

## بررسی تأثیرات محل دفع پسماند شهر نهاوند بر چشمه‌های شبه‌کارستی با تأکید بر هیدروژئوشیمی

واحد کیانی<sup>۱</sup>، عباس اسماعیلی ساری<sup>۲\*</sup>، فرشاد علیجانی<sup>۳</sup>، احمد ترکشوند<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکترای محیط زیست دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس

۲. استاد دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس

۳. استادیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی

۴. کارشناس آب منطقه‌ای استان همدان

(تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۰۵/۱۶؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۹/۰۲/۱۲)

### چکیده

تولید زباله موجب بحران‌هایی در زمینه محیط زیست شده و حیات موجودات کره زمین را با مشکلات جدی روبه‌رو ساخته است. یکی از مسائلی که طی سال‌های اخیر توجه زیادی به آنها شده، محل مناسب دفع پسماند است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیرات محل دفع پسماند بر چشمه‌های شبه‌کارستی شهرستان نهاوند با تأکید بر هیدروژئوشیمی و به روش پیمایشی-آزمایشگاهی است. نتایج آزمایش‌های شیمیایی و میکروبی بیانگر نشت آلودگی به چشمه‌های منطقه است. نتایج سنجش عناصر کمیاب هم نشان می‌دهد بین غلظت این عناصر رابطه آماری معناداری وجود ندارد. به هر حال، عنصر جیوه و سرب فقط در چشمه آبشخور وجود داشته است که علت آن، فاصله نزدیک چشمه یادشده (حدود ۲۰۰ متر) از محل دفع پسماند شهر نهاوند است. با استناد به یافته‌ها، سنگ بستر منطقه از نوع آتشفشانی توفدار و لیمستون است. این‌گونه سنگ‌ها نسبت به فرسایش حساس (غیر مقاوم)، نفوذپذیر و دارای توان نامناسب برای دفع پسماند هستند. همچنین، مکان دفن فعلی تقریباً در مسیر زهکش طبیعی (مسیل) قرار گرفته که این خود منطقه را از نظر هیدروژئولوژیکی برای دفن زباله نامناسب کرده است و از نظر آمایش محیط زیست توان کمی برای دفن پسماند دارد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود مطالعات مکان‌یابی برای تعیین محل دفن مناسب صورت گیرد.

**کلیدواژگان:** آلودگی آب، چشمه‌های شبه‌کارستی، شهر نهاوند، محل دفع پسماند، هیدروژئوشیمی.

## مقدمه

افزایش جمعیت شهرنشین و پیشرفت‌های صنعتی و فناوری نه تنها سبب افزایش میزان مصرف منابع شده، بلکه میزان آلودگی محیط زیست را نیز افزایش داده است. به خصوص با گذشت زمان و افزایش کاربرد مواد شیمیایی مختلف مانند پاک‌کننده‌ها، حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، کودهای مختلف شیمیایی و نیز تخلیه فاضلاب کارخانه‌ها و اختلاط آنها، مسئله آلودگی را پیچیده‌تر ساخته است [۱]. یکی از معضلاتی که با آن مواجهیم، مشکل دفن پسماند است؛ به طوری که در حال حاضر بیشتر نواحی شهری و صنعتی شبکه دفع جامع ندارند و دفع پسماند به صورت غیر بهداشتی صورت می‌گیرد که این خود سبب ورود بسیاری از مواد سمی به محیط زیست می‌شود. انسان به شیوه‌های مختلف زباله تولید می‌کند، بنابراین تولید زباله افزایش چشمگیری داشته است. این افزایش و تولید، موجب بحران‌هایی در زمینه محیط زیست شده و حیات موجودات کره زمین را با مشکلات جدی روبه‌رو کرده است. تولید آلاینده‌های مختلف زباله که هر روز بر تعداد و تنوع آنها افزوده می‌شود، سبب شده است ضمن خسارت به منابع اصلی (آب، خاک، هوا)، با مقادیر زیاد مواد زائد به شکل‌های جامد، نیمه‌جامد، مایع و گاز مواجه شویم. به این معنا که بشر عرصه زندگی را بر خود و سایر موجودات تنگ کرده است. به همین دلیل، یکی از موارد مهم در زمینه حفظ و ارتقای سلامت افراد و جامعه، دفع صحیح زباله و مواد زائد است که در بسیاری از مناطق شهری و روستایی به دلیل روش‌های نامطلوب جمع‌آوری زباله، محیط زندگی و سلامت افراد در معرض آلودگی و خطر قرار دارد [۲]. به طور کلی، بهترین راهکار کاهش آلودگی‌ها، پیشگیری یا جلوگیری از ورود آلاینده‌ها به محیط زیست است، چراکه بخش عمده منابع از دسترس انسان خارج است [۳]. نفوذ شیرابه به وجودآمده از دفن پسماندها به داخل زمین و رسیدن آن به سفره‌های آب زیرزمینی به علت وجود آلاینده‌هایی مانند هیدروکربن‌ها، فلزات سنگین و نظایر آن، سبب آلودگی منابع آب و خاک شده که یکی از مخاطرات مهم محیطی است. مطالعات نشان می‌دهد شرایط زمین‌شناختی و هیدروژئولوژیکی محل دفن، تأثیر زیادی بر گسترش آلودگی دارد [۴]. بنابراین، قبل از انتخاب قطعی یک مکان برای دفن زباله‌ها، باید وضعیت آب‌های زیرزمینی و نوع استفاده از آب‌های زیرزمینی منطقه مشخص شود. از طرف دیگر، با

