

## ارزیابی منابع آلودگی آب های زیرزمینی در محیط شهری

(مطالعه موردی: منطقه ۱۴ شهرداری تهران)

زهرا شیرانی<sup>۱\*</sup>

[Zahra\\_Shirani64@yahoo.com](mailto:Zahra_Shirani64@yahoo.com)

مجید عباس پور<sup>۲</sup>

امیر حسین جاوید<sup>۳</sup>

لعبت تقوی<sup>۴</sup>

### چکیده

مسئله ی مهم در مورد منابع آب زیرزمینی، درک ویژگی های حوزه آبریز محلی یا سفره آب، شناخت مواردی که منجر به آلودگی می شوند و مدیریت آن هاست. طی آبان ماه سال ۱۳۹۰ نمونه برداری از تعداد ۱۶ چاه با هدف ارزیابی و شناخت وضعیت کیفی و عوامل تهدید منابع آب زیرزمینی منطقه ۱۴ شهرداری تهران صورت گرفت. فاکتورهای مورد اندازه گیری در چاه های آب شامل پارامترهای فیزیکی (دما، رنگ و بو)، پارامترهای شیمیایی (pH، EC، TSS، TDS)، آنیون ها ( $\text{NO}_2$ ،  $\text{NO}_3$ ،  $\text{Cl}$ ،  $\text{SO}_4$ ،  $\text{CO}_3$ ،  $\text{HCO}_3$ )، کاتیون ها (Na، K، Mg)، فلزات سنگین (Cd، Ag، Pb) و MTBE می باشند. در محل نمونه برداری pH، هدایت الکتریکی و دمای آب سنجیده شد. برای اندازه گیری غلظت عناصر جزئی از روش دستگاهی جذب اتمی کوره گرافیتی، غلظت آنیون ها با روش تیتراسیون و پتانسیومتری، غلظت کاتیون ها (Mg با استفاده از تیتراسیون و Na، K با روش شعله سنجی) و اندازه گیری میزان MTBE بوسیله دستگاه گاز کروماتوگرافی صورت گرفت. نتایج آزمون های آنیونی افزایش نیترات، سولفات و کلراید را در ایستگاه های جنوبی و غربی نشان داد که علت را می توان مرتبط با شیب شمال شرقی به جنوب غربی و همچنین بافت شنی منطقه دانست. افزایش غلظت کاتیون ها در چاه های شرق و شمال شرقی منطقه قابل مشاهده است که در مورد پتاسیم علت افزایش، را می توان به بافت رسی، فاضلاب چاه های جذبی و کود مصرفی در فضای سبز این نواحی مرتبط دانست. کادمیوم نیز تنها فلز سنگینی بود که غلظتش بیش از حد مجاز بود. فعالیت های کشاورزی، فاضلاب های مناطق مسکونی، رواناب های سطحی، بافت فرسوده موجود در نواحی و همچنین ساختار زمین شناسی منطقه، عدم رعایت فاصله مناسب میان چاه های آب با چاه های فاضلاب و زمین های کشاورزی، سبب تشدید اثرات آلاینده های این منابع شده است. چاه های نمونه برداری شده فاقد آلودگی MTBE بودند.

**کلمات کلیدی:** کیفیت آب، منابع آلاینده، منطقه ۱۴ شهرداری تهران، GIS.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده محیط زیست واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی\* (مسئول مکاتبات).

۲- استاد، دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف.

۳- دانشیار، دانشکده علوم و فنون، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

۴- استادیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

## مقدمه

افزایش جمعیت و بالا رفتن استانداردهای زندگی در بسیاری از کشورها موجب تقاضای روز افزون آب زیرزمینی برای مصارف مختلف کشاورزی، صنعتی و شهری شده است. آب زیرزمینی به عنوان یکی از مهم ترین منابع تأمین کننده آب با چالش های متفاوتی از جمله آلاینده های طبیعی و غیر طبیعی روبروست. آب زیرزمینی به دلیل استعداد آلودگی کمتر و همچنین ظرفیت ذخیره زیاد نسبت به آب های سطحی، به عنوان یک منبع مهم آب مورد توجه است (۱). افزایش میزان هدایت الکتریکی و غلظت یون های سدیم، کلر، سولفات و نیترات در آب زیرزمینی بیشتر در اثر فعالیت های خود انسان همانند عملیات کشاورزی (کاربرد کودهای شیمیایی فشرده)، شرب و صنعت است (۲). رشد شهرها، افزایش فعالیت های صنعتی و استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی در کشاورزی باعث آلودگی آب های سطحی و زیر زمینی شده است که اثر این تغییرات روی سلامتی انسان و حیوانات و گیاهان مضر می باشد (۳). در پژوهشی تحت عنوان مطالعه ی موردی آلودگی و پیشگیری از آلودگی آب زیرزمینی شهر هوچیمین ژاپن مشخص شد که عمده ترین دلایل آلودگی آب چاه ها دو عامل ۱- فعالیت های انسانی شامل فاضلاب، زباله و آب چاه های تخریب یافته ۲- عوامل طبیعی شامل آب سطحی آلوده بود که موجب افزایش میزان TDS شده بود (۴).

در مطالعه ی موردی که در سال ۲۰۱۱ میلادی بر روی آب های زیرزمینی هند صورت گرفت مشخص شد که منبع اصلی آلودگی آب های زیرزمینی به چهار دسته : ۱- آلودگی با منشأ فعالیت های انسانی (شامل استخراج معدن، صنعت، دباغ خانه ها، کارخانه یا محل تقطیر مشروبات، محل های دخل و دفن زباله، فعالیت های زراعی و سیستم تخلیه فاضلاب ضعیف) ۲- آلودگی با منشأ زمین شناختی (آرسنیک، فلوراید و آهن) ۳- شوری دشتی (شامل شوری ذاتی و ورود آب در زیر سطح حوزه های آبی) ۴- شوری ساحلی (شامل دخول شوری از جزر و مد، طوفان ها و سونامی ها و دیگری نفوذ آب دریا) تقسیم می شوند (۵). پژوهشی که بر روی آب های زیرزمینی ایالت کالیفرنای آمریکا انجام گردید مشخص

گردید که از بین عوامل اصلی آلاینده آب زیرزمینی : نشت مخازن ذخیره سازی زیرزمینی، عوامل طبیعی، سپتیک، فعالیت های کشت و زرع، زمین های محل دفن زباله و منابع آلاینده نقطه ای صنعتی عاملی که بیشترین تأثیر در آلودگی آب های زیرزمینی را دارد فعالیت های زراعی می باشد (۶). بررسی انجام شده در کشور ایتالیا نشان داد که منابع آلاینده آب زیرزمینی به ترتیب آلاینده های شامل تخلیه فاضلاب صنعتی، نشت مجراهای فاضلاب و سیستم های سپتیک، دفع زباله های مایع، کاربرد کود، مکان های تغذیه حیوانات، چاه های تزریق مواد زائد، توسعه منابع کنترل نشده، پمپاژ بیش از حد در مناطق ساحلی می باشد و آلاینده ها به ترتیب باکتری، آنیون ها، حلال های کلر، فلزات سنگین، کاتیون ها، حشره کش ها و نهایتاً سایر ترکیبات آلی بودند (۷). لطیف و همکاران (۱۳۸۴) با نمونه برداری از ۴۰ چاه در حوالی دشت مشهد در مدت ۶ ماه از تیر تا آذر ۱۳۸۰ مقدار مواد شیمیایی از جمله نیترات کربنات، بیکربنات، EC، pH، TDS، ... را تعیین و آن ها را با استانداردهای جهانی مقایسه و منشأ آلودگی را نشت فاضلاب خانگی به آب زیرزمینی دانستند (۸). همچنین طباطبایی و همکاران به بررسی کیفیت آب زیرزمینی شهر اصفهان طی دو مرحله نمونه برداری پرداختند، آلودگی نیتراتی را به صورت موضعی گزارش نموده و علت را نزدیکی منابع آب زیرزمینی به قبرستان محل دفن اموات و کودهای آلی فضای سبز ذکر کردند، به علاوه مقادیر فلزات سنگین اندازه گیری شده در این تحقیق نشان داد که تمامی عناصر در حد مجاز بوده و نقش آلودگی میکروبی رودخانه بر روی آب چاه ها منتفی است و احتمال دادند منشأ آلودگی، نشت فاضلاب از شبکه فاضلاب شهری و یا نشت آلودگی از سطح زمین باشد (۹). در مطالعه ای که در سال ۱۳۸۳ انجام گرفت پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی آبخوان دشت ارومیه به وسیله کودهای شیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصله مناطق حساس به آلودگی به سه بخش مجزا A, B, C به ترتیب پتانسیل آلودگی تقسیم گردید و بررسی کیفی آن ها نشان داد که غلظت یون های شاخص آلودگی آب از طریق کودهای شیمیایی ( $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$ , K) خیلی

مسکونی و در نتیجه استفاده از کودهای نیتروژنه بوده است(۱۴).

