

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

Ameneh Yousefzadeh <sup>1</sup>, Saeed Dehestani Athar<sup>2</sup>, Ebrahim Darvishi <sup>3</sup>, Manouchehr Ahmadi Hedayati<sup>4</sup>, Rasoul Nassiri Kalmarzi <sup>5</sup>, Afshin Maleki <sup>6</sup>

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. Therefore, 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<sub>2.5</sub>, PM<sub>4</sub>, PM<sub>7</sub>, PM<sub>10</sub>) belonged to the emergency room and the operating room, respectively. The highest level of PM<sub>1</sub> 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 سنندج از نظر ذرات معلق و مدل سازی پراکندگی آن توسط نرم افزار Surfer

آمنه یوسف زاده<sup>۱</sup>، سعید دهستانی اطهر<sup>۲</sup>، ابراهیم درویشی<sup>۳</sup>، منوچهر احمدی هدایتی<sup>۴</sup>، رسول نصیری کالمرزی<sup>۵</sup>، افشین ملکی<sup>۶</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. کد ارکید: ۵۷۴۶-۲۶۳۷-۰۰۰۰-۰۰۰۰

۲. استادیار، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، پژوهشکده توسعه سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. کد ارکید: ۳۵۹۸-۸۲۳۶-۰۰۰۰-۰۰۰۰

۳. استادیار، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، پژوهشکده توسعه سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. کد ارکید: ۱۷۸۱-۷۸۵۷-۰۰۰۰-۰۰۰۰

۴. استادیار، گروه میکروبیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. کد ارکید: ۸۹۱۸-۰۶۵۴-۰۰۰۰-۰۰۰۰

۵. دانشیار، گروه داخلی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. کد ارکید: ۲۹۰۹-۶۳۵۱-۰۰۰۰-۰۰۰۰

۶. استاد، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، پژوهشکده توسعه سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. کد ارکید: ۸۷۱۷-۸۲۶۱-۰۰۰۰-۰۰۰۰

تلفن ۰۸۷۶۶۲۵۱۳۲، پست الکترونیک [maleki43@yahoo.com](mailto:maleki43@yahoo.com)

### چکیده

**زمینه و هدف:** با توجه به اینکه بخش اعظم زمان مردم در داخل ساختمان سپری می شود، کیفیت هوای داخل ساختمان خصوصاً در محیط های درمانی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. مطالعه حاضر با هدف تعیین میزان آلاینده های ذرات معلق در هوای داخل و خارج بیمارستان توحید شهر سنندج انجام گردید.

**مواد و روش ها:** 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. نمونه های 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.

**یافته ها:** طبق نتایج این مطالعه، بیشترین و کمترین غلظت ذرات (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>4</sub>, PM<sub>7</sub>, PM<sub>10</sub>) به ترتیب در بخش های اورژانس و اتاق عمل مشاهده گردید. بیشترین میزان آلودگی از نظر غلظت ذرات PM<sub>1</sub> مربوط به بخش ICU بود. مطابق آنالیزهای انجام گرفته، بین دما و غلظت ذرات و همچنین رطوبت و غلظت ذرات، برای همه ی بخش های مورد مطالعه ارتباط معنی داری مشاهده نشد. در این مطالعه از نظر میزان ذرات، آلوده ترین 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. هوای بیرون می تواند کیفیت هوای داخل ساختمان را هم تحت تأثیر قرار دهد.

**کلمات کلیدی:** بیمارستان، ذرات معلق، کیفیت هوا، آلودگی هوا

وصول مقاله: ۱۳۹۹/۱/۳ اصلاحیه نهایی: ۱۳۹۹/۸/۱۶ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۱۷

## مقدمه

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 می‌باشند (۱). ذرات معلق هوا با توجه به اندازه آن‌ها به انواع: ذرات درشت یا PM10، ذرات ریز یا PM2.5 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 بیوآئروسل‌ها 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 تشدید 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

