سال دوم، شماره ۱، شهریور ۱۳۹٤، صفحات ۵۱ تا ۵۸
نشریه آب و توسعه پایدار

2015, Vol.2, No.1, Pages 51 to 58
Journal of Water and Sustainable Development

بررسی اثر تغییرات درجه حرارت و زبری کانال بر کیفیت فاضلاب تصفیه‌خانه پرکندآباد مشهد با استفاده از مدل‌سازی عددی

امیر قلی‌پور[۱]، ابراهیم علامتیان [۲*]

۱و۲- به ترتیب کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب و فاضلاب و استادیار گروه عمران، موسسه آموزش عالی خاوران .
*(نویسنده مسئول، e.alamatian@profs.khi.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۹
تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۲۱

چکیده

مشکلات و موانع موجود برای تأمین آب مناسب و همچنین مسائل زیست محیطی، سبب شده است که امروزه تصفیه فاضلاب‌ها بیشتر مورد توجه قرار گیرد. با توجه به هزینه‌های زیاد تصفیه فاضلاب، استفاده از ظرفیت‌های طبیعت برای کاهش بار آلودگی با اهمیت است. در این پژوهش اثر تغییرات دو عامل درجه حرارت محیط و زبری کانال انتقال، بر پارامترهای کیفی فاضلاب با استفاده از مدل عددی Q2K (QUAL2K) بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش درجه حرارت، سرعت کاهش BOD در مقایسه با COD بیشتر شده و میزان نیترات با افزایش دما افزایش می‌یابد. براساس نتایج بررسی‌های عددی سرعت پالایش آلودگی‌ها در دمای بیشتر از ۳۰ درجه سلسیوس بسیار سریع می‌باشد. همچنین با افزایش زبری کانال، BOD و COD روند کاهشی داشته و غلظت آمونیوم و فسفر غیرآلی دارای روند افزایشی است. براساس نتایج بدست آمده، نیترات در زبری مانینگ بالاتر از ۰/۰۴ در طول کانال روندی کاهشی داشته و در زبری‌های کمتر از ۰/۰۴، افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: تصفیه فاضلاب، زبری کانال، درجه حرارت، مدل QUAL2K ، COD.

Assessing of channel roughness and temperature variations on Parkand Abad WWPT's waste-water quality using numerical modeling

A. Gholipour[1], E. Alamatian[2*]

1,2- master science of waste water engineering & Assistant Professor, Khavaran institute of higher education, Mashhad, Iran.
*(Corresponding Author Email: e.alamatian@profs.khi.ac.ir)
Received: 19-1-2015
Accepted: 11-5-2015

Abstract

Nowadays, problems and barriers to supply adequate water and also environmental issues have caused wastewater treatment (WWT) to be considered a high priority. In light of high costs of WWT, using natural capacities to reduce pollution could be potentially significant. In this study, the impact of varying temperature and channel roughness have been investigated on the wastewater quality parameters using the QUAL2K(Q2K) Numerical Model. The results show, as temperature increases, the reduction rate of Biochemical Oxygen Demand (BOD) is more than the Chemical Oxygen Demand (COD) and , nitrate concentration increases. This numerical assessment indicates that the purification rate is too great as temperature rises above 30°C. Also the results indicate that by increasing channel roughness, BOD and COD have descending trends and Ammonium and Phosphorus have ascending trends. According to the obtained results, nitrate (NO3) has decreasing trend when the Manning Roughness Coefficient (n) is higher than 0.04 along the channel, but is reduced when "n" is less than 0.04.

Keywords: wastewater treatment, channel roughness, temperature, QUAL2K model, COD.

مقدمه

ایجاد پساب در اثر فعالیت‌های بشر به موضوعی چالش برانگیز تبدیل شده است. توسعه یافتگی در کشورها سبب افزایش تولید پساب‌های صنعتی می‌شود. عدم تصفیه مناسب فاضلاب‌های ایجاد شده مشکلات زیست محیطی فراوانی را به وجود می‌آورد؛ از طرف دیگر ایجاد تاسیسات مورد نیاز برای تصفیه فاضلاب نیازمند سرمایه‌گذاری بالایی می‌باشد. از این رو بایستی روش‌هایی که با استفاده حداکثری از ظرفیت‌های موجود در طبیعت و هزینه‌های کم، آلودگی فاضلاب را کاهش می‌دهند مورد توجه قرار گیرند. استفاده از ظرفیت‌های طبیعت، همراه با مدیریت هدفمند می‌تواند با حداقل هزینه‌ها آلودگی فاضلاب را کاهش دهد.