منطقه ۱۴ در شمار مناطق کم وسعت تهران ولی پرتراکم به لحاظ جمعیتی محسوب می شود. این منطقه از شمال به خیابان پیروزی، از غرب به خیابان ۱۷ شهریور، از جنوب به خیابان خاوران و از شرق به بزرگراه بسیج محدود می شود. وسعت منطقه برابر ۲۳/۶۴ کیلومتر مربع می باشد که ۳/۲٪ از کل مساحت شهر تهران را به خود اختصاص داده. مساحت منطقه به ۶ ناحیه تقسیم شده است. از ناحیه ۶ به علت استقرار شهرک های نظامی و به دلایل امنیتی هیچ گونه اطلاعاتی در دسترس نمی باشد. از نظر میزان و کیفیت آب، منطقه توان خوبی دارد من جمله وجود قنات ساری اصلان با دبی ۱۶۰۰ متر مکعب در روز و چشمه های متعدد (۴ چشمه دایمی و ۴ چشمه فصلی) می باشد. جمعیت منطقه طبق آمار حاصل از سرشماری نفوس سال ۱۳۸۵ حدود ۴۴۵۱۳۸ نفر می باشد و ناحیه ۲ با جمعیتی حدود ۱۳۰۰۴۷ نفر بیشترین جمعیت منطقه را به خود اختصاص داده است. به دو علت اصلی آب آبیاری فضای سبز شهری منطقه ۱۴ تهران دچار آلودگی می گردد که دارای اهمیت است: (۱) کودهای شیمیایی اضافه شده به فضای سبز منطقه (۲) رواناب های سطحی روباز متعددی که در منطقه وجود دارند که به علل مختلفی بسیار آلوده گزارش شده و سپس با انتقال این آلاینده ها به آب های زیرزمینی میزان بار آلودگی سرانه نیز افزایش می یابد، عوامل مذکور نشان دهنده ی ضرورت شناسایی منابع آب، کانون های آلودگی و تهیه نقشه زیست محیطی، برای جلوگیری از آلودگی و بهبود شرایط می باشد، که در نهایت تحقیق حاضر با هدف بررسی و شناخت وضعیت کیفی و عوامل تهدید منابع آب زیرزمینی منطقه ۱۴ شهرداری تهران صورت گرفت.

#### روش تحقیق:

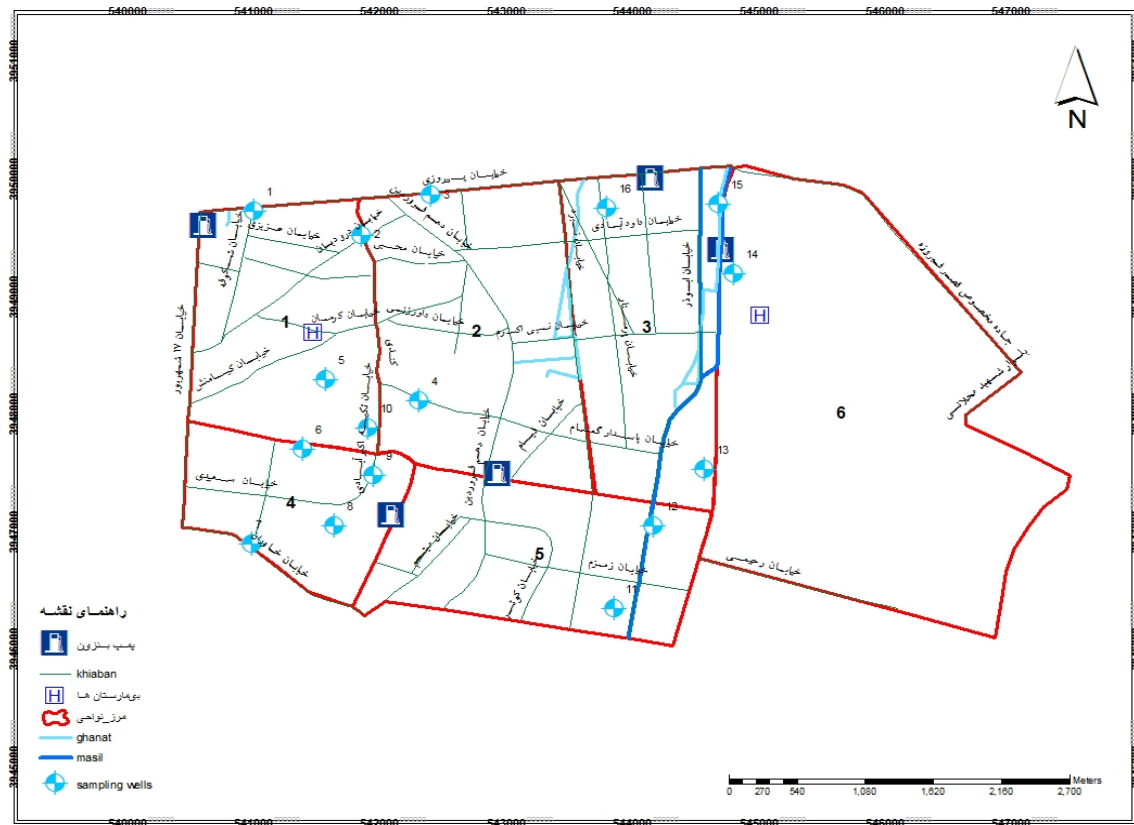
این مطالعه در آبان ماه سال ۱۳۹۰ طی یک مرحله نمونه برداری بر روی ۱۶ چاه تأمین کننده ی آب آبیاری فضای سبز منطقه ۱۴ شهرداری تهران انجام شد. تمامی چاه های تحت پوشش شهرداری که برای آبیاری فضاها ی سبز استفاده

بیشتر از حد استاندارد نبوده و فقط در مناطق محدود غلظت این یون ها ( $NO_3$ ,  $SO_4$ ) بیشتر از حد مجاز است (۱۰). مطالعه ای که در دشت کبودر آهنگ برای بررسی کیفیت آب و ارزیابی ماهیت هیدروشیمیایی به وسیله آنالیز یکسری از کاتیون ها و آنیون ها و نیز پارامترهای (pH، هدایت الکتریکی، قلیائیت و سختی کل) ۱۵۴ نمونه آب زیرزمینی جمع آوری شده است. همچنین جهت تعیین تغییرات مکانی ویژگی نقشه های کانتوری توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی های فیزیکی و شیمیایی نمونه های آب زیرزمینی تهیه شد. بر اساس تقسیم بندی ویلکوکس و نمودار شوری ۷۱/۴۳٪ نمونه ها پایین تر از گستره مجاز و در گروه های C3-S1 قرار داشتند که نشان دهنده میزان شوری بالا و مقدار سدیم پایین است. روند کیفی در بعضی مناطق مرکزی و و جنوب دشت به سمت شوری و سولفات شدن می باشد که حاکی از نشت آلاینده های حاوی نمک و سولفات می باشد(۱۱). در مطالعه ای دیگر که در سال ۲۰۰۲ در شهر دارالسلام تانزانیا صورت گرفت مشخص شد که منابع اصلی آلودگی آب های زیرزمینی منطقه شامل فاضلاب خانگی، فاضلاب های صنعتی، شیرابه ایجاد شده از محل تل انبار زباله های جامد، نشت پمپ های سوخت، زایدات نفتی، فعالیت های دفن زایدات جامد و همچنین طبیعت خاک های شنی منطقه به همراه بارندگی های سالانه که سرعت رسیدن توده ی آلودگی به آبخوان را افزایش می دهد(۱۲). در سال ۱۳۸۵ پژوهشی برای بررسی تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت همدان-بهار انجام گرفت که در آن مشخص شد که چاه هایی که در مسیر جریان به سمت شرق دشت، آلوده تر هستند که علت آن را وجود کارخانجات، تخلیه فاضلاب های شهری و عدم اجرای طرح های تغذیه مصنوعی در آن منطقه دانسته اند(۱۳). پژوهشی بر روی برخی از خصوصیات شیمیایی آب زیرزمینی دشت شهرکرد در چهار زمان (سال های ۸۳ و ۸۴) صورت گرفت که نتایج تحقیق نشان داد که میزان سختی و باقی مانده ی خشک در قسمت های جنوبی به دلیل تأثیرپذیری بالای نمونه های این منطقه از فاضلاب خانگی و غلظت نترات در قسمت شمالی دشت حداکثر است که به علت وسعت بالای زمین های کشاورزی نسبت به مناطق

