بررسی ترکیب شیمیایی ذرات معلق موجود در هوای آزاد و ارتباط آنها با شرایط محیطی

مهندس مجید کرمانی[۱] ، دکتر کاظم ندافی [۲]

۱- دانشجوی Ph.D. بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

۲- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

چکیده

توسعه روزافزون جوامع شهری و افزایش فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی در عصر حاضر بدون توجه به ارزیابی اثرات این فعالیت‌ها بر سلامت انسان به عنوان محور توسعه، آلودگی هوای شهرها و مخاطرات ناشی از انتشار آلاینده‌های مختلف را موجب گردیده است. شهر بزرگ تهران نیز از این قاعده مستثنی نمی‌باشد و باتوجه به اینکه ذرات معلق به عنوان یکی از آلاینده‌های اصلی هوای شهر تهران به شمار می‌رود، در این مطالعه میزان مواد آلی و معدنی موجود در TSP و PM_{10} ، مقادیر سرب موجود در TSP و PM_{10} ،ارتباط بین TSP با PM_{10} و همچنین ارتباط بین غلظت ذرات معلق موجود در هوا با شرایط محیطی اعم از رطوبت نسبی ودما مورد بررسی قرار گرفته است.

این پروژه از تاریخ ۸۰/۱۰/۱ لغایت ۸۱/۱/۳۱ در محدوده بیمارستان دکتر شریعتی تهران انجام شد. باتوجه به محاسبات آماری و استانداردهای موجود (EPA)، تعداد ۶۱ نمونه برای TSP و ۶۱ نمونه برای PM_{10} با استفاده از پمپ نمونه‌گیر با حجم زیاد (Hi-Vol) برداشت شد.

نتایج بدست آمده حاکی آن است که :

- *ارتباط بین غلظت TSP با غلظت PM_{10} با $r=۰/۹۶$ از لحاظ آماری معنی دار بود. همچنین، متوسط نسبت PM_{10} به TSP در طول دوره نمونه گیری (۰/۰۸±۰/۴۸) بدست آمد که این رنج نشانگر این مطلب است که ۴۸ درصد ذرات TSP دارای قطر کمتر از ۱۰ میکرون هستند.*
- *میانگین غلظت سه ماهه سرب موجود در TSP و PM_{10} در فصل زمستان ۱۳۸۰ به ترتیب برابر $۰/۶۴\ \mu g/m^3$ و $۰/۴۱\ \mu g/m^3$ بدست آمد.*
- *متوسط نسبت سرب موجود در PM_{10} به سرب موجود در TSP در طول دوره نمونه‌گیری (۰/۰۹۴±۰/۶۴) بدست آمد که این رنج نشانگر این مطلب است که ۶۴ درصد ذرات سرب دارای قطر کمتر از ۱۰ میکرون هستند. همچنین نتایج حاصله حاکی از آن است که ۰/۲۱ درصد وزنی ذرات TSP و ۰/۲۶ درصد وزنی ذرات PM_{10} را ذرات سرب تشکیل می‌دهند.*
- *۲۴ درصد ذرات TSP و ۳۲ درصد ذرات PM_{10} را بخش آلی و ۷۶ درصد ذرات TSP و ۶۸ درصد ذرات PM_{10} را بخش معدنی تشکیل می‌دهد.*
- *در فصل زمستان و در شرایطی که رطوبت هوا کمتر از ۵۰ درصد و دمای هوا بین ۱۰-۵ درجه سانتیگراد باشد، به خصوص در روزهای شنبه بیشترین غلظت TSP و PM_{10} وجود خواهد داشت، بویژه اگر این شرایط با پدیده وارونگی هم همراه باشد.*

کلمات کلیدی *: آلودگی هوا، تهران،ذرات معلق، سرب، مواد آلی، مواد معدنی*

مقدمه

توسعه روزافزون جوامع شهری و افزایش فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی در عصر حاضر بدون توجه به ارزیابی اثرات این فعالیت‌ها بر سلامت انسان به عنوان محور توسعه، آلودگی هوای شهرها و مخاطرات ناشی از انتشار آلاینده‌های مختلف را موجب گردیده است. کشور ایران و به خصوص شهر بزرگ تهران نیز از این قاعده مستثنی نمی‌باشند [۱۱]. آلاینده‌های اصلی هوای تهران عبارتند از:

- منواکسید کربن - ذرات معلق - دی اکسید گوگرد
- اکسیدهای نیتروژن - هیدروکربنها - ازن

از این بین منواکسیدکربن وذرات معلق مسئول اصلی آلودگی هوای تهران بوده و حتی در بعضی از ساعات شبانه روز غلظت آنها به دو برابر حد استاندارد می‌رسند [۱]. مهمترین منبع ذرات معلق آلاینده هوای شهر تهران عبارتند از: ذرات ناشی از سایش لنت ترمز وسایط نقلیه، آسفالت خیابانها، ترکیبات فلزی از جمله سرب، کادمیوم و سولفاتها، دانه‌های گرده، میکروارگانیسمها و ذرات ناشی از فرایندهای صنعتی و دوده [۲ و ۸]. ذرات معلق به عنوان شاخه‌ای از مواد آلاینده دارای تنوع و پیچیدگی بسیار زیادی هستند و اندازه ذرات و ترکیب شیمیایی آنها مانند غلظتشان در هوا از ویژگی مهم این مواد به شمار می‌رود [۵].ذرات معلق در غلظتهای زیاد برای انسانها، بویژه افرادی که سابقه بیماری تنفسی دارند، خطر آفرینند. بیماریهایی مانند عفونت بخش‌های فوقانی دستگاه تنفس، اختلالات قلبی، برونشیت، تنگی نفس، پنومونیا، التهاب ریوی، تأثیرات سرطانی، تأثیرات سوء بر قفسه صدری و تأثیر بر مکانیسم‌های دفاعی و تصفیه‌ای از عمده‌ترین عوارض ذرات معلق بر روی انسان هستند [۳ و ۹].

باتوجه به ذکر مقدمه فوق و اهمیت آلودگی هوا و عواقب ناشی از آن به خصوص در شهری مثل تهران در این مقاله سعی شده است ترکیب شیمیایی مواد تشکیل دهنده TSP و PM_{10} مورد بررسی قرار گیرد. همچنین از آنجا که تغییرات شرایط محیطی از قبیل رطوبت نسبی و دمای هوا بر میزان وجود آلاینده‌ها تأثیر دارد و منجر به ایجاد شرایط بحرانی و تهدید کننده سلامت خواهند شد، در این مقاله ارتباط بین غلظت ذرات معلق موجود در هوا با شرایط محیطی نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روشها

این تحقیق در منطقه‌ای از شهر تهران ودر محدوده بیمارستان دکتر شریعتی تهران در نزدیکی بزرگراههای جلال آل احمد و دکتر چمران در زمستان سال ۱۳۸۰ و فروردین ماه ۱۳۸۱ انجام شد. علت و اساس انتخاب این محل به عنوان ایستگاه نمونه برداری، استقرار آن در بخش مرکزی شهر و تراکم بالای رفت و آمد مردم و ترافیک شهری بود. به طوری که به دلیل حضور پل گیشا و ترافیک ساعتهای مختلف روز، میزان‌آلودگی هوای این منطقه از شهر تهران قابل توجه می‌باشد. لازم به ذکر است که به دلیل کاهش قابل توجه فعالیت‌های تجاری، صنعتی و ترافیک در فروردین ماه ۱۳۸۱، این ماه به عنوان شاهد در طی نمونه گیری انتخاب شد. مجموعه ابزار، دستگاهها و مواد مورد استفاده در این پژوهش عبارت بودند از:

۱- پمپ نمونه گیر با حجم زیاد[1] ۲- صافی فایبرگلاس با ابعاد ۸×۱۰ in (۲۰/۳×۲۵/۴ cm)
۳- کوره با دمای ۵۵۰°C ۴- هیتر برقی ۵ – اسیدنیتریک غلیظ
۶- آب مقطر ۷- ظروف شیشه‌ای ۸- دستگاه اتمیک ابزوبشن[2]

