مجله محیط شناسی، شماره ۳۵، پاییز ۱۳۸۳، صفحه ۸۴-۷۷

بررسی کیفیت شیمیایی آب های زیرزمینی در مجاورت محل دفن مواد زاید جامد شهر گرگان

دکتر مصطفی رقیمی *

دکتر مجید شاه پسندزاده **

مهندس سید محمد سیدخادمی ***

چکیده

مکان های دفن زباله می توانند با آثار محیط زیستی ناشی از نفوذ شیرابه زباله ها به آبهای سطحی و زیرزمینی همراه باشند. عدم وجود برنامه های مراقبتی، عدم مکان های مناسب زمین شناسی برای دفن زباله، روش های دفن تلنباری و عدم استفاده از بستر نفوذناپذیر سبب بروز این گونه مشکلات می شود.

هدف این پژوهش، بررسی کیفیت شیمیایی آبهای زیرزمینی در مجاورت محل دفن مواد زاید جامد شهری گرگان است. در مطالعه آبهای زیرزمینی مجاور محل دفن زباله‌های شهر گرگان، مقدار اغلب کاتیون‌ها و آنیون‌ها بیش از حد استاندارد آب آشامیدنی است. اگرچه میانگین مقادیر NH_3 ,NO_3^- ,PO_4^{3-} ,SO_4^{2-} ,Cl^- ,Mg^{2+} ,K^+ ,Na^+ در آب چاه های بالادست محل دفن زباله، به ترتیب $۲/۰۱*۱۰^{-۲}$، ۲۰/۳۷، ۰/۱۸، ۱۴۱/۲، ۹۰/۲، ۳۸/۸۲، ۲/۸ و ۲۷/۸ میلی گرم در لیتر اندازه گیری شده است. ولی غلظت این آلاینده ها در آب چاه های مجاور (پایین دست) محل دفن زباله، به ترتیب $۷/۹*۱۰^{-۲}$، ۵۱/۳۵، ۰/۵۰، ۲۰۰/۳، ۱۸۳/۳۰، ۷۱/۴۲، ۷/۲ و ۲۱۸/۸ میلی گرم در لیتر گزارش می شود. دامنه تغییرات مقادیر کدورت، هدایت الکتریکی و مجموع مواد جامد محلول به همراه غلظت آلاینده های Cl^- ,Na^+ ,NO_3 و SO_4 آب چاه های مجاور محل دفن زباله های شهر گرگان بسیار بیشتر از آب چاه های بالادست محل دفن این مواد زاید جامد است. با توجه به بالا بودن هدایت الکتریکی و تطابق بسیار خوب و مثبت آن با غلظت آلاینده های SO_4^{2-} ,Cl^- ,K^+ ,Na^+ و TDS، جهت کلی جریان آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از جنوب- جنوب خاور به سمت شمال- شمال باختر، دفن زباله های شهر گرگان به روش تلنباری بدون بستر نفوذناپذیر در نهشته های لسی (۷۶ درصد سیلت و ۲۳/۵ درصد رس عمدتاً از نوع کائولینیت، ایلیت و سمکتیت) می توان استنباط نمود که نفوذ شیرابه زباله ها به آبهای زیرزمینی این منطقه سبب آلودگی آب چاه های مجاور محل دفن زباله شده است.رخسارهای هیدروشیمی آبهای زیرزمینی منطقه از نوع $Ca^{2+}Na^+HCO^-_3Cl^-$، $Na^+HCO^-_3Cl^-$ و Ca^{2+} HCO^-_3 هستند.

نظر به اینکه آبهای زیرزمینی منطقه محل دفن زباله های شهر گرگان مورد استفاده افراد این منطقه قرار می‌گیرد، برای جلوگیری از آلودگی این آبهای زیرزمینی باید اقدامات حفاظتی، نظیر تعبیه سیستم جمع آوری شیرابه زباله ها، ترمیم مکان فعلی دفن زباله با ایجاد بستر نفوذناپذیر و احداث مکان جدید دفن زباله با رعایت اصول بهداشتی و استاندارد صورت گیرد.

کلید واژه

محل دفن مواد زاید جامد شهری، شیرابه زباله ها، آلودگی آبهای زیرزمینی، زمین‌شناسی محیط زیستی، استان گلستان، شهر گرگان، اقدامات حفاظتی.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۱/۷/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۳/۴/۷

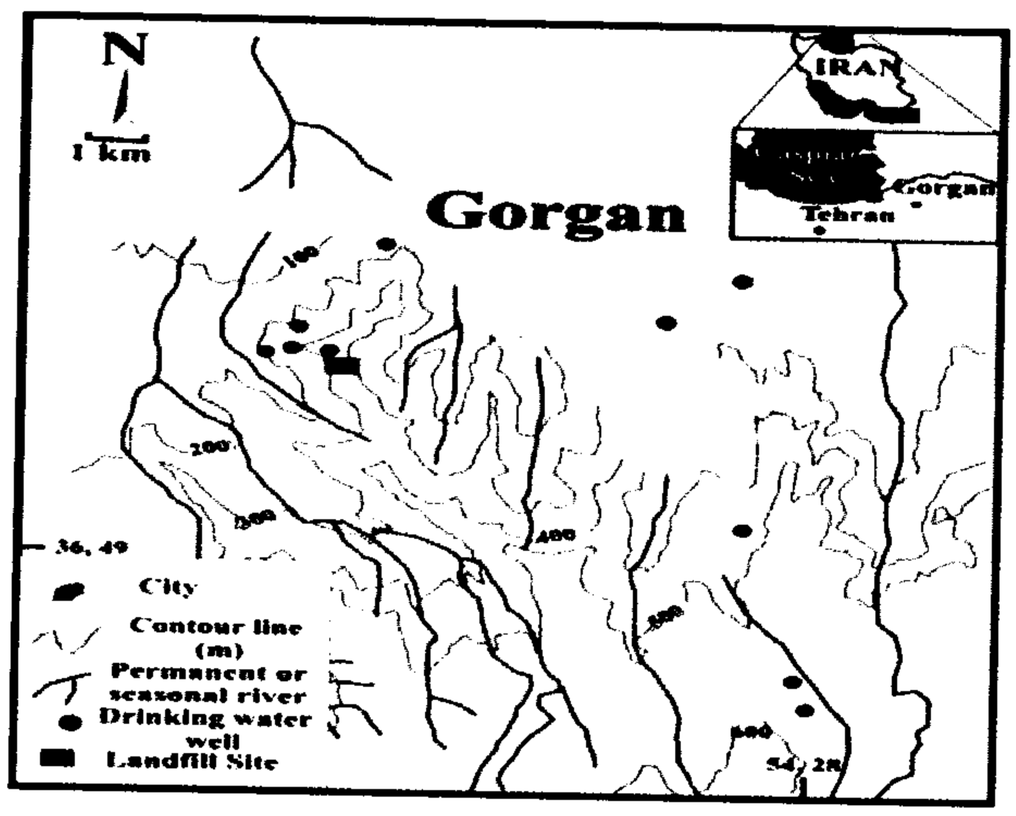
* استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

** استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

*** کارشناس آب و فاضلاب استان گلستان.

سرآغاز:

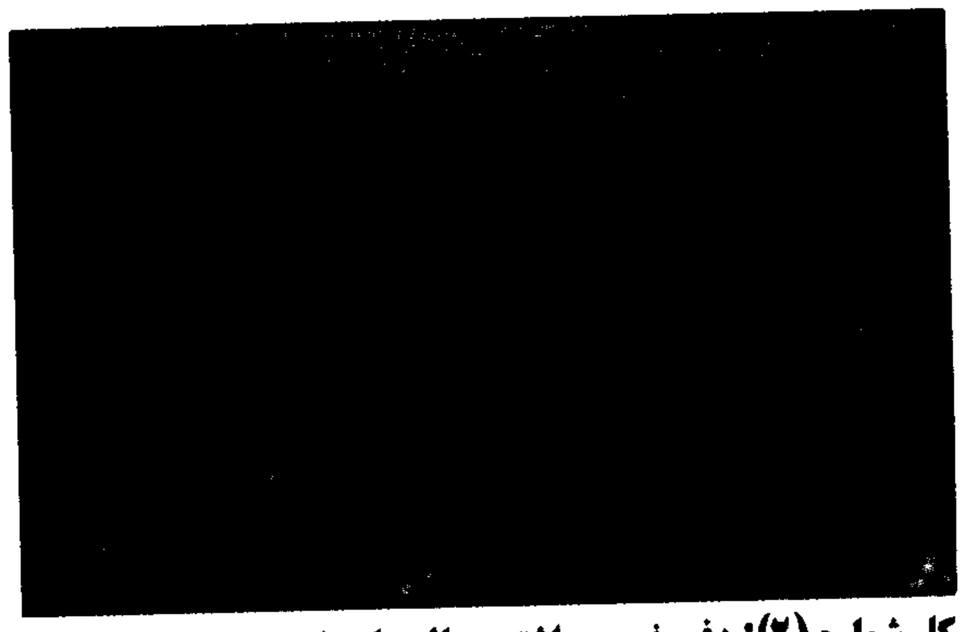
شهر گرگـان بـا طـول جغرافیـایی ۲۴َ و۵۴ْ تـا ۲۸َ و۵۴ْ شـرقی و عرض جغرافیایی ۴۹َ و۳۶ْ تا ۵۱َ و۳۶ْ شمالی در بخـش شـمالی دامنـه ارتفاعات البرز قرار دارد. این شهر با جمعیتـی حـدود ۲۰۸۳۲۰ نفـر در سال ۱۳۷۸، دمای متوسط حداقل و حداکثر سالانه ۶/۲- تا ۴۵ درجـه سانتیگراد، متوسط بارندگی ۷۲۵ میلی‌متر در سال و باد غالب بـاختری مشخص می‌شود. تعداد خانوار در این شهر به‌طور تقریب ۶۵۰۰۰ نفر و تولید زباله روزانه در حدود ۱۸۰ تا ۲۰۰ تن است (سـازمان مـدیریت و برنامه‌ریزی، ۱۳۸۰). این شهر دارای یک مکان دفن مـواد زایـد جامـد شهری در ارتفاعات ۳۰۰ متری از سطح آبهای آزاد بر روی نهشته‌های لسی در بخش غربی شهر است. با توجه به تجزیه شیمیایی نمونه های متعددی از نهشته های لسی منطقه مورد مطالعه، این رسـوبات بـا ۷۶ درصد سیلت و ۲۳/۵ درصد رس (عمدتاً کائولینیت، ایلیت و اسمکتیت) مشخص می شوند (خواجه و همکاران، ۱۳۷۸). نظر بـه درصـد بـسیار کم رس این لس های سیلتی، میزان نفوذپذیری آنها قابل توجه بوده و امکان نفوذ شیرابه زباله ها به آبخوان منطقه وجود دارد. عمق متوسـط سطح آبهـای زیرزمینـی در محـل دفـن زبالـه هـای شـهر گرگـان از ۱۹- ۸/۲ متر در فصول مختلف سال متغیر اسـت (مهندسـین مـشاور برگاب، ۱۳۷۴). بنابر نقشه های توپوگرافی، عمق و همچنین تـراز آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، روند حرکت آبهای زیرزمینـی از جنـوب به شمال و شمال باختر است، (شکل شماره ۱) (فنونی، ۱۳۶۸).



شکل شماره (۱): موقعیت جغرافیایی شهر گرگان
محل دفن زباله و چاه های اطراف آن

بنابر بررسی زباله‌های شهری از نظر ارزیابی آثـار محـیط زیـستی آنها در ۱۶ نقطه شهری از استان گلستان، شـهر گرگـان بـا وضـعیتی بسیار نامطلوب و بحرانی ارزیابی شده است (اونق و همکـاران، ۱۳۷۹). آلودگی آبهای زیرزمینی در مجاورت محل دفن مواد زایـد بـا افـزایش غلظـت سـختی (Ca+Mg)، Cl^- و SO_4^-، هـدایت الکتریکـی و pH گزارش شده است (بـه طور مثال ;Anderson and Dornbush, 1967 Rossler, 1950; Roy, 1994). بـا توجـه بـه آلـودگی زیرزمینـی در بخـش شـمال غربـی آمریکـا، در حـدود ۴۲ مـورد از آلـودگی آبهـای زیرزمینی در مجاورت محل دفع زباله‌های شهری گزارش شده اسـت (Cartwright and McComes, 1968). بعلاوه در مطالعه دیگری از ۱۲ مورد محل دفن زباله در نهشته‌هـای نفوذپـذیر، بـدون اسـتفاده از بستر نفوذناپذیر شهرهای ساحلی امریکا، شیرابه زباله‌ها به لایـه سـفره آبدار زیرزمینی نفوذ کـرده و سـبب آلـودگی شـدید آبهـای زیرزمینـی گردیده است. دو عامل اصلی این رویداد، مکان نامناسـب محـل دفـن زباله‌ها از نظر زمین‌شناسی و شیب جریان شیرابه‌ها به طرف سفره‌های آب زیرزمینی منطقه بوده است (Back, 1966).

به دلیل استاندارد نبودن محل دفن مـواد زایـد جامـد شـهری د سطح کشور، شیرابه موجـود در آنهـا سـبب آلـوده شـدن آب و خـاک می‌گـردد (رقیمـی، ۱۳۷۹؛ رقیمـی و سـید خـادمی، ۱۳۸۰). تـاکنو گزارشی مبنی بر کیفیت شیمیایی آبهـای زیرزمینـی در اطـراف محـ دفن زباله‌های شهر گرگان گزارش نشده است. نظر به غیـر اسـتاندا بـودن محـل دفـن زبالـه در شـهر گرگـان (اسـتفاده از روش دف غیربهداشتی تلنباری بدون بستر نفوذناپذیر یا کنترل شیرابه ها (شـک شماره ۲) و تمرکز نزولات جوی منطقه در فـصول بهـار و زمـستان امکان نفوذ شیرابه زباله های شهر گرگان به سفره های آب زیرزمین منطقه)، بـرای اولـین بـار در بهـار و زمـستان ۱۳۸۰ آلـودگی آبهـا زیرزمینی مجاورت محل دفن مواد زاید جامـد شـهری گرگـان از نظ کیفیت شیمیایی و نوع آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت. در ادا این پژوهش بـا انـدازه گیـری غلظـت DO, BOD, COD, TOC فلزات سنگین نمونه های آب زیرزمینی گستره دفن زباله های شهر گرگ می توان به نتایج مطمئن تری در ارتباط با منشأ آلودگی سفره های زیرزمینی منطقه دست یافت.



