

بررسی ابعاد جایگزینی اتانول با MTBE در بنزین مصرفی کشور

به نام خدا

فهرست مطالب

۱	چکیده
۲	مقدمه
۳	۱. مصرف بنزین و تبعات ناشی از آن
۷	۲. عدد اکتان و اهمیت آن در موتورهای بنزین سوز
۸	۳. مزایا و معایب زیست محیطی استفاده از MTBE
۱۰	۴. اتانول
۱۹	۵. بررسی اقتصادی ترکیب اتانول در بنزین
۲۳	نتیجه گیری
۲۴	پیشنهادها
۲۶	منابع و مآخذ



بررسی ابعاد جایگزینی اتانول با MTBE در بنزین مصرفی کشور

چکیده

بنزین به‌عنوان یکی از حامل‌های اصلی انرژی به‌رغم کاربرد آن در جهت افزایش سطح رفاه جامعه، به‌عنوان یکی از بزرگترین منابع آلوده‌کننده محیط زیست چه در سطح جهانی و چه در سطح ملی به‌شمار می‌رود. اگرچه مدت‌زمان زیادی از حذف سرب و جایگزینی MTBE^۱ به‌جای آن نمی‌گذرد، اما مصرف این ماده نیز نگرانی‌های زیست‌محیطی متعددی به‌همراه دارد که شاید بزرگترین آنها پایداری این ماده سمی در چرخه حیات بشری باشد. این درحالی است که استفاده از اتانول به‌عنوان جایگزینی برای MTBE، منجر به کاهش خطرات زیست‌محیطی، کاهش خروج ارز و افزایش سطح اشتغال خواهد شد. اتانول به‌عنوان یکی از مواد اکسیژنه بالابرنده عدد اکتان بنزین موتور و جایگزین ماده افزودنی تترااتیل سرب اکنون به‌صورت کاملاً جدی و گسترده در دنیا مطرح شده، لذا لازم است که استفاده از این ماده به‌عنوان یک افزودنی به سوخت مصرفی کشور و همچنین جایگزینی برای MTBE مورد توجه قرار گیرد.

کشورهای بزرگ صنعتی جهان، کاربرد اتانول در سوخت خودروها را گام نخست برای کاهش وابستگی به منابع پایان‌پذیر سوخت‌های فسیلی می‌دانند و این اقدام را مانند سکوی پرشی برای حرکت به سمت استفاده از سوخت‌های زیستی^۲ با عنوان منابع انرژی تجدیدپذیر و دوستدار محیط زیست در نظر می‌گیرند. در این گزارش در قالب یک نگرش کلی، استفاده از اتانول به‌عنوان سوخت، جایگاه و میزان مصرف، منابع و روش‌های تولید و مزایای زیست‌محیطی استفاده از اتانول به‌جای MTBE در ترکیب با بنزین مورد توجه قرار گرفته‌اند.

1. Methyl Tertiary Butyl Ether (متیل ترشری بوتیل اتر)

2. Biofuels

مقدمه

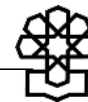
نیاز روزافزون به سوخت‌های فسیلی، افزایش قیمت محصولات نفتی و کاهش ذخایر موجود، محققان را برای پیدا کردن منابع جدید انرژی ترغیب کرده است. اگر روند تکیه بر سوخت‌های فسیلی ادامه یابد با توجه به ذخایر محدود موجود، در آینده نزدیک، جهان با مشکلات فراوانی در عرصه محیط زیست و کمبود مواد اولیه مواجه خواهد شد. بخش حمل‌ونقل یکی از بخش‌های عمده مصرف‌کننده سوخت و از اصلی‌ترین منابع انتشار آلاینده، در جهان است (در ایران براساس آمار ترانزنامه انرژی، بخش حمل‌ونقل بزرگترین مصرف‌کننده سوخت‌های فسیلی و دومین مصرف‌کننده انرژی نهایی کشور پس از بخش خانگی است).^۱ کاهش منابع فسیلی، شروع نگرانی‌های زیست‌محیطی و تلاش برای بهبود استاندارد زیست‌محیطی زندگی در قالب کنوانسیون‌ها و پیمان‌نامه‌های متعدد (نظیر پروتکل کیوتو)^۲ موجب شد تا متخصصان با اعمال روش‌های گوناگون و استفاده از مواد مکمل در بنزین و یا تهیه سوخت‌های جایگزین پاک به اهداف خود در زمینه حفظ محیط زیست و توسعه پایدار دست یابند.

در ایران نیز موضوع تولید و واردات بنزین به‌عنوان یکی از معضلات اساسی اقتصاد همواره مطرح بوده و به‌علت وجود حساسیت ویژه در زمینه تغییر قیمت این کالای استراتژیک، دولت چاره‌ای جز تحمل هزینه‌های سنگین ناشی از پرداخت یارانه‌ها به این کالا را نداشته است. اگرچه در سال‌های اخیر با اعمال سهمیه‌بندی بنزین و اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها، روند رو به رشد مصرف بنزین متوقف و کاهش‌ی گردید و به‌تبع آن واردات این کالای استراتژیک به تدریج کاهش و با شروع تحریم‌ها متوقف گردید، اما همچنان با توجه به تحریم‌های روزافزونی که بر کشور تحمیل می‌شود، مسئله بنزین برای کشور یک معضل اساسی به‌شمار می‌رود. لذا ایران نیز باید مانند اکثر کشورهای جهان به دنبال سوختی مناسب برای جایگزینی یا مکمل بنزین باشد تا بتواند معضلات مربوط به مصرف بنزین را تا حدی کاهش دهد.

۱. ترانزنامه انرژی، ۱۳۸۹، ص ۵۱.

۲. پروتکل کیوتو در سومین اجلاس اعضای متعهدین کنوانسیون تغییر آب و هوا در مورخ ۱۱ دسامبر ۱۹۹۷ در کیوتو ژاپن تصویب و به مدت یک سال برای امضای کشورها و اعضای کنوانسیون باز گذاشته شد. با الحاق روسیه به پروتکل کیوتو، این پروتکل در تاریخ ۱۶ فوریه ۲۰۰۵ اجرایی شد.

جمهوری اسلامی ایران در سال ۱۳۷۵، با تصویب مجلس شورای اسلامی و تأیید شورای نگهبان به عضویت کنوانسیون تغییرات آب و هوا درآمد. قانون الحاق ایران به پروتکل کیوتو نیز در سال ۱۳۸۴ به تأیید شورای نگهبان رسید. از اهداف اساسی پروتکل، ایجاد ساختار اجرایی مناسب برای حصول به اهداف کنوانسیون و نیز تقویت تعهدات کشورهای توسعه‌یافته و اقتصادهای درحال گذار در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و انتقال کمک‌های فنی و مالی به کشورهای درحال توسعه و کشورهایی که به‌شدت متأثر از آثار تغییر اقلیم هستند، می‌باشد.



