مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۱۹، مرداد ۱۳۹۹، ۴۴۶-۴۳۱

استفاده از آلکیل بنزن سولفانات‌های خطی به عنوان نشانگر مولکولی جهت ردیابی آلودگی فاضلاب شهری در رودخانه عباس‌آباد (همدان) در سال ۱۳۹۸: یک مطالعه توصیفی

فائزه جعفری[۱]، نسرین حسن‌زاده[۲]

دریافت مقاله: ۹۹/۳/۱۳ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۹۹/۳/۲۶ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۹۹/٤/۱ پذیرش مقاله: ۹۹/٤/۸

چکیده

زمینه و هدف: در دهه‌های گذشته منابع مهم آبی در سراسر جهان در معرض ورود فاضلاب‌های خانگی، صنعتی و پساب‌های کشاورزی قرار گرفته‌اند. یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های فاضلاب ترکیبات آلکیل بنزن سولفانات‌های خطی (Linear Alkylbenzene Sulphonate ; LASs) هستند. هدف این مطالعه، تعیین غلظت و ارزیابی ریسک سلامت این ترکیبات در رودخانه عباس‌آباد همدان است.

مواد وروش‌ها: این مطالعه توصیفی در بهار سال ۱۳۹۸ بر روی آب رودخانه عباس‌آباد در ۱۷ ایستگاه انجام شد. در این مطالعه از روش بهینه و اصلاح شده متیلن بلو جهت اندازه‌گیری مقدار LAS استفاده شد. پس از آماده سازی نمونه‌ها با استفاده از روش متیلن بلو، فاز آلی نمونه جدا و جذب LAS با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۵۰ نانومتر قرائت شد و با استفاده از منحنی کالیبراسیون و جذب به دست آمده، غلظت LAS محاسبه شد. ارزیابی ریسک سلامت LAS با محاسبه شاخص ریسک RQ انجام شد.

یافته‌ها: نتایج، دامنه غلظت LAS را بین ۲/۶۵-۰/۱۱ و با میانگین ۱/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر نشان داد. بر اساس مشاهدات میدانی، ورود فاضلاب‌های تصفیه نشده کاربری‌های اطراف به داخل رودخانه عباس‌آباد، علت اصلی غلظت زیاد LAS شناخته شد. نتایج ارزیابی ریسک سلامت، عدم وجود ریسک در گروه‌های سنی مختلف را نشان داد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج، در حال حاضر در رودخانه عباس‌آباد همدان از جانب ترکیبات LAS نگرانی قابل توجهی بر سلامت انسان وجود ندارد اما شایسته است از ورود فاضلاب‌های تصفیه نشده و یا با تصفیه ناکافی به منابع ارزشمند آبی جلوگیری شود.

واژه‌های کلیدی: آلکیل بنزن سولفانات خطی (LAS)، دترجنت، ریسک سلامت، رودخانه عباس‌آباد

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

۲- (نویسنده مسئول) استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

تلفن: ۰۸۱-۳۳۳۳۹۸۴۳، دورنگار: ۰۸۱-۳۳۳۳۹۸۴۳، ایمیل: nasrinhassanzadeh@gmail.com

مقدمه

افزایش شهرنشینی و فعالیت‌های صنعتی در امتداد رودخانه‌ها و اکوسیستم‌های آبی سبب افزایش ورود پساب و فاضلاب به داخل اکوسیستم‌های آبی شده است [۱]. یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های فاضلاب که امروزه بیش از همه سلامت اکوسیستم‌های آبی را در معرض آسیب قرارداده است، دترجنت‌ها (Detergents) یا شوینده‌ها هستند. مواد شوینده به دلیل داشتن یک یا چند سورفاکتانت (Surfactant) محصولات تمیزکننده موثری هستند [۳-۲]. سورفاکتانت‌ها مواد شیمیایی آلی هستند و دارای خاصیت کف‌کنندگی، امولسیون‌کنندگی، انحلال، پراکنندگی و پاک‌کنندگی هستند [۳] و به چهار دسته آنیونی، کاتیونی، آمفوتریک و غیر یونی تقسیم می‌شوند [۴]. یکی از رایج‌ترین سورفاکتانت‌های آنیونی، آلکیل بنزن سولفونات خطی (Linear alkylbenzene solphonate; LAS) است که تقریباً در ۸۰ درصد از پاک کننده‌های خانگی استفاده می‌شود [۵]. با توجه به کاربرد گسترده آنها در مواد شوینده و انواع مواد تمیزکننده، LASs ترکیبات رایج پساب شهری هستند و سطح آن‌ها در آب‌های سطحی بستگی به میزان تصفیه فاضلاب دارد [۶-۵].

به طور کلی، اکثر سورفاکتانت‌ها با تصفیه فاضلاب معمولی به خوبی از بین می‌روند، اما برخی از سورفاکتانت‌ها از تجزیه بیولوژیکی کمی در ترکیبات مادر برخوردار هستند و در صورت تصفیه ناکافی فاضلاب، به آب‌های سطحی راه پیدا می کنند و امکان تجمع تدریجی آنها وجود دارد. از طرف دیگر برخی از محصولات در اثر تخریب سورفاکتانت‌ها تشکیل می شوند و همراه با پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌ها در آب‌های سطحی تخلیه می‌شوند [۸-۷]. تحرک زیاد LASs به دلیل حلالیت در آب و قطبیت‌شان، آن‌ها را به یک آلاینده خطرناک در منابع آب زیرزمینی و سطحی تبدیل کرده است [۹]. آن‌ها سبب ایجاد کف در سطح آب و کاهش کیفیت آب می‌شوند [۸]. انحلال LASs در آب، انحلال آلاینده‌های دیگر را افزایش می‌دهد و بیش‌تر به محیط‌های زندگی موجودات آبزی آسیب می‌رساند [۱۰]. در خصوص اثرات LASs بر انسان اطلاعات ناچیزی در دسترس می‌باشد. در مطالعه‌ای نشان داده شده است که LASs باعث سمیت سلولی وابسته به زمان و دوز در سلولهای Caco-2 روده انسان همراه با القاء استرس اکسیداتیو و به دنبال آن افزایش بیش از حد سطح کلسیم داخل سلولی می‌شوند [۱۱]. LASs هم‌چنین می‌توانند به پوست انسان آسیب برسانند و چشم‌ها را تحریک کنند [۹-۷].

