بررسی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی به آلودگی در دشت خرم‌آباد

لیلا بیرانوند[۱]، افسانه افضلی[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، L.Beyranvand74@gmail.com

۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، a.afzali@kashanu.ac.ir

چکیده

آب‌های زیرزمینی منابع طبیعی محدود و باارزش جهان هستند. این منابع برای تامین نیازهای مختلف آبی، حمایت از توسعه اقتصادی- اجتماعی و حفظ تنوع وسیع ویژگی‌های اکوسیستم، حیاتی هستند. بنابراین حفاظت از آب‌های زیرزمینی در مقابل آلودگی یک مقوله‌ی بسیار مهم است. از این رو در این مطالعه، آسیب‌پذیری آب زیرزمینی آبخوان دشت خرم‌آباد به روش شاخص حساسیت (SI) به عنوان یک جنبه اساسی برای مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی ارزیابی شد. این شاخص شامل پنج پارامتر تغذیه خالص، عمق آب زیرزمینی، محیط آبخوان، توپوگرافی و کاربری اراضی است. در نهایت اعتبار سنجی مدل با استفاده از داده‌های کل جامدات محلول (TDS) صورت گرفت. نتایج نشان داد که ۶۹/۴۸ درصد از منطقه در طبقه آسیب‌پذیری کم و ۳۰/۵۱ درصد در طبقه آسیب‌پذیری متوسط قرار دارد. بر اساس نتایج آنالیز حساسیت تک پارامتر، محیط آبخوان، کاربری اراضی، عمق آب زیرزمینی، شیب و تغذیه خالص به ترتیب دارای بیشترین تاثیر در تغییر پذیری شاخص آسیب پذیری هستند. نتایج اعتبار سنجی نشان از همبستگی ضعیف بین شاخص SI و داده‌های TDS با ضریب ۰/۰۳۴ دارد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی آب زیرزمینی، شاخص SI، کل جامدات محلول، سامانه اطلاعات جغرافیایی

۱. مقدمه

آب‌های زیرزمینی به عنوان مهم‌ترین منبع تامین آب شیرین برای بشر عمل می‌کنند. این منابع از فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی یا دیگر فعالیت‌ها آلوده می‌شوند. در مورد مناطق شهری، مدیریت نادرست فاضلاب و زباله‌های جامد تهدیدات مهمی برای کیفیت آب زیرزمینی هستند. هنگامی که آبخوان‌ها به شدت آلوده می‌شوند، آلودگی برای مدت طولانی باقی می‌ماند و با توجه به ذخیره سازی بزرگ، زمان اقامت طولانی‌تر و عدم دسترسی فیزیکی، حذف آن سخت است (شرستا[۱] و همکاران). بر این اساس حفاظت از آب‌های زیرزمینی در برابر آلودگی از اهمیت حیاتی برخوردار است. مفهوم آسیب‌پذیری آب زیرزمینی یک رکن کلیدی در ارزیابی آلودگی آب زیرزمینی و توسعه گزینه‌های مدیریت برای حفظ کیفیت آب‌های زیرزمینی است. بدین ترتیب، نقشه برداری آسیب‌پذیری به عنوان یک جنبه اساسی برای مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی به خصوص در موارد استفاده بیش از حد از آبخوان‌ها در نظر گرفته می‌شود (آیدی[۲]). فاستر اظهار داشت، شکی نیست که مفهوم آسیب‌پذیری آبخوان، یک ابزار ارزشمند

