بررسی اثرات کیفیت بنزین و دیزل بر انتشار آلاینده ها از خودروهای سواری و سنگین

Gasoline & Diesel Quality Impacts on Light & Heavy Duty Vehicles's Pollutants Emissions

شرکت کنترل کیفیت هوا

واحد پایش و پیش بینی
آلودگی هوا

بهار ۱۳۹۲
http://air.tehran.ir

شناسنامه گزارش

تعداد جلد	۱
کد گزارش	QM92/03/02/(U)/01
عنوان گزارش	بررسی اثرات کیفیت بنزین و دیزل بر انتشار آلاینده ها از خودروهای سواری و سنگین
نویسندگان	مریم نادری، مهسا رهرو مستقیم
نظارت علمی	وحید حسینی استادیار دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شریف
تهیه کننده	شرکت کنترل کیفیت هوا
نحوه ارجاع	ذکر مطالب گزارش حاضر بدون مجوز از شرکت کنترل کیفیت هوا و با ذکر مرجع به صورت زیر بلامانع است. مریم نادری، مهسا رهرو مستقیم، وحید حسینی " بررسی اثرات کیفیت بنزین و دیزل بر انتشار آلاینده ها از خودروهای سواری و سنگین"، گزارش فنی شرکت کنترل کیفیت هوا، شماره QM92/03/02/(U)/01 – خرداد ۱۳۹۲
ویرایش	اول
نسخه الکترونیکی	فایل pdf این گزارش در وب سایت شرکت کنترل کیفیت هوا به آدرس http://air.tehran.ir قابل دسترسی می باشد.

فهرست مطالب

شناسنامه گزارش ۱
فهرست مطالب ۲
چکیده ۳
۱- مقدمه ۵
۱-۱- تعریف سوخت ۵
۱-۲- انواع سوخت ها ۵
۱-۳- ترکیب شیمیایی سوخت های نفتی ۶
۱-۴- پالایش نفت ۷
۲- سوخت بنزین ۱۰
۲-۱- خصوصیات بنزین ۱۰
۲-۲- اثرات هیدروکربن‌های سوخت بر انتشار آلایندگی ۱۵
۲-۳- دیگر عوامل موثر بر انتشارات ۲۳
۲-۴- استانداردهای کیفیت بنزین مرتبط با آلودگی ۲۷
۲-۵- آنالیز بنزین موجود درایران ۳۲
۲-۶- تحلیل نتایج آنالیز بنزین ۴۱
۳- سوخت دیزل ۴۳
۳-۱- عدد ستان ۴۳
۳-۲- دانسیته ۴۶
۳-۳- تقطیر ۴۶
۳-۴- هیدروکربن‌های پلی آروماتیک ۴۷
۳-۵- گوگرد ۵۰
۳-۶- جاذب NO_x ۵۲
۳-۷- انتشار آلاینده ها از خودروهای با تکنولوژی پیشرفته ۵۳
۳-۸- دیگر عوامل موثر بر انتشار ۵۸
۳-۹- آنالیز سوخت دیزل موجود درایران ۶۰
۳-۱۰- تحلیل نتایج آنالیز سوخت دیزل ایران ۶۷
۴- منابع ۶۹
۵- پیوست‌ها ۷۱
۵-۱- پیوست ۱: نمودار مصرف انرژی در دنیا از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۳۵ ..... ۷۱
۵-۲- پیوست ۲: نمودار مصرف انرژی در کشور آمریکا از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۳۵ ..... ۷۱
۵-۳- پیوست ۳: جدول استاندارد RFG کالیفرنیا ۷۲
۵-۴- پیوست ۴: جدول استاندارد دیزل کالیفرنیا ۷۳
۵-۵- پیوست ۵: جدول استاندارد مشخصات بنزین در ژاپن JIS K2202 ..... ۷۴
۵-۶- پیوست۶: جدول مشخصات گازوئیل در ژاپن JIS K220 ..... ۷۵
۵-۷- پیوست۷: استاندارد خواص سوخت دیزل 98/69/EC (Euro 3) مربوط به آلودگی ۷۶

چکیده

کیفیت سوخت، تکنولوژی موتورهای احتراق داخلی و تجهیزات کاهنده آلایندگی از عوامل بسیار مهم و موثر بر نشر انواع آلاینده های اگزوز خروجی منابع آلوده کننده هوا هستند.

گزارش حاضر با مرور ادبیات علمی به بررسی اثرات کیفیت سوخت بنزین و دیزل و پارامتر های اصلی کیفیت سوخت بر نشر آلایندگی خودروها می پردازد. علاوه بر آن آنالیز کیفیت چند نمونه سوخت بنزین و دیزل توزیع شده در شهر تهران در سال های ۹۰ و ۹۱ ارائه گردیده و پارامتر های اصلی کیفی سوخت با استانداردهای روز دنیا مقایسه شده است.

بدیهی است آنالیز چند نمونه محدود نمی تواند معرف کیفیت کلی سوخت های تولیدی و توزیع شده در کشور باشد، اما گزارش حاضر اهمیت کیفیت سوخت را در مقوله نشر آلایندگی مورد بررسی کارشناسی قرار می دهد.

شرکت کنترل کیفیت هوا، شهرداری تهران

بخش اول:

مقدمه

۱- مقدمه

۱-۱- تعریف سوخت

احتراق فرآیندی است که در آن انرژی شیمیایی نهفته در یک ماده به انرژی حرارتی تبدیل می شود. ماده مورد استفاده که می تواند در فازهای جامد، مایع و گاز باشد، سوخت[1] یا ماده ی محترقه نامیده می شود.

۱-۲- انواع سوخت ها

تقسیم بندی سوخت را می توان بر اساس فاز طبیعی در دما و فشار استاندارد به شرح زیر ارائه نمود:

۱. جامد : ذغال سنگ، چوب ، سوخت های جامد راکت و موشک، مواد منفجره جامد و ...
۲. مایع : نفت، بنزین، گازوئیل، الکل، بیودیزل و...
۳. گاز : پروپان، گازهای طبیعی، گاز مصنوعی، هیدروژن و...

سوختهای هیدروکربنی عمده ترین منابع تأمین انرژی واحدهای صنعتی، حمل و نقل و مصارف خانگی را تشکیل می دهند کشف نفت و کاربرد آن در صنعت با توجه به مزایای آن در مقایسه با ذغال سنگ بخصوص از نظر سهولت حمل و نقل و تبدیل به انرژیهای حرارتی و مکانیکی موجب گسترش هر چه بیشتر مصرف نفت در جهان گردیده است. طبق نمودار شماره ۱ پیوست، و با توجه به آمارهای منتشر شده توسط اداره کل اطلاعات انرژی آمریکا[2] مصرف انرژی از 354 Quad btu[3] در سال ۱۹۹۰ به 770 Quad btu در سال ۲۰۳۵ خواهد رسید[۱]. همچنین طبق نمودار شماره ۲ پیوست، مقدار مصرف انرژی در کشور آمریکا در سال ۲۰۰۵ حدود 120 Quad btu به 150 Quad btu در سال ۲۰۳۵ خواهد رسید[۱].

عمده انرژی تجاری دنیا را نفت، ذغال سنگ، گاز، برق آبی و نیروگاه‌های اتمی تأمین می نماید. کشور ما از نظر منابع نفت چهارمین کشور جهان و از نظر منابع گاز دومین کشور جهان می باشد. بر طبق آمارهای منتشره منابع ثابت شده و قابل استحصال نفت تا پایان سال ۱۹۸۱، حدود ۵۹ میلیارد بشکه برآورد گردیده که از این مقدار حدود ۴۴ میلیارد بشکه بطور طبیعی و با حفر چاه (استخراج اولیه) و بقیه به کمک تزریق آب یا گاز (استخراج ثانویه) قابل بهره برداری می باشد.

1 Fuel
2 U.S. Energy Information Administration
3 1Quad btu= 10^{15} btu = $1.055*10^{18}$ jouls

۱-۳- ترکیب شیمیایی سوخت های نفتی

هر محصول نفتی از تعداد بیشماری ترکیبات هیدروکربنی متفاوت تشکیل شده که هر کدام خواص و ویژگی‌های خاصی را داراست. هیدروکربن‌های موجود در سوخت‌های مختلف در زمره یکی از طبقات پنج گانه زیر طبقه بندی می شوند:

۱. پارافین‌ها[۴]
۲. الفین‌ها[۵]
۳. نفتن‌ها[۶]
۴. آروماتیک‌ها[۷]

۱-۳-۱- پارافین‌ها

پارافین های زنجیری ترکیبات پایدار و اشباع با فرمول شیمیایی C_nH_{2n+2} هستند. پارافین ها به دو صورت مولکول با شاخه مستقیم یا عادی (پارافین نرمال) و یا شاخه دار (ایزوپارافین)[۸] وجود دارند. پارافین های نرمال با تعداد کربن بیش از پنج مقاومت خوبی به خود اشتعالی ندارند و لذا سوخت مناسبی برای احتراق جرقه ای نیستند. از سوی دیگر، برخی پارافین های شاخه دار مقاومت بالایی به خود اشتعالی دارند. از میان آن ها ۲-۲-۴- تری متیل پنتان (ایزو اکتان) با عدد اکتان ۱۰۰ به عنوان بالاترین معیار بنزین با کیفیت مورد استفاده قرار می گیرد.

۱-۳-۲- الفین‌ها

الفین ها با فرمول شیمیایی C_nH_{2n} به آلکن نیز معروفند که دارای حداقل یک پیوند دوگانه هستند. الفین ها و دی الفین ها ناپایدار بوده و بسادگی پلیمریزه شده و موجب تشکیل صمغ درون مخازن بنزینی میگردند. از طرفی چون این ترکیبات ویژگی احتراق خوبی دارند مقادیر زیادی از آنها در بنزینهای با عدد اکتان بالا وجود دارد.

۱-۳-۳- نفتن‌ها

نفتن ها مانند پارافین ها هیدروکربن هایی اشباع شده ولی دارای ساختمان مولکولی حلقوی بسته می باشند. خواص فیزیکی این گروه شبیه پارافین های نرمال بوده ولی خواص احتراقی آنها شبیه ایزو پارافین ها می باشند.

4 Paraffins
5 Olefins
6 Naphtenes
7 Aromatics
8 Iso Paraffins

۱-۳-٤- آروماتیک‌ها

این گروه از هیدروکربن‌ها ترکیبات حلقوی، غیر اشباع و پایداری هستند. بنزن C_6H_6 مهمترین و ساده ترین عضو این گروه بوده و ترکیبات آروماتیکی دیگر شامل تغییراتی در حلقه بنزن هستند. ویژگی‌های احتراقی این ترکیبات در موتورهای درون سوز مطلوب بوده و اغلب به منظور افزایش عدد اکتان به بنزین اضافه می شوند.

نفت خام نیز از هیدروکربن‌های بیشماری با ترکیبات گروه‌های پنج گانه مشروحه تشکیل شده است. عموماً در نفت خام مقادیر جزئی ترکیبات گوگرد (S)، ازت (N)، اکسیژن (O) و ناخالصی‌هایی مانند آب و املاح مختلف یافت می شود. به علت تعدد هیدروکربن‌ها، معمولاً نفت خام و برش‌های نفتی را براساس خواص فیزیکی معینی مانند چگالی، وزن مولکولی متوسط، ویسکوزیته و غیره طبقه بندی می نمایند.

۱-٤- پالایش نفت

عملیات پالایش نفت بمنظور ایجاد فرآورده‌های مختلف با کیفیت مطلوب برای عرضه به بازار صورت می گیرد. نفت خام حاوی محدوده وسیعی از هیدروکربن‌های سبک گازی تا باقیمانده‌های سنگین تقطیر است.

فرآیندهای پالایشگاهی به سه گروه تقسیم بندی می شود:

۱. تفکیک [9] (تقطیر و ...)
۲. تبدیل [10] (کراکینگ و...)
۳. تصفیه شیمیایی [11] (بهبود کیفیت و...)

اولین مرحله پالایش نفت خام تقطیر جزء به جزء می باشد. نفت خام در ابتدا توسط کوره‌هایی تا ۷۰۰ درجه فارنهایت گرم شده و وارد برج تقطیر اتمسفری می گردد. پس از ورود به برج، برش‌های سنگین به علت داشتن نقطه جوش بالا به صورت مایع به پایین و برش‌های سبک به صورت بخار به طرف بالای برج حرکت می کنند. برش‌های مایعی که از قسمت‌های مختلف برج تقطیر خارج می شوند، برش‌های مستقیم یا اولیه نام دارند. باقیمانده تقطیر اتمسفری به عنوان خوراک برج تقطیر خلأ بکار می رود. برخی از برش‌های اولیه پس از انجام عملیات مقدماتی، قابل عرضه به بازار هستند در صورتیکه بقیه برش‌ها باید متحمل فرآیندهای دیگر پالایشی شده تا ماهیت آنها تغیر یافته و کیفیت مطلوب را بدست آورند.

هدف از کراکینگ، تجزیه مولکول‌های هیدروکربنی سنگین به مولکول‌های سبک میانی (مانند بنزین) است. با افزایش دانش مهندسی در زمینه کاتالیست‌ها، فرایند کراکینگ در مجاورت کاتالیزور در شرایط ملایمتر با بازده بیشتر صورت گرفته که به واحدهای مربوطه کراکینگ کاتالیستی اطلاق میگردد.

9 Separation
10 Conversion
11 Chemical treatment

ریفورمینگ نیز شامل، تبدیل نفت یا بنزین بدست آمده از تقطیر مستقیم نفت خام به بنزینی با عدد اکتان بالاست. بدین منظور واکنش‌های متعددی از قبیل هیدروژن زدائی، ایزومریزاسیون، هیدروکراکینگ و ایجاد آروماتیک‌ها در واحد مربوطه اتفاق می افتد.

در فرایند پلیمریزاسیون، گازهای هیدروکربنی سبک که در برج تقطیر و در واحد کراکینگ تولید شده، به ترکیبات سنگینتر مانند بنزین تبدیل می شوند. هدف پلیمریزاسیون در پالایشگاه، ترکیب دو یا چند مولکول هیدروکربن الفینی با یکدیگر است. محصولات این واکنش شامل پارافین‌های نرمال، ایزو پارافین‌ها، الفین‌ها، نفتن‌ها و آروماتیک‌ها می باشد.

واکنش دیگر پالایش ترکیب هیدروکربن‌های الفینی (نظیر بوتان، پروپیلن) با ایزوپارافین‌ها (مانند ایزوبوتان) را آلکیلاسیون می نامند، محصول این واکنش، بنزین با عدد اکتان بالاست. هدف از تصفیه با هیدروژن کاهش ناخالصی‌های موجود در فراورده-های نفتی است. عملیات تصفیه با هیدروژن بر روی اکثر برش‌های نفتی انجام می شود. هیدروژن لازم در این روش از واحد ریفورمینگ تأمین می گردد.

بخش دوم:

سوخت بنزین

۲- سوخت بنزین

بنزین مخلوطی از هیدروکربن‌ها است که به عنوان سوخت در موتورهای احتراق داخلی پیش مخلوط جرقه ای استفاده می شود. خواص فیزیکی و شیمیایی بنزین به عنوان یک محصول پالایشگاهی می بایست محدوده‌های مشخصی داشته باشد تا مواردی چون عدم خوردگی تجهیزات نگهداری و انتقال، عدم تبخیر به محیط در مراحل گوناگون، روانکاری سیستم سوخت رسانی خودرو، محافظت از آب بندها و تجهیزات پلاستیکی و لاستیکی، رسوب زدایی سیستم سوخت رسانی، حفاظت از تجهیزات کنترل آلودگی، احتراق مناسب و نهایتا محصولات احتراقی مناسب لحاظ گردند. بر این اساس استانداردهای گوناگونی بر محصول نهایی بنزین اعمال می گردند.

۲-۱- خصوصیات بنزین

خواص فیزیکی و شیمیایی بنزین یکی از عوامل تعیین کننده میزان تولید آلاینده‌ها است. چنین خواصی تحت استانداردهای سخت گیرانه زیست محیطی قرار دارند و محدوده‌های مجاز این خواص می بایست توسط تولید کنندگان بنزین رعایت شوند. مهم ترین ویژگی‌های بنزین با توجه به تاثیر آن در آلودگی هوا میزان محتوای سرب، غلظت گوگرد، فراریت، محتوی آروماتیکی، محتوی الفین‌ها، ترکیب‌های اکسیژن دار و میزان بنزن آن است.

۲-۱-۱- عدد اکتان

عدد اکتان معیاری از مقاومت سوخت در مقابل احتراق خود به خودی (بدون جرقه) است. اشتعال خود به خودی می تواند موجب ایجاد ضربه در موتور شود. به زبان ساده هرچه عدد اکتان یک سوخت بیشتر باشد آن سوخت در مقابل پدیده احتراق مخرب، مقاوم تر است. پدیده خود اشتعالی بنزین موجب کوبش شده و نهایتا می تواند منجر به افزایش انواع آلاینده‌ها، افزایش مصرف سوخت و کاهش عمر مفید موتور گردد. دو روش تست آزمایشگاهی برای اندازه گیری عدد اکتان بنزین وجود دارد: عدد اکتان تحقیقی (RON[۱۲]) و عدد اکتان موتور (MON[۱۳]). تفاوت اعداد RON و MON در نحوه اندازه گیری و شرایط انجام آزمایش آنهاست.

موتورهای احتراق داخلی برای یک عدد اکتان خاص طراحی می شوند. وقتی از بنزینی با عدد اکتان پایین تر از محدوده مجاز طراحی شده برای موتور استفاده شود، می تواند باعث ایجاد ضربه و نهایتا خسارت به موتور شود. موتورهای مجهز به سنسورهای ضربه، با به تعویق انداختن زمان جرقه می توانند با بنزینی با عدد اکتان پایین تر نیز کار کنند. با این حال مصرف سوخت، قدرت راندن و توان موتور می تواند تحت تاثیر اکتان پایین قرار گرفته و همچنان باعث ضربه شود.

12 Research Octane Number
13 Motor Octane Number

عدد اکتان به وسیله روش استاندارد و توسط یک موتور احتراق داخلی تک استوانه ای با شرایط کاری مشخص اندازه گیری می شود. مقدار عدد اکتان سوخت بنزین به ترکیب شیمیایی هیدروکربن‌های موجود در بنزین بستگی دارد. پارافین‌های نرمال دارای عدد اکتان بسیار پایین و پارافین‌های شاخه دار معمولا دارای عدد اکتان بالا هستند. به عنوان مثال هپتان نرمال به فرمول شیمیایی C_7H_{16} دارای پایین ترین عدد اکتان بوده که بر اساس استاندارد مقدار صفر برای آن در نظر گرفته می شود. مولکول هپتان نرمال دارای ۷ کربن است که بصورت یک زنجیر مستقیم به یکدیگر متصل شده اند. از طرف دیگر ۲-۲-۴ تری متیل پنتان با فرمول C_8H_{18} دارای ۳ شاخه متیل بوده و عدد اکتان آن برابر با استاندارد معادل ۱۰۰ در نظر گرفته می شود. عدد اکتان سایر سوخت‌ها در مقایسه با این دو سوخت مرجع تعیین می شود.

وجود هیدروکربن‌های اشباع شده شاخه دار در بنزین باعث افزایش عدد اکتان می شود. این در حالی است که به صورت طبیعی چنین هیدروکربن‌هایی در ترکیبات بنزین کمتر یافت شده و می بایست توسط فرآیندهای پتروشیمی گران قیمت و پیچیده تولید شوند. بنزین با کیفیت مطلوب شامل محدوده وسیعی از چنین هیدروکربن‌هایی است.

ترکیبات معطر مانند بنزن نیز دارای عدد اکتان بالا هستند و افزودن آنها به ترکیب نهایی بنزین موجب افزایش عدد اکتان بنزین می شود. اما وجود چنین ترکیباتی در بنزین می تواند باعث تولید آلاینده‌های مضر ناشی از احتراق گردد. وجود بنزن در بنزین می تواند سطح خروجی بنزن در آلاینده‌ها را به صورت مستقیم افزایش دهد و علاوه برآن، آلاینده‌های تبخیری بنزین نیز حاوی بنزن خواهند بود.

علاوه بر آن برای افزایش عدد اکتان بنزین می توان از افزودنی‌های اکسیژن دار نظیر MTBE [۱۴]، ETBE [۱۵] و الکل‌ها نیز استفاده کرد. مقادیر مجاز استفاده از افزودنی‌های گوناگون برای افزایش عدد اکتان بنزین نیز در استانداردهای مربوط مشخص شده است.

۲-۱-۲- فشار بخار

فراریت بنزین یکی از ویژگی های فیزیکی بنزین است که علاوه بر تاثیر بر کارکرد موتور، تاثیر بسزایی بر آلایندگی های تبخیری و احتراقی دارد. این ویژگی توسط دو پارامتر فشار بخار و تقطیر مشخص می شود.

فشار بخار رید (RVP) [۱۶] معیاری از میزان فراریت بنزین در دمای ۱۰۰ درجه فارنهایت (۳۷/۸ درجه سانتیگراد) بر حسب کیلو پاسکال است. مقدار RVP به میزان محتوی بوتان سوخت که متوسط RVP آن ۳۵۰ کیلوپاسکال است بستگی دارد. پنتان با RVP حدود ۱۷ کیلو پاسکال فراریت کمتری را در سوخت ایجاد می کند. محتوای بوتان تا حدود کمی تابعی از ماهیت اصلی نفت خام است و عمدتاً وابسته به نتیجه فرآیند پالایش است.

فراریت مناسب بنزین برای کارایی مطلوب موتورهایی با سیستم اشتعال جرقه ای بسیار مهم است. در دماهای پایین تر، برای استارت مناسب و گرم شدن بهتر موتور، فشار بخار باید بالا باشد. کنترل فشار بخار در دماهای بالا باعث کاهش مشکلات ناشی از سوخت بسیار داغ شامل قفل بخار و اضافه بار Carbon Canister می شود. زمانیکه قفل بخار اتفاق می افتد بخار بیش از اندازه

14 Methyl Tertiary Butyl Ether
15 Ethyl Tertiary Butyl Ether
16 Reid Vapor Pressure

در سیستم سوخت ایجاد می شود و جریان سوخت به موتور کاهش پیدا می کند و موجب اتلاف توان، عملکرد نامطلوب موتور و یا از حرکت باز داشتن موتور شود.

فشار بخار بالای بنزین باعث تبخیر اضافی سوخت و انتشار آلاینده ها در محیط می شود. نشر این بخارات قسمت اعظمی از کل انتشارات هیدروکربنی را تشکیل می دهد. آزاد شدن احتمالی آنها طی تحویل و جابجایی بنزین برای ذخیره سازی، سوخت گیری مجدد خودرو، تنفس روزانه (Diurnal Breathing) مخزن سوخت خودرو (گرم شدن و سرد شدن آن به دلیل تغییرات طبیعی روزانه دما) و فرار سوخت از تجهیزات سوخت رسانی در طی عملکرد طبیعی خودرو رخ می دهد. کاهش فراریت سوخت با وجود اعمال هزینه‌های اضافی، موثر در کاهش انتشار هیدروکربن‌های ناشی از سوخت خودروهاست.

میزان فشار بخار بر اساس نیازهای فصلی و منطقه ای متفاوت بنزین به فراریت در دماهای مختلف، تنظیم می شود. موثرترین راه کاهش انتشارات بخار، کنترل RVP در فصول گرم (که دمای هوای محیط بالا است) می باشد.

در کشورهای آسیایی که آب و هوای گرم تا حدودی در کل سال تجربه می شود، محدود کردن RVP در مقادیر پایین بسیار موثر و حیاتی است. در یک بررسی در تایلند، کاهش RVP در حدود ۶/۸۹ کیلو پاسکال باعث کاهش ۱۰۰ تنی انتشار روزانه ی HC شده است[۳].

۲-۱-۳- تقطیر[17]

تقطیر روش دوم اندازه گیری فراریت بنزین است. تقطیر را می توان بر اساس نقاط "T" و "E" ارزیابی کرد. برای مثال، T50 [18] دمایی است که در آن ۵۰ درصد بنزین تقطیر می شود، در حالیکه E100 [19] درصدی از بنزین است که در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد بخار می شود.

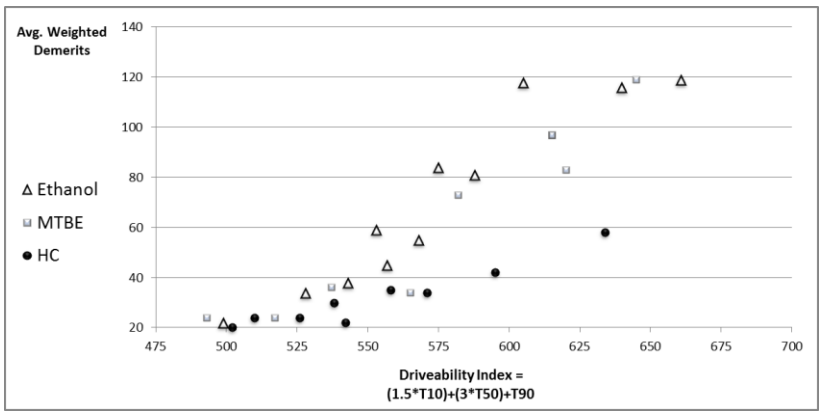
اگر T50 بیش از حد بالا باشد، میتواند موجب کارایی ضعیف استارت در دمای معمولی محیط شود. اندازه گیری شاخص قابلیت راندن (DI) که از T10، T50، T90 و محتوای اکسیژن دار سوخت مشتق شده است، می تواند برای کنترل عملکرد استارت سرد و گرم استفاده شود. استفاده از DI می تواند مانع حضور موثر ترکیبات سوختی بی کیفیت با دانسیته بالا که منجر به انتشار CO و NO_x می شوند، باشد.

