

## ارزیابی کیفیت زه آب اراضی شالیزاری برای استفاده مجدد در آبیاری و تخلیه به محیط زیست (مطالعه موردی: واحد عمرانی F4 شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود)

مهسا حسن پور نودهی<sup>۱</sup>، مریم نوایان<sup>۲\*</sup> و مهدی اسمعیلی ورکی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۶

### چکیده

کمیود منابع آب شیرین و همچنین کاهش کیفیت آب موجود در بخش کشاورزی، نیاز به یافتن منابع جدید جهت استفاده در آبیاری را امری ضروری نموده است. در این خصوص بهره‌گیری از آب‌های نامتعارف یکی از گزینه‌های پیش رو می‌باشد. استفاده مجدد از زه آب اراضی کشاورزی به عنوان یک منبع آب نامتعارف قابل دسترس، یکی از راه کارهای رفع کمیود منابع آبی به‌شمار می‌رود. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کیفیت زه آب اراضی شالیزاری شهرستان صومعه‌صرا واقع در واحد عمرانی F4 شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود برای استفاده مجدد در آبیاری و تخلیه به محیط زیست انجام شد. به منظور بررسی زه آب منطقه برای تخلیه به آب‌های سطحی و استفاده مجدد در آبیاری غلظت پارامترهای نیترات، ارتوفسفات، آمونیوم، نیاز بیولوژیکی اکسیژن، اکسیژن محلول، کل جامدات محلول و اسیدیته در نه مقطع در ماه‌های اردیبهشت تا تیر سال زراعی ۱۳۹۶ اندازه‌گیری و با استانداردهای آژانس حفاظت از محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست ایران و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مقایسه شد. بیشترین غلظت نیترات، ارتوفسفات، آمونیوم و نیاز بیولوژیکی اکسیژن به ترتیب ۱/۲۵، ۰/۱۸۴، ۲/۹۱ و ۸۹ میلی‌گرم بر لیتر در ماه اردیبهشت و کمترین غلظت اکسیژن محلول و بیشترین غلظت کل جامدات محلول به ترتیب ۳/۶ و ۲۸۹ میلی‌گرم بر لیتر در ماه تیر مشاهده شد. همچنین بیشترین مقدار اسیدیته ۸/۲۳ در ماه اردیبهشت و کمترین مقدار آن ۷/۲۶ در ماه خرداد بود. زه آب زهکش مورد نظر از نظر پارامترهای نیترات، ارتوفسفات، اسیدیته و کل جامدات محلول بر اساس تمام استانداردها در محدوده مجاز و قابل استفاده برای آبیاری و تخلیه به آب‌های سطحی بود. ولی از نظر پارامترهای اکسیژن محلول، نیاز بیولوژیکی اکسیژن و آمونیوم در برخی از استانداردها فراتر از حد مجاز و غیرقابل استفاده در آبیاری و تخلیه به آب‌های سطحی بود. با توجه به برآورد بار آلودگی زه آب ورودی زهکش مورد مطالعه به تالاب انزلی مشخص شد که بیشترین بار آلودگی در طول دوره نمونه‌برداری در ماه اردیبهشت بود.

**واژه‌های کلیدی:** آمونیوم، اسیدیته، اکسیژن محلول، ارتوفسفات، نیترات

### مقدمه

برخوردار است، می‌باشد (El\_Ganzori et al., 2000). استفاده مجدد از زه آب کشاورزی علاوه بر افزایش کارایی مصرف آب سریع‌ترین و اقتصادی‌ترین گزینه مورد توجه جهت افزایش آب قابل دسترس برای کشاورزی می‌باشد (Fleifle et al., 2013). هدف اساسی در استفاده مجدد از زه آب، کاهش مقادیر رها شده آن است، به طوری که هم‌زمان بتوان از آن برای آبیاری و یا مصارف دیگر استفاده کرد. به طور معمول، زه آب‌ها در مقایسه با آب آبیاری از کیفیت پایین‌تری برخوردار هستند اما در مناطق دچار کمیود آب آبیاری، استفاده از زه آب برای تکمیل منابع آب از اهمیت خاصی برخوردار است. به علاوه با استفاده از زه آب برای آبیاری، مشکلات ناشی از تخلیه زه آب‌ها به محیط زیست به حداقل رسیده و احتمال آلودگی منابع آب نیز کاهش می‌یابد (حسن اقلی، ۱۳۸۵). مهم‌ترین مشکل موجود برای تصمیم‌گیری جهت استفاده مجدد از زه آب کشاورزی مناسب بودن کیفیت زه آب و به دنبال آن تعیین نسبت اختلاط بین زه آب کشاورزی و آب آبیاری به

کمیود منابع آب و کاهش کیفیت آن به صورت یک مشکل فزاینده در سطح جهان در حال گسترش است. بخش کشاورزی به عنوان بیشترین مصرف کننده آب، نقش به‌سزایی در کاهش منابع آب شیرین دارد. یکی از راهکارهای کاهش استفاده از منابع آب شیرین در بخش کشاورزی، استفاده تلفیقی از زه آب حاصل از کشاورزی با آب شیرین کانال‌ها در مناطق مناسب که زه آب از کیفیت مناسبی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب، دانشگاه گیلان

۲- دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان و عضو وابسته پژوهشی گروه مهندسی آب و محیط زیست پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر دانشگاه گیلان

۳- دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان و عضو وابسته پژوهشی گروه مهندسی آب و محیط زیست پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر دانشگاه گیلان  
(\*- نویسنده مسئول: (Email: Navabian@guilan.ac.ir)

