علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره سیزدهم، شماره چهار، زمستان ۹۰

بررسی آلودگی میکروبی رودخانه هراز و تعیین کاربری های مجاز آب رودخانه با توجه به استانداردهای جهانی

ناهید شهسواری پور[۱]*

n_shahsavaripour@yahoo.com

عباس اسماعیلی ساری[۲]

تاریخ دریافت:۸۶/۲/۱۵ **تاریخ پذیرش:۸۶/۵/۲۰**

چکیده

محدودیت منابع آب و افزایش احتمالی آلودگی آب‌ها به انواع آلاینده ها در اثر فعالیت های انسانی منجر به تشدید طرح کنترل کیفیت آب‌ها گردیده است. از طرفی پیامدهای اجتماعی و اقتصادی ناشی از مصرف مستقیم و غیر مستقیم آب آلوده اهمیت این کنترل را دو چندان کرده است. آلودگی مدفوعی منابع آب یکی از مشکلات مهم و اساسی بهداشت آب می باشد که جهت جلوگیری و پیشگیری از اپیدمی بیماری‌های میکروبی گوارشی، شناسایی آن ها حایز اهمیت است. به منظور مطالعه و تعیین کیفیت آب رودخانه هراز نمونه برداری از این رودخانه طی سال‌های ۸۳-۱۳۸۲ به صورت ماهانه از ۱۷ ایستگاه در محدوده امام زاده هاشم تا پلیس راه بایجان انجام گرفت. نمونه های آب از نظر آلودگی میکروبی با توجه به شاخص های موجود (ایشرشیاکلی، کل باکتری های مدفوعی و کلیفرم مدفوعی) مورد بررسی و آنالیز قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان آلودگی در پایین دست رودخانه بیشتر از بالا دست رودخانه می باشد و آلودگی میکروبی رودخانه هراز در فصل بهار در تمامی ایستگاه‌ها بیشتر از سایر فصول است. نتایج همچنین بیانگر این است که میانگین ایشرشیاکلی و کلیفرم در آب‌های رودخانه هراز در مقایسه با استانداردهای جهانی به دلیل انواع فاضلاب‌های خانگی، شهری، کشاورزی، ازدحام جمعیت و... از حد استاندارد تعیین شده برای اکثر کاربری‌ها بسیار فراتر بوده و آب این رودخانه از کیفیت بهداشتی مناسبی برخوردار نیست.

واژه های کلیدی: رودخانه هراز، آلودگی میکروبی، ایشرشیاکلی، کلیفرم، استان مازندران.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس*(مسئول مکاتبات)