مطالعات EPEFE [20] نشان می دهد که افزایش E100 بنزین، انتشار هیدروکربن‌ها را کاهش می دهد. ولی موجب افزایش انتشار NO_x می شود. در E100، نشر CO در کمترین مقدار ۵۰ درصد حجمی است. برای محتوی آروماتیکی سوخت در یک مقدار ثابت، افزایش E100 از ۳۵٪ به ۵۰٪ حجمی باعث کاهش انتشار فرمالدهید و استالدهید می شود. در حالیکه، افزایش E100 از ۵۰٪ به ۶۵٪ حجمی هیچ تاثیر مشهودی را نشان نمی دهد. محدود نمودن دمای تقطیر و محتویات آروماتیک‌ها مهم ترین پارامتر برای کنترل انتشارات خودرو در "سیکل سرد" می باشد.

17 Distillation
18 The temperature at which 50% of the gasoline sample has evaporated
19 The percent of the gasoline sample that evaporates at 100oC
20 The European Programs on Emissions, Fuels and Engines Technologies

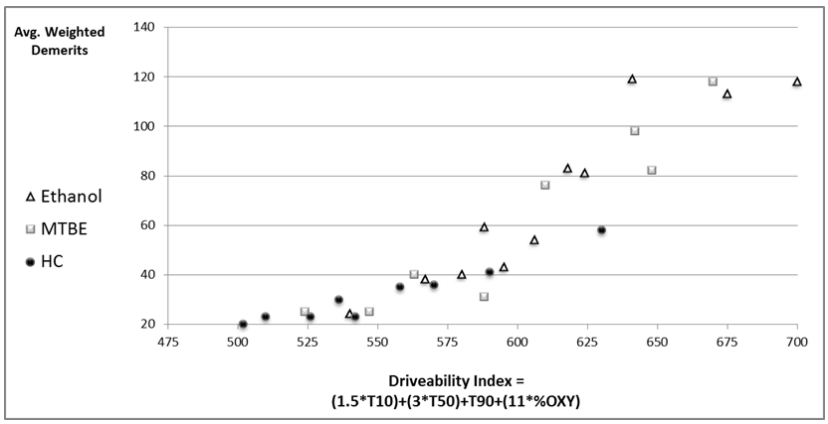
تحقیقات نشان می دهد که تشکیل رسوبات در محفظه ی احتراق می تواند مربوط به حضور هیدروکربن‌های سنگین در نسبت T90-FBP باشد. یکی از مهم ترین مزایای کاهش رسوبات محفظه احتراق، کاهش نشر NO_x است.

شکل ۱ نتایج مطالعات CRC[۲۱] را پس از آزمایش ۲۹ مورد نمونه سوخت نشان می دهد. ۹ مورد از آنها به طور کامل هیدروکربنی و ۱۱ نمونه شامل ۱۰٪ اتانول و ۹ مورد آخر هم شامل MTBE ۱۵٪ است. این داده ها نشان می دهد که تشکیل رسوبات محفظه احتراق با افزایش شاخص قابلیت راندن در همه این نمونه‌ها افزایش می یابد. در شاخص‌های قابلیت راندن بالاتر از موارد نشان داده شده در این نمودار، تشکیل رسوبات محفظه احتراق به شدت افزایش پیدا می کند. سوخت‌های اکسیژن دار می توانند رسوبات محفظه احتراق را کاهش دهند.



شکل ۱: تاثیر شاخص قابلیت راندن بر تشکیل رسوبات محفظه احتراق برای سوخت‌های هیدروکربنی و حاوی MTBE و الکل [۲]

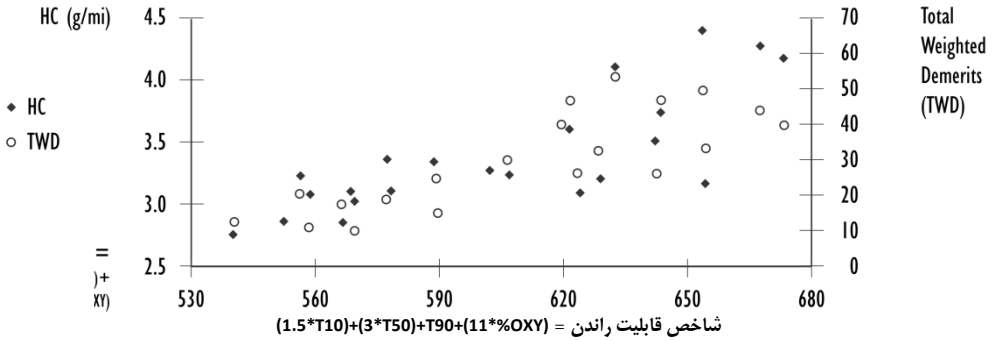
شکل ۲ نشان می‌دهد که چگونه ضریب تصحیح اطلاعات ارائه شده در شکل ۱ را متعادل می کند.



شکل ۲: تاثیر شاخص قابلیت راندن بر قابلیت راندن (حالت اصلاح شده برای سوخت های اکسیژن دار) [۲]

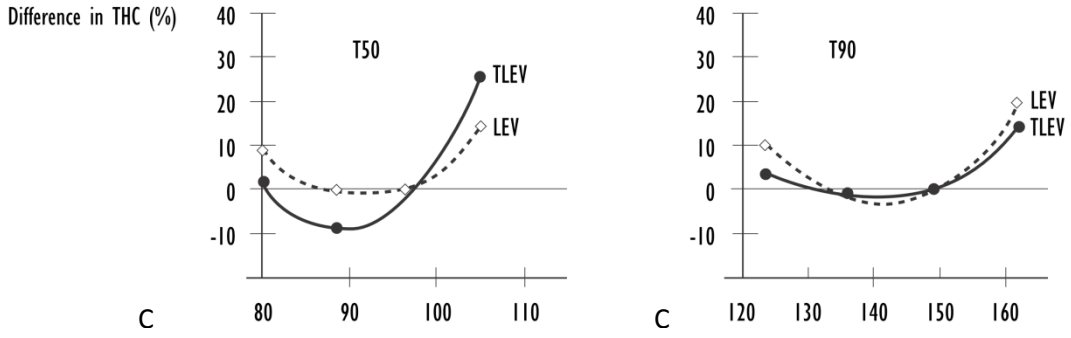
مطابق شکل ۳، قابلیت راندن مستقیما بر انتشار هیدروکربن های خروجی تاثیر می گذارد. میزان هیدروکربن های منتشر شده از اگزوز به طور قابل ملاحظه ای در شاخص قابلیت راندن بالاتر از موارد مشخص شده در شکل افزایش می یابد.

21 Coordinating Research Council

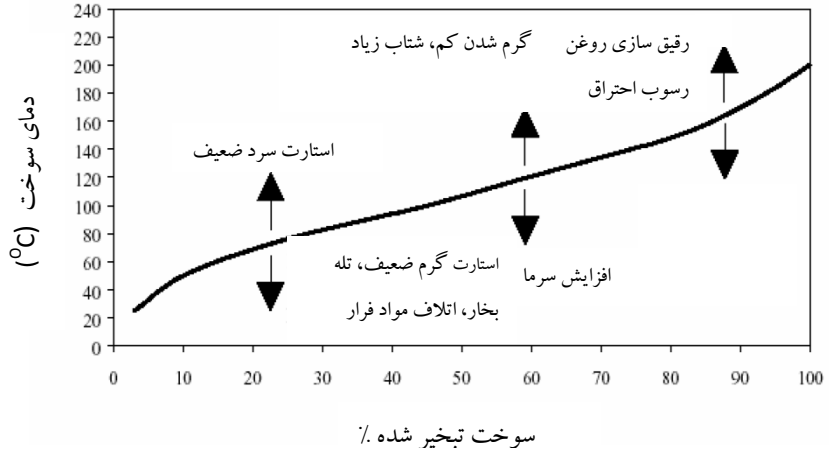


شکل ۳: تاثیر شاخص قابلیت راندن بر انتشارات اگزوز [۲]

شکل شماره ۴ میزان بهینه ی T50 و T90 برای کاهش کل هیدروکربن خروجی از اگزوز در مقایسه با خودروهای با انتشارات کم (LEV) و انتشارات کم گذرا (TLEV) را نشان می دهد.



شکل ٤: تاثیر T50و T90 بر خروجی اگزوز در مقایسه با خودروهای با انتشارات کم (LEV) و انتشارات کم گذرا (TLEV) [۲]



شکل ٥: تاثیرات تغییر منحنی تقطیر بر پارامتر های مختلف[۴]

در شکل ۵ تاثیر تغییر شکل منحنی تقطیر سوخت بر انواع پارامترهای کیفی قوای محرکه خودرو نشان داده شده است. براساس این منحنی:

- با کاهش میزان ترکیبات فرار (با نقطه جوش پایین و فشار بخار بالا) استارت سرد ضعیف تر شده و آلاینده های استارت افزایش می یابند و برعکس
- افزایش ترکیبات فرار موجب ایجاد تله بخار، استارت گرم ضعیف و اتلاف مواد فرار شود.
- افزودن ترکیبات با وزن مولکولی بالاتر، موجب غلیظ تر شدن سوخت و تشکیل رسوبات در محفظه احتراق می شوند و برعکس کاهش ترکیبات با وزن مولکولی بالاتر مصرف سوخت را در زمان گرم بودن موتور افزایش می دهد.

۲-۲- اثرات هیدروکربن‌های سوخت بر انتشار آلایندگی

۲-۲-۱- اُلفین‌ها

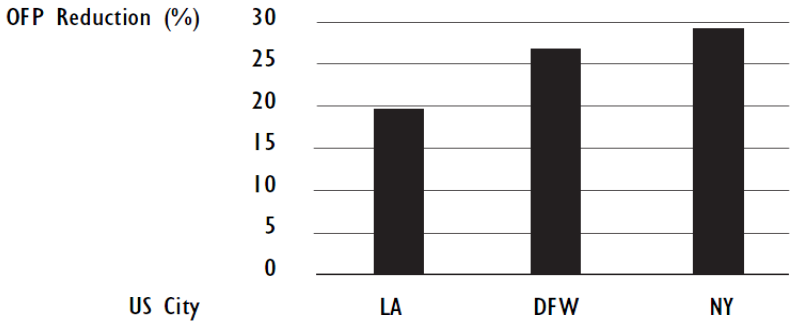
در سال های اخیر توجه زیادی به آرایش محتوای هیدروکربنی بنزین شده است که به دلیل نقش مهم نشر هیدروکربن خودروها در تشکیل ازن شهری (یا ابر فتو شیمیایی) و اثرات جانبی سوء هیدروکربن ها بر سلامت عمومی است. به همین دلیل، اقداماتی در جهت اعمال محدودیت هایی بر انواع هیدروکربن های موجود در سوخت های بنزینی مخصوصاً آروماتیک ها و اُلفین ها صورت گرفته است.

اُلفین ها هیدروکربن های اشباع نشده هستند که در آنها پیوند کربن با کربن دوگانه وجود دارد، و در بیشتر موارد، این ترکیبات دارای عدد اکتان مناسبی هستند. این دسته از هیدروکربن ها از انواع دیگر واکنش پذیر تر هستند.

اُلفین ها همچنین بسیار ناپایدار هستند و ممکن است باعث ایجاد رسوب و لایه چسبناک بر روی انژکتور و سیستم مکش سوخت موتور شوند. رسوبات محفظه احتراق از هیدروکربن های سنگین اُلفینی سوخت تشکیل می شود. این رسوبات می تواند باعث افزایش انتشار آلاینده هایی چون CO، HC و NO_X شود.

انتشار اُلفین ها به اتمسفر به عنوان گونه های بسیار واکنش پذیر می تواند باعث تشکیل ازن و ترکیبات سمی شود. تحقیقات AQIRP[۲۲] نشان می دهد که کاهش کل اُلفین ها از ۲۰٪ به ۵٪ به مقدار قابل توجهی پتانسیل تشکیل ازن را کاهش می دهد. کاهش اُلفین های با وزن مولکولی کم باعث کاهش ۷۰ درصدی ازن می شود. پتانسیل تشکیل ازن توسط الفین ها به دلیل حضور اُلفین های فرار سبک در سوخت است. تاثیر اُلفین ها بر پتاسیل تولید ازن توسط برنامه US Auto/Oil به وضوح نشان داده شده است. این برنامه همانطور که در شکل ۶ ملاحظه می شود نشان می دهد، کاهش کل اُلفین های سوخت از ۲۰٪ به ۵٪ به طور قابل ملاحظه ای پتانسیل تشکیل ازن را در چند شهر مهم از جمله لس آنجلس و نیویورک کاهش می دهد.

22 Air Quality Improvement Research Program برنامه تحقیقاتی بهبود کیفیت هوا



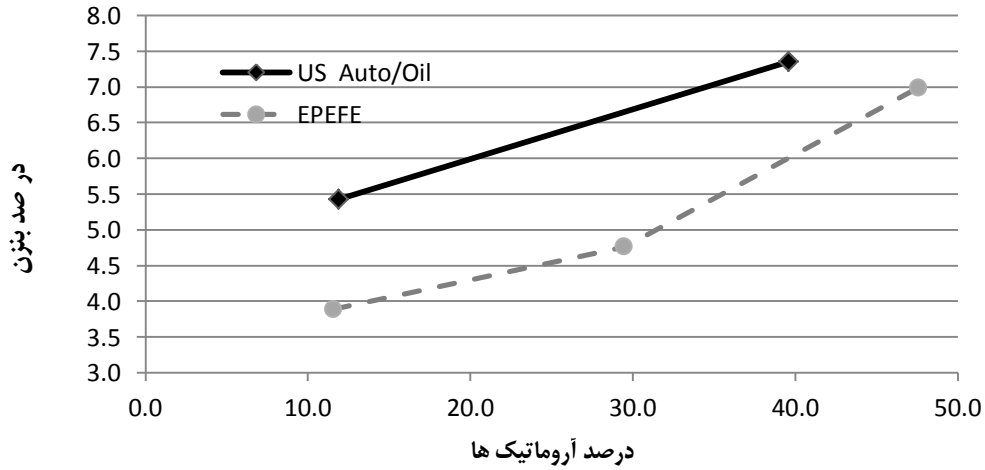
شکل ٦: تاثیر کاهش آلفین ها بر کاهش تشکیل ازن [۲]

این مدل همچنین نشان می دهد کاهش اُلفین ها در بنزین باعث کاهش ۱۳ تا ۲۵ درصدی سهم خودروهای سبک در تشکیل ازن در سال های آینده می شود. ۷۰٪ این تغییر مربوط به کاهش اُلفین های با وزن مولکولی سبک است.

۲-۲-۲- آروماتیک ها

آروماتیک ها هیدروکربن هایی با آرایش حلقوی شش کربنه یا گروه های کربنی هستند. آنها شامل حداقل یک حلقه بنزن هستند. تولوئن و اتیل بنزن از اصلی ترین آروماتیک ها هستند. این ترکیبات یکی از سنگین ترین بخش های ترکیب سوختی را تشکیل می دهند.

کاهش سطح آروماتیک ها مدت کارایی کاتالیست را افزایش می دهد. تحقیقات نشان می دهد که رسوبات محفظه احتراق می توانند از مولکول های هیدروکربن سنگین تر موجود در آروماتیک های سوخت تشکیل شوند. این رسوبات می توانند باعث افزایش انتشارات اگزوز شامل CO، HC و NO_X شوند.



شکل ۷: تاثیر محتوی آروماتیک سوخت بر نشر بنزن از اگزوز [۲]

کاهش آروماتیک ها در بنزین به طرز قابل توجهی انتشارات بنزن از اگزوز خوروها را کاهش می دهد که مطالعات هر دو موسسه EPEFE و AQIRP در نمودار شکل ۷ گویای این مطلب است. با توجه به بررسی های AQIRP کاهش آروماتیک ها از ۴۵٪ به ۲۰٪ موجب کاهش ۲۸ درصدی کل انتشارات خروجی اگزوز می شود که ۷۴٪ کل بنزن سمی منتشر شده را شامل می شود.

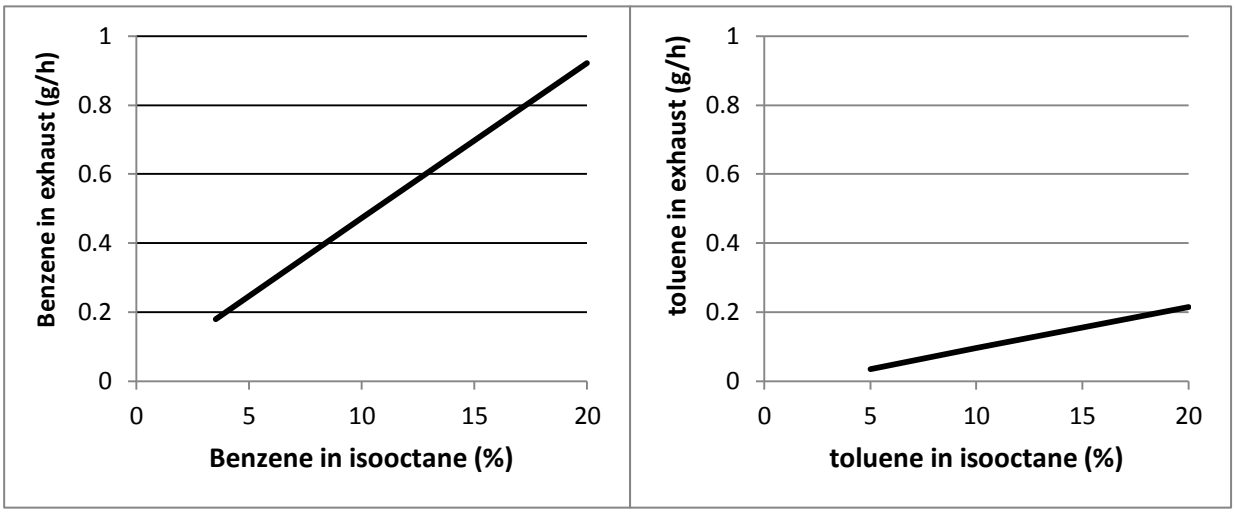
احتراق آروماتیک ها می تواند باعث تشکیل بنزن در خروجی اگزوز شود. به طور تخمینی ۵۰٪ از بنزن تولید شده از اگزوز نتیجه ی تجزیه هیدروکربن های آروماتیک موجود در سوخت است. طبق مطالعات EPEFE و AQIRP کاهش سطح آروماتیک ها در بنزین به طور موثر باعث کاهش انتشار بنزن از اگزوز خودرو می شود. در مطالعات EPEFE انتشار بنزن بین ۳/۶٪ و ۷/۶۵٪ کل ترکیب سوخت در شرایطی که میزان آروماتیک ها از ۱۹/۵٪ تا ۵۱/۱٪ حجمی تغییر می کند متغیر است. مطالعات EPEFE همچنین نشان می دهد که کاهش آروماتیک ها موجب کاهش انتشارات NO_x می شود.

۲-۲-۳- بنزن

بنزن یک آروماتیک شش کربنه، بی رنگ و مایع شفاف با فرمول شیمیایی C_6H_6 است که می تواند به طور طبیعی در بنزین موجود باشد و همچنین محصول کاتالیست بهبود دهنده عدد اکتان باشد. این ترکیب شیمیایی پایدار به شدت فرار است و اکتان بالایی دارد (RON =۱۰۶، MON= ۱۰۳).

بنزن موجود در بنزین باعث انتشار بنزن به هر دو صورت تبخیر مستقیم و یا خروجی از اگزوز می شود. مطالعات EPEFE نشان می دهد که نشر بنزن از اگزوز در سوختی که بنزن آن بین ۱/۷٪ تا ۲/۸٪ حجمی است، بین ۳/۶٪ و ۷/۶۵٪ کل ترکیبات فرار متغیر است. شکل ۸ مثالی از رابطه ی بنزن خروجی اگزوز و محتوی بنزن و تولوئن سوخت را نشان می دهد.

λ=1.1 n=2000 rpm
E=10.0 W_e= 0.24 kJ/dm^3



شکل ۸: رابطه بنزن سوخت و انتشار آلاینده ها از اگزوز[۴]

همانگونه که در شکل شماره ۸ نشان داده شده است، افزایش محتوی بنزن به صورت مستقیم بنزن خروجی از اگزوز را افزایش می دهد. تقریباً اکثر مردم در طول شبانه‌روز در معرض غلظت کم بنزن ناشی از بخارات باک و اگزوز خودروها و همچنین نشت در پمپ بنزین‌ها می‌باشند. تماس کوتاه مدت (حدوداً ۵-۱۰ دقیقه) با غلظت‌های بسیار بالای بنزن (ppm ۱۰۰۰۰-۲۰۰۰۰) می‌تواند موجب مرگ و غلظت‌های کمتر می‌تواند موجب عوارض مختلفی مانند سردرد، سرگیجه و ... شود. آزمایشات نشان می‌دهند تماس طولانی مدت با بنزن، تأثیرات مخربی را بر روی بافت‌های سازندهٔ سلول‌های خون خصوصاً سلولهای مغز استخوان می‌گذارد و سرطان خون (بافت‌های سازنده خون) را موجب می شود. به همین دلیل (EPA) [۲۳]، بنزن را در گروه A مواد سرطان زا طبقه‌بندی نموده است و آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC) [۲۴] این ماده را به عنوان یک ماده سرطان‌زا برای انسان معرفی نموده است[۵].

۲-۲-٤- ترکیبات اکسیژن دار

اکسیژن برای ارتقای احتراق به بنزین افزوده می شود، تا باعث محدود کردن پیش ساخته های ازن و منواکسیدکربن، و یا افزایش عدد اکتان شود. ترکیبات اکسیژن دار اصلی که امروزه مصرف می شوند اتانول و MTBE هستند. در جاهایی که اتانول استفاده می شود، نشر بخارات HC می تواند به صورت قابل توجهی افزایش یابد، در صورتی که RVP امکان افزایش یافتن داشته باشد. میزان NO_x منتشر شده از اگزوز نیز می تواند در شرایطی که اکسیژن بیش از ۲٪ وزنی است افزایش یابد. میزان کاهش انتشارات HC از اگزوز وابسته به تکنولوژی خودرو است. در حالی که خودروهای قدیمی (pre Euro1) مقداری کاهش در نشر خروجی اگزوز را تجربه می کنند، خودروهای جدید (Euro1 and newer) دارای سنسور اکسیژن و سیستم آموزشی سازگار با آن به مقدار بسیار کمی تغییر خواهند کرد و یا حتی هیچ تغییری را تجربه نخواهند کرد. انتشار HC در طول ذخیره سازی و جابه جایی سوخت به دلیل حضور یا عدم حضور طبقه ۱ و ۲ سیستم بازیابی است. اگر میزان اکسیژن بنزین از ۰٪ به ۲٪ وزنی افزایش یابد، نشر منواکسید کربن می تواند در حدود ۱۰٪ کاهش یابد.

۲-۲-۵- تاثیر گوگرد بر انتشار

گوگرد موجود در سوخت می تواند به حالت سولفید هیدروژن گازی وجود داشته باشد یا به صورت شیمیایی به ترکیب های سنگین تر چسبیده باشد. هنگامی که نفت خام برای تبدیل به سوخت دیزلی و بنزینی در پالایشگاه پالایش می شود، این ترکیبات گوگردی وارد تمام محصولات نفتی می شوند که شامل بنزین و دیزل نیز هست. به طور کلی، هرچه چگالی نفت خام بیشتر باشد جدا کردن گوگرد از آن نیز مشکلتر می شود. کاهش مقدار گوگرد در سوخت عمدتا در کاهش ذرات آلاینده ریز موثر است و به دو طریق می تواند نشر آلایندگی از خودرو را کاهش دهد:

اول، کاهش گوگرد در سوخت مستقیما باعث کاهش هر دو آلاینده دی اکسیدگوگرد و ذرات معلق سولفاته از تمامی خودروهای نو و کهنه می شود. هر دو آلاینده دی اکسیدگوگرد که از خودروهای دیزلی و بنزینی نشر می شود و ذرات معلق که از موتورهای دیزلی نشر می شود، با نسبت مستقیم با میزان گوگرد درون سوخت تمایل به افزایش دارند. این ذرات معلق سولفاته از نظر اندازه از نوع مناسب و خیلی مناسب هستند.

