کیفیت آب رودخانه‌ی درکه با تأکید برخصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن

فرشته فریور[*1]، رضوان موسوی ندوشن[2]، فریبرز دولتشاهی[3] و سید محمد تقی ساداتی پور[4]

۱- گروه شیمی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
۲- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
۳- وزارت راه، آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک، وزارت خاک
۴- گروه محیط زیست دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۹/۵

چکیده

واقع شدن رودخانه درکه در شمال شهر تهران (یکی از پرجمعیت‌ترین شهرهای جهان) و بزرگ‌ترین قطب صنعتی ایران، باعث شده است که این رودخانه در معرض انواع آلودگی‌ها قرار گیرد. هدف این مطالعه بررسی کیفیت آب رودخانه‌ی درکه در رابطه با مصارف آشامیدنی و کشاورزی است. بدین منظور از آب رودخانه در دو فصل تابستان و پاییز سال ۱۳۸۹ در ۱۲ ایستگاه حدفاصل شاه نشین تا پل شهرک آزمایش نمونه برداری شد و یک نمونه نیز از برف واقع در ارتفاعات توچال به عنوان شاهد برداشته شد. در این تحقیق خواص فیزیکی و شیمیایی آب شامل دما، قلیائیت کل، قلیائیت فنلی، سختی کل، CO_2, Na^{1+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, TDS, COD, BOD, DO, EC ,pH HCO_3^-, Fe^{+2}, Cl^-, $CO3^{2-}$, PO_4^{3-}, SO_4^{2-} اندازه‌گیری گردید. بررسی آزمایش‌های انجام شده و مقایسه پارامترهای کیفیت آب با استانداردهای جهانی نشان می‌دهد که آب رودخانه تنها در بخش چشمه درکه قابل شرب بوده و در سایر ایستگاه‌ها از کیفیت شرب خارج می‌شود، اما برای مصارف صنعتی و کشاورزی مناسب و برای مصرف آشامیدنی حتماً باید تصفیه گردد.

واژگان کلیدی: چشمه و رودخانه‌ی درکه، ارتفاعات توچال، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی

* نگارنده پاسخگو: fereshtefarivar@yahoo.com

مقدمه

آب مایه حیات انسان و دیگر موجودات روی زمین بوده و کمبود آن در اقصی نقاط جهان کاملاً مشهود است. ولی رشد سریع جمعیت، افزایش سطح توقعات زندگی، گسترش تکنولوژی و رشد صنعتی، نیاز انسان را به آب با کیفیت مناسب بالا برده و این درحالی است که متاسفانه میزان آلودگی منابع آبی روز به روز افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه کمتر از ۱ درصد از کل منابع و ذخایر آب‌های جهان در جهت رفع نیازمندی‌های بشر مورد استفاده روزمره قرار می‌گیرد، لذا صرفه جویی و مصرف بهینه از آب و همچنین حفاظت کمی و کیفی از آن‌ها خصوصاً در کشورهای کم آبی مانند کشور ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در حالی که حدود ۱ درصد از جمعیت جهان در ایران زندگی می‌کنند، تنها ۰/۳۶ درصد از منابع آب شیرین جهان در کشور ما وجود دارد برآوردهای علمی نشان می‌دهد که با افزایش تدریجی جمعیت، ایران تا دو دهه آینده به طور جدی با مشکل کمبود آب روبه رو خواهد شد در ضمن پژوهش‌های جهانی نشان داده است کاهش منابع آب در کشورهای خاور میانه و رقابت بر سر بهره برداری از منابع آب در منطقه، نقش روز افزونی در امنیت ملی هر یک از این کشورها دارد. به همین علت در آینده آب در خاور میانه می‌تواند به سرمایه‌ای ارزنده و حیاتی‌تر از نفت تبدیل شود (شاطر لو،۱۳۷۴). قابل توجه است که بیش از ۷۰ درصد منابع آب قابل دسترس در خاور میانه به آبیاری در بخش کشاورزی اختصاص دارد (نصرتی،۱۳۸۱). اهمیت بخش کشاورزی برای افزایش درآمدهای ملی، اشتغال‌زائی و تأمین غذا و در واقع برای تضمین اقتدار و امنیت ملی و هدف‌های اقتصادی– سیاسی این کشورها بر کسی پوشیده نیست. بی توجهی به مسائل مربوط به آب، مصرف بی رویه، آلوده کردن آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و دیگر منابع از یک سو، و افزایش روز افزون جمعیت مصرف کننده‌ی آب از سوی دیگر، موجب شده است که کار تأمین آب مورد نیاز در کشور دشوارتر شود. بی تردید ادامه این روند در آینده بر شدت بحران کم آبی خواهد افزود. در جهان توسعه یافته امروز، انسان‌ها روزانه صدها لیتر آب را در خانه‌های خود به مصرف می‌رسانند. بیشتر این آب برای شستشو، نظافت و مقدار نسبتاً کمی از آن برای آشامیدن به کار می‌رود. در کشاورزی و صنعت نیز مقادیر بسیار زیادی آب به ویژه برای تهیه مواد و تولید مواد غذایی، دارویی و پوشاک به کار می‌رود. بنابراین تأمین آب مورد نیاز برای همه این فعالیت‌ها باید بخش عمده‌ی سیاستگذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کلان یک کشور توسعه یافته و یا درحال توسعه چون میهن اسلامی ما را به خود اختصاص دهد. شایان ذکر است این برنامه‌ریزی‌ها بدون همکاری آگاهانه و مسئولانه شهروندان یک جامعه به نتیجه نخواهد رسید. ویژگی‌هایی که آب را به یک مایع زندگی بخش تبدیل کرده است، می‌تواند آن را به ماده‌ای کشنده مبدل سازد. زیرا بسیاری از مواد شیمیایی در آب حل می‌شوند و یا به کمک آب از جایی به جای دیگر انتقال می‌یابند. موضوع کیفیت و آلودگی آب‌های روان و سطحی با موارد استفاده متعددی که دارند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده، تحقیقات متعددی در این زمینه انجام گرفته است که از جمله آنها می‌توان به مطالعات نکودری در زمینه بررسی کیفی آب خام و تصفیه شده رودخانه کرج (۱۳۷۸)، صدری جهانشاهی با موضوع بررسی کیفیت آب رودخانه کارون (۱۳۸۰)، خلج معصومی و مطالعه بر روی الگوی آلودگی فلزات سنگین شاخص در رودخانه کن (۱۳۸۶) اشاره نمود. لذا در این تحقیق به بررسی کیفیت آب رودخانه درکه واقع در شمال شهر تهران پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری

در تحقیق حاضر، pH طی عملیات میدانی طی دو فصل تابستان و پاییز در سال ۱۳۸۹ در ۱۲ ایستگاه حدفاصل شاه نشین تا پل شهرک آزمایش مورد نمونه

برداری قرار گرفت و یک نمونه از برف واقع در ارتفاعات توچال به عنوان شاهد برداشته شد (جدول ۱). نمونه برداری از آب با استفاده از ظروف شیشه‌ای و پلی اتیلنی استریل شده انجام شد و در آزمایشگاه آزمایشات اندازه‌گیری پارامترهای قلیائیت کل، قلیائیت فنلی، سختی کل pH, EC, DO, BOD, COD, TDS, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, CO_2, HCO_3^{-},Fe^{+2}, Cl^{-}, $CO3^{2-}$, PO_4^{3-}, SO_4^{2-} بر اساس روش‌های استاندارد طبق استانداردهای سازمان آب و فاضلاب ایران (2005 , Standard Methods) با ۳ بار تکرار بر روی هر نمونه انجام گرفت. اسیدیته نمونه‌های آب در محل نمونه برداری توسط pH متر هدایت الکتریکی (EC) آب توسط دستگاه هدایت سنج اندازه‌گیری شد. دمای سطحی آب به وسیله و دمای عمقی آب به وسیله ترمیستور اندازه‌گیری شد و برای اندازه‌گیری DO از دستگاه اکسیژن متر GENWAY model9070 استفاده گردید.

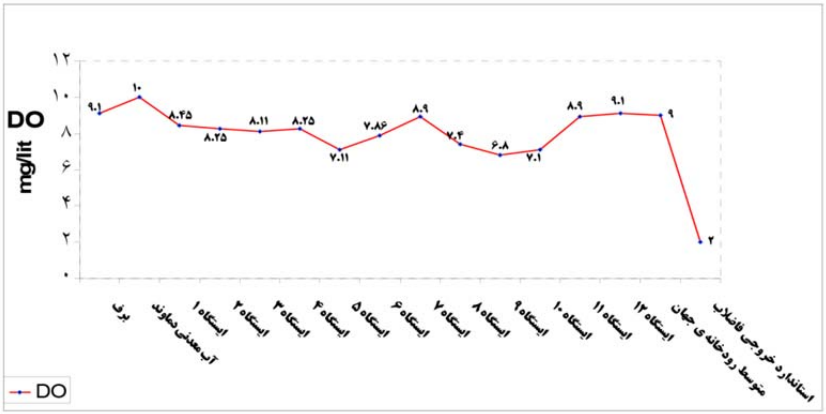
جدول۱- موقعیت مکانی ایستگاه‌های رودخانه‌ی درکه‌ی تهران

ایستگاه	موقعیت مکانی	N	E	ارتفاع (متر)
برف	ایستگاه هفتم تله کابین	"۴۰۰ '۵۳ ° ۳۵	"۱۹۴ ´۲۴ °۵۱	۳۶۸۰
اول	شاه نشین	"۴۹۳ ´۵۳ ° ۳۵	"۱۹۴ ´۲۴ °۵۱	۳۵۰۰
دوم	ایستگاه پنجم تله کابین	"۴۹۰ ´۵۱ ° ۳۵	"۹۹۴ ´۲۳ °۵۱	۲۹۱۰
سوم	جوزک	"۲۲۴ ´۵۰ ° ۳۵	"۲۲۳ ´۲۳ °۵۱	۲۵۱۰
چهارم	هفت حوض	"۳۳۱ ´۴۹ °۳۵	"۸۳۴ ´۲۳ ° ۵۱	۲۲۰۵
پنجم	درکه	"۷۸۵ ´۴۸ ° ۳۵	"۹۱۸ ´۲۲ ° ۵۱	۲۰۴۰
ششم	ابتدای درکه	"۷۴۷ ´´۴۸ °۳۵	"۹۵۱ ´۲۲ ° ۵۱	۱۹۱۹
هفتم	قبل از زندان اوین	"۶۰۱ ´´۴۷ ° ۳۵	"۲۰۷ ´۲۳ ° ۵۱	۱۷۱۰
هشتم	بعد از زندان اوین	"۵۵۰ ´۴۷ ° ۳۵	"۱۹۷ ´۲۳ °۵۱	۱۷۰۸
نهم	رودخانه آتی ساز	"۹۴۳ ´۴۶ ° ۳۵	"۳۵۹ ´۲۳ °۵۱	۱۷۰۰
دهم	اسلام آباد- خ شهید دیندار	"۹۶۵ ´۴۵ ° ۳۵	"۱۸۳ ´۲۳ ° ۵۱	۱۶۸۰
یازدهم	جنب کلانتری ۱۳۷	"۷۰۶ ´۴۳ ° ۳۵	"۳۲۱ ´۲۲ °۵۱	۱۶۰۳
دوازدهم	پل آزمایش	"۸۴۱ ´۴۳ ° ۳۵	"۱۳۰ ´۲۲ ° ۵۱	۱۶۰۱

