

پیامدهای زیست‌محیطی آلودگی هوا

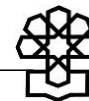
معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی
دفتر: مطالعات زیربنایی

کد موضوعی: ۲۵۰
شماره مسلسل: ۱۵۴۹۹
مردادماه ۱۳۹۶

به نام خدا

فهرست مطالب

۱	چکیده
۱	مقدمه
۲	تعریف آلودگی هوا
۳	برآوردهای بانک جهانی در خصوص پیامدهای آلودگی هوا
۳	پیامدهای آلودگی هوا بر سلامت انسان
۵	میانگین غلظت سالیانه آلاینده‌های هوای شهر تهران در سال ۱۳۸۶ الی ۱۳۹۵
۷	تخمینی از تعداد بیماری‌های جدید در یک سال در صورت مواجهه کوتاه‌مدت و بلندمدت آلاینده‌های هوا
۹	خسارات آلودگی هوا بر گیاهان و محصولات کشاورزی
۱۱	پیامدهای اقتصادی، آسیب‌های اجتماعی و محیط زیستی آلودگی هوا
۱۳	دلایل ناکارآمدی مدیریت کنترل و کاهش غلظت آلاینده‌های هوا در ایران
۱۶	نتیجه‌گیری
۱۸	منابع و مآخذ



پیامدهای زیست‌محیطی آلودگی هوا

چکیده

آلودگی هوا در دهه‌های اخیر یکی از مهمترین مشکلات محیط زیستی، به‌خصوص در محیط‌های شهری بوده و با افزایش آگاهی و حساسیت اقشار مختلف درباره آثار زیانبار آن بر سلامت، محیط زیست و اقتصاد، حل آن به یکی از مطالبات مهم اجتماعی تبدیل شده و ابعاد بین‌المللی نیز یافته است. هدف از تهیه این گزارش تبیین ابعاد مختلف خسارات ناشی از آلودگی هوا (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) است. این گزارش مبتنی بر روش توصیفی - تحلیلی است که از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، گردآوری داده‌های غلظت آلاینده‌های هوا در کشور و اخذ آمار و اطلاعات از دستگاه‌های ذیربط (سازمان حفاظت محیط زیست و شرکت کنترل و کیفیت هوا) انجام گرفته است. با توجه به پیامدهای ناشی از آلودگی هوا بر سلامت انسان و سایر خسارات اقتصادی و اجتماعی ناشی از آن ارائه راهکارهای لازم برای کنترل آلودگی هوا الزامی به‌نظر می‌رسد که از آن جمله می‌توان به تدوین سند ملی کاهش آلودگی هوا، ایجاد مدیریت یکپارچه کنترل و کاهش آلودگی هوا، ارزیابی اجرای قوانین و میزان اثربخشی آنها در کاهش آلودگی هوا و تشکیل کمیسیون محیط زیست در مجلس شورای اسلامی اشاره کرد.

مقدمه

یکی از مهمترین مشکلاتی که امروزه بشر با آن روبرو می‌باشد، آلودگی هواست و به‌دلیل افزایش بی‌رویه فعالیت‌های صنعتی، مصرف سوخت‌های فسیلی و تراکم جمعیت در برخی از شهرها روزبه‌روز شدیدتر می‌شود. آلودگی هوا تهدیدی جدی، مستمر و فراگیر علیه سلامت موجودات زنده و محیط زیست است که علاوه بر مشکلات زیست‌محیطی و به خطر انداختن سلامت انسان‌ها و سایر موجودات زنده، دارای تبعات سوء اقتصادی و اجتماعی نیز است که به‌صورت آرام و تدریجی و گاهی غیرقابل جبران نمایان می‌شود. عملکرد ناهماهنگ و ناکافی دستگاه‌های ذیربط در انجام وظایف قانونی درخصوص پیشگیری و مقابله با عوامل آلاینده‌های هوا، روند رو به تزاید این پدیده مخاطره‌آمیز را تشدید کرده و به تشدید وضعیت نگران‌کننده کنونی منجر شده است.

مصرف فزاینده سوخت‌های فسیلی طی سال‌های گذشته، علاوه بر تحمیل هزینه‌های گزاف به

اقتصاد ملی، بحران آلودگی هوا را به‌ویژه در کلانشهرها ایجاد کرده است. هشدار بانک جهانی درباره تشدید آلودگی هوا در ایران مؤید این مطلب است؛ طبق اعلام این مرجع، خسارت آلودگی هوا در ایران از ۷/۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۱ به ۸ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۶ رسیده است که ۱/۸ میلیارد دلار آن مربوط به خسارت ناشی از آلودگی هوا در پایتخت بوده و از همه مهمتر اینکه بانک جهانی این خسارت را در سال ۲۰۱۳ بالغ بر سی میلیارد دلار (سی میلیارد و پانصدونودون میلیون دلار) برآورد کرده است.

همچنین آلودگی هوا پیامدهای زیانباری بر سلامت افراد جامعه دارد و به بیماری‌های قلبی و عروقی، برونشیت، اختلالات تنفسی، سرطان و مرگ زودرس منجر می‌شود.

براساس گزارش بار بیماری‌های جهانی، آلودگی هوا هفتمین عامل مرگ در دنیا و هفتمین عامل خطر در ایران است^۱ در سراسر جهان، هر روز حدود ۱۰ هزار نفر بر اثر بیماری‌های منتسب به آلودگی هوای آزاد جان خود را از دست می‌دهند.^۲ همچنین سازمان جهانی بهداشت برآورد کرده است که در سال ۲۰۱۲ آلودگی هوای آزاد مناطق شهری و روستایی به ایجاد ۳/۷ میلیون مورد مرگ زودرس در دنیا انجامیده، که حدود ۸۸ درصد از این موارد در کشورهایی با درآمد کم و متوسط اتفاق افتاده است. همچنین، در مجموع تعداد مرگ منتسب به آلودگی هوای آزاد و هوای داخل اماکن در سال حدود ۷ میلیون نفر برآورده شده است.^۳ آلودگی هوا پیامدهای منفی اقتصادی شدیدی نیز دارد و میزان خسارت ناشی از مرگ‌های منتسب به آلودگی هوا در اتحادیه اروپا حدود ۱۶۱ میلیارد یورو برآورد شده است.^۴ در بسیاری از شهرهای بزرگ ایران از جمله تهران، کرج، اصفهان، مشهد، تبریز، اراک، اهواز و شیراز غلظت بعضی از آلاینده‌های هوا از استانداردهای ملی به مراتب بالاتر است. براساس برآوردها (که با احتساب پدیده ریزگردها)، جمعیتی بالغ بر ۳۵ میلیون نفر، یعنی حدود نیمی از جمعیت کل کشور در معرض درجاتی از آلودگی هوا قرار دارند. این مشکل نه تنها سلامت مردم را به خطر می‌اندازد، بلکه به علت افزایش نیاز به خدمات مراقبتی، بهداشتی و فوریت‌های پزشکی که برای جمعیت تحت تأثیر انجام می‌شود، هزینه‌های سرباری را نیز بر حوزه سلامت تحمیل می‌کند.

تعریف آلودگی هوا

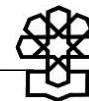
آلودگی هوا عبارت است از حضور یک یا بیش از یک آلاینده در هوای آزاد (برای مثال گردو خاک، دود غلیظ، گاز، مه آلوده، بوی نامطبوع، دود یا بخار) به مقدار کافی، با خواص مشخص و متداوم که ممکن

1. Global Burden of Disease, 2013.

2. "Global Health Risks", 2010.

۳. فرهنگستان علوم پزشکی، ۱۳۹۵.

۴. همان.



است حیات انسان، گیاه یا جانوران و یا اموال انسانی را به مخاطره اندازد و یا آنکه به نحو چشمگیری در روند درست و مطلوب زندگی یا اموال انسانی ایجاد اختلال کند.

