

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 زباله های شهر گرگان، مقدار اغلب کاتیون ها و آنیون ها 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 10^{-2} ، $2/01$ ، $20/37$ ، $0/18$ ، $141/2$ ، $90/2$ ، $38/82$ ، $2/8$ و $27/8$ 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 10^{-2} ، $7/9$ ، $51/35$ ، $0/50$ ، $200/3$ ، $183/30$ ، $71/42$ ، $7/2$ و $218/8$ 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^{2-} 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 $\text{Ca}^{2+}\text{HCO}_3^-$ و $\text{Na}^+\text{HCO}_3^-\text{Cl}^-$ ، $\text{Ca}^{2+}\text{Na}^+\text{HCO}_3^-\text{Cl}^-$ هستند.

نظر به اینکه آبهای زیرزمینی منطقه محل دفن زباله های شهر گرگان مورد استفاده افراد این منطقه قرار می گیرد، 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، زمین شناسی محیط زیستی، استان گلستان، شهر گرگان، اقدامات حفاظتی.

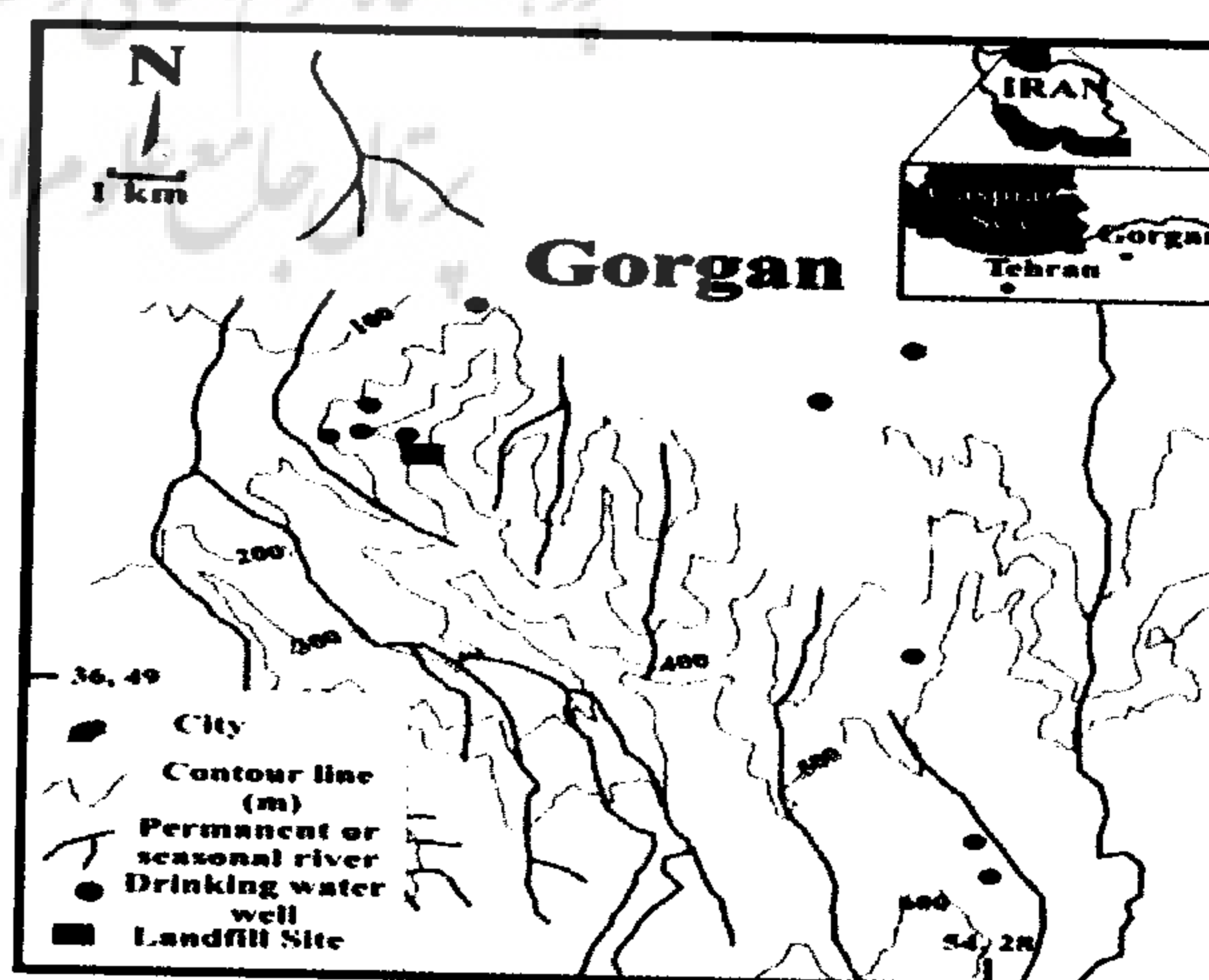
تاریخ دریافت: ۱۳۸۱/۷/۱۵

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.

