

بررسی کاهش عوامل بوزا از تصفیه خانه های فاضلاب شهری به روش بیوفیلتراسیون

عبداله سمیعی بیرق، مینا رضائی و محمد مشکینی

دوره ۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، صفحات ۹۶-۱۰۶

Vol. 6(2), Summer 2020, 96 – 106

DOI: 10.22034/jewe.2020.205055.1333

Investigating the Reduction of Odorous Agents
from Municipal Wastewater Treatment Plants by
Biofiltration
Samee Bayraghi A., Rezaee M. and Meshkini M.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله:

سمیعی بیرق ع.، رضائی م. و مشکینی م. (۱۳۹۹). بررسی کاهش عوامل بوزا از تصفیه خانه های فاضلاب شهری به روش بیوفیلتراسیون. محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۶، شماره ۲، صفحات: ۹۶-۱۰۶.

Citing this paper: Samee Bayraghi A., Rezaee M. and Meshkini M. (2020). Investigating the reduction of odorous agents from municipal wastewater treatment plants by biofiltration. Environ. Water Eng., 6(2), 96-106. DOI: 10.22034/jewe.2020.205055.1333.

بررسی کاهش عوامل بوزا از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری به روش بیوفیلتراسیون

عبداله سمیعی بیرق^{۱*}، مینا رضائی^۲ و محمد مشکینی^۳

^۱مربی، گروه پژوهشی کانه آرایبی و هیدرومتالورژی، پژوهشکده فراوری مواد معدنی، جهاددانشگاهی واحد تربیت مدرس، تهران، ایران

^۲کارشناس ارشد مهندسی عمران، گروه پژوهشی معدن و محیط‌زیست، جهاد دانشگاهی واحد دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

^۳دانشجوی دکتری، گروه پژوهشی کنترل و مدل سازی سیستم های فراوری مواد معدنی، پژوهشکده فراوری، مواد معدنی جهاددانشگاهی واحد تربیت مدرس، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: samiee@acecr.ac.ir

مقاله اصلی

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۹/۰۲/۳۱]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۹/۰۲/۱۶]

تاریخ دریافت: [۱۳۹۸/۰۷/۲۱]

چکیده

بیوفیلتراسیون یک فن‌آوری جدید جهت کنترل آلاینده‌های هوا با قیمت پایین، بازدهی بالا، عملکرد ساده و عدم ایجاد مواد زائد است. هدف از این پژوهش، بررسی قابلیت حذف و یا کاهش عوامل بوزا با سیستم بیوفیلتراسیون جهت افزایش ایمنی و سلامت پرسنل تصفیه‌خانه بود. در این پژوهش، از راکتور بیولوژیکی ستون بیوفیلتر با قطر داخلی ۱۴ و طول ۹۵ cm به مدت ۱۲ month در مجاورت حوضچه تغلیظ لجن در دمای محیط جهت کاهش بو استفاده شد. غلظت گاز سولفید هیدروژن، گاز آمونیاک، غلظت ترکیبات آلی سولفور و غیره مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. جهت ایجاد شرایط مناسب برای رشد تعداد بیومس در بستر بیوفیلتر از عناصر مغذی استفاده شد. نتایج نشان داد که راندمان حذف هیدروژن سولفید در زمان ماند بستر خالی ۳۰ و ۱۵ S بالاتر از ۹۷٪ و برای آمونیاک در زمان ماند بستر خالی ۳۰، ۱۵ و ۱۰ S بالاتر از ۹۶٪ بود. نتایج آزمایشگاهی نشان داد که عامل انتشار بو در تصفیه‌خانه فاضلاب شهری گازهای H_2S و NH_3 بوده و سیستم بیوفیلتراسیون قابلیت حذف بالغ بر ۹۵٪ ترکیبات مولد بو را دارد. روش بیوفیلتراسیون غلظت H_2S و NH_3 را از هوای تصفیه‌خانه به کم‌تر از حد مجاز و مطابق با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست رسانده و بنابراین برای ارتقای ایمنی و بهداشت پرسنل مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آمونیاک؛ ایمنی و سلامت پرسنل؛ بیوفیلتراسیون؛ ترکیبات مولد بو؛ هیدروژن سولفید.

۱- مقدمه

آلودگی هوا به علت وجود ترکیبات گازی، مایع، جامد و یا مخلوطی از آنها است که بسته به منشأ تولید، ماهیت، غلظت و مدت زمان حضور در جو، به طور مستقیم یا غیرمستقیم، سلامتی، بهداشت و ایمنی انسان را به خطر انداخته، و به جانوران، گیاهان، ساختمانها و اجسام آسیب می‌رساند. به طور کلی آلودگی هوا امنیت، رفاه و آسایش عمومی و تعادل طبیعی محیط زیست و جو را مختل می‌سازد (Lebrero et al. 2013). تولید بو از دیرباز به عنوان یکی از دغدغه‌ها و نگرانی‌های صنعت آب و فاضلاب بخصوص در مجاورت جوامع انسانی و مناطق مسکونی مطرح بوده است. با راهبری، مدیریت صحیح و پایش‌های منظم و مکرر، تولید بو در تأسیسات مذکور به حداقل کاهش می‌یابد و به تبع آن امنیت، آرامش و سلامتی نیز بهبود و ارتقا پیدا می‌کند (Elsgaard 2009).

طی انجام فرآیند تصفیه فاضلاب، در اثر تجزیه ترکیبات آلی گوگرددار و نیتروژن‌دار، بوهای نامطبوعی در محوطه تصفیه‌خانه، آشغال‌گیرها، ایستگاه‌های پمپاژ و مکان‌های دیگر تولید می‌شود و شاخص‌ترین آن گاز H_2S است (Morgan-Sagatume and Noyola 2006). علاوه بر گاز H_2S گازهای دیگری نظیر CH_4 ، CO_2 و N_2 نیز تولید می‌شود (Malhautier et al. 2012)، اما این گازها از نظر شیمیایی خنثی بوده و اثر خفقان‌آور بودن آنها در نتیجه کاهش و ترقیق اکسیژن موجود در هوای تنفسی است، اما گاز H_2S اثر متفاوت و خطرناکی دارد (Koheni et al. 2012; Elsgaard 2009).

