مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و شش، شماره شش، شهریورماه ۱۴۰۳ (۱۵-۱)

ارزیابی میزان انتشار آلاینده‌ها و تغییرات شاخص کیفیت هوا در شهرهای غرب استان مازندران

شهره علی‌دوست [۱]

نادر بهرامی‌فر [۲*]

n.bahramifar@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۴ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۱**

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی هوا معضل محیط‌زیست شهری بوده و حمل و نقل عامل اصلی بروز آن است. در این مطالعه به بررسی آلاینده‌های شاخص هوا در غرب استان مازندران پرداخته شده است. میزان انتشار این آلاینده‌ها با توجه به میزان مصرف سوخت و ضرایب انتشار آن، در هر شهرستان محاسبه شد و به وسیله شاخص AQI به ارزیابی کیفیت هوای ایستگاه‌ها پرداخته شد.

روش بررسی: آلاینده‌های NO_2، SO_2، CO و O_3 در ۱۸ ایستگاه غرب استان با استفاده از دستگاه پرتابل aeroQUAL و PM_{10} و $PM_{2.5}$ نیز توسط دستگاه پرتابل HAZ-DUST سنجش شدند.

یافته‌ها: در بین ایستگاه‌های مورد بررسی، حداکثر غلظت NO_2 در شهرهای محمودآباد و آمل به ترتیب ۷۰ و ۷۲ $\mu g/m^3$، حداکثر غلظت CO در میدان مخابرات چالوس و میدان ۱۷ شهریور آمل به ترتیب ۱۶/۷۱ و ۱۳/۸۸ mg/m^3، بالاترین غلظت O_3 در شهرک صنعتی چمستان و بندر نوشهر به ترتیب برابر ۱۰۲ و ۱۰۰ $\mu g/m^3$ و بالاترین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} در مرکز شهر محمودآباد به ترتیب برابر ۲۰ و ۳۱ $\mu g/m^3$ مشاهده شد. SO_2 درتمامی نقاط نمونه‌برداری کمتر از ۱۰ $\mu g/m^3$ بود. بالاترین میزان انتشار گازهای آلاینده در منابع متحرک مربوط به گاز CO و در منابع ساکن مربوط به گاز NO_X بود.

بحث و نتیجه گیری: تنها در ایستگاه مرکز نور کیفیت هوا پاک بوده است و میدان مخابرات چالوس بدترین کیفیت هوا (خیلی ناسالم) را به دلیل بالا بودن غلظت CO داشته است. در کلیه شهرستان‌ها بخش عمده‌ای از آلاینده‌ها توسط منابع متحرک تولید می‌شوند. درصد گاز NOx منتشر شده از منابع ساکن در شهرهای مختلف خیلی بیشتر از سایر آلاینده‌ها بود که دلیل آن مصرف بالای گاز طبیعی در صنایع و منازل مسکونی است. به دلیل این‌که کیفیت هوای برخی از ایستگاه‌ها در شرایط ناسالم بود و همچنین توریستی بودن شهرهای مورد بررسی، سنجش دوره‌ای آلاینده‌های هوا در مراکز شهرها و کنترل و کاهش انتشار گازهای آلاینده از منابع ساکن و متحرک پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، AQI، ضرایب انتشار، مازندران.

۱- دکتری علوم و مهندسی محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور.

۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور . *(مسوول مکاتبات)

J. Env. Sci. Tech., Vol 26, No. 6, September, 2024

The evaluation of emissions and air quality index changes in West Mazandaran province

Shohreh Alidoust [1]
Nader Bahramifar [2*]
n.bahramifar@modares.ac.ir

Admission Date: November 12, 2023 Date Received: August 26, 2023

Abstract

Background and Objectives: Air pollution has been a problem in the urban environment and transport is the main cause of this pollution. In this study, the air pollution index was investigated in the west of Mazandaran province. The emissions due to fuel consumption and its emission factors were calculated in each city and the air quality of each station was evaluated using air quality index (AQI).

Material and Methodology: NO_2, SO_2, CO and O_3 were measured in the 18 stations of the study area using aeroQUAL portable air quality monitoring equipment and the particulate matter PM_{10} and $PM_{2.5}$ were also determined by portable HAZ-DUST real-time particulate air monitoring equipment.

Finding: A high concentration of NO_2 was obtained in the cities of Mahmudabad and Amol (70 and 72 $\mu g/m^3$, respectively) and a high concentration of CO was found to be 16.77 and 13.88 mg/m^3 in the Mokhaberat square of Chalus city and 17 Shahrivar square of Amol city, respectively. At all sampling stations, the concentration of SO_2 was less than 10 $\mu g/m^3$. In addition, the concentration of O_3 was determined to be highest in the industrial zone of Chamestan and Noshahr Seaport. The $PM_{2.5}$ content was detected to be highest in Mahmudabad city. The emission of mobile and stationary sources was shown the highest level for concentrations of CO and NO_X, respectively.

Discussion and conclusion: Obtained results showed that the air quality of the center of Noor city was recognized the only a good air quality area among the study areas. Mokhaberat square of Chalus had the worst air quality (very unhealthy) due to high levels of CO. In the all cities, the main portion of emissions was produced by the mobile sources. NOx emissions from stationary sources in all cities were higher compare to other pollutants, due to the high consumption of natural gas in the industry and residential areas. Because of the unhealthy air quality of some of the stations and the tourism cities of the study area, periodic evaluation of the air monitoring in urban centers must be suggested. In conclusion, it is suggested to use exhaust back-filter in industry and traffic limitations in order to reduce emission of the air pollutants from the mobile and stationary sources.

Keywords: air pollutant, AQI, emission factors, Mazandaran.

1- PhD., Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran.
2- Associate professor of Environmental Sciences, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran. *(*Corresponding Author*)