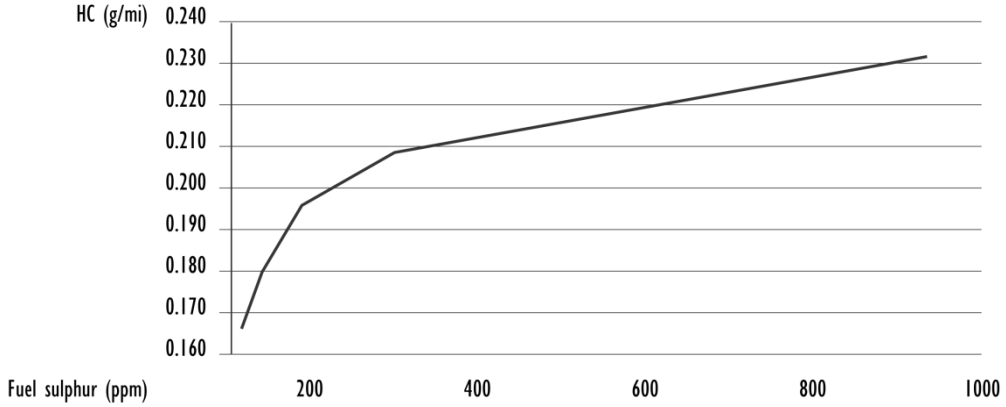
22 Environment Protection Agency آژانس حفاظت محیط زیست
23 The International Agency for Research on Cancer آژانس بین المللی تحقیقات سرطان

دوم، گوگرد باعث سمی شدن یا به نوعی کاهش تاثیر سیستم کنترل نشر خودروهای دیزلی و بنزینی می شود، که نهایتا موجب افزایش نشر آلاینده هایی چون مونواکسید کربن ، هیدروکربن ها، اکسیدهای نیتروژن و ذرات معلق می شود. همچنین گوگرد باعث از کار افتادن انواع جدید سیستم های کنترل آلایندگی، همانند مبدل های کاتالیستی پیشرفته و تله های ذرات معلق که کار آنها کاهش NO_x ، HC و ذرات معلق است، می شوند. مطالعات نشان داده است که در خودروهای بنزینی کاهش گوگرد عملکرد کاتالیزور سه راهه را بهبود بخشیده و نشر آلاینده های NO_x، CO و HC را کاهش می دهد. تاکنون آزمون های بسیاری پیرامون تاثیر گوگرد بر انتشار خودروها انجام شده است. جدول شماره ۱ نتایج تغییرات انتشار خودروهای با تکنولوژهای مختلف را بر اثر کاهش میزان گوگرد از زیاد به کم نشان می دهد:

جدول ۱: تاثیر گوگرد بر انتشار آلاینده های خودرو [۲]

Study	Vehicle Technology	Sulphur Range (ppm)		Emission Reduction, % (high to low sulphur)		
		high	low	HC	CO	NOx
AQIRP	Tier 0	450	50	18	19	8
EPEFE	EURO 2+	382	18	9 (43*)	9 (52*)	10 (20*)
AAMA/AIAM	LEV & ULEV	600	30	32	55	48
CRC	LEV	630	30	32	46	61
JARI	1978 Regulations	197	21	55	51	77
Alliance/AIAM	LEV/ULEV	100	30	21	34	27
	LEV/ULEV	30	1	7	12	16
JCAP	DI/NOx cat.	25	2			37

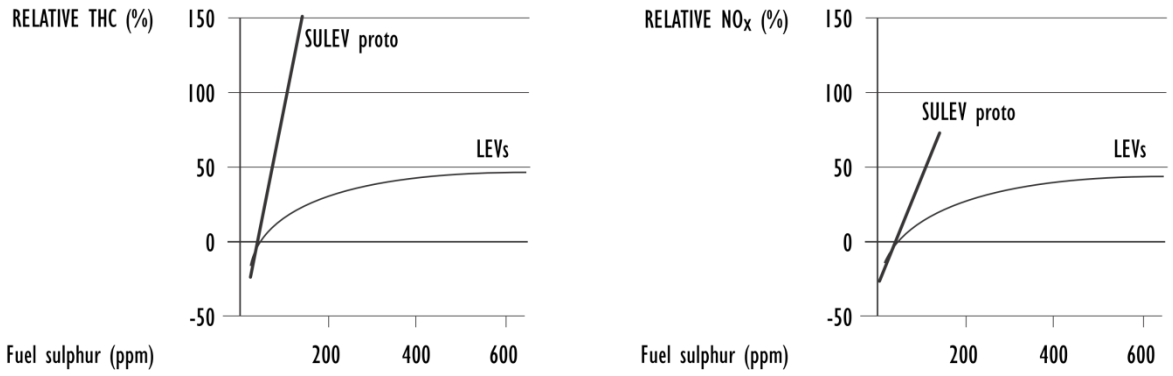
شکل ۹ نشان دهنده میزان نشر HC بر اساس تغییر میزان گوگرد طبق مطالعات AQIRP است که گویای کاهش قابل توجه انتشارات بر اثر کاهش سطح گوگرد از ppm ۱۰۰۰ به مقادیر خیلی پایین است. این مطالعات همچنین نشان دهنده اهمیت ویژه محدود کردن میزان گوگرد سوخت به مقادیر بسیار کم در خودروهای مدرن می باشد.



شکل ۹: تاثیر گوگرد بر میزان نشر HC در تکنولوژی Tier0 [۲]

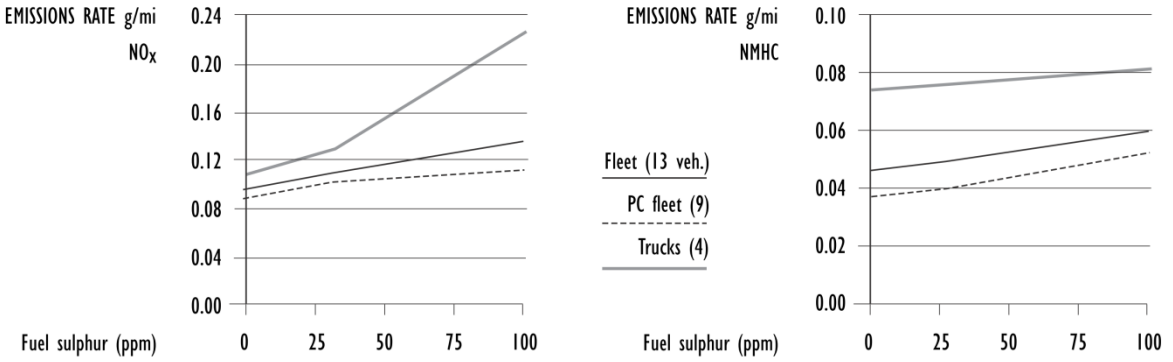
در موتورهای بنزینی کاهش میزان گوگرد تا ppm ۵۰۰ و زیر آن باعث بهبود عملکرد مبدل کاتالیستی آن می شود.

شکل ۱۰ نشان دهنده حساسیت زیاد HC و NO_x تولیدی به میزان محتوی گوگرد سوخت است. تکنولوژی های پیشرفته حساسیت بیشتری به گوگرد نشان می دهند.



شکل ۱۰: تاثیر میزان گوکرد بر نشر آلودگی HC و NOx (نسبت به سوخت های با ppm ۳۰ گوگرد) [۲]

شکل ۱۱ نشان دهنده کاهش قابل توجه نشر NO_x و NMHC [۲۵] در سطوح بسیار پایین گوگرد برای خودروهای با تکنولوژی پیشرفته است.



شکل ۱۱: تاثیر کاهش شدید گوگرد سوخت بر نشر NO_x و NMHC [۲]

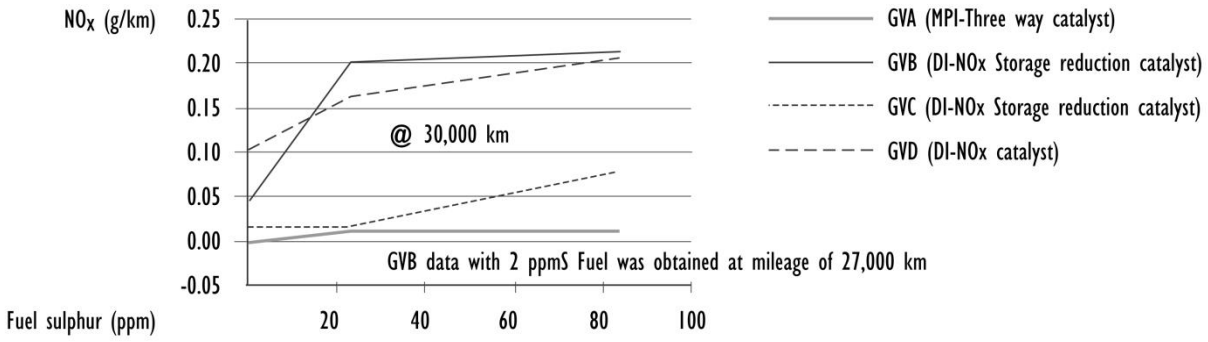
آیین نامه ی OBD II [۲۶] کالیفرنیا خواستار مجهز شدن خودروها به نمایشگر کاتالیست به منظور تشخیص تغییر بازده کاتالیست و در صورت افزایش ۱/۵ برابری خروجی اگزوز نسبت به حالت استاندارد، مشخص کردن آن است. این نگرانی وجود دارد که کاهش بازده کاتالیست ناشی از سوخت های با گوگرد بالا آنچنان انتشارات را افزایش دهد که موجب شود سنسورکاتالیست یک هشدار بیانگر معیوب بودن دستگاه را از طریق نمایشگر به اطلاع راننده برساند. داده های دیگر خودروهای سوخت سبک نشان می دهد

25 Non-methane hydrocarbon
26 On-board diagnostic

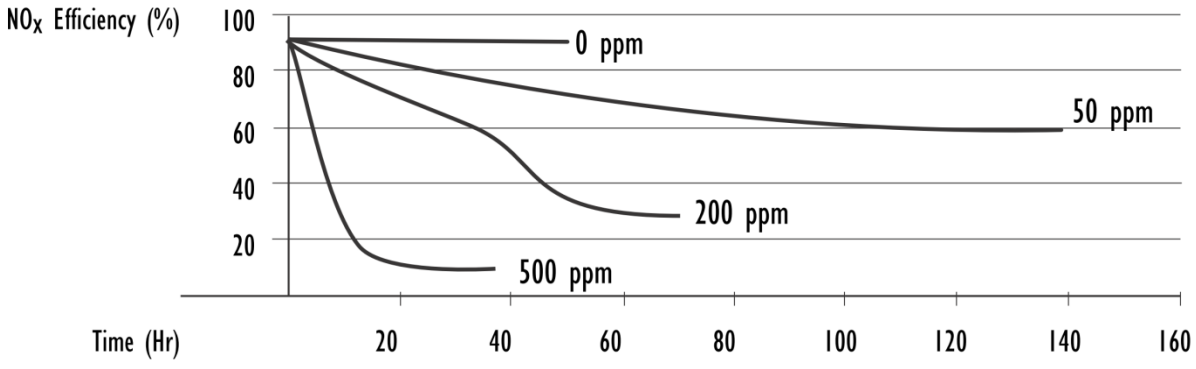
که این تاثیر بر سیستم به حدی زیاد است که نمایشگر کاتالیست قادر به تشخیص یک کاتالیست معیوب در زمان حضور گوگرد بالا در سوخت نباشد.

بسیاری از تولید کننده ها در حال توسعه موتورهای با سوخت رقیق هستند که پتانسیل کاهش مصرف سوخت را از ۱۵ تا ۲۰ درصد دارا هستند. این موتورها در عین حال نیازمند تکنولوژی کنترل NO_x در شرایط هوا به سوخت رقیق هستند. این تکنولوژی ها بسیار به حضور گوگرد حساس هستند.

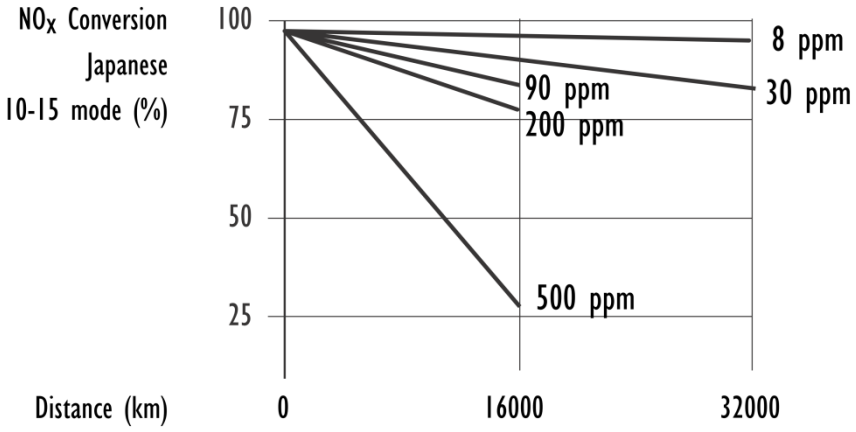
شکل های ۱۲ و ۱۳ مثال هایی از تاثیر منفی گوگرد بر جذب NO_x توسط کاتالیست ها در سوخت رقیق هستند. با افزایش زمان تماس، هرچه گوگرد بنزین کمتر باشد بازده ی کاتالیست برای جذب NO_x افزایش می یابد. با توجه به شکل ۱۴ و ۱۵ تست های انجام شده بر روی خودروها تایید کننده نیاز به حفظ گوگرد بنزین در سطوح بسیار پایین است.



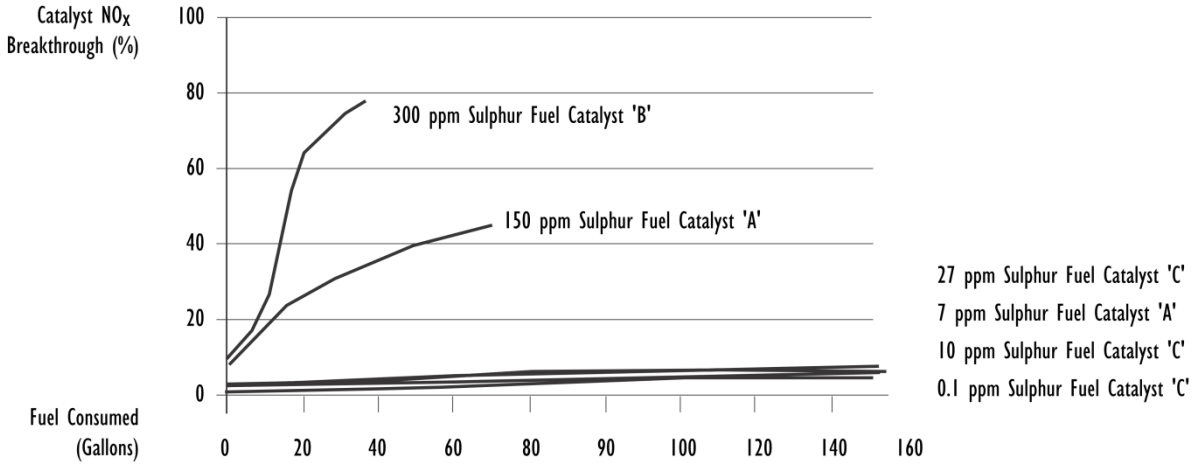
شکل ۱۲: تاثیر غلظت گوگرد بر خودروهای با انتشارات کم (موتورهای با تزریق سوخت مستقیم در برنامه ی هوای پاک ژاپن)[۲]



شکل ۱۳: تاثیر غلظت گوگرد بر کاهش انتشار NOx در سوخت های رقیق[۲]

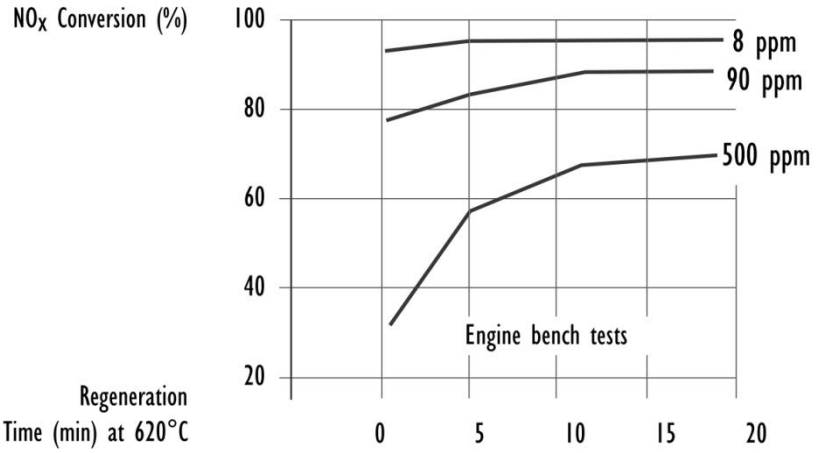


شکل ١٤: تاثیر غلظت گوگرد بر دوام سیستم کاهش آلایندگی خودرو [٢]



شکل ١٥: اطلاعات کاتالیست جاذب NOx در مقابل مصرف سوخت و محتوای گوگرد[٢]

کاتالیست های جاذب NO_x سوخت رقیق، با به دام انداختن شیمیایی NO_x در شرایط احتراق رقیق عمل می کنند. سپس این NO_x می تواند با چند ثانیه احتراق غلیظ، توسط کاتالیست تخریب و آزاد شود. با این حال اکسیدهای گوگرد به شدت قوی تر جذب می شوند و به عنوان رقیب NO_x ظرفیت جذب آن را کاهش می دهند. حذف گوگرد نیازمند زمان عملکرد با سوخت غلیظ بیشتری است، اما بازده کامل هیچ وقت ارضاء نخواهد شد. همچنین، عملکرد موتور با سوخت رقیق به طور قابل ملاحظه ای عملکرد مطلوب، و مزایای موتورهای با تکنولوژی سوخت رقیق با این کاتالیست ها را مختل می کند. به طور کلی بنزین های بدون گوگرد بازده ی تبدیل NO_x لازم را دارند (شکل ١۶).



شکل ١٦: اصلاح آلودگی گوگرد [٢]

۲-۳- دیگر عوامل موثر بر انتشارات

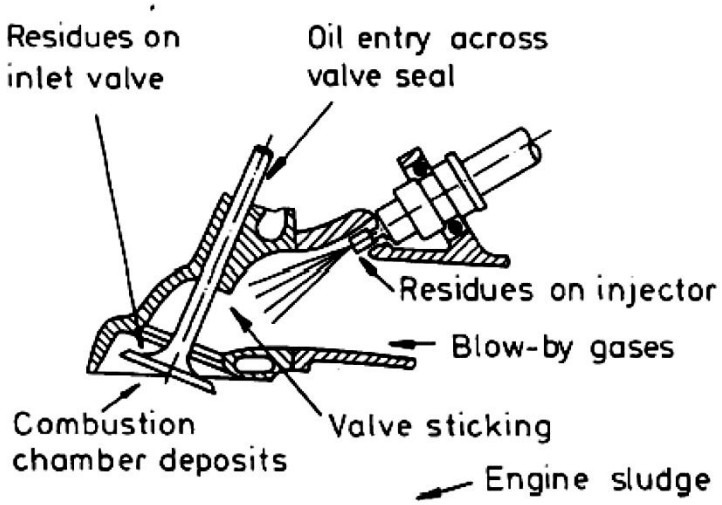
۲-۳-۱- افزودنی های کنترل رسوبات

احتراق هر نوع بنزین حتی بنزین با کیفیت می تواند موجب تشکیل رسوبات شود. این رسوبات موجب افزایش انتشارات موتور می شود و عملکرد موتور را تحت تاثیر قرار می دهد. سوخت های با کیفیت شامل افزودنی های کنترل رسوب هستند که به طور قابل ملاحظه ای تشکیل رسوبات را کاهش می دهد.

افزودنی های سوخت مواد شیمیایی هستند که به مقدار بسیار کم برای بهبود کیفیت و کارایی سوخت به آن اضافه می شوند. در واقع افزودنی های سوخت دو هدف مجزا را دنبال می کنند:

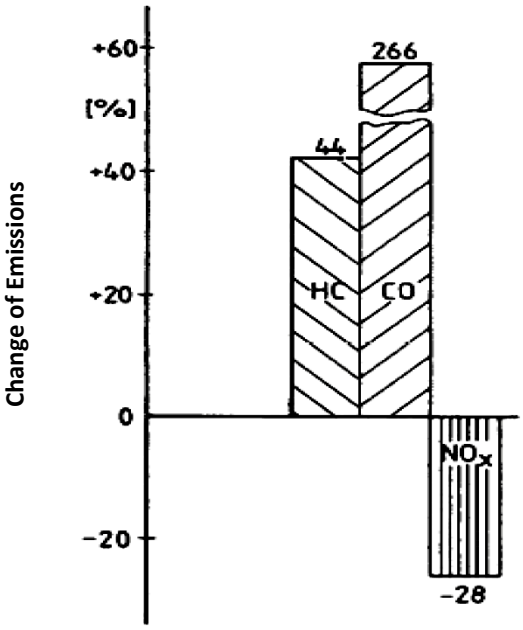
- ✓ بهبود احتراق و انتشار آلاینده ها
- ✓ اطمینان از کاهش فرسودگی و تشکیل رسوب در طول عمر موتور خودرو

شکل شماره ۱۷ برخی از مشکلات مرتبط به رسوبات سوخت را در قسمت های مختلف یک موتور جرقه ای نشان می دهد.



شکل ۱۷: مشکلات ناشی از سوخت در قسمت های مختلف یک موتور اشتعال جرقه ای [۴]

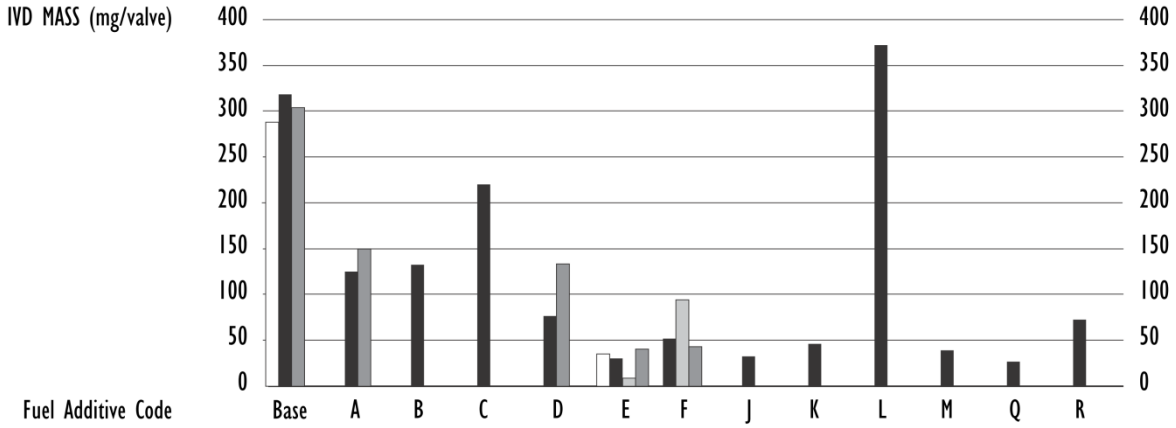
شکل شماره ۱۸ نشان دهنده ی چگونگی تاثیر رسوبات و بقایای سوخت بر روی محفظه احتراق و دریچه های ورودی بر آلودگی خروجی اگزوز است. همانطور که گفته شد وظیفه افزودنی ها ممانعت از بروز اینگونه مشکلات است.



شکل ۱۸: تاثیرتشکیل رسوبات بر انتشار آلاینده ها[۴]

۲-۳-۲- دریچه گاز

تاثیر رسوبات بر دریچه گاز در راه اندازی موتور در آمریکای شمالی و اروپا آنچنان جدی است که خودروسازان بدنبال سوختی با کیفیت بهتر هستند که دریچه ها تا حد امکان تمیز بمانند. تست های مختلفی برای تخمین ظرفیت بنزین برای حفظ تمیزی دریچه ورودی وجود دارد. شکل ۱۹ نشان دهنده‌ی عملکرد سوخت بدون افزودنی های پاک کننده و سوخت با درجات مختلفی از افزودنی های پاک کننده شیمیایی در تست خودروی Ford 2.3L IVD (ASTM D620197) است. افزودنی های متوسط مخلوط شده با سیال حامل موثر، مانع چسبندگی در دریچه ورودی می شود.



شکل ۱۹: عملکرد IVD خودرو Ford بنزینی در تست دینامومتر 2.3L [۲]

۲-۳-۳- محفظه احتراق

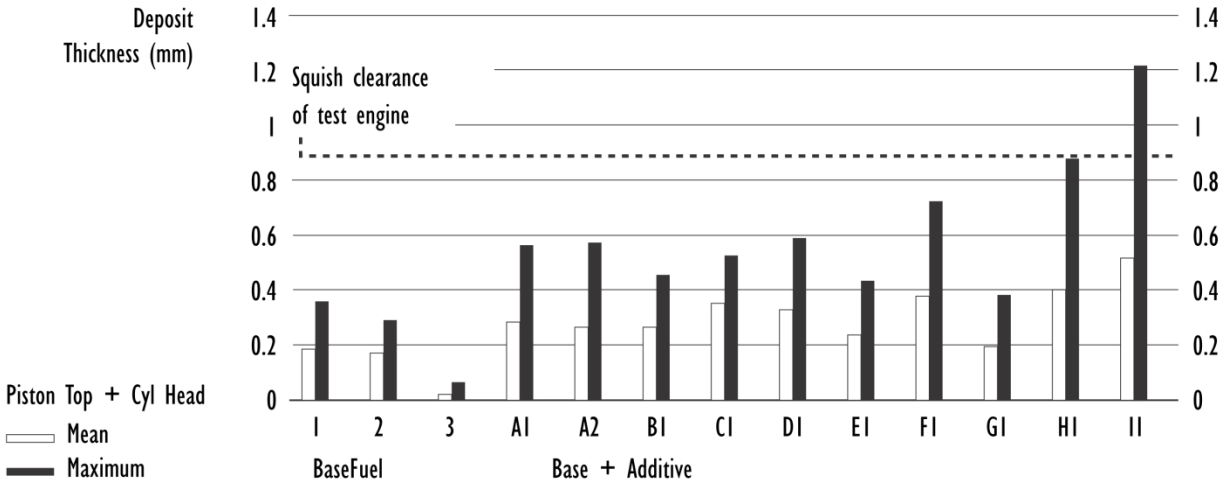
با تشکیل رسوبات در محفظه احتراق با وجود افزایش درزهای کوچکی که مساحت سطح را افزایش می دهند، فضای موجود در محفظه برای احتراق کاهش پیدا می کند . این پدیده ۳ اثر نامطلوب در پی دارد:

۱. نسبت تراکم بیشتر و دمای نهایی بالاتر گاز که موجب می شود موتور به عدد اکتانی بالاتر از مقدار استاندارد خود نیاز داشته باشد.
۲. افزایش انتشارات گازهای خروجی اگزوز.
۳. تداخل مکانیکی بین قسمت بالای پیستون و سر سیلندر که "ضربه ی کربن" نامیده می شود.