1 - High Volume Sampler
2- Atomic Adsorption

۹- رطوبت سنج ۱۰- دماسنج

نمونه‌های ذرات معلق شامل TSP و PM_{10} با استفاده از دو دستگاه نمونه بردار اتوماتیک با حجم بالا، یکی برای TSP ودیگری برای PM_{10}، واقع در منطقه مورد نظر و در ارتفاع ۳m از سطح زمین جمع آوری شد. این نمونه‌گیری‌ها شامل جمع آوری ذرات بر روی یک فیلتر فایبرگلاس با استفاده از دستگاه نمونه گیر اتوماتیک هوا با حجم بالا، پس از کالیبراسیون دستگاه بود. برای تعیین میزان مواد آلی و معدنی موجود در TSP و PM_{10} نیز از یک کوره با دمای ۵۵۰°C و مدت زمان ۱۵min استفاده شد. میزان سرب موجود در TSP و PM_{10} نیز با روش هضم در اسید نیتریک غلیظ تعیین شد. در این روش فیلتری که ذرات معلق توسط دستگاه Hi-Vol روی آن جمع شده است در داخل اسید نیتریک غلیظ هضم می‌گردد و سرب محتوی محلول هضم شده توسط دستگاه اتمیک ادزوبشن قرائت می‌شود [۶].

باتوجه به محاسبات آماری و استانداردهای موجود (EPA)، ۶۱ نمونه برای TSP و ۶۱ نمونه برای PM_{10} برداشت شد [۴]. بدین ترتیب در چهارماه دی، بهمن، اسفند ۱۳۸۰ و فروردین ۱۳۸۱، نمونه‌های همزمان ۲۴ ساعته برای TSP و PM_{10} برداشت شد. نمونه‌های ذرات معلق به صورت یک روز در میان و حداقل سه نمونه در هفته برداشت شد، تا بدین ترتیب در طول دوره چهار ماهه نمونه گیری تمام روزهای هفته تحت پوشش قرار گیرد. بدین ترتیب ۳۰ نمونه در دی، ۳۴ نمونه در بهمن، ۳۰ نمونه در اسفند و ۲۸ نمونه در فروردین به طور همزمان برای TSP و PM_{10} برداشت شد. (جمعا ۱۲۲ نمونه برداشت شد). لازم به ذکر است که در طول دوره نمونه‌گیری، پارامترهای متداول جوی (رطوبت نسبی و درجه حرارت) به طور مرتب ثبت می‌شد.

یافته ها

در این تحقیق پس از انجام آزمایشهای لازم طبق روش کار ارائه شده براساس استانداردها و مراجع معتبر، دستاوردهایی حاصل شد که به صورت جداول و نمودارهایی در ادامه آمده است. دستاوردها و یافته‌های این تحقیق در قالب جداول و نمودارها با توجه به اهداف تحقیق به بخش‌های عمده زیر تقسیم شده است.

- بررسی تغییرات غلظت TSP نسبت به غلظت PM_{10} از لحاظ آماری، با ارائه خط رگرسیون مربوطه.
- توزیع میانگین غلظتهای سرب موجود در TSP و PM_{10} براساس ماههای مختلف نمونه گیری، در طول دوره نمونه گیری.
- بررسی تغییرات غلظت سرب موجود در TSP نسبت به غلظت سرب موجود در PM_{10}، تغییرات غلظت TSP نسبت به غلظت سرب موجود در آن و تغییرات غلظت PM_{10} نسبت به غلظت سرب موجود در آن از لحاظ آماری، باارائه خط رگرسیون مربوطه.
- بررسی درصد مواد آلی و معدنی موجود در TSP و PM_{10} براساس ماههای مختلف نمونه گیری، در طول دوره نمونه گیری.
- بررسی تأثیر رطوبت نسبی و دما بر غلظت TSP و PM_{10}.

بحث و نتیجه‌گیری

۱- نتایج حاصل از بررسی ارتباط غلظت ۲۴ ساعته TSP با PM_{10} موجود در هوای آزاد

- طبق نمودار (۱)، تغییرات غلظت TSP نسبت به غلظت PM_{10} در طول دوره نمونه گیری با r=۰/۹۶ به صورت خطی بوده و این ارتباط با P_{Value}<۰/۰۰۱ از لحاظ آماری در حدود اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. طبق جدول (۱)، متوسط نسبت PM_{10}/TSP در طول دوره نمونه گیری برابر (۰/۴۸±۰/۰۸)

حاصل شد، که این رنج نشانگر این مطلب است که ۴۸ درصد ذرات TSP ، عمدتاً قطر کمتر از ۱۰ میکرون دارند. (PM_{10} هستند). لازم به ذکر است این نسبت در کشور سوئیس بین ۰/۵۴-۰/۷۴، در ایتالیا برابر ۰/۸۷ و در مکزیک برابر ۰/۵ محاسبه شده است [۵، ۷ و ۹].

