



ORIGINAL ARTICLE

Received:2021/09/22

Accepted:2021/12/25

Investigation of the Bacterial Bioaerosols in the Air of the Wastewater Treatment Plant of Jahanabad Industrial Town of Meybod

Mohammad Salaree (M.Sc.)¹, Mohammad Hasan Ehrampoush (Ph.D.)², Fahimeh Teimouri (Ph.D.)³, Maryam Sadeh (Ph.D.)⁴, Farzan Madadzadeh (Ph.D.)⁵, Gilda Eslami (Ph.D.)⁶, Zahra Sotanianzadeh (Ph.D.)⁷, Ali Asghar Ebrahimi (Ph.D.)⁸

1.M.Sc. Student of Environmental Health Engineering, School of public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

2.Professor, Environmental Science and Technology Research Center, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

3.Assistant Professor, Environmental Science and Technology Research Center, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

4.Assistant Professor, Department of laboratory sciences, School of Paramedics, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

5.Assistant Professor, Departments of biostatistics and Epidemiology, School of public health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

6.Associate Professor, Research Center for Molecular Identification of Food Hazards, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

7.M.Sc. Environmental Science and Technology Research Center, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

8.Corresponding Author:Associate Professor, Environmental Science and Technology Research Center, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

Email: ebrahimi20007[at]ssu.ac.ir

Tel:09132679641

Abstract

Introduction: In recent decades, with the emergence of new industrial activities and an increase in waste production, industries require the existence of treatment equipment and sanitation. The equipment sometimes spreads infectious microorganisms into the air. These industries include waste recycling industries and wastewater treatment plants. Bioaerosols are produced at different stages of the wastewater treatment process, especially in processes, such as mobile mechanisms and aeration. This study aimed to investigate the bacterial bioaerosols in the air of the wastewater treatment plant in Jahanabad industrial town of Meybod.

Methods: In this study, air sampling was performed from different units of the treatment plant and indoor air. The plates were placed in an incubator for 24-48 hours at a temperature of 35-37 °C. Then the number of bacterial colonies grown on the culture media was counted and recorded as CFU/m³.

Results: The results showed that the mean population of bacterial aerosols was higher in summer than in spring. Moreover, the highest bacterial population was observed in spring in indoor air with mean value of 187.58±13.41 CFU/m³ and in summer in an equalization unit with mean value of 202.89±12.11 CFU/m³.

Conclusion: The study indicated that the number of bacterial bioaerosols increases in warm seasons. Also, the equalization unit has a high ability to produce bacterial bioaerosols. Moreover, increasing the distance from the source of contamination causes a significant reduction in the number of bacterial bioaerosols.

Keywords: Bioaerosol, Industrial Wastewater, Bacteria, Active Sampling

Conflict of interest: The authors declared that there is no Conflict interest



This Paper Should be Cited as:

Author: Mohammad Salaree, Mohammad Hasan Ehrampoush, Fahimeh Teimouri, Maryam Sadeh, Farzan Madadzadeh, Gilda Eslami, Zahra Sotanianzadeh, Ali Asghar Ebrahimi . Investigation of the Bacterial Bioaerosols in the Air of WastewaterTolooebehdasht Journal.2022;20(6):15-32.[Persian]



بررسی جمعیت بیوآئروسول های باکتریایی موجود در هوای تصفیه خانه فاضلاب شهرک

صنعتی جهان آباد میبد

نویسندگان: محمد سالاری^۱، محمد حسن احرامپوش^۲، فهیمه تیموری^۳، مریم ساده^۴، فرزانه مددی زاده^۵،

گیلدا اسلامی^۶، زهرا سلطانیان زاده^۷، علی اصغر ابراهیمی^۸

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران.
۲. استاد مرکز تحقیقات علوم و فناوری های محیط زیست، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران.
۳. استادیار مرکز تحقیقات علوم و فناوری های محیط زیست، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران.
۴. استادیار باکتری شناسی، گروه علوم آزمایشگاهی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران.
۵. استادیار گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران.
۶. دانشیار مرکز تحقیقات سلامت و ایمنی غذا، بخش انگل شناسی و قارچ شناسی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی، یزد، ایران.
۷. کارشناس ارشد محیط زیست، مرکز تحقیقات علوم و فناوری های محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران.
۸. نویسنده مسئول: دانشیار مرکز تحقیقات علوم و فناوری های محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران. تلفن تماس: ۰۹۱۳۲۶۷۹۶۴۱ Email: ebrahimi20007[at]ssu.ac.ir

چکیده

مقدمه: در دهه های اخیر با به وجود آمدن فعالیت های صنعتی جدید و افزایش تولید مواد زائد، این صنایع نیازمند وجود تجهیزات تصفیه و دفع بهداشتی می باشند. این تجهیزات بعضاً سبب انتشار میکروارگانیزم های بیماری زا به هوا می شوند. صنایع بازیافت مواد زائد و تصفیه خانه های فاضلاب از آن جمله هستند. بیوآئروسول ها در مراحل مختلف فرایند تصفیه فاضلاب به ویژه در فرآیندهایی که شامل مکانیزم های متحرک و هوادهی می باشد، تولید می شوند. هدف از انجام این پژوهش، بررسی بیوآئروسول های باکتریایی موجود در هوای تصفیه خانه فاضلاب شهرک صنعتی جهان آباد میبد بوده است.

روش بررسی: در این مطالعه از هوای واحدهای مختلف تصفیه خانه و نیز از هوای داخل ساختمان نمونه برداری انجام گردید. پس از نمونه برداری، پلیت های حاوی نمونه به مدت ۴۸ - ۲۴ ساعت داخل انکوباتور و در دمای ۳۵ تا ۳۷ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس تعداد کلنی های باکتریایی رشد کرده بر روی محیط های کشت شمارش و به صورت واحد CFU/m^3 ثبت شدند.

یافته ها: نتایج نشان داد که میانگین جمعیت آئروسول های باکتریایی در فصل تابستان بیشتر از فصل بهار بود. هم چنین بیشترین جمعیت باکتری ها در فصل بهار در هوای داخل ساختمان با میانگین CFU/m^3 $13/41 \pm 187/58$ و در فصل تابستان در واحد متعادل ساز با میانگین CFU/m^3 $12/11 \pm 202/89$ مشاهده شد.

نتیجه گیری: یافته های حاصل از این مطالعه نشان داد که تعداد بیوآئروسول های باکتریایی در فصول گرم افزایش یافته است. همچنین واحد متعادل ساز دارای توانایی بالایی در تولید و انتشار بیوآئروسول های باکتریایی می باشد. همچنین افزایش فاصله از منبع آلودگی، سبب کاهش چشم گیر در تعداد بیوآئروسول های باکتریایی شده است.

واژه های کلیدی: بیوآئروسول، فاضلاب صنعتی، باکتری، نمونه برداری فعال.

این مقاله حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد می باشد.

طلوع بهداشت

دو ماهنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال بیستم

شماره ششم

بهمن و اسفند ۱۴۰۰

شماره مسلسل: ۹۰

تاریخ وصول: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۴



مقدمه

فاضلاب شهری که به یک تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب می‌رسد، حاوی عوامل بیماری‌زای بسیاری از جمله ویروس‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها و پروتوزواها است (۵). فلذا تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌توانند به روش‌های مختلف بر سلامت محیط تأثیر بگذارند. این تأثیرات بسته به اندازه‌ی تصفیه‌خانه فاضلاب، فناوری و روش‌های تصفیه، بستگی دارد (۸).