سراغاز:

شهر گرگان با طول جغرافیایی ۲۴° و ۵۴° تا ۲۸° و ۵۴° شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶° و ۴۹° تا ۵۱° و ۳۶° شمالی در بخش شمالی دامنه ارتفاعات البرز قرار دارد. این شهر با جمعیتی حدود ۲۰۸۳۲۰ نفر در سال ۱۳۷۸، دمای متوسط حداقل و حداکثر سالانه ۶/۲- تا ۴۵ درجه سانتیگراد، متوسط بارندگی ۷۲۵ میلی‌متر در سال و باد غالب باختری مشخص می‌شود. تعداد خانوار در این شهر به‌طور تقریبی ۶۵۰۰۰ نفر و تولید زباله روزانه در حدود ۱۸۰ تا ۲۰۰ تن است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، ۱۳۸۰). این شهر دارای یک مکان دفن مواد زاید جامد شهری در ارتفاعات ۳۰۰ متری از سطح آبهای آزاد بر روی نهشته‌های لسی در بخش غربی شهر است. با توجه به تجزیه شیمیایی نمونه‌های متعددی از نهشته‌های لسی منطقه مورد مطالعه، این رسوبات با ۷۶ درصد سیلت و ۲۳/۵ درصد رس (عمدتاً کائولینیت، ایلیت و اسمکتیت) مشخص می‌شوند (خواجه و همکاران، ۱۳۷۸). نظر به درصد بسیار کم رس این لس‌های سیلتی، میزان نفوذپذیری آنها قابل توجه بوده و امکان نفوذ شیرابه زباله‌ها به آبخوان منطقه وجود دارد. عمق متوسط سطح آبهای زیرزمینی در محل دفن زباله‌های شهر گرگان از ۱۹-۸/۲ متر در فصول مختلف سال متغیر است (مهندسین مشاور برگاب، ۱۳۷۴). بنابر نقشه‌های توپوگرافی، عمق و همچنین تراز آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، روند حرکت آبهای زیرزمینی از جنوب به شمال و شمال باختر است، (شکل شماره ۱) (فنونی، ۱۳۶۸).



شکل شماره (۱): موقعیت جغرافیایی شهر گرگان

محل دفن زباله و جاه‌های اطراف آن

بنابر بررسی زباله‌های شهری از نظر ارزیابی آثار محیط زیستی آنها در ۱۶ نقطه شهری از استان گلستان، شهر گرگان با وضعیتی بسیار نامطلوب و بحرانی ارزیابی شده است (اونق و همکاران، ۱۳۷۹). آلودگی آبهای زیرزمینی در مجاورت محل دفن مواد زاید با افزایش غلظت سختی (Ca+Mg)، Cl^- و SO_4 ، هدایت الکتریکی و pH گزارش شده است (به‌طور مثال Anderson and Dornbush, 1967; Rossler, 1950; Roy, 1994). با توجه به آلودگی زیرزمینی در بخش شمال غربی آمریکا، در حدود ۴۲ مورد از آلودگی آبهای زیرزمینی در مجاورت محل دفع زباله‌های شهری گزارش شده است (Cartwright and McComes, 1968). بعلاوه در مطالعه دیگری از ۱۲ مورد محل دفن زباله در نهشته‌های نفوذپذیر، بدون استفاده از بستر نفوذناپذیر شهرهای ساحلی آمریکا، شیرابه زباله‌ها به لایه سفره آبدار زیرزمینی نفوذ کرده و سبب آلودگی شدید آبهای زیرزمینی گردیده است. دو عامل اصلی این رویداد، مکان نامناسب محل دفن زباله‌ها از نظر زمین‌شناسی و شیب جریان شیرابه‌ها به طرف سفره‌های آب زیرزمینی منطقه بوده است (Back, 1966).

