

## فصل اول

### آلاینده های هوا و استانداردهای کیفیت هوا

#### ۱- آلاینده های هوا و استانداردهای کیفیت هوا

صنایع چرخهای پیش برنده برنامه های توسعه و سیاستهای استقلال و رشد اقتصادی - اجتماعی جامعه اند که خود نیز در جهت بقاء و تداوم حرکت، نیاز به نیروی محرکه ای در قالب استفاده از منابع گوناگون طبیعی، انسانی و اقتصادی دارند.

اجرای طرحهای صنعتی از یک سو، بدون بهره گیری از این منابع امکان پذیر نیست و از سوی دیگر، حفظ محیط زیست و منابع آن برای ادامه حیات و رشد صنعت ضروری است. بدیهی است که هر فعالیت صنعتی، ضمن فراهم ساختن امکانات فراوان جهت ارتقاء کیفیت زندگی انسان، همانند دیگر عملکردهای بشر، پیامدهایی مانند تغییر در تعادل طبیعی محیط زیست و کاهش منابع آن، تولید انواع پسماندها و مواد زائد و رها ساختن آنها در محیط های پذیرنده هوا، آب و خاک دارد.

آنچه در حال حاضر، موجب بروز معضلات جهانی محیط زیست و آلودگی های گوناگون گشته، منحصر به فرآیند استفاده از منابع و تولید آلاینده ها نیست، بلکه عدم تعادل میان روند روزافزون مصرف و کاهش سریع ظرفیت منابع تجدید ناپذیر از یک سو و ناهمگونی میان نوع و میزان پسماندها و آلاینده های تولید شده با گنجایش و توان خود پالایی محیط پذیرنده ای است که کره زمین و حیات بشر را در معرض خطر قرار داده است. این مسئله سیاستگزاران و برنامه ریزان را وادار نموده

که راه چاره ای برای برقراری سازگاری بین طرحهای توسعه، بویژه برنامه های صنعتی و اصول حفاظت از محیط زیست جستجو کنند. در حال حاضر، یکی از راه های دستیابی به این امر، برقراری اصل "توسعه پایدار"\* در کلیه برنامه ها می باشد.

نخستین گام برای دستیابی به اهداف توسعه صنعتی سالم و پایدار، شناسایی پیامدهای گوناگون فعالیت های صنعتی است که یکی از آنها آلودگی هوا می باشد. هر چند اشکال مختلف آلودگی محیط زیست وابسته و قابل تبدیل به یکدیگرند، ولی آنچه اهمیت آلودگی هوا را بیشتر می سازد، نقش هوا به عنوان حیاتی ترین ماده برای ادامه زندگی انسان، آثار گوناگون و غالباً جبران ناپذیر آلاینده ها بر سلامتی انسان و محدود بودن توانایی بشر برای کاهش و کنترل آلودگی های هوا است.

در حال حاضر، در بسیاری از کشورهای در حال رشد صنعتی، صنایع پس از وسائط نقلیه، مهمترین منابع آلودگی هوا می باشند؛ هر چند در مناطق غیرشهری صنعتی و شهرک های صنعتی، صنایع از این نظر، در جایگاه نخست قرار دارند. مسئله ای که مشکل آلودگی هوا ناشی از منابع صنعتی را تشدید می کند، آن است که بسیاری از آلاینده های تولید شده از فرآیندها و عملیات صنعتی، غالباً تجزیه ناپذیرند و معمولاً به میزان زیاد و غیرقابل کنترل در هوا انتشار می یابند. بعلاوه، ماهیت فعالیتهای تولیدی و غیر تولیدی موجود در صنعت، موجب گوناگونی منابع و انواع آلاینده های صنعتی می شود. طبعاً هرچه فرآیندها و عملیات صنعتی بیشتر باشند، فراوانی و گوناگونی پسماندها و آلاینده های مستقیم و غیرمستقیم هوا نیز زیادتیر و نیاز به شیوه های ویژه جهت شناسایی، نمونه برداری، اندازه گیری، تجزیه و تحلیل آثار و نهایتاً

روشهای کنترل و کاهش آنها بیشتر خواهد بود. "آلودگی هوا" عبارتست از وجود ترکیبات گازی، مایع، جامد و یا مخلوطی از آنها در هوا، که بسته به منشاء تولید، ماهیت، غلظت و مدت زمان حضور در اتمسفر، بتوانند بطور مستقیم یا غیرمستقیم، سلامتی و بهداشت انسان را به خطر انداخته، به جانوران و گیاهان آسیب رسانده، اجسام، ساختمانها و دارائیها را تخریب کرده و بطور کلی رفاه و آسایش عمومی و تعادل طبیعی محیط زیست و اتمسفر را مختل سازند. بسیاری از آثار آلودگی هوا، تدریجی، ناشناخته و جبران ناپذیرند.

### ۱-۱- آلاینده های سمی هوا و خطرات بهداشتی آنها

آلاینده های سمی هوا، مواد آلاینده حاصل از منابع طبیعی (بعنوان مثال، انتشار گاز رادون از سطح زمین) یا منابع ساخته شده توسط انسان (بعنوان مثال، ترکیبات شیمیایی منتشره از دودکش کارخانجات) می باشند و قادرند به محیط زیست یا سلامتی انسان آسیب بزنند. استنشاق یا تنفس آلاینده های سمی می تواند احتمال ابتلاء به بیماریها و مشکلات تنفسی را در جامعه افزایش دهند. بعنوان مثال، استنشاق بخارات بنزن که به هنگام سوخت گیری اتومبیل منتشر می گردند منجر به مشکلات تنفسی و بیماریهایی مانند سرطان خون می گردد.

بطور ساده خطرات بهداشتی، میزان و احتمال مواجهه شخص با مشکلات بهداشتی می باشد. هنگامی که فردی در معرض آلاینده های سمی قرار می گیرد، خطرات بهداشتی در مورد وی افزایش می یابد. هنگامی که شخص در نزدیکی کارخانه ای کار می کند که در آن مواد شیمیایی سرطان زا منتشر می گردد، این احتمال وجود دارد که او به سرطان مبتلا گردد. استنشاق هوای سمی می تواند خطراتی غیر از ابتلاء به سرطان، مانند اختلال در سیستم تناسلی و نفخ را نیز افزایش دهد.

آلاینده های سمی که بیشترین اهمیت را دارند، آن دسته از موادی هستند که باعث ایجاد مسائل و مشکلات بهداشتی می گردند و تعداد افراد بسیاری را تحت تاثیر قرار می دهند. مسائل بهداشتی می توانند شامل سرطان، سوزش سیستم تنفسی، مسائل سیستم عصبی و کاهش زاد و ولد باشد.

