

## بررسی ذرات معلق و بیوآیروسول‌های باکتریایی در هوای تنفسی زندانیان

محمدصادق سخاوت جو<sup>۱</sup>، رویا ذکاوتی<sup>۲</sup>، محسن پیمانی فروشانی<sup>۳</sup>

پذیرش: ۹۲/۰۹/۲۱

دریافت: ۹۲/۰۶/۲۵

### چکیده

**زمینه و هدف:** بسیاری از اختلالات تنفسی و غیرتنفسی در ارتباط با حضور بیوآیروسول‌ها در هوای داخل و محیط خارج است. بهترین شرایط برای حیات بیوآیروسول‌ها رطوبت بالا و دمای متوسط است که معمولاً در فضاهای بسته و با جمعیت بالا و متمرکز مانند زندان وجود دارد و با ایجاد کانون‌های نشر عوامل بیماری‌زا در غالب ذرات هوابرد از طریق تنفس، عطسه و سرفه سلامت زندانیان را در معرض خطر شیوع بیماری‌ها قرار می‌دهد. از این‌رو تعیین غلظت ذرات معلق هوا و همچنین شناسایی و تعیین مقدار انواع باکتری‌های موجود در هوای تنفسی زندانیان در نقاط پرتراکم محیط‌های داخلی یکی از زندان‌ها و ارتباط این دو با یکدیگر هدف تحقیق است.

**روش بررسی:** این تحقیق در دو فصل تابستان و زمستان سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. در این مطالعه از دستگاه *TSI* برای جمع‌آوری ذرات معلق  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  و از محیط‌های کشت بلاد آگار، *EMB* آگار و لون اشتاین برای شناسایی باکتری‌ها در ۶ نقطه بسته و پرجمعیت زندان در دو بخش خوابگاهی و درمانی استفاده شد که طبق روش استاندارد *NIOSH 0800* در دو فصل تابستان و زمستان متوالی با استفاده از پمپ دبی بالای  $28.3 L/min$  و ایمپکتور تک مرحله‌ای اندرسون با مدت زمان نمونه‌برداری  $2/5 min$  برای هر پلیت (ظرف دردار پهن حاوی محیط کشت) و طی مراحل آزمایشگاهی صورت پذیرفت و درنهایت پس از شمارش و تشخیص کلونی‌های رشد یافته و تعیین تراکم بر حسب  $CFU/m^3$ ، داده‌ها توسط نرم‌افزار *SPSS* مورد تحلیل آزمون‌های آماری *Anova* و *Correlation* و *Post Hoc* و آزمون همبستگی پیرسون قرار گرفتند. یافته‌ها: مقادیر ذرات معلق در نقاط نمونه‌برداری خوابگاهی بیش از حد مجاز  $24 h$  و در مکان‌های درمانی کمتر از حد مجاز بودند. از این ۶ ایستگاه، در ۳ ایستگاه از هر دو گروه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی و در سه ایستگاه فقط باکتری‌های گرم مثبت کشت داده شدند. بیشترین بارآلودگی میکروبی در کریدور اصلی زندان و خوابگاه ۲ و کمترین مقدار آلودگی در خوابگاه بیماران بستری و خوابگاه سل مشاهده شدند. نتایج نشان داد که بین ذرات معلق و بار میکروبی موجود در هیچ یک از فصول تابستان و زمستان ارتباط معنی‌داری وجود نداشت لیکن بین میزان تراکم جمعیت، تعداد تهویه و تراکم باکتری در هوای تنفسی زندانیان ارتباط قوی و از نوع مستقیم برقرار بود.

**نتیجه‌گیری:** باتوجه به اینکه طبق یافته‌ها بیشتر بار آلودگی میکروبی و غلظت غیرمجاز ذرات در بخش‌های خوابگاهی و عمومی بوده است می‌توان ورود روزانه زندانیان جدید، تراکم بالای جمعیت، وجود زندانیان بیمار و نیز زندانیانی که دارای بیماری‌های تنفسی پنهان هستند و هنوز علائم بالینی را نشان نداده‌اند، شرایط آب و هوایی و هجوم ریزگردها را در آلوده بودن نقاط پر تردد و پر تراکم زندان مورد بررسی دخیل دانست که نیازمند کاهش جمعیت و اقدامات مهندسی و بهداشتی تکمیلی است.

### واژگان کلیدی: بیوآیروسول، زندان، ذرات معلق، باکتری، بیماری تنفسی

۱- PHD، استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، گروه محیط زیست، اهواز، ایران

۲- PHD، استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، گروه پرستاری و مامایی، ایران

۳- (نویسنده مسئول): دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست گرایش آلودگی هوا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ایران

## مقدمه

انسان در طول ۲۴ h حدود  $20 \text{ m}^3$  هوا و میکروارگانیسم‌های موجود در آن را استنشاق می‌کند. میکروب‌های غیربیماری‌زا مشکل خاصی ایجاد نمی‌کنند اما برخی از انواع میکروارگانیسم‌ها بیماری‌زا بوده و سلامتی انسان را به خطر می‌اندازد (۱). میکروارگانیسم‌ها در همه جای محیط اطراف ما وجود دارند: آب، خاک، هوا، حیوانات و انسان‌ها. به میکروارگانیسم‌های موجود در هوا، میکروارگانیسم‌های هوابرد یا بیوآیروس‌ها گفته می‌شود (۲ و ۳).

بیوآیروس‌ها شامل باکتری‌های مرده یا زنده بیماری‌زا یا غیربیماری‌زا، ویروس‌ها، قارچ‌ها، کپک‌ها، آلرژن‌ها با وزن ملکولی بالا، سموم اندوتوکسین باکتریایی، سموم قارچی، پپتیدوگلیکان‌ها، گرده و فیبرهای گیاهی هستند (۴).

تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در زمینه ارتباط ذرات هوابرد با بیماری‌ها و نیز نقش بیوآیروس‌ها در نشر و انتقال بیماری‌های فصلی، محلی و حتی پاندمیک (نظیر آنفلوآنزای خوک) بویژه از طریق هوای تنفسی و ابتلا جمعیت زیادی از انسان‌ها صورت گرفته است لیکن کانون توجهات بر مراکز درمانی و بیمارستان‌ها و گاهی بر ساختمان‌ها (با هدف بررسی تهویه مطبوع) بوده است و تاکنون برای نقش و جایگاه بیوآیروس‌ها در گسترش بیماری‌ها در جمعیت‌های متمرکز نظیر زندان بررسی خاصی انجام نشده است (۵).

