تحلیلی بر آثار و عوارض تولید خودروهای سواری دیزلی
با تأکید بر تجارب جهانی

کد موضوعی: ۲۵۰
شماره مسلسل: ۱۶۶۰۵
مهرماه ۱۳۹۸

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی
دفتر: مطالعات زیربنایی

به‌نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۲
بیان مسئله ۳
۱. مروری اجمالی بر آثار دود دیزل ۳
۱-۱. آلاینده‌های خروجی دود دیزل ۳
۱-۲. آثار بهداشتی ذرات معلق ۴
۲. مقایسه خودروهای دیزلی با خودروهای بنزینی ۷
۲-۱. عملکرد ذاتی ۷
۲-۲. کنترل آلایندگی ۷
۲-۳. هزینه کاهش آلایندگی ۸
۲-۴. استانداردهای آلایندگی ۸
۲-۵. تعمیر و نگهداری ۱۱
۲-۶. حساسیت نسبت به زیرساخت‌ها ۱۱
۲-۷. تأثیرپذیری از شرایط محلی ۱۲
۳. تجربیات جهانی درخصوص خودروهای دیزلی ۱۳
تاریخچه ۱۳
۳-۱. آلمان ۱۴
۳-۲. ایتالیا ۱۴
۳-۳. بلژیک ۱۴
۳-۴. نروژ ۱۵
۳-۵. اسپانیا ۱۵
۳-۶. هلند ۱۵
۳-۷. دانمارک ۱۵
۳-۸. بریتانیا ۱۵
۳-۹. ایرلند ۱۶
۳-۱۰. فرانسه ۱۶
۳-۱۱. برزیل ۱۷
۳-۱۲. چین ۱۷
۴. خودروهای دیزلی در ایران ۱۸
۵. سابقه مبارزه با دود دیزل در ایران ۱۹
۶. مشروعیت تولید سواری دیزلی در ایران ۲۱
۷. ابهام‌های موجود در تولید خودروی دیزلی ۲۲
۷-۱. کاهش مصرف سوخت ۲۳
۷-۲. استفاده از خودروهای دیزلی در خارج از کلان‌شهرها ۲۵
جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۲۶
منابع و مآخذ ۲۷

تحلیلی بر آثار و عوارض تولید خودروهای سواری دیزلی با تأکید بر تجارب جهانی

چکیده

موضوع تولید خودروهای سواری دیزلی اخیراً تبدیل به مبحث مهمی شده است. بسیاری از دولت‌ها در پی آن هستند که استفاده از خودروهای دیزلی را محدود یا کاملاً ممنوع کنند. هدف اصلی از نگارش این گزارش، بررسی مزایا و معایب تولید خودروهای سواری دیزلی است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که اروپا در اوایل قرن ۲۰ میلادی با رویکرد کاهش مصرف انرژی و واردات نفت خام از خاورمیانه به سمت تولید خودروهای دیزلی رفت، اما پس از مواجه شدن با عوارض این تصمیم و آلودگی هوای شهرهای بزرگ اروپایی که عامل اصلی آن خودروهای دیزلی بودند، قوانین سختگیرانه‌ای برای تولید و استفاده از این خودروها در اروپا وضع شد و با گذشت زمان، تولید خودروهای دیزلی در ناوگان حمل‌ونقل اتحادیه اروپا افول کرد به‌گونه‌ای که از حدود ۵۵ درصد از کل خودروهای ورودی به ناوگان در سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۲ با افت شدیدی به ۴۴ درصد در سال ۲۰۱۷ رسیده است. اگرچه کاهش در فروش خودروهای دیزلی تا حدودی به اعمال مالیات هم سطح بر روی خودروهای دیزلی و بنزینی بر می‌گردد اما نمی‌توان تأثیرات زیست‌محیطی آن را در تصمیمات و سیاستگذاری کشورهای اروپایی بی‌تأثیر دانست. درکشورهای دیگر ازجمله در بازار آمریکا، ژاپن و چین، خودروهای بنزینی نقش اصلی را ایفا می‌کنند و تقریباً خودروهای دیزلی سهم خاصی را در ناوگان خودرویی این کشورها ندارند. از طرفی بازار فروش خودروهای هیبریدی - برقی در اروپا سهم ۲/۷ درصدی را در سال ۲۰۱۷ به خود اختصاص داده است. پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵ سهم موتورهای احتراق داخلی به‌عنوان قوای محرکه خودرو به کمتر از ۵۰ درصد برسد، حدود ۴۰ درصد سهم انواع خودروهای هیبریدی و حدود ۱۰ درصد نیز به خودروهای برقی اختصاص می‌یابد. آلایندگی موتور دیزل از منظر آثار آن با موتور بنزینی تزریق درگاهی متفاوت است، به‌طوری که آلایندگی موتورهای دیزلی بسیار سمی‌تر و خطرناک‌تر بوده و عمدتاً شامل دو آلاینده اصلی اکسیدهای نیتروژن (NOx) و ذرات معلق (PM) است و این درحالی است که در موتورهای بنزینی (بجز موتورهای پاشش مستقیم (GDI) دو آلاینده مونواکسید کربن (CO) و هیدروکربن‌های نسوخته (HC) آلاینده‌های اصلی هستند. از این حیث، دو موتور مشابه بنزینی و دیزلی از دید جنس آلایندگی و صدمه به سلامت انسان و محیط زیست بسیار متفاوت هستند. موتورهای دیزلی را باید در صدر جدول صدمه‌زنندگان به سلامت مردم و محیط زیست قرار داد. با مقایسه سطح تکنولوژی، کیفیت سوخت،

سیستم تعمیر و نگهداری، فرایندهای نظارتی بر تولید و نگهداری خودروها و ... ، درصورت اجازه ورود خودروهای سواری دیزلی به ناوگان خودروهای کشور، چشم‌انداز بسیار دلهره‌انگیزی از وضعیت آلایندگی منابع متحرک در سال‌های آینده وجود خواهد داشت. بنابراین در شرایطی که هنوز مسئله آلایندگی خودروهای سنگین دیزلی کشور با وجود مصوبات و قوانین حل و فصل نشده است، ورود خودروهای سواری دیزلی به چرخه مصرف، از دیدگاه آلایندگی و محیط زیستی تصمیم اشتباه و خطرناکی خواهد بود. با توجه به تجربیات جهانی باید در جهت توسعه و طراحی حمل‌ونقل پاک و خودروهایی که کمتر از سوخت‌های فسیلی به‌عنوان پیشرانه خود استفاده می‌کنند، تحقیق و هزینه کرد.

مقدمه

آلودگی هوا یکی ازمعضلات مهم زیست‌محیطی دردنیای امروز است. منبع اصلی انتشارآلاینده‌های هوا درعموم شهرها منابع احتراقی مانند خودروها شناخته شده و آلودگی زیست‌محیطی ناشی ازآنها ازجمله نتایج ناخواسته تکنولوژی و ازمعضلات شهرهای صنعتی و بزرگ است. در بین منابع احتراقی، خودروهای دیزلی سهم بیشتری در آلودگی هوا دارند. این خودروها عامل ایجاد مجموعاً ۳۵ در صد از کل ذرات معلق هوای شهر تهران (اولیه و ثانویه) هستندکه این آلاینده‌ها بیشترین تأثیر مخرب بر سلامتی انسان را دارند و مقابله با آن نیز در مقایسه با سایر آلاینده سخت تر و هزینه‌برتر است. براساس اطلاعات مراکز شماره‌گذاری خودروها در تهران درسال ۱۳۹۳، کمتر از ۳ درصد کل وسایل نقلیه شهر تهران را خودروهای دیزلی شامل مینی‌بوس‌ها، اتوبوس‌ها، کامیون‌ها و به‌طور کلی خودروهای سنگین تشکیل می‌دهند. براساس اطلاعات ذکر شده، بیش از ۱۳۰هزار دستگاه خودروی دیزلی در سطح شهر تهران درحال تردد هستند. براساس سیاهه انتشار شهر تهران بر مبنای سال پایه ۱۳۹۲، ۱۶ در صد دی‌اکسیدکربن ، ۲ درصد مونواکسیدکربن، ۳۱ درصد اکسیدهای نیتروژن ، ۴ درصد ترکیبات آلی فرار، ۶۴ در صد اکسیدهای گوگرد و ۸۵ در صد ذرات معلق منتشر شده از تمامی وسایل نقلیه شهر تهران به‌طور سالیانه، سهم ناوگان خودروهای دیزلی است. با توجه به اینکه خودروهای دیزلی تنها کمتر از ۳ درصد کلیه وسایل نقلیه را تشکیل می‌دهند این سهم از انتشار آلایندگی بسیار قابل توجه است.[۱]

براساس گزارش‌های سالیانه شرکت کنترل کیفیت هوا، هوای شهر تهران در سال‌های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ به‌ترتیب ۸۹، ۱۰۱ و ۴۴ روز به‌دلیل تجاوز مقدار غلظت آلاینده ذرات معلق از حد استاندارد در وضعیت نامطلوب قرار داشت. همچنین در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ به‌ترتیب ۷ و ۱۶ روز نیز به‌دلیل تجاوز مقدار غلظت آلاینده اُزُن از حد استاندارد در وضعیت نامطلوب قرار داشت که از منابع

۱. حسین شهبازی و دیگران، سیاهه انتشار آلایندگی شهر تهران برای سال مبنای ۱۳۹۲، جلد اول: گزارش جامع سیاهه انتشار شهر، شرکت کنترل کیفیت هوا ۱۳۹۴.

ا صلی ت شکیل این آلاینده می‌توان به اک سیدهای نیتروژن ا شاره کرد.[۱] با دقت در ارقام ارائه شده و با توجه به سهم اصلی خودروهای دیزلی در انتشار ذرات معلق و اکسیدهای نیتروژن متوجه می‌شویم که سهم خودروهای دیزلی در آلودگی هوای شهر تهران به مراتب بیشتر از خودروهای بنزینی است.

بیان مسئله

در سال اخیر مو ضوع تولید خودروهای سواری با موتور دیزلی تو سط یکی از مراکز وابسته به یکی از خودروسازان داخلی مطرح شده است. این مرکز با سرمایه‌گذاری ۵۰ میلیون یورویی طی دهه قبل اقدام به طراحی یک موتور دیزلی برای استفاده روی خودروهای سواری کرده است. سؤال مهمی که در اینجا مطرح می‌شود این است که آیا سرمایه‌گذاری این چنینی جهت تولید خودرو سواری دیزلی قابل توجیه ا ست؟ در این گزارش با تدقیق ابعاد فنی مو ضوع و برر سی سوابق جهانی در حوزه خودروهای سواری دیزلی سعی شده تا پاسخ سؤال مذکور ارائه شود.

۱. مروری اجمالی بر آثار دود دیزل

۱-۱. آلاینده‌های خروجی دود دیزل

مهم‌ترین آلاینده ناشی از احتراق دود دیزل ذرات معلق است. به هر ماده‌ای بجز آب خالص که به‌صورت مایع یا جامد در اتمسفر تحت شرایط نرمال در اندازه میکروسکوپی یا زیرمیکروسکوپی اما بزرگ‌تر از ابعاد مولکولی باشد، ذرات معلق می‌گویند. اندازه این ذرات متفاوت است، درصورتی‌که اندازه ذرات معلق از یک مولکول بیشتر و از ۵۰۰ میکرون کمتر باشد، می‌تواند بین چند ثانیه تا چند ماه در هوا معلق باشد و به‌صورت تصادفی حرکت کرده و با ذرات و مولکول‌های دیگر بماند. ذراتی که اندازه آنها کمتر از ۱ تا ۱۰ میکرون است دارای سرعت متوسطی هستند. ذراتی که بزرگتر از یک و کوچکتر از ۲۰ میکرون هستند نیز دارای سرعت اندک بوده، ولی قابلیت رسوب یا خارج شدن از هوا را دارند و ذرات بزرگ‌تر از ۲۰ میکرون معمولاً به‌دلیل نیروی جاذبه سریعاً از هوا خارج می‌شوند. این گونه ذرات معمولاً باعث تیره رنگ شدن هوای شهر شده و هرچه مقدار این ذرات بیشتر باشد هوای شهرآلوده‌تر به‌نظر می‌رسد. شکل ۱ مشخصات ذرات موجود در جو را نشان می‌دهد.