توجه به نیاز روزافزون جامعه به آب‌های زیرزمینی و امکان استفاده از این آب‌ها برای شرب، آلودگی آنها حتی به مقدار کم، می‌تواند مشکل‌آفرین باشد. طبق تحقیقات انجام‌گرفته، در ایران بیشتر مواد زائد را سبزیجات، باقی‌مانده میوه‌ها و مواد غذایی تشکیل می‌دهند. در نتیجه، میزان مواد محلول و مایع زباله‌های خانگی زیاد است که این خود محیطی بسیار مناسب را برای رشد میکروب‌ها و جانوران موذی فراهم می‌آورد [۵]. بیماری‌هایی همچون کزاز، حصبه، انگل‌های روده‌ای، اسهال‌های خونی، فلج اطفال، سالک پوستی و احشائی از جمله بیماری‌هایی هستند که از طریق آلودگی ناشی از مواد زائد جامد در آب، هوا و خاک به وجود می‌آیند. همچنین، بیماری‌های کریومنژیت، سالمونلا، تریشینوز، هاری و بیماری‌های انگلی مانند آمیبیاز از طریق جوندگان (موش) در محل دفن زباله منتقل می‌شوند. به همین دلیل، تا حد ممکن باید تفکیک از مبدأ صورت پذیرد و از روش‌های جدید دفن بهداشتی استفاده شود که مشکل انتقال بیماری‌ها به کمترین برسد. از طرفی، ۸۰ درصد هزینه‌های مربوط به زباله‌ها هم مربوط به هزینه جمع‌آوری است. در مراکز دفن زباله باید با به‌کارگیری روش‌های پیشنهادی و سایر روش‌ها، از ورود شیرابه به آب‌های زیرزمینی جلوگیری کرده و آن را دفع یا تصفیه کنند. خانلری و همکاران (۱۳۸۵) اثر شیرابه محل دفع پسماند بر آب زیرزمینی را بررسی کردند [۴]. نجاتی و همکاران (۱۳۹۶) نیز تغییرات هیدروژئوشیمیایی منابع آب دشت تهران را با تأکید بر پساب صنایع مطالعه کردند [۶]. روگری (۲۰۱۸) تأثیرات فضولات بر چاه و چشمه‌های شرب شهر راگوسا<sup>۱</sup> ایتالیا را با استفاده از مشاهدات میدانی و بررسی‌های هیدرولوژیکی ردیابی کرد [۷]. کایود و همکاران (۲۰۱۸) هم فراسنج‌های فیزیکی-شیمیایی و عناصر کمیاب منابع آب زیرزمینی اطراف محل دفن زباله شهر لاگوس<sup>۲</sup> نیجریه را ارزیابی کردند [۲]. با توجه اینکه محل دفع پسماند شهر نهلوند در یک مکان غیر اصولی و در اطراف چند چشمه دائمی قرار گرفته است و با توجه به وجود سازندهای شبه‌کارستی در منطقه، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیرات محل دفع پسماند نهلوند بر چشمه‌های شبه‌کارستی با تأکید بر هیدروژئوشیمی انجام شده است. نوآوری پژوهش حاضر تلفیق فراسنج‌های فیزیکی، شیمیایی، میکروبی، عناصر

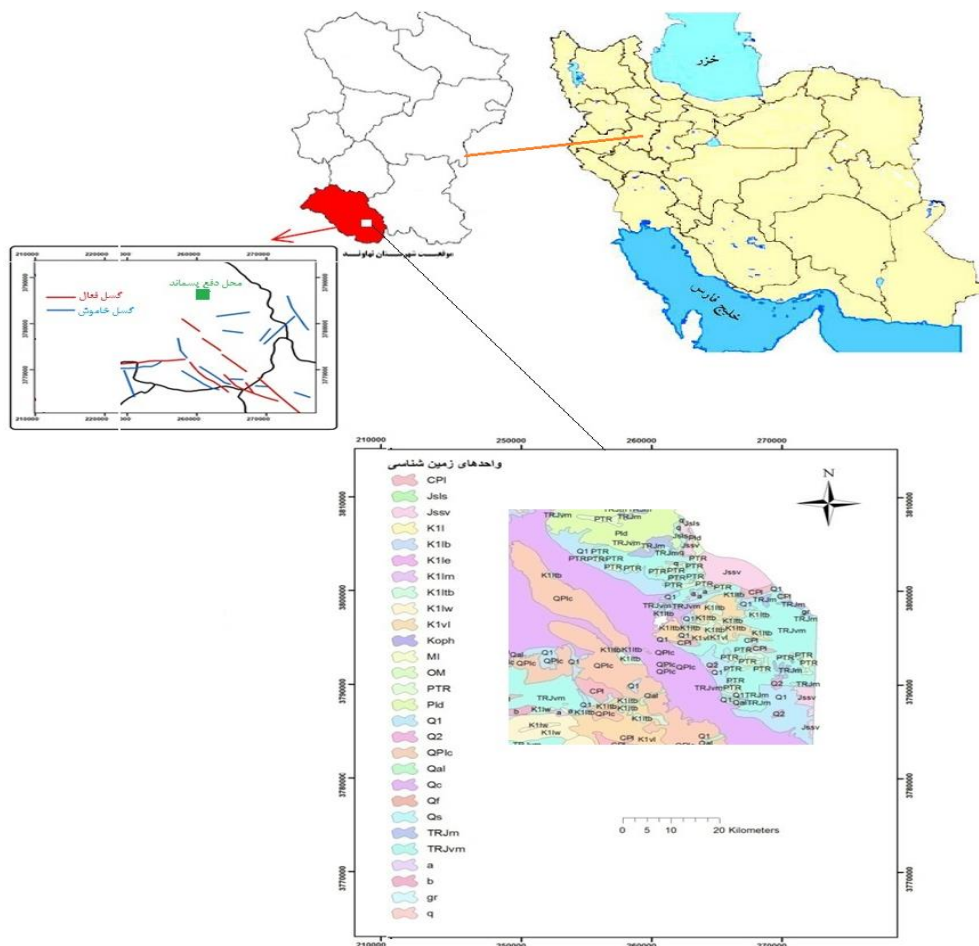
## کیانی و همکاران: بررسی تأثیرات محل دفع پسماند شهر نهاوند بر چشمه‌های شبه‌کارستی با تأکید بر هیدروژئوشیمی ۴۵۳