برخی از اثرات بسیار سریع و بمحض تنفس هوای آلوده توسط شخص ظاهر می گردند. این اثرات آنی همچون اشک آلود شدن چشم می توانند ضعیف باشند؛ اما برخی دیگر از اثرات مانند آسیب زدن به شش ها اگر چه آنی هستند، لیکن ضعیف نمی باشند و برخی دیگر از اثرات ماهها یا سالها، پس از مواجهه افراد با آلاینده ها بروز می کنند. سرطان نمونه ای از این دسته اثرات است که علائم آن با تاخیر مشاهده می گردد.

### ۱-۲- آلاینده های رایج هوا [EPA Website]

• **ازون** (ازون موجود در سطح زمین، جزء اساسی مه و دود غلیظ است)

**منبع تولید:** واکنش شیمیایی آلاینده ها، ترکیبات آلی فرار و اکسیدهای نیتروژن.

**اثرات بهداشتی:** مسائل تنفسی، کاهش توان شش ها، آسم، سوزش چشم ها، گرفتگی بینی، کاهش ایمنی بدن در مقابل ابتلاء به سرماخوردگی و سایر بیماریها. ازون همچنین باعث پیر شدن بافت شش ها می گردد.

**اثرات زیست محیطی:** ازون می تواند به گیاهان و درختان آسیب وارد نماید. مه و دود غلیظ ناشی از ازون **قابلیت دید\*** را کاهش می دهد.

۱- آلاینده هایی که بعنوان شاخص مد نظر قرار می گیرند.

**تاثیر بر مواد :** ازون به لاستیک و پلاستیک و مواد مشابه خسارت وارد می آورد.

• **ترکیبات آلی فرار (VOC)\*** که تشکیل مه و دود غلیظ می دهند<sup>۱</sup>.

**منبع تولید :** ترکیبات آلی فرار حاصل سوختن سوخت (بنزین، نفت و گاز طبیعی و غیره)، حلال ها، چسب ها و رنگ ها و دیگر محصولات مورد استفاده در محیط کار و اماکن مسکونی می باشند. خودروها منبع مهمی برای تولید VOC هستند. VOC شامل ترکیبات شیمیایی مانند بنزن، کلرید متیل و متیل کلروفرم می باشند.

**اثرات بهداشتی :** ترکیبات آلی فرار علاوه بر اینکه در تشکیل مه و دود غلیظ یا ازون نقش دارند، باعث ایجاد سرطان و بیماریهای مشابه نیز می گردند.

**اثرات زیست محیطی :** اثرات مشابه ازون است و علاوه بر آن، بعضی مانند فرم آلدئید و اتیلن به گیاهان آسیب وارد می کنند.

• **دی اکسید نیتروژن** (یکی از  $NO_x$  ها که تشکیل مه و دود غلیظ می دهد)

**منبع تولید:** سوخت بنزین، گاز طبیعی، ذغال سنگ و نفت. خودروها منبع مهمی برای انتشار  $NO_x$  هستند.

**اثرات بهداشتی :** صدمه به شش ها، ایجاد بیماری در مجرای تنفسی و شش ها.

**اثرات زیست محیطی :** دی اکسید نیتروژن یکی از اجزاء اصلی باران اسیدی یا آئروسول های اسیدی بوده که می تواند درختان و برکه ها یا دریاچه ها را تخریب نماید و به آنها آسیب بزند. آئروسول های اسیدی میزان بینایی را نیز کاهش می دهند.

۱- توجه گردد که کلیه ترکیبات آلی فرار دارای کربن هستند. کربن عنصر اصلی در ساختمان موجودات زنده است. ترکیبات شیمیایی کربن دار را ترکیبات آلی می گویند. ترکیبات آلی فرار، بدلیل بالا بودن فراریشان به راحتی وارد هوا می شوند.

**تاثیر بر مواد :** آئروسول های اسیدی می توانند سنگ های مورد استفاده در نمای ساختمان ها، مجسمه ها و بناهای تاریخی را تخریب نمایند.

• **مونواکسید کربن ( $CO$ )**

**منبع تولید :** احتراق بنزین، گاز طبیعی ، ذغال سنگ و نفت منجر به انتشار  $CO$  می گردد.

**اثرات بهداشتی :** توانایی خون در انتقال اکسیژن به سلول های بدن و بافت های قسمت های مختلف با آلوده شدن توسط  $CO$  کاهش می یابد. سلول ها و بافت های بدن برای فعالیت به اکسیژن نیاز دارند. مونواکسید کربن برای افرادی که قلب یا سیستم گردش خون آنها مشکل دارد و یا افرادی که شش ها و یا قسمت های دیگر سیستم تنفسی آنها صدمه دیده است، ماده ای بسیار سمی می باشد.

• **مواد با ذرات ریز\* ( $PM_{10}$ )** شامل غبار، دود و ذرات سوخته مواد

**منبع تولید :** سوزاندن چوب، احتراق سوخت موتورهای دیزل و غیره، واحدهای صنعتی کشاورزی، شخم زدن و سوزاندن زمین پس از انجام عملیات درو، جاده های آسفالت نشده. اثرات بهداشتی : سوزش گلو و بینی، آسیب زدن به شش ها، ابتلاء به برونشیت، مرگ زود رس.

**اثرات زیست محیطی:** ذرات ریز منبع اصلی سموم و کاهش دید هستند.

**تاثیر بر مواد:** ذرات خاکستر، غبار و دود می توانند ساختمانها را کثیف و بی رنگ نمایند و بر روی مواد دیگر مانند اسباب و اثاثیه، لباس ها و غیره نیز اثر سوء دارند.

• **دی اکسید گوگرد ( $SO_2$ )**

**منبع تولید:** نفت و یا ذغال سنگ ، بویژه ذغال سنگ های با میزان بالای گوگرد، فرآیندهای

صنعتی کاغذ و فلز.

**اثرات بهداشتی:** مسائل و مشکلات تنفسی ناشی از آن، ممکن است منجر به آسیب پایدار به شش ها گردند.

**اثرات زیست محیطی:**  $SO_2$  یکی از اجزاء اصلی باران اسیدی و آئروسول های اسیدی بوده که می تواند به درختان و دریاچه ها آسیب رساند. آئروسول های اسیدی قدرت بینایی را نیز کاهش می دهد.

**تاثیر بر مواد:** آئروسول های اسیدی می توانند باعث فرسایش و خوردگی سنگ ساختمانها، مجسمه ها و بناهای تاریخی بشوند.

#### • سرب

**منبع تولید:** بنزین سرب دار (در اکثر کشورهای جهان، از رده خارج شده)، رنگ های ساختمانی و ماشین، واحدهای ذوب فلزات و تصفیه فلزی، کارخانجات باتری سازی.

**اثرات بهداشتی:** آسیب زدن به سیستم عصبی و مغز؛ کودکان بیشتر در معرض خطر هستند. بعضی از ترکیبات شیمیایی سرب دار باعث ایجاد سرطان در حیوانات می گردد. سرب می تواند به دستگاه گوارش نیز صدمه بزند.

