Journal of Health System Research Volume 15, Issue 3, Autumn 2019, Pages: 199-207

Original Article

doi: 10.48305/hsr.2020.15.3.103

Evaluation of Bioaerosols Concentration in Indoor and Outdoor Air of Kindergartens and Schools during Winter 2016 in Andimeshk, Iran

Leily Shahbaznia[1], Yaghoub Hajizadeh[2*], Mahnaz Nikaeen[3], Mohamadali Ghasemiyan[4]

[1] *MSc Student in Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran*

[2] *Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health and Environment Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran*

[3] *Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health and Environment Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran*

[4] *MSc in Environmental Engineering, Department of Environmental Health Engineering, Islamic Azad University, Ahwaz Research Center Branch, Ahwaz, Iran*

**** Corresponding Author:*** *Yaghoub Hajizadeh, Email: y_hajizadeh@hlth.mui.ac.ir*

Received: 19/11/2018
Accepted:31/12/2018

Keywords:
Bacteria
Bioaerosol
Fungi
Kindergarten
School

Abstract

Background: In addition to chemical contaminants, the air we breathe may contain various microorganisms that can cause infectious and allergic diseases. This study aimed to evaluate the concentration of bioaerosols in indoor and outdoor air of school and kindergarten buildings in Andimeshk, Iran. Moreover, the indoor-to-outdoor concentration ratios (I/O) were calculated to identify the sources of contamination during winter 2016.

Methods: In this cross-sectional descriptive study, 216 air samples were taken from the indoor and outdoor of the school and kindergarten buildings during winter 2016 (i.e., January, February, and March) in Andimeshk, Iran. The sampling was performed using an Andersen single-stage impactor containing a culture medium and an SKC Pump based on the methods recommended by the American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Bacterial samples were incubated at 37°C for 2 days and fungal samples were stored at room temperature for 3 to 5 days. Subsequently, the colonies were counted and reported as the colony counts per cubic meter (CFU/m^3).

Findings: The school No.4 obtained the highest mean of indoor (1504 CFU/m^3) and outdoor (1295 CFU/m^3) bacterial concentration. Moreover, kindergartens No. 4 and 3 obtained the highest mean of indoor (249.6 CFU/m^3) and outdoor (323.3 CFU/m^3) fungal concentration, respectively. In addition, the lowest mean of indoor (513.5 CFU/m^3) and outdoor (221.6 CFU/m^3) bacterial concentration were related to school No. 6 and kindergarten No. 5, respectively. In the same line, kindergarten No. 5 obtained the lowest and highest mean of indoor (147.6 CFU/m^3) and outdoor (174.3 CFU/m^3) fungal concentration. The highest mean (46.2 CFU/m^3) of indoor fungal concentration (i.e., Aspergillus fumigatus) was related to school No. 1, and the lowest mean (4.61 CFU/m^3) in this regard was observed in kindergarten No. 3.

Conclusion: Based on the results, the mean amount of indoor bacteria concentration at all buildings understudy was greater than that proposed by the World Health Organization (500 CFU/m^3). This can be the cause of respiratory diseases and a threat to children's health. A study of I/O in elementary schools and kindergartens showed that the sources of bacterial and fungal contaminations were mostly indoor and outdoor, respectively. Therefore, there is a need for continuous monitoring and developing prevention management programs.

Citation: Shahbaznia L, Hajizadeh Y, Nikaeen M, Ghasemiyan M. Evaluation of Bioaerosols Concentration in Indoor and Outdoor Air of Kindergartens and Schools during Winter 2016 in Andimeshk, Iran. J Health Syst Res. 2019; 15(3): 199-207.

Copyright 2019 Journal of Health System Research. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY) License (http://creativecommons.org/) which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.48305/hsr.2020.15.3.103]

مقاله پژوهشی

doi: 10.48305/hsr.2020.15.3.103

ارزیابی غلظت بیوآئروسل‌ها در هوای داخلی و هوای آزاد مدارس و مهدکودک‌های اندیمشک در طول زمستان سال ۱۳۹۴

لیلی شهبازنیا[۱]، یعقوب حاجی‌زاده[۲*]، مهناز نیک‌آیین[۳]، محمدعلی قاسمیان[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

[۲] دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

[۳] استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

[۴] کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات اهواز، اهواز، ایران

* **نویسنده مسئول:** یعقوب حاجی‌زاده، ایمیل: y_hajizadeh@hlth.mui.ac.ir

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۲۸

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۱۳

واژه‌های کلیدی:
باکتری
بیوآئروسل
قارچ مدارس
مهدکودک

چکیده

مقدمه: هوا می‌تواند علاوه بر آلاینده‌های شیمیایی، حاوی میکروارگانیسم‌های مختلفی باشد که قادر هستند بیماری‌های عفونی و آلرژیک را در انسان ایجاد کنند. در این راستا، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی غلظت بیوآئروسل‌ها در هوای داخل و خارج از مدارس و مهدکودک‌های شهرستان اندیمشک و نیز تعیین نسبت I/O (Indoor/Outdoor) برای شناخت منبع آلودگی در طول زمستان سال ۱۳۹۴ انجام شد.

روش‌ها: در مطالعه توصیفی- مقطعی حاضر ۲۱۶ نمونه در ماه‌های دی، بهمن و اسفند از هوای داخل و خارج از مدارس و مهدکودک‌های شهرستان اندیمشک برداشت گردید. نمونه‌برداری توسط یک ایمپکتور تک مرحله‌ای Anderson حاوی محیط کشت و پمپ (SKC ،Co) براساس روش‌های توصیه شده از سوی ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) انجام شد. نمونه‌های باکتریایی به مدت دو روز در دمای ۳۷ درجه انکوبه گردیدند و نمونه‌های قارچی به مدت سه تا پنج روز در دمای محیط نگهداری شدند. در ادامه، کلنی‌ها شمارش شده و بر حسب کلنی بر متر مکعب گزارش گردیدند.