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  $\geq 5 \mu m$  به ریه‌ها می‌رسند؛ اما بزرگ‌ترین احتباس در آلئول‌ها 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 فصول 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 وانگ و همکاران در چین در سال ۲۰۰۵ انجام دادند، مشخص شد که در تابستان، غلظت ذرات معلق PM 2.5 و PM10 در هوای داخل بیمارستان به ترتیب ۲۱۵-۴۱ و ۲۵۰-۶۱ میکروگرم بر متر مکعب است. همچنین، غلظت این ذرات معلق در هوای آزاد، به ترتیب ۵۱-۱۸۷ و ۲۶۴-۷۴ میکروگرم بر مترمکعب 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 بیوآئروسل‌ها را در ارزیابی اثرات مواجهه بلندمدت شخصی با کودکان آسمی و بزرگسالان مورد بررسی قرار داده است. این

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 جمع آوری شد (۱۲).

در این مطالعه به منظور اندازه‌گیری ذرات و گرد و غبار هوای بخش‌های مختلف بیمارستان، از دستگاه غبار سنج پارتیکل مس کانتر TES-5200 ساخت شرکت TES تایوان استفاده شد. این دستگاه قابلیت اندازه‌گیری ذرات در دو حالت (count mode) جهت سنجش تعداد ذرات در سایزهای  $0.5 \mu m$ ،  $0.7 \mu m$ ،  $1 \mu m$ ،  $2.5 \mu m$ ،  $4 \mu m$ ،  $5 \mu m$ ،  $7 \mu m$  و  $10 \mu m$  و حالت (mass mode) جهت اندازه‌گیری سطح تراکم حجمی (غلظت ذرات) مطابق با استانداردهای PM1، PM2.5، PM4، PM7، PM10، TSP را دارا است. دستگاه هم‌زمان با این موارد، حجم یا دبی مورد نظر اندازه‌گیری، دمای هوای نمونه بر حسب  $^{\circ}C$  یا  $^{\circ}F$  (بین  $40^{\circ}C$  -  $10^{\circ}C$ ) و رطوبت نسبی (۹۰ - ۲۰٪) هوای نمونه را به ما نشان می‌دهد. سرعت جریان L/minute یا CF/minute ۲/۸۳ یا ۰/۱ است؛ به عبارت دیگر مدت زمان نمونه‌برداری یک دقیقه است. محل نمونه‌برداری 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 نمونه‌برداری، دستگاه نمونه‌برداری 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 نمونه‌برداری‌ها با استفاده از نرم افزارهای Excel و SPSS تجزیه و تحلیل گردید.

#### یافته‌ها

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

بیوآئروسول‌های هوابرد می‌توانند واکنش‌های حساس، آلرژیک، عفونی و شیمیایی را در افرادی که در معرض خطر هستند، ایجاد نمایند. نمونه‌های محیطی PM2.5 و PM10 برای کپک و آندوتوکسین‌ها هم مورد بررسی قرار گرفته شده است. غلظت‌های PM2.5 و PM10 از این بیوآئروسول‌ها به عنوان عملکرد توده PM و حجم نمونه‌های هوا گزارش شده است. نتایج نشان داده است که غلظت‌های بالاتری از آندوتوکسین‌ها در PM10 در مقایسه با PM2.5 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 آلاینده‌های هوابرد در بیمارستان‌های استان کردستان، این مطالعه در بیمارستان توحید شهر سنندج با هدف بررسی آلودگی ذرات معلق هوای داخل و خارج بیمارستان توحید شهر سنندج توسط دستگاه غبار سنج و همچنین جهت صحت بیشتر نتایج به دست آمده، مدل‌سازی پراکندگی این آلاینده‌ها 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 سنندج مورد بررسی قرار گرفت. در طی آن نمونه‌برداری 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 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

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

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  $21^{\circ}\text{C}$  تا  $24^{\circ}\text{C}$  و

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

در تابستان °C ۲۳ تا ۲۷ 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<sub>7</sub> مشاهده شده است. همچنین در بخش ICU ارتباط معنی‌داری بین دما و ذرات معلق در غلظت‌های مختلف به جز PM<sub>1</sub> به دست آمده است. در بخش عفونی در همه غلظت‌های مورد بررسی، دما و غلظت ذرات دارای ارتباط معنی‌دار و ضریب همبستگی مثبت بود؛ یعنی با افزایش دما در بخش عفونی غلظت ذرات معلق افزایش یافته 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