می شوند مورد نمونه برداری قرار گرفتند. در جدول ۱ نام نقشه ۱ محل ایستگاه های نمونه برداری آورده شده است. چاه ها به همراه مختصات طول و عرض جغرافیایی آن ها و در

جدول ۱- نام ایستگاه های نمونه برداری به همراه مختصات طول و عرض جغرافیایی

شماره ایستگاه	نام چاه	مختصات طول جغرافیایی	مختصات عرض جغرافیایی
۱	شکوفه	۵۴۰۹۰	۳۹۴۹۶۰
۲	چهارصدستگاه	۵۴۱۷۴	۳۹۴۹۴۰
۳	پیروزی	۵۴۲۲۹	۳۹۴۹۷۳
۴	هفت تیر	۵۴۲۲۰	۳۹۴۷۹۹
۵	ایبانه	۵۴۱۴۶	۳۹۴۸۱۷
۶	سعیدی	۵۴۱۲۸	۳۹۴۷۵۷
۷	عارف	۵۴۰۸۹	۳۹۴۶۷۷
۸	جهان پناه	۵۴۱۵۳	۳۹۴۶۹۲
۹	تیمور	۵۴۱۸۴	۳۹۴۷۳۵
۱۰	لرستان	۵۴۱۸۰	۳۹۴۷۷۵
۱۱	فتح	۵۴۳۷۵	۳۹۴۶۲۱
۱۲	سمیه	۵۴۴۰۶	۳۹۴۶۹۳
۱۳	بسیج	۵۴۴۴۷	۳۹۴۷۴۰
۱۴	هجرت	۵۴۴۷۰	۳۹۴۹۰۷
۱۵	افسریه	۵۴۴۵۸	۳۹۴۹۶۶
۱۶	چرم سازی	۵۴۳۶۹	۳۹۴۹۶۴



نقشه ۱- منابع آب و چاه های نمونه برداری شده در منطقه ۱۴ تهران

در مورد چاه هایی انجام گرفت که در محدوده ی پمپ بنزین و پمپ گازهای منطقه قرار گرفته بودند.

در محل نمونه برداری pH، هدایت الکتریکی و دمای آب مورد سنجش قرار گرفت. اندازه گیری غلظت عناصر جزئی با استفاده از روش دستگاهی جذب اتمی کوره گرافیتی و غلظت آنیون ها با روش تیتراسیون و پتانسیومتری (۱۵)، غلظت کاتیون ها (Mg) با استفاده از تیتراسیون و Na, K با روش شعله سنجی) و اندازه گیری میزان MTBE با استفاده از روش USEPA 524.2 (۱۶) و دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل CP-۳۸۰۰ صورت گرفت.

مشخصات دستگاه ها در جدول ۲ ذکر شده است.

جهت نمونه برداری از چاه های آب از ظروف پلی اتیلنی ۱/۵ لیتری، برای هر نقطه دو ظرف، به طوری که یکی از نمونه ها با اسید نیتریک خالص تا pH کمتر از ۲ اسیدی شد که این نمونه ها برای اندازه گیری فلزات سنگین در نظر گرفته شد و نمونه های دیگر برداشتی از آب چاه ها برای اندازه گیری آنیون ها و دیگر کاتیون ها بر اساس روش های رایج شده در کتاب استاندارد متد سال ۱۹۹۸ مورد استفاده قرار گرفتند. برای آزمایشات MTBE، نمونه برداری آب بدین علت که ظروف پلی اتیلنی خود دارای ترکیبات نفتی هستند از ظروف شیشه ای در سمباده ای تیره رنگ استفاده شد و فقط

جدول ۲- مشخصات دستگاه های مورد استفاده

ردیف	نام دستگاه	مدل	کاربرد
۱	جذب اتمی کوره گرافیتی	Varian 220 SpectrAA	جهت تعیین فلزات سنگین
۴	روش شعله سنجی	photometer Flame	جهت تعیین پتاسیم و سدیم
۲	پتانسیومتری	Met Rohm 692- Ion meter	برای سنجش آنیون نیترات و سولفات
۳	pH متر قابل حمل	WTW pH330i	برای سنجش pH و دمای آب در محل نمونه برداری
۴	EC متر قابل حمل	WTW Cond315i	برای سنجش میزان هدایت الکتریکی در محل نمونه برداری
۵	دستگاه گاز کروماتوگرافی	CP-۳۸۰۰	برای اندازه گیری مقدار MTBE

#### یافته ها

صبح الی ۴ بعداز ظهر) است که نمونه برداری انجام گرفته است، به علاوه آب چاه ها فاقد رنگ و بو بودند. مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط برخی از پارامتر های شیمیایی آب زیرزمینی منطقه ۱۴ شهرداری تهران در جدول ۳ نشان داده شده است.

پارامترهای مورد اندازه گیری به دو دسته ی فیزیکی و شیمیایی تقسیم شده که پارامترهای فیزیکی شامل دما، رنگ و بو می باشد. بیشترین دما مربوط به ایستگاه لرستان می باشد و کمترین دما مربوط به آب چاه عارف می باشد و علت این تغییر دما در آب چاه ها مربوط به ساعتی از روز ( ۸

جدول ۳- مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط پارامتر های شیمیایی آب زیرزمینی منطقه

TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	EC (Ds/m)	pH	پارامتر آنالیز
۵۴۸/۷	۵	۱/۲۴۲	۴/۶۵	میانگین
۷۰۷	۵	۱/۵۹۲	۵	بیشینه
۴۸۱	۵	۱/۰۹۵	۴/۵	کمینه
۵۴۲	۵	۱/۲۴۵	۴/۵	میانه
* ۲۰۰۰	* ۵۰	** ۳	** ۸/۵	ماکزیمم مطلوب
*	* ۱۰۰	** ۰/۷	** ۶/۵	مینیمم مطلوب

\* (۱۷)

\*\* (۱۸)

بیشترین اسیدیته مربوط به چاه های شمالی و مرکزی می باشد. آنالیز نتایج نمونه های آب برای بررسی وضعیت هدایت الکتریکی نشان داد آب کلیه چاه ها در محدوده ی

آب همه ی چاه ها دارای اسیدیته ۴/۵ و ۵ بودند یعنی در زیر حد استاندارد آبیاری و بدین ترتیب به علت اسیدی بودن، برای مصارف آبیاری محدودیت وجود دارد.

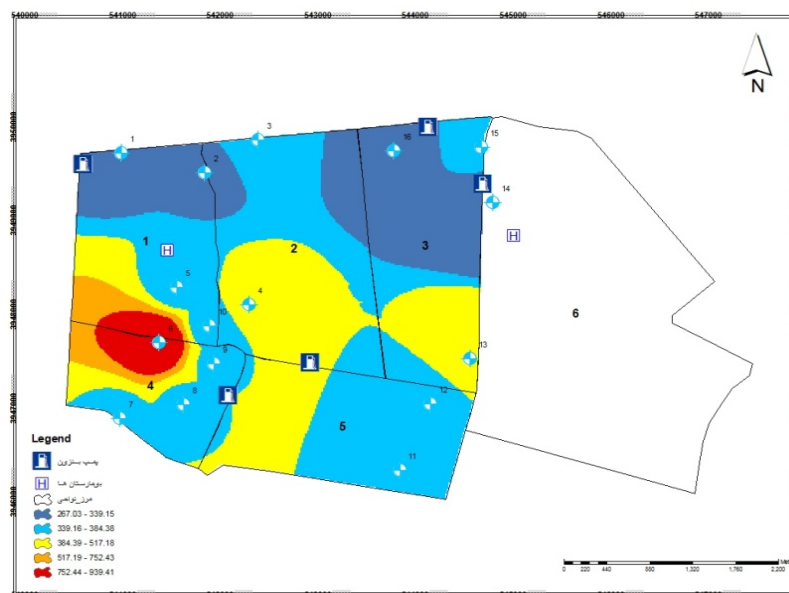
مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط آنیون ها و کاتیون های اندازه گیری شده آب چاه های منطقه ۱۴ به ترتیب در جداول ۴ و ۵ آورده شده است.