**اثرات زیست محیطی:** سرب می تواند حیات وحش را در معرض خطر قرار دهد.

#### ۱-۲-۱- ازون تروپوسفری (O<sub>3</sub>)

ازونی که در نزدیکی سطح زمین تشکیل می گردد، از اجزاء اصلی مه و دود غلیظ می باشد که آلاینده ای فراگیر بوده و اکثر مناطق شهری را تحت پوشش قرار می دهد. ازون بطور مستقیم به داخل هوا منتشر نمی گردد، بلکه توسط واکنش ترکیبات آلی فرار (VOC) و اکسیدهای

نیترژن ( $NO_x$ ) در حضور گرما و نور آفتاب (اشعه  $UV$ ) تولید می گردد.

در فصل تابستان در لایه های نزدیک به سطح زمین، ازون به سهولت تشکیل می گردد. ترکیبات آلی فرار ( $VOC$ ) از منابع مختلف از جمله موتور وسائط نقلیه، واحدهای شیمیایی، پالایشگاهها، کارخانجات، محصولات تجاری و مصرفی و دیگر منابع مانند احتراق وارد خون می گردند. تغییر الگوهای هوا در اختلاف سالانه غلظت ازون از یک شهر به شهر دیگر سهم دارد. ازون و آلاینده های واسطه حاصل از آن نیز به داخل هوا وارد شده و تا صدها مایل منتقل می گردند.

ازون بطور طبیعی در استراتوسفر وجود دارد و یک لایه حفاظتی در بالای سطح زمین تشکیل می دهد. بسته به اینکه شخص مدت زمانی کوتاه (۱ الی ۳ ساعت) یا مدت زمان طولانی (۶ الی ۸ ساعت) در معرض ازون در محیط قرار گیرد، ممکن است اثرات مختلفی بروز کند. هنگامی که میزان غلظت ازون در محیط افزایش می یابد، پذیرش بیمارستانها و اتاقهای اضطراری برای بیماریهای تنفسی بالا می رود. ازون باعث ایجاد التهاب در شش ها و وخیم شدن بیماریهای تنفسی مانند آسم می گردد. ازون قابلیت عملکرد ششها را کاهش داده و باعث افزایش بیماریهای تنفسی مانند درد در قفسه سینه و سرفه می شود. این اثرات اغلب هنگامی پدیدار می گردند که اشخاص در حال انجام کارها و فعالیتهای بدنی هستند. در طی فصل تابستان که غلظت ازون حداکثر مقدار خود را دارد، کودکانی که در خارج از منزل فعالیت می کنند، در معرض بیشترین خطر هستند. گروههای دیگر در معرض خطر عبارتند از افراد سالخورده که در بیرون منزل فعالیت می کنند و اشخاصی که از قبل بیماری تنفسی مانند آسم و یا بیماری مزمن ریوی دارند. علاوه براین، اگر شخص مدت زمان بیشتری در معرض ازون قرار گیرد و غلظت ازون در حد متوسط باشد، تغییرات و صدمات غیرقابل جبرانی به شش های او وارد می گردد و این امر منجر به پیری



زودرس ششها و بیماریهای تنفسی می گردد.

ازون موجود در سطح زمین بر روی گیاهان و اکوسیستم هم اثر دارد و منجر به کاهش راندمان درختکاری تجاری و کشاورزی می گردد. ازون طول عمر نهال های کوچک را کاهش داده و از مقاومت گیاهان نسبت به بیماری، آفت و دیگر فشارهای محیطی (مانند هوای بد) می کاهد.

چنانچه گونه هایی که در معرض ازون قرار می گیرند طول عمر بیشتری داشته باشند، اثرات پس از چند سال و یا حتی چند دهه آشکار می گردند و بعنوان مثال، اکوسیستم جنگل ها پس از گذشت مدتی طولانی نشان می دهند که در معرض ازون قرار گرفته اند. ازون موجود در سطح زمین به شاخ و برگ درختان و گیاهان تزئینی نیز صدمه زده و بر گیاهان موجود در پارک ها و اماکن تفریحی تاثیر سوء دارد.

در سال ۱۹۹۷ EPA<sup>۱</sup> در استانداردهای کیفیت هوای مربوط به ازون با جایگزینی  $0/12 ppm$  استاندارد یک ساعته ازون، با  $0/08 ppm$  ، استاندارد هشت ساعته جدید، تجدید نظر نمود. بدین ترتیب در اماکن عمومی بجای استاندارد یک ساعته، باید از استاندارد ۸ ساعته استفاده گردد. با این حال در برخی مناطق هنوز استاندارد ۸ ساعته اجرا نشده است، اما ضروری است تا شروع سال ۲۰۰۱ این استانداردها جایگزین شده باشند. EPA در حال حاضر بر اجرای استاندارد ۸ ساعته تاکید دارد.

با تغییر سالانه شرایط محیط، رشد جمعیت و میزان تغییرات VOC و  $NO_x$  در محیط، غلظت ازون نیز تغییر می کند. طی سالهای ۱۹۸۸ الی ۱۹۹۷، غلظت ازون در محیط ۱۹ درصد کاهش یافته

۱- Environmental Protection Agency (EPA)

و اجرای این امر براساس استاندارد قدیمی بوده است. طی سال های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷، غلظت اوزون در محیط بر پایه استاندارد قبلی تغییری نداشته است.

فعالیت های EPA همواره بر استراتژی کنترل کاهش انتشار VOC در نواحی مختلف امریکا متمرکز بوده است و مع الوصف همواره نیاز به تدوین برنامه ای منسجم در جهت کاهش انتشار  $NO_x$  مد نظر قرار گرفته است. در سال ۱۹۸۸، EPA برنامه ای منتشر ساخت که بطور موثر انتشار  $NO_x$  را در بیست و دو ایالت امریکا و نواحی کلمبیا و در واقع انتقال اوزون از یک ناحیه به ناحیه دیگر را کاهش داد.

در حال حاضر  $NO_x$  و VOC از جمله ترکیباتی هستند که در تولید اوزون تروپوسفری دخالت دارند و لذا باید غلظت آنها کاهش یابد. طی سالهای ۱۹۸۸ الی ۱۹۹۷، انتشار ترکیبات آلی فرار ۲۰ درصد کاهش داشته است، حال آنکه انتشار  $NO_x$  فقط یک درصد کاهش داشته است. همچنین انتشار VOC ناشی از خودروهایی که در بزرگراه ها حرکت می کنند، ۳۸ درصد کاهش یافته است، در حالیکه  $NO_x$  فقط ۸ درصد مقدار حداکثر آن در سال ۱۹۹۴ کم شده است. طی سالهای ۱۹۷۰ الی ۱۹۹۷، انتشار VOC حدود ۳۸ درصد و  $NO_x$  حدود ۱۱ درصد کاهش یافته و انتشار  $NO_x$  از نیروگاه های ذغال سنگی ۴۴ درصد افزایش داشته است.