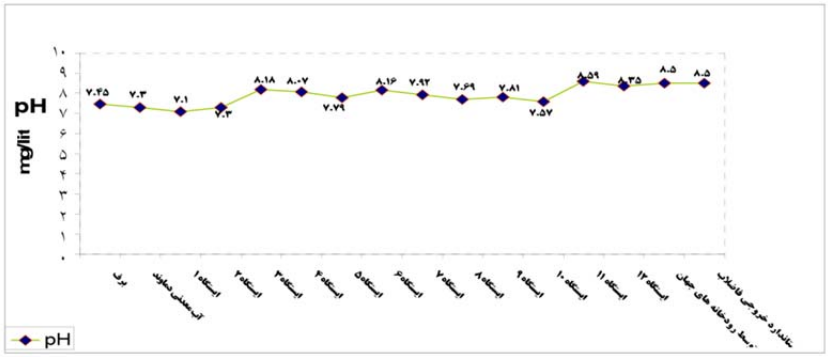
TDS براساس روش وزنی و از طریق تبخیر و توزین باقیمانده‌ی خشک اندازه‌گیری شد. غلظت Na^{+} توسط دستگاه Flame photometer و غلظت Ca^{2+}, Mg^{2+} به روش کمپلکسومتری و CO_2 و HCO_3^{-} و SO_4^{-2} از طریق تیتراسیون و برای اندازه‌گیری Cl^{-} از روش moher استفاده شد. قلیائیت کل، قلیائیت فنلی از طریق تیتراسیون و اندازه‌گیری فسفات آب به روش کاهش $SnCl_2$ انجام شد. BOD در مدت ۵ روز و در حرارت ۲۰ درجه سانتی‌گراد و COD اندازه‌گیری شد و برای اندازه‌گیری سختی آب از EDTA استفاده گردید.

نتایج

در طول رودخانه درکه میانگین کل غلظت اکسیژن محلول در آب، ۸/۲۳ میلی‌گرم در لیتر، حداقل مقدار آن در ایستگاه ۹ برابر با ۶/۸ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین مقدار آن در ایستگاه شماره ۹/۱،۱۲ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری گردید (شکل ۱). در طول رودخانه‌ی درکه، میانگین pH=۷/۸، حداکثر مقدار آن ۸/۵۹ در ایستگاه یازده و حداقل مقدار آن ۷/۱ در ایستگاه ثبت گردید (شکل ۲).

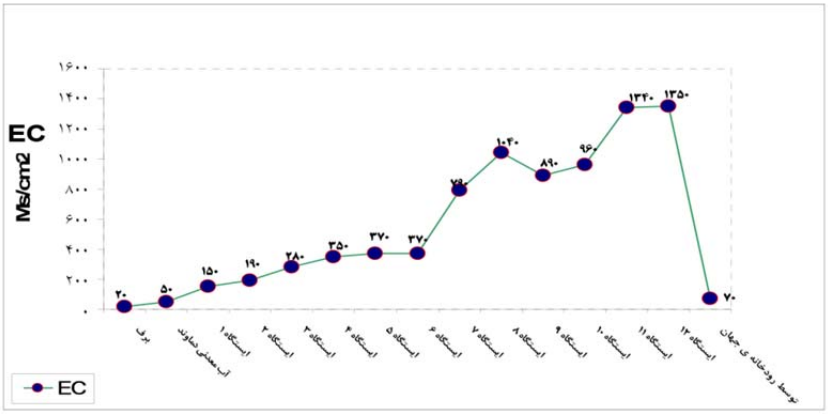


شکل۱- میانگین میزان DO در ایستگاه‌های مورد مطالعه در رودخانه‌ی درکه – پاییز و زمستان ۱۳۸۹



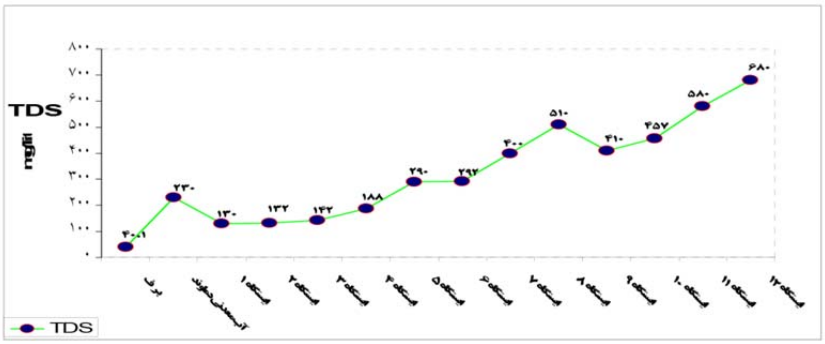
شکل۲- میانگین pH در فصول پاییز و زمستان ۱۳۸۹به تفکیک ایستگاه‌های مورد مطالعه در رودخانه‌ی درکه

حداکثر مقدار EC ۱۳۵۰ در ایستگاه ۱۲ و حداقل آن ۲۰ در ایستگاه برف بوده است. مقدار میانگین EC ۵۸۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر مربع بوده است (شکل ۳).



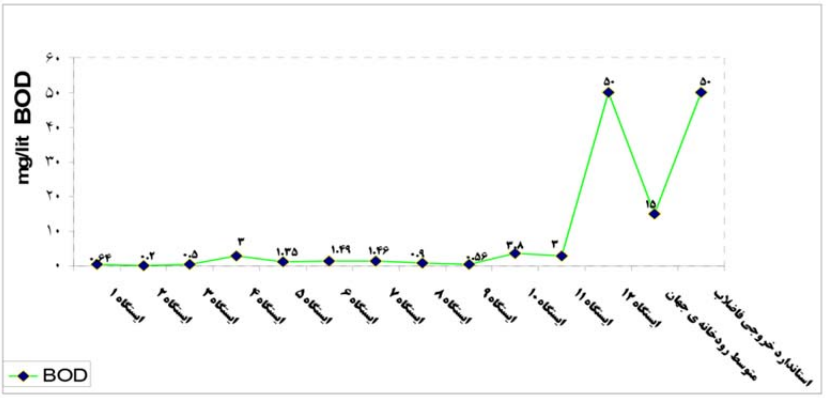
شکل۳- میانگین میزان EC به تفکیک ایستگاه‌های رودخانه‌ی درکه در فصل‌های پاییز و زمستان ۱۳۸۹

میانگین TDS در فصول پاییز و زمستان ۱۳۸۹ در ایستگاه‌های مورد مطالعه، ۳۲۴/۳ میلی‌گرم در لیتر، حداقل آن ۱۴۲ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه سوم و حداکثر آن ۶۸۰ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۱۲ اندازه‌گیری شد (شکل ۴).



