Archive of SID

حذف تقاضای اکسیژن بیوشیمیایی و کل جامدات معلق در برکه‌های بیهوازی بافلدار مجهز به چاله هاضم

ابوالفضل رحمانی ثانی[1]، علی اکبر عظیمی[2]، ناصر مهردادی[3]

[1] دانشجوی دکترای مهندسی محیط زیست دانشگاه تهران

[2] استادیار گروه مهندسی محیط زیست دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

[3] دانشیار گروه مهندسی محیط زیست دانشگاه تهران

نشانی نویسنده مسؤول: سبزوار، خیابان طالقانی، طالقانی ۱۹ ، درب سوم جنوبی، ابوالفضل رحمانی‌ثانی
E-mail: ars_se@yahoo.com

وصول:۸۶/۴/۳، اصلاح:۸۶/۱۰/۲۷، پذیرش: ۸۶/۱۱/۱۰

چکیده

زمینه و هدف: برکه‌های تثبیت به عنوان روش‌های تصفیه طبیعی، از جمله سیستم‌های موفق در تصفیه فاضلاب شهری و خانگی شناخته شده‌اند و از نظر هزینه‌های انرژی و نیروی انسانی بسیار مقرون به صرفه می‌باشند. از طرفی پایین بودن بازده خروجی و کاربری زمین زیاد از جمله معایب این برکه‌ها می‌باشد که کمتر مورد توجه قرار گرفته است. لذا در این تحقیق، روش‌های بهینه سازی برکه‌های بیهوازی مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش ها: این مطالعه از نوع تجربی می‌باشد. که در آن دو واحد برکه بیهوازی در مقیاس پایلوت صحرایی با زمان ماند ٤٨ ساعت، مساحت سطح ۱۲ متر مربع (۲×٦ متر) و عمق ٤ متر استفاده شد. برکه شاهد به شکل معمول و برکه بهینه مجهز به چاله هاضم با زمان ماند ۱۲ ساعت، و برکه بیهوازی مجهز به ۸ عدد بافل عرضی با زمان ماند ۳٦ ساعت ساخته شد. فاضلاب کاربردی از جنس فاضلاب شهری با BOD_5=250 mg/l و Tss=320 mg/l از شبکه شهری واقع در تصفیه خانه سبزوار انتخاب و پایلوت در مدت یک سال از آذر ۸۵ تا آذر ۸٦ مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های جمع آوری شده با نرم افزار Excel و Tsp7 تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: متوسط بازده حذف تقاضای اکسیژن بیوشیمیایی(BOD_5) وکل جامدات معلق(Tss) در برکه شاهد به ترتیب ۳۷ و۵۳ درصد و در برکه بهینه شده به ترتیب ٦۸ و ۸۵ درصد به دست آمد.

نتیجه‌گیری: کاربرد برکه‌های بیهوازی در شکل بهینه شده باعث افزایش بازده خروجی می‌گردد. *(مجله دانشکده علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی سبزوار، دوره۱۴/شماره ۴ / صص ۲۰۴-۱۹۸).*

واژه‌های کلیدی: *برکه بیهوازی؛ چاله هاضم؛ بافل عرضی؛ BOD_5؛ TSS .*

مقدمه

سیستم برکه‌های تثبیت فاضلاب به مدت ۷۵ سال در بسیاری از نقاط دنیا مورد استفاده قرار گرفته است. اگر زمین ارزان در دسترس باشد این برکه‌ها ارزان‌ترین و

www.SID.ir

Archive of SID

مؤثرترین روش تصفیه فاضلاب هستند. برکه‌های تثبیت حوضچه‌های خاکی ساخته دست بشر هستند که با استفاده از عوامل طبیعی توسط روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی فاضلاب را تصفیه می‌نمایند (۱) . انواع برکه-های تثبیت که برای تصفیه فاضلاب احداث می‌گردند عبارتند از برکه‌های بی‌هوازی، برکه‌های اختیاری و برکه-های تکمیلی.