بر اساس گزارشات سازمان بهداشت جهانی درحال حاضر بیماری‌های تنفسی در مقایسه با سایر بیماری‌ها از افزایش بیشتری برخوردار هستند طبق گزارش این سازمان تقریباً یک سوم جهان به میکروب سل به عنوان یک بیماری خطرناک با عامل انتقال از راه تنفس، آلوده بوده و در خطر ابتلا به آن قرار دارند و هر ساله حدود  $1/5$  میلیون نفر در اثر این بیماری جان می‌سپارند (۶). با توجه به نحوه اصلی انتقال که بصورت آیروس‌هاست، وجود این میزان مرگ و میر می‌تواند حکایت از نقش هوا در انتشار عفونت‌ها باشد. بیوآیروس‌ها می‌توانند سبب عفونت و حساسیت در انسان و حیوان شوند. طاعون، تولارمی، سیاه زخم، آسم، بیماری‌های فصلی نظیر آنفلوآنزا، برخی از پاندمی‌ها نظیر آنفلوآنزای خوک و بویژه بیماری سل از جمله بیماری‌هایی هستند که عامل ایجادکننده آنها بصورت

بیوآیروس‌ها بوده و از طریق هوا منتقل می‌شود. بیوآیروس‌ها می‌توانند بصورت زنده یا غیرزنده در هوا وجود داشته باشند. بهترین شرایط برای حیات آنها رطوبت بالا و دمای متوسط است. شرایطی که اکثراً در فضاهای بسته و با جمعیت بالا نظیر زندان وجود داشته و وضعیت جوی و اقلیمی استان نیز بر آن اثر افزایش داده است. اقدامات پیشگیرانه جهت کاهش میزان انتقال بیماری‌ها با وجود توصیه‌های فراوان از پیشرفت رضایت‌بخشی برخوردار نبوده است. از این رو در صورت وقوع یک حمله میکروبی، طبیعی خواهد بود که جمعیت زیادی تأثیرپذیرند (۷).

در این بین زندان با توجه به شرایط خاص حاکم بر آن از نظر محدودیت و ثابت بودن فضا و خوابگاه‌ها و از سویی ورود روزانه افراد جدید از سطوح گوناگون اجتماعی و با وضعیت سلامت جسمی و شرایط سنی متفاوت می‌تواند در کنار شرایط زمینه‌ای گفته شده به همراه عوامل مستعدکننده فردی و گروهی نظیر استعمال دخانیات، ایجاد کانون‌های نشر عوامل بیماری‌زا در غالب ذرات هوابرد (ذرات معلق) از طریق تنفس و عطسه و سرفه نماید و روشن است که افراد موجود همگی در معرض ابتلا به بیماری‌های ناشی از این میکروب‌های منتشره در هوا قرار دارند (۸). این مطالعه با هدف بررسی نوع و تراکم بیوآیروس‌های باکتریایی و نیز ذرات معلق  $\text{PM}_{2.5}$  و  $\text{PM}_{10}$  در هوای تنفسی خوابگاه‌ها و نقاط پرتراکم یکی از زندان‌های کشور انجام شده است. با استفاده از نتایج این مطالعه می‌توان نوع باکتری‌ها و نقاط آلوده و نیز میزان مواجهه  $24 \text{ h}$  با این عوامل را برآورد و سپس جهت کنترل آنها در محیط‌های آلوده برنامه‌ریزی نمود.

## مواد و روش‌ها

ابتدا براساس شاخص‌های مهم تراکم جمعیت (حاصل تقسیم کل جمعیت موجود در هر ایستگاه نمونه‌برداری بر سطح آن بصورت نفر بر متر مربع)، میزان بالای تردد، نرخ زندانیان بیمار، ورود زندانیان جدید و بسته بودن فضا، جامعه آماری مورد نظر از زندان مرکزی استان با بیشترین جمعیت انتخاب شد و پس از بررسی فنی مهندسی پلان خوابگاه‌ها و شکل‌بندی آنها تعیین نقاط پرتراکم و پرخطر (بر اساس بیماری‌یابی‌های روزانه بهداشتی

یک مرحله‌ای اندرسون و پمپ High Volume با دبی ۲۸/۳ L/min و زمان نمونه‌برداری ۲/۵ min برای هر پلیت برای ایستگاه‌های مشخص شده استفاده گردید. در این روش حجم نمونه باید به گونه‌ای انتخاب شود که برای هر ایستگاه حداقل ۱۰ پلیت حاوی میکروارگانیزم رشد یافته وجود داشته باشد. نمونه‌برداری در دو ارتفاع سطح زمین (خوابیده) و ایستاده به عنوان سطوح تنفسی افراد در تخت‌ها پایین و بالا انجام گرفت (۳ و ۱۰) که در مجموع نمونه‌های شاهد و اصلی و حذف خطای احتمالی عدم رشد کلونی، برای شش ایستگاه درون زندان به تعداد ۹۰ نمونه برای هر محیط کشت نیاز بود. برای کشت باکتری‌ها از محیط کشت بلاد آگار و EMB آگار استفاده گردید بنابراین تعداد نمونه‌ها به ۱۸۰ پلیت حاوی محیط‌های کشت رسید. محیط‌های کشت با حفظ شرایط استریل کامل در آزمایشگاه ساخته شده و پس از قرار دادن در پوش و بسته شدن بوسیله پارافیلیم، به صورت وارونه در محل خنک نگهداری گردیدند سپس برای نمونه‌برداری بیوآیروس‌های باکتریایی طبق روش استاندارد، هوا را از روی پلیت‌ها عبور داده و درب پلیت‌ها بسته شده و با استفاده از پارافیلیم و با هدف پیشگیری از آلودگی‌های ثانویه محکم گردید و کد ایستگاه نمونه‌برداری و تاریخ بر روی پلیت‌ها نوشته شد. کدهای نوشته شده در روی نمونه‌ها در جدولی ثبت شدند که حاوی اطلاعات محل نمونه‌برداری، مدت زمان و دبی نمونه‌برداری، تاریخ و ساعت نمونه‌برداری، فشار هوا، دما و رطوبت نسبی بود. در هر بار نمونه‌برداری شرایط استریل ایمپکتور و اتصالات پمپ با استفاده از الکل ۷۰٪ مجدداً مهیا گردید. پلیت‌های حاوی محیط کشت، پس از نمونه‌برداری مجدداً بصورت وارونه در داخل COLD BOX قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل شده و در کمترین زمان ممکن به انکوباتور با دمای تنظیم شده بر روی ۳۷ °C انتقال یافتند و پس از مدت ۴۸ h محیط‌های کشت بررسی و کلونی‌های تشکیل شده بر روی آنها زیر میکروسکوپ شمارش شدند. در مقاله Lavoie و همکاران به این موضوع اشاره شده است (۹). برای شمارش کلونی‌ها از دستگاه کانتر و برای محاسبه تراکم کلونی‌های شمارش شده، ابتدا حجم