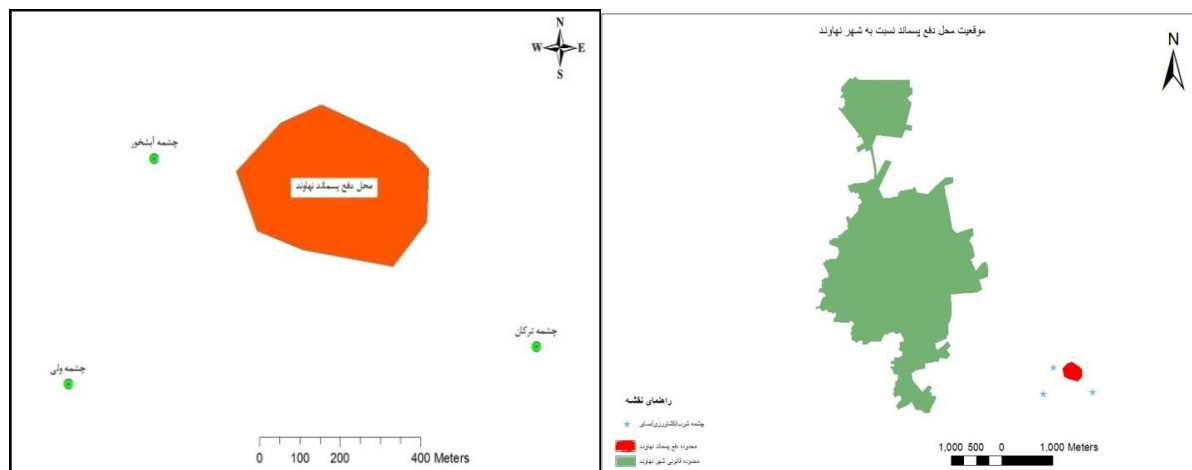
می‌شود. با توجه به مساحت تحت پوشش خدمات شهری نهاوند که حدود ۸۲۳ هکتار است، تولید روزانه حدود ۱۸۱ تن زباله در شهر نهاوند به‌تنهایی موضوع مهمی است [۸]. شکل ۱ موقعیت محل دفع پسماند شهر نهاوند (با طول ۳۷۸۴۶۳۹ و عرض ۲۶۱۴۶۵) به همراه موقعیت چشمه‌ها و شکل ۳ تصاویر مستندی از منطقه را نشان می‌دهند. جدول ۱ هم مختصات جغرافیایی بر اساس UTM<sup>۱</sup> و دبی چشمه‌های مطالعه‌شده را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه چشمه‌های مطالعه‌شده روی سازندهای کارستی قرار گرفته‌اند، ولی به علت درجه کارست‌شدگی کم تغییرات زیاد آبدهی ندارند، به منظور رساندن مفهوم اصلی و واقعی از عبارت چشمه‌های شبه‌کارستی استفاده شده است.

کمیاب (عناصر سمی و فلزات سنگین)، داده‌های هواشناسی، زمین‌شناسی و هیدرولوژی در بررسی اثر محل دفع پسماند بر چشمه‌هاست که در مقالات کمی به صورت جامع از این اطلاعات به طور هم‌زمان استفاده می‌شود. شایان یادآوری است در منطقه مطالعه‌شده تا کنون چنین تحقیقی انجام نشده و سعی شده است در انتخاب فراسنج‌ها، تأثیرگذارترین آنها (شاخص‌ها) انتخاب شوند که در مطالعات پیشین هم تأکید شده بودند.

### مواد و روش‌ها

طبق آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ توسط مرکز آمار ایران و با استناد به اطلاعات جمعیت‌شناختی سازمان‌های محلی جمعیت شهر نهاوند، در حال حاضر (۱۳۹۸) حدود ۱۷۹ هزار نفر برآورد





شکل ۲. موقعیت محل دفن پسماند نسبت به شهر نهاوند (راست) و موقعیت چشمه‌ها نسبت به محل دفن پسماند (چپ)

جدول ۱. مختصات و دبی چشمه‌های اطراف محل دفع پسماند

| ردیف | نام چشمه | طول (UTM) | عرض (UTM) | ارتفاع (متر) | دبی (لیتر/ثانیه) | * مصرف عرفی |
|------|----------|-----------|-----------|--------------|------------------|-------------|
| ۱    | ولی      | ۲۶۰۹۳۱    | ۳۷۸۴۲۲۱   | ۱۴۳۹         | ۲٫۵              | کشاورزی+دام |
| ۲    | ترکان    | ۲۶۱۸۹۹    | ۳۷۸۴۲۷۷   | ۱۴۷۸         | ۱٫۵              | شرب+کشاورزی |
| ۳    | آبشخور   | ۲۶۱۱۲۰    | ۳۷۸۴۷۰۲   | ۱۴۸۱         | ۰٫۵              | دام+سایر    |



شکل ۳. تصویر ماهواره‌ای محل دفع پسماند شهر نهاوند (راست) و محل دفن پسماند شهر نهاوند (چپ)

جدول ۲. فواصل محل دفع پسماند شهر نهاوند تا عوارض تأثیرگذار (منبع: نگارندگان)

| فاصله (متر) | نوع عارضه (کاربری)            |
|-------------|-------------------------------|
| ۱۹۷۵        | روستا (کوهانی)                |
| ۲۲۲۴        | روستا (رضی‌آباد)              |
| ۲۳۳۷        | شهر نهاوند                    |
| ۱۳۰۱        | مراکز آموزشی (دانشگاه نهاوند) |
| ۵۵۳         | جاده آسفالت                   |
| ۳۵۰۰        | گسل (نزدیک‌ترین گسل)          |
| ۵۶۵         | زمین کشاورزی (آبی)            |
| مرز مشترک   | نزدیک‌ترین شبکه زهکش          |
| ۱۸          | سطح از آب زیرزمینی (متر)      |

لیتر خواهد بود و مقادیر بیشتر آن، به منزله راهیابی پساب به درون آبخوان است.