مقدمه

آلودگی هوا در مناطق شهری و صنعتی از مهم‌ترین مشکلات محیط‌زیستی است که بهداشت و سلامت بشر را تهدید می‌کند. افزایش جمعیت شهرها، رفت‌وآمد وسایل نقلیه‌ی موتوری، استفاده‌ی نادرست از وسایل گرم کننده و بزرگ شدن شهرها، از جمله عواملی هستند که موجب آلودگی هوا شده‌اند (۱و۲). به طور کلی آلودگی هوا عبارت از حضور مواد نامطلوب در هوا به مدت زمان و غلظتی که بتواند اثرات مضر ایجاد کند. (۳). منابع آلاینده هوا در دو دسته طبیعی و مصنوعی طبقه‌بندی می‌گردد که نقش انسان در کنترل آلودگی ناشی از منابع طبیعی خیلی کم است، اما انسان از طریق برهم‌زدن تعادل اکولوژیکی و طبیعی ناشی از آلودگی مصنوعی می‌تواند وضع به آلودگی طبیعی بیافزاید. منبع مصنوعی خود به دو گروه ساکن و متحرّک تقسیم می‌شود. منابع ساکن همان‌طور که از اسم آن‌ها پیداست شامل صنایع، نیروگاه‌ها و مراکز تجاری و مسکونی می‌شود و منابع متحرّک انواع وسایل نقلیه از موتورسیکلت تا هواپیما و کشتی را شامل می‌گردد. آلودگی هوا در صنایع هم به علّت مصرف سوخت است و هم نوع فرآیند، در حالی‌که در منابع متحرّک عمدتا حاصل احتراق سوخت بوده و به صورت گازهای آلاینده و یا ذرات، وارد هوا می‌شود. مقدار آلودگی تولید شده از منبع مورد نظر را با وزن آلودگی به واحد وزن مواد خام مصرفی یا محصول تولیدی بیان می‌کنند و به آن ضریب انتشار می‌گویند.(۴) آلودگی ناشی از بخش حمل و نقل به علت شهرسازی بی رویه و سریع به اندازه آلودگی صنعتی است، که به صورت گازهای خروجی از اگزوز، ذرات معلق، صدا و غیره وجود دارد (۵). آلاینده‌هایی که از بخش حمل و نقل از طریق سوخت‌های فسیلی وارد هوا می‌شوند. شامل: منواکسید کربن[1] اکسیدهای گوگرد[2] اکسیدهای نیتروژن[3] ترکیبات آلی فرار[4] و ذرات معلق[5] است. آلودگی هوا بر سلامت انسان بسیار تاثیرگذار بوده و باعث بروز بیماری‌های حاد و مزمن قلبی– تنفسی و حتی مرگ زودرس می‌گردد که این امر باعث کاهش امید به زندگی در جوامع بشری خواهد شد (۲و۶و۷). همان‌گونه که وضعیت آب و هوا روز به روز و حتی ساعت به ساعت تغییر می‌کند، کیفیت هوا نیز می‌تواند متغیر باشد. مدیریت پایش و نظارت بر کیفیت هوا در شهرهای بزرگ داده‌های مربوط به کیفیت هوا را به شاخص کیفیت هوا[6] (AQI) تبدیل می‌کند و اطلاعات مورد نیاز را در اختیار عموم مردم قرار می‌دهد. بنابراین شاخص کیفیت هوا یک ابزار کلیدی جهت آگاهی از کیفیت هوا، نحوهٔ اثر آلودگی هوا بر سلامت و روش‌های محافظتی در برابر آلودگی هوا است. به طور کلی شاخص AQI جهت گزارش روزانه کیفیت هوا کاربرد دارد (۲). شاخص کیفیت هوا برای پنج آلاینده اصلی هوا یعنی ذرات معلق، دی اکسیدنیتروژن، ازن، منوکسیدکربن و دی اکسیدگوگرد محاسبه می‌شود که به عنوان معیار آلاینده در سراسر جهان جهت اندازه-گیری سطح آلودگی هوا مورد بررسی قرار می‌گیرد (۸و۹و۱۰). در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در کلان شهرها در جهت بررسی کیفیت هوای شهرها صورت گرفته است از جمله آن می-توان به مطالعه ضرابی و همکاران (۱۳۸۹) اشاره کرد که به بررسی و ارزیابی اثر منابع ثابت و متحرک در آلودگی هوای شهر اصفهان پرداخته‌اند نتایج این مطالعه نشان داد که از مجموع کل آلاینده‌های وارد شده به شهر اصفهان ۱۳ درصد متعلق به صنایع شهری، ۱۱ درصد مربوط به منابع خانگی و ۷۶ درصد از کل آلاینده‌ها مربوط به منابع آلوده کننده ناشی از ترافیک در شهر اصفهان است (۱۱). در سال ۱۳۹۱ منصوری و همکاران به مطالعه در زمینه برآورد میزان ضریب انتشار آلاینده‌های شاخص هوا در بخش حمل و نقل شهر تهران پرداختند. نتایج نشان داد که آلاینده‌های CO و NO_X بیشترین میزان ضریب انتشار را در خودروهای بنزینی داشته، در حالی که آلاینده‌های PM و CO کمترین میزان ضریب انتشار در خودروهای گازوئیلی شهر تهران را دارا بوده‌اند (۱۲). مطالعه‌ای دیگر در شهر تبریز توسط غلامپور و همکاران (۱۳۹۳) صورت گرفت که به بررسی تغییرات غلظت ذارت معلق هوای آزاد و ارزیابی اثرات بهداشتی منتسب به آن‌ها

1- Carbon monoxide (CO)
2- Sulfur oxide (SO_X)
3- Nitrogen Oxides (NO_X)
4- Volatile organic compounds (VOCs)
5- Particle pollution (P.M.)
6- Air Quality Index

در شهر تبریز پرداخته شد. نتایج این بررسی‌ها نشان داد که در طی روزهای نموه برداری غلظت ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ به ترتیب ۷۳ درصد و ۶۹ درصداز حد استاندارد ملی و از نظر استاندارد EPA به ترتیب ۸ و ۵۰ درصد بالاتر بوده است (۱۳). با توجه به موقعیت جغرافیایی استان مازندران که هم مرز با استان‌های گلستان، سمنان، تهران، البرز، قزوین و گیلان است. همچنین از لحاظ جاذبه‌های گردشگری و جذب توریست رتبه یک را در ایران دارا است سالانه میزبان خیل زیادی از مسافران است که باعث می‌شود حجم بالایی از خودروها در زمان تعطیلات ترافیک‌های سنگینی در جاده‌های درون و برون شهری به ویژه در غرب استان ایجاد کنند. از طرف دیگر به دلیل عدم وجود ایستگاه‌های ثابت پایش آلودگی هوا در مراکز شهرستان‌های این استان اطلاعات دقیقی از وضعیت آلودگی هوا در نقاط پرتردد این استان وجود ندارد. همچنین با توجه به نقش زیادی فعالیت‌های صنعتی در بروز آلودگی هوا دارد و نبود ایستگاه‌های پایش آلودگی در شهرک‌های صنعتی غرب استان باعث شده است که اطلاعات دقیقی از کیفیت هوای آنها در دست نباشد، لذا در این مطالعه به بررسی وضعیت آلاینده‌های شاخص در شهرستان‌های غرب استان مازندران با تمرکز بر مراکز شهرها و نقاط پردتردد و شهرک‌های صنعتی، پرداخته شده است. طی این بررسی‌ها میزان انتشار این گروه از آلاینده‌ها با توجه به میزان مصرف سوخت و ضرایب انتشار آلاینده‌ها، در هر شهرستان محاسبه شده است. همچنین به کمک شاخص کیفیت هوا (AQI) به ارزیابی کیفیت هوای مراکز شهرها و شهرک‌های صنعتی پرداخته شده است. با در نظر گرفتن اثرات زیان‌بار و خساراتی که وجود آلاینده‌های هوا ایجاد می‌کنند، لزوم تحقیق و مطالعه در این زمینه و کمک به یافتن بهترین و عملی‌ترین راه‌ها برای حل این مشکل ضروری می‌نماید. همان‌طور که گفته شد اولین گام در این زمینه شناسایی منابع انسانی تولید آلاینده‌های اتمسفری و دسته‌بندی آن‌ها با هدف تعیین سهم نسبی این منابع در ایجاد آلودگی در زمان‌ها و مکان‌های مختلف شهرستان‌های غرب استان است. سپس با توجه به اطلاعات حاصله می‌توان میزان تأثیر اقدامات و اولویت‌بندی آن‌ها را تعیین و به تدریج اجرا نمود.

