

آلودگی منابع آب زیرزمینی اراضی شالیزاری دشت گیلان به برخی فلزات کاتیونی سمی

محمدرضا خالدیان^{۱*}، علی شاه‌نظری^۲، مجتبی رضایی^۳، امیر ملک‌پور^۱

۱- هیئت علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه گیلان

۲- هیئت علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و پژوهشگر

مؤسسه تحقیقات برنج کشور

*Email: Khaledian@guilan.ac.ir

چکیده

علاوه بر کمیت، کیفیت منابع آب نیز در بحث مدیریت منابع آب مهم است. در استان گیلان با وجود میزان بارندگی فراوان به دلیل عدم توزیع زمانی مناسب و امکان کم ذخیره آب‌های سطحی روز به روز بر استفاده از منابع آب زیرزمینی افزوده می‌شود. به دلیل عدم وجود تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در شهرهای مختلف استان و استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی در شالیزارها کیفیت منابع آب زیرزمینی استان به شدت تهدید شده است. یکی از انواع آلودگی‌های آب‌های زیرزمینی، آلودگی به فلزات کاتیونی سمی می‌باشد. تحقیق حاضر به بررسی وضعیت آلودگی منابع آب زیرزمینی استان گیلان از نظر غلظت فلزات کاتیونی سمی شامل: سرب، روی و مس می‌پردازد. بدین منظور از یکصد حلقه چاه شبکه پایش شرکت آب منطقه‌ای استان گیلان نمونه آب برداشت و غلظت فلزات کاتیونی سمی مورد مطالعه در آب تعیین گردید سپس به کمک علم زمین‌آمار نقشه پهنه‌بندی آلودگی فلزات تهیه گردید. در برخی مناطق استان آلودگی به سرب از نظر مصارف شرب و آبیاری مشاهده گردید (با میانگین به ترتیب $0.24/0$ ppb)؛ هر چند آب‌های زیرزمینی استان به مس و روی آلوده نبودند (با میانگین به ترتیب $0.03/0$ و $4/83$ ppb).

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، فلزات کاتیونی سمی، گیلان

فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی موجب شده است تا میزان زیادی فاضلاب‌های صنعتی، شهری همچنین زه‌آب‌های کشاورزی دارای ترکیبات شیمیایی مختلف مخصوصاً عناصر سنگین، وارد زبسنبوم‌های آبی گردند. آلودگی‌های ناشی از یون‌های فلزات سنگین از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین آلوده‌سازهای محیط زیست می‌باشند که در صورت عدم حذف آن‌ها ضمن ورود به آب‌های سطحی و زیرزمینی، موجب تشکیل کمپلکس‌های سمی شده و خطرات بالقوه‌ای را برای انسان و اکوسیستم ایجاد می‌نمایند (اوستان، ۱۳۸۳). آلودگی خاک و آب به فلزات کاتیونی سمی ضمن کاهش عملکرد و کیفیت محصول، پایداری تولید کشاورزی و سلامت افراد جامعه را با خطر رو به رو می‌کند (سلیمانی و همکاران، ۲۰۰۹). برخی فلزات کاتیونی سمی به راحتی جذب ریشه گیاه شده و سبب سمیت برای گیاهان می‌شوند و یا سرانجام وارد زنجیره غذایی انسان یا دام می‌شوند. با توجه به تحقیقات به عمل آمده بیشترین مقادیر فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی به عناصری مانند مس، روی، کادمیوم، جیوه و سرب مربوط می‌باشد (ماسترسون و اسلویتک، ۱۹۸۱). فلزات سنگین، آب‌های زیرزمینی را برای مصارف آبیاری و آشامیدن نامطلوب می‌نمایند، بنابراین انجام مطالعات کیفی منابع آب زیرزمینی از نظر آلودگی به فلزات سنگین، ضروری است. پهنه‌بندی پراکنش این عناصر در آب و شناسایی مکان‌های آلوده کمک بسیار زیادی در انجام مدیریت‌های لازم برای جلوگیری از گسترش آلودگی می‌نماید. یکی از مشکلات اصلی در ارزیابی وضعیت آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی عدم امکان نمونه‌برداری از تمام نقاط می‌باشد. بدین منظور، استفاده از راه‌کارهای مناسب برای تعمیم نتایج حاصل از نقاط اندازه‌گیری شده به سایر نقاط توصیه می‌گردد. از دیدگاه زمین آماری هر نمونه تا یک حداکثر فاصله معین با نمونه‌های اطراف خود ارتباط فضایی دارد، این فاصله حداکثر که دامنه تأثیر نامیده می‌شود، دارای اهمیت فراوانی است و در حقیقت نشان دهنده‌ی فاصله‌ای است که در آن می‌توان از تخمین‌گرهای زمین آماری استفاده کرد (حبشی و همکاران، ۱۳۸۶). روش‌های متفاوتی برای تهیه‌ی نقشه خصوصیات وجود دارد. یکی از این روش‌ها، نمونه‌برداری و تجزیه نتایج حاصل با استفاده از زمین‌آمار می‌باشد (هانتز و همکاران، ۱۹۸۲). در این مطالعه غلظت فلزات کاتیونی سمی آب‌های زیرزمینی دشت گیلان بررسی شده و نقشه‌های پراکنش آلودگی تهیه شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق دشت گیلان بود. نمونه‌برداری از یک‌صد حلقه چاه شبکه پایش کیفی شرکت آب منطقه‌ای گیلان انجام شد. پراکنش چاه‌ها بیشتر در مناطق شالیزاری استان