ارزیابی نحوه تأثیر طبیعت در پالایش آلودگی‌ها مورد توجه محققین مختلف بوده است، (Bertinelli و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به هزینه‌بر بودن ارزیابی‌های میدانی، استفاده از مدل‌هایی که با شبیه‌سازی شرایط طبیعی، نحوه پالایش آلودگی‌ها را پیش‌بینی کنند دارای اولویت می‌باشند. خراسانی و فریدون، مدل ریاضی QUAL۲K را جهت ارزیابی کیفیت آب رودخانه قرسو در شهرستان کرمانشاه استفاده کردند (Fereidoon و Khorasani، ۲۰۱۳). تطابق خوب نتایج مدل‌سازی عددی با داده‌های میدانی، قابلیت نرم‌افزار مورد استفاده را در پیش‌بینی تاثیر پارامترهای محیطی بر پالایش آلودگی نشان داد. رودخانه اولت در رومانی در معرض ورود پساب شهرکواسنا قرار دارد. پترسکو و همکاران برای رسیدن به وضعیت مطلوب از نظر کیفیت آب، مدل‌سازی آلودگی در این رودخانه را با استفاده از نرم افزارQUAL2E مدنظر قرار دادند (Petrescu و Sumbasacu، ۲۰۱۱). نتایج این مطالعه نشان داد که برای کنترل مشکلات زیست محیطی، نظارت بر کیفیت آب و مدل‌سازی بایستی مکمل یکدیگر قرارگیرند. زاگورچ و درولکاند نیز مدل کیفیت آب QUAL2E را با استفاده از اندازه گیری‌های میدانی و با مجموعه مستقل از داده‌های معتبر برای شرایط بحرانی در درجه حرارت بالای هوا(تابستان)، کالیبره و تجزیه و تحلیل حساسیت بر آن انجام دادند (Drolcand و Zagorc، ۲۰۰۷). در رودخانه ساوا در نزدیکی شهر لیوبلیانا مدل‌سازی به منظور برآورد اثر تخلیه فاضلاب شهری و صنعتی بر غلظت اکسیژن محلول انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که برای انطباق با استانداردهای کشور اسلوونی، بایستی غلظت BOD فاضلاب قبل از تخلیه در رودخانه به زیر۳۰ میلی‌گرم بر لیتر برسد.

معمولاً جهت ساخت کانال‌های انتقال فاضلاب از بتن استفاده می‌شود. با مرور زمان، عواملی نظیر سایش، هوازدگی، نفوذپذیری بتن، خورندگی فاضلاب و رشد جلبک‌ها در کانال، باعث تغییر زبری کانال‌های بتنی انتقال فاضلاب می‌شود. معمولاً تاثیر زبری کانال را تنها در فرآیند هیدرولیکی فاضلاب درنظر می‌گیرند که به وسیله آن عمق کانال‌های انتقال فاضلاب و همچنین سرعت انتقال جریان در کانال‌ها بدست می‌آید.

Shih و Rahi (۱۹۸۱) رشد گیاهان در کانال‌های انتقال فاضلاب و تغییرات ضریب زبری مانینگ در کانال‌ها را به مدت شش ماه بررسی نمودند. در این پژوهش، زبری از ۰/۰۹۴ تا ۰/۶۱۳ تغییر می‌کرد. ایشان در تحقیقات خود تاثیر زبری بر مشخصات هیدرولیکی جریان را بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که رشد گیاهان در کانال باعث افزایش ضریب زبری مانینگ می‌شود؛ به طوریکه افزایش ضریب زبری مانینگ نسبت مستقیمی با سطح پوشش گیاهی داشت. زبری کانال‌ها بر روی میزان اکسیژن محلول در فاضلاب موثر می‌باشد. Cokgor و Kucukali (۲۰۰۵) بصورت آزمایشگاهی تاثیر زبری کانال بر روی غلظت اکسیژن محلول در فاضلاب را بررسی نمودند. در تحقیق ایشان با استفاده از تغییر در محل قرارگیری سنگ‌های بستر، زبری‌های مختلف شبیه سازی شد. این پژوهش نشان داد که عمق جریان پارامتری مؤثر بر راندمان تولید اکسیژن در هر نقطه از کانال انتقال می‌باشد؛ هر چه فاصله لایه‌های آب با اتمسفر کمتر باشد راندمان جذب اکسیژن بیشتر می‌شود؛ بنابراین در جریان‌های عمیق میزان اکسیژن محلول در لایه‌های پایینی ستون آب کمتر است. همچنین تلاطم و آشفتگی جریان بر میزان تولید اکسیژن مؤثر بود. مقایسه نتایج بدست آمده در بستر صاف با بستر زبر نشان داد که نوسانات اکسیژن محلول در بستر صاف کمتر است.

در مطالعات صورت گرفته تاکنون ارزیابی کیفیت آب در رودخانه و بررسی تأثیر ورود پساب‌های صنعتی و خانگی بر آن مدنظر بوده است. در این مطالعات تاثیر تغییر پارامترهایی مانند درجه حرارت و هوادهی طبیعی بر نحوه پالایش فاضلاب مورد توجه نبوده است. علاوه بر این، در مطالعات صورت گرفته تاکنون تـأثیر تغییرات زبری کانال، تنها در تحلیل هیدرولیکی جریان در نظر گرفته شده است. از طرف دیگر وجود مناطق با روزهای آفتابی زیاد در ایران این فرصت را فراهم نموده است که بتوان از آن برای پالایش فاضلاب استفاده نمود. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تغییرات دما و زبری کانال برکیفیت فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه پرکندآباد در مشهد بوده و برای این کار از مدل عددی QUAL2K استفاده شده است.

