بررسی میزان مصرف اکسیژن محلول در خطوط شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب

مهندس کاووس دیندارلو – مربی، عضو هیئت علمی گروه بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان
دکتر کاظم ندافی – استادیار، عضو هیئت علمی گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران
دکتر علیرضا مصداقی‌نیا – استاد، عضو هیئت علمی گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران

چکیده

فاضلاب تازه دارای مقداری اکسیژن است که با گذشت زمان و در طول خطوط فاضلاب، صرف اکسیداسیون مواد آلی می‌شود و در نهایت با مصرف شدن اکسیژن و بدنبال آن ایجاد شرایط بی‌هوازی و شروع فرایند احیاء سولفات‌ها و فعل و انفعالات متعاقب آن، خسارات اقتصادی و اکولوژیکی عظیمی وارد می‌شود.

این تحقیق به منظور بررسی میزان مصرف اکسیژن محلول در طول خطوط شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب صورت گرفت. در این راستا خط اصلی تصفیه‌خانه فاضلاب صاحب قرانیه تهران به طول ۸۶۳ متر و با قطر ۳۰۰ میلی‌متر به عنوان پایلوت انتخاب و در ۱۰ نقطه از طول خط اصلی میزان اکسیژن محلول به روش ید و متری وینکلر از ابتدا تا انتهای شبکه از ۲/۷۳mg/l به ۱/۸mg/l کاهش یافت و نسبت h/D از ۴/۵ درصد تا ۲۹/۷ درصد بدست آمد که افزایش نسبت h/D با Do نسبت عکس داشت، BOD5 در ماه‌های مختلف سال اندازه‌گیری شد و احتمال وقوع ۵۰ درصد BOD5 که معادل میانگین BOD5 می‌باشد ۱۹۴ میلی‌گرم در لیتر به دست آمده ضمن اینکه درجه حرارت متوسط فاضلاب ۲۰/۳ درجه سانتی‌گراد برآورد شد که با میانگین سرعت ۲/۰۵ متر بر ثانیه میزان کاهش اکسیژن در خط اصلی شبکه ۸/۹۹ میلی‌گرم در لیتر در ساعت به دست آمد.

می‌توان با استناد به مقادیر مصرف اکسیژن در خطوط شبکه‌های مختلف تمهیدات لازم را در جهت پیشگیری از شرایط بی‌هوازی و متعاقب آن تولید گاز سولفید هیدروژن و پدیده خوردگی به کار گرفت.

کلید واژه ها: ضایعات مواد بیولوژیک ـ اکسیژن ـ فاضلاب ـ لوله‌های فاضلاب

مقدمه:

فاضلاب تازه دارای مقداری اکسیژن است که با گذشت زمان و در طول خطوط فاضلاب رو صرف اکسیداسیون مواد آلی می‌شود (۱). وجود اکسیژن محلول مانع از احیاء سولفات شده و از تشکیل گاز سولفید هیدروژن و متعاقب آن خوردگی بیولوژیکی لوله‌های بتنی فاضلاب جلوگیری به عمل می‌آورد (۳، ۲)، لیکن با مصرف اکسیژن شرایط بی‌هوازی شروع شده و فرآیند احیاء سولفات شکل می‌گیرد که با توربلانس فاضلاب گاز هیدروژن آزاد و به فضای فوقانی حرکت نموده و با بخار آب موجود و اثر باکتری‌های اکسیدکننده تشکیل اسید سولفوریک می‌دهد که موجب انحلال کلسیم موجود در بتن لوله‌های فاضلاب می‌گردد و بدین شکل خسارات اقتصادی و اکولوژیکی عظیمی را به دنبال دارد (۴، ۵).

امروزه در کشورهای پیشرفته که مجهز به سیستم شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب می‌باشند تحقیقات گسترده‌ای در زمینه کاهش اکسیژن در خطوط شبکه‌ها شکل گرفته است. آژانس حفاظت محیط زیست امریکا (E.P.A) در سال ۱۹۸۵ مقدار مصرف را در فاضلاب‌روهای کوچک ۲ تا ۳ میلی‌گرم در

