

Technical Note

A Survey of Nitrate and Nitrite Concentrations
in Groundwaters in Urban and Agricultural
Areas in Asadabad PlainE. Solgi^{1*} and B. Oroji²

Abstract

Evaluation of water quality parameters is very important in knowledge of aquifer-quality conditions, pollution sources, and determination the most appropriate management strategies. With regard to the role of wastewater and agricultural activities in contamination of groundwater resources with compounds such as nitrate and nitrite, *water samples* were collected from 22 points from urban areas and agricultural lands near residential areas as well as areas with high density of agricultural activities in Asadabad plain. Sampling and analysis of water samples were conducted according to the latest guidelines from the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. The results indicated that the mean concentrations of nitrate and nitrite in the study area are 19.78 mg/l and 0.035 mg/l, respectively. Taking 33 mg/l and 0.097 mg/l respectively as the maximum allowable concentrations for nitrate and nitrite, it can be said that pollution due to these compounds was less than the standard limits. However the concentrations of nitrate in urban areas and around residential areas reached 24.53 mg/l which indicated the influence of the released urban wastewater in these areas. The prepared zoning maps of these two anions and combining them into one common layer actually determined the increasing trends in concentrations in the urban and dense agricultural areas.

Keywords: Groundwater quality, Wastewater, Nitrite, Nitrate.

Received: January 5, 2017

Accepted: March 10, 2017

یادداشت فنی

بررسی غلظت نیترات و نیتريت در آب زیرزمینی مناطق
شهری و کشاورزی در دشت اسدآبادعیسی سلگی^{۱*} و بلال اروجی^۲

چکیده

بررسی پارامترهای کیفی آب‌های زیرزمینی در شناخت وضعیت کیفی آبخوان، منابع آلوده‌کننده و تعیین مناسب‌ترین راهکارهای مدیریتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به نقش فاضلاب و فعالیت‌های کشاورزی در آلودگی منابع آب زیرزمینی و از جمله ترکیبات نیترات و نیتريت از ۲۲ نقطه از دشت اسدآباد در نواحی شهری، اراضی کشاورزی نزدیک به مناطق مسکونی و همچنین نواحی با تراکم فعالیت‌های کشاورزی بالا، نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌ها طبق آخرین رهنمودها در کتاب استاندارد متد صورت گرفت. نتایج حاصل حاکی از آن است که میانگین غلظت نیترات و نیتريت در منطقه به ترتیب، ۱۹/۷۸±۶/۹۴ و ۰/۰۳۵±۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که با در نظر گرفتن ۳۳ و ۰/۰۹۷ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب برای نیترات و نیتريت به‌عنوان بیشترین مقدار غلظت، می‌توان اعلام کرد که میزان آلودگی کمتر از حد استاندارد بوده و این در حالی است که میزان نیترات در نواحی شهری و اطراف مناطق مسکونی به میزان ۲۴/۵۳±۵/۴۱ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد که نشان از تأثیر فاضلاب شهری رها شده در این مناطق است. نقشه پهنه‌بندی تهیه شده از دو آنیون و تلفیق آن‌ها و تشکیل یک لایه مشترک، به خوبی روند افزایش میزان غلظت دو آنیون را در منطقه در نواحی شهری و تراکم فعالیت‌های کشاورزی مشخص کرد.

کلمات کلیدی: کیفیت آب زیرزمینی، فاضلاب، نیترات، نیتريت.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱۰/۱۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۲/۲۰

1-Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran. Email: e.solgi@malayeru.ac.ir

2- Ph.D Student, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

*- Corresponding Author

۱- استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، همدان، ایران

۲- دانشجوی دکتری محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، همدان، ایران

*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان خرداد ۱۳۹۷ امکانپذیر است.