غلظت‌های PM<sub>1</sub> و PM<sub>2.5</sub> وجود دارد. در بخش مغز و اعصاب در غلظت‌های PM<sub>1</sub> و PM<sub>4</sub> ارتباط معنی‌دار مشاهده شد. در بخش اورژانس در غلظت‌های PM<sub>4</sub> و PM<sub>10</sub> ارتباط معنی‌دار به دست آمده است. در بخش ICU در همه غلظت‌ها به جز PM<sub>1</sub> رابطه معنی‌دار مشاهده شد؛ بنابراین می‌توان گفت که بین رطوبت و غلظت ذرات در قطره‌های مختلف در تمامی بخش‌ها، یک ارتباط مستقیم و معنی‌داری مشاهده نشده است.

کیفیت هوای بیمارستان از لحاظ وجود میزان ذرات در قطره‌های ۰/۵ μm، ۰/۷ μm، ۱ μm، ۲/۵ μm، ۴ μm، ۵ μm و ۱۰ μm:

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 قطره‌های ۰/۷ μm، ۱ μm، ۲/۵ μm، ۴ μm، ۵ μm و ۱۰ μm به ترتیب در بخش اورژانس و اتاق عمل بوده است. همچنین حداکثر و حداقل میزان ذرات در هوای آزاد مربوط به قطره‌های ۰/۵ μm با مقدار ۳۶۹۰۸۴۲/۱۷ ± ۲۳۱۲۳۶۲/۳۵۴ و برای سایز ۱ μm با مقدار ۵۵۷۶۱/۰۴۰ ± ۱۹۷۹۳/۸۸ (particle/m<sup>3</sup>) بوده است (جدول ۲).

جدول ۲. ذرات اندازه‌گیری شده به تفکیک بخش‌های مختلف مورد مطالعه (particle/m<sup>3</sup>)