یافته‌ها: بیشترین میانگین تراکم باکتری داخل و خارج از فضای آموزشی مربوط به مدرسه شماره ۴ به ترتیب با ۱۵۰۴ و ۱۲۹۵ کلنی بر متر مکعب بود. همچنین بیشترین میانگین تراکم قارچ داخل فضای آموزشی مربوط به مهدکودک شماره ۴ به میزان ۲۴۹/۶ کلنی بر متر مکعب و بیشترین میانگین تراکم قارچ خارج از فضای آموزشی مربوط به مهدکودک شماره ۳ به میزان ۳۲۳/۳ کلنی بر متر مکعب بود. علاوه‌براین، کمترین تراکم باکتری داخل فضای آموزشی به مدرسه شماره ۶ (۵۱۳/۵ کلنی بر متر مکعب) و کمترین تراکم باکتری خارج از این فضا به مهدکودک شماره ۵ (۲۲۱/۶ کلنی بر متر مکعب) اختصاص داشت. کمترین تراکم قارچ داخل فضای آموزشی نیز با میانگین کلی ۱۴۷/۶ کلنی بر متر مکعب در مهدکودک شماره ۵ اندازه‌گیری شد. همچنین کمترین تراکم قارچ خارج از فضای آموزشی معادل ۱۷۴/۳ کلنی بر متر مکعب به دست آمد که مربوط به مهد کودک شماره ۵ بود. بیشترین میانگین تراکم قارچ آسپرژیلوس فومیگاتوس داخلی در مدرسه شماره ۱ به میزان ۴۶/۲ کلنی بر متر مکعب و کمترین میزان داخلی این قارچ در مهدکودک شماره ۳ با مقدار ۴/۶۱ کلنی بر متر مکعب اندازه‌گیری شد.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج به دست آمده، میانگین تراکم باکتری در فضای داخل کلیه محل‌های نمونه‌برداری شده، بیشتر از مقادیر پیشنهاد شده از سوی WHO (World Health Organization) (۵۰۰ کلنی بر متر مکعب) بود که این امر می‌تواند بیماری‌های تنفسی مختلفی را برای کودکان در این سنین ایجاد نماید و سلامت آن‌ها را به مخاطره بیندازد. بررسی نسبت مقادیر داخل به خارج I/O در مدارس و مهدکودک‌های مورد مطالعه نیز نشان داد که منشأ آلودگی باکتریایی، بیشتر داخل ساختمانی و قارچ خارجی می‌باشد؛ بنابراین نیاز به پایش مستمر و اقدامات کنترلی و مدیریتی ویژه وجود دارد.

ارجاع: شهبازنیا لیلی، حاجی‌زاده یعقوب، نیک‌آیین مهناز، قاسمیان محمدعلی. ارزیابی غلظت بیوآئروسل‌ها در هوای داخلی و هوای آزاد مدارس و مهدکودک‌های اندیمشک در طول زمستان سال ۱۳۹۴. مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۸؛ ۱۵(۳): ۲۰۷-۱۹۹.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.48305/hsr.2020.15.3.103]

مقدمه

آلودگی هوای آزاد و داخل ساختمان تهدیدی جدی برای سلامت و بهداشت جامعه و محیط زیست می‌باشد. علاوه بر آلاینده‌های شیمیایی، هوا می‌تواند حاوی میکروارگانیسم‌های مختلفی باشد که قادر هستند بیماری‌های عفونی و آلرژیک را در انسان ایجاد کنند. آلاینده‌های هوا در محیط‌های بسته آموزشی نیز وجود دارند (۱،۲). یکی از مهم‌ترین عوامل اصلی آلودگی هوا در محیط‌های بسته آموزشی و یا داخل ساختمان‌ها، بیوآئروسل‌ها یا آئروسل‌های بیولوژیکی می‌باشند. انتقال این ذرات بیولوژیکی از طریق هوا یکی از مسیرهای سرایت بیماری‌های عفونی در دانش‌آموزان محسوب می‌شود (۳).

بیوآئروسل‌ها یا ذرات هوابرد شامل: باکتری‌های زنده و مرده (انواع بیماری‌زا و غیربیماری‌زا)، اسپور قارچ‌ها، ویروس‌ها، آلرژن‌هایی با وزن مولکولی بالا، اندوتوکسین باکتریایی، سموم قارچی، پپتیدوگلیکان‌ها، گرده و فیبرهای گیاهی می‌باشند که اندازه آن‌ها بین ۱۰۰-۰/۰۰۱ میکرومتر متغیر است (۴،۵). بخش قابل تنفس بیوآئروسل‌ها یعنی ذرات کمتر از ۲/۵ میکرون به دلیل قابلیت نفوذ به عمق سیستم تنفسی، بیشترین نگرانی را به خود معطوف داشته است. بیوآئروسل‌ها حدود ۲۵ درصد از حجم ذرات منتقل شونده توسط هوا را تشکیل می‌دهند (۶). تماس با بیوآئروسل‌ها با گستره وسیعی از اثرات بهداشتی شامل: بیماری‌های واگیردار، اثرات سمی حاد، انواع عفونت، مشکلات تنفسی و ریوی، آلرژی و سرطان مرتبط می‌باشد. افراد نیز میکروب‌ها را با صحبت کردن، سرفه کردن، عطسه کردن و ذرات ریزخلط در هوا پراکنده می‌نمایند (۷،۸). هدف اصلی در طراحی ساختمان‌های آموزشی، فراهم آوردن محیطی است که دانش‌آموزان و معلمان را به تعلیم و تربیت تشویق نماید. ایجاد محیط بهداشتی و سالم آموزشی با هوایی مناسب می‌تواند در حفظ و تأمین تندرستی و سلامت دانش‌آموزان نقش داشته باشد و از ابتلا به بیماری‌های مختلف و ایجاد حوادث در آن‌ها جلوگیری نماید (۲،۵). تاکنون مطالعات متعددی در زمینه وجود بیوآئروسل‌ها در هوای آزاد و داخل ساختمان انجام شده است. تعدادی از مطالعات انجام شده در کشورهای اروپایی نشان داده‌اند که غلظت ذرات قابل استنشاق در مدارس از حد رهنمودهای ارائه شده توسط WHO (غلظت تک گونه بیماری‌زا و سمی قارچ در هوای داخل ساختمان نباید بالاتر از ۵۰ کلنی بر متر مکعب باشد؛ برای ترکیبی از انواع گونه‌های قارچی، مقدار کمتر یا مساوی ۱۵۰ کلنی بر متر مکعب قابل قبول است؛ میانگین تراکم باکتری‌ها در هوای محیط‌های داخلی باید معادل ۵۰۰ کلنی بر مترمکعب باشد) بالاتر است (۹،۱۰). در این راستا در مطالعه‌ای که در یکی از مناطق تهران در ارتباط با مدارس ابتدایی انجام شد، نتایج نشان دادند که غلظت ذرات قابل استنشاق در مدارس ابتدایی، بیشتر از هوای بیرون بوده و از حد مجاز رهنمودهای ارائه شده توسط WHO بالاتر می‌باشد (۷). همچنین گزارش شده است که علائم تنفسی و آسم در کودکانی که در تماس با قارچ‌های محیط داخل می‌باشند، بالا است؛ زیرا بچه‌ها میزان حجم هوای بالاتری را نسبت به وزن خود در مقایسه با بزرگسالان استنشاق می‌کنند (۱۱).

دانش‌آموزان بیش از یک‌سوم از وقت خود را در مدارس در مواجهه با عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ذرات هوابرد می‌گذرانند؛ به همین دلیل در تماس با غلظت‌های بالای ذرات آلاینده هوا قرار دارند و از آنجایی که سیستم ایمنی و فیزیولوژیکی آن‌ها در حال رشد و تکامل است، هرچه سن آن‌ها کمتر باشد، بیشتر تحت تأثیر آلاینده‌های هوا قرار می‌گیرند. هوای محیط داخل مدارس تحت تأثیر فاکتورهای بسیاری از قبیل تعداد و سن دانش‌آموران، فعالیت‌های آن‌ها، طراحی ساختمان‌های آموزشی، منابع آلودگی داخلی، غلظت آلاینده‌های بیرونی و میزان و شرایط تهویه قرار دارد (۹).