زندان در کلیه بندها) زندان به ۶ نقطه پرخطر با فضای بسته که بیشترین تراکم و تردد را در طول روز به خود اختصاص داده‌اند از نظر تولید و نشر بیوآیروس‌ها شامل سه نقطه درمانی و سه نقطه غیردرمانی و خوابگاهی تقسیم‌بندی شد که فهرست آنها در جدول زیر آمده است.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌ها در محدوده مورد مطالعه

کد ایستگاه	نام ایستگاه	نوع کاربری
۱	خوابگاه ۲	اقامتی - خوابگاهی (غیر درمانی)
۲	خوابگاه ۴	اقامتی - خوابگاهی (غیر درمانی)
۳	خوابگاه سل	اقامتی - درمانی
۴	خوابگاه بیماران بستری	اقامتی - درمانی
۵	کریدور اصلی زندان	تردد عمومی
۶	اورژانس بهداشتی	درمانی

این مطالعه که طی دو فصل تابستان و زمستان سال ۱۳۹۱ در یکی از زندان‌های کشور مورد بررسی قرار گرفت از سه مرحله تشکیل شده است:

#### ۱ - نمونه‌برداری از ذرات معلق $PM_{10}$ و $PM_{2.5}$

در این مطالعه ایستگاه‌های مشخص شده درون زندان از نظر تعیین مقدار ذرات معلق  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  مورد بررسی قرار گرفتند. برای نمونه‌برداری از دستگاه اندازه‌گیری وزنی ذرات (دستگاه غبارسنج محیطی یا TSI Trust. Science: Innovation) استفاده شد زیرا این دستگاه توانایی اندازه‌گیری ذرات معلق در اندازه‌های موردنظر با دبی از پیش تعریف شده و زمان ۲ min برای هر نمونه‌برداری را دارد. برای یکسان بودن شرایط جوی و محیطی و تحلیل آماری مورد نیاز، نمونه‌برداری سنجش ذرات طی سه روز متوالی و در هر روز برای همه ایستگاه‌ها، سه نمونه با فاصله زمانی کمتر از ۵ min اندازه‌گیری و ثبت گردید (۳ و ۹). دما و رطوبت نیز با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج و دماسنج مورد اندازه‌گیری قرار داده شدند.

#### ۲ - نمونه‌برداری از بیوآیروس‌های باکتریایی

در این تحقیق براساس روش استاندارد NIOSH0800 از روش برخورد ذرات به درون پلیت‌های حاوی محیط کشت با استفاده از ایمپکتور (جداکننده ذرات از روش برخورد)

### یافته‌ها

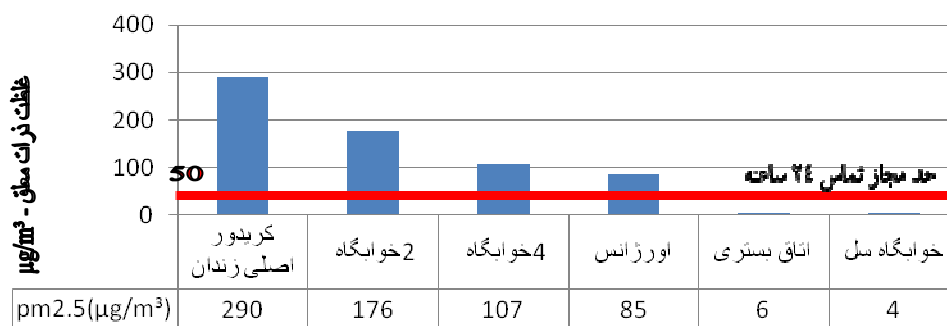
#### الف - ذرات معلق - فصل تابستان

براساس نمونه‌برداری‌های انجام شده در ایستگاه‌های تعیین شده زندان مشخص شد که در تابستان محدوده تغییرات ذرات معلق  $PM_{2.5}$ :  $290 - 4$  (نمودار ۱) و محدوده تغییرات ذرات معلق  $PM_{10}$ :  $314 - 21$  (نمودار ۲) بوده است. در نمودارهای ۱ و ۲ مقادیر اندازه‌گیری شده با مقدار مجاز تماس ۲۴ h (EPA (Environmental Protection Agency) (۱۲)، در فضاهای بسته مقایسه گردیده‌اند. میانگین غلظت ذرات و انحراف معیار و واریانس مقادیر  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  این فصل در جدول ۲ آورده شده‌اند.

هوای نمونه‌برداری با توجه به دما و فشار محیط تصحیح شده و سرانجام تراکم برحسب  $CFU/m^3$  محاسبه گردید در کتاب Bahrami به این موضوع اشاره شده است (۱۱).  
۳- شناسایی و تشخیص کلونی‌های رشد یافته در محیط کشت:

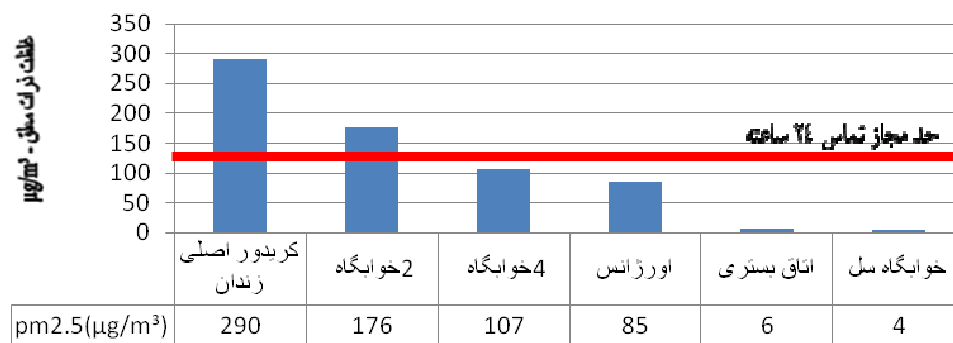
از آنجایی که تشخیص میکروارگانیسم‌های باکتریایی از نظر گونه، هزینه زیادی داشتند و هدف نیز بررسی حضور یا عدم حضور این عوامل در هوای تنفسی و ارتباط آنها با دیگر پارامترها مانند ذرات معلق، تراکم جمعیت و میزان تهویه بوده است از این‌رو در این مطالعه فقط به شناسایی شکلی و گرم باکتری‌های کشت یافته پرداخته شد.