۲- مواد و روش‌ها

دشت اسدآباد با وسعت حوزه آبریز معادل ۹۶۲ کیلومتر مربع بخشی از حوزه آبریز علیای کرخه محسوب می‌گردد. این دشت یکی از دشت‌های مهم و حاصلخیز استان همدان محسوب می‌شود. اهمیت این دشت به دلیل تأمین آب مورد نیاز شرب، کشاورزی و صنعتی منطقه است. حوضه آبریز اسدآباد با موقعیت $۱۶^{\circ} ۴۸'$ تا $۴۷^{\circ} ۴۷'$ طول شرقی و $۵۲^{\circ} ۳۴'$ تا $۳۴^{\circ} ۳۵'$ عرض شمالی در ۵۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان همدان قرار دارد (شکل ۱) (Hamedan Regional Water Co., 2012). با توجه به توپوگرافی منطقه و پراکنش چاه‌های شرب و کشاورزی موجود در دشت در شهریور ۹۳ تعداد ۲۲ نقطه جهت نمونه‌برداری انتخاب شد. سنجش غلظت یون‌های نیترات و نیتریت با روش اسپکتروفتومتری و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Hatch مدل DR-2000 به منظور اندازه‌گیری غلظت یون نیترات از برنامه ۳۵۵ با طول موج ۵۰۰ نانومتر و معرف Nitrovar5 برای اندازه‌گیری یون نیتریت از برنامه ۳۷۱ با طول موج ۵۰۷ نانومتر و معرف Nitrovar3 استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده با دستگاه اسپکتروفتومتر Cicili مدل CE-2021 و روش‌های استاندارد با شماره‌های ۴-۸۵ برای نیترات و ۳-۴ برای نیتریت از کتاب استاندارد متد، تطبیق داده شد (APHA 1995). برای اندازه‌گیری سایر پارامترهای مورد سنجش از روش‌های استاندارد استفاده شد. برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی، pH و TDS به ترتیب از دستگاه‌های EC متر، pH متر و فور استفاده شد. برای تعیین میزان سختی آب از روش تیتراسیون و برای تعیین مقدار کلر از روش موهر استفاده شد. نتایج حاصل به‌صورت داده برای تشکیل بانک اطلاعاتی وارد محیط اکسل شد و با استفاده از آمار توصیفی - تحلیلی با مقایسه شاخص‌های اصلی، آزمون آماری و نرم‌افزارهای SPSS و ArcGIS مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۳- نتایج

طبق بررسی به‌عمل‌آمده بیشترین مقدار نیترات مربوط به ایستگاه شماره ۱ واقع در نواحی نزدیک به مناطق شهری به میزان ۳۳ میلی‌گرم بر لیتر بوده و کمترین مقدار آن مربوط به ایستگاه شماره ۱۹ به مقدار ۹/۶ میلی‌گرم بر لیتر بود. همچنین بیشترین و کمترین مقدار نیتریت در این بررسی به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۵ و ۲۱ به میزان ۰/۰۹۷ و ۰/۰۰۶ میلی‌گرم بر لیتر بود. این در حالی است که بیشترین و کمترین مقدار برای هدایت الکتریکی (EC) منطقه به ترتیب $۷۰۴ \mu\text{s/cm}$ و ۲۷۱، برای pH $۸/۳$ و $۷/۴$ واحد بود. مقادیر مربوط به میزان نیترات

یکی از شاخص‌های مهم برای نشان دادن کیفیت آب آشامیدنی و کشاورزی میزان نیترات موجود در آن است (Gheisari et al. 2006). نیترات یکی از اجزای غذایی است که معمولاً همراه گیاهان به‌عنوان منبع اصلی وارد رژیم غذایی انسان می‌شود. این یون از جمله مهم‌ترین یون‌های آلاینده منابع آب زیرزمینی است، با توجه به حلالیت زیاد این عنصر، زدودن آن از آب آشامیدنی بسیار پرهزینه است (Moghaddasi et al. 2007). به دلیل خاصیت واکنش‌پذیری بالای نیترات، به‌راحتی در منابع آب زیرزمینی گسترش پیدا کرده و در آب منتشر می‌شود (Wick et al. 2012). فاضلاب خانگی و شهری دارای حجم بالایی از نیترات بوده و میزان آلاینده‌گی آن بیش از فعالیت‌های کشاورزی است (Trivedi and VEDIYA, 2012). از آنجایی که کشاورزی شاهرگ حیاتی اقتصاد استان همدان به شمار می‌رود، از این رو استفاده از انواع مختلف کودها و به‌ویژه کودهای ازته به دلیل دارا بودن عناصر مغذی بسیار متداول و رایج بوده و غالباً استفاده از کودهای شیمیایی توسط کشاورزان بدون نظارت کافی و علمی و بدون در نظر گرفتن نیاز زمین‌های کشاورزی و صرفاً به‌عنوان یک عامل بهبوددهنده ویژگی‌های کیفی خاک در مقادیر زیاد استفاده می‌شود. بدیهی است این امر خود منجر به آلودگی خاک و منابع آب سطحی و زیرزمینی به انواع مختلف فلزات سنگین و یون‌های مضر می‌شود. بر اساس بررسی‌های پیشین انجام شده، استان همدان یکی از مناطق مستعد آلودگی منابع آب زیرزمینی به‌لحاظ آلاینده‌گی به نیترات است. چرا که فعالیت‌های وسیع کشاورزی و تخلیه حجم بالایی از فاضلاب‌های انسانی منجر به ورود آلودگی به این منابع می‌شود (Akhavan et al. 2010).