#### ۱-۲-۲ - اکسیدهای ازت ( $NO_x$ )

ازت گازی است بی طعم و بی بو که ۷۸ درصد از اتمسفر را تشکیل می دهد. برخلاف ازت، که گازی بی ضرر است، اکسیدهای ازت برای انسان خطرناک هستند. تعداد اکسیدهای ازت زیاد است ولی در میان آنها دو آلوده کننده مهم اکسید نیتریک ( $NO$ ) و دی اکسید ازت ( $NO_2$ ) می باشند.

**الف) اکسید نیتریک ( $NO$ ):** گازی است بی رنگ و تا حدی سمی که به هنگام احتراق و در حرارت نسبتاً بالا تولید می شود. حرارت احتراق بحدی بالا است که مناسب ترکیب اکسیژن و ازت هوا می باشد. چنین حرارتی فقط در کوره های قوی و یا احتراق در فشار بالا تولید می شود. بدین جهت گاز  $NO$  به مقدار زیاد در سیلندره های اتومبیل، نیروگاه های حرارتی و سایر اعمال تبدیل انرژی تولید می گردد.

**ب) دی اکسید ازت:** مقداری از گاز  $NO$  که نسبتاً بی خطر است در اتمسفر تبدیل به گاز دی اکسید ازت ( $NO_2$ ) می شود که گازی بسیار خطرناک است. اکسیداسیون  $NO$  به  $NO_2$  در غلظت های بالا، سریع و در غلظت های پایین، آهسته است بجز در مواردی که هیدروکربن و نور خورشید وجود داشته باشد.

$NO_2$  در واکنش فتوشیمیایی براحتی تشکیل می شود و بدین ترتیب آن را یکی از محصولات فتوشیمیایی می نامند، در صورتی که منبع اصلی آن احتراق در حرارت زیاد است.

از دودکش کارخانجات کود شیمیایی و تولید مواد منفجره نیز  $NO_2$  به اتمسفر وارد می شود. دی اکسید ازت یکی از آلوده کننده های مهم می باشد. این گاز به رنگ زرد قهوه ای است، بهمین علت این گاز بطور موثری دید را در شهرها کم می کند. بعلاوه بوی تند و زننده آن در غلظت  $1-2 ppm$  قابل تشخیص است. اگر انسان به مدت طولانی در معرض گاز  $NO_2$  قرار گیرد، حتی در غلظت های کم، روی ریه اثر سوء خواهد گذاشت. مطالعات انجام شده نشان داده است که مواجهه با این گاز باعث کم شدن قدرت تنفس در انسان می شود. گاز  $NO_2$  روی گیاهان اثر گذاشته و از میزان رشد آنها کم می کند، همچنین با بخار آب ترکیب شده، تولید اسید نیتریک که خورنده فلزات است می نماید.

دی اکسید نیتروژن در تشکیل باران ها و آئروسول های اسیدی نیز نقش به سزائی دارد.  $NO_2$  در محیط باعث اسیدی شدن آب تازه، رشد ناگهانی جلبک ها و کاهش اکسیژن در بستر رودخانه ها و مرگ آبزیان می گردد. دی اکسید نیتروژن همچنین باعث کاهش بینایی می گردد.

طی ۱۰ سال گذشته، غلظت  $NO_2$  در محیط به میزان ۱۴ درصد کاهش یافته است. طی سالهای ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ غلظت متوسط  $NO_2$  تغییر چندانی نداشته است. در ۱۰ سال گذشته، سطح انتشار  $NO_x$  تقریباً ثابت باقی مانده است. بطور کلی طی سالهای ۱۹۸۸ الی ۱۹۹۷، انتشار آن حدود یک درصد کاهش داشته است. بین سالهای ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ انتشار  $NO_x$  حدود یک درصد افزایش داشته است. با این حال، از سال ۱۹۷۰ انتشار  $NO_x$  کل حدود ۱۱ درصد افزایش داشته و میزان انتشار  $NO_x$  ناشی از نیروگاههایی با سوخت ذغال سنگ ۴۴ درصد افزایش داشته است.

### ۳-۲-۱- مونو اکسید کربن ( $CO$ )

مونواکسید کربن گازی بی رنگ و بی بو بوده و در غلظت های بالا، سمی و کشنده است و در غلظت های کم باعث خستگی، سردرد، سرگیجه و تشنج می گردد. انتشار آن حاصل از احتراق ناقص می باشد. حدود ۶۰ درصد کل انتشار  $CO$  مربوط به گازهای خروجی از اگزوز اتومبیل ها است. در مناطق پر ترافیک میزان غلظت  $CO$  افزایش می یابد. در شهرها ۹۵ درصد انتشارات  $CO$  به خروجی اگزوز اتومبیل ها مربوط می گردد. منابع دیگر  $CO$  فرآیندهای صنعتی، آتش سوزی و احتراق سوخت برای عملیات غیز از نقل و انتقال می باشند. حداکثر غلظت  $CO$  اغلب در ماههای سرد سال و یا طی شرایط وارونگی است که طی آن آلاینده ها در لایه های گرمتر و پایین تر محصور می شوند.

مونواکسید کربن از طریق شش ها به جریان خون راه یافته و فرآیند پخش اکسیژن در بدن و

رسیدن آن به بافتهای بدن را مختل می سازد. برای بیماران قلبی مقادیر غلظت های پایین  $CO$  نیز خطرآفرین است. چنانچه غلظت  $CO$  بالاتر باشد، سمی بودن خود را نشان می دهد و حتی اشخاص سالم (از نظر بهداشتی) نیز تحت تاثیر قرار می گیرند. کاهش دید، کاهش توان کاری، کاهش تحرک، افت توانایی یادگیری و مشکل در اجرای خواسته های متداول، اثرات ناشی از افزایش غلظت  $CO$  می باشند.

طی سالهای ۱۹۸۸ الی ۱۹۹۷ غلظت  $CO$  حدود ۳۸ درصد کاهش یافته است. انتشار  $CO$  ناشی از اتومبیل هایی که در بزرگراه ها حرکت می کنند، ۲۹ درصد و انتشار  $CO$  حاصل از کل وسائط نقلیه، ۲۵ درصد کاهش یافته است. طی سالهای ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ غلظت  $CO$ ، حدود ۷ درصد کاهش یافته، حال آنکه انتشار  $CO$ ، حدود ۳ درصد کاهش داشته است. منابع متحرک (شامل اتومبیل هایی که در بزرگراه ها و خارج بزرگراه ها حرکت می کنند) در حال حاضر ۷۷ درصد کل انتشار  $CO$  را تشکیل می دهند.