بیوآئروسل‌ها در مراحل مختلف فرایند تصفیه فاضلاب به ویژه در فرآیندهایی که شامل مکانیزم‌های متحرک و هوادهی فاضلاب انجام می‌شود، تولید می‌شوند (۹، ۱۰). فوران حباب‌های تولیدشده توسط هوادهی و همزن مکانیکی فاضلاب می‌تواند باعث تولید ذرات بیوآئروسل شده و باعث ورود باکتری‌ها و قارچ‌ها به هوا شود (۱۱). میکروارگانیزم‌های با قطر کمتر از $4/7$ میکرومتر که در حین تصفیه به هوا منتقل می‌شوند، به دلیل اندازه کوچک، به راحتی وارد ریه شده که باعث ایجاد عفونت در افراد دارای نقص ایمنی می‌شود (۵، ۲). هم چنین این ذرات به دلیل آن‌که می‌توانند توسط باد صدها کیلومتر را در هوا طی کنند، علاوه بر کارگران تصفیه‌خانه، برای ساکنین محلی هم خطرآفرین هستند (۲).

تحقیقات نشان داده است که در معرض قرار گرفتن با بیوآئروسل‌ها از طریق استنشاق 10^5 برابر بیشتر از تماس پوستی است (۱۲). خطر بالقوه ناشی از بیوآئروسل‌ها به بیماری‌زایی میکروارگانیزم‌های خاص، عوامل محیطی، میزان و نوع قرار گرفتن در معرض و پاسخ ایمنولوژیک افراد مربوط می‌شود (۱۳). زنده ماندن میکروارگانیزم‌های موجود در جو به چندین عامل محیطی مانند اشعه ماوراءبنفش، دما، رطوبت، فشار

آلودگی‌های محیط‌زیست را می‌توان به دو علت دارای اهمیت دانست، اول به علت پخش آلاینده در طبیعت و مراکز شهری و دوم به علت آلوده شدن خود مراکز تولیدکننده آلودگی که می‌تواند برای کارکنان مراکز و محیط اطراف آن مرکز اثر منفی داشته باشد (۱). در دهه‌های اخیر با افزایش رشد جمعیت و با به وجود آمدن فعالیت‌های صنعتی جدید، تولید مواد زائد افزایش یافته است که نیازمند وجود امکانات و تجهیزات تصفیه و دفع بهداشتی می‌باشد. این تجهیزات بعضاً سبب انتشار میکروارگانیزم‌های عفونی به هوا می‌شوند. صنایع بازیافت مواد زائد، تهیه کمپوست و همچنین تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، از آن جمله هستند (۱، ۲).

بیوآئروسل‌ها ذرات بیولوژیکی پراکنده در هوا هستند که شامل باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها، کپک‌ها، اندوتوکسین باکتریایی، سموم قارچی، گرده و فیبرهای گیاهی می‌باشند که اثرات قابل توجهی بر روی سلامتی دارند (۱). تماس با بیوآئروسل‌ها شامل اثرات بهداشتی وسیعی می‌شود. قرار گرفتن در معرض آن‌ها سبب ایجاد بیماری‌های پوستی، آلرژی حاد، اثرات سمی در بدن، سرطان، خستگی، سردرد، علائم تنفسی، گوارشی، خطر ابتلا به سرطان معده، پروستات، حنجره، کبد، خون و همچنین عوارض عصبی می‌شود (۳-۵، ۱). سندروم کارکنان تصفیه‌خانه فاضلاب، از دیگر بیماری‌های مرتبط است که علائمی چون ضعف، کسالت، تب، التهاب مخاط بینی و بیماری‌های دستگاه گوارشی را شامل می‌شود (۶، ۷).



ناشی از وجود بیوآئروسل های حاصل از تصفیه خانه فاضلاب برای مردم منطقه کافی است (۱۹).

تاکنون مطالعات متعددی در مورد اندازه گیری جمعیت بیوآئروسل ها در هوای بیمارستان ها، خانه های مسکونی و... صورت گرفته است اما در مورد تصفیه خانه های فاضلاب که روزانه افراد متعددی در آنجا فعالیت می کنند، به ویژه تصفیه خانه های شهرک های صنعتی، اطلاعات کمی وجود دارد، بنابراین مطالعه در زمینه اندازه گیری و شناسایی باکتری های هوا برد در این تصفیه خانه ها ضروری به نظر می رسد. از طرفی آگاهی از میزان تراکم بیوآئروسل ها در هوای واحدهای مختلف تصفیه خانه فاضلاب، لازمه انجام اقدامات کنترلی به منظور حفاظت و سلامت کارکنان در این واحدهاست؛ بنابراین این پژوهش باهدف اندازه گیری بیوآئروسل های موجود در هوای تصفیه خانه های فاضلاب شهرک صنعتی جهان آباد میباید انجام شد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی بوده که در تصفیه خانه فاضلاب شهرک صنعتی جهان آباد میباید و در مقطع زمانی ۶ ماه (دو فصل بهار و تابستان) در سال ۹۹ انجام گرفت. شهرک صنعتی جهان آباد میباید واقع در ۳۰ کیلومتری یزد (۵۴ درجه و ۴۵ ثانیه طول جغرافیایی (۵۴/۰۰/۴۵) و ۳۲ درجه و ۱۴ دقیقه و ۴۵ ثانیه عرض جغرافیایی (۳۲/۱۴/۴۵) و ارتفاع آن از سطح دریا به طور متوسط ۱۲۳۴ متر می باشد، با دارا بودن ۴۵ هکتار محدوده ای مشخص در سال ۱۳۷۰ تأسیس شده است. در این شهرک ۱۹۰ واحد صنعتی اعم از صنایع غذایی، نساجی، سلولزی، برق و الکترونیک، فلزی، پتروشیمی و کاشی و سرامیک، فعالیت دارند.

و نوع میکروارگانیسم ها بستگی دارد (۸). مطالعات صورت گرفته در زمینه اندازه گیری میزان انتشار بیوآئروسل ها از فرآیندهای تصفیه فاضلاب، نشان می دهد که تصفیه خانه های فاضلاب، بسته به عواملی نظیر نوع و اندازه تصفیه خانه، زمان اندازه گیری و نوع سیستم هوادهی، مقادیر بسیار متفاوتی از بیوآئروسل ها را تولید می کنند (۴، ۱۴).

از جمله این مطالعات می توان به مطالعه Kowalski و همکاران، در سال ۲۰۱۷ بر روی باکتری ها و قارچ های هوا برد جمع آوری شده در تصفیه خانه های مختلف فاضلاب لهستان اشاره کرد که در آن سطح غلظت باکتری ها و قارچ های هوا برد در تمام نقاط تصفیه خانه بین 10^2 تا 10^3 CFU/m³ بود (۱۵). هم چنین نتایج مطالعه Wenjie و همکاران نشان داد که بیشترین غلظت باکتری های هوا 4155 ± 550 CFU/m³ در تابستان و پایین ترین غلظت باکتری ها 1458 ± 434 CFU/m³ در زمستان بوده است (۱۶). برخی دیگر از مطالعات از جمله مطالعه Wenjie و همکاران (۱۶)، Grisoli و همکاران (۱۷) نیز مؤید این مطلب بودند که فصل به طور کلی بر غلظت باکتری ها تأثیر می گذارد و در تابستان بیشتر از زمستان است.