منظور برآوردن استانداردهای موجود در محل استفاده مجدد می‌باشد (El-Ganzori et al., 2000). ناجی و سالم در پژوهشی به ارزیابی کیفیت زه‌آب زهکش UMOUM در مصر برای استفاده مجدد در آبیاری براساس پارامترهای BOD، DO و TDS پرداختند و یک مدیریت پویا به عنوان راه حل مناسب برای کنترل کمیت و کیفیت زه‌آب از طریق اختلاط آب زهکش با آب شیرین برای استفاده مجدد ارائه دادند. در این خصوص نمودارهایی برای تعیین نسبت اختلاط مناسب بین آب شیرین و زه‌آب، جهت برآورده ساختن استانداردهای موجود ارائه گردید (Nagy and Salem, 2003). فیلیفل و همکاران در دلتای غربی رود نیل، یک روش کلی و سازمان یافته برای تعیین دبی بهینه استفاده مجدد از زه‌آب با استفاده از مدل SWQM\_1 و روش بهینه سازی الگوریتم ژنتیک ارائه دادند. نتایج نشان داد که زه‌آب کشاورزی حوضه زهکش مورد نظر در مکان‌های استفاده مجدد می‌تواند مستقیماً برای آبیاری، تنها با قدری تجاوز از دستورالعمل‌های سازمان غذا و کشاورزی FAO مورد استفاده قرار گیرد. همچنین تحت شرایط مطلوب، بیش از ۸۰ درصد زه‌آب کشاورزی موجود قابلیت استفاده مجدد را داشته که دربرگیرنده بیش از ۴۰ درصد نیاز آبیاری در طول فصول اصلی آبیاری بود (Fleifle et al., 2013). آلام و نجم به ارزیابی کیفیت آب زهکش در انتهای کانال‌های آبیاری در شمال دلتای رود نیل، جهت تعیین مناسب بودن زه‌آب کشاورزی برای استفاده مجدد مستقیم در آبیاری توسط جریان برگشتی از زهکش‌ها پرداختند. داده‌های جمع آوری شده در منطقه‌ی مورد مطالعه با استانداردهای مصر مقایسه شد. نتایج نشان داد که کیفیت زه‌آب، استانداردهای محلی را برای استفاده مجدد مستقیم از زه‌آب کشاورزی برآورده نمی‌سازد و برای بهره‌وری بیش‌تر از آب، یک سیستم تصفیه درون کانال و مخلوط کردن زه‌آب با آب آبیاری شیرین از طریق تعیین نسبت اختلاط در مکان‌های مناسب جهت بهبود کیفیت زه‌آب و غلبه بر کمبود آب آبیاری در انتهای کانال آبیاری توصیه شد (Allam and Negm., 2013). آلام و همکاران در پژوهشی به ارزیابی کیفیت و کمیت زه‌آب اراضی در دلتای غربی رود نیل در مصر برای استفاده مجدد در کشاورزی پرداختند. نتایج نشان داد که مقادیر فسفر کل، کل جامدات محلول و نیتروژن کل منطبق بر استانداردهای مصر جهت استفاده مجدد مستقیم در بسیاری از بخش‌ها در طول زهکش بود اما مقادیر BOD و COD فاصله معنی‌داری نسبت به استانداردها داشتند (Allam et al., 2015). کلباسی و موسوی (۱۳۷۹) در پژوهشی به بررسی کیفیت زه‌آب زهکش‌های مهم تخلیه شونده به زاینده رود و اثر آن‌ها بر این رودخانه پرداختند. مهم‌ترین اثر زهکش‌های مذکور بر کیفیت آب زاینده رود افزایش شوری آب این رودخانه، به‌ویژه در پایین دست بود، به‌طوری که حدود ۱۱۲۲۳۷ تن در سال به‌طور میانگین وارد رودخانه می‌شد. احمدوند و معاضد (۱۳۸۷) در پژوهشی به ارزیابی کیفی زه‌آب کشت و صنعت دعبل خزاکی برای استفاده مجدد در

کشاورزی بر اساس رهنمودهای کیفیت آب آبیاری آیزر و وسکات و طبقه‌بندی آب آبیاری ویل‌کاکس پرداختند. نتایج نشان داد که زه‌آب این کشت و صنعت در کلاس C4S2 و C4S3 طبقه‌بندی ویل‌کوکس قرار گرفته و براساس رهنمودهای کیفیت آب آبیاری آیزر و وسکات، از نظر تاثیر بر نفوذپذیری خاک و میزان نیتروژن بدون پیامد بد، از لحاظ بی‌کربنات دارای درجه پیامد میانه، از نظر کلراید، سدیم و شوری دارای درجه پیامد بد و از نظر pH در حد استاندارد بود. محمدپور (۱۳۹۱) در پژوهشی جهت مدل سازی انتقال نیترات و فسفات حاصل از زه‌آب کشاورزی در رودخانه پسرخان در استان گیلان، میزان بار آلودگی نیترات و فسفات را به ترتیب ۱۶/۰۰ و ۱/۶۶ کیلوگرم بر هکتار محاسبه نمودند. حق دوست و سلیمانی (۱۳۹۳) پژوهشی به منظور بررسی و ارزیابی کیفیت پساب خروجی زهکش‌های کشت و صنعت نیشکر حکیم فارابی بر کیفیت آب تالاب شادگان انجام دادند. نتایج نشان داد که مقادیر پارامترهای کدورت و قلیائیت در زمان‌های مختلف پایین‌تر از حد استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی و مقادیر کل جامدات محلول در همه زمان‌ها به‌جز اردیبهشت و تیر در حد استاندارد بود. حق دوست و سلیمانی (۱۳۹۴) در پژوهش‌های دیگری بر روی تالاب شادگان نشان دادند که پارامترهای اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی در زمان‌های مختلف و مقادیر هدایت الکتریکی در همه زمان‌ها به‌غیر از بهمن و فروردین بیشتر از حد استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی و غلظت پارامترهای اکسیژن محلول، آمونیوم و نیترات در همه زمان‌ها در حد استاندارد بود.

در استان گیلان با توجه به روند رو به رشد احداث سد در بالادست حوضه آبریز سفیدرود، افزایش برداشت غیر مجاز در بالادست رودخانه سفیدرود و همچنین تغییر اقلیم، کمبود شدید منابع آب برای آبیاری اراضی شالیزاری وجود دارد. از آنجا که استفاده از زه‌آب به عنوان یک منبع آب نامتعارف، اقتصادی و اجرایی می‌تواند بخشی از نیاز آبیاری گیاه برنج را تامین نماید، هدف از پژوهش حاضر ارزیابی وضعیت زه‌آب اراضی شالیزاری بخشی از واحد عمرانی F4 شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود و مقایسه آن با استانداردهای استفاده مجدد در آبیاری برنج در نظر گرفته شد. علاوه بر این تخلیه زه‌آب به منابع آبی می‌تواند با آلودگی و تخریب محیط‌زیست همراه باشد که در این پژوهش وضعیت کیفی زه‌آب برای تخلیه به تالاب انزلی بررسی شد.