ذرات معلق در اثر فرایندهای احتراق یا گرمایش ایجاد شده و گرد و غبار ناشی از عملیات تولید، نقل و انتقال و فرایندهای به‌کارگیری مواد پودر شده را نیز شامل می‌شود. بخش اعظم ذرات معلق موجود در هوا منابع طبیعی شامل زمین، اقیانوس‌ها و آتشفشان‌ها هستند. منابع مصنوعی ذرات معلق در مناطق

---

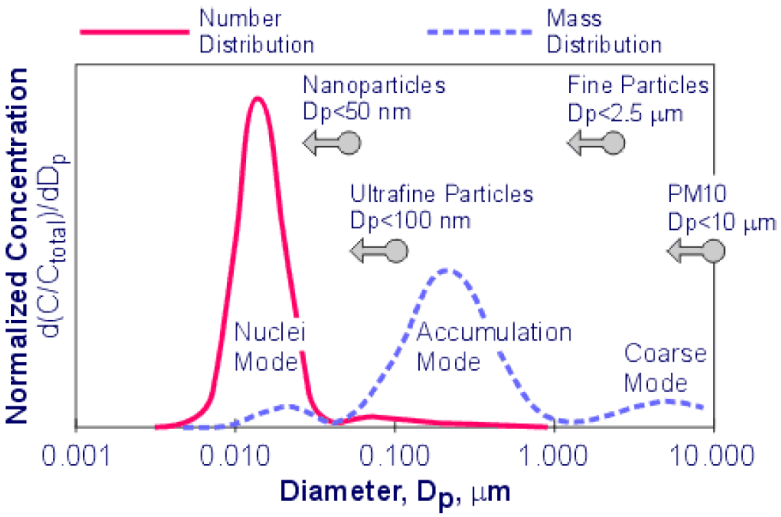
۱. گزارش سالانه کیفیت هوای تهران در سال ۱۳۹۵-۱۳۹۷، شرکت کنترل کیفیت هوا، خردادماه ۱۳۹۶-۱۳۹۸.

شهری شامل صنایع مختلف از قبیل سیمان، زغال سنگ، ذوب آهن، کارخانجات گچ‌پزی و کارگاه‌های بزرگ تراشکاری است.

درواقع ذرات دوده از احتراق ناشی از موتور دیزل ایجاد می‌شود. ذرات دوده توپ‌های میکروسکوپی هستند که از کربن با قطر حدود ۰/۰۵ میکرومتر تشکیل شده‌اند. هسته آنها شامل کربن خالص است. در اطراف هسته ترکیبات متفاوتی از هیدروکربن‌ها، اکسیدهای فلزی و گوگرد وجود دارد. بعضی از ترکیبات هیدروکربن‌ها برای سلامت بسیار خطرناک است. ترکیبات موجود در ذرات دوده بستگی به تکنولوژی موتور و شرایط نوع سوخت دارد.

شکل ۱ توزیع ذرات را در موتورهای دیزلی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین تعداد ذرات، ذراتی با قطر ۰/۰۱ میکرون است. اما از نظر جرمی، بیشترین جرم مربوط به ذراتی با قطر ۰/۵ میکرون است.[۱]

شکل ۱.توزیع تعداد و چرم ذرات معلق دیزل



مأخذ: لیلا خازینیو دیگران، «بررسی اثرات و عواض استفاده از سوخت دیزل و رویکرد جهانی در این خصوص»، دانشگاه تبریز.

۲-۱. آثار بهداشتی ذرات معلق

ذرات استنشاق شده ممکن است در مجاری تنفسی فوقانی اثر تحریکی داشته و یا در داخل ریه‌ها نفوذ کند و باعث بروز عوارضی در ریه شده که خود منجر به اختلالاتی در اعمال تنفسی شود. آثار مزمن این ذرات ممکن است مضراتی نظیر سردرد، ضعف، سستی، خط آبی یا بورتون بر روی لثه‌ها، بی‌اشتهایی و کم‌خونی باشند. از آثار نامطلوب دیگرکاهش میدان دید است که بر اثر آن حمل‌ونقل زمینی و هوایی با اشکالاتی روبه‌رو می‌شود. به‌علاوه آثار روانی کاهش میدان دید در یک منطقه که ساکنان آن از تماشای

۱. لیلا خازینی و دیگران، «بررسی اثرات و عواض استفاده از سوخت دیزل و رویکرد جهانی در این خصوص»، دانشگاه تبریز.

زیبایی‌های طبیعی محروم می‌شوند قابل ملاحظه است. آثار ذرات بر سیستم تنفسی، قلبی – عروقی و اعصاب به‌طور اپیدمیولوژی و تجربی در جدول گزارش شده است.

جدول ۱. آثار بهداشتی ذرات معلق

سیستم عصبی	سیستم قلبی ـ عروقی	اندام‌های تنفسی
فعال شدن سیستم عصبی غیرارادی (autonomous)، انتقال به سیستم اعصاب مرکزی به‌وسیله حس بویایی ،کاهش IQ تغییرات نوار مغزی	تصلب شراین ترمبوز (تشکیل لخته خون در رگ)، تغییرات فشارخون ،ایسکمی میوکارد یا سکته قلبی، کاهش سرعت ضربان قلب	التهاب و سوزش در شش‌ها فیبروز (تصلب بافت‌ها) ،سرطان راه‌های تنفسی، کاهش عملکرد ریه ،کاهش رشد ریه کودکان ،افزایش احتمال عفونت ریه تشدید آسم و انسداد مزمن ریه

مأخذ: لیلا خازینی، دانشگاه تبریز.

ازجمله ذرات معلق در هوا که در کلان‌شهرها پراکندگی بیشتری دارند، ذرات معلق دیزلی است. ذرات دیزل، شامل دوده و ذرات معلق مانند ذرات خاکستر، ذرات سایش فلزی، سولفات، و سیلیکات است. همان‌طور که پیش‌تر عنوان شد، دود سیاه خروجی از موتورهای دیزلی شامل ترکیبات کربن نسوخته است که به‌دلیل دمای کم محلی و نقص در فرایند قطره‌سازی و پاشش سوخت در موتور ایجاد می‌شود.

درواقع هنگامی که خروجی اگزوز موتور به داخل اتمسفر آزاد می‌شود، ذرات می‌توانند به‌صورت تکی یا دانه‌های زنجیره‌ای، در محدوده قطر زیر ۱۰۰ نانومتر وارد محیط شوند. به‌دلیل اندازه کوچک این ذرات، ذرات استنشاقی به‌راحتی می‌توانند به داخل شش‌ها نفوذ کنند. سطوح زبر این ذرات باعث می‌شود آنها به آسانی با دیگر سموم در محیط زیست متصل شوند، در نتیجه افزایش خطرات استنشاق آنها افزایش می‌یابد. قطر این ذرات تابع شرایط کاری موتور به‌خصوص بار وارده بر موتور است. قطر اولیه ذرات با افزایش بار روی موتور کاهش و با افزایش نرخ گاز برگشتی افزایش می‌یابد. دلیل این امراکسید شدن بیشتر ذرات با افزایش بار و دمای احتراق است.

بیشترین ماده تشکیل‌دهنده ذرات دیزلی کربن عنصری (کربنی که با هیدروژن واکنش نداده) است. این ذره همچنین از سولفات، فلزات (موجود در روغن موتور) و هیدروکربن‌های سمی در سطح خود تشکیل شده است. این ذرات می‌توانند حتی در شش نفوذ کنند و با داخل شدن به خون در مغز رسوب کنند. ذرات دیزلی می‌توانند نور خورشید را جذب و در گرمایش عمومی زمین نیز دخالت کنند.

مواد سمی خارج از ذرات دیزل به ریه‌ها حمله کرده و وارد جریان خون شده و باعث افزایش بیماری‌های قلبی و عروقی (حمله قلبی، سکته قلبی) شده و به سایر نقاط بدن نیز وارد شده و عملکرد طبیعی بدن را مختل می‌کند.

در سال ۲۰۱۲ آژانس بین‌المللی تحقیقات درباره سرطان، مواجهه با خروجی اگزوز و سایل نقلیه

دیزلی را در فهرست اول یعنی سرطان‌زایی قطعی برای انسان گزارش کرد[1]. این کارگروه براساس شواهد کافی گزارش کرد که افزایش قرار گرفتن در معرض اگزوز موتورهای دیزلی سبب افزایش یک روند مثبت در خطر ابتلا به سرطان ریه است. طبق این مطالعات این روند سبب یک افزایش تجمعی ۲ تا ۳ برابری مواجهه با خطر ابتلا به سرطان ریه می‌شود. همچنین این کارگروه براساس یکسری شواهد محدود بروز سرطان مثانه در مواجهه با خروجی اگزوز وسایل نقلیه دیزلی را نیز گزارش کرد.[2]

این کارگروه همچنین مواجهه با خروجی اگزوز وسایل نقلیه بنزینی را در فهرست 2B (احتمالاً سرطان‌زا برای انسان) گزارش کرد.[3] همچنین این کارگروه خطرات احتمالی سرطان پوست را به‌علت مواجهه با اگزوز وسایل نقلیه بنزینی گزارش کرد.

این طبقه‌بندی‌های آژانس بین‌المللی تحقیقات درباره سرطان مخالف کلیات جهانی انتقال از وسایل نقلیه بنزینی به دیزلی است. در همین راستا برخی از استراتژی‌ها مانند انتقال از بنزین به گازوئیل ممکن است میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد، ولی در عین حال ممکن است خطر برای سلامتی را در پی داشته باشد.[4]

سازمان بهداشت جهانی نیز در سال ۲۰۱۲ اعلام کرد دود ناشی از سوختن گازوئیل سرطان‌زا است. در واقع دود موتورهای دیزلی می‌تواند منجر به ایجاد سرطان ریه در انسان شده و همچنین خطر ابتلا به سرطان مثانه را بالا می‌برد. این سازمان در بیانیه‌ای اعلام داشته که تعداد زیادی از مردم در خطر تنفس این دود در زندگی روزانه قرار دارند. این دود توسط خودروهای دیزلی، قطارها، کشتی‌ها و ژنراتورهای برقی ایجاد می‌شود.

تا سال ۱۹۵۵هیچ گزارشی مبنی سرطان‌زایی مواجهه با خروجی اگزوز و سایل نقلیه دیزلی منتشر نشد تا زمانی که سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) با بررسی جهش‌زایی ناشی از مواجهه با خروجی اگزوز وسایل نقلیه دیزلی را عنوان کرد و محققان به‌شدت درگیر مسائل بهداشتی مرتبط با آن شدند. زیرا وسایل نقلیه دیزلی متعارف تا ۱۰۰ برابر بیشتر از وسایل نقلیه بنزینی سبب انتشار ذرات معلق می‌شوند. این باعث انجام مطالعات بیشتر USEPA برای ارزیابی ریسک سرطان‌زایی آن شد. این کارگروه مطالعاتی پس از پایان مطالعات نتیجه گرفت که مواجهه با اگزوز و سایل نقلیه دیزلی سبب ایجاد سرطان از طریق ژنوتیک و جهش ژنی می‌شود و می‌تواند خطر ریسک سرطان ریه را در رانندگانی که با اگزوز وسایل نقلیه دیزلی مواجهند بین ۱۵ تا ۴۰ درصد افزایش دهد و این خطر ریسک با متوسط دوره

---

۱. **همان.**

2. IARC (International Agency for Research on Cancer), Vol 105: Diesel and Gasoline Engine Exhausts and Some Nitroarenes Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, IARC, Lyon, France, 2013.

۳. لیلا خازینی و دیگران، «بررسی اثرات و عواض استفاده از سوخت دیزل و رویکرد جهانی در این خصوص»، دانشگاه تبریز.

4. Claxton, L.D., 2015. The History, Genotoxicity, and Carcinogenicity of Carbon-based Fuels and Their Emissions. Part 3: Diesel and Gasoline. Mutation Research/Reviews in Mutation Research, 763, PP.30-85.

۲۰ساله کاری رانندگان سبب افزایش بیشتر خطر ریسک سرطان ریه خواهد شد.

۲. مقایسه خودروهای دیزلی با خودروهای بنزینی

۲-۱. عملکرد ذاتی

مقایسه بین موتورهای بنزینی و دیزلی نشان می‌دهد، در حجم موتور ثابت قدرت بیشینه موتورهای دیزلی در مقایسه با بنزینی بیشتر است که این به‌دلیل نسبت تراکم بیشتر موتورهای دیزلی است. همچنین دور موتور و شتاب موتورهای دیزلی معمولاً کمتر از موتورهای بنزینی است. به همین دلیل موتور خودروهای سنگین معمولاً دیزلی است چون شتاب‌گیری برای این خودروها مد نظر نیست و تنها فاکتور توان بیشینه در طراحی موتور تأثیرگذار است. از طرفی خودروهای دیزلی عمر طولانی‌تری دارند و مصرف سوخت آنها ۲۰ تا ۳۰ درصد کمتر از خودروهای بنزینی است. اما از منظر آلایندگی خودروهای بنزینی و دیزلی تفاوت‌های زیادی با یکدیگر دارند.