Archive of SID
www.SID.ir

لیتر و میزان متوسط درجه حرارت فاضلاب را ۱۵/۶ درجه سانتی‌گراد گزارش کرده است. از سوی دیگر BOD5 در کشورهایی که میزان مصرف سرانه آب بیشتری دارند، کمتر از کشورهایی است که مصرف آب کمتری دارند (۱، ۵). بر اساس گزارش ماتوس و سزا در سال ۱۹۹۱ مقدار اکسیژن مصرفی در یک روستای واقع در پرتقال بین ۶-۳ میلی‌گرم در لیتر در ساعت اندازه‌گیری شده است (۶). بر اساس تحقیقات دکتر پومروی نیز تشکیل سولفید هیدروژن و پدیده خوردگی مرتبط با عواملی چون BOD5، درجه حرارت، شیب فاضلاب رو، نسبت h/D شناخته شده است. این موضوع مورد تأیید EPA نیز قرار گرفته است (۷، ۸). بنابراین تعیین اکسیژن محلول در خطوط فاضلاب و همچنین مصرف آن می‌تواند وضعیت پتانسیل‌خوردگی را روشن نموده تا با اقدامات پیشگیرانه در فاصله معینی از شبکه به کاهش هزینه‌ها کمک نمود (۶).

مواد و روش‌ها:

این تحقیق که در نوع خود یک پژوهش کاربردی محسوب می‌شود با مطالعات کتابخانه‌ای آغاز، سپس تصفیه‌خانه فاضلاب صاحبقرانیه به عنوان پایلوت انتخاب و در خط اصلی شبکه به طول ۸۶۳ متر، ۱۰ نقطه انتخاب و از هر نقطه ۱۰ نمونه به روش ساده برداشته و بلافاصله به آزمایشگاه انتقال یافت و میزان اکسیژن محلول به روش یدومتری وینکلر بر اساس استاندارد متد آزمایشات آب و فاضلاب اندازه‌گیری و ثبت شد. جهت تعیین میزان BOD5 نیز در ماه‌های مختلف سال نمونه‌برداری ساده انجام گرفت و آزمایش بر اساس روش استاندارد شکل گرفت و به منظور اطمینان بیشتر از مقادیر حاصل شده احتمال وقوع BOD5، پنجاه درصد و کمتر که معادل تقریبی میانگین BOD5 می‌باشد، محاسبه شد. نسبت h/D نیز در ۷ مورد برای هر نقطه و جمعاً ۷۰ مورد با میانگین اندازه‌گیری توسط خط‌کش از طریق منهول در ساعت ۹ لغایت ۱۰ صبح صورت گرفت. با دماسنج معمولی نیز میزان متوسط دمای فاضلاب اندازه‌گیری شد و نهایتاً بر اساس جدول‌های محاسب هیدرولیکی لوله‌های آب و فاضلاب و لجن مقادیر شیب و سرعت پر، سرعت نیمه پر، سرعت متوسط و میلی‌گرم در لیتر اکسیژن مصرفی در ساعت محاسبات و ثبت شد. نهایتاً نتایج به صورت جداول و نمودارهای توصیفی ارائه گردید.

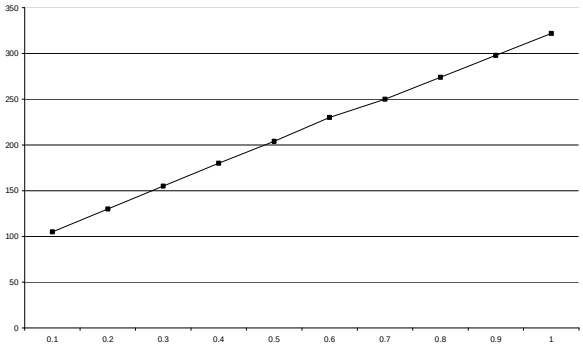
نتایج:

مقادیر BOD5، درجه حرارت و PH از عوامل مهم خوردگی محسوب می‌شوند که با توجه به آزمایشات انجام شده و نتایج حاصل از آزمایش در ماه‌های مختلف سال BOD5، درجه حرارت و PH ورودی تصفیه‌خانه در آزمایشگاه دانشکده بهداشت و آزمایشگاه کنترل کیفیت شرکت فاضلاب تهران در جدول شماره (۱) آمده است. همچنین به منظور اطمینان بیشتر، احتمال وقوع BOD5 در یک مقدار خاص و کمتر از آن در نمودار (۱) آمده است. بر اساس نمونه‌برداری‌های انجام شده در ۱۰ نقطه از خط ۸۶۳ متری فاضلاب رو، میزان اکسیژن محلول از ابتدا به انتهای خط به ترتیب از ۲/۷۳ میلی‌گرم در لیتر به ۲/۵۸، ۲/۵۵، ۲/۳۱، ۲/۴، ۲/۲۸، ۲/۱۵، ۱/۹۶، ۱/۹۱، ۱/۸ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافت که در نمودار (۲) روند کاهش DO آمده است. بر اساس اندازه‌گیری انجام شده نسبت درصد h/D نیز به ترتیب ۵/۴، ۲/۲۹، ۱/۲۷، ۴/۲۰، ۲۵، ۹/۲۰، ۱/۱۷، ۱۴، ۲/۷، ۷/۲۹ حاصل شد که ارتباط بین h/D و اکسیژن محلول در نمودار شماره ۳ آمده است. از سوی دیگر بر اساس محاسبات هیدرولیکی و روابط مثلثاتی و شیب ۶ درصد، عرض سطح جریان، مساحت تر شده، دبی پر، دبی واقعی، سرعت پر و سرعت واقعی در جدول (۲) آمده است (۸). بر اساس این جدول سرعت متوسط ۲/۰۵ متر بر ثانیه حاصل شد و با توجه به اینکه در یک فاصله ۷۶۳ متری مقدار اکسیژن از ۲/۷۳ به ۱/۸ میلی‌گرم در لیتر رسیده است میزان کاهش اکسیژن در این خط برابر با ۸/۹۹ میلی‌گرم در لیتر در ساعت به دست آمد.

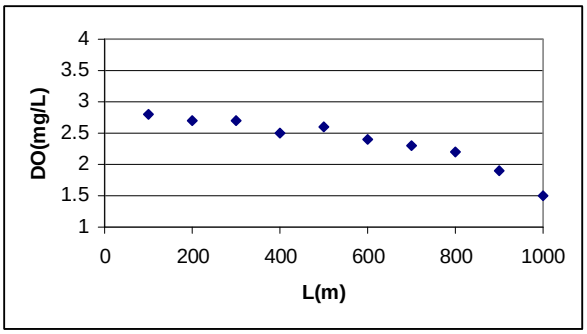
Archive of SID
www.SID.ir

جدول شماره ۱ ـ میزان BOD ، درجه حرارت و PH در ورودی تصفیه‌خانه فاضلاب صاحب قزانیه تهران در سال ۱۳۷۸

ردیف	تاریخ نمونه‌برداری	BOD (Mg/L)	درجه حرارت C	PH
۱	۷۸/۱/۲٤	۲٤۰	۲۱	۸/۱
۲	۷۸/۲/۳۰	۲۲۵	۲۱/٦	۷/۰۵
۳	۷۸/۳/۲٦	۱۸۲/۵	۲٤/۲	۷/۳۱
٤	۷۸/٤/۱٦	۲۳۲	۲۵/۳	۷/٦۳
۵	۷۸/۵/٦	۱۲۷	۲۷	۷/۳
٦	۷۸/۷/۲۵	۲۰۰	۲۸	۷/۲۵
۷	۷۸/٦/۲٤	۲۰۵	۲۷	۷/٤٤
۸	۷۸/۷/۷	۲۵۰	۲۳	۷/۰٤
۹	۷۸/۸/۲۵	۱۲۰	۲۵	۷/۲۷
۱۰	۷۸/۹/۳۰	۱۸۵	۲۰	۷/٦
۱۱	۷۸/۱۰/۲۳	۳۲٦	۱۸	۷/۸٦
۱۲	۷۸/۱۱/۲٦	۲۵۳	۱۵	۷/۹
۱۳	۷۸/۱۱/۳۰	۱۰۰	۱۷/۵	۷/۷
۱٤	۷۸/۱۲/۳	۱۱۰	۱۷	۷/۷۹



نمودار شماره ۱ ـ نمایش احتمال وقوع BOD کمتر یا مساوی مقادیر داده شده ورودی تصفیه‌خانه صاحبقرانیه در سال ۱۳۷۸