طبق یافته های مطالعه Pascual و همکاران، پیش تصفیه و ته نشینی اولیه مراحل با بیشترین میزان انتشار بیوآئروسل ها هستند (۱۰). هم چنین نتیجه مطالعه Karra و همکاران نشان داد که کاهش زیادی در میزان میکروارگانیسم های هوا برد از تصفیه ای اولیه به سمت تصفیه ای پیشرفته دیده می شود (۱۸). طبق یافته های Stellacci و همکاران می توان گفت که در بدترین حالت آب و هوایی، فاصله ۳۰۰ متری برای ایمنی از خطرات



شد (۱). به منظور بالا بردن میزان دقت در انجام کار، از هر نقطه، نمونه‌برداری به صورت دوتایی انجام شد. پمپ نمونه‌برداری قبل از هر مرحله نمونه‌برداری توسط روتامتر کالیبره شد.

در هر بار نمونه‌برداری لازم بود شرایط استریل برای نمونه‌ها مهیا گردد، از این رو پیش از آنکه محیط کشت در داخل نمونه‌بردار قرار گیرد، محفظه با استفاده از الکل اتانول ۷۰ درصد ضدعفونی و خشک شد تا هرگونه آلودگی اولیه زدوده شود (۲۰، ۱). بعد از انجام نمونه‌برداری، برای جلوگیری از آلودگی ثانویه و ایجاد خطا، درب پلیت‌ها با پارافیلیم بسته شدند و درون کیسه پلاستیکی غیرقابل نفوذ زیپ‌دار قرار داده و با Cold box به آزمایشگاه انتقال داده شدند (۲۱). سپس نمونه‌ها درون انکوباتور با دمای 37 ± 0.5 به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت قرار گرفتند (۲۲).

تعداد کلنی‌های باکتریایی رشد کرده بر روی محیط‌های کشت شمارش و به صورت واحد CFU/m^3 انجام شد (۲۰).

در نهایت داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و Excel تجزیه و تحلیل شدند. با استفاده از آنالیزهای آماری T-test مستقل، تحلیل واریانس ولچ و آزمون بون فرونی در نرم‌افزار SPSS درستی فرضیه‌ها تجزیه و تحلیل گردید و با استفاده از نرم‌افزار Excel بر روی داده‌های حاصل از نتایج آزمایشگاهی، محاسبات لازم انجام شد.

یافته‌ها

در جدول ۱ و نمودار ۱، میانگین جمعیت بیوآئروسول‌های باکتریایی نشان داده شده است. نتایج مندرج در جدول، نشان داد که در فصول بهار و تابستان میانگین تعداد باکتری‌ها بر حسب CFU/m^3 در نقاط مختلف نمونه‌برداری یکسان نبود ($P < 0.001$).

سرانه‌ی تولید فاضلاب این شهرک، ۱۳۳۲ مترمکعب در روز است. از واحدهای مختلف تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب این شهرک می‌توان ایستگاه پمپاژ، متعادل ساز، بی‌هوازی، هوازی، ته‌نشینی، کلرزنی و فیلتراسیون را نام برد.

در این پژوهش نمونه‌ها از سه واحد ایستگاه پمپاژ، حوضچه هوازی و فیلتراسیون و در ارتفاع حدود ۱/۵ متری و به فاصله‌ی ۱ متر از دیوارها برداشت شدند. همچنین از فاصله‌ی ۱۰۰ متری پایین دست و ۱۰۰ متری بالادست تصفیه‌خانه و نیز از هوای داخل ساختمان نمونه‌برداری انجام گردید (۱، ۲).

نمونه‌برداری بیوآئروسول‌های باکتریایی بر اساس روش موسسه ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آمریکا (NIOSH) طبق استاندارد (NIOSH -0800) و نیز توصیه‌های سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (EPA) در سال ۲۰۱۳ انجام شد و با استفاده از پمپ نمونه‌برداری ABC (مدل AS26) و ایمکتور تک مرحله‌ای Biostage (مدل SKS ساخت کشور آمریکا) با دبی $28/3 L/min$ و مدت‌زمان یک ربع، ماهی دو بار و با استفاده از پلیت‌های ۹ سانتیمتری انجام گرفت.

جهت انتقال پلیت‌ها به محل نمونه‌برداری، آن‌ها به صورت وارونه در داخل جعبه مخصوص حمل و نقل (که حاوی یخ خشک بودند) قرار گرفتند. به منظور بررسی شرایط استریل در هنگام حمل و نقل نمونه‌ها تعداد دو پلیت نیز در داخل جعبه محل نمونه‌برداری قرار گرفت (۴). محیط کشت انتقالی مورد استفاده برای نمونه‌های باکتریایی تریپتیک سوی آگار (TSA) شرکت آیرسکو-ایران بوده است. برای جلوگیری از رشد قارچ‌ها در محیط کشت تریپتیک سوی آگار، از آنتی‌بیوتیک نیستاتین (۵۰۰ میکروگرم در لیتر) (شرکت جابرابن حیان-ایران) استفاده



میزان آلودگی در اکثر واحدهای مختلف تصفیه‌خانه وجود داشت ($P < 0.05$).

طبق نتایج، بیشترین اختلاف بین میانگین تعداد بیوآئروسول‌های باکتریایی در فصل بهار، به ترتیب بین نقاط بالادست و هوای داخل ساختمان (152CFU/m^3)، فیلتراسیون و هوای داخل ساختمان (135CFU/m^3)، پایین دست و هوای داخل ساختمان (123CFU/m^3)، متعادل ساز و بالا دست (116CFU/m^3) و هوادهی و داخل ساختمان اداری (113CFU/m^3) مشاهده شد. هم چنین بین واحد متعادل ساز و دیگر نقاط نمونه برداری، بیشترین اختلاف، به ترتیب زیر مشاهده شد.

همان‌طور که در جدول نشان داده شده است، نتایج آزمون تحلیل واریانس ولج نشان داد که بیشترین غلظت باکتری‌ها در فصل بهار در هوای داخل ساختمان با میانگین CFU/m^3 $187/58 \pm 13/41$ و در فصل تابستان در واحد متعادل ساز با میانگین CFU/m^3 $202/89 \pm 12/11$ مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که کمترین دانسیته باکتری‌ها مربوط به ۱۰۰ متر قبل از اولین واحد در بهار ($34/74 \pm 7/17 \text{CFU/m}^3$) و ۱۰۰ متر بعد از آخرین واحد در تابستان ($9/72 \pm 2/41 \text{CFU/m}^3$) بود.

نتایج حاصل از آزمون بون فرونی (جداول ۲ و ۳) نشان داد که غلظت بیوآئروسول‌ها در واحدهای مختلف فرآیندی و عملیاتی تصفیه‌خانه از نظر آلودگی یکسان نبوده و اختلاف معنی‌داری بین

جدول ۱: میانگین جمعیت بیوآئروسول‌های باکتریایی در واحدهای مختلف / فصول بهار و تابستان

فصل	محل نمونه برداری	میانگین جمعیت باکتری‌ها بر حسب CFU/m^3	انحراف معیار	سطح معنی‌داری
بهار	متعادل ساز	۱۵۱/۰۷	۱۷/۸۲	$p < 0.001$
	هوادهی	۷۴/۵۱	۱۵/۴۹	
	فیلتراسیون	۵۲/۴۱	۱۳/۰۱	
	۱۰۰ متر بالادست تصفیه‌خانه	۳۴/۷۴	۷/۱۷	
	۱۰۰ متر پایین دست تصفیه‌خانه	۶۳/۹۱	۲۰/۰۳	
	داخل ساختمان اداری	۱۸۷/۵۸	۱۳/۴۱	
	جمع	۹۴/۰۴	۱۱/۵۸	
تابستان	متعادل ساز	۲۰۲/۸۹	۱۲/۱۱	$p < 0.001$
	هوادهی	۱۴۶/۹۴	۱۲/۸۲	
	فیلتراسیون	۵۷/۷۱	۱۰/۲۶	
	۱۰۰ متر بالادست تصفیه‌خانه	۳۹/۷۶	۶/۹۶	
	۱۰۰ متر پایین دست تصفیه‌خانه	۹/۷۲	۲/۴۱	
	داخل ساختمان اداری	۱۱۸/۳۷	۱۰/۳۵	
	جمع	۹۵/۹۰	۱۰/۴۲	