فهم نسبت بین مقادیر آلودگی داخل و خارج از ساختمان به ویژه نسبت داخل به خارج (Indoor/outdoor) می‌تواند به دلایل اصلی شناخت آلودگی بالای هوای داخلی و در نهایت پیشبرد استراتژی‌های مؤثر در کاهش خطرات بهداشتی ناشی از آلودگی هوای داخلی کمک کند. نسبت I/O>۱ به این معنا است که منابع اصلی آلودگی هوا، منابع داخلی هستند. نسبت I/O<۱ نیز نشان‌دهنده غلبه منابع خارجی می‌باشد (۲)؛ از این رو کنترل غلظت، شناسایی ذرات و قابلیت زیست بیوآئروسل‌ها در محیط‌های داخلی و خارجی به منظور مقایسه و تعیین منبع اصلی آلودگی ضرورت دارد. با توجه به حساسیت گروه کودکان در سنین مهدکودک و مدرسه، پژوهش حاضر با هدف بررسی غلظت آئروسل‌های بیولوژیکی (شامل: قارچ‌ها و باکتری‌های هوابرد) در هوای قسمت‌های داخلی و فضای آزاد آموزشی در مدارس ابتدایی و مهدکودک‌های شهرستان اندیمشک در طول زمستان سال ۱۳۹۴ و نیز تعیین نسبت آلودگی I/O با هدف یافتن منشأ آلودگی انجام شد.

روش‌ها

مطالعه توصیفی- مقطعی حاضر طی دو مرحله در زمستان سال ۱۳۹۴ در مدارس و مهدکودک‌های شهر اندیمشک- واقع در شمال استان خوزستان- انجام شد. مرحله اول نمونه‌برداری در ایستگاه‌های انتخابی و مرحله دوم آنالیز نمونه‌ها، شمارش و شناسایی میکروارگانیسم‌های رشدیافته در آزمایشگاه صورت گرفت. شایان ذکر است که برای بررسی تأثیر عوامل محیطی بر غلظت و انواع بیوآئروسل‌ها، پارامترهای محیطی از قبیل دما و رطوبت نسبی اندازه‌گیری شد.

در این پژوهش برای تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای استفاده گردید. مکان‌یابی ایستگاه‌های نمونه‌برداری به گونه‌ای بود که به خوبی بیانگر میزان آلودگی

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.48305/hsr.2020.15.3.103]

هوای مهدکودک‌ها و مدارس باشد. پس از بررسی‌های انجام شده، ۱۲ ایستگاه نمونه‌برداری (شامل: شش مدرسه و شش مهدکودک) انتخاب گردیدند و ۲۱۶ نمونه (باکتری و قارچ) به صورت ماهانه در طول سه ماه از این ایستگاه‌ها برداشت شدند؛ بدین صورت که با توجه به روش نمونه‌برداری، در هر ماه ۷۲ نمونه (۳۶ نمونه از مهدکودک‌ها و ۳۶ نمونه از مدارس) برداشت گردید. لازم به ذکر است که نمونه‌برداری در هر ایستگاه در سه مکان (شامل: دو کلاس و حیاط) صورت گرفت. باید توجه داشت که هر مدرسه‌ای که دارای دو طبقه می‌بود، از هر طبقه یک کلاس به همراه حیاط آن مدرسه به عنوان مکان نمونه‌برداری انتخاب می‌گردید.

روش مورد استفاده برای نمونه‌برداری بیوآئروسل‌ها، روش Anderson بود که یکی از روش‌های توصیه شده از سوی کمیته بیوآئروسل مجمع دولتی متخصصان بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH) می‌باشد.

در این مطالعه از روش برخورد مستقیم ذرات هوا به درون پلیت‌های حاوی محیط کشت با استفاده از ایمپکتور (جداکننده ذرات از روش برخورد مستقیم) تک مرحله‌ای Anderson و پمپ نمونه‌بردار (SKC) استفاده شد. دبی پمپ و مدت زمان نمونه‌برداری با توجه به پیش‌آزمایش که در ابتدا و قبل از نمونه‌برداری اصلی صورت گرفت، مشخص گردید؛ بدین گونه که چند نمونه از مدارس و مهدکودک‌ها برداشته شد و شمارش گردید تا بدین طریق در مورد مدت زمان و میزان هوای برداشت شده با توجه به بار آلودگی مدارس تصمیم‌گیری گردد. در نهایت، دبی پمپ معادل ۱۲ لیتر بر دقیقه و مدت زمان نمونه‌برداری برابر با ۳ دقیقه در نظر گرفته شد.

باید خاطرنشان ساخت که پلیت‌های حاوی محیط‌های کشت سابرو دکستروز آگار (Sabouraud Dextrose agar) همراه با آنتی‌بیوتیک کلرامفنیکل برای بیوآئروسل‌های قارچی، محیط کشت تریپتیک سویا آگار (TSA: Tryptic Soy Agar) حاوی سیکلوهگزامید برای بیوآئروسل‌های باکتریایی و پلیت‌های حاوی محیط کشت با جعبه سرد به مکان نمونه‌برداری انتقال یافتند و پس از نوشته شدن کد ایستگاه نمونه‌برداری و تاریخ به شرح زیر برای نمونه‌برداری مورد استفاده قرار گرفتند. به منظور نمونه‌برداری از آئروسل‌های بیولوژیکی در فضای داخلی، دستگاه نمونه‌بردار در وسط کلاس (حداقل با فاصله یک متر از دیوار کلاس) و در ارتفاع تنفسی و برای نمونه‌برداری در فضای خارج، دستگاه نمونه‌بردار در فاصله حداقل یک متر از دیوار و موانع و در ارتفاع تنفسی از سطح زمین قرار داده شد و پس از گذاشتن پلیت‌های با قطر ۱۰ سانتی‌متر حاوی محیط کشت مخصوص در نگهدارنده پلیت‌ها، نمونه‌برداری‌ها صورت گرفت. پس از انجام نمونه‌برداری، نمونه‌ها با استفاده از جعبه سرد به سرعت جهت بارور شدن به آزمایشگاه منتقل گردیدند. لازم به ذکر است که به منظور تعیین ارتباط آئروسل‌های بیولوژیکی و شرایط محیطی، اطلاعات مربوط به وضعیت تهویه، نوع وسایل سرمایش و گرمایش، سن ساختمان، وضعیت حیاط و همچنین وضعیت نظافت کلاس‌ها، راهروها، سالم بودن دیوارها و میزها به طور جداگانه جمع‌آوری گردید.