مطالعات بسیاری آلودگی‌های مرتبط با تخلیه فاضلاب را با استفاده از LASs به عنوان شاخص‌های فعالیت‌های انسانی و به طور گسترده نشان‌گر مولکولی تخلیه فاضلاب و آلاینده مطلق فاضلاب به اثبات رسانده‌اند [۱۶-۱۲]. به عنوان مثال مطالعات Riyahi Bakhtiari و همکاران در رسوبات سطحی تالاب بین المللی انزلی نشان داد تالاب انزلی در معرض ورود فاضلاب خام یا فاضلاب با تصفیه کم قرار دارد [۱۶]. Balcıoğlu در مطالعات خود در نمونه آب سطحی ۴ جزیره در استانبول نشان داد در یک جزیره غلظت LAS بیش‌تر از حد مجاز است که محقق دلیل این امر را جمعیت و گردشگری بیش‌تر در این جزیره نسبت به سایر جزایر عنوان کرده است [۱۷].

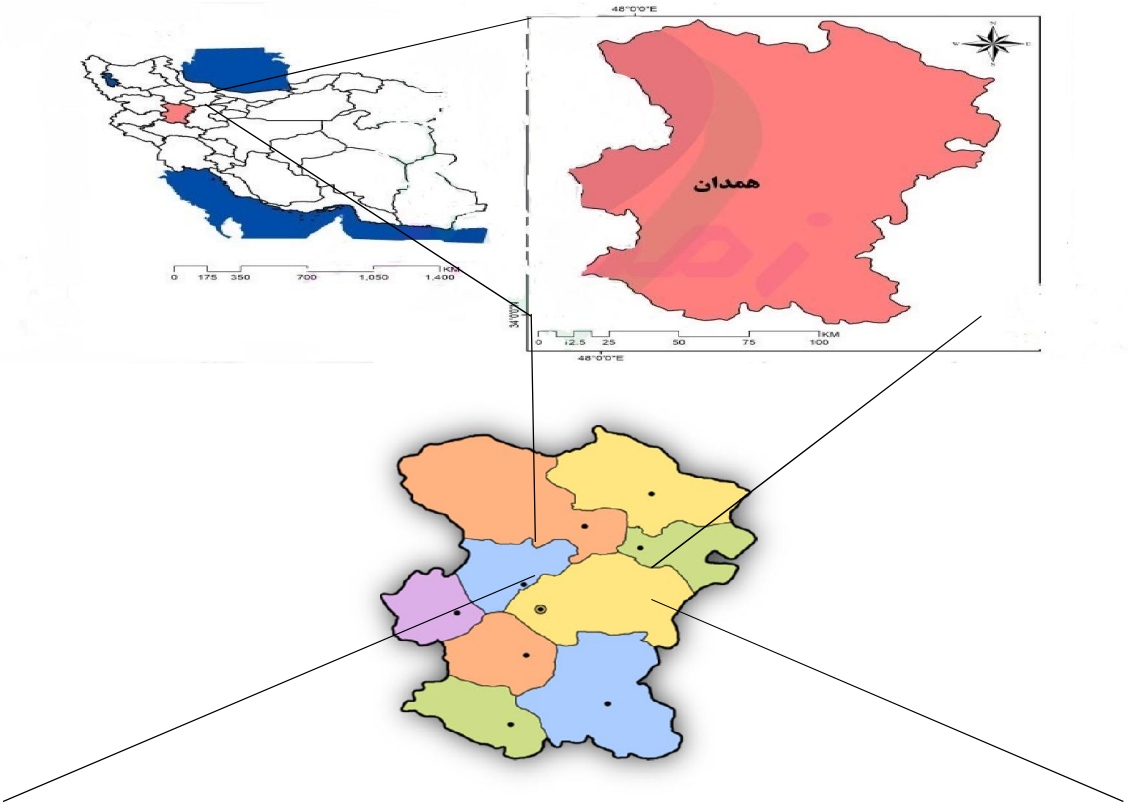
در این مطالعه به منظور ارزیابی ریسک سلامت LAS از شاخص ارزیابی ریسک (Risk quotient; RQ) استفاده گردید. RQ مقدار ریسک اولیه برای ارزیابی سطح غربال‌گری است و در نتیجه مقایسه میزان مواجهه با میزان اثر به دست می‌آید. RQ حاصل با سطح مشخصی از نگرانی (Level of concern; LOC) مقایسه می‌شود، که نقطه شروع نگرانی را نشان می دهد. اگر RQ از LOC بیشتر باشد، نشان‌دهنده ایجاد خطر است. در این روش اگرچه لزوما یک تخمین واقعی از ریسک وجود ندارد، چون هیچ احتمال تخمینی برای تأثیر وجود ندارد، به طور کلی، هرچه میزان ریسک بالاتر باشد، احتمال وقوع خطرات احتمالی بیش‌تر خواهد بود [۱۸].

این مطالعه اولین مطالعه بررسی و پایش حضور یا عدم حضور و ارزیابی ریسک سلامت LAS به عنوان آلاینده مطلق و نشانگر مولکولی تخلیه فاضلاب در شهر همدان است و تا قبل از این مطالعه هیچ داده‌ای مبنی بر حضور یا عدم حضور این گروه از آلاینده‌ها در منابع آب‌های سطحی شهر همدان انجام نشده است. به دلیل مجاورت منابع آب‌های سطحی عمده در شهر همدان یا نواحی شهری و روستاهای اطراف و امکان ورود، نشت و تخلیه فاضلاب‌ها به صورت مستقیم به این آب‌ها، لزوم انجام چنین مطالعات اولیه‌ای کاملا ضروری است. هر چند که در مطالعات بعدی می‌توان جزئیات کامل‌تر از این مطالعه انجام شود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت توصیفی بوده و در بهار ۱۳۹۸ (خرداد ماه) در رودخانه عباس‌آباد همدان صورت گرفت. استان همدان در گستره‌ای به مساحت ۱۹۴۹۱ کیلومتر مربع، در غرب ایران بین ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است [۱۹]. رودخانه عباس‌آباد به طول ۱۸ کیلومتر از دامنه‌های کوه فخرآباد در ۱۲ کیلومتری جنوب غربی همدان سرچشمه می‌گیرد و در جهت جنوبی شمالی ادامه مسیر می‌دهد و پس از آبیاری باغ‌های روستای‌عباس‌آباد همدان در اراضی‌گراچقا به رودخانه خاکو می‌ریزد. رودخانه عباس‌آباد به دلیل آن که دارای حوضه‌ی آبریز کوهستانی و با شیبی تند است، دارای جریانی سریع است. این رودخانه به دلیل داشتن حوضه‌ای برفی، دارای رژیمی دائمی است [۲۰].