جدول ۲: اختلاف میانگین غلظت بیوآئروسول ها بین واحدهای مختلف تصفیه خانه در فصول بهار

فصل	محل نمونه برداری (A)	محل نمونه برداری (B)	میانگین اختلاف جمعیت A-B (بر حسب CFU/m ³)	سطح معنی داری
بهار	متعادل ساز	هوادهی	۷۶/۵۶	۰/۲۳۱
		فیلتراسیون	۹۸/۶۳	۰/۰۳۴
		۱۰۰ متر بالادست	۱۱۶/۳۰	۰/۰۰۶
		۱۰۰ متر پایین دست	۸۷/۱۶	۰/۰۹۵
		داخل ساختمان	-۳۶/۵۱	۱/۰۰۰
	هوادهی	متعادل ساز	-۷۶/۵۶	۰/۲۳۱
		فیلتراسیون	۲۲/۰۷	۱/۰۰۰
		۱۰۰ متر بالادست	۳۹/۷۴	۱/۰۰۰
		۱۰۰ متر پایین دست	۱۰/۶۰	۱/۰۰۰
		داخل ساختمان	-۱۱۳/۰۷	۰/۰۰۹
	فیلتراسیون	متعادل ساز	-۹۸/۶۳	۰/۰۳۴
		هوادهی	-۲۲/۰۷	۱/۰۰۰
		۱۰۰ متر بالادست	۱۷/۶۷	۱/۰۰۰
		۱۰۰ متر پایین دست	-۱۱/۴۷	۱/۰۰۰
		داخل ساختمان	-۱۳۵/۱۵	۰/۰۰۱
	۱۰۰ متر بالادست	متعادل ساز	-۱۱۶/۳۰	۰/۰۰۶
		هوادهی	-۳۹/۷۴	۱/۰۰۰
		فیلتراسیون	-۱۷/۶۷	۱/۰۰۰
		۱۰۰ متر پایین دست	-۲۹/۱۴	۱/۰۰۰
		داخل ساختمان	-۱۵۲/۸۲	<۰/۰۰۱
	۱۰۰ متر	متعادل ساز	-۸۷/۱۶	۰/۰۹۵
	پایین دست	هوادهی	-۱۰/۶۰	۱/۰۰۰
		فیلتراسیون	۱۱/۴۷	۱/۰۰۰
		۱۰۰ متر بالادست	۲۹/۱۴	۱/۰۰۰
		داخل ساختمان	-۱۲۳/۶۷	۰/۰۰۳
	داخل ساختمان	متعادل ساز	۳۶/۵۱	۱/۰۰۰
		هوادهی	۱۱۳/۰۷	۰/۰۰۹
		فیلتراسیون	۱۳۵/۱۵	۰/۰۰۱
		۱۰۰ متر بالادست	۱۵۲/۸۲	<۰/۰۰۱



۰/۰۰۳	۱۲۳/۶۷	۱۰۰ متر پایین دست
-------	--------	-------------------

جدول ۳: اختلاف میانگین غلظت بیوآئروسول ها بین واحدهای مختلف تصفیه خانه در فصل تابستان

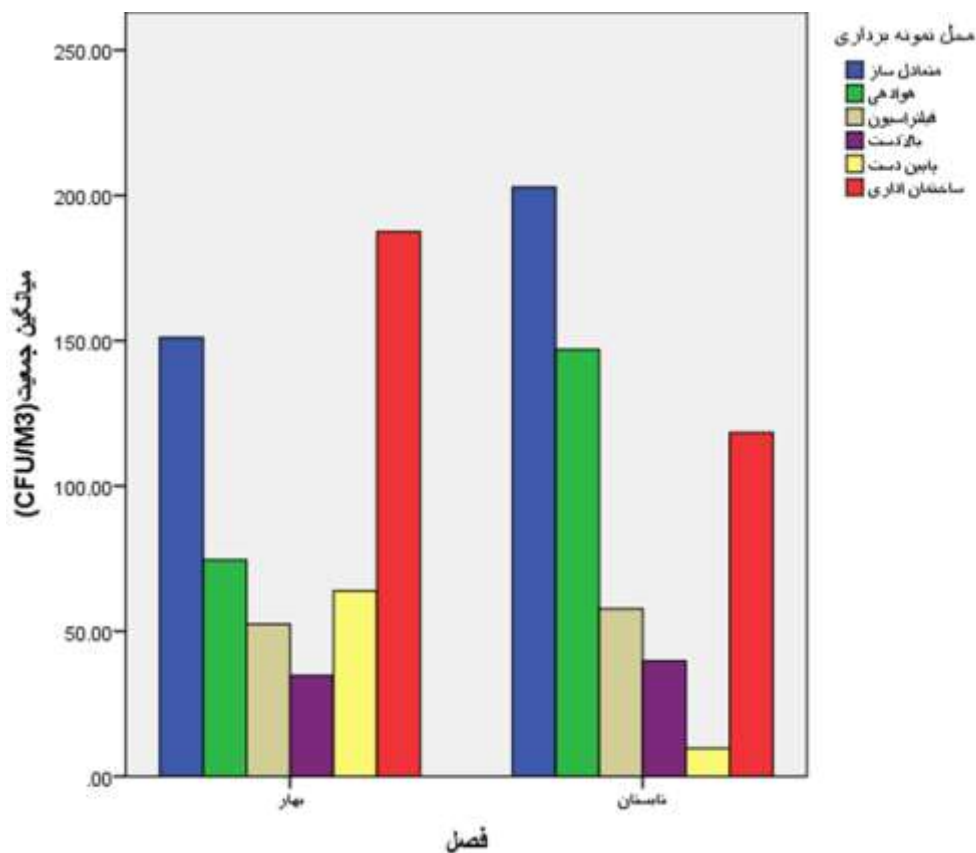
فصل	محل نمونه برداری (A)	محل نمونه برداری (B)	میانگین اختلاف جمعیت A-B (بر حسب CFU/m ³)	سطح معنی داری
تابستان	متعادل ساز	هوادهی	۵۵/۹۵	۰/۰۰۳
		فیلتراسیون	۱۴۵/۱۶	<۰/۰۰۱
		۱۰۰ متر بالادست	۱۶۳/۱۳	<۰/۰۰۱
		۱۰۰ متر پایین دست	۱۹۳/۱۷	<۰/۰۰۱
		داخل ساختمان	۸۴/۵۰	<۰/۰۰۱
	هوادهی	متعادل ساز	-۵۵/۹۵	۰/۰۰۳
		فیلتراسیون	۸۹/۲۱	<۰/۰۰۱
		۱۰۰ متر بالادست	۱۰۷/۱۸	<۰/۰۰۱
		۱۰۰ متر پایین دست	۱۳۷/۲۲	<۰/۰۰۱
		داخل ساختمان	۲۸/۵۵	۰/۶۸۷
	فیلتراسیون	متعادل ساز	-۱۴۵/۱۶	<۰/۰۰۱
		هوادهی	-۸۹/۲۱	<۰/۰۰۱
		۱۰۰ متر بالادست	۱۷/۹۵	۱/۰۰۰
		۱۰۰ متر پایین دست	۴۷/۹۹	۰/۰۱۹
		داخل ساختمان	-۶۰/۶۶	۰/۰۰۱
	۱۰۰ متر بالادست	متعادل ساز	-۱۶۳/۱۳	<۰/۰۰۱
		هوادهی	-۱۰۷/۱۸	<۰/۰۰۱
		فیلتراسیون	-۱۷/۹۵	۱/۰۰۰
		۱۰۰ متر پایین دست	۳۰/۰۴	۰/۵۴۲
		داخل ساختمان	-۷۸/۶۱	<۰/۰۰۱
	۱۰۰ متر	متعادل ساز	-۱۹۳/۱۷	<۰/۰۰۱
	پایین دست	هوادهی	-۱۳۷/۲۲	<۰/۰۰۱
		فیلتراسیون	-۴۷/۹۹	۰/۰۱۹
		۱۰۰ متر بالادست	-۳۰/۰۴	۰/۵۴۲
		داخل ساختمان	-۱۰۸/۶۵	<۰/۰۰۱
	داخل ساختمان	متعادل ساز	-۸۴/۵۰	<۰/۰۰۱
		هوادهی	-۲۸/۵۵	۰/۶۸۷