واقع شده است. نمونه برداری در ماه مرداد (در فصل کم آبی) سال ۱۳۹۰ انجام شد. غلظت فلزات کاتیونی سمی مورد مطالعه به وسیله‌ی دستگاه جذب اتمی کورهای برحسب ppb تعیین گردید. نظر به اهمیت نرمال بودن داده‌ها در تحلیل مکانی، بررسی نرمال بودن توزیع فراوانی داده‌ها توسط آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و با استفاده از نرم افزار SPSS صورت پذیرفت و در صورت نیاز نرمال سازی داده‌ها انجام شد. تحلیل مکانی داده‌ها توسط نرم افزار $GS+$ صورت گرفت. مدلی که دارای کمترین مجموع مربعات باقی مانده (RSS) و بیشترین ضریب تبیین (R^2) بود، از میان مدل‌های کروی، نمایی، خطی و گوسی انتخاب شد. به منظور تخمین غلظت فلزات در نقاط نمونه برداری نشده از روش کریجینگ استفاده گردید. به منظور تعیین منطقه‌ای که در آن ساختار فضایی وجود دارد، نیم تغییرنا برای هر پارامتر آب رسم گردید، از این طریق شعاع جستجو که معمولاً آن را دو سوم دامنه تأثیر در نظر می‌گیرند (محمدی، ۱۳۸۵)، تعیین شد و از نمونه‌های واقع در این شعاع در امر تخمین استفاده شد. با استفاده از نرم افزار ArcGIS نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه گردید.

نتایج و بحث

در جدول ۱ حداکثر مطلوب و مجاز غلظت فلزات کاتیونی سمی مورد مطالعه برای آب آشامیدنی و آب آبیاری محصولات کشاورزی و در جدول ۲ آمارهای توصیفی داده‌های برداشت به تفکیک برای فلزات مورد مطالعه آمده است.

میانگین غلظت سرب در آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه برابر $0.024 ppb$ می‌باشد که با توجه به اعداد ارائه شده در جدول ۱ از حداکثر مطلوب آشامیدن بیشتر ولی از حداکثر مجاز آبیاری کمتر است. برای روی و مس میانگین غلظت‌ها به ترتیب 4.83 و $0.03 ppb$ می‌باشند که این مقادیر از حداکثر مطلوب و مجاز در آب آشامیدنی و آبیاری پایین‌تر بوده و می‌توان نتیجه‌گیری کرد که از جانب این دو فلز خطری سلامتی ساکنین منطقه‌ی مورد مطالعه را تهدید نمی‌کند. هیستوگرام هر یک از فلزات روی و مس نیز مؤید این امر است. هیستوگرام مس نشان می‌دهد که غلظت این فلز در 100% داده‌ها پایین‌تر از 0.06 می‌باشد که پایین‌تر از حداکثر مطلوب و مجاز آشامیدن و حداکثر مجاز آبیاری است. جدول ۳ نتایج برازش بهترین مدل‌ها بر نیم تغییرنا برای هر یک از فلزات مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در مورد مس و روی به دلیل وجود ساختار مکانی ضعیف، امکان ارائه نقشه پهنه‌بندی نبود (جدول ۳) لذا صرفاً نحوه پراکنش روی و مس در شکل ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- حدود مجاز غلظت فلزات سنگین (میلی گرم بر لیتر) محلول در آب آشامیدنی و آبیاری (استاندارد کیفیت آب آشامیدنی)