درجه ی محدودیت مصرف جزئی تا متوسط قرار دارند و لذا در شرایط قابل مصرف برای آبیاری می باشند. محدوده غلظت TSS زیر ۵ میلی گرم در لیتر و میانگین TDS ۵۵۷/۱۸ میلی گرم در لیتر و بدین ترتیب فاقد هرگونه ممنوعیت در مصرف برای آبیاری می باشند.

جدول ۴- مقادیر حداقل ، حداکثر و متوسط آنیون ها اندازه گیری شده آب زیرزمینی منطقه

کلراید (meq/L)	بی کربنات (meq/L)	کربنات (meq/L)	سولفات (qme/L)	نیتريت (mg/L)	نیترات (mg/L)	پارامتر آنالیز
۴/۲۳	۴/۸۵	۰	۲/۶۹	۰/۲۶	۱۰۶/۹۶	میانگین
۹/۹۴	۶/۹۶	۰	۵/۹۵	۳/۱	۲۹۷	بیشینه
۲/۹۹	۲/۹۵	۰	۱/۶۶	۰/۰۶	۳۳	کمینه
۳/۹۷	۴/۹۱	۰	۲/۳۵	۰/۰۶	۱۰۲/۱۵	میانه
۳۰	۱۰	۱	۲۰	۵	۱۰	ماکزیمم مطلوب*
۰	۰	۰	۰	۰	۰	مینیمم مطلوب*

(۱۷) \*

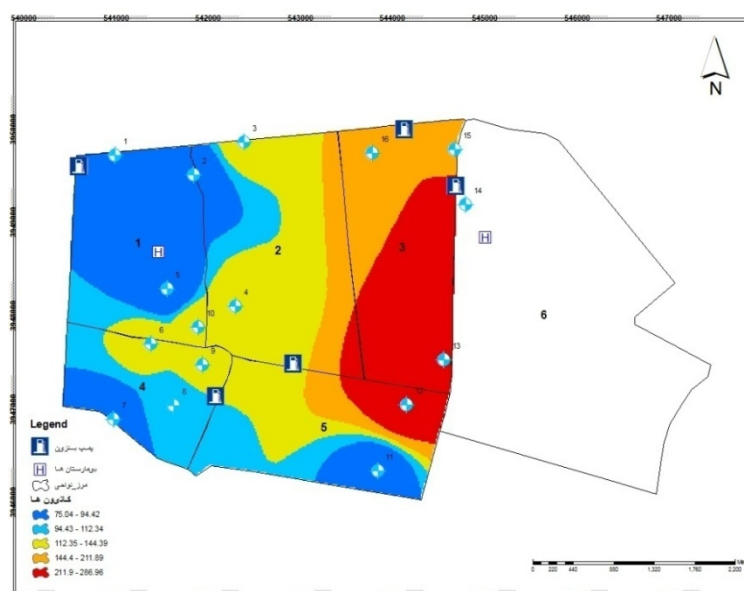


نقشه ۲- پهنه بندی غلظت مجموع آنیون های آب زیرزمینی منطقه

جدول ۵- مقادیر حداقل ، حداکثر و متوسط کاتیون های اندازه گیری شده آب زیرزمینی منطقه

پارامتر آنالیز	سدیم (meq/L)	پتاسیم (mg/L)	منیزیم (meq/L)
میانگین	۵/۸۷	۲/۱۷۵	۲/۲۵
بیشینه	۱۲/۲۱	۴/۶	۲/۹۵
کمینه	۳/۰۸	۱/۳	۱/۶۳
میانه	۴/۹۵	۱/۹۵	۲/۲۱
ماکزیمم مطلوب*	۴۰	۲	۵
مینیمم مطلوب*	۰	۰	۰

\* (۱۹)

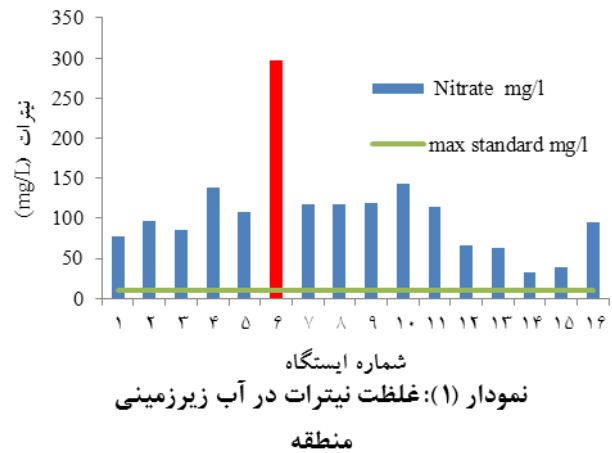
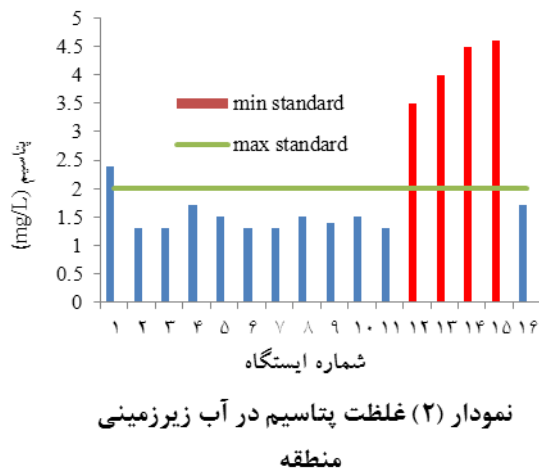


نقشه ۳- پهنه بندی غلظت مجموع کاتیون های آب زیرزمینی منطقه

کاتیون ها تنها عنصر پتاسیم (بر طبق نتایج به دست آمده غلظت پتاسیم در ۴ ایستگاه سمیه، بسیج، افسریه و شکوفه بالاتر از حد مجاز می باشد.) ، که میزان تغییرات هر پارامتر در چاه های منطقه بر روی نمودار ۱ و ۲ نشان داده شده است.

همان طور که در نقشه بالا مشخص است بیشترین آلودگی آنیونی در منطقه ۱۴ مربوط به ناحیه ۴ می باشد. غلظت آنیون ها در منطقه ی ۱۴ در ناحیه ۳ و بخش شمال شرقی ناحیه ۵ از مابقی نواحی بالاتر است. در جداول ۴ و ۵ مشخص است که از میان آنیون ها فقط غلظت نیترات بالاتر از حد بیشینه استاندارد بود و از بین





در جدول ۶ غلظت فلزات سنگین در آب زیرزمینی منطقه و مقایسه آن ها با استانداردهای بین المللی انجام شد.