گاز H_2S که در اثر فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی از قبیل دسولفودیبریدوسولفوریکانس تولید می‌شود، در نتیجه احیاء سولفات توسط باکتری‌های مذکور است که از سولفات به عنوان پذیرنده الکترون استفاده می‌کنند که مهم‌ترین عامل تولید این گاز در فاضلاب است (Koheni et al. 2012; Brown 1997). H_2S یک گاز خطرناک، سمی، بی‌رنگ و قابل اشتعال با بوی تخم‌مرغ گندیده بوده و دارای آستانه بویایی پایین (کم‌تر از ۰/۲ ppm) است. در غلظت‌های بالاتر ۴۰۰-۵۰۰ ppm کشنده بوده و از طریق فلج کردن مرکز تنفسی و سیستم عصبی باعث مرگ می‌شود. بدین ترتیب که در خون اکسیدشده و به ترکیباتی که از نظر

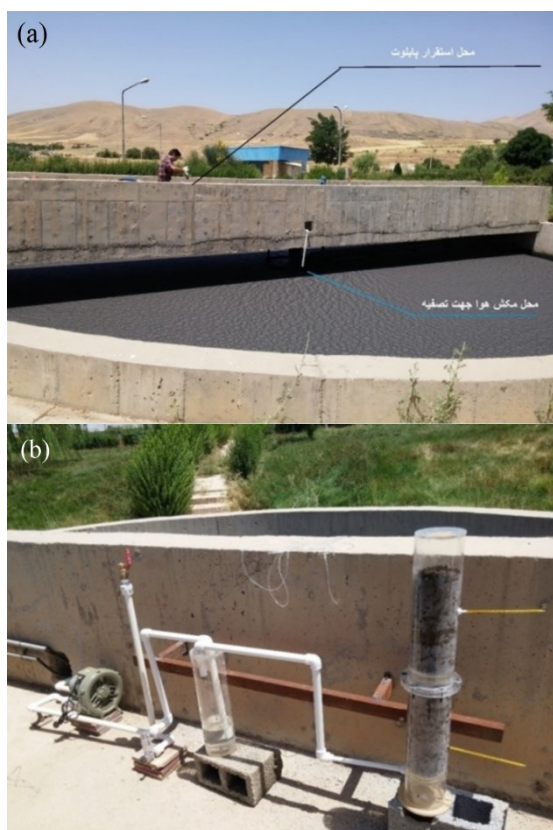
فارموکولوژی بی‌اثر هستند نظیر سولفات و تیوسولفات تبدیل می‌شود در این موارد آثار آن به طور عمده روی سلسله اعصاب ظاهر شده و پس از مدت کوتاهی تند شدن تنفس و فلج دستگاه تنفسی اتفاق می‌افتد و در صورتی که فرد مسموم به منطقه سالم انتقال داده نشود، مرگ حتمی است. از دیگر عوارض آن در غلظت‌های پایین‌تر می‌توان به سرگیجه، خستگی مفرط، افسردگی، اختلالات روحی، خواب‌آلودگی، افزایش ضربان قلب کاهش قدرت بینایی و فلج اعصاب بویایی اشاره کرد. لازم به ذکر است حداکثر غلظت مجاز برای تماس‌های طولانی با این گاز ۱۰ ppm است (Streese et al. 2005).

از روش‌هایی مانند شوینده‌های مرطوب، سوزاندن و احتراق، جذب سطحی توسط کربن فعال، تماس دهنده-های ازن و نهایتاً فیلتراسیون بیولوژیکی برای خنثی‌سازی و از بین بردن بوی گاز H_2S استفاده می‌شود (Koheni et al. 2012). روش‌های فیزیکی شیمیایی به علت مصرف زیاد انرژی، مواد شیمیایی و هزینه‌های دفع مواد باقیمانده مناسب نیستند (Jones et al. 2013). فناوری زیستی (بیوفیلتراسیون) عملی‌ترین، کارآمدترین و مقرون به صرفه‌ترین، روش کنترل و حذف بو و آلاینده‌های هوا برد، میست‌ها و بخارات می‌باشد (Streese et al. 2005).

بیوفیلتر شامل مجموعه‌ای از فرآیندهای مختلف نظیر جذب، جذب سطحی، تجزیه و واجدبی است (Keshavarzi Shirazi et al. 2006; Shah 2004). قابلیت منحصر به فرد بیوفیلترها در پذیرش و تصفیه حجم زیاد هوا با غلظت‌های بالای مواد آلاینده گازی و نهایتاً راندمان مطلوب و قابل قبول باعث شده تا کاربرد آن در جهان روز به روز گسترش یابد (Lebrero et al. 2013).

سیستم بیوفیلتراسیون شامل یک محفظه حاوی ترکیبات آلی و جمعیت میکروارگانیسم‌ها است که جریان هوای آلوده از میان بستر عبور می‌کند. هنگام عبور گازهای آلوده از بستر بیوفیلتر، آلاینده‌ها به بیوفیلیم انتقال یافته و توسط جمعیت میکروبی بستر تجزیه و به کربن و انرژی تبدیل می‌شوند. در حین واکنش‌های اکسیداسیون، ترکیبات آلاینده و بوزا به ترکیبات بدون بو مانند کربن دی‌اکسید، آب و توده بیومس تبدیل می‌شوند (Keshavarzi

هدایت می‌شد. برای خارج کردن شیرابه تولیدی دریچه‌ای به قطر ۱ cm در سطح مقطع پایینی طراحی و ساخته شد که توسط لوله‌ای با همین قطر (که همیشه مسدود بود و در زمان تخلیه شیرابه به مدت چند ثانیه باز می‌شد) به مخزن ذخیره شیرابه متصل گردید. به منظور جلوگیری از تأثیرپذیری دمای بستر از دمای محیطی کل ستون به وسیله پشم شیشه پوشانده شد. جهت اندازه‌گیری دبی هوای ورودی به پایلوت از فلومتر با قابلیت سنجش دبی ۰/۴ تا ۴ m³/h بر روی پایلوت نصب شد. همچنین پیش از سیستم اصلی یک برج رطوبت‌ساز با جنس پلکسی گلاس با ارتفاع ۸۰ cm و قطر داخلی ۱۴ cm طراحی شد.