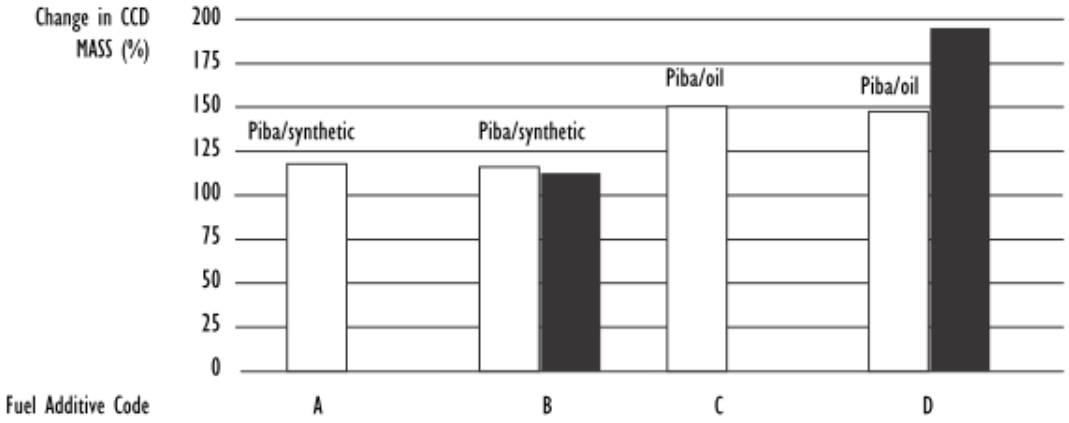
۲-۳-٤- نتایج دینامومتر موتور

همان طور که در شکل ۲۰ و ۲۱ نشان داده شده افزودنی های پاک کننده معمولا سطح رسوبات محفظه احتراق را نسبت به سوخت پایه افزایش می دهند. پاک کننده های حاوی حامل های نفت معدنی موجب افزایش این رسوبات می شوند. در حالیکه پاک کننده های دارای سیال حامل ترکیبی بهینه و با کیفیت شامل ترکیباتی مثل پلی اتر آمین ها، تشکیل این رسوبات را مینیمم

میکند. افزاینده ها باید بهینه شوند تا تشکیل این رسوبات را مینیمم کنند. این تنظیمات به طراح های موتور این اجازه را می دهد که طراحی محفظه احتراق را ارتقا داده و مصرف سوخت و انتشارات را کاهش دهند.



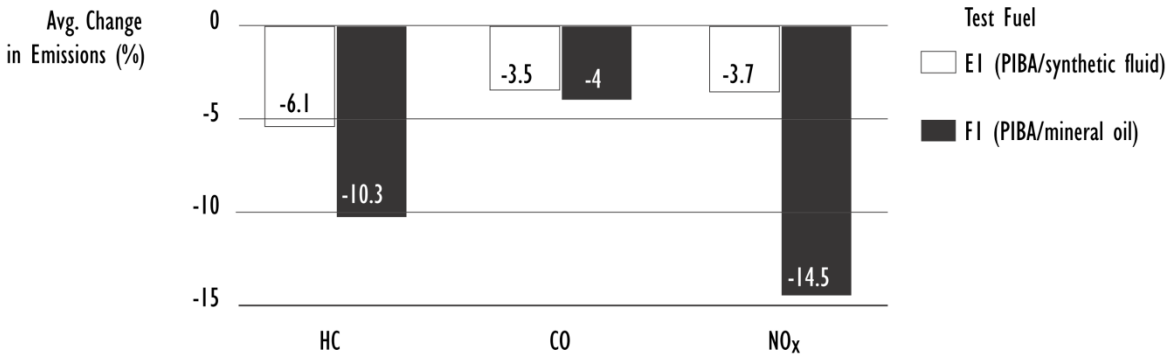
شکل ۲۰: نتایج دینامومتر موتور [۲]



شکل ۲۱: عملکرد رسوبات محفظه احتراق Ford بنزین سوز (تست دینامومتر 2.3L با استفاده از ASTM D6201) [۲]

۲-۳-۵- تاثیر حذف رسوبات محفظه احتراق بر انتشارات آلاینده های موتور

حذف رسوبات محفظه احتراق می تواند موجب کاهش انتشارات HC تا ۱۰٪، CO تا ۴٪ و NO_x تا ۱۵٪ شود که در شکل ۲۲ برای خودرو پس از ۵۰ هزار مایل مصرف نشان داده شده است.



شکل ۲۲: تاثیر حذف رسوبات محفظه احتراق بر انتشارات موتور [۲]

طبق بررسی های انجام شده در کشور ژاپن، در موتورهای جدید، ضربه کربن (Carbon Knock) حتی در مسافت های بالا اتفاق نمی افتد. در حالی که با فروش این موتورها به آمریکا، مصرف کننده ها در بعضی موارد اعتراضاتی نسبت به نویز موتور پس از چند هزار مایل استفاده از خودرو دیده شده است. برخی مصرف کننده ها به دلیل ضربه های پیستون به رسوبات، خواهان تعویض سر سیلندر بودند. عده ای دیگر نوع بنزین مصرفی خود را تغییر دادند یا از افزودنی های کنترل رسوبات استفاده کردند تا به حذف رسوباتی که موجب ضربه می شد کمک کنند. مشکل در آمریکا مربوط به استفاده ی زیاد افزودنی های کنترل رسوبات دریچه ورودی بوده است.

۲-٤- استانداردهای کیفیت بنزین مرتبط با آلودگی

براساس مطالبی که شرح آن آمده است، استانداردهای گوناگونی برای خواص فیزیکی و شیمیایی بنزین و به منظور کاهش سطح آلودگی تولیدی تعریف و اجرا شده اند که از آن میان می توان به استانداردهای زیر اشاره نمود.

۲-٤-۱- استاندارد اروپا

ترکیبات سوخت خودروها در اتحادیه اروپا توسط سازمان استاندارد اروپا (CEN [۲۷]) و با توسعه استاندارد ها مشخص می شود. دستورالعمل ها پس از پژوهش های گسترده و نظردهی ذینفعان به طور رسمی از سوی کمیسیون اروپا، پیشنهاد می شوند. پارلمان و مجلس اروپا پس از بحث، این دستورالعمل ها را اصلاح و تصویب می نمایند. پس از آن ضمانت اجرای این دستورالعمل ها در کشورهای عضو، به عهده کمیسیون اروپا می باشد، همچنین اجرای بهبود کیفیت سوخت، به عهده کشورهای عضو بوده و کمیسیون اروپا بر روی سیستم های کیفیت سوخت و گزارشات آنها متمرکز است.

اولین سری از استاندارد های سوخت در سال ۱۹۹۳، برای سوخت خودرو داوطلبانه بود، اما توسط تامین کنندگان سوخت در اروپا نظارت می شد. سه استانداردی که کیفیت سوخت خودرو را پوشش می دهند شامل: EN590 برای دیزل، EN 228 برای بنزین، و EN 589 برای خودروهای LPG می باشند.

27 European Committee for Standardization

مقررات زیست محیطی اجباری برای خواص چند گانه سوخت از جمله محتوی سرب و گوگرد برای بنزین، و عدد ستان و گوگرد، و محتویات FAME بیودیزل برای دیزل، برای اولین بار در سال ۱۹۹۸ (دستورالعمل98/70/EC) معرفی شدند و در سال های ۲۰۰۳ (دستورالعمل 2003/17/EC) و ۲۰۰۹ (دستورالعمل2009/30/EC) تجدید نظر شدند.

دستورالعمل 2003/17/EC کشورهای عضو را مستلزم به بازنگری سیستم کیفیت سوختشان با توجه به استاندارد های اروپا کرد. این دستورالعمل مشخصات برخی از عناصر بنزین و دیزل را به منظور کاهش شدت گازهای گلخانه ای در حمل و نقل جاده ای، مد نظر قرار داده است[۶].

استاندارد های اروپایی طبق جدول زیر طبقه بندی می شوند:

جدول ۲: طبقه بندی استانداردهای اروپایی[۶]

Name	EU Directive	CEN Standard	Implementation Date	Sulfur Limit (ppm)
n/a		EN 590:1993 (d) EN 228:1993 (g)	October 1994	2000
n/a			October 1996	500
Euro 3	98/70/EC	EN 590:1999 (d) EN 228:1999 (g)	January 2000	350(diesel); 150 (gasoline)
Euro 4	2003/17/EC	EN 590:2004 (d) EN 228:2004 (g)	January 2005	50*
Euro 5	2009/30/EC	EN 590:2009	January 2009	10, 10**

Note:
* 10ppm fuel must be available
** nonroad fuels limit

۲-٤-۲- استاندارد امریکا

آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا دارای برنامه های متعددی برای استانداردهای بنزین بوده که به شرح زیر می باشند [۷]:

۱. در برنامه Tier 2 Gasoline Sulfur محتویات گوگرد بنزین تا ۹۰ درصد کاهش می یابد.

۲. در قانون (Mobile Source Air Toxics (MSAT آلایندهای خطرناک هوا و مواد سمی منتشره از کامیون ها و خودرو ها را مد نظر قرار می دهد. این قانون کاهش مواد سمی شامل بنزن و دیگر هیدروکربن ها از جمله ۱،۳-بوتادین، فرمالدئید، استالدئید، نفتالین و آکرولین را در برنامه خود دارد.

۳. برنامه بنزین فرموله شده (RFG) [۲۸] برای اولین بار از سال ۱۹۹۵ در مناطق شهری آلوده ای که خواهان پاکتر شدن بنزین بودند اجرا شد. در این برنامه آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا یک نوع بنزین را به عنوان بنزین فرموله شده به منظور کاهش انتشار آلاینده های هوای ازن ساز و سمی توصیف نمود.

۴. آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا قانون volatility/Reid Vapor Pressure (RVP) را به منظور کاهش تولید گازهای گلخانه ای تبخیری که منجر به تولید مه دود در فصل تابستان می شوند را نهادینه کرد.

۵. برنامه Winter Oxygenated Fuel بمنظور افزایش میزان اکسیژن سوخت در مناطق خاصی از کشور و برای کنترل غلظت منواکسید کربن خروجی لازم الاجرا شده است. فصل اجرای این برنامه به طور کلی از ماه اکتبر تا فوریه یا مارس می باشد.

۶. برنامه E15 برای سوخت های حاوی مخلوطی از بنزین و اتانول می باشد، که در این نوع سوخت به طور ویژه ۱۵٪ حجمی اتانول و ۸۵٪ حجمی بنزین وجود دارد. در پاسخ به افزایش تقاضای انرژی و تحت قانون هوای پاک، آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا این برنامه را معرفی نمود.

در ضمن استاندارد و قوانین حاکم بر دیزل شامل قوانین جاده ای و غیر جاده ای می باشند. که آنها نیز توسط آژانس حفاتظت محیط زیست آمریکا مشخص شده اند. در پیوست ۳ و ۴ نیز جدول استاندارد بنزین و دیزل کالیفرنیا قابل مشاهده می باشد.

۲-٤-۳- استاندارد ژاپن

در کشور ژاپن کیفیت بنزین و گازوئیل و همچنین دیگر مقررات مشابه تحت عنوان "قانون کنترل کیفیت بنزین و سوخت ها" (قانون تضمین کیفیت)، قانون گذاری می شود. استاندارد های داوطلبانه اضافی مثل JIS K2202 و K2204 توسط کمیته استانداردهای صنعتی ژاپنی و انجمن استانداردهای ژاپنی برقرار می شوند. (پیوست های ۵ و ۶)

قانون تضمین کیفیت مستلزم نمونه برداری از تمام ایستگاه های ذخیره ای به صورت سالانه می باشد. بر طبق این قانون بیش از ۲۴۰،۰۰۰ نمونه در هر سال باید مورد پردازش قرار گیرد و مجازات های قابل توجهی برای صاحبان ایستگاه هایی که پارامترها اجباری را رعایت نکرده باشند در نظر گرفته شده است[۶].

28 Reformulated Gasoline

جدول ۳: استاندارد خواص بنزین EU 98/70/EC مربوط به آلودگی (یورو-۳) [۸]

پارامتر	واحد	محدودیت ها		تست	
		حداقل	حداکثر	روش	تاریخ انتشار
عدد اکتان تحقیقی		95	___	EN 25164	1993
عدد اکتان موتور		85	___	EN 25163	1993
فشار بخار رید(تابستانی)	kPa	___	60,0	___	
تقطیر					
میزان تبخیر در ۱۰۰ درجه	%v/v	46,0	___		
میزان تبخیر در ۱۵۰ درجه	%v/v	75,0	___	___	
تحلیل هیدروکربنی:					
- الفین ها	%v/v	___	18,0	ASTM D1319	1995
- آروماتیک ها		___	42,0		
- بنزن ها		___	1,0		
محتوی اکسیژن	%m/m	___	2,7	___	___
دیگر ترکیبات اکسیژن دار	%v/v	___	10	EN 1601	1996
محتوی گوگرد	mg/kg	___	150	Pr.EN-ISO/DIS 14596	1996
محتوی سرب	g/l	___	0,005	___	

جدول ٤: استاندارد خواص بنزین EU 2003/17/EC مربوط به آلودگی (یورو-٤) [٨]

پارامتر	واحد	محدودیت ها		تست	
		حداقل	حداکثر	روش	تاریخ انتشار
عدد اکتان تحقیقی		95	___	EN 25164	1993
عدد اکتان موتور		85	___	EN 25163	1993
فشار بخار رید (تابستانی)	kPa	___	60,0	EN 12	1993
تقطیر : میزان تبخیر در ۱۰۰ درجه	%v/v	46,0	___	EN-ISO 3405	1988
تقطیر : میزان تبخیر در ۱۵۰ درجه	%v/v	75,0	___		
تحلیل هیدروکربنی:					
- الفین ها	%v/v	___	18,0	ASTM D1319	1995
- آروماتیک ها		___	42,0	ASTM D1319	1995
- بنزن ها		___	1,0	Pr.EN 12177	1995
محتوی اکسیژن	%m/m	___	2.7	EN 1601	1996
ترکیبات اکسیژن دار:					
- متانول	%v/v	___	3	EN 1601	1996
- اتانول	%v/v	___	5	EN 1601	1996
- ایزوپروپیل الکل	%v/v	___	10	EN 1601	1996
- ترت بوتیل الکل	%v/v	___	7	EN 1601	1996
- ایزوبوتیل الکل	%v/v	___	10	EN 1601	1996
- اتر حاوی ۵ اتم کربن یا بیشتر در یک مولکول	%v/v	___	15	EN 1601	1996
دیگر ترکیبات اکسیژن دار	%v/v	___	10	EN 1601	1996
محتوی گوگرد	mg/kg	___	150	Pr.EN-ISO/DIS 14596	1996
محتوی سرب	g/l	___	0,005	EN 237	1996

۲-۵- آنالیز بنزین موجود درایران

طی ۳ مرحله نمونه برداری نمونه های بنزین معمولی و سوپر توزیع شده در شهر تهران در تاریخ ۴ دی ۱۳۹۰ و ۲۵ شهریور ۱۳۹۱ و بهمن ۱۳۹۱ از چند پمپ بنزین مختلف تهیه و برای آنالیز به آزمایشگاه ASG [۲۹] در کشور آلمان ارسال گردید. نتایج آنالیز شیمیایی و فیزیکی چهار نمونه بنزین به شرح زیر می باشد.

جدول ۵: آنالیز بنزین معمولی، نمونه گیری شده در تاریخ ٤ دی ۱۳۹۰ از جایگاه رسالت شهر تهران توسط آزمایشگاه ASG آلمان

Parameter	Method	Result	Specification DIN EN 228 (RON91) min.	max.	Unit
RON	DIN EN ISO 5164	93,5	91,0	-	-
MON	DIN EN ISO 5163	81,8	82,5	-	-
Lead content	prEN 237	<1	-	5	mg/l
Density (15 °C)	DIN EN ISO 12185	754,1	720	775	kg/m3
Sulfur content	DIN EN ISO 20884	166	-	10,0	mg/kg
Oxidation stability	DIN EN ISO 7536	>360	360	-	min.
Evaporation residue	DIN EN ISO 6246	<4	-	5	mg/100 ml
Copper strip corrosion	DIN EN ISO 2160	1	1		Korr.Grad
Total aromatics content	DIN EN ISO 22854	29,95	-	35,0	% (V/V)
Total saturates content		60,62	-	-	% (V/V)
Olefine content		7,71	-	18,0	% (V/V)
Benzene content		1,89	-	1,0	% (V/V)
Total Oxygen content		0,31	-	2,7	% (m/m)
Vapour pressure	DIN EN 13016-1	59,8	60,0	90,0	kPa
Initial boiling point (IBP)	DIN EN ISO 3405	31,3	-	-	°C
Evaporated at 70 °C (E70)		32,6	22,0	50,0	% (V/V)
Evaporated at 100 °C (E100)		59,2	46,0	71,0	% (V/V)
Evaporated at 150 °C (E150)		89,1	75,0	-	% (V/V)
Final boiling point (FBP)		191,7	-	210	°C
Distillation residue		1,2	-	2,0	% (V/V)
Carbon content	calculated	86,13	-	-	% (m/m)
Hydrogen content		13,56	-	-	% (m/m)
Oxygen content		0,31	-	-	% (m/m)
Calorific value, lower		43,26	-	-	MJ/kg
C : H : O ratio		0,53 : 1 : 0,0015	-	-	-
Average molecular weight		94,3	-	-	g/mol

29 Analytik-Service Gesellschaft

جدول ٦: آنالیز بنزین سوپر، نمونه گیری شده در تاریخ ٤ دی ١٣٩٠ از جایگاه شریعتی (پارک کوروش) تهران توسط آزمایشگاه ASG آلمان

Parameter	Method	Result	Specification DIN EN 228 (RON91) min.	max.	Unit
RON	DIN EN ISO 5164	86,0	91,0	-	-
MON	DIN EN ISO 5163	79,6	82,5	-	-
Lead content	prEN 237	<1	-	5	mg/l
Density (15 °C)	DIN EN ISO 12185	735,4	720	775	kg/m3
Sulfur content	DIN EN ISO 20884	194	-	10,0	mg/kg
Oxidation stability	DIN EN ISO 7536	>360	360	-	min.
Evaporation residue	DIN EN ISO 6246	<4	-	5	mg/100 ml
Copper strip corrosion	DIN EN ISO 2160	1	1		Korr.Grad
Total aromatics content	DIN EN ISO 22854	30,64	-	35,0	% (V/V)
Total saturates content		45,46	-	-	% (V/V)
Olefine content		21,76	-	18,0	% (V/V)
Benzene content		1,55	-	1,0	% (V/V)
Total Oxygen content		0,41	-	2,7	% (m/m)
Vapour pressure	DIN EN 13016-1	58,3	60,0	90,0	kPa
Initial boiling point (IBP)	DIN EN ISO 3405	17,8	-	-	°C
Evaporated at 70 °C (E70)		27,2	22,0	50,0	% (V/V)
Evaporated at 100 °C (E100)		50,1	46,0	71,0	% (V/V)
Evaporated at 150 °C (E150)		79,6	75,0	-	% (V/V)
Final boiling point (FBP)		208,7	-	210	°C
Distillation residue		1,2	-	2,0	% (V/V)
Carbon content	calculated	86,38	-	-	% (m/m)
Hydrogen content		13,21	-	-	% (m/m)
Oxygen content		0,41	-	-	% (m/m)
Calorific value, lower		42,99	-	-	MJ/kg
C : H : O ratio		0,54 : 1 : 0,002	-	-	-
Average molecular weight		99,0	-	-	g/mol

جدول ۷: آنالیز بنزین معمولی، نمونه گیری شده در تاریخ ۲۵ شهریور ۱۳۹۱ از جایگاه سهروردی تهران توسط آزمایشگاه ASG آلمان

Parameter	Method	Result	Specification DIN EN 228 (RON91) min.	max.	Unit
RON	DIN EN ISO 5164	84,3	91,0	-	-
MON	DIN EN ISO 5163	75,5	82,5	-	-
Lead content	prEN 237	<1	-	5	mg/l
Density (15 °C)	DIN EN ISO 12185	742,9	720	775	kg/m3
Sulfur content	DIN EN ISO 20884	184	-	10,0	mg/kg
Oxidation stability	DIN EN ISO 7536	>360	360	-	min.
Evaporation residue	DIN EN ISO 6246	<4	-	5	mg/100 ml
Copper strip corrosion	DIN EN ISO 2160	1a	1		Korr.Grad
Total aromatics content	DIN EN ISO 22854	32,08	-	35,0	% (V/V)
Total saturates content		62,30	-	-	% (V/V)
Olefine content		5,09	-	18,0	% (V/V)
Benzene content		2,07	-	1,0	% (V/V)
Total Oxygen content		0,10	-	2,7	% (m/m)
Vapour pressure	DIN EN 13016-1	52,2	60,0	90,0	kPa
Initial boiling point (IBP)	DIN EN ISO 3405	34,5	-	-	°C
Evaporated at 70 °C (E70)		26,1	22,0	50,0	% (V/V)
Evaporated at 100 °C (E100)		53,2	46,0	71,0	% (V/V)
Evaporated at 150 °C (E150)		88,3	75,0	-	% (V/V)
Final boiling point (FBP)		198,3	-	210	°C
Distillation residue		1,2	-	2,0	% (V/V)
Carbon content	calculated	86,46	-	-	% (m/m)
Hydrogen content		13,45	-	-	% (m/m)
Oxygen content		0,1	-	-	% (m/m)
Calorific value, lower		43,25	-	-	MJ/kg
C : H : O ratio		0,54 : 1 : 0,0004	-	-	-
Average molecular weight		97,2	-	-	g/mol

جدول ۸: آنالیز بنزین معمولی، نمونه گیری شده در تاریخ ۲۵ شهریور ۱۳۹۱ از جایگاه آپادانا (خرمشهر) تهران توسط آزمایشگاه ASG آلمان

Parameter	Method	Result	Specification DIN EN 228 (RON91) min.	max.	Unit
RON	DIN EN ISO 5164	85,0	91,0	-	-
MON	DIN EN ISO 5163	75,8	82,5	-	-
Lead content	prEN 237	<1	-	5	mg/l
Density (15 °C)	DIN EN ISO 12185	743,2	720	775	kg/m3
Sulfur content	DIN EN ISO 20884	194	-	10,0	mg/kg
Oxidation stability	DIN EN ISO 7536	>360	360	-	min.
Evaporation residue	DIN EN ISO 6246	<4	-	5	mg/100 ml
Copper strip corrosion	DIN EN ISO 2160	1a	1		Korr.Grad
Total aromatics content	DIN EN ISO 22854	32,13	-	35,0	% (V/V)
Total saturates content		61,53	-	-	% (V/V)
Olefine content		5,60	-	18,0	% (V/V)
Benzene content		2,20	-	1,0	% (V/V)
Total Oxygen content		0,13	-	2,7	% (m/m)
Vapour pressure	DIN EN 13016-1	51,7	60,0	90,0	kPa
Initial boiling point (IBP)	DIN EN ISO 3405	36,1	-	-	°C
Evaporated at 70 °C (E70)		25,5	22,0	50,0	% (V/V)
Evaporated at 100 °C (E100)		53,0	46,0	71,0	% (V/V)
Evaporated at 150 °C (E150)		89,3	75,0	-	% (V/V)
Final boiling point (FBP)		196,4	-	210	°C
Distillation residue		1,1	-	2,0	% (V/V)
Carbon content	calculated	86,44	-	-	% (m/m)
Hydrogen content		13,42	-	-	% (m/m)
Oxygen content		0,13	-	-	% (m/m)
Calorific value, lower		43,23	-	-	MJ/kg
C : H : O ratio		0,54 : 1 : 0,0006	-	-	-
Average molecular weight		96,7	-	-	g/mol

جدول ۹: آنالیز نمونه بنزین یورو ٤، نمونه گیری شده در تاریخ ١٤ بهمن ١٣٩١ از جایگاه اسلامشهر توسط آزمایشگاه ASG آلمان

Parameter	Method	Result	Specification DIN EN 228 (RON91) min.	max.	Unit
RON	DIN EN ISO 5164	82,6	91,0	-	-
MON	DIN EN ISO 5163	<75	82,5	-	-
Lead content	prEN 237	<1	-	5	mg/l
Density (15 °C)	DIN EN ISO 12185	731,9	720	775	kg/m3
Sulfur content	DIN EN ISO 20884	180	-	10,0	mg/kg
Oxidation stability	DIN EN ISO 7536	>360	360	-	min.
Evaporation residue	DIN EN ISO 6246	<4	-	5	mg/100 ml
Copper strip corrosion	DIN EN ISO 2160	1	1		Korr.Grad
Total aromatics content	DIN EN ISO 22854	27,71	-	35,0	% (V/V)
Total saturates content		68,63	-	-	% (V/V)
Olefine content		2,83	-	18,0	% (V/V)
Benzene content		1,72	-	1,0	% (V/V)
Total Oxygen content		0,15	-	2,7	% (m/m)
Vapour pressure	DIN EN 13016-1	59,0	60,0	90,0	kPa
Initial boiling point (IBP)	DIN EN ISO 3405	37,7	-	-	°C
Evaporated at 70 °C (E70)		28,3	22,0	50,0	% (V/V)
Evaporated at 100 °C (E100)		57,7	46,0	71,0	% (V/V)
Evaporated at 150 °C (E150)		90,2	75,0	-	% (V/V)
Final boiling point (FBP)		190,3	-	210	°C
Distillation residue		1,1	-	2,0	% (V/V)
Carbon content	calculated	86,05	-	-	% (m/m)
Hydrogen content		13,80	-	-	% (m/m)
Oxygen content		0,15	-	-	% (m/m)
Calorific value, lower		43,48	-	-	MJ/kg
C : H : O ratio		0,52 : 1 : 0,0007	-	-	-
Average molecular weight		94,5	-	-	g/mol