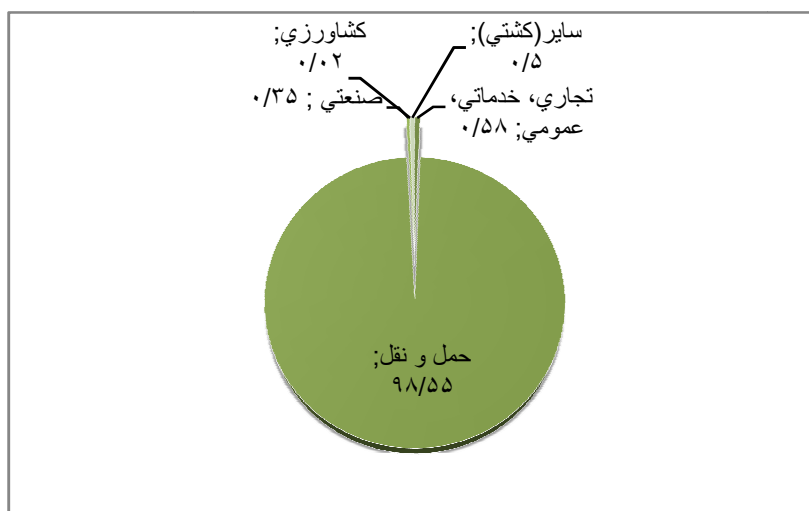
۱. مصرف بنزین و تبعات ناشی از آن

با روند افزایش مصرف بنزین در کشور، نگرانی‌ها درباره موضوع واردات بنزین و همچنین آلودگی هوای ناشی از مصرف بنزین در کلان‌شهرها که سلامت شهروندان را به‌خطر می‌اندازد افزایش یافته است. در این قسمت تغییرات مصرف بنزین در ده سال گذشته و آثار آن بر آلودگی هوا و سلامت شهروندان به‌صورت مختصر مرور شده است.

۱-۱. بررسی روند مصرف بنزین

نمودار ۱ سهم بخش‌های مختلف از مصرف بنزین در سال ۱۳۸۹، را نشان می‌دهد. به‌طور کلی مصرف عمده بنزین در بخش حمل‌ونقل متمرکز است و همانطور که در نمودار مشاهده می‌شود، در سال ۱۳۸۹ حدود ۹۹ درصد این فرآورده در بخش حمل‌ونقل مصرف شده است.

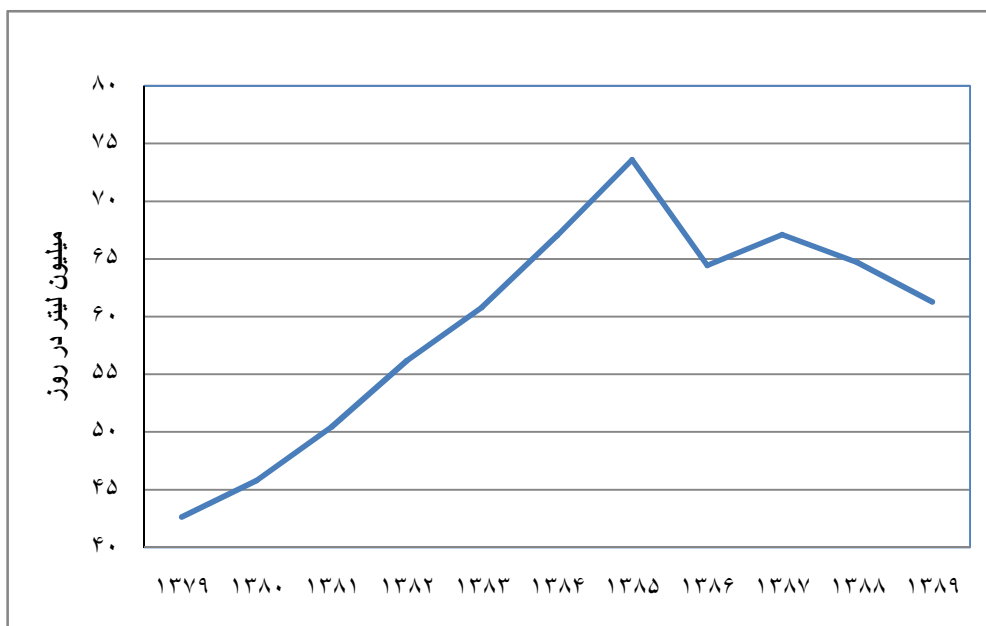
نمودار ۱. سهم مصرف بنزین موتور در بخش‌های مختلف در سال ۱۳۸۹



مأخذ: ترازنامه هیدروکربوری، ۱۳۸۹.

نمودار ۲ روند تاریخی مصرف بنزین موتور در سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۹ را نشان می‌دهد. در طی دوره زمانی ۱۳۷۹-۱۳۸۵ مصرف بنزین موتور حدوداً ۱/۷ برابر افزایش یافته است، لکن با اعمال سهمیه‌بندی این فرآورده در سال ۱۳۸۶، میزان افزایش مصرف آن طی دوره ۱۳۷۹-۱۳۸۹ به میزان ۱/۴ برابر کاهش یافته است. متوسط رشد مصرف بنزین موتور در دوره ۱۳۷۹-۱۳۸۵ که این فرآورده بدون اعمال سهمیه‌بندی عرضه می‌شد، حدود ۹/۱ درصد بوده است.

نمودار ۲. روند مصرف بنزین موتور طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۹



مأخذ: همان.

چنان‌که از نمودار ۲ مشهود است در سال ۱۳۸۶ با آغاز سهمیه‌بندی، مصرف این فرآورده نسبت به سال ۱۳۸۵ (قبل از هدفمند کردن) کاهش قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. در ۹ ماه اول سال ۱۳۸۹، با اعمال و کنترل سهمیه‌بندی، اجرای سیاست جایگزینی گاز طبیعی با بنزین موتور و عرضه بنزین با قیمت بالاتر در مقایسه با گذشته، مصرف بنزین موتور نسبت به سال قبل روند کاهشی را تجربه کرده است. ضمن اینکه با اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها و اعلام افزایش قیمت بنزین عرضه آزاد به‌همراه سهمیه ماهیانه یارانه‌ای و نیمه‌یارانه‌ای در سه‌ماهه آخر سال ۱۳۸۹ مصرف این فرآورده با کاهش بیشتری همراه شده است. رشد مصرف بنزین در سال ۱۳۸۹ در مقایسه با سال ۱۳۸۸، حدود ۵/۳۱ درصد کاهش یافته است.^۱

اما باید به این نکته نیز توجه کرد که علاوه بر فاکتور قیمت، عوامل دیگری نیز در مصرف این فرآورده تأثیرگذارند که بخشی از این عوامل در ذیل به اختصار آمده‌اند:

شرایط فنی خودروهای درحال تردد: متوسط عمر خودروها در ایران نسبت به کشورهای توسعه‌یافته بسیار زیاد است و به همین دلیل، تعداد خودروهای فرسوده درحال تردد در جاده‌های شهری و بین‌شهری بسیار بالاست. تردد خودروهای فرسوده ضمن اضافه کردن مشکلات ترافیکی، به دلیل مجهز نبودن به سیستم‌های کنترل آلاینده باعث مصرف بیهوده سوخت و افزایش آلودگی

۱. ترازنامه هیدروکربوری، ۱۳۸۹، ص ۲۴۸.



کلان‌شهرها می‌شود. میزان مصرف سوخت در خودروهای فرسوده تا دو برابر خودروهای نو و استاندارد است و میزان اثرگذاری بر آلودگی هوا حتی در بعضی شرایط دو تا چهار برابر خودروهای نو محاسبه شده است.^۱ لذا برای کاهش مصرف سوخت در کشور و به تبع آن کاهش آلودگی هوا لازم است که طرح تعویض خودروهای فرسوده سریعاً پیگیری شود.

تعداد ناوگان خودروهای سواری: در سال‌های اخیر با اعمال سهمیه‌بندی، مصرف سالیانه بنزین با تعداد خودروهای دارای کارت سوخت ارتباط مستقیمی پیدا کرده است. لذا با افزایش جمعیت ساکن در شهرها و به تبع آن افزایش تعداد ناوگان خودروهای سواری در کشور، مصرف بنزین افزایش می‌یابد.