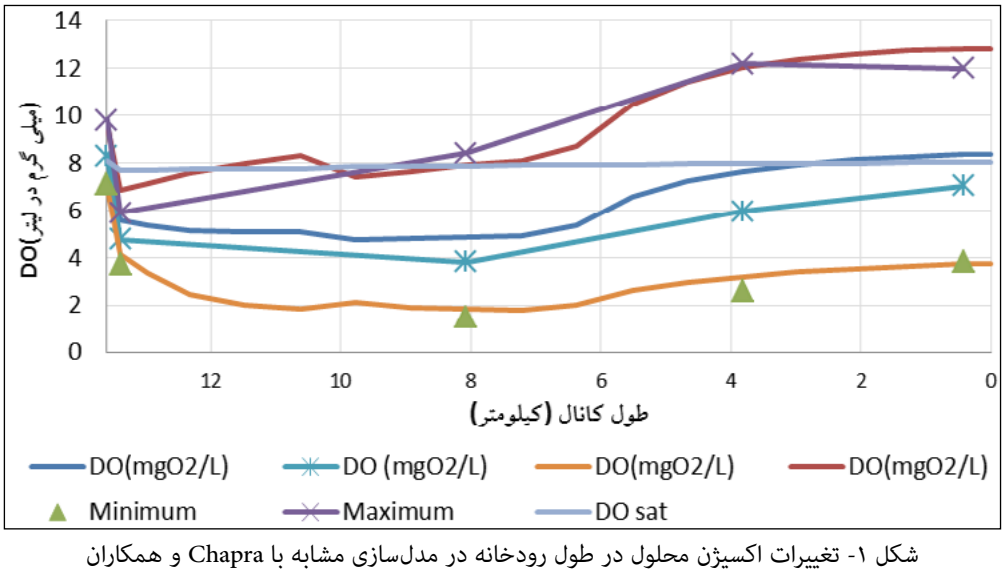
مواد و روش‌ها

- مدل Qual2k

مدل عددی Q2K در سال ۲۰۰۸ جهت مدل‌سازی کیفیت آب رودخانه‌ها توسط گروه عمران و محیط زیست دانشگاه تافتزمدفورد در ایالات متحده آمریکا ارایه شده است (Chapra و همکاران، ۲۰۰۸). در این نرم‌افزار، مدل‌سازی یک بعدی جریان دائمی فاضلاب انجام می‌شود. تطبیق کمبود اکسیژن در Q2K در سطوح پایین اکسیژن، از طریق کاهش واکنش‌های اکسیداسیون به صفر انجام می‌شود. شبیه‌سازی حذف کلی‌فرم‌ها به عنوان تابعی از دما، نور و ته‌نشینی می‌باشد. اثرات تغییرات دما جریان ورودی و هوای اطراف در مقیاس ۲۴ ساعته شبیه سازی می‌گردد. موازنه حرارتی مدل Q2K برای یک المان برقرار می‌گردد. مکانیزم تغییرات بر پایه فعالیت میکروارگانیزم‌های موجود در جریان است؛ واکنش‌های مؤثر در پالایش آلودگی‌ها، اکسیداسیون و هیدرولیز شیمیایی می‌باشد. برحسب اینکه زمان ماند و اکسیژن کافی در اختیار عناصر مؤثر در تجزیه بیولوژیکی قرار گیرد، سرعت پالایش و مکانیزم‌های حذف آلودگی‌ها متفاوت است.

- صحت‌سنجی مدل عددی

به منظور صحت‌سنجی نحوه عملکرد نرم‌افزار، مدلی که توسط Chapra و همکاران (۲۰۰۵) شبیه‌سازی شده برپا می‌شود. این مدل بر روی رودخانه بولدر کریک با طول ۱۳ کیلومتر و عرض متغیر اجرا می‌گردد. درجه حرارت آب به طور متوسط برابر ۱۲ درجه سانتی‌گراد بوده و میزان پارامترهای کیفی آب مطابق با مدل چاپرا است (Chapra و همکاران، ۲۰۰۵). جریان‌هایی به به ترتیب در کیلومتراژهای ۱۳/۶، ۱۰/۲ و ۶/۶ به رودخانه وارد می‌شوند. دبی ورودی به رودخانه کریک ۰/۷۱۲ متر مکعب بر ثانیه است. به عنوان نمونه غلظت ماکزیمم اکسیژن محلول (DO Max)، غلظت مینیمم اکسیژن محلول (DO Min) و غلظت متوسط اکسیژن محلول (DO) حاصل از مدل‌سازی انجام شده در طول کانال در شکل (۱) نمایش داده شده است. در همین شکل داده‌های آزمایشگاهی نیز قرار داده شده‌اند. این شکل نشانگر صحت و دقت مناسب عملکرد نرم‌افزار می‌باشد.



شکل ۱- تغییرات اکسیژن محلول در طول رودخانه در مدل‌سازی مشابه با Chapra و همکاران

- اطلاعات مدل‌سازی

مشخصات مدل‌سازی با توجه به آمار تصفیه‌خانه شماره یک پرکندآباد در مشهد انتخاب شده است. مدل‌سازی شامل یک کانال باز مستطیل شکل از جنس بتن با طول ۱۰ کیلومتر و عرض ۵ متر است. شیب کانال ۰/۲ درصد می‌باشد. در جدول (۱) کیفیت فاضلاب ورودی به کانال نشان داده شده است. کانال به ۲۰ قسمت مساوی با طول ۵۰۰ متر تقسیم شده است. به منظور بررسی تاثیر تغییرات درجه حرارت در پالایش فاضلاب، شبیه‌سازی برای ۶ تغییر دمایی مختلف انجام می‌شود. در اولین حالت، دمای فاضلاب تصفیه‌خانه پرکندآباد مشهد ۲۳ درجه سلسیوس است