نمونه‌برداری از رودخانه عباس‌آباد در ۱۷ ایستگاه و از ساعت ۱۸تا ۳ صبح با در نظرگرفتن فاصله، کاربری‌های اطراف و تعیین مراکز احتمالی ورود آلاینده و هم‌چنین امکان دسترسی صورت گرفت (شکل ۱). نمونه‌برداری ابتدا از بالادست به سمت پایین دست صورت گرفت و سپس به دلیل تعداد کم ایستگاه از سمت پایین دست به بالادست نمونه‌های دیگری برداشت شد. در هر نقطه، نمونه‌برداری از ستون آب و با ۱ تکرار و در فواصل مناسب انجام شد. به منظور اندازه‌گیری LASs، ۱ قطره هیدروکلریک اسید (HCL) جهت جلوگیری از تجزیه احتمالی LAS در ماتریس آب، به نمونه‌ها اضافه و پس از قرار دادن نمونه‌ها در یخدان سریعاً به آزمایشگاه انتقال داده شد [۲۱].



شکل ۱- نقشه ۱۷ ایستگاه نمونه‌برداری آب در رودخانه عباس‌آباد همدان در بهار سال ۱۳۹۸

در این مطالعه از روش ساده و بهینه شده متیلن بلو جهت اندازه‌گیری میزان LAS استفاده شد. روش پیشنهادی تنها نیازمند ۵ میلی‌لیتر از نمونه و ۴ میلی‌لیتر حلال استخراج‌کننده (کلروفرم) است [۲۲]. به این منظور ابتدا با محلول سازی در بازه ۲/۵-۰ میلی‌گرم بر لیتر، منحنی کالیبراسیون رسم گردید. پس از ساخت عامل متیلن بلو (۱۳/۳میلی‌مول)، محلول بافر سدیم تترابورات ۵۰ میلی‌مول و شناساگر فنول فتالئین، مقدار ۵ میلی‌لیتر از هر نمونه به داخل لوله شیشه‌ای تزریق شد و از طریق اضافه کردن مقدار ۲۰۰ میکرولیتر تترابورات سدیم (۵۰ میلی‌مول) محلول قلیایی و به pH=۱۰/۵ رسید، در ادامه ۱۰۰ میکرولیتر متیلن بلو اضافه شد و پس از اضافه کردن ۴ میکرولیتر کلروفرم به مدت ۳۰ ثانیه به شدت تکان داده شد و ۵ دقیقه نمونه به حال خود رها شد. پس از تشکیل دو فاز، فاز آلی (قسمت پایینی لوله شیشه‌ای) جدا و درون لوله‌ی آزمایش ۱۰ میلی‌لیتر ریخته شد و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مرئی- فرابنفش (UV-VIS-NIR سری UV-3600 Plus محصول کمپانی ژاپنی SHIMADZU) در طول موج ۶۵۰ نانومتر قرائت و با استفاده از منحنی کالیبراسیون و طول موج جذب شده، غلظت LASs محاسبه شد [۲۳-۲۲]. هر نمونه ۲ بار قرائت گردید و میانگین آن‌ها جهت محاسبات بعدی استفاده شد.

به منظور محاسبه ریسک سلامت LASs از روابط (۱) و (۲) استفاده شد:

رابطه (۱) $$RQ = MC/DWEL$$

شاخص ریسک (Risk Quotient; RQ) با تقسیم حداکثر غلظت اندازه‌گیری شده آلاینده (Maximum Measured; MC Concentration) بر تراز معادل آب آشامیدنی وابسته به سال (سطحی از تماس که منجر به اثرات حاد نمی‌گردد) (Drinking Water Equivalent Level; DWEL) محاسبه می‌شود (رابطه ۲).

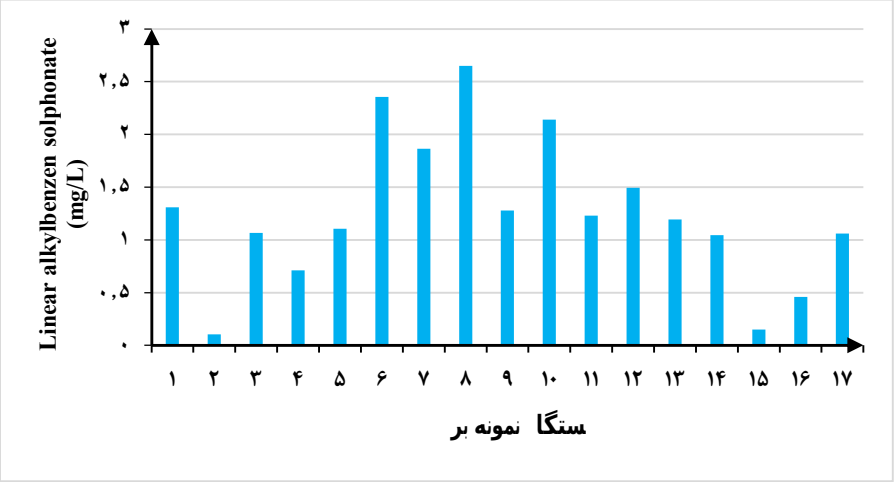
رابطه (۲)

$$DWEL= (ADI(or\ RSD)\times BW)/(DWI\times AB\times FOE)$$

که در آن (Acceptable Daily Intake; ADI) (میکروگرم بر کیلوگرم در روز)، ورودی قابل قبول روزانه (بر اساس مطالعات انجام گرفته میزان آن ۴/۵ میلی‌گرم بر لیتر در نظر گرفته شده است) [۲۲] یا (Risk Specific Dose; RSD) ، مقدار ویژه ریسک، به ترتیب برای اثرات غیرسرطان‌زایی و سرطان‌زایی می‌باشد. (Body Weight; BW)، میانگین وزن گروه‌های سنی خاص (۷۰ کیلوگرم)، (Daily Drinking Water Intake; DWI)، میزان مصرف روزانه آب آشامیدنی گروه‌های سنی خاص (لیتر در روز) (برای یک انسان بالغ ۲ لیتر در روز در نظر گرفته می‌شود)، (Absorption Rate; AB)، نرخ جذب دستگاه گوارش است که برای تمام ترکیبات مورد مطالعه ۱ فرض می‌شود و (Frequency of Exposure; FOE) با فراوانی روزهای مواجهه (۳۶۵ ۳۵۰ روز) مرتبط است. قابل ذکر است که مقدار آب مصرفی روزانه و میانگین وزن گروهای سنی مختلف از رهنمود سازمان بهداشت جهانی (EPA) استخراج شده است [۲۵-۲۴]. مقدار RQ >۱ احتمال خطر سلامت انسان را نشان می‌دهد. مقدار RQ بین ۰/۲ و ۱ نیاز به ارزیابی‌های دقیق‌تر را نشان می‌دهد، در حالی که RQ ≤ ۰/۲ باشد، هیچ نگرانی قابل‌ملاحظه‌ای نسبت به سلامت انسان وجود ندارد [۲۶].

