

## Investigation of the Heavy metals concentration in the air of west Bandar Abbas industrial zone

### Fatemeh Ebrahimi

Master of Air Pollution, Department of Environmental Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

### Alireza Mirzahosseini

\*Assistant Professor, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. mirzahosseini@gmail.com.

### Nabiulah Mansouri

Professor, Department of Environmental Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 2022/11/11

Accepted: 2023/02/04

Document Type: Research article

Doi: 10.22038/jreh.2023.65928.1520

### ABSTRACT

**Background and purpose:** Industrial development, on one hand, creates harmful chemical products and industrial waste, including heavy metals. On the other hand, it increases energy consumption and leads to the release of atmospheric pollutants, causing environmental pollution. Bandar Abbas, compared to other areas of Hormozgan province, has a high concentration of industries. Therefore, it is necessary to study the pollution caused by these industries in the region's environment. The general purpose of this study is to investigate the amount of heavy metals associated with industrial activity.

**Materials and Methods:** Ambient air sampling was conducted at seven locations in the region during winter and spring (2020). The sampling and preparation methods were based on EPA and NIOSH Standards. Sampling was performed using a High-Volume pump with a flow rate of 1.7 cubic meters per minute for a duration of 24 hours. The sampling device was installed at a height of 3 meters above the ground. The heavy metals in the collected samples were measured using the Varian Z220 atomic absorption spectrometer with the furnace technique. Circular fiberglass filters with a diameter of 47 mm were used for environmental sampling.

**Results:** Based on the analysis of air particles, the concentration of heavy metals showed a decreasing trend as follows:  $V < Cd < Fe < Pb$ . The average concentrations of these elements were 0.0006, 0.0060, 0.0061, and 0.339 micrograms per cubic meter, respectively. With the exception of lead, the average concentration of these metals exceeded the limit value.

**Conclusion:** The amount of suspended particles at all sampling locations exceeded the environmental standards. Additionally, except for vanadium, the average concentration of metals in the samples from residential areas was below the limit value.

**Keywords:** Lead, Western Industries, Bandar Abbas, Air Pollution

**Citation:** Ebrahimi F, Mirzahosseini A, Mansouri N. Investigation of the Heavy metals concentration in the air of west Bandar Abbas industrial zone. *Journal of Research in Environmental Health*. 2023; 9(1):11-22.

## بررسی غلظت فلزات سنگین در هوای منطقه صنعتی غرب بندرعباس

### چکیده

**زمینه و هدف:** توسعه صنعتی از یک سو با ایجاد محصولات شیمیایی مضر و ضایعات صنعتی، شامل فلزات سنگین و از سوی دیگر با افزایش مصرف انرژی و به تبع آن انتشار گازهای آلاینده جوی، باعث آلودگی محیط زیست می‌شود. شهر بندرعباس از نظر توزیع جغرافیایی صنایع، در مقایسه با دیگر نقاط شهری و روستایی استان، از تمرکز صنعتی بالایی برخوردار است. از این رو لزوم بررسی آلودگی هوای ناشی از این صنایع و تأثیرات مخرب آن‌ها بر محیط زیست منطقه ضروری است، لذا مطالعه حاضر - با هدف بررسی میزان فلزات سنگین ناشی از فعالیت صنایع انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** عملیات نمونه‌برداری از هوای محیط در ۷ مکان از منطقه در دو فصل زمستان و بهار (۹۹-۱۳۹۸) انجام گرفت. روش نمونه‌برداری و آماده‌سازی جهت قرائت بر اساس استانداردهای آژانس حفاظت از محیط زیست و مؤسسه ملی ایمنی و سلامت شغلی بود. نمونه‌برداری با استفاده از پمپ با مکش حجم بالا (High - Volume) با دبی ۱/۷ متر مکعب در دقیقه و مدت زمان ۲۴ ساعت، در ارتفاع ۳ متری از سطح زمین انجام گرفت و فلزات سنگین نمونه‌های برداشت شده با استفاده از دستگاه جذب اتمی Varian مدل Z220 با تکنیک کوره اندازه‌گیری شد. در این تحقیق از فیلترهای فایبر گلاس دایره‌ای شکل با قطر ۴۷ میلی‌متر برای نمونه‌برداری از محیط باز استفاده شد.

**یافته‌ها:** بر اساس نتایج حاصل از آنالیز ذرات موجود در هوا، غلظت فلزات سنگین به ترتیب روند کاهشی شامل  $Pb < Fe < Cd < V$  داشت و مقادیر میانگین غلظت این عناصر به ترتیب  $0.061 < 0.060 < 0.006 < 0.000$  میکروگرم بر مترمکعب بود. به استثنای سرب، میانگین غلظت فلزات مذکور از حد مجاز بالاتر بود.

**نتیجه‌گیری:** میزان ذرات معلق در تمامی مکان‌های نمونه‌برداری بالاتر از استانداردهای زیست‌محیطی بود. همچنین به استثناء وانادیوم، غلظت همه عناصر در نمونه‌های مناطق مسکونی پایین‌تر از حدود مجاز بود.