و درجه حرارت محیط در طول ۲۴ ساعت در اولین روز مرداد ماه سال ۱۳۹۳ در محل تصفیه‌خانه اعمال می‌گردد، (حالت Tv). داده‌های هواشناسی مورد استفاده در جدول (۲) آمده است. . میزان پرتو خورشیدی در محل تصفیه‌خانه مطابق با جدول (۳) می‌باشد. سرعت باد در محل، ۲ متر بر ثانیه و میزان پوشش ابر صفر اعمال می‌شود. با توجه به مدنظر بودن بررسی تأثیر درجه حرارت در سرعت پالایش فاضلاب و قرارگیری کشورمان در نواحی نسبتاً گرم و وجود نواحی با متوسط درجه حرارت بالا در کشور، افزایش درجه حرارت تا ۵۰ درجه سلسیوس با گام‌های ۱۰ درجه‌ای در مدل‌سازی به کار می‌رود. در این حالت درجه حرارت فاضلاب و محیط اطراف آن به صورت ثابت و برابر۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس فرض می‌شود (به ترتیب حالات T10، T20، T30، T40 و T50). یادآوری می‌شود که در مشهد با استفاده از استخرهای خورشیدی می‌توان به درجه حرارت‌هایی بالاتر از۵۰ درجه سانتیگراد نیز دست یافت (Jaefarzadeh، ۲۰۰۵). به منظور بررسی تاثیر ضریب زبری مانینگ، ۶ زبری مانینگ مختلف بصورت ۰/۰۱۲، ۰/۰۲، ۰/۰۲۳، ۰/۰۳۳، ۰/۰۴، ۰/۰۵ انتخاب می‌گردد. روش حل اندرکنش و محاسبه PH، به ترتیب رانگ کودا[1] و برنت[2] می‌باشد. در محاسبات هیدرولیکی جریان، معادله مانینگ استفاده شده است. فرض بر آن است که در کانال موردنظر برای اولین بار جریان فاضلاب وارد می‌گردد. بنابراین شرایط اولیه به لحاظ کیفیت جریان فاضلاب بر کانال مورد نظر تعریف نمی‌گردد.

جدول ۱- کیفیت فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه شماره ۱ پرکندآباد مشهد (گزارشات مطالعات‌مرحله اول مدول نهایی)

آلودگی	نمایه/واحد	میزان آلودگی
اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی	BOD (mgo_2/L)	۴۱۷
اکسیژن موردنیاز شیمیایی	COD (mgo_2/L)	۷۸۶
نیترات	NO_3 (ugN/L)	۶/۱
فسفرآلی	Organic P (ugP/L)	۶/۱۸
قلیاییت	PH	۷/۷
کلی‌فرم‌ها	Coliform ($cfu/100mL$)	۱۵۰۰
کل ازت کجلدال	TKN	۹۷
نیتروژن کل	TN	۹۵/۵

جدول ۲-تغییرات دمایی اول مرداد ماه ۱۳۹۲ در محل تصفیه‌خانه (سازمان هواشناسی استان خراسان رضوی، ۱۳۹۲)

ساعت	۲۴:۰۰	۳:۰۰	۶:۰۰	۹:۰۰	۱۲:۰۰	۱۵:۰۰	۱۸:۰۰	۲۱:۰۰
دما (درجه سانتی‌گراد)	۲۵/۳	۲۹/۲	۳۵/۴	۳۸/۸	۴۳/۲	۳۹/۸	۳۳/۲	۲۸/۸

جدول ۳- میزان پرتو خورشید در طول شبانه‌روز (NOAAT)

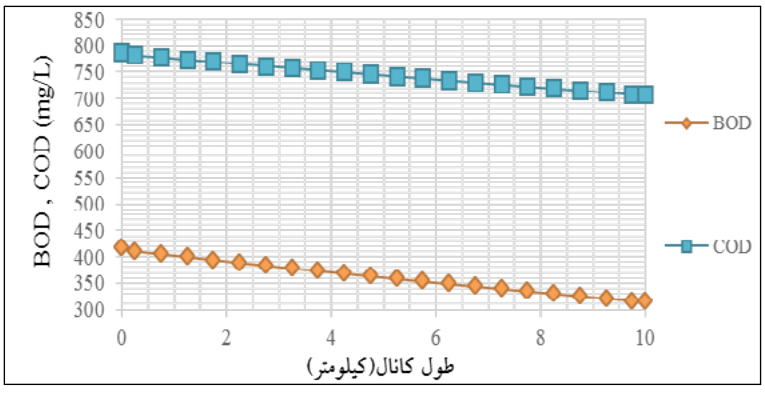
زمان (ساعت)	۶	۷	۹	۱۱	۱۳	۱۵	۱۷	۱۹	۲۰
میزان تابش خورشیدی (وات بر متر مربع)	۰	۱۱/۲	۲۵۸	۵۲۵	۶۲۵	۵۷۱	۳۳۰	۵۱	۰/۰۱

نتایج و بحث

با استفاده از اطلاعات بدست آمده مدل‌سازی انجام شد. نتایج مدل‌سازی‌های عددی به دو بخش تغییرات درجه حرارت هوا و فاضلاب و زبری کانال تقسیم می‌شود. در ادامه به بررسی اثر این دو عامل بر کیفیت فاضلاب پرداخته می‌شود.

