

Particle Pollution Inside and Outside of Tohid Hospital In Sanandaj and Modeling of Dispersion Using Surfer Software

Ameneh Yousefzadeh¹, Saeed Dehestani Athar², Ebrahim Darvishi³, Manouchehr Ahmadi Hedayati⁴, Rasoul Nassiri Kalmarzi⁵, Afshin Maleki⁶

1. Msc of Student Environmental Health Engineering, Student Research Committee, 005AKurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran. ORCID: 0000-0002-2637-5746

2. Assistant Professor, Environmental Health Research Center, Research Institute for Health Development, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran. ORCID: 0000-0002-8236-3598

3. Assistant Professor, Environmental Health Research Center, Research Institute for Health Development, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran. ORCID: 0000-0002-7857-1781

4. Assistant Professor, Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran, ORCID: 0000-0003-0654-8918

5. Associate Professor, Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran. ORCID: 0000-0001-6351-2909

6. Professor, Environmental Health Research Center, Research Institute for Health Development, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran. Tel: 0876625132, Email: maleki43@yahoo.com, ORCID: 0000-0001-8261-8717

ABSTRACT

Background and Aim: People spent most of their time indoors. Therfore, quality of indoor air ,especially in the therapeutic settings is of particular importance. This study aimed to determine the level of pollutants in indoor and outdoor air of Tohid Hospital in Sanandaj.

Materials and Methods: In this cross-sectional descriptive study 120 indoor and outdoor air samples were collected by TES-5200 copper counterpart machine made by TES company in Taiwan. Particulate matter samples were collected from 9 wards and also 3 stations in every ward in the hospital. Also air samples were obtained from 3 selected stations outside the hospital. Samples were taken from the selected sites twice. The results were analyzed by Excel and SPSS software.

Results: According to the results of this study, the highest and lowest concentrations of particulate matter (PM_{2.5}, PM₄, PM₇, PM₁₀) belonged to the emergency room and the operating room, respectively. The highest level of PM₁ concentration was detected in the ICU ward. There was no significant relationship between temperature and particle concentration and also between moisture and particle concentration in the wards of the hospital. In regard to particulate matter, the emergency department was the most contaminated ward and the operating room had the best condition.

Conclusion: The relationship between the concentrations of particles in the outdoor and indoor air indicated the penetration of these particles from outside into the hospital building. Also, outdoor air can affect indoor air quality.

Keywords: Hospital, Particulate matter, Air quality, Air pollution

Received: Mar 23, 2020

Accepted: Dec 7, 2020

How to cite the article: Ameneh Yousefzadeh, Saeed Dehestani Athar, Ebrahim Darvishi, Manouchehr Ahmadi Hedayati, Rasoul Nassiri Kalmarzi, Afshin Maleki. Survey of airborne contamination inside and outside of Tohid hospital in Sanandaj in terms of suspended particles and modeling of dispersion by Surfer software. SJKU 2021;26(6):11-23.

Copyright © 2018 the Author (s). Published by Kurdistan University of Medical Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBYNC), where it is permissible to download, share, remix, transform, and buildup the work provided it is properly cited. The work cannot be used commercially without permission from the journal

بررسی آلودگی هوای داخل و خارج بیمارستان توحید شهر سندج از نظر ذرات معلق و مدل‌سازی پراکندگی آن توسط نرم‌افزار Surfer

آمنه یوسفزاده^۱، سعید دهستانی اطهر^۲، ابراهیم درویشی^۳، منوچهر احمدی هدایتی^۴، رسول نصیری کالمرزی^۵، افشن ملکی^۶

تلفن ٠٨٧٦٦٢٥١٣٢ ، پست الکترونیک maleki43@yahoo.com

چکیدہ

زمینه و هدف: با توجه به اینکه بخش اعظم زمان مردم در داخل ساختمان سپری می‌شود، کیفیت هوای داخل ساختمان خصوصاً در محیط‌های درمانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مطالعه حاضر با هدف تعیین میزان آلاینده‌های ذرات معلق در هوای داخل و خارج پیمارستان توحید شهر سنتندج انجام گردید.

مواد و روش‌ها: این مطالعه مقطعی و از نوع توصیفی است. با استفاده از دستگاه پارتیکل مس کانتر TES-5200 ساخت شرکت TES تایوان تعداد ۱۲۰ نمونه از هوای داخل و خارج بیمارستان جمع آوری شدند. نمونه‌های ذرات معلق ۹ بخش و از هر بخش ۳ ایستگاه به منظور نمونه برداری از هوای داخل بیمارستان و ۳ ایستگاه جهت نمونه برداری از هوای بیرون بیمارستان انتخاب شدند. نمونه برداری با دو بار تکرار انجام شد. نتایج حاصل با استفاده از نرم افزارهای Excel و SPSS تجزیه و تحلیل گردید.

یافته‌ها: طبق نتایج این مطالعه، بیشترین و کمترین غلظت ذرات ($PM_{2.5}$, PM_4 , PM_7 , PM_{10}) به ترتیب در بخش‌های اورژانس و اتاق عمل مشاهده گردید. بیشترین میزان آلودگی از نظر غلظت ذرات PM_1 مربوط به بخش ICU بود. مطابق آنالیزهای انجام گرفته، بین دما و غلظت ذرات و همچنین رطوبت و غلظت ذرات، برای همه بخش‌های مورد مطالعه ارتباط معنی‌داری مشاهده شد. در این مطالعه از نظر میزان ذرات، آلوده‌ترین بخش اورژانس بوده و بهترین شرایط برای بخش اتاق عمل مشاهده شده است.

نتیجه گیری: رابطه بین میزان ذرات در هوای آزاد و هوای داخل بیمارستان نشان دهنده نفوذ این ذرات از محیط بیرون به داخل ساختمان است. همچنین تأثیر قرار دادن ساختمان بر کیفیت هوای داخل ساختمان را هم تحت بررسی قرار دهد.

کلمات کلیدی: سما، ستان، ذرات معلة، کیفت ها، آله دگر ها

و حصہ، مقالہ: ۱/۳ اصلاح و نهاد: ۱۳۹۹/۸/۱۶ بند ش: ۱۳۹۹/۹/۱۷

مقدمه

از بین رفتن ظرفیت ریه و صدمه به ریه‌ها است که در نتیجه ذرات ریزی که از مسیرهای عبور هوا در ریه یا کیسه‌های هوایی عبور می‌کنند، رخ می‌دهد (۵).

از آنجائی که مقدار ذرات معلق و باکتری‌هایی که در سیستم تنفسی نگهداری می‌شوند عمدتاً به اندازه ذرات استنشاقی بستگی دارد، اندازه ذرات هنگام بررسی میکروارگانیسم‌های هوا و ارتباط آن‌ها با عفونت‌های تنفسی باید تعیین شود (۶). ذرات > 5 میکرومتر به طور مؤثر در دستگاه تنفسی فوقانی به دام افتاده و عمدتاً توسط عمل مژک‌های دستگاه تنفسی حذف می‌شوند ذرات در قطر $\geq 5 \mu\text{m}$ به ریه‌ها می‌رسند؛ اما بزرگ‌ترین احتباس در آلوئول‌ها از قطر ۱ تا ۲ میکرومتر است (۷).