شکل ۱- الف- نمای کلی و ب- جانمایی اجزاء پایلوت
Fig. 1- a) Overview and b) location of pilot components

پمپ نمونه‌برداری فردی دارای دبی مکشی ۱ تا ۴ l/min بود که با استفاده از اریفیس تا دبی ۰/۲ l/min نیز قادر به تأمین دبی می‌باشد. پمپ مورد استفاده قبل از نمونه‌برداری با روش حباب صابون کالیبره گردید. سایر تجهیزات شامل

(Shirazi et al. 2006; Shah Mansouri et al. 2004). بنابراین هدف از تحقیق حاضر مطالعه قابلیت حذف و یا کاهش عوامل بوزا با سیستم بیوفیلتراسیون در راستای تأمین ایمنی، بهداشت و سلامت پرسنل تصفیه‌خانه و ساکنین اطراف آن است.

۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش به علت استشمام بوی آزاردهنده از حوضچه تغلیظ لجن در تصفیه‌خانه فاضلاب شهری استان کردستان جهت تصفیه آلاینده‌های بوزای خروجی مورد بررسی قرار گرفت.

۱-۲- مشخصات بو

هیدروژن سولفید طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده عامل اصلی ایجادکننده بو در حوضچه تغلیظ لجن بود. نمونه‌برداری و سنجش غلظت H₂S در ساعات مختلف روز صورت گرفت. سنجش میزان انتشار آمونیاک همانند سنجش غلظت H₂S انجام گرفت. میانگین غلظت ورودی آمونیاک به بیوفیلتر برابر ۷/۴۷۴ ppm بود. نمونه‌برداری از مرکابتان‌ها طی چند دوره انجام گرفت و در تمامی دوره‌ها هیچ یک از ترکیبات مرکابتانی شناسایی نشدند.

۲-۲- تجهیزات

مهمترین وسیله برای انجام این طرح ستون بیوفیلتر است. ستون بیوفیلتر با قطر داخلی ۱۴ cm و طول ۹۵ cm که به وسیله فلنج به دو قسمت ۴۰ و ۴۵ cm جدا می‌شوند، طراحی و ساخته شد. در بخش تحتانی بستر در هر لایه، صفحه مشبک با سوراخ‌های نامنظم که مسئولیت جدا کردن و نگه‌داشتن بستر و توزیع مناسب هوا به بستر را دارد، قرار داده شد. نمایی از سیستم بیوفیلتر در شکل (۱) نشان داده شده است. در هر قسمت، محلی برای بازرسی بستر، نمونه‌برداری و نصب دماسنج طراحی و ساخته شد. علاوه بر آن دو محل برای نصب بارومتر، یکی در ابتدای ستون (فضای خالی پایین لایه اول) و دیگری در انتهای ستون پایلوت (فضای خالی بالای لایه دوم) طراحی و نصب گردید. هوای ورودی از قسمت پایین دیواره ستون و از دریچه‌ای به قطر ۲ cm وارد و بعد از گذشت از لایه اول و دوم از بالای سطح مقطع ستون به بیرون

داخل اتاق تاریک قرار گرفت، تا واکنش تکمیل گردد پس از آن بلافاصله در 630 nm با اسپکتروفتومتر قرائت شد.

۲-۶- نمونه برداری و اندازه گیری غلظت H_2S

جهت نمونه برداری از H_2S ورودی و خروجی پایلوت، هوای آلوده از داخل یک ایمپینجر که حاوی 45 ml محلول جذب بود، به مدت 5 تا 30 min (بسته به غلظت H_2S در هوا) با دبی 1 تا $1/5 \text{ l/min}$ عبور داده شد. سپس مانند روش گفته شده در بخش رسم منحنی کالیبراسیون معرف های مربوطه به هر یک از نمونه ها اضافه شد باید توجه کرد که با هر بار اضافه کردن معرف اسید سولفوریک آمین کار و کلرید آهن به محلول جاذب باید محلول خوب تکان داده شود. سپس با استفاده از محلول جاذب نمونه به حجم 50 ml رسانده شده و برای کامل شدن واکنش ملزوم به سپری شدن 30 min است. محلول شاهد (که غلظت H_2S صفر است و برای کالیبره کردن دستگاه اسپکتروفتومتری مورد استفاده قرار می گیرد) مثل روش بالا تهیه گردید با این تفاوت که هیچ هوایی از داخل محلول عبور داده نشد.

بعد از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه ابتدا با استفاده از محلول شاهد دستگاه اسپکتروفتومتری کالیبره شده سپس میزان جذب نمونه آماده سازی شده در طول موج 670 nm خوانده شد.

۲-۷- تعیین زمان ماند بستر خالی

ورودی و خروجی دبی هوا از سیستم بیوفیلتراسیون به وسیله دستگاه فلومتر اندازه گیری شد. با توجه به این که حجم ستون نیز مشخص است با تقسیم حجم بر دبی زمان ماند محاسبه شد.

۳- یافته ها و بحث

۳-۱- تأثیر زمان ماند در راندمان حذف H_2S

نمونه برداری و اندازه گیری غلظت H_2S در ساعات مختلف شبانه روز انجام می گرفت. نمونه برداری های اولیه که در مدت چند روز انجام شد، نشان داد که بیشترین میزان تولید H_2S از صبح تا ظهر بوده و میانگین غلظت آن $26/2 \text{ ppm}$ است که با یافته های دیگران مشابهنه داشت (Taheriyoun et al. 2014).

پمپ مکش هوا، مانومتر، فلومتر، اسپکتروفتومتر، ظروف شیشه ای و بستر بیوفیلتر بود.

۲-۳- مواد

بستر بیوفیلتر باید علاوه بر تأمین عناصر مغذی دارای قلیائیت کافی برای نگهداری pH در محدوده مناسب برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم ها داشته باشد. کمپوست مورد استفاده برای پژوهش از زباله های مواد غذایی تهیه گردید. کمپوست تهیه شده دارای قطری کمتر از 4 mm ، رطوبت 30% و دانسیته خشک 500 g/cm^3 بود. برای تسریع در ایجاد جمعیت میکروبی لازم جهت تصفیه هوای آلوده از لجن دفعی تصفیه خانه فاضلاب شهری به عنوان ماده تلقیح کننده استفاده شد.