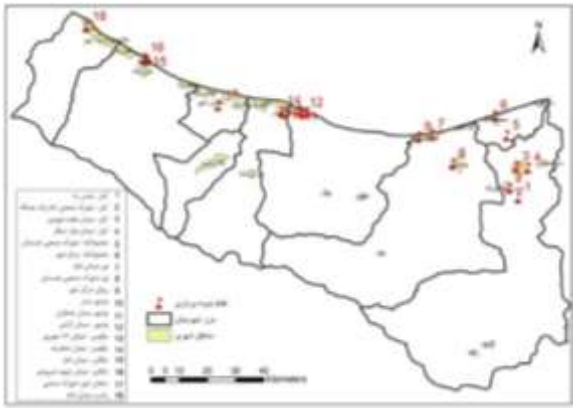
روش بررسی

مطابق استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا نمونه-برداری در ۱۸ ایستگاه، شهرک‌های صنعتی و مراکز شهرستان-های غرب استان مازندران براساس نزدیکی به صنایع و نقاط پرتردد شهری انتخاب شدند که موقعیت نقاط نمونه‌برداری در نقشه ۱ نشان داده شده است. جهت سنجش آلاینده‌های گازی محیطی از دستگاه پرتابل aeroQUAL سری Handheld Gas Monito 200 ساخت کشور نیوزلند مجهز به سنسورهای NO_2، SO_2، CO و O_3 استفاده شد. سنجش ذرات معلق PM_{10} و $PM_{2.5}$ نیز با استفاده از دستگاه HAZ-DUST مدل USA-EPAM5000 انجام شد. حد تشخیص برای سنجش هر یک از آلاینده‌ها در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول۱- حد تشخیص سنسورها در اندازه‌گیری آلاینده‌های شاخص هوا

Table 1. Detection limit of sensors in measuring air index pollutants

آلاینده ها	PM_{10} & $PM_{2.5}$	CO	NO_2	SO_2	O_3
LOD	1 $\mu g/m^3$	۰/۰۱ mg/m^3	1 $\mu g/m^3$	۰/۰۱ mg/m^3	1 $\mu g/m^3$



نقشه ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شهرستان‌های غرب استان مازندران

Map 1. Location of sampling stations in western cities of Mazandaran province

جهت بررسی کیفیت هوا از شاخص AQI استفاده شده است در این روش به منظور درک آسان، شاخص کیفیت هوا به شش دسته طبقه‌بندی شده است که هر دسته را به سطوح مختلف سلامت انسان مربوط می سازد؛ این شش دسته به شرح ذیل است: خوب (۰-۵۰) به رنگ سبز، متوسط (۵۱-۱۰۰) زرد رنگ، ناسالم برای گروه‌های حساس (۱۰۱-۱۵۰) نارنجی، ناسالم (۱۵۱-۲۰۰) قرمز، خیلی ناسالم (۲۰۱-۳۰۰) بنفش و خطرناک (۳۰۰ به بالا) به رنگ خرمایی نشان می‌دهند. برای تعیین شاخص کیفیت هوای هر ایستگاه ابتدا غلظت هر آلاینده را به کمک رابطه ۱ به شاخص AQI تبدیل می کنیم، بالاترین عدد AQI برای هر آلاینده بیانگر وضعیت کیفیت هوای آن نقطه است (۷).

$$I_P = \frac{I_{Hi} - I_{LP}}{BP_{Hi} - BP_{L0}}(C_P - BP_{L0}) + I_{L0} \qquad (۱)$$

در این رابطه I_p، شاخص کیفیت هوا برای آلاینده p؛ C_p، غلظت اندازه‌گیری شده (گرد شده) برای آلاینده p؛ BP_{Hi}، نقطه شکستی که بزرگتر یا مساوی C_p است؛ BP_{L0}، نقطه شکستی که کوچکتر یا مساوی C_p است؛ I_{Hi}، مقدار AQI منطبق با BP_{Hi} و I_{L0}، مقدار AQI منطبق با BP_{L0} است. یکی از روش‌های بررسی میزان تولید آلاینده‌های هوا، استفاده از ضرایب انتشار و محاسبه مقدار آلاینده تولیدی از هر یک از حامل‌های انرژی در منابع مختلف است. در این تحقیق اطلاعات سوخت‌ها از شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی ایران و شرکت گاز استان مازندران تهیه شده است. اطلاعات تعداد مصرف‌کننده‌های مناطق مختلف نیز از ارگان‌هایی چون مرکز آمار و اطلاعات شهرداری‌های شهرستان‌های غرب استان و مرکز آمار ایران تهیه گردیده است. نوع آلاینده و ضرایب انتشار برای صنایع با شناخت و بررسی فرآیند و در نهایت اندازه‌گیری امکان‌پذیر است. ضریب انتشار برای آلاینده‌های CO، SO_X، هیدروکربن‌های کل (THC) و ذرات معلق (SPM) بعضی منابع ساکن و متحرک بدون وسیله کنترل به شرح جدول‌های ۲ و ۳ است (۱۴و۱۵و۱۶).

1- Total hydrocarbon

2- Suspended Particlulated Matter

جدول ۲- ضرایب انتشار ناشی از احتراق سوخت‌های مختلف در منابع ساکن

Table 2. Emission coefficients due to the combustion of different fuels in stationary sources

نوع منبع	سوخت	واحد	ضرایب انتشار				
			SOx	NOx	CO	THC	SPM
صنایع	نفت کوره	g/l	۵۱/۴۹	۷/۱۱	۰/۴۹	۰/۳۷	۲/۷۲
	نفت سفید	g/l	۳/۲۰	۶/۱۵	۰/۵۶	۰/۳۴	۲/۳۸
	گازوییل	g/l	۱۲/۹۴	۶/۳۲	۰/۵۰	۰/۳۵	۲/۵۰
	گاز مایع	g/kg	۳/۰۶	۲/۶۱	۰/۳۵	۰/۱۰	۰/۴۰
	گاز طبیعی	g/m^3	۰/۰۴	۳/۰۰	۰/۲۹	۰/۰۴	۰/۲۵
مسکونی و تجاری	نفت کوره	g/l	۵۱/۴۹	۲/۸۴	۰/۶۱	۰/۱۶	۲/۸۸
	نفت سفید	g/l	۳/۲۰	۲/۳۱	۰/۵۶	۰/۴۱	۰/۸۲
	گازوییل	g/l	۱۲/۹۴	۲/۷۳	۰/۵۸	۰/۱۵	۲/۱۲
	گاز مایع	g/kg	۳/۰۶	۱/۸۱	۰/۴۵	۰/۱۵	۰/۴۰
	گاز طبیعی	g/m^3	۰/۰۴	۲/۰۵	۰/۳۳	۰/۱۲	۰/۲۹
نیروگاه و پالایشگاه	گازوییل	g/l	۱۲/۹۴	۱۰/۹۴	۰/۵۸	۰/۵۸	۲/۵۴
	نفت کوره	g/l	۶۶/۴۸	۱۳/۲۰	۰/۶۵	۰/۶۵	۲/۸۴
	گاز طبیعی	g/m^3	۰/۰۴	۹/۶۰	۰/۲۹	۰/۶۶	۰/۲۵

جدول ۳- ضرایب انتشار برای اتومبیل و کامیون

Table 3. Emission coefficients for cars and trucks

آلودگی	اتومبیل		کامیون	
	ساخت قبل از g/km۱۹۶۸	کاهش در اتومبیل جدید (٪)	جرقه ای g/km	دیزل g/km
NOx	۲/۵	۷۵	۷	۱۲
CO	۶۵	۹۵	۱۵۰	۱۷
هیدروکربن نسوخته	۱۰	۹۰	۱۷	۳
ذرات	۰/۵	۴۰	خیلی کم	۰/۵

یافته ها

نتایج اندازه‌گیری آلاینده‌های شاخص هوا در ایستگاه‌های مختلف واقع در شهرستان‌های مختلف غرب استان مازندران در جدول ۴ گزارش شده است. به دلیل این‌که غلظت SO_2 درتمامی نقاط نمونه‌برداری کمتر از $\mu g/m^3$ ۱۰ بوده، نتایج آن در این جدول آورده نشده است.

