

ORIGINAL RESEARCH PAPER

## Investigation of The Dispersion Trend of Asbestos Fibers in The Air of Tehran City In 2017

Mirghani Seyed Someah<sup>1\*</sup>, Farideh Golbabaee<sup>2</sup>, Reza Arjomandi<sup>1</sup>, Farzam Babaei Semiromi<sup>1</sup>, Ali Mohammadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>2</sup>Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 27-10-2022

Accepted: 26-12-2023

### ABSTRACT

**Introduction:** Despite the legal prohibition of asbestos fiber usage in the country, numerous studies have documented its presence in the air of various cities, including Tehran. This urban air pollution stems from the extensive use of asbestos in construction materials such as pipes, insulators in cooling and heating systems, and friction devices like brake pads and clutch plates, among other consumer products. Prolonged exposure to these fibers can have severe health consequences for residents, leading to respiratory issues, pulmonary fibrosis, and cancers such as mesothelioma. Consequently, we conducted a descriptive cross-sectional study to examine both the extent and nature of asbestos fiber distribution in Tehran's air.

**Material and Methods:** This study measured the concentration of asbestos fibers in Tehran's air over a 12-month period. Monthly samplings were conducted at eleven Tehran Air Quality Control Company-operated stations. The sample collection, preparation, and analysis adhered to the NIOSH 7400 method. Microscopic examination results were then translated into asbestos fiber concentrations using the appropriate formulas.

**Results:** Analysis of samples taken across four seasons revealed that spring recorded the highest average asbestos fiber concentration at 0.00134 f/ml, while the lowest concentration was observed in summer at 0.117 f/ml.

**Conclusion:** Given the widespread ban on asbestos use in many countries, including Iran, its presence in urban air is unexpected. Regrettably, flawed policy decisions made during the import ban announcement and the extended timeframe set for the ban's initiation allowed companies to import and stockpile asbestos indiscriminately for future use.

**Keywords:** Asbestos fibers, Tehran city, Air pollution

### HOW TO CITE THIS ARTICLE

Seyed Someah M., Golbabaee F., Arjomandi R., Babaei Semiromi F., Mohammadi A. Investigation of The Dispersion Trend of Asbestos Fibers in The Air of Tehran City In 2017. *J Health Saf Work*. 2024; 13(4): 701-713.

## 1. INTRODUCTION

Asbestos, a group of fibrous minerals, is categorized into two types: serpentine and amphibole. Within the serpentine group, a subset includes chrysotile (or white asbestos) and amphibole varieties like crocidolite, amosite,

anthophyllite, tremolite, and actinolite. Its unique physical and chemical properties, such as being odorless, tasteless, water-insoluble, non-evaporative, and resistant to heat, fire, chemicals, and biological destruction, have historically made asbestos a highly sought-after material in various industries. Before the recognition of its health

\* Corresponding Author Email: [m.seyedsomeah@gmail.com](mailto:m.seyedsomeah@gmail.com)

hazards, it was widely used in products like brake pads, cement pipes, various gaskets, heat-resistant items, insulation materials, and construction pipes.

Asbestos has also seen extensive use in military applications, construction industries, and the production of abrasive and heat-resistant goods. By 1970, over 3,000 asbestos-containing products were in production. However, increasing restrictions and bans has drastically reduced this number to less than 200 commercial products. These properties render asbestos a compact and virtually indestructible material in the environment. The carcinogenic nature of asbestos is well-recognized, making it one of the most dangerous substances for both the environment and human health, ranking just after lead and mercury in terms of hazard. The International Labor Organization (ILO) Director of Occupational Safety estimates that occupational exposure to asbestos results in approximately 100,000 deaths per year.

## 2. MATERIAL AND METHODS

In this study, the concentration of asbestos fibers in Tehran's air was measured over a 12-month period in 2017. Samplings were conducted once a month at eleven stations operated by the Tehran Air Quality Control Company. The collection, preparation, and analysis of samples adhered to the NIOSH 7400 standard. Results from microscopic examinations were converted into concentrations of asbestos fibers using relevant formulas.

The study's statistical population encompassed the city of Tehran, with a focus on its environmental air. Sampling involved the use of individual sampling pump equipment, a silicone interface hose, a coiled sampler, a cellulose ester filter, and a tripod to maintain the sampler at a height of 1.5 meters above ground level. In line with the NIOSH-7400 standard method, sampling was both long-term and active. Subsequently, the samples underwent analysis, and the findings were modeled using a phase-contrast microscope.