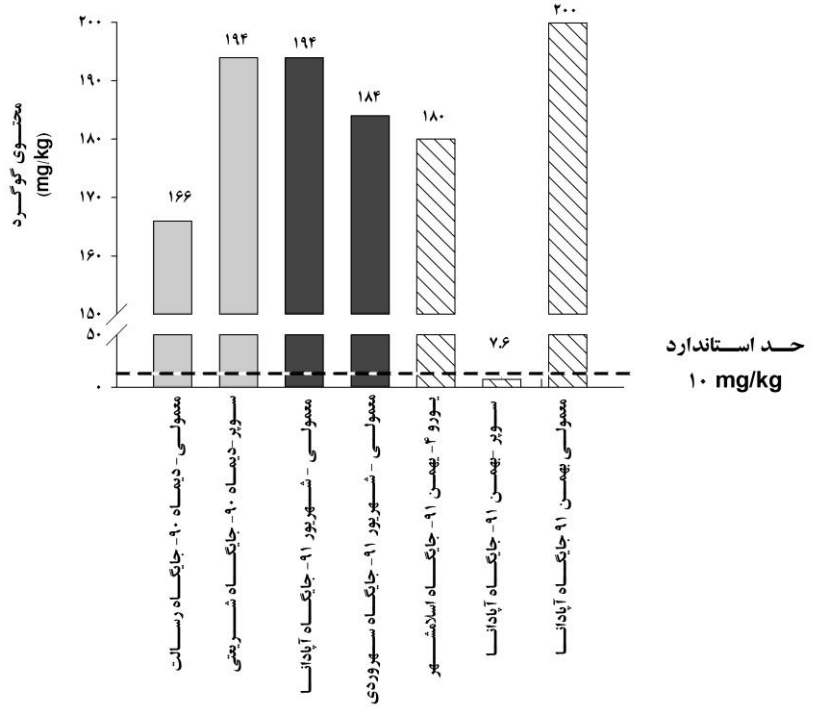
جدول ۱۰:آنالیز نمونه بنزین سوپر، نمونه گیری شده در تاریخ ۲۵ بهمن ۱۳۹۱ از جایگاه آپادانا (خرمشهر) تهران توسط آزمایشگاه ASG آلمان

Parameter	Method	Result	Specification DIN EN 228 (RON91) min.	max.	Unit
RON	DIN EN ISO 5164	93,5	91,0	-	-
MON	DIN EN ISO 5163	84,1	82,5	-	-
Lead content	prEN 237	<1	-	5	mg/l
Density (15 °C)	DIN EN ISO 12185	766,8	720	775	kg/m3
Sulfur content	DIN EN ISO 20884	7,6	-	10,0	mg/kg
Oxidation stability	DIN EN ISO 7536	>360	360	-	min.
Evaporation residue	DIN EN ISO 6246	<4	-	5	mg/100 ml
Copper strip corrosion	DIN EN ISO 2160	1	1		Korr.Grad
Total aromatics content	DIN EN ISO 22854	48,60	-	35,0	% (V/V)
Total saturates content		50,34	-	-	% (V/V)
Olefine content		1,06	-	18,0	% (V/V)
Benzene content		2,56	-	1,0	% (V/V)
Total Oxygen content		<0,01	-	2,7	% (m/m)
Vapour pressure	DIN EN 13016-1	58,8	60,0	90,0	kPa
Initial boiling point (IBP)	DIN EN ISO 3405	33,8	-	-	°C
Evaporated at 70 °C (E70)		20,8	22,0	50,0	% (V/V)
Evaporated at 100 °C (E100)		43,8	46,0	71,0	% (V/V)
Evaporated at 150 °C (E150)		85,5	75,0	-	% (V/V)
Final boiling point (FBP)		184,7	-	210	°C
Distillation residue		1,0	-	2,0	% (V/V)
Carbon content	calculated	87,55	-	-	% (m/m)
Hydrogen content		12,45	-	-	% (m/m)
Oxygen content		<0,01	-	-	% (m/m)
Calorific value, lower		42,60	-	-	MJ/kg
C : H : O ratio		0,59 : 1 : 0,000	-	-	-
Average molecular weight		97,5	-	-	g/mol

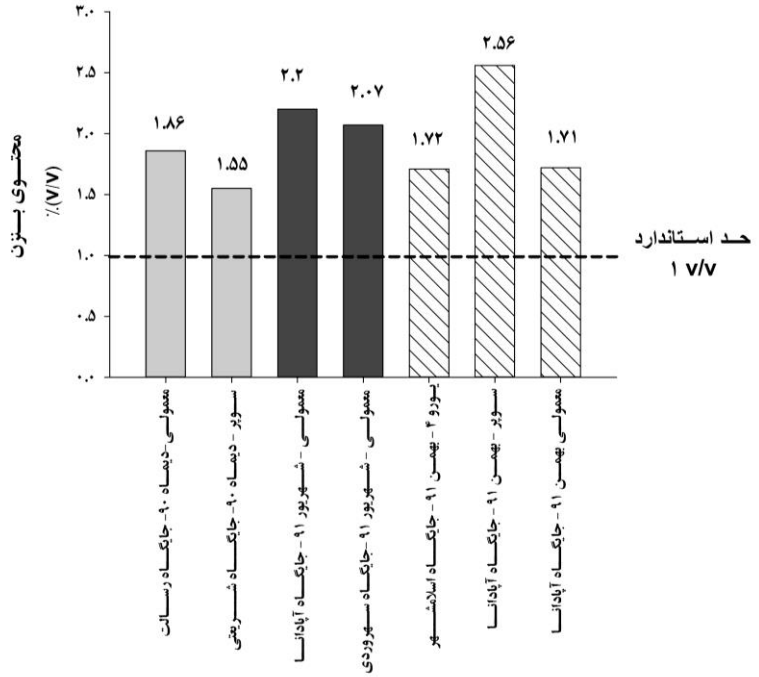
جدول ۱۱: آنالیز نمونه بنزین معمولی، نمونه گیری شده در تاریخ ۲۵ بهمن ۱۳۹۱ از جایگاه آپادانا (خرمشهر) تهران توسط آزمایشگاه ASG آلمان

Parameter	Method	Result	Specification DIN EN 228 (RON91) min.	max.	Unit
RON	DIN EN ISO 5164	82,8	91,0	-	-
MON	DIN EN ISO 5163	<75	82,5	-	-
Lead content	prEN 237	<1	-	5	mg/l
Density (15 °C)	DIN EN ISO 12185	732,9	720	775	kg/m3
Sulfur content	DIN EN ISO 20884	270	-	10,0	mg/kg
Oxidation stability	DIN EN ISO 7536	>360	360	-	min.
Evaporation residue	DIN EN ISO 6246	<4	-	5	mg/100 ml
Copper strip corrosion	DIN EN ISO 2160	1	1		Korr.Grad
Total aromatics content	DIN EN ISO 22854	27,08	-	35,0	% (V/V)
Total saturates content		66,39	-	-	% (V/V)
Olefine content		4,52	-	18,0	% (V/V)
Benzene content		1,71	-	1,0	% (V/V)
Total Oxygen content		0,37	-	2,7	% (m/m)
Vapour pressure	DIN EN 13016-1	58,7	60,0	90,0	kPa
Initial boiling point (IBP)	DIN EN ISO 3405	35,4	-	-	°C
Evaporated at 70 °C (E70)		30,8	22,0	50,0	% (V/V)
Evaporated at 100 °C (E100)		59,0	46,0	71,0	% (V/V)
Evaporated at 150 °C (E150)		90,8	75,0	-	% (V/V)
Final boiling point (FBP)		194,7	-	210	°C
Distillation residue		1,0	-	2,0	% (V/V)
Carbon content	calculated	85,83	-	-	% (m/m)
Hydrogen content		13,79	-	-	% (m/m)
Oxygen content		0,37	-	-	% (m/m)
Calorific value, lower		43,40	-	-	MJ/kg
C : H : O ratio		0,52 : 1 : 0,0017	-	-	-
Average molecular weight		95,2	-	-	g/mol

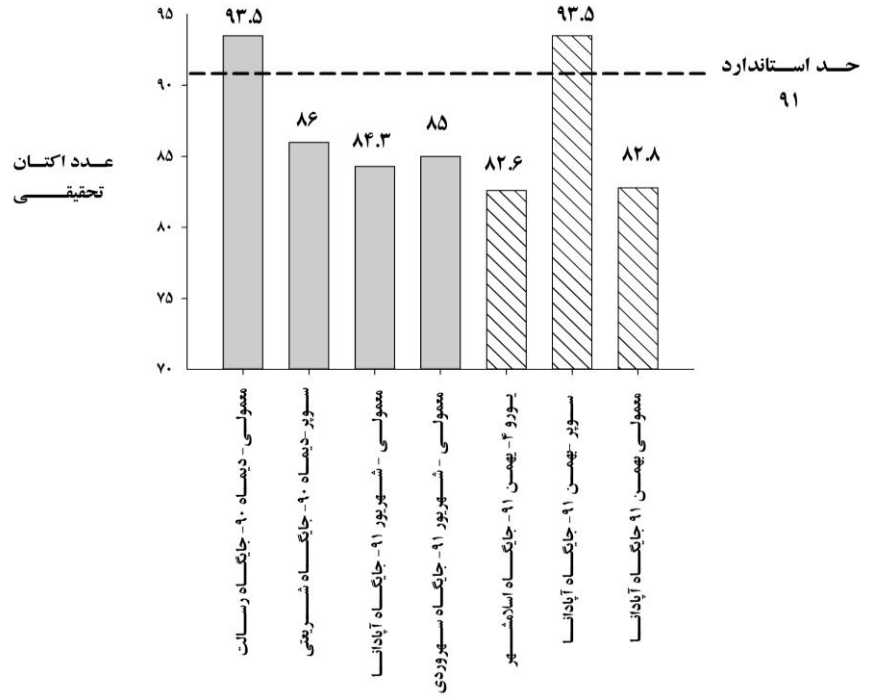
در ادامه در شکل های ۲۳ تا ۲۶ نمودار های مقایسه ای آنالیز نمونه های بنزین مختلف مشاهده می شود.



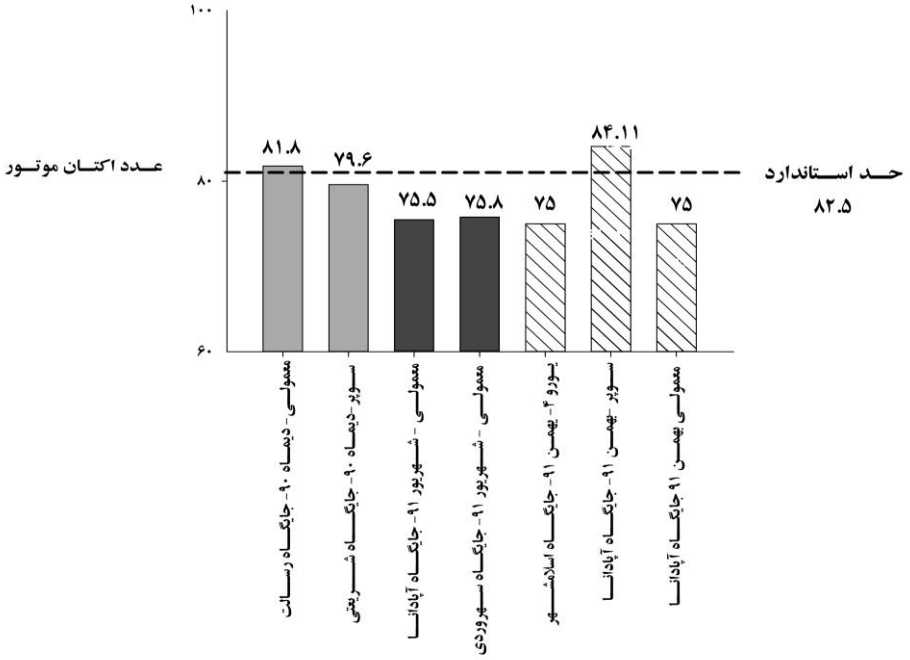
شکل ۲۳: نمودار مقایسه ای نمونه های بنزین ۳ مرحله آنالیز از لحاظ محتوی گوگرد



شکل ۲٤: نمودار مقایسه ای نمونه های بنزین ۳ مرحله آنالیز از لحاظ محتوی بنزن



شکل ۲۵: نمودار مقایسه ای نمونه های بنزین ۳ مرحله آنالیز از لحاظ عدد اکتان تحقیقی (RON)



شکل ۲۶: نمودار مقایسه ای نمونه های بنزین ۳ مرحله آنالیز از لحاظ عدد اکتان موتور (MON)

۲-٦- تحلیل نتایج آنالیز بنزین

باید توجه شود که نتایج ارائه شده صرفاً نتایج یک نمونه تصادفی از بنزین های توزیع شده در سطح شهر است و نتایج نمی تواند به صورت کلی و عمومی به کیفیت کل بنزین ایران توسعه یابد.

بر اساس نمونه گیری و آنالیز انجام شده، نتایج مهم زیر قابل ارائه است:

- عدد اکتان بنزین های نمونه برداری شده بجز یک مورد (بنزین سوپر جایگاه آپادانا در ۲۵ بهمن ۱۳۹۱) بسیار پایین تر از حد استاندارد آلایندگی است. متوسط عدد اکتان اندازه گیری شده در حدود ۸۳ است که با حد استاندارد ۹۱ فاصله زیادی دارد. عدد اکتان پایین موجب افزایش مصرف سوخت، کاهش عمر مفید موتور و افزایش آلاینده های تولیدی است.

- محتوی گوگرد بنزین های نمونه برداری شده بجز یک نمونه که ۷/۶ ppm می باشد سایر نمونه ها بین ۱۶۶ ppm تا ۲۷۰ ppm (به صورت متوسط حدود ۲۰ برابر استاندارد) اندازه گیری شده است. بر اساس شکل ۱۰ گزارش حاضر سطح گوگرد در حدود ۲۰۰ ppm می تواند سطح NO_X تولیدی خودروهای مدرن (کلاس SULEV) را در حدود ۵۰٪ افزایش دهد. علاوه براین راندمان کاهش NO_X دستگاه های کنترل آلایندگی خودرو می تواند پس از حدود ۷۰ ساعت کار کرد به کمتر از ۳۰ ٪ کاهش یابد. (شکل ۱۳)

- میزان بنزن موجود در نمونه های بنزین در مقایسه با حد استاندارد ۱٪ حجمی بین ۱/۵۵ تا ۲/۵۶ درصد حجمی متغییر است. هرچند بنزن به منظور افزایش عدد اکتان به بنزین اضافه شده است اما آلایندگی مستقیم و غیر مستقیم ناشی از بنزن بیش از حد استاندارد ۱٪ حجمی می تواند اثرات مخربی بر سلامتی داشته باشد. بررسی اعداد اکتان بنزین های نمونه نشان می دهد که افزایش سطح بنزن بنزین نیز نتوانسته است معضل عدد اکتان پایین بنزین را حل کند.

- بنظر میرسد معضل عمده کیفیت بنزین های نمونه برداری شده، عدد اکتان بسیار پایین، محتوی بنزن و گوگرد بسیار بالاست. بقیه پارامتر های اندازه گیری شده ، با استاندارد های روز دنیا همخوانی دارند.

بخش سوم:

سوخت دیزل

۳- سوخت دیزل

سوخت دیزل ترکیب پیچیده ای از هیدروکربن ها است که گروه های اصلی آن پارافین ها، نفتن ها و آروماتیک ها هستند. گوگرد آلی نیز به صورت طبیعی در آن وجود دارد. افزودنی ها نیز اصولا برای کنترل ویژگی هایی مثل جریان و ویژگی های احتراقی سوخت دیزل استفاده می شوند. ویژگی های حقیقی سوخت دیزل وابسته به روند پالایش و طبیعت نفت خامی که سوخت از آن تولید می شود دارد. کیفیت و ترکیب سوخت دیزل می تواند به طور موثر بر انتشارات از موتور دیزل تاثیر بگذارد.

خودروهای دیزلی عموما برای انجام کارهای سنگین استفاده می شوند. موتورهای دیزل صرفه اقتصادی بالا و تداوم حرکت خوبی را برای ماشین های سنگین، اتوبوس ها و ماشین های غیر جاده ای مثل ماشین آلات کشاورزی فراهم می کنند. تکنولوژی های جدید کمک بسیاری در بالا بردن بازدهی و عملکرد خودروهای دیزل داشته اند. این پیشرفت و همچنین صرفه اقتصادی آنها در سوخت مصرفی باعث شده است که بتوانند در خودروهای شخصی نیز با موتورهای بنزینی وارد رقابت شوند.

آلاینده های اگزوز خودرو دیزل متشکل از یک مخلوط پیچیده از گازها، ذرات معلق مایع و ذرات معلق جامد است. نگرانی اصلی در مورد آلایندگی خودروهای دیزلی در نشر ذرات معلق و NO_x است زیرا که میزان HC و CO در آنها بسیار کم است. PM شامل سه قسمت اصلی است: ۱- جامدات (ذرات کربنی) ۲- مواد آلی قابل حل شدن (هیدروکربن های سنگین که به ذرات کربن می چسبند). ۳- سولفات ها، که از سوختن اکسیداسیون گوگرد به وجود می آیند.

نسبت وجود کربن، مواد آلی و سولفات ها کاملا بستگی به تکنولوژی خودرو و میزان گوگرد سوخت دارد. میزان نشر آلاینده های PM از خودروهای دیزلی ۱۰ برابر بیشتر از میزان همین آلایندگی ها در خودروهای بنزینی است.

خودروهایی که هیچ سیستم کنترلی برای نشر آلاینده ها ندارند از کم بودن گوگرد داخل سوخت از این جهت بهره می برند که آلایندگی مستقیم ناشی از آن که شامل PM و SO_x کاهش می یابد.

۳-۱- عدد ستان

عدد ستان، معیاری از کیفیت احتراق خود به خودی است که به ترکیب سوخت بستگی دارد، و وابسته به تاخیر بین زمانی که سوخت به داخل سیلندر تزریق می شود و زمانی که احتراق رخ می دهد است. این امر بر قدرت استارت سرد، انتشارات اگزوز و نویزهای احتراق کم تاثیر می گذارد. سوخت های با اشتعال سریع، عدد ستان بالایی دارند (۵۰ یا بالاتر). در حالیکه سوخت های با سرعت احتراق پایین عدد ستان پایینی دارند (۴۰ یا پایین تر). هیدروکربن های آروماتیک عدد ستان پایین و پارافین ها عدد ستان بالایی دارند و نفتن ها عدد ستانی بین این دو گروه دارند.

شاخص ستان بیانی از ستان طبیعی سوخت را مهیا می کند. این شاخص بر اساس محاسباتی که بر اساس دانسیته سوخت و پارامترهای تقطیر است تعیین می شود. با استفاده از این عدد می توان کیفیت احتراق خود به خودی سوخت را تخمین زد، اما بیانی از تاثیرات افزودنی های بهبود دهنده ی ستان ارائه نمی دهد.

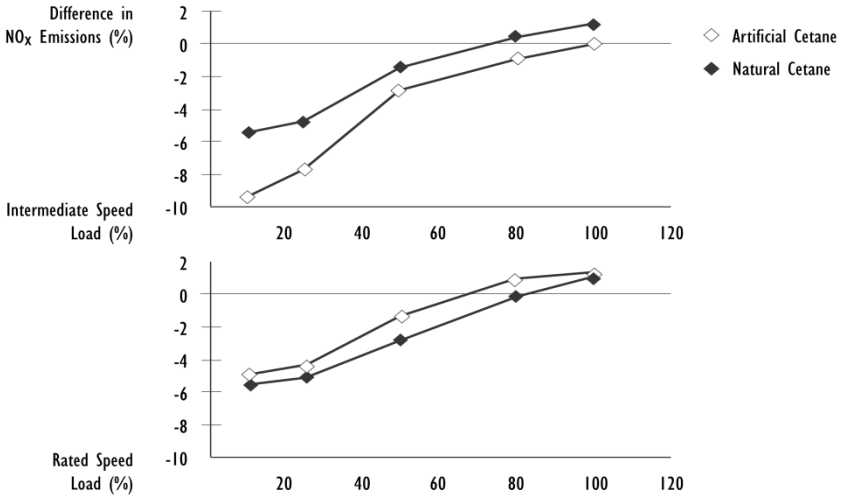
آزمایش های مستند EPEFE نشان می دهد که افزایش عدد ستان باعث کاهش انتشارات منواکسید کربن و هیدروکربن ها (بیشتر در موتورهای سبک)، اکسیدنیتروژن (بیشتر در خودروهای سنگین) و همچنین بنزن، ۱و ۳ بوتادین، فرمالدهید و استالدهید از موتورهای سبک می شود.

عدد ستان مورد نیاز برای خودروهای دیزلی به طراحی موتور و اندازه، ماهیت و سرعت نوسانات بار و همچنین شرایط جوی و استارت بستگی دارد. سوخت های با عدد ستان بالا این امکان را فراهم می کنند که موتور در دماهای پایین تر، استارت آسان تری داشته باشد، دودهای سفید خروجی اگزوز کاهش یابد، و ضربه های دیزل کاهش پیدا کند. در موتورهای با عدد ستان پایین، نویز ضربه های موتور و دود سفید در زمان گرم شدن موتور مخصوصا در دماهای به شدت سرد ایجاد می شود. اگر این شرایط برای مدت طولانی ادامه پیدا کند، رسوبات مشتق شده در محفظه ی احتراق تجمع پیدا می کند. در حالی که ممکن است به نظر بیاید یک موتور با سوختی با عدد ستان پایین عملکرد رضایت بخشی دارد، ولی بعد از استفاده ی طولانی مدت آسیب های مکانیکی شدید (مثل فرسایش پیستون) را می تواند ایجاد نماید.

افزایش ستان طبیعی می تواند در جهت کاهش مصرف سوخت نیز کمک کند. برای محدود کردن مقادیر مجاز افزودنی های ستان WWFC [۳۰] پیشنهاد می کند که تفاوت بین شاخص ستان و عدد ستان بیش از ۳ نباشد (اصولا از آنجایی که افزودنی ها گران قیمت هستند، به دلایل اقتصادی مقدار زیادی افزودنی به سوخت اضافه نمی شود).

تاثیر عدد ستان بر NO_x منتشر شده و مصرف سوخت به عنوان تابعی از بار موتور در شکل ۲۷ نشان داده شده است. (داده های موتورهای سنگین در مطالعات EPEFE). مطابق شکل شماره ۲۷ به طور مشخص عدد ستان تاثیر به سزایی بر NO_x دارد، خصوصا در بارهای کم، که تا ۹٪ کاهش هم قابل دستیابی است. (توجه شود که هر نقطه در شکل نشان دهنده ی کاهش NO_x حاصله برای افزایش ستان در یک بار مشخص است.) افزایش ستان همچنین موجب کاهش ۳۰-۴۰٪ انتشارات HC می شود.

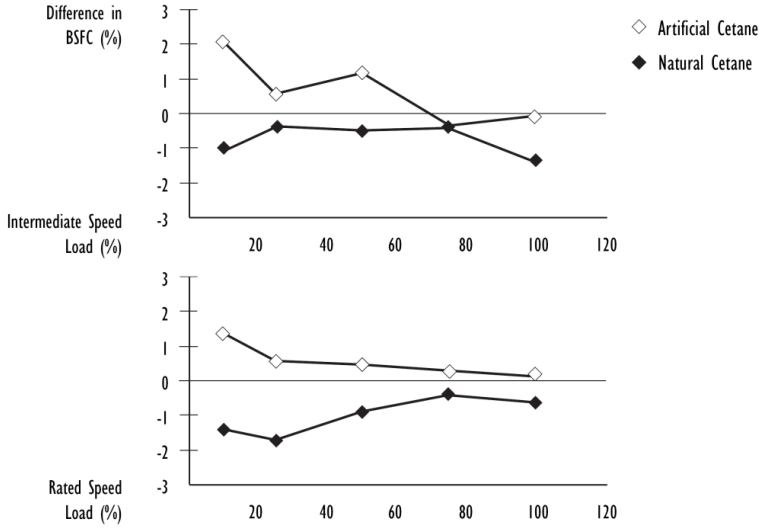
30 The World Wide Fuel Charter



شکل ۲۷: تاثیر عدد ستان بر انتشار No_x (از عدد ستان ۵۰ تا ۵۸)[۲]

برای خودروهای سبک، نتایج EPEFE نشان دهنده ی کاهش قابل توجه HC و CO با افزایش عدد ستان است. افزایش عدد ستان از ۵۰ به ۵۸ موجب کاهش ۲۶٪ انتشارات HC و CO می شود.

افزایش ستان طبیعی موجب کاهش مصرف سوخت نیز می شود. داده های شکل ۲۸ نشان دهنده ی اهمیت ستان طبیعی در مقایسه با ستان مصنوعی در BSFC [۳۱] ماشین های سنگین است. افزاش ستان طبیعی از ۵۰ به ۵۸ موجب ارتقای BSFC در همه سطوح بارهای تست شده است.



شکل ۲۸: تاثیر عدد ستان بر مصرف سوخت (از عدد ستان ۵۰ تا ۵۸)[۲]

31 Break Specific Fuel Consumption

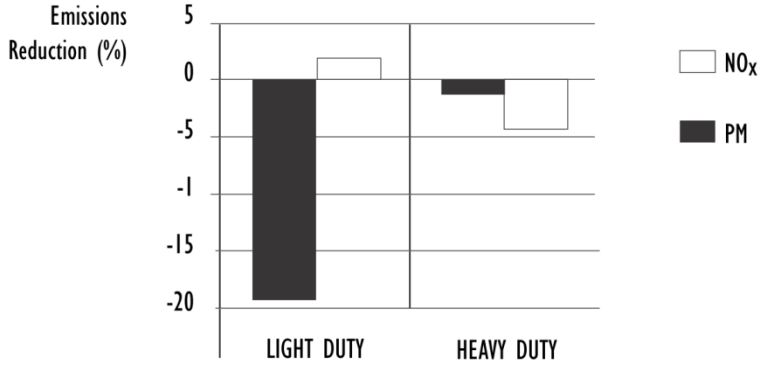
۳-۲- دانسیته

دانسیته ی سوخت دیزل به شدت به ترکیب شیمیایی آن (اصولا محتوی آروماتیک و محدوده ی تقطیر) بستگی دارد. دانسیته ی بالای سوخت دیزل اصولا نشان دهنده میزان بالای ترکیبات آروماتیک سوخت برای محدوده مشخصی از تقطیر است. افزایش محتوی آروماتیک عاملی برای افزایش انتشار ذرات شناخته می شود. چگالی بیش از حد سوخت در کالیبراسیون سوخت باعث سوخت رسانی بیش از حد، افزایش دود سیاه و تولید دیگر گازهای آلاینده می شود.