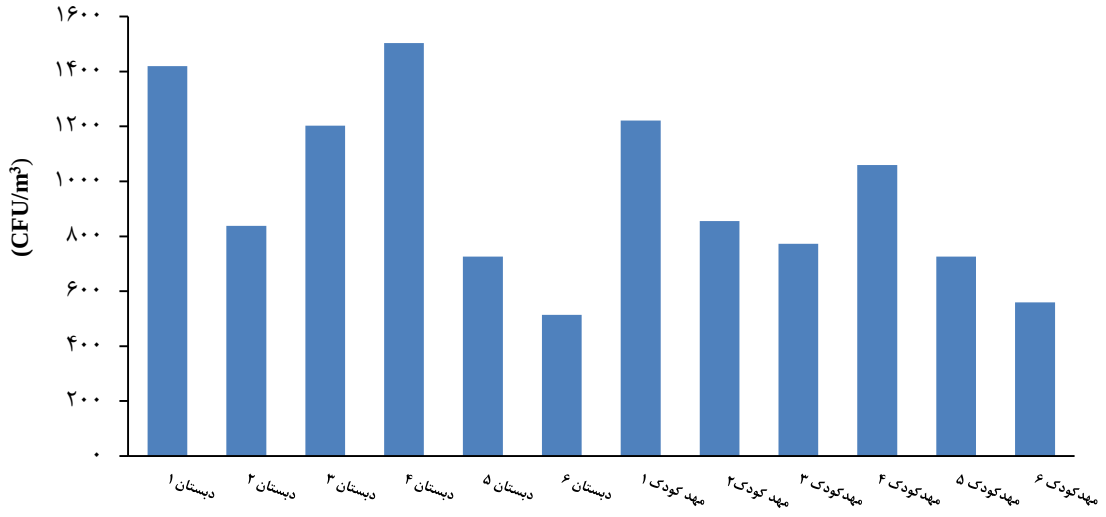
یافته‌ها

پس از نمونه‌برداری و شمارش، نتایج زیر به دست آمد.

شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب نشان‌دهنده نتایج میانگین انتشار بیوآئروسل‌های باکتریایی داخل و خارج از فضای آموزشی در کل زمان پژوهش می‌باشند.

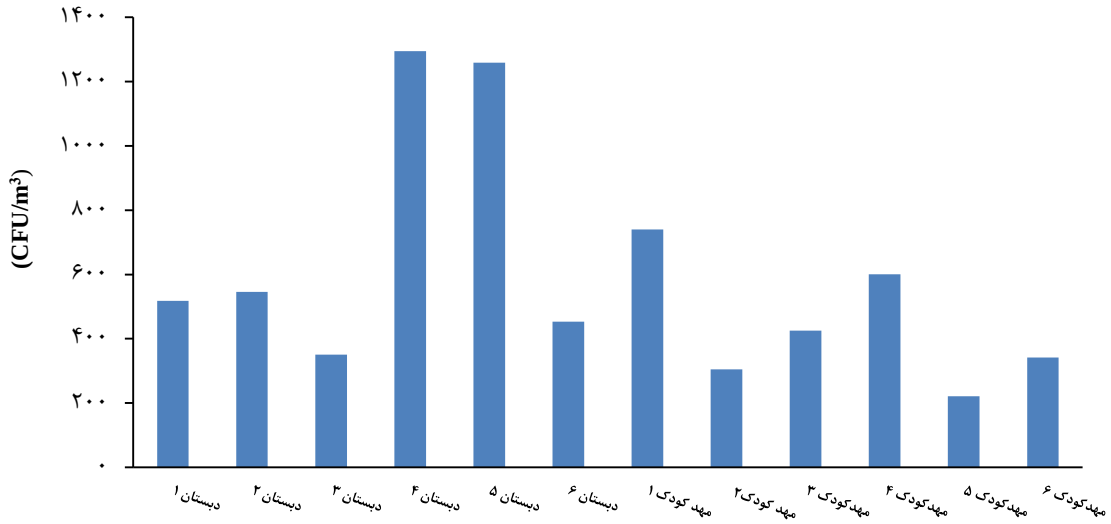
شکل‌های ۳ و ۴ به ترتیب نشان‌دهنده نتایج میانگین انتشار بیوآئروسل‌های قارچ داخل و خارج از فضای آموزشی در کل زمان پژوهش می‌باشند.

شکل ۵ نشان‌دهنده نتایج میانگین انتشار قارچ آسپرژیلوس

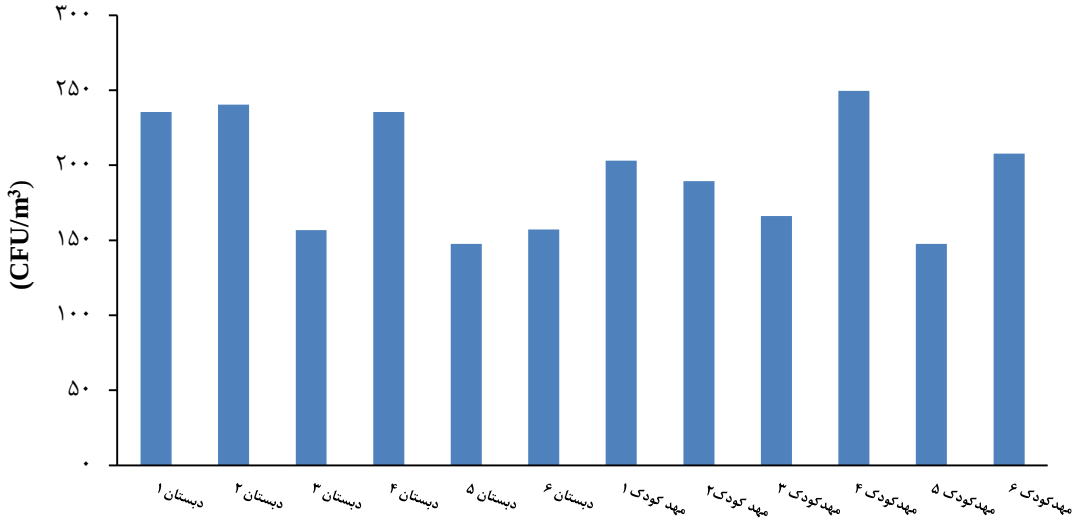


شکل ۱: میانگین تراکم بیوآئروسل باکتری داخل فضای آموزشی در کل زمان پژوهش

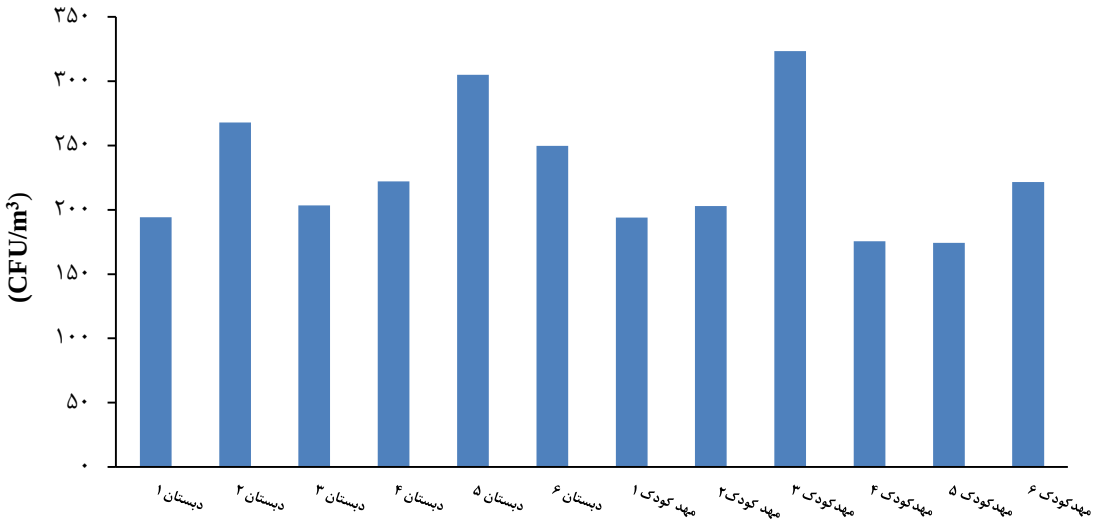
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.48305/hsr.2020.15.3.103]