تابستان -  $PM_{2.5}(\mu g/m^3)$



نمودار ۱: مقایسه میانگین  $PM_{2.5}$  اندازه‌گیری شده در مکان‌های نمونه‌برداری و مقدار مجاز  $PM_{2.5}$  ۲۴ h در تابستان

تابستان -  $PM_{10}(\mu g/m^3)$



نمودار ۲: مقایسه میانگین  $PM_{10}$  اندازه‌گیری شده در مکان‌های نمونه‌برداری و مقدار مجاز  $PM_{10}$  ۲۴ h در تابستان

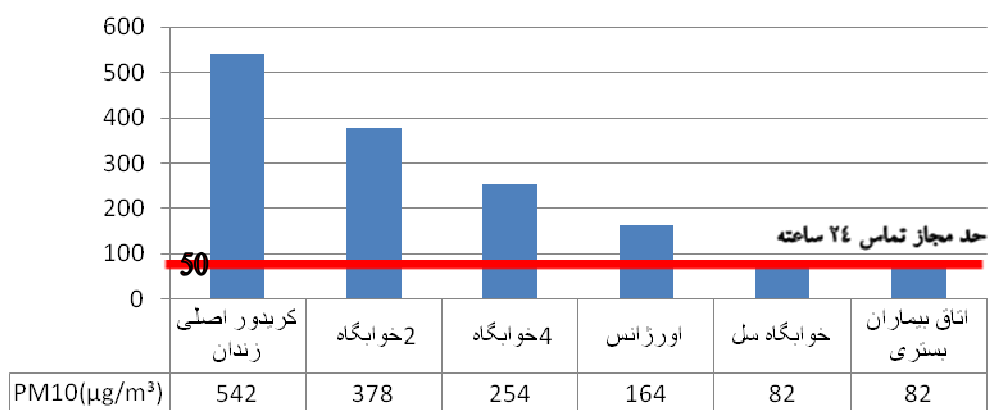
ب - ذرات معلق - فصل زمستان

براساس نمونه‌برداری‌های انجام شده در ایستگاه‌های تعیین شده زندان مشخص شد که در زمستان محدوده تغییرات ذرات معلق  $PM_{2.5}$ :  $5.2-37 \mu g/m^3$  و محدوده تغییرات ذرات معلق  $PM_{10}$ :  $54.2-82 \mu g/m^3$  بوده است. طبق نمودارهای ۳ و ۴ مقادیر اندازه‌گیری شده با مقدار مجاز تماس ۲۴ h EPA در فضاهای بسته مقایسه گردیده‌اند. میانگین غلظت ذرات و انحراف معیار و واریانس مقادیر  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  این فصل در جدول ۳ آورده شده‌اند.

جدول ۲: محاسبه واریانس و انحراف معیار ذرات  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  در فصل تابستان  $\mu g/m^3$  -

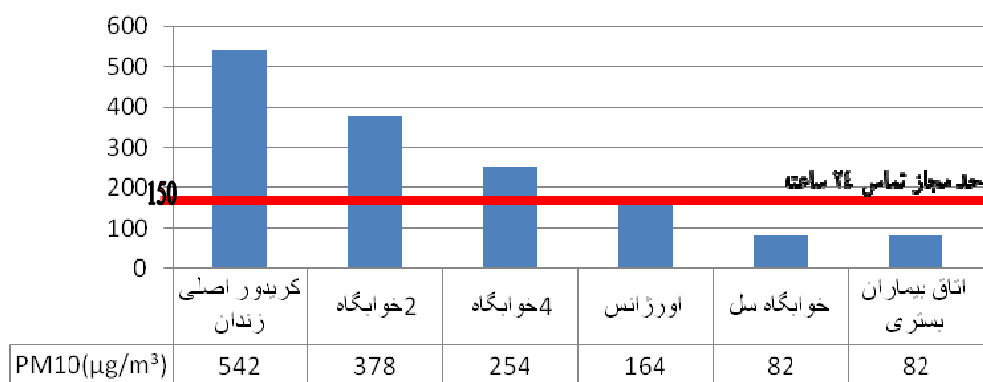
	$PM_{10}$	$PM_{2.5}$	
کریدور	۳۱۴	۲۹۰	
خوابگاه ۲	۱۸۵	۱۷۶	
خوابگاه ۴	۱۵۸	۱۰۷	
اورژانس	۱۱۶	۸۵	
اتاق بیماران بستری	۵۳	۶	
خوابگاه سل	۲۱	۴	
واریانس	۱۰۹۸۵	۱۱۸۸۶	
انحراف معیار	۱۰۵	۱۰۹	

زمستان -  $PM_{2.5} (\mu g/m^3)$



نمودار ۳: مقایسه میانگین  $PM_{2.5}$  اندازه‌گیری شده در مکان‌های نمونه‌برداری و مقدار مجاز  $PM_{2.5}$  ۲۴ h در زمستان

زمستان -  $PM_{10} (\mu g/m^3)$



نمودار ۴: مقایسه میانگین  $PM_{10}$  اندازه‌گیری شده در مکان‌های نمونه‌برداری و مقدار مجاز  $PM_{10}$  ۲۴ h در زمستان

جدول ۳: محاسبه واریانس و انحراف معیار ذرات  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  در فصل زمستان -  $\mu g/m^3$