در برخی از مطالعات انجام شده در استان همدان (Nasari et al. 2008; Jahed Khaniki et al. 2008; Akhavan et al. 2010)، کیودراهنگ (Astani et al. 2011)، تویسرکان (Jalali, 2011) و در نهاوند (Cheraghi et al. 2012) میزان غلظت نیترات و نیتریت در نواحی مختلف اعم از شرب و کشاورزی در نواحی مختلف ارزیابی شده است، اما میزان تأثیرگذاری کاربری‌های کشاورزی و شهری در یک مقطع زمانی بر آلودگی منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه را مشخص نکرده‌اند. با توجه اهمیت موضوع و نظر به مخاطراتی که در صورت تجاوز غلظت آنیون‌های نیترات و نیتریت در منابع آب زیرزمینی برای بهداشت و سلامت عمومی ایجاد می‌شود، در این تحقیق نسبت به ارزیابی غلظت نیترات و نیتریت موجود در منابع آب زیرزمینی در نواحی شهری و نواحی تراکم کشاورزی دشت اسدآباد، پهنه‌بندی توزیع آن‌ها و مقایسه با حدود

شهر ۰/۰۴۸ میلی گرم بر لیتر بود. همچنین انحراف از معیار برای این دو منطقه تفکیکی به ترتیب ۰/۰۲۵ و ۰/۰۲۴ بود. نقشه مربوط به پراکنش آنیون‌های نیترات و نیتریت را در شکل ۲ مشاهده می‌کنید. دامنه غلظت کلراید در چاه‌های منطقه بین ۱۲/۴۲ میلی گرم بر لیتر در ایستگاه شماره ۱۹ و ۳۲/۸ میلی گرم بر لیتر در ایستگاه شماره ۲ می‌باشد که در آب همه‌ی چاه‌ها کمتر از حد استاندارد تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی یعنی مقدار ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر بود (WHO, 2010). نقشه هم‌تراز آب زیرزمینی در منطقه را در شکل ۳ می‌توان مشاهده کرد.

نیتریت، هدایت الکتریکی و pH اندازه‌گیری شده در منطقه در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

در این بررسی، میانگین کلی غلظت نیترات برای منطقه مورد مطالعه ۱۹/۷۸ میلی گرم بر لیتر و میزان انحراف از معیار ۶/۹۴ میلی گرم بر لیتر بود. این در حالی است که میزان غلظت نیترات در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در نزدیک به نواحی شهری ۲۴/۵۳ میلی گرم بر لیتر با انحراف از معیار ۵/۴۱ بود (جدول ۲). این مقدار برای نیتریت در میانگین کل دشت ۰/۰۳۵ میلی گرم بر لیتر و برای نواحی نزدیک به

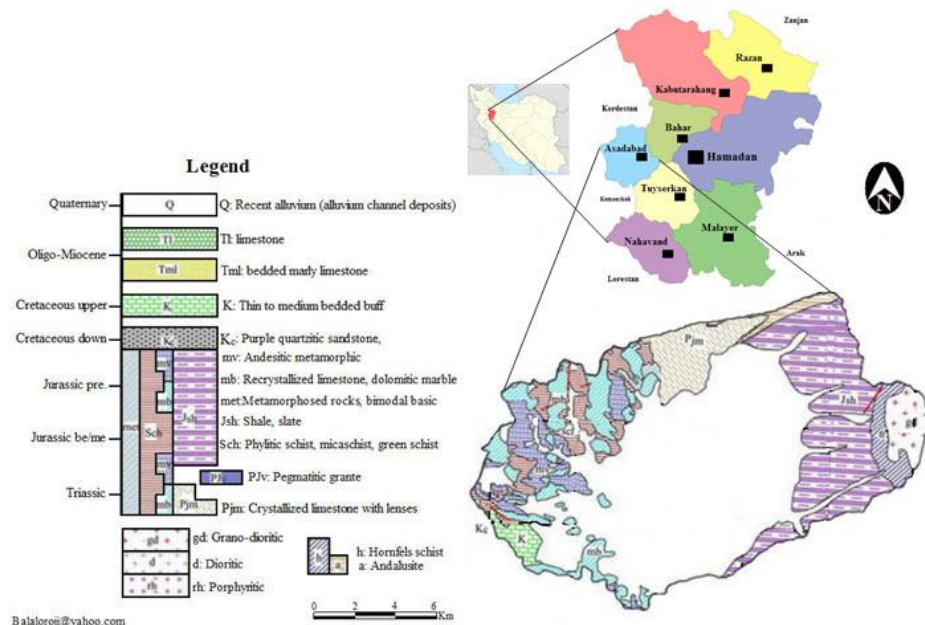


Fig. 1- Geographic location and geological condition of the study area

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

Table 1- Calculated values for the selected variables in the groundwater resources of the region