در تعریف کوتاه دیگری آلودگی هوا چنین بیان شده است: حضور مواد نامطلوب در هوا به مقداری که بتواند آثار مضر ایجاد کند.

آلودگی هوا در عباراتی دیگر این‌گونه تعریف شده است: وجود هر نوع آلاینده اعم از جامد، مایع، گاز یا تشعشع پرتوزا و غیرپرتوزا در هوا به مقدار و در مدت‌زمانی که کیفیت زندگی را برای انسان و دیگر جانداران به خطر اندازد و یا به آثار باستانی و اموال خسارت وارد کند.

برآوردهای بانک جهانی در خصوص پیامدهای آلودگی هوا

سازمان بهداشت جهانی اعلام می‌دارد که بیش از ۳ میلیون نفر در اثر تنفس در فضای شهری سالیانه جان خود را از دست می‌دهند، تا جایی که اگر اقدامی نشود، این رقم تا ۲۰۵۰ میلادی دو برابر می‌شود. بیشتر شهرهای بزرگی که در کشورهای درحال توسعه‌اند، درحال نقض کردن راهبردهای آلودگی هوا هستند. در پنج سال اخیر، آلودگی هوا ۸ درصد افزایش یافته است، براساس تخمین‌های سازمان بهداشت جهانی (WHO)^۱ این آلودگی ۳ میلیون مرگ (نابالغ) را سالیانه رقم می‌زند که باعث شده آلودگی هوا یکی از بزرگ‌ترین خطرات برای سلامتی انسان‌ها به‌شمار آید. آخرین آمار آلودگی هوای شهری که از سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ جمع‌آوری شده، نشان می‌دهد ۹۸ درصد شهرها با بیش از ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در کشورهایی با درآمد متوسط و پایین، راهبردهای WHO را رعایت نمی‌کنند. شهرهایی که بدترین کیفیت هوا را به‌لحاظ ذرات معلق ۱۰ میکرونی دارند، از میان سه هزار شهری که سازمان بهداشت جهانی آنها را بررسی کرده، آلوده‌ترین شهر «اونیتشا» در نیجریه است که ۳۰ برابر بیشتر از استاندارد ذرات معلق ۱۰ میکرونی دارد. «پیشاور» پاکستان در رتبه دوم قرار گرفته و بعد از آن «زابل» ایران به چشم می‌خورد.^۲

پیامدهای آلودگی هوا بر سلامت انسان

براساس گزارش مؤسسه بین‌المللی تحقیقات سرطان وابسته به سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۳، آلودگی هوا و ذرات معلق در هوا به‌عنوان ترکیبات سرطان‌زا برای انسان (گروه یک) طبقه‌بندی شده است. چهار گروه آسیب‌پذیر در مواجهه با آلودگی هوا وجود دارد که عبارتند از: زنان باردار،

1. World Health Organization (WHO)

۲. این شهرها بیشتر در میان کشورهای با رشد بالای اقتصادی در خاورمیانه و جنوب شرقی آسیا واقع شده‌اند. از میان این ۲۰ شهر، چهار شهر در نیجریه، سه شهر در عربستان سعودی، سه شهر در هندوستان و دو شهر در ایران هستند.

کودکان، سالمندان و ورزشکاران. براساس مطالعات انجام شده، مشخص می‌شود که آلودگی و آلاینده‌ها از دوران جنینی تا سالمندی تهدیدی جدی برای سلامتی محسوب می‌شوند.

عوارض آلاینده‌ها بر روی دستگاه‌های مختلف بدن به اختصار به این شرح است:

۱. **بیماری‌های دستگاه تنفس:** شواهد بسیاری در ارتباط با تشدید آسم، بیماری انسدادی مزمن تنفسی (COPD)، سرطان ریه و کاهش عملکرد ریوی با آلودگی هوا وجود دارد؛ ولی شواهد در زمینه ارتباط آلودگی هوا و بروز آسم و COPD کم و ناپایدار است.

۲. **بیماری‌های قلبی - عروقی:** مواجهه با آلودگی هوا را می‌توان به‌عنوان یک ریسک فاکتور درحال ظهور جدی برای ایجاد و توسعه بیماری‌های قلبی - عروقی دانست. مواجهه کوتاه‌مدت با آلاینده‌های هوا باعث بیماری‌های حاد قلبی و فشارخون می‌شود.

۳. **بیماری‌های دستگاه عصبی:** آلودگی هوا موجب افزایش شیوع بیماری نورودژنراتیو^۱ مثل آلزایمر، پارکینسون، افزایش احتمال ابتلا به ام اس می‌شود. مرگ ناگهانی در بیماران مبتلا به صرع افزایش می‌یابد، همچنین باعث اختلالات تکاملی و افزایش احتمال ابتلا به اوتیسم بر اثر مواجهه مادران باردار و کودکان می‌شود.

۴. **بیماری‌های پوستی:** آلودگی هوا می‌تواند باعث پیری زودرس پوست، کاهش میکروفلور^۲ نرمال پوست، افزایش شیوع درماتیت آتوپیک^۳ و شدت یافتن کهیر شود.

۵. **بیماری‌های دستگاه گوارش:** آلودگی هوا و آلاینده‌های مرتبط با آن مانند PM، ازن، اکسیدهای نیتروژن و فلزات سنگین و برخی از آلاینده‌های آلی در بروز بیماری‌ها و به‌ویژه بیماری‌های التهابی مرتبط با دستگاه گوارش مانند فیبروز کبدی، آپاندیسیت و سرطان‌های دستگاه گوارش نقش دارند.

۶. **بیماری‌های چشم و بینی:** آلودگی هوا التهاب مخاط بینی و سینوس‌ها را تشدید می‌کند و در مزمن شدن عفونت سینوس‌ها و بینی نقش دارد. شیوع رینیت^۴ آلرژی به‌طور چشمگیری با سطوح غلظت‌های NO، SO₂ و CO با هوای تنفسی ارتباط دارد.

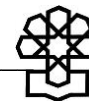
جوامع از طریق کاهش سطح آلاینده‌های هوا می‌توانند بار بیماری‌های مربوط به سکنه، بیماری‌های قلبی، سرطان ریه و بیماری‌های تنفسی حاد و مزمن را کاهش دهند. پیامدهای آلودگی هوا برای سلامت شامل پیامدهای برگشت‌پذیر مانند سوزش چشم، خارش گلو، سردرد و سرگیجه تا آسیب‌های بازگشت‌ناپذیر و تهدیدکننده سلامت نظیر سرطان، آسیب به دستگاه عصبی و مرگ متفاوت است.

۱. مرگ نوروها مهم‌ترین مشخصه این بیماری است.

۲. میکروفلور اشاره به اجتماع باکتری‌ها و دیگر میکروارگانیسم‌ها در اکوسیستم دارد.

۳. درماتیت (التهاب پوست) آتوپیک یک بیماری مزمن پوستی است. آتوپیک بیان‌کننده تمایل ارثی برای ایجاد درماتیت، آسم و تب یونجه (یک بیماری حساسیتی) است. درماتیت به معنی قرمزی و خارش پوست است.

۴. رینیت به انگلیسی Rhinitis: یا التهاب مخاط بینی اصطلاحی در پزشکی به مفهوم تحریک‌شدگی و در نهایت، التهاب غشای مخاطی داخل بینی است. علائم این بیماری، گرفتگی بینی، آبریزش بینی و ترشحات بعد از آن است.



پیامدها و منابع انتشار آلاینده‌های هوا بر سلامت به اختصار در جدول ۱ به تفکیک هر آلاینده بیان شده است.