مطالعات EPEFE نشان می دهد برای موتورهای سبک، کاهش دانسیته ی سوخت موجب کاهش انتشار ذرات، هیدروکربن ها، منواکسید کربن، فرمالدهید، استالدهید و بنزن و افزایش انتشار NO_x می شود.

برای خودروهای سنگین کاهش دانسیته ی سوخت میزان انتشار NO_x را کاهش داده و انتشار هیدروکربن ها و منواکسید کربن را افزایش می دهد اما هیچ تاثیری بر انتشار ذرات ندارد.

تست های انجام شده در شکل ۲۹ نشان می دهد که کاهش دانسیته موجب کاهش NO_x در خودروهای سنگین و انتشار PM از همه ی خودروهای دیزل سوز می شود.



شکل ۲۹: تاثیر دانسیته بر انتشارات اگزوز (از دانسیته kg/m^3 ۸۲۸ تا kg/m^3 ۸۵۵)[۲]

۳-۳- تقطیر

منحنی تقطیر سوخت دیزل نماینده مقدار سوخت بخار شده در یک دمای مشخص است. این منحنی را می توان به ۳ بخش تقسیم کرد:

- ناحیه پایانی سبک (The light end) ، که بر استارت سرد تاثیر می گذارد.
- ناحیه اطراف ۵۰٪ نقطه تبخیر که به پارامترهای دیگر سوخت مثل ویسکوزیته و دانسیته مربوط است.

- ناحیه پایانی سنگین (The heavy end)، که با T90، T95 و نقطه نهایی جوش (FBP)[32] مشخص می شود. ناحیه پایانی سنگین با توجه به تاثیر آن بر انتشارات اگزوز، بیش از نواحی دیگر مورد بررسی قرار گرفته است.

تقطیر به الگوی فراریت سوخت دیزل اشاره دارد. تقطیر یا محدوده ی جوشیدن سوخت از ترکیب شیمیایی سوخت به همراه دیگر مشخصات مثل ویسکوزیته، نقطه ی اشتعال[33]، عدد ستان و دانسیته کلی محصول یک پالایشگاه بدست آمده است.

۳-۳-۱- تاثیر ناحیه پایانی سنگین بر انتشارات PM

فراریت می تواند در میزان دود اگزوز اثر بگذارد. در نتیجه مشخصات صحیح تقطیر برای احتراق سوخت مناسب لازم است. این مهم توسط تعادل مناسب سوخت سبک و سنگین در پالایشگاه حاصل می شود. بخش سنگین سوخت محتوی انرژی بالایی دارد اما موجب تشکیل رسوبات در موتور می شود. بخش سبک، ویسکوزیته ی کل را جهت تسهیل پاشش ذره ای سوخت، استارت راحت تر موتور و احتراق کامل تر در شرایط مختلف موتور کاهش می دهد. با این وجود، این نوع سوخت انرژی بر واحد حجم مناسبی در مقایسه با سوخت های سنگین ندارند.

۳-۳-۲- تاثیر T95 بر انتشارات اگزوز

بررسی ها نشان می دهد که بزرگی ناحیه پایان سنگین در منحنی تقطیر سوخت میتواند موجب تشکیل رسوبات سنگین تر در محفظه ی احتراق و افزایش انتشار دوده و ذرات معلق از اگزوز شود. تاثیر T95 بر انتشارات خودرو توسط مطالعات EPEFE آزمایش شده است، که نشان می دهد T95 متغیر بین ۳۷۵ درجه سانتیگراد و ۳۲۰ درجه سانتیگراد بر انتشارات گاز اگزوز موتورهای حاوی سوخت سنگین تاثیر زیادی ندارد، در حالی که با T95 پایین تر، مشاهده شد که گرایشی به کاهش NO_x و افزایش انتشارات هیدروکربنی وجود دارد. در موتورهای دیزل سبک همین مقدار کاهش در T95 موجب کاهش PM تا ۷٪ و کاهش انتشارات NO_x تا ۴/۶٪ می شود.

۳-٤- هیدروکربن های پلی آروماتیک[34]

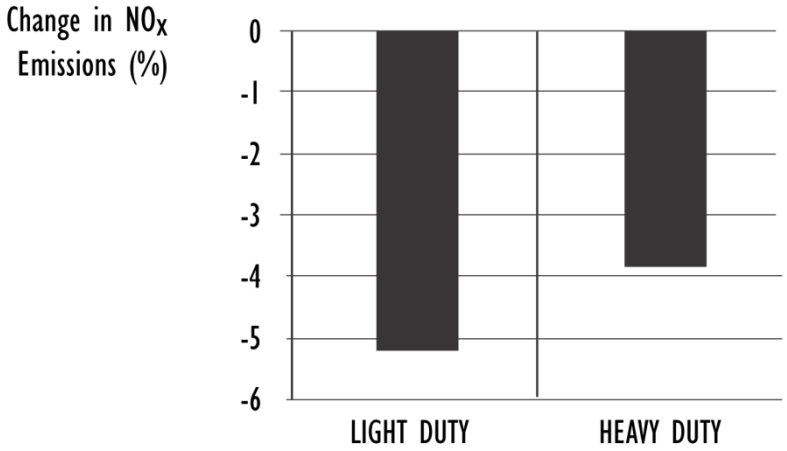
نفت خام محتوی محدوده ای از هیدروکربن ها شامل هیدروکربن های پلی آروماتیک (PAHs) است. این مواد ترکیبات آلی سنگینی هستند که بیشتر در ذرات معلق سوخت دیزل یافت می شوند اما همچنین می توانند در فاز گازی نیز حضور داشته باشند.

از اثرات مقدار زیاد آروماتیک ها در سوخت، می توان به احتراق خود به خودی ضعیف تر، ترک های حرارتی بیشتر، افزایش دمای شعله و همچنین تاثیر در جریان احتراق اشاره کرد. از دیدگاه احتراقی، آروماتیک ها اصولا ترکیبات ضعیفی برای سوخت دیزل هستند.

32 Final Boiling Point
33 Flash Point
34 Poly Aromatic Hydrocarbons

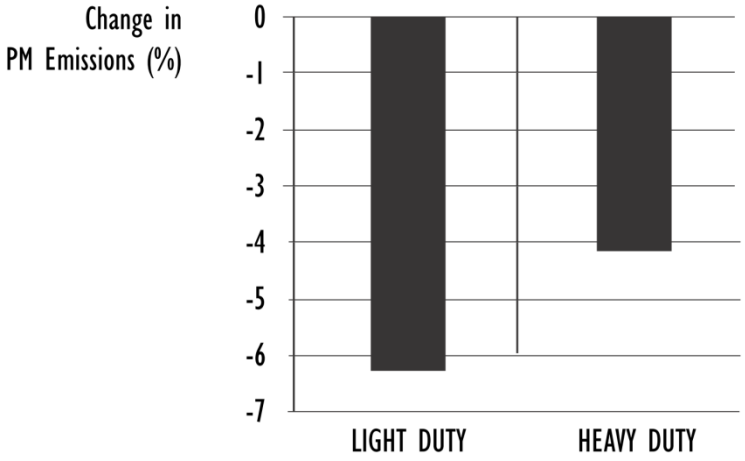
این ترکیبات از این رو به شدت در کانون توجه قرار دارند که بسیاری از آنها سرطان زا هستند. مطالعات EPEFE نشان می دهد که کاهش کل محتوی آروماتیکی سوخت دیزل به طور قابل توجهی میزان NO_x، PM، منواکسیدکربن، بنزن، فرمالدهید و استالدهید منتشر شده را کاهش می دهد. به طور خلاصه مطالعات EPEFE نشان می دهد که:

- در خودروهای سبک کاهش پلی آروماتیک ها موجب کاهش NO_x، PM، فرمالدهید و استالدهید منتشر شده می شود، اما هیدروکربن ها، بنزن و منواکسید کربن منتشر شده را افزایش می دهد.
- هرچه محتوی آروماتیک سوخت بیشتر باشد دمای شعله افزایش می یابد، که باعث افزایش انتشار NO_x می شود. تست های انجام شده در اروپا (ACEA دنباله ی برنامه EPEFE) نشان می دهد که کاهش کل محتوی آروماتیک از ۳۰٪ به ۱۰٪ به طور قابل ملاحظه ای باعث کاهش نشر NO_x مطابق شکل ۳۰ می شود.



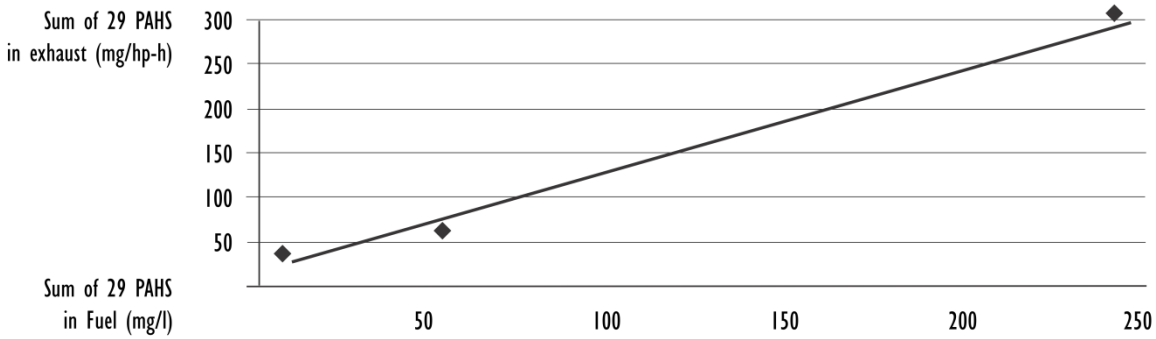
شکل ۳۰: تاثیر کاهش محتوی آروماتیک از ۳۰٪ به ۱۰٪ بر نشر NO_x [۲]

تاثیر محتوی پلی آروماتیک بر نشر PM نیز توسط EPEFE بررسی شده است. شکل ۳۱ نشان دهنده ی کاهش نشر PM اندازه گیری شده پس از کاهش محتوی پلی آروماتیک از ۹٪ به ۱٪ است.



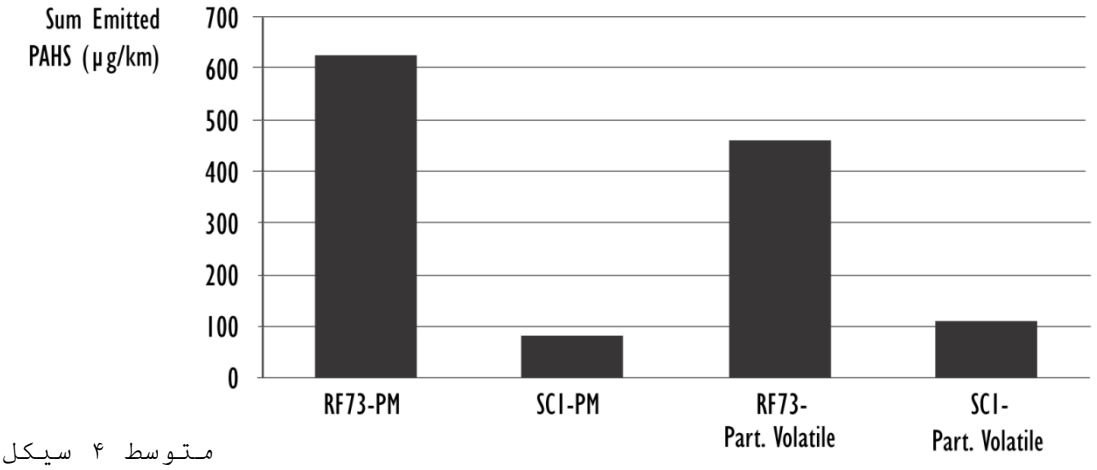
شکل ۳۱: تاثیر کاهش پلی آروماتیک ها از ۹٪ به ۱٪بر انتشار PM [۲]

مشخص شده است که محتوی PAH در سوخت دیزل به طور مستقیم با انتشار PAH خروجی اگزوز رابطه دارد. در مطالعه ای در کشور سوئد انتشار PAH یک کامیون دیزل سوز با PAH های مختلف اندازه گیری شد که نتایج طبق شکل ۳۲ رابطه ی مستقیم را نشان می دهد.



شکل ۳۲: تاثیر محتوی PAH سوخت بر انتشار PAH [۲]

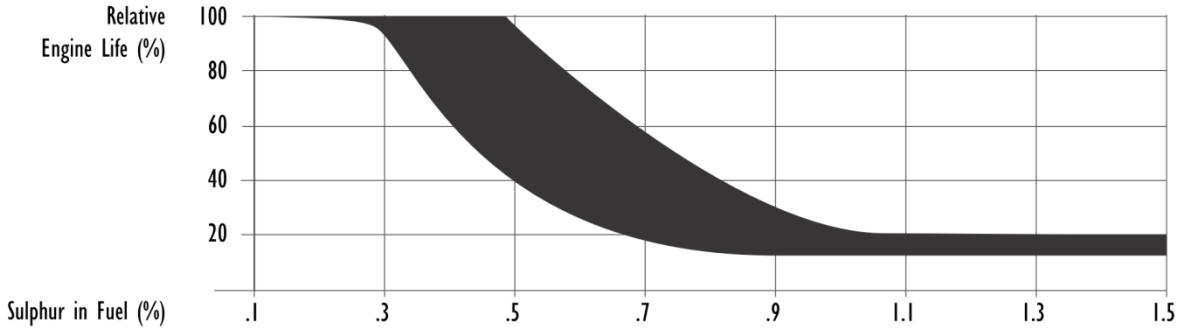
همچنین EPA سوئد یک موتور دیزل Euro2 را در 88/77/EEC و سیکل کوتاه Braunschweigh با سوخت کلاس ۱ سوئد (SCI, PAH=24 mg/l) و سوخت مرجع اروپا مورد بررسی قرار داده است (RF73;PAH=2100 mg/l). شکل ۳۳ مجموع PAH جمع شده روی فیلتر ذرات و انتشار PAH نسبتا فرار را نشان می دهد (متوسط ۴ سیکل).



شکل ۳۳: تاثیر محتوی PAH سوخت بر انتشار PAH [۲]

۳-۵- گوگرد

گوگرد به طور طبیعی در نفت خام وجود دارد. اگر این گوگرد در حین پالایش از نفت خام جدا نشود سوخت خودرو را آلوده می‌کند. گوگرد می تواند تاثیر به سزایی بر دوام موتور داشته باشد همان طور که در شکل ۳۴ نشان داده شده است کاهش سطح گوگرد باعث افزایش عمر موتور خودرو می شود.

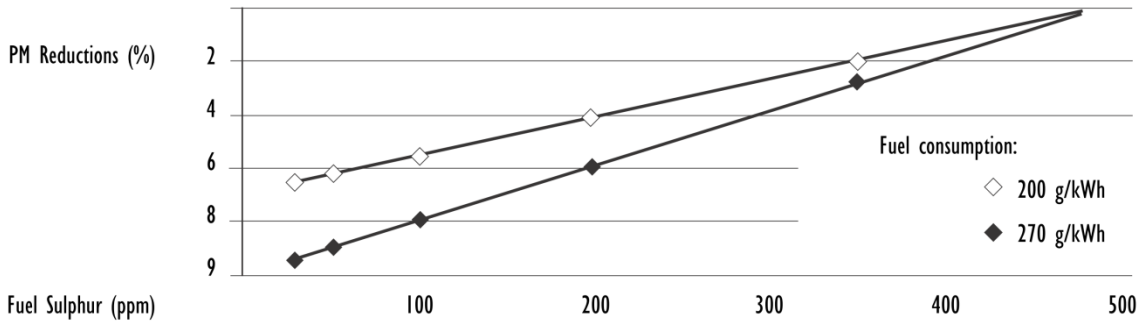


شکل ۳٤: تاثیر میزان گوگرد بر عمر موتور[۲]

محتوی گوگرد سوخت همچنین به شدت بر انتشار PM از طریق تشکیل سولفات در دود خروجی اگزوز و سپس در اتمسفر اثر گذار است. گوگرد می تواند به فرسایش سیستم موتور کمک کند. علاوه بر این بازده ی برخی سیستم های بازیاب دود اگزوز با افزایش گوگرد کاهش پیدا می کند.

۳-۵-۱- تاثیر گوگرد بر نشر PM

تاثیر گوگرد بر نشر PM بسیار پر اهمیت است. در Auto/Oil اروپا پیش بینی شده است که کاهش گوگرد از 300ppm به 30ppm باعث کاهش ۷٪ نشر PM در خودروهای سبک و ۴٪ در کامیون های سنگین می شود. به هرحال این پیش بینی ها مقدار دقیق سطح PM یا مصرف سوخت را در نظر نمی گیرد. تولید کنندگان خودروهای سنگین اروپا یک ضریب تصحیح برای بازتاب بهتر رابطه ی بین نشر PM و سطح گوگرد سوخت ایجاد نموده اند. این تصحیح به دلیل نشان دادن مزیت کاهش گوگرد، بسیار پر اهمیت است همان طور که در شکل ۳۵ برای ماشین های سنگین نشان داده شده است. کاهش گوگرد سوخت باعث کاهش PM منتشر شده در همه ی موتورها می شود.



شکل ۳۵: تاثیر سطح گوگرد سوخت دیزل بر انتشار PM خودروهای سنگین (PM=0.1 g/kWh) [۲]

تست های انجام شده بر روی وسایل نقلیه سنگین و با استفاده از حالت سیکل ۱۳ دیزل ژاپنی ، نشان دهنده ی کاهش قابل توجه نشر PM است که در هر دو خودروی با کاتالیست و بدون آن انجام شده است. این آزمایشات نشان می دهد که نشر PM از کامیون بدون کاتالیست با سوخت حاوی ppm ۴۰۰ گوگرد حدودا دو برابر این انتشار در حال عملکرد با سوخت حاوی ppm ۲ گوگرد است.

۳-۵-۲- سهم گوگرد سوخت در تولید ذرات

گوگرد سوخت در طول احتراق اکسید می شود و SO_2 تولید می کند، که مهم ترین ترکیب گوگرد منتشر شده از خودرو است. مقداری از SO_2 مجددا اکسید شده و سولفات (SO_4) را ایجاد می کند که سولفات و آب اطراف هسته ی کربن جمع می شوند. این اتفاق میزان PM را افزایش می دهد بنابراین گوگرد سوخت تاثیر زیادی بر نشر PM دارد. عمدتا نرخ تبدیل گوگرد به سولفات حدود ۱٪ است و از تاثیر سولفات بر نشر PM از موتور خودرو می توان چشم پوشی نمود. به هرحال، استفاده از یک بازیاب محتوی کاتالیست اکسید کننده، می تواند نرخ این تبدیل را بسته به بازده ی کاتالیست تا ۱۰۰٪ افزایش دهد. بنابراین، برای خودروهایی با سیستم کاتالیست اکسید کننده، بخش زیادی از SO_2 به SO_4 تبدیل می شود و میزان PM منتشر شده از خودرو را افزایش می دهد. این تغییر تاثیر به سزایی بر بازده ی سیستم بازیاب خودرو دارد.

۳-۵-۳- محاسبه‌ی سهم گوگرد بر میزان PM

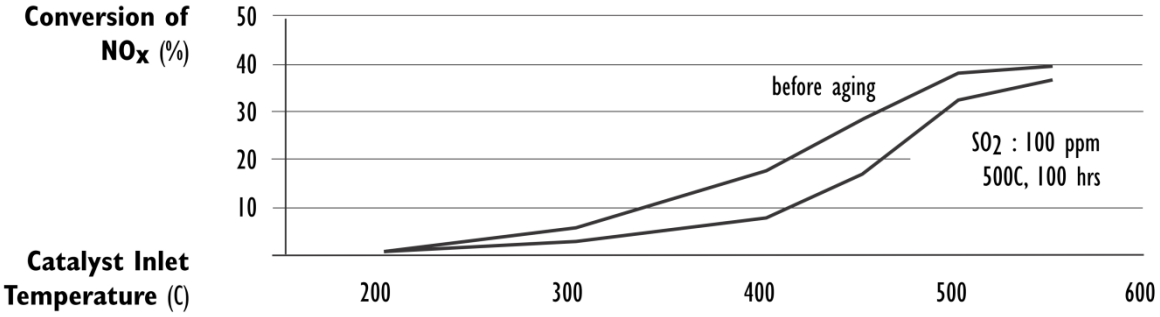
جرم سولفات منتشر شده از خودرو بستگی به پارامترهای زیر دارد:

- مصرف سوخت موتور
- محتوی گوگرد سوخت
- نرخ تبدیل S به SO_4

محتوی گوگرد سوخت دیزل و مصرف سوخت پارامترهایی قابل اندازه گیری هستند. در حالی که از که نرخ تبدیل در موتورهای مختلف متفاوت است، تنها می توان آن را پیش بینی کرد. مصرف بازیاب محتوی کاتالیست اکسید کننده می تواند بسته به بازده کاتالیست نرخ این تبدیل را تا ۱۰۰٪ افزایش دهد.

۳-۵-٤- تاثیر گوگرد بر بازیابی سوخت دیزل

قوانین آینده، خواهان انتشار کمتر NO_x و PM به همراه مصرف کمتر سوخت و نشر کمتر CO_2 است. سیستم کاتالیست حذف انتشار NO_x، که قابلیت حذف NO_x خروجی اگزوز موتورهای دیزل با میزان اکسیژن بالا را دارا است، می تواند راه حلی برای مقایسه بین NO_x و PM و مصرف سوخت باشد. به هرحال، در شکل ۳۶ نشان داده شده است که این سیستم ها بسیار به محتوی گوگرد سوخت حساس هستند. سطح گوگرد سوخت دیزل (و بنزین) فاکتور بسیار مهمی در عملکرد سیستم کاتالیست های حذف NO_x محسوب می شود. عملکرد کاتالیست همیشه در سوخت های بدون گوگرد بهتر است.

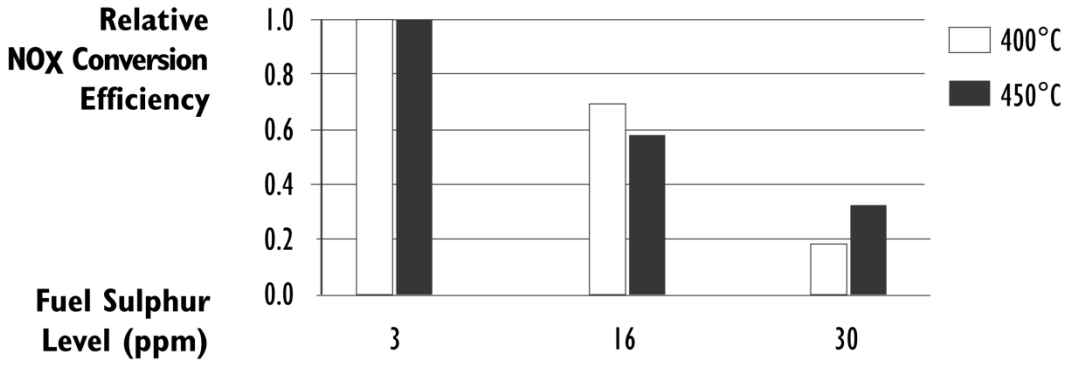


شکل ۳٦: تاثیر SO_2 aging بر تبدیل NO_x [۲]

۳-٦- جاذب NO_x

جاذب های NO_x در حضور گوگرد، مسموم شده و کارایی خود را از دست می دهند. اگر در این دسته از وسایل از سوخت بدون گوگرد استفاده شود میتوانند تا ۹۰٪ در حذف NO_x بازدهی داشته باشند. نگرانی پیرامون گوگرد سوخت از این جهت است که SO_2 در طی احتراق تولید شده و از اگزوز خارج می شود. در کاتالیست جاذب NO_x، این SO_2 دستخوش عکس العملی مشابه NO_x می شود. به هرحال، SO_2 باعث تولید SO_3 می شود که در مقایسه با NO_2 بسیار در جذب قوی تر است.

تاثیر محتوی گوگرد سوخت دیزل بر بازده تبدیل جاذب NO_x در شکل ۳۷ نشان داده شده است. شکل نشان دهنده ی تاثیر گوگرد سوخت بر بازده ی نسبی تبدیل NO_x است. در مقایسه با سوخت دارای ppm ۳ سوخت های با گوگرد ۱۶ و ppm ۳۰ نشان دهنده ی افت شدید عملکرد آن است.



شکل ۳۷: تاثیر سطح گوگرد سوخت بر کارایی تبدیل NO_x [۲]

۳-۷- انتشار آلاینده ها از خودروهای با تکنولوژی پیشرفته

د کراکر اتال[۳۵] در سال ۲۰۰۵ به بررسی مزایای قابل حصول در خودروهای با تکنولوژی پیشرفته و دارای تکنولوژی بازیابی خروجی اگزوز در صورت استفاده از سوخت با گوگرد کم، پرداخته است. ۳ موتور دیزل سنگین و ۲ خودرو مسافربری دیزل در این مطالعه انتخاب شده است[۹]. که ۳ موتور وسیله نقلیه سنگین دیزلی شامل:

- ✓ یک نمونه مدل Euro3 به کار گیرنده ی تکنولوژی موجود در بازار
- ✓ یک نمونه اولیه Euro4 به کار گیرنده ی ترکیبی از سیستم خنک کننده ی EGR [۳۶] و یک CRT [۳۷]
- ✓ یک نمونه اولیه Euro5 به کار گیرنده ی SCR/urea [۳۸] به همراه بهبود دهنده موتور برای بهینه کردن تولیدات NO_x/PM بدون استفاده از فیلتر.

مشخصات دو خودرو دیزلی Euro3 به عنوان نماینده ی تکنولوژی های پیشرفته ی موجود در اروپا در سال ۲۰۰۲ به ترتیب زیر است:

- ✓ خودرو A: اندازه ی متوسط، همراه با تزریق مستقیم و کاتالیست اکسید کننده.
- ✓ خودرو B: یک نمونه ی بزرگ، fixed common rail، تزریق مستقیم همراه با یک فیلتر مخصوص دیزل.