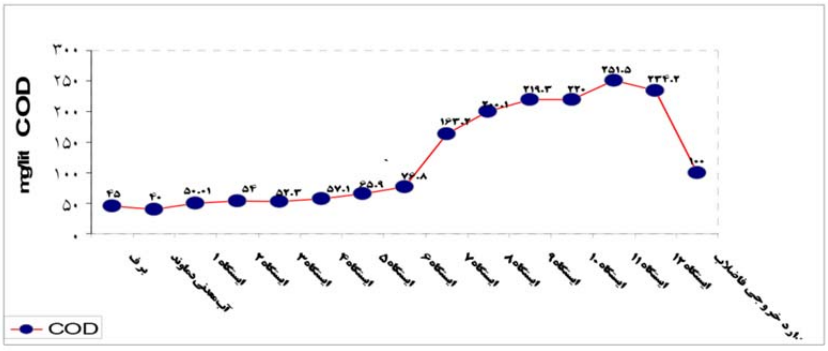
شکل۴- میانگین میزان TDS به تفکیک ایستگاه‌های رودخانه‌ی درکه در فصول پاییز و زمستان ۱۳۸۹

در این رودخانه میانگین BOD_5 برابر با ۱/۴۷ میلی‌گرم در لیتر، حداکثر مقدار آن ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۱۲ (پل آزمایش) و حداقل میزان آن ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۲ مشاهده شد (شکل ۵).



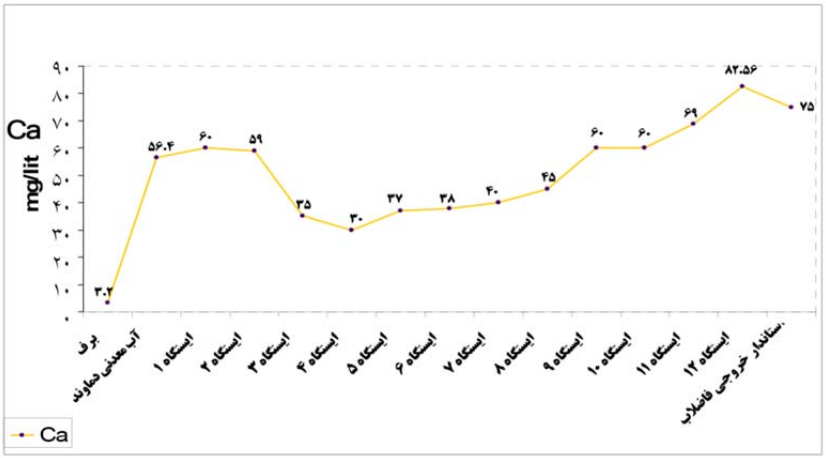
شکل۵- میانگین میزان BOD به تفکیک ایستگاه‌های رودخانه‌ی درکه در فصول پاییز و زمستان ۱۳۸۹

مقدار میانگین COD در طول رودخانه برابر ۱۲۳/۵۲ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر مقدار آن ۲۵۱/۵ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۱۱ و حداقل مقدار ۵۰/۱ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه اول به دست آمد (شکل ۶).

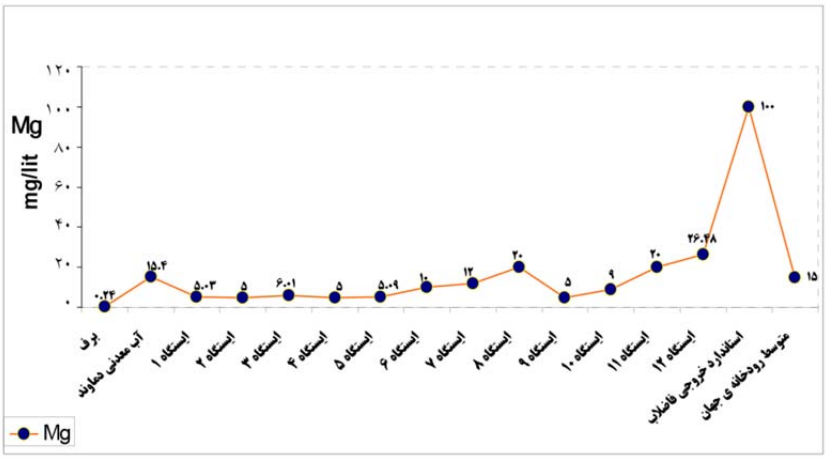


شکل۶- میانگین میزان COD به تفکیک ایستگاه‌های رودخانه‌ی درکه در فصول پاییز و زمستان ۱۳۸۹