شکل ۲: میانگین تراکم بیوآئروسل‌های باکتری خارج از فضای آموزشی در کل زمان پژوهش

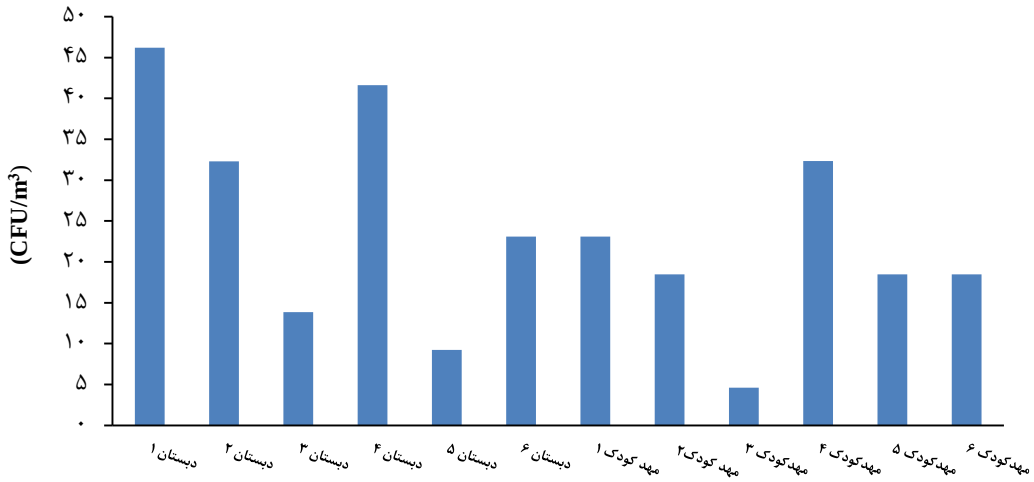


شکل ۳: میانگین تراکم قارچ داخل فضای آموزشی در کل زمان پژوهش

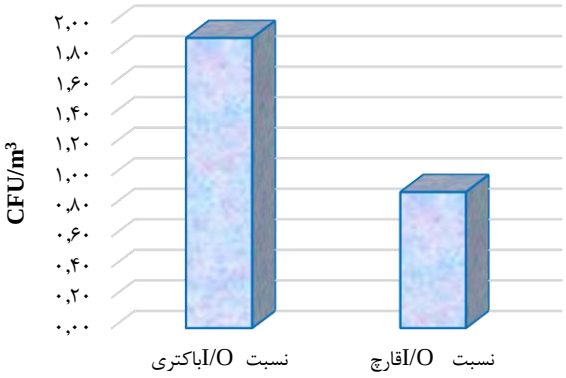


شکل ۴: میانگین تراکم قارچ خارج از فضای آموزشی در کل زمان پژوهش

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.48305/hsr.2020.15.3.103]



شکل ۵: میانگین تراکم قارچ آسپرژیلوس فومیگاتوس داخل فضای آموزشی در کل زمان پژوهش



شکل ۶: مقایسه نسبت I/O باکتری و قارچ طی کل زمان پژوهش

فومیگاتوس داخل فضای آموزشی در کل زمان پژوهش می‌باشد.

در شکل ۶ مقایسه نسبت بین مقادیر آلودگی داخلی و خارجی (I/O) بیوآئروسل‌های باکتری و قارچ طی کل زمان پژوهش نشان داده شده است.

جدول ۱ ضرایب همبستگی Pearson بین تعداد (کلنی بر متر مکعب) بیوآئروسل‌های جدا شده از نمونه‌های هوا در کل زمان پژوهش و پارامترهای هواشناسی دما و رطوبت را نشان می‌دهد.

جدول ۱: ضرایب همبستگی Pearson بین بیوآئروسل‌های داخل و خارج و پارامترهای هواشناسی در کل زمان پژوهش

نوع بیوآئروسل	درجه حرارت (سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (درصد)
باکتری فضای داخل	-۰/۳۲۰	۰/۱۴۱
باکتری فضای خارج	-۰/۱۵۵	۰/۱۶۴
قارچ فضای داخل	-۰/۱۹۲	۰/۰۲۷
قارچ فضای خارج	-۰/۰۱۵	-۰/۲۶۷

*همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنادار است.

بحث

در پژوهش حاضر میزان بیوآئروسل‌های باکتریایی و قارچی در فضای داخل کلاس‌های درس و همچنین فضای باز آموزشی (حیاط) و نیز میزان قارچ آسپرژیلوس در فضای داخلی مدارس و مهدکودک‌های شهرستان اندیمشک در فصل زمستان اندازه‌گیری گردید و بر مبنای واحد کلنی بر متر مکعب ارائه شد و نسبت آلودگی داخل به خارج (Indoor/outdoor) مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای هواشناسی و عواملی که در رشد بیوآئروسل‌ها تأثیر دارند نیز به طور جداگانه در چک‌لیست‌هایی تهیه گشته و اندازه‌گیری شدند تا بدین وسیله ارتباط آن‌ها در افزایش یا کاهش بیوآئروسل‌های باکتریایی و قارچی بررسی شود.

مطابق با رهنمودهای WHO، میانگین تراکم باکتری‌ها در هوای محیط‌های داخلی معادل ۵۰۰ کلنی بر متر مکعب می‌باشد. در رهنمود ارائه شده از سوی گروه مدیریت کیفیت هوای داخلی هنگ‌کنگ، مقدار باکتری‌های هوابرد در فضاهای داخلی با غلظت کمتر از ۵۰۰ کلنی بر متر مکعب در سطح عالی و با غلظت کمتر از ۱۰۰۰ کلنی بر متر مکعب در سطح خوب رتبه‌بندی شده است (۱۲). همچنین بر مبنای استاندارد WHO، میانگین غلظت برای تک گونه بیماری‌زا و سمی قارچ در هوای داخل ساختمان نباید بالاتر از ۵۰ کلنی بر متر مکعب باشد. برای ترکیبی از انواع گونه‌های قارچی نیز مقدار کمتر یا برابر با ۱۵۰ کلنی بر متر مکعب قابل قبول است (۱۳).

در نسبت بین مقادیر آلودگی داخلی و خارجی به ویژه نسبت داخل به خارج (Indoor/outdoor)، نسبت I/O>۱ به این معنا است که منابع اصلی آلودگی هوا، منابع داخلی هستند. نسبت I/O<۱ نیز نشان‌دهنده غلبه منابع خارجی می‌باشد (۱۴).