برکه‌های بی‌هوازی با اعماق ۵-۳ متر و زمان ماند ۵۰-۵ روز احداث می‌گردند (۲) و جهت شرایط بی-هوازی میزان بار حجمی آن‌ها تا $gBOD_5/m3.d$ ۴۰۰- ۲۰۰ می‌رسد (۳). این برکه‌ها در فصل سرد عموماً به عنوان ته نشینی جامدات عمل می‌کنند ولی در فصل گرم با افزایش دمای محیط ($T > ۲۰^{\circ}C$) تا ۷۰ درصد کاهش BOD_5 دارند (٤) .

برکه‌های اختیاری با عمق ۲-۱ متر و زمان ماند ۱۰-۵ روز طراحی می‌گردند (۱) جمعیت جلبکی لایه رویی برکه با انجام فتوسنتز، اکسیژن لازم جهت مصرف باکتری‌های هوازی را تولید کرده و باکتری‌های برکه با شکستن مواد آلی در شرایط هوازی و تولید co_2 آن را در اختیار جلبک‌ها قرار می‌دهند. میزان بار سطحی این برکه ها تا ٤۰۰ $kg\ BOD_5/ha.d$ گزارش شده است (۳). تابش نور خورشید در این برکه ها در بازده آن‌ها بسیار مفید می‌باشد. برکه‌های تکمیلی با عمق ۱ تا ۱/۵ متر مبتنی بر مرگ باکتری‌ها است (۱). مرگ باکتری‌های مدفوعی، تک یاخته‌ای‌ها و ویروس‌ها با گذشت زمان به دلیل محیط نامساعد برکه اتفاق می‌افتد . فاکتورهای اصلی که باعث مرگ باکتری‌های می‌شوند عبارتند از ته نشینی، فقدان مواد غذایی (کربن آلی و مواد مغذی)، اشعه ماوراء بنفش، موجودات شکارچی (باکتریوفاژها، میکروکروستاسه‌ها، تک یاخته‌ای‌ها و روتیفرها)، آنتی‌بیوتیک‌ها و مواد سمی که توسط بعضی از گونه‌ها تولید و وارد محیط می‌شود، دمای زیاد آب و PH بالا (۱). زمان ماند لازم جهت کشته شدن باکتری‌ها در این برکه ها بین ۵ تا ۱۸ روز توصیه شده است (٦). استفاده از چاله هاضم در برکه اختیاری اولین بار توسط برن استون (۷) گزارش شد. در تحقیق وی با استفاده از چاله هاضم، تخمیر لجن افزایش یافت به نحوی که با افزایش گازهای حاصل از تجزیه بیهوازی لجن، از میزان آن به مقدار زیادی کاسته شد ولی این چاله به دلیل آنکه در کف برکه قرار گرفته بود، راهبری و تخلیه لجن آن با مشکل مواجه بود. موتامارا و پواتپایبون (۸) با کاربرد بافل‌های عرضی در برکه‌های تثبیت، افزایش بازده حذف BOD_5 و TSS را گزارش نمودند. در گزارش آنان اشاره‌ای به شکل بافل، مشخصات فاضلاب و شرایط آب و هوایی نشده است، بنابراین نتایج آن برای شرایط آب و هوایی کشور قابل استفاده نبود. از این رو، تحقیق حاضر در راستای افزایش بازده خروجی برکه‌های بیهوازی در شرایط آب و هوایی کشور انجام گرفت تا نتایج آن در کاربردهای صنعتی در نظر گرفته شود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت تجربی در محل تصفیه خانه فاضلاب شهرستان سبزوار و با پشتیبانی مالی شرکت آب و فاضلاب خراسان رضوی در راستای طرح‌های تحقیقاتی آن شرکت انجام شد. کلیه مطالعات در شرایط محیطی و با استفاده از دو واحد پایلوت صحرایی هر کدام به طول ٦ متر، عرض ۲ متر و عمق ٤ متر انجام گرفت. جنس پایلوت از مصالح ساختمانی و سیمان ضد سولفات انتخاب گردید. یکی از برکه‌ها به عنوان شاهد و به شکل برکه معمولی ساخته شد (شکل۱). برکه تحقیق توسط یک دیواره جداکننده به دو قسمت تقسیم گردید: قسمت اول به ابعاد سطحی ۱,۵×۲ متربا زمان ماند ۱۲ ساعت به عنوان چاله هاضم و قسمت دوم به ابعاد سطحی ٤/۵×۲ متر با زمان ماند ۳٦ ساعت به عنوان برکه بیهوازی ساخته شد. عمق تمام واحد ها ٤ متر در نظر گرفته شد (شکل۲). رژیم جریان ورودی در برکه شاهد از نوع ریزشی بود و در برکه تحقیق به گونه‌ای تعیین شد که فاضلاب ورودی