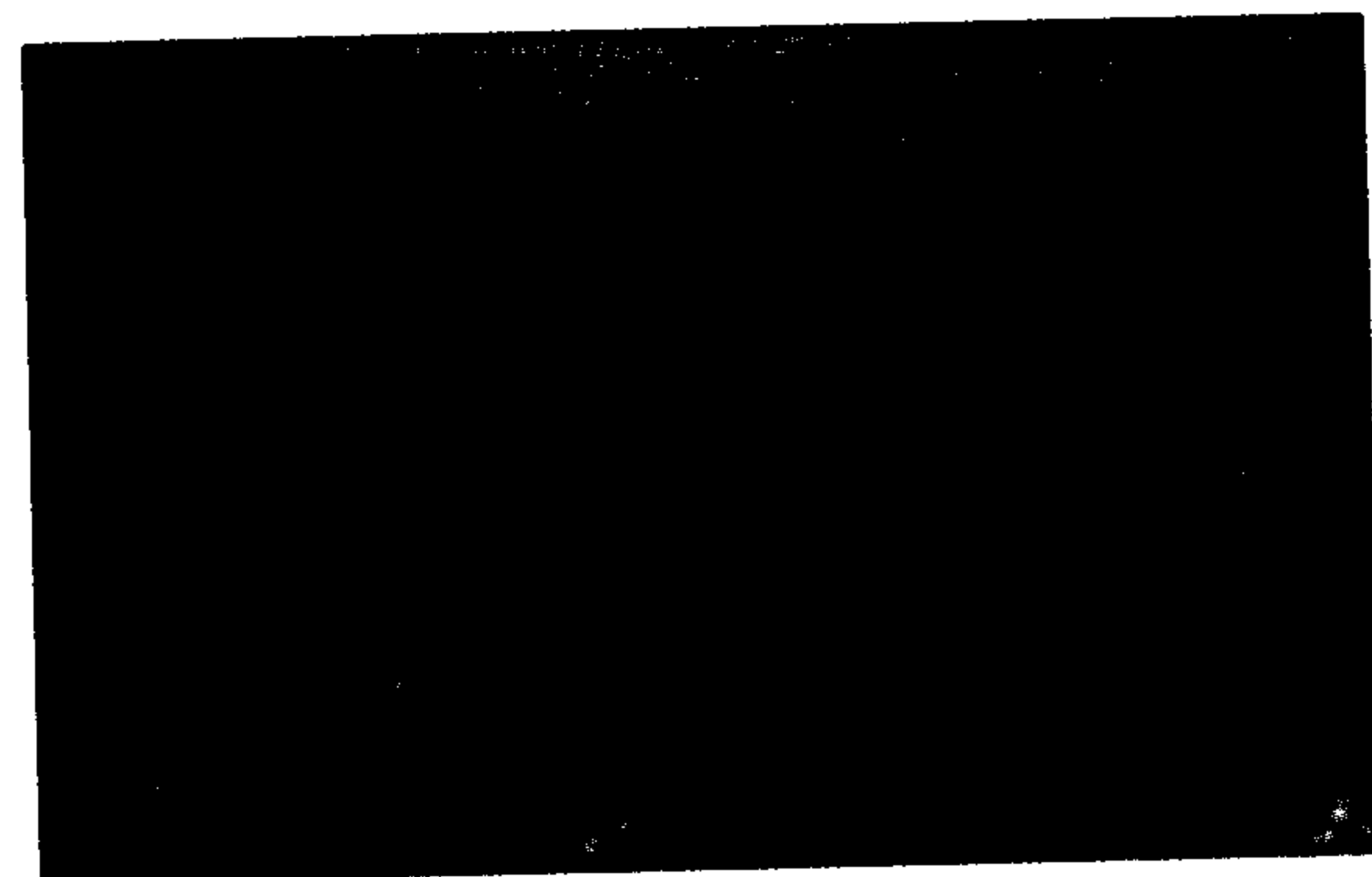
به دلیل استاندارد نبودن محل دفن مواد زاید جامد شهری در سطح کشور، شیرابه موجود در آنها سبب آلوده شدن آب و خاک می‌گردد (رقیمی، ۱۳۷۹؛ رقیمی و سید خادمی، ۱۳۸۰). تاکنون گزارشی مبنی بر کیفیت شیمیایی آبهای زیرزمینی در اطراف محل دفن زباله‌های شهر گرگان گزارش نشده است. نظر به غیر استاندارد بودن محل دفن زباله در شهر گرگان (استفاده از روش دفن غیربهداشتی تلنباری بدون بستر نفوذناپذیر یا کنترل شیرابه‌ها (شک شماره ۲) و تمرکز نزولات جوی منطقه در فصول بهار و زمستان امکان نفوذ شیرابه زباله‌های شهر گرگان به سفره‌های آب زیرزمین منطقه)، برای اولین بار در بهار و زمستان ۱۳۸۰ آلودگی آبهای زیرزمینی مجاورت محل دفن مواد زاید جامد شهری گرگان از نظر کیفیت شیمیایی و نوع آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت. در ادا این پژوهش با اندازه‌گیری غلظت DO , BOD , COD , TOC فلزات سنگین نمونه‌های آب زیرزمینی گستره دفن زباله‌های شهر گرگان می‌توان به نتایج مطمئن تری در ارتباط با منشأ آلودگی سفره‌های زیرزمینی منطقه دست یافت.

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

شماره روش طبق (APHA, 1998)	روش اندازه گیری	خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه های آب
4500 - H ⁺ B	الکترو د pH متر	اسیدیته
2130 B	نفلومتری	کدورت
2510 B	الکترو دی	هدایت الکتریکی
T2550B	الکترو دی	مجموع محلول جامد
2340 C	تیتراسیون	سختی کل
3500 - NaC	فلیم فتومتری	سدیم (Na ⁺)
3500 - K	فلیم فتومتری	پتاسیم (K ⁺)
3500 - Ca D	تیتراسیون	کلسیم (Ca ²⁺)
3500 - Mg D	محاسبه شده	منیزیم (Mg ²⁺)
4500 - Cl C	تیتراسیون	کلرید (Cl ⁻)
2320 B	تیتراسیون	بی کربنات (HCO ₃ ⁻)
4500 - SO ₄ E	توریدیمتری	سولفات (SO ₄ ²⁻)
4500 - NH ₃ C	نسلریزاسیون	آمونیاک (NH ₃)
4500 - NO ₃ E	کلوریمتری (احیای کادمیوم)	نیتрат (NO ₃ ⁻)
4500 - NO ₂ B	کلوریمتری	نیتريت (NO ₂ ⁻)
4500 - P E	سپکتروفوتومتری	فسفات (PO ₄ ²⁻)

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



مواد و روش ها

ابتدا به منظور بررسی علل احتمالی بالا بودن میزان نیترات چاه های اطراف محل دفن زباله شهر گرگان، از نهشته های سطحی گستره شهر گرگان بازدید به عمل آمد. سپس زمین شناسی زیر زمینی این منطقه با جمع آوری کلیه اطلاعات، موجود شامل: گمانه چاه های حفاری شده، مطالعات ژئو الکتریکی و غیره مورد بررسی قرار گرفت. در فصول بهار و زمستان ۱۳۸۰ نمونه های آب زیرزمینی از چاه های الادست و پایین دست (مجاور) محل دفن زباله های شهر گرگان، پس از خروج آب به میزان تقریباً ۳ برابر حجم لوله گذاری داخل هر چاه (اعماق ۲۵ تا ۳۰ متری به مدت ۳ تا ۵ دقیقه) به این دلیل که نمونه های آب نماینده سفره آب زیرزمینی منطقه باشند، جمع آوری شد. این نمونه ها در ظروف پلاستیکی شست و شو شده با اسید ولفوریک به واسطه ممانعت از رشد باکتری ها جمع آوری شدند. پس نمونه های آب به آزمایشگاه انتقال داده شده و در محیط سرد و ریک یخچال (حدود ۴ درجه سانتیگراد) قبل از تجزیه شیمیایی نگهداری گردید. خصوصیات فیزیکی نمونه های آب جمع آوری شده، نند هدایت الکتریکی، کدورت و دما به ترتیب با دستگاه های ایت سنج، کدورت سنج و دماسنج اندازه گیری شد. pH نمونه های ، با استفاده از pH متر و مقادیر آنیون های NO₃⁻، NO₂⁻، NH₃⁴⁻، SO₄³⁻ و PO₄³⁻ آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه با دستگاه بکترومتر HACH-DR-2000 بر حسب میلی گرم در لیتر اندازه گیری شد. مقادیر کاتیون های Ca²⁺، CO₃⁻، HCO₃⁻، Cl⁻، Mg²⁺ و نتی کل از روش تیتراسیون دیجیتالی بر حسب میلی گرم در لیتر اندازه گیری قرار گرفته است. آزمایش های انجام شده مطابق با (APHA 1995) می باشد (جدول شماره ۱). به منظور بررسی ارتباط لت آلاینده های موجود در آبهای زیرزمینی مجاور محل دفن ، های شهر گرگان با یکدیگر، ماتریس تطابق مشخصه های