در احتراق کامل دی اکسید کربن ایجاد می شود. گازی سنگین، بی رنگ و بو است، این گاز در طبیعت از تجزیه مواد آلی بوجود آمده و توسط گیاهان نیز جذب می شود.  $CO_2$  بطور کلی به عنوان آلوده کننده هوا شناخته نشده، زیرا که این گاز لازمه روند زندگی در طبیعت است. گرچه  $CO_2$  خود به تنهایی روی جامدات اثری ندارد، ولی در مجاورت بخار آب تولید اسید کربنیک نموده و باعث از بین رفتن سنگها می شود.  $CO_2$  سهمی در خوردگی مواد منیزیم دار و نیز در اسکلت فلزی ساختمانها دارد. دانشمندان معتقدند که اگر هر روز مقدار زیادی  $CO_2$  به اتمسفر وارد شود، بتدریج دمای اتمسفر زمین افزایش یافته و منجر به ذوب شدن یخهای قطبی شده و سیلابهای عظیمی به راه می افتد.

#### ۴-۲-۱- مواد با ذرات ریز

ذرات ریز ( $PM_{10}$ ) شامل مخلوط ذرات جامد و قطرات مایع موجود در هوا می باشند. بعضی از ذرات به حد کافی بزرگ و تیره هستند و بصورت دوده و یا مه دود غلیظ جلوی دید را می گیرند. اما برخی ذرات به اندازه ای کوچک هستند که فقط با میکروسکوپ الکترونیکی قابل مشاهده می باشند. ذرات ریز (قطر کمتر از  $2/5$  میکرون) و ذرات درشت (قطر بیش از  $2/5$  میکرون) از منابع متحرک و ثابت مختلف و نیز برخی منابع طبیعی در هوا منتشر می شوند. ذرات ریز ( $PM_{2/5}$ ) حاصل از احتراق سوخت در وسایط نقلیه موتوری، نیروگاهها، تاسیسات صنعتی و بازمانده های اجاق های هیزمی و اجاق های خانگی هستند. ذرات درشت تر ( $PM_{10}$ ) اغلب از منابعی مانند حرکت خودروهای مسافرتی روی جاده های آسفالت نشده، واحدهای دستیابی مواد و آسیاب ها و فرسایش خاک و سطوح مختلف بر اثر وزش باد حاصل می شوند. بعضی از ذرات مستقیماً از منبع آلاینده مانند دودکش ها و اگزوز اتومبیل ها به هوا منتشر می شوند. در موارد دیگر از واکنش گازهایی مانند  $NO_x$  ،  $SO_2$  یا  $SO$  و ترکیبات آلی فرار ( $VOC$ ) با دیگر ترکیبات موجود در هوا، ذرات ریز تولید می شوند. ترکیبات فیزیکی و شیمیایی ذرات براساس موقعیت مکانی و فصل سال و شرایط اقلیمی متفاوت می باشند.

ذرات ریز قابل استنشاق شامل ذرات با قطر کمتر از  $2/5$  میکرون و قطر بیش از  $2/5$  میکرون می باشند. ذراتی که قطر حدود ۱۰ میکرون دارند، به راحتی وارد شش ها می گردند. تجمع ذرات ریز در سیستم تنفسی اثرات سوء بهداشتی را بدنبال دارد. چنانچه فردی در معرض ذرات ریز با قطر بیش از  $2/5$  میکرون قرار گیرد، این ذرات در سیستم تنفسی وی به هم پیوسته و تولید آسم می کنند. ذرات ریز موجب آلودگی سریعتر اشخاص و مراجعه آنها به

واحدهای اضطرابی بیمارستان می گردد. استنشاق این ذرات منجر به ابتلاء به بیماریهای تنفسی و کاهش قابلیت عملکرد شش ها و مرگ زودرس می شود. گروه های حساس جامعه که در معرض بیشترین خطر هستند، سالخوردگان، بیماران قلبی و ریوی (مانند آسم) و کودکان هستند. علاوه بر مسائل بهداشتی،  $PM_{10}$  تاثیر به سزایی در کاهش بینایی در بسیاری از قسمتهای ایالات متحده داشته است. ذرات معلق در هوا به ساختمانها نیز آسیب می زنند.

در سال ۱۹۹۷، توسط *EPA* دو استاندارد جدید در رابطه با  $PM_{2.5}$  اعلام و به ترتیب برای استاندارد سالانه و ۲۴ ساعته مقادیر  $15 \mu g/m^3$  و  $65 \mu g/m^3$  پیشنهاد گردید. به علاوه شکل استاندارد ۲۴ ساعته برای  $PM_{10}$  تغییر نموده است. هم اکنون *EPA* در صدد جمع آوری اطلاعات در رابطه با غلظت  $PM_{2.5}$  است. این امر در سال ۲۰۰۲ بر پایه اطلاعات آشکارسازی سه ساله شروع می گردد.

طی سال های ۱۹۷۷ الی ۱۹۹۷ غلظت های متوسط  $PM_{10}$ ، حدود ۲۶ درصد کاهش داشته است. در حالیکه طی سال های ۱۹۹۶ الی ۱۹۹۷ در میزان غلظت  $PM_{10}$  یک درصد کاهش مشاهده گردیده است. میزان انتشار  $PM_{10}$  در رابطه با فعالیتهای انسانی مانند احتراق، فرآیندهای صنعتی و وسائط نقلیه می باشد و فقط ۶ درصد آن حاصل از منابع طبیعی است. طی سال های ۱۹۸۸ و ۱۹۹۷، انتشار  $PM_{10}$  برای این منابع ۱۲ درصد کاهش یافته، حال آنکه طی سال های ۱۹۹۶ الی ۱۹۹۷ یک درصد کاهش داشته است.

مقادیری که در میزان انتشار  $PM_{10}$  در فوق اشاره گردید، شامل انتشارات حاصل از منابع طبیعی مانند ذرات غبار جاده های آسفالت شده و آسفالت نشده، فعالیتهای کشاورزی و درختکاری، فرسایش باد و آتش سوزی ناشی از باد و انتشارات حاصل از واکنش در اتمسفر

(PM ثانویه) نمی باشد.

### ۵-۲-۱- دی اکسید گوگرد ( $SO_2$ )

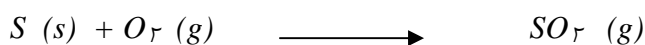
مهمترین اکسید گوگرد که به هنگام احتراق حاصل می شود، انیدرید سولفورو ( $SO_2$ ) نامیده می شود. این گاز سنگین تر از هوا بوده و بویی زننده و نافذ داشته و بی رنگ است و به آسانی با بخار آب ترکیب و تولید اسید سولفورو  $H_2SO_3$  می کند. این اسید مایع بی رنگی بوده و نسبتاً خورنده می باشد. در صنعت به عنوان ماده سفید کننده مورد استفاده قرار می گیرد ولی در هوا به عنوان آلوده کننده عمل کرده و باعث ایجاد لکه های زرد در بدنه اتومبیل می شود. این اسید به آسانی با اکسیژن هوا ترکیب شده و تولید اسید سولفوریک می نماید که بسیار خورنده است.