نتایج

نمودار ۱ غلظت LAS اندازه‌گیری شده در ۱۷ ایستگاه مورد مطالعه نشان می‌دهد. نتایج، غلظت LAS اندازه‌گیری شده را در دامنه ۲/۶۵- ۰/۱۱ میلی‌گرم بر لیتر نشان داد.



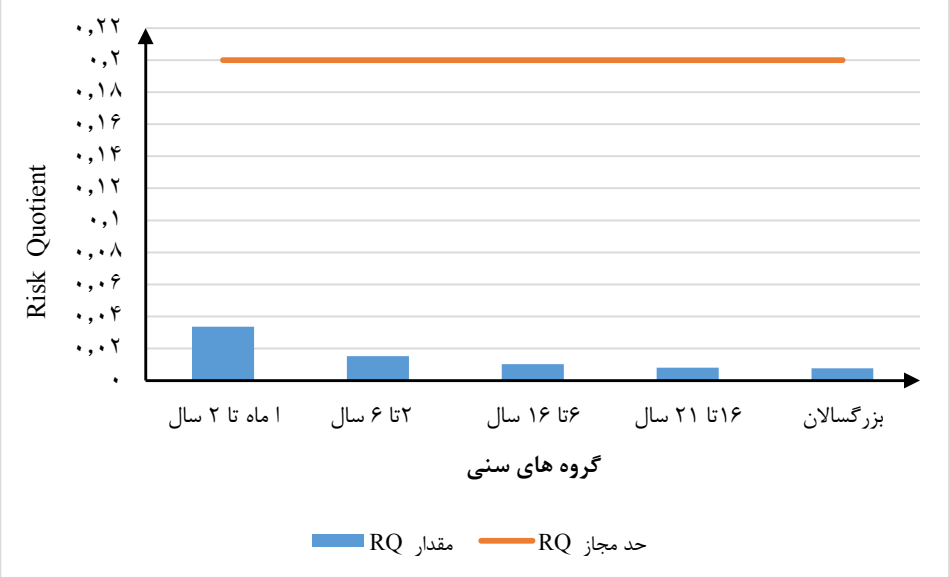
نمودار ۱- غلظت LAS در ایستگاه‌های مورد مطالعه در نمونه آب رودخانه عباس‌آباد در بهار سال ۱۳۹۸

نتایج ارزیابی ریسک سلامت LAS در منبع آب سطحی رودخانه عباس‌آباد در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج ارزیابی ریسک سلامت، نشان‌دهنده عدم وجود ریسک در گروه‌های سنی مختلف منطقه مورد مطالعه است. نمودار ۲ نتایج ارزیابی ریسک سلامت LAS را بر اساس میانگین شاخص RQ در گروه‌های سنی مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۱- نتایج ارزیابی ریسک سلامت LAS در گروه‌های سنی مختلف در نمونه آب رودخانه عباس‌آباد همدان در بهار سال ۱۳۹۸

ایستگاه	۱ ماه تا ۲ سال	۲ تا ۶ سال	۶ تا ۱۶ سال	۱۶ تا ۲۱ سال	سالان‌بزرگ
۱	۰/۰۳۵۱	۰/۰۱۶۱	۰/۰۱۰۷	۰/۰۰۸۴	۰/۰۰۸۰
۲	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۶
۳	۰/۰۲۸۵	۰/۰۱۳۱	۰/۰۰۸۷	۰/۰۰۶۸	۰/۰۰۶۵
۴	۰/۰۱۹۰	۰/۰۰۸۷	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۴۳
۵	۰/۰۲۹۶	۰/۰۱۳۶	۰/۰۰۹۰	۰/۰۰۷۱	۰/۰۰۶۷
۶	۰/۰۶۳۰	۰/۰۲۸۹	۰/۰۱۹۲	۰/۰۱۵۱	۰/۰۰۱۴
۷	۰/۰۴۹۹	۰/۰۲۲۹	۰/۰۱۵۲	۰/۰۱۱۹	۰/۰۱۱۴
۸	۰/۰۷۰۹	۰/۰۳۲۶	۰/۰۲۱۶	۰/۰۱۶۹	۰/۰۱۶۲

۹	۰/۰۳۴۳	۰/۰۱۵۷	۰/۰۱۰۴	۰/۰۰۸۲	۰/۰۰۷۸
۱۰	۰/۰۵۷۳	۰/۰۲۶۳	۰/۰۱۷۴	۰/۰۱۳۷	۰/۰۱۳۰
۱۱	۰/۰۳۲۹	۰/۰۱۵۱	۰/۰۰۱۰۰	۰/۰۰۷۹	۰/۰۰۷۵
۱۲	۰/۰۴۰۰	۰/۰۱۸۴	۰/۰۱۲۲	۰/۰۰۹۶	۰/۰۰۹۱
۱۳	۰/۰۳۲۰	۰/۰۱۴۷	۰/۰۰۹۷	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۷۳
۱۴	۰/۰۲۸۰	۰/۰۱۲۸	۰/۰۰۸۵	۰/۰۰۶۷	۰/۰۰۶۴
۱۵	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۰۹
۱۶	۰/۰۱۲۳	۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۲۸
۱۷	۰/۰۲۸۴	۰/۰۱۳۰	۰/۰۰۸۶	۰/۰۰۶۸	۰/۰۰۶۵
میانگین	۰/۰۳۳۴	۰/۰۱۵۳	۰/۰۱۰۲	۰/۰۰۸۰	۰/۰۰۷۶



نمودار ۲- نتایج ارزیابی ریسک سلامت LAS بر اساس میانگین شاخص RQ در گروه‌های سنی مختلف در نمونه آب رودخانه عباس‌آباد همدان در بهار سال ۱۳۹۸

بحث

از مجموع ۱۷ ایستگاه مورد مطالعه، ترکیب LAS در تمامی ایستگاه‌ها مشاهده شد. بر اساس مشاهدات میدانی و پرس و جو از افراد محلی و جمع‌آوری اخبار استانی مربوط به این رودخانه، عوامل اصلی غلظت زیاد LAS در رودخانه عباس‌آباد، جمعیت زیاد گردشگر و بازدیدکننده در منطقه گنج‌نامه و عباس‌آباد، کاربری خدماتی، رفاهی، فرهنگی، دولتی و کشاورزی از جمله وجود رستوران‌ها، سفره‌خانه‌ها، کافی

شاپ‌ها، تله کابین، اردوگاه، موزه، باغ و ویلاهای اقامتی زیاد در مسیر رودخانه‌های عباس‌آباد، سکونت عشایر، شستشوی ماشین در طول رودخانه، عدم وجود شبکه جمع‌آوری فاضلاب و ورود مستقیم و یا نشت فاضلاب کاربری‌های ذکر شده در طول مسیر رودخانه می‌باشد [۲۸-۲۷].