۲-۴- نمونه برداری و آنالیز ترکیبات مولد بو

غلظت گاز H_2S و NH_3 ، ترکیبات آلی سولفوری در هوا و همچنین pH، رطوبت، درجه حرارت، افت فشار در طول بستر، زمان تماس و دبی هوای ورودی بررسی شدند. اندازه گیری غلظت NH_3 با استفاده از روش ایندوفنل (در طول موج 630 nm با اسپکتروفتومتر) و غلظت گاز H_2S از روش متیلن بلو انجام شد. برای سنجش مرکاپتان ها از روش تداریک استفاده شد و در نهایت توسط دستگاه GC-MS تعیین مقدار شد. تعیین رطوبت بستر با استفاده از روش وزن سنجی از طریق کوره 105°C انجام گرفت. افت فشار بستر به صورت مداوم از طریق مانومتر تعبیه شده به ورودی و خروجی راکتور اندازه گیری شد.

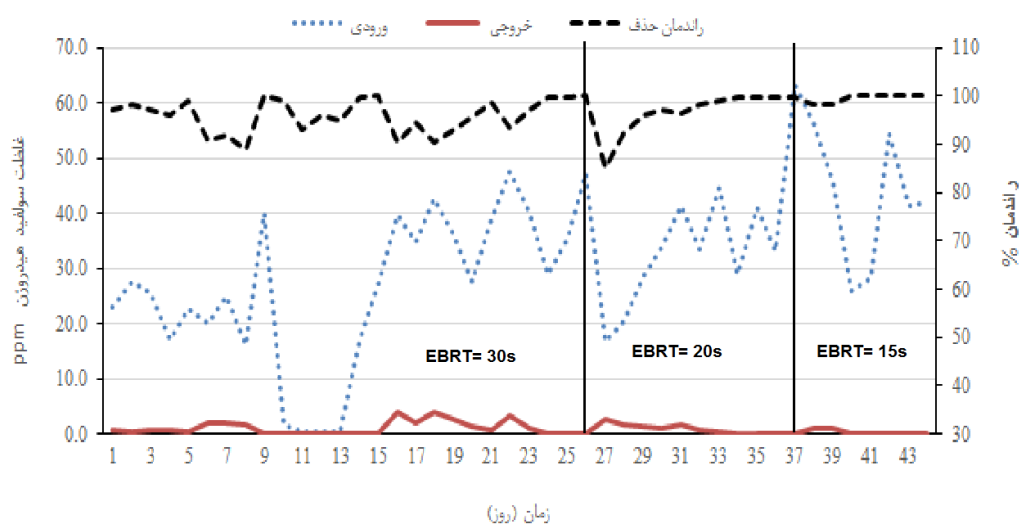
۲-۵- نمونه برداری و آنالیز آمونیاک

جهت آنالیز آمونیاک موجود در هوا ابتدا 20 ml محلول جذب در داخل ایمپینجر ریخته شد سپس حجم مشخصی از هوا از داخل ایمپینجر عبور داده شد. در صورت نیاز جهت اطمینان از جذب کامل گاز آمونیاک در محلول جذب گاهی اوقات از 2 یا 3 ایمپینجر به صورت سری استفاده می شد پس از این مرحله آمونیاک موجود در هوای عبوری جذب محلول شد. به محلول فوق 4 ml محلول بافر، 10 ml فنل کار، 5 ml محلول هیپوکلریت سدیم اضافه گردید و طی هر مرحله کاملاً مخلوط می گردید. پس از آن محلول حاصل به مدت 30 min

به این که دارای بیشترین غلظت در بین ترکیبات بوزای انتشاری از حوضچه تغلیظ لجن بود و دارای آستانه بویایی پایینتر از آمونیاک است به عنوان عامل اصلی ایجادکننده بو در این پژوهش است. در دو پژوهش مختلف راندمان حذف H_2S ۹۶/۵ و ۹۸/۴٪ گزارش شد (Malhautier et al. 2012; Pratt et al. 2012). نمونه گیری از خروجی بیوفیلتر برای دستیابی به بیشترین راندمان حذف H_2S ، در زمانی انجام گرفت که انتشار H_2S از حوضچه تغلیظ لجن و به تبع آن غلظت ورودی به بیوفیلتر در بیشترین حد باشد. میزان راندمان حذف H_2S و میانگین غلظت ورودی و خروجی در زمان ماند و دبی های مختلف در جدول (۱) آورده شده است. با توجه به نتایج زمان ماند ۱۰ S دارای بیشترین راندمان فوق با میزان ۹۹/۴٪ دارا است.

میزان انتشار، مقدار ورودی، خروجی و راندمان حذف H_2S در زمان ماندهای مختلف در شکل (۲) نشان شده است. از نمودار شکل (۲) مشخص است که، راندمان حذف در ابتدا افزایش و به مرور کاهش و دوباره افزایش می یابد و دلیل آن فرایند سازگار کردن میکروارگانیسمها جهت حذف آلاینده است. از دلایل دیگر آن می توان به قابلیت جذب بستر بیوفیلتر اشاره کرد که با اشباع شدن، به مرور در روند حذف کاهش ایجاد می شود آنچه در دوره سازگاری رخ می دهد جذب سطحی H_2S است که به طور معمول در طی چند روز اولیه ظرفیت جذب سطحی بستر تکمیل می شود (Taheriyoun et al. 2014).