جدول ۱. پیامدها و منابع انتشار آلاینده‌ها بر سلامت انسان

آلاینده	استاندارد ملی ($\mu\text{m}/\text{m}^3$)	تأثیر بهداشتی	منبع انتشار
ازن	۱۰۰ میانگین ۸ ساعت	کاهش عملکرد ریه و افزایش علائم تنفسی مانند سرفه، تنگی نفس، تشدید آسم و سایر بیماری‌های ریوی، افزایش استفاده از دارو، مراجعات و پذیرش بیمارستانی اورژانس و مرگ‌ومیر زودرس	این آلاینده ثانویه در اثر واکنش شیمیایی ترکیبات آلی فرار و اکسیدهای نیتروژن در حضور نور خورشید تولید می‌شود.
ذرات معلق	PM ₁₀ : ۲۰ متوسط سالیانه PM _{2.5} : ۱۰ متوسط سالیانه	مواجهه کوتاه‌مدت با این آلاینده می‌تواند به تشدید علائم بیماری‌های قلبی-ریوی و علائم تنفسی، افزایش نیاز به استفاده از دارو و پذیرش بیمارستانی منجر شود. مواجهه بلندمدت عامل مرگ‌ومیر زودرس و تشدید بیماری‌های قلبی-ریوی است.	ذرات معلق در اثر انتشار مستقیم و یا واکنش‌های شیمیایی ایجاد می‌شوند. عمده‌ترین منابع انتشار این آلاینده شامل احتراق سوخت (مانند سوزاندن زغال‌سنگ و چوب) خودروها و ماشین‌آلات عمرانی دیزلی فاقد فیلتر دوده، فرآیندهای صنعتی، کشاورزی و انتشار از جاده، خودروها، آگزوز، لنت، لاستیک و... هستند.
دی‌اکسید نیتروژن	۴۰ متوسط سالیانه	تشدید بیماری‌های ریوی، افزایش مراجعات و پذیرش بیمارستانی، اورژانس و افزایش آسیب‌پذیری و استعداد ابتلا به عفونت‌های ریوی	احتراق سوخت (از وسایل نقلیه، واحدهای تولید برق، صنایع، بویلرها و همچنین سوزاندن چوب)
منو اکسید کربن	۱۰ میانگین ۸ ساعت	کاهش اکسیژن‌رسانی به بافت‌ها و اندام‌های مختلف بدن، تشدید بیماری‌های قلبی و درد قفسه سینه، افزایش مراجعات و پذیرش بیمارستانی	احتراق سوخت (به‌خصوص در وسایل نقلیه موتوری فرسوده و فاقد فناوری حذف آلاینده‌ها)
دی‌اکسید گوگرد	۸۰ متوسط سالیانه	تشدید آسم و افزایش علائم تنفسی، کمک به شکل‌گیری و تشدید علائم و آثار بیماری‌های ریوی	احتراق سوخت (به‌ویژه سوخت‌های با گوگرد بالا) فرآیندهای تولید برق و صنایع، منابع طبیعی مانند آتش‌فشان

مأخذ: شرکت کنترل کیفیت هوا، ۱۳۹۶.

میانگین غلظت سالیانه آلاینده‌های هوای شهر تهران در سال ۱۳۸۶ الی ۱۳۹۵

همان‌طور که جدول ۲ نشان می‌دهد روند غلظت آلاینده‌های هوا در کلانشهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۹۵ دارای روند نزولی بوده، لکن غلظت PM₁₀ دارای روند افزایشی است. مطالعات نشان می‌دهد که مهم‌ترین آلاینده هوای شهر تهران ذرات معلق (PM₁₀ و PM_{2.5}) است که در مقایسه با سایر آلاینده‌ها خطرناک‌تر و پیامدهای ناگوار بیشتری را برای سلامت دارند همچنین

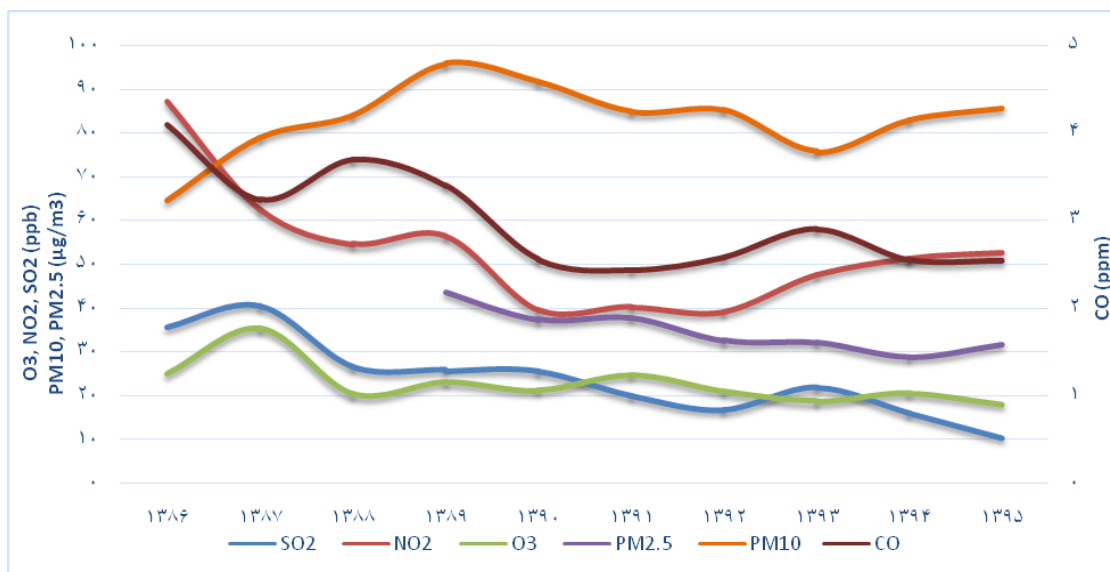
میانگین غلظت PM_{10} و $PM_{2.5}$ تقریباً به ترتیب ۳ و ۴ برابر حد استاندارد ملی در سال ۱۳۹۵ است.

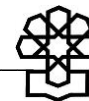
جدول ۲. میانگین غلظت سالیانه آلاینده‌های هوای شهر تهران در سال ۱۳۸۶ الی ۱۳۹۵

سال	CO ppm	SO ₂ ppb	NO ₂ ppb	PM ₁₀ میکروگرم بر مترمکعب	O ₃ ppb	PM _{2.5} میکروگرم بر مترمکعب
۱۳۸۶	۴/۱	۳۵/۹	۸۷/۴	۶۴/۷	۲۵/۲	□
۱۳۸۷	۳/۲	۴۰/۶	۶۲/۷	۷۹/۱	۳۵/۵	□
۱۳۸۸	۳/۷	۲۶/۸	۵۴/۷	۸۴/۳	۲۰/۵	□
۱۳۸۹	۳/۴	۲۶/۱	۵۶/۵	۹۵/۹	۲۳/۳	۴۳/۹
۱۳۹۰	۲/۶	۲۵/۷	۳۹/۶	۹۱/۸	۲۱/۴	۳۷/۵
۱۳۹۱	۲/۴	۲۰/۲	۴۰/۴	۸۵/۰	۲۴/۸	۳۷/۹
۱۳۹۲	۲/۶	۱۶/۹	۳۹/۴	۸۵/۴	۲۱/۱	۳۲/۷
۱۳۹۳	۲/۹	۲۲/۰	۴۷/۶	۷۶/۰	۱۸/۹	۳۲/۳
۱۳۹۴	۲/۶	۱۶/۲	۵۱/۵	۸۳/۲	۲۰/۷	۲۹/۰
۱۳۹۵	۲/۵	۱۰/۵	۵۲/۷	۸۵/۸	۱۸/۲	۳۱/۸

مأخذ: همان، ۱۳۹۵.