الگوی زندگی شهری: الگوی زندگی شهری از جهات مختلفی از جمله تعداد سفرهای شهری و بین‌شهری اشخاص، میزان استفاده اشخاص از خودروی شخصی در این سفرها، تعداد سرنشینان خودروهای درحال تردد، میزان استفاده از دیگر وسایل نقلیه شخصی مانند دوچرخه و... تأثیر مستقیمی بر میزان مصرف سوخت دارد، اما الگوی زندگی شهری خود به عوامل مختلفی بستگی دارد که عبارتند از:

- وضعیت حمل‌ونقل عمومی شهری و بین‌شهری،
- وضعیت ترافیک شهری،
- نزدیکی محل زندگی اشخاص به محل کار و تحصیل،
- استفاده از خدمات الکترونیکی (مانند خرید اینترنتی، خدمات اینترنتی بانک‌ها و...).

کیفیت بنزین مورد استفاده: بنزین استاندارد در کنار موتور استاندارد می‌تواند به اندازه قابل توجهی از مصرف بالای سوخت و آلودگی زیست‌محیطی ناشی از آن بکاهد. کیفیت بنزین به عوامل متعددی بستگی دارد که مهمترین آنها عدد اکتان است. به دلیل اهمیت عدد اکتان، این شاخص در شرایط گوناگونی اندازه‌گیری می‌شود و بسیاری از کشورها حداقلی برای آن تعریف کرده‌اند که مقادیر آن در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

۱. صدرالدین علی‌پور، بررسی طرح از رده خارج کردن خودروهای فرسوده بر آلودگی هوا و ترافیک شهری، هفتمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران، ۱۳۸۵.

جدول ۱. اکتان سوخت‌های رایج در چند کشور

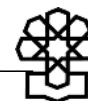
کشور	اکتان بنزین معمولی	اکتان بنزین سوپر	اکتان بنزین سوپر پلاس
استرالیا	۹۱	۹۵	۹۸
انگلستان	۹۵	۹۷	۹۹
ایتالیا	۹۵	۹۸	۱۰۰
آلمان	۹۱	۹۵	
ترکیه	۹۵	۹۵	
چین	۹۳	۹۸	
مالزی	۹۵	۹۸	
ایران	اعداد مختلفی از ۸۵ تا ۱۰۰ گزارش شده است		

Source: <http://www.ifqc.org>.

متأسفانه آمار دقیقی از عدد اکتان بنزین معمولی و سوپر مورد استفاده در ایران در دسترس نیست. اما بنابر آمار غیررسمی عدد اکتان بنزین مورد استفاده در ایران در مقایسه با کشورهای دیگر، بالاتر است، لذا یکی از دلایل مصرفی بالای بنزین در ایران را می‌توان کیفیت پایین بنزین مورد استفاده در خودروها دانست.

۱-۲. وضعیت آلودگی هوای ناشی از مصرف بنزین

از زمانی که اتومبیل به‌عنوان جزء لاینفک زندگی مدرن شناخته شد، نگرانی‌هایی در مورد آثار سوء زیست‌محیطی آن، به‌ویژه آثار ناشی از گازهای داغ خارج شده از اگزوز اتومبیل‌ها بر روی کیفیت هوا و محیط زیست و سلامت انسان‌ها، وجود داشته است. مونوکسیدکربن، هیدروکربن‌ها و اکسیدهای نیتروژن عمده‌ترین مواد آلاینده سمی خارج شده از اگزوز موتورهای بنزین‌سوز هستند که تأثیرات منفی زیادی بر سلامت شهروندان، خصوصاً در کلان‌شهرها دارند. جدول ۲ سهم بخش‌های مختلف صنعت، نیروگاه‌ها، خانگی و حمل‌ونقل را در انتشار گازهای آلاینده مختلف نشان می‌دهد.



جدول ۲. سهم هریک از بخش‌های مصرف‌کننده انرژی در تولید عمده‌ترین مواد آلاینده هوا (درصد)

نام بخش‌ها	نوع گاز	^(۱) CO	^(۲) NO _x	^(۳) CH ₄	^(۴) N ₂ O
وسایل نقلیه بنزین‌سوز		۹۶/۸	۴۸/۳	۷۹/۷	۴۷/۹
مصارف خانگی، تجاری، عمومی		۰/۶	۶/۶	۷/۳	۴/۲
نیروگاه‌ها		۱/۷	۳۱/۸	۶/۷	۴/۴
صنعت و کشاورزی		۰/۶	۱۳/۲	۵/۵	۴۲/۸

مأخذ: ترازنامه انرژی ۱۳۸۹.

(۱) منوکسید کربن.

(۲) اکسیدهای نیتروژن (ناکس).

(۳) متان.

(۴) دی‌اکسید نیتروژن.

با نگاهی به جدول مشخص می‌شود که بخش حمل‌ونقل با تولید ۹۶/۸ درصد از کل انتشار CO، ۴۸/۳ درصد NO_x، ۷۹/۷ درصد CH₄ و ۴۷/۹ درصد N₂O دارای بیشترین سهم در انتشار انواع گازها در میان سایر بخش‌های مصرف‌کننده انرژی کشور است.^۱ براساس تحقیقات انجام شده، تماس بلندمدت با آلودگی ناشی از خروجی وسایل نقلیه موجب بروز آثار نامطلوب بهداشتی، ناراحتی‌های تنفسی و بیماری‌های قلبی می‌شود. لذا علاوه بر هزینه‌های اقتصادی که مصرف بالای بنزین بر کشور تحمیل می‌کند، هزینه‌های اجتماعی بسیاری را نیز از طریق آلوده ساختن محیط زندگی (خصوصاً در کلان‌شهرها) به شهروندان تحمیل می‌کند.

۲. عدد اکتان و اهمیت آن در موتورهای بنزین‌سوز

زمانی که نفت خام در پالایشگاه تصفیه می‌شود، فرآورده‌های متفاوتی چون بنزین، گازوئیل، نفت سفید و... از آن به‌دست می‌آید. آزمایش‌های مختلف نشان می‌دهد نرمال هپتان موجود در بنزین دارای خاصیت متراکم شدن بسیار ضعیفی است و در اثر تراکم بسیار کم، سریعاً محترق خواهد شد. در مقابل ایزواکتان قابلیت متراکم شدن بسیار بالایی دارد، بنابراین اگر بنزینی دارای مقادیر بسیار بالایی از ایزواکتان باشد، بنزین بسیار خوبی از نظر مقاومت در برابر خودسوزی محسوب می‌شود. با توجه به اینکه این دو هیدروکربن از نظر خواصی چون نقطه جوش و تبخیر تقریباً یکسان هستند، به‌عنوان مبنایی برای مقاومت خودسوزی سوخت در برابر تراکم انتخاب شده‌اند که با دادن عدد ۱۰۰ به ایزواکتان و عدد ۰ به نرمال هپتان، نسبتی به‌نام عدد اکتان به‌دست می‌آید. عدد

۱. ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۹، ص ۲۶۶.