بررسی شکل ۱ نشان می‌دهد که بالاترین میانگین تراکم باکتری داخل فضاهای آموزشی در کل مدت پژوهش حاضر مربوط به مدارس شماره‌های ۴ و ۱ به ترتیب با مقادیر ۱۵۰۴ و ۱۴۲۰ کلنی بر متر مکعب بوده است که حدوداً سه برابر مقدار

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.48305/hsr.2020.15.3.103]

رهنمود WHO برای هوای محیط‌های داخلی (۵۰۰ کلنی بر متر مکعب) می‌باشد. با توجه به وضعیت عمومی این دو مدرسه نتیجه می‌گیریم که جمعیت بالای کلاس‌ها، عدم نظافت کف و دیوارها، قدمت ساختمان‌های این مدارس و عدم تهویه کافی و مناسب می‌تواند نقش به سزایی در این آلودگی داشته باشد.

بر مبنای نتایج، کمترین تراکم باکتری داخل فضاهای آموزشی مربوط به مهدکودک و مدرسه شماره ۶ به ترتیب با مقادیر ۵۵۹ و ۵۱۳ کلنی بر متر مکعب بوده است که نزدیک به استاندارد WHO می‌باشد.

با در نظر گرفتن رهنمود ارائه شده توسط گروه مدیریت کیفیت هوای داخلی هنگ‌کنگ که مقدار باکتری هوابرد در فضای داخلی با غلظت کمتر از ۵۰۰ کلنی بر متر مکعب در کلاس را عالی و غلظت کمتر از ۱۰۰۰ کلنی بر متر مکعب در کلاس را خوب رتبه‌بندی نموده است، مدارس ۲، ۵ و ۶ و همچنین مهدکودک‌های ۲، ۳، ۵ و ۶ در مجموع در سطح خوب رتبه‌بندی می‌شوند. از سوی دیگر، تراکم باکتری در فضای داخلی مدارس ۱، ۳ و ۴ و مهدکودک‌های ۱ و ۳ بیش از ۱۰۰۰ کلنی بر متر مکعب می‌باشد که نشان‌دهنده کیفیت پایین‌تر هوای این مکان‌ها بوده و ناشی از جمعیت بیشتر این مکان‌ها نسبت به وسعت کلاس، عدم تهویه مناسب فضا (تهویه کلیه مکان‌ها به صورت طبیعی است) و (با توجه به فصل زمستان) شیوع بیماری‌های مختلف در این مکان‌ها می‌باشد.

در این راستا در پژوهش انجام شده توسط Jo و همکاران در ارتباط با میزان تراکم بیوآئروسل‌ها در هوای محیط‌های داخلی شامل: مدارس ابتدایی، منازل مسکونی و مراکز تفریحی، تعداد کلنی قارچ و باکتری بین ۱۰ تا ۱۰۰۰ کلنی بر متر مکعب گزارش شده است که در هوای اکثر محیط‌های داخلی از مقدار رهنمود ارائه شده توسط کشور کره (۸۰۰ کلنی بر متر مکعب) بالاتر می‌باشد (۱۵).

در پژوهش میرحسینی و همکاران نیز نتایج به دست آمده در مقایسه با رهنمودهای ارائه شده توسط گروه مدیریت کیفیت هوای داخلی هنگ‌کنگ برای باکتری‌های هوابرد در محیط‌های داخلی نشان دادند که هوای محیط‌های داخلی مسکونی و خوابگاه در سطح خوب و هوای داخلی مکان‌های آموزشی در سطح عالی قرار دارند (۷).

در این زمینه، Shilpa و همکاران به ارزیابی بیوآئروسل‌ها در فضای باز و محیط‌های سرپوشیده مدارس در منطقه مورد مطالعه پرداختند که میزان تراکم باکتری‌ها در داخل سالن در مدرسه A معادل ۹۹۸/۷۳ کلنی بر متر مکعب، در مدرسه B برابر با ۶۵۱/۷۲ کلنی بر متر مکعب و در مدرسه C معادل ۶۳۱/۴۷ کلنی بر متر مکعب اندازه‌گیری گردید (۱۶).

در شکل ۲ نتایج حاصل از میانگین تراکم باکتری خارج از فضای آموزشی در کل زمان پژوهش حاضر نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بالاترین میانگین تراکم مربوط به مدارس شماره ۴ و ۵ با مقادیر ۱۲۹۵ و ۱۲۵۹ کلنی بر متر مکعب بوده و پایین‌ترین میانگین به مهدکودک‌های شماره ۵ و ۲ با مقادیر ۲۲۱ و ۳۰۵ کلنی بر متر مکعب اختصاص دارد.

بررسی شکل ۳ نیز نشان می‌دهد که بالاترین میانگین تراکم قارچ داخل فضاهای آموزشی در کل مدت پژوهش مربوط به مهدکودک شماره ۴ و مدرسه شماره ۲ به ترتیب با مقادیر ۲۴۹/۶ و ۲۴۰/۳ کلنی بر متر مکعب بوده است که بیش از ۱/۵ برابر مقدار توصیه شده از سوی WHO برای غلظت قارچ در هوای محیط‌های داخلی (۱۵۰ کلنی بر متر مکعب) می‌باشد. با توجه به وضعیت عمومی این دو مکان، در مهدکودک شماره ۴ عدم وجود پنجره رو به هوای آزاد می‌تواند یکی از عوامل آلودگی باشد؛ زیرا هر کلاس دارای یک پنجره کوچک است که به نورگیر مسقف باز می‌شود. در مورد مدرسه شماره ۲ نیز باید گفت که این مدرسه در منطقه شلوغ و پرجمعیت شهرستان واقع شده است و کمترین امکانات بهداشتی را دارد. جمعیت بالای کلاس‌ها، عدم نظافت کف و دیوارها، قدیمی و فرسوده بودن نیمکت‌ها، قدمت ساختمان‌های این مدرسه و عدم تهویه کافی و مناسب می‌توانند نقش به سزایی در این آلودگی داشته باشند.

بر مبنای نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر، کمترین تراکم قارچ داخل فضاهای آموزشی مربوط به مهدکودک و مدرسه شماره ۵ (هر دو به مقدار ۱۴۷/۶ کلنی بر متر مکعب) بود که نزدیک به استاندارد WHO می‌باشد.

در این راستا، میرحسینی و همکاران در پژوهشی به بررسی بیوآئروسل‌ها در هوای محیط‌های مختلف داخل ساختمان پرداختند. نتایج نشان دادند که هوای کلاس مدرسه با میانگین تراکم قارچ ۱۰۲ کلنی بر متر مکعب دارای بیشترین بار آلودگی قارچی بوده و کمترین تراکم قارچ با میانگین کلی ۳۶ کلنی بر متر مکعب مربوط به کلاس دانشگاهی می‌باشد (۷). با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌توان گفت که بیشترین تراکم قارچ در مکان‌های نمونه‌برداری شده حدوداً ۱/۵ برابر میزان آن در مقایسه با پژوهش میرحسینی بوده و کمترین تراکم قارچ تقریباً چهار برابر کلاس دانشگاهی می‌باشد.