در مسیر رودخانه عباس‌آباد به دلیل ناهمواری‌ها و کوهستانی بودن و هم‌چنین سنگی بودن بستر، شبکه جمع آوری فاضلاب شهری وجود ندارد و کاربری‌های خدماتی ملزم شده‌اند فاضلاب خود را در سپتیک تانک‌ها جمع‌آوری کنند. اما این سپتیک تانک‌ها به طور کامل فاضلاب را تصفیه نمی کنند و در روزهای بارانی به دلیل حجم کم این مخازن، امکان سرریز فاضلاب به رودخانه وجود دارد و باید تخلیه آن‌ها در زمان مناسب صورت گیرد. فاضلاب سرویس‌های بهداشتی گنجنامه و عباس‌آباد نیز وارد سپتیک تانک‌ها می‌شود و از طریق تانکر فاضلاب تخلیه می‌شود ولی در روزهایی که حجم گردش‌گر زیاد است به خصوص روزهای آخر هفته، حجم سپتیک تانک‌ها کافی نیست و سرریز تانکرها وارد رودخانه‌ها می‌شود و بارندگی نیز نشت فاضلاب به بیرون را تشدید می بخشد. متاسفانه ظرفیت زیاد گردش‌گر در منطقه تفریحی و توریستی گنجنامه و عباس‌آباد پیش‌بینی نشده است و ورود فاضلاب و شیرابه‌های زباله به یک معضل اساسی در این منطقه طبیعی تبدیل شده است [۲۸-۲۷]. در سایر مطالعات نیز در بررسی این آلاینده در منابع آب سطحی همجوار با شهرها دلایل مشابهی ذکر شده است [۱۷-۱۵].

در مطالعات Khayadani و همکاران و Hajian Nejad و همکاران نیز غلظت LAS با عبور رودخانه از مناطق شهری و آلوده‌کننده‌های نقطه‌ای افزایش یافته است که با تاثیر کاربری‌ها و مراکز جمعیتی در افزایش غلظت LAS در این مطالعه هم‌خوانی دارد [۳۲-۳۳]. Bergé و همکارن وقوع ۱۲نوع سورفاکتانت را در فاضلاب شهری و نقش یک مرکز بهداشتی و درمانی را در انتقال این نوع سورفاکتانت‌ها به سیستم فاضلاب مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه فاضلاب شهری، بیمارستانی و مخلوط این دو (۱/۳ فاضلاب بیمارستانی و ۲/۳ فاضلاب شهری) مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد سورفاکتانت‌های آنیونی در غلظت‌های قابل توجه (تا چند میلی‌گرم در لیتر) در کلیه نمونه‌ها حضور دارند، که نشان دهنده حضور مطلق آن‌ها در فاضلاب‌ها است. در این مطالعه میانگین غلظت LAS در هر ۳ نوع فاضلاب مورد بررسی نسبت به سایر سورفاکتانت‌ها بیش‌تر بود [۳۴]. نتایج مطالعات Balcıoğlu نیز به طور مشابه تأثیر جمعیت و گردش گری در افزایش غلظت LAS را نشان داده است [۱۷]. مطالعات Alkhadher و همکاران ورود فاضلاب اولیه و ثانویه را به داخل رودخانه‌ها و نقش آن‌ها در افزایش غلظت LABs را در رسوبات نشان داده است [۱۲]. در پژوهشی مشابه توسط Akkan نتایج نشان داد منابع آب سطحی در رودخانه Harsit ترکیه به شدت آلوده به LAS است که افزایش تراکم جمعیت و شهرنشینی، فعالیت‌های انسانی و رهاسازی فاضلاب به داخل رودخانه‌ها به عنوان عوامل اصلی افزایش غلظت LAS عنوان شده‌اند [۱]. در مطالعه Nicaise و همکاران میانگین غلظت سورفاکتانت‌های آنیونی در آب دریاچه Mkokoa در محدوده ۰/۰۴ ± ۰/۲۳ تا ۰/۶۸ ± ۱/۴۳ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. این نتایج آلودگی زیاد دریاچه Mkokoa را توسط سورفاکتانت

های آنیونی نشان داده است که محققان علت آن را فعالیت های شدید انسانی در اطراف دریاچه اعلام کرده‌اند [۸].

نتایج ارزیابی ریسک سلامت LAS در رودخانه عباس‌آباد نشان داد مقدار شاخص RQ در تمامی گروه‌های سنی کم‌تر از ۰/۲ است که نشان‌گر عدم وجود ریسک در گروه‌های مختلف سنی است. مقایسه میانگین RQ درگروه‌های سنی مختلف نشان داد گروه‌های سنی کم‌تر به خصوص نوزادان ۱ تا ۱۲ ماه نسبت به بزرگ‌سالان در معرض خطر بیش‌تری قرار دارند و حساسیت آن‌ها نسبت به آلاینده‌ها بیش‌تر است. احتمالاً دلیل این امر این است که در نوزادان ۱ تا ۱۲ ماه به دلیل رشد سریع و افزایش وزن، افزایش درصد چربی بدن، افزایش نفوذپذیری پوست، نقص در فعالیت آنزیم کبدی، عملکرد سیستم ایمنی نابالغ، نیاز اکسیژن زیاد (منجر به میزان استنشاق بیش‌تر) و عملکرد کلیوی پایین‌تر، سطح آسیب‌پذیری و حساسیت بیشتر است [۲۵]. هم‌چنین نتایج نشان داد شاخص RQ در ایستگاه شماره ۸ در تمامی گروه‌های سنی بیش‌تر از سایر ایستگاه‌ها است که علت آن همجواری با کانون آلودگی است. گرچه نتایج ارزیابی ریسک سلامت، عدم وجود ریسک در گروه‌های سنی مختلف را نشان داده است، اما با توجه به این که نمونه‌برداری بعد از یک سیلاب بزرگ و افزایش حجم آب رودخانه‌ها انجام شده است، امکان دارد که اگر این پژوهش در فصول دیگر و در شرایط کم آبی و یا تبخیر آب صورت گیرد، شاهد ریسک سلامت LAS در این منطقه باشیم و از آن جایی که این رودخانه برای مصارف شرب و کشاورزی استفاده می‌شود، ممکن است مخاطراتی در پی داشته باشد. از طرف دیگر، شوینده‌های تجاری متشکل از طیف وسیعی از ترکیبات مختلف هستند که به هنگام رهاسازی به منابع آبی ممکن است در ترکیب و واکنش با سایر آلاینده‌ها اثرات آنتاگونیسمی و یا سینرژیسمی داشته باشند و این امر بر مقدار سمیت آن‌ها بر روی محیط، موجودات آبزی و انسان‌ها تأثیر بگذارد [۳۵]. هم‌چنین نقاطی با غلظت زیاد LAS همراه با مقادیر زیاد غلظت سایر آلاینده‌های انسانی است که مطمئناً وضعیت کلی بیولوژیکی منطقه و در نهایت سلامت انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۳۶]. نتایج مطالعات Hoshyari و همکاران در آب سد درودزن فارس نیز بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت LAS را به ترتیب ۰/۰۳ mg/L و ۰/۰۰۵ نشان داد. نتایج ارزیابی ریسک سلامت نشان داد غلظت LAS در آب این سد به علت منابع آلوده‌کننده محدود کم‌تر از حد مجاز بوده و ریسک قابل توجهی برای سلامت انسان وجود ندارد [۲۲].