جدول ۱- مقادیر محاسبه شده برای متغیرهای مورد نظر در آب زیرزمینی منطقه

| No. St. | Values | | EC | pH | Concentration of anions | | No. St. | Values | | EC | pH | Concentration of anions | |
|------------------|---|-----------------|-----|------|-------------------------|---------|------------------|---|-----------------|-----|------|-------------------------|---------|
| | NO ₃ ⁻ /Cl ⁻ | Cl ⁻ | | | Nitrite | Nitrate | | NO ₃ ⁻ /Cl ⁻ | Cl ⁻ | | | Nitrite | Nitrate |
| St ₁ | 1.09 | 30.27 | 655 | 8.05 | 0.062 | 33 | St ₁₂ | 0.56 | 32 | 480 | 8.1 | 0.032 | 18.1 |
| St ₂ | 0.83 | 32.8 | 612 | 8.7 | 0.089 | 27.3 | St ₁₃ | 1.35 | 14.7 | 505 | 8 | 0.011 | 19.8 |
| St ₃ | 1.19 | 26.62 | 533 | 8.2 | 0.047 | 31.7 | St ₁₄ | 0.78 | 21.3 | 512 | 7.85 | 0.059 | 16.7 |
| St ₄ | 1.46 | 20.6 | 561 | 7.83 | 0.026 | 30.1 | St ₁₅ | 0.89 | 15.97 | 426 | 7.8 | 0.011 | 14.3 |
| St ₅ | 1.34 | 22.1 | 489 | 8 | 0.097 | 29.7 | St ₁₆ | 0.74 | 14.2 | 638 | 8.2 | 0.039 | 10.5 |
| St ₆ | 1.23 | 19.6 | 562 | 8.2 | 0.032 | 24.2 | St ₁₇ | 1 | 16.2 | 435 | 8 | 0.038 | 16.3 |
| St ₇ | 1.05 | 21.3 | 512 | 7.8 | 0.037 | 22.3 | St ₁₈ | 0.76 | 17.74 | 514 | 8.3 | 0.007 | 13.5 |
| St ₈ | 1.3 | 14.2 | 487 | 7.8 | 0.029 | 18.5 | St ₁₉ | 0.77 | 12.42 | 402 | 7.99 | 0.008 | 9.6 |
| St ₉ | 1.1 | 17.75 | 480 | 8 | 0.024 | 19.5 | St ₂₀ | 0.89 | 14.2 | 445 | 7.88 | 0.013 | 12.7 |
| St ₁₀ | 0.96 | 21.3 | 532 | 7.95 | 0.053 | 20.4 | St ₂₁ | 0.61 | 21.3 | 407 | 7.66 | 0.006 | 13.1 |
| St ₁₁ | 1.38 | 14.2 | 564 | 7.84 | 0.056 | 19.6 | St ₂₂ | 1.06 | 13.5 | 385 | 7.4 | 0.014 | 14.4 |

* مقادیر آنیون‌ها بر حسب میلی گرم بر لیتر، EC بر حسب $\mu\text{s}/\text{cm}$ و pH بدون واحد است.

* The values of anions are in mg/l, EC in $\mu\text{s}/\text{cm}$ and pH is unitless.

مستقر در منطقه مورد مطالعه از ۰/۵۶ تا ۱/۴۶ متغیر بود. جدول ۳ ضریب همبستگی بین پارامترهای مختلف اندازه گیری شده نشان در آب زیرزمین دشت اسدآباد را نشان می دهد. با توجه به نتایج این جدول بین Cl با pH، EC، NO₃⁻ و NO₂⁻، pH با EC و NO₂⁻ و بین EC با NO₃⁻ همبستگی مثبت معنی دار وجود دارد.

هرچند غلظت نیترات در هیچ یک از نمونه ها از حد استاندارد خارج نبود، اما بالا بودن نسبی تعداد نمونه های برداشت شده در نواحی نزدیک به مناطق شهری از تأثیر محسوس آن بر کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت دارد. همان طور که مشخص شد این میزان در نسبت NO₃⁻/Cl⁻ نمایان بود. نسبت NO₃⁻/Cl⁻ نمونه های برداشت شده از ایستگاه های

Table 2- Statistical analysis of the samples compared with standard values
جدول ۲- نتایج تجزیه آماری نمونه ها در منطقه مورد مطالعه و مقایسه آن با استانداردها

| Anions | Values | Max. | Min. | Av. | Sdv. | WHO ¹ | National atandard | |
|----------------|------------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------------------|---------|
| | | | | | | | Min. | Max. |
| Nitrate (mg/l) | Total | 33 | 9.6 | 19.78 | 6.94 | 50 | - | 50 |
| | Urban area | 33 | 22.3 | 24.53 | 5.41 | | | |
| Nitrite (mg/l) | Total | 0.097 | 0.006 | 0.035 | 0.025 | 3 | - | 3 |
| | Urban area | 0.089 | 0.026 | 0.048 | 0.025 | | | |
| EC (μs/cm) | | 7.4 | 371 | 506.2 | 73.79 | 2000 | 1500 | 2000 |
| pH | | 8.3 | 7.4 | 7.9 | 0.20 | 6.5-8.5 | 7.5-8.5 | 6.5-9.2 |