**کلیدواژه‌ها:** آلودگی هوا، بندرعباس، سرب، صنایع غرب

فاطمه ابراهیمی

فاطمه ابراهیمی، کارشناس ارشد، مهندسی محیط زیست - گرایش آلودگی هوا، گروه تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (شاغل در سازمان حفاظت محیط زیست: کارشناس دفتر پایش)

علیرضا میرزا حسینی

\* استادیار، گروه تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول):

[mirzahosseini@gmail.com](mailto:mirzahosseini@gmail.com)

نبی‌اله منصوری

استاد، گروه تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۵

نوع مقاله: پژوهشی

◀ استناد: ابراهیمی ف، میرزا حسینی ع، منصوری ن. بررسی غلظت فلزات سنگین در هوای منطقه صنعتی غرب بندرعباس. فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط. بهار ۱۴۰۲؛ ۹(۱): (۲۲-۱۱).

گسترش روزافزون شهرها و رشد سریع شهرنشینی، سبب ایجاد اثرات فراوان محیط زیستی در داخل و اطراف شهرها گردیده است. آلودگی هوا، از مهم‌ترین مشکلات بهداشتی و زیست‌محیطی شهرهای در حال توسعه و صنعتی می‌باشد که در نتیجه استفاده روزافزون از سوخت‌های فسیلی، حمل‌ونقل و فعالیت صنایع می‌باشد و از مهم‌ترین پارامترهای آلاینده هوا، آلاینده‌هایی همچون فلزات سنگین هستند که ورود آنها به محیط شهری، سبب بروز صدمات مختلفی شده است (۱). فلزات سنگین به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین آلاینده‌ها در محیط زیست طبقه‌بندی می‌شوند. این آلاینده‌ها از منابع مختلف منتشر می‌شوند و می‌توانند تأثیر مستقیم بر سلامت انسان داشته باشند، زیرا می‌توانند به‌وسیله مسیره‌های مختلف مانند استنشاق، بلع و جذب پوستی، به بدن انسان منتقل شوند (۲). مواجهه انسان با مقادیر بسیار ناچیزی از فلزات سنگین از راه تنفس، بلع و تماس پوستی، منجر به بروز انواع بیماری‌های به دو شکل حاد و مزمن به‌صورت اسهال، استفراغ، کم‌خونی، ایجاد اختلال در سیستم‌های عصبی، کلیه، قلب، سیستم گردش خون، عقب‌ماندگی ذهنی و کاهش رشد مغزی در کودکان می‌شود. افزایش انتشار گردوغبار صنعتی، تهدیدی جدی برای سلامتی انسان<sup>۲</sup> می‌گویند که می‌توان آهن، کبالات، مس، منیزیم، مولیبدن، وانادیم و روی را نام برد، اما میزان بالاتر از حد لازم، موجب بروز اختلالاتی در بدن می‌شود. تماس پوستی، استنشاق و ورود ذرات معلق گردوغبار، مصرف مواد غذایی آلوده و آب آشامیدنی آلوده به فلزات سنگین، مسیره‌های اصلی ورود فلزات سنگین به بدن انسان هستند (۷). از مهم‌ترین عوارض فلزات سنگین، عدم تخریب و متابولیسم شدن آنها در بدن می‌باشد. این فلزات پس از ورود به بدن با رسوب نمودن و انباشته شدن در بافت‌هایی نظیر چربی، بافت‌ها، عضلات و استخوان‌ها، موجب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌شوند (۸). همچنین برخی فلزات سنگین جایگزین دیگر املاح مورد نیاز بدن گردیده و موجب بروز مشکلات می‌شوند. برای مثال چنانچه بدن در معرض عنصر استرانسیوم قرار گیرد، آن را به‌جای عنصر کلسیم جذب می‌نماید و ورود آن به بدن موجب تحلیل استخوان‌ها می‌شود (۹). خاصیت

محسوب می‌شود، زیرا فلزات سنگین با اتصال به ذرات گردوغبار قادرند در مقیاس وسیعی منتشر شوند (۳). با سنجش و منشأیابی ذرات معلق، در واقع ماهیت فیزیکی و شیمیایی ذرات معلق مشخص خواهد شد و می‌توان نسبت به کنترل و مدیریت آن گام‌های بعدی را برداشت (۴).

فلزات سنگین در یک مقیاس وسیع، از منابع طبیعی و انسان‌ساخت وارد محیط زیست می‌شوند، ولی میزان ورود فلزات سنگین به داخل محیط زیست، بسیار فراتر از میزانی است که به‌وسیله فرآیندهای طبیعی برداشت می‌شوند (۵). منابع طبیعی غالب، سنگ‌های مادر و مواد معدنی فلزی هستند، در حالی که منابع اصلی انسان‌ساخت، فعالیت‌های کشاورزی است که در آن از کودهای شیمیایی، کودهای حیوانی و سموم دفع آفات حاوی فلزات سنگین استفاده می‌شود. فعالیت‌های متالورژی شامل معدن، ذوب، پردازش فلزات، صنایع رنگرزی، آبکاری فلزات، باتری‌سازی همچنین تولید و حمل‌ونقل انرژی، محصولات میکروالکترونیکی و در نهایت دفع زباله، از دیگر منابع انسان-ساخت فلزات سنگین می‌باشند (۶).

ارگانوسم‌های زنده به مقادیر بسیار اندکی از فلزات سنگین برای ادامه رشد و بقا نیاز دارند که به اصطلاح به آنها عناصر کمیاب<sup>۱</sup> تجمع‌پذیری فلزات سنگین در گیاهان و ورود آنها به زنجیره غذایی، خطرات ناشی از آنها را دوچندان می‌کند (۱۰).

