
نفوذ آبهای سطحی از دریاچه	اشرشیاکلی	۱۵	*	*	پروتئوس ولگاریس	۴۳	D7
-	-	۰	-	۰	-	۰	D5
توالت غیر بهداشتی در مزرعه	کلسیلا	۱۰	-	۰	سیترو باکتر فروندی	۴۶۰	D3
آغل های گوسفندان در بالا دست	اشرشیاکلی	۲۳	انترو باکتر اثروجنیز	۲۳	انترو باکتر اثروجنیز	۴۳	Q
آغل های گوسفندان	اشرشیاکلی	>۱۱۰۰	اشرشیاکلی	۴	-	۵۳	D2
گاوداری	اشرشیاکلی	>۱۱۰۰	-	۰	سیترو باکتر فروندی	۴۳	S4
نفوذ آبهای سطحی ازدیواره چاه	اشرشیاکلی	۱۳	اشرشیاکلی	>۱۱۰۰	*	*	S6
-	*	*	-	۰	*	*	D22
فاضلاب شهر ایذه	اشرشیاکلی	>۱۱۰۰	انترو باکتر اثروجنیز	۴۶۰	انترو باکتر اثروجنیز	>۱۱۰۰	S3
توالت غیر بهداشتی در مزرعه	اشرشیاکلی	۱۵	اشرشیاکلی	۲۰	سیترو باکتر فروندی	۲۴۰	D8
نامشخص	اشرشیاکلی + کلسیلا	۴	-	۰	-	۰	D9
گاوداری	*	*	اشرشیاکلی	۱۵	-	۰	D19
نفوذ آبهای سطحی ازدیواره چاه	تعیین نشده	۳	انترو باکتر اثروجنیز	۱۵	*	*	D21
-	-	۰	*	*	-	۰	DD1
-	*	*	-	۰	-	۰	D23

در بعضی مناطق دشت ایذه غلظت نیترات آب زیرزمینی تا مقادیر بیش از ۴۵ میلی‌گرم (حداکثر غلظت مجاز آب شرب بر اساس EPA, 2003) افزایش یافته است. فرآیند اصلی مسبب افزایش نیترات آب‌های زیرزمینی ایذه اکسیداسیون آمونیوم ناشی از فروشویی سریع کودهای غیر آلی اعمال شده بر زمین‌های کشاورزی می‌باشد. آب‌های زیرزمینی ایذه عموماً محتوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای اکسیژن محلول می‌باشند. در این گونه محیط‌های هیدروژئولوژیکی، نیترات تا مسافت‌های قابل ملاحظه‌ای از نواحی منشأ خود مهاجرت می‌نماید. حداکثر غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی دشت ایذه معمولاً در اردیبهشت ماه رخ داده است. تولید آمونیوم کودهای اعمال شده در بهمن ماه بر روی زمین‌های زراعی، در طی اسفند و فروردین به صورت نیترات از زون خاک به سطح ایستابی فروشویی می‌گردد. چاهک‌های جذبی فاضلاب‌های خانگی در شهر ایذه و روستاهای اطراف، نهرهای هدایت‌کننده فاضلاب شهر ایذه به دریاچه میانگران، مرغداری‌ها، گاوداری‌ها، کودهای شیمیایی اعمال شده برای زراعت گندم و جو، و آبیاری زمین‌های شمال شرقی شهر ایذه با استفاده از فاضلاب جهت شالی کاری از مهم‌ترین عوامل آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت ایذه تشخیص داده شده‌اند. هرچند که امکان جذب باکتری‌ها توسط لایه سیلتی ماسه‌ای پوشاننده آبخوان آبرفتی ایذه وجود دارد، با این حال آب‌های زیرزمینی کم عمق ایذه از لحاظ باکتریایی شدیداً آلوده می‌باشند. در خرداد و شهریور ماه ۱۳۸۰، حدود ۴۵ درصد نمونه‌های آب زیرزمینی ایذه آلودگی باکتریایی را نشان می‌دهند. نفوذ آب‌های سطحی آلوده از طریق بارش و نیز بالا رفتن سطح ایستابی، باعث گردیده تا در دی ماه ۱۳۸۰ حدود ۸۰ درصد نمونه‌های آب زیرزمینی ایذه حاوی باکتری‌های کلی فرم گردند.

با توجه به آنکه آبخوان دشت ایذه به لحاظ قابلیت شرب در حالت بحرانی قرار دارد بنابراین می‌بایست تا آنجا که ممکن است از آب‌های زیرزمینی دشت ایذه برای شرب استفاده نگردد و مدیریت آبخوان بر پایه مصرف کشاورزی استوار گردد. قابلیت انتقال نسبتاً زیاد آبخوان آبرفتی در زیر شهر ایذه و نواحی حاشیه‌ای مجاور آبخوان کارستی، باعث گردیده است که در اثر نفوذ فاضلاب شهری به آبخوان و پمپاژ بیش از حد آبخوان کارستی باعث تحرک توده آلودگی در آبخوان شده است. بدین لحاظ پیشنهاد می‌شود که با در نظر گرفتن جنبه‌های فنی و اقتصادی، آب زیرزمینی آلوده در محدوده شهر ایذه، از اعماق کم آبخوان استخراج شده و در زمین‌های اطراف شهر برای کشاورزی مصرف گردد. همچنین توصیه می‌گردد برداشت آب شرب از دیگر منابع آب کارست که از شهر ایذه فاصله دارند صورت گیرد. با عنایت به آن‌که چاه‌های دستی و دهانه‌گشاد موجود در دشت ایذه آب‌های آلوده سطحی را به طور مستقیم وارد آبخوان می‌سازند بنابراین پیشنهاد می‌شود که نسبت به درپوش گذاشتن چاه‌ها، خاکریزی و سیمان‌کاری زمین اطراف چاه‌ها، و در صورت نیاز مسدود نمودن چاه‌ها اقدام گردد.

منابع

Alley, W. M. (1993). *Regional Ground-Water Quality. Van Nostrand Reinhold, New York.*

Antonakos A., and N. Lambrakis (2000). Hydrodynamic characteristics and nitrate propagation in Sparta aquifer. *Water Resources Research.* 34: 3977-3986.

Chapman D. (1996). Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. UNESCO,

WHO, UNEP, E & FNSPON, Cambridge.

Datta P. S., D. L. Dab and S. K. Tyagi (1997). Assessment of groundwater contamination from fertilizers in Delhi area based on ^{18}O, NO3 and Kcomposition. *Journal of Contaminant Hydrology*. 27: 249-262.

EPA. (2003). Drinking Water Standards. *EPA, New York*.

Lerner, D. N. and K. T. Papatolios (1993). A simple analytical approach for predicting nitrates concentrations in pumped groundwater. *Ground Water*. 31: 370-376.

Shamrukh M., M. Y. Corapcioglu and F. A. A. Hassona (2001). Modeling the effect of chemical fertilizers on ground water quality in the Nile Valley Aquifer, Egypt. *Ground Water*. 39: 59-67.