طبق استاندارد سازمان حفاظت از محیط‌زیست ایران، استاندارد تخلیه شوینده‌ها به آب‌های سطحی، ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و به آب‌های زیرزمینی و برای مصرف کشاورزی ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر است. شرکت آب و فاضلاب تهران در سال ۱۳۸۵، حداکثر غلظت مجاز شوینده‌ها در آب آشامیدنی را ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر تعیین نموده است [۳۷]. سازمان WHO نیز حداکثر غلظت مجاز شوینده‌ها در آب آشامیدنی را ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر تعیین کرده است [۳۸].

نتایج بررسی غلظت LAS بر اساس استاندارد ایران جهت تخلیه به چاه جاذب و مصارف کشاورزی و آبیاری (۰/۵ میلی گرم بر لیتر) نشان داد در ۱۴ ایستگاه غلظت LAS بیش‌تر از حد مجاز مصرف برای کشاورزی، آبیاری و تخلیه به چاه جاذب

است و در ۴ ایستگاه بیش‌تر از حد مجاز تخلیه شوینده‌ها به منابع آب سطحی (۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) است. غلظت LAS تنها در ۲ ایستگاه پایین‌تر از حد مجاز شوینده‌ها در آب آشامیدنی بر اساس استاندارد ایران و WHO است و در سایر ایستگاه‌ها، غلظت LAS بیش‌تر از حد مجاز شوینده‌ها در آب آشامیدنی (۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر) است. هم‌چنین میانگین LAS در کل حوضه مورد مطالعه (۱/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر) بیشتر از حد مجاز اعلام شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست ایران، جهت مصارف کشاورزی، آبیاری و آشامیدن است. برخلاف مطالعه حاضر، نتایج مطالعات Babaei و همکاران در دریاچه نئور اردبیل نشان داد غلظت LAS در آب دریاچه نئور به دلیل عدم منابع ورود این آلاینده در دریاچه کم‌تر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست جهت تخلیه به منابع آب سطحی بوده (۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) و حداکثر غلظت آن ۰/۰۳۴ میلی‌گرم بر لیتر است [۳۹]. در مطالعه Piresaheb و همکاران غلظت LAS در پساب خروجی از تصفیه‌خانه شهر پاوه با استفاده از روش تصفیه هوادهی گسترده از حد مجاز تخلیه به منابع آب سطحی کم تر بوده اما از نظر مصارف کشاورزی و آبیاری غلظت LAS در ۳ ماه زمستان به دلیل کاهش دما و کاهش تجزیه بیولوژیکی LAS بالاتر از حد مجاز بوده است [۴۰]. نتایج مطالعات Akkan نیز نشان داده است غلظت LAS در رودخانه Harsit ترکیه بالاتر از حد مجاز اعلام شده جهت آشامیدن بوده است [۱]. واضح است که هرچقدر منابع ورود و غلظت LAS در منابع آبی بیش‌تر باشد با استاندارد مجاز LAS فاصله بیشتری خواهد داشت و بالعکس. با توجه به این که بخشی از آب رودخانه عباس‌آباد جهت مصارف کشاورزی و آبیاری سبزیجات و باغات استفاده می‌شود، لازم است کنترل بیش‌تری بر روی ورود فاضلاب به داخل رودخانه‌ها صورت گیرد و با مدیریت مناسب و حفظ حریم رودخانه‌ها، شرایط مطلوب کیفیت آب را برای استفاده آبزیان و انسان فراهم کرد.

با توجه به این که بخش زیادی از آلاینده LAS، جذب ذرات معلق و رسوبات می‌شود، نمونه برداری و مطالعه همزمان آب و رسوب می‌توانست اطلاعات دقیق‌تری از کیفیت آب رودخانه عباس‌آباد در اختیار قرار دهد که به دلیل نداشتن امکانات و ابزارهای کافی برای نمونه برداری رسوب، دشواری نمونه‌برداری رسوب و عدم دسترسی مستقیم به بخش‌هایی از رودخانه که دارای شیب و ارتفاع زیادی بودند و مهم‌تر از همه کمبود زمان امکان این امر فراهم نشد. امید است در مطالعات آینده، پژوهش‌های بلندمدت در بخش‌های مختلف آب، رسوب و خاک، مقایسات فصلی غلظت LAS، با تعداد نمونه‌های بیش تر مورد توجه ویژه قرار گیرد. هم‌چنین در قالب توصیه پژوهشی؛ بررسی اثرات اکولوژیک و سلامت سورفاکتانت‌ها در ترکیب با سایر آلاینده‌ها و بررسی عوامل مؤثر بر غلظت سورفاکتانت‌ها و در قالب توصیه اجرایی، استفاده از بیوسورفاکتانت‌ها در ساختار شوینده‌ها از جمله گلایکولیپیدها و لیپوپپتیدها با خاصیت زیست تخریب‌پذیری و دوستدار محیط‌زیست، کنترل و نظارت بر دفع بهداشتی فاضلاب واحدهای خدماتی مجهز به مخازن سپتیک و اخطار و برخورد قانونی با واحدهای آلاینده و خاطی و متصل شدن فاضلاب واحدهای مسکونی، خدماتی، رفاهی و گردشگری حاشیه

رودخانه‌ها به شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری پیشنهاد می گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه غلظت زیاد LAS را در رودخانه عباس‌آباد نشان داد که نشان‌دهنده ورود فاضلاب تصفیه نشده و یا با تصفیه ناکافی به رودخانه است. یافته‌های مطالعه نشان می دهد در حال حاضر با این سطح غلظت از LAS در رودخانه عباس‌آباد همدان، نگرانی قابل توجهی بر سلامت انسان وجود ندارد اما شایسته است از ورود فاضلاب‌های تصفیه نشده و یا با تصفیه ناکافی به منابع ارزشمند آبی جلوگیری کرده و از بروز حوادث ناگوار احتمالی بر محیط زیست، سلامت انسان و سایر جانداران در آینده پیشگیری کرد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست است. به این وسیله از دانشگاه ملایر جهت حمایت مالی تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

[1] Akkan T. An assessment of linear alkylbenzene sulfonate (LAS) pollution in Harsit Stream, Giresun, Turkey. *Fresenius Environ Bull* 2017; 26(5): 3217-21.