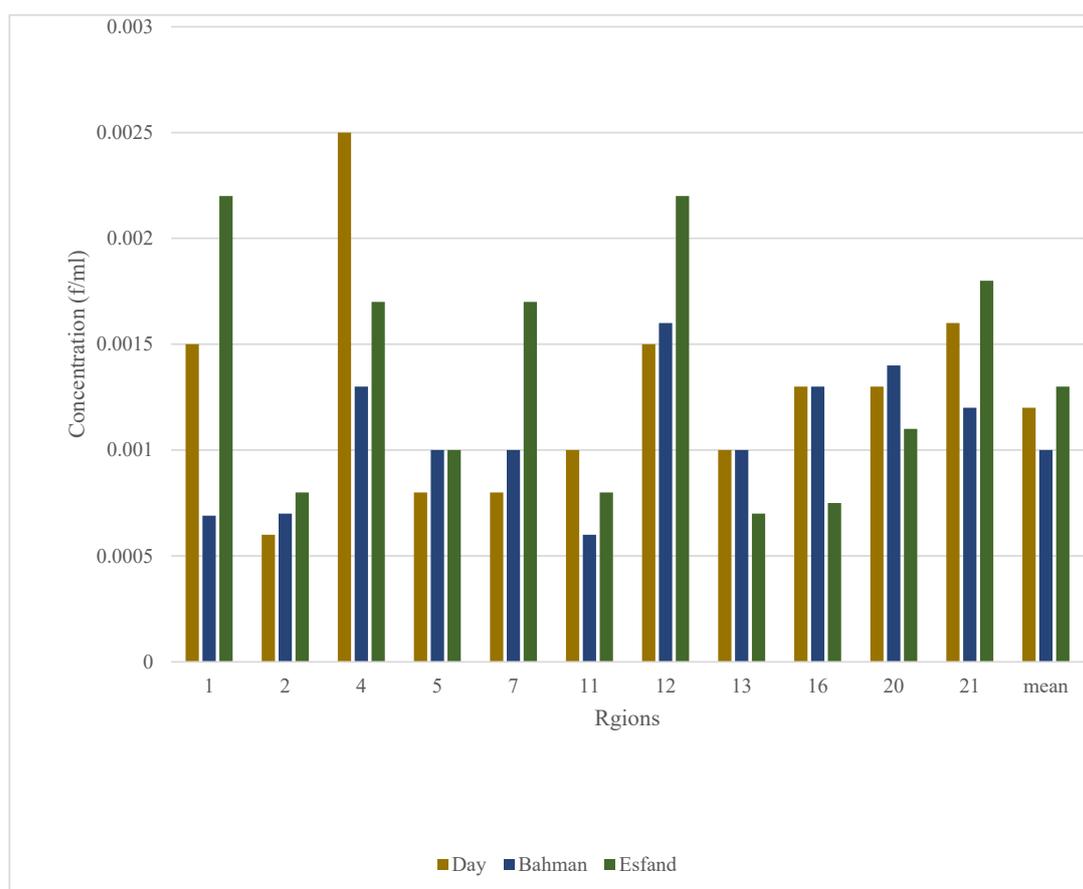


Fig. 1: Comparison of asbestos fiber concentrations in different regions in winter months of 2017 in Tehran city

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

The presence of asbestos fibers in the air that citizens breathe can lead to serious diseases such as asbestosis and mesothelioma. The World Health Organization has reported and compared the concentrations of asbestos fibers measured in the United States and Europe, suggesting a threshold of  $5 \times 10^{-5}$  f/ml as an acceptable concentration in urban air. This threshold can serve as a benchmark for assessing the safety of asbestos fiber concentrations in the air in Iran.

According to this study, the observed increase in asbestos fiber concentration during winter signifies a particularly hazardous situation for public health (as illustrated in Figure 1). This seasonal spike can be attributed to air inversion during winter, which exacerbates the deterioration of Tehran's air quality. Additionally, the heavy vehicular traffic towards the year's end contributes to this increase. Implementing appropriate health measures and protocols could mitigate this risk and reduce the concentration of asbestos fibers to safer levels.

### 4. CONCLUSIONS

This study's findings reveal that the concentration of asbestos fibers in Tehran's air exceeds the World Health Organization's acceptable limit of  $5 \times 10^{-5}$  f/ml in all four seasons. Specifically,

the spring season recorded concentrations 26.8 times higher than the acceptable limit, marking the highest levels, while the summer season exhibited the lowest concentrations, still 23.4 times over the limit. These consistently high levels of asbestos fibers throughout the year serve as a critical alert for Tehran's policymakers.

Continuous exposure to such high concentrations poses a significant health risk to Tehran's citizens, particularly those who spend extended periods on the streets, including traffic officers, police personnel, members of various guilds, government and municipal employees, students, and patients with respiratory issues hospitalized in city hospitals. Long-term exposure could result in serious health complications.

To mitigate this risk, several preventive measures are suggested. These include controlling the demolition of buildings and construction activities, monitoring the use of various types of brake pads, discs, and plates in vehicles, and implementing asbestos-free testing protocols. Additionally, developing protocols for safe building demolition, replacing brake pads and discs, and stringent monitoring of imports potentially containing asbestos are crucial steps. Through these actions, the presence of asbestos in Tehran's air can be significantly reduced, safeguarding public health.

## بررسی پراکنش الیاف آزبست در هوای شهر تهران در سال ۱۳۹۶

میرغنی سیدصومعه<sup>۱\*</sup>، فریده گلبابائی<sup>۲</sup>، رضا ارجمندی<sup>۱</sup>، فرزاد بابائی سمیرمی<sup>۱</sup>، علی محمدی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>گروه مدیریت محیط زیست دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران  
<sup>۲</sup>گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۰۵

### چکیده

**مقدمه:** علی‌رغم قانون منع استفاده از الیاف آزبست در کشور، مطالعه‌های متعدد موجود، نشان‌دهنده وجود الیاف آزبست در هوای شهرهای مختلف از جمله شهر تهران است که دلیل آن می‌تواند کاربرد وسیع این ماده معدنی در گذشته در فرآورده‌های مختلف ساختمانی مانند ایرانیت، لوله‌های آزبستی، عایق‌های سیستم‌های سرمایش و گرمایش و همچنین تجهیزات اصطکاکی، لنت ترمز، صفحه کلاچ و استهلاک آن‌ها باشد. همچنین، ورود کالاهای غیراستاندارد از مجاری غیرقانونی نیز می‌تواند به عنوان یک عامل دیگر آلودگی هوا به الیاف آزبست مطرح باشد. وجود آزبست در هوای کلان‌شهرها در دراز مدت می‌تواند منجر به ایجاد اثرات نامطلوب بر سلامتی شهروندان و سیستم تنفسی آنان شود و در نهایت منجر به ایجاد فیبروز ریوی و سرطان ریه یا مزوتلیوما گردد. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی کمی و کیفی انتشار و پراکنش الیاف آزبست در هوای شهر تهران طی سال ۱۳۹۶، طراحی و به اجرا درآمد.

**روش کار:** در این مطالعه مقطعی-توصیفی، غلظت الیاف آزبست در هوای شهر تهران طی فصول و ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۶، در ۱۱ نقطه منتخب بر اساس داده‌ها و اطلاعات بدست آمده از شرکت کنترل کیفیت هوا مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. نمونه‌برداری، آماده‌سازی و تجزیه نمونه‌ها براساس روش NIOSH7400 انجام گردیده است. بررسی کیفی الیاف مشاهده‌شده میکروسکوپی با استفاده از اطلس الیاف آزبست صورت گرفت و پس از اطمینان از نوع لیف، بررسی کمی الیاف به روش میکروسکوپ فازکنتراست انجام و نتایج حاصل با استفاده از فرمول‌های مربوطه به غلظت الیاف آزبست در هوا تبدیل گردید.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل از بررسی نمونه‌ها در چهار فصل مختلف نشان داد که بیشترین میزان پراکنش الیاف آزبست مربوط به فصل بهار با میانگین  $f/ml$   $(\pm 0/0002)$  و کمترین میزان پراکنش الیاف آزبست مربوط به فصل تابستان با مقدار میانگین  $f/ml$   $(\pm 0/0004)$  بوده است. با توجه به مناطق مختلف منتخب شهری تحت مطالعه و در نظر گرفتن ماه انجام مطالعه، کمترین غلظت الیاف آزبست در شهریور ماه در منطقه ۲۱ (شادآباد) با غلظت  $f/ml$   $0/00022$  بوده است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از یافته‌های این تحقیق نشان داد که میانگین تراکم الیاف آزبست بر اساس فصول سال متغیر بوده است و با توجه به حد آستانه قابل پذیرش این آلاینده در هوای عمومی شهرها، میانگین غلظت اندازه‌گیری‌شده در تمامی فصول بالاتر از حدود مجاز یعنی  $f/ml$   $5 \times 10^{-5}$  بوده است و لزوم اقدام کاربردی مراکز تصمیم‌گیر در خصوص پیشگیری و کنترل این آلاینده‌ها از هوای عمومی شهر تهران ضرورت می‌یابد.