۰/۰۰۱	۶۰/۶۶	فیلتراسیون
<۰/۰۰۱	۷۸/۶۱	۱۰۰ متر بالادست
<۰/۰۰۱	۱۰۸/۶۵	۱۰۰ متر پایین دست

جدول ۴: مقایسه میانگین جمعیت کل بیوآئروسل های باکتریایی در فصول بهار و تابستان

فصل	میانگین جمعیت باکتری ها بر حسب CFU/m ³	انحراف معیار	سطح معنی داری
بهار	۹۴/۰۴	۱۱/۵۸	۰/۹۰۵
تابستان	۹۵/۹۰	۱۰/۴۲	



نمودار ۱: میانگین جمعیت بیوآئروسل های باکتریایی (CFU/m³) در فصول بهار و تابستان در واحد های مختلف

بالادست تصفیه خانه > فیلتراسیون > پایین دست تصفیه خانه > واحد هوادهی > داخل ساختمان اداری
طبق نتایج، بیشترین اختلاف بین میانگین تعداد بیوآئروسل های باکتریایی در فصل تابستان، به ترتیب بین نقاط پایین دست و متعادل ساز (۱۹۳CFU/m³)، بالادست و متعادل ساز (۱۴۵CFU/m³)، هوادهی و پایین دست (۱۳۵CFU/m³) و پایین دست و داخل ساختمان اداری (۱۱۳CFU/m³) مشاهده شد. همچنین به عنوان مثال، بین واحد متعادل ساز و دیگر نقاط نمونه برداری، بیشترین اختلاف، به ترتیب زیر مشاهده شد.

سال بیستم، شماره ششم، بهمن و اسفند ۱۴۰۰



میکروبیولوژی بوده است. هرچند به نظر می‌رسد هیچ‌گونه مقدار حد آستانه پذیرفته‌شده بین‌المللی برای آلودگی بیولوژیکی هوا وجود ندارد (۲۴).

بنابراین نظر به این که یکی از مهم‌ترین محل‌های انتشار ذرات معلق و بیوآئروسول‌های باکتریایی و قارچی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌باشند (۲۵)، هم چنین غلظت میکروارگانیسم‌ها در بیوآئروسول‌های تولیدی از تصفیه‌خانه فاضلاب ۱۰-۱۰۰۰ برابر بیشتر از خود فاضلاب است (۲۶)، لیکن استاندارد مشخصی در رابطه با آلودگی ناشی از بیوآئروسول‌ها در هوای تصفیه‌خانه فاضلاب و اطراف آن وجود ندارد (۱)، نتایج حاصل از این پژوهش علاوه بر مقایسه با یکدیگر، با دیگر مطالعات نیز مقایسه شده است.

تولید بیوآئروسول‌ها در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب عمدتاً از طریق روش‌های مکانیکی تصفیه که باعث حرکت فاضلاب می‌شوند، مانند دانه‌گیری یا از طریق تصفیه بیولوژیک، مانند هوادهی انجام می‌شود (۲۷، ۲۸).

یافته‌های حاصل از این مطالعه (جدول ۱) نشان داد واحد متعادل ساز دارای توانایی بالایی در تولید بیوآئروسول‌های باکتریایی می‌باشد که این امر می‌تواند به علت تلاطم فاضلاب در قسمت ورودی تانک متعادل ساز باشد. ذرات حاصل از تلاطم فاضلاب دوباره به سمت پایین سقوط کرده و در برخورد به سطح فاضلاب، به ذراتی با قطر ۵۰ تا ۱۰۰ میکرومتر تبدیل شده که این ذرات کوچک‌تر سریع‌تر در هوا تبخیر شده و سرعت ته نشینی آن‌ها کمتر می‌شوند و در نهایت در هوا معلق باقی می‌مانند (۲۵). Boruta و همکاران (۲۹) در مطالعه مشابه، بیشترین انتشار بیوآئروسول‌ها را در حوالی حوض دانه‌گیری که

پایین دست تصفیه‌خانه > بالادست تصفیه‌خانه > فیلتراسیون > داخل ساختمان اداری > واحد هوادهی

نتایج آزمون T دو نمونه مستقل در جدول ۴ نشان داد که میانگین تعداد آئروسول‌های باکتریایی در فصل تابستان ($95/9 \pm 10/42$ CFU/m³) اندکی بیشتر از فصل بهار ($94/04 \pm 11/58$ CFU/m³) بود، اما به صورت کلی بین میانگین تعداد باکتری‌ها در فصول مختلف، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0/05$). به عبارت دیگر هرچند که بین میانگین جمعیت باکتریایی در هوای واحدهای مختلف تصفیه‌خانه اختلاف وجود داشت، اما به طور کلی میانگین جمعیت واحدهای مختلف در فصول مختلف اختلاف چندانی نداشت.

بحث و نتیجه‌گیری

فاضلابی که از منابع مختلف خانگی، تجاری و بیمارستانی و یا فاضلاب‌های ترکیبی تولیدشده و جهت انجام فرایندهای تصفیه به تصفیه‌خانه فاضلاب فرستاده می‌شود، حاوی تعداد زیاد و متنوعی از میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا شامل ویروس‌ها، باکتری‌ها، انواعی از قارچ‌ها، تک‌یاخته‌ها و کرم‌ها می‌باشد که از مدفوع انسانی یا مواد دفعی حیوانات دفع شده و می‌توانند از طریق فرایندهای مختلفی که در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب انجام می‌شود، آئروسول (هوایرد) شوند و در نتیجه به عنوان یک خطر سلامتی برای کارگران تصفیه‌خانه‌ها مطرح می‌باشند (۲۳).

کارگران ممکن است در تماس با این عوامل بیماری‌زا و اندوتوکسین باکتریایی باشند که عمدتاً از طریق استنشاق آئروسول‌ها و یا مسیر دست-دهانی صورت می‌گیرد (۲۴).