اکتان، مقیاسی است که کیفیت سوخت‌های مختلف و میزان مقاومت سوخت به احتراق غیرنرمال و کنترل نشده که منجر به ایجاد ضربه در موتور می‌شود، را نشان می‌دهد.^۱

در جریان جنگ جهانی اول توماس میجلی کشف کرد که با افزایش تترااتیل سرب به مخلوط بنزین، نسبت اکتان آن تا حد بسیاری افزایش خواهد یافت، ضمن اینکه این ماده باعث روانکاری سوپاپ‌ها نیز می‌شد. لذا در آن زمان به منظور ارتقای عدد اکتان بنزین از موادی مانند تترااتیل سرب (TEL) یا تترااتیل سرب (TML) استفاده می‌شده، اما امروزه ثابت شده است که اکسیدهای سرب خروجی از لوله اگزوز اتومبیل‌ها تهدیدکننده سلامتی انسان و خصوصاً کودکان است. جذب سرب از طریق تنفس، پوست و خوراکی به راحتی صورت گرفته و سپس در سیستم عصبی و کبد نفوذ می‌کند. خوشبختانه امروزه استفاده از (TEL) و (TML) منسوخ شده و گروهی از ترکیبات تحت عنوان کلی ترکیبات اکسیژن‌دار جایگزین ترکیبات سرب‌دار در بنزین شده‌اند. اضافه کردن مواد اکسیژن‌دار به بنزین باعث کامل‌تر شدن احتراق موتور و در نتیجه آن، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های خطرناک می‌شود. این مواد به دلیل داشتن اکسیژن، سبب بالا رفتن عدد اکتان بنزین و در نتیجه بهبود احتراق سوخت و کاهش انتشار مونواکسید کربن، مواد آلی فرار، هیدروکربن‌های نسوخته و سایر مواد آلوده‌کننده محیط زیست می‌شود. مواد اکسیژن‌دار به ترکیباتی گفته می‌شود که در ساختار مولکولی آنها اتم اکسیژن به کار رفته باشد که شامل اترها و الکل‌ها می‌باشد. در ساختار الکل‌ها هر اتم اکسیژن در ترکیب با یک اتم کربن و یک اتم هیدروژن زنجیره کربن - اکسیژن - هیدروژن را تشکیل می‌دهد. اتانول از جمله رایج‌ترین مواد اکسیژنه الکی مورد استفاده است. در اترها نیز هر اتم اکسیژن در ترکیب با دو اتم کربن زنجیره کربن - اکسیژن - کربن را تشکیل می‌دهد. متیل ترشری بوتیل اتر (MTBE) از جمله رایج‌ترین این مواد است. در ایران نیز از ابتدای سال ۱۳۸۱ و در راستای اجرای مصوبه ۲۲۵۳۳/۱۶۱۰۴ مورخ ۱۳۷۹/۲/۲۱ هیئت دولت، ترکیبات سرب‌دار به طور کلی از ساختار بنزین حذف و به جای آن از MTBE با فرمول شیمیایی $C_5H_{12}O$ استفاده می‌شود.^۲

۳. مزایا و معایب زیست‌محیطی استفاده از MTBE

ام. تی. بی. ای مایعی بی‌رنگ، قابل اشتعال و با بویی شبیه بادام سوخته است. انحلال‌پذیری این ماده در آب بسیار بالاست و در حدود ۵۴۰ میلی‌گرم در هر لیتر گزارش شده است. با توجه به مزایای

۱. رضا شاکری، استفاده از اتانول به جای MTBE در بنزین، راهکاری برای کاهش مخاطرات زیست‌محیطی، هفتمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران، ۱۳۸۵.

۲. همان.



زیست‌محیطی استفاده از MTBE در بنزین، از جمله افزایش عدد اکتان بنزین، کاهش نشر گازهای آلاینده منتشره از اگزوز خودرو مانند مونواکسیدکربن و ازن، حذف سرب از بنزین به همراه تأثیر نسبی در بهبود کیفیت هوا، تولید آسان و سهولت ترکیب با بنزین، استفاده از این ماده به‌عنوان مکمل سوخت مورد توجه قرار گرفت. ضمن اینکه با استفاده از MTBE به‌عنوان مکمل بنزین غلظت موادی مانند گوگرد، الفین، ترکیبات آروماتیک و بنزن نیز به‌علت رقیق شدن سوخت کاهش می‌یابد. اما به‌رغم آثار مثبت افزودن MTBE به بنزین، اکنون پس از گذشت چند سال از مصرف آن در دنیا، ثابت شده است که این ماده دارای تأثیرات سوئی بر روی محیط زیست و انسان است. در آزمایش‌های مختلف ثابت شده است که استنشاق بیش از ۴۰۰ PPM از این ماده برای موجودات زنده خطرناک است و باعث اختلالاتی در تولیدمثل آنها می‌شود. در معرض قرار گرفتن بیش از حد مجاز آن سبب تأثیرات روی سلول‌های عصبی و علائم خستگی و بیهوشی موقت در موجودات زنده می‌شود.^۱ اما مهمترین خطری که به‌تبع افزودن MTBE به بنزین، محیط زیست انسانی را تهدید می‌کند، نفوذ و حضور این ماده در منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی است، زیرا برخلاف سایر ترکیبات بنزین از حلالیت‌پذیری خوبی برخوردار بوده و با خاک پیوند محکمی تشکیل نمی‌دهد. بنابراین سرعت نفوذ آن در خاک زیاد بوده و به‌دلیل مقاومت زیاد در مقابل تجزیه شیمیایی، در صورت ورود به طبیعت به سرعت به منابع آب نفوذ می‌کند. بنابراین خطر اصلی که می‌تواند ایجاد کند آلوده کردن احتمالی آب‌های آشامیدنی و در نتیجه آن تأثیر منفی بر سلامت انسان است. در واقع به‌رغم اینکه این ماده به‌دلیل بهسوزی بنزین موجب کاهش آلودگی هوای ناشی از احتراق بنزین در موتور خودروها می‌شود، می‌تواند منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی را آلوده کرده و سلامت انسان را به‌خطر بیاندازد. برطبق آمار آژانس حفاظت محیط زیست در سال ۱۹۹۲ از حدود ۹۴ درصد MTBE وارد شده به طبیعت، ۳/۵ درصد آن به آب‌های سطحی وارد شده و ۲/۵ درصد از آن نیز به درون چاه‌ها نفوذ کرده بود. مقدار نشت MTBE در خلال سوخت‌گیری اتومبیل‌ها می‌تواند منبع مهم نشر این ماده خطرناک در محیط زیست باشد. اندکی توجه به وضعیت پمپ بنزین‌های ایران و سرریز بنزین در حین سوخت‌گیری نشان می‌دهد که ما شدیداً در معرض نفوذ MTBE به محیط زیست هستیم. امروزه در برخی کشورهای جهان مصرف این ماده به‌دلیل احتمال آلوده کردن آب‌های آشامیدنی به‌کلی ممنوع شده و سعی بر این است که اتانول - که معایب کمتری نسبت به MTBE دارد - جایگزین آن شود. با توجه به روند افزایش مصرف بنزین در سطح کشور که می‌توان آن را به منزله افزایش مصرف ماده خطرناک MTBE دانست، بالطبع ایران نیز باید به‌دنبال یافتن جایگزین مناسبی برای این ماده خطرناک باشد.^۲

1. Williams, P. " Hazard Identification Handbook for Managing Release of Gasoline Containing MTBE". 2003, 81/20.

۲. ایمان سیخی و محمد ابوالحسنی، بررسی افزودنی‌های سوخت‌های فسیلی و محیط زیست، امید اسپرغم، نشریه انجمن نفت ایران، شماره ۷۲، ۱۳۸۹.