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در استان گیلان، شهرستان صومعه‌سرا در روستای نوده و نوپاشان (محدوده جغرافیایی ۱۵° ۴۹' الی ۱۷° ۴۹' طول شرقی و ۲۵° ۳۷' الی ۲۶° ۳۷' عرض شمالی) واقع شده است.

مطالعه ۲/۷۶ کیلومتر می باشد که به عنوان یکی از زهکش های اصلی ۱۲۰ هکتار از اراضی شالیزاری منطقه عمل می نماید. به منظور ارزیابی کیفیت زه آب، از زهکش در طول سه ماه اردیبهشت، خرداد و تیر در سال زراعی ۱۳۹۶ در نه مقطع نمونه برداری انجام گرفت که در شکل (۱) محل قرارگیری نقاط انتخابی در طول زهکش مشخص شده است. همچنین مختصات جغرافیایی این نقاط در جدول (۱) ارائه شده است. نقاط نمونه برداری در محل اتصال زهکش های فرعی به زهکش اصلی و نقاط ابتدا و انتهای بازه زهکش مورد مطالعه بود.

در شمال شرق منطقه مورد مطالعه و به فاصله شش کیلومتری از آن، تالاب انزلی واقع شده است. در این منطقه کشت غالب اراضی کشاورزی، برنج است و نشاء برنج در اردیبهشت ماه انجام می شود. کودهای مصرفی در این منطقه نیتروژنه (سفید) و فسفات (سیاه) می باشد که در اسفند ماه بعد از شخم زدن و همچنین در زمان نشاء به زمین داده می شود. آب آبیاری این منطقه از رودخانه مرغک تامین می گردد. زه آب این اراضی به تالاب انزلی تخلیه می شود که احتمال بروز مشکلات زیست محیطی را ایجاد می نماید. طول زهکش مورد



شکل ۱- زهکش اصلی مورد بررسی و نقاط نمونه برداری در مسیر زهکش در روستای نوده و نوپاشان

جدول ۱- مختصات جغرافیایی نقاط نمونه برداری

شماره نقطه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۴۹° ۱۵' ۳۷/۹۷"	۳۷° ۲۵' ۵۱/۴۵"
۲	۴۹° ۱۵' ۴۵/۵۳"	۳۷° ۲۵' ۵۳/۵۱"
۳	۴۹° ۱۵' ۵۲/۹۴"	۳۷° ۲۵' ۵۵/۸۴"
۴	۴۹° ۱۶' ۰۰/۷۳"	۳۷° ۲۵' ۵۸/۲۱"
۵	۴۹° ۱۶' ۱۸/۳۰"	۳۷° ۲۶' ۰۲/۵۶"
۶	۴۹° ۱۶' ۴۳/۷۹"	۳۷° ۲۶' ۰۹/۵۹"
۷	۴۹° ۱۶' ۵۷/۵۲"	۳۷° ۲۶' ۱۲/۷۸"
۸	۴۹° ۱۷' ۰۸/۶۱"	۳۷° ۲۶' ۱۶/۵۳"
۹	۴۹° ۱۷' ۱۴/۷۴"	۳۷° ۲۶' ۱۸/۲۳"

(استاندارد ۱)، سازمان حفاظت محیط زیست ایران (استاندارد ۲) و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (استاندارد ۳) که در جدول (۲) آورده شده است مقایسه شد. بار آلودگی پارامترهای کیفی مورد بررسی ناشی از زهکش مورد نظر به تالاب انزلی، از حاصل ضرب غلظت پارامتر در آخرین نقطه زهکش (در محل تخلیه به تالاب انزلی) در مقدار دبی آن نقطه بر حسب تن در ماه محاسبه شد. برای اندازه گیری دبی بسته به اندازه مقاطع و حجم زه آب عبوری از پارشال فلوم و مولینه استفاده شد.

پس از نمونه برداری، نمونه ها در شرایط استاندارد و در دمای چهار درجه سانتی گراد به آزمایشگاه منتقل و پارامترهای کیفی زه آب شامل DO، BOD، TDS، اسیدیته، ارتوفسفات، نیترات و آمونیوم اندازه گیری شد. پارامترهای فوق به ترتیب توسط دستگاه های BOD متر، DO متر، هدایت سنج، pH سنج و کروماتوگرافی یونی اندازه گیری شدند (Water and Wastewater, 2017). به منظور ارزیابی کیفیت زه آب برای استفاده مجدد در آبیاری اراضی شالیزاری، مقادیر اندازه گیری شده پارامترهای کیفی با استانداردهای آژانس حفاظت از محیط زیست

جدول ۲- استانداردهای کیفی پساب‌ها برای مصارف آبیاری و تخلیه به محیط‌زیست (ویژگی‌های پساب‌های صنعتی، استاندارد شماره ۲۴۳۹، ۱۳۶۴؛ استاندارد خروجی فاضلاب‌ها، ۱۳۷۷)

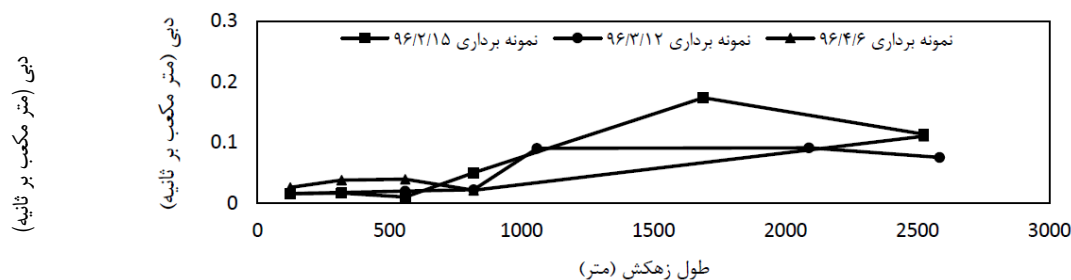
استانداردها پارامترها (میلی گرم بر لیتر)	استاندارد ۱ برای مصارف آبیاری	استاندارد ۲ برای مصارف آبیاری	استاندارد ۲ برای تخلیه به آب‌های سطحی	استاندارد ۳ برای مصارف آبیاری	استاندارد ۳ برای تخلیه به آب‌های سطحی
نیترات	۳۰	-	۵۰	۱۳۰	۱۰
ارتوفسفات	۱۰	-	۶	-	۱
آمونیم	-	-	۲/۵	-	-
اکسیژن محلول	-	۲	۲	-	۶
نیاز بیولوژیکی اکسیژن	۳۰	۱۰۰	۳۰	۱۰۰	۲۰
کل جامدات محلول	-	-	-	۱۵۰۰	-
اسیدیته	۶/۵-۸/۴	۶-۸/۵	۶/۵-۸/۵	۶-۸/۵	۶/۵-۸/۵