Shilpa و همکاران نیز در پژوهش خود به ارزیابی قارچ در فضای باز و محیط‌های سرپوشیده مدارس در منطقه مورد مطالعه پرداختند که غلظت قارچ در داخل سالن در مدرسه A معادل ۵۹۵/۹۲ کلنی بر متر مکعب، در مدرسه B برابر با ۳۵۷/۴۶ کلنی بر متر مکعب و در مدرسه C معادل ۳۷۲/۷۶ کلنی بر متر مکعب بود (۱۶). مقایسه نتایج حاصل از پژوهش حاضر با یافته‌های پژوهش فوق نشان دهنده این است که آلودگی قارچی در محل‌های نمونه‌برداری شده در پژوهش حاضر، چندین برابر کمتر از این آلودگی در مطالعه Shilpa می‌باشد.

در شکل ۴ نتایج حاصل از میانگین تراکم قارچ خارج از فضای آموزشی در کل زمان پژوهش نشان داده شده است. بر مبنای نتایج، بالاترین میانگین تراکم مربوط به مهدکودک شماره ۳ با

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.48305/hsr.2020.15.3.103]

میزان ۳۲۳/۳ کلنی بر متر مکعب بوده و پس از آن به مدرسه شماره ۵ با میزان ۳۰۵ کلنی بر متر مکعب اختصاص دارد. کمترین میانگین تراکم قارچ نیز مربوط به مهدکودک‌های شماره ۵ و ۴ به ترتیب با مقادیر ۱۷۴/۳ و ۱۷۵/۶ کلنی بر متر مکعب می‌باشد.

با توجه به شکل ۵ مشخص می‌گردد که بالاترین میانگین تراکم قارچ آسپرژیلوس فومیگاتوس داخل فضای آموزشی در کل مدت پژوهش مربوط به مدارس شماره ۱ و ۴ به ترتیب با مقادیر ۴۶/۲ و ۴۱/۶ کلنی بر متر مکعب بوده است که کمتر از استاندارد WHO برای میانگین غلظت تک گونه بیماری‌زا و سمی قارچ در هوای داخل ساختمان (بالاتر از ۵۰ کلنی بر متر مکعب) می‌باشد (۵۰). کمترین تراکم قارچ آسپرژیلوس فومیگاتوس داخل فضاهای آموزشی نیز مربوط به مهدکودک شماره ۳ با مقدار ۴/۶۱ کلنی بر متر مکعب بود که بسیار کمتر از استاندارد WHO در این زمینه است.

با توجه به شکل ۶ دریافت می‌شود که نسبت I/O باکتری کل پژوهش برابر با ۱/۹ بوده است که بالاتر از یک می‌باشد؛ بنابراین مطابق با تعریف بیان‌شده، منشأ آلودگی باکتریایی در کل زمان پژوهش داخلی بوده است؛ بدین معنا که در مجموع، در فصل زمستان آلودگی ناشی از بیوآئروسل‌های باکتریایی در داخل فضای آموزشی بیشتر از خارج از آن می‌باشد؛ اما نتایج در مورد قارچ، عکس این موضوع را نشان می‌دهند. بر مبنای یافته‌ها، نسبت I/O قارچ کل پژوهش برابر با ۰/۸۹ بوده و کمتر از یک می‌باشد؛ بنابراین مطابق با تعریف بیان‌شده، منشأ آلودگی قارچ در کل زمان پژوهش خارجی بوده است؛ بدین معنا که در مجموع، در فصل زمستان آلودگی ناشی از بیوآئروسل‌های قارچ در خارج از فضای آموزشی، بیشتر از داخل آن می‌باشد.

در این راستا، کمالی و همکاران در سال ۱۳۹۳ به بررسی قارچ‌های موجود در هوای داخل و خارج از ساختمان‌ها در شهر بابل پرداختند. بر مبنای نتایج به دست آمده، غلظت اسپورهای قارچ در هوای داخل، کمتر از هوای خارج از ساختمان‌ها بود (۱۷).

کاشی و همکاران نیز در سال ۱۳۹۳ به بررسی بیوآئروسل‌ها در دبیرستان‌های دخترانه شهر اسلامشهر پرداختند. نتایج نشان دادند که میانگین تعداد باکتری و قارچ‌های هوابرد داخل کلاس‌ها از هوای آزاد بیشتر است (۱۱).

از سوی دیگر، Shilpa و همکاران در سال ۲۰۱۳ بیوآئروسل‌های موجود در فضای باز و محیط‌های سرپوشیده چهار مدرسه را در شهرستان میسور هند ارزیابی نمودند. مطابق با نتایج به دست آمده، میزان باکتری در فضای سرپوشیده بیشتر از فضای باز بود. میزان بیوآئروسل قارچ نیز در فضای باز بیشتر از محیط‌های سرپوشیده ارزیابی شد (۱۶).

در این زمینه، Canha و همکاران در سال ۲۰۱۵ به بررسی بیوآئروسل‌ها در مدارس ابتدایی شهری و روستایی در کشور پرتغال پرداختند. نتایج نشان دادند که سطح قارچ در فضای باز بالاتر بوده و غلظت باکتری در فضای داخل بیشتر می‌باشد (۱۸).

در جدول ۱ همبستگی Pearson بین پارامترهای مختلف هواشناسی (دما و رطوبت نسبی) نشان داده شده است. نتایج آنالیز همبستگی Pearson حاکی از آن می‌باشند که ارتباط مستقیمی بین غلظت باکتری در داخل و خارج از فضاهای آموزشی با رطوبت نسبی وجود دارد ($P<0/05$). این در حالی است که ارتباط غلظت باکتری در داخل و خارج از فضاهای آموزشی با دما معکوس می‌باشد ($P<0/05$). بر مبنای نتایج این آنالیز، ارتباط غیرمستقیمی بین غلظت قارچ در داخل و خارج از فضاهای آموزشی با دما و رطوبت نسبی وجود دارد ($P<0/05$).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان دادند که افزایش رطوبت نسبی در داخل و خارج فضای آموزشی، نسبت مستقیمی با میانگین تراکم باکتری دارد؛ اما نسبت افزایش دما با میانگین تراکم باکتری در داخل و خارج از فضای آموزشی معکوس می‌باشد. بر مبنای نتایج، بین رطوبت نسبی و میانگین تراکم قارچ ارتباط معناداری مشاهده نشد. بررسی نسبت I/O در مدارس و مهدکودک‌های مورد مطالعه در این پژوهش نشان داد که منشأ آلودگی باکتریایی در مدارس و مهدکودک‌ها، بیشتر داخلی می‌باشد؛ از این رو افزایش دفعات نظافت کلاس‌های درس و راهروها و استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع و دستگاه‌های تصفیه هوا از راهکارهای اصلی در کاهش آلودگی‌های میکروبی داخل فضای آموزشی می‌باشند.