منابع تأمین ماده مکمل بنزین، MTBE طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۹۰ در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. منابع تأمین MTBE طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۹۰ (تن در سال)

جمع	واردات	شرکت‌های تولیدکننده داخلی		شروع سال
		پتروشیمی بندر امام*	شیمی‌بافت	
۳۴۵۱۱۳	۶۱۸۰۶	۲۳۰۲۳۵	۵۳۰۷۲	۱۳۸۶
۳۷۶۶۷۰	—	۳۳۳۷۳۴	۴۲۹۳۶	۱۳۸۷
۴۰۸۹۵۶	۸۴۱۱۷	۲۹۵۶۰۷	۲۹۲۳۲	۱۳۸۸
۲۹۰۴۴۵	۹۴۹۹	۲۰۲۶۴۲	۷۸۳۴۲	۱۳۸۹
۳۲۴۶۹۸	—	۲۴۵۰۹۸	۷۹۶۵۰	۱۳۹۰

مأخذ:

۱. گزارش عملکرد سالیانه پتروشیمی، سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰.
 ۲. گمرک جمهوری اسلامی ایران، نامه شماره ۸۲-۱۴/۱۱/۱۰۵۷۶ مورخ ۱۳۹۱/۱۰/۱۱.
 ۳. شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران، نامه شماره ۱۹۷۴۶-۸۸/۳ (پ پ، مورخ ۱۳۸۸/۲/۱۶).
- * لازم به یادآوری است که مجتمع پتروشیمی بندر امام طی پنج سال اخیر به‌طور متوسط سالیانه حدود ۲۶۰ هزار تن MTBE تولید کرده است که با توجه به اینکه ظرفیت اسمی این واحد ۵۰۰ هزار تن در سال است، در واقع این واحد حدود ۵۰ درصد ظرفیت اسمی خود تولید کرده است. براساس گزارش شرکت ملی صنایع پتروشیمی، این امر به دلیل جایگزینی کاتالیست فرانسوی به جای کاتالیست کانادایی طراحی شده این واحد است. به همین دلیل میزان تولید این واحد از همان ابتدای امر حدود ۸۰ درصد طراحی اولیه بوده است و در حال حاضر با اتمام عمر مفید این کاتالیست، فعالیت آن کاهش یافته و ظرفیت تولید این واحد در بهترین حالت به ۶۷ درصد طراحی اولیه رسیده است.

همان‌طور که آمار جدول ۳ نشان می‌دهد، واردات MTBE در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸ حدود ۶۰-۸۰ هزار تن در سال بوده است، که در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ با افزایش تولید داخلی و تأمین کامل نیاز داخل، واردات این محصول کاهش یافته و در سال ۱۳۹۰ تقریباً به صفر رسیده است.

تحلیل آمار و ارقام جدول نشان می‌دهد که متوسط مصرف MTBE طی پنج سال اخیر حدود ۳۵۰ هزار تن معادل ۴۷۰ میلیون لیتر در سال بوده است، که با توجه به متوسط مصرف بنزین در این پنج سال، میزان افزودنی MTBE به بنزین مصرفی کشور حدود ۲ درصد است.

۴. اتانول

اتانول یا الکل اتیلیک با فرمول C_2H_5OH مایعی قابل احتراق و بی‌رنگ بوده، گران‌روی آن، مانند آب است و بوی نسبتاً تندی دارد. در صنعت به‌عنوان حلال و ماده واسطه شیمیایی برای تولید ترکیبات آلی استفاده می‌شود، به دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی با هر نسبتی در آب حل می‌شود. اتانول در مقایسه با ترکیبات آلی که وزن مولکولی یکسانی با آن دارند، نقطه جوش بالاتری دارد.



اتانول را می‌توان هم به روش پتروشیمیایی (هیدراسیون و یا احیای مستقیم گاز اتیلن) از منابع فسیلی و هم به روش بیوتکنولوژی (زیست‌فناوری) از مواد اولیه گوناگون با منشأ طبیعی (زیستی) تولید کرد. به اتانولی که به روش دوم و با بهره‌گیری از مواد اولیه با منشأ طبیعی و نه از نفت و گاز (سوخت‌های فسیلی)، تولید شود «بیواتانول» می‌گویند. وجه تمایز اصلی اتانول تولیدی به روش پتروشیمیایی (یا به اصطلاح، اتانول سینتیک) با بیواتانول این است که اولی سوختی است تجدیدناپذیر با منشأ فسیلی، اما دومی سوختی است تجدیدپذیر با منشأ غیرفسیلی، اما این دو محصول به‌عنوان یک سوخت از نظر خواص فیزیکی و شیمیایی و کاربردی تفاوتی با هم ندارند. امروزه بیش از ۹۰ درصد اتانول تولیدی در جهان بیواتانول است و سینتیک اتانول سینتیک نه از نظر اقتصادی و نه از نظر زیست‌محیطی چندان مورد توجه نمی‌باشد.

برای تهیه اتانول به روش زیست‌فناوری ابتدا محصولات گیاهی کوبیده و فشرده می‌شوند سپس به کمک مخمرها و انجام عمل هیدرولیز اتانول استخراج می‌شود. روش هیدرولیز مورد استفاده با توجه به نوع گیاه انتخاب می‌شود، اگر گیاه حاوی مواد قندی زیاد باشد هیدرولیز ضعیف بر روی آن انجام می‌شود و اگر دارای نشاسته زیاد باشد از روش هیدرولیز اسیدی استفاده می‌شود. قندها به‌طور مستقیم توسط میکروارگانیسم‌ها به اتانول تبدیل می‌شوند، درحالی که نشاسته و سلولز ابتدا باید هیدرولیز شده به قند تبدیل شده و سپس در فرآیند تخمیر به اتانول تبدیل شوند. اتانول تخمیری را می‌توان از مواد اولیه متعددی تولید کرد. این مواد در سه دسته قند، نشاسته و ترکیبات سلولزی طبقه‌بندی و در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴. ترکیبات مختلف گیاهی قابل تبدیل به اتانول

ترکیبات قنددار	ترکیبات نشاسته‌دار	ترکیبات سلولزی
نیشکر چغندر قند ملاس میوه و سردرختی	غلات سیب‌زمینی دیگر محصولات ریشه‌ای	چوب ضایعات کشاورزی زباله‌های جامد شهری کاغذ بازیافتی

مأخذ: سارا گروسی، پتانسیل‌سنجی اقتصادی تولید اتانول از پسماند نیشکر و امکان جایگزینی آن با بنزین، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت‌مدرس، پاییز ۱۳۸۸.

از آنجایی که هزینه تولید اتانول با قیمت مواد اولیه آن ارتباط مستقیم دارد، موفقیت در تولید این نوع سوخت در رقابت آن با بنزین تابعی از شرایط جغرافیایی منطقه، آب و هوا، روش تولید، خواص محصولات کشاورزی و نوع ضایعات آنها خواهد بود. با توجه به اینکه ماده اولیه برای

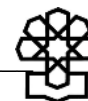
تولید اتانول باید ارزان‌قیمت و فراوان باشد، کشورهای مختلف از ارزان‌ترین و فراوان‌ترین ماده اولیه برای تولید سوخت زیستی اتانول استفاده می‌کنند. به این ترتیب برای تولید اتانول در کشور برزیل که بزرگترین کشور تولیدکننده اتانول در سطح دنیاست از نیشکر و در آمریکا (دومین تولیدکننده اتانول دنیا) از ذرت، در روسیه از اوکالیپتوس و در اروپا از چغندر قند و غلات استفاده می‌شود که از مواد اولیه قندی و نشاسته‌ای هستند. با اینکه تحقیقات زیادی درباره استفاده از مواد سلولزی یا ضایعات کشاورزی به‌عنوان ماده اولیه تولید اتانول انجام شده، اما هنوز استفاده از این روش به مرحله صنعتی تولید انبوه مانند استفاده از ذرت یا نیشکر نرسیده است. در ایران با توجه به وجود منابع بالقوه مواد اولیه برای تولید اتانول حاصل از ملاس‌های نیشکر و چغندر قند؛ مواد نشاسته‌دار و مواد لیگنو سلولزی، ضایعات چوب، ضایعات کشاورزی و کاغذ بازیافتی از زباله امکان تولید اتانول فراهم است و در صورت ایجاد بازار مصرف و سرمایه‌گذاری مناسب می‌توان به این صنعت رونق فراوان بخشید.^۱