	$PM_{10}$	$PM_{2.5}$
کریدور	۵۴۲	۵۰۲
خوابگاه ۲	۳۷۸	۲۳۴
خوابگاه ۴	۲۵۴	۱۹۱
اورژانس	۱۶۴	۱۲۷
اتاق بیماران بستری	۸۲	۳۷
خوابگاه سل	۸۲	۱۹
واریانس	۳۲۸۳۵	۳۱۱۵۰
انحراف معیار	۱۸۱	۱۷۶

### ج - بیوآیروس‌های باکتریایی

جدول ۴: مقایسه مقادیر تراکم اندازه‌گیری شده باکتری در دو فصل سرد و گرم

نام ایستگاه	تابستان	زمستان
	$CFU/m^3$	
خوابگاه ۲	۲/۸	۴/۷
خوابگاه ۴	۲/۲۴	۳/۴
کریدور	۲/۳	۴/۹
سل	۲/۴	۲/۱۴
اتاق بستری	۱/۷	۲/۶
اورژانس بهداری	۲/۱۲	۴/۲۲

### ۱- ج - فصل تابستان

گونه‌های باکتریایی و تعداد کلونی آنها برحسب  $CFU/m^3$  در نقاط شش گانه نمونه‌برداری در زندان محاسبه و مورد بررسی

قرار گرفتند براساس نمونه‌برداری‌های انجام شده و طبق جدول ۴ در این فصل مشخص شد که تراکم بیوآیروس‌های باکتریایی در بین ایستگاه‌های اندازه‌گیری  $CFU/m^3$  ۱/۷-۲/۸ بود. در خوابگاه‌های ۲، ۴ و سل فقط باکتری‌های گرم مثبت و در نقاط کریدور، اتاق بستری و اورژانس هر دو گروه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی شناسایی شدند.

بیشترین آلودگی در خوابگاه ۲ و کمترین آلودگی در خوابگاه بیماران بستری مشاهده شد. برای اثبات یا رد این فرضیه برای داده‌های مورد نظر از آزمون (one way anova) استفاده شد. در آزمون anova در صورت معنادار بودن آزمون برای اینکه تشخیص داده شود این اختلاف در بین کدام گروه‌ها بوده است از آزمون مکملی به نام آزمون post hoc استفاده می‌شود. در این داده‌ها نیز این آزمون برای تعیین گروه‌های متجانس به کار برده شد.

با استفاده از آزمون آماری one way anova و میزان بدست آمده (جدول شماره ۵:  $Pv = sig = 0, \alpha = 0.05$ ) مشخص گردید که در این فصل میانگین میزان باکتری‌ها در مکان‌های نمونه‌گیری با هم تفاوت معنی‌داری داشتند در آزمون anova در صورت معنادار بودن آزمون برای اینکه تشخیص داده شود این اختلاف در بین کدام گروه‌ها بوده است از آزمون مکملی به نام آزمون post hoc استفاده می‌شود. در این داده‌ها نیز این آزمون برای تعیین گروه‌های متجانس به کار برده شد. سپس دو روش (tukey & dunken) در آزمون post hoc نشان داد که اتاق بیماران بستری و اورژانس بهداری از نظر میزان رشد باکتری تفاوت معناداری با بقیه مکان‌ها داشتند و در واقع می‌توان گفت که علت معناداری این آزمون در مکان‌ها به دو خوابگاه بیماران بستری و اورژانس بهداری بستگی دارد.

جدول ۵: جدول آزمون anova مقایسه گونه‌های باکتری مکان‌های نمونه‌برداری - تابستان

ANOVA					
Pv = Sig .	F	Mean Square	df	Sum of Squares	
۰/۰۰۰	۷/۲۹۱	۰/۰۶۵	۵	۰/۳۲۵	Between Groups
		۰/۰۰۹	۶۶	۰/۵۸۹	Within Groups
			۷۱	۰/۹۱۵	Total

جدول ۸: همبستگی باکتری و میزان تراکم - تایستان

Correlations		
tarakom	باکتری	
۰/۸۴۲	۱	Pearson Correlation
۰/۰۳۵		Sig. (2-tailed)
۶	۶	N
۱	۰/۸۴۲	Pearson Correlation
	۰/۰۳۵	Sig. (2-tailed)
۶	۶	N

بین تعداد کلونی‌های باکتری و تعداد تهویه در این فصل همبستگی از نوع پیرسون برقرار گردید (جدول ۹). با توجه به میزان ( $r=0.861$ ) و مقدار ( $sig=0.028$ ) در واقع بین تعداد تهویه و تعداد کلونی باکتری ارتباط قوی و از نوع مستقیم برقرار است.

جدول ۹: همبستگی تعداد کلونی باکتری و تعداد تهویه - تایستان

Correlations		
تعداد تهویه	باکتری	
*۰/۸۶۱	1	Pearson Correlation
۰/۰۲۸		Sig. (2-tailed)
۶	۶	N
1	*۰/۸۶۱	Pearson Correlation
	۰/۰۲۸	Sig. (2-tailed)
۶	۶	N

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

## ۲- ج - فصل زمستان

براساس نمونه‌برداری‌های انجام شده و طبق جدول ۴ مشخص شد که تراکم بیوآیروس‌های باکتریایی در این فصل بین  $CFU/m^3$  ۴/۹ - ۲/۶ متغیر بود. در خوابگاه‌های ۲، ۴ و سل فقط باکتری‌های گرم مثبت و در نقاط کریدور، اتاق بستری و اورژانس هر دو گروه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی شناسایی شدند. بیشترین آلودگی در خوابگاه ۲ و کریدور اصلی زندان و کمترین آلودگی در خوابگاه بیماران سلی مشاهده شد. با استفاده از آزمون آماری one way anova و میزان بدست آمده ( $sig=0.003$ ,  $\alpha=0.05$ ) و سپس دو روش ( $tukey$  &  $duncken$ ) در آزمون  $post hoc$  مشخص گردید در این فصل میانگین میزان باکتری‌ها در کل مکان‌های نمونه‌گیری با هم تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۱۰).

به منظور تعیین میزان رابطه، نوع و جهت رابطه بین دو متغیر از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. در تایستان بین تراکم باکتری و میزان  $PM_{10}$  همبستگی بسیار کمی از نوع پیرسون برقرار گردید (جدول ۶) و میزان ( $r=0.181$ ) و مقدار ( $sig=0.732$ ) حاکی از این است که در واقع بین تعداد کلونی باکتری و میزان  $PM_{10}$  ارتباط معنی‌داری برقرار نیست.