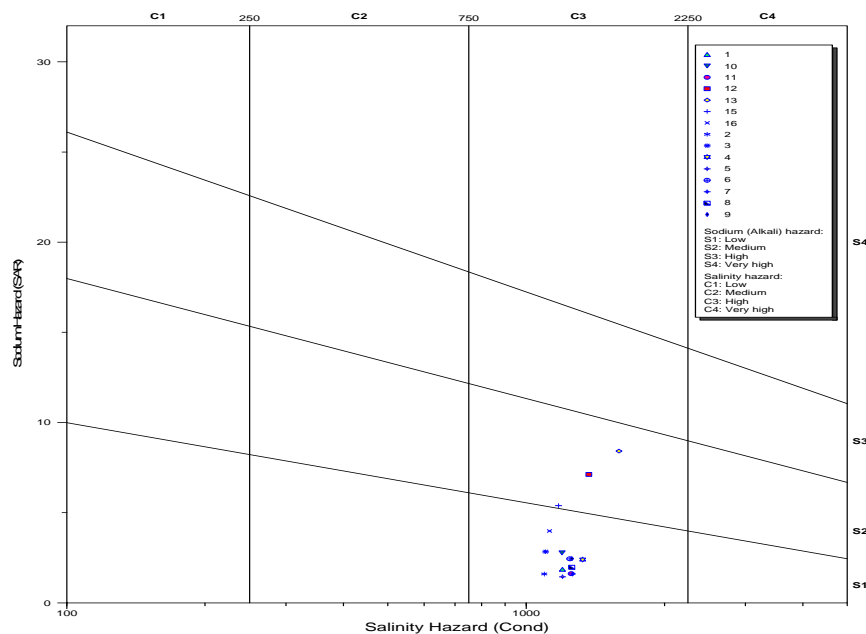
جدول ۶- غلظت فلزات سنگین در آب زیرزمینی منطقه و مقایسه آن ها با استانداردهای بین المللی

Pb ( $\mu\text{g/L}$ )	Cd ( $\mu\text{g/L}$ )	Ag ( $\mu\text{g/L}$ )	نام ایستگاه
<۵	<۱	<۱	کلیه چاه ها
۵	۰/۰۱	۱	حد استاندارد*

\* (۱۹)

شماره ۱۲، ۱۳ و ۱۵ در کلاس C3-S2 قرار دارند، چاه های شماره ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۴ و ۱۶ در کلاس C3-S1 قرار دارند بنابراین همه چاه ها از نظر کشاورزی در کلاس متوسط قرار دارند.

از میان فلزات سنگین اندازه گیری شده تنها کادمیوم غلظتی بالاتر از استاندارد دارد و سایر فلزات مانند نقره و سرب فاقد هر گونه محدودیت می باشند. با استفاده از جدول طبقه بندی ویلکوکس ۱۹۴۸ (۲۰) مشخص گردید که ایستگاه



### بحث

۱۷ پارامتر در ۱۶ چاه منطقه ۱۴ شهرداری تهران مورد بررسی قرار گرفتند و بعد از مقایسه آن ها با میزان استاندارد ارایه شده ( پارامترهای شیمیایی و غلظت آنیون ها با استاندارد فائو برای کیفیت آب کشاورزی و رهنمودهای تفسیر کیفیت آب آبیاری برگرفته شده از کمیته مشاوران دانشگاه کالیفرنیا ۱۹۷۴ و غلظت کاتیون ها و فلزات سنگین با راهنمای کیفیت آب استرالیا مقایسه شدند) از لحاظ بیشتر پارامترها، آب زیرزمینی منطقه در وضعیت مناسبی برای کشاورزی قرار داشتند و طبق نتایج به دست آمده از جدول طبقه بندی ویلکوکس در طبقه متوسط قرار دارند. از میان آنیون ها فقط غلظت نیترات بالاتر از حد بیشینه استاندارد بود و از بین کاتیون ها تنها عنصر پتاسیم بیشتر از حد استاندارد بود. از غرب به سمت شرق افزایش میزان EC, TDS و سدیم را مشاهده می کنیم که افزایش هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول ریشه در تراکم فضای سبز در شرق و تجمع جریان های آب در این محدوده داشتند. علت اسیدی بودن آب در همه ی چاه ها ممکن است به علت بارش باران اسیدی باشد که طی فصل نمونه برداری با شدت زیاد در منطقه صورت گرفت و

همان طور که از جدول ۷ غلظت MTBE در آب

زیرزمینی منطقه و نمودار ارایه شده مشخص است، میزان MTBE کمتر از حد استاندارد و بدون هیچ گونه محدودیت در مصرف می باشد.

### جدول ۷- غلظت MTBE در آب زیرزمینی منطقه

غلظت MTBE (µg/L)	نام ایستگاه
<۱۰	شکوفه
<۱۰	تیمور
<۱۰	افسریه
<۱۰	چرم سازی



نمودار (۳) غلظت MTBE موجود در آب چاهها

ماسه ای و شنی - رسی در ناحیه ۴ منطقه ۱۴ شهرداری تهران از یک سو و عدم رعایت حریم چاه ها از سوی دیگر و تحرک بالای نیترات و افزایش میزان آب شویی و انتقال یون مذکور به آب های زیرزمینی، سبب آلودگی آب این مناطق توسط یون نیترات شده است. همچنین قرارگیری شیب منابع آلاینده به سمت چاه، عمق کم چاه های حفاری شده شهرداری منطقه ۱۴ برای آبیاری فضای سبز و استفاده از چاه های جذبی جهت دفع فاضلاب های خانگی از دیگر عوامل تشدید کننده ی مقدار آلودگی در این چاه است. ابیدات و همکاران (۲۰۰۷) به مطالعه آب ۱۶ چاه در نقاط مختلف منطقه الهاشمیه کشور اردن پرداختند، نتایج این مطالعه نیز ثابت کرد همبستگی زیادی بین غلظت نیترات و فاضلاب به عنوان منبع آلوده می باشد (۲۶). همچنین نتایج مطالعه نشان می دهد که مقادیر یون نیتریت در آب اکثر مناطق مورد بررسی از مقادیر استاندارد پیشنهادی پایین تر است. دلیل آن نیز می تواند ناپایدار بودن این یون و تبدیل سریع آن در طبیعت به یون نیترات باشد. بالا بودن غلظت یون نیترات در عین پایین بودن غلظت یون نیتریت گویای این واقعیت است که آلودگی موجود به تازگی و به صورت لحظه ای اتفاق نیفتاده، بلکه این افزایش در طی سال های متمادی رخ داده، در صورت عدم اعمال کنترل های لازم این روند ادامه خواهد داشت. نوروزی نیز در سال ۱۳۸۷ در همدان به این نتیجه رسید (۲۷).

همانند آب زیرزمینی در دشت کبودر آهنگ که دارای سدیم کمتر از حد مجاز بود، در آب زیرزمینی منطقه ۱۴ نیز مشخص شد غلظت سدیم کمتر از حد مجاز است (۱۱).

سولفات که شکل اکسید شده گوگرد می باشد از منابع بالقوه بسیاری تولید می شود. ته نشست های اتمسفری اسیدی، انحلال گچ، اکسیداسیون مواد معدنی سولفیدی، ورودی های انسانی (به عنوان مثال فاضلاب و کودها) از عوامل تولید سولفات در آب زیرزمینی کارست در کشور چین بودند (۲۳). دلیل افزایش سولفات در چاه شماره ۶ را می توان به ته نشست های اتمسفری اسیدی که از طریق انتقال با آب باران موجب افزایش اسیدیته نیز شده بودند و کودها نسبت داد.

همچنین وجود یون های دیگر همچون نیترات در آب چاه ها، دپارتمان منابع طبیعی اوهایو نیز علت اسیدی بودن آب زیرزمینی منطقه را اضافه شدن آب بارانی که اسیدی است، سایر فعالیت های معدنی محلی و سایر یون های یافت شده در آب زیرزمینی مانند نیترات و سولفات دانسته اند (۲۱).

TSS در آب زیرزمینی منطقه در کلیه چاه ها ۵ میلی گرم در لیتر برآورد شده است که از کمینه استاندارد نیز کمتر است. مواد جامد معلق از کربنات، بی کربنات، کلراید، فسفات و سایر مواد جامد به وجود آمده است و معمولاً در محل تخلیه زبالات غلظت بالایی دارند. گاهی این عامل به عنوان شاخص آلودگی منطقه نیز محسوب می شود (۲۲).

دامنه غلظت کلراید در چاه های منطقه بین ۹/۹۴ در ایستگاه شماره ۶ و ۲/۹۹ در ایستگاه هجرت می باشد که در آب همه ی چاه ها کمتر از حد استاندارد تعیین شده بود. شمعانیان و همکاران در مطالعه ی آب زیرزمینی دشت گرگان افزایش ناگهانی کلراید را در برخی از چاه ها مشاهده کردند که علت را با توجه به مطالعات ژئوالکتریک که شواهدی از وجود رسوبات تبخیری را نشان نمی داد مربوط به نفوذ پس آب های شهری و روستایی و آب های فسیل دانسته اند که در مورد آب زیرزمینی منطقه ۱۴ نیز ممکن است به همین دلیل باشد (۲۳).