۲- دانشیار و مدیرگروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

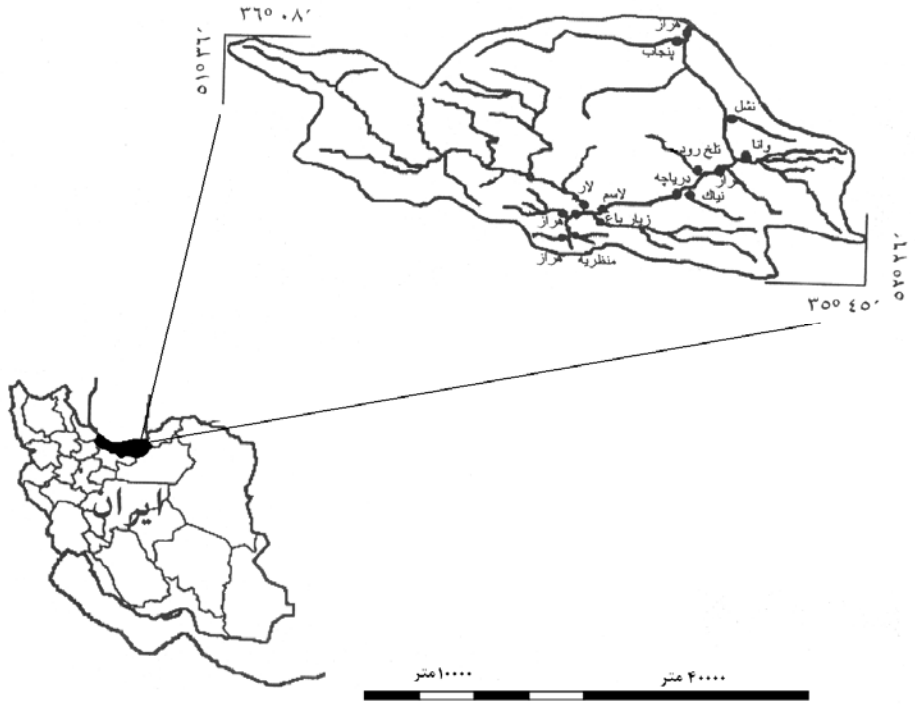
مقدمه

آب با ارزش ترین و مهم ترین ماده مورد نیاز بشر است و در مصارف آشامیدنی، بهداشتی، کشاورزی و صنعتی کاربرد و اهمیت آن نمایان می گردد. رشد روز افزون جمعیت، ارتقای سطح زندگی، توسعه شهرنشینی، صنایع و کشاورزی از عواملی هستند که افزایش مصرف آب و تولید فاضلاب در اجتماعات را باعث شده و موجب آلودگی محیط زیست می شوند (۱). محدودیت منابع آب و عدم تناسب مکانی و زمانی آن موجب ایجاد چالش هایی در ایران، همانند کل جهان شده است. به طوری که در آغاز قرن ۲۱ تعداد ۲۶ کشور جهان از کمبود منـابع آب رنج می برده اند. این کمبود در سال ۲۰۵۰ حدود یک سوم از مردم دنیا را تهدید خواهد کرد (۲). این مسئله نیاز به برنامه ریزی و جلوگیـــری از حـدر رفتن آب، کنترل و حفاظت از آن را ایجاب می نماید. مطالعه دقیق منابع آب و تعیین آلاینده های آن، پیشگیری، کنترل آلودگی آن‌ها و استفاده بهینه از منابع آب موجود با توجه به افزایش نیاز آبی الزامی است. آب‌های سطحی استعداد زیادی برای آلوده شدن دارند. این آب‌ها از دیر باز به طور جدی از سوی جوامع بشری و مراکز صنعتی مورد تهدید بوده اند که نتیجه آن فاضلابی است که از صنایع تولیدی و غیر تولیدی ایجاد شده و باعث به مخاطره انداختن شرایط اکولوژیک زیستگاه-های آب زیان در این اکوسیستم ها می شود. رودخانه هراز یکی از رودخانه های مهم حوزه جنوبی دریای خزر (شکل۱)، پر آب ترین رودخانه غرب مازندران و یکی از ۳ رودخانه پر آب شمال کشور محسوب می شود(۳) که از دامنه شرقی کوه پالون گردن،۸۰ کیلومتری جنوب غربی آمل و ۷۰ کیلومتری جنوب غربی نور سرچشمه گرفته و تا پلور، رودخانه لار و از آن پس هـراز نامیده می شود (۴). این رودخانه یکی از رودخانه های دایمی استان مازندران است که هنگام عبور از آمل آن را به دو بخش شرقی و غربی تقسیم می کند. طول رودخانه هراز ۱۸۵ کیلومتر بوده (۳) و حوزه آبخیز رودخانه هراز با مساحتی حدود ۵۱۰۰ کیلو متر مربع در بخش شمالی سلسله جبال البرز ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی واقع شده است (۴). در ایران هم چون تمام دنیا از رودخانه ها به عنوان منابع مهم اقتصادی استفاده های مختلفی به عمل می آید که اهمیت آن‌ها را برای ما مشخص می سازد. استفاده از آب‌های جاری و سطحی معمولاً بدون برنامه ریزی بوده و حداکثر بهره برداری از آن‌ها صورت می گیرد (۵). رودخانه هراز از زمان‌های کهن به عنوان یک منبع آبی مهم در زندگی مردم منطقه نقش مهمی را ایفا نموده که بقایای راه‌های سنگی و آثار باستانی حاشیه رودخانه نشان دهنده این حقیقت است. امروزه نیز این رودخانه نقش مهمی را در زندگی مردم منطقه به خصوص در بخش کشاورزی ایفا می کند. ولی متأسفانه عدم مدیریت صحیح آب آن و کم توجهی به آلودگی و حفاظت از این رودخانه، دپوی زباله های شهری در جوار آن، تخلیه فاضلاب های صنعتی و شهری و روستایی به داخل رودخانه هراز باعث گردیده تا از کیفیت آن کاسته و بر آلودگی آن افزوده شود. با توجه به اهمیتی که آب رودخانه هراز در کشاورزی منطقه حوزه آبریز خود و به ویژه در محیط زیست دریای خزر دارد و همین طور با توجه به اهمیت حیات آب زیان، حفظ تعادل اکولوژیکی رودخانه هراز و شناخت هر چه دقیق تر وضعیت کیفی آب رودخانه انجام مطالعه ای در زمینه آلودگی میکروبی این رودخانه امری ضروری به نظر می رسد. یکی از رایج ترین خطرات آب آلودگی مستقیم و غیر مستقیم آن توسط پساب‌های آلوده به مدفوع انسانی و یا حیوانی می باشد. شرب چنین آب‌های آلوده و یا استفاده از آن در طبخ و آماده سازی برخی غذاها یا تماس از طریق شستشو و حمام کردن، حتی تنفس بخار آب آلوده ممکن است بیماری هایی را موجب شود. آلودگی مدفوعی منابع آب یکی از مشکلات مهم و اساسی بهداشت آب می باشد که جهت جلوگیری و پیشگیری از اپیدمی بیماری‌های میکروبی گوارشی شناسایی آن ها حایز اهمیت می باشد (۶). در حال حاضر جهت کنترل کیفی آب علاوه بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی، آب را از نظر آلودگی میکروبی با توجه به شاخص های موجود (کل باکتری های مدفوعی، کلیفرم‌ها و ایشرشیاکلی) مورد آنالیز و بررسی قرار می دهند (۲). به منظور مطالعه و تعیین وضعیت آلودگی میکروبی آب رودخانه هراز، مقایسه آلودگی میکروبی در ایستگاه های بالا

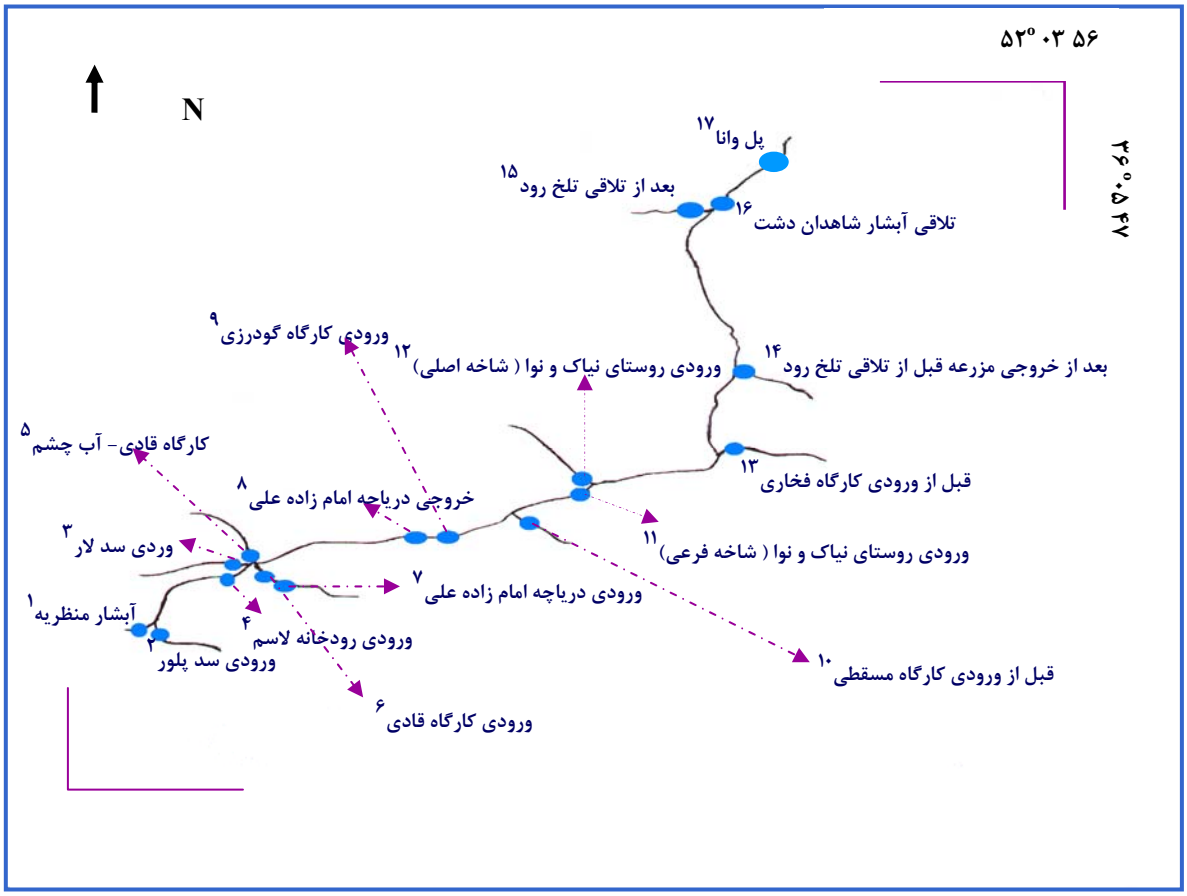
دست و پایین دست رودخانه، مقایسه آلودگی میکروبی در فصول و ماه های مختلف سال و همچنین مقایسه آب رودخانه با استانداردهای EPA جهت تعیین کاربری‌های مختلف، آب این رودخانه طی چهار فصل (از بهمن ۱۳۸۲ تا آذر ۱۳۸۳) در ۱۷ ایستگاه (شکل۲) نمونه برداری شده و مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی

رودخانه هراز از رودخانه های مهم حوزه جنوبی دریای خزر می باشد که علاوه بر زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی و رستوران‌ها، مزارع تکثیر و پرورش زیادی در آن تجمع یافته و در حال تولید می باشند. بر اساس آخرین آمار شیلات در این منطقه ۱۹مزرعه در حال بهره برداری و ۹ مزرعه در شرف تأسیس و برای تأسیس ۱۱ مزرعه پرورش ماهی موافقت اصولی اخذ شده است (۵). به دلیل عدم امکان بررسی تمام طول رودخانه مورد نظر، ۴۰ کیلومتر از طول رودخانه که محل اصلی کارگاه‌های پرورش ماهی بوده (امامزاده هاشم تا پلیس راه بایجان) و آلودگی بالاتری نسبت به سایر قسمت های رودخانه دارد به منظور مطالعه انتخاب گردید.