Table 3- Correlation coefficient between parameters

جدول ۳- ضریب همبستگی بین پارامترها

| | Depth | Cl ⁻ | pH | EC | NO ₃ ⁻ | NO ₂ ⁻ |
|------------------------------|-------|-----------------|--------|--------|------------------------------|------------------------------|
| Depth | 1 | | | | | |
| Cl ⁻ | 0.04 | 1 | | | | |
| pH | 0.4 | 0.6** | 1 | | | |
| EC | 0.11 | 0.45* | 0.7** | 1 | | |
| NO ₃ ⁻ | -0.15 | 0.65** | 0.42 | 0.56** | 1 | |
| NO ₂ ⁻ | 0.16 | 0.56** | 0.58** | 0.33 | 0.4 | 1 |

* همبستگی در سطح ۵ درصد
** Correlation at 1% level

** همبستگی در سطح ۱ درصد
* Correlation at 5% level

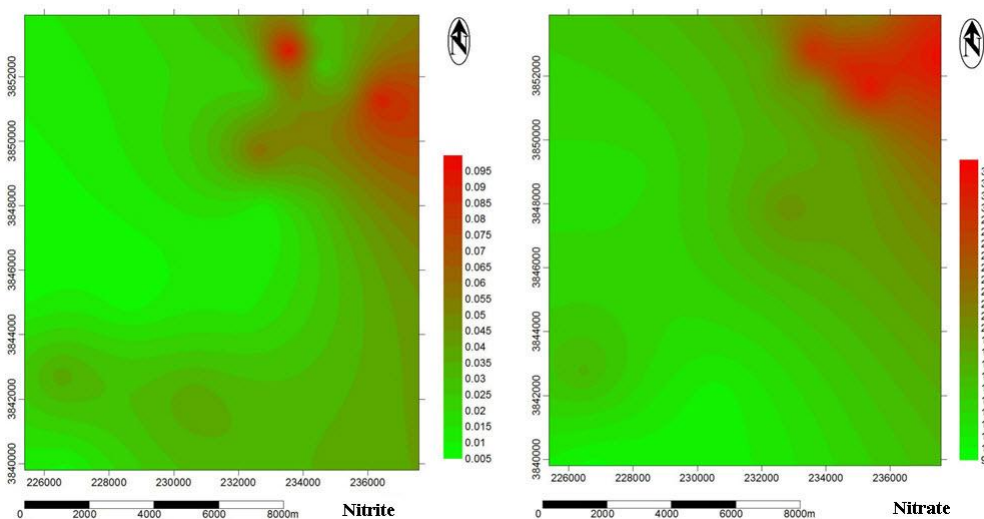


Fig. 2- Mapping of Nitrate and Nitrite pollution in the region (mg/l)
شکل ۲- نقشه پهنه بندی آلودگی نیترات و نیتريت بر حسب میلی گرم بر لیتر در منطقه

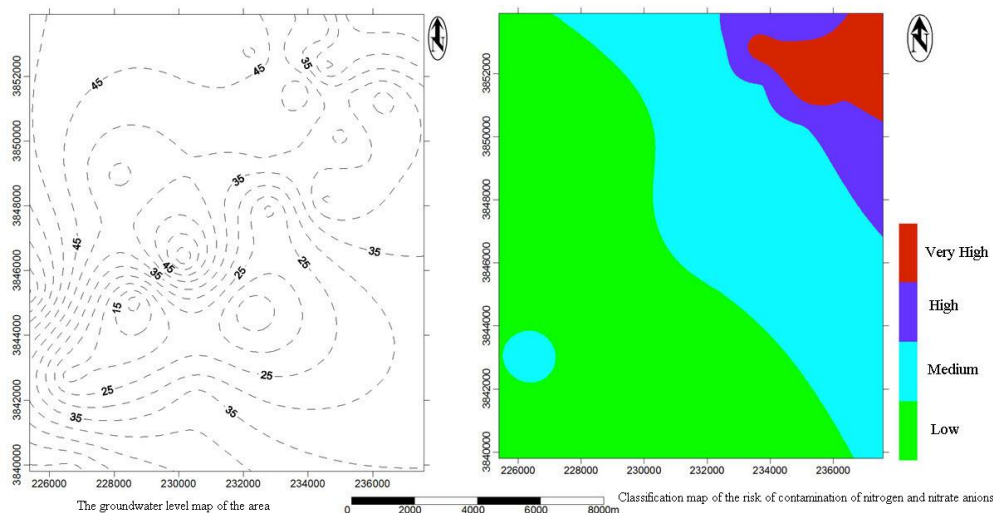


Fig. 3- Classification map of hazardous pollution of Nitrite and Nitrate anions and a counter map of groundwater in the region

شکل ۳- نقشه کلاس بندی خطر آلودگی آنیون های نیتريت و نیترات و نقشه هم تراز آب زیرزمینی در منطقه

(Ostovari et al. 2011) که بیانگر تأثیر عوامل خارجی و انسانی بر غلظت نیترات و نیتريت در دشت می باشد.