www.SID.ir

Archive of SID

در عمق چاله هاضم وارد شده و پس از جریان بالارونده در داخل آن سرریز نموده و از طریق یک لوله ۱۱۰ میلی متر پلیکا به داخل برکه ریزش نماید. جهت جلوگیری از فرار لایه لجن تشکیل شده در روی هاضم یک عدد زانوی ۹۰ درجه و لوله کوتاه متصل به آن در مدخل لوله قرار داده شد و تا عمق ۵۰ سانتی‌متری هاضم ادامه یافت تا جریان فاضلاب از زیر لایه لجن وارد لوله سرریز شده و به داخل برکه ریزش نماید (شکل۳).

بافل‌های عرضی: بافل‌ها از جنس پروفیل های آهنی ۲×۲ سانتی متر به شکل مستطیل ٤×۲ متر ساخته شد و پس از چند لایه ضد زنگ توسط غشاء ژئوممبران پوشش شد و سپس هر دو عدد بافل با فاصله ۳۷/۵ سانتی متر به هم جوش داده شد تا یک واحد دو تایی جهت تعادل در داخل برکه تشکیل شود. بدین ترتیب ٤ واحد دوتایی بافل ساخته شد و با فاصله ۷۵ سانتی متر در داخل برکه قرار گرفت. جهت ایجاد جریان بالارونده و پایین رونده از فضای بین بافل‌ها در داخل برکه، در تمام سطوح بافل ها یک مستطیل به ابعاد ۱۰۰×۲۰ سانتی متر از غشاء ژئو ممبران بریده شد به ترتیبی که مستطیل به وجود آمده در بالای بافل اول و پایین بافل دوم قرار گیرد و تنها مفر عبور جریان فاضلاب باشد (شکل٤) .

شرایط عملیاتی: عملکرد برکه‌های بیهوازی شاهد و بهینه شده در مدت یک سال آزمایش شد. آزمایشات به عمل آمده شامل BOD_5، Tss، دما و PH بود. نمونه‌های فاضلاب هفته ای دو بار و هر بار به صورت مرکب ٤ ساعته تهیه و نتایج آن‌ها بر اساس داده‌های شناور استخراج گردید. نمونه‌های فاضلاب بلافاصله به آزمایشگاه تخصصی آب و فاضلاب در محل مجاور پایلوت منتقل و با استفاده از روش‌های موجود در کتاب «استاندارد متد» مورد آزمایش قرار گرفت (۵).

یافته‌ها

حذف BOD_5: متوسط بازده حذف BOD_5 در برکه بیهوازی شاهد ۳۷ درصد، چاله هاضم ۲۷ درصد، برکه بافلدار ۷/٤۵ درصد و در مجموع ٦۸ درصد به دست آمد. با توجه به تشابه ابعاد و زمان ماند برکه شاهد و برکه بهینه شده، دلایل افزایش بازده برکه بهینه را می‌توان چنین برشمرد. اولاً، جریان ورودی در برکه شاهد از نوع ریزشی بوده و فاضلاب پس از ورود به برکه بدون هیچ مانعی در برکه پخش و سپس از آن خارج شده است. در حالی‌که در برکه بهینه جریان ورودی در عمق چاله هاضم وارد شده و پس از طی جریان بالا رونده، درصدی از جامدات خود را در چاله هاضم از دست داده است. ثانیاً، در برکه بهینه شده با ایجاد بافل‌های عرضی در مسیر جریان، عدد پراکندگی (D/UL) با افزایش طول L کاهش یافته و رژیم