**کلمات کلیدی:** الیاف آزبست، شهر تهران، آلودگی هوا

\* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: [m.seyedsomeah@gmail.com](mailto:m.seyedsomeah@gmail.com)

## مقدمه

آزیست نام گروهی از مواد معدنی لیفی شکل است که در دو گروه سرپنتین و آمفیبول قرار دارند. زیرمجموعه گروه سرپنتین شامل کریزوتایل یا آزیست سفید، کروسیدولیت، آموسیت، آنتوفیلیت، ترمولیت و اکتینولیت می‌باشند. آزیست دارای خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد است. این ماده هیچگونه بو و مزه قابل تشخیص ندارد، در آب قابل حل نبوده و تبخیر نیز نمی‌شود و در برابر حرارت، آتش و مواد شیمیایی مقاوم بوده و به شیوه بیولوژیکی نیز از بین نمی‌رود. بنابراین؛ بدلیل دارا بودن این خصوصیات ویژه در سال‌های گذشته آزیست جایگاه بسیار خوبی در صنایع مختلف جهان از جمله صنایع تولید لنت ترمز، تولید ایرانیت، لوله‌های سیمانی، انواع واشرها و محصولات مقاوم در برابر حرارت و نیز عایق کاری لوله‌های ساختمانی داشته است (۱). علاوه بر این آزیست استفاده گسترده‌ای در صنایع مختلف نظامی و صنعت ساختمانی و کالاهای سایشی و مقاوم در برابر حرارت نیز دارد. تا سال ۱۹۷۰، بالغ بر ۳۰۰۰ محصول از آزیست تولید می‌شده، اما امروزه به لحاظ محدودیت و ممنوعیت مصرف آن به کمتر از ۲۰۰ محصول تجاری کاهش پیدا کرده است. ویژگی‌های غیرقابل حل بودن در آب و مقاوم بودن آزیست، سبب شده است که آزیست ماده‌ای متراکم در محیط زیست و تجزیه ناپذیر باشد (۲). در سال‌های اخیر و پس از تشخیص عوارض و بیماری‌های ناشی از مواجهه با آزیست، این ماده به عنوان یکی از آلاینده‌های بالقوه خطرناک در جوامع صنعتی سبب ایجاد نگرانی‌هایی در جوامع مختلف گردیده است. سرطانزا بودن ترکیبات آزیست بر هیچ کس پوشیده نیست. این ماده بعد از سرب و جیوه خطرناک‌ترین ماده برای محیط زیست و انسان محسوب می‌شود (۳). اجسام آزیستی با مکانیسم‌های متفاوتی از جمله انتشار، ته‌نشینی، برخورد مستقیم و رسوب الکتریکی در راه‌های هوایی انسان جایگزین می‌شوند که فرایند بیماری‌زایی این ایفای بستگی به قطر آن‌ها و بار الکتریکی سطحی آن‌ها دارد. ایفای آزیست موجود در بافت ریه منجر به پرولیزاسیول

(پرولیفراسیون) سلولی، آسیب سلولی، التهاب و آزادسازی مواد اکسیدان از ماکروفاژهای آلوئولی شده و قادر به ایجاد فیبروز ریه هستند (۸). پیشرفت بیماری و فرایند آسیب ریه پس از قطع تماس نیز ادامه می‌یابد (۹). بیماری‌های مرتبط با آزیست معمولاً بعد از ۱۵ تا ۴۰ سال از اولین تماس با ایفای علائم خود را نشان می‌دهند و بروز بیماری به عوامل متعددی نظیر نوع و ویژگی‌های آزیست، مدت زمان تماس، میزان مواجهه، جایگزینی در نقاط حساس و ... بستگی دارد (۱۰-۱۶).

مهمترین راه پیشگیری از بیماری‌های وابسته به آزیست در محل کار و یا در هوای شهری، کنترل پراکنندگی آن در هوا می‌باشد (۹). آزیست یکی از مهمترین عوامل ایجاد بیماری‌های شغلی است (۷، ۹). بر اساس مشاهدات و مستندات علمی، تماس و یا قرار گرفتن به مدت طولانی در معرض آزیست برای سلامتی زیان‌آور و مخاطره‌آمیز بوده و باعث بیماری‌های خطرناک چون آزیستوزیس و مزوتلیوما می‌گردد (۴). لذا؛ با توجه به تخمین حداقل ۱۳۰۰ مورد سرطان به ازای مصرف سالانه آزیست در ایران (۱) و طبق آمار وزارت بهداشت طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۶ به ترتیب ۱۴۴ و ۲۳۰ و ۱۰ مورد آزیستوزیس در کشور به‌طور رسمی گزارش و ثبت شده است. مدیر برنامه ایمنی کار سازمان بین‌المللی کار (ILO) مرگ ناشی از مواجهه شغلی با آزیست را در حدود ۱۰۰/۰۰۰ مورد در سال برآورد می‌کند که این حجم از مرگ و میر ناشی از مواجهه با ایفای آزیست می‌تواند فاجعه جبران ناپذیری را در طولانی مدت ایجاد نماید (جدول ۱).

تحقیقات نشان می‌دهد که تمام انواع آزیست قادر به ایجاد بیماری هستند اما این احتمال در خصوص آزیست نوع کریزوتایل کمتر از دیگر انواع آن است (۸-۱۰). بنابراین، مطالعه حاضر با در نظر گرفتن تاثیرات نامطلوب ناشی از آزیست موجود در هوای کلان‌شهر تهران، با هدف تعیین میزان پراکنندگی ایفای آزیست در ایستگاه‌های اندازه‌گیری منتخب با در نظر گرفتن فصول و ماه‌های اندازه‌گیری انجام گردید است.