یکی از اهداف مهم در این پژوهش تعیین بهترین زمان ماند برای بیوفیلتر جهت حذف ترکیبات بوزا بود. H_2S با توجه



شکل ۲ عملکرد بیوفیلتر در دبی های ورودی متفاوت برای حذف H_2S
Fig.2 Biofilter operation at different input discharge rates for H_2S removal

جدول ۱- میانگین ورودی و خروجی H_2S در زمان ماند و دبی های مختلف

Table 1 The average of input and output of H_2S in different retention time and flow

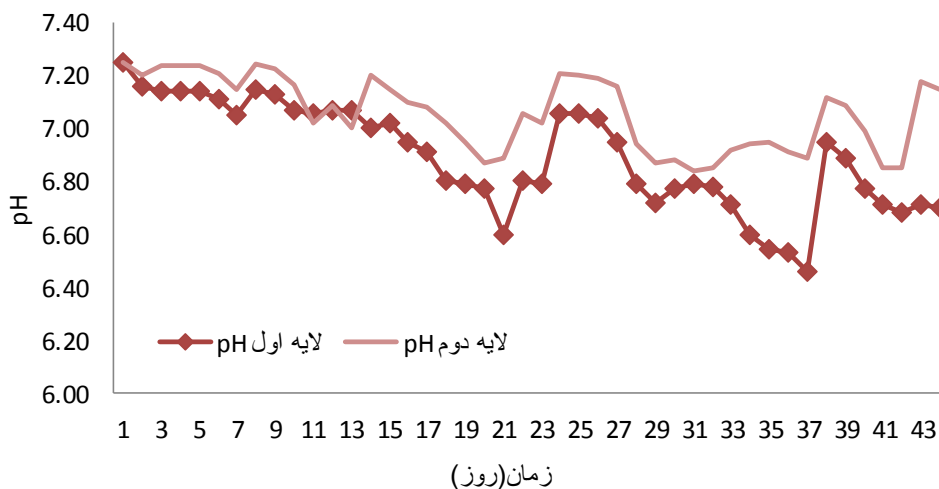
راندمان حذف (%)	C_{out} (ppm)	C_{in} (ppm)	Q (m^3/h)	EBRT (s)	زمان (روز)
99	1.10	22.2	1.2	30	*1-21
97.9	0.84	39.7	1.2	30	21-26
97.7	0.81	35	2.4	15	26-37
99.4	0.27	42.1	3.6	10	37-44

*بازه زمانی روز اول تا روز ۲۱م به عنوان زمان سازگاری میکروارگانیسمها می باشد.

آنالیز pH روزانه از لایه اول و دوم انجام گرفت. در پژوهشی مشخص شد که برای فعالیت مناسب میکروارگانیسمها pH در محدوده ۷ تا ۸ می تواند مناسب باشد (Zarook and Ajay 2005). شکل (۴) روند تغییرات pH در دولایه بیوفیلتر در طی راهبری

۲-۳- تأثیر pH در راندمان حذف H_2S
به دلیل اهمیت و نقش حیاتی pH در فعالیت میکروارگانیسمها ضروری بود که روند تغییرات pH در پایلوت اندازه گیری و ثبت شود. نمونه گیری و

بیوفیلتر را نشان می‌دهد. در روزهای ۱۲۷م و ۱۳۷م، اسیدی شدن محیط در اثر تجزیه بیولوژیکی H_2S کاهش pH بستر، به دلیل تولید یون سولفات و بوده است.



شکل ۳- تغییرات pH بستر بیوفیلتر در طول بهره‌برداری
Fig. 3 pH changes in the biofilter bed during operation

زمانی راندمان از بالای ۹۸٪ به مرز ۱۰۰٪ رسید. میزان سازگاری برای حذف بیولوژیکی آمونیاک ۲۳ d بود. آمونیاک نیز مانند H_2S طی چند روز اولیه جذب فیزیکی بستر می‌شود و راندمان حذف در روزهای اولیه بیشتر به جهت این امر است و تجزیه بیولوژیکی سهم کمتری را دارا است. در مرحله دوم با افزایش ناگهانی دبی به ۴۰ l/min راندمان حذف به مقدار ناچیزی کاهش می‌یابد که احتمال داده می‌شود ناشی از شوک افزایش دبی و کنده شدن بیوفیلیم از بستر است. راندمان بعد از افزایش دبی دوباره به نزدیک ۱۰۰٪ رسید. در مرحله سوم با افزایش دبی به ۶۰ l/min میزان راندمان مانند مرحله قبل با کمی کاهش به حالت حداکثری خود رسید.

۳-۳- راندمان حذف NH_3 در زمان‌ماندهای مختلف
میانگین غلظت ورودی آمونیاک به بیوفیلتر ۷/۴۵ ppm بود. روند تغییرات غلظت‌های ورودی به سیستم (انتشار آلاینده) و نیز میزان ورودی و خروجی NH_3 از بیوفیلتر در زمان‌ماندهای مختلف در شکل (۴) نشان داده شده است. میزان راندمان حذف NH_3 و میانگین غلظت ورودی و خروجی در زمان ماند و دبی‌های مختلف در جدول (۲) آورده شده است. پژوهش‌هایی راندمان حذف را به ترتیب ۹۲ و ۹۶٪ گزارش کردند (Jones et al. 2013; Baltrenas et al. 2015). در مرحله اول هنگامی که دبی ورودی هوای آلوده ۱ l/min بود راه‌اندازی شد. نتایج نشان می‌دهد که بیوفیلتر بعد از طی ۲۳ d به حالت پایدار رسیده است. طی این دوره

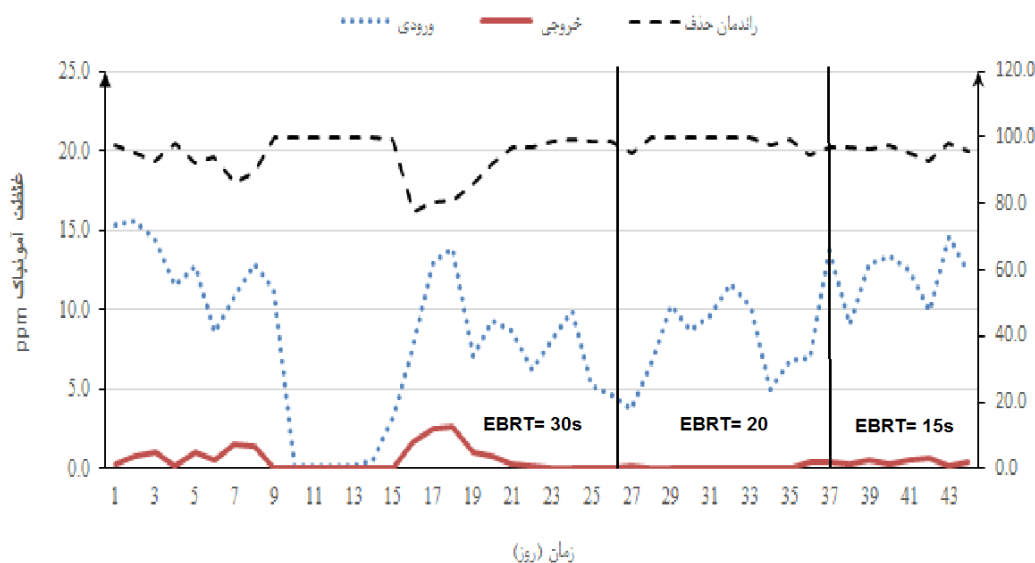
جدول ۲ میانگین ورودی و خروجی NH_3 در زمان ماند و دبی‌های مختلف