شکل شماره (۲): دفن غیر بهداشتی زباله های شهر گرگان به روش تلنباری

مواد و روش‌ها

ابتدا به منظور بررسی علل احتمالی بالا بودن میزان نیترات چاه های اطراف محل دفن زباله شهر گرگان، از نهشته هـای سـطحی گـستره شهر گرگان بازدید به عمل آمد. سپس زمین شناسی زیـر زمینـی ایـن منطقه با جمع آوری کلیه اطلاعات، موجود شـامل: گمانـه چـاه هـای حفاری شده , مطالعات ژئو الکتریکی و غیره مورد بررسی قرار گرفـت. در فصول بهار و زمستان ۱۳۸۰ نمونه های آب زیرزمینی از چاه هـای الادست و پایین دست (مجاور) محل دفن زباله هـای شـهر گرگـان، س از خروج آب به میزان تقریباً ۳ برابر حجم لوله گذاری داخـل هـر چاه (اعماق ۲۵ تا ۳۰ متری به مدت ۳ تا ۵ دقیقه) بـه ایـن دلیـل کـه مونه های آب نماینده سفره آب زیرزمینی منطقه باشـند، جمـع آوری د. این نمونه ها در ظروف پلاسـتیکی شـست و شـو شـده بـا اسـید ولفوریک به واسطه ممانعت از رشد بـاکتری هـا جمـع آوری شـدند. پس نمونه های آب به آزمایشگاه انتقال داده شده و در محیط سرد و ریک یخچال (حدود ۴ درجـه سـانتیگراد) قبـل از تجزیـه شـیمیایی هداری گردید. خصوصیات فیزیکی نمونه‌های آب جمع‌آوری شـده، نند هدایت الکتریکـی، کـدورت و دمـا بـه ترتیـب بـا دسـتگاه‌هـای ایت سنج، کدورت سنج و دماسنج اندازه‌گیری شد. pH نمونه هـای ، با استفاده از pH متر و مقادیر آنیون‌های NH_3^{4-} ،NO_2^{1-}، NO_3^{1-} SO و PO_4^{3-} آبهای زیرزمینـی منطقـه مـورد مطالعـه بـا دسـتگاه کترومتر HACH-DR-2000 بر حسب میلـی‌گـرم در لیتـر انـدازه ی شد. مقادیر کاتیون‌هـای Mg^{2+} ، Cl^-، HCO^-_3، CO^-_3، Ca^{2+} و تی کل از روش تیتراسیون دیجیتالی بر حسب میلـی‌گـرم در لیتـر د اندازه گیری قرار گرفته است. آزمایش های انجام شده مطابق بـا APHA (199 می باشد (جدول شماره ۱). به منظور بررسی ارتبـاط لت آلاینده های موجـود در آبهـای زیرزمینـی مجـاور محـل دفـن ، های شهر گرگان بـا یکـدیگر، مـاتریس تطـابق مشخـصه هـای فیزیکی – شیمیایی اندازه گیری شده در آب چاه های مجاور محل دفن زباله های شهر گرگان، به روش پیرسون مورد بررسی قرار گرفت.

جدول شماره (۱): روش های اندازه گیری ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آب های زیرزمینی در مجاورت محل دفن زباله

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه های آب	روش اندازه گیری	شماره روش طبق (APHA, 1998)
اسیدیته	الکترود pH متر	4500 – H B
کدورت	نفلومتری	2130 B
هدایت الکتریکی	الکترودی	2510 B
مجموع محلول جامد	الکترودی	T2550B
سختی کل	تیتراسیون	2340 C
سدیم (Na^+)	فلیم فتومتری	3500 – NaC
پتاسیم (K^+)	فلیم فتومتری	3500 – K
کلسیم (Ca^{2+})	تیتراسیون	3500 – Ca D
منیزیم (Mg^{2+})	محاسبه شده	3500 – Mg D
کلرید (Cl^-)	تیتراسیون	4500 – Cl C
بی کربنات (HCO^-_3)	تیتراسیون	2320 B
سولفات (SO^{2-}_4)	توربدیمتری	4500 – SO_4 E
آمونیاک (NH^-_3)	نسلریزاسیون	4500 – NH_3 C
نیترات (NO^-_3)	کلـوریمتری (احیـای کادمیوم)	4500 – NO_3E
نیتریت (NO^-_2)	کلوریمتری	4500 – NO_2B
فسفات (PO^{2-}_4)	سپکتروفتومتری	4500 – P E

یافته ها

نظر به اینکه جهت جریان آب های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از جنوب– جنوب خاور به سمت شمال– شمال باختر اسـت، در نتیجـه به منظور دستیابی به میزان تأثیر نفوذ احتمالی شیرابه های زباله هـای شهر گرگان به آبهای زیرزمینی منطقه، از آب چاه هـای پـایین دسـت محـل دفـن زبالـه نمونـه بـرداری شـد و ویژگـی هـای فیزیکـی– شیمیایی(جدول شماره ۲) با آب زیرزمینی جنوب و جنوب خـاور محـل دفن زباله های شهر گرگان (بالادست محل دفن زباله، جدول شماره ۳) مقایسه شد.

مشخصه فیزیکی هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی پایین دسـت محل دفن زباله ها (۱۱۴۰ تا ۲۶۲۰ میلی‌موس بر سانتیمتر) بـه طـور قابل توجهی بیشتر از آب های زیرزمینی نواحی بالادست محـل دفـن زباله ها (۱۲۴۸–۸۴۵ میلی‌موس بـر سـانتیمتر) اسـت. بعـلاوه، میـزان منیزیم از ۲۸/۶ تا ۱۱۵/۲، سدیم از ۴۸/۳ تا ۳۴۲، پتاسـیم از ۴ تـا ۱۲، سولفات از ۴۷ تا ۳۳۵ ، کلـرید از ۱۳۰ تا ۳۲۰، ، فسفـــات از ۰/۳۶ تا

جدول شماره (۲): نتایج تجزیه فیزیکی- شیمیایی آب های زیرزمینی مجاور (پایین دست) محل دفن زباله های شهر گرگان