جدول ۶: همبستگی باکتری و میزان  $pm_{10}$  - تایستان

Correlations		
pm <sub>10</sub>	باکتری	
۰/۱۸۱	۱	Pearson Correlation
۰/۷۳۲		Sig. (2-tailed)
۶	۶	N
۱	۰/۱۸۱	Pearson Correlation
	۰/۷۳۲	Sig. (2-tailed)
۶	۶	N

همچنین بین تراکم باکتری و میزان  $PM_{2.5}$  نیز همبستگی بسیار کمی از نوع پیرسون برقرار گردید (جدول ۷) و میزان ( $r=0.192$ ) و مقدار ( $sig=0.715$ ) نشان می‌دهد که بین تعداد کلونی باکتری و میزان  $PM_{2.5}$  نیز ارتباط معنی‌داری برقرار نیست.

جدول ۷: همبستگی باکتری و میزان  $PM_{2.5}$  - تایستان

Correlations		
pm <sub>2.5</sub>	باکتری	
۰/۱۹۲	۱	Pearson Correlation
۰/۷۱۵		Sig. (2-tailed)
۶	۶	N
۱	۰/۱۹۲	Pearson Correlation
	۰/۷۱۵	Sig. (2-tailed)
۶	۶	N

در تایستان بین تعداد کلونی باکتری و میزان تراکم جمعیت همبستگی از نوع پیرسون برقرار گردید (جدول ۸). میزان ( $r=0.842$ ) و مقدار ( $sig=0.035$ ) حاکی از این است که در واقع بین میزان تراکم جمعیت و تعداد کلونی‌ها ارتباط قوی و از نوع مستقیم برقرار است.

جدول ۱۰: آزمون anova گونه‌های باکتری مکان‌های نمونه‌برداری - زمستان

ANOVA					
Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	
۰/۰۰۳	۳/۹۰۷	۰/۰۴۴	۵	۰/۲۱۹	<b>Between Groups</b>
		۰/۰۱۱	۹۶	۱/۰۷۹	<b>Within Groups</b>
			۱۰۱	۱/۲۹۸	<b>Total</b>

در زمستان بین تراکم باکتری و میزان  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  همبستگی بسیار کمی از نوع پیرسون برقرار گردید (جدول ۱۱ و ۱۲) و میزان  $(r=0.450)$  و مقدار  $(sig=0.370)$  حاکی از این است که در واقع بین میزان تراکم جمعیت و تراکم باکتری همبستگی از نوع خطی برقرار نیست.

جدول ۱۳: همبستگی باکتری و میزان تراکم جمعیت - زمستان

Correlations			
تراکم	باکتری		
-۰/۰۷۹	۱	Pearson Correlation	
۰/۸۸۲		Sig. (2-tailed)	باکتری
۶	۶	N	
۱	-۰/۰۷۹	Pearson Correlation	
	۰/۸۸۲	Sig. (2-tailed)	تراکم
۶	۶	N	

در زمستان بین تراکم باکتری و میزان  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  همبستگی بسیار کمی از نوع پیرسون برقرار گردید (جدول ۱۱ و ۱۲) و میزان  $(r=0.450)$  و مقدار  $(sig=0.370)$  حاکی از این است که در واقع بین میزان تراکم جمعیت و تراکم باکتری همبستگی از نوع خطی برقرار نیست.

۱۴: همبستگی تعداد کلونی باکتری و تعداد تهویه -

Correlations			
تعداد تهویه	باکتری		
-۰/۵۲۲	۱	Pearson Correlation	
۰/۲۸۸		Sig. (2-tailed)	باکتری
۶	۶	N	
۱	-۰/۵۲۲	Pearson Correlation	
	۰/۲۸۸	Sig. (2-tailed)	تعداد تهویه
۶	۶	N	

در زمستان بین تراکم باکتری و میزان  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  همبستگی بسیار کمی از نوع پیرسون برقرار گردید (جدول ۱۱ و ۱۲) و میزان  $(r=0.450)$  و مقدار  $(sig=0.370)$  حاکی از این است که در واقع بین تعداد کلونی باکتری و میزان  $PM_{10}$  ارتباط معنی‌داری برقرار نشده است همچنین میزان  $(r=0.259)$  و مقدار  $(sig=0.621)$  نشان می‌دهد که بین تعداد کلونی باکتری و میزان  $PM_{2.5}$  نیز همبستگی از نوع خطی برقرار نیست.

جدول ۱۱: همبستگی باکتری و میزان  $PM_{2.5}$  - زمستان

Correlations			
باکتری	$PM_{2.5}$		
۰/۲۵۹	۱	Pearson Correlation	
۰/۶۲۱		Sig. (2-tailed)	$PM_{2.5}$
۶	۶	N	
۱	۰/۲۵۹	Pearson Correlation	
	۰/۶۲۱	Sig. (2-tailed)	باکتری
۶	۶	N	

جدول ۱۲: همبستگی باکتری و میزان  $PM_{10}$  - زمستان

Correlations			
$PM_{10}$	باکتری		
۰/۴۵۰	۱	Pearson Correlation	
۰/۳۷۰		Sig. (2-tailed)	باکتری
۶	۶	N	
۱	۰/۴۵۰	Pearson Correlation	
	۰/۳۷۰	Sig. (2-tailed)	$PM_{10}$
۶	۶	N	

در زمستان بین تعداد کلونی باکتری و میزان تراکم جمعیت همبستگی از نوع پیرسون برقرار گردید (جدول ۱۳). میزان