۴-۱. مصرف اتانول به‌عنوان سوخت یا مکمل سوخت در جهان

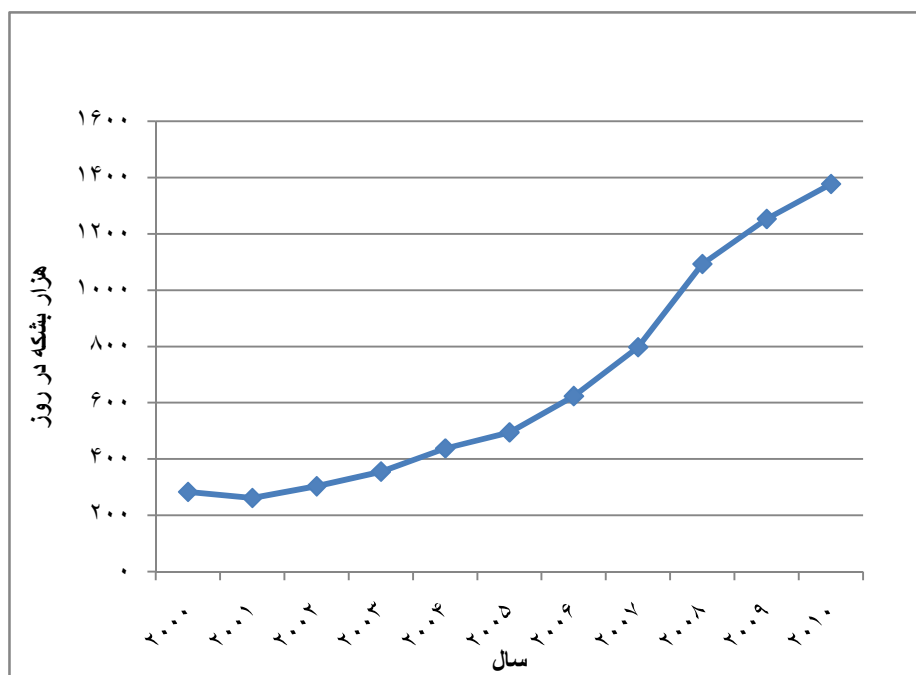
استفاده از اتانول به‌عنوان سوخت کامل یا سوخت ترکیبی در بنزین با سرعت زیادی رو به گسترش است. اتانول با عدد اکتان ۱۱۵ یک سوخت بسیار مرغوب محسوب می‌شود که در صورت اختلاط با بنزین باعث افزایش عدد اکتان سوخت حاصله می‌گردد.^۲ همانطور که در نمودار ۳ نیز مشاهده می‌شود مصرف جهانی این محصول طی ده سال اخیر رشد قابل توجهی داشته، به‌طوری که از ۱۰۳/۳ میلیون بشکه در سال ۲۰۰۰ به ۵۰۲/۴ میلیون بشکه در سال ۲۰۱۰ افزایش یافته است.

۱. همان.

۲. فتح‌اله امی، بررسی تجربی احتراق موتور اشتعال جرقه‌ای با سوخت ترکیبی بنزین - اتانول و MTBE برای کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌ها، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات موتور، سال پنجم، شماره شانزدهم، پاییز ۱۳۸۸، ص ۲۲.



نمودار ۳. روند مصرف اتانول در دنیا طی سالهای ۲۰۱۰-۲۰۰۰



Source: <http://www.indexmundi.com/energy.aspx>

در حال حاضر حدود ۸۰ درصد اتانول تولیدی در سطح جهان به عنوان سوخت یا مکمل سوخت به کار گرفته می شود و تنها ۲۰ درصد از تولید این محصول به مصارف متعدد دیگر می رسد. استفاده از اتانول به عنوان سوخت مصرفی (به جای بنزین) تنها در کشور برزیل پیگیری می شود.^۱ اتانول را می توان به سه روش به عنوان سوخت در بخش حمل و نقل استفاده کرد.

- به میزان ۱۰ درصد مخلوط با بنزین،

- به عنوان یک جزء از بنزین تجدید فرمول شده به صورت مستقیم یا تبدیل آن به اتیل ترشری

بوتیل اتر ETBE.^۲

- کاربرد مستقیم آن به عنوان سوخت ضمن اختلاط آن با ۱۵ درصد بنزین که با نام E-۸۵

شناخته می شود.

برای تغییر کامل سوخت اتومبیل به اتانول (به طوری که حداقل ۸۵ درصد سوخت متشکل از اتانول باشد)، علاوه بر اینکه باید از سیستم کاربراتوری بزرگتری در خودروها استفاده شود باید مقداری اتانول گرم شده نیز در شروع کار خودروها، به درون کاربراتور تزریق شود. ضمناً به دلیل اینکه چگالی انرژی اتانول در مقایسه با بنزین کمتر است، نیاز به مخزنی ۵۰ درصد بزرگتر و ۶۵

۱. حدود یک چهارم خودروها در برزیل اتانول سوز هستند (سوختی شامل ۸۵ تا ۹۵ درصد اتانول) و با بهره گیری سایر خودروها از بنزین اتانول دار، جمعاً حدود ۲۵ درصد سوخت مورد استفاده در صنعت حمل و نقل این کشور را اتانول تشکیل می دهد.

2. Ethyl Tertiary Butyl Ether

درصد سنگین تر از بنزین دارد تا معادل آن انرژی تولید کند. در واقع برای استفاده از این سوخت باید تغییراتی در سیستم سوخت‌رسانی و موتور خودروها داده شود. اما اگر بنزین با ۱۰ تا ۳۰ درصد مخلوط شود دیگر نیازی به تغییرات سیستم موتوری نخواهد بود. لذا در موارد اول و دوم نیاز به تغییرات خاص در خودروها نیست و این ترکیبات در اکثر خودروها قابل استفاده‌اند.^۱

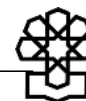
در برزیل و ایالات متحده آمریکا، استفاده از اتانول به‌دست آمده از نیشکر و سایر دانه‌ها به‌عنوان سوخت خودرو، توسط برنامه‌های دولتی حمایت می‌شود. برخی ایالات در آمریکا که در کمربند ذرت قرار دارند جایگزین کردن اتانول به‌جای بنزین را که از ساقه ذرت به‌دست می‌آید، شروع کرده‌اند. قوانین مالیاتی هم به‌دلیل وضع مالیات پایین‌تر بر سوخت الکلی، استفاده از اتانول را تشویق می‌کند. از دیگر برنامه‌های دولت فدرال آمریکا در این زمینه می‌توان به دادن وام‌های بسیار مناسب به سازندگان اتانول گیاهی اشاره کرد.