۲- نتایج حاصل از سنجش غلظت سرب موجود در TSP و PM_{10}

- طبق نمودار (۲)، حداکثر میانگین غلظت سرب موجود در TSP و PM_{10} در طول دوره نمونه گیری در دی ماه ۱۳۸۰، حاصل شد. علت کاهش قابل ملاحظه سرب و سیر نزولی آن، به دلیل توزیع بنزین بدون سرب در سطح شهر تهران از اول بهمن ۱۳۸۰ می‌باشد. نهایتاً اینکه میانگین غلظت سه ماهه سرب موجود در TSP و PM_{10} در فصل زمستان ۱۳۸۰ به ترتیب برابر ۰/۶۴ $\mu g/m^3$ و ۰/۴۱ $\mu g/m^3$ بدست آمد. (زیر حد استاندارد).
- طبق نمودار (۳)، تغییرات غلظت سرب موجود در TSP نسبت به غلظت سرب موجود در PM_{10} در طول دوره نمونه گیری با r=۰/۹۹ به صورت خطی بوده و این ارتباط با P_{Value}<۰/۰۰۱ از لحاظ آماری در حدود اطمینان ۹۵ درصد معنی دار می باشد. طبق جدول (۱)، متوسط نسبت سرب موجود در PM_{10} به سرب موجود در TSP در طول دوره نمونه گیری برابر (۰/۶۴±۰/۰۹۴) حاصل شد، که این رنج نشانگر این مطلب است که ۶۴ درصد ذرات سرب دارای قطر کمتر از ۱۰ میکرون می‌باشند.
- طبق نمودار (۴)، تغییرات غلظت TSP نسبت به غلظت سرب موجود در آن در طول دوره نمونه گیری با r=۰/۴۷ به صورت خطی بوده و این ارتباط با P_{Value}<۰/۰۰۱ از لحاظ آماری در حدود اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می باشد. طبق جدول (۱)، ۰/۲۱ درصد وزنی ذرات TSP را ذرات سرب تشکیل می‌دهند.
- طبق نمودار (۵)، تغییرات غلظت PM_{10} نسبت به غلظت سرب موجود در آن در طول دوره نمونه‌گیری با r=۰/۴۶ به صورت خطی بوده و این ارتباط با P_{Value}<۰/۰۰۱ از لحاظ آماری در حدود اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. طبق جدول (۱) ،۰/۲۶ درصد وزنی ذرات PM_{10} را ذرات سرب تشکیل می‌دهد.

در نهایت می‌توان گفت که درصد وزنی سرب موجود در PM_{10} بیشتر از درصد وزنی سرب موجود در TSP می‌باشد و این امر می‌تواند مؤید این مطلب باشد که ۶۴ درصد ذرات سرب دارای قطر کمتر از ۱۰ میکرون هستند.

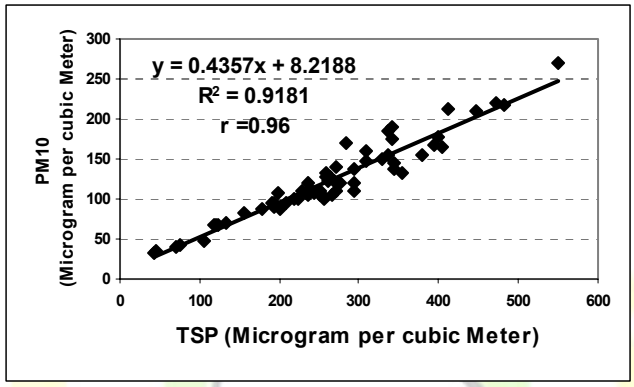
۳- نتایج حاصل از سنجش میزان مواد آلی و معدنی موجود در TSP و PM_{10}