جدول ۴ - میانگین غلظت آلاینده‌های شاخص هوا در ایستگاه‌های مختلف واقع در شهرستان‌های غرب استان مازندران

Table 4. The average concentration of air pollutants in different stations located in the western cities of Mazandaran province

ردیف	ایستگاه	میانگین NO_2	میانگین CO	میانگین O_3	میانگین PM_{10}	میانگین $PM_{2.5}$
۱	آمل (میدان هزارسنگر)	۵۱	۱۲/۷۷	۴۶	۳۰	۱۶
۲	آمل (میدان ۱۷شهریور)	۷۲	۱۳/۸۸	۶۷	۱۷	۱۵
۳	آمل (پلیس راه)	۲۴	۸/۸۲	۹۱	-	۷
۴	شهرک صنعتی امام زاده عبدالله	۹	۹/۰۲	۸۷	۲۱	۱۴
۵	شهرک صنعتی تشبندان	1<	۴/۴۷	۳۵	-	-
۶	مرکز شهر محمودآباد	۷۰	۴	۷۳	۳۱	۲۰
۷	مرکز شهر نور	۰	۳/۵۶	۵۵	۱۸	۱۳
۸	شهرک صنعتی چمستان	۴۱	۹/۳۲	۱۰۲	۱۴	۱۲
۹	مرکز شهر رویان	1<	۷/۷۸	۸۰	-	-
۱۰	نوشهر (بندر)	1<	۵/۴	۱۰۰	-	-
۱۱	نوشهر (میدان همافران)	1<	۸/۰۶	۴۶	-	-
۱۲	نوشهر (میدان آزادی)	1<	۶/۴۱	۵۴	۹	۶
۱۳	چالوس (فرهنگ)	1<	۱۰/۲۱	۳۴	-	-
۱۴	چالوس (میدان مخابرات)	1<	۱۶/۷۱	۴۲	-	-
۱۵	تنکابن (میدان امام)	1<	۱۲/۰۶	۵۳	۱۰	۸
۱۶	تنکابن میدان (شیرودی)	1<	۱۰/۳۹	۵۹	-	-
۱۷	شهرک صنعتی سلمانهر	۷	۱۲/۲۲	۵۲	۸	۵
۱۸	رامسر (میدان امام)	۱۶	۱۱/۸۱	۷۸	۱۲	۹

*واحد غلظت CO برحسب mg/m^3 و سایر آلاینده‌ها بر حسب $\mu g/m^3$ است.

براساس نتایج اندازه‌گیری شده بالاترین میزان غلظت NO_2 در مراکز شهرهای محمودآباد و آمل (به ترتیب ۷۰و ۷۲ $\mu g/m^3$) بوده است و در رتبه‌های بعدی شهرک صنعتی چمستان- (۴۱$\mu g/m^3$) بالاترین بار آلودگی را نشان داده است. این در حالی است که بسیاری از نقاط از قبیل ایستگاه‌های شهر چالوس و نوشهر غلظتی کمتر از ۱ $\mu g/m^3$ داشتند. نتایج مقایسه غلظت CO در ایستگاه‌های غرب استان نشان می‌دهد که این آلاینده در تمامی نقاط نمونه‌برداری مشاهده شده است و بالاترین غلظت در میدان مخابرات چالوس و میدان ۱۷ شهریور آمل (به ترتیب ۱۶/۷۱ و ۱۳/۸۸ mg/m^3) بدست آمده است و کمترین آن متعلق به میدان امام خمینی شهر نور است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین غلظت O_3 در ایستگاه‌های مختلف غرب استان نشان می‌دهد این آلاینده در تمامی نقاط وجود دارد و بالاترین آن مربوط به ایستگاه شهرک صنعتی چمستان و بندر نوشهر بوده است. کمترین غلظت نیز در چالوس و شهرک صنعتی تشبندان محمودآباد مشاهده شده است. اندازه‌گیری ذرات $PM_{2.5}$ نشان می‌دهد که بالاترین میزان آن در مرکز شهر محمودآباد مشاهده گردید و در رتبه‌های بعدی میدان هزار سنگر آمل و شهرک صنعتی تشبندان محمودآباد قرار دارند. از طرف دیگر ایستگاه‌های شهرک صنعتی سلمان‌شهر و میدان آزادی نوشهر کمترین غلظت

$PM_{2.5}$ را نشان دادند. حد استاندارد تعیین شده برای $PM_{2.5}$ توسط EPA برابر$\mu g/m^3$ ۳۵ و رهنمود تعیین شده توسط WHO برابر $\mu g/m^3$ ۲۵ است. میانگین سنجش شده این ذرات در کلیه ایستگاه‌های غرب استان کمتر از این حد بوده است. نتایج مربوط به سنجش PM_{10} در مناطق مختلف نمونه برداری (جدول ۴) نشان داد که بالاترین میزان بار آلودگی این آلاینده در ایستگاه مرکز شهر محمودآباد و میدان هزار سنگر آمل وجود دارد. این در حالی بود که در ایستگاه‌های شهرک صنعتی سلمان شهر و میدان آزادی نوشهر کمترین میزان بار آلودگی اندازه‌گیری شد. میانگین ذرات معلق PM_{10} اندازه‌گیری شده در کلیه ایستگاه‌های شهرستان‌های غرب استان کمتر از حد استاندارد تعیین شده توسط EPA[2] ($\mu g/m^3$ ۱۵۰) و رهنمود $\mu g/m^3$ ۵۰ تعیین شده توسط WHO بوده است.

برآورد میزان آلاینده‌های منتشر شده از منابع متحرک

میزان آلاینده‌های تولید شده از منابع آلاینده متحرک محاسبه شده بر اساس میزان مصرف سوخت‌های بنزین، گاز طبیعی[3] و گازوییل که از شرکت‌های پالایش و پخش منطقه ساری و چالوس و همچنین شرکت گاز اخذ شده، در جدول ۵ گزارش شده است.

جدول ۵- میزان انتشار آلاینده‌های شاخص هوا تولید شده از منابع متحرک

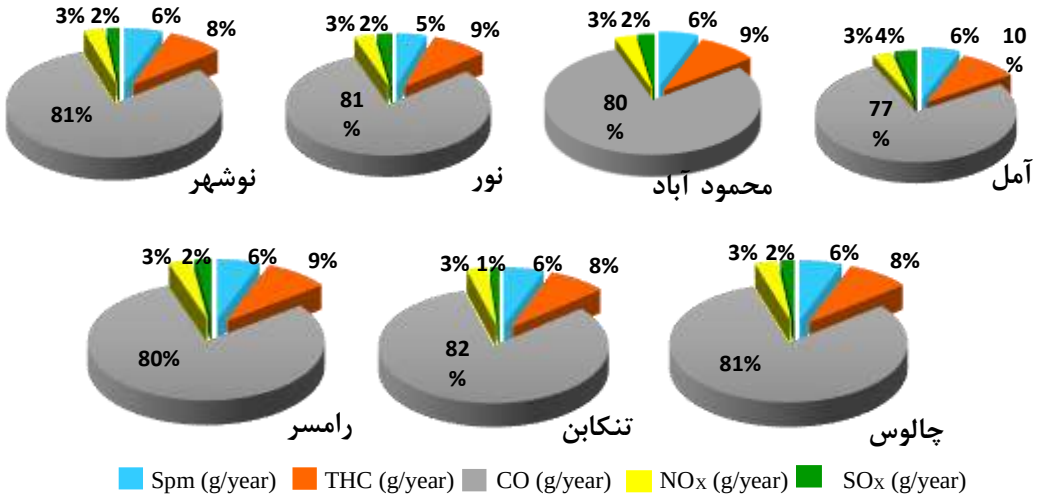
Table 5. Emission rate of air index pollutants produced from mobile sources