نمودار میانگین غلظت سالیانه آلاینده‌های هوای شهر تهران در سال ۱۳۸۶ الی ۱۳۹۵





تخمینی از تعداد بیماری‌های جدید در یک‌سال در صورت مواجهه کوتاه‌مدت و بلندمدت آلاینده‌های هوا

تخمینی از تعداد بیماری‌های جدید در یک‌سال در صورت مواجهه کوتاه‌مدت با واحد $10 \mu\text{m}^3$ آلاینده O_3 و NO_2 ، SO_2 ، PM_{10} اضافه‌تر از حد استاندارد در جدول زیر آمده است: همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد بیشترین میزان مرگ به ترتیب متعلق به PM_{10} ، SO_2 است.

جدول ۳. تخمینی از تعداد بیماری‌های جدید در سال در صورت مواجهه کوتاه‌مدت با واحد $10 \mu\text{m}^3$ آلاینده O_3 و NO_2 ، SO_2 ، PM_{10} اضافه‌تر از حد استاندارد

تعداد بیمار جدید در سال	آلاینده هوا	مورد
۲۹۱۴	PM_{10}	تعداد مرگ
۱۴۵۸	SO_2	
۱۰۵۰	NO_2	
۸۱۹	O_3	
۱۳۶۷	PM_{10}	مرگ ناشی از بیماری قلبی
۱۲۰۲	SO_2	
۵۹۱	NO_2	
۵۷۴	O_3	
۴۰۲	PM_{10}	مرگ ناشی از بیماری‌های ریوی
۳۱۰	SO_2	
۲۹۹	O_3	
۲۵۸۰	PM_{10}	بستری در بیمارستان به‌دلیل بیماری قلبی
۶۶۷۷	PM_{10}	بستری در بیمارستان به‌دلیل بیماری تنفسی
۲۴۷	NO_2	بستری در بیمارستان به‌دلیل بیماری‌های COPD
۴۲۴	O_3	
۲۹۸	SO_2	
۵۵۶	SO_2	
۳۰۵	NO_2	سکته حاد قلبی

مأخذ: فرهنگستان علوم پزشکی، ۱۳۹۵.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که با کاهش آلودگی هوا می‌توان بار بیماری‌های ناشی از سکته مغزی، بیماری‌های قلبی، سرطان ریه و بیماری‌های حاد و مزمن تنفسی را کاهش داد. مثلاً براساس مطالعات، کاهش $10 \mu\text{m}^3$ در غلظت ذرات معلق ریز ($\text{PM}_{2.5}$) هوا امید به زندگی را حدود 0.61 ± 0.2 سال افزایش می‌دهد.^۱

براساس مطالعات پژوهشگرده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران، عوارض کوتاه‌مدت^۱ و بلندمدت^۲ منتسب به آلاینده‌های هوای شهر تهران در سال ۱۳۹۳ به صورت خلاصه در جدول‌های ۴ و ۵ ارائه شده است. در این مطالعه، با توجه به آنچه در نرم‌افزار Airq2.2.3 آمده، عوارض بلندمدت تنها برای PM_{2.5} برآورد شده است.

جدول ۴. عوارض کوتاه‌مدت منتسب به آلاینده‌های هوای شهر تهران در سال ۱۳۹۳

عوارض منتسب به آلاینده‌های هوا	آلاینده‌های هوا	تعداد موارد منتسب*	جزء منتسب** (درصد)
کل مرگ	PM _{2.5}	۱۶۱۷(۲۰۳۱-۱۱۹۶)	۳/۲(۲/۴-۳۶/۰۱)
	PM ₁₀	۱۹۹۰(۲۶۱۹-۱۳۴۴)	۴/۳۶(۲/۵-۹۵/۷۴)
	SO ₂	۷۹۳(۹۴۸-۵۹۷)	۱/۵۶(۱/۱-۱۸/۸۷)
	NO ₂	۱۱۲۵(۱۴۸۹-۷۵۶)	۲/۲۲(۱/۲-۴۹/۹۴)
	O ₃	۳۹۲(۶۵۰-۲۶۲)	۰/۷۷(۰/۱-۵۱/۲۸)
	CO	۴۴(۷۵-۱۳)	۱/۵۲(۰/۲-۴۴/۵۸) (از کل مرگ افراد بالای ۶۵ سال)
مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی - عروقی	PM _{2.5}	—	—
	PM ₁₀	۱۲۴۴(۱۷۵۲-۷۱۰)	۵/۷۹(۳/۸-۳/۱۵)
	SO ₂	۶۶۳(۹۸۰-۱۷۰)	۳/۰۸(۰/۴-۷۹/۵۶)
	NO ₂	۶۳۳(۷۸۵-۴۷۸)	۲/۹۴(۲/۳-۲۲/۶۵)
	O ₃	۲۷۶(۳۸۵-۱۱۱)	۱/۲۸(۰/۱-۵۱/۷۹)
	CO	۴۴(۷۵-۱۳)	۱/۵۲(۰/۲-۴۴/۵۸) (از کل مرگ افراد بالای ۶۵ سال)
مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی	PM _{2.5}	—	—
	PM ₁₀	۳۶۷(۵۴۱-۱۴۹)	۸/۱۵(۳/۱۲-۳/۰۲)
	SO ₂	۱۷۲(۲۳۸-۱۰۵)	۳/۸۳(۲/۵-۳۳/۲۸)
	NO ₂	۱۴۷(۱۶۹-۶۹)	۳/۲۷(۱/۳-۵۳/۷۶)
	O ₃	—	—
	CO	—	—
بستری شدن بیمارستانی به علت بیماری‌های قلبی - عروقی	PM ₁₀	۲۳۴۹(۳۳۰۷-۱۵۹۷)	۵/۷۹(۳/۸-۹۳/۱۵)
بستری شدن بیمارستانی به علت بیماری‌های تنفسی	PM ₁₀	۶۰۷۲(۸۳۲۸-۳۷۲۰)	۵/۱۸(۳/۷-۱۷/۱)
بستری شدن بیمارستانی به علت بیماری انسداد مزمن ریوی (COPD)	O ₃	۱۸۲(۳۰۵-۴۳)	۰/۳-۴۵/۲۳
	NO ₂	۱۴۵(۲۴۳-۳۴)	۱/۵۶(۰/۲-۳۶/۶۰)
	SO ₂	۱۶۲(۳۹۶-۰)	۱/۷۲(۴-۰/۱۹)
	—	—	—

مأخذ: شاهسونی، عباس و همکاران، ۱۳۹۵.

* تعداد موارد منتسب دو عدد را اعلام می‌کند یک عدد به صورت رنج و یا میانگین اعلام شده است و دو عدد در داخل پرانتز که حد بالا و پایین این مدل و نرم‌افزار است.

** جزء منتسب عددی اصل که به کل مرگ‌ومیر نسبت داده می‌شود.

1. Short Term Effects
2. Long Term Effects



جدول ۵. برآورد پیامدهای بهداشتی بلندمدت (مزمین) منتسب به ذرات معلق PM_{2.5} در شهر تهران، ری و شمیرانات در سال ۱۳۹۴

پیامد بهداشتی	میانگین غلظت سالیانه (μm/m ³)	تعداد	جزء منتسب
مرگ کل (همه علل) در بزرگسالان بالاتر از ۳۰ سال	۳۱/۹۹	۵۸۳۴(۷۵۷۲-۳۸۹۱)	۱۲/۳۹(۸/۱۶-۲۶/۰۹)
مرگ به علت COPD در (بزرگسالان بالاتر از ۳۰ سال)		۱۴۱(۲۳۰-۶۱)	۱۳/۰۴(۵/۲۱-۶۶/۲۶)
مرگ به علت سرطان ریه در (بزرگسالان بالاتر از ۳۰ سال)		۱۲۹(۱۹۷-۳۰)	۱۶/۶۶(۳/۲۵-۸۵/۳۷)
مرگ به علت سکته مغزی در (بزرگسالان بالاتر از ۲۵ سال)		۲۳۱۱(۳۱۲۰-۱۰۷۹)	۵۵/۵۵(۲۵/۷۴-۹۲/۹۹)

مأخذ: همان.