یافته ها

نظر به اینکه جهت جریان آب های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از جنوب - جنوب خاور به سمت شمال - شمال باختر است، در نتیجه به منظور دستیابی به میزان تأثیر نفوذ احتمالی شیرابه های زباله های شهر گرگان به آبهای زیرزمینی منطقه، از آب چاه های پایین دست محل دفن زباله نمونه برداری شد و ویژگی های فیزیکی - شیمیایی (جدول شماره ۲) با آب زیرزمینی جنوب و جنوب خاور محل دفن زباله های شهر گرگان (بالادست محل دفن زباله، جدول شماره ۳) مقایسه شد.

مشخصه فیزیکی هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی پایین دست محل دفن زباله ها (۱۱۴۰ تا ۲۶۲۰ میلی موس بر سانتیمتر) به طور قابل توجهی بیشتر از آب های زیرزمینی نواحی بالادست محل دفن زباله ها (۱۲۴۸-۸۴۵ میلی موس بر سانتیمتر) است. بعلاوه، میزان منیزیم از ۲۸/۶ تا ۱۱۵/۲، سدیم از ۴۸/۳ تا ۳۴۲، پتاسیم از ۴ تا ۱۲، سولفات از ۴۷ تا ۳۳۵، کلرید از ۱۳۰ تا ۳۲۰، فسفات از ۰/۳۶ تا

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

استاندارد آب شرب	۵		۴		۳		۲		۱		شماره چاه
	زمستان	بهار	زمستان	بهار	زمستان	بهار	زمستان	بهار	زمستان	بهار	
(APHA, 1998)											فصل خصوصیات * فیزیکی و شیمیایی
-	۱۲	۲۱/۷	۱۶/۵	۱۹/۵	۱۸	۲۰/۴	۱۶	۱۹	۱۹	۲۱/۲	دما
۶/۷-۹	۷/۳	۷/۴	۷/۲	۷/۱	۷/۵	۷/۴	۷/۱	۷	۷/۲	۷/۵	pH
۵	۴	۳/۵۳	۲	۱/۴۷	۱۲	۱۲/۶	۴	۳/۹	۱	۰/۶۷	کلورت
-	۱۱۴۰	۱۱۵۳	۱۸۰۰	۱۸۶۰	۱۲۷۰	۱۲۶۴	۲۶۲۰	۲۴۹۰	۲۴۹۰	۲۶۰۰	هدایت الکتریکی
۱	۷۰۰	۸۰۰	۱۰۷۰	۱۱۰۰	۹۰۰	۹۰۵	۱۷۳۰	۱۵۴۰	۱۴۹۰	۱۵۷۰	مجموع محلول جامد
-	۴۴۰	۵۴۰	۴۸۰	۵۶۰	۲۷۲	۲۷۲	۴۰۰	۴۸۰	۵۶۰	۵۵۲	سختی کل
۲۰۰	۶۰	۴۸/۳	۱۷۲	۲۳۵/۷	۲۳۰	۲۳۰	۳۴۲	۲۶۸	۳۱۵	۲۸۶/۹	سدیم (Na ⁺)
۱۲	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۱۰	۱۰	۱۲	۱۲	پتاسیم (K ⁺)
۲۵۰	۱۲۸	۸۴/۸	۱۲۸	۳۲	۸	۸	۹۶	۷۲	۱۱۲	۴۳/۲	کلسیم (Ca ²⁺)
۵۰	۲۸/۸	۷۸/۷۲	۲۸/۴	۱۱۵/۲	۶۰/۵	۶۰/۴۸	۸۶/۴	۷۲	۶۷/۲	۱۰۶/۵	منیزیم (Mg ²⁺)
۴۰۰	۱۴۰	۱۳۰	۱۴۰	۱۴۵	۱۰۰	۱۰۰	۳۲۰	۲۷۰	۲۴۰	۲۴۸	کلرید (Cl ⁻)
-	۲۵۰	۶۸۰	۴۰۰	۴۵۲	۳۳۰	۳۳۳	۶۳۵	۷۱۰	۵۸۵	۷۵۶	بی کربنات (HCO ₃ ⁻)
۴۰۰	۵۸	۳۷	۲۵۵	۲۲۸	۱۲۰	۱۲۸	۳۳۵	۲۵۶	۳۰۰	۲۷۶	سولفات (SO ₄ ²⁻)
۱/۵	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۱۲	آمونیاک (NH ₃)
۵۰	۲۹/۹	۱۶/۷۲	۹/۱	۸۴/۴۸	۲۵	۲۵/۰۸	۲۶	۲۵/۵۲	۱۴۳	۱۴۵/۲	نیترات (NO ₃ ⁻)
۳	۰/۰۹	۰/۰۱۹	۰/۰۳	۰/۰۳۳	۰/۰۵	۰/۰۴۹	۰/۰۷	۰/۰۷۲	۰/۳۸	۰/۰۵۲	نیتريت (NO ₂ ⁻)
۰/۷	۰/۴۲	۰/۶۸	۰/۵۲	۰/۴۲	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۳۶	۰/۳۷	۰/۸۵	۰/۴۶	فسفات (PO ₄ ²⁻)

* مقدار دما برحسب درجه سانتیگراد، کلورت برحسب NTU، هدایت الکتریکی به میلی موس بر سانتیمتر، مجموع محلول مواد جامد، سختی و آنیون ها و کاتیون ها بر حسب میلی گرم بر لیتر هستند.