افزایش آگاهی درباره خطرات ایجاد شده توسط میکروارگانیسم‌های هوایرد، دلیلی برای توسعه بحث آئرو



تفاوت میزان بیو آئروسول‌های باکتریایی در تانک هوادهی نسبت به واحدهای متعادل ساز را می‌توان طبق نتایج مطالعه‌ی Brandi و همکاران (۳۵) به این علت دانست که در مواردی که از هوادهی سطحی یا همزن مکانیکی در تانک استفاده می‌شود، میزان بیشتری بیوآئروسول نسبت به سیستم هوادهی انتشاری منتشر می‌شود. از آن جاکه در اکثر موارد سیستم‌های هوادهی عامل اصلی انتشار بیوآئروسول‌ها در هوای تصفیه‌خانه می‌باشند، استفاده از هوادهای دیفیوزری به‌جای هوادهی گسترده سطحی، روش مناسبی جهت کاهش انتشار بیوآئروسول‌ها می‌باشد، زیرا هوادهای دیفیوزری نسبت به هوادهای گسترده، تلاطم کمتری در فاضلاب ایجاد می‌کنند. فلذا حباب‌های تولیدشده توسط آن‌ها نیز کوچک‌تر می‌باشد (۶،۳۶). تعداد این میکروارگانیسم‌ها با افزایش اندازه حباب افزایش می‌یابد (۲۶). درنهایت می‌توان گفت که نوع سیستم هوادهی تا حد زیادی بر میزان تولید بیوآئروسول‌ها مؤثر است (۲۵،۳۴،۳۷). در مطالعات مختلف کمترین میزان بیوآئروسول‌ها در اطراف واحد ته‌نشینی ثانویه مشاهده شد که این می‌تواند به علت عدم وجود دستگاه‌های مکانیکی و تلاطم فاضلاب در این واحد باشد (۵). هم‌چنین هرچه به سمت انتهای مراحل تصفیه فاضلاب می‌رویم، میزان آلودگی فاضلاب کم می‌شود، بنابراین کاهش میزان بیوآئروسول‌های باکتریایی در اطراف واحد ته‌نشینی، دور از انتظار نیست. این فرضیه با نتایج این مطالعه کاملاً تطابق دارد، زیرا که در این مطالعه نیز هرچه به سمت مراحل نهایی تصفیه فاضلاب پیش رفتیم (به‌طور مثال واحد فیلتراسیون)، میزان جمعیت بیوآئروسول‌ها کاهش یافت.

اولین واحد تصفیه‌خانه بود مشاهده کردند. گزارشات Ranalli و همکاران نشان می‌دهد که بیشترین انتشار باکتری‌های هوازی در پیش‌تصفیه مکانیکی رخ می‌دهد که با مطالعه‌ی حاضر همخوانی داشت (۳۰).

نتایج مطالعات مشابه نشان داده است که یکی از منابع اصلی بیوآئروسول‌ها در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب فرآیند هوادهی، تلاطم مکانیکی و همزنی است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی داشت (۶،۱۰،۳۱،۳۲).

میزان بالای آئروسول‌های باکتریایی در تانک هوادهی با نتایج مطالعه Vitezova و همکاران (۳۳) و Karra و همکاران (۱۸) که بیان کردند مجاورت با تانک هوادهی و میزان هوادهی با تولید بیوآئروسول‌ها ارتباط مستقیم دارد، همخوانی داشت.

Korzeniewska و همکاران نیز اعلام نمودند که سیستم هوادهی استفاده‌شده در فرآیند بیولوژیکی تصفیه فاضلاب در تولید بیوآئروسول‌ها نقش برجسته‌ای دارد که با نتایج این مطالعه همخوانی داشت (۳۴).

Carducci و همکاران دریافته‌اند که اطراف تانک‌های هوادهی، آلاینده‌گی میکروبی بالایی ندارند که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی نداشت (۷). علت عدم همخوانی، احتمالاً به دلیل نوع سیستم و تجهیزات هوادهی می‌باشد. در تصفیه‌خانه مورد مطالعه Carducci، هوادهی به وسیله حباب‌های هوا تحت فشار انجام می‌شد، اما با توجه به اینکه در مطالعه‌ی Carducci، واحد متعادل ساز، غلظت متوسط تا بالایی از بیوآئروسول‌های باکتریایی داشته‌است، بنابراین با نتایج این مطالعه، از این نظر که تجهیزات دارای حرکت مکانیکی نقش زیادی در انتشار میکروارگانیسم‌ها دارد، همخوانی داشت.



همکاران (۷) همخوانی داشت. طبق گزارش Stellacci در فاصله ۳۰۰ متری تصفیه‌خانه‌ها، امکان وجود بیوآئروسول‌ها وجود نداشت و حتی تحت شرایط نامساعد آب و هوایی مشکل سلامتی برای کارکنان منطقه وجود نداشت (۱۹).

مطالعات متعددی ارتباط بین آلودگی باکتریایی و قارچی با فصول و پارامترهای هواشناسی را نشان دادند. Nielsen و همکاران دریافتند که تغییرات فصلی بر غلظت میکروارگانیسم‌ها تاثیر می‌گذارد (۴۱). که با مطالعه‌ی حاضر، همخوانی داشت.

همانطور که در نمودار ۱ نشان داده شد، جمعیت بیوآئروسول‌ها در اکثر نقاط مختلف نمونه برداری در فصل تابستان بیشتر از بهار بود که این نتیجه با فرضیات ما تطابق داشت. اما این نتیجه در مورد ۱۰۰ متر بعد از آخرین واحد تصفیه‌خانه و ساختمان اداری تطابق نداشت. در مورد ۱۰۰ متر پایین دست تصفیه‌خانه می‌توان علت را وزش باد مقطعی از انتها به ابتدای تصفیه‌خانه دانست و در مورد ساختمان اداری، می‌توان استفاده از وسایل سرمایشی و بسته بودن پنجره‌ها به علت استفاده از کولرگازی در فصل تابستان را علت کاهش در جمعیت بیوآئروسول‌های باکتریایی، دانست.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که میانگین غلظت بیوآئروسول‌ها در فصول مختلف متفاوت است که نتایج حاصل از مطالعه‌ی (۳۴) موید این مطلب است که در ماه‌های گرم سال انتشار بیوآئروسول‌ها بیشتر از ماه‌های دیگر است.

طبق نتایج حاصل از این مطالعه، تراکم باکتری‌های هوابرد در هوای تصفیه‌خانه فاضلاب مورد بررسی (جدول ۳)، کمتر از 500 CFU/m^3 (میزان قابل قبول کنفرانس آمریکایی متخصصین بهداشت صنعتی دولتی) بود (۴۲).

غلظت بیوآئروسول‌ها در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب وابسته به عواملی چون محل نمونه برداری (۲۹) نوع فاضلاب و نوع روش هوادهی (۳۱) و شرایط آب و هوایی (۳۸) و نوع سیستم تصفیه (۳۹) می‌باشد. از پارامترهای مؤثر در میزان تولید بیوآئروسول‌ها می‌توان به اندازه تصفیه‌خانه، تکنولوژی و نوع فرآیند تصفیه و نوع سیستم هوادهی نام برد. لازم به ذکر است که کمترین میزان انتشار بیوآئروسول‌ها توسط سیستم هوادهی افشانه‌ای رخ می‌دهد (۳۳).

به طور کلی، میانگین جمعیت بیوآئروسول‌ها با تصفیه‌ی بیشتر فاضلاب، کاهش می‌یابد. در نتیجه، پیش تصفیه و ته نشین کننده‌های اولیه‌ی مرحله‌هایی با بالاترین غلظت بیوآئروسول‌ها هستند، زیرا آن‌ها مرحله‌هایی هستند که فاضلاب هنوز به طور ضعیف تصفیه می‌شود و بنابراین کیفیت میکروبیولوژیکی پایین‌تری دارد (۱۰).