1.Shrestha
2.Aydi

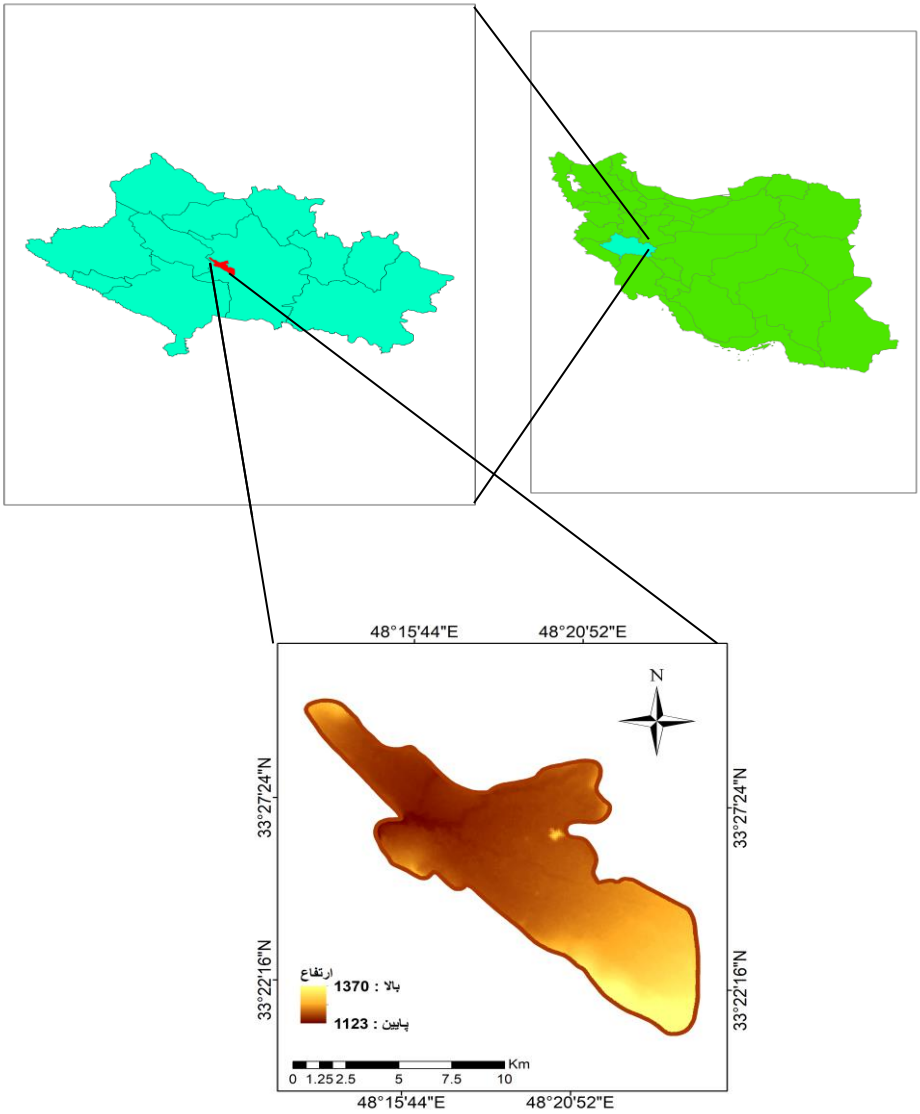
برای حفاظت از کیفیت آب زیرزمینی است. آسیب‌پذیری حساسیت یک آبخوان به دلیل آسیب ناشی از بار آلاینده تحمیل شده یا حساسیت ذاتی آبخوان به آلودگی تعریف می‌شود. به طور کلی دو نوع مختلف ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی در نظر گرفته می‌شود: آسیب‌پذیری ذاتی و آسیب‌پذیری خاص. آسیب‌پذیری ذاتی بر اساس ارزیابی آب و هوای طبیعی، زمین شناسی و ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی است، درحالیکه آسیب‌پذیری خاص به طور عمده بر اساس در معرض خطر قرار گرفتن سیستم آب زیرزمینی به بارگیری آلودگی ارزیابی می‌شود (آرایوزو[1]). روش‌های مختلفی برای ارزیابی آسیب‌پذیری، شامل روش‌های شاخص- هم‌پوشانی، روش‌های آماری و مبتنی بر فرایند وجود دارد (اودراگو[2] و همکاران). مطالعات زیادی در زمینه آسیب‌پذیری آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های هم پوشانی صورت گرفته است. شرستا و همکاران (۲۰۱۶)، در پژوهشی به ارزیابی آسیب‌پذیری با استفاده از سه روش هم پوشانی (GOD,DRASTIC,SI) و مدل (GRAM) برای محاسبه ریسک آلودگی آب زیرزمینی پرداختند. بر اساس نتایج سه روش، ۶۰ درصد از منطقه تحت آلودگی متوسط نیترات است. نتایج هم چنین نشان داد که روش SI برای ارزیابی آسیب‌پذیری و ریسک آلودگی آب زیرزمینی در این حوضه مناسب‌تر است. نخستین روحی و همکاران (۱۳۹۶)، با استفاده از دو مدل دراستیک و SI، نقشه‌های آسیب‌پذیری دشت عجب شیر در استان آذربایجان شرقی را تهیه کردند. نتایج نشان داد که مدل SI با ضریب همبستگی ۰/۷۶ نسبت به مدل دراستیک دقت بالاتری برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری منطقه دارد. با توجه به اینکه کاربری اصلی دشت خرم‌آباد کشاورزی بوده و از سوی دیگر، به طور بی‌رویه از کودهای کشاورزی برای بالابردن عملکرد محصولات کشاورزی استفاده می‌شود، و در نتیجه احتمال آلودگی و آسیب‌پذیری آبخوان بالاست، در این مطالعه به ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی دشت خرم‌آباد با استفاده از روش شاخص حساسیت (SI) پرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