عنصر	حداکثر مطلوب آشامیدن	حداکثر مجاز آشامیدن	حداکثر مجاز آبیاری
سرب	۰	۰/۰۵	۰/۰۱
روی	۵	۱۵	۵
مس	۰/۰۵	۱	۰/۲

جدول ۲- آماره‌های عناصر اندازه‌گیری شده در آب‌های زیرزمینی استان گیلان

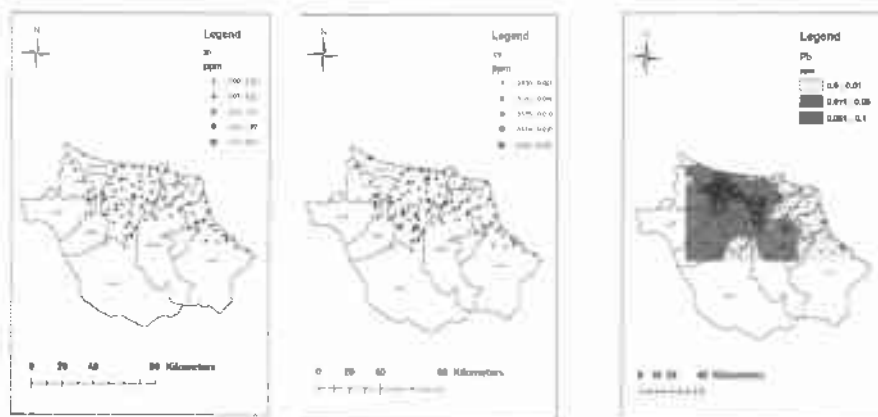
فلز سنگین (ppb)	تعداد حداکثر حداقل میانگین میانه	انحراف چولگی کشیدگی ضریب تغییرات (%)
سرب ۱۰۰	۰/۱	۰/۰۲۴ ۰/۰۰۶ ۰/۰۲۸ ۱/۱۴ ۰/۱۹۹ ۱۱۹
روی ۱۰۰	۱۶۴/۳	۴/۸۲ ۰/۵۷ ۰/۱۷ ۸/۲۳ ۷۴/۵۸ ۳۵۹
مس ۱۰۰	۰/۰۶	۰/۰۰۳ ۰ ۰/۰۰۹ ۴/۴۵ ۱۹/۷۹ ۳۵۸

جدول ۳- نتایج برازش بهترین مدل‌ها بر نیم‌تغییرنمای هر یک از فلزات مورد مطالعه

فلز سنگین	مدل	واریانس قطعه‌ای	آستانه	نسبت واریانس قطعه‌ای به آستانه (%)	شعاع تأثیر (متر)	ضریب تعیین	مجموع مربعات خطا
سرب	کروی	$10^{-1} \times 1/7$	$10^{-1} \times 6/84$	۲۴	۱۶۳۴۰	-۰/۹۱	$10^{-1} \times 1/8$
مس	کروی	$10^{-1} \times 1/05$	$10^{-1} \times 1/95$	۵۳/۸	۳۹۳۷۵	-۰/۷۰	$10^{-1} \times 1/۲۲$
روی	نمایی	$10^{-1} \times ۲/۳$	$10^{-1} \times ۳/۵۶$	۶۴/۶	۲۶۲۵۰	-۰/۳۳	$10^{-1} \times ۳/۲۱$

شکل ۱ نقشه‌ی پهنه‌بندی غلظت فلز سرب را در چاه‌های آب محدودی مورد مطالعه نشان می‌دهد که در آن با استفاده از روش کریجینگ به تخمین نقاط نمونه‌برداری نشده و تعمیم نتایج به کل منطقه‌ی مورد مطالعه اقدام گردید. با توجه به نقشه پهنه‌بندی و جدول ۲، غلظت سرب در بیشتر منطقه‌ی مورد مطالعه بالاتر از حد مطلوب آشامیدن بوده و در چاه‌های اطراف شهر رشت در حدود ۰/۰۵ می‌باشد که بالاتر از حداکثر مجاز جهت آشامیدن و آبیاری است. حداکثر مجاز غلظت سرب در آب‌های آشامیدنی ۰/۰۵ می‌باشد و کلیه‌ی نواحی که در شکل با رنگ‌های تیره مشخص گردیده‌اند دارای آب‌های