نمونه‌برداری از مظهر چشمه‌ها به دلیل نزدیکی به محل دفع پسماند و اهمیتشان (مصرف شرب و دام) در اردیبهشت ۱۳۹۸ صورت پذیرفت. برای نمونه‌های میکروبی از ظروف شیشه‌ای استریل‌شده و برای نمونه‌های فیزیکوشیمیایی و عناصر کمیاب، از ظروف پلی‌اتیلن استفاده شد. برای رعایت اصول نمونه‌گیری (زدودن ناخالصی‌های احتمالی)، ظرف نمونه‌های شیمیایی قبل از استفاده با آب اسید (نیتریک) ۱۰ درصد و هنگام نمونه‌گیری هم با آب محل چشمه انتخابی شست‌وشو شدند. نمونه‌ها هنگام جمع‌آوری در جعبه نمونه‌برداری<sup>۳</sup> نگهداری شده و به آزمایشگاه شرکت آب روستایی شهرستان نهاوند منتقل شد. تمامی فراسنج‌ها در همان روز نخست آزمایش شد، ولی نمونه‌های عناصر کمیاب در دمای یخچال نگهداری شده و حدود یک هفته پس از نمونه‌برداری، آزمایش شدند. به منظور تثبیت عناصر کمیاب هنگام سنجش، به هر یک از نمونه‌ها ۱ سی‌سی آب اسید اضافه شد (برای تهیه آب اسید ۱۵۰ سی‌سی اسید نیتریک ۹۸ درصد در ۱ لیتر آب حل شد).

برای آماده‌سازی نمونه‌ها، ابتدا پیش‌تست زده شد تا دامنه غلظت عنصر مد نظر به دست آید. سپس، بر اساس آن استانداردهای مد نظر تهیه شد. در نهایت، سنجش عناصر کمیاب با استفاده از دستگاه جذب اتمی مطابق روش استاندارد انجام شد. عناصر کمیاب آزمایش شده عبارت بودند از: جیوه، کروم، کبالت، سرب، روی، آهن، مس و منگنز که سنجش آنها به منظور بررسی تأثیرات شیمیایی محل دفع پسماند بر منابع آب زیرزمینی (چشمه‌ها) اجتناب‌ناپذیر است. با توجه به اینکه عناصر جیوه، کروم، کبالت و سرب جزء عناصر سمی هستند و روی، آهن، مس و منگنز هم جزء فلزات سنگین محسوب می‌شوند، از عبارت عناصر کمیاب استفاده شده که دربرگیرنده عناصر سمی و فلزات سنگین است.

برای اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی و جامدات محلول از دستگاه مولتی‌متر<sup>۴</sup>، کدورت نمونه‌ها از کدورت‌سنج و نیترات هم از دستگاه DR-5000 استفاده شد.

با استفاده از نقشه‌های رقومی، لایه‌های مورد نیاز محدوده مطالعه‌شده در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> از کل نقشه تفکیک شد. همچنین، لایه زمین‌شناسی منطقه از روی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شهرستان برداشت شد که به وسیله آنها و مشاهدات میدانی، فواصل محل دفع پسماند شهر نهاوند تا عوارض تأثیرگذار برداشت شد (جدول ۲).

روش تحقیق پژوهش حاضر پیمایشی-آزمایشگاهی بوده است. به این صورت که ابتدا از منطقه مد نظر بازدید و محل‌های نمونه‌برداری مشخص شد. سپس، همراه کارشناسان بومی و کارشناسان امور آب شهرستان نهاوند اقدام به تهیه مستندات و نمونه‌گیری شیمیایی و میکروبی شد. در واقع، در تحقیق حاضر علاوه بر سنجش فراسنج‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌گیری میکروبی (کلی فرم کل و اشیرشیکلاسی) هم صورت پذیرفت (شکل ۴) نمونه‌گیری از چشمه آبشخور). از آنجا که در یک پایش عمومی شاید ترکیب نیترات جزء مهم‌ترین آلودگی‌ها در آبخوان باشد، معمولاً شبکه‌های پایش را بر اساس پیش‌بینی این ترکیب طراحی می‌کنند [۹]، بنابراین سنجش نیترات انجام شد. در موضوع افزایش محتوای نیترات در آبخوان زیرزمینی، ابتدا باید توجه داشت که در تحلیل کیفیت شیمیایی آب، پیش از آنکه عوارض بهداشتی و بیماری‌زایی نیترات مطرح باشد، شاخص بودن آن مورد توجه است. به خلاف آب‌های سطحی، سرعت حرکت املاح شیمیایی آب در لایه‌های خاک، به همان سرعت جریان آب نیست و هر یک از املاح همراه آب، حسب ماهیت و وزن مولکولی، سرعت‌های متفاوتی دارند که در متون علمی از آن به نام ضریب تأخیر<sup>۲</sup> تعبیر می‌شود. از آنجا که ضریب تأخیر نیترات، نزدیک به عدد یک (۰/۹۸) است، از آن به عنوان شاخصی برای منشأیابی پساب‌های آلوده به آبخوان استفاده می‌شود. با استناد به طبقه‌بندی Kashef از مواد شیمیایی در آب‌های زیرزمینی در حالت طبیعی، نیترات در گروه ترکیبات ثانویه با دامنه متعارف ۰/۱ تا ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر قرار دارد [۱۰]: به این معنا که هرگاه هیچ‌گونه پسالی به آبخوان زیرزمینی راه نیافته باشد، مقادیر نیترات آن حداکثر تا ۱۰ میلی‌گرم بر

3. Cool box  
4. Multi Meter

1. GIS  
2. Retardation Coefficient



شکل ۴. شیرابه محل دفن پسماند شهر نهاوند (راست) و نمونه‌گیری از چشمه آبشخور (چپ)

وجود یکی از انواع باکتری‌ها در نمونه آب است (روش سنجش کلیفرم کل). سپس، در حد یک حباب از نمونه‌های مشکوک (تغییر رنگ‌داده) را با استفاده از ابزار استریل نمونه‌برداری در محیط کشت اشیرشیکلای حاوی لوله دره‌ام قرار می‌دهیم و تا ۲۴ ساعت در حمام بخار قرار می‌دهیم که در صورت تشکیل حباب در لوله دره‌ام، وجود اشیرشیکلای مثبت خواهد بود.