یکی از مهم‌ترین فلزات سنگین در هوا سرب است. برخی فعالیت‌های صنعتی مانند تولید آهن و فولاد، ذوب مس و احتراق زغال‌سنگ، باید به‌عنوان منابع اضافی انتشار سرب در جو در نظر گرفته شوند (۱۱). سمیت سرب بر بدن انسان شامل: سمیت عصبی، سمیت قلبی - عروقی، سمیت خونی، سمیت کلیوی، سمیت تولید مثلی، سمیت استخوان و سمیت در سلول‌های انسان می‌باشد (۱۲). بیشترین بخش آهن موجود در هوا، در آئروسول‌های معدنی یافت می‌شود و سهم باقی‌مانده آن، به صنعت، سوخت‌های زیستی و سوزاندن بیومس اختصاص می‌یابد. آهن ممکن است به‌واسطه گردوغبار خاک، مدیریت ضعیف حمل‌ونقل، ساخت‌وساز و نیز واحدهای تولید آهن و فولاد، در هوا منتشر شود (۱۳). سوزاندن زغال‌سنگ و زباله‌های خانگی،

<sup>1</sup> Trace elements

وجود اسکله‌ها و همچنین شاهراه اصلی حمل‌ونقل شمال و جنوب، یکی از قطب‌های صنعتی و حمل‌ونقل کشور محسوب می‌شود که قسمت اعظم فعالیت‌های اقتصادی این استان (صنایعی همچون نفت، گاز، آلومینیوم، روی و فولاد)، در غرب بندرعباس در حد فاصل بین منتهی‌الیه غربی حوزه استحفاظی شهر تا منتهی‌الیه غربی دوراهی گچین متمرکز شده است. هدف اصلی این مطالعه، بررسی غلظت ۴ فلز سنگین (V, Fe, Cd, Pb) ناشی از فعالیت صنایع مستقر در منطقه غرب بندرعباس می‌باشد.

## روش کار

### منطقه مورد مطالعه:

بندرعباس، مرکز شهرستان و مرکز استان ساحلی هرمزگان، واقع در کرانه شمالی خلیج فارس در تنگه هرمز می‌باشد. این شهرستان از شمال با شهرستان حاجی‌آباد، از شرق با شهرستان‌های دهبازر و میناب، از جنوب با شهرستان قشم (متشکل از ۴ جزیره در تنگه هرمز)، از شرق با شهرستان بندر لنگه و نیز با شهرستان لار از استان فارس همسایه است.

شهر بندرعباس، با مختصات جغرافیایی پنجاه و شش درجه و هفده دقیقه طول شرقی و بیست و هفت درجه و یازده دقیقه عرض شمالی، با ارتفاع ۱۰ متر از سطح دریا و در فاصله ۱۲۸۳ کیلومتری تهران واقع است. آب‌وهوای این شهر گرم و مرطوب است. به‌طور کلی بندرعباس از نیمه آبان تا نیمه فروردین، دارای آب‌وهوای مطبوعی است. ماه‌های اردیبهشت و خرداد هوا خشک و در ماه‌های تیر تا مهر دارای آب‌وهوای مرطوب است. دمای هوای شهر بندرعباس در گرم‌ترین روزها به ۵۲ درجه سانتی‌گراد و در سردترین روزها به ۲ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. میانگین بارش بندرعباس حدود ۲۰۰ میلی‌متر است (۱۹).

نمونه‌برداری: جهت تعیین میزان غلظت ذرات کل و فلزات سنگین (Pb, V, Fe, Cd) موجود در هوای منطقه صنعتی غرب بندرعباس، ۷ نقطه در محل مورد مطالعه، فاصله بین اسکله شهید باهنر تا اسکله شهید رجایی (۴ ایستگاه در نزدیک‌ترین محل قابل نمونه‌برداری به صنایع و ۳ ایستگاه نزدیک‌ترین نقاط نمونه‌برداری به محل‌های مسکونی و خارج از منطقه صنعتی) انتخاب و در دو فصل زمستان ۱۳۹۸ و بهار ۱۳۹۹، با ۱ بار تکرار

استخراج کانسار فلزی و خالص‌سازی فلزات، باعث افزودن عنصر کادمیوم به محیط می‌گردد. منبع اصلی آلودگی محیط به کادمیم، کارخانه‌های ذوب فلزات سنگین مخصوصاً روی هستند. همچنین کادمیومی که در تایر خودروها وجود دارد، از طریق استهلاک خودروها و ترافیک به محیط شهری وارد می‌شود (۱۴). وانادیوم معمولاً از منابع طبیعی و انسان‌ساخت وارد محیط می‌شود و در مقادیر ناچیز می‌تواند به‌عنوان مکمل غذایی مورد مصرف قرار گیرد، اما افزایش مصرف آن می‌تواند عوارضی از جمله برونشیت، پنومونی، آنمی، التهاب و تورم چشم‌ها، التهاب ریه‌ها، آب مروارید، کاهش حافظه، اسهال، کاهش اشتها و در نهایت مرگ را در مصرف‌کنندگان موجب گردد (۱۵).