شهر	سوخت (m^3)	مصرف سالانه	SOx (kg/year)	NOx (kg/year)	CO (kg/year)	THC (kg/year)	SPM (kg/year)
آمل	بنزین	۱۶۹۰۰۰	۲۱۹۷۰۰	۱۷۸۹۷۱۰	۵۲۶۶۰۴۰۰	۴۷۵۳۹۷۰	۳۴۱۷۱۸۰
	گازوییل	۱۲۳۰۰۰	۲۴۶۰۰۰۰	۶۱۵۰۰۰	۵۵۳۵۰۰۰	۲۵۸۳۰۰۰	۱۱۰۷۰۰۰
	CNG	۳۸۱۰۴۲۲۰	۱۸۸۲۳	۱۳۳۴	۵۳۳	۱۶۰۰	۱۶۳۸
مجموع			۲۶۹۸۵۲۳	۲۴۰۶۰۴۴	۵۸۱۹۵۹۳۳	۷۳۳۸۵۷۰	۴۵۲۵۸۱۸
محمودآباد	بنزین	۶۲۴۱۰	۸۱۱۳۴	۶۶۰۹۲۶	۱۹۴۴۷۰۸۰	۱۷۵۵۶۰۵	۱۲۶۱۹۳۸
	گازوییل	۲۷۳۶۵	۵۴۷۲۹۸	۱۳۶۸۲۴	۱۲۳۱۴۲۰	۵۷۴۶۶۳	۲۴۶۲۸۴
	CNG	۲۳۸۰۳۴۳۳	۱۱۷۵۹	۸۳۳	۳۳۳	۱۰۰۰	۱۰۲۴
مجموع			۶۴۰۱۹۰	۷۹۸۵۸۴	۲۰۶۷۸۸۳۴	۲۳۳۱۲۶۷	۱۵۰۹۲۴۶
نور	بنزین	۷۱۷۸۲	۹۳۳۱۶	۷۶۰۱۷۰	۲۲۳۶۷۲۲۴	۲۰۱۹۲۲۳	۱۴۵۱۴۲۹
	گازوییل	۳۸۰۲۵	۷۶۰۵۰۰	۱۹۰۱۲۵	۱۷۱۱۱۲۵	۷۹۸۵۲۵	۳۴۲۲۲۵
	CNG	۲۰۹۳۲۲۰۱	۸۳۷	۴۲۹۱۱	۶۹۰۸	۲۵۱۲	۶۰۷۰
مجموع			۸۵۴۶۵۴	۹۹۳۲۰۶	۲۴۰۸۵۲۵۷	۲۸۲۰۲۶۰	۱۷۹۹۷۲۴
نوشهر	بنزین	۷۶۰۹۶	۹۸۹۲۵	۸۰۵۸۶۰	۲۳۷۱۱۶۲۳	۲۱۴۰۵۹۰	۱۵۳۸۶۶۸
	گازوییل	۲۲۳۸۸	۴۴۷۷۵۹	۱۱۱۹۴۰	۱۰۰۷۴۵۸	۴۷۰۱۴۷	۲۰۱۴۹۲
	CNG	۱۰۹۴۸۱۱۹	۵۴۰۸	۳۸۳	۱۵۳	۴۶۰	۴۷۰۸
مجموع			۵۵۲۰۹۳	۹۱۸۱۸۳	۲۴۷۱۹۲۳۴	۲۶۱۱۱۹۷	۱۷۴۰۶۳۱
چالوس	بنزین	۷۶۰۹۶	۹۸۹۲۵	۸۰۵۸۶۰	۲۳۷۱۱۶۲۳	۲۱۴۰۵۹۰	۱۵۳۸۶۶۸
	گازوییل	۲۲۳۸۸	۴۴۷۷۵۹	۱۱۱۹۴۰	۱۰۰۷۴۵۸	۴۷۰۱۴۷۰	۲۰۱۴۹۲
	CNG	۱۱۸۹۴۶۵۸	۵۸۷۶	۴۱۶	۱۶۷	۵۰۰	۵۱۱

1- World Health Organization
2- United States Environmental Protection Agency
3- Compressed natural gas (CNG)

مجموع			۵۵۲۵۶۰	۹۱۸۲۱۷	۲۴۷۱۹۲۴۷۰	۲۶۱۱۲۳۷	۱۷۴۰۶۷۱
تنکابن	بنزین	۱۲۵۵۵۰	۱۶۳۲۱۶	۱۳۲۹۵۷۹	۳۹۱۲۲	۳۵۳۲	۲۵۳۹
	گازوییل	۲۰۸۸۵	۴۱۷۷۰۲	۱۰۴۴۲۶	۹۳۹۸۳۰	۴۳۸۵۸۷	۱۸۷۹۶۶
	CNG	۱۸۴۱۲۷۳۱	۹۰۹۶	۶۴۴	۲۵۸	۷۷۳	۷۹۲
مجموع			۵۹۰۰۱۳	۱۴۳۴۶۴۷	۴۰۰۶۱۵۹۲	۳۹۷۱۰۹۳	۲۷۲۷۳۸۷
رامسر	بنزین	۵۳۹۹۳	۷۰۱۹۱	۵۷۱۷۸۵	۱۶۸۲۴۱۸۸	۱۵۱۸۸۲۰	۱۰۹۱۷۳۶
	گازوییل	۲۰۸۹۷	۴۱۷۹۳۲	۱۰۴۴۸۳	۹۴۰۳۴۷	۴۳۸۸۲۹	۱۸۸۰۶۹
	CNG	۱۱۹۸۱۶۴۶	۵۹۱۹	۴۱۹	۱۶۸	۵۰۳	۵۱۵
مجموع			۴۹۴۰۴۲	۶۷۶۶۸۷	۱۷۷۶۴۷۰۲	۱۹۵۸۱۵۲	۱۲۸۰۳۲۱
کل			۶۱۳۵۰۵۵	۷۸۰۷۲۲۵	۲۰۱۳۴۲۰۰۰	۲۲۶۶۳۰۰۰	۱۴۶۸۴۰۰۰

نمودارهای ۱، درصد هر یک از آلاینده‌های هوای تولید شده از منابع متحرک برای هر شهر را به طور جداگانه نشان داده شده است.



شکل ۱- درصد هر یک از آلاینده‌های تولید شده توسط منابع متحرک مربوط به هر شهرستان

Figure 1. The percentage of each pollutant produced by mobile sources in each city

برآورد میزان آلاینده‌های منتشر شده از منابع ساکن

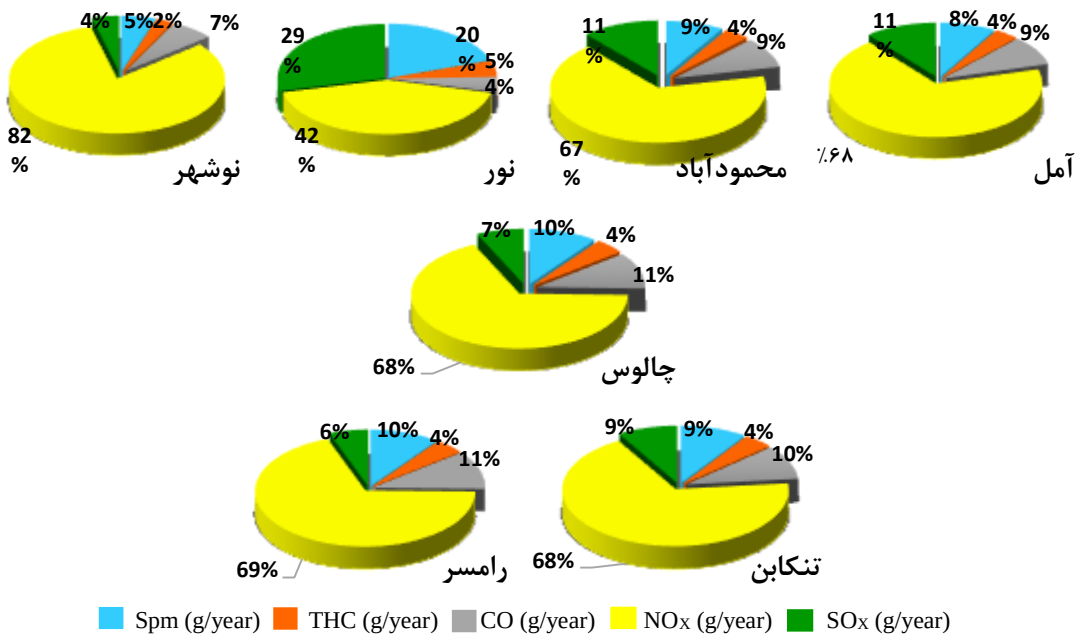
میزان آلاینده‌های هوای تولید شده از منابع ساکن بر اساس میزان سوخت‌های مصرفی در منازل مسکونی، مراکز تجاری، صنایع و نیروگاه‌ها مطابق جدول ضرایب انتشار محاسبه و نتایج آن در جدول ۶ آورده شده است. همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود برخلاف منابع متحرک که بیشترین میزان تولید آلاینده مربوط به گاز مونوکسیدکربن بود در منابع ساکن همه شهرها، بیشترین میزان تولید آلاینده مربوط به گاز NO_X بود.