زیرزمینی آلوده به فلز سرب از جهت آشامیدن می‌باشند. حداکثر مجاز غلظت سرب در آب‌هایی که برای مصارف آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرند ۰/۰۱ می‌باشد و کل منطقه‌ی مورد مطالعه به جز محدوده‌ی شهرهای شرقی استان و بخشی در جنوب رشت دارای آب‌های زیرزمینی آلوده به فلز سرب از جهت مصارف آبیاری مزارع کشاورزی می‌باشند. بالا بودن مواد آلی در منطقه و تشکیل کمپلکس مواد آلی با فلزات سنگین و بالا رفتن تحرک فلزات سنگین و در نتیجه ورود این فلزات به آب‌های زیرزمینی نیز می‌تواند از عوامل اثرگذار بر این آلودگی باشد. با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی غلظت فلزات سرب در محدوده‌ی مورد مطالعه، مناطق مرکزی آلوده‌ترین بخش‌های منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشند و این آلودگی کلیه‌ی مصارف اعم از آشامیدن و آبیاری را شامل می‌شود. در بیشتر مناطقی که غلظت سرب کمتر از حداکثر مجاز است، این مقادیر بالاتر از حد مطلوب ارائه شده می‌باشند که این بدان معناست که در این مناطق آغشتگی وجود دارد. با توجه به مخاطرات ناشی از سرب بر سلامتی مصرف‌کنندگان و با توجه به اینکه استان گیلان روی کمرند سرطان قرار دارد، توصیه می‌گردد به منظور جلوگیری از تبدیل مناطق آغشته به مناطق آلوده، اقدامات پیشگیرانه صورت پذیرد. مراجع ذی‌صلاح بایستی از بهره‌برداری چاه‌ها در مناطق آلوده حداقل برای مصرف سرب جلوگیری کرده و با اعمال مدیریت بهتر در توزیع کودها، از آلودگی بیشتر این منابع جلوگیری کنند. با توجه به شکل ۱ و جدول ۲ به‌طور واضح مشخص است که آب‌های محدوده‌ی مورد مطالعه از جهت روی و مس هیچ نوع آلودگی از نظر آشامیدن و مصارف آبیاری مزارع کشاورزی ندارند که دلیل این امر را می‌توان به ساختار زمین‌شناسی منطقه و تهی بودن خاک‌های منطقه مورد مطالعه از فلزات روی و مس نسبت داد.



نقشه‌ی پهنه‌بندی غلظت سرب نقشه‌ی وضعیت پراکنش مس نقشه‌ی وضعیت پراکنش روی

شکل ۱- نقشه وضعیت پراکنش سرب، مس و روی در آب‌های زیرزمینی دشت گیلان.

برخی از منابع مورد استفاده

- اوستان ش، ۱۳۸۳. شیمی خاک. ترجمه، انتشارات دانشگاه تبریز. ۴۱۷ صفحه.
- حبشی ه. س م حسینی ج محمدی و رحمانی، ۱۳۸۶. کاربرد تکنیک زمین آمار در مطالعات خاک‌های مناطق جنگلی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴(۱): ۲۷-۱۸.
- محمدی ج، ۱۳۸۵. پدومتری. جلد دوم: آمار مکانی (ژئواستاتستیک). انتشارات پلک. ۴۵۳ صفحه.
- استاندارد کیفیت آب آشامیدنی. نشریه شماره ۳-۱۱۶. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی (سازمان برنامه و بودجه). استاندارد مهندسی آب (وزارت نیرو).
- Hunter RB, Romney EM and Wallace A, 1982. Nitrate distribution in Majava desert soils. Soil Science. 134: 22-30.
- Masterson W and Slowink I, 1981. Chemical principles, fifth editon. 317-330.
- Soleimani M, Hajabbasi MA, Afyuni M, Charkhabi AH and Shariatmadari H, 2009. Bioaccumulation of nickel and lead by bermuda grass (*Cynodon dactylon*) and tall fescue. (*Festuca arundinacea*) from two contaminated soils. Canadian Journal of Earth Sciences. 7(2): 59-70.