ارتباط آماری قابل توجهی بین اثرات کوتاه مدت ذرات معلق هوا (PM) و مرگ و میر و بیماری در مطالعات چندگانه متعدد گزارش شده است. مطالعات متعدد نیز نشان داده است که برآوردهای تأثیرات بهداشتی در سراسر جوامع و فضول مختلف متفاوت است (۸). در دهه گذشته، مطالعات اپیدمیولوژیک، ارتباط بین آلودگی هوا ناشی از ذرات معلق (PM) و افزایش میزان پذیرش بیمارستان برای بیماری‌های تنفسی و قلب و عروق را در مطالعات سراسر جهان ثبت کرده‌اند (۹). در مطالعه‌ای که وانگک و همکاران در چین در سال ۲۰۰۵ انجام دادند، مشخص شد که در تابستان، غلظت ذرات معلق ۲.۵ PM و PM10 در هوا داخل بیمارستان به ترتیب ۲۱۵ و ۴۱-۲۵۰ میکروگرم بر متر مکعب است. همچنین، غلظت این ذرات معلق در هوای آزاد، به ترتیب ۱۸۷-۵۱ و ۷۴-۲۶۴ میکروگرم بر متر مکعب بوده است (۱۰). مطالعات آزمایشی از آسم متوسط و شدید در کودکان در سال ۲۰۰۳، تحت عنوان مطالعات آسم، کاردینال و محیط‌زیست در کارولینای شمالی آغاز شده است. این تحقیق اثرات سلامت هر دو PM10 و PM2.5 ذرات جامد (PM)، بهویژه بیوآئروسول‌ها را در ارزیابی اثرات مواجهه بلندمدت شخصی با کودکان آسمی و بزرگ‌سالان مورد بررسی قرار داده است. این

ذرات معلق هوا اصطلاحی است که برای توصیف ذرات جامد و مایع پراکنده شده در هوا به کار می‌رود که بزرگ‌تر از مولکول‌های مجزا (مولکول‌هایی با قطر تقریباً یک نانومتر) و کوچک‌تر از ۵۰۰ میکرومتر می‌باشد (۱). ذرات معلق هوا با توجه به اندازه آن‌ها به انواع: ذرات درشت یا PM2.5، ذرات ریز یا PM10 و ذرات بسیار ریز یا PM0.1 تقسیم می‌شوند. ذرات قابل تنفس در دو گروه ذرات درشت و ریز قرار دارند (۲). بیمارستان‌ها مؤسسات مراقبت‌های بهداشتی هستند که کارکنان پزشکی و دیگر کارکنان و امکانات ثابت را سازماندهی کرده و خدمات خود را ۲۴ ساعته و ۷ روز در هفته ارائه می‌کنند. آن‌ها طیف گسترده‌ای از مراقبت‌های حاد، مقدماتی و ترمیمی را با استفاده از خدمات تشخیصی و درمانی ارائه می‌دهند. از آنجایی که ذرات معلق، حاملان عوامل بیولوژیکی از جمله باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌باشند؛ لذا آنالیز کمی ذرات معلق (PM1, PM2.5, PM4, PM7, PM10) و ارتباط آن با تراکم میکروبی حائز اهمیت است. سنجش میزان ذرات و همچنین بیوآئروسول‌ها به عنوان شاخص مناسبی جهت بیان کیفیت هوای داخل در مقایسه با هوای خارج بیمارستان در نظر گرفته می‌شود. با توجه به اینکه کیفیت هوا در محیط محصور شده و داخل حساس‌تر از محیط خارج است؛ بنابراین مدیریت و کنترل کیفیت هوا در داخل محیط‌های محصور حیاتی است (۳). ذرات موجود در محیط محصور شده می‌توانند مسائل بهداشتی مختلفی مانند ضربان قلب نامنظم، آسم تشیدید شده، کاهش عملکرد ریه و حملات قلبی خفیف را ایجاد کنند. از جمله اثرات حاد بهداشتی در غلظت‌های بالای ذرات ریز، افزایش شدت مرگ و میر، افزایش شیوع آسم و برونشیت و افزایش میزان عفونت‌های سیستم تنفسی است (۴). این ذرات علاوه بر اینکه به طور مستقیم در لوله تنفسی سایش ایجاد کرده، مسیرهای عبور هوا را مسدود می‌کنند و به مسیرهای موکوسی در ریه آسیب وارد می‌کنند. از جمله اثرات مزمن ذرات ریز شامل

شد و در خارج از بیمارستان هم ۳ ایستگاه در نظر گرفته شد. در هر ایستگاه دو بار نمونه برداری انجام گرفت؛ بنابراین در حالت کلی تعداد ۶۰ نمونه mass و ۶۰ نمونه در حالت count از ایستگاه‌های مختلف جمع‌آوری شد (۱۲).

در این مطالعه به منظور اندازه گیری ذرات و گرد و غبار هوای بخش‌های مختلف بیمارستان، از دستگاه غبار سنج TES پارتیکل مس کانتر TES-5200 ساخت شرکت TES تایوان استفاده شد. این دستگاه قابلیت اندازه گیری ذرات در دو حالت (count mode) جهت سنجش تعداد ذرات در سایزهای $0.5 \mu\text{m}$, $1 \mu\text{m}$, $2.5 \mu\text{m}$, $4 \mu\text{m}$, $5 \mu\text{m}$, $10 \mu\text{m}$, $7 \mu\text{m}$ و حالت (mass mode) جهت اندازه گیری سطح تراکم حجمی (غلظت ذرات) مطابق با استانداردهای PM1, PM2.5, PM4, PM7, PM10 و TSP را دارا است. دستگاه همزمان با این موارد، حجم یا دبی مورد نظر اندازه گیری، دمای هوای نمونه بر حسب $^{\circ}\text{C}$ یا $^{\circ}\text{F}$ (بین $40 - 10$) و رطوبت نسبی ($90 - 20\%$) هوای نمونه را به مانشان می‌دهد. سرعت جریان / L minute یا $CF/minute$ یا $2/83 minute$ است؛ به عبارت دیگر مدت زمان نمونه برداری یک دقیقه است. محل نمونه برداری در هوای خارج هم با توجه به معیارهای آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا، بیش از ۲۰ متر فاصله از خیابان، درخت، منابع تولید آلودگی مانند دودکش تعیین شد. در هنگام نمونه برداری، دستگاه نمونه برداری در ارتفاع ۱/۲ متری از سطح زمین و با فاصله بیش از یک متر از دیوارها و موانع استقرار یافت (۱۳). نتایج حاصل از نمونه برداری‌ها با استفاده از نرم افزارهای Excel و SPSS تجزیه و تحلیل گردید.

یافته‌ها

در این پژوهش از بیمارستان توحید شهر سنترج تعداد ۱۲۰ نمونه تهیه شد. میزان غلظت ذرات در حالت Mass بر حسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ و مقدار آلودگی ذرات در حالت Count بر پایه سایز ذرات، بر حسب $\text{particle}/\text{m}^3$ محاسبه شد.