بخش-های مختلف	میانگین و انحراف معیار	۰/۵ μm	۰/۷ μm	۱ μm	۲/۵ μm	۴ μm	۵ μm	۷ μm	۱۰ μm
داخلی	انحراف معیار	۱۶۷۷۱۳۷/۸۱	۹۳۰۶۳۰/۱۶	۷۰۳۶۸۰/۸۰	۳۴۹۲۷۵/۶۲	۱۲۵۷۸۹/۱۶	۶۵۹۵۴/۰۶	۲۸۳۲۷/۴۴	۱۴۶۵۸/۴۲
مردان	انحراف معیار	۱۵۴۹۷۴۴/۴۵۶	۹۳۳۷۱۸/۸۷۸	۷۲۴۳۳۵/۲۵۵	۳۳۳۱۸۸/۰۱۰	۱۴۱۸۱۷/۶۰۸	۷۶۲۸۸/۶۰۱	۳۴۱۸۱/۸۶۷	۱۸۲۱۰/۲۵۴
داخلی	میانگین	۱۲۵۴۱۲۲/۵۰	۵۸۲۴۳۲/۲۸	۳۸۲۶۷۹/۶۳	۱۴۸۶۶۹/۰۲	۴۷۵۷۹/۵۱	۲۵۱۲۹/۵۷	۱۱۱۴۲/۵۲	۵۸۲۴/۵۰
زنان	انحراف معیار	۱۰۹۹۶۹۱/۲۱۷	۵۵۶۸۸۴/۲۲۶	۳۶۰۱۸۷/۳۵۱	۱۳۹۲۲۲/۹۶۳	۴۷۷۲۸/۶۷۶	۲۵۴۰۵/۱۹۱	۱۱۵۴۱/۸۸۷	۶۲۱۹/۷۸۱
ریه	میانگین	۲۴۹۹۸۳۵/۱۰	۹۳۳۷۶۳/۲۵	۵۴۸۷۵۷/۳۶	۲۷۴۱۷۵/۵۰	۱۱۶۴۴۸/۷۷	۴۴۰۲۲/۳۸	۲۵۹۸۹/۴۰	۸۷۱۶/۱۴
	انحراف معیار	۲۲۰۲۳۳۷/۸۱۱	۸۳۸۴۴۰/۷۰۸	۵۶۵۸۸۲/۶۵۹	۲۷۶۸۲۵/۲۷۵	۱۱۴۰۹۶/۰۴۸	۴۸۳۰۸/۶۸۰	۲۷۲۹۸/۴۸۵	۹۰۵۹/۳۶۱
مغز و اعصاب	میانگین	۱۳۶۸۷۸/۶۸	۵۴۵۹۹/۵۳	۳۶۰۴۸/۲۹	۱۵۷۵۳/۸۳	۵۷۴۲/۰۵	۲۸۰۳/۳۰	۱۱۸۹/۶۴	۷۵۹/۷۲
	انحراف معیار	۴۰۸۶۸/۳۹۹	۱۴۴۴۱/۶۶۵	۷۸۸۹/۱۶۹	۲۸۱۷/۰۶۷	۱۴۷۴/۶۰۵	۵۵۰۹/۰۵	۲۷۷/۰۳۳	۲۱۴/۰۶۵
سوختگی	میانگین	۲۳۲۹۳۸/۷۵	۶۲۷۶۷/۹۶	۳۰۸۲۴/۵۰	۱۰۴۸۲/۹۲	۲۵۱۴/۷۳	۱۱۸۳/۷۵	۵۵۲/۵۹	۲۱۷/۹۰
	انحراف معیار	۴۹۵۹۴/۵۲۹	۸۳۴۰/۸۹۰	۲۸۱۷/۵۳۵	۲۱۴۱/۷۸۱	۳۷۶/۸۹۷	۲۰۰/۸۲۴	۲۲۵/۳۳۸	۹۸/۴۷۶
ICU	میانگین	۳۴۹۱۹۶۱/۱۳	۱۶۱۶۴۶۶/۴۳	۱۰۱۴۷۸۷/۹۹	۳۳۱۰۶۵/۹۶	۷۴۹۷/۰۵۵	۳۱۰۳۶/۵۱	۹۲۶۹/۷۳	۳۵۸۸/۹۰