عمر رامیرز و همکاران ۱۲ عنصر کمیاب (کادمیوم، کروم، سرب، روی، مس، نیکل، قلع، باریوم، کبالت، آرسنیک، وانادیوم و آنتیمون) را در نمونه PM<sub>10</sub> محیط مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. بر اساس نتایج، مس، روی، سرب و باریوم بیشترین غلظت را به‌ویژه در فصل خشک داشتند که با احتراق زغال باریکیو و آتش‌سوزی در جنگل مشخص شد. ۶ عامل برای عوامل خطرناک مشخص شد که شامل: احتراق سوخت فسیلی و آتش‌سوزی در جنگل (۶۰٪)، گردوغبار جاده (۱۹٪)، انتشارات مربوط به ترافیک (۹٪)، ذوب مس (۸٪)، صنعت آهن و فولاد (۲٪) و بخش صنعتی ناشناس (۲٪) بود (۱۶). در پژوهش کلبی‌زاده با عنوان «بررسی میزان غلظت فلزات سنگین در محیط پیرامون کارخانه فولاد اکسین خوزستان و تأثیر بر سلامت افراد»، میانگین غلظت آهن نمونه‌برداری شده در محیط اطراف کارخانه برابر با ۱۷/۸۲ میکروگرم بر متر مکعب و بالاتر از استانداردهای زیست‌محیطی بود که علت اصلی آن را همجواری منطقه با شرکت فولاد اکسین خوزستان و نیز فعالیت پورته‌زدایی و نورد در خود شرکت فولاد اکسین خوزستان دانستند. همچنین میزان سرب و کادمیوم در هوای باز را در حد استاندارد اعلام کردند (۱۷).

موضوع این تحقیق در استان هرمزگان می‌باشد که ۴٪ از کل مساحت کشور را تشکیل می‌دهد و دارای ۹۰۰ کیلومتر مرز آبی می‌باشد. بزرگ‌ترین شهر این استان از لحاظ وسعت شهری، بندرعباس است که مرکز استان نیز می‌باشد و کوچک‌ترین آن شهر هرمز است (۱۸). این استان به‌عنوان مرکز توسعه جنوب کشور در طی سال‌های اخیر از رشد و توسعه قابل توجهی برخوردار بوده است. شهرستان بندرعباس، مرکز این استان، با

برای آنها کافی می‌باشد. پس از انجام نمونه‌برداری، بلافاصله پس از رسیدن به آزمایشگاه، ابتدا فیلتر از فیلتر هولدر نمونه‌بردار جدا گردید. همانند روش پیش، آماده‌سازی وزن ثانویه فیلتر مشخص شده و غلظت ذرات محاسبه گردید.

در مرحله بعد، طبق نایش ۲۷۳۰۳<sup>۲</sup>، به نمونه فیلتر فایبر گلاس، ۲ میلی‌لیتر هیدروژن فلوراید و ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک اضافه کرده و لوله هضم ۱ ساعت در دمای اتاق قرار گرفت. سپس جهت هضم طبق برنامه دمایی و زمانی مشخص، در مایکروویو قرار داده شد. پس از آن ۰/۸ گرم اسید بوریک به نمونه اضافه شده و با آب دیونیزه، به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس نمونه به مدت ۳۰ دقیقه در حمام اولتراسونیک در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. در نهایت برای تعیین غلظت فلزات از روش طیف‌سنجی جذب اتمی استفاده شد (۲۱). در این تحقیق برای قرائت غلظت فلزات از دستگاه جذب اتمی Varian مدل Z220 با تکنیک کوره استفاده شد و غلظت هر فلز در طول موج مخصوص آن اندازه‌گیری گردید.

(۲) بار نمونه‌برداری از هر محل (از هوای منطقه در ایستگاه‌های تعیین شده، نمونه‌برداری انجام گرفت. موقعیت جغرافیایی منطقه و محل‌های نمونه‌برداری در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. نمونه‌برداری‌ها (حجم هر نمونه ۲۴/۰۰۴ متر مکعب) طبق روش ای اس تی ام<sup>۱</sup> روش شماره ۴۰۹۶ (انجمن مواد و آزمون آمریکا) توسط پمپ نمونه‌بردار هوا با دبی ۱/۷-۱/۳ مترمکعب در دقیقه و مدت زمان ۲۴ ساعته با نصب دستگاه در ارتفاع ۳ متری از سطح زمین انجام گرفت (۲۰). برای نمونه‌برداری از فیلترهای فایبر گلاس دایره‌ای شکل با قطر ۴۷ میلی‌متر استفاده شد.

جهت آماده‌سازی فیلترها، فیلترهای مورد استفاده در نمونه‌برداری نشانه‌گذاری شدند، سپس آن‌ها در دسیکاتور مناسب یا محفظه آماده‌سازی خشک شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۷-۱۵ درجه سانتی‌گراد (دسیکاتور) و رطوبت نسبی صفر تا ۵۰٪ قرار گرفت. سپس هر کدام با دقت در ترازوی با دقت ۴ رقم اعشار (۰/۱ میلی‌گرم) وزن شدند. ورقه‌های فیلترهای فایبرگلس و سلولزی در مقابل رطوبت بسیار مقاوم هستند، بنابراین یک سیکل آماده‌سازی



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

<sup>2</sup> National institute for occupational safety and health

<sup>1</sup> American society for testing and materials

در دسترس مقایسه شد. در این مطالعه فلزات سرب، وانادیوم و آهن با استاندارد ای اس تی ام ASTM و فلز کادمیوم با استاندارد سازمان جهانی بهداشت (WHO)<sup>۲</sup> (به علت تعریف نشدن استاندارد این فلز در هوای محیطی) مقایسه گردید.