1. International Labour Organization

جدول ۱: میزان تولید آزیست چند کشور مختلف و جهان مطابق گزارش سازمان بهداشت جهانی در ۵ سال پیاپی بر حسب (تن در سال)

نام کشور	۱۹۷۹	۱۹۸۰	۱۹۸۱	۱۹۸۲	۱۹۸۳
آزانتین	۱۳۷۱	۱۳۹۱	۱۳۸۰	۱۳۱۸	۱۳۵۰
چین	۱۴۰۰۰۰	۱۳۱۷۰۰	۱۰۶۰۰۰	۱۱۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰
کل جهان	۴۸۰۰۰۰۰	۴۷۰۰۰۰۰	۴۳۰۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰۰	۴۱۰۰۰۰۰

جدول ۲: ایستگاه های اندازه گیری شرکت کنترل کیفیت هوا

ردیف	منطقه شهرداری	ایستگاه
۱	۱	اقدسیه-لنگری
۲	۲	منطقه ۲
۳	۴	جانبازان
۴	۵	پونک-عدل
۵	۷	شرکت کنترل کیفیت هوا
۶	۱۱	جمهوری-ناحیه ۲
۷	۱۲	میدان امام خمینی
۸	۱۳	پیروزی-دوشان تپه
۹	۱۶	نازی آباد
۱۰	۲۰	شهر ری-ولاء
۱۱	۲۱	شاد آباد- ۱۷ شهرپور

### روش کار

طولانی مدت و فعال بوده (دبی ۲ لیتر در دقیقه و مدت زمان ۴۸۰ دقیقه) و سپس نمونه‌ها آنالیز و شمارش نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ فازکنتراست<sup>۱</sup> (PCM) مدل Axiom، BX50 ساخت کشور آلمان انجام شد. کلیه تجهیزات مورد استفاده قبل از نمونه برداری با استفاده از فلومتر حباب صابون مورد آزمون و کالیبراسیون قرا گرفت. علاوه بر این، کالیبراسیون میکروسکوپ فاز کنتراست نیز با استفاده از خط کش کالیبراسیون HSE-NPL انجام شد. میکروسکوپ فازکنتراست روشی ساده و ارزان در شمارش الیاف آزیست است و افتراق الیاف از طریق ایجاد کنتراست و بررسی ویژگی‌های الیاف صورت می‌گیرد. بر اساس تعداد ایستگاه‌هایی که قابلیت انجام نمونه برداری طولانی مدت در آن‌ها فراهم بود و در نظر گرفتن قابلیت تکرار نمونه برداری در ۱۲ ماه، در مجموع ۱۳۲ نمونه پس از آنالیز و شمارش میکروسکوپی با استفاده از فرمول‌های ذیل تعیین غلظت شدند.

در این مطالعه داده‌های مربوط به پراکندگی الیاف آزیست که در هوای شهر تهران در ۱۲ ماه و در هر ماه یکبار در یازده ایستگاه از ایستگاه‌های شرکت کنترل کیفیت هوای تهران در سال ۱۳۹۶ مورد بررسی و پردازش قرار گرفته است (جدول ۲). قبل از بررسی کمی نمونه‌ها و شمارش، نمونه‌ها با استفاده از اطلس الیاف آزیست بررسی و پس از تشخیص الیاف آزیستی، الیاف به روش NIOSH 7400 شمارش و نتایج شمارش با استفاده از فرمول‌های مربوطه به غلظت الیاف تبدیل گردید. جامعه آماری مورد مطالعه در این تحقیق شهر تهران و جامعه هدف هوای محیط زیستی شهر تهران بوده است. نمونه برداری‌ها با استفاده از تجهیزات پمپ نمونه برداری فردی، شلنگ رابط سیلیکونی، نمونه بردار کویل دار، فیلتر سلولزی از نوع میکس سلولز استر و سه پایه برای نگهداری نمونه بردار در ارتفاع ۵/۱ متری از سطح زمین انجام شده است. مطابق روش استاندارد NIOSH-7400 نمونه برداری

1. Phase Contrast Microscopy (PCM)

دوشان تپه) با  $0/0028 \text{ f/ml}$  تشخیص داده شد. در فصل زمستان نیز حداقل و حداکثر تراکم غلظت الیاف آزبست در منطقه ۲ در دیماه و منطقه ۱۱ در بهمن ماه با مقدار  $0/0006 \text{ f/ml}$  تشخیص داده شد و حداکثر آن در منطقه ۴ در دی ماه  $0/0025 \text{ f/ml}$  بدست آمد. نتایج مربوط به شمارش و آنالیز الیاف آزبست ماه‌های مختلف سال برحسب مناطق شهرداری در جدول شماره ۳ گزارش شده است. همچنین نتایج میانگین غلظت الیاف آزبست در فصول و مناطق مختلف در جدول شماره ۴ ارائه شده است. بعلاوه، شکل‌های ۱ و ۲ میزان غلظت الیاف آزبست و انحراف آن از میانگین در چهار فصل سال و مناطق مختلف شهری را نشان می‌دهند.

### بحث

یکی از مهم‌ترین عوامل سرطان‌زای محیطی و شغلی مواجهه با الیاف آزبست است. آزبست یکی از خطرناک‌ترین مواد سرطان‌زا می‌باشد که مواجهه با آن می‌تواند باعث ایجاد پنوموکونیوز بدخیم ریوی در انسان گردد. علاوه بر آن، استرس اکسیداتیو و آسیب DNA از مخاطرات دیگر مواجهه با الیاف آزبست هستند (۱۷). علیرغم اینکه سال‌هاست سرطان‌زایی این ماده مورد تایید قرار گرفته است اما یافته‌های حاصل از مطالعات همچنان حاکی از وجود الیاف آزبست در هوای شهرها است.