جدول۱: مقادیر BOD_5 ورودی و خروجی برکه شاهد و بهینه شده

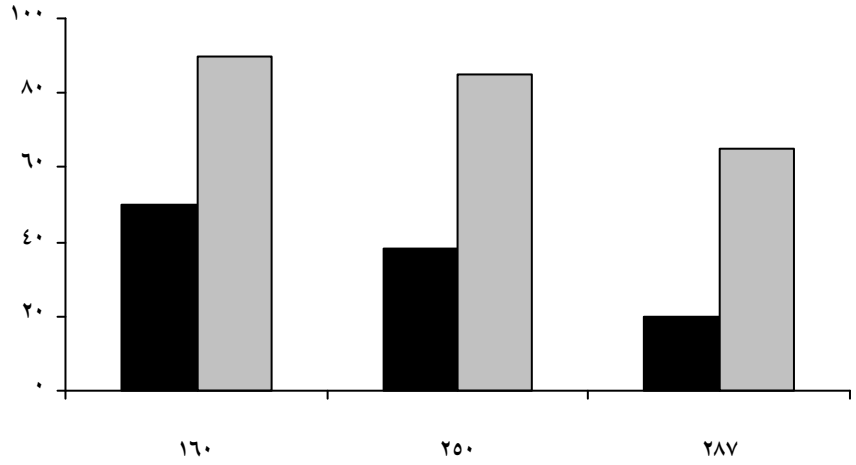
داده ها	مقادیر متوسط	مقادیر حداکثر	مقادیر حداقل
درجه حرارت محیط (oC)	۲۷	٤۳	۵
BOD_5ورودی برکه شاهد (mg/l)	۲۵۰	۲۸۷	۱۶۰
BOD_5 خروجی برکه شاهد (mg/l)	۱۶۰	۱۷٤	۹۵
BOD_5 ورودی برکه بهینه شده (mg/l)	۲۵۰	۲۸۷	۱۶۰
BOD_5 خروجی برکه بهینه شده (mg/l)	۷۵	۹۰	۵۰

جدول۲: مقادیر TSS ورودی و خروجی برکه شاهد و بهینه شده

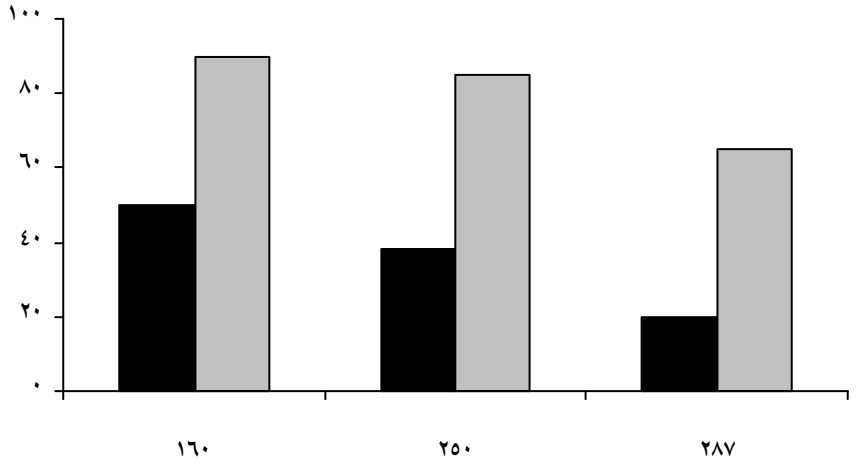
داده ها	مقادیر متوسط	مقادیر حداکثر	مقادیر حداقل
درجه حرارت محیط (oC)	۲۷	٤۳	۵
BOD_5ورودی برکه شاهد (mg/l)	۳۲۰	٤۰۶	۲۵۰
BOD_5 خروجی برکه شاهد (mg/l)	۱۵۰	۱۹۰	۱۱۰
BOD_5 ورودی برکه بهینه شده (mg/l)	۳۲۰	٤۰۶	۲۵۰
BOD_5 خروجی برکه بهینه شده (mg/l)	۵۰	۶۱	٤۰

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار۱: مقایسه بازده حذف BOD_5 در برکه شاهد و بهینه شده بر حسب مقادیر حداقل و حداکثر BOD_5 ورودی