شکل ۱- موقعیت و سیمای عمومی منطقه مورد مطالعه



شکل ۲- موقعیت ایستگاه های مورد مطالعه در رودخانه هراز

- نمونه برداری

عملیات نمونه برداری به صورت ماهانه (هر ماه یک بار و معمولاً اواسط هر ماه) از ۱۷ ایستگاه تعیین شده انجام گردید. نمونه برداری طی ساعات ۷:۳۰ صبح لغایت ۱۲ ظهر در یک روز انجام می گرفت. برای اخذ نمونه های آب از لوله های پلاستیکی استریل قابل اتوکلاو شدن استفاده شد. نمونه آب از وسط رودخانه به صورت یکجا تهیه و نمونه ها در کم ترین زمان ممکن به آزمایشگاه (در ماه‌های گرم در کنار یخ) منتقل شدند (۷).

- آماده سازی نمونه ها

پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه ابتدا با استفاده از سرم فیزیولوژی استریل از هر نمونه رقت‌های 10^{-1}، 10^{-2}، 10^{-3} تهیه و ترجیحاً از رقت 10^{-2} میزان ۱۰۰ و یا ۵۰ میکرولیتر به هر پلیت محیط کشت منتقل و پس از پخش نمونه به روش pour plate، پلیت‌های کشت در دمای ۳۷ °C ۳۵-۳۷ به مدت ۱۸-۲۴ ساعت انکوبات و سپس نسبت به شمارش پرگنه های باکتریایی اقدام گردید. برای شمارش کلی باکتری‌ها از محیط آگار مغذی و برای شمارش کلیفرم و *E.coli* از محیط مکانکی آگار (MacConkey agar) استفاده شد. محیط‌های کشت ۲۴-۴۸ ساعت قبل از اخذ نمونه ها آماده می گردید.

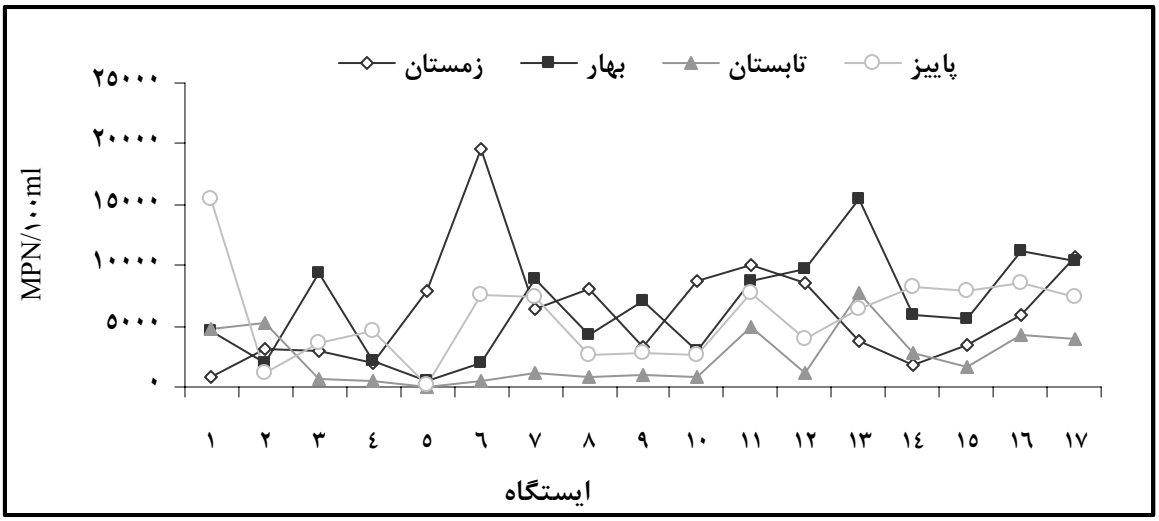
- تجزیه و تحلیل آماری

جهت آنالیز آماری و تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار Spss و Excel استفاده شد. ابتدا داده ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov مورد آزمون نیکویی برازش (نرمالیتی) قرار گرفتند. پس از آن که مشخص شد داده ها نرمال هستند. روش آماری Parametric انتخاب گردید. جهت بررسی وجود اختلاف آماری معنی دار بین ایستگاه‌ها و فصول مختلف سال از آنالیز واریانس یک طرفه (One way ANOVA) و آزمون LSD استفاده شد.

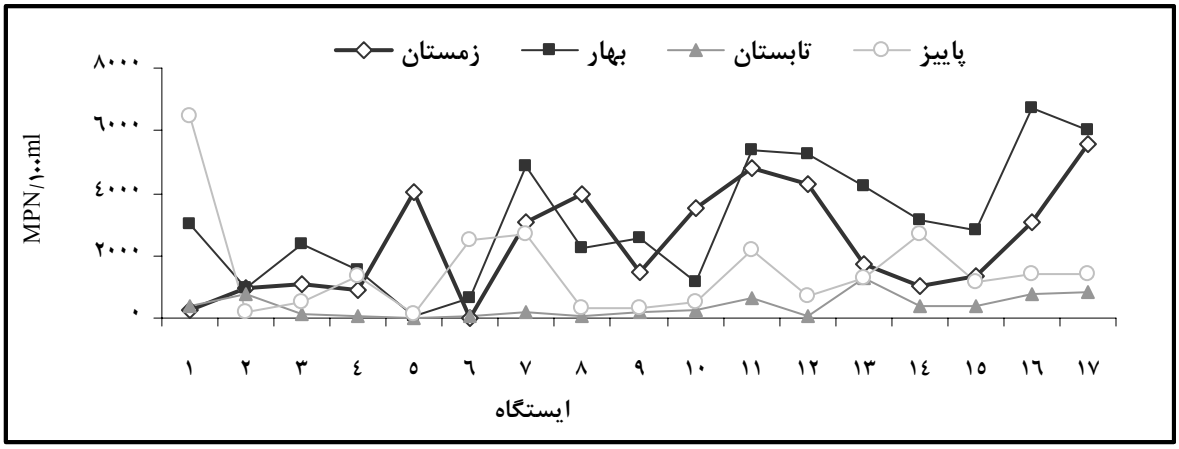
نتایج

نتایج نشان داد که میانگین کل باکتری ها در ایستگاه های مورد مطالعه از ۲۱۳۸/۹۱۷MPN /۱۰۰ml در ایستگاه ۵ تا ۸۳۵۲/۷۵ MPN /۱۰۰ml در ایستگاه ۱۳ نوسان داشت (نمودار۱). میانگین کلیفرم در ایستگاه های مورد مطالعه از ۷۹۹/۸MPN /۱۰۰ml در ایستگاه ۶ تا ۳۴۵۸/۱۹MPN /۱۰۰ml در ایستگاه ۱۷ نوسان داشت (نمودار۲).