- اثر تغییرات درجه حرارت

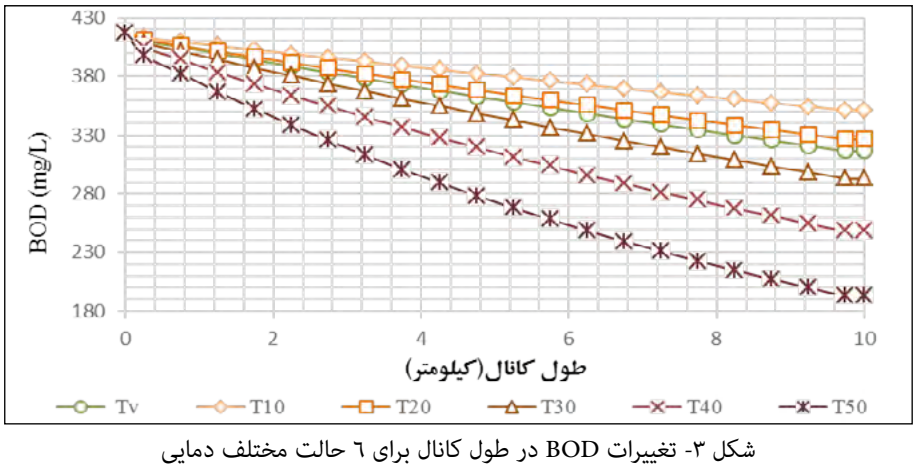
نتایج هیدرولیکی مدل‌سازی نشان می‌دهد که جریان بعد از ورود به کانال در مدت زمان ۰/۱۱ روز (۲ ساعت و ۳۸ دقیقه) به انتهای آن می‌رسد. تغییرات BOD و COD در طول کانال برای حالت Tv در شکل (۲) نشان داده شده است. طبق این شکل مشاهده می‌شود میزان BOD و COD در محل ورودی به کانال به ترتیب ۴۱۷ و ۷۸۶ میلی‌گرم در لیتر است و در طول کانال بطور مداوم کاهش می‌یابد. همچنین ملاحظه می‌گردد که شیب کاهش BOD بیشتر از COD می‌باشد به نحوی که در انتهای کانال، BOD با ۲۴ درصد کاهش به عدد ۳۱۷ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد؛ در حالی که COD در انتهای کانال ۷۰۸ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که نشان دهنده ۹/۹۲ درصد کاهش است.



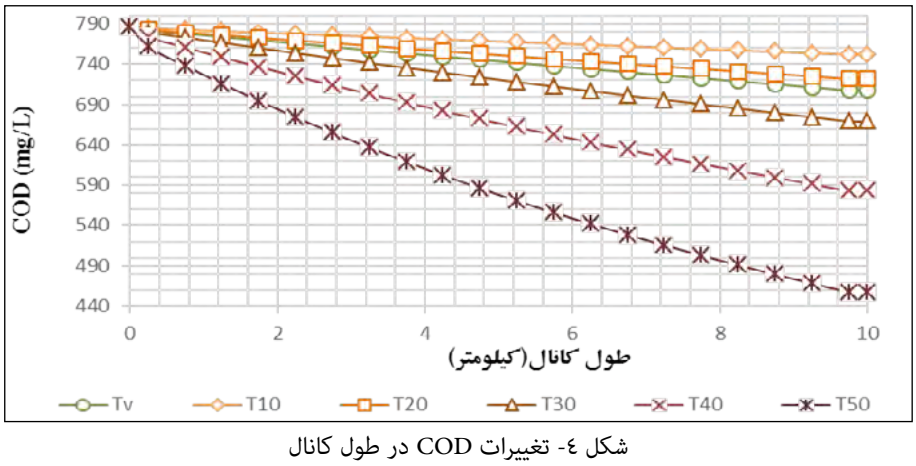
شکل ۲- تغییرات BOD و COD در طول کانال برای حالت Tv

به منظور بررسی تأثیر درجه حرارت در کیفیت آلودگی فاضلاب، تغییرات BOD در طول کانال برای ۶ حالت مختلف دمایی مطابق شکل (۳) رسم شده است. مشاهده می‌شود که در کلیه حالات در طول کانال BOD کاهش یافته، اما با افزایش درجه حرارت شیب کاهش BOD افزایش نشان می‌دهد. به نحوی که در درجه حرارت ۵۰ درجه سلسیوس در انتهای کانال BOD با ۵۴ درصد کاهش به عدد ۱۹۳ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد. در حالی که در درجه حرارت ۱۰ درجه سلسیوس در انتهای کانال BOD با ۱۶ درصد کاهش به ۳۵۱ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد. بنابراین می‌توان گفت با افزایش درجه حرارت، BOD کاهش می‌یابد. نتایج بررسی‌های عددی این تحقیق نشان می‌دهد که افزایش درجه حرارت از ۱۰ به ۵۰ درجه سلسیوس موجب کاهش ۳۷/۹۳ درصدی BOD در کانال مورد مطالعه شده است.

شکل (۴) تغییرات COD در طول کانال را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که همانند BOD، در کلیه حالات مقدار COD نیز در طول کانال کاهش یافته و شیب این کاهش با افزایش درجه حرارت افزایش می‌یابد. با توجه به شکل می‌توان گفت که افزایش درجه حرارت از ۱۰ به ۵۰ درجه سلسیوس باعث کاهش ۳۷/۴۹ درصدی COD می‌شود.