[2] Pérez-López M, Arreola-Ortiz A, Zamora PM. Evaluation of detergent removal in artificial wetlands (biofilters). *Ecol Eng* 2018; 122: 135-42.

[3] Ríos F, Fernández-Arteaga A, Lechuga M, Fernández-Serrano M. Ecotoxicological Characterization of Surfactants and Mixtures of Them. In: Toxicity and Biodegradation Testing. 978-1-4939-7425-2, New York, NY. *Humana Press* 2018; 311-30.

[4] Jones-Costa M, Franco-Belussi L, Vidal FAP, Gongora NP, Castanho LM, dos Santos Carvalho C, et al. Cardiac biomarkers as sensitive tools to evaluate the impact of xenobiotics on amphibians: the effects of anionic surfactant linear alkylbenzene sulfonate (LAS). *Ecotoxicol Environ Saf* 2018; 151: 184-90.

[5] Babaei F, Ehrampoush MH, Eslami H, Ghaneian MT, Fallahzadeh H, Talebi P, et al. Removal of linear alkylbenzene sulfonate and turbidity from greywater by a hybrid multi-layer slow sand filter microfiltration ultrafiltration system. *J clean prod* 2019; 211: 922-31. [Farsi]

[6] Metian M, Renaud F, Oberhänsli F, Teyssié JL, Temara A, Warnau M. Biokinetics of the anionic surfactant linear alkylbenzene sulfonate (LAS) in the marine fish Sparus aurata: Investigation via seawater and food exposure pathways. *Aquat Toxicol* 2019; 216: 1-7.

[7] Hashim NH, Abu Bakar A, Awang Z, Arish M, Arshad NA. Anionic surfactants in environmental water samples: a review. *Sustain Environ Technol* 2018; 1: 67-78.

[8] Nicaise BTG, Rose EK, Aké AOY, Habib KY, Bernard YO. Study of Pollution by Anionic Surfactants and Orthophosphates in M'koa Lake (Jacqueville, Côte d'Ivoire). *Am J Environ Prot* 2018; 7(6): 70-8.

[9] Suresh A, Abraham J. An Overview on the Microbial Degradation of Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) Surfactants. In: Phyto and Rhizo Remediation. *Springer* 2019; 301-13.

[10] Zhou J, Wu Z, Yu D, Pang Y, Cai H, Liu Y. Toxicity of linear alkylbenzene sulfonate to aquatic plant Potamogeton perfoliatus L. *Environ Sci Pollut Res* 2018; 25(32): 32303-11.

[11] Bradai M, Han J, El Omri A, Funamizu N, Sayadi S, Isoda H. Cytotoxic effect of linear alkylbenzene sulfonate on human intestinal Caco-2 cells: associated biomarkers for risk assessment. *Environ Sci Pollut Res* 2014; 21(18): 10840-51.

[12] Alkhadher SAA, Zakaria MP, Yusoff FM, Kannan N, Suratman S, Keshavarzifard M, et al. Baseline distribution and sources of linear alkyl benzenes (LABs) in surface sediments from Brunei Bay, Brunei. *Mar Pollut Bull* 2015; 101(1): 397-403.

[13] Rinawati T, Takada H. Molecular marker of sewage contamination: distribution of linear alkyl benzenes (LABs) in Jakarta River. *Prosiding SEMIRATA* 2013; 1(1):345-50.

[14] Wang JZ, Zhang K, Liang B. Tracing urban sewage pollution in Chaohu Lake (China) using linear alkylbenzenes (LABs) as a molecular marker. *Sci Total Environ* 2012; 414: 356-63.

[15] Magam SM, Zakaria MP, Halimoon N, Aris AZ, Kannan N, Masood N, et al. Evaluation of distribution and sources of sewage molecular marker (LABs) in selected rivers and estuaries of Peninsular Malaysia. *Environ Sci Pollut Res* 2016; 23(6): 5693-704.

[16] Riyahi Bakhtiari A, Javedankherad I, Mohammadi J, Taghizadeh R. Distribution of linear alkylbenzenes as a domestic sewage molecular marker in surface sediments of International Anzali Wetland in the

southwest of the Caspian Sea, Iran. *Environ Sci Pollut Res* 2018; 25(21): 20920-9.

[17] Balcıoğlu EB. Seasonal changes of LAS, phosphate, and chlorophyll-a concentrations in coastal surface water of the Prince Islands, Marmara Sea. *Mar Pollut Bull* 2019; 138: 230-4.

[18] USEPA. technical overview of ecological risk assessment - Analysis Phase: Ecological Effects Characterization. Washington, DC 2007.

[19] Organization HMaP. Statistical Calendar of Hamadan Province in 2015. Hamedan: Hamedan Management and Planning Organization - Deputy of Statistics and Information 2015; 724. [Farsi]

[20] Vanaei A, Marofi S, Azari A. Self-purification of interval mountainous Abbas Abad River of Hamedan. *J Environ Stud* 2018; 43(4): 727-42. [Farsi]

[21] APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC, USA, American Public Health Association 2005; 548.

[22] Hoshyari E, Hasanzadeh N, Charkhestani A. Ecological and health risk assessment of linear alkylbenzene sulfonates in Doroodzan dam (Fars). *Iran J Health Environ* 2019; 12(1): 129-40. [Farsi]

[23] Jurado E, Fernández-Serrano M, Nunez-Olea J, Luzon G, Lechuga M. Simplified spectrophotometric method using methylene blue for determining anionic surfactants: applications to the study of primary biodegradation in aerobic screening tests. *Chemosphere* 2006; 65(2): 278-85.

[24] USEPA. Exposure factors handbook. Washington, DC: Office of Health and Environmental Assessment, United States Environmental Protection Agency 2011; 107.

[25] USEPA. Guidance on selecting age groups for monitoring and assessing childhood exposures to environmental contaminants. Risk Assessment Forum, Washington, DC 2005; 50.