## نتایج و بحث

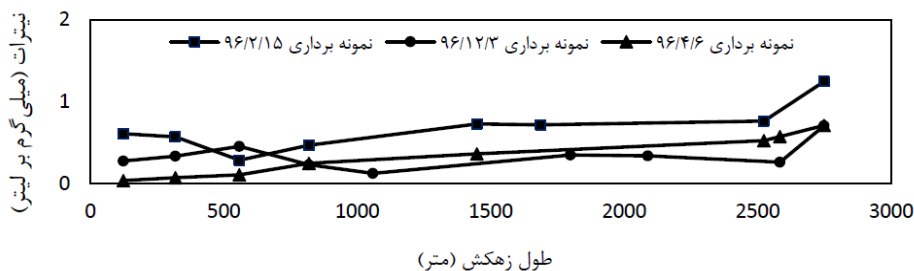
تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای کمی و کیفی در طول دوره نمونه‌برداری در زهکش مورد مطالعه در شهرستان صومعه‌سرا که به تالاب انزلی تخلیه می‌گردد، مورد ارزیابی قرار گرفت که در شکل‌های (۲) تا (۱۰) نشان داده شده است. روند تغییرات دبی در طول زهکش به دلیل ورود رواناب از کرت به زهکش و همچنین خروج زه‌آب از زهکش به کرت‌های دارای کمبود آب آبیاری دارای نوسان بود (شکل ۲). مقادیر نیترات در ماه اردیبهشت افزایش و به ترتیب در ماه‌های خرداد و تیر کاهش یافت. این امر به دلیل آن است که در ماه اردیبهشت، نشاء برنج انجام و کوددهی صورت گرفت و کود نیتروژنه (سفید) به اراضی داده شد و موجب افزایش میزان نیترات در زه‌آب اراضی گردید. همچنین مقادیر نیترات در طول زهکش در هر یک از نمونه‌برداری‌ها روند افزایشی داشت که به دلیل افزایش دبی زه‌آب اراضی (شکل ۲) در طول زهکش و افزایش نیترات ورودی از زه‌آب اراضی کشاورزی به زهکش مورد نظر بود. تغییرات نوسانی نیترات در برخی از نقاط زهکش در طول نمونه‌برداری می‌تواند به دلیل هم‌زمان نبودن استفاده از کود و متفاوت بودن مقادیر کود مصرفی توسط

کشاورزان منطقه باشد (شکل ۳).

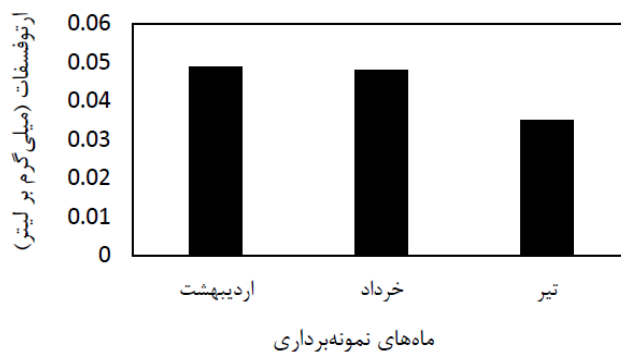
مقادیر ارتوفسفات در هر سه مرحله نمونه‌برداری در ابتدای طول زهکش (حدود ۵۰۰ متر) از ارتوفسفات آب آبیاری (شکل ۵) که از رودخانه مرغک تامین می‌شود، تبعیت کرد اما در ادامه زهکش در مرحله اول نمونه‌برداری با استفاده کود فسفات توسط کشاورزان و غیر هم‌زمانی کاربرد آن توسط کشاورزان روند صعودی داشت (شکل ۴). تغییرات آمونیم در طول دوره نمونه‌برداری روند صعودی داشت که می‌تواند به دلیل کاهش جذب سطحی آمونیم به خاک و افزایش فرسایش خاک و حرکت هم‌زمان آمونیم با ذرات فرسایش یافته به سمت زهکش باشد. در طول زهکش با ترسیب ذرات فرسایش یافته و در نتیجه آمونیم، به دلیل وجود پوشش‌های گیاهی بیش‌تر در انتهای زهکش، از مقادیر آمونیم زه‌آب کاسته شد. شدت کاهش آمونیم در طول زهکش همان‌طور که در شکل مشخص است در نمونه‌برداری دوم و سوم به دلیل رشد پوشش گیاهی و علف هرز در زهکش بیش‌تر بود. علاوه بر این پوشش گیاهی می‌تواند عامل جذب آمونیم از زه‌آب و کاهش مقادیر آن در زه‌آب نیز باشد (شکل ۶).



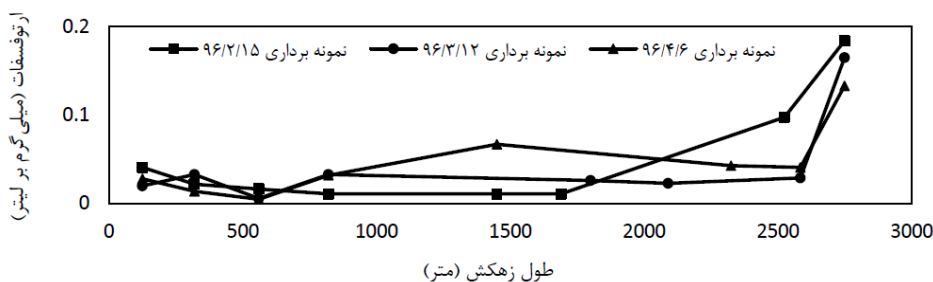
شکل ۲- مقادیر دبی اندازه‌گیری شده در زهکش اصلی در تاریخ‌های مختلف نمونه‌برداری