#### یافته‌ها

جدول ۳ ویژگی‌های منطقه مطالعه شده را نشان می‌دهد که مهم‌ترین داده‌های آن برگرفته از نقشه زمین‌شناسی شهرستان نهاوند [۱۲] و تارنمای سازمان هواشناسی ایران است. با توجه به اینکه سنگ بستر منطقه سنگ آتشفشانی توفدار و لیمستون است (جدول ۳) و این‌گونه سنگ‌ها نسبت به فرسایش حساس (غیر مقاوم) و نفوذپذیری درخور توجهی دارند، توان مناسبی برای دفع پسماند ندارند [۱۳]، بنابراین منطقه پیشنهادی از نظر زمین‌شناختی توان کمی برای دفن پسماند دارد.

میکروارگانیزم‌ها در آبخوان به سه گروه ویروس‌ها، باکتری‌ها و پروتوزوا تقسیم می‌شوند. باکتری‌ها به صورت طبیعی در آبخوان وجود دارند؛ ولی برخی باکتری‌ها مانند اشیرشیکلای مدفوعی از طریق عوامل انسانی وارد آبخوان می‌شوند. انتقال میکروارگانیزم‌ها اغلب توسط ذرات و تماس فعال با سطح ذرات انجام می‌شود. چسبیدن به طور عمده توسط آثار متقابل الکترواستاتیکی رخ می‌دهد، به طوری که بیشتر میکروارگانیزم‌ها بار منفی دارند و برای سطوح با بار مثبت مؤثرند. از طرفی، تغییر سطح به مواد معدنی و pH بستگی دارد و کلسیت معمولاً از مواد معدنی مهم در آبخوان کربناته (کارستی) است و درکل، یک بار مثبت سطحی دارد و بنابراین برای نگهداری میکروارگانیزم‌ها مساعد است [۱۱] که از جمله عوامل آسیب‌پذیری آبخوان کارستی است. به همین دلیل در منطقه شبه‌کارستی مطالعه شده سنجش نمونه‌های میکروبی هم انجام شد. به این صورت که ابتدا ۵۰ سی‌سی نمونه آب را در محیط کشت که از قبل آماده شده است، مخلوط می‌کنیم و تا ۲۴ ساعت در انکوباتور قرار می‌دهیم. اگر طی ۲۴ ساعت تغییر رنگ داد، نشان‌دهنده

جدول ۳. ویژگی‌های منطقه مطالعه شده

| ویژگی | مساحت (هکتار) | پوشش            | سن       | جنس سنگ   | نفوذپذیری     | شیب (درصد) | شیب   | میانگین ارتفاع (m) | میانگین بارش (mm) | جهت باد غالب |
|-------|---------------|-----------------|----------|---|---------------|------------|-------|--------------------|-------------------|--------------|
| میزان | ۹۶            | مرتع نیمه‌مترکم | مزوزوئیک | فراآتشفشانی توفدار، ماربل‌های ورقه‌ای، لایه‌های نمک و فرا لیمستون | متوسط تا زیاد | ۱۰-۲۰      | جنوبی | ۱۴۶۶               | ۵۲۰               | شمال غربی    |

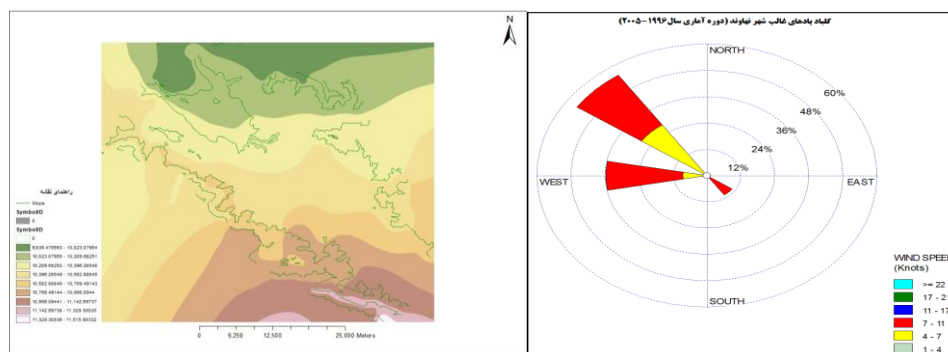
زباله در امان نخواهند بود. همچنین، به دلیل نامحسوس بودن منطقه از نظر توپوگرافی، اثر جابه‌جایی زباله‌های سبک‌وزن توسط باد، پابرجاست.

طبق محاسبه تراز آب در شهرستان نهاوند، جریان آب‌های زیرزمینی از جنوب شرقی به شمال غربی است که این جریان با شیب غالب منطقه (گرادیان هیدرولیکی ۰/۳ درصدی) مطابقت دارد [۱۶]. جهت حرکت آب زیرزمینی در حوضه آبخیز گاماساب (سرچشمه اصلی رودخانه کرخه) از ارتفاعات منطقه به طرف مناطق شمال و شمال غرب است [۴] که منطقه مطالعه‌شده یکی از زیرحوضه‌های آن محسوب می‌شود. همان‌طور که در شکل ۵ نیز مشخص است، جهت حرکت آب‌های سطحی و زیرزمینی منطبق بر شیب عمومی (شکل ۵) است؛ بنابراین آلودگی چشمه‌های یادشده به انتقال آلودگی به منابع آبرفتی (گاه چاه‌های آب شرب) پایین‌دست منجر خواهد شد.