میزان بالای تراکم بیوآئروسول‌های باکتریایی را در هوای ساختمان این تصفیه‌خانه می‌توان به این علت دانست که آزمایشات مربوطه جهت گزارش کیفیت فاضلاب، در همان محل استقرار کارکنان انجام می‌شود. همچنین توجه به این نکته ضروری است که در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و دیگر اماکن، کیفیت هوای آزاد می‌تواند بر کیفیت هوای ساختمان تاثیر بگذارد، بنابراین می‌توان گفت که غلظت آلاینده‌ها در هوای آزاد پارامتر اولیه در تعیین کیفیت هوای داخل ساختمان می‌باشد (۴۰).

طبق نتایج حاصل از این مطالعه، افزایش فاصله از منبع آلودگی باعث کاهش چشمگیر در تعداد بیوآئروسول‌های باکتریایی شد که با مطالعات Fernando و همکاران (۳۷) و Carducci و



خانه‌های فاضلاب محصورشده، مواجهه با بیوآئروسول‌ها با استفاده از فیلترهای هوا در بخش‌هایی که از اختلاط مکانیکی استفاده می‌شود، به حداقل می‌رسد (۴۴). هم‌چنین بر اساس نتایجی که Li و همکاران به دست آوردند، استفاده از روش جذب بر روی کربن فعال گرانوله، یک روش فعال برای پاک‌سازی میکروارگانسیم‌های هوا برد است (۴۵).

نهایتاً رعایت بهداشت فردی و شستشوی مرتب دست‌ها و استفاده از لباس محافظ و ماسک می‌تواند مخصوصاً هنگام کار در مناطق آلوده‌تر، می‌تواند روش مناسبی برای جلوگیری از عفونت در میان کارگران تصفیه‌خانه فاضلاب باشد (۴۶).

بنابراین با توجه به عدم وجود رهنمود و استاندارد مشخص در مورد آلودگی ناشی از بیوآئروسول‌های باکتریایی در هوای تصفیه‌خانه فاضلاب، لازم و ضروری است که دستگاه‌های مسئول اقدامات لازم را جهت تدوین این رهنمودها انجام دهند (۱).

تضاد منافع

بدین وسیله نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

تشکر و قدر دانی

بدین وسیله از مدیریت محترم شهرک صنعتی جهان‌آباد میبد (جناب آقای مهندس ماندگاری) و اپراتورهای محترم تصفیه‌خانه (آقایان کریمی، ملانوری و احمدزاده) و تمام کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

طبق نتایج جدول ۱، میانگین جمعیت باکتری‌ها در واحد فیلتراسیون و نقاط بالادست و پایین دست تصفیه‌خانه، کمتر از 100 CFU/m^3 بود و طبق استاندارد کنفرانس دولتی بهداشت صنعتی آمریکا، جزو میزان بیوآئروسول کم موجود در هوا، قرار گرفت. اما در واحدهای متعادل ساز و هوادهی، جزء میزان بیوآئروسول متوسط (بین 100 CFU/m^3 تا 1000) موجود در هوا، قرار گرفت.

هم‌چنین میانگین جمعیت باکتری‌ها در هوای داخل ساختمان، کمتر از مقادیر پیشنهادی ارائه شده (برای اماکن مسکونی) توسط WHO (500 CFU/m^3) بود (۴۳).

در رهنمود ارائه شده توسط گروه مدیریت کیفیت هوای داخلی هنگ کنگ، مقدار باکتری‌های هوا برد در فضاهای داخلی با غلظت کمتر از (500 CFU/m^3) در کلاس عالی و غلظت کمتر از (1000 CFU/m^3) در کلاس خوب رتبه بندی شده است (۴۳)، که کیفیت هوای ساختمان این تصفیه‌خانه در کلاس عالی قرار گرفت.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در معرض قرار گرفتن کارگران تصفیه‌خانه به ویژه در نزدیکی واحدهای هوادهی و متعادل ساز باید محدود شود که جداسازی فیزیکی مناطق آلوده تر از مناطق با آلودگی کمتر می‌تواند یکی از روش‌های موثر برای حفاظت از کارکنان در آن محدوده باشد (۳۶).

همچنین ایجاد یک اتاقک به‌عنوان پوشش، تعداد بیوآئروسول‌ها را در تصفیه‌خانه‌ها و محیط اطراف آن، کاهش می‌دهد که می‌تواند راهکاری برای کاهش بار آلودگی محیط تصفیه‌خانه‌ها باشد (۲۵). Brooks و همکاران گزارش دادند که در تصفیه

References

1-Dehghani A, Kermani M, Farzadkia M, Naddafi K, Alimohammadi MA. Comparative study



for potential of microbial pollution in the ambient air of Milad hospital, blood transfusion organization and Tehrans shahrake gharb wastewater treatment plant, *The Journal of Urmia Nursing and Midwifery Faculty*, 2014;12(3): 183-92.

2-Kermani M ,BahramiAsl F , Farzadkia M, Nadafi K, Zeinalzadeh D , Dehghani A. Concentration and Distribution of Airborne Fungi in the Ambient Air of Milad Hospital, Blood Transfusion Organization, and Shahrake Ghods Wastewater

Treatment Plant in Tehran, Iran, *Journal of Health Research in Community*. 2015;1(3): 57-68

3-O'Gorman CM, Fuller HT. Prevalence of culturable airborne spores of selected allergenic and pathogenic fungi in outdoor air. *Atmospheric Environment*. 2008;42(18):4355-68.

4-Jahangiri M, Neghab M, Kahdemain V, et al. Investigating Density and Type of Bioaerosols in a Petrochemical

Wastewater Treatment Plant: Mahshar - Iran, 2013, Iran. *J. Health & Environ.*, 2013;6(1) :113-22

5-Fathi S, Hajizadeh Y, Nikaeen M, Gorbani M. Assessment of microbial aerosol emissions in an urban wastewater treatment plant operated with activated sludge process. *Aerobiologia*. 2017;33(4):507-15.

6-Sanchez-Monedero M, Aguilar M, Fenoll R, Roig A. Effect of the aeration system on the levels of airborne microorganisms generated at wastewater treatment plants. *Water Research*. 2008;42(14):3739-44.

7-Carducci A, Tozzi E, Rubulotta E, Casini B, Cantiani L, Rovini E, et al. Assessing airborne biological hazard from urban wastewater treatment. *Water Research*. 2000;34(4):1173-8.

8-Niazi S, Hassanvand MS, Mahvi AH, Nabizadeh R, Alimohammadi M, Nabavi S, et al. Assessment of bioaerosol contamination (bacteria and fungi) in the largest urban wastewater treatment plant in the Middle East. *Environmental Science and Pollution Research*. 2015;22(20):16014-21.

9-Fracchia L, Pietronave S, Rinaldi M, Martinotti MG. Site-related airborne biological hazard and seasonal variations in two wastewater treatment plants. *Water Research*. 2006;40(10):1985-94.

10-Pascual L, Perez-Luz S, Yáñez MA, Santamaría A, Gibert K, Salgot M, et al. Bioaerosol emission from wastewater treatment plants. *Aerobiologia*. 2003;19(3):261-70.

11-Malakootian M, Radhakrishna N, Mazandarany MP, Hossaini H. Bacterial-aerosol emission from wastewater treatment plant. *Desalination and Water Treatment*. 2013;51(22-24):4478-88.