در چاه شماره ۶ غلظت نیترات و سولفات بیشتر از مابقی چاه ها می باشد. در مورد نیترات که در برخی از چاه ها بیشتر از حد استاندارد بین المللی کشاورزی بود، علت اصلی آن، استفاده از کودهای شیمیایی نیتراته شامل نیترات فسفات، کود اوره، ماکرو کامل AKEPM و کود میکرو که شامل میکروالمنت ها، کود کریستالون و کود سکسترین است. نتایج کپودر و شولکا در آب زیرزمینی تورنفلد نیز نشان داد که در بین استفاده های مختلفی که از آب میشود کشاورزی منبع اصلی آلودگی آب زیرزمینی توسط نیترات محسوب میشود (۲۴). مطالعات لاله زاری و همکاران نیز در سال ۱۳۸۷ طی بررسی تغییرات ماهانه نیترات در آب زیرزمینی دشت شهرکرد نقش فعالیت های کشاورزی در عدم تأمین سلامت آب را نشان می دهد (۲۵). همچنین وجود بافت خاک شنی -

همکاران بر روی غلظت فلزات سنگین در آب چاه های مجاور کارخانه سرب و روی زنجان نشان داده است که غلظت روی در هیچ یک از نمونه ها از استاندارد ملی فراتر نبوده است ولی غلظت سرب و کادمیوم به ترتیب در ۵۹ و ۵۳٪ نمونه ها بیشتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی بوده است (۳۲). روبینا و همکاران، در مطالعه ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در آب های زیرزمینی صنایع کاهوتا در اسلام آباد پاکستان نشان دادند که به استثناء سلیونیوم مشکلی در سایر غلظت های فلزات سنگین دیده نشده است (۳۳). غلظت بیش از چند میکروگرم در لیتر کادمیوم احتمالاً ناشی از تخلیه فاضلاب آلوده به کادمیوم می باشد (۳۴). حسن زاده و عباس نژاد در بررسی آلودگی آب های زیرزمینی شهر کرمان به فلزات سرب و کادمیوم به این نتیجه رسیدند دو آلاینده از منابع یکسانی (رواناب های سطح شهر و دفع شدن از طریق چاه های جاذب) وارد سفره آب زیرزمینی گردیده اند (۳۵). می توان علت افزایش کادمیوم در صد در صد چاه ها را به علت آلوده شدن آب چاه ها به فاضلاب آلوده و یا شسته شدن خیابان ها و خاک های آلوده به کادمیوم در هنگام بارندگی ها و جریان یافتن آن به آب چاه ها دانست.

در همه ی چاه های نمونه برداری غلظت MTBE

کمتر از حد استاندارد می باشد بنابراین نیازی به ارایه روش ها و راهکار نمی باشد. آندرو اسمیت نیز در یک گزارش مقدماتی که به بررسی ترکیبات گازوئیلی آب آشامیدنی مائین پرداخته بود، مشخص کرد که ۹۳/۹٪ از نمونه ها غلظتی از MTBE را نشان می دادند که یا غیر قابل تشخیص بوده و یا این که کمتر از ۱ میکرو گرم در لیتر بودند به علاوه نوع یا حجم آب چاه و مجاورت آن ها به تانک های ذخیره از فاکتورهای بودند که در غلظت MTBE آب چاه ها مؤثر تشخیص داده نشدند (۳۶).

#### نتیجه گیری

به طور کلی منطقه ۱۴ دارای ۶ ناحیه می باشد، ناحیه ۶ به علت این که منطقه نظامی است قابل دسترس نیست و در سایر نواحی این منطقه ۱۶ چاه تحت پوشش شهرداری وجود دارد. در این تحقیق پارامترهای کیفی آب

غلظت کربنات در همه ی چاه ها صفر بوده ولی غلظت بی کربنات از غرب به سمت شرق روند صعودی داشته است که علت این امر را می توان ورود فاضلاب غنی از مواد آلی به آب زیرزمینی منطقه دانست. در اثر تجزیه ی مواد آلی، دی اکسید کربن تولید شده در آب تولید یون بی کربنات می کند و غلظت آن افزایش می یابد (۲۹).

با آنالیز آب زیرزمینی منطقه و مقایسه غلظت عناصر پتاسیم با استانداردهای بین المللی آب کشاورزی ثابت گردید که میزان آن در برخی از چاه ها از حد استاندارد بالاتر است. با توجه به نقشه آبرفت های تهران می توان فهمید که بخش شرق و شمال شرقی منطقه ۱۴ نهشته های DI ریز دانه می باشد که از رسوبات دانه ریز (سیلت و رس) تشکیل شده است و پتاسیم در مواد معدنی متنوعی مانند فلدسپار، میکا و رس وجود دارد (۳۰). بدین ترتیب می توان علت افزایش پتاسیم در ۱۹٪ از چاه های بخش شرق و شمال شرق منطقه را به این ساختار مربوط دانست. میزان منیزیم نیز در آب زیرزمینی منطقه کمتر از حد استاندارد می باشد. احتمالاً علت افزایش نسبی غلظت آن در بخش هایی از منطقه به ساختار زمین شناسی آن مربوط می باشد.

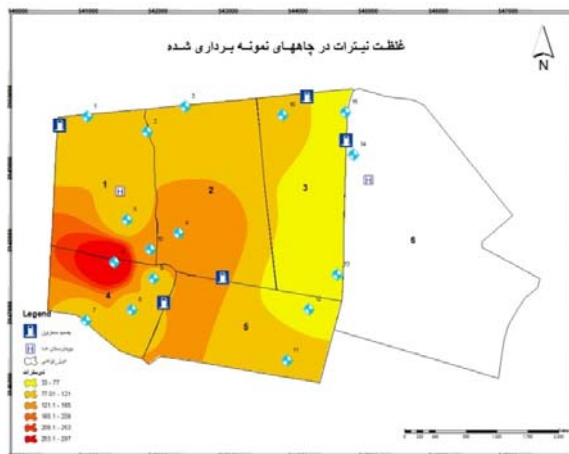
نتایج میزان غلظت فلزات سنگین با استانداردهای

آب آبیاری مقایسه گردید و نشان داد که غلظت فلزات سنگین به جزء کادمیوم پایین تر از حد مجاز می باشد. بنابراین منابع آب آبیاری چاه های موجود در منطقه از نظر فلزات سنگین منابع مطمئنی هستند و به دلایل مختلف از جمله کم بودن صنایع در منطقه، ترکیبات زمین شناسی منطقه، کاهش نفوذ فاضلاب های شهری به منابع آب، شرایط جغرافیایی و محیط حاکم بر منطقه و غیره در معرض آلودگی به فلزات سنگین (به جزء کادمیوم) نیستند. تحقیقات گین و همکاران نشان داد که غلظت های فلزات سنگین در طول زمان تغییر می کند و مشخص شد چاه های موجود در یک محل می تواند به طور گسترده ای دارای غلظت های متفاوتی از فلزات باشند. در واقع غلظت فلزات سنگین در چاه ها، مرتبط با محل و عمق چاه ها بوده و در چاه های کم عمق تر در نواحی مشخص زمین شناسی غلظت بالاتر بوده است (۳۱). مطالعه محمدیان و

است و به سمت جنوب و شرق به آلودگی آنیونی افزوده می شود که می توان علت را مرتبط با افزایش تمرکز جمعیت انسانی و فضای سبز در این مناطق دانست که به نوبه خود موجب افزایش مصرف کودها و افزایش تولید فاضلاب می گردد. به دلیل حلالیت بالای نیترات و عدم وجود فرایندی خاص برای رسوب آن، در جهت شیب آب زیرزمینی انتقال یافته و غلظت آن در بخش های انتهایی دشت نیز تقریباً ثابت باقی مانده است.

برای تعیین منشأ آلودگی در منطقه اقدام به بررسی کلر و سولفات شد زیرا در بین تشکیل دهنده های شیمیایی کلراید در درجه اول و سولفات در درجه دوم به عنوان ردیاب در تعیین منشأ آلودگی اهمیت دارد (۳۷).

بنا بر نتایج آزمایشات مشخص گردید که آب زیرزمینی منطقه دارای غلظت کلراید و سولفات کمتر از حد مجاز می باشد و تنها سه عنصر غلظتی بالاتر از استاندارد تعیین شده داشتند. بدین ترتیب می توان به این نتیجه رسید که آب چاه های منطقه از لحاظ مصرف برای آبیاری فاقد مشکلات جدی می باشد و نتایج حاصل از جدول ویلکوکس نیز با قرار دادن چاه ها در کلاس متوسط همین امر را اثبات می نماید.