جدول ۶- میزان آلاینده‌های هوا تولید شده از منابع ساکن در شهرهای مختلف غرب استان مازندران

Table 6. The amount of air pollutants produced from sources residing in different cities in the west of Mazandaran province

شهر	نوع سوخت	مصرف سالانه متر مکعب	SOx (kg/year)	NOx (kg/year)	CO (kg/year)	THC (kg/year)	SPM (kg/year)
آمل	نفت کوره	۲۰۰۰	۱۰۲۹۸۰	۱۴۲۲۰	۹۸۰	۷۴۰	۵۴۴۰
	نفت سفید	۱۷۰۰۰	۵۴۴۰۰	۳۹۲۷۰	۹۵۲۰	۶۹۷۰	۱۳۹۴۰
	گاز طبیعی	۴۷۸۹۸۰۳۹۲	۱۹۱۶۸	۱۰۶۲۰۰۰	۱۳۲۵۰۰	۵۰۷۵۵	۱۱۶۶۲۰
مجموع			۱۷۶۵۴۸	۱۱۲۰۰۰۰	۱۴۳۰۰۰	۵۸۴۶۵	۱۳۶۰۰۰
محمودآباد	نفت کوره	۶۸۰	۳۵۰۱۳	۴۸۳۵	۳۳۳	۲۵۲	۱۸۴۹۶۰۰
	نفت سفید	۳۹۵۲	۱۲۶۴۶	۹۱۲۹	۲۲۱۳	۱۶۲۰	۳۲۴۰۶۴۰
	گاز طبیعی	۱۳۸۰۳۰۱۱۳	۵۵۲۰	۲۹۸۹۱۰	۴۰۵۴۲	۱۵۲۳۳	۳۵۶۲۰
مجموع			۵۳۱۷۹	۳۱۲۸۷۱	۴۳۰۸۸	۱۷۱۰۵	۴۰۷۱۰
نور	نفت کوره	۳۷۴	۱۹۲۵۷	۲۶۵۹	۱۸۳	۱۳۸	۱۰۱۷
	نفت سفید	۱۶۷۶۰	۵۳۶۳۲	۳۸۷۱۵	۹۳۸۶	۶۸۷۲	۱۳۷۴۳
	گاز طبیعی	۱۴۲۹۰۷۷۲۸	۹۷۴	۶۷۶۲۶	۲۰۱۸	۵۰۸۵	۳۵۷۴۲
مجموع			۷۳۸۶۴	۱۰۹۰۰۰	۱۱۵۸۷	۱۲۰۹۵	۵۰۵۰۲
نوشهر	نفت کوره	۱۷	۸۷۵	۱۲۱	۸	۶	۴۶
	نفت سفید	۱۱۴۶۶	۳۶۶۹۲	۲۶۴۸۷	۶۴۲۱	۴۷۰۱	۹۴۰۲
	گاز طبیعی	۲۴۱۹۵۱۰۳۳	۹۶۷۹	۹۳۴۶۳۳	۷۰۲۹۱	۲۴۱۱۳	۴۹۱۵۱
مجموع			۴۶۳۷۱	۹۶۱۰۰۰	۷۶۷۰۴	۲۸۸۰۸	۵۸۵۰۷
چالوس	نفت کوره	۱۷	۸۷۵	۱۲۱	۸	۶	۴۶
	نفت سفید	۱۱۴۶۶	۳۶۶۹۲	۲۶۴۸۷	۶۴۲۱	۴۷۰۱	۹۴۰۲
	گاز طبیعی	۲۰۱۵۰۴۷۳۲	۸۰۶۱	۴۱۷۳۹۲	۶۵۰۹۹	۲۳۸۰۹	۵۷۲۰۶
	مجموع		۴۵۶۲۸	۴۴۴۰۰۰	۷۱۵۲۸	۲۸۵۱۶	۶۶۶۵۴
تنکابن	نفت کوره	۲۰۴	۱۰۵۰۴	۱۴۵۰	۱۰۰	۷۵	۵۵۵
	نفت سفید	۱۸۱۶۴	۵۸۱۲۵	۴۱۹۵۹	۱۰۱۷۲	۷۴۴۷	۱۴۸۹۵
	گاز طبیعی	۲۷۸۶۶۲۵۰۳		۵۹۹۵۹۱	۸۳۰۶۸	۳۱۰۷۷	۷۲۹۸۵
مجموع			۷۹۷۷۶	۶۴۳۰۰۰	۹۳۳۴۰	۳۸۵۹۹	۸۸۴۳۵
رامسر	نفت سفید	۳۸۴۸	۱۲۳۱۴	۸۸۸۹	۲۱۵۵	۱۵۷۸	۳۱۵۵
	گاز طبیعی	۸۷۴۶۹۵۲۰	۳۶۰۶	۱۸۷۱۱۱	۲۸۹۴۳	۱۰۶۰۴	۲۵۴۳۴
مجموع			۱۵۹۲۰	۱۹۶۰۰۰	۳۱۰۹۸	۱۲۱۸۲	۲۸۵۸۹
شهرها			۴۹۱۲۸۹	۳۷۸۰۰۰۰	۴۷۱۰۰۰	۱۹۶۰۰۰	۴۶۹۰۰۰

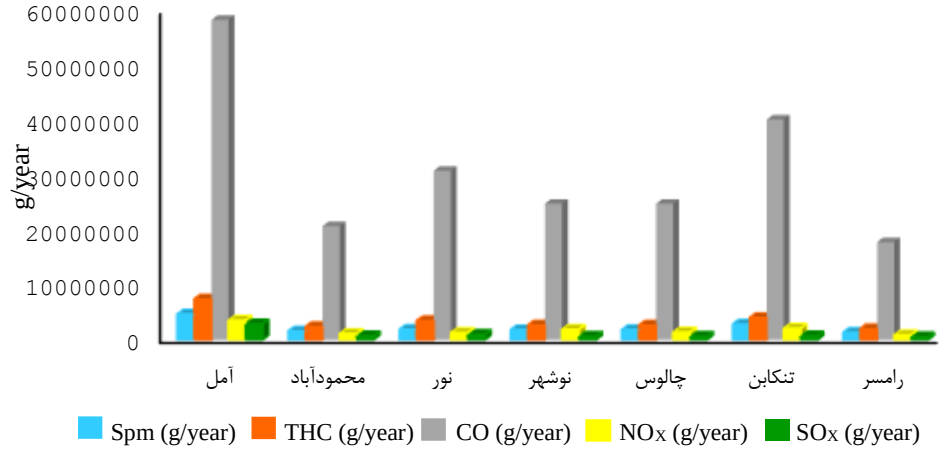
درصد هر یک از آلایندهای تولید شده از منابع ساکن به تفکیک شهر در شکل ۲ آورده شده‌اند. همان‌گونه که در این نمودار مشاهده می‌شود در تمامی شهرستان‌های مورد مطالعه درصد عمده آلاینده تولید شده از منابع ساکن به گاز NO_x اختصاص دارد.