میزان انتشار آلاینده ذرات معلق و اکسیدهای نیتروژن از خودروی دیزلی حدود ۸ برابر خودروهای بنزینی است.[۱] ازسوی دیگر میزان انتشار آلاینده مونواکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته در خودروهای دیزلی بسیار بیشتر از خودروهای بنزینی است[۲]. اما در این بین باید به این نکته توجه داشت که آلاینده‌های ذرات معلق و اکسیدهای نیتروژن به لحاظ آثار بر سلامت عملکرد بسیار مخرب‌تری نسبت به سایر آلاینده‌ها دارند. این نشان می‌دهد که خودروهای دیزلی به‌طور ذاتی از لحاظ زیست‌محیطی شرایط بحرانی‌تری به نسبت خودروهای بنزینی دارند.

۲-۲. کنترل آلایندگی

مدیریت انتشار آلایندگی هرکدام از آلاینده‌ها روش خاصی را می‌طلبد. در موتورهای بنزینی می‌توان تنها با استفاده از یک کاتالیست سه‌راهه مرغوب انتشار آلاینده‌های مربوط به این موتورها را تا حد بسیار زیادی کاهش داد. اما در موتورهای دیزلی روش‌های مختلفی برای کنترل آلاینده‌های ذرات معلق و اکسیدهای نیتروژن توسعه یافته است که هرکدام پیچیدگی خاص مربوط به خود را دارند. به‌طور کلی مدیریت آلایندگی موتورهای دیزلی بسیار پیچیده‌تر و سخت‌تر از موتورهای بنزینی است. برای کنترل آلاینده ذرات معلق از تجهیزات مختلف (مانند DPF،CAT PM) و برای کنترل آلاینده اکسیدهای

1. WHO (World Health Organization of the United Nations), in: World Health Organization of the United Nations (Ed.), Health in the Green Economy: Health Co-benefits of Climate Change Mitigation–transport Sector, World Health Organization of the United Nations, Geneva, Switzerland, 2011.

۲. **همان**.

نیتروژن از سیستم‌های مختلف (مانند EGR، deNox، SCR و Lean Nox Trap) استفاده می‌شود که به پیچیدگی طراحی می‌افزایند.

۲-۳. هزینه کاهش آلایندگی

همان‌طور که در بند قبلی اشاره شد کاهش انتشار آلاینده‌ها در خودروهای دیزلی باید با استفاده از ترکیب قطعات مختلف انجام شود.

طبیعتاً استفاده از هر کدام از قطعات اضافی جهت کنترل آلایندگی خودرو موجب اضافه شدن هزینه در طراحی و تولید آن می‌شود که موجب بالاتر رفتن قیمت تمام شده اتومبیل می‌شود. همچنین هرکدام از قطعات مذکور برای عملکرد صحیح نیاز به ایجاد شرایط خاص و لحاظ آن در طراحی و تعیین پارامترهای مهم عملکردی خودرو دارند. برای مثال نصب فیلتر در اگزوز خودرو موجب ایجاد فشار برگشتی بالاتر می‌شود و به این ترتیب از توان مفید خودرو می‌کاهد و بر مصرف سوخت می‌افزاید. یا مثلاً کلیه تجهیزات کاهش اکسیدهای نیتروژن در اگزوز جهت عملکرد مناسب نیازمند ورود گازهای احتراق با حداقل میزان دمای مشخص هستند که این امر نیازمند افزایش حداکثر دمای احتراق است و از طرفی افزایش حداکثر دمای احتراق موجب افزایش تشکیل اکسیدهای نیتروژن و اکسیدهای دیگر می‌شود. بنابراین باید توجه داشت که افزودن هرگونه قطعه اضافی جهت کنترل آلایندگی خودرو هزینه‌های محسوس و نامحسوسی را تحمیل می‌کند که در برخی موارد در محاسبات مربوطه لحاظ نمی‌شود. اما درخصوص خودروهای دیزلی عمدتاً تنها از یک قطعه کاتالیست سه‌راهه استفاده می‌شود که هم قیمت پایین‌تری (نسبت به DPF و SCR و...) دارد و هم در طراحی و عملکرد خودرو هزینه قابل توجهی را نیاز ندارد.

۲-۴. استانداردهای آلایندگی

برای هر دو نوع خودرو بنزینی و دیزلی تاکنون ۶ سطح استاندارد آلایندگی اروپایی تعریف شده که با گذر زمان از یورو ۱ تا یورو ۶ سختگیرانه‌تر شده است. البته قبل از استاندارد یورو۱ سطوح مجاز آلایندگی برای خودروها در استانداردهای اروپایی وجود داشت، ولی هیچ‌کدام از آنها را به‌عنوان سطحی از یورو نمی‌شناسند. استانداردهای آلایندگی اروپایی نه براساس نوع موتور، بلکه براساس کاربری خودرو با یکدیگر تفاوت دارند. برای خودروهای جاده‌ای دو دسته استاندارد آلایندگی وجود دارد که یک دسته برای خودروهای سبک و دسته دیگر برای خودروهای سنگین است. تفاوت این دو دسته استاندارد در تعداد، نوع و روش آزمون‌ها، حدود مجاز و سایر ملزومات استانداردی است. برای خودروهای سبک سطوح مختلف استانداردهای اروپایی با عدد (مانند Euro 5) و برای خودروهای سنگین با استفاده از اعداد رومی (مانند Euro V) نشان داده می‌شود. حال در هرکدام از دسته‌های سبک و سنگین حدود مجاز آلاینده‌ها با توجه به نوع موتور (بنزینی، دیزلی، گازسوز و ...) تعیین می‌شود، البته ممکن است در برخی مفاد

استاندارد نیز تفاوت‌هایی براساس نوع موتور تعریف شود، ولی به‌طور کلی دستورالعمل واحدی برای انواع موتورها در یک دسته یکسان وجود دارد. در اینجا با توجه به موضوع گزارش صرفاً به بررسی دقیق‌تر استاندارد خودروهای سبک می‌پردازیم که مقایسه خوبی بین خودروهای دیزلی با خودروهای بنزینی صورت پذیرد.

نکته اول، اولین برداشت اشتباهی که معمولاً در اینجا صورت می‌گیرد این است که از ترتیب بالا رفتن اعداد سطوح استاندارد نتیجه می‌شود که هر رقمی که به سطوح استاندارد اضافه شود تأثیر یکسانی بر محدود کردن آلایندگی انواع خودروها دارد. درحالی که این برداشت اشتباهی است، برای مثال گذر از سطح استاندارد یورو۳ به یورو۴ به‌لحاظ تغییر حد مجاز آلایندگی تأثیرات متفاوتی بر خودروهای دیزلی در مقایسه با خودروهای بنزینی دارد. برای درک بهتر این نکته جدول ۲ میزان کاهش مجموع جرمی حدود مجاز آلاینده‌ها از استاندارد یورو۱ تا آخرین حد استاندارد یورو۶ را نشان می‌دهد.

جدول ۲. کاهش مجموع جرمی حدود مجاز آلاینده‌ها از استاندارد یورو۱ تا آخرین حد استاندارد یورو۶

	مجموع جرمی حدود مجاز آلایندگی در استاندارد یورو۱	مجموع جرمی حدود مجاز آلایندگی در آخرین سطح استاندارد یورو۶	نسبت کاهش
خودروهای بنزینی	۳/۶۹ گرم بر کیلومتر	۱/۲۲۸ گرم بر کیلومتر	۳ برابر
خودروهای دیزلی	۳/۸۳ گرم بر کیلومتر	۰/۶۷۴۵ گرم بر کیلومتر	۵/۷ برابر

مأخذ: بهزاد اشجعی، ۱۳۹۶.

با دقت در جدول ۲ می‌بینیم که از سطح یورو۱ تا آخرین سطح یورو۶ حد مجاز انتشار مجموع آلاینده‌ها برای خودروهای بنزینی ۳ برابر کاهش یافته درحالی که این عدد برای خودروهای دیزلی حدود ۶ برابر است. این نشان می‌دهد که با افزایش سطوح استاندارد آلایندگی خودروهای دیزلی تأثیرپذیری بیشتری در جهت کاهش انتشار آلاینده‌ها نسبت به خودروهای بنزینی دارند.

نکته دوم، در قسمت آثار آلاینده ذرات معلق گفته شد که هرچقدر اندازه ذرات کوچک‌تر باشند تأثیرات مخرب تری بر سلامتی دارند، پس باید در تعیین حدود مجاز آلایندگی اندازه ذرات را نیز به‌عنوان یک پارامتر مهم مد نظر قرار داد. در استانداردهای اروپایی متأسفانه تا سطح یورو۵ نسبت به این موضوع غفلت صورت گرفته بود و برای آلاینده ذرات معلق فقط پارامتر مجموع جرم ذرات معلق منتشره برای خودروهای دیزلی تعیین شده بود که کارایی لازم را نداشت. اما در آخرین سطح استاندارد یورو۵ و به‌طور عمده در استاندارد یورو۶ بود که موضوع اندازه ذرات نیز به‌عنوان یک پارامتر مهم درنظر گرفته شد و علاوه‌بر حد مجموع جرم ذرات معلق منتشره، کمیت تعداد ذرات معلق منتشره نیز در کنار سایر حدود مجاز قرار گرفت به‌صورتی که در جرم ثابت، تعداد ذرات معلق نباید از حدی بالاتر باشد (در جرم ثابت

هرچه تعداد ذرات بیشتر باشد به معنی آن است که اندازه ذرات کوچک‌تر است). بنابراین این موضوع بسیار مهمی بود که تنها در سطح آلایندگی یورو۶ برای خودروهای دیزلی مورد توجه قرار گرفته و باعث شده فاصله میزان تأثیرگذاری استاندارد یورو۶ با سطوح پایین‌تر در خصوص خودروهای دیزلی زیاد باشد، این درحالی است که این فاصله برای خودروهای بنزینی بسیار کمتر است.[۱]

نکته سوم، مسئله مهم در ارتباط با خودروهای دیزلی تفاوت آلایندگی در رانندگی واقعی با اندازه‌گیری آلایندگی خودرو در آزمایشگاه است. زیرا تفاوت میزان انتشار آلاینده Nox برای خودروهای دیزلی با مقادیر استاندارد بسیار بیشتر از خودروهای بنزینی است به نحوی که یک خودروی دیزلی یورو۶ نو در کارکرد واقعی حدود ۸ برابر حد مجاز استاندارد Nox منتشر می‌کند، ولی برای خودروی بنزینی انتشار واقعی با مقادیر اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه تفاوت چندانی ندارد.[۲]

اتفاقات مربوط به Dieselgate[۳] نیز نشئت گرفته از همین تغییر رفتار خودروهای دیزلی است جایی که شرکت بزرگی مانند ولکس‌واگن با انبوهی از تجربه و تخصص و سرمایه در برآورده ساختن حدود مجاز ناتوان بوده و به‌جای حل مشکل اصلی اقدام به ایجاد سیستم فریب‌دهنده در خودروهای دیزلی خود کرد به‌نحوی که در زمان آزمون آلایندگی در آزمایشگاه رفتار خودرو به سمت انتشار کم آلاینده Nox تغییر می‌یافت. این فریب زمانی توسط نهادهای مسئول در ایالت کالیفرنیای آمریکا کشف شد که نتایج آزمون‌های آلایندگی روی خودروهای دیزلی سواری ساخته شرکت ولکس‌واگن در شرایط واقعی بیش از ۴۰ برابر مقادیر اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه بود. همین اتفاقات و پس از آن انجام مطالعات مشابه بیشتر منجر به آن شد که انجام آزمون آلایندگی واقعی روی خودرو در جاده علاوه‌بر آزمون شبیه‌سازی شده در آزمایشگاه به‌عنوان یکی از معیارهای اصلی در استاندارد آلایندگی یورو۶ تعیین شود.