شماره چاه	۱		۲		۳		٤		٥		استاندارد آب شرب
فصل خصوصیات * فیزیکی‌وشیمیایی	بهار	زمستان	بهار	زمستان	بهار	زمستان	بهار	زمستان	بهار	زمستان	(APHA,1998)
دما	۲۱/۲	۱۹	۱۹	۱۶	۲۰/۴	۱۸	۱۹/۵	۱۶/۵	۲۱/۷	۱۲	–
pH	۷/۵	۷/۲	۷	۷/۱	۷/۴	۷/۵	۷/۱	۷/۲	۷/۴	۷/۳	۶/۷-۹
کدورت	۰/۶۷	۱	۳/۹	۴	۱۲/۶	۱۲	۱/۴۷	۲	۳/۵۳	۴	۵
هدایت الکتریکی	۲۶۰۰	۲۴۹۰	۲۴۹۰	۲۶۲۰	۱۲۶۴	۱۲۷۰	۱۸۶۰	۱۸۰۰	۱۱۵۳	۱۱۴۰	–
مجموع محلول جامد	۱۵۷۰	۱۴۹۰	۱۵۴۰	۱۷۳۰	۹۰۵	۹۰۰	۱۱۰۰	۱۰۷۰	۸۰۰	۷۰۰	۱
سختی کل	۵۵۲	۵۶۰	۴۸۰	۴۰۰	۲۷۲	۲۷۲	۵۶۰	۴۸۰	۵۴۰	۴۴۰	–
سدیم (Na^+)	۲۸۶/۹	۳۱۵	۲۶۸	۳۴۲	۲۳۰	۲۳۰	۲۳۵/۷	۱۷۲	۴۸/۳	۶۰	۲۰۰
پتاسیم (K^+)	۱۲	۱۲	۱۰	۱۰	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۱۲
کلسیم (Ca^{2+})	۴۳/۲	۱۱۲	۷۲	۹۶	۸	۸	۳۲	۱۲۸	۸۴/۸	۱۲۸	۲۵۰
منیزیم (Mg^{2+})	۱۰۶/۵	۶۷/۲	۷۲	۸۶/۴	۶۰/۴۸	۶۰/۵	۱۱۵/۲	۳۸/۴	۷۸/۷۲	۲۸/۸	۵۰
کلرید (Cl^-)	۲۴۸	۲۴۰	۲۷۰	۳۲۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۴۵	۱۴۰	۱۳۰	۱۴۰	۴۰۰
بی‌کربنات (HCO^-_3)	۷۵۶	۵۸۵	۷۱۰	۶۳۵	۳۳۳	۳۳۰	۴۵۲	۴۰۰	۶۸۰	۳۵۰	–
سولفات (SO_4^{2-})	۲۷۶	۳۰۰	۲۵۶	۳۳۵	۱۲۸	۱۲۰	۲۲۸	۲۵۵	۴۷	۵۸	۴۰۰
آمونیاک (NH^-_3)	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۲۳	۱/۵
نیترات (NO^-_3)	۱۴۵/۲	۱۴۳	۲۵/۵۲	۲۶	۲۵/۰۸	۲۵	۸۴/۴۸	۹۸/۱	۱۶/۷۲	۲۹/۹	۵۰
نیتریت (NO^-2)	۰/۰۵۲	۰/۳۸	۰/۰۷۲	۰/۰۷	۰/۰۴۹	۰/۰۵	۰/۰۳۳	۰/۰۳	۰/۰۱۹	۰/۰۹	۳
فسفات (PO_4^{2-})	۰/۴۶	۰/۸۵	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۲	۰/۵۲	۰/۶۸	۰/۴۲	۰/۷

* مقدار دما برحسب درجه سانتیگراد، کدورت برحسب NTU، هدایت الکتریکی به میلی‌موس بر سانتیمتر، مجموع محلول مواد جامد، سختی و آنیون‌ها و کاتیون‌ها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر هستند.

۰/۸۵، نیترات ۱۶/۷ تا ۱۴۵/۲ و آمونیاک از ۰/۰۷ تا ۰/۲۸ میلی‌گرم در لیتر در آبهای زیر زمینی مجاور و پایین دست محل دفن زباله ها متغیر است (جدول شماره ۲). مقایسه مقادیر این کاتیون ها و آنیون های با غلظت آنها در آبهای زیرزمینی نواحی جنوب-جنوب خاور (بالادست) محل دفن زباله ها (جدول شماره ۳، منیزیم از ۱۹/۲ تا ۶۲/۴، سدیم از ۹ تا ۴۸، پتاسیم از ۱/۵تا ۵/۵، سولفات از ۹۰ تا ۱۷۶، کلرید از ۴۸ تا ۱۳۶، فسفات از ۰/۱ تا ۰/۲۳، نیترات ۱۱/۴۴ تا ۳۴/۳۲ و آمونیاک از ۰ تا ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر)، نشانگر تمرکز زیادتر این یون ها در نمونه های آب چاه های پایین دست محل دفن زباله است. برای تحلیل آماری داده ها، مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین هندسی، دامنه تغییرات، انحراف معیار و خطای استاندارد مشخصه های فیزیکی- شیمیایی آبهای زیرزمینی بالادست و مجاور (پایین دست) محل دفن زباله های شهر گرگان تعیین گردیده است (جدول شما ۴). بعلاوه ماتریس تطابق مشخصه های فیزیکی- شیمیایی اندا گیری شده در آب چاه های مجاور محل دفن زباله های شهر گرگا به روش پیرسون (جدول شماره ۵) نشان دهنده این است که هدای الکتریکی بخوبی و به طور مثبتی با غلظت آلاینده های SO_4^{2-}, Na^+, K^+, و TDS تطابق دارد.

نمودارهای کیفیت شیمیایی و تعیین نوع رخساره هیدروشیمیا آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، براساس الگوی پایپ استیف(Piper, 1944; Stiff, 1951) از داده‌های هیدروشیمیه موجود به کمک نرم‌افزار (ROCKWORK 99) ترسیم شده است.

جدول شماره (۳): نتایج تجزیه فیزیکی- شیمیایی آب های زیرزمینی جنوب و جنوب خاور (بالادست) محل دفن زباله های شهر گرگان

شماره چاه	٦		۷		۸		۹		۱۰	
فصل / خصوصیات فیزیکی‌وشیمیایی	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان
دما	۲۰	۱۴	۲۰	۱۴	۱۸	۱۴	۲۰	۱۴	۲۰	۱۸
pH	۷/۳	۷/۸	۷/۴	۷/۶	۷/۶	۶/۹	۷/۲	۷/۵	۷/۵	۷/۳
کدورت	۰/۳۱	۰/۴	۰/۲۴	۰/۳۴	۰/۲۲	۰/۸۶	۱/۳۱	۰/۳۵	۱/۶۵	۱/۴۵
هدایت الکتریکی	۱۱۲۸	۱۲۴۸	۸۴۵	۸۶۵	۸۸۵	۱۱۴۰	۱۰۸۰	۱۲۷۴	۹۶۰	۹۹۳
محلول جامد	۶۵۱	۶۸۵	۴۹۵	۵۰۷	۵۳۱	۶۶۸	۶۰۷	۷۳۱	۵۸۱	۵۶۸
سختی کل	۴۵۲	۵۲۰	۳۲۲	۴۰۰	۳۸۰	۵۳۰	۴۸۰	۶۰۰	۴۴۰	۴۴۰
سدیم	۴۸	۴۷/۵	۳۶	۱۵	۲۸/۵	۱۹	۲۹	۱۹	۹	۲۷
پتاسیم	–	–	–	–	۳/۵	۲/۵	۳/۵	۱/۵	۵/۵	۱/۵
کلسیم	۱۱۵/۲	۱۳۹/۲	۹۶	۱۰۰/۸	۱۲۰	۱۴۸/۸	۱۲۰	۱۳۶	۱۰۷/۲	۱۰۷
منیزیم	۳۹/۳۸	۴۱/۲۸	۲۲/۰۸	۳۵/۵۲	۱۹/۲	۳۷/۹۲	۴۳/۰۲	۶۲/۴	۴۶/۰۸	۴۱/۲۸
کلرید	۹۷	۱۳۶	۴۸	۵۳	۵۷	۱۱۴	۶۰	۱۶۰	۶۳	۱۱۴
بی کربنات	۳۱۰	۲۸۵	۲۷۶	۲۴۵	۲۸۰	۲۶۰	۳۰۰	۲۶۰	۲۸۸	۲۶۵
سولفات	۱۴۰	۱۷۶	۱۱۰	۱۴۰	۱۲۴	۱۷۶	۱۴۴	۱۶۸	۱۴۴	۹۰
آمونیاک	۰	۰/۰۰۱	۰/۱	۰	۰/۰۴	۰	۰	۰	۰	۰/۰۶
نیترات	۱۷/۶	۱۷/۶	۱۲/۳۲	۱۲/۷۶	۱۱/۴۴	۱۳/۶۴	۲۶/۸۴	۲۸/۶	۳۴/۳۲	۲۸/۶
نیتریت	–	–	–	–	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲۶	۰/۰۱۶	۰/۰۳	۰/۰۱
فسفات	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰۸	۰/۶	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۲

* مقدار دما برحسب درجه سانتیگراد، کدورت برحسب NTU، هدایت الکتریکی به میلی‌موس بر سانتیمتر، مجموع محلول مواد جامد، سختی و آنیون‌ها و کاتیون‌ها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر هستند.