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که میانگین غلظت آزبست در هوای مناطق مختلف شهر تهران بالاتر از مقدار مجاز توصیه‌شده  $5 \times 10^{-5} \text{ f/ml}$  بوده و غلظت این ماده در هوای این شهر در حدود آستانه قابل پذیرش نمی‌باشد. این موضوع نشان از میزان بالای انتشار آزبست از منابع احتمالی دخیل در آزادسازی و انتشار الیاف آزبست می‌توان به لنت ترمز، وسایل نقلیه، صفحه کلاچ و عملیات تخریب ساختمان‌ها اشاره نمود. یافته‌های حاصل از بررسی غلظت آزبست در هوای شهر تهران در سال ۱۳۹۶ با یافته‌های مطالعه کاکوئی و همکاران (۱۳۸۸) همسو بوده و بیانگر غلظت بالای الیاف آزبست در هوای شهر تهران می‌باشد (۱۸). همچنین نتایج مطالعه Neitzel

$$E = \text{fiber/mm}^2 \quad \frac{\left(\frac{F}{nf} - \frac{B}{nb}\right)}{Af} \quad \text{معادله (۱)}$$

که در این رابطه F تعداد کل الیاف شمارش شده الیاف روی فیلتر نمونه، Nf تعداد کل میدان‌های شمارش شده، B الیاف شمارش شده روی فیلتر شاهد، Nb تعداد کل میدان شمارش شده روی فیلتر شاهد و Af سطح میدان گراتیکول والتون بکت ( $Af=0.00785$ ) است. فیلترها با استفاده از دستگاه استون وپرایزر بر روی لام شفاف و با استفاده از استیرن و لامل فیکس گردید. غلظت الیاف آزبست نیز با استفاده از معادله شماره ۲ محاسبه گردید.

$$C = \text{fiber/cm}^3 \quad \frac{E * Ac}{V * 10^3} \quad \text{معادله (۲)}$$

که در این معادله E دانسیته لیف، Ac سطح موثر جمع آوری فیلتر ۲۵ میلیمتری ( $Ac=385 \text{ mm}^2$ ) و V حجم هوای نمونه برداری شده بر حسب لیتر می‌باشد. همچنین، اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های اندازه‌گیری شرکت کنترل کیفیت هوا در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

### یافته‌ها

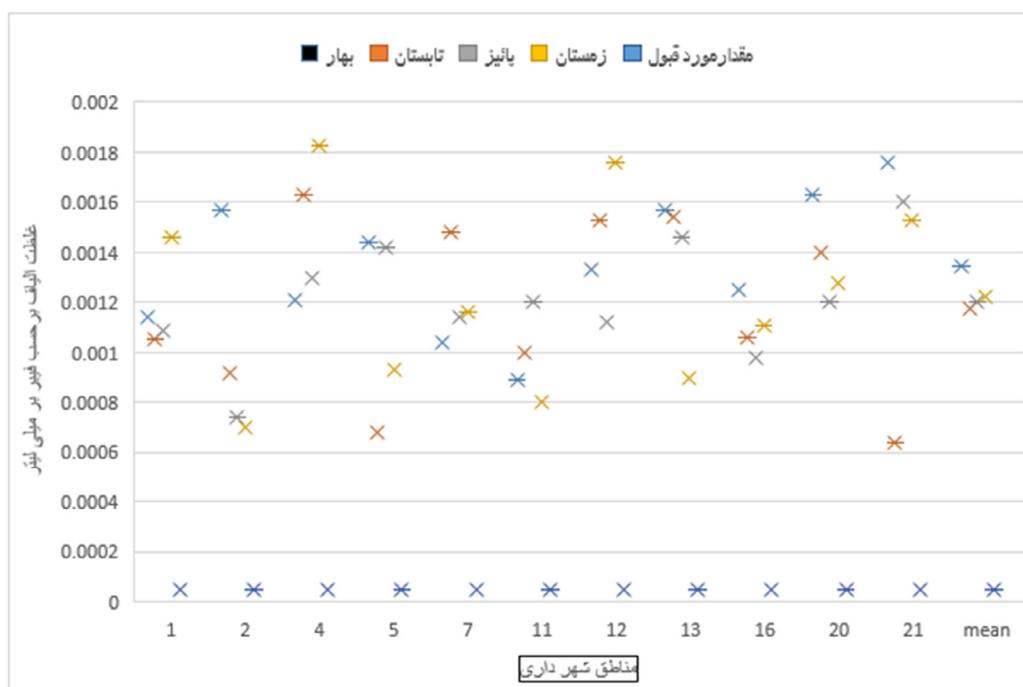
نتایج سنجش الیاف آزبست در هوا نشان می‌دهد که میانگین تراکم الیاف آزبست در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب  $0/00134 (\pm 0/0002)$ ،  $0/00117 (\pm 0/0003)$ ،  $0/00120 (\pm 0/0003)$  و  $0/00122 (\pm 0/0002)$  بوده است که بیشترین میانگین متعلق به فصل بهار ( $0/00134 (\pm 0/0002) \text{ f/ml}$ ) و کمترین در فصل تابستان با ( $0/00117 (\pm 0/0004) \text{ f/ml}$ ) سنجش شده است. حداقل و حداکثر تراکم الیاف آزبست در فصل بهار در منطقه ۷ و منطقه ۴ در فروردین ماه تشخیص داده شد. در حالی که در فصل تابستان حداقل و حداکثر آلودگی به الیاف آزبست در منطقه ۲۱ در شهریور ماه و بیشترین آن در منطقه ۷ در مرداد مشاهده گردید. همچنین، در فصل پاییز حداقل و حداکثر تراکم الیاف آزبست در منطقه ۷ با  $0/00031 \text{ f/ml}$  و منطقه ۱۳

جدول ۳: غلظت ایف آزیست در مناطق منتخب شهرداری تهران در ماههای مختلف سال ۱۳۹۶ بر حسب f/ml