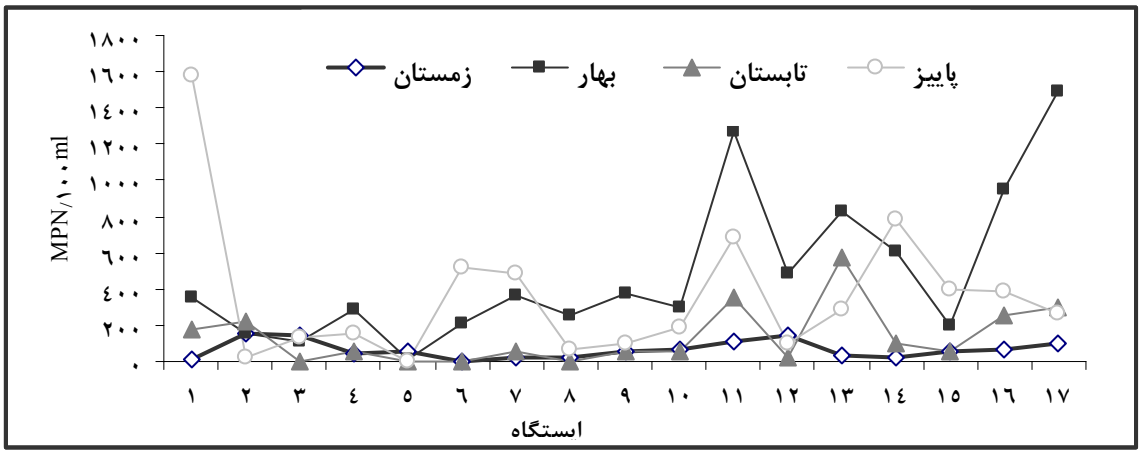
میانگین *E.coli* در ایستگاه های مورد مطالعه از ۱۵/۵۳MPN /۱۰۰ ml در ایستگاه ۵ تا ۶۰۴/۴۱۶ MPN /۱۰۰ml در ایستگاه ۱۱ نوسان داشت (نمودار۳).



نمودار۱- تغییرات میانگین کل باکتری ها(Total count) در ایستگاه های مورد مطالعه در فصول مختلف سال

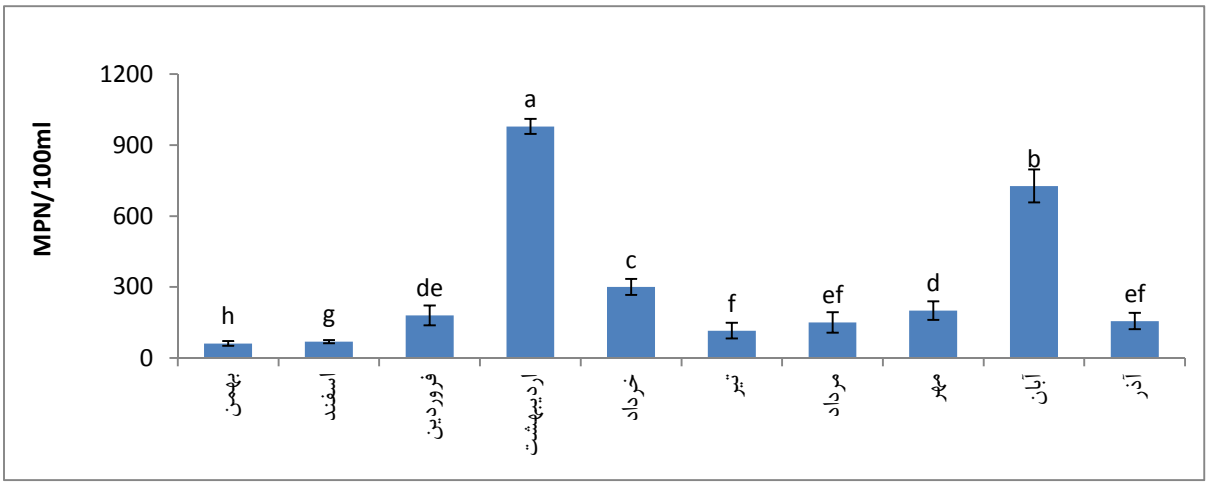


نمودار۲- تغییرات میانگین کلیفرم در ایستگاه های مورد مطالعه در فصول مختلف سال



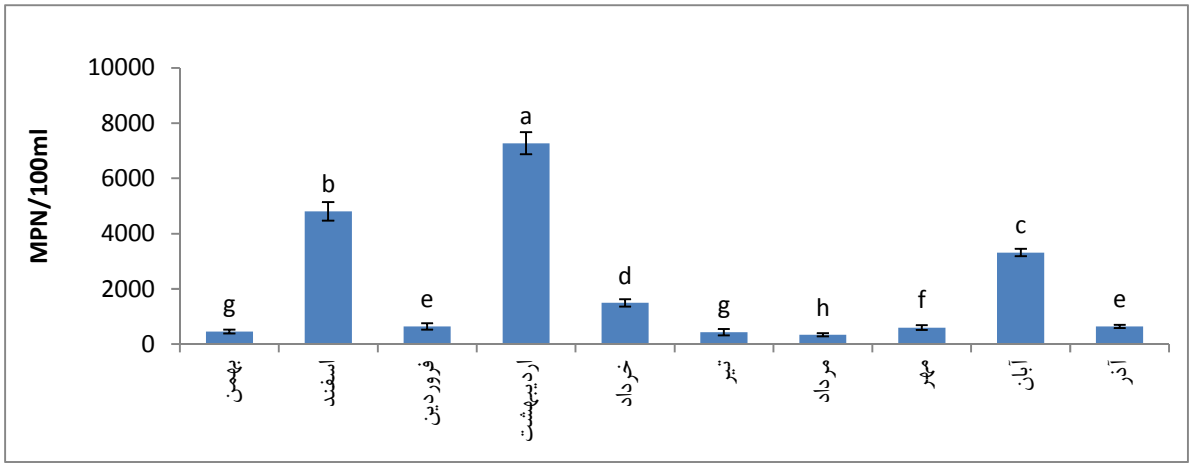
نمودار۳- تغییرات میانگین *E.coli* در ایستگاه های مورد مطالعه در فصول مختلف سال

دامنه تغییرات میانگین *E.coli* در ماه‌های مختلف از ۱۰۰ml/ MPN ۶۱/۳۵ در بهمن ماه تا ۱۰۰ml/ MPN ۹۷۸/۴۳ در اردیبهشت ماه متغیّر می باشد (نمودار ۴).