بخش- های مختلف	میانگین و انحراف معیار	$0.5 \mu m$	$0.7 \mu m$	$1 \mu m$	$2/5 \mu m$	$4 \mu m$	$5 \mu m$	$7 \mu m$	$10 \mu m$
عفونی	انحراف معیار	۳۶۱۶۴۵۸/۱۷۰	۱۷۱۰۵۷۰/۲۳۲	۱۰۷۵۱۲۱/۷۲۸	۳۴۸۱۹۶/۴۲۲	۷۷۶۲/۸۸۰	۳۲۰۴۴/۷۸۰	۹۴۱۶/۰۰۵	۳۵۸۶/۰۴۳
	میانگین	۱۹۰۶۵۸۴/۲۲	۸۴۵۶۵۳/۷۱	۵۸۲۶۱۴/۸۴	۲۵۱۸۶۱/۰۱	۷۹۳۷۵/۷۴	۳۹۲۹۳/۲۹	۱۵۸۳۶/۲۸	۷۸۹۱/۶۴
	انحراف معیار	۲۵۴۵۶۸۵/۷۷۵	۱۰۹۰۵۰۴/۳۷۹	۷۴۴۷۸۹/۰۱۹	۳۱۷۶۳۵/۰۴۷	۹۸۸۸۱/۲۰۱	۴۸۷۲۹/۸۷۵	۱۹۸۱۴/۲۱۰	۹۸۸۲/۹۴۸
اتاق عمل	میانگین	۶۴۶۰/۵۴	۲۲۷۹/۱۵	۱۴۳۱/۱۰	۳۰۶/۲۴	۱۱۱/۹۰	۷۰/۶۷	۱۷/۶۷	۳۵/۳۴
	انحراف معیار	۱۰۲۹/۳۳۶	۵۴۶/۳۹۲	۳۹۰/۱۳۶	۳۶/۴۹۴	۵۲/۰۱۱	۲۲/۳۴۸	۱۹/۳۵۷	۲۲/۳۴۸
	میانگین	۲۷۱۴۵۲۲/۹۷	۷۹۳۴۴۵۸/۱۹	۱۸۴۱۵۲۵/۳۳	۱۰۹۳۰۹۱/۸۸	۲۶۴۷۹۹/۷۷	۱۵۰۴۴۱/۷۰	۶۴۸۷۶/۳۳	۲۷۳۹۱/۰۵
اورژانس	انحراف معیار	۲۳۲۶۱۶۱/۳۰۹	۱۳۰۷۱۷۰۴/۶۳۷	۱۱۸۸۵۳۱/۳۹۳	۵۵۰۷۲۷/۴۰۹	۱۲۳۶۴۲/۱۲۹	۲۸۸۸۸/۷۶۹	۱۶۷۸۱/۲۷۶	۴۵۲۱/۸۸۸
	میانگین	۳۶۹۰۸۴۲/۱۷	۲۰۷۵۳۸۸/۶۹	۱۵۶۷۲۶/۳۸	۷۰۷۸۶۸/۰۸	۲۲۱۹۳۱/۶۸	۱۱۵۷۳۶/۱۶	۴۵۱۸۸/۴۶	۱۹۷۹۳/۸۸
	انحراف معیار	۲۳۱۲۳۶۲/۳۵۴	۱۳۹۸۴۳۲/۹۵۱	۱۰۸۸۱۱۹/۹۱۶	۵۱۵۵۷۱/۳۹۷	۱۸۸۹۹/۶۸۲	۱۱۱۱۰۰/۱۲۳	۴۲۴۳۱/۴۵۹	۱۶۷۵۵/۰۴۰
هوای بیرون									

با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه ارتباط بین ذرات و بخش های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که به استثنای ذرات با قطرهای  $0.5 \mu m$ ،  $0.7 \mu m$ ، برای سایر ذرات ارتباط معنی داری بین ذرات و بخش های مختلف مشاهده شد. به این معنی که تعداد ذرات مشاهده شده در سایزهای  $1 \mu m$ ،  $2/5 \mu m$ ،  $4 \mu m$ ،  $5 \mu m$ ،  $7 \mu m$  و  $10 \mu m$  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 دما و تعداد ذرات مشاهده شده وجود دارد غیر از  $0.7 \mu m$  و  $5 \mu m$  که در این دو اندازه مورد بررسی بین تعداد ذرات و دما ارتباط معنی دار مشاهده نشد. در بخش ICU ارتباط معنی داری بین تعداد ذرات و دما در تمامی اندازه های مورد بررسی وجود دارد. در بخش اتاق عمل فقط در مورد ذرات با اندازه های  $2.5 \mu m$  ارتباط معنی داری بین تعداد ذرات و دما مشاهده شد و در بقیه موارد ارتباط معنی داری وجود ندارد و در بخش

اورژانس در اندازه های  $0.5 \mu m$  و  $10 \mu m$  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 به جز  $1 \mu m$  و  $0.7 \mu m$  و  $0.5 \mu m$  وجود دارد. در بخش سوختگی ارتباط معنی داری بین تعداد ذرات مشاهده شده با RH وجود ندارد فقط در اندازه های  $7 \mu m$  و  $5 \mu m$  ارتباط معنی داری بین تعداد ذرات و RH و 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 اتاق عمل فقط در اندازه  $1 \mu m$  ارتباط معنی داری بین RH و تعداد ذرات مشاهده شد. در بخش اورژانس در اندازه های مورد بررسی  $10 \mu m$  و  $7 \mu m$  و  $0.5 \mu m$  ارتباط معنی داری بین RH و تعداد ذرات مشاهده است. در این بررسی با توجه به نتایج سنجش میزان ذرات در سایزهای مختلف و به