درنهایت با بررسی نکات اول تا سوم به این نتیجه دست می‌یابیم که مسئله آلایندگی خودروهای دیزلی تنها در سطح یورو۶ حل شده است و در سطوح قبلی ملزومات مورد نیاز برای برآورد مناسب آلایندگی خودروهای دیزلی تعیین نشده. اما این موضوع برای خودروهای بنزینی درست نیست و در مورد این خودروها فاصله استانداردهای آلایندگی بسیار کمتر است و بنابراین حتی می‌توان به سطوح یورو۴ یا یورو۵ به‌عنوان یک سطح قابل قبول آلایندگی اتکا کرد.

1. Hendriksen, P. Vermeulen, R., Rijkeboer, R., Bremmers, D., Smokers, R. and Winkel, R. (2003) Evaluation of the Environmental Performance of Modern Passenger Cars Running on Petrol, Diesel, Automotive LPG and CNG, TNO-Report 03.OR.VM.055.1/PHE.

2. Regulation No 83 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE) — Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles With Regard to the Emission Of Pollutants According to Engine Fuel Requirements

۳. دروازه دیزلی.

۲-۵. تعمیر و نگهداری

همان‌طور که بالاتر اشاره شد، برای کنترل آلایندگی یک خودروی بنزینی تزریق درگاهی استفاده از یک کاتالیست سه‌راهه مرغوب کافی است. نصب این کاتالیست پیچیدگی خاصی نداشته و در زمان استفاده نیز نیاز به مراقبت ندارد، تنها پس از یک مقدار پیمایش خاص که از طرف تولیدکننده اعلام می‌شود باید نسبت به تعویض کاتالیست اقدام کرد. ولی در خودروهای دیزلی این موضوع بسیار پیچیده‌تر است. تجهیزات کنترل آلایندگی که روی خودروهای دیزلی نصب می‌شود نیاز به مراقبت‌های خاصی دارد که درصورت عدم رسیدگی به آنها نه تنها آلایندگی خودرو افزایش یافته، بلکه موجب آسیب‌رسانی به عملکرد موتور نیز می‌شود. برای مثال فیلتر دوده که روی خودروهای دیزلی نصب می‌شود به فواصل کوتاهی دچار گرفتگی شده و باید بازیابی شود. بازیابی فیلترهای دوده به دو صورت دستی و خودکار صورت می‌گیرد که در هر دو مورد نیازمند توجه صاحب خودرو است. همچنین این فیلترها پس از چند سال استفاده باید شستشو شوند که انجام آن نیازمند تخصص، هزینه و زمان مناسب است. علاوه‌بر این درصورتی که به هر دلیلی این تجهیزات آسیب ببینند، برای تعمیر یا تعویض آنها باید هزینه‌های بسیار بالایی (در برخی موارد هم عرض قیمت خودرو) صورت پذیرد. بنابراین در خودروهای دیزلی موضوع تعمیر و نگهداری تجهیزات کنترل آلایندگی بسیار حساس‌تر و پر هزینه‌تر از خودروهای بنزینی است و در صورت عدم رسیدگی موجب آثار زیان‌بارتری هم به لحاظ آلایندگی و هم به‌لحاظ عملکردی روی خودرو می‌شود.

۲-۶. حساسیت نسبت به زیرساخت‌ها

ارتقای تکنولوژی در خودرو نیازمند پیشرفت موازی زیرساخت‌های مربوطه است. فارغ از نوع خودرو، با بالاتر رفتن استاندارد آلایندگی باید سوخت متناسب به آن سطح مربوطه نیز در دسترس باشد، ولی درصورت در دسترس نبودن سوخت مذکور باید بررسی شود که کدام نوع خودروها متحمل آثار منفی بیشتری می‌شوند. در خودروهای بنزینی با افت کیفیت سوخت عملکرد موتور دچار اختلال شده که نتیجه آن افت توان و افزایش آلایندگی است. **این افت توان و افزایش آلایندگی در اثر کاهش کیفیت سوخت در خودروهای دیزلی نیز مشاهده می‌شود، اما این تنها تأثیر مخرب نیست. تجهیزات کنترل آلایندگی خودروهای دیزلی حساسیت بسیار بالایی به کیفیت سوخت دارند و بعضاً در صورت حتی یک‌بار استفاده از سوخت نامرغوب دچار گرفتگی و تخریب می‌شوند.** بروز مشکل در این تجهیزات علاوه‌بر آسیب‌های خطرناک به موتور خودرو موجب افزایش چند برابری انتشار آلایندگی خودرو می‌شود و این خسارتی است که علاوه‌بر از کارافتادگی تجهیزات مربوطه حادث می‌شود. درصورتی که در خودروهای بنزینی استفاده از سوخت نامرغوب تنها باعث از کار افتادگی موقت کاتالیست سه‌راهه شده که این مشکل نیز در اولین زمانی که سوخت باکیفیت وارد سیستم احتراقی

می‌شود مرتفع می‌شود و مجموعه موتور و کاتالیست می‌تواند به فعالیت عادی خود ادامه دهد.

۲-۷. تأثیرپذیری از شرایط محلی

کمیت‌های محلی و پارامترهای جوی بر عملکرد خودروهای دیزلی تأثیرات بیشتری نسبت به خودروهای بنزینی دارند. یکی از مهم‌ترین کمیت‌های محلی مؤثر بر عملکرد خودرو ارتفاع از سطح دریاست. با افزایش ارتفاع شرایط محیطی تغییر خواهد کرد و این مسئله برروی عملکرد خودرو تأثیر خواهد گذاشت. افت فشار و در نتیجه افت چگالی هوا در ارتفاع بر بازده حجمی موتور تأثیر می‌گذارد. این مسئله احتراق موتور را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد، از آنجایی که حجم جابه‌جایی موتور ثابت است با افت چگالی هوا دبی جرمی هوای ورودی کاهش می‌یابد. در این شرایط، موتور هوای کافی برای سوزاندن سوخت را در اختیار ندارد و درنتیجه احتراق موتور دچار نقص و تغییراتی می‌شود. در چنین شرایطی انتظار می‌رود که انتشار آلاینده‌ها از خودرو نیز افزایش یابد. تحقیقات انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد که آلاینده‌های مونواکسید کربن و هیدروکربن‌های نسوخته با افزایش ارتفاع به‌صورت تدریجی افزایش می‌یابند. انتشار ذرات معلق نیز به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع از سطح دریا تا ۲ برابر افزایش می‌یابد. هرچند رفتار آلاینده اکسیدهای نیتروژن متفاوت است. همچنین در سرعت‌های کاری بالا، مصرف سوخت خودرو نیز با افزایش ارتفاع افزایش می‌یابد[1]. تمامی این موارد نشان از اثر منفی افزایش ارتفاع بر عملکرد آلایندگی و مصرف سوخت خودرو دارد.

به‌طور معمول اثر افزایش ارتفاع بر عملکرد خودروهای بنزینی بسیار کمتر است. در خودروهای بنزینی، مخلوط سوخت و هوا به‌صورت پیش‌آمیخته وارد محفظه احتراق می‌شوند. در این شرایط این مخلوط در وضعیت استوکیومتریک[2] قرار دارد. سیستم کنترل موتور در خودروهای بنزینی همواره با کنترل دریچه ورودی هوا و میزان پاشش سوخت، مخلوط پیش‌آمیخته سوخت و هوای ورودی به محفظه احتراق را در حالت استوکیومتریک نگه می‌دارد. در چنین شرایطی انتظار می‌رود تغییر شرایط محیطی مانند فشار و چگالی هوا تأثیر بسیار اندکی بر احتراق موتور بگذارد.

ولی در خودروهای دیزلی اختلاط هوا و سوخت در محفظه احتراق صورت می‌گیرد و ترکیب آنها معمولاً استوکیومتریک نبوده و مخلوط کلی دارای هوای اضافی است. واحد کنترل موتور خودروهای دیزلی در کنترل میزان ترکیب هوا و سوخت در محفظه احتراق ضعیف‌تر از موتورهای بنزینی عمل می‌کند و کنترلی بر هوای ورودی به موتور ندارد. در این صورت عملاً شرایط احتراق در موتور خودروهای دیزلی نسبت به شرایط محیطی بسیار تأثیرپذیر است. البته تولیدکنندگان از تجهیزاتی مانند توربوشارژر

1. Comparison of NOx Emission Standards for different Euro Classes, ICCT, 2014a, Emisia, 2015.

۲. یا عنصرسنجی یا قیاس‌سنجی به معنی اندازه‌گیری عنصر، شاخه‌ای از علم شیمی است که با روابط کمّی میان عناصر در تشکیل مواد مرکب در واکنش‌های شیمیایی سروکار دارد. استوکیومتری یک ماده مرکب بر فرمول شیمیایی آن ماده مرکب استوار است.

برای مقابله با این شرایط استفاده می‌کنند، ولی درنهایت آن اثر مورد انتظار ایجاد نمی‌شود. با استدلال‌های صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت که افزایش ارتفاع تأثیر خود را بیشتر برروی آلایندگی و مصرف سوخت خودروهای دیزلی نشان می‌دهد.

طبیعی است که این پدیده اثر خود را در شهرهایی که ارتفاع‌شان از سطح دریا زیاد است پررنگ‌تر نشان می‌دهد. کشور ایران نیز به‌دلیل وجود دو رشته کوه زاگرس و البرز دارای شهرهایی با ارتفاع زیاد نسبت به سطح دریا هستند. شهر تهران به‌عنوان بزرگ‌ترین و پرجمعیت‌ترین شهر ایران دارای ارتفاع میانگین ۱۱۸۹ متر از سطح دریاست. شهر تهران، به‌عنوان بیست‌وسومین پایتخت مرتفع جهان، تحت تأثیر این پدیده قرار دارد. بنابراین استفاده از خودروهای دیزلی در سطح شهر تهران موجب افزایش بیش از پیش میزان انتشار آلاینده‌های این خودروها می‌شود.

۳. تجربیات جهانی درخصوص خودروهای دیزلی

تاریخچه

اولین خودروی سواری دیزلی در سال ۱۹۳۳ تو سط سیترون با نام Rosalie تولید شد. پس از آن شرکت‌های مرسدس بنز، ایسوزو، ولکس‌واگن و پژو نیز دست به تولید خودروهای سواری دیزلی زدند. در ابتدا این خودروها با اهداف تجاری (حمل بار) طراحی و تولید می‌شدند، اما در دهه ۱۹۶۰ میلادی با پیشرفت‌های صورت گرفته، از خودروهای دیزلی به‌عنوان خودروی شخصی نیز تولید و استفاده می‌شد. از این زمان استفاده از خودروهای سواری دیزلی در اروپا رواج پیدا کرد به نحوی که سهم خودروهای دیزلی از کل ناوگان اتحادیه اروپا از ۲/۵ درصد در سال ۱۹۷۳ به حدود ۱۷ درصد در سال ۱۹۹۲ رسید. از دهه ۱۹۹۰ میلادی با اضافه کردن سیستم‌هایی مانند کنترل الکترونیکی پاشش سوخت و استفاده از سوخت زیست دیزلی (Biodiesel) تغییراتی در قدرت، بازده و آلایندگی موتورهای دیزلی به‌وجود آمد. اما در قرن ۲۱ میلادی به‌دلیل اینکه نتایج تحقیقات و اندازه‌گیری‌های مختلف سهم بسزای خودروهای دیزلی در آلودگی هوا را آشکار ساخت، کشورها در راستای محدودیت تولید و استفاده از این خودروها تدابیری اندیشیدند. خودروهای دیزلی در ناوگان حمل‌ونقل اتحادیه اروپا رو به کاهش است به گونه‌ای که از حدود ۵۵ درصد از کل خودروهای ورودی به ناوگان در سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۲ با افت شدیدی به ۴۴ درصد در سال ۲۰۱۷ رسیده است. همچنین خودروهای بنزینی در بازار آمریکا، ژاپن و چین نقش اصلی را ایفا می‌کند و تقریباً خودروهای دیزلی نقش خاصی در این کشورها ندارند. همچنین بازار فروش خودروهای هیبریدی - برقی در اروپا سهم ۲/۷ درصدی را در سال ۲۰۱۷ به خود اختصاص داده است. پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵ سهم موتورهای احتراق داخلی به‌عنوان محرکه به کمتر از ۵۰ در صد بر سد، که حدود ۴۰ در صد از این سهم به انواع خودروهای هیبریدی و

حدود ۱۰ درصـــد نیز به خودروهای برقی اختصـــاص یابد. در ادامه به‌طور خاص اقدام‌های کشـــورهای مختلف را برای کاهش تولید و استفاده از خودروهای دیزلی بررسی می‌کنیم.