میانگین (انحراف معیار)	زمنستان			پاییز			تابستان			بهار			مناطق		
	اسفند	بهمن	دی	میانگین (انحراف معیار)	آذر	آبان	مهر	میانگین (انحراف معیار)	شهریور	مرداد	تیر	میانگین ± انحراف معیار		خرداد	اردیبهشت
۰/±۰۰۰۱۴۶/۰۰۰۷	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۰۶۹	۰/۰۰۱۵	۰/±۰۰۰۱۰۸/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۶۳	۰/۰۰۱۵	۰/±۰۰۰۱۰۵/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۸۶	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۹	۰/±۰۰۰۱۱۴/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۰۸۸	۰/۰۰۰۹۲
۰/±۰۰۰۰۰۷/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۶	۰/±۰۰۰۰۷۴/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۷۱	۰/۰۰۰۶۵	۰/۰۰۰۸۷	۰/±۰۰۰۰۹۳/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۵۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۷	۰/±۰۰۰۰۱۵/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۲۱۸	۰/۰۰۱۷۴	۰/۰۰۰۰۸
۰/±۰۰۰۱۸۳/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۲۵	۰/±۰۰۰۱۳/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۱۲	۰/±۰۰۰۱۶۳/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۱۹	۰/±۰۰۰۱۲۲/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۸۷	۰/۰۰۰۵۴	۰/۰۰۲۲۴
۰/±۰۰۰۰۹۳/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۸	۰/±۰۰۰۱۴۲/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۸۶	۰/۰۰۱۶	۰/±۰۰۰۰۶۸/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۸۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۷	۰/±۰۰۰۱۴۴/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱۶۳	۰/۰۰۱۰۵	۰/۰۰۱۶۴
۰/±۰۰۰۱۱۷/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۸	۰/±۰۰۰۱۱۵/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۰۶۳	۰/۰۰۲۵	۰/±۰۰۰۱۴/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۸۵	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۰۷	۰/±۰۰۰۰۱۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱۰۲	۰/۰۰۱۴۴	۰/۰۰۰۶۷
۰/±۰۰۰۰۸/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/±۰۰۰۱۳/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۹	۰/±۰۰۰۱۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۶	۰/±۰۰۰۰۸/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۷۸	۰/۰۰۰۷۶	۰/۰۰۱۱۴
۰/±۰۰۰۱۷/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۱۵	۰/±۰۰۰۱۱۲/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۹۶	۰/۰۰۱۴	۰/±۰۰۰۱۵۳/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۰۸۹	۰/۰۰۰۸	۰/±۰۰۰۱۳۴/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۸۷	۰/۰۰۱۱۲	۰/۰۰۰۲۰
۰/±۰۰۰۰۹/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/±۰۰۰۰۹۶/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۷۹	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۲۸	۰/±۰۰۰۱۵۴/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۶۲	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۱۶	۰/±۰۰۰۱۵/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱۷۶	۰/۰۰۱۰۶	۰/۰۰۱۳۶
۰/±۰۰۰۱۱۲/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۷۵	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۳	۰/±۰۰۰۰۹/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۸۶	۰/۰۰۰۷۹	۰/۰۰۱۳	۰/±۰۰۰۱۰۷/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۹	۰/±۰۰۰۱۲۵/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۶۸	۰/۰۰۱۸۸	۰/۰۰۱۲
۰/±۰۰۰۱۳۷/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۳	۰/±۰۰۰۱۳۱/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۶۳	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۱۴	۰/±۰۰۰۱۴/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۴	۰/±۰۰۰۱۶/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱۸۹	۰/۰۰۱۹۴	۰/۰۰۰۱
۰/±۰۰۰۱۵۳/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۶	۰/±۰۰۰۱۶/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۸	۰/±۰۰۰۰۶۴/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۰۹۶	۰/۰۰۰۷۵	۰/±۰۰۰۱۷/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱۷۹	۰/۰۰۱۴۵	۰/۰۰۱۸۸
۰/±۰۰۰۱۳۲/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱۲	۰/±۰۰۰۱۳/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۹۹	۰/۰۰۱۴	۰/±۰۰۰۱۱/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱	۰/±۰۰۰۱۳۴/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱۳۷	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۳۲

جدول ۴: نتایج غلظت عددی الیاف آزیست در فصل‌ها مختلف بر حسب  $f/ml$

منطقه شهرداری	بهار	تابستان	پائیز	زمستان	میانگین $\pm$ انحراف معیار
۱	$0.00114 \pm 0.0004$	$0.00105 \pm 0.0003$	$0.00108 \pm 0.0004$	$0.00146 \pm 0.0007$	$0.00118 \pm 0.0004$
۲	$0.00157 \pm 0.0007$	$0.00093 \pm 0.0006$	$0.00074 \pm 0.0001$	$0.00070 \pm 0.0001$	$0.00098 \pm 0.0005$
۴	$0.00122 \pm 0.0009$	$0.00163 \pm 0.0004$	$0.00130 \pm 0.0005$	$0.00183 \pm 0.0006$	$0.00149 \pm 0.0006$
۵	$0.00144 \pm 0.0003$	$0.00068 \pm 0.0001$	$0.00142 \pm 0.0005$	$0.00093 \pm 0.0001$	$0.00111 \pm 0.0004$
۷	$0.00101 \pm 0.0003$	$0.00148 \pm 0.0001$	$0.00115 \pm 0.0001$	$0.00117 \pm 0.0004$	$0.00120 \pm 0.0007$
۱۱	$0.00080 \pm 0.0002$	$0.00101 \pm 0.0008$	$0.00120 \pm 0.0004$	$0.00080 \pm 0.0002$	$0.00097 \pm 0.0004$
۱۲	$0.00134 \pm 0.0006$	$0.00153 \pm 0.0001$	$0.00112 \pm 0.0002$	$0.00177 \pm 0.0003$	$0.00143 \pm 0.0006$
۱۳	$0.00157 \pm 0.0002$	$0.00154 \pm 0.0008$	$0.00146 \pm 0.0001$	$0.00090 \pm 0.0001$	$0.00136 \pm 0.0003$
۱۶	$0.00125 \pm 0.0006$	$0.00107 \pm 0.0001$	$0.00098 \pm 0.0002$	$0.00112 \pm 0.0003$	$0.00111 \pm 0.0001$
۲۰	$0.00161 \pm 0.0005$	$0.00140 \pm 0.0002$	$0.00121 \pm 0.0005$	$0.00127 \pm 0.0001$	$0.00137 \pm 0.0001$
۲۱	$0.00171 \pm 0.0002$	$0.00064 \pm 0.0003$	$0.00160 \pm 0.0008$	$0.00153 \pm 0.0003$	$0.00138 \pm 0.0005$
میانگین $\pm$ انحراف معیار	$0.00134 \pm 0.0002$	$0.00117 \pm 0.0004$	$0.00120 \pm 0.0003$	$0.00122 \pm 0.0002$	$0.00124 \pm 0.0001$



شکل ۱: نمودار مقایسه ای غلظت الیاف آزیست در فصول مختلف و مقایسه با حد مجاز توصیه شده

آزیست آزاد شده از عملیات تخریب ساختمان‌ها، خطر ابتلا به مزوتلیوما را در افراد مواجهه یافته افزایش می‌دهد (۱۹). بعلاوه، یافته‌های مطالعه Madl و همکاران (۲۰۰۹) اثرات نامطلوب مواجهه با الیاف آزیست موجود در لنت