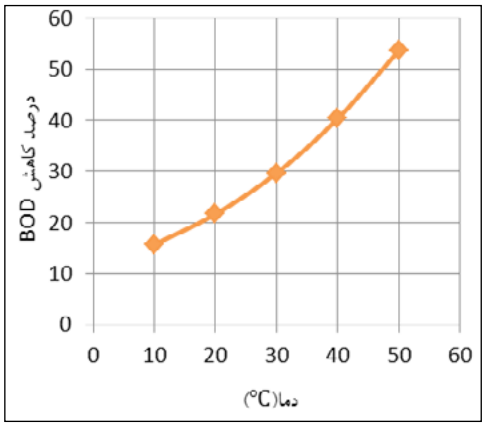


شکل ۳- تغییرات BOD در طول کانال برای ٦ حالت مختلف دمایی

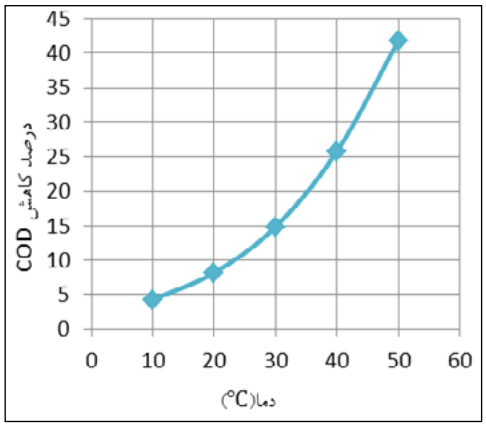


شکل ٤- تغییرات COD در طول کانال

شکل‌های (۵) و (۶) به ترتیب درصد کاهش BOD و COD در مقابل تغییرات درجه حرارت را نمایش می‌دهند. مشاهده می‌شود که کاهش BOD و COD با افزایش درجه حرارت رابطه خطی ندارند. به نحوی که درجه حرارت‌های بالاتر، کاهش شدیدتر BOD و COD را به دنبال دارد. بنابراین سرعت پالایش آلودگی‌ها در دمای بیشتر از ۳۰ درجه سلسیوس بسیار سریع می‌باشد.

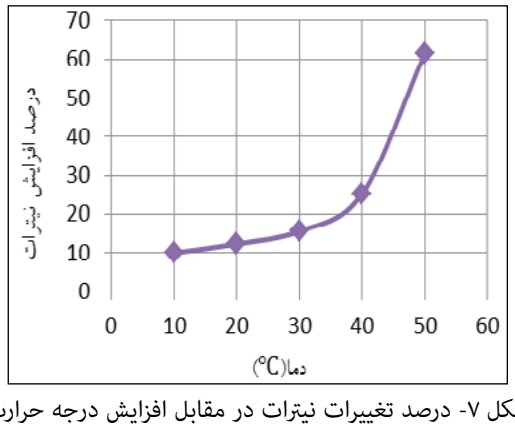


شکل ۵- درصد کاهش BOD در مقابل تغییرات درجه حرارت



شکل ٦- درصد کاهش COD در مقابل تغییرات درجه حرارت

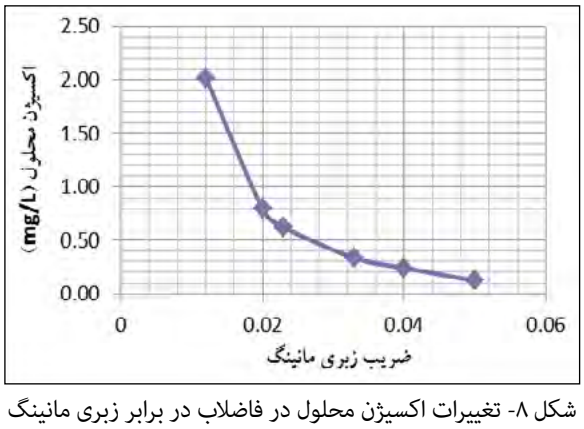
در شکل (۷) تغییرات مقدار نیترات در انتهای کانال برای دماهای مختلف نشان داده شده است. ملاحظه می‌گردد که تا دمای حدود ۴۰ درجه سلسیوس میزان نیترات با شیب ملایم و پس از آن با شیب زیادی افزایش می‌یابد. در این بین، مقدار اولیه نیترات ۶/۱ (mg/L) بوده که در دمای ۵۰ درجه سلسیوس با ۵۰ درصد افزایش به ۹/۱۴ (mg/L) می‌رسد که این مقدار طبق استانداردهای خروجی فاضلاب (مصوبات هیئت وزیران، ۱۳۶۴) از میزان حد مجاز جهت ورود به آب‌های زیرزمینی (۱۰ mg/L) و سطحی (۵۰ mg/L) کمتر است.