بیوآئروسول‌های هوابرد می‌توانند واکنش‌های حساس، آرژیک، عفونی و شیمیایی را در افرادی که در معرض خطر هستند، ایجاد نمایند. نمونه‌های محیطی PM2.5 و PM10 برای کپک و آندوتوكسین‌ها هم مورد بررسی قرار گرفته شده است. غلظت‌های PM2.5 و PM10 از این بیوآئروسول‌ها به عنوان عملکرد توده PM و حجم نمونه‌های هوای گزارش شده است. نتایج نشان داده است که غلظت‌های PM2.5 بالاتری از آندوتوكسین‌ها در PM10 در مقایسه با موجود در بیوآئروسول‌های محیط وجود دارد (۱۱). با توجه به اینکه هوا به عنوان یکی از نیازهای اساسی بشر، حاوی ذرات و میکروارگانیسم‌های مختلفی است؛ لذا به دنبال تنفس در محیط‌های با آلودگی‌های بالا، استنشاق مقدار زیادی از این ذرات معلق، سیستم تنفسی انسان را درگیر می‌سازد. با توجه به نبود مطالعات در زمینه تعیین میزان آلینده‌های هوابرد در بیمارستان‌های استان کردستان، این مطالعه در بیمارستان توحید شهر سنترج با هدف بررسی آلودگی ذرات معلق هوای داخل و خارج بیمارستان توحید شهر سنترج توسط دستگاه غبار سنج و همچنین جهت صحبت بیشتر نتایج به دست آمده، مدل‌سازی پراکندگی این آلینده‌ها توسط نرم افزار Surfer انجام گردید. ذرات معلق در هوای بخش‌های مختلف بیمارستان بر حسب اندازه و غلظت مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی

این مطالعه که یک مطالعه توصیفی و از نوع مقطعی بود در آن میزان ذرات موجود در هوای داخل بخش‌های مختلف و همچنین هوای خارج بیمارستان توحید شهر سنترج مورد بررسی قرار گرفت. در طی آن نمونه برداری از تعدادی بخش‌های داخل بیمارستان (داخلی مردان، داخلی زنان، ریه، مغز و اعصاب، عفونی، سوختگی، اتاق عمل، مراقبت‌های ویژه، اورژانس) و همچنین هوای بیرون بیمارستان به منظور سنجش میزان ذرات انجام شد. در این مطالعه در داخل بیمارستان ۹ بخش و در هر بخش سه ایستگاه در نظر گرفته

نتایج نشان داد که تعداد ذرات مشاهده شده به تفکیک غلظت‌ها (PM) بین بخش‌ها متفاوت است. (جدول ۱)

بررسی کیفیت هوای بیمارستان از نظر غلظت ذرات، PM1, PM2.5, PM4, PM7, PM10 در حالت کلی میانگین دمای بخش‌ها $24/77^{\circ}\text{C}$ و میانگین رطوبت نسبی برابر با $27/12\%$ درصد به دست آمده است.

جدول ۱. ذرات مشاهده شده به تفکیک بخش‌های مورد مطالعه ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

TSP	PM10	PM7	PM4	PM2.5	PM1	میانگین و انحراف معیار	بخش
۱۸/۹۶	۱۳/۳۵	۱۰/۸۰	۶/۱۵	۱/۹۶	۰/۳۸	میانگین	داخلی مودان
۵/۴۵	۳/۰۱	۱/۹۲	۱/۱۶	۰/۴۰	۰/۱۱	انحراف معیار	
۱۸/۹۶	۱۳/۳۵	۱۰/۸۶	۵/۹۵	۲	۰/۳۵	میانگین	داخلی زنان
۵/۴۵	۳/۰۱	۲/۹۶	۲/۰۷	۰/۸۵	۰/۲۰	انحراف معیار	
۳۸/۱۳	۲۸/۷۳	۲۲/۴۸	۱۰/۰۶	۲/۴	۰/۳۶	میانگین	ریه
۱۸/۱۹	۱۲/۲۷	۹/۳۳	۳/۳۲	۰/۶۷	۰/۱۲	انحراف معیار	
۱۱/۸۸	۸/۰۶	۵/۹۸	۳/۰۶	۰/۶۳	۰/۱۳	میانگین	مخز و اعصاب
۲/۰۷	۱/۹۶	۱/۹۵	۱/۱۳	۰/۲۲	۰/۱۰	انحراف معیار	
۶	۴/۷۵	۴/۵۶	۲/۶	۰/۶۸	۰/۲۳	میانگین	سوختگی
۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۵۰	۰/۸۰	۰/۲۱	۰/۰۸	انحراف معیار	
۲۴/۹۵	۲۰/۱۵	۱۶/۱۵	۸/۶۸	۲/۷۵	۰/۵۹	میانگین	ICU
۱۵/۹۹	۱۳/۹۶	۱۱/۲۴	۶/۵۰	۲/۰۴	۰/۲۸	انحراف معیار	
۴۵/۰۸	۳۶/۶	۳۱/۳	۱۵/۵	۳/۲۳	۰/۴	میانگین	غفونی
۴۸/۵۱	۴۴/۲۲	۴۰/۴۷	۲۰/۸۹	۳/۴۵	۰/۳۲	انحراف معیار	
۰/۵	۰/۱	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۱	۰	میانگین	اتاق عمل
۰/۱۴	۱/۵۲	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۴	۰	انحراف معیار	
۷۶/۲	۵۷/۸۶	۴۳/۳۸	۲۱/۴۸	۴/۶۸	۰/۴۶	میانگین	اورژانس
۱۴/۴۲	۱۲/۰۹	۱۰/۲۴	۴/۷۳	۰/۹۵	۰/۰۸	انحراف معیار	
۴۴/۴۶	۳۴/۶۶	۲۸/۳	۱۵/۸	۴/۰۱	۰/۰۵۵	میانگین	هوای بیرون
۹/۱۳	۴/۳۹	۳/۱۸	۱/۵۵	۰/۷۲	۰/۰۲۷	انحراف معیار	

مورد مطالعه بود و برای سایر غلظت‌ها، تراکم ذرات در هوای محیط بیرونی نسبت به بعضی از بخش‌های محیط بیشتر و برای تعدادی دیگر کمتر بوده است.

تأثیر دما به عنوان یکی از پارامترهای هواشناسی بر غلظت ذرات معلق مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج مطالعه حاضر میانگین دمای بخش‌های بیمارستان $24/77^{\circ}\text{C}$ بود. برای بیشتر بخش‌های بیمارستان در زمستان دمای 21°C تا 24°C و

در این پژوهش بیشترین و کمترین میزان آلودگی از نظر غلظت ذرات PM1 به ترتیب مربوط به بخش‌های ICU و PM2.5, PM4, PM7, PM10 (PM4, PM7, PM10) بیشترین و کمترین غلظت ذرات به ترتیب در بخش‌های اورژانس و اتاق عمل عمل مشاهده شده است. غلظت ذرات در هوای آزاد برای ذرات کمتر از یک میکرون، بیشتر از تراکم ذرات در تمامی بخش‌های داخلی

غلظت‌های PM1 و PM2.5 وجود دارد. در بخش مغز و اعصاب در غلظت‌های PM1 و PM4 ارتباط معنی‌دار مشاهده شد. در بخش اورژانس در غلظت‌های PM4 و PM10 ارتباط معنی‌دار به دست آمده است. در بخش ICU در همه غلظت‌ها به جز PM1 رابطه معنی‌دار مشاهده شد؛ بنابراین می‌توان گفت که بین رطوبت و غلظت ذرات در قطرهای مختلف در تمامی بخش‌ها، یک ارتباط مستقیم و معنی‌داری مشاهده نشده است.