شکل ۲- سهم هر یک از آلاینده‌های تولید شده از منابع آلاینده ساکن مربوط به هر شهرستان

Figure 2. The share of each pollutant produced from stationary pollutant sources in each city

مقایسه بین مجموع آلاینده‌های منتشر شده از منابع ساکن و متحرک در شهرستان‌های مختلف غرب استان مازندران در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج این مقایسه نشان می‌دهد که بالاترین سهم را CO با اختلاف زیاد نسبت به سایر آلاینده‌ها دارد.



شکل ۳- کل آلاینده‌های هوای منتشر شده از منابع ساکن و متحرک در شهرستان‌های مختلف غرب استان مازندران

Figure 3. Total air pollutants emitted from stationary and mobile sources in different cities in the west of Mazandaran province

بحث و نتیجه گیری

AQI مربوط به ایستگاه‌های نمونه‌برداری در غرب استان مازندران در جدول ۷ گزارش شده است. تنها در ایستگاه مرکز شهر نور کیفیت هوا پاک بوده است که احتمالا به دلیل موقعیت این میدان در نزدیکی ساحل و باز بودن مسیر باد از ساحل به

داخل شـهر و برعکس اسـت. از طرف دیگر موقعیت میدان امام نور به نحوی ا ست که ساختمان‌های بلند چندانی در اطراف آن قرار ندارد از این رو باعث می‌شـود که هوا تجمع چندانی در این ایسـتگاه نداشـته باشـد. در سـایر نقاط نظیر ایسـتگاه‌های شهر ستان‌های محمودآباد و نو شهر و همچنین ایستگاه شهرک صنعتی چم ستان نور، مرکز شهر نو شهر، پلیس راه آمل و امام زاده عبدالله آمل شاخص کیفیت هوا در طبقه متو سط و سالم قرار دارد که بالا بودن هر یک از فاکتور های آلاینده به دلیل ترافیک و تردد بالای ماشـین‌ها در مراکز شـهرها و یا به دلیل فعالیت‌های صنعتی در شهرک‌های صنعتی بوده ا ست. شرایط ناسالم برای گروه‌های حساس که در طبقه سوم به رنگ نارنجی در طبقه‌بندی کیفیت هوا قرار دارد در شـهرسـتان‌های تنکابن، رامسر، خیابان ۱۷ شهریور چالوس م شاهده شد. از طرف دیگر در ایستگاه میدان هزار سنگر و ۱۷ شهریور آمل شرایط نا سالم (قرمز) بوده اسـت که عامل همگی آن‌ها بالا بودن غلظت CO نا شی از دود اگزوز ما شین‌ها در مراکز شهرها بوده ا ست. البته عوامل اقلیمی، انسـانی نظیر موقعیت سـاختمان‌ها، جمعیت، تعداد خودرو (فرسـوده و غیرفرسـوده) و... در ایجاد شـرایط آلودگی در مراکز شهرها و شهرک‌های صنعتی موثر ا ست. در میان تمامی ایستگاه‌های مورد برر سی ایستگاه میدان مخابرات چالوس بدترین کیفیت هوا را داشته است و شرایط خیلی ناسالم را به دلیل بالا بودن غلظت CO نا شی از دود اگزوز ما شین‌ها، ن شان داده ا ست. از طرف دیگر باید توجه دا شت که با توجه به و سعت کم ناحیه شهری این شهر ستان جمعیت ن سبتا بالایی دارد و توریسـت‌های زیادی نیز از این شـهر به علت نزدیکی به جاده چالوس عبور می‌کنند که این خود سبب می‌شود در میدان مخابرات و خیابان‌های منتهی به آن ترافیک سـنگینی را شـاهد باشـیم که با اثر عوامل طبیعی مثل بارندگی، دما، باد و عوامل انسـانی مانند موقعیت سـاختمان ها و خودروها (فرسـوده و غیر فرسوده) در اطراف این میدان، کیفیت هوای این ایستگاه نسبت به سایر نقاط پایین‌تر شود.

در اغلب شهرها بیشترین درصد آلاینده تولید شده از منابع متحرک مربوط به گاز مونوکسید کربن و کمترین سهم مربوط به گاز SO_x بوده است. این یافته کاملا مطابق نتایج سنجش میدانی در ایستگاه‌های مختلف شهرستان‌های مورد بررسی بوده است. درصد عمده آلاینده تولید شده از منابع ساکن در تمامی شهرستان‌های غرب استان مازندران به گاز NO_x اختصاص دارد. بیشترین درصد NO_x تولید شده از منابع ساکن به شهرستان نوشهر اختصاص داشت که دلیل آن مصرف بالای گاز طبیعی در نیروگاه این شهرستان در مقایسه با سایر سوخت‌ها است که ضریب انتشار NO_x بالاتری دارد. منابع ساکن موجود در شهرستان نور نیز کمترین درصد تولید NO_x را در بین شهرستان‌های غرب استان داشتند. در طرف مقابل THC کمترین درصد را در بین آلاینده‌های تولید شده از منابع ساکن در اکثر شهرها داشت.

جدول۷- شاخص AQI آلاینده‌های مختلف در ایستگاه های نمونه برداری غرب استان مازنداران

Table 7. AQI index of different pollutants in the sampling stations in the west of Mazandaran province

ایستگاه	آلاینده	NO_2	CO	O_3^*	$PM_{2.5}$	PM_{10}	آلاینده شاخص
آمل	میدان هزارسنگر	۴۸	۱۵۵	۳۷	۵۲	۲۷	۱۵۵
	میدان ۱۷شهریور	۷۰	۱۷۴	۵۴	۴۸	۱۷	۱۷۴
	پلیس راه	۲۲	۹۴	۷۳	۲۲	۱۴	۹۴
	شهرک امام زاده عبدالله	۸	۹۶	۷۰	۴۵	۱۹	۹۶
محمودآباد	شهرک صنعتی تشبندان	۰	۵۰	۲۸	۵۴	۱۹	۵۴
	مرکز شهر	۶۸	۴۵	۵۸	۶۲	۲۷	۶۸
نور	مرکز شهر	۰	۴۰	۴۴	۴۲	۱۶	۴۴
	شهرک صنعتی چمستان	۳۸	۹۹	۸۲	۳۸	۱۲	۹۹
	مرکز شهر رویان	۰	۸۳	۶۴	–	–	۸۳
نوشهر	بندر	۰	۶۰	۸۰	–	–	۸۰
	میدان همافران	۰	۸۶	۳۷	–	–	۸۶
	میدان آزادی	۰	۷۰	۴۳	۱۹	۸	۷۰
چالوس	خیابان ۱۷شهریور (فرهنگ)	۰	۱۱۲	۲۷	–	–	۱۱۲
	میدان مخابرات	۰	۲۰۹	۳۳	–	–	۲۰۹
تنکابن	میدان امام	۰	۱۴۴	۴۲	۲۵	۹	۱۴۴
	میدان شهید شیرودی	۰	۱۱۶	۴۷	–	–	۱۱۶
	شهرک صنعتی سلمانهر	۶	۱۴۶	۴۲	۱۶	۷	۱۴۶
رامسر	میدان امام)	۱۶	۱۴۰	۶۳	۲۹	۱۱	۱۴۰