شکل ۷- درصد تغییرات نیترات در مقابل افزایش درجه حرارت

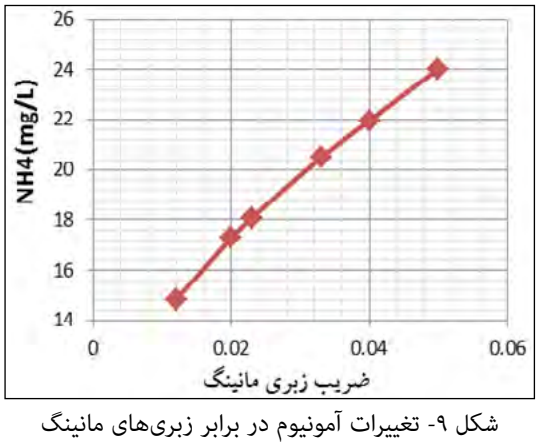
- کانال با زبری متغیر

در این بخش تغییرات ضریب زبری مانینگ و اثر آن بر کیفیت فاضلاب مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. با توجه به معادله مانینگ، بدیهی است که با افزایش زبری کانال، عمق جریان افزایش می‌یابد؛ بنابراین سرعت جریان کاهش یافته و زمان ماند در کانال، بیشتر می‌شود. تغییر زمان ماند خود بر اکسیژن محلول در فاضلاب مؤثر است. شکل (۸) تغییرات اکسیژن محلول در فاضلاب را در برابر زبری مانینگ نمایش می‌دهد.

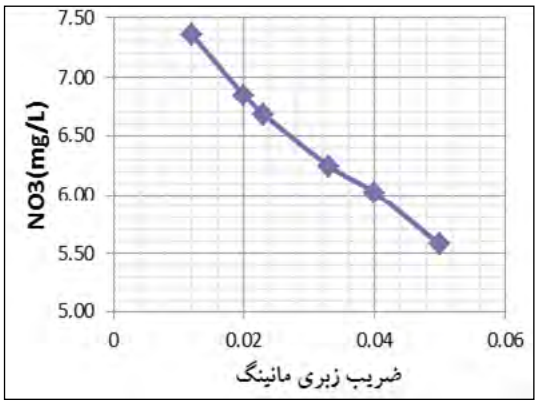


شکل ۸- تغییرات اکسیژن محلول در فاضلاب در برابر زبری مانینگ

ملاحظه می‌شود که با افزایش زبری مانینگ کانال، اکسیژن محلول کاهش می‌یابد. شیب نمودار خطی نبوده و هرچه زبری افزایش یافته، شیب نمودار کندتر می‌شود. به طوری که از زبری ۰/۰۱۲ تا ۰/۰۲ حدوداً ۶۱ درصد اکسیژن محلول کاهش می‌یابد. نتایج مدل‌سازی عددی نشان می‌دهد که اکسیژن محلول در کانال، تأثیر ناچیزی بر میزان آمونیوم، BOD، COD، نیتروژن آلی و فسفرآلی دارد. برای بررسی این مطلب، دو مدل مجزا از اثر تغییر اکسیژن محلول بر پارامترها، شبیه‌سازی شد. در اولین مدل، اکسیژن محلول برابر نمونه فاضلاب (حدود ۲/۱۸ میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد و در مدل دوم هیچ اکسیژن محلولی وجود ندارد. یادآور می‌شود که سایر مولفه‌های شیمیایی و هیدرولیکی دو مدل یکسان و مطابق مشخصات گفته شده پیشین می‌باشد. نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که تغییرات اکسیژن محلول، بر غلظت نیتروژن، فسفرآلی، آمونیوم، BOD و COD تأثیر قابل ملاحظه‌ای ندارد. تغییرات آمونیوم و نیترات در برابر زبری‌های مانینگ به ترتیب در شکل‌های (۹) و (۱۰) نمایش داده شده است. مطابق شکل (۹) مشاهد می‌شود که منحنی با شیبی یکنواخت در حال صعود است و با افزایش زبری مانینگ، آمونیوم روندی افزایشی دارد، به‌طوریکه از زبری ۰/۰۱۲ تا ۰/۰۵ آمونیوم تقریباً ۳۸/۲۵ درصد افزایش یافته است. همچنین مطابق شکل (۱۰)، با افزایش زبری مانینگ نیترات کاهش می‌یابد. مقدار اولیه نیترات برابر ۶/۱ (mgN/L) است و در زبری ۰/۰۱۲ به عدد ۷/۳۶ (mgN/L) رسیده است که افزایشی برابر با ۱۷/۱۲ درصد داشته است و زمانیکه که زبری ۰/۰۵ می‌شود، با ۸/۵ درصد کاهش، برابر ۵/۵۸ شده است. زیرا با افزایش زبری کانال، اکسیژن محلول کاهش می‌یابد و چون غلظت نیترات با اکسیژن محلول رابطه‌ای مستقیم دارد، بنابراین با افزایش زبری مانینگ نیترات کاهش می‌یابد.