کیفیت هوای بیمارستان از لحاظ وجود میزان ذرات در قطرهای $0.5 \mu\text{m}$, $1 \mu\text{m}$, $2.5 \mu\text{m}$, $4 \mu\text{m}$, $5 \mu\text{m}$, $7 \mu\text{m}$ و $10 \mu\text{m}$:

در این بررسی با توجه به نتایج سنجش میزان ذرات در سایزهای مختلف و به تفکیک بخش‌های مختلف در هوای داخل و خارج بیمارستان توحید که در جدول شماره ۲ آورده شده است، مشاهده شد که بیشترین و کمترین میزان ذرات در قطرهای $0.7 \mu\text{m}$, $1 \mu\text{m}$, $2.5 \mu\text{m}$, $4 \mu\text{m}$, $5 \mu\text{m}$ و $7 \mu\text{m}$ به ترتیب در بخش اورژانس و اتاق عمل بوده است. همچنین حداکثر و حداقل میزان ذرات در هوای آزاد مربوط به قطرهای $10 \mu\text{m}$ با مقدار $2212262/354$ و برای سایز $1 \mu\text{m}$ با مقدار $55761/0.4$ (particle/m³) بوده است

(جدول ۲).

در تابستان 23°C تا 27°C توصیه شده است (۲). برای بررسی ارتباط بین دما با غلظت ذرات به تفکیک بخش‌ها، از آزمون ضرایب همبستگی استفاده شد. مطابق آنالیزهای انجام گرفته، در بخش‌های داخلی مردان و زنان، ریه، مغز و اعصاب، اتاق عمل و اورژانس ارتباط معنی‌داری بین دما و غلظت ذرات وجود ندارد. بدین معنی که غلظت ذرات متأثر از دمای محیط نیست. در بخش سوختگی ارتباط معنی‌داری بین دما و غلظت ذرات PM_7 مشاهده شده است. همچنین در بخش ICU ارتباط معنی‌داری بین دما و ذرات معلق در غلظت‌های مختلف به جز PM_1 به دست آمده است. در بخش عفونی در همه غلظت‌های مورد بررسی، دما و غلظت ذرات دارای ارتباط معنی‌دار و ضرایب همبستگی مثبت بود؛ یعنی با افزایش دما در بخش عفونی غلظت ذرات معلق افزایش یافه است.

در این پژوهش هم‌زمان با نمونه‌برداری از ذرات میزان رطوبت نسبی نیز در محل اندازه‌گیری شد. جهت بررسی ارتباط بین RH با غلظت ذرات مشاهده شده در بخش‌های بیمارستان، از آزمون ضرایب همبستگی استفاده شد. نتایج تحلیل آماری نشان داد که در بخش‌های داخلی زنان، سوختگی، عفونی، اتاق عمل و هوای بیرون ارتباط معنی‌داری بین RH و غلظت ذرات وجود ندارد. در بخش ریه ارتباط معنی‌داری بین تعداد ذرات مشاهده شده با RH در

جدول ۲. ذرات اندازه‌گیری شده به تفکیک بخش‌های مختلف مورد مطالعه (particle/m³)

بخش-های مختلف										میانگین و انحراف معیار			
داخلی مردان	داخلی زنان	ریه	مغز و اعصاب	سوختگی	ICU	۱۰ μm	۷ μm	۵ μm	۴ μm	۲/۵ μm	۱ μm	۰/۷ μm	۰/۵ μm
۱۴۹۵۸/۴۲	۲۸۳۲۷/۴۴	۶۵۹۵۴/۶	۱۲۵۷۸۹/۱۶	۳۴۹۲۷۵/۶۲	۷۰۳۶۸۰/۸۰	۹۳۰۴۳۰/۱۶	۱۶۷۷۱۳۷/۸۱	انحراف معیار	داخلي مردان	انحراف معیار	داخلي زنان	انحراف معیار	انحراف معیار
۱۸۲۱۰/۲۵۴	۳۴۱۸۱/۸۶۷	۷۶۲۸۸/۶۰۱	۱۴۱۸۱۷/۶۰۸	۳۷۳۱۸۷/۱۰۱	۷۲۴۲۳۵/۲۵۵	۹۳۳۷۱۸/۸۷۸	۱۵۴۹۷۴۴/۴۵۶	انحراف معیار	داخلي مردان	انحراف معیار	داخلي زنان	انحراف معیار	انحراف معیار
۵۸۲۴/۵۰	۱۱۱۴۲/۵۲	۲۵۱۲۹/۵۷	۴۷۵۷۹/۵۱	۱۴۸۶۶۹/۰۲	۳۸۲۶۷۹/۶۳	۵۸۲۴۳۲/۲۸	۱۲۵۴۱۲۲/۵۰	میانگین	داخلي مردان	میانگین	داخلي زنان	میانگین	میانگین
۶۲۱۹/۷۸۱	۱۱۵۴۱/۸۷	۲۵۴۰۵/۱۹۱	۴۷۷۲۸/۶۷۶	۱۳۹۲۲۲/۹۶۳	۳۶۰۱۸۷/۳۵۱	۵۵۶۸۸۴/۲۲۶	۱۰۹۹۶۹۱/۲۱۷	انحراف معیار	داخلي مردان	انحراف معیار	داخلي زنان	انحراف معیار	انحراف معیار
۸۷۱۶/۱۴	۲۵۹۸۹/۴۰	۴۴۰۲۲/۳۸	۱۱۶۴۴۸/۷۷	۲۷۴۱۷۵/۵۰	۵۴۸۷۵۷/۳۶	۹۳۳۷۶۳/۲۵	۲۴۹۹۸۳۵/۱۰	میانگین	داخلي مردان	میانگین	داخلي زنان	میانگین	میانگین
۹۰۵۹/۳۶۱	۲۷۷۲۸/۴۸۵	۴۸۳۰۸/۶۸۰	۱۱۴۰۶/۰۴۸	۲۷۶۸۲۵/۲۷۵	۵۶۵۸۸۲/۶۵۹	۸۳۸۴۳۰/۷۰۸	۲۲۰۲۳۳۷/۸۱۱	انحراف معیار	داخلي مردان	انحراف معیار	داخلي زنان	انحراف معیار	انحراف معیار
۷۵۹/۷۷	۱۱۸۹/۶۴	۲۸۰۳۳۰	۵۷۴۲/۰۵	۱۵۷۵۳/۸۳	۳۶۰۴۸/۲۹	۵۴۵۹۹/۵۳	۱۲۶۸۷۸/۶۸	میانگین	داخلي مردان	میانگین	داخلي زنان	میانگین	میانگین
۲۱۴/۰۶۵	۲۷۷/۰۳۳	۵۵۰/۹۰۵	۱۴۷۴/۶۰۵	۲۸۱۷/۰۶۷	۷۸۸۹/۱۶۹	۱۴۴۴۱/۶۶۵	۴۰۸۶۸/۳۹۹	انحراف معیار	داخلي مردان	انحراف معیار	داخلي زنان	انحراف معیار	انحراف معیار
۲۱۷/۹۰	۵۵۳/۵۹	۱۱۸۳/۷۵	۲۵۱۴/۷۳	۱۰۴۸۲/۹۲	۳۰۸۲۴/۵۰	۶۲۷۶۷/۹۶	۲۳۲۹۳۸/۷۵	میانگین	داخلي مردان	میانگین	داخلي زنان	میانگین	میانگین
۹۸/۴۷۶	۲۲۵/۳۲۸	۲۰۰/۸۲۴	۳۷۶/۸۹۷	۲۱۴۱/۷۸۱	۲۸۱۷/۵۳۵	۸۳۴۰/۸۹۰	۴۹۵۹۴/۵۲۹	انحراف معیار	داخلي مردان	انحراف معیار	داخلي زنان	انحراف معیار	انحراف معیار
۳۵۶۸/۹۰	۹۲۶۹/۷۳	۳۱۰۳۶/۵۱	۷۴۹۷۰/۵۵	۲۳۱۰۶۵/۹۶	۱۰۱۴۷۸۷/۹۹	۱۶۱۶۴۶۶/۴۳	۳۴۹۱۹۶۱/۱۳	میانگین	داخلي مردان	میانگین	داخلي زنان	میانگین	ICU