جدول ۴ نتایج آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی را نشان می‌دهد. علاوه بر عوامل طبیعی، نیترات می‌تواند از طریق فاضلاب‌های انسانی و کشاورزی نیز وارد منابع آبی شود؛ ولی با توجه به اینکه در بالادست منطقه، اراضی کشاورزی و انسانی وجود ندارد (منطقه کوهستانی است)، از شاخص نیترات استفاده شده است.

از نظر آلودگی میکروبی هیچ‌یک از چشمه‌ها قابلیت شرب ندارند و از نظر شیمیایی چشمه ولی به دلیل نیترات بیش از استاندارد شرب (۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، قابل شرب نیست. شکل‌های ۷ و ۸ هم وجود کلیفرم (کل) در مرحله نخست و محرز شدن وجود باکتری مدفوعی اشیرشیکلای در مرحله دوم (تکمیلی) را نشان می‌دهد. جدول ۵ هم نتایج سنجش عناصر کمیاب را نشان می‌دهد.

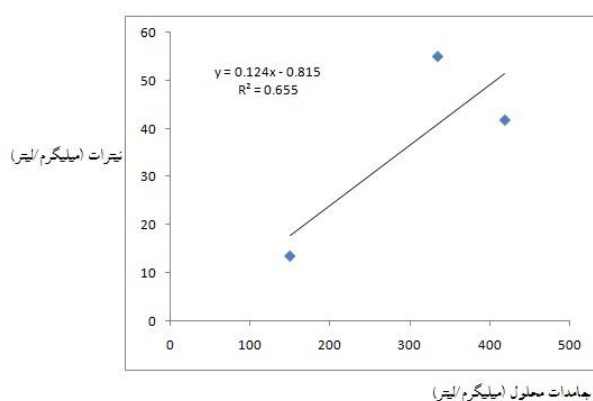
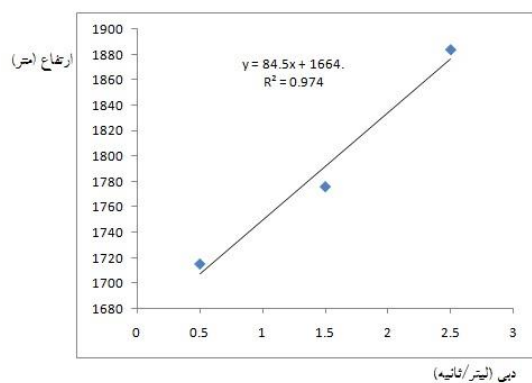
در تحقیق حاضر ترکیب شیمیایی زباله، شیرابه محل دفن و خاک محل دفن و اطراف بررسی نشده است، چرا که بر اساس مشاهدات عینی و مطالعات پیشین و با توجه فواصل کم چشمه‌ها از محل دفع پسماند و حساسیت سازند شبه‌کارستی منطقه کاملاً واضح و روشن است که نیاز به هزینه‌های مضاعف نداشت و تحقیق حاضر فقط به منظور تأیید تأثیرات انجام شد. در ضمن، مطالعات پیشین در سازندهای کارستی شهرستان نهاوند و نواحی مجاور نشان‌دهنده عدم حضور عناصر کمیاب با غلظت زیاد در منطقه است [۱۴]. از بین فراسنج‌های اقلیمی جهت شیب که میزان تابش خورشید را نشان می‌دهد، مهم است چرا که افزایش گرما در منطقه، مشکل انتشار بو و آتش‌سوزی طبیعی پسماندها (و به دنبال آن، آلودگی هوا) را دوچندان خواهد کرد. با توجه به اینکه جهت شیب منطقه جنوبی (آفتاب‌گیر) است، به دلیل افزایش گرما، مشکل بوی نامتعارف و آتش‌سوزی در منطقه کاملاً هویداست. مشخص شدن جهت باد غالب و نایب غالب منطقه هم برای مکان‌یابی دفن بهداشتی زباله اهمیت دارد، زیرا وزش باد سبب پراکندگی زباله‌های سبک‌وزن شده و از نظر زیبایی محیط اطراف را زشت کرده و ایجاد بوی نامطبوع آن ساکنان اطراف را اذیت خواهد کرد. بنابراین، منطقه دفن زباله باید از نظر پستی و بلندی<sup>۱</sup> محصور باشد و براساس باد غالب و نایب غالب منطقه مکان مناسبی برای دفن زباله پیدا شود. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، گلباد بادهای غالب و نایب غالب منطقه که براساس آمار ایستگاه هواشناسی نهاوند استخراج شد [۱۵]، شمال‌غربی و غربی است و چون بخشی از شهر نهاوند و روستاهای اطراف محل دفن زباله در راستای غرب منطقه مطالعه شده‌اند، از تأثیرات بوی نامطبوع محل دفن



شکل ۵. شیب عمومی (راست) و گلباد شهرستان نهاوند (چپ)

جدول ۴. نتایج آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی

| ردیف | نام چشمه | EC (µ/cm) | TDS (mg/l) | نیترات (mg/l) | آلودگی میکروبی (اشیرشیکلای مدفوعی) | میزان آلودگی میکروبی |
|------|----------|-----------|------------|---------------|------------------------------------|----------------------|
| ۱    | ولی      | ۵۴۶       | ۳۳۵        | ۵۵/۰۴         | دارد                               | متوسط                |
| ۲    | ترکان    | ۲۴۴       | ۱۵۰        | ۱۳/۵۲         | دارد                               | کم                   |
| ۳    | آبشخور   | ۶۷۱       | ۴۱۹        | ۴۱/۸۲         | دارد                               | زیاد                 |



شکل ۶. رابطه نیترات و جامدات محلول (راست) و دبی و ارتفاع (چپ)



شکل ۷. وجود باکتری در سه چشمه در مرحله نخست (راست) و وجود باکتری در مرحله دوم چشمه ولی (چپ)