### یافته‌ها

میانگین نتایج به دست آمده از نمونه برداری ذرات و غلظت فلزات سنگین سرب، وانادیم، آهن و کادمیوم در ایستگاه‌های هفت گانه و حدود مجاز مربوط به هر کدام در جدول ۱ ارائه شده است.

پس از گردآوری داده‌ها و به دست آوردن داده‌های نهایی، تمامی داده‌های خام به دست آمده در مراحل مختلف پروژه و پس از آن که با استفاده از روابط و فرمول‌های مرتبط تصحیح شد، جهت بررسی میزان میانگین، انحراف معیار و تشریح دامنه تغییرات توسط نرم‌افزارهای آماری اکسل و SPSS (با استفاده از آنالیز واریانس و ضریب همبستگی پیرسون) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نمودارها و جداول مربوطه ترسیم شد. همچنین جهت بررسی وجود و یا عدم وجود ارتباط آماری معنی‌دار بین غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌ها از ضریب همبستگی<sup>۱</sup> استفاده شد. در نهایت به منظور بررسی سطح آلودگی فلزات سنگین در ایستگاه‌ها، پارامترهای اندازه‌گیری شده با استانداردهای

جدول ۱. میانگین غلظت پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های نمونه برداری (میکروگرم بر مترمکعب)

ایستگاه‌های نمونه برداری	ذرات محیطی	فلز سرب	فلز وانادیوم	فلز آهن	فلز کادمیوم
ایستگاه شماره ۱	۲۷۰	۰/۱۳۳۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴
ایستگاه شماره ۲	۲۷۵	۰/۶	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷
ایستگاه شماره ۳	۲۷۹	۰/۲۳۵۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶
ایستگاه شماره ۴	۲۸۱	۰/۳۴۳۵	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۰۹
ایستگاه شماره ۵	۲۸۳	۰/۷۹	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸
ایستگاه شماره ۶	۲۵۵	۰/۱۰۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴
ایستگاه شماره ۷	۲۴۳	۰/۱۷	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴
حدود مجاز پارامترها	۲۶۰	۰/۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵

<sup>2</sup> World Health Organization

<sup>1</sup> Correlation

استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) که برابر با ۲۶۰ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد، در تمامی ایستگاه‌ها به جز دو ایستگاه شماره ۶ با غلظت ۲۵۵ میکروگرم بر مترمکعب و ایستگاه شماره ۷ با غلظت ۲۴۳ میکروگرم بر مترمکعب، غلظت ذرات معلق بالاتر حد از استاندارد بود.

بر اساس نتایج ارتباط‌سنجی فلزات سرب، آهن و کادمیوم در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده، ارتباط معناداری بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری وجود داشت. در خصوص فلز وانادیوم، هیچ ارتباط معناداری بین ایستگاه‌ها مشاهده نگردید.

ماتریس ضریب همبستگی بین فلزات موجود در هوا در جدول ۲ آورده شده است.

پس از تعیین میزان غلظت ذرات و فلزات Cd, Fe, V, Pb نتایج حاصل با استانداردهای زیست‌محیطی مقایسه گردید. به علت نبود استاندارد فلزات سنگین هوای محیطی در کشور ایران (صرفاً استاندارد میزان سرب هوای محیطی در قانون هوای پاک بیان شده است که به صورت استاندارد سالیانه و میانگین سه ماهه می‌باشد که قابل استناد در این تحقیق نمی‌باشد)، در این تحقیق برای مقایسه غلظت فلزات سرب، وانادیوم و آهن از استاندارد ASTM و جهت مقایسه غلظت ذرات و فلز کادمیوم از استاندارد WHO استفاده شد.

بالاترین میزان غلظت ذرات ۲۸۳ میکروگرم بر مترمکعب و در ایستگاه شماره ۵ مشاهده شد. طبق مقایسه غلظت ذرات با

جدول ۲. ضریب همبستگی بین فلزات موجود در هوا

کادمیوم	وانادیوم	آهن		
		۰/۵۲۲	ضریب پیرسون	وانادیوم
	۰/۵۲۲	۱/۰۰۰**	ضریب پیرسون	کادمیوم
۰/۷۳۶**	۰/۶۳۷*	۰/۷۳۶**	ضریب پیرسون	سرب

\*\*همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.  
\*همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

های شماره ۴ و ۵ با غلظت ۰/۰۰۸ میکروگرم بر مترمکعب دارای بیشترین میزان آهن بود.

**فلز کادمیوم:** ایستگاه‌های شماره ۶ و ۷ (محل‌های مسکونی) با غلظت ۰/۰۰۴ میکروگرم بر مترمکعب دارای کمترین و ایستگاه شماره ۴ با غلظت ۰/۰۰۹ میکروگرم بر مترمکعب دارای بیشترین میزان کادمیوم بود.