از مقایسه مجموع آلاینده‌های تولید شده از منابع ساکن و متحرک می‌توان دریافت که شهرستان آمل رتبه اول و شهرستان رامسر رتبه آخر را در بین شهرهای غرب استان به خود اختصاص داده‌اند. شهرستان آمل در بین شهرستان‌های مورد بررسی و حتی در کل استان بیشترین صنایع را در خود جای داده است همچنین این شهرستان بیشترین آمار جمعیت و تعداد خودروها را در بین شهرستان‌های غرب استان دارد. علاوه بر این مصرف سوخت‌های مختلف در این شهرستان بالاتر از سایر شهرستان‌ها بوده است، همه این عوامل منجر به تولید آلاینده هوای بیشتر توسط منابع متحرک و ساکن در این شهر شده‌اند. با مقایسه میزان انتشار آلاینده‌های هوای تولید شده از منابه ساکن و متحرک می‌توان دریافت که بخش عمده‌ای از آلاینده‌های SO_x (حدود ۹۲٪)، CO (حدود ۹۹٪)، THC (حدود ۹۹٪) و SPM (حدود ۹۷٪) توسط منابع متحرک تولید می‌شوند. درصد گاز NOx منتشر شده از منابع ساکن در شهرهای مختلف خیلی بیشتر از سایر آلاینده‌ها بود (حدود ۳۰٪) که دلیل آن مصرف بالای گاز طبیعی با ضریب انتشار بالای این آلاینده در صنایع و منازل مسکونی است.

در انتها همان‌گونه که نتایج این تحقیق نشان دادند شاخص کیفیت هوا تنها در یک ایستگاه پاک بوده (۵ درصد) و در ۵۰ درصد از ایستگاه سالم، حدود ۲۹ درصد ناسالم برای گروه‌های حساس و حدود ۱۱ درصد ناسالم و در یک ایستگاه خیلی ناسالم (۵ درصد) بوده است. مطالعات نشان می‌دهد که علاوه بر بروز بیماری‌های تنفسی و قلبی-عروقی، آلودگی طولانی مدت هوا به عنوان یک عامل خطر بالقوه جهت ایجاد زوال عقل به شمارمی‌رود (۷و۱۷). بنابراین با توجه کیفیت هوای شهرستان‌های غرب استان، توسعه صنایع در آن، افزایش تعداد خودروها، توریستی بودن شهرستان‌های ساحلی غرب استان و ورود حجم بالایی از خودروها و مسافر در ایام تعطیلات به دلیل نزدیک بودن استان به پایتخت، پیشنهاد می‌شود نمونه‌برداری و سنجش آلاینده‌های هوا در مراکز شهرها به صورت دوره‌ای انجام شود و حتی در مراکز شهرهای بزرگ نظیر آمل که دارای شرایط ناسالم است ایستگاه-های ساکن سنجش آلودگی هوا راه‌اندازی گردد تا کیفیت هوای شهری به صورت دائمی در اختیار همشهریان و مسئولین محلی جهت کنترل و ارائه راه‌کارهای مدیریتی قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود با توجه به این که تعداد زیادی از صنایع آلاینده هوای شهرهای مورد بررسی از سیستم دودکش و فیلتر برخوردار نیستند نصب اجباری خروجی دودکش این صنایع به فیلتر در دستور کار قرار گیرد. همچنین مجهز به سکو و پلاک نمونه-برداری گردند تا امکان نمونه‌برداری دوره‌ای از این صنایع آلاینده هوا فراهم شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از اداره کل محیط زیست استان مازندران که امکان انجام این مطالعه را در قالب طرح پژوهشی فراهم آورده‌اند سپاسگزاری نمایند.

References

1. Sheikhi, Z., JafarMousavi, S.A.A., Sakhawat Jo, M.S., Takdestan, A., 2009. Investigation and measurement of total suspended particles and heavy metals in the air of Ahvaz city and comparing the results with environmental standards. National Conference on Health, Environment, and sustainable development, Islamic Azad University, Bandar Abbas branch, Bandar Abbas, Iran. (In Persian)
2. Wang, Y., Huang, L., Huang, C., Hu, J., & Wang, M. 2023. High-resolution modeling for criteria air pollutants and the associated air quality index in a metropolitan city. Environment International, 172, 107752.
3. Naddafi, K., Ehrampoush, M., Jafari, V., Nabizadeh, R., Younesian, M., 2009. Complete Evaluation of Suspended Air Particles and Their Composition in the Central Area of Yazd City. JSSU; 16 (4) :pp 26-32. (In Persian)
4. Ghiyathuddin, M., 1999, air pollution, translated from Perkins, Tehran University Press. (In Persian)
5. Paoletti, E., Bardelli, T., Giovannini, G., Peccioli, L., 2011. Air quality impact of an urban park over time. Procedia Environmental Sciences, vol. 4, pp. 10-16.
6. Choi, J., Park, Y.S., Park, J. D., 2015. Development of an Aggregate Air Quality Index Using a PCA-Based Method A Cas Study of the US Transportation Sector. American Journal of Industrial and Business Management, vol 5, pp. 53-65.
7. Glencross, D.A., Ho, T.R., Camina, N., Hawrylowicz, C.M., & Pfeffer, P.E. 2020. Air pollution and its effects on the immune system. Free Radical Biology and Medicine, 151, 56-68.
8. EPA., 2009. Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality the Air Quality Index (AQI).

9. EPA., 2014. Air Quality Index, A Guide to Air Quality and your health.
10. Hu, J., Ying, Q., Wang, Y., Zhang, H., 2015. Characterizing multi-pollutant air pollution in China: Comparison of three air quality indices. Environment International. Vol. 84, pp.17–25.
11. Zarrabi, A., Mohammadi, J., Abdulahi, A.A., 2010. Investigation and evaluation of fixed and mobile sources of air pollution in Isfahan city. Geography.8(26):151-164. (In Persian)
12. Mansouri, N., Qanadi, E., Vaezi, M., Abdi, A., 2013. Estimation of the emission coefficient of air pollutants in the transport sector of Tehran city. The First National Conference on Planning and Environmental Protection, Hamadan University Azad Eslami, Hamadan Branch, Hamadan, Iran. (In Persian)
13. Gholampour, A., Nabizadeh, R., Hassanvand, M.S., Taghipour, H., Faridi, S., Mahvi, A.H.,2015. Investigation of the ambient particulate matter concentration changes and assessing its health impacts in Tabriz. Iran. Journal of Health and Environment, Scientific-Research Quarterly of the Iranian Health-Environmental Scientific Association. Vol. 7, No. 4. pp 541-556. (In Persian)
14. Bayat, R., "Sharif Air Pollution Production Sources of Tehran, Sharif University of Technology", Master's thesis, Civil Engineering School of Sharif University, 2013; Pages 1-91.
15. Fatehifar, I., Kahforoshan, D., 2013 "The plan for compiling the list of sources of air pollutants in Tabriz city", the plan of the General Department of Environment of Tabriz province, implemented by: Sahand University of Technology, Research Institute of Environment and Sustainable Development, pp 1-125.
16. Guide to calculating, determining and declaring air quality index, Environment and Work Health Center: Environmental Research School, Tehran University of Medical Sciences and Health Services.
17. Wilker, E. H., Osman, M., & Weisskopf, M. G. 2023. Ambient air pollution and clinical dementia: systematic review and meta-analysis. bmj, 381.