تفکیک بخش‌های مختلف در هوای داخل و خارج بیمارستان، بیشترین و کمترین میزان ذرات در قطره‌های

جدول ۳. بالاترین و پایین‌ترین مقدار ذرات در بخش‌های بیمارستان ( $\text{particle}/\text{m}^3$ )

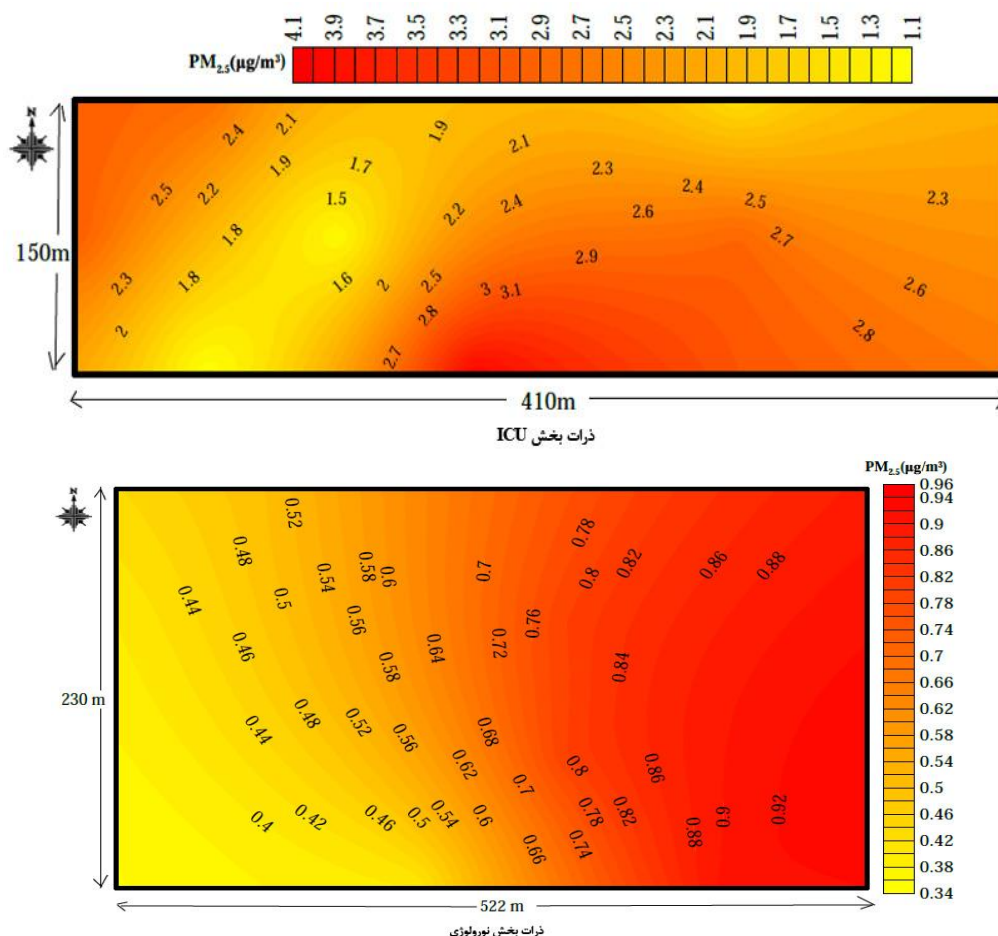
بخش سایز ذرات	ICU	اتاق عمل	اورژانس	داخلی مردان	داخلی زنان	ریه	نورولوژی	عفونی	سوختگی	بیرون
$10 \mu$	ma	۲۷۳۹۱/۰۵								
	x									
	min	۳۵/۳۴								
$7 \mu$	ma	۶۴۸۷۶/۳۳								
	x									
	min	۱۷/۶۷								
$5 \mu$	ma	/۷۰								
	x	۱۵۰۴۴۱								
	min	۷۰/۶۷								
$4 \mu$	ma	/۷۷								
	x	۲۶۴۷۹۹								
	min	۱۱۱/۹۰								
$2.5 \mu$	ma	/۸۸								
	x	۱۰۹۳۰۹۱								
	min	۳۰۶/۲۴								
$1 \mu$	ma	/۳۳								
	x	۱۸۴۱۵۲۵								
	min	۱۴۳۱/۱۰								
$0.7 \mu$	ma	/۱۹								
	x	۷۹۳۴۴۵۸								
	min	۲۲۷۹/۱۵								
$0.5 \mu$	ma	/۱۷								
	x	۳۴۹۱۹۶۱/۱۳								
	min	۶۴۶۰/۵۴								