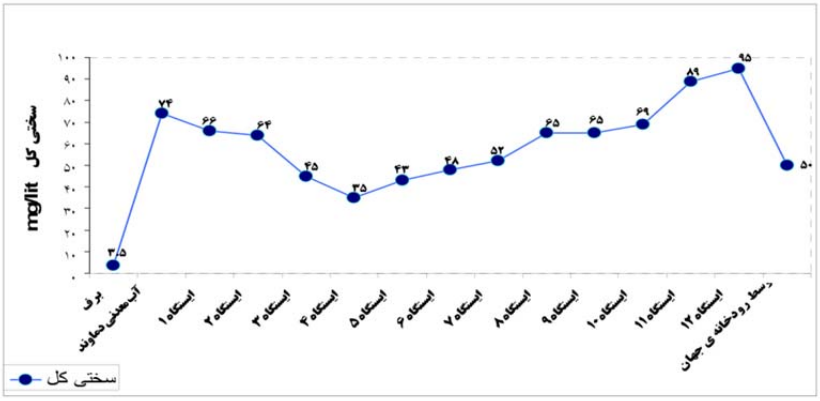
در طول رودخانه‌ی درکه میانگین کل سدیم ۳/۹ میلی‌گرم در لیتر، حداقل آن ۱ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر ۶/۴۹ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب در ایستگاه‌های شماره ۱ و ۱۲ اندازه‌گیری شد. میانگین کل کلر موجود در آب ۲۱/۱۴، حداکثر میزان ۶۰ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۱۲ و حداقل میزان ۳ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۱ به دست آمد. دامنه نوسان مقدار کلسیم از ۳۰ تا ۸۲/۵۶ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۴ و ایستگاه ۱۲ (میانگین ۴۷/۸۶ میلی‌گرم در لیتر) اندازه‌گیری شد (شکل ۷). حداکثر مقدار منیزیم ۲۶/۴۸ میلی‌گرم در لیتر و حداقل ۵ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۱۲ و ۲ و میانگین کل ۱۰/۳۰ میلی‌گرم در لیتر در طول رودخانه درکه مشاهده شد (شکل ۸). میانگین کل بی‌کربنات در طول رودخانه‌ی درکه ۱۳۱/۴۵ میلی‌گرم در لیتر، دی اکسید کربن با حداکثر ۲۸ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۱۲ و حداقل ۱/۹ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه دوم و میانگین کل ۸/۸۸ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. میانگین کل سولفات در آب رودخانه درکه ۲۹/۲۵ میلی‌گرم در لیتر، حداقل آن ۱۰ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه اول و حداکثر ۷۶/۱ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۱۱ به دست آمد. میانگین سختی کل ۵۸/۱ میلی‌گرم در لیتر، حداقل آن ۳۵ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۴ و حداکثر ۹۵ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۱۲ مشاهده شد (شکل ۹).



شکل۷- میزان میانگین کلسیم به تفکیک ایستگاه‌های رودخانه‌ی درکه در فصول پاییز و زمستان ۱۳۸۹



شکل۸- میزان میانگین منیزیم به تفکیک ایستگاه‌های رودخانه‌ی درکه در فصل‌های پاییز و زمستان ۱۳۸۹



شکل۹- میزان میانگین سختی کل به تفکیک ایستگاه‌های رودخانه‌ی درکه در فصول پاییز و زمستان ۱۳۸۹

بر اساس ماتریس ضرایب همبستگی میان متغییرهای اندازه‌گیری شده در رودخانه درکه، روابط مستقیم و معکوس میان پاره‌ای از متغییرهای مورد مطالعه نسبت به هم و مستقل بودن گروهی دیگر مشخص گردید (جدول ۲ و ۳). در نهایت میانگین مقادیر پارامترهای شاخص کیفیت آب، اندازه‌گیری شده در رودخانه درکه با استاندارد جهانی پارامترهای آب‌های مقایسه گردید (جدول ۳).

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج تحقیق حاضر میزان اکسیژن در ایستگاه‌های مختلف بالا و اغلب در حد اشباع و بین غلظت‌های ۶/۸ تا ۹/۱ در نوسان بوده است. دلیل آن شیب زمین و دبی پایین آب رودخانه است و به نظر می‌رسد هوادهی در رودخانه به صورت مکانیکی انجام می‌گیرد. کاهش اکسیژن رودخانه در برخی مناطق احتمالاً به دلیل ورود پساب مناطق مسکونی - صنعتی اتفاق می‌افتد ولی این کاهش به دلیل هوادهی توسط نیروی گرانشی منطقه، با فاصله کوتاه جبران می‌شود. بر اساس طبقه‌بندی Boyd و Gautier (۲۰۰۰) میزان اکسیژن رودخانه درکه در حد استاندارد آب‌های سطحی قرار دارد (جدول ۲).

BOD_5 اندازه‌گیری مقدار اکسیژنی است که توسط میکروارگانیسم‌ها در اکسیداسیون هوازی مورد نیاز است. میزان BOD_5 در طول رودخانه درکه از استانداردهای موجود بیشتر نیست فقط افزایش ناگهانی BOD_5 در ایستگاه ۱۲ چشم‌گیر می‌باشد و علت می‌تواند ورود پساب و فاضلاب‌های تصفیه نشده پاساژهای خیابان جواد فاضل باشد. براساس مطالعات Chapman و Kimastach در سال ۱۹۹۲، محدوده BOD_5 برای آب‌های بدون آلودگی، کمتر از ۲، و آب‌هایی که پساب‌های شهری و یا کشاورزی به آنها وارد می‌شود، $mg.l^{-1}$ ۱۰-۱۵، و در پساب‌های تصفیه شده تا ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد. لذا براساس مقایسه BOD_5 رودخانه درکه (۱/۴۷) با استاندارد آب‌های سطحی، آب این رودخانه در دسته آب‌های بسیار تمیز قرار دارد. تغییرات COD نیز همانند BOD در طول رودخانه دارای نظم خاصی نبوده، با عبور رودخانه از مناطق مسکونی، صنعتی و یا تفریحی به علت ورود آلاینده‌های آلی به رودخانه میزان COD افزایش می‌یابد. نتایج مشابهی توسط Miller و Semens (۲۰۰۲) گزارش شد و بیان گردید که پساب مواد آلی خارج شده از مزارع پرورش ماهی باعث افزایش میزان COD در رودخانه‌ها می‌شود.

در رودخانه درکه و در دوره مطالعه، مقدار میانگین TDS، ۳۲۴/۳ میلی‌گرم در لیتر، حداقل آن ۱۴۲ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه سوم و حداکثر آن ۶۸۰ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۱۲ اندازه‌گیری گردید. همچنین همبستگی مثبت و قوی میان مقادیر TDS، بیکربنات و فسفات مشاهده گردید، لذا افزایش شدید

این پارامتر ناشی از فعالیت‌های شستشو و ورود پساب‌های انسانی و صنعتی در این منطقه می‌باشد. در رودخانه ریجاب نیز در آب مناطق پایین دست مزارع پرورش ماهی یک افزایش قابل توجه در TDS از ۵۲۰ تا ۶۲۱ میلی گرم در لیتر گزارش گردید (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲).