۳-۱. آلمان

رویکرد اصلی در آلمان - بزرگ‌ترین غول فناوری در صنعت خودروسازی - ورود خودروهای هیبریدی و الکتریکی است، که به‌نظر می‌رسد، «کوچک‌سازی و استفاده از بسته جانبی هیبرید با ولتاژ متوسط» چشم‌انداز صنعت خودروسازی در آلمان با تکیه بر کاهش مصرف سوخت و آلایندگی خواهد بود، که ممکن است به چشم‌انداز صنعت خودروسازی جهان تبدیل شود.

شهرهای بزرگ آلمان اجازه خواهند یافت تا استفاده از خودروهای دیزلی را ممنوع کنند و برای این کار می‌توانند ابتدا به سراغ خودروهای فرسوده یا قدیمی بروند. این تصمیم شهرهای اشتوتگارت و دوسلدورف را شامل می‌شود، اما دولت آلمان در پی گسترش این سیاست به شهرهای دیگر این کشور است، زیرا بیش از ۱۰ میلیون خودرو دیزلی مورد استفاده شهروندان است. هامبورگ، دومین شهر بزرگ این کشور که حدود ۱/۸ میلیون نفر جمعیت دارد نخستین مکانی است که این قانون را از ماه آوریل سال جاری میلادی به اجرا خواهد گذاشت. شهرهای بزرگ دیگری مانند مونیخ نیز اعلام کرده‌اند که قصد دارند یک برنامه ضددیزلی را اجرا کنند.

۳-۲. ایتالیا

شهردار شهر رم، پایتخت ایتالیا اعلام کرد که در پی ممنوع کردن استفاده از موتورهای دیزلی در این شهر از سال ۲۰۲۴ میلادی است. آلودگی هوا و در پی آن تخریب آثار و ابنیه تاریخی دلایل این سیاستگذاری عنوان شده‌اند. سیاست ضددیزلی در پی آن است تا استفاده از موتورهای دیزلی را تا سال ۲۰۳۰ به‌طور کامل در این کشور ممنوع کند.[۱]

۳-۳. بلژیک

از اول ژانویه سال ۲۰۱۸ میلادی ورود خودروهایی با آلودگی بالا ازجمله تمام اتومبیل‌های دیزلی، وانت‌ها و اتوبوس‌هایی که فاقد استاندارد یورو و یورو-۱ هستند به بروکسل، پایتخت این کشور ممنوع اعلام شده است. این کشور قصد دارد تا سال ۲۰۲۵ استفاده از خودروهای با آلودگی بالا را در این کشور ممنوع کند.[۲]

---

۱. لیلا خازینی و دیگران، «بررسی اثرات و عواض استفاده از سوخت دیزل و رویکرد جهانی در این خصوص»، دانشگاه تبریز.
۲. بهزاد اشجعی، ۱۳۹۶.

۳-۴. نروژ

دولت این کشور نه تنها بر آن است که تا سال ۲۰۲۵ فروش خودروهای دیزلی و بنزینی را متوقف کند، بلکه در چندسال گذشته هدف خود را بر روی گسترش استفاده از ماشین‌های الکتریکی متمرکز کرده است.[۱]

۳-۵. اسپانیا

این کشور برنامه مقابله با وسایل نقلیه آلوده را آغاز کرده است. استفاده از موتورهای دیزلی و بنزینی از سال ۲۰۲۵ در مادرید، پایتخت این کشور ممنوع خواهد شد. همچنین این خودروها از سال ۲۰۲۰ اجازه پارک کردن در پارکینگ‌های مرکز شهر را نخواهند یافت. شهرداری مادرید درحال تلاش برای گسترش حمل‌ونقل عمومی و همین‌طور ترویج استفاده از خودروهای الکتریکی است.[۲]

۳-۶. هلند

براساس یک توافقنامه که در سال ۲۰۱۷ امضا شده است همه وسایل نقلیه جدیدی که از سال ۲۰۳۰ به بازار عرضه می‌شوند، فاقد هرگونه آلودگی ناشی از خروج گاز از منبع قدرت (Zero-emissions vehicle) خواهند بود. شهر آمستردام قصد دارد تا سال ۲۰۲۵ از طریق یکسری اقدامات با عنوان «هوای پاک برای آمستردام»، انتشار گازهای گلخانه‌ای را تا حد ممکن در این شهر کاهش دهد. این برنامه از سال ۲۰۰۸ آغاز شده است.[۳]

۳-۷. دانمارک

ممنوعیت ورود خودروهای دیزلی و ثبت پلاک آنها در دانمارک از اول ژانویه سال ۲۰۱۹ میلادی به اجرا در آمده است. در راستای مبارزه با آلودگی هوا، سرعت خودروها در مناطق شهری به حداکثر ۴۰ کیلومتر در ساعت کاهش یافته و حدود ۵۰۰ کیلومتر جاده دوچرخه سواری تأسیس شده است.[۴]

۳-۸. بریتانیا

شکل ۲ ترکیب ناوگان خودروهای شهر لندن را براساس نوع آنها نشان می‌دهد. این کشور در برنامه‌های مربوط به بهبود کیفیت هوای خود توجهات ویژه‌ای به خودروهای دیزلی کرده است. فروش خودروهای دیزلی و بنزینی به‌طور ۱۰۰ درصد در این کشور تا سال ۲۰۴۰ ممنوع خواهد شد. ازسوی دیگر مالیات خودروهایی با آلایندگی بالا در لندن، پایتخت افزایش یافته است.[۵]

---

۱ **همان**.

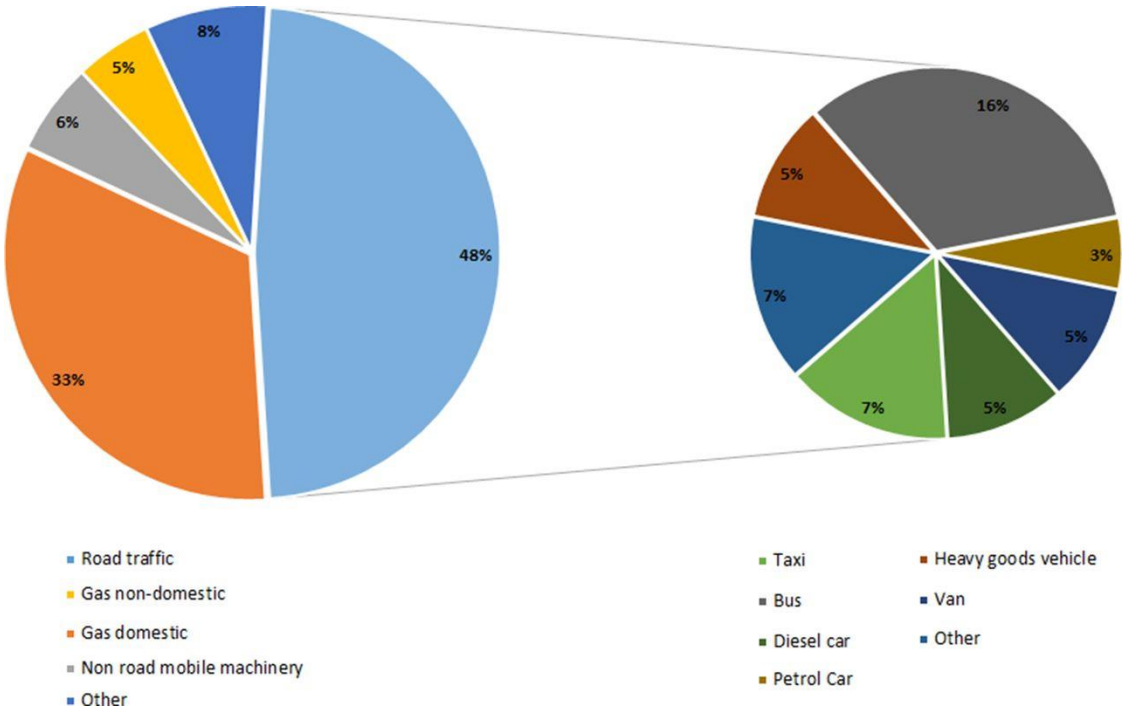
۲ **همان**.

۳. بهزاد اشجعی، وحید حسینی، بررسی و مقایسه رفتار آلایندگی و مصرف سوخت خودروهای دیزلی در ارتفاعات مختلف با استفاده از روش اندازه‌گیری همراه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، دی‌ماه ۱۳۹۶.

٤. **همان.**

5. Euronews,2018.

شکل۲. ترکیب ناوگان خودروهای شهر لندن



source: Euronews, 2018.

۹-۳. ایرلند

تا سال ۲۰۳۰، تمام اتومبیل‌های فروخته شده در ایرلند فاقد هرگونه آلودگی ناشی از خروج گاز از منبع قدرت (Zero-emissions vehicle) خواهد بود. در راستای اجرای این طرح، دولت قصد دارد ناوگانی شامل حداقل ۵۰۰ هزار وسیله نقلیه الکتریکی را فراهم می‌کند و تا سال ۲۰۵۰ به یک ترافیک کاملاً بدون کربن برسد[۱].

۱۰-۳. فرانسه

برای حمل‌ونقل، برنامه‌ها شامل اقدامات در جهت افزایش همگرایی مالیات بین بنزین و دیزل، مشوق‌های استفاده از دوچرخه، مناطق محدود ترافیک، جایگزینی یا تبدیل وسایل نقلیه موجود، توسعه زیرساخت‌های سوخت‌های جایگزین پاک و محدودیت میزان گوگرد در سوخت‌های دریایی است. گفتنی است در ماده L223-1 قانون هوای پاک این کشور آمده که در صورت وقوع یک قسمت آلودگی، زمانی که استانداردهای کیفیت هوای ذکر شده در ماده L 221-1 مورد احترام قرار نگیرد، مقام محلی باید بلافاصله به‌طور عمومی به شیوه‌ای که ارائه شده است اطلاع‌رسانی کند و اقداماتی را برای محدود کردن

۱. گزارش چهارم وزارت محیط زیست بریتانیا، ۲۰۱۸.

مقیاس و آثار آلودگی هوا انجام دهد. این اقدامات که در استفاده از برنامه محافظت از جو در زمان مورد نظر و با اطلاع شهرداران مربوطه اتخاذ شده است، شامل یک وسیله محدودکننده یا متوقف‌کننده فعالیت‌هایی است که به کیفیت هوا صدمه زده و شامل فعالیت‌هایی همچون کاهش تردد وسیله نقلیه و ترافیک و کاهش انتشار از منابع ثابت است. وزیر حمل‌ونقل هوایی، در صورت وقوع یک دوره از آلودگی طولانی‌مدت اقدامات لازم را جهت توجه به آلودگی ناشی از حرکات هواپیما را انجام می‌دهد.[۱]

فرانسه قصد دارد تا سال ۲۰۴۰ فروش ماشین‌های با بنزین یا موتورهای دیزلی را ممنوع کند. وزیر محیط زیست فرانسه این هدف را «انقلابی» خوانده است، اما معتقد است که شرایط رسیدن به آن برای دولت مهیاست. در این زمینه، از مردم خواسته خواهد شد تا خودروهای با آلایندگی زیاد (خودروهای بنزینی سال ۱۹۹۷ و قبل‌تر و خودروهای دیزلی ساخت سال ۲۰۰۱ و قبل‌تر) را با خودروهایی با سوخت پاک‌تر تعویض کنند.[۲]

۱۱-۳. برزیل

در ۲۴ سپتامبر ۲۰۰۹،۳CONAMA (شورای ملی محیط زیست) قطعنامه شماره ۴۱۵ را به تصویب رسانده، که اجرای فاز L6 در سال ۲۰۱۶ را معرفی می‌نماید. فاز L6 محدودیت‌های جدیدی را برای انتشار اگزوز و سایل نقلیه مسافربری سبک و و سایل نقلیه تجاری سبک تعیین می‌کند. هر دو گروه برای استفاده جاده‌ای بوده و شامل وسایل نقلیه سیکل اتو و سیکل دیزل می‌گردند[۴].