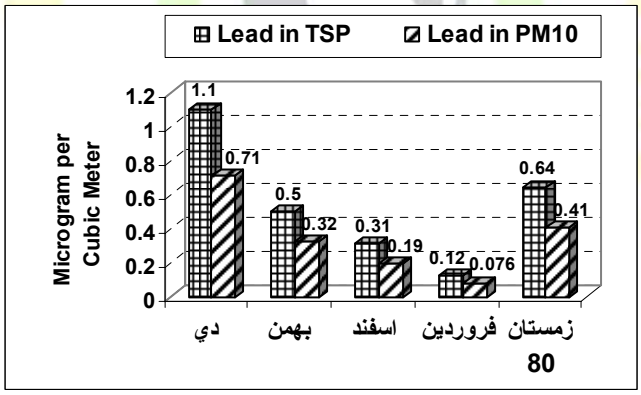
- طبق نمودارهای (۶ و ۷) و جدول (۲)، مشخص شد که در حدود ۲۴ درصد ذرات TSP و ۳۲ درصد ذرات PM_{10} را بخش آلی و در حدود ۷۶ درصد ذرات TSP و ۶۸ درصد ذرات PM_{10} را بخش معدنی تشکیل می‌دهد. همچنین طبق تحقیق صورت گرفته در بازل سوئیس مشخص شد که در مناطق روستایی بین ۱۷/۶-۱۷ درصد و در مناطق شهری آن بین ۲۶/۱-۲۳/۶ درصد ذرات PM_{10} مربوط به بخش آلی می‌باشد [۱۰]. در نهایت می‌توان گفت که بخش آلی ذرات معلق نسبت به بخش معدنی آن، دارای درصد کوچکتری نسبت به کل جرم ذرات معلق می‌باشد. همچنین اینکه در بخش ریز ذرات معلق مثل PM_{10} ، درصد مواد آلی بیشتر از بخش درشت ذرات معلق مثل TSP می‌باشد.

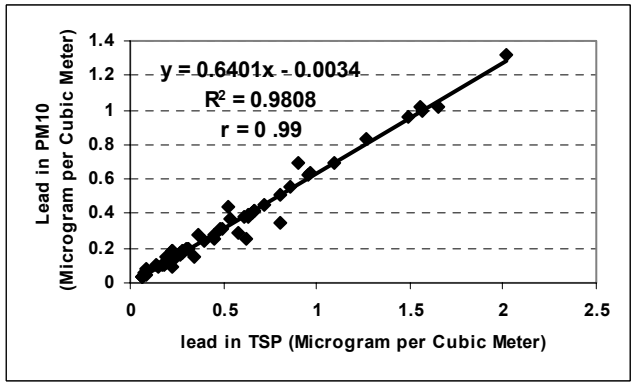
۴- نتایج حاصله در مورد ارتباطات بین غلظتهای TSP و PM_{10} با شرایط محیطی (رطوبت نسبی و درجه حرارت)

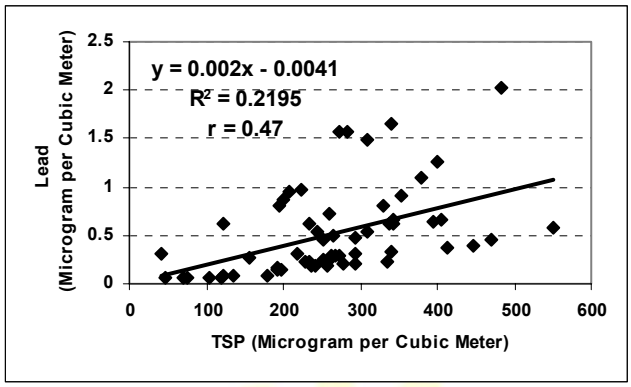
- در نمودارهای (۸ و ۹) و جدول (۳)، رابطه بین غلظت TSP و PM_{10} با شرایط محیطی اعم از رطوبت نسبی و دمای هوا مورد بررسی قرار گرفته است. طبق این بررسی‌ها در فصل زمستان، در شرایطی که رطوبت هوا