جدول شماره (۴): تحلیل آماری پارامترهای فیزیکی- شیمیایی آب های زیرزمینی مجاور محل دفن زباله های شهر گرگان

شخصه های فیزیکی و شیمیایی	حداقل		حداکثر		دامنه تغییرات		میانگین		انحراف معیار		خطای استاندارد	
	چاه های مجاور	چاه های بالادست	چاه های مجاور	چاه های بالادست	چاه های مجاور	چاه های بالادست	چاه های مجاور	چاه های بالادست	چاه های مجاور	چاه های بالادست	چاه های مجاور	چاه های بالادست
	۱۲/۰۰	۱۴/۰۰	۲۱/۷۰	۲۰/۰۰	۹/۷۰	۶/۰۰	۱۸/۳۳	۱۷/۲۰	۲/۸۹	۲/۸۶	۰/۹۱	۰/۹۰
ا	۷/۰	۶/۹۰	۷/۵۰	۷/۸۰	۰/۵۰	۰/۹۰	۷/۲۷	۷/۴۰	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۰۵	۰/۰۷
زت	۰/۶۷	۰/۲۲	۱۲/۶۰	۱/۶۵	۱۱/۹۳	۱/۴۳	۴/۵۲	۰/۷۱	۴/۲۹	۰/۵۶	۱/۳۶	۰/۱۸
ت الکتریکی	۱۱۴۰/۰۰	۸۴۵/۰۰	۲۶۲۰/۰۰	۱۲۷۴/۰۰	۱۴۸۰/۰۰	۴۲۹/۰۰	۱۸۶/۷۰	۱۰۴۱/۸۰	۶۳۶/۲۶	۱۵۵/۸۴	۲۰۱/۲۰	۴۹/۲۸
ل جامد	۷۰۰/۰۰	۴۹۵/۰۰	۱۷۳۰/۰۰	۷۳۱/۰۰	۱۰۳۰/۰۰	۲۳۶/۰۰	۱۱۸۰/۵۰	۶۰۲/۴۰	۳۶۹/۳۳	۷۹/۸۸	۱۱۶/۸۰	۲۵/۲۶
ی کل	۲۷۲/۰۰	۳۲۲/۰۰	۵۶۰/۰۰	۶۰۰/۰۰	۲۸۸/۰۰	۲۷۸/۰۰	۴۵۵/۶۰	۴۵۶/۴۰	۱۱۰/۶۳	۸۰/۴۷	۳۴/۹۹	۲۵/۴۵
م	۴۸/۳۰	۹/۰۰	۳۴۲/۰۰	۴۸/۰۰	۲۹۳/۷۰	۳۹/۰۰	۲۱۸/۸۰	۲۷/۸۰	۹۹/۱۷	۱۳/۰۷	۳۱/۳۶	۴/۱۳
م	۴/۰۰	۱/۵۰	۱۲/۰۰	۵/۵۰	۸/۰۰	۴/۰۰	۷/۲۰	۲/۸۰	۳/۳۶	۱/۲۵	۱/۰۶	۰/۳۹
م	۸/۰۰	۹۶/۰۰	۱۲۸/۰۰	۱۴۸/۰۰	۱۲۰/۰۰	۵۲/۸۰	۷۱/۲۰	۱۱۹/۰۲	۴۶/۲۲	۱۷/۴۶	۱۴/۶۲	۵/۵۲
م	۲۸/۸۰	۱۹/۲۰	۱۱۵/۲۰	۶۲/۴۰	۸۶/۴۰	۴۳/۲۰	۷۱/۴۲	۳۸/۸۲	۲۷/۰۶	۱۲/۰۹	۸/۵۶	۳/۸۲
	۱۰۰/۰۰	۴۸/۰۰	۳۲۰/۰۰	۱۶۰/۰۰	۲۲۰/۰۰	۱۱۲/۰۰	۱۸۳/۳۰	۹۰/۲۰	۷۸/۵۶	۳۹/۵۳	۲۴/۸۴	۱۲/۵۰
ات	۳۳۰/۰۰	۲۴۵/۰۰	۷۵۶/۰۰	۳۱۰/۰۰	۴۲۶/۰۰	۶۵/۰۰	۵۲۳/۱۰	۲۷۶/۹۰	۱۷۶/۹۰	۱۹/۸۸	۵۳/۰۷	۶/۲۸
ت	۴۷/۰۰	۹۰/۰۰	۳۳۵/۰۰	۱۷۶/۰۰	۲۸۸/۰۰	۸۶/۰۰	۲۰۰/۳۰	۱۴۱/۲۰	۱۰۳/۳۳	۲۷/۹۸	۳۲/۶۸	۸/۸۵
ک	۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۲۸	۰/۱۰	۰/۲۱	۰/۱۰	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۷۰	۰/۳۰	۰/۲۰	۰/۱۰
،	۱۶/۷۲	۱۱/۴۴	۱۴۵/۲۰	۳۴/۳۲	۱۲۸/۴۸	۲۲/۸۸	۶۱/۹۰	۲۰/۳۷	۵۱/۳۵	۸/۴۰	۱۶/۲۴	۲/۶۶
،	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۳۸	۰/۲۶	۰/۳۶	۰/۲۵	۰/۰۸	۰/۵۰	۰/۱۰	۰/۰۰۷	۰/۳۰	۰/۲۰
،	۰/۳۶	۰/۰۸	۰/۸۵	۰/۶۰	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۰۴

جدول شماره (۵): ماتریس تطابق پارامترهای فیزیکی- شیمیایی اندازه گیری شده در آب چاه های مجاور محل دفن زباله های شهر گرگان (روش پیرسون)