نتایج نشان می‌دهد که بیشترین سهم عوارض کوتاه‌مدت منتسب به آلاینده‌های هوا در شهر تهران مربوط به ذرات معلق (PM_{2.5} و PM₁₀) بوده است. به طوری که میزان کل مرگ منتسب به PM_{2.5} و PM₁₀ در سال ۱۳۹۳ به ترتیب حدود ۱۶۱۷ و ۱۹۹۰ مورد بوده است. این میزان به ترتیب ۳/۲ و ۴/۳۶ درصد از کل مرگ‌های شهر تهران (به استثنای مرگ ناشی از تصادفات) را به خود اختصاص داده است. همچنین براساس نتایج این مطالعه، در اثر مواجهه بلندمدت با آلاینده‌های ذرات معلق ریز (PM_{2.5}) در شهر تهران، هر سال ۵۸۹۴ مورد مرگ منتسب برآورد شده است که این میزان معادل ۱۱/۶۶ درصد از کل مرگ‌های شهر تهران بوده است.^۱

خسارات آلودگی هوا بر گیاهان و محصولات کشاورزی

خسارات آلودگی هوا بر گیاهان، درختان و محصولات کشاورزی پدیده‌ای است که کمتر به آن به طور جدی توجه شده و کمتر تحقیقی در کشور به بررسی اعداد و ارقام ناشی از خسارات اقتصادی و زیست‌محیطی پرداخته است. طی ۲۵ سال گذشته تحقیقاتی درباره خسارت ازن بر محصولات کشاورزی به خصوص سه محصول زراعی ذرت، سویا و پنبه در آمریکا انجام شده است. در این تحقیقات با نصب اتاقک‌هایی در سطح مزارع و کنترل مقدار ازن، میزان خسارت این گاز بر روی محصولات کشاورزی سالیانه ۱/۶ میلیارد دلار برآورد شده است. افزایش آلاینده‌های موجود در هوا، به کاهش گلدهی، میوه‌دهی و در نهایت مسمومیت درختان منجر می‌شود. تحقیقات کارشناسان محیط زیست نشان می‌دهد آلاینده ازن موجود در هوا می‌تواند علاوه بر میزان گل‌دهی و میوه‌دهی، بر ایجاد

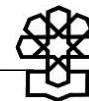
حساسیت در درختان و گیاهان تأثیر داشته باشد.

براساس تحقیقات انجام شده، آلاینده‌های موجود در هوا باعث می‌شوند روزنه‌های برگ گیاه حالت دفاعی به خود بگیرند و در مقابل آلاینده‌های هوا، بسته شوند. نوع و درجه واکنش برگ گیاه، به میزان ازن، درجه، شدت و مدت‌زمان تماس با گاز ازن بستگی دارد.

تماس میزان معین ازن معمولاً در رطوبت بالا اثر زیادتری نسبت به رطوبت کم دارد، زیرا در رطوبت بالا روزنه‌ها بیشتر باز هستند و تبادل گازها به آسانی انجام می‌شود. در اثر آلودگی هوا، سبزینه گیاه از بین می‌رود و سبب زردی برگ گیاه که مواد لازم برای درختان و گیاهان را فراهم می‌کند، می‌شود؛ به این ترتیب مواد مورد نیاز غذایی به درختان و گیاهان نمی‌رسد و نشانه‌های مسمومیت گیاه با آلاینده‌های هوا را می‌توان به صورت پلاسیدگی گیاه مشاهده کرد. این امر در بلندمدت بر اثر تماس با غلظت‌های کم ازن و آلودگی هوا ریزش برگ گیاه را منجر می‌شود و این موضوع حساسیت گیاه را نسبت به بیماری افزایش می‌دهد و گیاه را آسیب‌پذیر می‌کند. به این ترتیب آلاینده ازن می‌تواند باعث کاهش فتوسنتز، کاهش سطح برگ، کاهش امکان بهره‌وری از آب و کاهش گل و میوه در گیاه شود.

تحقیقات متخصصان محیط زیست نشان می‌دهد که آلودگی هوا به کوتاهی قد درختان نیز منجر می‌شود با ۱۰ درصد کاهش رشد سالیانه برای درختان در اثر آلودگی هوا، مجموعاً ۳۳ درصد ارتفاع یک درخت کمتر از زمانی است که در معرض آلودگی هوا نباشد. کاهش رشد درختان بیشتر بر اثر گازهای اکسید نیتروژن و دی‌اکسید گوگرد است که سبب بارش باران‌های اسیدی و اختلال در رشد گیاه و درخت می‌شود. بیش از ۷۰ درصد درختان در حاشیه بزرگراه‌های تهران به دلیل انباشت از ذرات زیانبار روی شاخ و برگشان در حالت نیمه‌خشک قرار دارند. با افزایش آلودگی هوا به تدریج گونه‌های گیاهی سازگار با اقلیم تهران از پهن‌برگ به سوزنی‌برگ تغییر شکل داده‌اند. تغییر گونه‌های سازگار از پهن‌برگ به سوزنی‌برگ خود عامل دیگری برای افزایش آلودگی هوا بوده، زیرا توان پالایش هوا به وسیله سوزنی‌برگ‌ها در مقایسه با پهن‌برگ‌ها، کمتر است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که ماده اکسیدان مه - دود باعث ایجاد لکه‌ای زرد روی برگ‌های سوزنی شده و این برگ‌ها زودتر از موعد خزان می‌کنند. در نتیجه، برگ کافی برای تولید مواد غذایی گیاه وجود نخواهد داشت و سیستم ریشه صدمه می‌بیند و این به نوبه خود به رشد گیاه صدمه زده و گیاه را در برابر حشرات حساس‌تر می‌کند. باران‌های اسیدی به افزایش رسوبات اسیدی در خاک درختان منجر می‌شود و بدین ترتیب با ورود اسید به خاک فرآیند خاک‌شویی رخ می‌دهد و هوا و غذای خاک برای رشد درخت از بین می‌رود. اگر خاک کم‌عمق باشد و یا مواد غذایی کافی برای حفظ گونه‌های مختلف نداشته باشد، رشد درختان و گیاه را به کلی مختل می‌کند. در این شرایط فقط گونه‌های به‌خصوصی به حیات خود ادامه می‌دهند و این خود به سایر گونه‌ها و اکوسیستم‌ها ضرر خواهد رساند.



آلودگی هوا بر گیاهان ممکن است شدید، مزمن و یا نامرئی باشد، اگر تراکم مواد آلوده‌کننده زیادتر از قدرت تحمل گیاه باشد، با توجه به سن، وضعیت گیاه و سایر عوامل اکولوژیکی محیط زیست و مدت‌زمان تماس، آثار مختلفی برجای می‌گذارد. در صورتی که تراکم مواد آلوده‌کننده کم و زمان طولانی باشد، اثر قوی (ولی مزمن) است، در نتیجه آن اندام گیاه کوچک می‌ماند، تعادل جامعه گیاهی به هم می‌خورد و ترکیب و توزیع گونه‌ها دگرگون می‌شود. در سطح سلولی نیز آثاری ظاهر می‌شود که شامل تغییر آنابولیسم^۱ و کاتابولیسم^۲ و کند شدن اعمال آنزیمی و تغییر رنگ‌دانه‌هاست. مهمترین اثر غیرمستقیم آلودگی هوا بر گیاهان از بین رفتن حشرات گرده‌افشان و در نتیجه کم‌شدن گرده‌افشانی گیاه می‌باشد که مستقیماً عملکرد را کاهش می‌دهد. میزان حساسیت گونه‌های مختلف گیاهی نسبت به آلودگی بسته به غلظت مواد آلوده‌کننده، مدت‌زمان در معرض بودن گیاه و سن گیاه، مقدار حساسیت و خسارت وارده بر گیاه متفاوت خواهد بود. در بین گونه‌های گیاهی تفاوت‌های عمده‌ای از لحاظ حد تحمل به انواع مواد شیمیایی آلوده‌کننده دیده می‌شود. حتی در بین یک گونه نیز حساسیت تمام بوته‌ها یکسان نیست و با توجه به این تفاوت‌ها، یک متخصص اصلاح نباتات می‌تواند ارقام را انتخاب و اصلاح کند. بسته به شرایط اقلیمی نیز ممکن است تفاوت‌هایی وجود داشته باشد، رطوبت زیاد خاک، رطوبت نسبی بالا در هوا و شدت نور زیاد خسارت آلودگی را بیشتر می‌کند.