دشت خرم اباد با طول شرقی ۵۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۰ دقیقه و عرض شمالی ۳۳ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۸ دقیقه در محدوده‌ی جنوب و جنوب غرب شهرستان خرم آباد واقع شده است (شکل ۱). این دشت به شکل یک بیضی با کشیدگی شمال باختر- جنوب خاوری، دارای درازای حدود ۲۵ کیلومتر و وسعت حدود ۲۵۱۳ کیلومتر مربع است. بلندی میانگین این دشت ۱۲۵۰ متر و حداکثر ارتفاع از سطح دریا ۳۰۵۳ متر می‌باشد. افزون بر شیب ملایم به سوی مرکز درحاشیه‌ها، دارای یک شیب ملایم از گوشه‌های شمال باختری و جنوب خاوری به سوی مرکز دشت یعنی به سوی رودخانه خرم آباد است. مقدار متوسط بارش در دشت و ارتفاعات به ترتیب ۶۰/۷۵ میلیون مترمکعب و ۳۲۴/۱۷ میلیون مترمکعب می‌باشد. میانگین درجه حرارت سالانه در دشت ۱۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مساحت آبخوان دشت خرم‌آباد ۱۳۳ کیلومتر مربع است (شرکت آب منطقه‌ای لرستان).

1.Arauzo
2.Ouedrago



شکل ۱- موقعیت آبخوان خرم‌آباد در استان لرستان

۲-۲- روش مطالعه

شاخص SI برای ارزیابی آسیب‌پذیری آلودگی عمودی کشاورزی که به طور عمده توسط آفت‌کش‌ها و درنتیجه آن، نیترات حاصل می‌شود، استفاده می‌شود. این شاخص را می‌توان برای ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان‌هایی با مقیاس بزرگ تا متوسط به کار برد. روش SI مناطق آسیب‌پذیر را بر اساس ۵ پارامتر عمق آب زیرزمینی، تغذیه خالص، شیب، محیط آبخوان و کاربری اراضی شناسایی می‌کند. کاربری اراضی برای نشان دادن فعالیت‌های انسان شناسی که یک عامل مهم در آلودگی آب‌های زیرزمینی است، استفاده می‌شود (شرستا). هر پارامتر بر اساس واحدهای تشکیل دهنده، بین ۱۰ تا ۱۰۰ ارزش گذاری شده و پس از وزن دهی و تلفیق، شاخص نهایی SI از رابطه ۱ بدست می‌آید.

$$SI= D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + T_R T_W + LU_R LU_W$$ رابطه (۱)

در رابطه بالا، SI شاخص آسیب‌پذیری، حروف بزرگ نشان دهنده پارامترهای تشکیل دهنده شاخص و r رتبه عددی و w وزنی است که به هر پارامتر اختصاص داده می‌شود. اطلاعات مورد نیاز شامل داده‌های سطح آب زیرزمینی، نقشه‌های شیب، زمین شناسی و کاربری اراضی از سازمان‌های مربوطه جمع‌آوری شد. در نهایت برای اعتبار سنجی نتایج آسیب‌پذیری از مقادیر TDS استفاده شد.