محل دفن زباله های شهر گرگان تعیین گردیده است (جدول شما. ۴). بعلاوه ماتریس تطابق مشخصه های فیزیکی - شیمیایی اندک گیری شده در آب چاه های مجاور محل دفن زباله های شهر گرگان به روش پیرسون (جدول شماره ۵) نشان دهنده این است که هدایت الکتریکی بخوبی و به طور مثبتی با غلظت آلاینده های SO₄²⁻، K⁺، Na⁺ و TDS تطابق دارد.

نمودارهای کیفیت شیمیایی و تعیین نوع رخساره هیدروشیمی آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، براساس الگوی پایه استیف (Piper, 1944; Stiff, 1951) از داده های هیدروشیمی موجود به کمک نرم افزار (ROCKWORK 99) ترسیم شده است.

۰/۸۵، نیترات ۱۶/۷ تا ۱۴۵/۲ و آمونیاک از ۰/۰۷ تا ۰/۲۸ میلی گرم 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 ۱/۵ تا 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 میلی گرم 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)

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

شماره چاه		۶		۷		۸		۹		۱۰	
فصل		زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان
دما											
pH											
کدورت											
هدایت الکتریکی											
محلول جامد											
سختی کل											
سدیم											
پتاسیم											
کلسیم											
منیزیم											
کلرید											
بی کربنات											
سولفات											
آمونیاک											
نیترات											
نیتريت											
فسفات											

* مقدار دما برحسب درجه سانتیگراد، کدورت برحسب NTU، هدایت الکتریکی به میلی موس بر سانتیمتر، مجموع محلول مواد جامد، سختی و آنیون ها و کاتیون ها بر حسب میلی گرم 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
دما	۱۲/۰۰	۱۴/۰۰	۲۱/۷۰	۲۰/۰۰	۹/۷۰	۶/۰۰	۱۸/۳۳	۱۷/۲۰	۲/۸۹	۲/۸۶	۰/۹۱	۰/۹۰
pH	۷/۰	۶/۹۰	۷/۵۰	۷/۸۰	۰/۵۰	۰/۹۰	۷/۲۷	۷/۴۰	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۰۵	۰/۰۷
کدورت	۰/۶۷	۰/۲۲	۱۲/۶۰	۱/۶۵	۱۱/۹۳	۱/۴۳	۴/۵۲	۰/۷۱	۴/۲۹	۰/۵۶	۱/۳۶	۰/۱۸
هدایت الکتریکی	۱۱۴۰/۰۰	۸۴۵/۰۰	۲۶۲۰/۰۰	۱۲۷۴/۰۰	۱۴۸۰/۰۰	۴۲۹/۰۰	۱۸۶/۷۰	۱۰۴/۱۸۰	۶۳۶/۲۶	۱۵۵/۸۴	۲۰۱/۲۰	۴۹/۲۸
محلول 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
سختی 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
سدیم	۴۸/۳۰	۹/۰۰	۳۴۲/۰۰	۴۸/۰۰	۲۹۳/۷۰	۳۹/۰۰	۲۱۸/۸۰	۲۷/۸۰	۹۹/۱۷	۱۳/۰۷	۳۱/۳۶	۴/۱۳
پتاسیم	۴/۰۰	۱/۵۰	۱۲/۰۰	۵/۵۰	۸/۰۰	۴/۰۰	۷/۲۰	۲/۸۰	۳/۳۶	۱/۲۵	۱/۰۶	۰/۳۹
کلسیم	۸/۰۰	۹۶/۰۰	۱۲۸/۰۰	۱۴۸/۰۰	۱۲۰/۰۰	۵۲/۸۰	۷۱/۲۰	۱۱۹/۰۲	۴۶/۲۲	۱۷/۴۶	۱۴/۶۲	۵/۵۲
منیزیم	۲۸/۸۰	۱۹/۲۰	۱۱۵/۲۰	۶۲/۴۰	۸۶/۴۰	۴۳/۲۰	۷۱/۴۲	۳۸/۸۲	۲۷/۰۶	۱۲/۰۹	۸/۵۶	۳/۸۲
کلرید	۱۰۰/۰۰	۴۸/۰۰	۳۲۰/۰۰	۱۶۰/۰۰	۲۲۰/۰۰	۱۱۲/۰۰	۱۸۳/۳۰	۹۰/۲۰	۷۸/۵۶	۳۹/۵۳	۲۴/۸۴	۱۲/۵۰
بی کربنات	۳۳۰/۰۰	۲۴۵/۰۰	۷۵۶/۰۰	۳۱۰/۰۰	۴۲۶/۰۰	۶۵/۰۰	۵۲۳/۱۰	۲۷۶/۹۰	۱۷۶/۹۰	۱۹/۸۸	۵۳/۰۷	۶/۲۸
سولفات	۴۷/۰۰	۹۰/۰۰	۳۳۵/۰۰	۱۷۶/۰۰	۲۸۸/۰۰	۸۶/۰۰	۲۰۰/۳۰	۱۴۱/۲۰	۱۰۳/۳۳	۳۷/۹۸	۳۲/۶۸	۸/۸۵
آمونیاک	۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۲۸	۰/۱۰	۰/۲۱	۰/۱۰	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۷۰	۰/۳۰	۰/۲۰	۰/۱۰
نیترات	۱۶/۷۲	۱۱/۴۴	۱۴۵/۲۰	۳۴/۳۲	۱۲۸/۴۸	۲۲/۸۸	۶۱/۹۰	۲۰/۳۷	۵۱/۳۵	۸/۴۰	۱۶/۲۴	۲/۶۶
نیتريت	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۳۸	۰/۲۶	۰/۳۶	۰/۲۵	۰/۰۸	۰/۵۰	۰/۱۰	۰/۰۰۷	۰/۳۰	۰/۲۰
فسفات	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 ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ²⁻	
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	۰/۴۰۲	-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 ₄ ²⁻	-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 ₄ ²⁻	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 نتیجه گیری