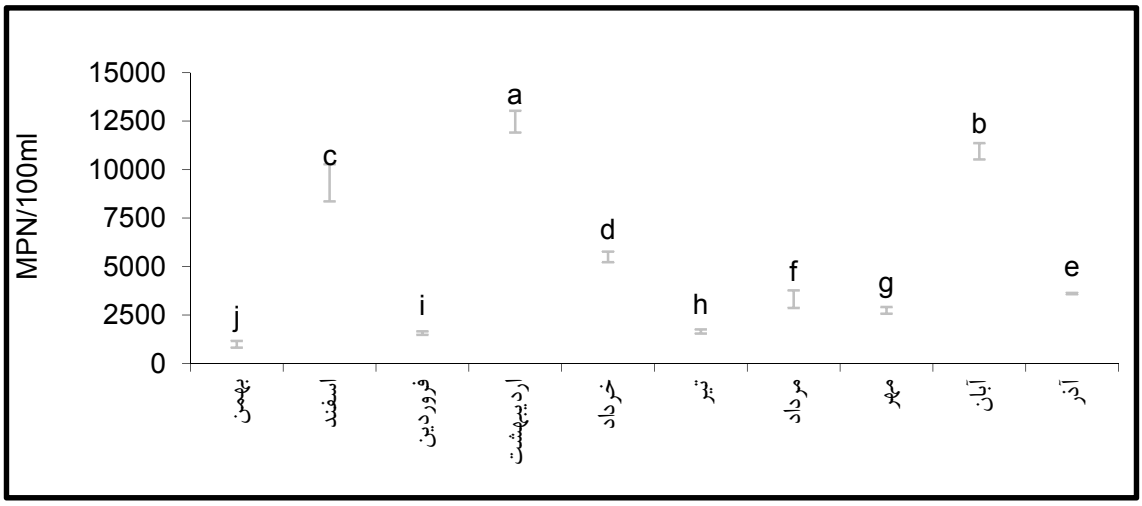


نمودار۴- تغییرات میانگین *E.coli* در ماه‌های مختلف نمونه برداری

دامنه تغییرات میانگین کلی فرم در ماه‌های مختلف از ۱۰۰ml/ MPN ۳۳۵/۳ در مرداد ماه تا ۱۰۰ml/ MPN۷۲۷۰ در اردیبهشت ماه متغّیر است (نمودار ۵).



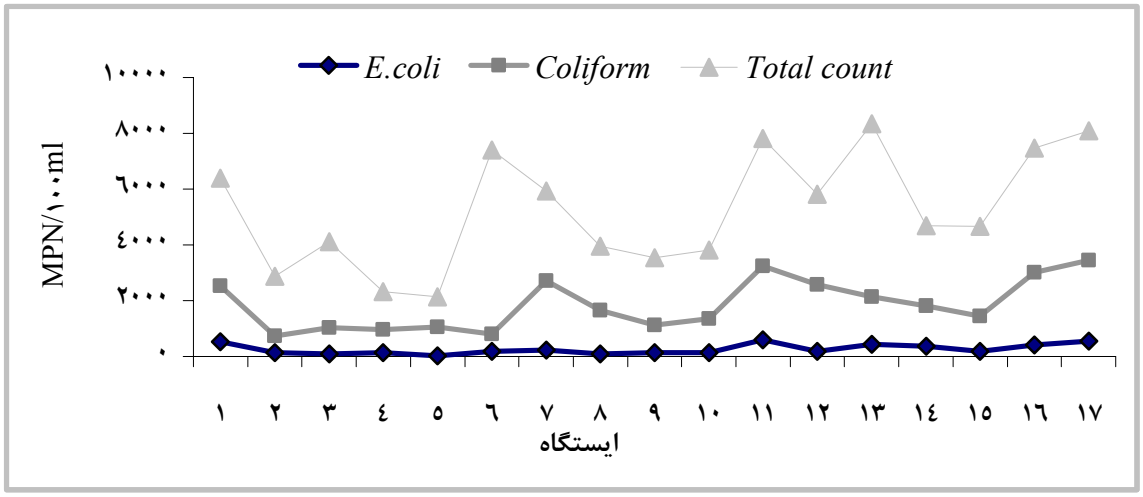
نمودار۵- تغییرات میانگین کلیفرم در ماه های مختلف نمونه برداری



نمودار۶- تغییرات میانگین کل باکتری ها (Total count)در ماه های مختلف نمونه برداری

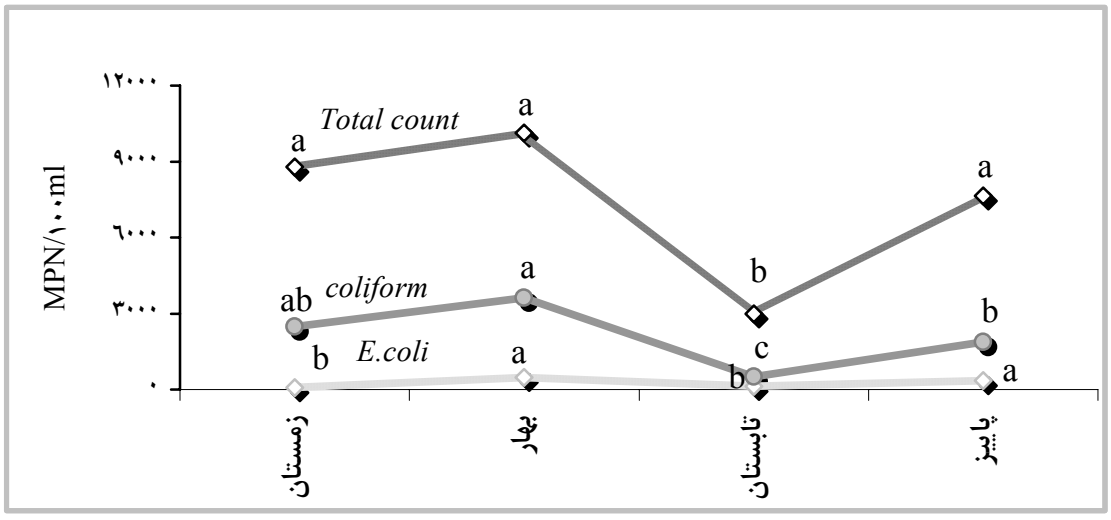
دامنه تغییرات میانگین کل باکتری ها (Total count) در ماه‌های مختلف سال از ۹۷۹/۵۴ MPN /۱۰۰ml در بهمن ماه تا ۱۲۴۶۶/۶۷ MPN /۱۰۰ml در اردیبهشت ماه متغّیر می باشد(نمودار ۶).

نتایج حاصل نشان دادند که بیشترین بار آلودگی میکروبی در این رودخانه در اردیبهشت ماه می باشد.



نمودار۷- مقایسه تغییرات شاخص ها باکتریایی در ایستگاه های مورد مطالعه در رودخانه هراز در کل دوره بررسی

نتایج بررسی نشان داد که در تمامی ماه‌های مورد مطالعه مقدار بار آلودگی میکروبی در ایستگاه های پایین دست بیشتر از ایستگاه های بالا دست رودخانه می باشد (نمودار ۷).



نمودار۸ - مقایسه تغییرات فصلی شاخص ها باکتریایی در رودخانه هراز

در طی مدت بررسی شاخص های باکتریایی مورد بررسی در فصل بهار به طور معنی داری بیشتر از سایر فصول است (نمودار ۸ و جدول ۲).