و همکاران (۲۰۲۲) نشان داده است که عملیات تخریب ساختمان‌ها به دلیل وجود مقادیر بالای آزیست در مصالح بکاررفته، سبب انتشار آزیست در هوای محیطی شده و آثار نامطلوب بر سلامت شهروندان دارد و مواجهه با الیاف



شکل ۲: نمودار میانگین غلظت الیاف آزیست f/ml در فصول و مناطق مختلف شهر تهران

غلظت آزیست در این مناطق می‌شود (۳). با در نظر گرفتن نتایج اندازه‌گیری مرتبط با فصول مختلف سال، میانگین غلظت الیاف آزیست در فصل بهار ۲۶/۸ برابر حد مورد مجاز توصیه شده، در فصل تابستان ۲۳/۴ برابر حد قابل پذیرش، در فصل پاییز ۲۴ برابر حد مورد قبول و در فصل زمستان ۲۴/۴ برابر حد مورد قبول گزارش گردید، که نتایج مطالعه حاضر با مطالعه لطفی و همکاران (۱۳۹۰) در شهر تبریز (تقریباً ۱۸/۸ برابر) مطابقت دارد (۳). هر چند در شهر بزرگ تهران با توجه به تعداد بیشتر خودروها، حجم بالای ترافیک و تعداد بیشتر تخریب ساختمان‌ها ممکن است مقادیر بالاتری از الیاف آزیست در هوای شهرها نسبت به سایر شهرهای

ترمز، وسایل نقلیه، صفحه کلاچ، جرثقیل و صنایع ریلی را بر سلامتی افراد تأیید نمود (۲۰). بررسی الگوی پراکندگی الیاف آزیست در مناطق مختلف شهر تهران نشان می‌دهد که در فصول بهار و پاییز بیشترین غلظت این الیاف در منطقه ۲۱ و در فصول تابستان و زمستان بیشترین غلظت در منطقه ۴ شهرداری تهران وجود داشته است. کاربری صنعتی اراضی مناطق مذکور، ترافیک بالا و کندی حرکت خودروها و کلاچ و ترمز گرفتن متوالی می‌تواند از دلایل اصلی بالا بودن تراکم آزیست در این مناطق باشد. نتایج مطالعه لطفی و همکاران نیز نشان داد که گرفتن متعدد ترمز و کلاچ در مناطق دارای ترافیک بالا و کندی حرکت سبب افزایش

مواجهه در نظر گرفته شود (۲۴). توسعه تکنیک‌های پیشگیری از آلودگی هوای شهرها به آزبست در طی سال‌های اخیر از اولویت‌های برخی از کشورها از جمله کشور ژاپن بوده است. از جمله این استراتژی‌ها می‌توان به تولید ورق‌های سیمانی بدون آزبست در مصالح ساختمانی اشاره نمود (۲۵). نتایج مطالعات گذشته نیز نشان داده‌اند که عملیات تخریب ساختمان‌ها با هدف احیای هسته شهری سبب انتشار مواد زیان‌آور نظیر آزبست به هوای شهرها می‌شود. بنابراین، اتخاذ تدابیر لازم با هدف شناسایی و حذف مواجهه با الیاف آزبست و پیشگیری از خطرات بالقوه سلامتی در محیط‌های شهری و شغلی ضروری به نظر می‌رسد (۱۷).

### نتیجه گیری

با توجه به یافته‌های حاصل از مطالعه حاضر، میزان غلظت الیاف آزبست در هر چهار فصل در هوای عمومی شهر تهران بالاتر از حد مورد قبول  $0/00005$  f/ml می‌باشد. در فصل بهار مقدار این آلاینده در هوای شهر تهران  $26/8$  برابر حد مجاز توصیه شده (بیشترین میزان آلودگی) و در فصل تابستان  $23/4$  برابر حد مجاز توصیه شده (کمترین میزان آلودگی) برای هوای شهرها بوده است. لذا، غلظت بالای الیاف آزبست در تمامی فصول سال می‌تواند علامت هشدار برای تصمیم‌گیران شهر تهران باشد. در صورت تداوم مواجهه با این غلظت از الیاف آزبست در شهر تهران، سلامت شهروندان تهرانی مخصوصاً افرادی که بصورت طولانی مدت در خیابان‌های شهر تهران رفت و آمد و یا حضور دارند از جمله پرسنل راهور، نیروی انتظامی، اصناف، کارکنان دولت، پرسنل شهرداری‌ها، دانش‌آموزان، دانشجویان و بیماران تنفسی بستری در بیمارستان‌های سطح شهر مورد تهدید واقع می‌شود. با اتخاذ اقدامات پیشگیرانه همچون کنترل اصناف در مصرف انواع لنت‌ها، دیسک و صفحه خودروهای تعویضی، نظارت بر تخریب ساختمان‌ها و فعالیت‌های ساختمانی کنترل شده می‌توان غلظت آلاینده را در شهر تهران کاهش و میزان مواجهه افراد را کنترل نمود. پیشنهاد

دیگر کشور وجود داشته باشد. در مطالعه حاضر، کمترین میزان پراکندگی مربوط به فصل تابستان با مقدار میانگین  $0/00117$  f/ml بود که با توجه به کاهش تردد در سطح شهر در فصل تابستان به دلیل گرمی هوا و خروج بیشتر ساکنان از شهرها به دلیل مسافرت قابل توجیه است. نتایج مطالعات گذشته نیز همسو با نتایج مطالعه حاضر بوده و حاکی از کاهش غلظت الیاف آزبست در هوا در فصل تابستان نسبت به سایر فصول است (۳، ۲۱).