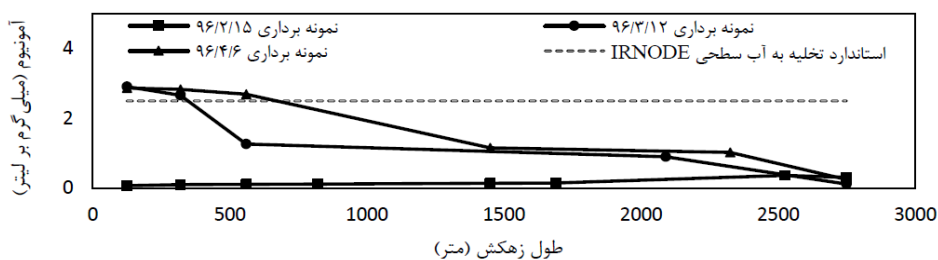
شکل ۳- مقادیر نیترات اندازه گیری شده در زهکش اصلی در تاریخ های مختلف نمونه برداری



شکل ۴- مقادیر ارتوفسفات آب آبیاری (مقطع ورود آب از رودخانه مرغک به منطقه) در تاریخ های مختلف نمونه برداری



شکل ۵- مقادیر ارتوفسفات اندازه گیری شده در زهکش اصلی در تاریخ های مختلف نمونه برداری



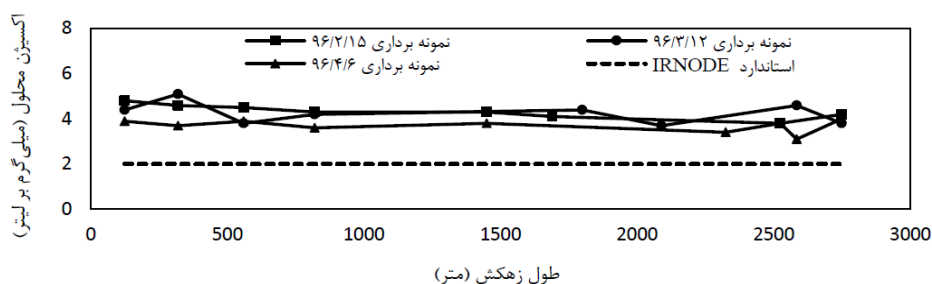
شکل ۶- مقادیر آمونیم اندازه گیری شده در زهکش اصلی در تاریخ های مختلف نمونه برداری (IRNODE استاندارد حفاظت از محیط زیست ایران)

دلیل آن یکنواخت بودن دمای هوا در طول زهکش می باشد. علاوه بر این تلاطم و آشفتنگی محسوسی در جریان در طول زهکش مشاهده نشد و به دلیل کوتاه بودن طول مسیر زهکش مورد بررسی تغییرات زیادی در افزایش اکسیژن حل شده در آب بر اثر تماس سطح آب با

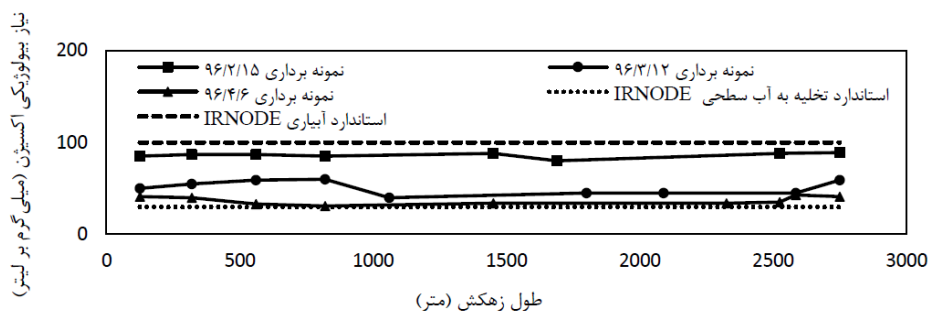
تغییرات اکسیژن محلول در طی دوره نمونه برداری روند کاهشی داشت که این امر به دلیل گرم شدن هوا و افزایش درجه حرارت زه آب و به دنبال آن کاهش اکسیژن محلول در زه آب می باشد. همچنین میزان تغییرات این پارامتر در طول زهکش تقریباً ثابت بوده است که

خروجی نسبتاً زیاد قبل از مقطع مورد نظر بود. تغییرات پارامتر کل جامدات محلول در طول دوره نمونه‌برداری به دلیل کاهش دبی طی ماه‌های اردیبهشت تا تیر، روند افزایشی داشت. همچنین تغییرات این پارامتر در نمونه‌برداری اول و سوم در طول زهکش روند تقریباً ثابتی را داشت که می‌تواند نشان از عدم ورود آلاینده جدید از اراضی به زهکش و بیش‌تر تغییر در نوع آنیون‌ها و کاتیون‌های ورودی به زهکش باشد. وجود نوسان مقادیر پارامترهای آمونیوم، نیترات و ارتوفسفات می‌تواند تاییدی بر این مسئله باشد. در نمونه‌برداری دوم دلیل کاهش مقدار این پارامتر از طول ۸۲۰ تا ۱۸۰۰ متر در مسیر زهکش، وجود دو خروجی نسبتاً زیاد قبل از مقطع مورد نظر بود (شکل ۹).

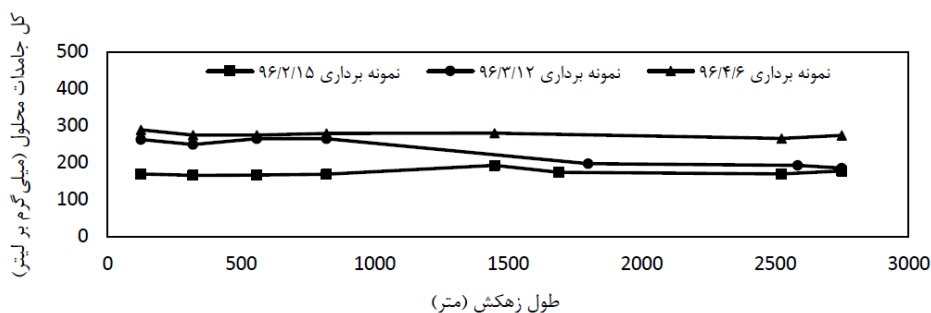
اتم‌سفر و یا کاهش اکسیژن حل شده بر اثر فعالیت بیولوژیکی مشاهده نشد (شکل ۷). همانند پارامتر اکسیژن محلول، نیاز بیولوژیکی اکسیژن نیز به شدت تحت تاثیر دما و همچنین نور می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۸) مشخص است روند تغییرات این پارامتر همانند اکسیژن محلول، در طی دوره نمونه‌برداری نزولی بود که به دلیل افزایش دمای هوا از ماه اردیبهشت تا تیر و کاهش اکسیژن محلول و به دنبال آن کاهش اکسیژن مورد نیاز برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها بود. روند ثابت این پارامتر در هر نمونه‌برداری به دلیل عدم تخلیه فاضلاب کاربری‌های مختلف (مانند فاضلاب خانگی و آبی‌پروری) در طول زهکش مورد بررسی است. دلیل کاهش مقدار این پارامتر از طول ۸۲۰ تا ۱۰۶۰ متر در مسیر زهکش در نمونه‌برداری دوم، وجود دو