در کل دوره مورد بررسی ایستگاه های پایین دست رودخانه بار آلودگی میکروبی بالاتری نشان دادند. اما این اختلاف در میزان *E.coli* و کلیفرم در ایستگاه های بالا دست و پایین دست معنی دار نبود (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج آنالیز واریانس یک طرفه میزان باکتری‌ها درایستگاه های مورد بررسی در رودخانه هراز

باکتری های مورد بررسی	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
E.coli	بین گروه ها	۵۱۸۱۱۱۱/۳۹۷	۱۶	۳۲۳۸۱۹/۴۶۲	۱/۲۲۰	۰/۲۶۳ ns
	داخل گرو ه ها	۴۳۹۳۲۱۲۸/۹۰۶	۱۱۷	۳۷۵۴۸۸/۲۸۱		
	کل	۴۹۱۱۳۲۴۰/۳۰۳	۱۳۳			
Coliform	بین گروه ها	۱۰۹۵۳۸۱۳۱/۱۵۴	۱۶	۶۸۴۶۱۳۳/۱۹۷	۱/۲۷۳	۰/۲۲۳ ns
	داخل گرو ه ها	۱۴۰۸۶۹۸۱۰۹/۱۱۳	۱۳۹	۱۰۱۳۴۵۱۸/۷۷۱		
	کل	۱۵۱۸۲۳۶۲۴۰/۲۶۷	۱۵۵			
Total count	بین گروه ها	۷۰۵۹۷۴۳۸۸/۷۹۶	۱۶	۴۴۱۲۳۳۹۹/۳۰۰	۳/۰۶۱	۰/۰۰۰ **
	داخل گرو ه ها	۶۲۵۳۱۹۶۱۲۶/۶۵۳	۱۵۲	۴۱۱۳۹۴۴۸/۲۰۲		
	کل	۶۹۵۹۱۷۰۵۱۵/۴۴۹	۱۶۸			

** تفاوت معنی دار در سطح ۹۹٪

ns عدم تفاوت معنی دار

جدول۲- نتایج آنالیز واریانس یک طرفه میزان باکتری‌های مورد مطالعه در فصول مختلف سال

باکتری های مورد بررسی	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
Total count	بین گروه ها	۱۲۱۱۸۳۲۵۴/۰۰۰	۳	۴۰۳۹۴۴۱۸/۱۳۶	۳/۹۱۵	۰/۰۱۲ **
	داخل گرو ه ها	۶۶۰۳۷۱۹۶۹/۶۳۸	۶۴	۱۰۳۱۸۳۱۲/۰۲۶		
	کل	۷۸۱۵۵۵۲۲۴/۰۴۴	۶۷			
Coliform	بین گروه ها	۵۴۶۰۹۹۲۸/۸۹۴	۳	۱۸۲۰۳۳۰۹/۶۳۱	۸/۷۱۷۱	۰/۰۰۰ **
	داخل گرو ه ها	۱۳۳۶۴۶۷۰۶/۳۰۱	۶۴	۲۰۸۸۲۲۹/۷۸۶		
	کل	۱۸۸۲۵۶۶۳۵/۱۹۵	۶۷			
E.coli	بین گروه ها	۱۵۹۹۰۴۳/۷۷۳	۳	۵۳۳۰۱۴/۵۹۱	۶/۶۴۹	۰/۰۰۱ **
	داخل گرو ه ها	۵۱۳۰۳۹۰/۲۹۴	۶۴	۸۰۱۶۲/۳۴۸		
	کل	۶۷۲۹۴۳۴/۰۶۷	۶۷	۴۰۳۹۴۴۱۸/۱۳۶		

تفاوت معنی دار در سطح **۹۹٪

جدول۳- همبستگی بین شاخص های باکتریایی مورد بررسی

	E.coli	***Coliform***
Total count	۰/۷۹۶**	۰/۹۲۴**
Coliform	۰/۷۴۱**	

** همبستگی در سطح احتمال۹۹٪

تفسیر نتایج

تغییرات شاخص‌های میکروبیولوژی مورد بررسی رودخانه هراز در طول ایستگاه ها و فصول مختلف بسیار گسترده است. یکی از شاخص های مورد بررسی *E.coli* می باشد که در این بررسی مقدار آن در فصل زمستان حداقل و در فصل بهار حداکثر است. بیشترین مقدار این شاخص در ایستگاه ۱۱ و کم ترین مقدار آن در ایستگاه ۵ دیده شد.

بالاترین مقدار *E.coli* به ترتیب در فصل بهار، پاییز، تابستان و زمستان به دست آمد، که بیشترین مقدار*E.coli* با فصول پرباران این منطقه (۸، ۹) هم خوانی دارد. تحقیقات Buckalew و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که مقدار *E.coli* در ماه‌های سرد کاهش می یابد (۱۰). نتایج تحقیق حاضر نیز گویای همین مورد است. تحقیقات Kim و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان داد که میزان *E.coli* در ماه‌های مرطوب ۷ برابر بیشتر از ماه‌های کم باران می باشد (۱۱). کاهش مقدار *E.coli* در فصل تابستان به دلیل کم شدن میزان بارندگی، کاهش رواناب و کاهش ذرات معلق در آب رودخانه می باشد. نتایج تحقیقات An و همکاران (۲۰۰۲) مشابه نتایج تحقیق حاضر است(۱۲).

یکی دیگر از عوامل تعیین کننده کیفیت میکروبی محیط های آبی، مقدار کلیفرم می با شد که مقدار این عامل در ایستگاه های مختلف و ماه های مختلف نوسان زیادی دارد و بیشترین مقدار آن در فصل بهار و کمترین مقدار در فصل تابستان می باشد. مقدار میانگین این عامل در ایستگاه های مورد مطالعه از ۷۹۹/۸ MPN /۱۰۰ml در ایستگاه ۶ تا ۳۴۵۸/۱۹ MPN /۱۰۰ml در ایستگاه ۱۷ نوسان داشت. عامل مورد بررسی دیگر کل باکتری ها (Total count) می باشد که این عامل هم بیشترین مقدار را در فصل بهار و کمترین مقدار را در فصل تابستان داشت. مقدار میانگین این عامل در ایستگاه های مورد مطالعه از MPN /۱۰۰ml ۲۱۳۸/۹۱۷ در ایستگاه ۵ تا MPN /۱۰۰ml ۸۳۵۲/۷۵ در ایستگاه ۱۳ نوسان داشت.

فصل بهار اوج آب دهی رودخانه (۸، ۹) و افزایش نسبی دمای هوا است. در این فصل ذوب برف در ارتفاعات و نزول بارش های بهاری عمل فرسایش را شدت بخشیده و میزان مواد آلاینده طبیعی در آب رودخانه به حداکثر خود در طول سال می رسد و باعث گل آلودگی آب رودخانه می شود. تحقیقات نادری و همکاران (۱۳۸۱) نشان داد که بین میزان کدورت آب و میزان کلیفرم موجود در آب همبستگی مثبت ($0/6<r<0/89$) و معنی داری ($p< 0/001$) وجود دارد (۲). افزایش و کاهش میزان کل باکتری ها (Total count) و باکتری های کلیفرم رودخانه هراز با افزایش و کاهش میزان رسوب گذاری حوزه آبخیز رودخانه (۸) رابطه دارد. Ramos و همکاران (۲۰۰۶)(۱۳)؛ Mvungi و همکاران (۲۰۰۳) (۱۴)؛ Evanson و Ambrose (۲۰۰۶)(۱۵)؛ Mahler و همکاران (۲۰۰۰)(۱۶) رابطه ای قوی بین میزان بارندگی و رواناب ناشی از آن با افزایش میزان بار آلودگی میکروبی آب‌های سطحی به دست آوردند. جریان های سطحی مناطق مسکونی نیز با افزایش بارندگی شدت می یابد. افزایش جریان‌های سطحی باعث افزایش میزان کلیفرم در آب‌های سطحی می شود (۲۱،۲۰،۱۹،۱۸،۱۷،۱۳،۲،۱). استفاده از کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات با شروع فصل کشت (بهار) به بالاترین مقدار خود در این فصل می رسد و سهم زیادی در آلودگی آب این رودخانه دارد. تحقیقات Kim و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان داد که افزایش پساب کشاورزی با افزایش میزان کلیفرم در آب همبستگی بالایی دارد (۱۱). ازدحام مسافران (۲۳،۲۲،۲۰،۱۸) در کنار رودخانه در این فصل و افزایش فعالیت رستوران های اطراف، باعث شده که آلودگی در این فصل در مقایسه با سایر فصول به مراتب بیشتر باشد. از دیگر عواملی که باعث افزایش بار آلودگی میکروبی در این رودخانه می شود، حضور استخر های پرورش ماهی در اطراف رودخانه است که باعث افزایش رسوب گذاری، افزایش غلظت جامدات معلق و مواد آلی در آب های رودخانه می شود، که همه این موارد در افزایش بار میکروبی رودخانه موثر می باشند. با توجه به سیاست کشور مبنی بر افزایش تعداد کارگاه‌های پرورش ماهیان سردابی و همچنین عدم کنترل آلاینده های وارد شده به این رودخانه، در فاصله زمانی نه چندان طولانی آلودگی این رودخانه از معضلات جدی خواهد بود (۲۴).