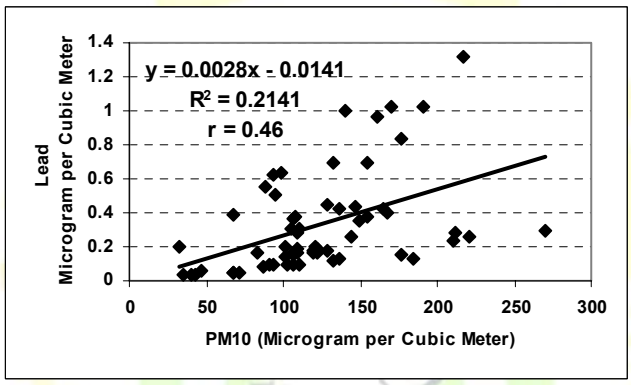
کمترا ز ۵۰ درصد و دمای هوا بین ۱۰-۵ درجه سانتیگراد باشد، به خصوص در روزهای شنبه بیشترین غلظت TSP و PM_{10} وجود خواهد داشت و به شدت سلامتی کودکان و سالمندان را تهدید می‌کند، بویژه اگر این شرایط با پدیده وارونگی هم همراه باشد، ممکن است منجر به شرایط بحرانی و در نتیجه افزایش بیماریهای تنفسی و حمله‌های قلبی – عروقی و در نهایت سبب افزایش مرگ و میر شود. زیرا در چنین شرایطی آلاینده‌های شیمیایی موجود در هوا به بیشترین حد خود می‌رسند.