بررسی میدانی منطقه حاکی از این است که در چند دهه گذشته به دلیل عدم وجود شبکه جمع آوری فاضلاب شهر اسدآباد عمده حجم فاضلاب تولیدی سطح شهر اعم از شهری و صنعتی در نواحی غرب و جنوب غربی شهر رها و در فصول مختلف به ویژه بهار و تابستان به تغذیه اراضی کشاورزی رسیده و این امر تقریباً تا چهار سال گذشته انجام می گرفت. از طرفی هم عدم تفکیک این فاضلابها (شهری و صنعتی) منجر به ایجاد آلودگی در سطوح مختلف در محیط خاک و آب منطقه شده است. این تأثیرات به خوبی در غلظت ایستگاههای نزدیک به نواحی شهری و اراضی که تحت استفاده از فاضلابها بود، مشخص است. مشابه این نتایج در تحقیقات Latif et al. (2005) در استان خراسان رضوی و Khazaei et al. (2001) در سیستان و بلوچستان مشاهده شد. نقشه پهنه بندی مربوط به پراکنش نیترات و نیتريت در منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. همان گونه که در شکل شماره ۲ مشاهده می شود، میزان افزایش نسبی نیترات به سمت نواحی شهری شیب ملایمی داشته و ایستگاههای نزدیک به این نواحی، دارای بیشترین مقدار نیترات نسبت به سایر نواحی می باشند. این روند نیز برای نیتريت صادق بود. بالا بودن نسبی نیترات و نیتريت در نواحی مختلف و به دوراز مناطق شهری، به استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی مرتبط بوده و همچنان میزان استفاده از این مکملها در دشت قابل توجه است. همچنین منشاء اصلی آلودگی نیترات در منابع آب زیرزمینی منطقه شهریار استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی از ته

۴- بحث و نتیجه گیری

با توجه با اثبات تأثیر مستقیم فاضلاب تولیدی بر کیفیت منابع آبی در سایر مطالعات انجام شده (WHO, 2010) و از سویی دیگر حجم فعالیت های کشاورزی موجود در منطقه مورد مطالعه و مدیریت ضعیف کنترل فاضلاب، تأثیرپذیری کیفیت منابع آب زیرزمینی منطقه از آلاینده ها محتمل است. اما با توجه به نتایج حاصل و نظر به اینکه غلظت نیترات و نیتريت اندازه گیری شده در منطقه از حد استانداردهای جهانی خارج نبود، از این رو خوشبختانه این تأثیرات هنوز در حد بحرانی نیست. ولی بالا بودن نسبی این آنیونها در مناطقی که تمرکز عمده فعالیت های کشاورزی و فاضلاب شهری در آن مناطق است، توجه کافی به این موضوع را بیشتر می کند. از روش های استفاده شده جهت تعیین منشاء غیر کود شیمیایی نیترات در آب های زیرزمینی، تعیین نسبت های NO_3^-/Cl^- و K^+/Cl^- است (Pawar and Shaikh, 1995; WHO, 2010). نسبت NO_3^-/Cl^- برای نمونه هایی که در محدوده اراضی شهری قرار داشتند مقادیر به نسبت بالایی بود که با توجه به این نسبت اصلی ترین عامل آلودگی منابع آب زیرزمینی به نیترات را می توان فاضلاب های شهری در نظر گرفت که همسو با یافته های Raghimi و همکاران است (Raghimi et al. 2009). مقادیر به نسبت بالاتر نسبت Cl^-/NO_3^- برای نمونه های به دست آمده از کاربری کشاورزی نشان دهنده حذف کارآمد نیترات توسط دنیتریفیکاسیون و یا کاهش نیترات در حضور مواد آلی می باشد (Majumder et al. 2008). CV^2 یا ضریب تغییرات غلظت نیترات و نیتريت به ترتیب ۳۵ و ۷۵ درصد به دست آمد. ضریب تغییرات کمتر از ۳۰ بیانگر یکنواختی نسبی غلظت های نیترات است

بیشتر منطقه مورد مطالعه آلودگی کم تا متوسط دارد و بیشترین خطر آلودگی در منطقه شمال شرقی منطقه دیده می شود. با توجه به این نتایج فعالیت‌های کشاورزی در نواحی مرکزی دشت به عنوان منبع اصلی آلودگی منابع آب زیرزمینی مطرح بوده و در نواحی شرقی و شمال شرقی دشت آلودگی عمده به واسطه فاضلاب‌های شهری می‌باشد. نقشه مربوط به پهنه‌بندی نترات و نیتریت در منطقه نشان از بالا بودن میزان این آنیون‌ها در نواحی شمالی و شمال شرق منطقه بوده و این روند تا حدودی در میزان املاح محلول در آب زیرزمینی منطقه مشهود است.