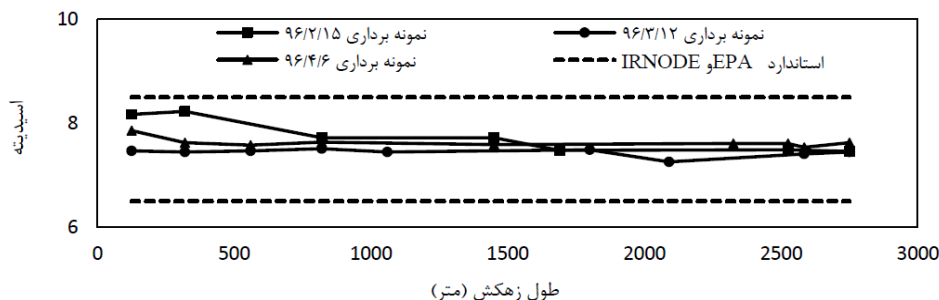
شکل ۷- مقادیر اکسیژن محلول اندازه‌گیری شده در زهکش اصلی در تاریخ‌های مختلف نمونه‌برداری (استاندارد IRNODE حفاظت از محیط زیست ایران)



شکل ۸- مقادیر نیاز بیولوژیکی اکسیژن اندازه‌گیری شده در زهکش اصلی در تاریخ‌های مختلف نمونه‌برداری (استاندارد IRNODE حفاظت از محیط زیست ایران)



شکل ۹- مقادیر کل جامدات محلول اندازه‌گیری شده در زهکش اصلی در تاریخ‌های مختلف نمونه‌برداری



شکل ۱۰- مقادیر اسیدیتته اندازه گیری شده در زهکش اصلی در تاریخ های مختلف نمونه برداری (استاندارد حفاظت از محیط زیست ایران) (IRNODE)

سه قابل استفاده برای مصارف آبیاری و تخلیه به آب های سطحی می باشد. غلظت اکسیژن محلول بر اساس استاندارد سازمان حفاظت از محیط زیست ایران بیش تر از حد مجاز بود بنابراین زه آب زهکش در ماه های اردیبهشت تا تیر در همه مقاطع از نظر اکسیژن محلول قابل استفاده برای مصارف آبیاری و تخلیه به آب های سطحی می باشد ولی بر اساس استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران غلظت آن کم تر از حد مجاز بود. بنابراین زه آب زهکش در ماه های اردیبهشت تا تیر در هیچ یک از مقاطع از نظر اکسیژن محلول قابل استفاده برای مصارف آبیاری و تخلیه به آب های سطحی نمی باشد. مقدار نیاز بیولوژیکی اکسیژن بر اساس استانداردهای سازمان حفاظت از محیط زیست ایران و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران برای مصارف آبیاری کم تر از حد مجاز بود. بنابراین زه آب زهکش در ماه های اردیبهشت تا تیر در همه مقاطع از نظر نیاز بیولوژیکی اکسیژن قابل استفاده مجدد در آبیاری می باشد و بر اساس استانداردهای آژانس حفاظت از محیط زیست برای مصارف آبیاری، سازمان حفاظت از محیط زیست ایران و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران برای تخلیه به آب های سطحی، زه آب زهکش در ماه های اردیبهشت تا تیر در هیچ یک از مقاطع از نظر این پارامتر قابل استفاده برای مصارف آبیاری و تخلیه به آب های سطحی نمی باشد. ناجی و سالم بیش ترین غلظت پارامترهای اکسیژن محلول، نیاز بیولوژیکی اکسیژن و کل جامدات محلول را به ترتیب ۷/۹۹، ۹۳ و ۷۱۶۷ میلی گرم بر لیتر گزارش کردند که فراتر از حد مجاز استاندارد محلی آن ها (به ترتیب ۵، ۶ و ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر) بود (Nagy and Salem, 2003). آلام و نجم بیش ترین غلظت پارامترهای نیترات، فسفر کل، آمونیوم، نیاز بیولوژیکی اکسیژن و اسیدیتته را به ترتیب ۴/۶، ۱/۰۳، ۱/۳۰، ۳۶، ۷/۷۸ گزارش کردند که به غیر از نیترات سایر پارامترها از مقدار مجاز استاندارد محلی آن ها (به ترتیب ۱، ۱، ۰/۵، ۱۰ و ۷) بیش تر بود (Allam and Negm, 2013). همچنین محمدپور (۱۳۹۱) برای پارامترهای نیترات و فسفات، بیش ترین غلظت را به ترتیب ۶۶/۳ و ۴ میلی گرم بر لیتر اعلام کرد که نیترات بیش تر و

تغییرات پارامتر اسیدیتته در طول دوره نمونه برداری و در طول زهکش کم و تقریباً ثابت بود (شکل ۱۰). در مرحله نمونه برداری اول و دوم در ابتدای مسیر زهکش، اسیدیتته زه آب متأثر از اسیدیتته آب آبیاری به مقدار ۸ نزدیک بود اما با ورود رواناب اراضی شالیزاری در طول مسیر اسیدیتته زه آب به مقدار اسیدی (حدود ۶ pH) نزدیک تر شد.