پیامدهای اقتصادی، آسیب‌های اجتماعی و محیط زیستی آلودگی هوا

خسارات وارده آلودگی هوا به صورت‌های مستقیم و غیرمستقیم بر اقتصاد فردی، محلی و ملی تأثیر می‌گذارد. اندازه‌گیری دقیق این آثار همیشه مشکل بوده است. در بخش خسارت‌های اقتصادی مستقیم می‌توان به مرگ تدریجی فضاها، سبزی و جنگل‌ها در اثر مواجهه با آلاینده‌های NO_x و ازن (O₃)، ... و یا آسیب به آثار تاریخی، اشیاء و نمای ساختمان‌ها در اثر ساییدگی توسط ذرات معلق (PM) و یا ترکیبات شیمیایی آلاینده بر آنها نام برد.

از دیگر آثار مخرب آلودگی هوا، تخریب بناهای تاریخی و آثار هنری است، زیرا دود خارج شده از آگزوز خودروها، دودکش‌های منازل و کارخانجات صنعتی باعث تیرگی رنگ ساختمان‌ها و تأسیسات شهری می‌شود که به نظر می‌رسد یکی از مهمترین دغدغه‌های مسئولان زیباسازی شهرداری‌ها برای رفع آلودگی از تأسیسات شهری باشد.

۱. آنابولیسم اساساً فرآیندهای بیوشیمیایی است که در آن واحدهای کوچک‌تر و ساده‌تر گرد هم می‌آید تا مولکول‌های بزرگ‌تر و پیچیده‌تر شکل بگیرد. این فرآیند دربردارنده انرژی برای تشکیل مولکول بیولوژیکی جدید است. این انرژی توسط تبدیل مولکول‌های ATP به مولکول‌های ADP فراهم می‌شود.

۲. کاتابولیسم فرآیندهای بیوشیمیایی است که در آن مولکول‌های پیچیده و بزرگ به واحدهای سازنده آن تجزیه می‌شود. این فرآیند انرژی مورد نیاز را فراهم می‌کند. برخی اوقات، واحدهای کوچک‌تر ممکن است بیشتر تجزیه شود تا انرژی بیشتری تولید شود.

بسیاری از مواد سمی مانند گوگرد، فلوئور و ازت پس از ترکیب با آب، خاصیت اسیدی پیدا می‌کنند و باعث بارش باران‌های اسیدی می‌شوند که باعث خوردگی و از بین رفتن تدریجی ساختمان‌های مسکونی، بناهای تاریخی و آثار هنری می‌شوند که از جمله پیامدهای این موضوع هستند و نتایج مخرب این پدیده، عموماً جبران‌ناپذیرند و ترمیم این آثار به صورت اولیه و با همان کیفیت، تقریباً غیرممکن است.

آلودگی هوا به دلیل ایجاد بیماری در انسان ممکن است پیامدهای زیانباری برای اقتصاد جهان داشته باشد، سازمان جهانی بهداشت هشدار داده است که افزایش بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا پیامدهای مالی و زیان‌های اقتصادی فراوانی را به سازمان‌ها، برنامه‌های سلامتی دولت‌ها و خود افراد تحمیل می‌کند. غیبت از مدرسه یا تعطیلی مدارس به علت آلودگی هوا افراد را از فرصت‌های آموزشی محروم می‌کند. مطالعات پژوهشگران در شهر بارسلون نشان داده است که در صورت رسیدن غلظت PM_{10} سالیانه به مقادیر استانداردهای سازمان جهانی بهداشت، حدود ۱۶۰۰ یورو به ازای هر نفر صرفه‌جویی اقتصادی خواهد داشت. سازمان جهانی بهداشت برآورد کرده که هزینه سالیانه صرف شده برای بخش سلامت و بهداشت بر اثر آلودگی هوا در اتریش، فرانسه و سوئیس حدود ۳۰ میلیارد پوند است.^۱

بر اساس برآورد بانک جهانی،^۲ آلودگی هوا در سال ۲۰۱۳ در ایران، سی میلیارد و پانصدونودونه میلیون دلار خسارت اقتصادی و میزان مرگ‌ومیر از رقم ۱۷ هزار نفر (در سال ۱۹۹۰) به بیش از ۲۱ هزار نفر در سال ۲۰۱۳ رسیده است. بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۳، با وجود توسعه اقتصادی و پیشرفت‌های پزشکی کشورها، هزینه‌های پیشگیری از مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا دو برابر و ضرر از دست دادن نیروهای کارآمد به میزان ۴۰ درصد افزایش یافت (جدول ۶). همچنین به استناد گزارش بانک جهانی، در ایران میزان خسارت سالیانه مرگ‌ومیر در نتیجه آلودگی هوا معادل ۵۱۰۰ میلیارد ریال و خسارت بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا ۲۱۰۰ میلیارد ریال است.^۳

۱. فرهنگستان علوم پزشکی، ۱۳۹۵.

۲ گزارش بانک جهانی، سال ۲۰۱۶

۳. فرهنگستان علوم پزشکی، ۱۳۹۵.



جدول ۶. برآورد تعداد مرگ منتسب به ذرات معلق PM2.5 و هزینه اقتصادی آلودگی هوا در ایران

کشور	میانگین غلظت ذرات معلق PM2.5 (میکروگرم در مترمکعب)		کل مرگ به علت آلودگی هوا		کل هزینه آسایش از دست رفته (میلیون دلار) (درصد تولید ناخالص داخلی براساس قدرت خرید)		کل درآمد کار از دست رفته (میلیون دلار) (درصد تولید ناخالص داخلی براساس قدرت خرید)	
	۱۹۹۰	۲۰۱۳	۱۹۹۰	۲۰۱۳	۱۹۹۰	۲۰۱۳	۱۹۹۰	۲۰۱۳
ایران	۲۸/۶۴	۳۱/۸۹	۱۷۰۳۵	۲۱۶۸۰	۱۳/۹۴۰	۳۰/۵۹۹	۲۵۳۳	۱۴۷۱
					(۲٪/۴۴)	(۲٪/۴۸)	(۰٪/۴۴)	(۰٪/۱۲)

مأخذ: بانک جهانی، ۲۰۱۶.

براساس گزارش مذکور، در دو دهه گذشته عامل آلودگی هوا از آلودگی آب که سال‌ها رتبه اول را داشته، پیشی گرفته و آمار مرگ‌ومیرهای زودرس ناشی از آن از سال ۱۹۹۰ به بعد به‌طور مداوم افزایش یافته است.