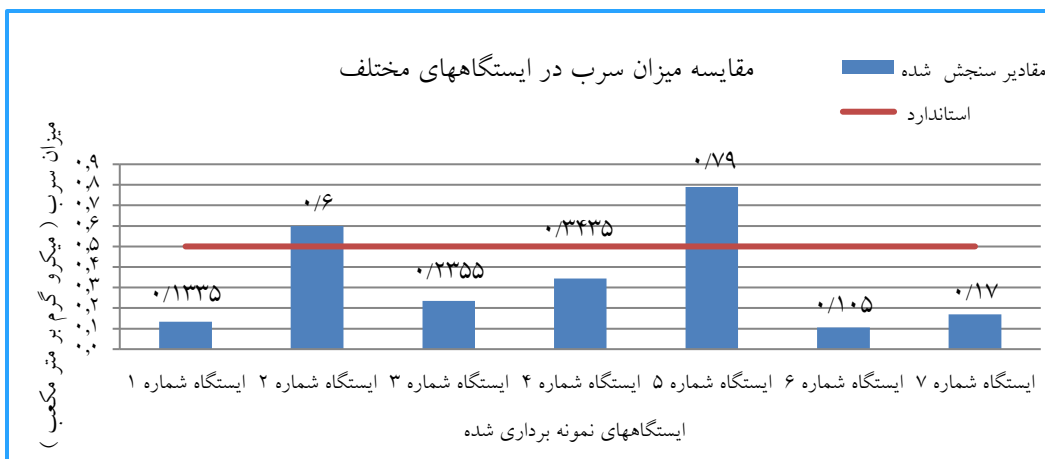
غلظت فلزات سنگین در هوا به ترتیب روند کاهشی شامل V < Pb < Fe < Cd داشته و مقادیر میانگین غلظت این عناصر به ترتیب ۰/۳۳۹ < ۰/۰۰۶۱ < ۰/۰۰۶۰ < ۰/۰۰۰۶ میکروگرم بر مترمکعب بود. به استثنای سرب، میانگین غلظت فلزات مذکور از حد مجاز بالاتر بود.

نمودارهای ۱ تا ۴ میانگین غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مختلف را در مقایسه با حدود مجاز آن نشان می‌دهد.

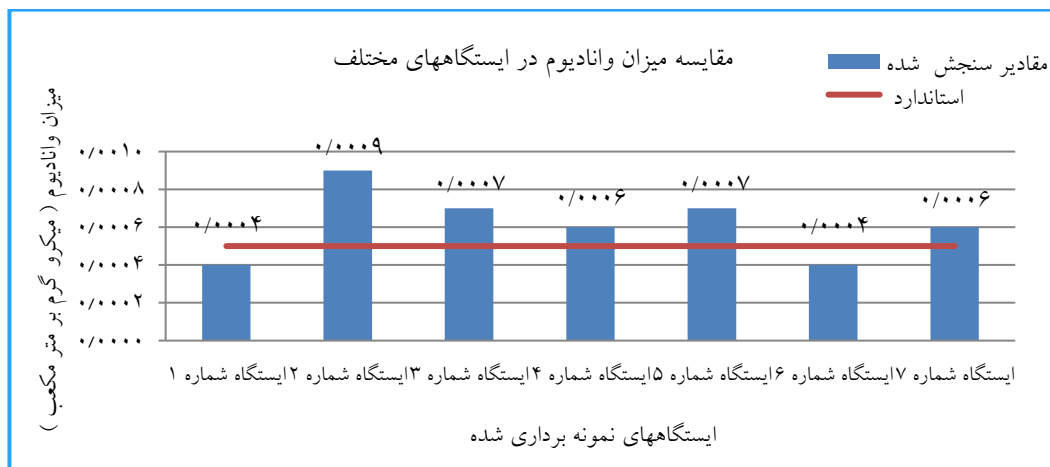
**فلز سرب:** ایستگاه شماره ۶ (محل مسکونی) با غلظت ۰/۱۰۵ میکروگرم بر مترمکعب دارای کمترین و ایستگاه شماره ۵ با غلظت ۰/۷۹ میکروگرم بر مترمکعب دارای بیشترین میزان سرب بود.

**فلز وانادیوم:** ایستگاه‌های شماره ۱ و ۶ (محل‌های مسکونی) با غلظت ۰/۰۰۰۴ میکروگرم بر مترمکعب دارای کمترین و ایستگاه شماره ۲ با غلظت ۰/۰۰۰۹ میکروگرم بر مترمکعب دارای بیشترین میزان وانادیوم بود.

**فلز آهن:** ایستگاه‌های شماره ۱، ۶ و ۷ (محل‌های مسکونی) با غلظت ۰/۰۰۵ میکروگرم بر مترمکعب دارای کمترین و ایستگاه-



نمودار ۱. مقایسه میزان سرب در ایستگاههای نمونه برداری شده



نمودار ۲. مقایسه میزان وانادیوم در ایستگاههای نمونه برداری شده



نمودار ۳. مقایسه میزان آهن در ایستگاههای نمونه برداری شده





نمودار ۴. مقایسه میزان کادمیوم در ایستگاههای نمونه برداری شده

## بحث

- بین Cd و Fe ضریب همبستگی بالا ( $p > 0.01$ ) وجود داشت که نشان می‌دهد این دو فلز دارای منشأ مشترک و انسان ساخت می‌باشند. این منشأهای مشترک می‌تواند صنایع مستقر در آن منطقه و مواد خام استفاده شده در آن صنایع باشد. عناصر موجود در موادی همانند گندله‌های مصرفی در صنایع فولادی و مواد فله موجود در منطقه ویژه می‌توانند عامل مهمی در افزایش این فلزات در ایستگاههای نمونه برداری شده در این مناطق باشند.