نتایج اندازه‌گیری pH در طول رودخانه درکه نشان می‌دهد که نوسانات میزان این پارامتر اندک و همانند اکثر رودخانه‌های ایران دارای خاصیت بازی است. طبق نظر Boyd و Gautier (۲۰۰۰) میزان استاندارد pH برای آب‌های سطحی ۹/۵-۶/۵ است و بر این اساس pH رودخانه درکه در حد استاندارد قرار دارد (جدول ۲). در مطالعه‌ی Varedi و همکاران (۲۰۱۰) نیز اختلاف معنی‌دار آماری میان مقادیر pH در ایستگاه‌های مختلف در رودخانه هراز مشاهده نشد.

سدیم و کلر عناصری هستند که به طور طبیعی در انواع آب‌های روی زمین وجود دارند. آب‌های آلوده به علت ورود رواناب‌های ناشی از عملیات برف روبی و ذوب برف، فاضلاب‌های صنعتی به ویژه صنایع ساخت نرم کننده‌ها و فاضلاب‌های شهری مهم‌ترین منبع کلرید می‌باشد. برطبق نظر Garrels و همکاران (۱۹۷۳) هوازدگی سنگ‌ها نیز یکی از عوامل افزایش کلر در رودخانه‌ها می‌باشد. تغییرات سدیم و کلر در طول رودخانه درکه و افزایش ناگهانی این یون‌ها در برخی ایستگاه‌ها به علت ورود پساب‌های صنعتی و کشاورزی و سازندهای زمین‌شناسی گچی نمکی در این ایستگاه‌ها می‌باشد. بر اساس نظر Gray (۱۹۹۴) میزان سدیم و کلر رودخانه درکه در حد استاندارد آشامیدن اتحادیه اروپاست (اسماعیلی ساری،۱۳۸۱).

کلسیم و منیزیم عناصری هستند که رفتارهای مشابهی داشته، کاتیون‌های مسئول در میزان سختی آب به شمار می‌روند. بر اساس تقسیم‌بندی Gray (۱۹۹۴)، کلسیم و منیزیم رودخانه درکه درحد استاندارد آشامیدن اتحادیه اروپا هستند (اسماعیلی ساری،۱۳۸۱).

کربنات موجود در آب رودخانه درکه بیانگر هوازدگی شیمیایی سنگ‌های منطقه بوده، به طور خلاصه واکنش‌هایی که احتمال ورود HCO_3^-، Ca^{2+} و Mg^{2+} را افزایش می‌دهد واکنش ورود دی اکسید کربن به داخل آب رودخانه و یا آب باران، انحلال آن در آب، تولید کربنیک اسید و انحلال کربنات موجود در سنگ‌های بستر و اطراف رودخانه باعث آزاد شدن بی‌کربنات در آب می‌شود. سختی نیز معمولاً به واسطه‌ی یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب تعریف می‌شود. عناصر چند ظرفیتی نظیر استرانسیم، آهن، آلومینیوم، روی و منگنز نیز قادر به رسوب دادن صابون بوده در ایجاد سختی آب مؤثر هستند. در باره رودخانه‌ی درکه سختی غالباً برحسب کلسیم- منیزیم می‌باشد. در رودخانه درکه همبستگی قوی و مثبت میان میزان سختی کل، بیکربنات و غلظت منیزیم مشاهده گردید. بی‌کربنات نیز یکی از آنیون‌هایی است که در میزان سختی و قلیاییت آب مؤثر است. آزاد شدن کلسیم، منیزیم و HCO_3^- از منابع زمینی (طبیعی) و ورود آنها به آب نیز می‌تواند منجر به افزایش غلظت بیکربنات در آب گردد. علاوه بر ساختارهای زمین شناسی، ورود فاضلاب‌های شهری به آب رودخانه و همچنین تصفیه نادرست فاضلاب‌های صنعتی و وارد شدن آن به آب‌های سطحی را می‌توان از دلایل بالا بودن بی‌کربنات دانست (رجایی و همکاران،۱۳۹۰).

سولفات یکی از آنیون‌های اصلی در هیدروسفر اطراف زمین و همچنین در باران است (FAO، 1970). علاوه بر هوازدگی سنگ‌ها، مواد موجود در اتمسفر یکی از منابع اصلی وجود سولفات در آب رودخانه‌هاست. افزایش ناگهانی سولفات در آب در بعضی از ایستگاه‌ها می‌تواند به علت ورود آلودگی‌های صنعتی، شهری و از طریق هوای آلوده در این مناطق به رودخانه باشد. قابلیت هدایت الکتریکی در درجه اول به خصوصیات زمین شناسی منطقه‌ای بستگی دارد که آب در آن جاری است (حسینی و همکاران،۱۳۹۲).

افزایش هدایت الکتریکی از ایستگاه ۷ با میزان ۷۵۰ و حداکثر هدایت الکتریکی خصوصاً در ایستگاه‌های ۱۱ و ۱۲ تا حد ۱۳۵۰ می‌تواند نشانه ورود یک منبع آلودگی به خصوص آلاینده‌های صنعتی به رودخانه باشد. در مطالعه حسینی و همکاران (۱۳۹۲)، مقدار متوسط EC در ایستگاه‌های مختلف رودخانه ریجاب در مدت بررسی بین ۴۶۷-۸۲۰ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر اندازه‌گیری گردید. همچنین در مطالعه Varedi و همکاران (۲۰۱۰) بر روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب رودخانه هراز نشان داده شد که مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا باعث افزایش معنی‌داری در میزان EC در این رودخانه شده است. در رودخانه‌های ایالت متحده، EC بین ۹۱۰-۱۰ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر گزارش گردید (EPA, 1996).