بیش ترین غلظت نیترات، فسفات و نیاز بیولوژیکی اکسیژن به ترتیب ۱/۲۵، ۰/۱۸۴ و ۸۹ میلی گرم بر لیتر در ماه اردیبهشت و در مقطع نه زهکش و بیش ترین غلظت آمونیوم ۲/۹۱ میلی گرم بر لیتر در ماه اردیبهشت و در مقطع یک زهکش مشاهده شد که می تواند به دلیل استفاده از کودهای نیتروژنه و فسفات در ماه اردیبهشت و به دنبال آن افزایش مواد آلی موجود در زه آب باشد. همچنین کم ترین غلظت اکسیژن محلول ۳/۶ میلی گرم بر لیتر در ماه تیر و در مقطع چهار زهکش مشاهده شد که می تواند به دلیل افزایش دمای هوا و به دنبال آن کاهش میزان اکسیژن حل شده در زه آب باشد. بیش ترین غلظت پارامتر کل جامدات محلول ۲۸۹ میلی گرم بر لیتر در ماه تیر و در مقطع یک زهکش، بیش ترین مقدار پارامتر اسیدیتته ۸/۲۳ در ماه اردیبهشت و در مقطع دو زهکش و کم ترین مقدار آن ۷/۲۶ در ماه خرداد و در مقطع هفت زهکش بود. مقایسه غلظت این پارامترها با استانداردهای ذکر شده موجود در جدول (۲) نشان می دهد که زه آب زهکش از نظر پارامترهای نیترات، ارتوفسفات، کل جامدات محلول و اسیدیتته کم تر از حد مجاز استانداردهای ذکر شده و قابل استفاده مجدد در آبیاری و تخلیه به محیط زیست در تمام طول زهکش و دوره نمونه برداری بود. برای پارامتر آمونیوم در تمام استانداردهای ذکر شده مقدار حد مجازی اعلام نشده است و تنها استاندارد ارائه شده برای این پارامتر، استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست برای تخلیه به آب های سطحی است که بر اساس این استاندارد غلظت آمونیوم بیش تر از حد مجاز ارائه شده بود. بنابراین زه آب زهکش از نظر آمونیوم در ماه اردیبهشت در همه مقاطع، در ماه خرداد در همه مقاطع به جز مقطع یک و دو و در ماه تیر در همه مقاطع به جز مقطع یک و

آنیون‌ها و کاتیون‌ها توسط گیاه که در مرحله رشد می‌باشد و نیاز آبی بیش‌تر گیاهان و کاهش خروج رواناب از اراضی و در نتیجه کاهش دبی زهکش، میزان بار آلودگی پارامترها کم‌تر بود. همچنین در ماه تیر با کمی افزایش در دبی زهکش و همچنین افزایش تعداد کل جامدات محلول، بار آلودگی پارامتر کل جامدات محلول بیش‌تر بود. کلباسی و موسوی (۱۳۷۹) میزان بار آلودگی شوری زه‌آب زهکش‌های مهم تخلیه شونده به زاینده رود را ۱۱۲۲۳۳۷ تن در سال و محمدپور (۱۳۹۱) میزان بار آلودگی نیترات و فسفات حاصل از زه‌آب کشاورزی به رودخانه پسیخان را به ترتیب ۱۶ و ۱/۶۶ کیلوگرم بر هکتار محاسبه نمودند.

فسفات کم‌تر از حد مجاز استاندارد زیست‌محیطی (به‌ترتیب ۵۰ و ۶ میلی‌گرم بر لیتر) بودند.

بار آلودگی پارامترهای کیفی مورد بررسی ناشی از زهکش مورد مطالعه که به تالاب انزلی وارد می‌شود، در ماه‌های نمونه‌برداری محاسبه شد. جدول (۳) مقادیر بار آلودگی پارامترها را بر حسب تن در ماه نشان می‌دهد. بیش‌ترین مقدار بار آلودگی پارامترهای نیترات، فسفات، آمونیوم و نیاز بیولوژیکی اکسیژن در ماه اردیبهشت و پارامتر کل جامدات محلول در ماه تیر بود. در ماه اردیبهشت به دلیل استفاده از کود در هنگام نشاء برنج و بیش‌تر بودن دبی زهکش، میزان بار آلودگی پارامترها بیش‌تر و در ماه خرداد به دلیل افزایش جذب

جدول ۳- میزان بار آلودگی زهکش مورد مطالعه (تن در ماه)

تیر	خرداد	اردیبهشت	ماه	
			پارامتر	تیر
۰/۱۰۸	۰/۰۵۳	۰/۲۳۳	نیترات	
۰/۰۱۲	۰/۰۰۶	۰/۰۳۰	ارتوفسفات	
۰/۰۷۳	۰/۰۲۴	۰/۱۱۱	آمونیم	
۰/۰۹۳	۰/۰۳۴	۰/۱۵۶	نیتروزون (مجموع آمونیوم و نیترات)	
۱۰/۴۱	۹/۱۶	۲۶/۸۷	نیاز بیولوژیکی اکسیژن	
۷۹/۰۸	۳۹/۲۳	۵۱/۸۵	کل جامدات محلول	

## نتیجه‌گیری

دعبل خزاعی برای استفاده مجدد در کشاورزی. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب. مهرماه، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.

حسن اقلی، ع.ر. ۱۳۸۵. مدیریت زه‌آبهای حاصل از سامانه‌های زهکشی و کاربرد مجدد آن در کشاورزی. چهارمین کارگاه فنی زهکشی. آبان ماه. کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران.

حق دوست، ر و سلیمانی، م. ۱۳۹۳. ارزیابی پساب خروجی زهکش‌ها و تاثیر آن بر کیفیت آب تالاب شادگان با تاکید بر میزان قلیائیت، کدورت و کل جامدات محلول (مطالعه موردی شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی). فصلنامه علمی و تخصصی مهندسی آب. ۲: ۱۵۰-۱۴۳.

حق دوست، ر و سلیمانی، م. ۱۳۹۴. ارزیابی پساب خروجی زهکش‌ها و تاثیر آن بر کیفیت آب تالاب شادگان با تاکید بر میزان اکسیژن محلول و هدایت الکتریکی (مطالعه موردی شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی). فصلنامه علمی و تخصصی مهندسی آب. ۴: ۱-۷.

حق دوست، ر و سلیمانی، م. ۱۳۹۴. ارزیابی پساب خروجی زهکش‌ها و تاثیر آن بر کیفیت آب تالاب شادگان با تاکید بر میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی پنج روزه

بررسی زه‌آب زهکش مورد نظر برای استفاده مجدد در آبیاری و تخلیه به آب‌های سطحی با مقایسه پارامترهای کیفی زه‌آب با استانداردهای ذکر شده نشان داد که زه‌آب زهکش مورد مطالعه از نظر پارامترهای نیترات، ارتوفسفات، اسیدیته و کل جامدات محلول بر اساس تمام استانداردها، در تمام طول زهکش و دوره نمونه‌برداری در محدود مجاز و قابل استفاده برای آبیاری و تخلیه به آب‌های سطحی بود. ولی از نظر پارامترهای اکسیژن محلول، نیاز بیولوژیکی اکسیژن و آمونیوم در برخی از استانداردها فراتر از حد مجاز و غیرقابل استفاده در آبیاری و تخلیه به آب‌های سطحی بود. با توجه به برآورد بار آلودگی زه‌آب ورودی زهکش مورد مطالعه به تالاب انزلی مشخص شد که بیش‌ترین بار آلودگی در طول دوره نمونه‌برداری در ماه اردیبهشت بود و مدیریت کود به صورت تقسیط در سه مرحله، طراحی اصولی آبیاری کرتی (ابعاد و شیب کرت) و کنترل و کاهش فرسایش خاک و خروج خاک از شالیزار می‌تواند در کاهش تبعات منفی تخلیه زه‌آب اراضی شالیزاری به منابع آب پذیرنده کمک شایانی باشد.