نمودار۲: مقایسه بازده حذف BOD_5 در برکه شاهد و بهینه شده بر حسب مقادیر حداقل و حداکثر BOD_5 ورودی

جریان به سمت جریان نهرگونه نزدیک شده است که باعث افزایش بازده حذف برکه می‌گردد. ثالثاً، چاله هاضم و بافل‌های عرضی در از بین بردن جریان‌های میان بر بسیار مؤثر بوده و باعث افزایش بازده برکه می‌شوند. رابعاً، حذف BOD_5 در برکه بیهوازی در اثر ته نشینی مواد آلی و سپس تجزیه بیهوازی مواد توسط میکروارگانیسم-های بیهوازی می‌باشد (۱). در برکه شاهد پس از ته نشینی مواد آلی تماس میکروارگانیسم‌های ورودی با لجن ته نشین شده به دلیل جریان‌های میانبر و خروج سریع‌تر آن-ها از برکه کوتاه بوده است. بنابراین میزان حذف مواد آلی کاهش یافته است ولی در برکه بهینه شده تغییر در الگوی پخش جریان و حذف جریان‌های میانبر زمان تماس را افزایش داده و در نتیجه باعث افزایش میزان حذف مواد آلی شده است.

حذف TSS : متوسط بازده حذف TSS در برکه بیهوازی شاهد ۵۳ درصد، در چاله هاضم ٥٦، در برکه بافل دار ۵۳ و در مجموع ۸۵ درصد به دست آمد. حذف TSS در هر راکتوری مستقیماً به زمان ماند وابسته است (٤,٦). با

www.SID.ir

Archive of SID

توجه به یکسان بودن درجه حرارت برای هر دو واحد، زمان ماند برکه شاهد تنها دلیل حذف جامدات معلق بوده است. در حالی که در برکه بهینه علاوه بر آن، لایه لجن تجمع یافته در چاله هاضم مانند یک فیلتر بیولوژیکی عمل نموده و در به دام انداختن جامدات معلق تأثیرگذار بوده است، ضمن آن که حرکت رو به بالا و رو به پایین فاضلاب در طی عبور از بافل‌های عرضی باعث تشدید میزان حذف جامدات شده است.

بحث

با یکسان بودن زمان ماند و مقادیر متوسط ورودی در هر دو سیستم شاهد و بهینه، مقادیرخروجی برکه بهینه شده بسیار کمتر از برکه شاهد می‌باشد (جداول ۱ و ۲). دلایل افزایش بازده در برکه بهینه می‌تواند به دلایل زیر باشد: در برکه بهینه شده جریان ورودی در عمق چاله هاضم وارد شده و پس از پخش شدن مجبور به طی جریان بالا رونده در آن می‌باشد. لذا درصد زیادی از جامدات معلق آلی و معدنی در کف چاله هاضم تجمع یافته و در همان جا تحت شرایط بیهوازی تجزیه می‌گردند. ولی در برکه شاهد جریان از نوع ریزشی بوده و اختلاط فاضلاب ورودی با آب برکه نامناسب می‌باشد. همچنین در این برکه با ورود جریان‌های گرم در زمستان و سرد در تابستان احتمال ایجاد جریان‌های میانبر بسیار زیاد بوده است و این مشکل به کاهش بازده آن منجر شده است.

کاربرد چاله هاضم به شکل طراحی شده در این تحقیق یک برتری بر هاضم کاربردی در تحقیق برن استون دارد و آن این است که در این هاضم لجن جمع شده در مواقع ضروری به آسانی توسط پمپ تخلیه می‌گردید، چیزی که در آن تحقیق بسیار مشکل می‌نمود. در برکه بهینه با قرار دادن یک لوله کوتاه۲۰ سانتیمتری و زانوی ۹۰ درجه در خروجی چاله هاضم از خروج لجن‌های شناور، روغن و چربی ممانعت به عمل آمد و پساب هاضم از زیر سطح از طریق لوله به خارج هدایت می‌شد. لذا این لایه پس از مدتی مانند یک پتوی ضخیم ٤ سانتیمتری سطح چاله هاضم را پوشاند (شکل۳)، که این امردر افزایش ایجاد شرایط بیهوازی در هاضم بسیار مؤثر بود و نتیجه آن افزایش تجزیه بیهوازی جامدات آلی در برکه بهینه بود.