نفت و گاز بسیاری از چاه های نفتی آلوده به گوگرد هستند. بخش عمده گوگرد موجود در نفت و گاز بصورت  $H_2S$  می باشد. برای جداسازی  $H_2S$  از نفت و گاز، از فرآیند جذب (شیرین کردن گاز و نفت ترش) توسط آمین ها استفاده می گردد. با وجود جداسازی  $H_2S$  از نفت و گاز، مقادیر بسیار ناچیزی از آن باقیمانده و غیرقابل جداسازی می باشد. ذغال سنگ نیز بطور ذاتی دارای گوگرد است. هنگامی که ذغال سنگ و یا نفت و گاز دارای  $H_2S$  برای تولید انرژی (بعنوان مثال در یک نیروگاه تولید الکتریسیته) مورد استفاده قرار می گیرند،  $H_2S$  تولید می گردد.

$SO_2$  می تواند ناشی از واحدهای ذوب فلزات نیز باشد. بیشتر ایستگاههای آشکار سازی  $SO_2$  در نواحی شهری مستقر هستند. حومه تاسیسات صنعتی از بالاترین غلظت قابل آشکار سازی برخوردارند.

$SO_2$  حاصل واکنش گوگرد و اکسیژن بصورت :



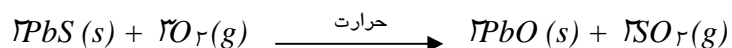


و یا واکنش  $H_2S$  و اکسیژن بصورت :



می باشد. در واحدهای ذوب فلزات چنانچه سولفور فلز موجود باشد، به اکسید تبدیل شده و دی اکسید گوگرد آزاد می گردد،

بعنوان مثال :



خواص دی اکسید گوگرد به قرار زیر است:

۶۴/۰۶	g	وزن ملکولی
۲/۹۲۷	g/lit	دانسیته گاز ( در ۱ atm و صفر درجه سانتیگراد)
۱/۴۳۴	g/cc	جرم مخصوص مایع در $10^\circ C$ -
۴۴	cc	حجم ملکولی مایع
-۷۵/۴۶	$^\circ C$	نقطه ذوب
-۱۰/۰۲	$^\circ C$	نقطه جوش
۱۵۷/۲	$^\circ C$	دمای بحرانی
۷۷/۷	atm	فشار بحرانی
۱/۷۶۹	Kcal/mole	گرمای ذوب
۵/۹۶	Kcal/mole	گرمای تبخیر
۰/۰۰۳۹	dyne.Sec/cm <sup>۲</sup>	ویسکوزیته در صفر درجه سانتیگراد

گاز دی اکسید گوگرد دارای بوی زننده و تند مخصوصی است که وقتی غلظت

آن به  $0/5 ppm$  برسد قابل تشخیص است. گاز مزبور تحریکهای شدیدی را در مخاط چشم و دستگاه تنفس ایجاد می کند. در غلظت های پایین ایجاد ریزش اشک، عطسه و سرفه می کند. مسمومیت شدید نادر است زیرا چنان تحریک کننده است که کسانی که در معرض آن قرار می گیرند بفوریت از آن می گریزند. تماس مداوم با غلظت های کم ایجاد بیماری در قسمت فوقانی دستگاه تنفس و از دست دادن جزئی احساس بویایی و چشایی خواهد نمود.

افزایش ناگهانی در غلظت دی اکسید گوگرد به سطوحی بالاتر از  $0/25$  قسمت در میلیون در اتمسفر شهرها، افزایش جزئی در میزان مرگ و میر عمومی را بدنبال خواهد داشت و این هنگامی است که غلظت دود نیز همراه آن افزایش یافته باشد. سطوح بالاتر از  $0/5$  قسمت در میلیون افزایشی معادل ۲۰ درصد در میزان مرگ و میر در مقایسه با مرگ و میر طبیعی را سبب خواهد شد ولی این مورد تنها زمانی اتفاق می افتد که میزان دود بیش از ۲۰۰۰ میکروگرم بر هر متر مکعب باشد. کسانی که بیشتر آسیب خواهند دید بیمارانی هستند که مبتلا به بیماریهای مزمن ریوی می باشند.

چنانچه غلظت  $SO_2$  بالا باشد، بصورت آبی و موقتی سیستم تنفسی کودکان دچار تنگی نفس شده و سالمندانی را که در بیرون از محیط بسته مانند منازل مسکونی در حال فعالیت هستند، دچار مشکل می نماید. هنگامی که افراد مبتلا به آسم برای مدت زمانی کوتاه در معرض غلظت بالای  $SO_2$  قرار می گیرند، شش های آنها دچار مشکل شده و قابلیت های خود را از دست می دهند. در این حالت شخص به هنگام نفس کشیدن خرخز نموده، قفسه سینه او فشرده شده و تنفس وی کوتاه می گردد. هنگامی که شخص مدت زمان طولانی تری در معرض  $SO_2$  با غلظت بالا قرار می گیرد، به بیماریهای تنفسی دچار شده، شش های وی صدمه دیده و اگر وی از قبل بیماری قلبی

یا بیماری تنفسی مزمن داشته و کم سن و سال نیز باشد، شرایط حادثتری حاکم می گردد. وجود ذرات ریز ( $PM$ ) شرایط فوق را بغرنج تر می سازد.

ترکیبات  $SO_2$  ،  $NO_x$  هر دو از اجزاء اصلی باران های اسیدی هستند. باران های اسیدی و همچنین آئروسول های اسیدی باعث تسریع خوردگی سنگ ساختمانها و بناهای یادبود شده و قابلیت دید را کاهش می دهند.  $SO_2$  از جمله ترکیباتی است که می تواند با مواد دیگر آئروسول تشکیل داده و ذرات ریز با قطر کمتر از  $2/5$  میکرون ( $PM_{2/5}$ ) حاصل نماید. اینگونه ذرات باعث کاهش بینایی گردیده و از نظر بهداشتی بسیار مورد توجه هستند.

طی سالهای ۱۹۸۸ الی ۱۹۹۷ غلظت  $SO_2$  حدود ۳۹ درصد و انتشار آن ۱۲ درصد کاهش یافته است. طی سال های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ غلظت  $SO_2$  حدود ۴ درصد کاهش و انتشار آن ۳ درصد افزایش داشته است. انتشار  $SO_2$  از واحدهای تولید الکتریسیته طی سال های ۱۹۹۴ الی ۱۹۹۷ حدود ۱۲ درصد کاهش داشته است. این میزان کاهش مرهون اجرای برنامه کنترل باران های اسیدی، توسط  $EPA$  بوده است.