موارد زیر تنها گوشه‌ای از پیامدهای اقتصادی آلودگی هوا هستند:

- تحمیل هزینه به صنایع کوچک مقیاس (و دولت)، به‌علت جلوگیری از فعالیت صنایع کوچک و فرسوده در زمان بروز حالت هشدار و بحران،

- تحمیل هزینه به شهروندان به‌علت بروز بیماری‌های مزمن ناشی از آلودگی هوا،

- تحمیل هزینه به دولت و نظام آموزشی کشور به‌علت تعطیلی ناشی از آلودگی هوا،

- تحمیل هزینه به جامعه و دولت به‌علت کاهش سطح هوشی کودکان در کلانشهرها،

- تحمیل هزینه به جامعه و شهرداری‌ها جهت تعمیر و مرمت ساختمان‌ها و بناهای تاریخی

آسیب‌دیده،

پژوهش‌های دفتر محیط زیست و توسعه پایدار شهرداری تهران نشان داده است که ۳۳ درصد مردم از افزایش هزینه درمان خانواده و حدود ۴۰ درصد از خانه‌نشینی اجباری در نتیجه آلودگی هوا شاکی بودند و می‌توان تصور کرد که این هزینه‌ها و در خانه ماندن اجباری و بی‌حرکی چه پیامدهای اقتصادی و اجتماعی دربر خواهد داشت.

دلایل ناکارآمدی مدیریت کنترل و کاهش غلظت آلاینده‌های هوا در ایران

۱. ضعف در تطبیق با اصول حاکم بر حفاظت از هوا

الف) قوانین مربوط به کنترل آلودگی هوا در گام نخست، باید فهرست دقیق و جامعی از انواع مواد آلاینده را تدوین کرده و آنها را مشمول ممنوعیت، حذف تدریجی یا محدودیت در انتشار کنند؛ همچنین استانداردهای محیط زیستی واحدهای مختلف انتشاردهنده این آلاینده‌ها را نیز مقرر

نمایند. حال آنکه فهرست مواد آلاینده هوا در قوانین مصوب در این زمینه، از جامعیت لازم برخوردار نیست و از سازوکار اعمال ممنوعیت یا حذف تدریجی انتشار آلاینده‌های خطرناک و در عین حال قابل جایگزین در این قوانین استفاده نشده است. همچنین قواعد اعمال کنترل بر آلاینده‌های منتشر شده، چگونگی مدیریت آن مانند لزوم ایجاد چاهک‌های طبیعی و مصنوعی و نیز قواعد انتشار براساس محدودیت‌های زمانی نهاده نشده‌اند.

ب) استانداردهای انتشار آلاینده در دو سطح ملی (استاندارد ملی انتشار برای هر نوع خاص آلاینده) و محلی هر یک از واحدهای تولیدی (برحسب نوع واحد تولیدی و محصول آن) تدوین نشده است. ج) مقررات کنترل آلودگی باید با رویکرد کنترل در سطح ملی و محلی با توجه به شرایط خاص آن منطقه مدون شوند؛ که البته این رویکرد در تصویب این دسته مقررات تا حد زیادی مدنظر بوده است. اما مقررات ناظر بر کنترل در سطح محلی عموماً شامل ۷ شهر بزرگ کشور، به ویژه تهران و در زمینه آلودگی ناشی از خودروهاست و در مورد دیگر مناطق محلی یا مناطق صنعتی و کشاورزی (مانند مناطق شمالی به دلیل کشت برنج) مقررات خاصی ناظر بر کنترل محلی آلودگی هوا به تصویب نرسیده است.

د) با آنکه انتشار برخی از گازهای آلاینده به‌خصوص در مورد صنایع، مشمول مقررات کنترل و کاهش شده؛ اما روش‌های جبران این کاهش توسط منابع آلاینده و استفاده از مواد جایگزین برای حفظ سطح تولید در این مقررات پیش‌بینی نشده است. برخی از واحدها به رعایت برخی استانداردها مانند کاهش انتشار برخی مواد؛ رعایت برخی استانداردها در جریان تولید مانند نصب فیلتر؛ دفع پسماندها به روش مخصوص و استفاده از سوخت‌های سالم مانند گاز ملزم هستند. در حالی که نحوه تأمین بار اقتصادی و فنی رعایت این استانداردها پیش‌بینی نشده است. در نتیجه هزینه مضاعفی بر بخش صنعت و اقتصاد وارد خواهد ساخت که با اصل توسعه پایدار همخوانی ندارد؛ مگر آنکه از روش‌های تعدیلی مانند اخذ هزینه‌های انتشار برای برخی گازها یا ممنوعیت تدریجی انتشار آنها، مالیات بر انتشار، اعطای کمک‌های فنی و مشوق‌های اقتصادی برای استفاده از روش‌های تولیدی سالم‌تر بهره‌گیری شود.

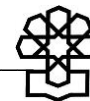
۲. عدم اتخاذ رویکرد فرابخشی

الف) انرژی

ب) حمل‌ونقل

ج) صنعت

د) کشاورزی



ه) اقتصاد

و) بهداشت

ز) آموزش و اطلاع رسانی

ح) سازمان اداری

به لحاظ تخصصی و پیچیده بودن مسئله آلودگی هوا و ارتباط سازمان‌های مختلف با زمینه کاری گوناگون با آن؛ در درجه نخست، توانمندسازی سازمانی یعنی تدارک واحدهای مختلف درون سازمانی و آماده‌سازی نیروی انسانی متخصص برای اقدام به کنترل آلودگی هوا و در مرحله بعد تدارک واحدهای میان وزارتخانه‌ای و فرابخشی به منظور هماهنگ نمودن این اقدامات ضرورتی اساسی است. در این راستا دفتر بررسی آلودگی هوا در سازمان حفاظت محیط زیست با زمینه کاری انجام بررسی‌های تحقیقاتی، تنها واحد سازمانی تخصصی دولتی مسئول کنترل آلودگی هواست؛ اما تاکنون اقدامی در راستای تأسیس واحدهای میان وزارتخانه‌ای با توجه به ضرورت سازمانی آن صورت نپذیرفته است و از این لحاظ اتخاذ اقدامات هماهنگ، تدوین برنامه‌های اجرایی مشترک و اجرای این برنامه‌ها همیشه به دشواری صورت می‌پذیرد. تربیت نیروی انسانی متخصص در زمینه کنترل آلودگی هوا ویژه بازرسان متخصص، نقش مهمی در تقویت این سازمان‌ها دارد که تاکنون مورد توجه نهادهای ذیربط واقع نشده است.

۳. ضمانت اجرایی ضعیف

اعمال ضمانت اجرایی برای اجرای ضوابط و مفاد قانونی در مقررات مصوب در این زمینه بر سه محور مجازات کیفری حبس، جزای نقدی و نیز ممنوعیت از ادامه فعالیت واحد آلاینده مبتنی بوده است. با وجود جامع بودن نسبی این مقررات و تحت پوشش قرار دادن بسیاری از فعالیت‌های آلاینده، و تعیین مجازات‌ها در صورت تخلف برای آنها، کاستی‌های عمده‌ای در این دسته از مقررات به چشم می‌خورد.

۴. نیاز به وضع مقررات و کنترل

توسعه و تقویت سازوکارهای حقوقی مقابله با آلودگی هوا نیازمند اتخاذ یک رویکرد جامع و هماهنگ در وضع مقررات لازم، کنترل مؤثر و نظارت دقیق بر آن است

۵. ضعف و ناکارآمدی نهادهای مدنی سبز

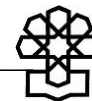
۶. ناکارآمدی مصرف انرژی و تولید آلودگی

نتیجه‌گیری

سطح بالای سلامت و بهداشت در جامعه که از عوامل توسعه پایدار به حساب می‌آید رابطه مستقیمی با سطح آلودگی هوا دارد. بررسی‌های انجام شده در این مطالعه نشان از تأثیر آلودگی هوا بر سلامت انسان و سایر موجودات داشته و آثار سوء این پدیده مخرب علاوه بر آثار حاد، آثار بلندمدت و مزمن (نظیر آسم، بیماری‌های تنفسی و قلبی، بیماری‌های ژنتیکی)، افزایش مراجعه به اورژانس‌ها و افزایش مرگ‌ومیر را همراه با افزایش آلودگی هوا نشان می‌دهد.