پی‌نوشت‌ها

- 1- World Health Organization
- 2- Coefficient of Variation

۵- مراجع

- Akhavan S, Abedi-Koupai J, Mousavi SF, Afyuni M, Eslamian SS, Abbaspour KC (2010) Application of SWAT model to investigate nitrate leaching in Hamadan-Bahar Watershed, Iran. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 139(4):675-88
- Amarloei A, Nazeri M, Sayeh Miri K, Nourmoradi H, khodarahmi F (2014) Investigation on the Concentration of Nitrate and Nitrite in Ilam ground waters. *Journal of Ilam University of Medical Sciences*, 22(4):34-41
- American Public Health Association (1995) Standard methods for the examination of water & wastewater. 19th ed. Washington, DC: American Public Health Association
- Astan S, Lorestani B, Rnjbar Zaraby A (2011) Evaluation and measurement of nitrate in drinking water and groundwater - case study Kabudarahang city of Hamedan. *Proceedings of the 1st Regional Water Resources Development Conference*; 19; Abarkuh, Iran (In Persian)
- Cheraghi M, Astani S (2012) Evaluation and measurement of nitrate concentration in drinking water and groundwater (case study in Nahavand, city of Hamadan province. *Proceedings of the 2nd Conference on Environmental Planning and Management*; Tehran, Iran (In Persian)
- Gheisari MM, Hodaji M, Najafi P, Abdolahi A (2006) Nitrate pollution of groundwater in the area of South East in Isfahan Province in Iran. *Journal of Environment Studies*, 42:43-50

اعلام شد (Imani et al. 2010). آبیاری اراضی کشاورزی باعث آبتویی نترات و پیوستن آن به آب‌های زیرزمینی شده و در این زمینه آلودگی چاه‌های کم عمق به علت نزدیکی با سطح زمین (منشا ورود آلاینده) بیش از چاه‌های عمیق گزارش است (Miranzadeh et al. 2006). با توجه به تأثیر آب آبیاری به‌عنوان مهم‌ترین عامل در آبتویی نترات، افزایش راندمان آبیاری مخصوصا در نواحی مستعد آلودگی نترات در آب‌های زیرزمینی ضروری است (Sunitha, 2013). به طور کلی، غلظت نترات از سمت جنوب غربی به شمال شرقی تمایل به افزایش داشت. البته تعیین دقیق منابع نترات دشوار است زیرا منابع احتمالی بسیاری برای نترات وجود دارد. منابع نیتروژن و نترات ممکن است شامل رواناب و یا نشت از زمین‌های کشاورزی کود دهی شده، فاضلاب شهری و صنعتی، دفن فضولات، حیوانات پروری، سپتیک تانک و سیستم‌های دفع فاضلاب خصوصی، زهکشی شهری و بقایای گیاهی پوسیده باشند. سازندهای زمین‌شناسی و جهت جریان آب نیز ممکن است غلظت نترات را تحت تأثیر قرار دهد (Nas et al. 2006).

بنا بر پیشنهاد WHO، میزان غلظت نترات و نیتریت در آب بایستی طبق فرمول زیر کمتر یا مساوی یک باشد (WHO, 2010).