بخش- میانگین و انحراف معیار های مختلف									
۱۰ μm	۷ μm	۵ μm	۴ μm	۲/۵ μm	۱ μm	۰/۷ μm	۰/۵ μm		
۳۵۸۶/۰۴۳	۹۴۱۶/۰۰۵	۳۲۰۴۴/۷۸۰	۷۷۷۶۲/۸۸۰	۳۴۸۱۹۶/۴۲۲	۱۰۷۵۱۲۱/۷۲۸	۱۷۱۰۵۷۰/۲۲۲	۳۶۱۶۴۵۸/۱۷۰	انحراف معیار	
۷۸۹۱/۶۶	۱۵۸۳۶/۲۸	۳۹۲۹۳/۲۹	۷۹۳۷۵/۷۴	۲۵۱۸۶۱/۱۰	۵۸۲۶۱۴/۸۴	۸۴۵۶۵۳/۷۱	۱۹۰۶۵۸۴/۲۲	میانگین	
۹۸۸۲/۹۴۸	۱۹۸۱۴/۲۱۰	۴۸۷۲۹/۷۸۵	۹۸۸۱۱/۲۰۱	۳۱۷۶۳۵/۰۴۷	۷۴۴۷۸۹/۰۱۹	۱۰۹۰۵۰۴/۳۷۹	۲۵۴۵۶۸۵/۷۷۵	انحراف معیار	
۳۵/۳۴	۱۷/۶۷	۷۰/۶۷	۱۱۱/۹۰	۳۰۶/۲۴	۱۴۳۱/۱۰	۲۲۷۹/۱۵	۶۴۶۰/۵۴	میانگین	
۲۲/۳۴۸	۱۹/۳۵۷	۲۲/۳۴۸	۵۲/۱۱	۳۶/۴۹۴	۳۹۰/۱۳۶	۵۴۶/۳۹۲	۱۰۲۹/۳۳۶	انحراف معیار	اتفاق عمل
۲۷۳۹۱/۰۵	۶۴۸۷۶/۳۳۳	۱۵۰۴۴۱/۷۰	۲۶۴۷۹۹/۷۷	۱۰۹۳۰۹۱/۸۸	۱۸۴۱۵۲۵/۳۳	۷۹۳۴۴۵۸/۱۹	۷۱۱۴۵۲۲/۹۷	میانگین	
۴۵۲۱/۸۸۸	۱۶۷۸۱/۲۷۶	۲۸۸۸۸/۷۶۹	۱۲۲۶۴۲/۱۲۹	۵۵۰۷۷۷/۴۰۹	۱۱۸۸۵۳۱/۳۹۳	۱۳۰۷۱۷۰۴/۶۳۷	۲۳۲۶۱۶۱/۳۰۹	انحراف معیار	اورژانس
۱۹۷۹۳/۸۸	۴۵۱۸۸/۴۶	۱۱۵۷۳۶/۱۶	۲۲۱۹۳۱/۶۸	۷۰۷۸۶۸/۰۸	۱۵۶۷۴۶۲/۳۸	۲۰۷۵۳۸۸/۶۹	۳۶۹۰۸۴۲/۱۷	میانگین	هوای
۱۶۷۵۵/۰۴۰	۴۲۴۳۱/۴۵۹	۱۱۱۱۰۰/۱۲۳	۱۸۸۹۹/۶۸۲	۵۱۵۵۷۱/۳۹۷	۱۰۸۸۱۱۹/۹۱۶	۱۳۹۸۴۳۲/۹۵۱	۲۳۱۲۳۶۲/۳۵۴	انحراف معیار	بیرون

اورژانس در اندازه های $0.5 \mu\text{m}$ و $10 \mu\text{m}$ ۰.۵ ارتباط معنی داری بین تعداد ذرات و دما مشاهده شد و در بقیه موارد ارتباط معنی داری مشاهده نشد. برای بررسی ارتباط بین RH با تعداد ذرات مشاهده شده به تفکیک بخش ها، از آزمون ضرایب همبستگی استفاده شد. در بخش های داخلی مردان، مغز و اعصاب، عفونی و هوای بیرون ارتباط معنی داری بین RH و تعداد ذرات مشاهده شده وجود ندارد. در بخش ریه ارتباط معنی داری بین تعداد ذرات مشاهده شده با RH در تمامی اندازه های مورد بررسی بجز $1 \mu\text{m}$ ذرات با اندازه های $5 \mu\text{m}$ وجود دارد. در بخش داخلی زنان ارتباط معنی داری بین تعداد ذرات مشاهده شده با RH در تمامی اندازه های مورد بررسی به جز $1 \mu\text{m}$ و $0.7 \mu\text{m}$ وجود دارد. در بخش سوختگی ارتباط معنی داری بین تعداد ذرات مشاهده شده با RH وجود ندارد فقط در اندازه های $7 \mu\text{m}$ و $5 \mu\text{m}$ ارتباط معنی داری بین تعداد ذرات و RH در بخش سوختگی وجود دارد. در بخش ICU ارتباط معنی داری بین تعداد ذرات مشاهده شده با دما در تمامی اندازه های مورد بررسی وجود دارد. در بخش اتفاق عمل فقط در اندازه $1 \mu\text{m}$ ارتباط معنی داری بین RH و تعداد ذرات مشاهده شد. در بخش اتفاق عمل $0.5 \mu\text{m}$ و $10 \mu\text{m}$ ارتباط معنی داری بین RH و داری بین RH و تعداد ذرات مشاهده است. در این بررسی با توجه به نتایج سنجش میزان ذرات در سایزه های مختلف و به

با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه ارتباط بین ذرات و بخش های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با استثنای ذرات با قطرهای $۰/۵ \mu\text{m}$ ، $۰/۷ \mu\text{m}$ ، برای سایر ذرات ارتباط معنی داری بین ذرات و بخش های مختلف مشاهده شد. به این معنی که تعداد ذرات مشاهده شده در سایزه های $۱ \mu\text{m}$ ، $۲/۵ \mu\text{m}$ ، $۴ \mu\text{m}$ ، $۵ \mu\text{m}$ و $۷ \mu\text{m}$ در بخش های مختلف متفاوت است.