	pH	T	E.C.	Na^+	K^+	Ca^+	Mg^+	NH_3^-	T.D.S	Cl^-	HCO^-_3	SO^{2-}_4	NO^-_3	NO^-_2	PO^{2-}_4
pH	۱/۰۰۰														
T	۰/۲۶۱	۱/۰۰۰													
E.C.	-۰/۴۹۰	۰/۱۴۸	۱/۰۰۰												
Na^+	-۰/۳۰۳	۰/۲۱۸	۰/۸۱۰	۱/۰۰۰											
K^+	-۰/۲۳۲	۰/۲۲۳	۰/۹۲۴	۰/۷۸۱	۱/۰۰۰										
Ca^+	-۰/۴۱۲	-۰/۵۶۹	۰/۱۷۱	-۰/۲۶۶	۰/۱۰۵	۱/۰۰۰									
Mg^+	-۰/۰۸۷	۰/۶۴۰	۰/۴۸۷	۰/۴۷۳	۰/۴,۲	-۰/۴۷۲	۱/۰۰۰								
NH_3^-	۰/۷۱۰	۰/۰۰۸	-۰/۹۲۵	-۰/۵۹۲	-۰/۷۵۵	-۰/۳۹۹	-۰/۴۰۴	۱/۰۰۰							
T.D.S	-۰/۴۵۲	۰/۱۷۴	۰/۹۸۳	۰/۸۵۱	۰/۹۲۲	۰/۰۹۹	۰/۴۹۷	-۰/۸۸۶	۱/۰۰۰						
Cl^-	-۰/۵۱۶	-۰/۰۲۶	۰/۹۱۷	۰/۶۶۲	۰/۸۹۶	۰/۳۱۷	۰/۳۷۴	-۰/۹۰۳	۰/۹۳۶	۱/۰۰۰					
HCO^-_3	-۰/۲۰۰	۰/۴۶۱	۰/۶۸۹	۰/۳۰۶	۰/۷۰۴	۰/۱۶۱	۰/۵۷۱	۰/۶۹۶	۰/۶۹۵	۰/۷۵۱	۱/۰۰۰				
SO^{2-}_4	-۰/۵۳۶	۰/۰۷۵	۰/۹۳۷	۰/۸۵۷	۰/۷۹۲	۰/۱۵۹	۰/۴۱۰	-۰/۸۳۶	۰/۹۱۸	۰/۷۸۶	۰/۴۵۱	۱/۰۰۰			
NO^-_3	۰/۰۳۶	۰/۲۲۴	۰/۵۴۱	۰/۳۹۱	۰/۵۵۸	۰/۱۶۲	۰/۲۹۲	-۰/۴۰۵	۰/۴۲۲	۰/۲۶۰	۰/۲۵۹	۰/ ۵۷۰	۱/۰۰۰		
NO^-_2	-۰/۱۸۲	-۰/۰۵۴	۰/۳۷۹	۰/۳۷۰	۰/۵۵۱	۰/۳۴۸	-۰/۱۱۷	-۰/۲۵۸	۰/۳۳۶	۰/۳۳۴	۰/۱۲۱	۰/۳۵۰	۰/۴۹۹	۱/۰۰۰	
PO^{2-}_4	۰/۲۱۲	۰/۳۳۲	-۰/۰۵۲	-۰/۰۹۹	۰/۱۳۸	۰/۲۶۲	-۰/۱۱۰	-۰/۱۳۱	-۰/۰۹۱	-۰/۱۲۸	۰/۱۱۱	-۰/۰۶۰	۰/۴۲۳	۰/۶۹۵	۱/۰۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

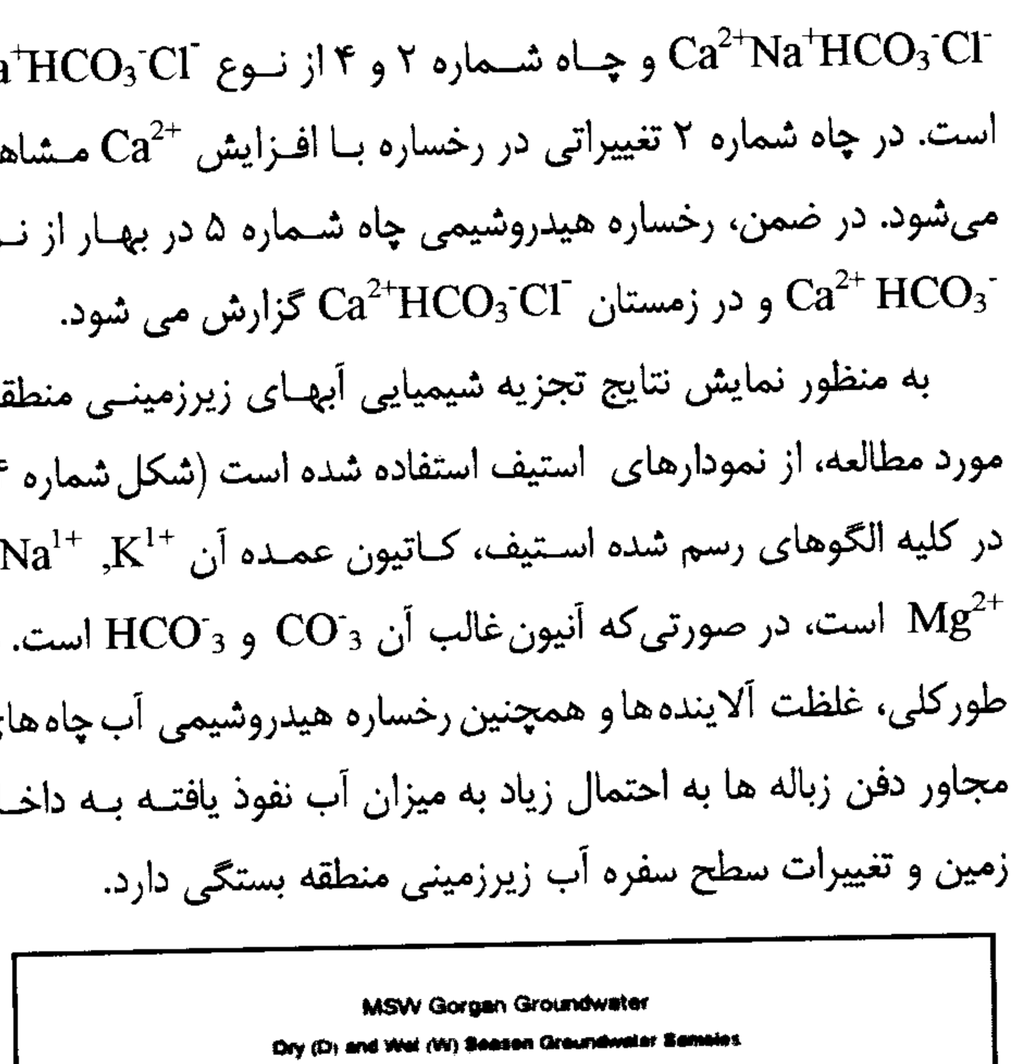
محل دفن زباله های شهر گرگان به مدت بیش از ۲۶ سال به عنوان بستر دفن زباله های این شهر به روش دفن تلنباری، بدون بستر نفوذناپذیر و هرگونه سیستم جمع آوری، یا کنترل شیرابه ها مورد استفاده قرار گرفته است. چنانچه از نتایج تجزیه فیزیکی- شیمیایی آبهای زیرزمینی مجاور محل دفن زباله‌های شهر گرگان استنباط می‌شود، هدایت الکتریکی این آبها ۱۱۴۰ تا ۲۶۲۰ میلی‌موس بر سانتیمتر بوده که در چاه های ۱،۲ و ۴ بسیار بالاست و برای شرب مناسب نیست. بعلاوه، با توجه به مقادیر منیزیم (بین ۶۰/۴۸ تا ۱۱۵/۲ میلی‌گرم در لیتر) که بیش از استاندارد آب آشامیدنی است، امکان تغییر طعم و اختلال در جهاز هاضمه وجود دارد. اگر مقدار منیزیم از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر تجاوز کند، مقدار سولفات نباید بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر باشد (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۶). در صورتی‌که در نمونه‌های آب چاه های ۱ ، ۲، ۳ و۴ با منیزیم بیش از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر مقادیر SO_4^- آنها در بهار به ترتیب ۲۷۶، ۲۵۶ و ۲۲۸ میلی‌گرم در لیتر و در زمستان ۳۰۰، ۳۳۵ و ۲۵۵ میلی‌گرم در لیتر است که می‌تواند خطرات جدی برای شهروندان این منطقه به همراه داشته باشد. مقادیر NO_3^{1-} نیز در برخی از چاه های منطقه مورد مطالعه (چاه های شماره ۱ و ۴) به ترتیب ۱۴۵/۵ و ۸۴/۴۸ میلی‌گرم در لیتر است که بیش از استاندارد آب شرب است. مقادیر Na^+ در تمام چاه ها بغیر از چاه شماره ۵ بیش از حد استاندار بوده که می‌بایست مورد توجه قرار گیرد.