خروجی چاله هاضم پس از عبور از دیواره جداکننده (شکل۲) وارد برکه بافلدار می‌شد، شکل بافل‌ها به گونه‌ای طراحی گردید که جریان فاضلاب در برکه به شکل بالا رونده و پایین رونده باشد. (شکل٤)، این امر محاسن زیادی در برداشت: اولاً پخش فاضلاب در برکه کاملاً انجام می‌شد. ثانیاً جریان‌های میانبر در برکه به حداقل رسید. ثالثاً نوع جریان به شرایط نهرگونه نزدیک گشت و دست آخر آن که حذف جامدات معلق آلی و معدنی در طی جریان‌های بالا رونده در برکه به شدت افزایش یافت. بنابراین بازده برکه بهینه به آسانی از برکه شاهد پیشی گرفت.

مشکل دیگری که در برکه شاهد به وجود آمد کاهش ته نشینی لجن کف بود زیرا در فصل تابستان با گرم شدن هوای محیط عمل دنیتریفیکاسیون در برکه افزایش یافت که این امر منجر به تولید گاز نیتروژن در برکه می‌شد، با آزاد شدن این گاز از لایه‌های زیرین به سطح آب مقداری از لجن ته نشین شده نیز بالا می‌آمد که افزایش کدورت پساب خروجی را در برداشت. این مشکل در برکه بهینه به این صورت حل شد که اولاً در چاله هاضم لجن‌های بالا آمده در سطح جمع می شد و پساب هاضم از زیر سطح از طریق لوله کوتاه تعبیه شده خارج می‌گردید (شکل۳). همچنین در برکه بافلدار لجن بالا آمده در فضای بین بافل‌ها تجمع یافته و از خروج آن‌ها ممانعت به عمل می‌آمد (شکل۲).

در تحقیقی که توسط موتامارا و پواتاپیون به عمل آمد، تعداد بافل‌های بهینه ٦ عدد ذکر گردید، بدون آن‌که به شکل بافل اشاره‌ای گردد. در حالی‌که در این تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد بافل‌ها در ۸ عدد بهینه شد. این امر نشان می‌دهد که تعداد دقیق بافل‌های تعبیه شده در برکه نمی‌تواند عدد ثابتی باشد لذا بایستی جهت تعیین تعداد بافل مورد استفاده در مقیاس‌های صنعتی شکل بافل، نوع فاضلاب، شرایط آب و هوایی و زمان ماند برکه در نظر گرفته شود. یکی دیگر از دلایل افزایش بازده برکه بهینه افزایش تماس میکروارگانیسم‌های ورودی با لجن تجمع یافته در کف برکه بود. همان طور که اشاره شد نوع رژیم جریان در برکه بهینه به گونه‌ای طراحی گردید که فاضلاب ورودی بایستی از داخل لجن تجمع یافته در چاله هاضم یا فضای بین بافل‌های برکه عبور کند که این امر به افزایش تماس میکروارگانیسم‌های ورودی با لجن منجر می‌گردید و مالا باعث افزایش تجزیه لجن می‌شد، چیزی که در برکه شاهد اتفاق نمی‌افتاد.

میزان BOD_5 و TSS خروجی برکه بهینه به استانداردهای زیست محیطی نزدیک شده است(BOD_5=75mg/l و TSS=50mg/l) و نشان دهنده آن است که با افزایش زمان ماند در این برکه به راحتی می‌توان به الزامات استانداردهای زیست محیطی دست یافت (جداول ۱و۲).