راندمان حذف (%)	Cout (ppm)	Cin (ppm)	Q (m ³ /h)	EBRT (s)	زمان (روز)
90.0	0.77	8.42	1.2	30	*1-21
97.0	0.21	7.11	1.2	30	21-26
98.8	.13	8.45	2.4	15	26-37
96.4	0.44	12.12	3.6	10	37-44

*بازه زمانی روز اول تا روز ۲۳م به عنوان زمان سازگاری میکروارگانیسم‌ها می‌باشد.

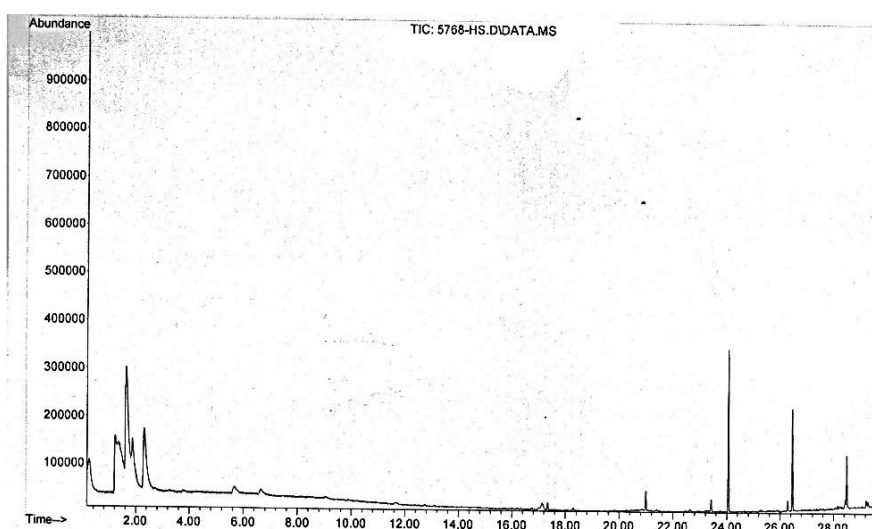
نشاندند. یک نمونه از گراف‌های آنالیز مرکاپتان‌ها در شکل (۵) نشان داده شده است.

۳-۴- غلظت مرکاپتان‌های انتشار یافته
نمونه‌برداری از مرکاپتان‌ها طی چند دوره انجام گرفت. در تمامی دوره‌ها هیچ‌یک از ترکیبات مرکاپتانی شناسایی



شکل ۴ عملکرد بیوفیلتر در دبی‌های ورودی متفاوت برای حذف آمونیاک

Fig. 4 Biofilter operation during different discharge rates for NH₃ removal



شکل ۵- گراف‌های به‌دست‌آمده از آنالیز ترکیبات آلی سولفور

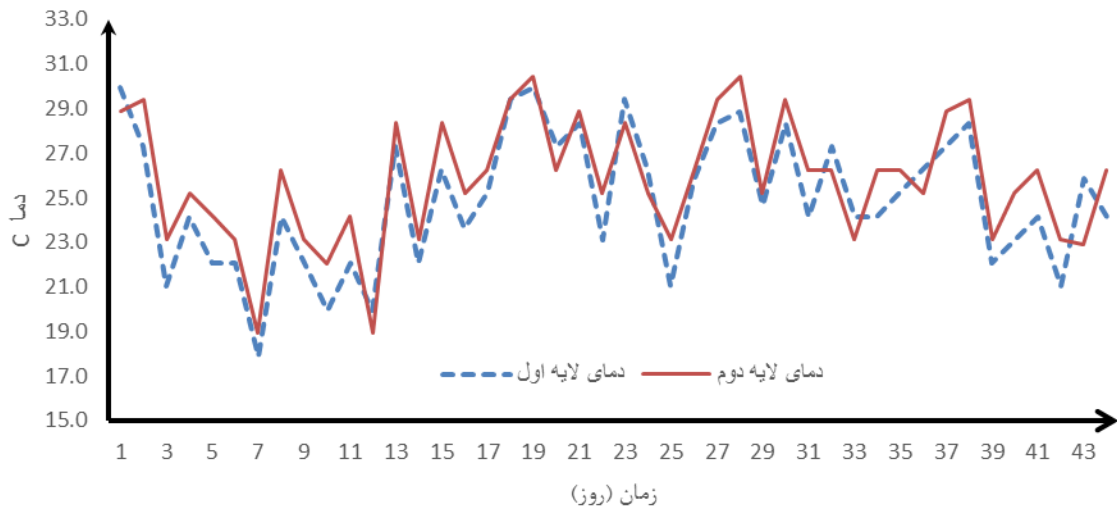
Fig. 5 Graphs obtained from the analysis of sulfur organic compounds

دمای محیط و دمای ورودی هوای آلوده بود. برای جلوگیری از تأثیر تغییرات دمای محیطی اقدام به عایق‌بندی حرارتی ستون بیوفیلتر شد که برای این کار، سطح خارجی بیوفیلتر توسط پشم‌شیشه پوشانده شد. برای کنترل تغییرات دمای هوای ورودی هیچ‌گونه پیش‌بینی صورت نگرفت. با توجه به تغییرات دمای بستر و راندمان به دست آمده نیازی به کنترل دمای گاز ورودی به سیستم نمی‌باشد (Baltrenas et al. 2015). تغییرات دما در دولایه تقریباً یکسان بود. تغییرات دما در طی انجام