جدول۲- میزان شدت همبستگی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در رودخانه‌ی درکه در فصول پاییز و زمستان ۱۳۸۹

متغیرها	کلی‌فرم	EC	pH	TDS	CO2	بی‌کربنات	قلیابیت.کل	سختی.کل	کلسیم	منیزیم	آهن	سدیم	کلرید	DO	BOD	COD	فسفات	سولفات
کلی‌فرم	۱/۰۰	۰/۹۴	۰/۲۲	۰/۹۱	۰/۷۹	۰/۵۱	۰/۸۷	۰/۷۸	۰/۵۰	۰/۷۲	-۰/۱۱	۰/۹۷	۰/۸۵	-۰/۱۵	۰/۴۱	۰/۹۵	۰/۸۲	۰/۹۱
EC	۱/۰۰	۰/۲۳	۰/۹۶	۰/۸۰	۰/۴۸	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۴۵	۰/۸۴	-۰/۱۸	۰/۹۱	۰/۹۵	۰/۹۱	-۰/۲۰	۰/۴۸	۰/۹۷	۰/۸۴	۰/۹۱
pH		۱/۰۰	۰/۳۴	۰/۳۰	-۰/۱۲	۰/۴۶	۰/۶۸	-۰/۱۴	۰/۲۵	-۰/۳۳	-۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۳۱	-۰/۰۳	۰/۳۶	۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۲۷
TDS			۱/۰۰	۰/۸۷	۰/۶۱	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۴۸	۰/۸۱	-۰/۲۵	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۱	-۰/۱۲	۰/۵۴	۰/۹۲	۰/۷۳	۰/۸۴
CO2				۱/۰۰	۰/۵۵	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۲۱	۰/۶۰	-۰/۱۸	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۸۶	-۰/۲۵	۰/۶۶	۰/۷۳	۰/۴۲	۰/۵۶
بی‌کربنات					۱/۰۰	۰/۵۳	۰/۲۹	۰/۲۰	۰/۵۹	-۰/۲۶	-۰/۳۲	۰/۵۵	۰/۸۲	-۰/۰۴	۰/۵۶	۰/۴۹	۰/۲۴	۰/۳۱
قلیابیت.کل						۱/۰۰	۰/۸۳	۰/۳۶	۰/۷۴	-۰/۳۲	-۰/۲۷	۰/۸۷	۰/۸۲	-۰/۳۰	۰/۳۹	۰/۹۰	۰/۸۲	۰/۸۰
سختی.کل							۱/۰۰	۰/۲۵	۰/۸۳	-۰/۲۷	۰/۸۱	۰/۸۶	۰/۳۲	-۰/۲۰	۰/۵۹	۰/۸۴	۰/۶۹	۰/۷۴
کلسیم								۱/۰۰	۰/۲۶	-۰/۴۲	-۰/۴۲	۰/۲۶	۰/۳۲	-۰/۳۶	-۰/۳۶	۰/۵۴	۰/۶۴	۰/۶۲
منیزیم									۱/۰۰	-۰/۰۴	۰/۸۶	۰/۹۴	-۰/۰۹	۰/۶۰	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/۶۴	۰/۶۷
آهن										۱/۰۰	-۰/۰۲	-۰/۰۵	۰/۳۱	۰/۱۱	-۰/۱۰	-۰/۱۵	-۰/۱۰	-۰/۱۰
سدیم											۱/۰۰	۰/۹۳	-۰/۱۴	۰/۴۸	۰/۹۸	۰/۸۶	۰/۸۹	۰/۸۹
کلرید												۱/۰۰	-۰/۱۴	۰/۶۵	۰/۹۲	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۳
DO													۱/۰۰	۰/۳۸	-۰/۲۴	-۰/۳۰	-۰/۱۳	-۰/۱۳
BOD														۱/۰۰	۰/۳۸	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۱۵
COD															۱/۰۰	۰/۹۱	۰/۹۳	۰/۹۳
فسفات																۱/۰۰	۰/۹۱	۰/۹۱
سولفات																	۱/۰۰	۱/۰۰

خانه‌های رنگی نشان دهنده‌ی همبستگی بین دو پارامتر می‌باشد.

جدول۳- استاندارد پارامترهای آب‌های سطحی و مقایسه با پارامترهای اندازه‌گیری شده در رودخانه درکه (اسماعیلی ساری،۱۳۸۱)

پارامتر	مقدار در رودخانه درکه	استاندارد	منبع
اکسیژن (میلی‌گرم در لیتر)	۸/۲۳	>۵	Boyd and Gautier(2000)
pH	۷/۸	۶/۵-۹/۵	Boyd and Gautier(2000)
BOD (میلی‌گرم در لیتر)	۱/۴۷	۰-۲ بسیار تمیز ۲-۵ نسبتاً آلوده ۵< شدیداً آلوده	EPA(1996)
کلر (میلی‌گرم در لیتر)	۲۱/۱۴	۲۵	Gray, 1994
کلسیم (میلی‌گرم در لیتر)	۴۷/۸۶	۱۰۰	Gray, 1994
منیزیم (میلی‌گرم در لیتر)	۱۰/۳۰	۳۰	Gray, 1994
سدیم (میلی‌گرم در لیتر)	۳/۹	۲۰	Gray, 1994
سولفات (میلی‌گرم در لیتر)	۲۹/۲۵	۲۵۰	Gray, 1994
EC (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	۵۸۲	۱۵۰-۵۰۰	Kelly *et al*., (1998)

مطالعات انجام شده در آب‌های داخلی آمریکا نشان داد که آب‌هایی با قابلیت هدایت الکتریکی ۱۰۰-۹۱۰ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر دارای ارزش شیلاتی است و خارج از این محدوده بیانگر مناسب نبودن آنها برای گروه‌های خاصی از ماهیان و بی‌مهرگان می‌باشد. بر اساس مقایسه تحقیق Kelly و همکاران (۱۹۹۸) EC در رودخانه درکه از ایستگاه ۷ به بعد یعنی از قبل از زندان اوین، بالاتر از حد استاندارد و در محدوده آب‌های آلوده قرار دارد.

بر اساس نتایج به دست آمده و مشاهده همبستگی قوی میان پارامترهای قلیائیت کل، سختی کل، سولفات، فسفات CO_2، Mg^{2+}، Na^{+}، Cl^{-}، COD و TDS رودخانه درکه پس از وارد شدن به مناطق مسکونی، شهری و صنعتی دچار آلودگی شده و برای آشامیدن نامناسب است (جدول ۴). در صورتی که می‌توان از آن برای آبیاری زمین‌های کشاورزی و مزارع استفاده نمود.