طی سالهای ۱۹۹۶ الی ۱۹۹۷ با توجه به مصرف بالای برق، انتشار  $SO_2$  حدود ۳ درصد افزایش داشته است.

#### ۱-۲-۶- سرب ( $Pb$ )

سرب یک عنصر فلزی است که بطور طبیعی در خاک، سنگ ، آب و در غذا وجود دارد. مقدار متوسط سربی که از طریق غذا وارد بدن می شود، معمولاً بیشتر از مقدار سربی است که از طریق هوا وارد می شود. سرب دارای کاربرد وسیعی در صنعت بوده و از جمله در ساختن صفحات فلزی و ورقه های نازک بکار می رود. همچنین هنوز در رنگها، لعاب و جلا بکار برده می شود، هر چند که مصرف آن در این موارد از گذشته بسیار کمتر است. استفاده مهمی که بطور روزافزون از

سرب می شود، در ارتباط با توسعه صنعت ماشین سازی است. همچنین مقادیر متناهی از سرب برای ساخت باتری اتومبیل مصرف گردیده و ترکیبات آلکیل آن به عنوان " ضد تیپ " به بنزین اضافه می شود. مقدار کمتری نیز در لحیم جهت پوشاندن برجستگیهای ناشی از جوش دادن قطعات فلزی بدنه اتومبیل بکار می رود.

در گذشته که مصرف بنزین سرب دار بسیار متداول بود، منابع متحرک (وسائط نقلیه) بیشترین سهم را در انتشار سرب در هوا داشتند. EPA برای کاهش میزان سرب موجود در هوا تلاش گسترده و منظمی را در یکی دو دهه گذشته انجام داده است و بنابراین انتشار سرب ناشی از خودروها کاهش چشمگیری یافته است. امروزه، واحدهای فرآیند فلزی سهم عمده ای در انتشار سرب دارند. بالاترین غلظت سرب در مجاورت واحدهای ذوب آهن و فلزات غیرآهنی و کارخانجات باتری سازی یافت می گردد.

سرب اغلب از طریق تنفس هوا و عمل گوارش، آب، جامدات و یا غبارات حاوی سرب، وارد بدن اشخاص گردیده و در خون تجمع یافته و در استخوان و بافت های نرم بدن ذخیره می گردد. سرب می تواند روی کلیه، کبد و سیستم عصبی اثر بگذارد. سرب روی اجزاء دیگر بدن نیز اثر نامطلوب دارد. اگر شخص مدت زمان بیشتری در معرض سرب قرار گیرد، دچار اختلالات عصبی مانند حمله ناگهانی، عدم رشد فکری و ناهنجاری های رفتاری می گردد. غلظت سرب حتی در مقادیر پایین تر نیز بر روی سیستم عصبی، جنین و کودکان اثر دارد که باعث کاهش قدرت یادگیری و بهره هوش ( $IQ$ )\* می گردد. مطالعات اخیر نشان داده اند که سرب باعث بالارفتن فشار خون و بیماری قلبی می گردد. سرب می تواند روی برگ گیاهان رسوب نموده و برای حیوانات علف خوار نیز سمی باشد.

طی سالهای ۱۹۸۸ الی ۱۹۹۷ غلظت سرب محیط ۶۷ درصد و انتشار آن نیز ۴۴ درصد کاهش داشته است. از سال ۱۹۸۸، انتشار سرب از اتومبیل های موجود در بزرگراه ها عمدتاً بدلیل استفاده از بنزینهای فاقد سرب، کاهش یافته است. در حال حاضر غلظت سرب موجود در هوا همچنان بالا است و منشاء این سرب بیشتر مربوط به واحدهای ذوب فلزی است. طی سالهای ۱۹۹۶ الی ۱۹۹۷ غلظت و انتشار سرب بدون تغییر باقی مانده است.

### ۱-۳- استانداردهای ملی کیفیت هوای محیط<sup>۱</sup>

در سال ۱۹۹۰، توسط EPA، در اعلامیه هوای پاک، استانداردهای ملی کیفیت هوای محیط برای آلاینده های هوا، با در نظر گرفتن اثرات سوء آنها بر سلامت جامعه و محیط زیست تدوین شد. در اعلامیه هوای پاک، دو نوع استاندارد کیفیت هوا تعریف شده است [EPA Website]:

**استانداردهای اولیه\*** که محدودیت هایی را برای حفاظت بهداشت عمومی در نظر گرفته و در آن سلامت و بهداشت افراد " حساس " جامعه مانند بیماران مبتلا به آسم، کودکان و افراد سالخورده مورد توجه قرار گرفته است.

در **استانداردهای ثانویه\*** محدودیتهایی بمنظور حفظ رفاه عمومی، همچون مقابله با کاهش قابلیت دید، صدمات وارده به حیوانات، حیات وحش، آب و خاک، محصولات کشاورزی، پوشش گیاهی، ساختمانها و سایر ارزشهای اقتصادی ملحوظ می گردد.

دفتر EPA در رابطه با " برنامه ریزی کیفیت هوا و استانداردها"<sup>۲</sup>، استانداردهای ملی کیفیت

هوای محیط را در رابطه با ۶ آلاینده اصلی هوا (منواکسید کربن، دی اکسید نیتروژن، ازن، سرب، ذرات معلق، دی اکسید سولفور) موسوم به "آلاینده های معیار" \* تدوین نموده است. واحدهای اندازه گیری بر حسب ppm حجمی،  $mg/m^3$  و  $\mu g/m^3$  هوا می باشند. این استانداردها در جدول (۱) -۱ ارائه شده است [www.epa.gov/airs].

براساس قانون هوای پاک ، EPA ملزم به انجام موارد زیر می باشد:

- ۱- بازنگری استانداردهای بهداشت عمومی در رابطه با ۶ آلاینده عمده هوا، هر ۵ سال یکبار.
- ۲- به روز نمودن استانداردها در صورت لزوم، " حفظ بهداشت عمومی در یک محدوده قابل اطمینان" ، براساس جدید ترین و بهترین دستاوردهای علمی.
- ۳- مدنظر قراردادن بهداشت و سلامت عمومی بدون در نظر گرفتن هزینه های اجرائی آنها، بهنگام تعیین استانداردهای کیفیت هوا.