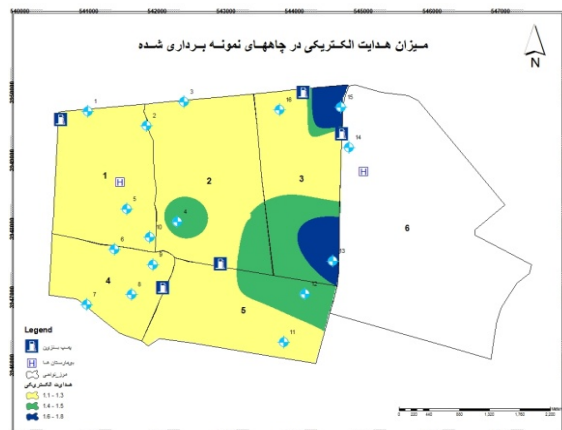


نقشه ۶- پهنه بندی غلظت نیترات

#### در آب زیرزمینی منطقه

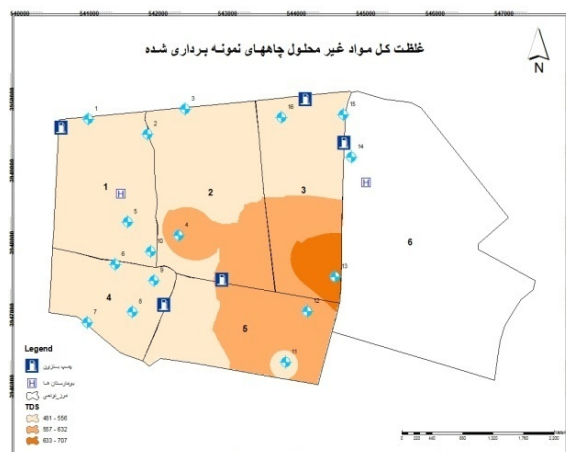
با مقایسه نقشه پهنه بندی مجموع کاتیون ها و پهنه بندی غلظت پتاسیم با نقشه میزان EC, TDS در آب زیرزمینی منطقه متوجه تشابه در محل تمرکز آلاینده ها می شویم و بیشترین غلظت را در ناحیه ۳ مشاهده می نماییم. بدین ترتیب

زیرزمینی منطقه که شامل پارامترهای شیمیایی، فیزیکی، آنیون ها و کاتیون ها است، مورد بررسی قرار گرفت. با مقایسه غلظت فاکتورهای شیمیایی در چاه های مختلف و همان طور که در نقشه های ذیل قابل مشاهده است بیشترین آلودگی مربوط به منطقه ۳ و چاه شماره ۱۳ است که در مسیر مسیل سرخه حصار و بزرگراه بسیج قرار دارد که همین عامل اصلی در افزایش مواد محلول و افزایش هدایت الکتریکی می تواند باشد. کمترین آلودگی مربوط به شمال شرق، ناحیه ۱ و چاه شماره ۱ می باشد. بدین ترتیب از غرب به سمت شرق روند صعودی در غلظت این دو عامل قابل تشخیص است.



نقشه ۴- پهنه بندی هدایت الکتریکی

#### آب زیرزمینی منطقه



نقشه ۵- پهنه بندی غلظت کل مواد محلول آب

#### زیرزمینی منطقه

همان طور که از نقشه ۲ مربوط به پهنه بندی غلظت مجموع آنیون ها و نقشه زیر مشخص است بیشترین آلودگی آنیونی که شامل نیترات نیز می باشد مربوط به ناحیه چهار

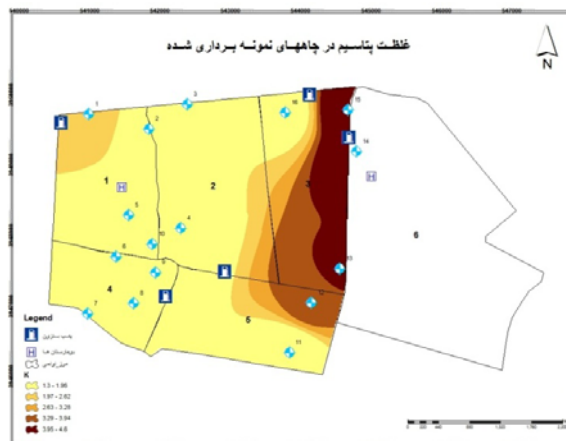
دو عامل طبیعی و انسانی موجب تشدید آلودگی چاه های ناحیه گردیده اند.

میان چاه های، آب و چاه های فاضلاب در برخی نواحی، عمق کم چاه، بافت قدیمی نواحی منطقه ۱۴ می باشد.

بنابراین پیشنهاد می شود: ۱- از روش های آبیاری با راندمان بالاتر مانند آبیاری تحت فشار استفاده شود ۲- آزمایش خاک اراضی جهت تعیین نیاز واقعی فضای سبز منطقه به کود ۳- توزیع کودهای شیمیایی مجاز و استاندارد ۴- تنظیم استاندارد ملی و استانی ۵- استفاده از کودهای شیمیایی سازگار با محیط زیست

### تقدیر و تشکر

با سپاس از تمامی عزیزانی که در مراحل مختلف این پروژه به اینجانب یاری رساندند.



نقشه ۷- پهنه بندی غلظت پتاسیم در آب زیرزمینی

### منطقه

در مورد فلزات سنگین نیز با توجه به نقشه های پهنه بندی و نمودارهای متوسط غلظت ها نشان دهنده ی عدم آلودگی آب زیرزمینی منطقه به فلزات سنگین سرب و نقره می باشد ولی غلظت کادمیوم در همه ی چاه ها به یک نسبت بیش از حد استاندارد:  $1 < \mu\text{g/L}$  می باشد که علت آن را می توان به شسته شدن خیابان ها و خاک های آلوده به کادمیوم در هنگام بارندگی ها دانست.

نتیجه گیری کلی که می توان از این تحقیق گرفت که از غرب به شرق غلظت پتاسیم، TDS، EC و از شرق به غرب غلظت نیترات روند صعودی را نشان می دهد و عوامل آلوده کننده آب چاه های منطقه شامل موارد ذیل می باشد:

استفاده از کودهای شیمیایی در اراضی کشاورزی با توجه به وسعت فضای سبز و باغات و پارک های موجود در منطقه ۱۴، فاضلاب های خانگی و عدم وجود شبکه ی فاضلاب و سیستم تصفیه در منطقه رواناب های سطحی با توجه به عدم وجود شبکه ی مهندسی و بهداشتی به منظور دفع آب های سطحی و فاضلاب، حل نمودن مقدار قابل توجهی از املاح در زمان عبور آب های سطحی از لایه های زمین و سایر عواملی مانند:

وضعیت توپوگرافی و شیب محدوده ی مطالعاتی، ساختمان زمین شناسی، عدم رعایت فاصله ی مناسب

### منابع

1. Faithful, J. and Finlayson, W., 2005. Water quality assessment for sustainable agriculture in the Wet Tropics-A community assisted approach. Marine pollution Bulletin, Vol. 51(1-4), pp.99-112
2. Jalili, M., 2007. Assessment of the chemical components of Famenin groundwater, western Iran. Environmental Geochemistry and Health Journal, Vol. 29(5), pp.357-374
3. Patwardhan -A. «Changing status of urban water bodies and associated health concern in Pune, India»- Proceedings of the Third International Conference on Environment and Health, 2003- Dehli-India.
4. Xaun, V., 2001. Ground water pollution in Hochiminh city and it's prevention-case study. Annual Report of FY 2001, The Core University Program between Japan society for the Promotion of Science (JSPS) and