شکل ۸. وجود باکتری در مرحله دوم چشمه آبشخور (راست) و وجود باکتری در مرحله دوم چشمه ترکان (چپ)



جدول ۵. نتایج سنجش عناصر کمیاب چشمه‌ها\*

| نام چشمه | جیوه (mg/l)     | کروم | کبالت | روی (mg/l) | آهن (mg/l) | مس | منگنز | سرب (mg/l) |
|----------|-----------------|------|-------|------------|------------|----|-------|------------|
| ولی      | ND <sup>۱</sup> | ND   | ND    | ۳,۷۱۴      | ۰,۷۴۵      | ND | ND    | ۴۰۴۷۶      |
| ترکان    | ND              | ND   | ND    | ND         | ۱,۶        | ND | ND    | ND         |
| آبشخور   | ۰,۴۴۳           | ND   | ND    | ۱۲         | ۰,۷۵۲      | ND | ND    | ۱۹۰۳۸۵     |

\* اگر عنصری در نمونه مشاهده نشد، به معنای صفر بودن غلظت عنصر نیست و حد تشخیص دستگاه جذب اتمی برای تعیین آن مقدار غلظت کافی نیست.

### بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه سنگ‌بستر منطقه سنگ آتشفشانی توفدار و لیمستون است و این‌گونه سنگ‌ها نسبت به فرسایش حساس (غیر مقاوم) و نفوذپذیری درخور توجهی دارند، دارای توان نامناسب برای دفع پسماند هستند. بنابراین، این ناحیه از نظر زمین‌شناختی توان کمی برای دفن پسماند دارد. با استناد به داده‌های سازمان هواشناسی جهت باد غالب منطقه مطالعه‌شده شمال-غربی و باد نایب غالب آن غربی است و چون روستاهای اطراف منطقه پیشنه‌های دفن زباله در راستای شمال غربی و غرب منطقه مطالعه‌شده واقع شده‌اند، از تأثیرات بوی نامطبوع محل دفن زباله به دور نخواهند بود. همچنین، به دلیل نامحسوس بودن منطقه از نظر توپوگرافی، اثر جابه‌جایی زباله‌های سبک‌وزن توسط باد پابرجاست. درضمن، باید یادآور شد که مکان دفن فعلی روی زهکشی طبیعی (مسیل) قرار گرفته که این خود منطقه را از نظر هیدروژئولوژیکی برای دفن زباله نامناسب کرده است. بنابراین، محل دفع پسماند شهر نهاوند به لحاظ استانداردهای محیط زیستی نامناسب است. به منظور بررسی آثار محل دفع پسماند بر چشمه‌های شبه‌کارستی منطقه مطالعاتی مروری بر برخی تحقیقات مشابه ضروری می‌نماید. روگیری (۲۰۱۴) منشأ آلودگی چاه و چشمه‌های شرب شهر راگوس<sup>۲</sup> ایتالیا را ردیابی کرد و با استفاده از مشاهدات میدانی و بررسی‌های هیدرولوژیکی به این نتیجه رسید که منشأ آمونیاک و آلودگی باکتریایی آب‌های یادشده، نفوذ شیرابه فضولات حیوانی در منطقه است [۷]. گیل مارکوز و همکاران (۲۰۱۷) هم نشان دادند بین ارتفاع از سطح دریا و میزان ترکیبات معدنی و دبی چشمه‌ها رابطه مستقیم وجود دارد [۱۷].

طبق نتایج تحقیق حاضر (جدول ۴) میزان نیترات چشمه ولی بیشتر از چشمه‌های دیگر است که علت آن را می‌توان به ارتفاع کمتر آن نسبت به دیگر چشمه‌ها دانست که آبشویی نیترات بیشتر اتفاق افتاده است. به این صورت که ترکیبات دارای نیترات موجود در زباله به وسیله شیرابه و به‌خصوص بر اثر بارندگی در سطح زمین جاری شده و با توجه به آسیب‌پذیری سازند شبه‌کارستی نفوذ کرده و به صورت ثقلی در چشمه ولی نفوذ کرده‌اند. با توجه به نتایج آزمایش میکروبی و بر اساس سازند زمین‌شناختی منطقه می‌توان گفت که آلودگی میکروبی در تمام چشمه‌ها وجود داشته به طوری که در دو چشمه پایین‌دست (چشمه ولی و چشمه آبشخور) بیشتر از چشمه ترکان است. بر اساس نتایج تحقیق حاضر (شکل ۶) بین ارتفاع مظهر چشمه و دبی رابطه قوی و همچنین بین نیترات و جامدات محلول هم رابطه نسبتاً مستقیم وجود دارد.

بنابراین، تحقیق حاضر نتایج کار روگیری (۲۰۱۴) [۷] و گیل مارکوز و همکاران (۲۰۱۷) [۱۷] را تأیید می‌کند. با توجه به اینکه مقادیر نیترات چشمه‌ها بیشتر از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر است، طبق طبقه‌بندی کاشف [۱۰] می‌توان گفت که پساب به درون آبخوان منطقه نفوذ کرده است که این میزان در چشمه ولی بیش از ۵ برابر، در چشمه آبشخور ۴ برابر و در چشمه ترکان حدود ۱/۵ برابر معیار است.