جدول (۱-۱): استانداردهای ملی کیفیت هوا در محیط [www.epa.gov/airs]

نوع استاندارد	مقدار استاندارد <sup>۲</sup>	نوع آلاینده
		<b>منواکسید کربن (CO)</b>
اولیه	۹ ppm ( ۱۰ mg/m <sup>۳</sup> )	متوسط ۸ ساعته
اولیه	۳۵ ppm ( ۴۰ mg/m <sup>۳</sup> )	متوسط ۱ ساعته
		<b>دی اکسید نیتروژن (NO<sub>۲</sub>)</b>
اولیه و ثانویه	۰/۰۵۳ ppm (۱۰۰ μg/m <sup>۳</sup> )	متوسط حسابی سالانه
		<b>ازون (O<sub>۳</sub>)</b>
اولیه و ثانویه	۰/۱۲ ppm ( ۲۳۵ μg/m <sup>۳</sup> )	متوسط ۱ ساعته
اولیه و ثانویه	۰/۰۸ ppm ( ۱۵۷ μg/m <sup>۳</sup> )	متوسط ۸ ساعته*
		<b>سرب (Pb)</b>
اولیه و ثانویه	۱/۵ μg/m <sup>۳</sup>	متوسط فصلی
		<b>ذرات (PM<sub>۱۰</sub>)</b>
	<b>ذرات معلق با قطر ۱۰ میکرومتر و یا کمتر</b>	
اولیه و ثانویه	۵۰ μg/m <sup>۳</sup>	متوسط حسابی سالانه
اولیه و ثانویه	۱۵۰ μg/m <sup>۳</sup>	متوسط ۲۴ ساعته
	<b>ذرات معلق با قطر ۲/۵ میکرومتر و یا کمتر</b>	
اولیه و ثانویه	۱۵ μg/m <sup>۳</sup>	متوسط حسابی سالانه*
اولیه و ثانویه	۶۵ μg/m <sup>۳</sup>	متوسط ۲۴ ساعته*
		<b>دی اکسید سولفور (SO<sub>۲</sub>)</b>
اولیه	۰/۰۳ ppm ( ۸۰ μg/m <sup>۳</sup> )	متوسط حسابی سالانه
اولیه	۰/۱۴ ppm ( ۳۶۵ μg/m <sup>۳</sup> )	متوسط ۲۴ ساعته
ثانویه	۰/۵۰ ppm ( ۱۳۰۰ μg/m <sup>۳</sup> )	متوسط ۳ ساعته

غلظت های معادل تخمینی هستند، مقادیر داخل پرانتز)

. است ساعته ازون و استانداردهای تنها جهت آگاهی ارائه شده ۸ استاندارد) بازنگري و تجديد ۱۹۹۹ در سال ، ۱۹۹۷ این مقادیر نسبت به استاندارد های سال نظر شده است

( دوده ) و ذرات معلق ( دود - مه ) مقادیر استاندارد در رابطه با ازون

این مقادیر استاندارد جدید . اندمورد بازنگري مجد قرار گرفته EPA توسط از خطرات بهداشتی آلودگی هوا - میلیون کودک ۳۵ شامل - میلیون نفر را ۱۲۵ ، بطور تخمینی ، همه ساله به مقادیر به روز شده استاندارد . حفظ خواهند کرد :

مورد مرگ زودرس ۱۵۰۰۰ -

- ۳۵۰۰۰۰ مورد ابتلا به آسم

- ۱ میلیون مورد از کاهش قابل ملاحظه عملکرد شش ها در کودکان جلوگیری می نماید.

استاندارد قبلی ازون بصورت استاندارد اولیه ۱ ساعته (براساس اثرات بهداشتی) با یک استاندارد جدید ۸ ساعته، بمنظور محافظت در برابر مدت زمانهای مواجهه طولانی تر، جایگزین گردیده است. در تدوین استاندارد ۸ ساعته، EPA مقدار استاندارد را معادل  $0.8 \text{ ppm}$  در نظر گرفته است.

EPA استانداردهای اولیه ذرات را با افزودن یک استاندارد جدید سالانه  $PM_{2.5}$  معادل  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  و یک استاندارد جدید بیست و چهار ساعته  $PM_{2.5}$  معادل  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  مورد تجدید نظر قرار داده است. همچنین استاندارد سالانه  $PM_{10}$  معادل  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  و استاندارد بیست و چهار ساعته  $PM_{10}$ ، معادل  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  را با تغییر شکل استاندارد، تنظیم نموده است.

مقادیر استاندارد سرب در رابطه با اثرات بهداشتی در سال ۱۹۷۸ مورد بازنگري قرار گرفت و مقدار آن  $1/5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  و بصورت متوسط فصلی ( هر ۳ ماه یکبار) تعیین گردید. استاندارد ثانویه برای سرب مطابق با استاندارد اولیه آن است.

دو مقدار استاندارد در رابطه با اثرات بهداشتی منواکسید کربن، یکی استاندارد ۸ ساعته، معادل  $9 \text{ ppm}$  و دیگری استاندارد یک ساعته معادل  $35 \text{ ppm}$  وجود دارند. در هر دو نوع استاندارد، نباید بیش از یکبار در سال، مقادیر منواکسید کربن از حد مجاز، تجاوز نماید. EPA



تصمیم خود را در رابطه با حفظ مقادیر کنونی استاندارد در رابطه با منواکسید کربن در سال ۱۹۹۴ اعلام نمود. هیچگونه استاندارد ثانویه نیز برای  $CO$  وجود ندارد.

مقادیر کنونی استاندارد در رابطه با دی اکسید نیتروژن، توسط  $EPA$  در سال ۱۹۹۵ پیشنهاد گردیده است. استانداردهای اولیه و ثانویه در رابطه با دی اکسید نیتروژن، هر دو معادل  $ppm$  ۰/۰۵۳ می باشد که بصورت متوسط سالانه اندازه گیری می گردند.  $EPA$  تصمیم نهایی خود را در رابطه با استانداردهای دی اکسید نیتروژن در اکتبر ۱۹۹۶ صادر نمود.

در ماه می سال ۱۹۹۶،  $EPA$  رای نهایی خود را در رابطه با حفظ مقادیر کنونی استانداردهای دی اکسید سولفور اعلام نمود. دو استاندارد اولیه برای  $SO_2$ ، یکی براساس متوسط بیست و چهار ساعته و معادل  $ppm$  ۰/۱۴ و دیگری براساس متوسط سالانه و معادل  $ppm$  ۰/۰۳۰ می باشند. غلظت  $SO_2$  از مقادیر استاندارد ۲۴ ساعته، ممکن است بیش از یک بار در سال تجاوز نماید، اما از مقادیر استاندارد سالانه، هرگز نباید تجاوز نماید. در ژانویه سال ۱۹۹۷،  $EPA$  یک برنامه جدید برای مشخص نمودن میزان پتانسیل ریسک ها و خطرات بهداشتی، در رابطه با آسم حاصل از مواجهه با مقادیر ماکزیمم و کوتاه مدت  $SO_2$ ، در موقعیت های مختلف محلی وضع نمود. استانداردهای ثانویه توسط  $EPA$  در سال ۱۹۹۳، بمیزان  $ppm$  ۰/۵۰ براساس متوسط سه ساعته حفظ گردید. این مقادیر استاندارد ثانویه نباید بیش از یکبار در سال از مقادیر مجاز تجاوز نماید.