- بین Fe و Pb ضریب همبستگی بالا ( $p > 0.01$ ) وجود داشت که نشان می‌دهد این دو فلز دارای منشأ مشترک و انسان ساخت می‌باشد. در این خصوص نیز منشأهای مشترک می‌تواند صنایع مستقر در آن منطقه و مواد خام استفاده شده در آن صنایع باشد. عناصر موجود در موادی همانند گندله‌های مصرفی در صنایع فولادی و مواد فله موجود در منطقه ویژه می‌توانند عامل مهمی در افزایش این فلزات در ایستگاههای نمونه برداری شده در این مناطق باشند.

- بین Cd و Pb ضریب همبستگی بالا ( $p > 0.01$ ) وجود داشت که نشان می‌دهد این دو فلز دارای منشأ مشترک و انسان ساخت می‌باشد. احتمالاً این منشأهای مشترک استفاده از سوخت‌های فسیلی مصرف شده در این صنایع می‌باشد.

در این پژوهش به علت نبود استاندارد فلزات سنگین هوای محیطی در کشور ایران (صرفاً استاندارد میزان سرب هوای محیطی در قانون هوای پاک بیان شده است که به صورت استاندارد سالیانه و میانگین سه ماهه می‌باشد که قابل استناد در این تحقیق نمی‌باشد) برای مقایسه از استانداردهای ای اس تی ام و سازمان بهداشت جهانی استفاده شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که به استثنای سرب، میانگین غلظت فلزات مذکور (Cd, V, Fe) از حد مجاز بالاتر می‌باشد. پژوهش ملک پوری و همکاران با عنوان سطوح فلزات در ذرات معلق در هوا در منطقه صنعتی بندرعباس نشان داد که میزان فلز آهن در منطقه مورد مطالعه بالاتر از حد استاندارد و میزان سرب در محدوده استاندارد می‌باشد (۲۲). در پژوهش کلبی زاده با عنوان بررسی میزان غلظت فلزات سنگین در محیط پیرامون کارخانه فولاد اکسین خوزستان، غلظت فلزات سنگین در محیط پیرامون کارخانه فولاد بیشتر از میزان این پژوهش بود (۱۷). در پژوهش شیخی و همکاران با عنوان بررسی و اندازه گیری کل ذرات معلق و فلزات سنگین در هوای شهر اهواز، میزان آهن و کادمیوم در هوای شهر اهواز در زمان اندازه گیری بالاتر از میزان این پژوهش بود (۲۰). تجزیه و تحلیل فلزات مورد بررسی در منطقه نشان داد که:

- بین V و Pb ضریب همبستگی پایین تر ( $p > 0.01$ ) وجود داشت.

## نتیجه گیری

در مطالعه حاضر مقایسه میانگین غلظت سرب در منطقه مورد بررسی نشان داد که مقادیر این فلز در برخی ایستگاه‌ها بالاتر از استاندارد می‌باشد و با توجه به محل‌های نمونه‌برداری شده که در مسیر بزرگراه شهید رجایی و محل تردد خودروها، همچنین منطقه صنعتی می‌باشد، علت بالا بودن سرب در این ایستگاه‌ها، منابع متحرک، صنایع موجود در منطقه و همچنین فقدان فضای سبز مناسب می‌باشد.

همچنین میزان فلز کادمیوم در نمونه‌های هوا در ایستگاه‌های مستقر در مناطق صنعتی از حد استاندارد بالاتر می‌باشد و علت آن استفاده از فرآورده‌های نفتی و سوخت‌های فسیلی توسط نیروگاه بندرعباس است. همچنین با توجه به این که این مکان، محور تردد خودروها می‌باشد کادمیوم موجود در لاستیک خودروها و روغن اتومبیل‌ها نیز تأثیر گذار بر آلودگی هوا و خاک منطقه می‌باشد. علت بالا بودن میزان این فلز در ایستگاه شماره ۷ (منطقه مسکونی) مربوط به وجود ایستگاه‌های اتوبوس جهت تردد افراد مستقر در منطقه می‌باشد.

از آنجایی که آهن یکی از عناصری است که بیشترین کاربرد را در فعالیت‌های صنعتی به خصوص صنایع ذوب و نورد دارد، در ایستگاه‌هایی که مقادیر آهن بالاتر از استاندارد بود، علت اصلی

بالا بودن غلظت این فلز، وجود صنایعی نظیر فولاد کاوه جنوب کیش، فولاد هرمزگان و همچنین صنایع دیگر فولادی و روی و آلومینیوم بود.

علت اصلی بالا بودن غلظت کادمیوم در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده، فعالیت پالایشگاه نفت در منطقه و استفاده صنایع خصوصاً نیروگاه از سوخت فسیلی مازوت می‌باشد.

## ملاحظات اخلاقی

نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

## تشکر و قدردانی

این مقاله، حاصل نتایج بدست آمده از مطالعات انجام شده در مقطع ارشد مهندسی محیط زیست گرایش آلودگی هوا است که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات به‌انجام رسیده است. نویسندگان مقاله کمال تشکر و قدردانی را از این دانشگاه دارند.