با توجه به بالا بودن هدایت الکتریکی و تطابق بسیار خوب و مثبت آن با غلظت آلاینده های $Na^+, K^+, Cl^-, SO_4^{2-}$ و TDS (جدول شماره ۵) و همچنین مقادیر کاتیون ها و آنیون های منیزیم، سدیم، پتاسیم، سولفات، کلرید، فسفات، نیترات و آمونیاک در آب چاه های پایین دست، مکان دفن زباله های شهر گرگان در مقایسه با آبهای زیرزمینی جنوب و جنوب خاور (نواحی بالادست)، محل دفن زباله ها به همراه جهت کلی جریان آبهای زیرزمینی این منطقه سبب آلودگی آب چاه های مجاور محل دفن زباله شده است. بعلاوه، تخلیه فاضلاب های خانگی شهر گرگان در محل دفن زباله ها می تواند یکی از عوامل بالا بودن مقادیر نیترات و آمونیاک در آب چاه های این منطقه باشد که آلودگی آبهای زیرزمینی منطقه را تشدید کرده است.

داده‌های شیمیایی حاصل از تجزیه آبهای زیرزمینی مجاور محل دفن زباله شهر گرگان، به دنبال شناخت رخساره‌های هیدروشیمی نوع آب زیرزمینی بر روی نمودار پایپر رسم گردیده است (شکل شماره ۳). رخساره‌های هیدروشیمی آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه تا سنگ شناسی، نیروی جنبشی محلول و الگوهای جریانی سفره آ زیرزمینی منطقه است. بنا بر شکل شماره (۳)، آبهای زیرزمین چاه های شماره ۱ و ۳ این منطقه دارای رخساره هیدروشیمی ن

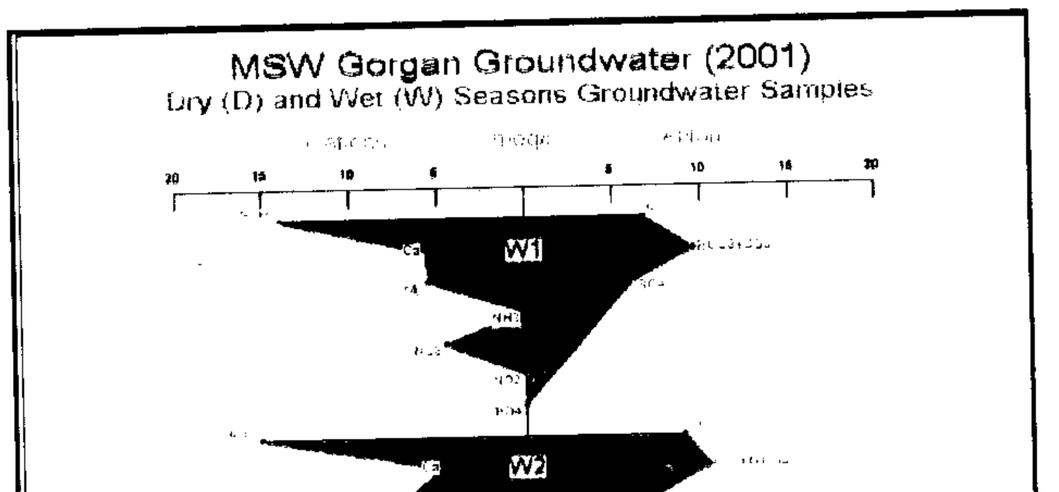
$Ca^{2+}Na^{+}HCO_3^{-}Cl^{-}$ و چاه شماره ۲ و ۴ از نوع $Na^{+}HCO_3^{-}Cl^{-}$ است. در چاه شماره ۲ تغییراتی در رخساره با افزایش Ca^{2+} مشاهده می‌شود. در ضمن، رخساره هیدروشیمی چاه شماره ۵ در بهار از نوع $Ca^{2+}HCO_3^{-}$ و در زمستان $Ca^{2+}HCO_3^{-}Cl^{-}$ گزارش می شود.

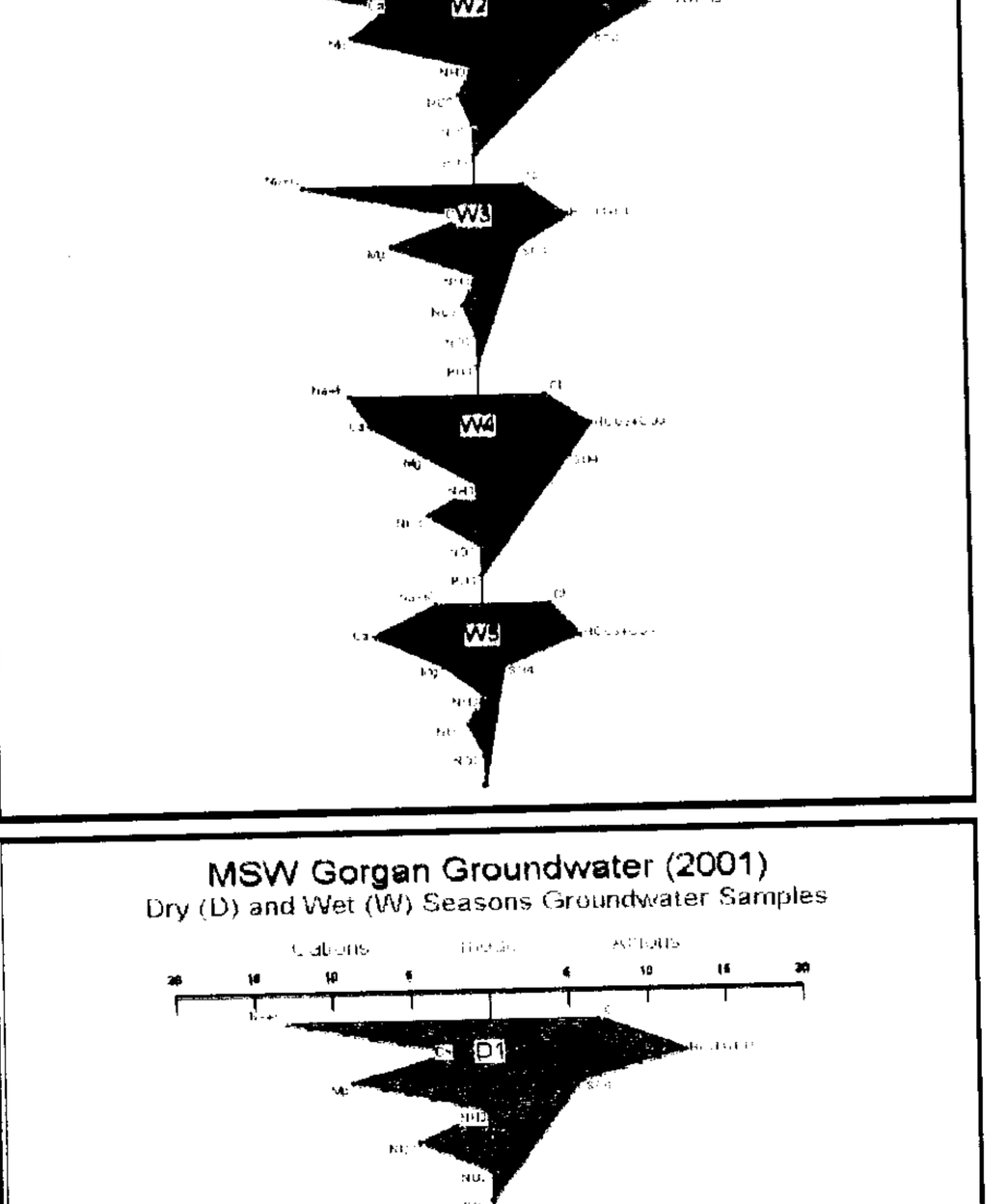
به منظور نمایش نتایج تجزیه شیمیایی آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، از نمودارهای استیف استفاده شده است (شکل شماره ۴). در کلیه الگوهای رسم شده استیف، کاتیون عمده آن K^{1+}, Na^{1+} و Mg^{2+} است، در صورتی‌که آنیون غالب آن CO_3^{-} و HCO_3^{-} است. به طورکلی، غلظت آلاینده‌ها و همچنین رخساره هیدروشیمی آب چاه‌های مجاور دفن زباله ها به احتمال زیاد به میزان آب نفوذ یافته به داخل زمین و تغییرات سطح سفره آب زیرزمینی منطقه بستگی دارد.