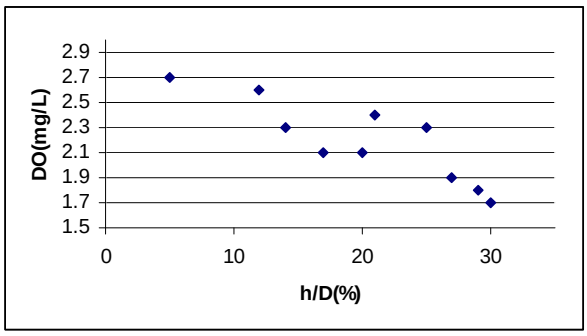


نمودار شماره ۲ ـ تغییرات غلظت DO در خط اصلی شبکه جمع‌آوری فاضلاب صاحبقرانیه

جدول شماره ۲ ـ مشخصات خط اصلی شبکه جمع‌آوری فاضلاب صاحبقرانیه با قط ۳۰۰ میلی‌متر

شماره منهول	L (m)	H/D (%)	QT/QV	VT/Vv	QV (L/S)	QT (L/S)	Vv (m/s)	VT (ms)	P (m)	b(m)	Z
۱۰	۱۰۰	٤/۵	۰/۰۰٤	۰/۲٦	۲٤۱	۰/۹٦٤	۳/٤	۰/۸۸	۰/۱۲۷	۰/۱۲۵	۱۰۰۷۲
۹	۲۲۰	۳/۹	۰/۰۱۱	۰/۳۵	۲٤۱	۲/٦۵	۳/٤	۱/۱۹	۰/۱۸٦	۰/۱۷٤	۲۹۱۲
۸	۳۳۰	۱٤	۰/۰٤۵	۰/۵۲	۲٤۱	۱۰/۸٤	۳/٤	۱/۷٦	۰/۲۲۹	۰/۲۰۸	۱۸۸۰
۷	٤٤۰	۱۷	۰/۰٦۵	۰/۵۸	۲٤۱	۱۵/٦٦	۳/٤	۱/۹۷	۰/۲۵٤	۰/۲۲۵	۱۷۱۲
٦	٤۹۵	۲۰/۹	۰/۱	۰/٦۵	۲٤۱	۲٤/۱	۳/٤	۲/۲۱	۰/۲٦۰	۰/۲۲۹	۱٤۸۸
۵	۵۹۵	۲۵	۰/۱٤	۰/۷۲	۲٤۱	۳۳/۷٤	۳/٤	۲/٤٤	۰/۳۱٤	۰/۲۵۹	۱٤۲٤
٤	٦۹۵	۲۰/٤	۰/۰۹۵	۰/٦٤	۲٤۱	۲۲/۸۹	۳/٤	۲/۱۷	۰/۲۸۳	۰/۲٤۲	۱۵٦۰
۳	۷٤۳	۲۷/۱	۰/۱٦۵	۰/۷۵	۲٤۱	۳۹/۷٦	۳/٤	۲/۵۵	۰/۳۲۹	۰/۲٦۷	۱۳۷٦
۲	۸۰۸	۲۹/۲	۰/۱۹	۰/۷۸	۲٤۱	٤۵/۷۹	۳/٤	۲/٦۵	۰/۳٤۲	۰/۲۷۳	۱۳۳٦
۱	۸٦۳	۲۹/۹	۰/۲۰	۰/۷۹	۲٤۱	٤۸/۲	۳/٤	۲/٦۸	۰/۳٤۷	۰/۲۷٤	۱۳۲۸

Archive of SID
www.SID.ir



نمودار شماره ۳ ـ ارتباط درصد پرشدگی لوله با اکسیژن محلول در خط اصلی شبکه جمع‌آوری فاضلاب صاحبقرانیه

بحث و نتیجه‌گیری:

وجود اکسیژن در فاضلاب می‌تواند مانع از تشکیل شرایط بی‌هوازی و احیاء سولفات در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب گردد. اگر میزان اکسیژن محلول کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر باشد سولفید محلول به صورت H_2S و HS^- خواهد بود که H_2S بلافاصله به فضای داخلی لوله صعود خواهد کرد و بر اثر ترکیب با بخار آب و باکتری‌های اکسیدکننده نهایتاً اسید سولفوریک تشکیل خواهد شد که این اسید موجب انحلال کلسیم موجود در بتن شده و پدیده‌خوردگی رخ خواهد داد (۱، ۲، ۴). در این تحقیق تغییرات غلظت اکسیژن محلول (نمودار ۲) از ابتدای خط تا انتهای آن یک سیر نزولی دارد و این موضوع نشان می‌دهد که اکسیژن با گذشت زمان یا طول خط فاضلاب‌رو صرف اکسیداسیون مواد احیاءکننده می‌شود. همچنین با توجه به اینکه اکسیژن محلول در یک فاصله ۷۶۳ متری از مقدار ۲/۷۳ میلی‌گرم در لیتر به ۱/۸ میلی‌گرم در لیتر رسیده است، مقدار ۰/۹۳ میلی‌گرم در لیتر مصرف اکسیژن است که بر اساس سرعت متوسط فاضلاب میزان مصرف اکسیژن در این شبکه ۸/۹۹ میلی‌گرم در لیتر در ساعت می‌باشد.