بازده حذف BOD_5 وTSS برحسب مقادیر حداقل وحداکثر ورودی در نمودارهای ۱و۲ نشان داده شده است. با توجه به نمودار ۱ در BOD_5=160mg/l اختلاف بازده خروجی دو برکه حدود ۳۵ درصد می‌باشد در حالی‌که در BOD_5=287mg/l این اختلاف به حدود ۵۰ درصد می‌رسد. همچنین در نمودار ۲ در TSS=250mg/l اختلاف بازده خروجی دو برکه حدود ۲۵ درصد و در TSS=406mg/l این عدد به حدود ۷۵ درصد می‌رسد که نشان‌دهنده این است که با افزایش مقادیر آلودگی ورودی، برکه بیهوازی بهینه شده بسیار موفق تر عمل می‌نماید. لذا، استفاده از برکه‌های بیهوازی در شکل معمول آن در مقیاس صنعتی با توجه به هزینه تمام شده، به هیچ عنوان توجیه فنی و اقتصادی ندارد.

با توجه به نمودارهای داده شده و مساحت برکه‌ها (۱۲ متر مربع) در مقادیر متوسط آلودگی ورودی (BOD_5=250mg/l و TSS=320mg/l) در ازای هر متر مربع از برکه شاهد حدود ۳ درصد بازده حذف BOD_5 و ٤/٥٨ درصد بازده حذف TSS بوده است، همچنین در ازای هر متر مربع از برکه بهینه ۷/۲۵ درصد بازده حذفBOD_5 و۷ درصد بازده حذف TSS بوده است. یعنی چنان چه مد نظر باشد که بازده برکه شاهد به میزان برکه بهینه شده افزایش یابد، بایستی مساحت آن ۲/٤۱ برابر یعنی حدود ۳۰ متر مربع گردد که این امر منجر به افزایش هزینه تمام شده می‌گردد. به طور کلی یافته های این مطالعه نشان می دهد که :

۱- برکه‌های تثبیت در صورت طراحی مناسب از قابلیت بالایی در تصفیه فاضلاب شهری برخوردار هستند.

۲- استفاده از چاله هاضم در برکه‌های بیهوازی با زمان ماند مناسب به نحو چشمگیری در حذف BOD_5 و TSS مؤثر است.

۳- با تعبیه چاله هاضم در ورودی برکه‌های بی هوازی تجمع لجن در داخل هاضم اتفاق افتاده و از انتقال آن به داخل برکه جلوگیری می‌شود که این امر نه تنها به افزایش بازده هاضم کمک می کند بلکه جمع‌آوری لجن مازاد از آن ساده‌تر است.

٤- بافل‌گذاری برکه‌های تثبیت باعث بهبود رژیم جریان هرگونه در داخل برکه شده و ضمن افزایش بازده خروجی از جریان های میان بر جلوگیری می‌نماید.

۵- با طراحی مناسب برکه بیهوازی و افزایش بازده خروجی آن می‌توان از کاربرد برکه‌های اختیاری اجتناب کرده و به طور مؤثری در کاربری زمین صرفه‌جویی نمود.

٦-حذف BOD_5 وTss در یک راکتور علاوه بر زمان ماند به الگوی رژیم جریان و جلوگیری از جریان‌های میانبر بستگی دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱- ندافی کاظم، نبی زاده رامین. برکه های تثبیت فاضلاب اصول طراحی و اجرا. سری کتاب های بهداشت جهانی(WHO)، ۱۳۷۵.

2. Eckenfelder WW Jr. Water Quality Engineering For Practicing Engineers. New York: Barnes & Noble: 1970.
3. Silva SA, Mara DD. Treatmentos biologicos de Aguas residuarias:lagoas de estabili zacao (Biological was tewater treatment :stabilization Pond), ABES, Rio de Janeiro, Brazil. 1970.
4. Mara DD. Sewage treatment in hot climates. Chichester: John Wiley & Sons: 1976.
5. APHA. Standard Methods for the Examination of water and wastewater 18th ed. American Public Health Association, 1998, Washington D.C.
6. Metcalf and Eddy Inc. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse. (3rd. Ed.), McGraw-Hill Pub, 1991, USA.
7. Green, FB, Lundquist TJ, Oswald WJ. The fate of carbon in advanced integrated ponding systems. Second International Association on Water Quality Specialist Conference on Waste Stabilization Ponds and the Reuse of Pond Effluents, 1993 November 30, Berkeley, California.
8. Muttamara S, Puetpaiboon U. Nitrogen removal in baffled waste stabilization ponds. Water Science and Technology, 1996; 33(7): 173-181.

www.SID.ir