شکل شماره (۳) : نمودار پایپر آب های زیرزمینی در چاه های مجاور محل دفن زباله شهر گرگان در بهار و زمستان سال ۱۳۸۰

به طور کلی، مکان های دفن زباله که در بردارنده زباله‌های نگی، پزشکی، صنعتی، ساختمانی و غیره هستند، به هر اندازه‌ای (از د متر مربع تا چند صد متر مربع) توانایی خطر آلودگی بالایی را ند. اکثر مکان های دفن زباله در سطح کشور غیر استاندارد بوده و هیچ گونه بستر نفوذناپذیر برای نفوذ شیرابه به آبهای سطحی و زمینی یا خاک‌های اطراف استفاده نمی‌شود. حال آنکه مطالعه های زیرزمینی محل دفن زباله‌ها به مدت ۸ سال با بستر ذناپذیری حدود ۱/۲ تا ۱/۵ متر دلالت بر این مسئله دارد که دارای نرین آثار محیط زیستی بر روی آبهای زیرزمینی اطراف بوده است (Gordon and Huebner, 19٤). بعلاوه با احداث سیستم مناسب م‌آوری شیرابه‌ها می‌توان از آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی مناطق حاشیه دفن زباله‌ها جلوگیری کرد.





شکل شماره (۴): نمودار استیف آب های زیرزمینی در چاه های مجاور محل دفن زباله شهر گرگان در بهار و زمستان سال ۱۳۸۰

پیشنهادها

نظر به اینکه مکان دفن زباله در شهر گرگان غیر اصولی و غیربهداشتی بوده، فاقد هرگونه سیستم جمع‌آوری شیرابه‌ها و به روش تلنباری است، آثار محیط زیستی نامطلوبی بر آبهای سطحی و زیرزمینی، خاک‌های منطقه و مزارع اطراف دارد . بنابراین، جهت رفع این مشکل موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

۱- ترمیم و اقدامات بهداشتی درخصوص محل دفن زباله فعلی‌شهر گرگان.

۲- برای جلوگیری از ورود به آبهای سطحی- زیرزمینی و زمین‌های زراعی اطراف محل دفن زباله.

۳- مطالعات بیشتر برای تعیین حریم بهره برداری وکنترل بهداشتی چاه های آب منطقه.

۴- در صورت احداث مکان جدید دفن زباله، رعایت اصول بهداشتی و استاندارد با بستر نفوذناپذیر.

۵- آگاهی شهروندان از خطرهای آلودگی آبهای شرب مناطق اطراف دفن زباله.

سپاسگزاری

نویسندگان از آقای مهندس محسن کرد، مدیر محترم آب و فاضلاب گرگان برای فراهم نمودن امکانات آزمایشگاهی تشکر و قدردانی می کنند.

منابع مورد استفاده

اونق، م. و همکاران. ۱۳۷۹. ارزیابی آثار توسعه و نقشه بندی آسیب احتمالی اجزای محیط زیست (گزارش سال ۱۳۷۷) طرح ارزیابی آثار توسعه بر محیط زیست استان گلستان فاز چهارم. اداره کل محیط زیست استان گلستان.

خواجه، م. و همکاران. ۱۳۷۸. بررسی رسوب شناسی و منشأیابی رسوبات مخروط افکنه رودخانه گرمابدشت، استان گلستان. پژوهش و سازندگی، شماره ۴۴.

رقیمی، م. ۱۳۷۹. ضرورت استاندارد سازی سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری. نخستین کنفرانس توسعه و ترویج استاندارد، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

رقیمی، م. و سید خادمی، م. ۱۳۸۰. بررسی آلودگی نیترات در آبهای زیرزمینی استان گلستان «مطالعه موردی: شهر گرگان». مجموعه مقالات چهارمین همایش تخصصی آلاینده‌های محیط زیست اردیبهشت ۱۳۸۰ دانشگاه گیلان.

سازمان مدیریت و برنامه ریزی. ۱۳۸۰. گزارش اقتصادی – اجتماعی استان گلستان(۱۳۷۸). دفتر هماهنگی و برنامه ریزی.

فنونی، ب. ۱۳۶۸. بررسی علل افت سطح آبهای چاه های شرب شهر گرگان. اداره کل آبیاری.

مهندسین مشاور برگاب. ۱۳۷۴. گزارش آماری منابع زیرزمینی (دشت گرگان و گنبد)، جلد چهارم.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۷۶. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی. چاپ پنجم شماره استاندارد.

Anderson, J. R. and Dornbush, J. N. 1967. Influence of sanitary landfill on ground water quality. J. American. Water Works Ass.59: 457-470.

APHA. 1998. Standard Methods for Examination of Water and Waste Water. 18th. ed. American Public Health Association Washington, D.C.

Back, W. 1966. Hydrochemical facies of ground water low pattern in northern part of Atlantic Coastal plain J.S. Geological Survey. Prof. paper 498.

Cartwright, K. and McComes, M.R. 1968. Geophysical urveys in the vicinity of Sanitary landfills in ortheastern Illinois. Groundwater, 6: 5-23.

Gordon, M.E., and Huebner, P.M. 1983. An evaluation f the performance of zone of saturation landfills in Visconsin. In: proceedings of the sixth Annual Madison Vaste Conference. University of Wisconsin Madison ept. 14-15: 23-53.

Piper, A. M. 1944. A graphic procedure in Geochemical terpertation of water analysis AGU. Trans. 25: 914-23.

Rockwork 99, 1999. http:// www. Rockwaye.com/

Rossler, B. 1950. Influence of garbage and rubbish mps on ground water. Vom Vasser, 18: 43-45.

Roy, W.R. 1994. Ground water contamination from unicipal landfills in the USA. In. Env. Sci. ntamination of Ground Water, Science Reviews: 411-7.

Schoff, H.A. 1951. The interpretation of chemical water alysis by means of pattern, S.J. petrol. Tech. 3: 15-17.