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

مدل‌سازی پراکندگی آلاینده‌ها با استفاده از نرم افزار SURFER:

با توجه به اهمیت بهداشتی ذرات  $\text{PM}_{2.5}$  نسبت به سایر ذرات، نقشه‌های مربوط به توزیع میزان ذرات با استفاده از نرم افزار surfer تنها برای ذرات  $\text{PM}_{2.5}$  تهیه شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نرم افزار سارفر توزیع احتمالی آلاینده در قسمت مورد نظر را برای ما ترسیم می‌کند. با توجه به نقشه‌های حاصل از کلیه بخش‌ها، بالاترین میزان آلاینده احتمالی در بخش عفونی و به دنبال آن به ترتیب در هوای بیرون بیمارستان، بخش اورژانس، ICU، ریه، داخلی





شکل ۱. پراکندگی آلاینده PM<sub>2.5</sub> با استفاده از نرم افزار SURFER برای دو بخش ICU و نورولوژی

بر اساس سنجش غلظت ذرات در هوای آزاد توالی ( $PM_1 < PM_{10} < PM_7 < PM_4 < PM_{2.5}$ ) 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 آلودگی از نظر تراکم ذرات PM<sub>10</sub> و PM<sub>2.5</sub> مربوط به اتاق عمل و بخش زایمان بوده است که با نتایج بررسی‌های این مطالعه همسو است (۲). در مطالعه دیگری با بررسی هوای بخش‌های بیمارستان شهید بهشتی حداقل و حداکثر میانگین

بیشترین عدد منحنی‌های کانتر در قسمت شرقی بخش عفونی ۵/۴ است که این عدد به تدریج به سمت مرکز کم می‌شود و در کناره‌های غربی به عدد ۲/۴ 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، ICU، اورژانس و داخلی زنان و مردان، میزان توزیع آلاینده‌ها در تمام ایستگاه‌های اندازه‌گیری در این بخش‌ها بالا بوده است.

## بحث

غلظت ذرات PM<sub>2.5</sub> به بخش ICU و بخش اطفال و حداقل و حداکثر میانگین غلظت ذرات PM<sub>10</sub> در هوای داخل بیمارستان به بخش‌های اطفال و اتاق عمل اختصاص داشته است (۱۵).

جدول ۴. استاندارد EPA جهت کیفیت هوای محیط برای آلاینده‌های PM<sub>2.5</sub> و PM<sub>10</sub> (۱۶)

آلاینده	اولیه/ثانویه	متوسط زمان	میزان	به شکل
آلودگی ذرات	اولیه	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
	اولیه و ثانویه	۲۴ ساعت	۳۵ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	۹۸٪، به طور متوسط بیش از ۳ سال
PM <sub>10</sub>	اولیه 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 عفونی، می‌تواند به دلایلی از جمله تعداد زیاد بیماران بستری در بخش، تردد زیاد همراهان و همچنین حضور دانشجویان کارآموز در این بخش‌ها، استفاده از وسایل 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 و ۲/۵ 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 قطره‌های مختلف در تمامی بخش‌ها، یک ارتباط مستقیم و معنی‌داری مشاهده نشده است. بر اساس اطلاعات به دست آمده از مطالعه‌ی سهرابی و همکاران با ارزیابی کیفیت هوای داخلی، نتایج نشان داد که با افزایش رطوبت غلظت ذرات معلق در محیط داخلی افزایش یافته است درحالی‌که 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 PM<sub>10</sub> و PM<sub>2.5</sub> 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 آلاینده‌های خارجی (بیوآئروسول‌ها 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 عفونی ارتباط معنی‌داری بین دما و ذرات معلق در غلظت‌های مختلف به