جدول۴- جمع‌بندی مربوط به وضعیت کیفیت آب رودخانه‌ی درکه و مصارف آن در سال ۱۳۸۹

ایستگاه	موقعیت مکانی	قابل آشامیدن	مناسب برای آبیاری	منشاء آلودگی
برف	ایستگاه هفتم تله کابین	مناسب	مناسب	------
اول	شاه نشین	مناسب	مناسب	------
دوم	ایستگاه پنجم تله کابین	مناسب	مناسب	------
سوم	جوزک	نامناسب	مناسب	کوهنوردان
چهارم	هفت حوض	نامناسب	مناسب	تخلیه فاضلاب‌های آلی، مدفوعی، شویندهای فسفاته و زباله
پنجم	درکه	نامناسب	مناسب	تخلیه فاضلاب‌های آلی، مدفوعی، شویندهای فسفاته و زباله
ششم	ابتدای درکه	نامناسب	مناسب	تخلیه فاضلاب‌های آلی، مدفوعی، شویندهای فسفاته و زباله
هفتم	قبل از زندان اوین	نامناسب	مناسب	تخلیه فاضلاب‌های آلی، مدفوعی، شویندهای فسفاته و زباله
هشتم	بعد از زندان اوین	نامناسب	نامناسب	تخلیه فاضلاب‌های آلی، مدفوعی، شویندهای فسفاته، زباله، موش‌ها و عوامل بیماری زا
نهم	رودخانه آتی ساز	نامناسب	نامناسب	تخلیه فاضلاب‌های آلی، مدفوعی، شویندهای فسفاته، زباله، موش‌ها و عوامل بیماری زا
دهم	اسلام آباد- خ شهید دیندار	نامناسب	نامناسب	تخلیه فاضلاب‌های آلی، مدفوعی، شویندهای فسفاته، زباله، موش‌ها و عوامل بیماری زا
یاردهم	جنب کلانتری ۱۳۷	نامناسب	نامناسب	تخلیه فاضلاب‌های آلی، مدفوعی، شویندهای فسفاته، زباله، موش‌ها و عوامل بیماری زا
دوازدهم	پل آزمایش	نامناسب	نامناسب	تخلیه فاضلاب‌های آلی، مدفوعی، شویندهای فسفاته، زباله، موش‌ها و عوامل بیماری زا

با توجه به کمبود منابع آبی در ایران، درصورتی که از ورود فاضلاب‌ها به رودخانه جلوگیری شود و رودخانه توسط شهرداری و ارگان‌های زیربط سرپوشیده شود می‌توان از آن به عنوان یکی از منابع اصلی آب شرب

روستاهای اطراف و توابع استان تهران استفاده نمود.

سپاسگزاری

از مسئولین محترم دفتر مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی به ویژه جناب آقای دکتر وثوقی و سرکار خانم مهندس شیروانی تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر. تهران.

حسینی، س. ح.، سجادی، م. م.، کامرانی، ا.، سوری نژاد، ا. و رنجبر، ح. ۱۳۹۲. تأثیر پساب مزارع پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب رودخانه ریجاب (استان کرمانشاه). مجله بوم‌شناسی آبزیان ۲(۴):۳۹-۲۹.

خلج معصومی، آ. ۱۳۸۶. بررسی کیفیت رودخانه‌ی کارون. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. ایران.

رجایی، ق.، مهدی نژاد، م. ه. و حصاری مطلق، س. ۱۳۹۰. بررسی کیفیت شیمیایی آب شرب روستایی دشت بیرجند و قائن در سال ۱۳۸۸-۱۳۸۹. مجله تحقیقات نظام سلامت، ۷(۶):۷۴۵-۷۳۷.

شاطر لو، م. ۱۳۷۴. آب. انتشارات امیر کبیر. ایران.

صدری جهانشاهی، ف. ۱۳۸۰. بررسی کیفی رودخانه‌ی کارون پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. ایران.

عباسی، ا. ۱۳۷۶. آبی که می‌نوشیم. کانون پرورشی نوجوانان. تهران، ایران.

نصرتی، ن. ۱۳۸۱. چرخه‌ی آب. انتشارات محراب قلم. ایران.

نکودری، ح. ۱۳۷۸. بررسی کیفی رودخانه‌ی آب خام و تصفیه شده‌ی رودخانه‌ی کرج. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. ایران.

Boyd, C. E. & Gautier, D. 2000. Effluent composition and water quality standards. *Global Aquaculture Advocate (GAA)*, 3(5): 61–66.

Chapman, D.& Kimstach, V. 1992. The selection of water quality variable in: Water quality assessments (Chapman, D. Ed.). Chapman and Hall Ltd. London.

Environmental Protection Agency (EPA). 1996. Quality criteria for waters. EPA. Washington, DC.

FAO. 1970. Physical and chemical methods of soil and water analysis. FAO Soils Bulletin No. 10. FAO, Rome.

Garrels, R.M., Mackenzie, F.T. & Hunt, C. 1973. Chemical cycles and the global environment. Kaufmann. Los Altos, Calif.

Gray, N. F. 1994. Drinking water quality: Problems and solutions. John Wiley & Sons, Chichester.

Kelly, T. R., Herida, J. & Mothes, J. 1998. Sampling of the Mackinaw River in central Illinois for physicochemical and bacterial indicators of pollution. *Transactions of the Illinois Academy of Science*, 91(3 and 4): 145-154.

Miller, D. & Semmens, K. 2002. Waste management in aquaculture. West Virginia University Extension Service Publication No. AQ02-1. USA.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th ed, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation. Washington DC, USA.

Varedi, S. E., Nasrollahzadeh, H. S., Farabi, S. M. V., Vahedi, F., Gholamipour, S. & Varedi, S.R. 2010. Characterization and impact of Rainbow trout farm effluent on water quality of Haraz River. *Journal of Shahid Chamran University of Ahvaz*, 1-8.