برای بررسی ارتباط بین دما با ذرات مشاهده شده به تفکیک بخش ها، از آزمون ضریب همبستگی استفاده شد. در بخش های داخلی مردان و زنان، مغز و اعصاب، عفونی و هوای بیرون ارتباط معنی داری بین دما و تعداد ذرات مشاهده شده وجود ندارد. در بخش ریه ارتباط معنی داری بین تعداد ذرات مشاهده شده با دما در تمامی اندازه های مورد بررسی وجود دارد. در بخش سوختگی در همه اندازه های مورد بررسی ارتباط معنی داری بین دو $0.7 \mu\text{m}$ و $5 \mu\text{m}$ که در این دو اندازه مورد بررسی بین تعداد ذرات و دما ارتباط معنی دار شده وجود دارد غیر از $0.7 \mu\text{m}$ و $5 \mu\text{m}$ که در این دو مشاهده نشد. در بخش ICU ارتباط معنی داری بین تعداد ذرات و دما در تمامی اندازه های مورد بررسی وجود دارد. در بخش اتفاق عمل فقط در مورد ذرات با اندازه های $2.5 \mu\text{m}$ ارتباط معنی داری بین تعداد ذرات و دما مشاهده شد و در بقیه موارد ارتباط معنی داری وجود ندارد و در بخش

مختلف در جدول ۳ آورده شده است.

تفکیک بخش‌های مختلف در هوای داخل و خارج

بیمارستان، بیشترین و کمترین میزان ذرات در قطرهای

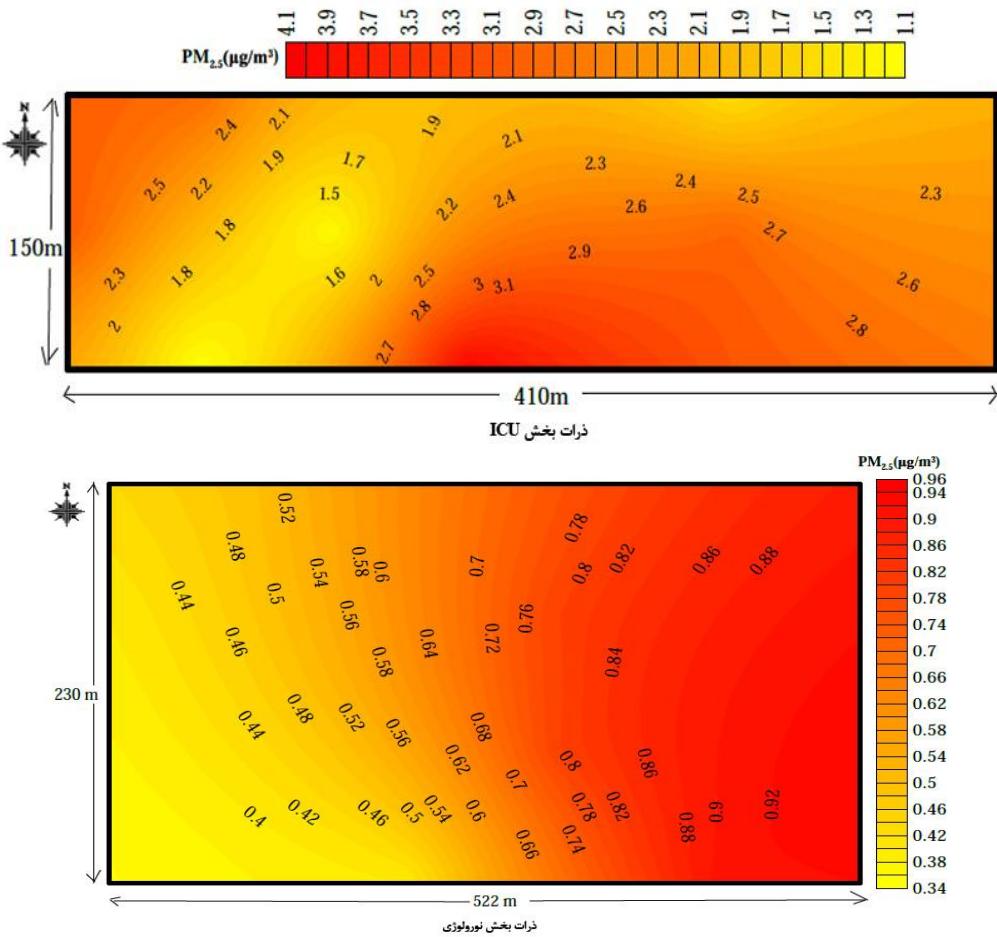
جدول ۳. بالاترین و پایین ترین مقدار ذرات در بخش‌های بیمارستان (particle/m³)

بخش سایز ذرات	ICU	اتفاق عمل اورژانس	داخلي زنان	داخلي مردان	ريه نورولوژي عفونی سوختگی	بيرون
ma		۲۷۳۹۱/۰۵				
x						
10 μ		۳۵/۳۴				
min						
ma		۶۴۸۷۶/۳۳				
x						
7 μ		۱۷/۶۷				
min						
ma		۱۵۰۴۴۱				
x						
5 μ						
min		۷۰/۶۷				
ma		۲۶۴۷۹۹				
x						
4 μ		۱۱۱/۹۰				
min						
ma		۱۰۹۳۰۹۱				
x						
2.5 μ		۳۰.۶/۲۴				
min						
ma		۱۸۴۱۵۲۵				
x						
1 μ		۱۴۳۱/۱۰				
min						
ma		۷۹۳۴۴۵۸				
x						
0.7 μ		۲۲۷۹/۱۵				
min						
ma		۳۴۹۱۹۶۱/۱۲				
x						
0.5 μ		۶۶۰/۰۵				
min						

زنان، داخلي مردان، نورولوژي، مغز و اعصاب و اتفاق عمل بوده است. نقشه‌های تهیه شده بر اساس داده‌های حاصل از ایستگاه‌های اندازه‌گیری ذرات در بخش‌های ريه، نورولوژي، عفونی و هوای آزاد نشان داد که میزان انتشار و غلظت آلینده‌ها در قسمت‌های شرقی دارای پراکندگی بالاتر بوده است و هرچه به سمت قسمت‌های غربی نقشه پیش می‌رود میزان انتشار و کانترهای پراکندگی کمتر می‌شود (شکل ۱).