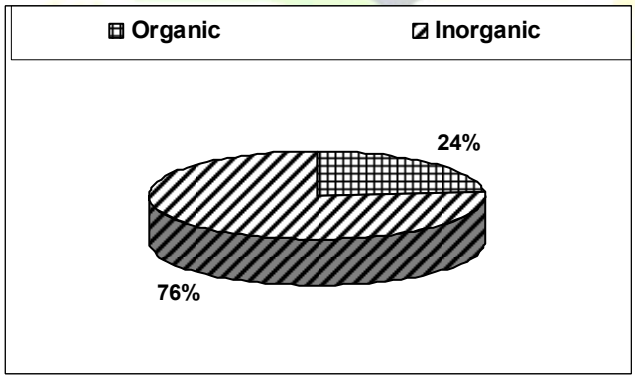


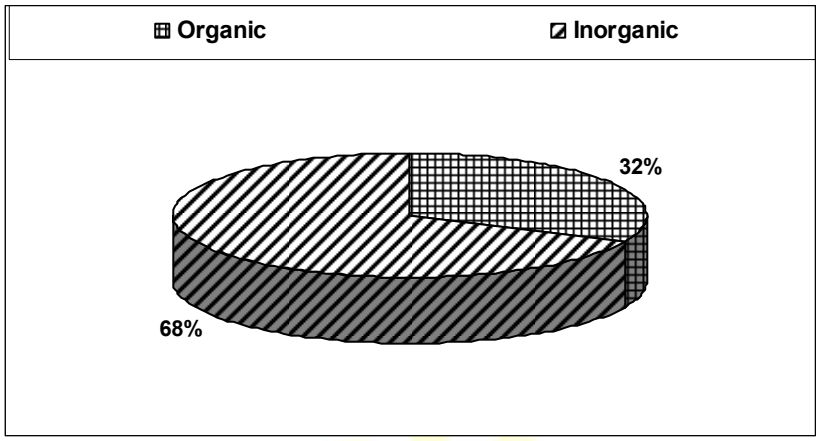


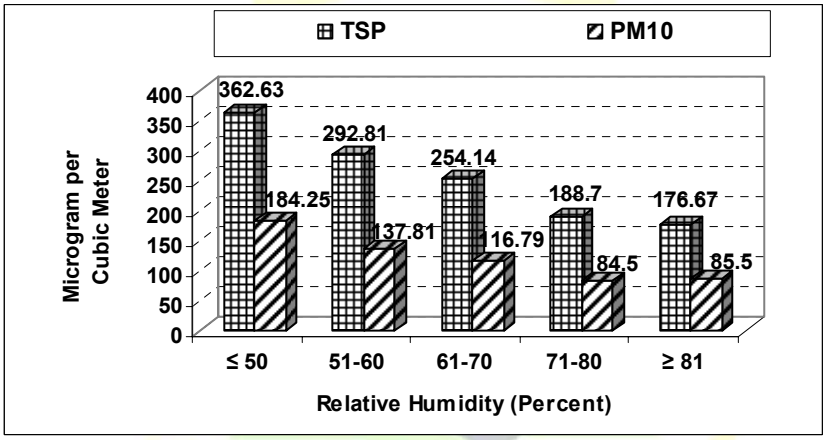


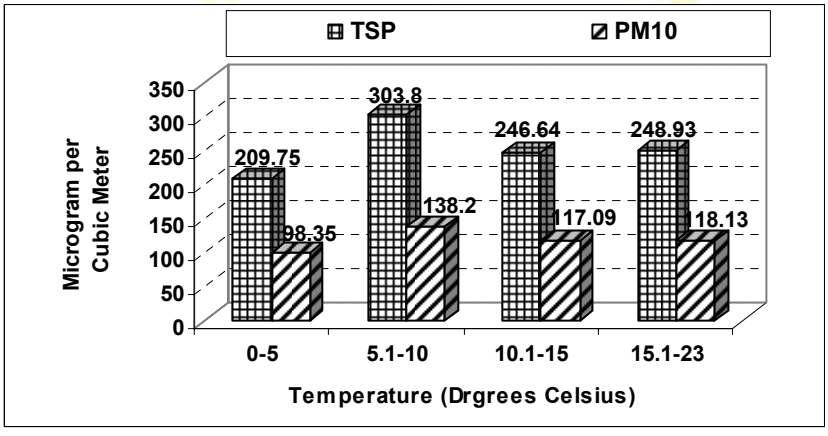

y = 0.002x - 0.0041
R² = 0.2195
r = 0.47
Lead (Microgram per Cubic Meter)
TSP (Microgram per Cubic Meter)
0
0.5
1
1.5
2
2.5
0
100
200
300
400
500
600


y = 0.0028x - 0.0141
R² = 0.2141
r = 0.46
Lead Microgram per Cubic Meter
PM10 (Microgram per Cubic Meter)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
0
50
100
150
200
250
300


Organic
Inorganic
24%
76%


Organic
Inorganic
32%
68%


TSP
PM10
Microgram per Cubic Meter
400
350
300
250
200
150
100
50
0
362.63
184.25
292.81
137.81
254.14
116.79
188.7
84.5
176.67
85.5
≤ 50
51-60
61-70
71-80
≥ 81
Relative Humidity (Percent)


TSP
PM10
Microgram per Cubic Meter
350
300
250
200
150
100
50
0
209.75
98.35
303.8
138.2
246.64
117.09
248.93
118.13
0-5
5.1-10
10.1-15
15.1-23
Temperature (Drgrees Celsius)

منابع

۱- شهرداری تهران (شرکت کنترل کیفیت هوا)، سازمان همکاریهای بین المللی ژاپن (جایکا)، (۷۶-۱۳۷۳)، «چکیده گزارش پروژه طرح جامع کنترل آلودگی هوای تهران بزرگ»، انتشارات شرکت کنترل کیفیت هوا، صفحات ۱-۵۴.

۲- فروهر، فرشاد، (بهار ۱۳۷۰)، «آلودگی هوای تهران و راههای جلوگیری از آن»، سازمان پارکها و فضای شهر تهران، صفحات ۹-۲۰.

3- Details of the subject can be found on the internet through following address, http://www.aqcc.org/P-clean-air.htm.

4- EPA (2001). *Air Quality Index*, Published by Office of Air planning & Standard (OAQPS) (See information on: http://www.epa.gov/airs/criteria.html).

5-Koch,M., (January 2000), "Air born fine particulates in the environment: A review of health effect studies, monitoring data and emission inventories", Interim report, IR-00-004 (see information on, http://www.iiasa.ac.at).

6- Lodge, J.P., (1990), "Methods of air sampling and analysis", 4th edition, Lewis publishers, Inc., PP 190-212.

7- Marcazzan, G.M., et al, (September 2001), "Characterization of PM_{10} and $PM_{2.5}$ particulate matter in the ambient air of Milan (Italy)", Atmospheric environment, Vol. 35, No. 27, PP 4639-4650.

8- Paimaneh, H., (14-16 November 2000), "Air quality management in Tehran", PP 1-8.

9- Panyacosit, L., (May 2000), "A review of particulate matter and health, focus on developing countries", Interim report, IR-00-005 (see information on, http://www.iiasa.ac.at).

10- Roosli, M., et al, (July 2001), "Temporal and spatial variation of the chemical composition of PM_{10} at urban an rural in the Basel area, Switzerland", Atmospheric environment, Vol. 35, No. 21, PP 3701-3713.

11- WHO, (14-16 November 2000), "Regional workshop on air pollution and health", Tehran, Islamic republic of Iran.