- 12-Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Beelen R, Samoli E, Stafoggia M, Weinmayr G, et al. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *The lancet oncology*. 2013;14(9):813-22.
- 13-Burkowska A, Kalwasińska A, Walczak M. Airborne mesophilic bacteria at the Ciechocinek health resort. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2012;21(2):307-12.
- 14-Korzeniewska E. Emission of bacteria and fungi in the air from wastewater treatment plants—a review. *Front biosci (Schol ed)*. 2011;3:393-407.
- 15-Kowalski M, Wolany J, Pastuszka J, Płaza G, Wlazło A, Ulfig K, et al. Characteristics of airborne bacteria and fungi in some Polish wastewater treatment plants. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2017;14(10):2181-92.
- 16-Ding W, Li L, Han Y, Liu J, Liu J. Site-related and seasonal variation of bioaerosol emission in an indoor wastewater treatment station: level, characteristics of particle size, and microbial structure. *Aerobiologia*. 2016;32(2):211-24.
- 17-Grisoli P, Rodolfi M, Villani S, Grignani E, Cottica D, Berri A, et al. Assessment of airborne microorganism contamination in an industrial area characterized by an open composting facility and a wastewater treatment plant. *Environmental Research*. 2009;109(2):135-42.
- 18-Karra S, Katsivela E. Microorganisms in bioaerosol emissions from wastewater treatment plants during summer at a Mediterranean site. *Water research*. 2007;41(6):1355-65.
- 19-Stellacci P, Liberti L, Notarnicola M, Haas CN. Hygienic sustainability of site location of wastewater treatment plants: A case study. I. Estimating odour emission impact. *Desalination*. 2010;253(1-3):51-6.
- 20-Pourhassan B, Golbabaie F, Pourmand MR, et al. Examining performance of the conventional and photocatalytic HEPA filters on removal of the airborne microorganisms, *Journal of Health and Safety at Work*. 2018;8(3): 251-65.
- 21-Hameed AA, Khoder M, Yuosra S, Osman A, Ghanem S. Diurnal distribution of airborne bacteria and fungi in the atmosphere of Helwan area, Egypt. *Science of the Total Environment*. 2009;407(24):6217-22.
- 22-Naddafi K, Rezaei S, Nabizadeh R, Yonesian M, Jabbari H. Density of Airborne Bacteria in a Children's Hospital in Tehran, Iran. *J. Health & Environ*. 2009;1(2):75-80.



- 23-Albatanony M, El-Shafie M. Work-related health effects among wastewater treatment plants workers. *Int J Occup Environ Med (The IJOEM)*. 2011;2(4).
- 24-Mirzaee SA, Nikaeen M, Hajizadeh Y, Nabavi BF, Hassanzadeh A. Detection of *Legionella* spp. by a nested-PCR assay in air samples of a wastewater treatment plant and downwind distances in Isfahan. *Advanced biomedical research*. 2015;4.
- 25-Filipkowska Z, Janczukowicz W, Krzemieniewski M, Pesta J. Microbiological air pollution in the surroundings of the wastewater treatment plant with activated-sludge tanks aerated by horizontal rotors. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2000;9(4):273-80.
- 26-Bunger J, Schappler-Scheele B, Hilgers R, Hallier E. A 5-year follow-up study on respiratory disorders and lung function in workers exposed to organic dust from composting plants. *International archives of occupational and environmental health*. 2007;80(4):306-12.
- 27-Filipkowska Z, Janczukowicz W, Krzemieniewski M, Pesta J. Municipal Wastewater Treatment Plant with Activated Sludge Tanks Aerated by Celpox Devices as a Source of Microbiological Pollution of the Atmosphere. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2002;11(6).
- 28-Haas D, Unteregger M, Habib J, Galler H, Marth E, Reinthaler FF. Exposure to bioaerosol from sewage systems. *Water, Air, and Soil Pollution*. 2010;207(1):49-56.
- 29-Breza-Boruta B, Paluszak Z. Influence of Water Treatment Plant on Microbiological Composition of Air Bioaerosol. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2007;16(5).
- 30-Ranalli G, Principi P, Sorlini C. Bacterial aerosol emission from wastewater treatment plants: Culture methods and bio-molecular tools. *Aerobiologia*. 2000;16(1):39-46.
- 31-Kruczalak K, Olanczuk-Neyman K. Microorganisms in the Air Over Wastewater Treatment Plants. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2004;13(5).
- 32-Laitinen S, Kangas J, Kotimaa M, Liesivuori J, Martikainen PJ, Nevalainen A, et al. Workers' exposure to airborne bacteria and endotoxins at industrial wastewater treatment plants. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1994;55(11):1055-60.
- 33-Vítezova M, Vítez T, Mlejnkova H, Losak T. Microbial contamination of the air at the wastewater treatment plant. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2012;60(3):233-40.



- 34-Korzeniewska E, Filipkowska Z, Gotkowska-Płachta A, Janczukowicz W, Dixon B, Czułowska M. Determination of emitted airborne microorganisms from a BIO-PAK wastewater treatment plant. *Water research*.2009;43(11):2841-51.
- 35-Brandi G, Sisti M, Amagliani G. Evaluation of the environmental impact of microbial aerosols generated by wastewater treatment plants utilizing different aeration systems. *Journal of Applied Microbiology*. 2000;88(5):845-52.
- 36-Kim KY, Kim HT, Kim D, Nakajima J, Higuchi T. Distribution characteristics of airborne bacteria and fungi in the feedstuff-manufacturing factories. *Journal of hazardous materials*. 2009;169(1-3):1054-60.
- 37-Fernando NL, Fedorak PM. Changes at an activated sludge sewage treatment plant alter the numbers of airborne aerobic microorganisms. *Water Research*. 2005;39(19):4597-608.
- 38-Michałkiewicz M, Pruss A, Dymaczewski Z, Jez-Walkowiak J, Kwasna S. Microbiological Air Monitoring around Municipal Wastewater Treatment Plants. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2011;20(5).
- 39-Małecka-Adamowicz M, Donderski W, Dokładna W. Microflora of Air in the Sewage Treatment Plant of Kapuściska in Bydgoszcz. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2011;20(5).
- 40-Rezaei S, Naddafi K, Jabbari H, Yonesian M, et al. Raygan Shirazi Nejad A, Relationship between the Particulate Matter Concentrations in the Indoor and Ambient Air of the Tehran Children Hospital in.2013;6(1): 103-12
- 41-Nielsen BH, Nielsen EM, Breum NO. Seasonal variation in bioaerosol exposure during biowaste collection and measurements of leaked percolate. *Waste management & research*. 2000;18(1):64-72.
- 42-Xu P, Zhang C, Mou X, Wang XC. Bioaerosol in a typical municipal wastewater treatment plant: concentration, size distribution, and health risk assessment. *Water Science and Technology*. 2020;82(8):1547-59.
- 43-Mirhoseini SH, Nikaeen M, Hatamzadeh M, Hassanzadeh A, Assessment of bioaerosol concentration in the indoor environments, *Journal of Health System Research*, 2014 10(2), 376-85
- 44-Brooks JP, Gerba CP, Pepper IL. Bioaerosol Emission, Fate, and Transport from Municipal and Animal Wastes. *Biological Aerosols Generated from the Land Application of Biosolids, Microbial Risk Assessment*. 2004;1050:19.



45-Li L, Gao M, Liu J. Distribution characterization of microbial aerosols emitted from a wastewater treatment plant using the Orbal oxidation ditch process. *Process Biochemistry*. 2011;46(4):910-5.

46-Heinonen-Tanski H, Reponen T, Koivunen J. Airborne enteric coliphages and bacteria in sewage treatment plants. *Water research*. 2009;43(9):2558-66.