در فصل تابستان به لحاظ کاهش در میزان بارندگی، پساب های کشاورزی وآلودگی های ناشی از آن، همچنین آلاینده های طبیعی (ناشی از جاری شدن رواناب، فرسایش خاک و انتقال مواد آلاینده از محیط اطراف به رودخانه) در این فصل به حداقل مقدار خود در مقایسه با سایر فصول می رسد

(۱). بعد از فصل تابستان با شروع بارندگی و جاری شدن رواناب و انتقال آلودگی ها از محیط اطراف به رودخانه مجدداً افزایش بار میکروبی را شاهد هستیم که این مقدار در آبان ماه به حداکثر می رسد. پس از آن به نظر می رسد با شروع فصل زمستان و کاهش دما و تبدیل شدن نزولات آسمانی از باران به برف، کم شدن فعالیت رستوران های اطراف، کم شدن ازدحام جمعیت (۱۸و ۲۵) بار آلودگی میکروبی رودخانه کاهش می یابد به طوری که مقدار کلیفرم و کل باکتری ها (Total count) در بهمن ماه به حداقل رسیده و در اسفند ماه با شروع افزایش دما افزایش بار میکروبی در کل رودخانه هراز مشاهده می شود.

در طول دوره بررسی، ایستگاه های پایین دست رودخانه دارای بار آلودگی بیشتری در مقایسه با ایستگاه های بالا دست رودخانه بودند. در میان ایستگاه های بالا دست ایستگاه شماره ۱ بار آلودگی زیادی دارد که احتمالاً به دلیل برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه و فعالیت معدن کاوی در بالادست این ایستگاه (۵)، ایجاد آشفتگی در محیط آبی، زیاد شدن احتمال فرسایش خاک، گل آلودشدن آب، افزایش انتقال مواد از محیط اطراف به آب و زیاد شدن کلیفرم ها در آب می باشد (۱۳). اما تفاوت در ایستگاه های بالا دست و پایین دست معنی دار نیست (جدول۱). این مسئله نشان دهنده این است که در طول رودخانه هراز عوامل آلوده کننده طبیعی و مصنوعی پراکنده می باشند.

در کشور ایران موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی اعلام کرده است که آب آشامیدنی باید عاری از هرگونه کلیفرم باشد (استاندارد ۱۰۱۱). طبق استاندارد ایران آب رودخانه هراز در هیچ کدام از ماه‌های نمونه برداری جهت آشامیدن مناسب نیست. با توجه به مقادیر به دست آمده برای شاخص های باکتریایی مورد بررسی (کلیفرم و *E.coli*) و مقایسه آن ها با مقادیر مجاز اعلام شده (جدول۴) آب رودخانه هراز جهت آشامیدن انسان، شرب احشام محصور شده، استفاده در صنایع غذایی، پرورش صدف خوراکی، حیات آب زیان، آبیاری محصولاتی که خام مصرف می شوند و استفاده های تفریحی (تماس با آب) مثل شنا، ورزش‌های آبی، SCUBA، شیرجه و ... در هیچ یک از ماه‌های مورد مطالعه مناسب نیست.

جدول ۴- حد مجاز شاخص های باکتریولوژی مورد بررسی برای اغلب کاربری‌ها (EPA).

کاربری	E.coli(MPN/۱۰۰ml)	Coliform(MPN/۱۰۰ml)
آب آشامیدنی، شرب احشام محصور شده و آب مورد استفاده در صنایع غذایی(بدون نیاز به تصفیه)	E.coli=۰	Coliform=۰
آب آشامیدنی، شرب احشام محصور شده و آب مورد استفاده در صنایع غذایی(فقط نیازمند ضدعفونی کردن)	E.coli<۱۰MPN/۱۰۰ml	Coliform<۱۰MPN/۱۰۰ml
آب آشامیدنی، شرب احشام محصور شده و آب مورد استفاده در صنایع غذایی(نیازمند تصفیه مقدماتی)	E.coli <۱۰۰MPN/۱۰۰ml	Coliform≤۱۰۰MPN/۱۰۰ml
پرورش صدف خوراکی و حیات آب زیان	E.coli ≤۴۳ MPN/۱۰۰ml	Coliform ≤۴۳ MPN/۱۰۰ml
آبیاری محصولاتی که خام مصرف می شوند و استفاده های تفریحی (تماس با آب) شنا، ورزش های آبی،SCUBA و شیرجه،...	E.coli ≤ ۷۷ MPN/۱۰۰ml	Coli form ≤۲۰۰MPN/۱۰۰ml
استفاده چارپایانی که عموماً در مزارع ا ستفاده می شوند	E.coli <۲۰۰MPN/۱۰۰ml	-
آبیاری اماکن عمومی، چراگاه‌ها، استفاده های تفریحی (با تماس غیر مستقیم با آب)، صید و پرورش خرچنگ	E.coli ≤۳۸۵ MPN/۱۰۰ml	-
آبیاری عمومی (general irrigation)	E.coli ≤۱۰۰۰ MPN/۱۰۰ml	Coli form ≤۱۰۰۰ MPN/۱۰۰ml
حیات وحش و آب آشامیدنی (با تصفیه کامل)	None applicable	None applicable

در حداقل٪ ۹۰ ازنمونه های برداشت شده در یک دوره ۳۰ روز

استفاده از آب رودخانه غیر از ماه‌های اردیبهشت، خرداد و آبان جهت چارپایانی که عموماً در مزارع استفاده می شوند مناسب است.

میزان کلیفرم و *E.coli* به دست آمده غیر از ماه‌های اردیبهشت و آبان با میزان مجاز جهت آبیاری اماکن عمومی، چراگاه‌ها، استفاده های تفریحی(با تماس غیر مستقیم با آب)، صید و پرورش خرچنگ مطابقت دارد.

آب رودخانه در ماه های بهمن، فروردین، تیر، مرداد، مهر و آذر جهت آبیاری عمومی مناسب می باشد.