محل دفن زباله های شهر گرگان به مدت بیش از ۲۶ سال به عنوان بستر دفن زباله های این شهر به روش دفن تلباری، 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 زباله های شهر گرگان استنباط می شود، هدایت الکتریکی این آبها ۱۱۴۰ تا ۲۶۲۰ میلی موس 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 میلی گرم در لیتر) که بیش از استاندارد آب آشامیدنی است، امکان تغییر طعم و اختلال در جهاز هاضمه وجود دارد. اگر مقدار منیزیم از ۳۰ میلی گرم در لیتر تجاوز کند، مقدار سولفات نباید بیش از ۲۵۰ میلی گرم در لیتر باشد (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۶). در صورتی که در نمونه های آب چاه های ۱، ۲، ۳ و ۴ با منیزیم بیش از ۳۰ میلی گرم در لیتر مقادیر SO₄²⁻ آنها در بهار به ترتیب ۲۷۶، ۲۵۶ و ۲۲۸ میلی گرم در لیتر و در زمستان ۳۰۰، ۳۳۵ و ۲۵۵ میلی گرم در لیتر است که می تواند خطرات جدی برای شهروندان این منطقه به همراه داشته باشد. مقادیر NO₃⁻ نیز در برخی از چاه های منطقه مورد مطالعه (چاه های شماره ۱ و ۴) به ترتیب ۱۴۵/۵ و ۸۴/۴۸ میلی گرم در لیتر است که بیش از استاندارد آب شرب است. مقادیر Na⁺ در تمام

چاه ها بغیر از چاه شماره ۵ بیش از حد استاندارد بوده که می بایست 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⁻، SO₄²⁻ 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 ب 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 ایر منطقه باشد که آلودگی آبهای زیرزمینی منطقه را تشدید کرده است.