35 De Craecker et al
36 Exhaust Gas Recirculation
37 Continuously Regeneration Trap
38 Selective Catalyst Reduction

۷ نوع سوخت در این بررسی استفاده شده اند که به صورت زیر دسته بندی شده اند:

- ✓ سوخت های D2، D3 و D4 که محدوده ی گوگرد آنها به ترتیب ۲۸۰ppm، ۳۸ ppm و ۸ ppm است.
- ✓ D5 و D6 که تقریبا بدون گوگرد هستند (گوگرد کمتر از ۵ ppm) با دانسیته و محتوی آروماتیکی بسیار کم.
- ✓ D6، یک سوخت دیزل با سطح گوگردی مطابق سال ۲۰۰۰ (۳۰۷ ppm). این سوخت در هرحال دانسیته و محتوی آروماتیکی بالایی دارد.
- ✓ D7، مخلوطی از سوخت D4 و 5% RME [۳۹] (۷ ppm گوگرد)

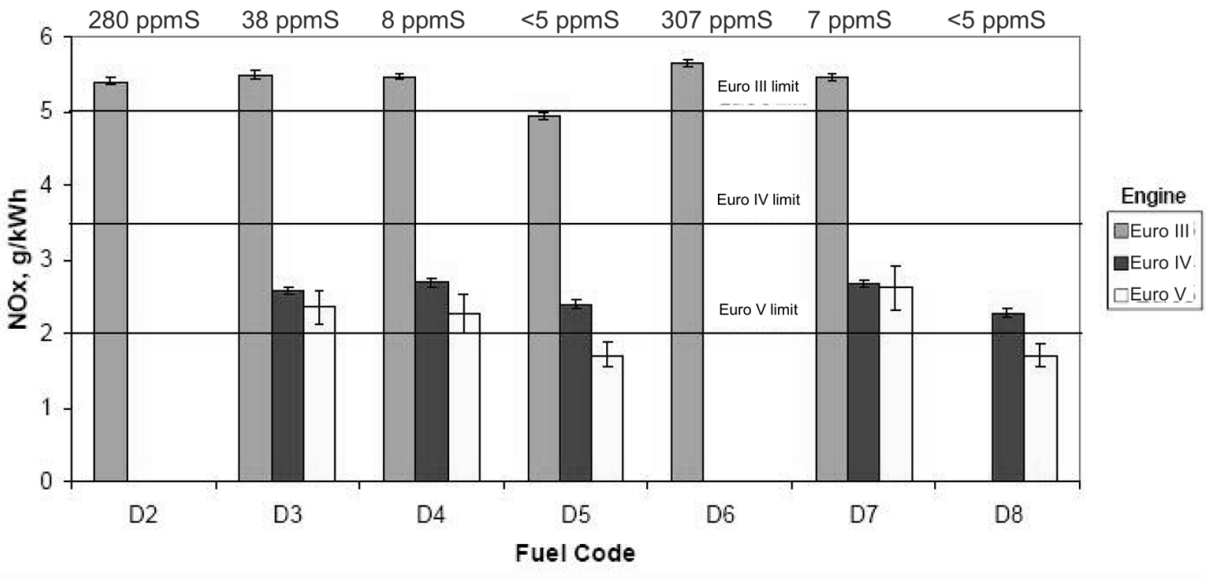
با توجه به شکل ۳۸ پیشرفت قابل ملاحظه ای در کنترل انتشارات NO_x از موتورهای Euro3 به Euro5 حاصل شده است. تغییر محتوی گوگرد سوخت، که از سوخت D2 به D4 کاهش پیدا کرده، تاثیری بر انتشارات NOx نداشته است. سوخت D6 بیشترین انتشارات NO_x را برای موتور Euro3 دارد، ولی این تفاوت نسبت به سوخت D2 و D4 ناچیز بوده است که به دلیل حضور 5% RME است (D7 و D4 مقایسه شده اند.). تاثیر محتوی گوگرد سوخت بر نشر NO_x در موتورهای Euro4 و Euro5 نیز نسبتا کم بوده است. تاثیر گوگرد سوخت بر انتشار NO_x از موتورهای Euro4 و Euro5 نیز نسبتا کم بوده است. در خودروهایی با غلظت گوگرد کمتر از ۵ ppm تاثیر بیشتری بر انتشار NO_x مشاهده شده است.

شکل ۳۹ نشان می دهد که موتور Euro4 با یک تله ی مشخص، کمترین انتشار PM را دارد. با این وجود، انتشار PM از موتور Euro 5 نیز بسیار کم بوده است. در مورد موتور Euro3، کاهش محتوی گوگرد (در سوخت های D2 تا D4) موجب کاهش اندکی در انتشار PM می شود. سوخت های D2 و D6 که با وجود محتوی گوگرد قابل مقایسه، دیگر مشخصاتشان متفاوت است، انتشار PM مشابهی دارند. افزایش 5% RME به سوخت D4 (و نیز سوخت D7) تاثیری بر نشر PM نگذاشت. سوخت D5 و D8 عملکرد مشابهی داشته و انتشار PM کمتری نسبت به سوخت های دیگر دارند. در موتورهای پیشرفته Euro4 و Euro5 تاثیر محتوی گوگرد سوخت بسیار کم است.

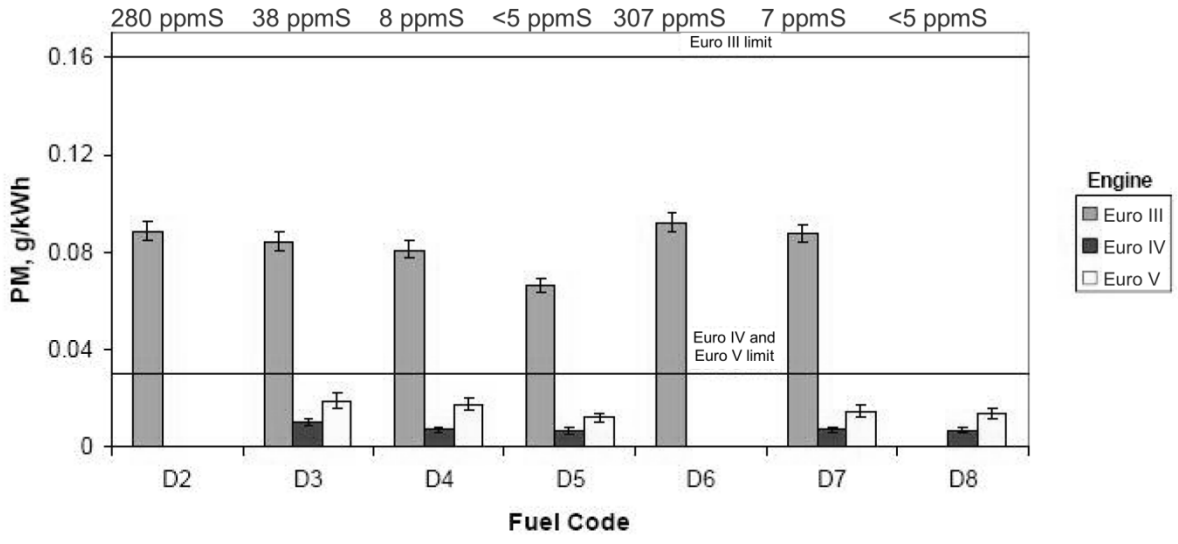
با توجه به شکل ۴۰ تاثیر محتوی گوگرد بر انتشار NO_x از ماشین ها در سیکل های قانونی (NEDC[۴۰]) قابل توجه نیست. با این وجود سوخت های D5 و D8 مجددا کمترین اتشارات NO_x را برای خودرو B دارند. در سرعت های بالاتر، شرایط بار و سیکل ARTEMIS برای راه موتوری، انتشار NO_x برای هر دو ماشین دو برابر شده و سوخت های D5 و D8 نیز کاهش قابل ملاحظه (اما همچنان کوچک) در انتشار NO_x از خودرو B و نه از خودرو A داشته اند.

خودرو A با این وجود با شرایط Euro3 انتشار PM نزدیک تری به محدوده ی تعیین شده در Euro4 داشته است (شکل ۴۱). برای این ماشین نتایج محتوی گوگرد سوخت نتایج نامنظمی در بر داشته است. سوخت D6 بیشترین انتشار PM را دارد. در حالی که سوخت های D5 و D8 کمترین انتشارات و سوخت های D2 تا D4 انتشارات مشابهی را موجب می شوند. افزودن 5% RME به سوخت D4 تاثیر زیادی بر انتشار PM ندارد[۹].

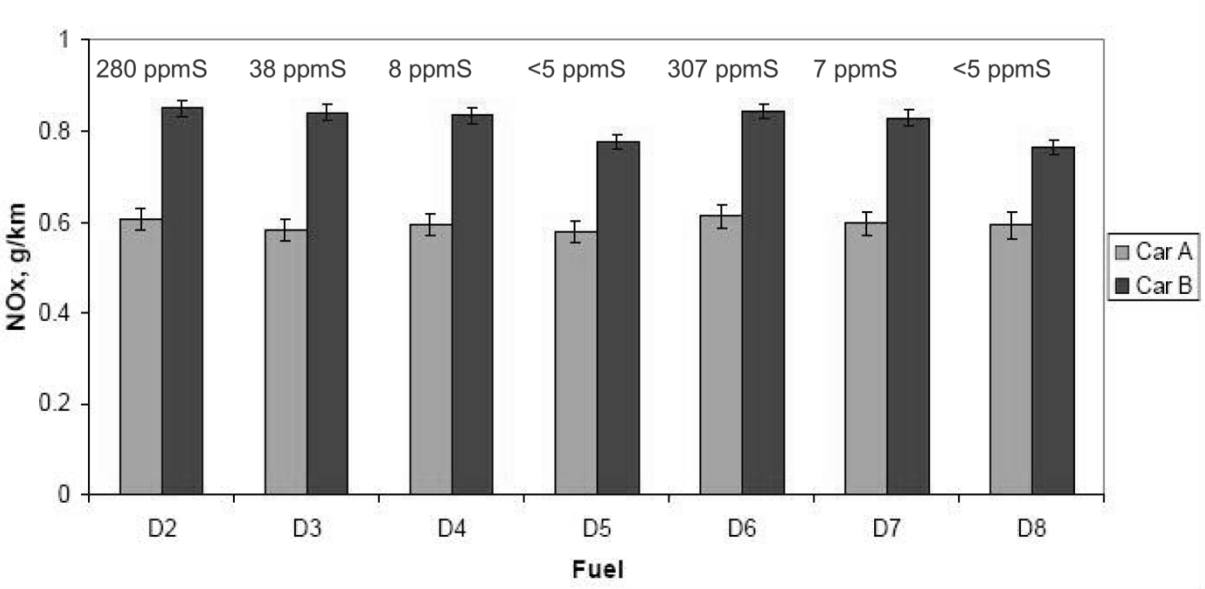
39 Rapessed Methyl Ester
40 New European Driving Cycle



شکل ۳۸: انتشار NOx از موتورهای وسایل نقلیه سنگین در سیکل ETC [۹]



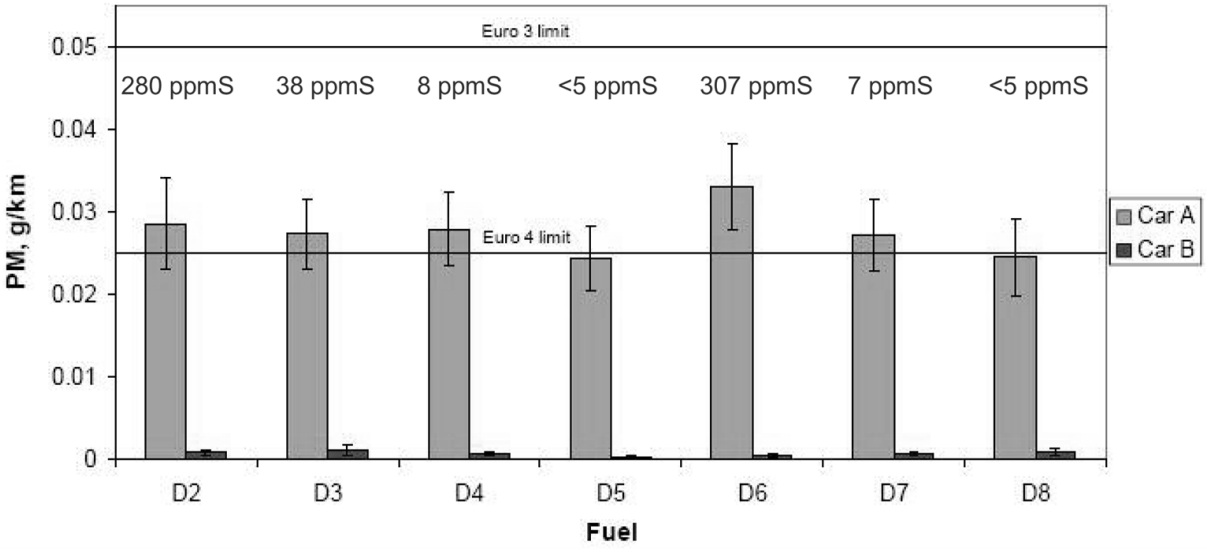
شکل ۳۹: انتشار PM از موتورهای وسایل نقلیه سنگین در سیکل ETC [۹]



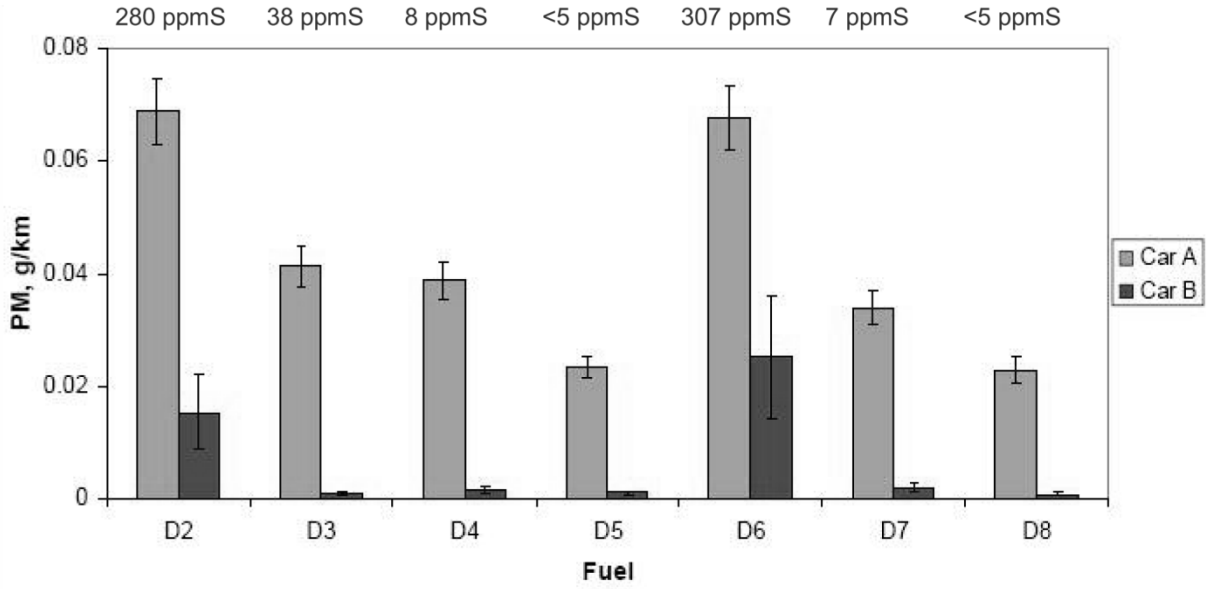
شکل ٤٠: انتشار NOx از خودرو های دیزل در سیکل NEDC [۹]

یک تاثیر قابل توجه دیگر، تاثیر فیلتر ذرات (DPF) [۴۱] است. خودرو B به دلیل حضور DPF انتشار PM بسیار کمی (کمتر از ۱۰٪ محدوده تعیین شده در Euro4 برای همه سوخت های ذکر شده) دارد. در این ماشین اختلاف بین سوخت ها در انتشار PM در NEDC [۴۲] قابل ملاحظه نیست. در سیکل بزرگراهی ARTMEIS ، محتوی گوگرد سوخت تاثیر شدیدتری مشاهده می شود. (شکل ۴۲). برای هر دو ماشین با سوخت حاوی ppm ۳۰۰ گوگرد در D2 و D6، انتشار PM به طور قابل ملاحظه ای نسبت به سوخت های دیگر بیشتر بوده است. سوخت های D5 و D8 مزایای بهتری نسبت به سوخت های دیگر برای خودرو A دارند. در حالیکه برای خودرو B به دلیل تجهیز این خودرو به DPF انتشار PM از آن در حالت عادی نیز برای همه سوخت های با گوگرد کمتر از ppm ۵۰ بسیار کم است، این سوخت ها کاربردی نیست.

41 Diesel Particulate Filter
42 New European Driving Cycle



شکل ٤١: انتشار PM از خودرو های دیزل در سیکل NEDC [٩]



شکل ٤٢: انتشار PM از خودرو های دیزل در سیکل بزرگراهی ARTEMIS [٩]

انتشار HC و CO در موتورهای دیزل پیشرفته و خودروها بسیار کم و کمتر از محدوده های تعیین شده در استانداردها است. سوخت های دیزل با نسبت هیدروژن به کربن بیشتر، انتشارات CO_2 کمتری از موتور یا خودرو دارند. با این وجود، تاثیر کلی باید بر اساس "Well to Wheel" در نظر گرفته شود. این سوخت ها همچنین به دلیل دانسیته ی پایین، مصرف حجمی سوخت

بالاتر و ماکسیمم توان کمتری دارند. با وجود محدوده ی تست سوخت وسیع، بازده ی انرژی موتور/خودرو نسبت به تغییر سوخت حساس نبوده و تفاوت قابل ملاحظه ای با تغییر سوخت ها مشاهده نمی شود.

بکار بردن SCR/urea بمنظور کنترل NO_x در نمونه ی موتور Euro5 که برای بازده ی بهتر تنظیم شده است، بازده سوختی تا حدود ۵٪ در مقایسه با موتور Euro3 داراست. در حالیکه استفاده از EGR به همراه CRT برای دستیابی به محدوده ی انتشارات خودورهای سنگین Euro4 موجب اتلاف بخشی از بازده ی موتور در مقایسه با موتور Euro3 می شود.

۳-۸- دیگر عوامل موثر بر انتشار

۳-۸-۱- خاکستر و مواد جامد معلق موجود در سوخت

مواد تشکیل دهنده خاکستر (مواد معدنی غیر قابل احتراق) در سوخت دیزل به دو صورت ممکن است وجود داشته باشد: مواد جامد معلق و یا هیدروکربن محلول در ترکیبات آلی فلزی.

مواد تشکیل دهنده ی خاکستر موجود در ذرات معلق می توانند برای انژکتور سوخت یا پمپ سوخت که مهم ترین بخش های یک موتور هستند مشکل ساز باشند که باید استانداردهای انتشار دقیق تری برای آنها تعریف کرد. مواد تشکیل دهنده ی خاکستر به صورت هیدروکربن محلول در ترکیبات آلی فلزی، در دوام تاثیر کمتری دارند اما مانند نوع قبلی می توانند موجب ایجاد رسوبات در محفظه احتراق، خصوصا در نوک انژکتور سوخت شوند که در میزان انتشارات به ویژه ذرات موثر است. با اینکه میزان ذرات جامد را با فیلتر سوخت می توان کاهش داد، ترکیبات آلی فلزی محلول را نمی توان از این راه کنترل کرد و نیازمند تجهیزات دیگری است. بحث استفاده از روغن زباله های بازیافتی به عنوان سوخت دیزل نیز پتانسیل افزایش محتوی خاکستر سوخت را افزایش می دهد.

۳-۸-۲- ویسکوزیته سوخت دیزل

ویسکوزیته یک سیال نشان دهنده مقاومت آن در مقابل جاری شدن است. هرچه ویسکوزیته بیشتر باشد مقاومت سوخت بیشتر می شود. این ویژگی مثل دانسیته و محدوده تقطیر یکی از ویژگی های بسیار مهم سوخت به شمار می رود.

ویسکوزیته سوخت دیزل برای عملکرد تجهیزات پاشش سوخت بسیار مهم است که نیازمند اندازه گیری دقیق آن بر روی مقادیر کمی از سوخت قبل از پاشش و پودر شدن سوخت در فرایند پاشش می‌باشد.

سوخت های با ویسکوزیته کم می توانند باعث سایش بیش از حد در برخی پمپ های تزریق و نیز اتلاف توان به دلیل نشت پمپ شود. ممکن است سوخت به طور مناسبی اسپری نشود و در نتیجه، احتراق مختل شده و توان خروجی و قدرت سوخت کاهش یابد. این مسئله همچنین می تواند نتیجه عکس در کنترل انتشار آلاینده ها داشته باشد.

در کشور ما استاندارد سوخت دیزل کماکان استاندارد یورو ۳ می باشد که در بعضی پالایشگاه ها دیزل با استاندارد یورو ۴ نیز تولید و عرضه می گردد. از طرف دیگر استاندارد حال حاضر اروپا برای این نوع سوخت استاندارد یورو ۵ می باشد که در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۱۲: استاندارد خواص سوخت دیزل Euro V مربوط به آلودگی [۸]

پارامتر	واحد	محدودیت ها		تست	
		حداقل	حداکثر	روش	تاریخ انتشار
عدد ستان	–	۵۱	____	EN-ISO 5165	۱۹۹۲
تقطیر نقطه ی ۹۵٪	°C	____	۳۶۰	EN-ISO 3675	۱۹۹۵
چگالی در ۱۵ درجه سانتیگراد	Kg/m^3	———	۸۴۵	ASTM D1319	۱۹۹۵
هیدروکربن های پلی آروماتیک	%(m/m)	____	۱۱	IP 391	۱۹۹۵
محتوی گوگرد	mg/kg	____	۱۰	Pr.EN-ISO/DIS 14596	۱۹۹۶

۳-۹- آنالیز سوخت دیزل موجود درایران

نمونه های سوخت دیزل عمومی، شرکت واحد اتوبوسرانی و یورو ۴ توزیع شده در شهر تهران در تاریخ های دی ۱۳۹۰ و شهریور ۱۳۹۱ و بهمن ۱۳۹۱ از چند جایگاه پمپ دیزل در سطح شهر تهران تهیه و برای آنالیز به آزمایشگاه ASG کشور آلمان ارسال گردید. نتایج آنالیز شیمیایی و فیزیکی ۶ نمونه سوخت دیزل به شرح زیر می باشد:

جدول ۱۳: آنالیز دیزل عمومی، نمونه گیری شده در تاریخ ۵ دی ۱۳۹۰ از جایگاه ترمینال غرب شهر تهران توسط آزمایشگاه ASG آلمان

Parameter	Method	Result	Specification DIN EN 590:2010-05 min.	max.	Unit
Cetane number	DIN EN 15195	48,3	51,0	-	-
Cetane index	DIN EN ISO 4264	53,4	46,0	-	-
Density (15 °C)	DIN EN ISO 12185	838,5	820	845	kg/m3
PAH content	DIN EN 12916	7,9	-	8,0	% (m/m)
Sulfur Content	DIN EN ISO 20884	7364	-	10	mg/kg
Flash point	DIN EN ISO 2719	57,0	> 55	-	°C
Carbon residue (10 % Dist.)	DIN EN ISO 10370	0,23	-	0,30	% (m/m)
Ash content	DIN EN ISO 6245	<0,005	-	0,01	% (m/m)
Water content	DIN EN ISO 12937	39	-	200	mg/kg
Total contamination	DIN EN 12662	5	-	24	mg/kg
Copper strip corrosion	DIN EN ISO 2160	1	1		Corr.Degree
Oxidation stability	DIN EN ISO 12205	1	-	25	g/m3
Oxidation stability	DIN EN 15751	115	20	-	h
HFRR (Lubricity) 60 °C	DIN EN ISO 12156-1	447	-	460	µm
Kin. viscosity (40 °C)	DIN EN ISO 3104	3,060	2,0	4,5	mm2/s
CFPP	DIN EN 116	- 4	-	*	°C
% (V/V) recovery at 250 °C	DIN EN ISO 3405	3,9	-	< 65	% (V/V)
% (V/V) recovery at 350 °C		86,3	85	-	% (V/V)
95 % (V/V) recovery		374,2	-	360	°C
Fatty acid methylester content	DIN EN 14078	<0,1	-	7,0	% (V/V)

جدول ١٤: آنالیز دیزل شرکت واحد، نمونه گیری شده در تاریخ ٥ دی ١٣٩٠ از جایگاه هنگام شرکت واحد اتوبوسرانی توسط آزمایشگاه ASG آلمان

Parameter	Method	Result	Specification DIN EN 590:2010-05 min.	max.	Unit
Cetane number	DIN EN 15195	52,9	51,0	-	-
Cetane index	DIN EN ISO 4264	63,7	46,0	-	-
Density (15 °C)	DIN EN ISO 12185	831,3	820	845	kg/m3
PAH content	DIN EN 12916	3,6	-	8,0	% (m/m)
Sulfur Content	DIN EN ISO 20884	153	-	10	mg/kg
Flash point	DIN EN ISO 2719	74,0	> 55	-	°C
Carbon residue (10 % Dist.)	DIN EN ISO 10370	<0,01	-	0,30	% (m/m)
Ash content	DIN EN ISO 6245	<0,005	-	0,01	% (m/m)
Water content	DIN EN ISO 12937	<30	-	200	mg/kg
Total contamination	DIN EN 12662	<1	-	24	mg/kg
Copper strip corrosion	DIN EN ISO 2160	1	1		Corr.Degree
Oxidation stability	DIN EN ISO 12205	2	-	25	g/m3
Oxidation stability	DIN EN 15751	>180	20	-	h
HFRR (Lubricity) 60 °C	DIN EN ISO 12156-1	552	-	460	µm
Kin. viscosity (40 °C)	DIN EN ISO 3104	3,157	2,0	4,5	mm2/s
CFPP	DIN EN 116	- 3	-	*	°C
% (V/V) recovery at 250 °C	DIN EN ISO 3405	4,9	-	< 65	% (V/V)
% (V/V) recovery at 350 °C		88,9	85	-	% (V/V)
95 % (V/V) recovery		363,6	-	360	°C
Fatty acid methylester content	DIN EN 14078	<0,1	-	7,0	% (V/V)