عمق آب زیرزمینی

فاصله بین سطح زمین و سطح آب زیرزمینی، عمق برخورد را مشخص می‌کند (اصغری مقدم و همکاران). برای تهیه نقشه عمق آب، داده‌های ۵ ساله سطح ایستابی از سازمان آب منطقه‌ای تهیه شد. برای بدست آوردن نقشه رستری این پارامتر، داده‌ها پس از ورود به محیط GIS با روش IDW درونیابی شدند و سپس لایه مورد نظر رتبه بندی شد.

تغذیه خالص

تغذیه، مقدار آب در واحد سطح زمین است که پس از نفوذ به سطح زیرین، به ستون آب می‌رسد. میزان تغذیه تحت تاثیر میزان پوشش سطح، شیب زمین، نفوذپذیری خاک و مقدار آبی که به آبخوان وارد می‌شود، است (اودراگو و همکاران). این لایه پس از روی‌هم گذاری لایه‌های بارش، شیب منطقه و نفوذپذیری خاک به روش پیسکوپو بدست آمد و در نهایت رتبه بندی شد.

شیب

توپوگرافی، ظرفیت نفوذ رواناب و آب سطحی به خاک، و در نتیجه ظرفیت معرفی آلاینده‌ها به خاک و آبخوان را داراست. اگر شیب منطقه کم باشد، تمایل به حفظ آب برای مدت زمان طولانی تر را دارد و در نتیجه پتانسیل ورود آلاینده‌ها به آبخوان زیاد می‌شود (اودراگو و همکاران). برای تهیه این لایه، از مدل رقومی ارتفاعی استفاده شد و رتبه بندی انجام گرفت.

محیط آبخوان

محیط آبخوان درواقع جنس مواد تشکیل دهنده آبخوان می‌باشد. این پارامتر به خصوصیات مواد تشکیل دهنده منطقه اشباع نظیر تخلخل و اندازه ذرات بستگی دارد و نشان دهنده حرکت آلاینده‌ها درون آبخوان می‌باشد (رادمنش و همکاران). برای تهیه این لایه، از نقشه زمین شناسی منطقه استفاده شد.

کاربری اراضی

کاربری اراضی برای نشان دادن فعالیت‌های انسان شناسی که یک عامل مهم در آلودگی آب‌های زیرزمینی است، استفاده می‌شود (شرستا). برای تهیه این لایه، از نقشه کاربری اراضی منطقه استفاده شد و در نهایت رتبه بندی شد. محدوده طبقات آسیب‌پذیری به روش SI در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- کلاس آسیب‌پذیری و محدوده طبقات در مدل SI