فاز L6 به‌ترتیب کاهش ۶۷ و ۶۵درصد در انتشار کربن مونوکسید (CO) و نیتروژن اکسید (NOx) را علاوه‌بر بهبود کیفیت سوخت ارائه می‌دهد. نوآوری فنی اصلی پیش‌بینی شده در این فاز استفاده از دستگاه‌های خودتشخیص بوده که از ۱ ژانویه ۲۰۱۵ برای وسایل نقلیه سبک در سیکل دیزل اجباری است.[۵]

۱۲-۳. چین

در ماده (۵۹) قانون هوای پاک چین اشاره شده است که جایی که وسایل نقلیه دیزلی سنگین و یا ماشین‌آلات غیرجاده‌ای مجهز به دستگاه‌های کنترل آلودگی نباشند یا دستگاه‌های کنترل آلودگی، الزامات را برآورده نکنند و نتوانند استاندارد تخلیه آلودگی را رعایت کنند، دستگاه‌های کنترل آلودگی که الزامات مقرر را برآورده می‌کنند باید نصب یا جایگزین شوند و دولت‌های خلق استان‌ها، مناطق خودمختار و شهرداری‌های مستقر تحت حکومت مرکزی می‌توانند در مناطقی که شرایط در دسترس

---

۱. قانون هوای پاک کشور فرانسه برگرفته از وبگاه رسمی https://www.legifrance.gouv، 2010.
۲. **همان**.
3. The National Council of the Environment
٤. گزارش چهارم وزارت محیط زیست بریتانیا، ۲۰۱۸.
٥. **همان**.

هستند، محدودیت‌های انتشار مربوط به استانداردهای مربوط به انتشار آلاینده‌های هوا در داخل کشور را پیش ببرند و گزارش آنها را جهت ثبت به اداره صلاحیت حفاظت از محیط‌زیست تحت شورای دولتی ارسال کنند.[۱]

همچنین در ماده (۶۵) این قانون اشاره شده است که تولید، واردات و فروش سوخت‌هایی که استانداردها را رعایت نمی‌کنند برای وسایل نقلیه موتوری و ماشین‌آلات غیرجاده‌ای ممنوع است. این ممنوعیت‌ها شامل ممنوعیت فروش سوخت دیزل معمولی و سایر وسایل نقلیه غیرموتوری به اتومبیل و موتورسیکلت؛ ممنوعیت ماشین‌آلات غیرجاده‌ای، کشتی‌های رودخانه‌های داخلی جیانگهای (احتمالاً شرکتی در چین) به فروش نفت پسماند و نفت سنگین است.[۲]

ازسوی دیگر، چشم‌انداز صنعتی چین درحال حاضر بیشتر به تولید خودروهای هیبریدی و نهایتاً برقی متمرکز شده؛ به نحوی که براساس آمار منتشره در سال ۲۰۱۶ برابر ۴۰ درصد خودروهای برقی جهان در چین تولید می‌شوند.

باید در نظر گرفت که حذف خودروهای با برچسب زرد (یا سناریو EYLV)پس از سال ۲۰۱۵ به شکل محسوس عملکرد خود را از دست می‌دهد پس نباید به‌عنوان سناریوی اصلی در آینده مورد استفاده قرا گیرد و باید سناریوهای جدید برای محدودکردن یا حذف‌کردن خودروهای با انتشار آلودگی بالا مورد استفاده قرار گیرد که از این میان می‌توان به سناریوهای China1 یا خودروهای دیزلی China2 اشاره کرد.[۳]

۴. خودروهای دیزلی در ایران

شماره‌گذاری خودروهای سواری دیزلی از سال ۱۳۵۳ در ایران ممنوع اعلام شد. در ایران از موتورهای دیزلی تنها می‌توان در خودروهای حمل بار و همچنین حمل مسافر در ابعاد سنگین و نیمه‌سنگین (مینی‌بوس و ون) استفاده کرد. اطلاعات مربوط به تعداد خودروهای پلاک شده دارای موتور دیزلی تا سال ۱۳۹۷ در کشور براساس آمار پلیس راهور ناجا در جدول ۳ آورده شده است.

۱. قانون هوای پاک کشور چین، - .http://www.gov.cn/zwgk/2013

۲. **همان.**

3. Y.H. Liu, W.Y. Liao, L.Y. Huang, W.J. Xu, X.L Zeng, Reduction measures for air pollutants

جدول۳. تعداد خودروهای پلاک شده دارای موتور دیزلی تا سال ۱۳۹۷ در کشور

ناوگان	تعداد پلاک شده‌های دارای موتور دیزلی
وانت	۷۲,۲۸۹
کامیون	۴۱۲,۶۳۷
کامیونت	۶۳,۳۰۲
سواری	۱,۲۷۱
کامیون کشنده	۱۷۲,۱۴۶
مینی‌بوس	۷۸,۲۴۵
نیمه‌یدک	۱۱۹
اتوبوس	۴۶,۲۴۸
آمبولانس	۸۳۶
تراکتور و کشاورزی	۱۸۶,۷۰۵
سایر	۶۹
مجموع	۱,۰۳۳,۸۶۷
درصد از کل خودورهای پلاک شده	۵/۰۵

مأخذ: آمار پلیس راهور ناجا،۱۳۹۷.

همان‌طور که در جدول ۳ آمده است، درحال حاضر حدود ۵ درصد از کل ناوگان خودروهای ایران تحت کاربری‌های مختلف دارای موتور دیزلی هستند. ولی با وجود این در ابتدای گزارش توضیح داده شد که همین درصد کم از خودروهای دیزلی مصوب اصلی آلودگی هوا در کلان‌شهرهای کشور هستند. استاندارد آلایندگی بیشتر این خودروها نیز متشکل از سطوح یورو۳ به پایین است که این هم یکی از دلایل سهم قابل توجه این خودروها در آلودگی هواست. همچنین حدود نیمی از این خودروهای دیزلی عمری بالای ۲۰ سال دارند که موجب آلایندگی چند برابری این خودروها نسبت به حدود مجاز استاندارد می‌شود. با این حال طی سالیان گذشته تلاش‌هایی برای مهار و کنترل آلایندگی خودروهای دیزلی در کلان‌شهرهای کشور صورت گرفته است.

۵. سابقه مبارزه با دود دیزل در ایران

در طی سال‌های گذشته مصوبات متعدد و تأثیرگذاری توسط مراجع قانونگذار برای مبارزه و حذف منابع آلاینده دیزلی ارائه شده است. در اینجا به‌طور مختصر به تعدادی از این مصوبات اشاره می‌کنیم.

- بند «۳-۲» مصوبه هیئت وزیران به شماره ۱۲۷۸۲/ت۴۹۹۵۲ه مورخ ۱۳۹۳/۰۲/۱۰: «استفاده از صافی (فیلتر ذرات) برای خودروهای دیزلی سنگین».

- بند «۱-۴» مصوبه هیئت وزیران به شماره ۱۲۷۸۲/ت۴۹۹۵۲ه مورخ ۱۳۹۳/۰۲/۱۰: «منوط

شدن شماره‌گذاری خودروهای دیزلی به نصب فیلتر دوده».

- تبصره «۲» ماده (۲) آیین‌نامه فنی ماده (۲) قانون هوای پاک: «از تاریخ ابلاغ این تصویبنامه باید در تمام شهرهای دارای اولویت، سوخت بنزین یورو۴ و سوخت نفت-گاز یورو۴ در دسترس باشد».

- تبصره «۳» ماده (۲) آیین‌نامه فنی ماده (۲) قانون هوای پاک: «وزارت نفت موظف است از تاریخ ابلاغ این تصویبنامه، نسبت به توزیع سوخت نفت-گاز یورو۴ مورد نیاز در جایگاه‌های سوخت موضوع فهرست پیوست که تأیید شده به مهر دفتر هیئت دولت است اقدام نماید».

- ماده (۴) آیین‌نامه فنی ماده (۲) قانون هوای پاک: «برنامه زمانی اعمال حداقل حدود مجاز آلایندگی خودروهای تولید داخل و وارداتی»:

جدول ۴. مصوبات مهم در حوزه رعایت استانداردها توسط خودروها

ردیف	نوع خودرو	از تاریخ ابلاغ این تصویبنامه	از ۱۳۹۸/۱/۱	۲۹ اسفند ۱۴۰۰ به بعد
۱	خودروهای غیردیزلی (بنزینی، قوای محرکه ترکیبی یا هیبریدی، گازسوز سبک و سنگین و دوگانه‌سوز)	یورو ۴	یورو ۵	استاندارد روز اتحادیه اروپا
۲	خودروهای دیزلی	یورو ۶ یا استاندارد یورو ۴ به همراه نصب پالایشگر (فیلتر) جاذب ذرات معلق (DPF) یا استاندارد یورو ۵ EEV		

آنچه در بالا اشاره شد منتخبی از مصوبات مهم در جهت کنترل و کاهش آلایندگی ناوگان دیزلی در ایران است که تقریباً تمامی ابعاد مربوطه را پوشش داده است. در سال‌های اخیر نیز بهبودهایی در کیفیت هوا به‌واسطه مصوبات این چنینی حادث شده، اما تا رفع کامل مشکل آلایندگی خودروهای دیزلی راه زیادی باقی است. همین مصوباتی که در اینجا به آن اشاره کرده‌ایم هم به‌طور مطلوب و بعضاً به‌طور مطلق اجرا نشده است. مثلاً مصوبه مربوط به نصب فیلتر دوده روی خودروهای سنگین درحال تردد اجرایی نشده و از زمان تصویب (سال ۱۳۹۵) تا زمان حاضر تنها حدود ۵۰ دستگاه اتوبوس در شهر تهران اقدام به نصب فیلتر کرده‌اند. بنابراین برای حذف آلایندگی دیزل در ایران قوانین لازم وجود دارد، اما در اجرای آنها مشکلات بسیاری دیده می‌شود.

۶. مشروعیت تولید سواری دیزلی در ایران

همان‌طور که بالاتر اشاره شده همین تعداد خودروهای دیزلی اندکی که در کشور وجود دارد تأثیراتی در کیفیت هوا به جای می‌گذارند که در قیاس با ناوگان‌ها و منابع آلاینده دیگر بسیار چشمگیر است. حال فرض کنید که بر این تعداد، ناوگان دیزلی جدیدی هم اضافه شود. در این صورت آثار محتمل‌الظهور قابل پیش‌بینی و بسیار نگران‌کننده است.

موتوری که اخیراً یکی از شرکت‌های تحت پوشش خودروسازان داخلی به‌عنوان طرح پیشنهادی برای تولید سواری دیزلی در ایران ارائه کرده است بنا به اظهارات کارشناسان مسئول می‌تواند تا حد استاندارد آلایندگی یورو۵ را رعایت کند، که البته ضرورت دارد در اولین گام ادعای استاندارد یورو ۵ این موتور بررسی و راستی‌آزمایی شود. طراحی موتور مذکور در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ یعنی ۱۲ سال پیش انجام شده است، و فارغ از آنکه اساساً پروژه‌ای که طبق استانداردهای توسعه محصول جدید و طبق برنامه اولیه مرکز مربوطه باید طی ۳ سال به تولید انبوه می‌رسید، با اتلاف ده‌ها میلیون دلار پس از ۱۲ سال کماکان وضعیت نامشخصی دارد. باید توجه داشت که ضمانت استاندارد آلودگی موتور دیزل سواری در دنیا، مشارکت تمام و کمال شرکت طراح اصلی، یعنی بوش آلمان است که هیچ جایگزینی برای آن وجود ندارد. با توجه به رفتار کج‌دار و مریض این شرکت آلمانی طی سالیان گذشته، پشتیبانی آن از سازنده داخلی در ارائه قطعات اصلی در هاله‌ای از ابهام قرار دارد و در صورتی که همکاری شرکت مذکور با سازنده داخلی دچار اخلال شود همان سطح آلایندگی یورو۵ که برای این موتور ادعا شده نیز تحت‌الشعاع قرار خواهد گرفت.

بر فرض که ادعای یورو ۵ بودن این موتور صحت داشته باشد، بازهم به لحاظ آلایندگی نگرانی جدی در مورد محصول فرضی وجود خواهد داشت، زیرا در قسمت‌های قبل توضیح داده شد که به‌واقع مسئله آلایندگی خودروهای دیزلی تنها در استاندارد آلایندگی یورو۶ مرتفع گشته و استانداردهای قبلی دچار ضعف‌های جدی و عدم کارایی لازم است.