جدول ۱۵: آنالیز دیزل عمومی، نمونه گیری شده در تاریخ ۲۵ شهریور ۱۳۹۱ از جایگاه آزادگان شهر تهران توسط آزمایشگاه ASG آلمان

Parameter	Method	Result	Specification DIN EN 590:2010-05 min.	max.	Unit
Cetane number	DIN EN 15195	52,1	51,0	-	-
Cetane index	DIN EN ISO 4264	53,6	46,0	-	-
Density (15 °C)	DIN EN ISO 12185	838,3	820	845	kg/m3
PAH content	DIN EN 12916	7,5	-	8,0	% (m/m)
Sulfur Content	DIN EN ISO 20884	8084	-	10	mg/kg
Flash point	DIN EN ISO 2719	64,0	> 55	-	°C
Carbon residue (10 % Dist.)	DIN EN ISO 10370	< 0,01	-	0,30	% (m/m)
Ash content	DIN EN ISO 6245	<0,005	-	0,01	% (m/m)
Water content	DIN EN ISO 12937	58	-	200	mg/kg
Total contamination	DIN EN 12662	<1	-	24	mg/kg
Copper strip corrosion	DIN EN ISO 2160	1	1		Corr.Degree
Oxidation stability	DIN EN ISO 12205	3	-	25	g/m3
Oxidation stability	DIN EN 15751	132	20	-	h
HFRR (Lubricity) 60 °C	DIN EN ISO 12156-1	419	-	460	µm
Kin. viscosity (40 °C)	DIN EN ISO 3104	2,780	2,0	4,5	mm2/s
CFPP	DIN EN 116	- 9	-	*	°C
% (V/V) recovery at 250 °C	DIN EN ISO 3405	30,0	-	< 65	% (V/V)
% (V/V) recovery at 350 °C		89,4	85	-	% (V/V)
95 % (V/V) recovery		366,9	-	360	°C
Fatty acid methylester content	DIN EN 14078	<0,1	-	7,0	% (V/V)

جدول ١٦: آنالیز دیزل یورو ٤، نمونه گیری شده در تاریخ بهمن ١٣٩١ از جایگاه اسلامشهر (واوان) توسط آزمایشگاه ASG آلمان

Parameter	Method	Result	Specification DIN EN 590:2010-05 min.	max.	Unit
Cetane number	DIN EN 15195	56,4	51,0	-	-
Cetane index	DIN EN ISO 4264	59,4	46,0	-	-
Density (15 °C)	DIN EN ISO 12185	834,3	820	845	kg/m3
PAH content	DIN EN 12916	1,5	-	8,0	% (m/m)
Sulfur Content	DIN EN ISO 20884	108	-	10	mg/kg
Flash point	DIN EN ISO 2719	71,5	> 55	-	°C
Carbon residue (10 % Dist.)	DIN EN ISO 10370	<0,10	-	0,30	% (m/m)
Ash content	DIN EN ISO 6245	<0,005	-	0,01	% (m/m)
Water content	DIN EN ISO 12937	21	-	200	mg/kg
Total contamination	DIN EN 12662	<1	-	24	mg/kg
Copper strip corrosion	DIN EN ISO 2160	1	1		Corr.Degree
Oxidation stability	DIN EN ISO 12205	3	-	25	g/m3
Oxidation stability	DIN EN 15751	>60	20	-	h
HFRR (Lubricity) 60 °C	DIN EN ISO 12156-1	538	-	460	µm
Kin. viscosity (40 °C)	DIN EN ISO 3104	3,655	2,0	4,5	mm2/s
CFPP	DIN EN 116	- 5	-	*	°C
% (V/V) recovery at 250 °C	DIN EN ISO 3405	17,0	-	< 65	% (V/V)
% (V/V) recovery at 350 °C		89,5	85	-	% (V/V)
95 % (V/V) recovery		368,2	-	360	°C
Fatty acid methylester content	DIN EN 14078	<0,1	-	7,0	% (V/V)

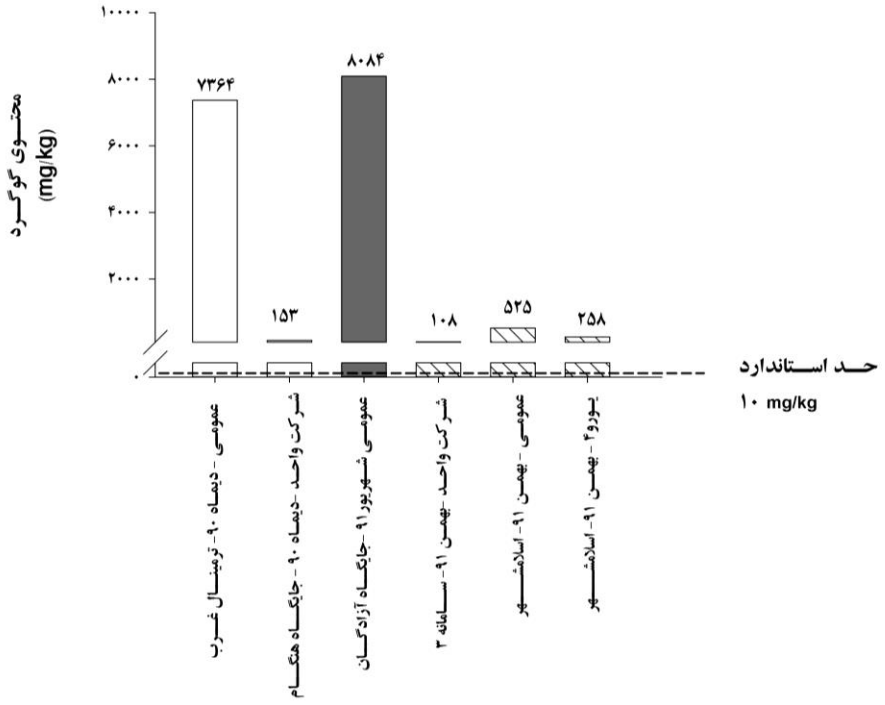
جدول ۱۷: آنالیز دیزل عمومی، نمونه گیری شده در تاریخ بهمن ۱۳۹۱ از جایگاه اسلامشهر (واوان) توسط آزمایشگاه ASG آلمان

Parameter	Method	Result	Specification DIN EN 590:2010-05 min.	max.	Unit
Cetane number	DIN EN 15195	52,6	51,0	-	-
Cetane index	DIN EN ISO 4264	52,9	46,0	-	-
Density (15 °C)	DIN EN ISO 12185	831,1	820	845	kg/m3
PAH content	DIN EN 12916	6,0	-	8,0	% (m/m)
Sulfur Content	DIN EN ISO 20884	525	-	10	mg/kg
Flash point	DIN EN ISO 2719	64,5	> 55	-	°C
Carbon residue (10 % Dist.)	DIN EN ISO 10370	<0,10	-	0,30	% (m/m)
Ash content	DIN EN ISO 6245	<0,005	-	0,01	% (m/m)
Water content	DIN EN ISO 12937	104	-	200	mg/kg
Total contamination	DIN EN 12662	<1	-	24	mg/kg
Copper strip corrosion	DIN EN ISO 2160	1	1		Corr.Degree
Oxidation stability	DIN EN ISO 12205	4	-	25	g/m3
Oxidation stability	DIN EN 15751	>60	20	-	h
HFRR (Lubricity) 60 °C	DIN EN ISO 12156-1	392	-	460	µm
Kin. viscosity (40 °C)	DIN EN ISO 3104	2,615	2,0	4,5	mm2/s
CFPP	DIN EN 116	- 5	-	*	°C
% (V/V) recovery at 250 °C	DIN EN ISO 3405	40,2	-	< 65	% (V/V)
% (V/V) recovery at 350 °C		90,3	85	-	% (V/V)
95 % (V/V) recovery		365,8	-	360	°C
Fatty acid methylester content	DIN EN 14078	<0,1	-	7,0	% (V/V)

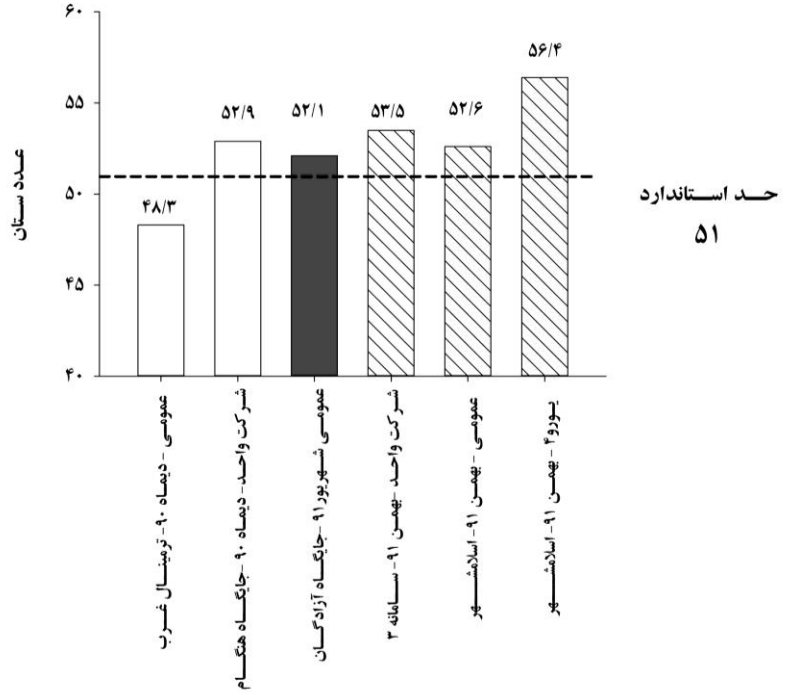
جدول ۱۸: آنالیز دیزل شرکت واحد، نمونه گیری شده در تاریخ بهمن۱۳۹۱ از یکی از جایگاه سامانه ۳ توسط آزمایشگاه ASG آلمان

Parameter	Method	Result	Specification DIN EN 590:2010-05		Unit
			min.	max.	
Cetane number	DIN EN 15195	53,5	51,0	-	-
Cetane index	DIN EN ISO 4264	57,6	46,0	-	-
Density (15 °C)	DIN EN ISO 12185	830,3	820	845	kg/m3
PAH content	DIN EN 12916	1,8	-	8,0	% (m/m)
Sulfur Content	DIN EN ISO 20884	258	-	10	mg/kg
Flash point	DIN EN ISO 2719	65,5	> 55	-	°C
Carbon residue (10 % Dist.)	DIN EN ISO 10370	<0,10	-	0,30	% (m/m)
Ash content	DIN EN ISO 6245	<0,005	-	0,01	% (m/m)
Water content	DIN EN ISO 12937	327	-	200	mg/kg
Total contamination	DIN EN 12662	<1	-	24	mg/kg
Copper strip corrosion	DIN EN ISO 2160	1	1		Corr.Degree
Oxidation stability	DIN EN ISO 12205	1	-	25	g/m3
Oxidation stability	DIN EN 15751	>60	20	-	h
HFRR (Lubricity) 60 °C	DIN EN ISO 12156-1	421	-	460	µm
Kin. viscosity (40 °C)	DIN EN ISO 3104	3,172	2,0	4,5	mm2/s
CFPP	DIN EN 116	- 2	-	*	°C
% (V/V) recovery at 250 °C	DIN EN ISO 3405	27,1	-	< 65	% (V/V)
% (V/V) recovery at 350 °C		89,9	85	-	% (V/V)
95 % (V/V) recovery		367,2	-	360	°C
Fatty acid methylester content	DIN EN 14078	<0,1	-	7,0	% (V/V)

در ادامه نمودار مقایسه ای غلظت گوگرد و عدد ستان این نمونه سوخت ها در مقایسه با مقدار استاندارد آن مشاهده می شود.



شکل ٤٣: نمودار مقایسه ای نمونه های سوخت دیزل از لحاظ محتوی گوگرد



شکل ٤٤: نمودار مقایسه ای نمونه های سوخت دیزل از لحاظ عدد ستان

۳-۱۰- تحلیل نتایج آنالیز سوخت دیزل ایران

شش نمونه سوخت دیزل ایران با نمونه برداری مستقیم از جایگاه های سوخت رسانی سطح شهر تهران آنالیز گردید. نمونه های اخذ شده به صورت تصادفی از سطح شهر تهران جمع آوری شده اند. هر چند داده های بدست آمده می توانند به عنوان معرف کیفیت سوخت با احتمال بالا مورد ارزیابی قرار گیرند.

مهم ترین پارامتر کیفی سوخت دیزل که اختلاف قابل توجهی با مقادیر استاندارد دارد، محتوی گوگرد سوخت است. مقدار محتوی گوگرد گزارش شده برای سوخت دیزل عمومی توزیع شده در شهر تهران ۷۳۶۴، ۸۰۸۴ و ppm ۵۲۵ و برای سوخت دیزل تحویلی به شرکت واحد اتوبوسرانی ۱۰۸ و ppm ۱۵۳ گزارش شده است.

مقدار بسیار بالای محتوی گوگرد سوخت دیزل ، عملاً مانع جدی برای توسعه و استفاده از این نوع موتورها در مصارف سبک و سنگین خواهد بود. گوگرد بالا مقادیر سولفات های موجود در ذرات معلق را افزایش داده و بسیاری از دستگاه های کاهنده آلاینده ها نظیر NO_X را از کار می اندازد. علاوه براین اکسید های گوگرد نیز مستقیماً به عنوان آلاینده وارد هوا می شوند.

وجود گوگرد سوخت مانعی جدی برای استفاده از تکنولوژی های مدرن کاهنده آلاینده دوده نظیر فیلتر های DPF خواهد بود.

بخش چهارم:

منابع

٤- منابع

1. http://www.eia.gov/forecasts/ieo/more_highlights.cfm

2. Worldwide Fuel Charter, Fourth Edition, September 2006.

3. Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects, Health Effects Institute, 2010.

4. 2103555-Engine and Emissions Control (PPT), Part VIII-Fuels and Fuel effects on Emissions1, 2007.

۵. گزارش VOCها و اثرات آن، شرکت کنترل کیفیت هوا، ۱۳۹۰

6. Fuel Quality in Canada :Impact on Tailpipe Emissions, Row, Jesse and Doukas, Alex -2008.

7. http://www.epa.gov/tier2/

8. DIRECTIVE 2009/30/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, 2009.

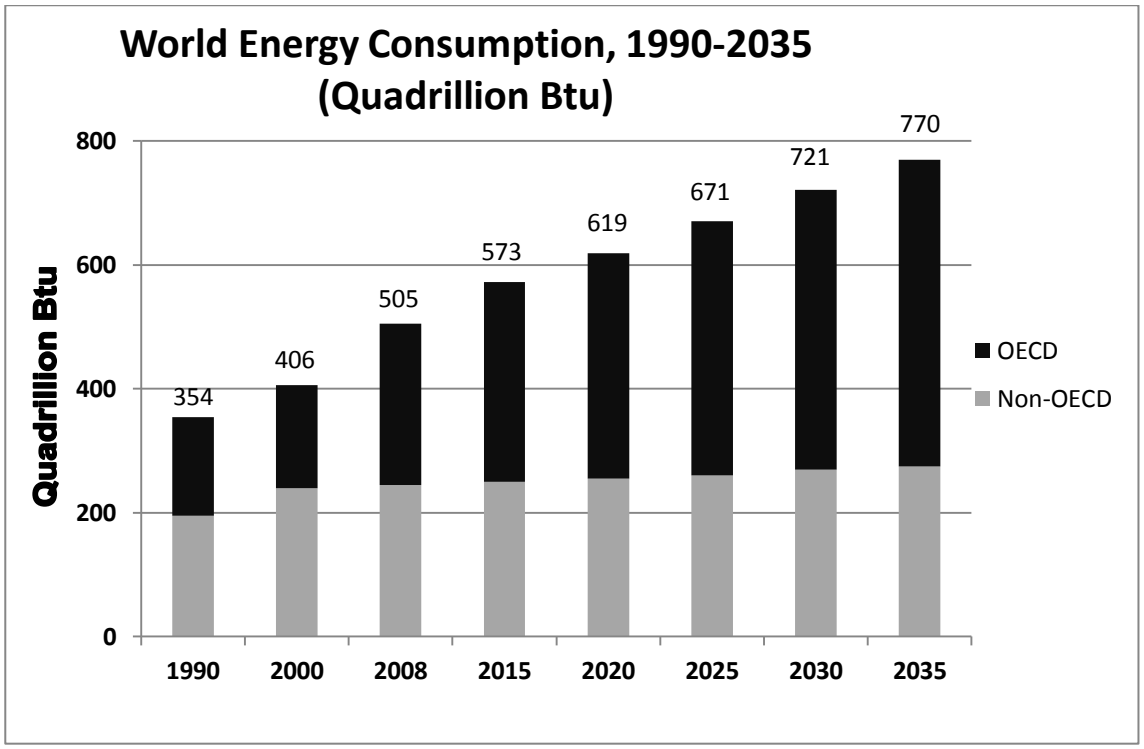
9. Emission factors 2009: Report 5 - a review of the effects of fuel properties on road vehicle emissions, Ver 3.

بخش پنجم:

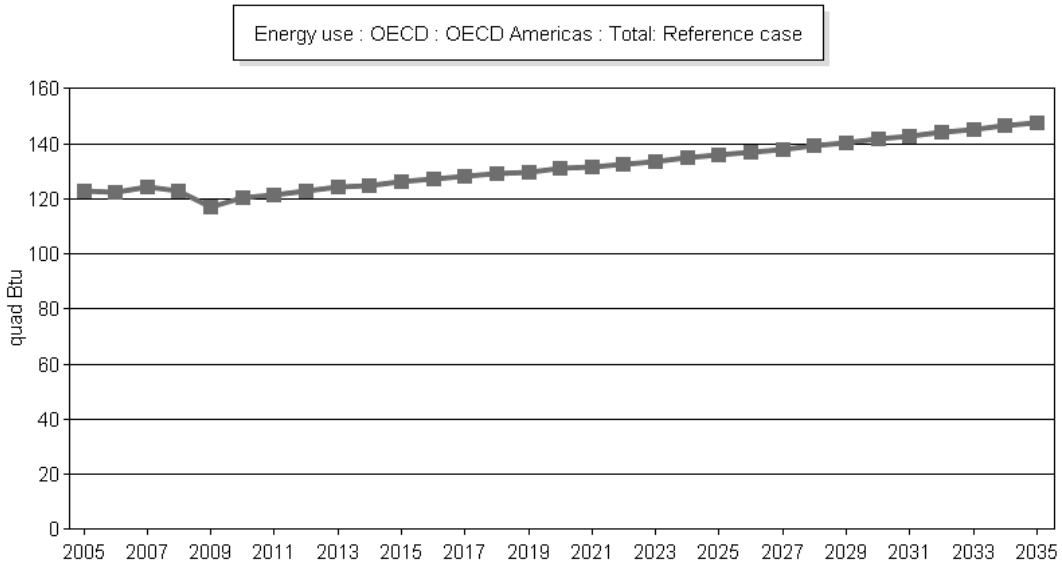
پیوستها

۵- پیوست ها

۵-۱- پیوست ۱: نمودار مصرف انرژی در دنیا از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۳۵ [۱]



۵-۲- پیوست ۲: نمودار مصرف انرژی در کشور آمریکا از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۳۵ [۱]



۵-۳- پیوست ۳: جدول استاندارد RFG کالیفرنیا [۸]

Parameter	Flat limit	Unit	Averaging Limit	Unit	Cap limit	Unit	Notes
Sulphur	20	ppm	15	ppm	30	ppm	Cap will be reduced to 20 ppm Dec. 31, 2011
Vapour Pressure	7.00 or 6.90	psi	N/A		6.40–7.20	psi	re: 6.90 applies when evap element of predictive model is used; RVP cap limit = 7.20.
	(48.3 or 47.6)	(kPa)			(44.1–49.6)	(kPa)	
Benzene	0.8	Vol %	0.7	Vol %	1.1	Vol %	
Control Aromatics (including MTBE, DIPE, TBA)	25	Vol %	22	Vol %	35	Vol %	
MTBE	0.05	Vol %	N/A		0.5	Vol %	As of July 2007
Olefins Content	6	Vol %	4	Vol %	10	Vol %	
Lead	0.05	gm/gal	N/A		0.05	gm/gal	
	(0.0132)	(gm/L)			(0.0132)	(gm/L)	
Phosphorus Content	0.005	gm/gal	N/A		0.005	gm/gal	
	(0.00132)	(gm/L)			(0.00132)	(gm/L)	
Oxygen Content	1.8–2.2	Weight %	N/A	Weight %	0–3.5	Weight %	1.8% winter minimum applies Nov. 1 to Feb. 29 in the South Coast Area and Imperial County. Cap limit is 3.7 (instead of 3.5) w% if oxygen is > 3.5 w% and ethanol content is <10 v%.
Distillation, T50	213	°F	203	°F	220	°F	
	(100.6)	(°C)	(95.0)	(°C)	(104.4)	(°C)	
Distillation, T90	305	°F	295	°F	330	°F	
	(151.7)	(°C)	(146.1)	(°C)	(165.6)	(°C)	
Ethanol Content	10	Vol %	N/A		10	Vol %	

٥-٤- پیوست ٤: جدول استاندارد دیزل کالیفرنیا [٨]

Parameter	Specification	Unit	Designated Equivalent Limits	Unit	Notes
Cetane Number and Index	48	min			47 for small refiners, 53 for alternative diesel
Viscosity at 40°C	2–4.1	cSt			
Distillation IBP	340–420 (171–215)	°F (°C)			
10% REC.	400–490 (204–254)	°F (°C)			
50% REC.	470–560 (243–293)	°F (°C)			
90% REC.	550–610 (288–321)	°F (°C)			
EP	580–660 (304–349)	°F (°C)			
Lubricity	520	microns	520	microns	
Sulphur	15	ppm	15	ppm	
PAH's			3.5	% by wt.	only for alternative diesel
Flash Point	130 54.4	°F (min) (°C min)			
Aromatic Hydrocarbon Content	10	% by vol	21	% by w	20 v% for small refiners
Gravity	33–39	API			
Polycyclic Aromatic Hydrocarbon	1.4	% max			4% for small refiners
Nitrogen Content	10	ppm max			90 for small refiners, 500 for alternative diesel
API Gravity	N/A		36.9	minimum	

۵-۵- پیوست ۵: جدول استاندارد مشخصات بنزین در ژاپن JIS K2202 [۸]

Parameter	Amount	Unit	Notes
Octane (Research)	89 (96 for Grade 1 / premium)	RON	
Sulphur	10	ppm	effective Jan. 1, 2008
Vapour Pressure	44 to 78	kPa	93 max in winter allowed for cold climates, 65 max in summer
Benzene	1	% volume	5% before 2000
MTBE	7.00	% volume	
Density	0.783	g/cm^3 at 15°C	
Lead	Undetectable	g/L	
Gum Content (existent gum — washed)	5	mg/ 100 ml	
Distillation T90	180	°C, maximum	90% max
Oxygen Content	1.30	% mass maximum	
Ethanol	3	% volume maximum	
Copper Corrosion (3 hrs @ 50ºC)	1	maximum	
Oxidative Stability	240	minutes	

۵-٦- پیوست٦: جدول مشخصات گازوئیل در ژاپن JIS K220 [۸]

Parameter	Amount	Unit	Notes
Cetane Number and Index	45	minimum	
Distillation T90	360	°C	maximum (90% recovered min)
Viscosity	3.5	CST, at 30°C	Alternative test method: Kinematic Viscosity @ 30ºC, mm^2/s, min (30°C), 1.7
Density	0.86	g/cm^3 at 15°C	
Carbon Residue	0.1	Ramsbottom % mass, maximum	10% residue, Mass %, max
Sulphur	10	ppm	Effective 2007; previously 50 ppm
Flash Point	45	°C, minimum	
Pour Point	–7.5	°C, maximum	–20°C maximum for No. 3
Cold Filter Plugging Point	–5	°C, maximum	–12°C maximum for No. 3

۵-۷- پیوست۷: استاندارد خواص سوخت دیزل (Euro 3) 98/69/EC مربوط به آلودگی [۸]

Property	Unit	Specification		Test
		Min	Max	
Cetane Number		52	54	ISO 5165
Density @15°C	kg/m^3	833	837	ISO 3675
Distillation (vol. % recovered)	°C			ISO 3405
- 50% point		245	-	
- 95% point		345	350	
- final boiling point		-	370	
Flash point	°C	55	-	EN 22719
CFPP	°C	-	-5	EN 116
Viscosity @40°C	mm^2/s	2.5	3.5	ISO 3104
Polycyclic aromatic hydrocarbons	% wt.	3.0	6.0	IP 391, EN 12916
Sulfur content[a]	mg/kg	-	300*	ISO/DIS 14596
Copper corrosion		-	Class 1	ISO 2160
Conradson carbon residue (10% DR)	% wt.	-	0.2	ISO 10370
Ash content	% wt.	-	0.01	ISO 6245
Water content	% wt.	-	0.05	ISO 12937
Neutralization (strong acid) number	mg KOH/g	-	0.02	ASTM D974-95
Oxidation stability	mg/ml	-	0.025	ISO 12205

* sulfur limit of 50 mg/kg effective 2005 (Euro 4)
a - the actual sulfur content must be reported

شرکت کنترل کیفیت هوا

شرکت کنترل کیفیت هوا
تهران-خیابان سهروردی شمالی
کوچه شهید نیکو قدم-شماره ۴۰
تلفن: ۲-۸۸۷۴۵۱۲۱
فاکس: ۸۸۷۶۵۱۸۰