## References

1. Solgi E. Abdollahi S. Investigation of Heavy Metals Contamination in Atmospheric Deposition of Zahedan City by Using Pollution Indices. *Journal of Natural Environmental Hazards* 2021; 11(32): In Press 1401 . (Persian)
2. Halil M. Ghanavati N. Nazarpour A. Assessment of the Environmental Pollution of some Heavy Metals in Abadan City Street Dust using Geographic Information System (GIS). *Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)* 2019; 23(1): 209-221. (Persian)
3. Shojaee Barjoe S. Azimzadeh HR. Mosleh Arani A. Ecological Risk Assessment of Some Heavy Metals in the Dust Emitted from Non-Metallic Industries of Ardakan County of Yazd in Summer 2018: A Descriptive Study. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences* 2020; 19(2): 173-92. (Persian)
4. Alidadi R. Mansouri n. Hemmasi A. Mirzahassemi SA. Risk Assessment of Heavy Metal in Ambient Air (Case Study: Ahvaz,Iran). *Anthropogenic Pollution* 2020; 4(2): 1-7. (Persian)
5. Faqih M. Nowruzi B. Mohammadi Roozbehani M. Investigation of cadmium heavy metal pollution in the environment. 2nd International Conference on Agriculture. Natural Resources, Environment and Medicinal Plants 2016 Feb 18; Qom, Iran. Tehran: Civilica; 2016. p. 45-53. (Persian)
6. Sepehri S. *Applied Technologies In Ambient Air Quality Monitoring*. first ed. Tehran: Andishmand; 2012. P.320. (Persian)
7. Moradi Baseri M. Kamani H. Ashrafi S. et al. Non-carcinogenic risk assessment of Hg and Cu in streets dusts of Zahedan city. *Iranian Journal of Health and Environment* 2018; 11(3): 391-402. (Persian)
8. Shams Khorramabadi GH. Dargahi A. Tabandeh L. et al. Survey of heavy metal pollution (copper, lead, zinc, cadmium, iron and manganese) in drinking water resources of Nurabad city, Lorestan, Iran 2013. *Yafteh*. 2016; 18(2): 13-22. (Persian)
9. Baheiraei N. Adeli Mehr A. Eyni H. Influence of Strontium Substitution on Osteogenesis of Bioglass/Gelatin Scaffold in Critically Sized rabbit Calvarial Defects. *Pathobiology Research* 2019; 22(3): 141-7. (Persian)
10. Baghaie AH, Aghili F. Evaluation of Lead and Cadmium Concentration of Arak City Soil and Their Non-Cancer Risk Assessment in 2017. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences* 2018; 17(8): 769-80. (Persian)
11. World Health Organization. Europe WHOROf. *Air Quality Guidelines for Europe: Regional Office for Europe*; 2000.
12. Debnath B. Singh W. Manna K. Sources and toxicological effects of lead on human health. *Indian Journal of Medical Specialities* 2019; 10(2): 66-71.
13. Hossein Saeedi L. haji hadi m. Rastegari M. Determining the Concentration of Heavy Metals at Urban Ambient Air (Case study: Rey City). *Journal of Environmental Science Studies* 2016; 1(1): 23-36. (Persian)
14. Samani majd S. Taebi A. Afyuni M. Lead and Cadmium Pollution in urban roadside asoil. *Journal of Environmental Studies* 2007; 33(43): 1-10. (Persian)
15. Mashroofeh A. Riyahi Bakhtiari A. Pourkazemi M. Concentrations of Cd, Ni, V and Zn in Muscle and Caviar of Persian Sturgeon (*Acipenser persicus*) with Emphasis on Risk Assessment Due to Consumption of Muscle. *Iranian Journal of Health and Environment* 2013;6(3): 407-16. (Persian)
16. Ramirez O. Sánchez de la Campa A. Sánchez-Rodas D. et al. Hazardous trace elements in thoracic fraction of airborne particulate matter: Assessment of temporal variations, sources, and health risks in a megacity. *Science of The Total Environment* 2020; 709: 136344
17. Kalbizadeh A. Investigation of the concentration of heavy metals in the environment around the Khuzestan Auxin Steel Plant and their impact on human health. [Master Thesis]. Iran. Islamic Azad university- Khuzestan Science and Research Branch, 2011. (Persian)
18. Dehghani M. *Environmental identity card of Bandar Abbas industries*. first volume. Bandar Abbas: General Department of Environment of Hormozgan Province 2003. (Persian)
19. Zaeimi G. Bandar Abbas. National Archives and Library of Iran & Islamic Culture and Communication Organization: Encyclopedia of Iran Land. 2006; [cited 2006 August 23]. Available from: <http://portal.nlai.ir/EI/default.aspx>.
20. Sheikhi Z. Jafar Mousavi A. Sakhvat Joo M. et al. Investigation and measurement of total suspended particles and heavy metals in the air of Ahvaz city and comparison of results with environmental standardsI). National Conference on Health, Environment, and Sustainable Development. 2011 March 2. Bandar Abbas: Iran. Civilica 2011. p. 759-773.
21. Environment R.O.f.t.P.o.t.M. *Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analyses Methods (MOOPAM): Regional Organization for the Protection of the Marine Environment*; 1999.

22. Malek Puri M. Ehsanpour M. Afkhami M. Metal Levels in Airborne Particulate Matter in Industrial

Area of Bandar Abbas, Iran. European Journal of Experimental Biology 2012; 2(5): 1714-1717.