داده های شیمیایی حاصل از تجزیه آبهای زیرزمینی مجاور محل

دفن زباله شهر گرگان، به دنبال شناخت رخساره های هیدروشیمی

نوع آب زیرزمینی بر روی نمودار پایپر رسم گردیده است (شکل شما

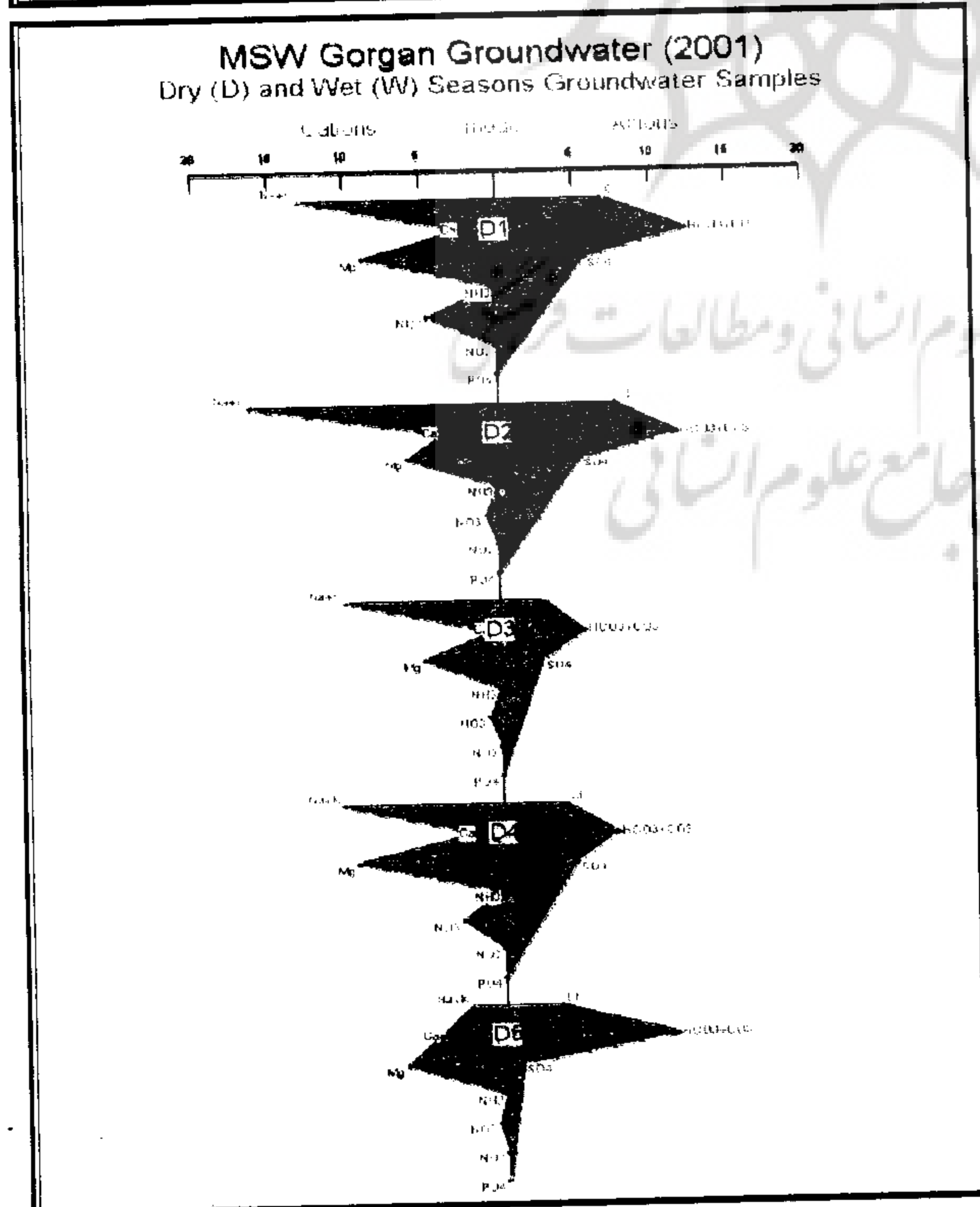
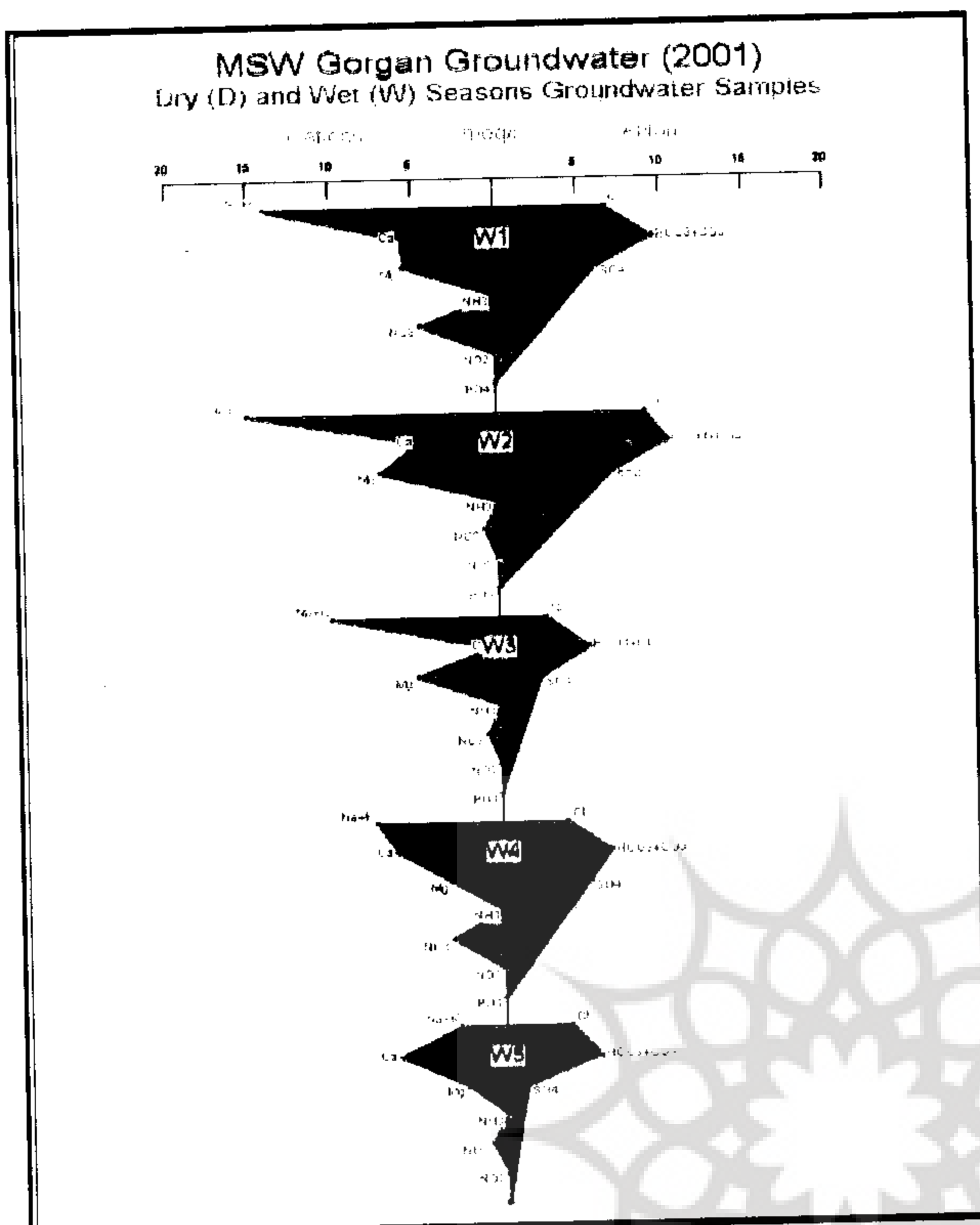
۳). رخساره های هیدروشیمی آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه تا