## بحث

خوابگاه ۲ نسبت به خوابگاه ۴ وسیع تر بوده و به دلیل جمعیت موجود در آن از تراکم (نفر بر متر مربع سطح) بالاتری نیز برخوردار بود همچنین شرایط تهویه در زمان انجام تحقیق تقریباً در هر دو مناسب و یکسان بودند. بیشترین تراکم جمعیت و کمترین میزان تهویه در کریدور برآورد گردیدند. میانگین غلظت ذرات معلق  $PM_{2.5}$  اندازه‌گیری شده در هر دو فصل تابستان و زمستان در دو خوابگاه سل و بیمارستان بستری کمتر از حد مجاز تماس  $24\text{ h}$  مورد اشاره و در مابقی نقاط بیش از حد مجاز بوده است. همچنین غلظت ذرات  $PM_{10}$  در فصل تابستان در خوابگاه‌های ۴ و ۲ و کریدور اصلی زندان بالاتر از حد مجاز بود که می‌توان دلیل آن را تراکم و تردد به نسبت کمتر افراد در خوابگاه‌های بستری و سل و اورژانس بهداشتی بویژه در بخش سل در قیاس با سایر نقاط زندان، ممنوعیت مصرف دخانیات در این بخش‌ها، تعداد تهویه و همچنین الزامات قانونی در رعایت بهداشت و پاکیزگی عمومی محیط نقاط درمانگاهی و نیز اجرای برنامه‌های پروژه ملی سل که زیر نظر سازمان ملل و در قالب گلوبال فوند فعالیت‌های زیادی در کنترل این بیماری بخصوص در زندان‌ها داشته است دانست و فقط در فصل زمستان غلظت ذرات  $PM_{10}$  در اورژانس بهداشتی نیز از حد مجاز فراتر رفته است که می‌تواند به دلیل افزایش مراجعات به بهداشتی و بیماری‌های فصلی باشد. محدوده میانگین غلظت ذرات  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  در فصل زمستان بیشتر از دامنه آن در فصل تابستان بوده است که می‌تواند به علت جریانات هوای فصلی، شرایط موسمی و نیز بارش باران و افزایش رطوبت نسبی و همچنین بالا رفتن میزان عطسه و سرفه به دلیل شیوع بیماری‌ها و حساسیت‌ها باشد. استانداردهای (American Industrial Hygiene Association) AIHA و (American Conference of Government Industrial Hygienists) ACGIH حد اکثر بار میکروبی پیشنهاد شده برای هوای آزاد و بسته در خصوص باکتری‌های غیر پاتوژنیک را  $500 - 0\text{ CFU/m}^3$  و برای باکتری‌های پاتوژنیک، صفر اعلام کرده‌اند (۱۳). علی‌رغم اینکه خطرات بهداشتی مواجهه با بیوآیروس‌ها شناسایی شده و به قطعیت رسیده است برای این دسته از

آلاینده‌های هوا برود حدود مجاز خاصی توصیه نشده و مقادیر ارابه شده هنوز در قالب پیشنهاد است که این ارقام پیشنهادی نیز دارای طیف گسترده هستند که بیشتر گفته شد. مهم‌ترین علت این موضوع را می‌توان به تنوع بیوآیروس‌ها و پتانسیل متفاوت آنها در بیماری‌زایی نسبت داد در مقاله Lavoie و همکاران به این موضوع اشاره شده است (۹). مقایسه نتایج حاصل از اندازه‌گیری تراکم بیوآیروس‌های باکتریایی در نقاط شش گانه زندان با حدود پیشنهادی نشان می‌دهد که در تمام ایستگاه‌ها بار آلودگی در محدوده پیشنهادی است.

میانگین مقدار کلونی باکتری شناسایی شده در کلیه ایستگاه‌های زندان به جز خوابگاه سل در فصل زمستان نسبت به تابستان از رشد قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده است که می‌تواند به علت افزایش بیماری‌های فصلی و آلرژی در زمستان باشد. گونه‌های باکتری شناسایی شده در دو فصل از هر دو گروه گرم مثبت و گرم منفی غیربیماری‌زا بودند. میانگین تراکم باکتری‌ها در مکان‌های نمونه‌برداری با هم تفاوت معنی‌داری داشته است که علت معناداری این آزمون در هر دو فصل تابستان و زمستان به دو مکان خوابگاه بیمارستان بستری و اورژانس بهداشتی (دارای کمترین مقادیر) بستگی دارد و علت آن را می‌توان در حساسیت و دقت بالاتر اجرای دستورالعمل‌های بهداشتی و نیز تجهیزات به کار رفته در این نقاط مانند سیستم‌های جدید تصفیه و پاک‌سازی هوا (Air Cleaner Systems) و لامپ‌های تولید اشعه فرابنفش دانست (۹ و ۱۳).

## نتیجه‌گیری

در فصل تابستان بین میزان تراکم جمعیت و تعداد کلونی‌ها ارتباط قوی و از نوع مستقیم برقرار بوده ( $Pv > 0.05$ ) ولی در زمستان بین میزان تراکم جمعیت و باکتری همبستگی از نوع خطی برقرار نگردید ( $Pv < 0.05$ ).

در فصل تابستان همبستگی بالایی بین تعداد کلونی‌های باکتری و تعداد تهویه مشاهده شد و در واقع بین تعداد تهویه و تعداد کلونی باکتری ارتباط قوی و از نوع مستقیم برقرار است ولی در زمستان هیچ‌گونه همبستگی در سطح اطمینان ۹۵٪ بین تعداد کلونی‌های باکتری و تعداد تهویه مشاهده نشده و همبستگی از نوع خطی برقرار نگردید.

همچنین در هیچ‌یک از دو فصل تابستان و زمستان بین تعداد کلونی باکتری و میزان  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  ارتباط معنی‌داری برقرار نگردید.

نتایج بدست آمده در این مطالعه بیانگر آن است که تراکم بیوآیروس‌ها در بخش‌های مختلف زندان متفاوت بوده و بطور متوسط بیشترین میزان آلودگی در کریدور اصلی زندان و خوابگاه ۲ و کمترین مقدار در اتاق‌های بستری و خوابگاه بیماران سلی وجود داشته است. این نتیجه با نتیجه مطالعه Jonidi و همکاران (۷) که در فضای بسته انجام گرفته است در توافق است همچنین مقایسه کلی باکتری‌های اندازه‌گیری شده در فضاهای بسته زندان‌های مورد مطالعه Baussano و همکاران (۸) و این تحقیق نشان داد که میانگین تراکم آلودگی در حدود مجاز پیشنهادی AIHA بوده است (۱۳ و ۱۴).