- کیودر آهنگ در سال ۱۳۸۹- مجموعه مقالات سی  
امین گردهمایی علوم زمین ۱۳۸۹- تهران-ایران.
12. Rubhera R.A.M. Eindhoven M.  
«Groundwater pollution in urban Dar  
es Salaam Tanzania: assessing  
vulnerability and protection priorities»  
MSc Thesis in Irrigation management  
major.University of Technology ,The  
Netherlands June 2002; pages 98-100.
۱۳. قاسمی، عادل و همکاران، «بررسی تغییرات کمی و  
کیفی آب زیرزمینی دشت همدان-بهار»، فصلنامه  
علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم، پاییز ۱۳۸۸، سال  
ششم، شماره ۲۳، صفحه ۱۱۴-۱۱۶.
۱۴. لاله زاری، رضا، طباطبائی، سید حسن، «خصوصیات  
شیمیایی آب زیرزمینی دشت شهرکرد»، مجله  
محیط شناسی، بهار ۱۳۸۹، سال سی و ششم، شماره  
۵۳، صفحه ۵۵-۶۲.
15. Radojevic M.V. & Bashkin N  
«Practical environmental analysis» 3<sup>rd</sup>  
ed London Royal Society of  
Chemistry, 1999, 520p.
16. USEPA, 1997. Drinking Water  
Advisory: Consumer Acceptability  
Advice and Health Effects Analysis on  
Methyl Tertiary-Butyl Ether, U.S.  
Environmental Protection Agency,  
Office of Water. EPA-822-F-97-009.
17. Ayers R.S. Westcot D.W. 1985  
.Water quality for agriculture .FAO  
Irrigation and Drainage Paper 29 Rev.  
1 .see information in:  
<http://www.fao.org/docrep/003/t0234e/t0234e00htm>.
- National Centre for Natural Science  
and Technology (NCST) .Volume.P.1-  
P.7.pp.4-5.
5. Garduño H. Saleem R. Sengupta B.  
2011. India Groundwater Governance  
Case Study. Water Papers .pp.9-10 .see  
information in: <http://www.worldbank.org/water>.
6. Helperin A. N. Beckman D. S.  
Inwood D. 2001. California's  
Contaminated Groundwater. Natural  
Resources Defense Council .pp12-14  
.see information in:  
[http://capp.water.usgs.gov/GIP/gw\\_gip/gw\\_a.html](http://capp.water.usgs.gov/GIP/gw_gip/gw_a.html)
7. Giuliano G. Carone G. Corazza A.  
1998. Mapping Pollution of  
Groundwater Used for Drinking Water  
Supply Rome Italy. GNDCI  
Publication No. 1875, one oversized  
sheet.
۸. لطیف، محمد و همکاران، « بررسی آلودگی نیترات و  
منشأیابی آن در آبهای زیرزمینی دشت مشهد»  
مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۳۸۴،  
شماره ۱۲، جلد ۲، صفحه ۲۱-۳۲.
۹. طباطبایی، سید حسن، توسلی، مسعود و همکاران،  
«مطالعه میزان آلاینده های آب زیرزمینی شهر  
اصفهان و ارزیابی آن با تأکید بر جنبه آب شرب»  
مجله علمی کشاورزی، سال ۱۳۸۹، شماره ۲، جلد  
۲۹، صفحه ۷۹-۹۲.
۱۰. آقازاده، نصرت، «تأثیر استفاده گسترده از کودهای  
شیمیایی بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی»، پایان  
نامه کارشناسی ارشد، هیدروژئولوژی، دانشگاه آزاد  
اسلامی واحد ارومیه، ۱۳۸۳؛ صفحات ۵۹-۶۲.
۱۱. ایمان زاده- ح، خدایی- ب و همکاران، «بررسی مهم  
ترین پارامترهای هیدروشیمی آب زیرزمینی دشت

۱۸. غلامعلی زاده آهنگر، احمد، «کیفیت و ارزیابی کیفی آب آبیاری»، چاپ دوم، نشر علوم کشاورزی، ۱۳۸۶، فصل سوم، صفحه ۵۴.
19. Anzecc & Armcanz, 2000. Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Water. see information in: <http://www.environment.gov.au/water/publications/quality/index.htm>.
20. Wilcox, L.V., 1948. The Quality of Irrigation Water. US Dept. of Agricultural Technology Bulletin, Vol. 962, pp. 1-40.
21. Ground Water Quality, 2011. Ohio Department of Natural Resources. see information in: <http://www.ohiodnr.gov/soilandwater>.
22. Mahananda, M.R., Mohanty, B.P. & Behera, N.R., 2010. Physico-Chemical Analysis of surface and groundwater of Bargarh district, Orissa, India. Journal of IJRRAS, Vol. 2(3), pp. 284-291.
۲۳. شمعانیان، غلامحسین و همکاران، «هیدروژئوشیمی آب های زیرزمینی در دشت گرگان: راهکاری برای حساسیت سنجی آلودگی آب های زیرزمینی»، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳۸۵، سال سوم، شماره چهارم، صفحه ۲۰-۲۹.
24. Cepuder, P. & Shukla, M.K., 2002. Groundwater nitrate in Austria: a case study in Tullnerfeld. Nutrient Cycling in Agroecosystems Journal, Vol. 64, No. 3, pp. 301-315(15).
۲۵. لاله زاری، رضا و همکاران، «بررسی تغییرات ماهانه نیترات در آب زیرزمینی دشت شهرکرد و پهنه بندی آن با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی»، مجله
- پژوهش آب ایران، ۱۳۸۸، جلد سیزدهم، شماره چهارم، صفحه ۹-۱۷.
26. Obeidat, M.M., Massadeh, A.M., Al-Ajlouni, A.M. and Athamneh, F.S., 2007. Analysis and evaluation of nitrate levels in groundwater at Al-Hashimiya area, Jordan. Environmental Monitoring and Assessment Journal, Vol. 135(1-3), pp. 475-486.
۲۷. نوروزی-ح، «ارزیابی یون های نیترات و نیتريت در آب زیرزمینی همدان»- مجموعه مقالات دهمین کنفرانس ملی بهداشت محیط، ۱۸ آبان ۱۳۸۷- سنندج، ایران.
28. Junbing, Pu., Daoxian, Y., Cheng Z., Heping, Z., 2013. Hydrogeochemistry and possible sulfate sources in karst groundwater in Chongqing China. Environmental Earth Sciences Journal, Vol. 68(1), pp. 159-168.
۲۹. حسن زاده، رضا، عباس نژاد، احمد، حمزه، محمد علی، «ارزیابی آلودگی آب های زیرزمینی محدوده ی شهر کرمان»، مجله محیط شناسی، زمستان ۱۳۸۹، سال سی و ششم، شماره ۵۶، صفحه ۱۰۱ - ۱۱۰.
۳۰. ای کگلی، سوزان، آندروس، جوی. (نویسندگان) حسن نیا، صادق. (مترجم). «شیمی آب». چاپ دوم، انتشارات دانشگاه گیلان ۱۳۸۶
31. Geen, V., Zheng, Y., Versteeg, R., 2003. Spatial variability of arsenic in 6000 tube wells in a 25 km<sup>2</sup> area in Bangladesh. Water Resources Research Journal, Vol. 39(5), pp. 1140-1156.
32. Mohamadian, M., Noori, J., Afshari, N., Nasiri, J., Noorani, M., 2008. The



۳۵. حسن زاده، رضا و عباس نژاد، احمد، «بررسی آلودگی آب های زیرزمینی شهر کرمان به فلزات سرب و کادمیوم»- اولین همایش تخصصی محیط زیست، ۱۳۸۵، تهران-ایران.

36. Andrew .E. .Smith .SM. .Hunter .B. .Loiselle .M. .1998. The Presence of MTBE and Other Gasoline Compounds in Maine's Drinking Water: A Preliminary Report. 1-2 see information in: <http://www.state.me.us/dhs/boh>.
37. Bernd, C.R., and Charls .W.K. .1986. Geochemistry of salt water beneath the rolling plauns, northcentral Texas. Groundwater Journal, Vol. 24 .pp. 735-742.

survey of heavy metals concentration in water wells in neighbor of Zanjan plump and zinc factory. Journal of Health and Environment .Vol. 1(1) .pp. 51- 56.

33. Rubina .K. .Zulfiqar .A. .2009. Determination of toxic inorganic elements pollution in groundwater of Kahuta Industrial Triangle Islamabad, Pakistan using inductively copled plasma mass spectrometry. Journal of Environment Monitoring Assessment .Vol. 157(1-4) .pp. 347-354.

۳۴. شریعت پناهی، محمد، «اصول کیفیت و تصفیه آب و فاضلاب»، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران ، ۱۳۷۱، فصل سوم، صفحه ۱۳۷.