با توجه به اینکه دانش‌آموزان ساعات زیادی را در مدارس می‌گذرانند و نسبت به آلودگی هوا حساسیت بیشتری دارند و نیز با توجه به اینکه معمولاً بار آلودگی هوای آموزشگاه‌ها به ویژه بیوآئروسل‌ها زیاد می‌باشد، نصب سیستم‌های تهویه مکانیکی و تجهیزات تصفیه هوا در آموزشگاه‌ها ضروری به نظر می‌رسد. همچنین نیاز مبرمی به فعالیت‌هایی چون نظافت کف، دیوارها و سطوح، تعویض و نوسازی نیمکت‌های فرسوده، رنگ‌آمیزی مستمر دیوارها و ایجاد پنجره‌های متناسب با وسعت کلاس وجود دارد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان دادند که در کلاس‌هایی که کف آن‌ها نظافت شده و دارای دیوارهای تمیز و تهویه مناسب هستند، میانگین تراکم باکتری و قارچ، کمتر از کلاس‌های بدون تهویه و کثیف می‌باشد.

با دقت در شرایط عمومی مکان‌های آموزشی که در این پژوهش مورد سنجش قرار گرفت، پی می‌بریم که قدمت ساختمان بر بار آلودگی اثرگذار است؛ به طوری که هرچه ساختمان قدیمی‌تر باشد، غلظت بیوآئروسل‌ها نیز افزایش می‌یابد. برای رفع این مشکل، نوسازی ساختمان این مکان‌ها ضروری می‌باشد. عوامل دیگری نیز بر افزایش یا کاهش بیوآئروسل‌ها تأثیرگذار هستند که از آن جمله می‌توان به نور، تعداد پنجره‌ها

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.48305/hsr.2020.15.3.103]

و نوع وسایل سرمایشی و گرمایشی اشاره کرد. علاوه‌براین، غلظت بیوآئروسل‌ها می‌تواند ناشی از عدم تناسب بین جمعیت دانش‌آموزی و وسعت کلاس باشد. کاهش جمعیت دانش‌آموزی و افزایش مساحت هر کلاس متناسب با تعداد دانش‌آموزان تأثیر زیادی بر کاهش غلظت بیوآئروسل‌ها دارد. با افزایش تعداد دانش‌آموزان در کلاس‌های درس، تراکم باکتری‌ها و قارچ‌ها نیز افزایش پیدا می‌کند؛ به طوری که مدارس به دلیل داشتن تعداد دانش‌آموزان بیشتر و فضای آموزشی کمتر، میانگین تراکم باکتری و قارچ بیشتری نسبت به مهدکودک‌ها دارند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش، میانگین دانش‌آموزان در کلاس‌های درس مدارس ۲۶ نفر و در مهدکودک‌ها ۱۵ نفر بوده است.

به طور کلی، راهکار اساسی برای کاهش کانون‌های آلاینده هوای داخل مکان‌های آموزشی، مدیریت مناسب و تخصیص بودجه کافی برای انجام امور بهداشتی می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از اداره آموزش پرورش و مدیران محترم مدارس و مهدکودک‌های شهرستان اندیمشک و همچنین از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان به دلیل حمایت مالی تشکر و قدردانی می‌گردد (شماره گرنت: ۳۹۴۱۰۳۷).

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اذعان می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

ملاحظات اخلاقی

موارد اخلاقی در پژوهش رعایت شده است. همه نویسندگان در طرح مشارکت داشته‌اند. نام مدارس و مهدکودک‌ها با کد بیان شده است.

References

1. Macher JM. Review of methods to collect settled dust and isolate culturable microorganisms. Indoor Air 2001; 11(2): 99-110.
2. Jamshidi S, Zare Sakhvidi MJ. The study of respiratory symptoms prevalence and its relation with the airborne bioaerosols and perceived risk of air pollution in students of guiding and high schools of Yazd. Nafas 2014; 1(3): 9-13. [In Persian].
3. Sattar SA, Ijaz MK. The role of indoor air as a vehicle for human pathogens: summary of presentations, knowledge gaps, and directions for the future. Am J Infect Control 2016; 44(9): S144-6.
4. Jensen PA, Schafer MP. Sampling and characterization of bioaerosols. NIOSH Manual Anal Methods 1998; 1(15): 82-112.
5. Douwes J, Thorne P, Pearce N, Heederik D. Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects. Ann Occup Hyg 2003; 47(3): 187-200.
6. Albrecht A, Fischer G, Brunnemann-Stubbe G, Jäckel U, Kämpfer P. Recommendations for study design and sampling strategies for airborne microorganisms, MVOC and odours in the surrounding of composting facilities. Int J Hyg Environ Health 2008; 211(1-2): 121-31.
7. Mirhoseini SH, Nikeaeen M, Hatamzadeh M, Hassanzadeh A. Assessment of bioaerosol concentration in the indoor environments. J Health Syst Res 2014; 10(2): 376-85. [In Persian].
8. Khodarahmi F, Godarzi G, Hashemishahraki A. Study of relation between actinomycetes growth potential with the concentration of suspended particles and environmental conditions in normal and dusty conditions and in Ahvaz during different seasons in 2011-2012 years. Sci J Ilam Univ Med Sci 2015; 23(5): 69-80. [In Persian].
9. Mohammadyan M, Alizadeh Larimi A, Etemadinejad S, Yosefinejad R. Respirable particle concentrations in primary schools' classrooms in Sari. J Mazandaran Univ Med Sci 2013; 23(103): 67-75. [In Persian].
10. Bernasconi C, Rodolfi M, Picco AM, Grisoli P, Dacarro C, Rembges D. Pyrogenic activity of air to characterize bioaerosol exposure in public buildings: a pilot study. Lett Appl Microbiol 2010; 50(6): 571-7.
11. Kashi G, Bigloo H. Investigation of the bio-aerosols concentration from high school's indoor air in Islamshahr county in 1392-1393, Iran. J Saf Prom Injury Prev 2015; 3(1): 57-66. [In Persian].
12. Indoor Air Quality Management Group. A guide on indoor air quality certification scheme for offices and public places. Hong Kong: The Government of the Hong Kong Special Administrative Region; 2003.
13. Rao CY, Burge HA, Chang JC. Review of quantitative standards and guidelines for fungi in indoor air. J Air Waste Manag Assoc 1996; 46(9): 899-908.
14. Ehrampush MH, Zare Sokhovidi MJ, Mehr Parvar AH, Falah Zade AH. Investigation of concentration of predicted particles in air inside the classroom and outdoor air and its effective factors in high school and secondary schools in Yazd. Yazd Sch Public Health Mon J 2015; 14(3): 11-22.
15. Jo WK, Seo YJ. Indoor and outdoor bioaerosol levels at recreation facilities, elementary schools, and homes. Chemosphere 2005; 61(11): 1570-9.
16. Shilpa BS, Pallavi R, Sindu BS, Mahima MR, Sowmya G. Assessment of bio-aerosols in outdoor and indoor environment of schools: a case study. Int J Em Technol Adv Eng 2013; 3(6): 131-7.
17. Kamali M, Taheri Sarvtin M. A survey on airborne fungal spores in indoor air and outdoor air of Babol city. J Jiroft Univ Med Sci 2015; 2(1): 116-30.
18. Canha N, Almeida SM, do Carmo Freitas M, Wolterbeek HT. Assessment of bioaerosols in urban and rural primary schools using passive and active sampling methodologies. Arch Environ Protect 2015; 41(4): 11-22.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.48305/hsr.2020.15.3.103]