آژانس حفاظت محیط زیست امریکا در سال ۱۹۸۵ مقدار اکسیژن را در فاضلاب‌روهای کوچک ۲ تا ۳ میلی‌گرم در لیتر در ساعت گزارش نموده است (۳) و بر اساس گزارش، ماتوس و سوزا در سال ۱۹۹۱ مقدار اکسیژن مصرفی در یک روستا واقع در پرتقال بین ۰/۳ تا ۶ میلی‌گرم در لیتر در ساعت گزارش شده است و در مجاری بزرگ که فاضلاب ۱/۵ تا ۷ ساعت جریان داشته باشد مقدار اکسیژن مصرفی توسط بن و لیستر ۱۱/۴ تا ۶۱/۱ میلی‌گرم در لیتر در ساعت گزارش شده است (۴، ۶).

در این تحقیق میزان مصرف اکسیژن محلول با درجه حرارت متوسط ۲۰/۳ درجه سانتی‌گراد BOD5، ۱۹۴ میلی‌گرم در لیتر منطقی به نظر می‌رسد چون بر اساس گزارش متکاف و ادی میزان متوسط درجه حرارت فاضلاب ۱۵/۶ و میزان BOD5 در کشورهایی که مصرف سرانه آب بالاتری دارند به مراتب کمتر گزارش شده است(۱) و بدیهی است که با افزایش درجه حرارت و BOD5 در این تحقیق، میزان مصرف اکسیژن نیز باید بیشتر باشد. بنابراین در مناطقی که درجه حرارت بالا است و میزان BOD5 نیز بیشتر است میزان مصرف اکسیژن بالاتر بوده و احتمال خوردگی لوله‌های فاضلاب بیشتر است. با توجه به (نمودار ۳) حاصل از نتایج آزمایشات این تحقیق، مشاهده می‌شود که با افزایش نسبت h/D، اکسیژن محلول در فاضلاب کاهش می‌یابد. در شبکه‌هایی که نسبت h/D در آنها زیاد است به علت اینکه فاضلاب با جریان هوای کمتری در تماس است، امکان تولید سولفید هیدروژن و متعاقب آن پدیده خوردگی بیشتر است که این موضوع با مطالعات، ماتوس و سوزا که بر روی یک فاضلاب‌رو با شیب ۰/۰۰۵ و قطر ۳۰۰ میلی‌متر انجام گرفت مطابقت دارد (۶).

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق و مطالعات انجام شده تا آنجا که ممکن است بایستی با احداث شبکه‌های فاضلاب با شیب کم که فاضلاب مدت زمان طولانی در آن می‌ماند و سرعت مصرف اکسیژن بالا می‌رود خودداری شود. همچنین با توجه به محاسبه سرعت مصرف اکسیژن می‌توان فاصله‌ای که اکسیژن محلول فاضلاب به اتمام می‌رسد و شرایط مناسب جهت احیاء سولفات پیش می‌آید را تعیین نمود و از آنجا تمهیدات لازم جهت پیشگیری از خوردگی مانند استفاده از مواد اکسیدکننده، تزریق اکسیژن، هوادهی و یا سایر روش‌های پیشگیری از خوردگی را با مطالعات بیشتر در هر زمینه انجام داد تا از خسارات ناشی از خوردگی بیولوژیکی لوله‌ها جلوگیری به عمل آید.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع و مآخذ References

1. Tchobanoglouis G, Franklin louis B. Water engieering. 3 rd ed. New York. Mc Graw – Hill;1995.
2. Greenberg AE, Clesceril S, Eaton AD. Standard method for the examination of water and wastewater. 19th ed. Washington.APHA NW; 1995.
3. Pomeroy. Johnston, Bailey, et al. Process design manual for sulfide control and sanitary sewerage systems. UsEPA/625/1 – 74/005. 1974.
4. Bitton G. Waste water microbiology. 2nd ed. New York: Mc Graw-Hill; 1999.
5. Derek C, Sercombe W. The control of septiciy and odours in sewerage systems and sewerage treatment works operated by anylian water services limited. *Wat Sci Tech*. 1995;31(7):283-292.
6. Matos J, Desousa FR. Prediction of dissolved oxygen concentration along sanitary sewers. *Wat Sci Tech*. 1996;134(6):525-532.
7. Boon L. Septisity in sewers: causes, consequences and containment. *Wat Sci Tech*. 1995;31(7):237-253.
8. منزوی، محمدتقی. جدول‌های محاسبه هیدرولیکی لوله‌های آب، فاضلاب و لجن. چاپ دوم. تهران. انتشارات فنی حسینیان. ۱۳۷۲.

Archive of SID

www.SID.ir