ارزش آسیب‌پذیری	محدوده
کم	< ۴۵
متوسط	۴۵-۶۴
زیاد	۶۵-۸۴
خیلی زیاد	۸۵-۱۰۰

۲-۳- تحلیل حساسیت

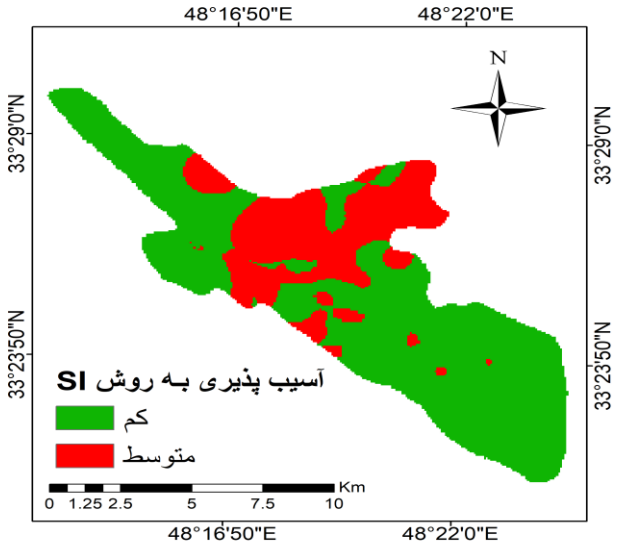
تحلیل حساسیت تک پارامتری توسط ناپولیتانو و فابرو در سال ۱۹۹۶برای ارزیابی تاثیر هر کدام از پارامترها بر روی اندیس آسیب‌پذیری انجام شد (تبرمابه و واعظی هیر). با استفاده از حساسیت تک پارامتر، وزن نظری تعیین شده در مدل با وزن موثر هر پارامتر مقایسه می‌شود. هم چنین تاثیر هر پارامتر بر شاخص آسیب‌پذیری آب زیرزمینی بر اساس آنالیز حساسیت تک پارامتر ارزیابی می‌شود (اسدی و همکاران). در این پژوهش، تحلیل حساسیت تک پارامتر با استفاده از رابطه ۲ بدست آمد.

$$W = (PrPw)/V*100$$ رابطه۲

که W وزن موثر هر پارامتر، Pr و Pw به ترتیب نمره و وزن هر کدام از پارامترها و V اندیس نهایی آسیب‌پذیری می‌باشد.

۳- نتایج

به منظور ایجاد نقشه آسیب‌پذیری نهایی شاخص حساسیت، پس از تهیه نقشه پارامترهای این مدل و رتبه بندی آنها، این نقشه‌ها با هم تلفیق شدند. همانطور که در جدول ۲ ذکر شده است، نقشه نهایی آسیب‌پذیری به دو طبقه آسیب‌پذیری کم با درصد مساحت ۷۰/۹۴ کیلومتر مربع و آسیب‌پذیری متوسط با درصد مساحت ۳۱/۶ کیلومتر مربع بدست آمد. در نهایت برای اعتبار سنجی نقشه آسیب‌پذیری، از شاخص کل جامدات محلول استفاده شد و میزان همبستگی برابر با ۰/۰۳۴ بدست آمد که نشان از همبستگی ضعیف بین نقشه آسیب‌پذیری و شاخص TDS است.



شکل ۲- نقشه آسیب‌پذیری آبخوان خرم آباد به روش SI

جدول ۲- طبقه بندی آسیب‌پذیری مدل SI و مساحت هر طبقه

طبقه آسیب‌پذیری	دامنه طبقات	مساحت هر طبقه (کیلومتر مربع)	مساحت(درصد)
کم	<۴۵	۷۰/۹۴	۶۹/۴۸
متوسط	۴۵-۶۴	۳۱/۱۶	۳۰/۵۱

۳-۱- نتایج تحلیل حساسیت

با توجه به جدول ۳ پارامتر محیط آبخوان با میانگین وزن موثر ۴۸/۵۳ موثرترین پارامتر در ارزیابی آسیب‌پذیری می‌باشد. میانگین وزن موثر این پارامتر بیشتر از وزن تئوریک اختصاص داده شده در مدل SI می‌باشد. بعد از آن، پارامتر کاربری اراضی دارای بالاترین وزن موثر (۲۸/۷۳) می‌باشد. عمق آب زیرزمینی، شیب و تغذیه خالص با میانگین وزن موثر ۱۸/۴۹، ۲/۸۰ و ۱/۳۹ به ترتیب بالاترین وزن موثر را دارند.