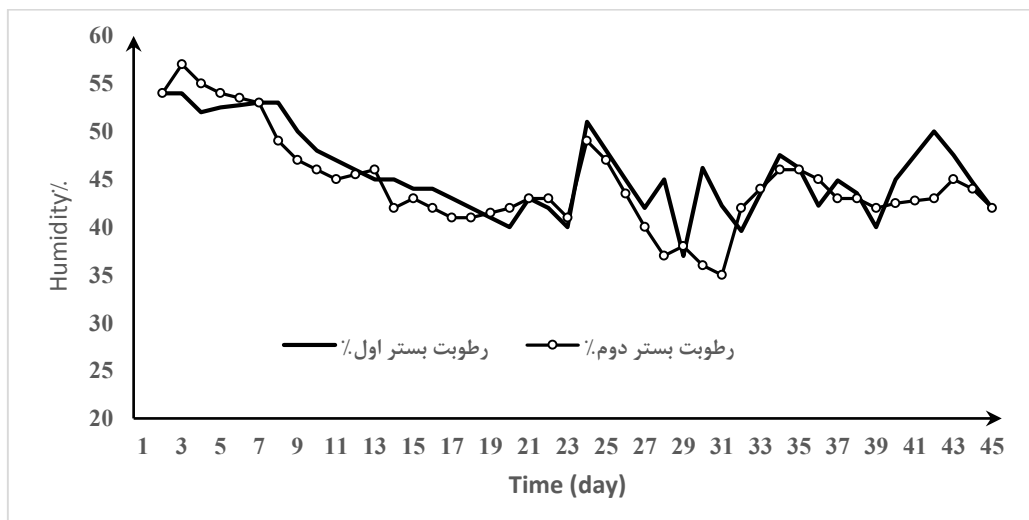
۳-۵- تغییرات دما در بستر بیوفیلتر

مناسب بودن دما لازمه فعالیت میکروارگانیسم‌ها برای نیل به تصفیه بیولوژیکی است. کنترل و ثبت دما در طول بهره‌برداری از اهمیت بالایی برخوردار است. فعالیت میکروارگانیسم‌ها و عملکرد بیوفیلتر به‌طور بالقوه‌ای تحت تأثیر دما است. به‌طوری که با افزایش ده درجه‌ای دما میزان فعالیت میکروارگانیسم‌ها دو برابر می‌شود. راهبری بیوفیلتر در دمای مناسب باعث بهبود عملکرد و افزایش کارایی بیوفیلتر می‌شود. در این پروژه دمای بیوفیلتر تحت تأثیر

پژوهش در شکل (۶) نشان داده شده است میانگین دمای ستون بیوفیلتر 25°C بود. Giri et al. 2015 نیز بیان کردند دمای بهینه 25°C تا 35°C می باشد.



شکل ۶ تغییرات دما در ستون بیوفیلتر در طول بهره‌برداری
Fig. 6 Temperature changes of biofilter medium during operation



شکل ۷- تغییرات رطوبت بستر بیوفیلتر در طول بهره‌برداری
Fig. 7 Humidity changes of biofilter medium during operation

جریان هوا و در نتیجه عدم تصفیه کامل آلاینده ورودی و همچنین ایجاد شرایط بی‌هوایی و مجدداً کاهش کارایی سیستم در حذف آلاینده گردد.

بررسی‌ها نشان داده است به منظور حفظ رطوبت لازم در بستر در حد بهینه لازم است هوا قبل از ورود به داخل بیوفیلتر توسط رطوبت‌ساز مرطوب شود. هوای عبوری از رطوبت‌ساز دارای رطوبتی نزدیک به حد اشباع می‌باشد همان‌گونه که در شکل (۷) نشان داده شده است، کاهش

۳-۵- رطوبت بستر طی دوره بهره‌برداری بیوفیلتر یکی دیگر از متغیرهای تأثیرگذار بر حذف ترکیبات بوزا به وسیله بیوفیلتر رطوبت بستر است. رطوبت علاوه بر تأمین محیطی مناسب برای رشد میکروارگانیسم‌ها و جذب آلاینده‌ها در افت فشار نیز تأثیرگذار است (Frutos et al. 2016). رطوبت بهینه در بیوفیلتر در حدود ۴۰ تا ۸۰٪ است و اگر رطوبت بستر بیش‌تر و یا کم‌تر از این مقدار باشد می‌تواند سبب فشردگی، افت فشار، کانالیزه شدن

۱- عامل انتشار بو در تصفیه‌خانه فاضلاب شهری مورد بررسی گازهای H_2S و NH_3 بودند که به‌عنوان آلاینده‌های سمی هوا شناخته می‌شوند.

۲- سیستم بیوفیلتراسیون دارای میانگین راندمان حذفی بالغ بر ۹۵٪ ترکیبات مولد بو را داشته و غلظت H_2S و NH_3 را به کم‌تر از حد مجاز و مطابق با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست کاهش داد.

۳- زمان سازگاری برای بستر بیوفیلیم در این مطالعه برای هیدروژن سولفید و آمونیاک با دبی 20 l/min و زمان ماند بستر خالی 30 s به ترتیب 21 d و 23 d است.

۴- بیوفیلتر در زمان ماند بستر خالی 30 s و 15 s دارای درصد حذف بالاتر از ۹۷٪ برای H_2S بود.

۵- افت فشار در بیوفیلتر در طول بهره‌برداری بین ۴ تا 6 mm آب بود که قابل چشم‌پوشی است.