## منابع

احمدوند، م و معاضد، ه. ۱۳۸۷. ارزیابی کیفی زه‌آب کشت و صنعت



- Technology Conference. Istanbul. 5-7.
- Allam, A., Fleifle, A., Tawfik, A., Yoshimura, C and El-Saadi, A. 2015. A simulation-based suitability index of the quality and quantity of agricultural drainage water for reuse in irrigation. *Journal of Science of the Total Environment*. 536: 79-90.
- El-Ganzori, A., Gawad, T.A., El-Sayed, A and Hashim, A. 2000. Assessment of the drainage water reuse in the irrigation improvement areas, Kafr El-Sheikh governorate of Egypt. *Journal of ICEHM2000*: 333-344.
- Us Environment Protection Agency (EPA). 1977. Process design manual for land treatment of municipal wastewater. Report 625/1-77-008. Circinnatei. Ohio.
- Fleifle, A.E., Saavedra, V.O.C., Nagy, H.M., Elfetiany, F.A., Tawfik, A and Elzeir, M. 2013. Simulation-optimization model for intermediate reuse of agriculture drainage water in Egypt. *Journal of Environmental Engineering*. 139.3: 391-401.
- Nagy, H.M and Salem, A.S. 2003. Evaluation of drainage water quality for reuse. A case study of Umoum drain in Egypt. *Journal of Lowland Technology International*. 5.2: 27-38.
- Rice, E.W., Baird R.B and Eaton A.D. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association. American Water Works Association. Water Environment Federation.
- (مطالعه موردی شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی). فصلنامه علمی و تخصصی مهندسی آب. ۴. ۲: ۸-۱.
- حق دوست، ر و سلیمانی، م. ۱۳۹۴. ارزیابی پساب خروجی زهکش‌ها و تاثیر آن بر کیفیت آب تالاب شادگان با تاکید بر میزان نیترات، آمونیوم و کل باکتری‌های کلیفرم (مطالعه موردی شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی). فصلنامه علمی و تخصصی مهندسی آب. ۳. ۲: ۱۳۸-۱۳۱.
- کلباسی، م و موسوی، ف. ۱۳۷۹. تغییرات کیفیت زه آب زهکش‌های مهم تخلیه شونده به زاینده رود و اثر آنها بر این رودخانه در یک دوره یکساله. نشریه علوم آب و خاک. ۴. ۳: ۲۷-۱۳.
- محمدپور، ز. ۱۳۹۱. مدل‌سازی انتقال نیترات و فسفر حاصل از زه‌آب‌های کشاورزی در رودخانه پسیخان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشکده علوم کشاورزی. دانشگاه گیلان.
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۶۴. استاندارد شماره ۲۴۳۹. ویژگی‌های پساب‌های صنعتی.
- دفتر آموزش سازمان حفاظت محیط زیست ایران. ۱۳۷۷. نشریه استاندارد خروجی فاضلاب‌ها.
- Allam, A.E and Negm, A.M. 2013. Agricultural drainage water quality analysis and its suitability for direct reuse in irrigation case study: Kafr El-Sheikh governorate, Egypt. *Seventeenth International Water*

## Assessment of Agricultural Drainage Water for Safe Reuse in Irrigation Purposes and Discharge to Environment (Case study: unit F4 of Sefiedrod Irrigation and Drainage Network)

M. Hasanpour Nodehi<sup>1</sup>, M. Navabian<sup>2\*</sup> and M. Esmaeili Varaki<sup>3</sup>

Received: Dec.03, 2019

Accepted: Jan.26, 2019

### Abstract

Reducing fresh water resources and the quality of water in the agricultural has led to importance of the finding new sources of water for irrigation. In this regard, the use of non-conventional waters is one of the options. Using of drainage water as a non-conventional water source is one of the solutions to solve the water deficiency problem in agriculture. The present study was carried out to evaluate and simulate the quality of the drainage water of the rice fields in the city of Soumatserra, located in the F4 unit of Sefidrud Irrigation and Drainage Network for reuse in irrigation and evacuated to the environment. To investigate the quality of drainage water for discharge to surface water resources and reuse in irrigation, were measured concentration of nitrate, orthophosphate, ammonium, biological oxygen demand, dissolved oxygen, total dissolved solids and acidity in nine points of drainage canal from May-July 2017 and compared with the standards of the Environmental Protection Agency, the Environmental Protection Agency of Iran, Institute of Standards and Industrial Research of Iran. The highest concentration of nitrate, orthophosphate, ammonium, and biological oxygen demand were 1.25, 0.184, 2.91 and 89 mg/ l in May and the lowest concentration of dissolved oxygen and the highest concentration of total dissolved solids were 3.6 and 289 mg/l, in July. Also, the highest and lowest value of pH was 8.23 in May and 7.26 in June. Drainage water in terms of nitrate, orthophosphate, total dissolved solids and acidity, according to the mentioned standards was allowed in reuse in irrigation and discharge to surface water resources. But in terms of dissolved oxygen, biological oxygen demand and ammonium was diagnosed over the limit for reuse in irrigation and discharge to surface water resources. According to estimation of the pollution load of the drain to the Anzali wetland, it was found that the highest amount of pollution during the sampling period was occurred in May.

**Key words:** Ammonium, Acidity, DO, Nitrate, Orthophosphate

1- M. Sc. Student of Water Engineering. Department., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan

2- Associated Prof. of Water Engineering. Department., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan and Dep. of Water Eng. and Environment, Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Iran

3- Associated Prof. of Water Engineering. Department., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan and Dep. of Water Eng. and Environment, Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Iran

(\* - Corresponding Author Email: Navabian@guilan.ac.ir)