با توجه به نتایج بدست آمده، اجرای برنامه‌ای جامع در مبارزه و کنترل بیوآیروس‌ها در فضاهای بسته زندان مورد مطالعه ضروریست و در همین راستا با توجه به تراکم و قدمت ساختمانی، استانداردسازی بیشتر فضای زندان از یک سو و طراحی و نصب بهینه سیستم‌های تهویه مطبوع و کنترل دما و رطوبت، کاهش بیشتر جمعیت کیفری با اقداماتی مانند جایگزینی مجازات حبس، انتقال زندان‌هایی که در درون شهر قرار دارند به بیرون از شهر و بیماری‌ی هرچه دقیق‌تر و فعال‌سازی بهینه واحدهای مراقبت سلامت بدو ورود زندانیان از سوی دیگر پیشنهاد و توصیه می‌گردد.

### تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه با عنوان ((بررسی ذرات معلق و بیوآیروس‌های باکتریایی و قارچی در هوای تنفسی زندانیان)) در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۱ است که با حمایت دانشگاه علوم و تحقیقات خوزستان اجرا شده است.

## منابع

1. Nor Husna M, Lye M, Mariana N, Zailina H. Characterization of Bacteria and Fungi Bioaerosol in the Indoor Air of selected Primary Schools in Malaysia. *Journal of Indoor and Built Environment*. 2011;20:607-17.
2. Eduard W, Heederik D, Duchaine C, James GB. Bioaerosol exposure assessment in the workplace: the past, present and recent advances. *Journal of Environmental Monitoring*. 2012;14:334-39.
3. NIOSH. The NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM). USA: National Institute for Occupational Safety and Health; 2009.
4. Mandal J, Brandl H. Bioaerosols in Indoor Environment - A Review with Special Reference to Residential and Occupational Locations. *The Open Environmental & Biological Monitoring Journal*. 2011;4:83-96
5. WHO. WHO Guidelines for Indoor Air Quality. Copenhagen: World Health Organisation Regional Office for Europe; 2010.
6. WHO. Treatment of Tuberculosis: Guidelines for National Programmes, 4th ed. Geneva: World Health Organization; 2009.
7. Hajia M, Jonidi Jafari A, Hosaynidost R. A review of bioaerosol emission and viability in air. *Journal of Military Medicine*. 2002;4(3):181-88 (in Persian).
8. Baussano I, Williams BG, Nunn P, Beggiato M, Fedeli U, Scano F. Tuberculosis in prisons: A systematic review. *Journal of Plos Medicine*. 2010;7(12):1-10.
9. Lavoie J, Cloutier Y, Lara J, Marchand G. Guide on respiratory protection against bioaerosols. IRSST; Montreal: 2007.
10. Scott J. Bioaerosol Sampling and Theory. Toronto: DALLA LANA School of Health; 2010.
11. Bahrami A. Methods of Sampling and Analysis of Air Pollutants. Tehran: Fanavaran Publication; 2006 (in Persian).
12. EPA. National ambient air quality standards (NAAQS). Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency; 2012 [cited 2013 Jul 9]. Available from: <http://www.epa.gov/air/criteria.html>.
13. Kowalski WJ. 1998. Airborne Respiratory Disease and Mechanical Systems for Control of Microbes. New York: HPAC; 2007.
14. Nasehi M, Mirhaghani L. TB National Guide Book. 2nd ed. Tehran: Andisheh Publication; 2010 (in Persian).

## **Investigation on particle matter concentration and bacterial bioaerosols in indoor air of prisons**

Mohammad sadegh sekhavajjou<sup>1</sup>, Roya zekavati<sup>2</sup>, \*Mohsen Peymani Froshani<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PHD, Assistant Professor, Islamic Azad University, Khuzestan Science and Research Branch, Ahwaz , Iran

<sup>2</sup> PHD, Assistant Professor, Islamic Azad University, Ahwaz branch, Iran

<sup>3</sup> Master of Environment, Khuzestan province prisons administration

Received: 16 September 2013 ; Accepted: 9 December 2013

### **ABSTRACT**

**Background and objectives:** Many of non-respiratory and respiratory disorders are associated with bioaerosols in indoor and outdoor air. The best conditions for bioaerosols life are high humidity and moderate temperatures, which exist usually in indoor spaces such as the prisons, where density of individual is high. Pathogen spreading centers cause the prisoners health at risk of disease outbreaks through airborne and breathing, sneezing, and coughing. Therefore, the aim of this research work was to measure concentration of particulate matters and also to identify and determine bacteria existing in the prisoners breathing air at high-density areas in one of the prisons and their relationship with each other.

**Materials & Method:** we conducted this research during summer and winter of 2012. We used TSI apparatus for collecting particles (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>). Blood agar and EMB agar media were applied to measure bacteria in indoor air (bedchambers and clinical admission wards) of the prison. According to NIOSH 0800 method, High volume pump with 28.3 L/min flow and a Single-stage Anderson Impactor were used for sampling. The time of measuring for each plate was 2.5 min. Finally, the data achieved were analyzed using SPSS after counting and detecting bacterial colonies grown and determining its density (CFU/m<sup>3</sup>) for two consecutive seasons of summer and winter. The tests analyzed by SPSS were ANOVA, Post hoc, correlation, and Pearson correlation tests.

**Results:** Amounts of particulate matter in bedchambers were exceeded than 24-hour EPA limits, while it was less than the limits in clinical admission wards. Gram-positive and gram-negative bacteria were found in three bedchambers (50% of the bedchambers); however, gram-positive bacteria were cultivated only in three bedchambers. The maximum bacterial contamination was measured at the main Lobby of the prison and bedchamber II and the minimum value was observed in admitted patient and TB patient wards. Results showed that there is no significant relationship between the particulate matters and the bacterial density during neither summer nor winter, but there is a strong and direct relationship between the prisoners population density, ventilation systems, and bacterial density n indoor air of the studied prison.

**Conclusion:** Based on the results, the maximum contamination load and exceeded concentration was observed in public sections and bedchambers. This findings were attributed to the daily entry of new prisoners, high population density in prison, presence of ill prisoners, prisoners with hidden respiratory disease showing no symptoms yet, old building, climatic conditions of the region, low efficiency of ventilation systems, and influx of particulates. To filter and purify prison indoor air, it is crucial to take serious action plans such as reducing criminal population density, sanitary and engineering measures

**Keywords:** Bioaerosol, Prison, particulate matter, Bacteria, Respiratory disease

---

\*Corresponding Author: [peymani.froshani@gmail.com](mailto:peymani.froshani@gmail.com)

Mob: +98 916 6139676