مدل‌سازی پراکندگی آلینده‌ها با استفاده از نرم افزار SURFER

با توجه به اهمیت بهداشتی ذرات PM2.5 نسبت به سایر ذرات، نقشه‌های مربوط به توزیع میزان ذرات با استفاده از نرم افزار surfer تنها برای ذرات PM2.5 تهیه شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نرم افزار سارفر توزیع احتمالی آلینده در قسمت مورد نظر را برای ما ترسیم می‌کند. با توجه به نقشه‌های حاصل از کلیه بخش‌ها، بالاترین میزان آلینده احتمالی در بخش عفونی و به دنبال آن به ترتیب در هوای بیرون بیمارستان، بخش اورژانس، ICU، ريه، داخلي



شکل ۱. پراکندگی آلاینده PM2.5 با استفاده از نرم افزار SURFER برای دو بخش ICU و نورولوژی

بر اساس سنجش غلظت ذرات در هوای آزاد توالی ($PM_{10} < PM_{2.5} < PM_4 < PM_7$) به دست آمد. تراکم غلظت ذرات در بخش‌های مختلف بیمارستان تحت تأثیر فاکتورهایی از قبیل تعداد تخت‌های هر اتاق، تعداد بیماران در اتاق بستری، میزان تهویه، تعداد کارکنان و نزدیکی به خیابان است(۱۴). در مطالعات مشابه دیگر نیز غلظت ذرات در بخش‌های بیمارستانی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در مطالعه دهقانی و همکاران کمترین میزان آلدگی از نظر تراکم ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ مربوط به اتاق عمل و بخش زیمان بوده است که با نتایج بررسی‌های این مطالعه همسو است(۲). در مطالعه دیگری با بررسی هوای بخش‌های بیمارستان شهید بهشتی حداقل و حداقل میانگین

بیشترین عدد منحنی‌های کانتر در قسمت شرقی بخش عفونی $5/4$ است که این عدد به تدریج به سمت مرکز کم می‌شود و در کناره‌های غربی به عدد $2/4$ می‌رسد. اتاق انتظار و همچنین ورودی بخش عفونی، در قسمت شرقی بخش واقع شده است؛ اما در بخش ریه و نورولوژی، درب ورودی در غرب نقشه واقع شده است. در سایر بخش‌ها شامل سوختگی، اورژانس و داخلی زنان و مردان، میزان توزیع آلاینده‌ها در تمام ایستگاه‌های اندازه‌گیری در این بخش‌ها بالا بوده است.

بحث

داخل بیمارستان به بخش‌های اطفال و اتاق عمل اختصاص داشته است (۱۵)...

غلظت ذرات PM2.5 به بخش ICU و بخش اطفال و حدائق و حداکثر میانگین غلظت ذرات PM10 در هوای آلاند است.

جدول ۴. استاندارد EPA جهت کیفیت هوای محیط برای آلاند های PM2.5 و PM10 (۱۶)

آلاند	آلوادگی ذرات	PM2.5	PM10
اویله/ثانویه	متوسط زمان	میزان	به شکل
اویله	۱ سال	۱۲ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	میانگین سالانه، به طور متوسط بیش از ۳ سال
ثانویه	۱ سال	۱۵ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	میانگین سالانه، به طور متوسط بیش از ۳ سال
اویله و ثانویه	۲۴ ساعت	۳۵ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	٪ ۹۸، به طور متوسط بیش از ۳ سال
اویله و ثانویه	۲۴ ساعت	۱۵۰ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	بیش از یک بار در سال به طور متوسط بیش از ۳ سال تجاوز نشود.

دست آمده است که این افزایش غلظت ذرات در بخش‌های ICU و عfonyi، می‌تواند به دلایلی از جمله تعداد زیاد بیماران بستری در بخش، تردد زیاد همراهان و همچنین حضور دانشجویان کارآموز در این بخش‌ها، استفاده از وسائل شخصی غیر استریل و توسط همراهان و بیماران، فقدان سیستم تهویه مناسب، نوع بیماری‌های موجود در بیماران بخش، کهنه و فرسوده بودن بخش باشد (۱۸)؛ بنابراین دما می‌تواند به عنوان یک فاکتور در افزایش غلظت ذرات در نظر گرفته شود. شکری و همکاران نیز در مطالعه‌ی خود بر اساس تحلیل‌های آماری صورت گرفته بر روی نتایج به دست آمده گزارش کردند که بین دما و رطوبت با غلظت ذرات معلق در اندازه‌های ۰/۳، ۰/۵ و ۱۰ میکرومتر در هوای محیط داخل بین بخش‌ها ارتباط مثبت معنی‌داری مشاهده شده است (۱۴).

در این مطالعه بین رطوبت و غلظت ذرات در قطرهای مختلف در تمامی بخش‌ها، یک ارتباط مستقیم و معنی‌داری مشاهده نشده است. بر اساس اطلاعات به دست آمده از مطالعه‌ی شهرابی و همکاران با ارزیابی کیفیت هوای داخلی، نتایج نشان داد که با افزایش رطوبت غلظت ذرات معلق در محیط داخلی افزایش یافته است درحالی که این نتایج برای محل‌های با سطح بالای غلظت ذرات صادق نبوده است (۱). همچنین در مطالعه اتابکی و همکاران که در هوای آزاد شهر زاهدان انجام گرفت، نتایج نشان داد که ذرات معلق

دهقانی و همکاران غلظت ذرات معلق PM10 و PM 2.5 در هوای برخی از بخش‌های داخل و هوای اطراف بیمارستانی در تهران را بالاتر از حدود توصیه شده WHO، USEPA گزارش نمودند و کیفیت هوای داخل را متأثر از هوای محیطی عنوان نمودند (۱۳). نتایج مطالعات مشابهی نیز نشان داده است که بین غلظت ذرات در هوای بخش‌های مختلف بیمارستان با همدیگر و نیز با هوای بیرون ارتباط معنی‌داری وجود دارد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارند. در این مطالعه هم غلظت ذرات در هوای بیرون کمتر از مقدار استاندارد ۲۴ ساعته است. در مطالعه سپهوند و همکاران بین میانگین غلظت ذرات در بخش‌های مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (۱۷). مشاهده ارتباط مستقیم و معنی‌دار غلظت ذرات بین بخش‌های داخل بیمارستان و محیط بیرون می‌تواند به دلیل تردد وسایل نقلیه در مجاورت بیمارستان که از منابع مهم انتشار ذرات به شمار می‌روند، بالا بودن میزان تردد و تراکم افراد در محوطه بیمارستان، ورود آلاند های خارجی (بیوآتروسل‌ها و ذرات معلق) به محیط داخلی که معمولاً منشأ اصلی قارچ‌های موجود در هوای داخل بیمارستان می‌باشند و همچنین جابجایی نامناسب هوا در بخش‌های داخلی باشند (۱).

همان‌طور که گفته شد، در بخش ICU و عfonyi ارتباط معنی‌داری بین دما و ذرات معلق در غلظت‌های مختلف به

از مقدار استاندارد ۲۴ ساعته WHO ، USEPA (جدول شماره ۴) است

یافته های حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که تقریباً در بیشتر نمونه ها به جز بخش اورژانس، نسبت آلاینده های خارجی بیشتر از داخلی بوده است؛ که این مطلب گویای آن است که بیوآئر و سل های خارجی و ذرات معلق به محیط داخلی نفوذ می کنند. این می تواند یکی از دلایل افزایش آلاینده های هوابرد محیط داخلی بیمارستان از طریق مجاری سیستم تهویه نامناسب باشد. با توجه به داده های حاصل از این مطالعه نتیجه می گیریم که کیفیت هوا در همه بخش های بیمارستان از وضعیت مناسبی برخوردار است و این می تواند دلایلی مانند فصل نمونه برداری، استفاده از تجهیزات مناسب کنترل کننده آلاینده ها و طراحی مناسب ساختمان و همچنین بستن دریچه های نفوذ هوا به محیط داخل ذکر کرد. با کنترل و کاهش میزان آلدگی هوا در بخش ها، می توان بسیاری از بیماری ها و عفونت های بیمارستانی را کاهش داد. در نهایت پیشنهاد می شود که علاوه بر بالا بردن عملکرد اگروفن ها با تمویض به موقع فیلترها جهت تخلیه هوا موجود در بخش ها، از هواساز جهت ورود هوای تازه به بخش استفاده شده و حتی الامکان از باز کردن پنجره ها اجتناب شود.

تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد مصوب مرکز تحقیقات بهداشت محیط کردستان است که با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی کردستان انجام شده است (IR.MUK.REC.1397/226)؛ لذا نویسندها این مقاله از حامیان مالی طرح و همکاران اجرایی تشکر می نمایند. مسئولیت صحت کلیه نتایج و مطالب به عهده دانشجو است.

(PM₁₀) با پارامتر رطوبت همبستگی معکوس دارد و رابطه معنی داری با همدیگر نداشتند (۱۳).

مطابق داده های حاصل از جدول ۲، آلوده ترین بخش از نظر حضور میزان ذرات مربوط به بخش اورژانس بود که به دلایلی نظیر طیف گسترده ای از انواع بیماران و ازدحام آن ها در اورژانس نسبت به سایر بخش ها یا تردد بالای مراجعه کنندگان، تعداد راه های ورودی بیشتر بخش اورژانس، عدم رعایت موazین بهداشتی، استعمال دخانیات و تهویه ناکافی می توان اشاره نمود (۲۰، ۱۹). همچنین در این مطالعه بهترین شرایط برای بخش اتاق عمل مشاهده شد که می تواند به دلیل رعایت سطح بالای استانداردهای بهداشتی مانند محدود بودن تردد افراد، تعداد کمتر بیماران، بسته بودن در ورودی بخش و تهویه مناسب و استریلیزاسیون و گندزدایی مناسب سطوح و محل باشد (۱۷). در مطالعه ای که توسط نیک پی و همکاران انجام گرفت، بیشترین تعداد ذرات با قطرهای $0.3/0.3$ و $2/5$ میکرومتر به بخش اورژانس اختصاص داشته است (۱۴). در مطالعه شکری و همکاران بالاترین تعداد ذرات معلق در قطرهای کمتر از $10/2.5$ میکرومتر مربوط به بخش قلب مردان و حداقل تعداد ذرات در قطرهای $10/2.5$ در بخش های آزمایشگاه و چشم به دست آمده است (۱).

طبق نتایج به دست آمده توسط نرم افزار سارفر، قسمت ورودی بخش عفونی (سمت شرق بخش) دارای بالاترین میزان تراکم ذرات بوده که از عده دلایل آن می تواند قرار گرفتن اتاق انتظار در ورودی بخش و تردد بالا در این قسمت ها باشد. این در حالی است که میزان توزیع آلاینده ها در سایر بخش ها از توزیع یکنواختی برخوردار بود.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که میانگین غلط ذرات در تمامی بخش های بیمارستان و نیز هوای آزاد، کمتر

Reference

- 1.Rezaei S, Naddafi K, Jabbari H, Yonesian M, Jamshidi A, Sadat A, et al. Relationship between the particulate matter concentrations in the indoor and ambient air of the Tehran children hospital in 2007. *Iran J Health Environ.* 2013;6(1):103-12.
- 2.Sepahvand A, Godini H, Omidi Y, Tarrahi M, Rashidi R, Basiri H. Investigation of fungal bioaerosols and particulate matter in the teaching-medical hospitals of Khorramabad City, Iran during 2015. *Iran J Health Environ.* 2016;9(1):115-26.
- 3.Ibrahim A. A System for Monitoring and Managing Indoor Air Quality and Environmental Conditions. 2016.
- 4.Dehghani M, Kamali Y, Ghanbarian M, Shamsedini N. Study of the Relationship between Indoor. Outdoor Particle.
- 5.Tiwary A, Williams I. Air pollution: measurement, modelling and mitigation: CRC Press; 2018.
- 6.Chinn RY, Sehulster L. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities; recommendations of CDC and Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). 2003.
- 7.Pirdostti PS, Sahraei DJ. Assessment of Indoor Air Quality of Residential Homes in Kermanshah. *Environ Sci Studies.* 2019;1(4):1012-02.
- 8.Bell ML, Ebisu K, Peng RD, Samet JM, Dominici F. Hospital admissions and chemical composition of fine particle air pollution. *American J Res Critic Care Med.* 2009;179(12):1115-20.
- 9.Janssen NA, Schwartz J, Zanobetti A, Suh HH. Air conditioning and source-specific particles as modifiers of the effect of PM (10) on hospital admissions for heart and lung disease. *Environ Health Persp.* 2002;110(1):43-9.
- 10.Wang X, Bi X, Sheng G, Fu J. Hospital indoor PM10/PM2. 5 and associated trace elements in Guangzhou, China. *Sci Total Environ.* 2006;366(1):124-35.
- 11.Menetrez M, Foarde K, Esch R, Dean T, Betancourt D, Moore S, et al. The measurement of ambient bioaerosol exposure. *Aerosol Sci Tech.* 2007;41(9):884-93.
- 12.Wassouf M BI. Analysis of Total SuspendedParticles (TSP) and Total Organic Carbon (TOC) in Air Samples. School of Public and Environmental Affairs1995.
- 13.DEHGHANI M, SAEEDI AA, ZAMANIAN Z. A study of the relationship between indoor and outdoor particle concentrations in Hafez Hospital in Shiraz, Iran. 2012.
- 14.Massoudinejad M, Ghajari A, Hezarkhani N, Aliyari A. Survey of Environmental Bioaerosols in ICU ward of Taleghani Hospital in Tehran by Petri-dish trapping technique and Bioaerosol Sampler in 2013. *J Safe Promotion Injury Prevention.* 2014;2(2):133-9.
- 15.Shokri S, Nikpey A, Varyani AS. Evaluation of hospital wards indoor air quality: the particles concentration. *Journal of Air Pollution and Health.* 2016;1(3):205-14.
- 16.Maroni M, Seifert B, Lindvall T. Indoor air quality: a comprehensive reference book: Elsevier; 1995.
- 17.Mohammadyan M, Keyvani S, Yazdani-Charati J, Bahrami A, Yousefi-Nejad R. Indoor and ambient air concentrations of respirable particles between two hospitals in Kashan (2014-2015). *KAUMS Journal (FEYZ).* 2017;21(1):66-73.
- 18.Huang P-Y, Shi Z-Y, Chen C-H, Den W, Huang H-M, Tsai J-J. Airborne and surface-bound microbial contamination in two intensive care units of a medical center in central Taiwan. *Aerosol Air Qual Res.* 2012;13(3):1060-9.

19.El-Sharkawy MF, Noweir ME. Indoor air quality levels in a University Hospital in the Eastern Province of Saudi Arab. J Fam Com Med. 2014;21(1):39.

20.Bhatia L, Vishwakarma R. Hospital indoor airborne microflora in private and government-owned hospitals in Sagar City, India. World J Med Sci. 2010;5(3):65-70.