$$\frac{NO_3}{50} + \frac{NO_2}{3} \leq 1 \quad (1)$$

نتایج حاکی از آن است که پس از جایگذاری در رابطه ۱، مقادیر بین ۰/۱۹ تا ۰/۶۸ به دست آمد که در تمامی نمونه‌ها مقدار شاخص کمتر از یک بوده و بیانگر این موضوع است که کیفیت آب زیرزمینی منطقه در وضعیت قابل قبول است. غلظت یون نیتریت در این پژوهش در مقایسه با استاندارد WHO مقادیر خیلی پایینی داشت که در مطالعات پیشین انجام شده علت این امر ناپایدار بودن یون نیتریت و تبدیل سریع آن در به یون نترات عنوان شده است. همچنین بالا بودن نسبی غلظت یون نترات در عین حال پایین بودن غلظت یون نیتریت نشان می‌دهد که آلودگی موجود به تازگی و به صورت لحظه‌ای اتفاق نیفتاده بلکه این افزایش در طی سال‌های طولانی رخ داده است (Amarloei et al, 2014). نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌ها حاکی از این است که میزان نترات و نیتریت موجود در آب زیرزمینی منطقه در حد متوسط تا قابل قبول بوده و از حد استاندارد جهانی (۵۰ میلی‌گرم برلیتر) کمتر است. اما تأثیر فعالیت‌های کشاورزی و نواحی شهری به کیفیت آب زیرزمینی منطقه محسوس بوده و توجه به خطر افزایش آن را در منطقه می‌طلبد. میانگین نترات در منطقه ۱۹/۷۸ میلی‌گرم در لیتر است که این مقدار برای نیتریت ۰/۳۵ میلی‌گرم در لیتر است. همچنین بررسی به‌عمل آمده در نمونه‌های برداشت‌شده در مناطق شهری این مقدار در حدود ۲۴/۵۳ میلی‌گرم در لیتر است که نسبت به میانگین کلی منطقه مقدار بالایی است. در شکل ۳ تلفیق دو نقشه‌ی پهنه‌بندی شده در منطقه را نشان می‌دهد که با توجه به این شکل

- cities. 1st Conference on Environment Engineering, Tehran University, Faculty of Environment (In Persian)
- Nas B, Berkday A (2006) Groundwater contamination by nitrates in the city of Konya, (Turkey): A GIS perspective. *Journal of Environmental Management*, 79:30–37
- Ostovari Y, Beigi Harchegani H, Davoodian AR (2011) Spatial variation of nitrate in the Lordegan aquifer. *Water and Irrigation Management*, 2(1):55-67
- Pawar NJ, Shaikh IJ (1995) Nitrate pollution of groundwater from shallow basaltic aquifers, Deccan Trap Hydrologic Province, India. *Environmental Geology*, 25:197-204
- Raghimi M, Ramezani M, Sayed K (2009) Source of nitrate contamination in groundwater in Gorgan in 1384. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*, 10(4):34-39 (In Persian)
- Standard and Industrial Researches Organization (2012) *Drinking Water Quality Standards, Iran* [Online]. 1998; Available from: URL: www.isiri.com
- Sunitha V (2013) Nitrates in groundwater: health hazards and remedial measures. *Indian Journal of Advances in Chemical Science*, 1(3):164-170
- Trivedi HB, VEDIYA SD (2012) Assessment of nitrate contamination of the groundwater samples in Bhiloda Taluka of Sabarkantha district, Gujarat. *International Journal of Pharmacy & Life Sciences*, 3(11)
- Wick K, Heumesser C, Schmid E (2010) Nitrate contamination of groundwater in Austria: Determinants and indicators. DP-49, Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. 19th 28 p
- World Health Organization (2010) Guidelines for drinking-water quality. *Journal of Hydrology*, 45:936-47
- Hamedan Regional Water Co. (2012) Groundwater report of Asadabad Aquifer, Hamedan, p.74 (In Persian)
- Imani Jaihonabadi AR, Lotfollahi M, Nezami MT, Tavasoli A (2009) Study of finding the source nitrate contamination in groundwater in the region (City) Shahriar. Second Conference of Professional environmental engineering, Tehran, Iran (In Persian)
- Jahed Khaniki GH, Dehghani MH, Mahvi AH, Rafati L, Tavanafar F (2008) Concentrations of nitrate and nitrite in groundwater resources of Hamadan province, Iran. *Research Journal of Chemistry and Environment*. 12(4):56-58
- Jalali M (2011) Nitrate pollution of groundwater in Toyserkan, western Iran. *Environmental Earth Sciences*. 62(5):907–13
- Khazaei A, Habib Nejad Roshan M (2001) The presence of nitrogen compounds in groundwater of Zahedan aquifers, an arid region in Southeastern Iran. *Journal of Deserist*, 6(2):141-50 (In Persian)
- Latif M, Mousavi S, Afyuni M, Velayati S (2005) Investigating and finding the source of nitrate contamination of groundwater in Mashhad plain. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resource*, 12(2):21-32 (In Persian)
- Majumder RK, Hasnat MA, Hossain S, Ikeuec K, Machida M (2008) An exploration of nitrate concentrations in groundwater aquifers of central-west region of Bangladesh. *Journal of Hazardous Materials*, 159:536–543
- Miranzadeh MB, Mostafaii GR, Jalali Kashani A (2006) Study of the nitrate concentration of water wells and distribution network in Kashan during 2004-2005. *Feyz*, 10(2):39-45 (In Persian)
- Moghaddasi MS, Alavimoghadam MR, Maknoon R, Moghaddasi AR (2007) Study to nitrate contamination of groundwater in various Iranian