سنگ شناسی، نیروی جنبشی محلول و الگوهای جریان سفیره آ

زیرزمینی منطقه است. بنا بر شکل شماره (۳)، آبهای زیرزمین

چاه های شماره ۱ و ۳ این منطقه دارای رخساره هیدروشیمی ن

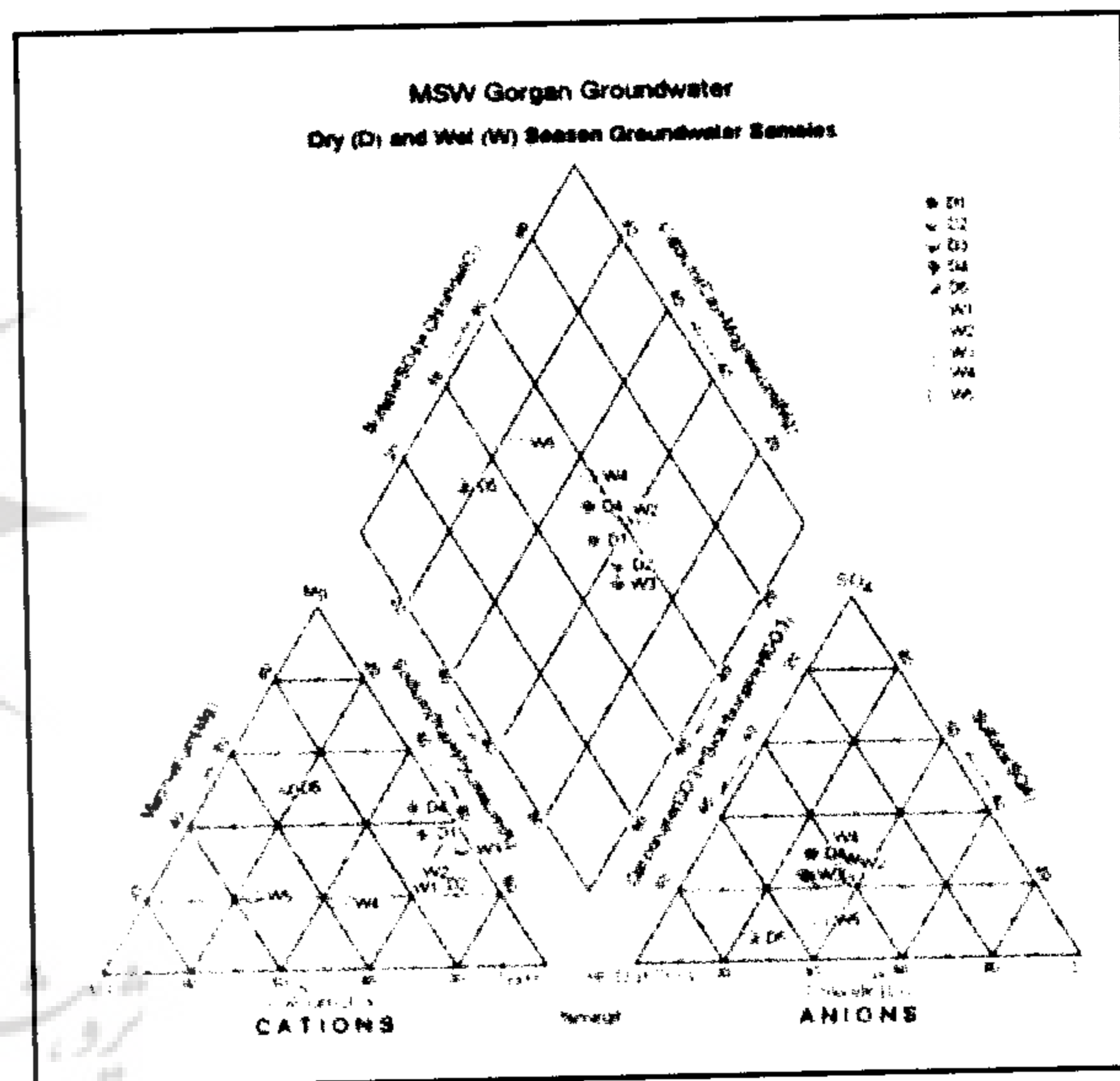
مناطق حاشیه دفن زباله‌ها جلوگیری کرد.



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

$Ca^{2+}Na^{+}HCO_3^{-}Cl^{-}$ 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 می‌شود.

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 صورتی که آنیون غالب آن CO_3 و HCO_3 است. به طور کلی، غلظت آلاینده‌ها و همچنین رخساره هیدروشیمی آب چاه‌های مجاور دفن زباله‌ها 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 ۱ متر مربع تا چند صد متر مربع) توانایی خطر آلودگی بالایی را دارند. 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 بای زیرزمینی محل دفن زباله‌ها به مدت ۸ سال با بستر ذن‌پذیری 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, 19۸). بعلاوه با احداث سیستم مناسب م‌آوری شیرابه‌ها می‌توان از آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی

پیشنهادها

- نظر به اینکه مکان دفن زباله در شهر گرگان غیر اصولی و غیربهداشتی بوده، فاقد هرگونه سیستم جمع‌آوری شیرابه‌ها و به روش تلباری 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 در خصوص محل دفن زباله فعلی شهر 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 و کنترل 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 می‌کنند.

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 منش آبایی 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.

فنون، 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 U.S. Geological Survey. Prof. paper 498.

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

Jordan, M.E., and Huebner, P.M. 1983. An evaluation of the performance of zone of saturation landfills in Wisconsin. In: proceedings of the sixth Annual Madison Waste Conference. University of Wisconsin Madison Dept. 14-15: 23-53.

Per, A. M. 1944. A graphic procedure in Geochemical interpretation of water analysis AGU. Trans. 25: 914-913.

Rockwork 99, 1999. [http:// www. Rockwaye.com/](http://www.Rockwaye.com/)

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

Roy, W.R. 1994. Ground water contamination from municipal landfills in the USA. In. Env. Sci. Contamination of Ground Water, Science Reviews: 411-417.

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