۲-۴. مزایا و معایب مصرف اتانول به‌عنوان مکمل سوخت خودروها

اتانول یک ترکیب اکسیژن‌دار حاوی ۳۵ درصد اکسیژن است و به همین دلیل اضافه کردن این ماده به سوخت باعث احتراق کامل‌تر سوخت و کاهش انتشار گازهای مولد دود و گازهای گلخانه‌ای از جمله مونواکسید کربن، ذرات معلق و ترکیبات آلی فرار خروجی از اگزوز اتومبیل‌ها می‌شوند. براساس تحقیقی که بر روی سه ترکیب مختلف اتانول و بنزین با درصدهای مختلف (F-1: بنزین پایه، F-2: بنزین+۷ درصد MTBE، F-3: بنزین+۱۰ درصد MTBE+۵ درصد اتانول) انجام شده است، افزودن اتانول به بنزین موجب افزایش توان و بازده حرارتی موتور و کاهش انتشار آلاینده‌های CO و HC (هیدروکربن‌های نسوخته) می‌گردد. در واقع به‌دلیل اینکه اتانول در ساختار شیمیایی خود دارای یک اتم اکسیژن می‌باشد، فرآیند احتراق کامل‌تر شده، در نتیجه میزان بیشتری از انرژی شیمیایی سوخت به انرژی حرارتی تبدیل شده توان موتور خودرو افزایش پیدا کرده، میزان مصرف بنزین کاهش می‌یابد.^۲

جدول ۵ عدد اکتان و محتوای اکسیژن این سه نوع ترکیب را با یکدیگر مقایسه کرده است:

۱. ایمان سبخی و محمد ابوالحسنی، بررسی افزودنی‌های سوخت‌های فسیلی و محیط زیست، نشریه انجمن نفت ایران، شماره ۷۲، ۱۳۸۹.
 ۲. فتح‌اله امی، بررسی تجربی احتراق موتور اشتعال جرقه‌ای با سوخت ترکیبی بنزین- اتانول و MTBE برای کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌ها، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات موتور، سال پنجم، شماره شانزدهم، پاییز ۱۳۸۸، ص ۲۲.



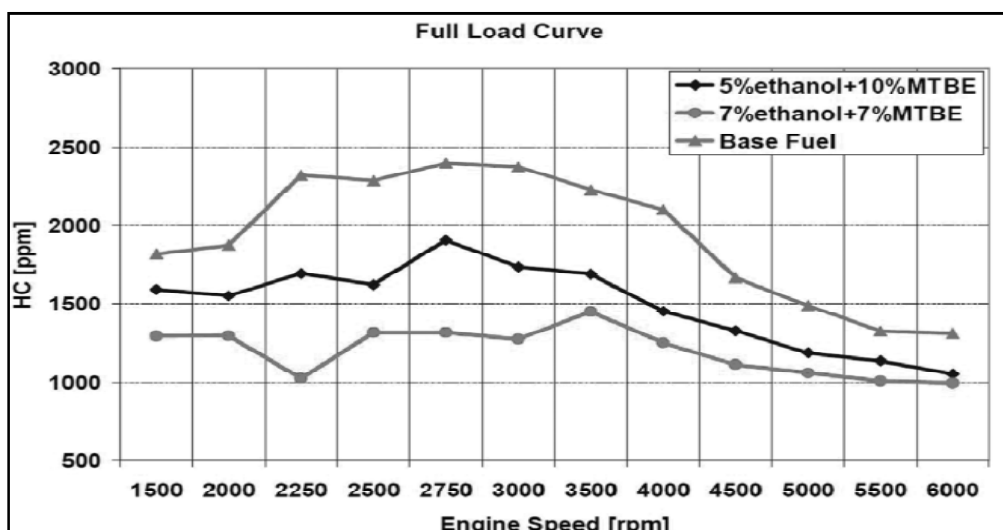
جدول ۵. تأثیر اتانول در افزایش عدد اکتان و مقدار اکسیژن

نوع سوخت	عدد اکتان	محتوای اکسیژن
F-۱	۸۷/۲	۲/۹۴
F-۲	۸۹/۸	۱۴/۳۷
F-۳	۹۱/۳	۳/۰۴

مأخذ: همان.

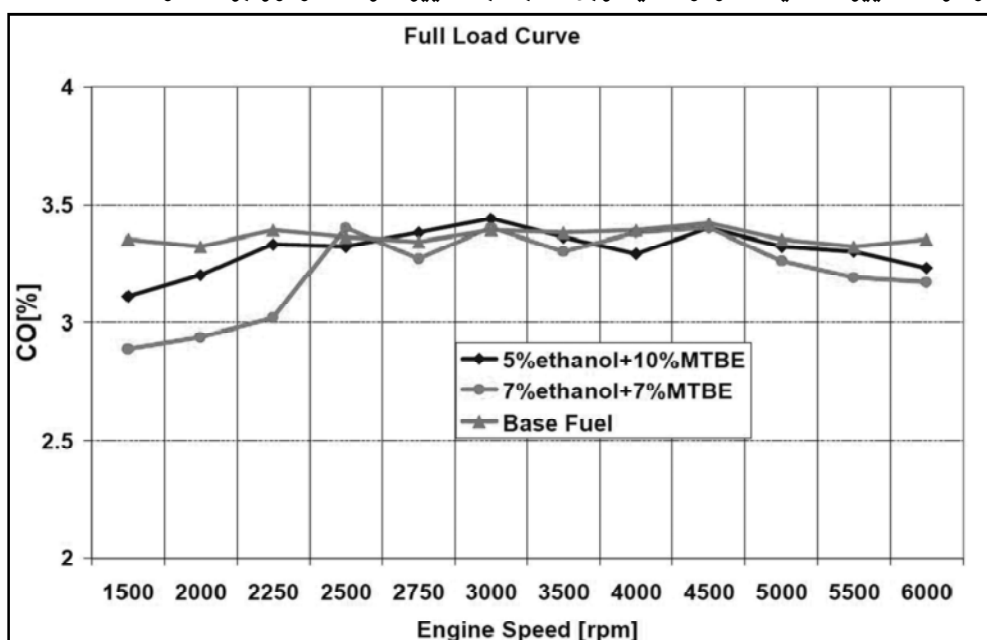
عامل اصلی در کاهش آلایندة منوکسیدکربن، نسبت هوای اضافه است. براساس آزمایش‌های انجام شده در تحقیق مذکور، نسبت کاهش آلایندة منوکسیدکربن در اثر افزودن اتانول در سوخت F-۲ نسبت به سوخت F-۱ به‌طور متوسط برابر ۶/۱۸ درصد است که به‌دلیل بالا بودن محتوای اکسیژن این مخلوط نسبت به بنزین است که باعث می‌شود تعداد اتم‌های اکسیژن نسبت به کربن بیشتر باشد. ضمن اینکه مقدار هیدروکربن‌های نسوخته نیز به همین دلیل به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. نمودارهای ۴ و ۵ نتایج حاصل از این آزمایش‌ها را بر روی این سه نوع سوخت، بر حسب دور موتور نشان می‌دهد.

نمودار ۴. تغییرات آلایندة‌های هیدروکربن‌های نسوخته برحسب دور موتور برای سوخت‌های مختلف



مأخذ: همان.

نمودار ۵. تغییرات آلاینده مونواکسیدکربن نسبت به تغییر سرعت موتور برای سوخت‌های مختلف

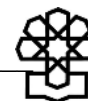


مأخذ: همان.