خودرو دیزلی یورو۵ ملزم است که به‌طور مداوم از سوخت حاوی گوگرد کمتر از ۵۰ قسمت در میلیون(50 ppm) استفاده کند. چنانچه خودرو به‌صورت مدام از سوخت بالای 50ppm گوگرد یا به صورت محدود از سوخت با گوگرد بالاتر از 250ppm گوگرد استفاده کند، سیستم کنترل آلایندگی خودرو به سرعت تخریب شده به گونه‌ای که نه تنها عملکرد کنترل آلودگی از بین می‌رود، بلکه توان خروجی موتور نیز به‌صورت محسوس کاهش می‌یابد که به‌دلیل هزینه‌های بسیار سنگین تعمیر سیستم، رانندگان به‌طور قطع به حذف کامل سیستم کنترل آلودگی روی می‌آورند. سؤال اینجاست که درحالی‌که درصد زیادی از جایگاه‌های سوخت دیزل در کشور سوختی با این کیفیت ارائه نمی‌دهند، چه ضمانتی وجود دارد که این خودروها با بارگیری سوخت‌های کم‌کیفیت دچار عیب و نهایتاً حذف کامل سیستم

کنترل آلودگی نشوند؟ در صورتی که این اتفاق رخ دهد عملاً این خودروها مدتی پس از تولید به جای سطح آلایندگی یورو۵ با سطوح بسیار بالاتری از آلایندگی در سطح شهر تردد خواهند کرد.

در سالیان گذشته تجربه نشان داده است که خودروسازان داخلی همواره محصولاتی به بازار ارائه کرده‌اند که به‌لحاظ آلایندگی دوام چندانی ندارد. اگر فرض کنیم که سازمان حفاظت محیط زیست وظایف نظارتی خود را برای صدور گواهینامه‌های تأیید نوع (TA) و تطابق تولید (COP) آلایندگی به درستی انجام دهد (که ذاتاً برای موتور دیزل یورو ۵ کار دشواری است و امکانات سخت‌افزاری در کشور وجود ندارد)، تجارب متعدد ما نشان می‌دهد که دوام آلایندگی محصول به شدت پایین بوده و در همان ابتدای کاربری به سطح نامطلوبی از آلایندگی می‌رسد. اگر همین فرایند برای دیزل سواری تکرار شود – که قطعاً خواهد شد – با انبوهی از خودروهای دیزلی آلاینده در حال تردد مواجه خواهیم بود.

اروپا در سالیان گذشته با استدلالات کاهش سهم بنزین وارداتی از خاورمیانه یا کاهش مصرف سوخت، به سمت ناوگان دیزل سواری حرکت کرد. حرکتی که عملاً تمام شهرهای عمده اروپایی را به وضعیت نامطلوب آلودگی هوا از منظر ذرات و NO2 کشاند. شهر پاریس با ناوگانی که عمدتاً یورو ۵ به بالا هستند همچنان به تعطیلی کشیده می‌شود و شهرداران شهرهای عمده اروپایی به‌دلیل آلودگی بالای همین دیزل‌های سواری، برنامه‌های خود را برای منع مطلق ورود هرگونه خودرو غیربرقی به شهرهای‌شان بین سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۴۰ اعلام کرده‌اند. این اروپاست، می‌توانیم تجسم کنیم که وضعیت کلان‌شهرهای ایران چه خواهد شد؟ قاطعانه می‌توان اذعان داشت که اگر ناوگان تهران مانند شهرهای اروپایی خودرو سواری دیزل داشت، اکنون تهران قابل سکونت نبود.

مطالعات متعددی که نمونه‌ای از آن در قسمت‌های ابتدایی گزارش اشاره شد نشان می‌دهد که ارتفاع بالا از سطح دریا عملکرد منفی بر عملکرد خودروهای دیزلی به‌لحاظ آلایندگی دارد. حال با توجه به ارتفاع بالای اکثر شهرهای بزرگ کشور از سطح دریا می‌توان به این نتیجه رسید که به‌طور ذاتی خودروهای دیزلی در زمان تردد در شهرهای بزرگ کشور آلایندگی بیشتری نسبت به سطحی از آلایندگی که برای آن طراحی شده اند، خواهند داشت.

بنابراین با لحاظ جمیع موارد مطرح شده در فوق یقیناً مصلحت در عدم تولید خودروی سواری دیزلی و به‌طور کلی تا حد امکان عدم اجازه افزایش ناوگان خودروهای دیزلی در ایران است و لازمه حل معضل آلایندگی خودروهای دیزلی موجود نیز اهتمام به اجرای مصوبات مربوطه است.

۷. ابهام‌های موجود در تولید خودروی دیزلی

دلایل اصلی که از جانب موافقان تولید خودروی سواری دیزلی در ایران مطرح می‌شود دو قسمت است که در ذیل به بررسی آنها می‌پردازیم:

۱-۷. کاهش مصرف سوخت

کاهش استفاده از حامل‌های انرژی و مصرف سوخت امری است که در اکثر اسناد بالادستی و قوانین و مصوبات به آن اشاره شده است و سیاست‌های کلی بخش انرژی نیز در همین راستاست، بنابراین هر گونه تصمیمی که باعث صرفه‌جویی در مصرف سوخت شود در راستای این سیاست‌ها قرار خواهد گرفت. تولید خودروی دیزلی نیز با توجه به پایین‌تر بودن مصرف سوخت آن نسبت به خودروهای بنزینی می‌تواند از حمایت سیاست فوق بهره‌مند شود. اما نکته‌ای که باید به آن توجه شود این است که در کنار مسئله کاهش مصرف سوخت، باید سایر سیاست‌های کلی نیز در تصمیم‌گیری‌ها لحاظ شود. باید تمامی جوانب نیز مورد بررسی قرار گیرد تا از مزیت عمومی تصمیمات اطمینان خاطر حاصل شود، و نباید به قیمت آلوده شدن هوای شهرها به کاهش مصرف سوخت دست یافت. جدا از سایر جنبه‌های دیگر در اینجا به محاسبات ساده‌ای برای بررسی تولید سواری دیزلی به لحاظ اقتصادی پرداخته می‌شود.

همان‌گونه که در قسمت‌های ابتدایی گزارش اشاره شد، خودروهای دیزلی نسبت به خودروهای بنزینی همسان بین ۲۰ تا ۳۰ درصد مصرف سوخت پایین‌تری دارند. اگر میانگین مصرف سوخت خودروهای بنزینی تولید داخل برابر ۷/۵ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر باشند (گزارش شرکت بازرسی کیفیت و استاندارد ایران) و قیمت واقعی هر لیتر بنزین ۴۳ سنت باشد، صرفه‌جویی ناشی از جایگزینی یک خودروی بنزینی با یک خودروی دیزلی در طول یک سال به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

جدول ۵. صرفه‌جویی ناشی از جایگزینی خودرو بنزینی با خودروی دیزلی در طول سال

میانگین مصرف سوخت یک خودرو بنزینی تولید داخل	۷/۵ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر
کاهش مصرف سوخت یک خودرو با کاهش ۲۵ درصدی مصرف سوخت ناشی از تبدیل شدن به یک خودرو دیزلی	۱/۸۷۵ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر
کاهش مصرف سوخت سالیانه یک خودرو براساس پیمایش سالیانه ۲۰,۰۰۰ کیلومتر	۳۷۵ لیتر
صرفه‌جویی هزینه ناشی از مصرف سوخت یک خودرو در طول یک سال براساس قیمت واقعی ۴۳ سنتی هر لیتر بنزین	۱۶۱ دلار آمریکا

مأخذ: اشجعی، ۱۳۹۸.

حال هزینه‌های اضافی ایجاد شده ناشی از افزایش آلایندگی مربوط به تغییر خودروی بنزینی به دیزلی را محاسبه می‌کنیم. براساس گزارش بانک جهانی شهر تهران سالیانه ۲/۶ میلیارد دلار خسارت ناشی از آلودگی هوا را متحمل می‌شود.[1] این میزان خسارت تماماً مربوط به آلاینده ذرات معلق است که عامل اصلی آن نیز خودروهای دیزلی هستند. براساس گزارش سیاهه انتشار آلودگی هوای شهر تهران

1. Air pollution in Tehran: Health cost, Sources, And Policies Discussion Paper, World Bank Group, March 2018.

نیز سالیانه ۸۶۰۰ تن ذرات معلق ناشی از منابع مختلف به هوا منتشر می‌شود. از طرفی براساس گزارش پروژه منشأیابی ذرات معلق هوای شهر تهران به‌طور میانگین در طول سال ۵۱ درصد از ذرات معلق در هوای شهر تهران به‌صورت اولیه منتشر می شود و باقی ذرات به دنبال واکنش‌های موجود در جو ایجاد می‌گردند (آنالیز شیمیایی ذرات معلق ($PM_{2.5}$) هوای شهر تهران به منظور مطالعات منشأیابی اسفندماه۱۳۹۲- بهمن‌ماه ۱۳۹۳ – شرکت کنترل کیفیت هوا). با توجه به اطلاعات بالا، فایده ناشی از کاهش انتشار یک کیلوگرم ذرات معلق به هوا به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

جدول۶. فایده ناشی از کاهش انتشار یک کیلوگرم ذرات معلق به هوا

Description	Unit	Amount	Source
Annually economic cost of PM	USD	2,600,000,000	Heger and Sarraf, 2018 (WBG)
Mobile sources share in PM emissions	%	71	Annual Report of AQCC-2017
Primary pollutant portion in PM	%	51	Arhami *et al.*, 2017
Primary pollutant of mobile source cost	USD	934,830,000	
Amount of PM of mobile source	kg	5,930,000	Tehran emission inventory-2014
PM cost of mobile source per kg	**USD**	**158**	

Sourse: Cleaning the air of Tehran, one Bus at a Time: Retrofit Solutions for the Ageing Diesel Bus Fleet in Tehran – World Bank – 2019.

در صورتی که ادعای استاندارد آلایندگی یورو۵ خودرو مذکور نیز صحیح باشد و این خودرو در طول عمر مفید خود ۲ برابر حد مجاز استاندارد یورو۵ آلاینده ذرات معلق منتشر کند با جایگزینی یک خودروی بنزینی با یک خودرو دیزلی ضرر وارده ناشی از افزایش انتشار آلاینده به هوا به‌صورت ذیل محاسبه می‌شود.

جدول ۷. ضرر ناشی از افزایش انتشار آلاینده هوا با جایگزینی خودروی بنزینی با خودرو دیزلی

ضرر انتشار هر کیلوگرم ذرات معلق به هوا	۱۵۸ دلار
حد مجاز آلاینده ذرات معلق در استاندارد یورو۵ برای خودروهای سواری دیزلی	۰/۰۰۵ گرم برکیلومتر
متوسط آلایندگی ذرات معلق یک خودرو سواری دیزلی در طول عمر مفید	۰/۰۱ گرم بر کیلومتر
میزان افزایش انتشار ذرات معلق در طول سال با جایگزینی یک خودرو سواری بنزینی با دیزلی با فرض پیمایش سالیانه ۲۰,۰۰۰ کیلومتر	۰/۲ کیلوگرم
ضرر ناشی از افزایش انتشار ذرات معلق در طول یک‌سال	۳۱/۸ دلار

مأخذ: اشجعی،۱۳۹۸.

با توجه به محاسبات بالا، ضرر ناشی از افزایش آلودگی هوا در اثر جایگزینی یک خودروی بنزینی با خودروی دیزلی برابر ۳۱/۸ دلار آمریکاست. در قسمت های قبل اشاره شد که هزینه‌های تعمیر و نگهداری از تجهیزات کاهنده آلایندگی خودروهای دیزلی بسیار بالاتر از خودروهای بنزینی است. این هزینه براساس نوع تجهیزات استفاده شده متغیر است، اما به‌طور میانگین برابر ۱۴۶ دلار در سال برای

یک خودروی دیزلی تخمین زده می شود [1]. حال با جمع این عدد با ضرر ناشی از افزایش آلودگی هوا به زیان اقتصادی ۱۷۷/۸ دلار در سال می‌رسیم که در قیاس با صرفه‌جویی ۱۶۱ دلاری در مصرف سوخت عدد بزرگ‌تری است.

البته تولید سواری دیزلی هزینه‌های دیگری نیز علاوه‌بر افزایش آلودگی هوا و تعمیر و نگهداری ایجاد خواهد کرد. باید به این نکته توجه داشت که جایگزینی سوخت بنزین با سوخت دیزل نیز هزینه اضافی ایجاد می‌کند، زیرا فرآوری سوخت دیزل یورو۵ نسبت به سوخت بنزین هزینه‌های بیشتری را تحمیل می‌کند. در محاسبات هیچ‌کدام از این هزینه‌های اضافی لحاظ نشده است، بنابراین اگر هزینه‌های مذکور نیز به این محاسبات اضافه شود قطعاً کفه ترازو بیشتر به سمت عدم تولید خودرو دیزلی سواری متمایل خواهد شد.