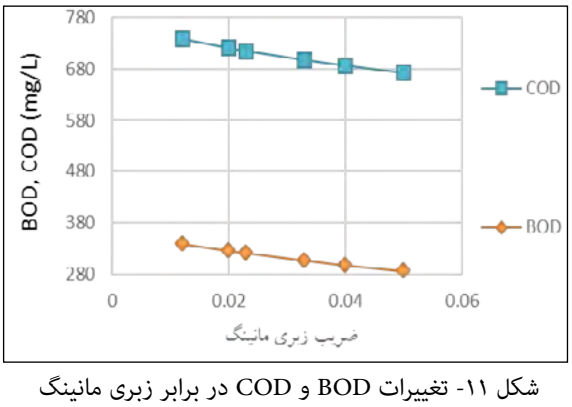


شکل ۹- تغییرات آمونیوم در برابر زبری‌های مانینگ



شکل ۱۰- تغییرات نیترات در برابر زبری‌های مانینگ

شکل (۱۱) تغییرات دو شاخص BOD و COD در انتهای کانال را در مقابل ضریب زبری مانینگ نمایش می‌دهد. غلظت BOD و COD در ورود به کانال به ترتیب برابر ۴۱۷ و ۸۷۶ است. مشاهده می‌شود که مقادیر BOD و COD برای زبری‌های مختلف در انتهای کانال، متفاوت است. به عبارت دیگر زبری کانال‌ها در میزان BOD و COD مؤثر و با افزایش زبری هر دو پارامتر کاهش می‌یابد. طبق این نمودار غلظت BOD در زبری ۰/۰۱۲ با ۱۸/۷۷ درصد کاهش برابر با ۳۳۸/۷۲ میلی‌گرم و در زبری ۰/۰۵ با ۳۱/۴۲ درصد کاهش برابر ۲۸۵/۹۶ است. این غلظت‌ها برای COD به ترتیب ۶/۱۱ و ۱۴/۵ درصد کاهش می‌باشد.



شکل ۱۱- تغییرات BOD و COD در برابر زبری مانینگ

می‌دانیم که با افزایش اکسیژن محلول، مقادیر BOD وCOD کاهش یافته و در صورتی که زمان ماند لازم برای واکنش اکسیژن با BOD وCOD فراهم گردد، این دو شاخص با سرعت بیشتری کاهش می‌یابند. بنابراین با افزایش زبری مانینگ زمان ماند بیشتر می‌گردد. نکته قابل توجه این است که زمان ماند بایستی تا جایی افزایش یابد که اکسیژن محلول برای واکنش با BOD وCOD فراهم باشد و اگر اکسیژنی برای مصرف وجود نداشته باشد، ایجاد زمان ماند بیشتر مؤثر نخواهد بود.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر اثرات تغییرات درجه حرارت و زبری کانال بر کیفیت فاضلاب تصفیه‌خانه پرکندآباد مشهد با مدل‌سازی جریان فاضلاب توسط نرم‌افزار Q2K بررسی شد. در ابتدا مدل‌سازی برای ۶ حالت مختلف دمایی انجام شد. در بخش دیگر تغییرات ضریب زبری مانینگ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان BOD و COD با افزایش درجه حرارت کاهش می‌یابند، ولی سرعت کاهش BOD در مقایسه با COD بیشتر است. میزان نیترات تا دمای حدود ۴۰ درجه سلسیوس با شیب ملایم و پس از آن با شیب زیادی افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که سرعت پالایش آلودگی‌ها از دمای ۳۰ درجه سلسیوس به بعد بسیار سریع می‌باشد. مدل‌سازی عددی نشان داد که با افزایش زبری کانال، زمان ماند افزایش و اکسیژن محلول کاهش خواهد یافت. همچنین با افزایش زبری کانال، BOD و COD روند کاهشی دارند. براساس نتایج بدست آمده نیترات در زبری‌های بالاتر از ۰/۰۴ در طول کانال روندی کاهشی دارد؛ این تغییرات ناشی از کاهش میزان اکسیژن محلول در زبری‌های بالاتر از ۰/۰۴ است. با کاهش اکسیژن، نیترات در اثر فرآیند دی نیتریفیکاسیون کاسته می‌شود.

پی‌نوشت

Runge-Kutta

Brent

منابع

سازمان هواشناسی استان خراسان رضوی. ۱۳۹۲. داده‌های دریافتی از سازمان هواشناسی استان خراسان رضوی. ایران.

مصوبات هیأت وزیران. ۱۳۶۴. آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب، مجلس شورای اسلامی، دوره ۶۴، جلد ۶.

Bertinelli L., Strobl E. and Zou B. 2008. Economic development and environmental quality: A reassessment in light of nature's self-regeneration capacity. Science direct, Volume 66, Issues 2–3: 371–378.

Cokgor S. and Kucukali S. 2005. Effect of Sediment Roughness on Surface Aeration around Boulders in an Open Channel Flow. RMZ- Material and Geoenvironment, Vol. 52, No. 1: 13-15.

Chapra S.C., Pelletier G.J. and Tao H. 2008. QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality, Version 2.11: Documentation and Users Manual; Department of Civil and Environmental Engineering. Tufts University: Medford, OR, USA.

Drolcand A. and ZagorcKon J. 2007. Calibration of QUAL2E Model for the Sava River (Slovenia).Water Sci. Techno l, 40: 111–118.

Fereidoon M. and Khorasani Gh. 2013. Water Quality Simulation in Qarresu River and the Role of Wastewater Treatment Plants in Reducing the Contaminants Concentrations. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), 3(5): 2278-3075.

Jaefarzadeh M.R. 2005. Thermal behaviour of a large salinity-gradient solar pond in the city of Mashhad, Iran. J. Sci. Technol. 29 (B2): 219–229.

Petrescu V. and Sumbasacu G. 2011. Sirbu, Nicolai. monitoring and mathematical modeling important tools for environmental problems. Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ). 10(11): 1779-1787.

Shih S.F. and Rahi G.S. 1981. Seasonal Variations of Manning's Roughness Coefficient in a Subtropical Marsh. TRANSACTIONS of the ASAE, Vol. 25, No. 1:116-119.