از مقدار استاندارد ۲۴ ساعته WHO , USEPA است (جدول شماره ۴) (۱۶)

یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که تقریباً در بیشتر نمونه‌ها به‌جز بخش اورژانس، نسبت آلاینده‌های خارجی بیشتر از داخلی بوده است؛ که این مطلب گویای آن است که بیوآئروسول‌های خارجی و ذرات معلق به محیط داخلی نفوذ می‌کنند. این می‌تواند یکی از دلایل افزایش آلاینده‌های هوا بر محیط داخلی بیمارستان از طریق مجاری سیستم تهویه نامناسب باشد. با توجه به داده‌های حاصل از این مطالعه نتیجه می‌گیریم که کیفیت هوا در همه بخش‌های بیمارستان از وضعیت مناسبی برخوردار است و این می‌تواند دلایلی مانند فصل نمونه‌برداری، استفاده از تجهیزات مناسب کنترل‌کننده آلاینده‌ها و طراحی مناسب ساختمان و همچنین بستن دریچه‌های نفوذ هوا به محیط داخل ذکر کرد. با کنترل و کاهش میزان آلودگی هوا در بخش‌ها، می‌توان بسیاری از بیماری‌ها و عفونت‌های بیمارستانی را کاهش داد. در نهایت پیشنهاد می‌شود که علاوه بر بالا بردن عملکرد آگروفن‌ها با تعویض به موقع فیلترها جهت تخلیه هوای موجود در بخش‌ها، از هواساز جهت ورود هوای تازه به بخش استفاده شده و حتی‌الامکان از باز کردن پنجره‌ها 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 نویسندگان این مقاله از حامیان مالی طرح و همکاران اجرایی تشکر می‌نمایند. مسئولیت صحت کلیه نتایج و مطالب به عهده دانشجو است.

(PM<sub>10</sub>) با پارامتر رطوبت همبستگی معکوس دارد و رابطه معنی‌داری با همدیگر نداشتند (۱۳).

مطابق داده‌های حاصل از جدول ۲، آلوده‌ترین بخش از نظر حضور میزان ذرات مربوط به بخش اورژانس بود که به دلایلی نظیر طیف گسترده‌ای از انواع بیماران و ازدحام آن‌ها در اورژانس نسبت به سایر بخش‌ها یا تردد بالای مراجعه‌کنندگان، تعداد راه‌های ورودی بیشتر بخش اورژانس، عدم رعایت موازین بهداشتی، استعمال دخانیات و تهویه ناکافی می‌توان اشاره نمود (۱۹، ۲۰). همچنین در این مطالعه بهترین شرایط برای بخش اتاق عمل مشاهده شد که می‌تواند 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 مطالعه‌ای که توسط نیک‌پی و همکاران انجام گرفت، بیشترین تعداد ذرات با قطرهای ۰/۳ و ۲/۵ میکرومتر به بخش اورژانس اختصاص داشته است (۱۴). در مطالعه شکری و همکاران بالاترین تعداد ذرات معلق در قطرهای کمتر از ۱۰ و ۲/۵ میکرومتر مربوط به بخش قلب مردان و حداقل تعداد ذرات در قطرهای ۱۰ و ۲/۵ در بخش‌های 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 عمده دلایل آن می‌تواند قرار گرفتن اتاق انتظار در ورودی بخش و تردد بالا در این قسمت‌ها باشد. این در حالی است که میزان توزیع آلاینده‌ها در سایر بخش‌ها از توزیع یکنواختی برخوردار بود.

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که میانگین غلظت ذرات در تمامی بخش‌های 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, Omid 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, Schulster L. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities; recommendations of CDC and Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). 2003.
7. Pirdosti 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 Suspended Particles (TSP) and Total Organic Carbon (TOC) in Air Samples. School of Public and Environmental Affairs 1995.
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.