۲-۷. استفاده از خودروهای دیزلی در خارج از کلان‌شهرها

یکی دیگر از استدلالات مطروحه برای تولید خودروی سواری دیزلی آن است که این خودروها به‌جهت عدم تأثیرگذاری در آلودگی هوای کلان‌شهرها، به‌صورت مشروط و تنها برای استفاده در خارج از کلان‌شهرها پلاک‌گذاری شود. در پاسخ به این استدلال باید بیان کرد که تقریباً هیچ مانعی برای تردد خودروهای جاده‌ای در شهرها وجود ندارد به ویژه آنکه مالک خودرو با سرمایه‌ای تقریباً دو برابر قیمت خودرو بنزینی همنوع و هم مدل، خودرو دیزلی را تهیه کرده باشد، فارغ از تبعات زیست‌محیطی محصول و حتی به بهای تغییر در سیستم کنترل آلودگی خودرو، خود را محق می‌داند که بدون هیچ محدودیتی در سراسر کشور تردد کند. تاکنون بارها تلاش شده تا شماره‌گذاری دیزلی‌های سنگین با کاربری شهری و کاربری جاده‌ای جدا شود که هیچ‌کدام از این تلاش‌ها نتیجه‌بخش نبوده است. در هیچ یک از کشورهای توسعه‌یافته دیگر، حتی کشورهایی که به‌شدت با مشکل آلودگی خودروهای دیزلی دست و پنجه نرم می‌کنند نیز سابقه‌ای مبنی بر جداسازی ناوگان برون‌شهری با درون‌شهری به‌لحاظ استانداردهای آلایندگی وجود ندارد. در هرحال، انواع دیزلی‌های سنگین با کاربری جاده‌ای در شهرها تردد می‌کنند و لذا تضمینی به باقی ماندن این خودروها در جاده‌ها مطلقاً وجود ندارد. علاوه‌بر آن، شماره‌گذاری محصول برای کاربری جاده‌ای، گام اول برای ورود این محصول به مصارف شهری است که در نتیجه آن یک فاجعه زیست‌محیطی رقم خواهد خورد.

1. Cleaning the Air of Tehran, one Bus at a Time: Retrofit Solutions for the Ageing Diesel Bus Fleet in Tehran – World Bank – 2019.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

بی‌شک مهم‌ترین عامل مسبب آلودگی هوا براساس گزارش‌های سیاهه انتشار، خودروهای دیزلی هستند. این مهم نه فقط در ایران، بلکه در سایر کشورها مانند کشورهای اروپایی نیز وجود دارد و آلایندگی خودروهای دیزلی درحال تردد در شهرهای بزرگ اروپایی تبدیل به یک بحران سخت شده است. ضمن اشاره به این نکته که هرگونه منبع احتراقی موجب تشدید آلودگی هوا می‌شود، تولید خودروی سواری دیزلی به‌جای بنزینی تأثیرات بسیار مخرب‌تری در تشدید بحران آلودگی هوا دارد. آلاینده‌های عمده منتشره از خودروهای دیزلی در مقایسه با خودروهای بنزینی بسیار خطرناک‌تر هستند. کنترل آلایندگی خودروهای دیزلی بسیار پیچیده‌تر از خودروهای بنزینی است و درصورتی که این پیچیدگی در طراحی خودرو لحاظ نشود آلایندگی آن به مراتب بیشتر از شرایط معمولی خواهد شد. تجهیزات کنترل آلایندگی خودروهای دیزلی نسبت به سوخت مصرفی حساسیت بسیار بیشتری نسبت به کاتالیست سه‌راهه‌ای دارد که در خودروهای بنزینی استفاده می‌شود، و این تجهیزات نیازمند صرف هزینه و انرژی برای مراقبت در زمان عملکرد دارند. توجه به این نکته ضروری است که مشکل اصلی آلودگی خودروهای دیزلی تنها در استاندارد یورو۶ مرتفع شده و استانداردهای ماقبل کارایی لازم را ندارد، ولی برای خودروهای بنزینی این گونه نیست و سطح آلایندگی یورو۶ برای آنها تفاوت چندانی با سطوح قبلی نداشته و برای یک خودرو بنزینی استاندارد یورو۵ نیز می‌تواند در شرایط فعلی کشور مکفی و قابل اتکا باشد. همین مسائل باعث شده تا بیشتر کشورها در جهت حذف خودروهای دیزلی از ناوگان خودروهای خود حرکت کنند و به توسعه تولید و استفاده از خودروهای برقی و هیبریدی به‌عنوان حمل‌ونقل پاک روی آورند. در این شرایط حرکت به سمت راهی که کشورهای توسعه‌یافته سال‌های پیش پیموده‌اند و تغییر مسیر از آن را در پیش گرفته‌اند به هیچ وجه منطقی نیست.

درصورت کاهش مصرف سوخت ناوگان خودروهای کشور در نتیجه تولید خودروی سواری دیزلی ممکن است صرفه‌جویی‌هایی از این جهت صورت پذیرد، اما زمانی که سایر جنبه‌ها و معایب تولید خودروهای سواری دیزلی را بررسی کنیم، متوجه خواهیم شد که ضرر ناشی از تولید این خودروها در نتیجه افزایش آلودگی هوا و افزایش هزینه‌های تولید و استفاده از خودروهای دیزلی، بسیار بیشتر از صرفه‌جویی اقتصادی صورت گرفته در کاهش مصرف سوخت است به‌طوری‌که ضرر ناشی از افزایش آلودگی هوا در اثر جایگزینی یک خودروی بنزینی با خودروی دیزلی برابر ۳۱/۸ دلار آمریکاست. همچنین همان‌طور که عنوان شد هزینه‌های تعمیر و نگهداری از تجهیزات کاهنده آلایندگی خودروهای دیزلی بسیار بالاتر از خودروهای بنزینی است. این هزینه براساس نوع تجهیزات استفاده شده متغیر است، اما

به‌طور میانگین برابر ۱۴۶ دلار در سال برای یک خودروی دیزلی تخمین زده می‌شود.[1] حال با جمع این عدد با ضرر ناشی از افزایش آلودگی هوا به زیان اقتصادی ۱۷۷/۸ دلار در سال می‌رسیم که در قیاس با صرفه‌جویی ۱۶۱ دلاری در مصرف سوخت عدد بزرگ‌تری است. بنابراین با استفاده از تحلیل هزینه – فایده درمی‌یابیم که تولید خودروی سواری دیزلی به‌لحاظ اقتصادی نیز توجیه‌پذیر نبوده و به‌شدت زیانبار است.

به‌نظر نمی‌رسد صرف هزینه ۵۰ میلیون دلاری در طراحی این موتور دیزلی دربردارنده مصالح کشور باشد، بلکه انتظار می‌رفت به جای صرف این هزینه‌ها، در جهت طراحی و پیشرفت حمل‌ونقل پاک قدم برداشته می‌شد. در شرایط کنونی باید با بهره‌گیری از تجارب سایر کشورها، در جهت توسعه و تولید خودروهای برقی و هیبریدی قدم برداشت تا بدین ترتیب از فاصله تکنولوژی صنعت خودرو داخلی با پیشگامان این صنعت در دنیا کاسته شود. عصر آینده، زمان رشد حمل‌ونقل پاک خواهد بود و در صنعت خودرو آتی، محصولاتی که تنها از سوخت‌های فسیلی برای پیشرانش خود استفاده می‌کنند، جایی نخواهند داشت.

منابع و مآخذ

۱. شهبازی، حسین ودیگران. سیاهه انتشار آلایندگی شهر تهران برای سال مبنای ۱۳۹۲ جلد اول: گزارش جامع سیاهه انتشار شهر، شرکت کنترل کیفیت هوا ۱۳۹۴.

۲. «گزارش سالانه کیفیت هوای تهران در سال ۱۳۹۵»، شرکت کنترل کیفیت هوا، خردادماه ۱۳۹۶.

۳. «گزارش سالانه کیفیت هوای تهران در سال ۱۳۹۶»، شرکت کنترل کیفیت هوا، اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۷.

۴. «گزارش سالانه کیفیت هوای تهران در سال ۱۳۹۷»، شرکت کنترل کیفیت هوا، اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۸.

۵. خازینی، لیلا و دیگران.«بررسی اثرات و عواض استفاده از سوخت دیزل و رویکرد جهانی در این خصوص»،دانشگاه تبریز.

6. IARC (International Agency for Research on Cancer), Vol 105: Diesel and Gasoline Engine Exhausts and Some Nitroarenes Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, IARC, Lyon, France, 2013.
7. Claxton, L.D., 2015. The History, Genotoxicity, and Carcinogenicity of Carbon-based Fuels and Their Emissions. Part 3: Diesel and Gasoline. Mutation Research/Reviews in Mutation Research, 763.
8. WHO (World Health Organization of the United Nations), in: World Health Organization of the United Nations (Ed.), Health in the Green Economy: Health Co-benefits of Climate Change Mitigation–Transport Sector, World Health Organization of the United Nations, Geneva, Switzerland, 2011.
9. Hendriksen, P. Vermeulen, R., Rijkeboer, R., Bremmers, D., Smokers, R. and Winkel, R. (2003) Evaluation of the Environmental Performance of Modern Passenger Cars Running on Petrol, Diesel, Automotive LPG and CNG, TNO-report 03.OR.VM.055.1/PHE.
10. Regulation No 83 of the Economic Commission for Europe of the United

1. Ibid.

Nations (UN/ECE) — Uniform Provisions Concerning the Approval of vehicles with regard to the emission of pollutants according to engine Fuel Requirements.

11. Comparison of NOx emission standards for different Euro classes, ICCT, 2014a, Emisia, 2015.

۱۲. اشجعی، بهزاد، وحید، حسینی. بررسی و مقایسه رفتار آلایندگی و مصرف سوخت خودروهای دیزلی در ارتفاعات مختلف با استفاده از روش اندازه‌گیری همراه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، دی ماه ۱۳۹۶.

۱۳. گزارش خبرگزاری Euronews،2018.

14. Liu NM, Grigg J, Diesel, children and respiratory disease, BMJ Paediatrics Open 2018;2:e000210.

۱۵. گزارش چهارم وزارت محیط زیست بریتانیا، ۲۰۱۸.

۱۶. قانون هوای پاک کشور فرانسه برگرفته از وبگاه رسمی.

https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=F85B2A0D9D6B6F97C2D6D41AD502CC77.tpdjo02v_2?idSectionTA=LEGISCTA000006143738&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20140717 ،2010

۱۷. قانون هوای پاک کشور برزیل برگرفته از وبگاه رسمی

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7735.htm#art2، قابل مشاهده در وبگاه رسمی https://perma.cc/2X9Q-ZE42،1989

۱۸. قانون هوای پاک کشور چین، برگرفته از وبگاه رسمی

به زبان چینی و ترجمه http://www.gov.cn/zwgk/2013-09/12/content_2486773.htm انگلیسی در وبگاه https://perma.cc/Q2A9-V6ZK ،2013.

19. Y.H. Liu, W.Y. Liao, L.Y. Huang, W.J. Xu, X.L Zeng, Reduction measures for air pollutants

۲۰. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، بررسی رویکرد جهانی صنعت خودرو براساس مصرف سوخت و آلایندگی، سعید شجاعی

21. Air pollution in Tehran: Health cost, Sources, And policies discussion paper, World bank group, March 2018

۲۲. شهبازی، حسین و دیگران. سیاهه انتشار آلایندگی شهر تهران برای سال مبنای ۱۳۹۲ جلد اول: گزارش جامع سیاهه انتشار شهر. شرکت کنترل کیفیت هوا ۱۳۹۴

مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش	شماره مسلسل: ۱۶۶۰۵

عنوان گزارش: تحلیلی بر آثار و عوارض تولید خودروهای سواری دیزلی با تأکید بر تجارب جهانی

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

تهیه و تدوین‌کنندگان: بهزاد اشجعی، الهه سلیمانی

مدیر مطالعه : جمال محمد ولی سامانی

ناظران علمی: حسین افشین، محمدتقی فیاضی

اظهارنظرکنندگان: سعیدشجاعی، ایرج مهرآزما

ویراستار تخصصی: ـــــ

ویراستار ادبی: ـــــ

واژه‌های کلیدی:

۱. دیزل

۲. خودرو

۳. آلایندگی

تاریخ انتشار: ۱۳۹۸/۷/۱