جدول ۳- نتایج آماری تحلیل حساسیت تک پارامتری

پارامتر	وزن نظری	وزن نظری ٪	میانگین	حداقل	وزن موثر حداکثر	انحراف معیار
D	۰/۱۸۶	۱۸/۶۰	۱۸/۴۹	۴/۶۵	۳۵/۵۸	۶/ ۳۵
R	۰/۲۱۲	۲۱/۲۰	۱/۳۹	۰/۴۱	۴/۸۳	۰/۷۱
A	۰/۲۵۹	۲۵/۹۰	۴۸/۵۳	۳۷/۴۴	۶۰/۹۱	۴/۷۴
T	۰/۱۲۱	۱۲/۱۰	۲/۸۰۷	۰/۲۴	۳/۹۸	۰/۴۰
LU	۰/۲۲۲	۲۲/۲۰	۲۸/۷۳	۲۱/۲۳	۴۶/۳۶	۳/۷۷

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش، ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت خرم‌آباد با روش شاخص حساسیت (SI) انجام شد. به منظور اعتبار سنجی نتایج آسیب‌پذیری، از مقادیر کل جامدات محلول (TDS) استفاده شد. نتایج نشان داد که ۶۹/۴۸ درصد (۷۰/۹۴ کیلومتر مربع) از مساحت منطقه در طبقه آسیب‌پذیری کم و ۳۰/۵۱ درصد (۳۱/۱۶ کیلومتر مربع) در طبقه آسیب‌پذیری متوسط قرار دارد. با توجه به نقشه کاربری اراضی، طبقات با آسیب‌پذیری بالاتر عمدتا با مناطق شهری همخوانی دارند، که به دلیل مدیریت نادرست فاضلاب شهری و زباله در این مناطق است. بر اساس نتایج اعتبار سنجی، همبستگی ما بین نقشه نهایی آسیب‌پذیری و مقادیر TDS در حدود ۰/۰۳۴ است، که همبستگی ضعیفی را نشان می‌دهد. هم چنین بر اساس آنالیز حساسیت تک پارامتر، پارامتر محیط آبخوان بالاترین وزن موثر، و بعد از آن به ترتیب کاربری اراضی، عمق آب زیرزمینی، شیب و تغذیه موثرترین پارامترها در شاخص آسیب‌پذیری بودند. با توجه به آسیب‌پذیر بودن منابع آب زیرزمینی و اهمیت کیفیت این منابع ، توصیه می‌شود که مدیریت فاضلاب شهری بهبود یابد تا از آلودگی آب‌زیرزمینی این مناطق جلوگیری شود.

منابع

۱-اصغری مقدم، ا.، قره خانی، م.، ندیری، ع.، کرد، م.، فیجانی، ا. ۱۳۹۴. ارزیابی آسیب‌پذیری ذاتی آبخوان دشت اردبیل با استفاده از روش‌های SI, SINTACS, DRASTIC، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی، ۲۱(۶۱): ۷۴-۵۷.

۲- تبرمابه، م.، واعظی هیر، ع. ۱۳۹۳. ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان آزاد دشت تبریز، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۸(۶): ۱۱۵۱-۱۱۳۷.

۳-رادمنش، ف.، صدری، س.، شهبازی، ع. ۱۳۹۶. ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت جارمه توسط روش‌های دراستیک و سینتکس، نشریه آب و توسعه پایدار، (۲): ۱۲۰-۱۱۱.

۴-شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان لرستان. ۱۳۹۳. گزارش مطالعات منابع آب و زمین شناسی، دشت‌های استان لرستان.

5-Arauzo, M. 2016. Vulnerability of groundwater resources to nitrate pollution: A simple and effective procedure for delimiting Nitrate Vulnerable Zones. J. Science of the Total Environment. 1-14.

6- Aydi, A. 2018. Evaluation of groundwater vulnerability to pollution using a GIS-based multi-criteria decision analysis. J. Groundwater for Sustainable Development.7:204-211.

7- Asadi, P., and Ashtiani, B., Beheshti, A. 2017. Vulnerability assessment of urban groundwater resources to nitrate: the case study of mashhad, Iran. j Environ Earth Sci. 1-15.

8- Ouedraogo, I., and Defourny, P., Vanclooster, M. 2016. Mapping the groundwater vulnerability for pollution at the pan African scal. J. Science of the Total Environment544:939-953

9-Shrestha, S., and Kafle, R., Pandey, V. 2016. Evaluation of index- overlay methods for groundwater vulnerability and risk assessment in Kathmandu valley, Nepal. J. Science of the Total Environment. 1-12.