کاربری مجاز دیگری که برای این رودخانه می توان در نظر گرفت استفاده از آب آن برای حیات وحش و آشامیدن (با انجام تصفیه کامل) می باشد. با توجه به نقشی که رودخانه هراز در تغذیه سفره های آب زیرزمینی، استفاده از آن در زمین‌های کشاورزی، در جهت مصرف دام، طیور، مهاجرت ماهیان خاویاری و سایر موارد دارد، برنامه ریزی جهت جلوگیری از ورود آلاینده ها به آن و اصلاح اراضی آلوده از طرق مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی الزام پیدا می کند. از آن جایی که این تحقیق با توجه به امکانات موجود در سطح محدودی انجام یافته است. لذا پیشنهاد می شود به منظور مدیریت بهتر رودخانه، تحقیقات کامل تری در مورد کیفیت شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی پساب‌های حاصل از کارگاه‌های پرورش ماهی و زمین‌های کشاورزی و اثر آن ها بر رودخانه هراز طی چند سال به طور مستمر و در فصول مختلف سال انجام گیرد. همچنین به منظور جلوگیری از سیر قهقرایی رودخانه در اثر ورود آلاینده ها، ظرفیت برد رودخانه و توان خودپالایی آن در برابر آلاینده ها تعیین گردد تا از مرگ تدریجی این بوم سازگان مهم جلوگیری شود.

منابع

۱. پری زنگنه، ع. ح. عابدینی، ی. ع و قدیمی، ی. ۱۳۷۶. عوامل طبیعی موثر در کاهش آلودگی و افزایش قدرت خودپالایی آب ابهررود در استان زنجان. مجموعه مقالات ششمین همایش کشوری بهداشت محیط. مازندران. دانشکده علوم پزشکی و بهداشت.

۲. نادری، ش. شریعت، م. ندافی، ک. واعظی، ف و زراعتی، ح. ۱۳۸۱. بررسی ارتباط بین میزان شاخص های بیولوژیک و پارامترهای کیفی آب در سیستم توزیع آب آشامیدنی مناطق روستایی استان قزوین. مجموعه مقالات ششمین همایش کشوری بهداشت محیط. مازندران. دانشکده علوم پزشکی و بهداشت.

۳. افشین نژاد، ی، ۱۳۷۳. رودخانه های ایران جلد دوم، انتشارات وزارت نیرو- شرکت مهندسین مشاور جاماب.

۴. روشن طبری، م. ۱۳۷۵. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی رودخانه هراز، مجله علمی شیلات ایران، ۲: ۲۸- ۴۵.

۵. ملازاده، ن،۱۳۸۴. تعیین کلاسه کیفی آب رودخانه هراز با استفاده از شاخص زیستی هیلسنهوف و پارامترهای فیزیکوشیمیایی، پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس،۷۴ص.

۶. آرین، س. هاشمی، س. م. ۱۳۸۱. تست MPN و عوامل موثر در آن جهت شناسایی آلودگی مدفوعی منابع آب. مجموعه مقالات ششمین همایش کشوری بهداشت محیط. مازندران. دانشکده علوم پزشکی و بهداشت.

7. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF), 1998. In: Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., Eaton, A.D. (Eds.), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed. American Public Health Association, Washington, DC.

۸. یثربی، ب. ۱۳۸۴. برررسی اثر توزیع مکانی و زمانی بارندگی روی رواناب حوزه آبخیز هراز. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس،۹۰ص.

۹. آقابیگی، س. ۱۳۸۴. الگوی تغییرات زمانی و مکانی رسوبات معلق در زیر حوزه های مهم رودخانه هراز. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس،۷۷ص.

10. Buckalew, D. W., Hartman, L. J., Grimsley, G. A., Martin, A. E. and Register, K.M. 2006. A long- term study comparing membrane filtration with Colilert defined substrates in detection fecal coli forms and *Escherichia coli* in natural waters. Journal of Environmental Management 80:191-197.

11. Kim, G. T., Choi, E., Lee, D. 2005. Diffuse and point pollution impacts on the pathogen indicator organism level in the Geum River, Korea Science of the Total Environment 350: 94– 105.

12. An, Y. J., Kampbell, D. H., Breidenbach, P. G. 2002.*Escherichia coli* and total coliforms in water and sediments at lake marinas.Environmental Pollution 120:771–778.

13. Ramos, M. C., Quinton, J. N., Tyrrel, S. F., 2006, Effects of cattle manure on erosion rates and runoff water pollution by fecal coli forms. Journal of Environmental Management, 78: 97-101.

14. Mvungi**,** A., Hranova, R. K., Love, D., 2003. Impact of home industries on water quality in a tributary of the Marimba River, Harare: implications

for urban water management**.** Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, VO 28, I 20-27, pp 1131-1137

15. Evanson, M.R., Ambrose, F., 2006. Sources and growth dynamics of fecal indicator bacteria in a coastal wetland system and potential impacts to adjacent waters. Water research. 40:475-486.
16. Mahler, B.J., Personne´, J. C., Lods,. G. F., Drogue, C. 2000. Transport of free and particulate-associated bacteria in karst. Journal of Hydrology 238: 179–193

۱۷. سلماسی، رو چرخابی، ا. ح. ۱۳۸۱. بررسی منابع آلودگی و علل کاهش کیفیت آب و خاک در حوزه آبخیز تلخه رود (آجی چای) در آذربایجان شرقی. مجموعه مقالات ششمین همایش کشوری بهداشت محیط. مازندران. دانشکده علوم پزشکی و بهداشت

18. Banat, I. M., Hassan, E. S., EI-Shahawi, M. S., Abu-Hilal, A. H., 1998. Post – Gulf- war Assessment of nutrients, heavy metal ions, hydrocarbons and bacterial pollution levels in the United Arab Emirates coastal waters. Pergamon Environment Intemafional, 24: 109-116
19. Jagals, P., 1997. Storm water runoff from typical developed and developing south Africa urban developments: definitely not for swimming. Water Science and Technology, 35: 133- 140
20. Palamuleni, L. G., 2002. Effect of sanitation facilities, domestic solid waste disposal and hygiene practices on water quality in Malawi_ s urban poor areas: a case study of south Lunzu Township in the city of Blantyre. Physics and Chemistry of the Earth, 27: 845-850
21. Venter, S. N., Steynberg, M. C., De Wet, C. M. E. Hohls, d., Du Plessis, G., Kfir, R., 1997. A situational analysis of the microbial water quality in a peri-urban catchment in South Africa. Water Science and Technology, 35: 119-124.

۲۲. مهردادی، ن. و تکدستان، ا. ۱۳۸۱، بررسی میزان ایشرشیاکلی و استرپتوکوکوس فیکالیس در آب‌های ساحلی منطقه مازندران و مقایسه آن با استانداردهای جهانی (مطالعه موردی سال۱۳۸۱). مجموعه مقالات ششمین همایش کشوری بهداشت محیط. مازندران. دانشکده علوم پزشکی و بهداشت.

23. Baghel, V. S., Gopal, K., Dwivedi, S., Tripathi, R. D., 2005. Bacterial indicators of fecal contamination of the Gangetic river system right at its source. Ecological Indicators, 5: 49-56

۲۴. کاظم زاده خواجویی، ا. ۱۳۸۱. ارزیابی آلودگی ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا در رودخانه هراز، پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور ، دانشگاه تربیت مدرس،۸۲ص.

25. Al-Kharabsheh, A. A., 1999, Influence of urbanization on water quality at wadi Kufranja basin (Jordan). Journal of Arid Environments 43: 79-89.