علاوه بر این، رابطه آلودگی هوا و رشد اقتصادی مقوله‌ای نیست که از چشم پژوهشگران دور مانده باشد و در این زمینه تحقیقات متعدد نشان از رابطه آلودگی هوا و رشد اقتصادی دارند (البته برخی از این هزینه‌ها حتی قابل محاسبه نیز نخواهند بود). در مجموع آلودگی هوا با تأثیر مخرب بر کلیه شاخص‌های کیفیت زندگی شامل میزان جذابیت، سلامت، رفاه عمومی، بهزیستی اجتماعی، شادکامی، رضایتمندی و غیره (در هر دو قالب رویکرد ذهنی به کیفیت زندگی و کیفیت عینی) قابلیت زیست‌پذیری در شهر را کاهش می‌دهد.

نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر نشان می‌دهد که میان مواجهه با غلظت‌های بالای ذرات معلق هوا و افزایش مرگ‌ومیر روزانه و سالیانه ارتباط وجود دارد. همچنین در صورت کاهش غلظت این آلاینده‌ها، در صورت ثابت بودن سایر عوامل، مرگ‌های منتسب به آنها کاهش می‌یابد و نیز با کوچک‌تر شدن اندازه ذرات معلق در هوا، میزان نفوذ آنها در دستگاه تنفس (تحتانی) افزایش یافته و باعث افزایش آثار بیماری‌زایی این ذرات می‌گردد. یافته‌های مطالعه حاضر، بیانگر شواهد متقن درباره تأثیر مواجهه با آلودگی هوا در افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های تنفسی، قلبی - عروقی و اختلال در سلامت باروری هستند. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین سهم عوارض کوتاه‌مدت منتسب به آلاینده‌های هوا در شهر تهران مربوط به ذرات معلق ($PM_{2.5}$ و PM_{10}) بوده است. به‌طوری که میزان کل مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ و PM_{10} در سال ۱۳۹۳ به ترتیب حدود ۱۶۱۷ و ۱۹۹۰ مورد بوده است. این میزان به ترتیب ۳/۲ و ۴/۳۶ درصد از کل مرگ‌های شهر تهران (به‌استثنای مرگ ناشی از تصادفات) را به‌خود اختصاص داده است. همچنین نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بر اثر مواجهه بلندمدت با آلاینده‌های ذرات معلق ریز ($PM_{2.5}$) در شهر تهران، هر سال ۵۸۹۴ مورد مرگ منتسب برآورد شده که این میزان معادل ۱۱/۶۶ درصد از کل مرگ‌های شهر تهران بوده است. براساس برآورد بانک جهانی، در سال ۲۰۱۳ آلودگی هوا در ایران، سی میلیارد و پانصدونودون میلیون دلار خسارت اقتصادی به‌دنبال داشته است. همچنین به استناد تخمینی گزارش بانک جهانی، در ایران میزان خسارت سالیانه مرگ‌ومیر در نتیجه آلودگی هوا معادل ۵۱۰۰ میلیارد ریال و خسارت بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا ۲۱۰۰ میلیارد ریال است. یافته‌ها تأثیر آلودگی هوا در افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های مختلف و تحمیل هزینه‌های گزاف درمان ناشی از ایجاد



بیماری‌ها را تأیید می‌کنند، لذا اجرای اقدامات موثر برای بهبود کیفیت هوا و کاهش خطرات ناشی از آثار سوء آلودگی هوا بر ارتقای سلامت جامعه و پیشگیری از بیماری‌ها و کاهش سایر پیامدهای اقتصادی ناشی از آلودگی هوا همچون تعطیلی مدارس و واحدهای صنعتی و تخریب ابنیه تاریخی الزامی است. یکی از دلایل عدم حل مشکل آلودگی هوا در کشور بی‌توجهی به باز اقتصادی آلودگی هوا در کشور می‌باشد. لذا برای دستیابی به نتیجه مطلوب و روند سریع‌تر در کاهش آلودگی هوا برخی از مهمترین پیشنهادها به شرح زیر است:

- تدوین سند ملی کاهش آلودگی هوا،
- ایجاد مدیریت یکپارچه کنترل و کاهش آلودگی هوا،
- ارزیابی اجرای قوانین و میزان اثربخشی آنها در کاهش آلودگی هوا،
- ایجاد کمیسیون محیط زیست در مجلس شورای اسلامی،
- اولویت دادن به موضوعات زیست‌محیطی و کاهش آلودگی هوا در تصویب بودجه و تخصیص منابع لازم برای فعالیتهای تأثیرگذار (همچون نوسازی وسایل نقلیه عمومی، استفاده از تجهیزات کاهنده آلاینده‌ها، جایگزینی موتورسیکلت‌های کاربراتوری با موتورسیکلت‌هایی با آلاینده‌گی کم و....)،
- توجه ویژه به هزینه‌کرد بودجه‌های مصوب و تخصیص داده شده به دستگاه‌های ذیربط در زمینه کنترل آلودگی هوا،
- اولویت‌دهی به رسیدگی دستگاه قضایی به تخلفات آلوده‌کنندگان هوا،
- توجه ویژه به تهیه گزارش و آمار مرتبط با آلودگی هوا و پیامدهای آن در حوزه سلامت،
- حمایت از پوشش خدمات درمانی برای آسیب‌دیدگان از آلودگی هوا و حمایت از به‌کارگیری روش‌های پیشگیری در مواجهه با آلودگی هوا،
- سیاستگذاری به‌منظور کاهش آلاینده‌گی هوا در ماه‌های زمستان.

منابع و مأخذ

۱. پیش‌نویس سند جامع حمایت‌طلبی کنترل آلودگی هوا و کاهش پیامدهای آن بر سلامت، فرهنگستان علوم پزشکی.
۲. سلیمانی، الهه. بررسی طرح کاهش آلودگی هوا، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۹۵.
۳. شاهسونی و همکاران. کمی‌سازی آثار آلاینده‌های هوا در کشور در سال ۱۳۹۲ الی ۱۳۹۴ با استفاده از مدل AirQ. مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی.
۴. گزارش‌های شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، ۱۳۹۶.
۵. گزارش‌های سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۹۶.
۶. پناهی، فریبرز. طرح مطالعاتی - تحقیقاتی بررسی آلودگی‌های کلانشهرهای ایران با تمرکز بر کلانشهر تهران، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۹۱.
۷. گزارش‌های وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، ۱۳۹۱.
۸. گزارش سازمان ملی استاندارد، ۱۳۹۱.
9. Rural Development Water and Environment Department Middle East and North Africa region the World Bank, 2005.
10. WHO.(2015).Ambient(outdoor)air quality and health from h
p://www.who.int/mediacentre/ factsheets/fs31/3en/



مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شماره مسلسل: ۱۵۴۹۹

شناسنامه گزارش

عنوان گزارش: پیامدهای زیست‌محیطی آلودگی هوا

نام دفتر: مطالعات زیربنایی (گروه آب و محیط زیست)

تهیه و تدوین: الهه سلیمانی

مدیر مطالعه: جمال محمدولی سامانی

ناظران علمی: حسین افشین، محسن صمدی

متقاضی: علی محمد شاعری (عضو کمیسیون کشاورزی، آب و منابع طبیعی)

ویراستار ادبی: صدیقه آقایی

واژه‌های کلیدی:

۱. خسارات

۲. آلودگی



تاریخ انتشار: ۱۳۹۶/۵/۳۱