[26] Sharma BM, Bečanová J, Scheringer M, Sharma A, Bharat GK, Whitehead PG, et al. Health and ecological risk assessment of emerging contaminants (pharmaceuticals, personal care products, and artificial sweeteners) in surface and groundwater (drinking water) in the Ganges River Basin, India. *Sci Total Environ* 2019; 646: 1459-67.

[27] Hamadan municipality information database. Abbasabad River was exited from Hamedan water supply cycle due to microbial contamination. Hegmatan Newspaper [Serial online]. 2017; Available at :

http://news.hamedan.ir/ShowContext.aspx?ID=5930. 25/07/2017.

[28] Nafe M, Hashemi M, Ghaderi F, Reyahi Khoram M. Assessment of variation of Abbasabad river water quality in Hamadan city. First National Conference on Health, Environment and Sustainable Development; Islamic Azad University of Bandar Abbas 2011; 1-8. [Farsi]

[29] Dadaye Ghandi A, Esmaeli Sari A, Khodaparst S. Assessing water contamination with anionic surfactants in Anzall Lagoon. *Iran Sci Fish* J 2005; 14(3): 61-8. [Farsi]

[30] Babaei H, Khodaparast S. Determination of linear alkyl benzene sulfonate (LAS) detergent pollution concentration in water of Sefidrood river in Guilan province. *J Aquat Sci* 2010; 1(3): 35-45. [Farsi]

[31] Wei GL, Liu LY, Bao LJ, Zeng EY. Tracking anthropogenic influences on the continental shelf of China with sedimentary linear alkylbenzenes (LABs). *Mar Pollut Bull* 2014; 80(1-2):80-7.

[32] Khayadani M, Pour Moghadas H, Goudarzi B, Vahid Dastjerdi M. Investigation of linear alkyl benzene sulfonate (LAS) concentration in Zayandehrood area (from Aseman Cham to Ziar Bridge), its peripheral wells and south Isfahan wastewater treatment plant. 11th National Conference on Environmental Health. 7-9 october, Zahedan, Zahedan University of Medical Sciences 2008; 1-7. [Farsi]

[33] Hajian Nejad M, Godarzi B, Taheri E, Vahid Dastjerdi M. Investigation of linear alkyl benzene sulphonate (LAS) concentration in Zayanderood River and Wells in skirt of Zayanderood in 2007. *J Health Syst Res* 2012; 7(6): 1-9. [Farsi]

[34] Bergé A, Wiest L, Baudot R, Giroud B, Vulliet E. Occurrence of multi-class surfactants in urban wastewater: contribution of a healthcare facility to the pollution transported into the sewerage system. *Environ Sci Pollut Res* 2018; 25(10): 9219-29.

[35] Uc-Peraza R, Delgado-Blas V. Acute toxicity and risk assessment of three commercial detergents using the polychaete Capitella sp. C from Chetumal Bay, Quintana Roo, Mexico. *Int Aquat Res* 2015; 7(4): 251-61.

[36] Hampel M, Canário J, Branco V, Vale C, Blasco J. Environmental levels of Linear alkylbenzene Sulfonates (LAS) in sediments from the Tagus estuary (Portugal): environmental implications. *Environ Monit Assess* 2009; 149(1-4): 151-61.

[37] Soleimani Roudi A, Nasrollahzade Saravi H, Afraei MA, Younesipour H. Spatial and Temporal

Concentration of Anionic Surfactant of Water in the Southern Caspian Sea. *J Oceanogr* 2015; 6(22):107-14. [Farsi]

[38] WHO. Guidelines for drinking-water quality. 4th ed. Geneva, World Health Organization 2011; 631.

[39] Babaei H, khodaparast SH, Dadayghandi A. Nuoor Lake water quality assessment in Ardbil provence determination heavy metals and detergent. 8th National Seminar of Chemistry and Environment of Iran, Kharazmi Univercity 2018; 1-5. [Farsi]

[40] Pirsaheb M, Khamutian R, Dargahi A. Efficiency of Activated Sludge Process (Extended Aeration) in Removal of Linear Alkyl Benzene Sulfonate (LAS) from Municipal Wastewater-Case Study: Wastewater Treatment of Paveh City. *J Health* 2013; 4(3): 249-59. [Farsi]

The Use of Linear Alkylbenzene Sulphonates as a Molecular Marker for Tracing Urban Sewage Pollution in Abbasabad River (Hamadan) in 2019: A Descriptive Study

F. Jafari[1], N. Hassanzadeh[2]

Received: 02/06/2020 Sent for Revision: 15/06/2020 Received Revised Manuscript: 21/06/2020 Accepted: 28/06/2020

Background and Objectives: In the past decades, due to population growth and industrial activities, important water resources around the world have been exposed to domestic, industrial and agricultural wastewater. One of the most important wastewater pollutants is linear alkylbenzene sulphonates (LASs). This study aimed to investigate the concentration and health risk assessment of these compounds in the Abbasabad River in Hamadan.

Materials and Methods: This descriptive study was conducted in the spring of 2019 from the water sample of Abbasabad River in 17 stations. In this study, the optimized and modified method of methylene blue was used to measure the amount of LAS. After preparing the samples using the methylene blue method, the organic phase of the sample was separated and the LAS absorption was read using a spectrophotometer at a wavelength of 650 nm, and the LAS concentration was calculated using the obtained absorption and calibration curve. LAS health risk assessment was performed by calculating the risk quotient (RQ) index.

Results: The results showed LAS concentration ranged from 0.11 to 2.65 mg/L with a mean of 1.25 mg/L. Based on field observations, the entry of untreated wastewater into the Abbasabad River was the main cause of the high concentration of LAS. The results of the health risk assessment showed no risk in different age groups.

Conclusion: The results show that at this level of LAS concentration in the Abbasabad River of Hamadan, there is no significant concern for human health. However, it is worthwhile to prevent the entry of untreated or inadequately treated wastewater into valuable water resources.

Key words: Linear alkyl benzene sulphonates (LAS), Detergent, Health risk, Abbasabad River

Funding: This study was funded by Malayer University.

Conflict of interest: None declared**.**

Ethical approval: None declared.

How to cite this article: Jafari F, Hassanzadeh N. The Use of Linear Alkylbenzene Sulphonates as a Molecular Marker for Tracing Urban Sewage Pollution in Abbasabad River (Hamadan) in 2019: A Descriptive Study. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2020; 19 (5): 431-46. [Farsi]

1- MSc Student. Dept. of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran, ORCID: 0000-0001-6877-668X

2- Assistant Prof., Dept. of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran, ORCID: 0000-0003-4530-2312

(Corresponding Author): Tel: (081) 33339843, Fax: (081) 33339843, E-mail: nasrinhassanzadeh@gmail.com