نتایج سنجش عناصر کمیاب (جیوه، کروم، کبالت، روی، مس، آهن، منگنز و سرب) هم نشان می‌دهد بین غلظت این عناصر رابطه آماری معناداری وجود ندارد. به هر حال، عنصر جیوه فقط در چشمه آبشخور وجود داشته است که علت آن، فاصله نزدیک چشمه یادشده (حدود ۲۰۰ متر) از محل دفع پسماند شهر نهاوند است. از جمله عناصر سمی و خطرناک دیگر، سرب است که در چشمه آبشخور و چشمه ولی مشهود بود که علت آن علاوه بر شیب کمتر نسبت به محل دفع پسماند، وجود سازند

1 Non Detect  
2. Ragusa

## منابع

- [1]. Erfanmanesh M, Afuni M. Environment pollution (water, soil, air). 4th ed. Arkan press. Efahan; 2006. [Persian].
- [2]. Kayode O. T, Okagbue H.I, Achuka J.A. Water quality assessment for groundwater around a municipal waste dumpsite. Journal of Data in Brief. 2018; 17: 579-587.
- [3]. Botkin D, Edward K. Environmental Science (Earth as living plant).Jahad daneshgahi press; 2005. [Persian]. [4]. Khanlari, Talebidokhti, Momeni, Ahmadi. Effect water of landfill on groundwater. Journal of geological engineering. 5 (3).[Persian].
- [5]. Kiyani V, Kiyani S. Action plan of Kiyani city landfill. Kiyani municipality; 2016.
- [6]. NejatiJahromi Z, Naseri H, Nakhaei M, Alijani F. Evaluations of ground water of Varamin in view of drinking: pollution whit heavy metal. Journal of health and environment. 2017; 10 (4): 559-572. [Persian].
- [7]. Ruggieri R. Tracing the Sources of Pollution of Wells and Karst springs Supplying Water to the City of Ragusa, South-Eastern Sicily. Ambient Science. 2014; 1 (2): 26-35.
- [8]. Nahavand municipality. Population information and area of service. Not printed reports; 2019. [Persian].
- [9]. Jabari M. Optimizing networks of groundwater in Birjand area using geostatistic-Fazi logic. Master thesis. Kharazmi university; 2012.[Persian].
- [10]. World Health Organization. Guidelines for drinking water quality, WHO, Geneva, 4th Edition. 2017.
- [11]. Goldscheider N, Drew D. Methods in Karst Hydrogeology. 1nd ed. Taylor and Francis publication; 2007.
- [12]. Geological organization of Iran. Geological map 1/00000. Reported by Mohamadali Mahdavi; 1993.[Persian].
- [13]. Makhdom M. Fundamental of land use planning, Tehran university press; 2012.[Persian].
- [14]. Kiyani V. Hydrogeochemistry of karst springs of Zagros and Sanandaj-Sirjan zones in Nahavand area. PhD student of Environment, Faculty of Natural resource and Marian Science, Tarbiat Modares University.[Persian].
- [15]. Kiyani V. Determined of comprehensive of Risk matrices in Nahavand city.[Persian].

آهکی منطقه است (به دلیل انحلال این سازندها و ایجاد مجاری آبرو احتمال نفوذ آلودگی افزایش می‌یابد). غلظت سرب در این دو چشمه بسیار بیشتر از استاندارد شرب ( $0.1 \text{ mg/l}$ ) است [۱۷]، یعنی در چشمه ولی بیش از ۴ میلیون برابر و در چشمه آبشخور بیش از ۱۹۰ میلیون برابر استاندارد آب شرب است.

کایود و همکاران (۲۰۱۸) [۲] منابع آب زیرزمینی اطراف محل دفن زباله شهر لاگوس<sup>۱</sup> نیجریه را ارزیابی کردند و به نتیجه رسیدند که میزان عناصر کمیاب نمونه‌ها بیشتر از استاندارد سازمان بهداشت جهانی برای مصرف شرب بود و در نهایت، پیشنهاد کردند به منظور سلامت جوامع یادشده منابع شرب دیگری جایگزین شود. جیوه و سرب بیشتر از باتری‌های موجود در پسماندها آزاد می‌شوند که گاه ممکن است در ترکیبات دیگری مثل خرده‌های آینه، قطعات یدکی و... هم وجود داشته باشند. طبق تجربیات شهرداری تهران [۱۸] به منظور جلوگیری از این نوع آلودگی‌ها، می‌توان زباله را طی فرایندهایی به مواد تقویت‌کننده خاک یا کود (کمپوست) تبدیل کرد که سرشار از مواد آلی و عناصر مورد نیاز گیاه است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود محل دفع پسماند فعلی هر چه سریع‌تر جابه‌جا شود و راهبردهای تفکیک از مبدأ و بازیافت (استفاده مجدد از مواد و تولید کود سبز) به عنوان بهترین راهکارها برای مدیریت پسماندهای شهری نهانند اعمال شود. علاوه بر این، اگر بودجه کافی برای محل دفن بهداشتی فراهم شود، می‌توان زباله‌های شهرها و روستاهای اطراف را نیز در مکان مناسب دفن کرد و در قبال خدمات، عوارض از آنها دریافت کرد. همچنین، با تفکیک از مبدأ و بازیافت، ضمن جلوگیری از صرف هزینه‌های مضاعف معدوم کردن زباله‌ها، جلوی نفوذ مواد سمی و آلاینده به آب‌های زیرزمینی گرفته شده و علاوه بر توجیه اقتصادی، توجیه محیط زیستی نیز خواهد داشت.

## قدردانی

مقاله حاضر با حمایت شرکت آب روستایی شهرستان نهاوند و دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است. همچنین، نگارندگان از آقای خسروی‌نژاد (کارشناس امور آب شهرستان نهاوند) به پاس همراهی در نمونه‌برداری و ارائه اطلاعات اولیه کمال تشکر را دارند.

- [16]. Ruggieri R. Tracing the Sources of Pollution of Wells and Karst springs Supplying Water to the City of Ragusa, South-Eastern Sicily. *Ambient Science*. 2014; 1 (2): 26-35.
- [17]. Banejhad H, Mohebzade H, Aliaye E. using of neuron method and GIS for parameters (Nahavand). *Journal of Science of Environment*. 15 (1): 23-35.[Persian].
- [18]. Gil-Márquez J.M, Barberáa J.A , Androea B, Mudarra M. Geochemical evolution of groundwater in an evaporite karst system: Brujuelo area (Jaén, S Spain). *Procedia Earth and Planetary Science*. 2017; 17: 336 – 339.
- [19]. Standard organization of Iran. Drinking parameter. 4nd ed.[Persian].