انتشار الیاف آزبست در هوای شهرها می‌تواند سبب ایجاد مخاطرات جدی در افراد در معرض مواجهه گردد. مشخص شده است که حتی یک حرکت نسبتاً ملایم هوا (۱ متر بر ثانیه) نقش مهمی در پخش الیاف آزبست در نزدیکی منبع این آلاینده دارد. آزبست یک آلاینده موجود در هوای شهرها بوده و در ریه بسیاری از افرادی که در معرض مواجهه صنعتی با این ماده نبوده‌اند وجود داشته است، بنابراین، بررسی داده‌های توزیع فضایی الیاف آزبست قابل تنفس در هوای شهرها در قالب یک نقشه می‌تواند ابزار مفیدی برای سازمان‌های دارای اختیارات قانونی در برنامه‌ریزی اقدامات لازم برای حذف آزبست از هوای شهرها و منطقه تنفسی ساکنین باشد (۲۲). یافته‌های گذشته نشان داده‌اند که عملیات تخریب ساختمان‌های قدیمی سبب پراکندگی الیاف آزبست در هوا می‌شود (۲۱). بسیاری از ساختمان‌های بزرگ با ساخت و ساز بادوام یا ساختمان‌های قدیمی حاوی الیاف آزبست در دیوارها، سیستم‌های حرارتی و عایق‌بندی لوله‌ها و مصالح کف و دیوار هستند. از جمله این ساختمان‌ها می‌توان به ساختمان بیمارستان‌ها، ساختمان‌های اداری، مسکونی و کارخانه‌ها و غیره اشاره نمود. فرایند تخریب این ساختمان‌ها همراه با پراکندگی الیاف آزبست در هوای شهرها است که نیاز به استراتژی‌های تخریب مناسب و کنترل پراکندگی آزبست را برای پیشگیری از مواجهه شهروندان ضروری می‌سازد. بنابراین، غلظت الیاف آزبست در هوا، نوع آزبست و اندازه الیاف باید در ارزیابی خطرات سلامتی بالقوه در عملیات تخریب ساختمان‌ها برای پیشگیری از مواجهه یا تعیین استراتژی‌های کنترل

و دیسک و همچنین نظارت دقیق بر کالاهای وارداتی از منظر اطمینان از عدم وجود آزبست در آن‌ها، از عدم وجود آزبست در هوای شهرها و کاهش میزان مواجهه افراد اطمینان حاصل نمود.

می‌گردد که قبل از تخریب ساختمان‌ها، آزمون‌های عدم وجود آزبست در مواد ساختمانی مورد توجه قرار گیرد. همچنین می‌توان با تدوین پروتکل‌های لازم برای تخریب ساختمان‌ها، رویه‌های مرتبط با تعویض لنت ترمز

## REFERENCES

- Salehpour S. Continuing the use of Asbestos in Iran and potential adverse outcomes. *Iran Occupational Health*. 2010;7(2):7-8..
- Ryu AR, Lee MY. Proteomic profiling of differentially expressed proteins after exposure to asbestos. *BioChip Journal*. 2013;7:218-26.
- Lotfi V, Rasoulzadeh Y, Moattar F, Gholamnia R, Khatibi MS. Survey of airborne asbestos concentrations in high traffic areas of Tabriz. *Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences*. 2013 Jun 26;35(2):78-83.
- World Health Organization. Asbestos and other natural mineral fibres. World Health Organization; 1986.
- International Labour Office (ILO): Guidelines for the use of the ILO International Classification of Radiographs of Pneumoconioses. No. 22. Revised Edition. Geneva: ILO Occupational Safety and Health Series; 2000. p. 1-17.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Worldwide. Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents in the work environment. Cincinnati, OH: ACGIH Worldwide; 2010.
- Linda R. Textbook of clinical occupational and environmental medicine. 2005.
- Afaghi A, Oryan S, Abdollahi M, Rahzani K, Malekirad A, Kakooie H. Pulmonary function and haematological factors in workers exposed to asbestos in asbestos-cement plant. *Journal of Arak University of Medical Sciences*. 2014;17(7):1-1.
- Viallat JR, Boutin C, Pietri JF, Fondarai J. Late progression of radiographic changes in Canari chrysotile mine and mill exworkers. *Archives of Environmental Health: An International Journal*. 1983;38(1):54-8.
- Churg A. Deposition and clearance of chrysotile asbestos. *The Annals of occupational hygiene*. 1994;38(4):625-33.
- Coin PG, Roggli VL, Brody AR. Deposition, clearance, and translocation of chrysotile asbestos from peripheral and central regions of the rat lung. *Environmental research*. 1992;58(1-2):97-116.
- Adamson IY, Bowden DH. Response of mouse lung to crocidolite asbestos. 2. Pulmonary fibrosis after long fibres. *The Journal of pathology*. 1987;152(2):109-17.
- Davis JM, Addison J, Bolton RE, Donaldson K, Jones AD, Smith T. The pathogenicity of long versus short fibre samples of amosite asbestos administered to rats by inhalation and intraperitoneal injection. *British journal of experimental pathology*. 1986;67(3):415.
- Emamhadi MA, Bakhshayeshkaram M, Masjedi M. Evaluation of smoking effect on asbestos pulmonary radiological finding via HRCT. *Scientific Medical Journal (AJUMS)*. 2009;7(4).
- Morgan A. Effect of length on the clearance of fibres from the lung and on body formation. *IARC Scientific Publications*. 1980;1(30):329-35.
- Virta RL. Worldwide asbestos supply and consumption trends from 1900 through 2003. 2006.
- Someah MS, Golbabaie F, Arjomandi R, Semiromi FB, Mohammadi A. Oxidative Stress and DNA Damages Induced by Occupational Exposure to Asbestos: A Systematic Review. *Iranian Journal of Public Health*. 2023;52(8):1613-25.
- Kakooei H, Yunesian M, Marioryad H, Azam K. Assessment of airborne asbestos fiber concentrations in urban area of Tehran, Iran. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 2009;2:39-45.
- Neitzel RL, Sayler SK, Demond AH, d'Arcy H, Garabrant DH, Franzblau A. Measurement of asbestos emissions associated with demolition of abandoned residential dwellings. *Science of the Total Environment*. 2020; 722:137891.
- Madl AK, Gaffney SH, Balzer JL, Paustenbach DJ. Airborne asbestos concentrations associated with heavy equipment brake removal. *Annals of occupational hygiene*. 2009;53(8):839-57.
- Kakooei H, Normohammadi M. Asbestos exposure among construction workers during demolition of old houses in Tehran, Iran. *Industrial health*. 2014;52(1):71-7.

22. Obmiński A. Asbestos in building and its destruction. *Construction and Building Materials*. 2020;249:118685.
23. Holt PF, Young DK. Asbestos fibres in the air of towns. *Atmospheric Environment* (1967). 1973;7(5):481-3.
24. Obmiński A. The concentration of asbestos fibres during buildings exploitation analysis of concentration variability. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2021;22(1):6.
25. Motohashi K, Yusa S, Takahashi Y. Development of Prevention Techniques against Asbestos Hazard in Building Dismantling. In *Demolition Methods and Practice*. 2023; (pp. 351-357). CRC Press.