رطوبت اولیه بستر در طی بهره‌برداری نشان می‌دهد میزان تبخیر رطوبت بستر بیش‌تر از مقدار رطوبتی است که توسط رطوبت ساز تأمین می‌گردد لذا در روزهایی که کاهش رطوبت مشاهده شد، اقدام به آب‌پاشی بستر شد و آب توسط آبفشان از بالای بستر به بیوفیلتر اضافه شد. افزایش تعداد دفعات آب‌پاشی نشان از تأمین نشدن رطوبت بستر توسط رطوبت‌ساز می‌باشد این امر باید در طراحی سیستم و اجرا در مقیاس واقعی مدنظر قرار گیرد. در طراحی بیوفیلتر، امکانات و تجهیزات فنی لازم برای اضافه کردن آب به داخل بستر در نظر گرفته شود. نمونه‌برداری و سنجش رطوبت بستر روزانه از دولایه بیوفیلتر انجام می‌گرفت.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات و نتایج آنالیزهای آزمایشگاهی در این پژوهش نتایج زیر قابل بیان است.

References

- Baltrenas P., Misevicius A., Macaitis K. and Tekoriene R. (2015). Experimental research of odours arising during the process of biofiltration. *Energy Procedia*, 72, 64-70.
- Brown N. J. (1997). Health hazard manual: wastewater treatment plant and sewer workers, Cornell University ILR School.
- Elsgaard, L. (2009). Ethylen removal by a biofilter with immobilized bacteria. *Microbiol.*, 2(3), 4168-4173.
- Frutos O. D., Quijano G., Pérez R. and Muñoz R. (2016). Simultaneous biological nitrous oxide abatement and wastewater treatment in a denitrifying off-gas bioscrubber. *Chem. Eng.*, 288, 28-37.
- Giri B. S., Goswami M., Pandey R. A. and Kim K. H. (2015). Kinetics and biofiltration of dimethyl sulfide emitted from P&P industry. *Biochem. Eng.*, 102, 108-114.
- Jonec K. D., Martinez A., Maroo K., Deshpande S. and Boswell J. (2013). Kinetic evaluation of H_2S and NH_3 biofiltration for two media used for wastewater lift station emissions. *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 54(1), 24-35.
- Keshavarzi Shirazi, Turkian A. and Azimi A. A. (2006). Study of biofiltration application for removal of triethylamine from air. 11th National Congress of Iranian Chemical Engineering, Tarbiat Modares University [In Persian]
- Koheni M., Bid Hendi G. and Hoveydi H. (2012). Elimination of bad odor from hydrogen sulfide in wastewater treatment plant. 6th National Conference on Environmental Engineering, Iran [In Persian]
- Lebrero R., Rangel M. G. L. and Muñoz R. (2013). Characterization and biofiltration of a real odorous emission from wastewater treatment plant sludge. *Environ. Manage.*, 1(2), 2127-2131.
- Malhautier L., Gracian C., Roux J. C., Fanlo J. L. and Cloirec P. L. (2012). Biological treatment process of loaded with an ammonia and hydrogen sulfid mixture. *Chemos.*, 50(1), 145-153.
- Morgan-Sagatume J. M. and Noyola A. (2006). Hydrogen sulfide removal by compost biofiltration: effect of mixing the filter

- media on operation factors. *Bioresour. Technol.*, 97, 1546-1553.
- Pratt C., Walcroft A. S., Tate K. R., Ross D. J., Roy R., Reid M. H. and Weiga P. W. (2012). Biofiltration of methane emissions from a dairy farm effluent pond. *Agri. Ecosys. Environ.*, 152(1), 33-39.
- Shah Mansouri M. R., Dehghanzadeh R. and Roshani B. (2004). Control of boolean generating compounds in industrial units using biological systems. 4th National Conference on Occupational Health in Iran, Hamedan [In Persian].
- Streese J., Schlegelmilch M., Heining K. and Stegmann R. (2005). A acrokinetic model for dimensioning of biofilters for VOC and odour treatment. *Waste Manage.*, 25, 965-974.
- Taheriyoun M., Salehi Ziri M., Assadollah Fardi G. and Fazeli Phisheh H. (2014). Evaluation of a biofilter system for removal of hydrogen sulfide gas (case study: wastewater pump station of Khoramabad). *Water Wastewater*, 25(4), 35-43.
- Zarook S. and Ajay S. (2005). Biotechnology for odor and air pollution control. *Springer Sci. Business Media*, 3(1), 20-24.

Investigating the Reduction of Odorous Agents from Municipal Wastewater Treatment Plants by Biofiltration

Abdollah Samiee Bayragh^{1*}, Mina Razaei² and Mohammad Meshkini³

¹Lecturer, Research Department of Mining and hydrometallurgy, Mineral Processing Research Institute, Academic Center for Education, Culture & Research, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

² M. Tech., of Civil Engineering, Department of Mine and Environment, Academic Center for Education, Culture & Research, Amirkabir University of Technology Research, Tehran, Iran

³PhD Scholar, Research Department of Control and Modeling of Mineral Processing Systems, Mineral Processing Research Institute, Academic Center for Education, Culture & Research, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

*Corresponding author: samiee@acecr.ac.ir

Original Paper

Received: March 14, 2020

Revised: April 07, 2020

Accepted: April 13, 2020

Abstract

Biofiltration is one of the modern technologies in use for controlling the air pollutants because of its cost-effectiveness, high efficiency, simple operation, and lack of generating waste material. The purpose of the present study was to assess the removal or reduction feasibility of odourous compounds through biofiltration system in order to increase the safety and health of the treatment stuffs. A biological reactor having internal diameter of 14 and length of 95 cm was used for 12 months at ambient temperature in the vicinity of the sludge thickner tank. The concentration of compounds such as hydrogen sulfide, ammonia, organosulfuro compounds were measured. In order to maintain the suitable conditions for the growth of biomass at the biofilter bed, nutrients were used. The results showed that the removal efficiency of biofilter at an empty bed retention time of 30 and 15 s was more than 97% for hydrogen sulfide. Almost the same result (96%) was achieved for ammonia. According to the laboratory analysis, it was found that origin of odor was emissions of hydrogen sulfide and ammonia gases in the municipal wastewater treatment plant, where the biofiltration system could remove more than 95% of the odourous compounds. Biofiltration could bring the concentration of H₂S and NH₃ to less than the permitted level as recommended by the National Department of Environment. Therefore, this method is proposed to clean up contaminants in order to control the health and safety of the stuffs working in such environments.

Keywords: Ammonia; Biofiltration; Employee Health and Safety; Hydrogen Sulfide; Odorous Compounds.