بزرگترین مسئله‌ای که حامیان محیط زیست برای استفاده از بیواتانول مطرح می‌کنند این است که تولید اتانول از مواد غذایی باعث از بین رفتن غذایی می‌شود که برای مصرف مردم ضروری است. در واقع اگر بخواهیم سوخت الکی را از منابع کشاورزی به دست آوریم باید سطح وسیعی از زمین‌های قابل کشت و حاصلخیز و همچنین زیرساخت‌های لازم برای تأمین آب مورد نیاز کشاورزی را در اختیار داشته باشیم، اما اگر سوخت الکی از مواد زائد و ضایعات بخش کشاورزی و دامپروری مانند نیشکر، گاه، چوب، ذرت و مواد دیگری که دور ریخته می‌شوند، تهیه شود نیاز به افزایش سطح زیرکشت محصولات کشاورزی نخواهد بود. بنابراین تهیه مستقیم سوخت‌های الکی از محصولات کشاورزی نمی‌تواند گزینه مناسبی برای تأمین سوخت مورد نیاز کشورهای مختلف و به خصوص کشورهای صنعتی مانند کشورهای اروپای غربی باشد. در ایران نیز اقتصادی‌ترین راه برای تولید اتانول سوختی استفاده از ضایعات کشاورزی است.

۳-۴. تولید اتانول در ایران

با نگاهی گذرا به منابعی که قابلیت تولید اتانول را دارند به نظر می‌رسد که کشور ایران دارای پتانسیل بسیار خوبی در این زمینه است. صنعت اتانول می‌تواند مصرف‌کننده محصولات جانبی بعضی از صنایع تبدیلی محصولات کشاورزی باشد. در ایران به دلیل کمبود تجهیزات نگهداری و



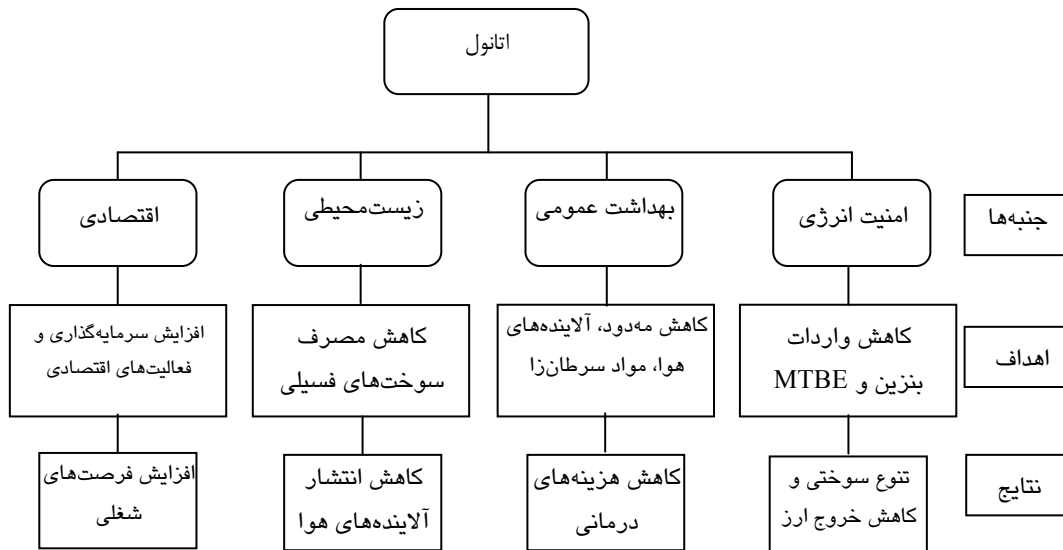
انبارداری محصولات کشاورزی، بخش قابل توجهی از محصولات تولیدی به صورت ضایعات به هدر می‌رود. به عنوان مثال در حال حاضر براساس برآورد وزارت جهاد کشاورزی، میزان ضایعات کشاورزی به طور متوسط در حدود ۱۸/۵ درصد اعلام شده است. در این میان ضایعات محصولات زراعی و باغی که قابلیت تبدیل به اتانول سوختی را دارند، به ترتیب حدود ۱۸ و ۲۹ درصد محصول نهایی را تشکیل می‌دهند.^۱ بدین ترتیب مقدار مطلق ضایعات این محصولات در سال ۱۳۸۹ (با توجه به اینکه حجم تولید محصولات زراعی و باغی در سال مذکور به ترتیب برابر ۷۵ و ۱۷/۵ میلیون تن بوده است)^۲ برابر ۱۸/۵۷ میلیون تن بوده است. بنابراین ایران از نظر مواد اولیه، برای تولید اتانول پتانسیل بالایی دارد،^۳ که نیاز آن برای استفاده مستقیم از محصولات کشاورزی را برطرف می‌سازد. لذا صنعت اتانول با وجود کارخانه‌های فعال و نیمه‌فعال و احداث ده‌ها کارخانه دیگر در صورت برنامه‌ریزی بلندمدت می‌تواند نقش مهمی در حفظ و افزایش اشتغال صنعتی کشور ایفا کند. در حال حاضر اتانول تولیدی کشور را می‌توان به صورت ترکیبات E-۵ و E-۱۰ (که به ترتیب حاوی ۵ و ۱۰ درصد اتانول است) استفاده و آن را جایگزین بخشی از بنزین سوپر و MTBE وارداتی کرد. این امر می‌تواند باعث کاهش واردات و خروج ارز، حفاظت از محیط زیست، رشد صنایع تبدیلی از ضایعات کشاورزی و ایجاد اشتغال شود. ویژگی اشتغال‌زایی این صنعت ناشی از زنجیره خاص تولید در صنعت اتانول است که از بخش کشاورزی آغاز می‌شود. در تمام کشورهایی که توسعه صنعت اتانول را در دستور کار خود قرار داده‌اند بخش کشاورزی بیشترین منفعت را نصیب خود کرده است. استفاده از اتانول از جنبه‌های مختلفی به نفع کشور است که مزایای آن به اختصار در شکل آمده است.

۱. عبدالحسین طوطیایی و الهه سلیمانی، درباره اصلاح الگوی مصرف (۱۱)، کاهش ضایعات محصولات کشاورزی، مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۸۸.

۲. وزارت جهاد کشاورزی، آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۸۹، جلد اول و دوم.

۳. البته ذکر این نکته ضروری است که در یک برنامه‌ریزی کلان بلندمدت، استفاده از ضایعات کشاورزی برای تولید اتانول، اولویت نیست. در واقع در گام اول باید برای کاهش میزان ضایعات کشاورزی تلاش نمود. در گام دوم باید آن میزان از ضایعات کشاورزی که برای خوراک انسان یا دام قابل استفاده‌اند را تبدیل به کنسانتره کرد. در نهایت در صورتی که امکان استفاده از این ضایعات به عنوان خوراک دام وجود نداشته باشد، می‌توان از آن برای تولید اتانول استفاده کرد.

شکل مزایای مختلف استفاده از اتانول



مأخذ: نشریه خبری، تخصصی، داخلی انجمن صنفی تولیدکنندگان اتانول ایران، شماره ۲۰، ۱۳۸۶.

از دیدگاه داخلی، کاهش وابستگی به منابع زیرزمینی تجدیدنپذیر کشور، افزایش تولید ملی و ایجاد اشتغال مولد و پایدار، ارتقای سطح سلامت آحاد جامعه تنها برخی از مزایای حرکت به سمت بهره‌گیری گسترده از اتانول سوختی می‌باشند. از دیدگاه منطقه‌ای و با نیم‌نگاهی به افق ایران ۱۴۰۴، در حال حاضر ایران پس از پاکستان دومین کشور منطقه از نظر امکانات تولید بیواتانول می‌باشد و برای رسیدن به رتبه نخست منطقه‌ای تا سال ۱۴۰۴، زمینه تولید و بهره‌گیری از سوخت‌های تجدیدپذیر می‌تواند از اهداف کشور محسوب شود. از دیدگاه جهانی نیز اهمیت استراتژیک بیواتانول به‌عنوان مهم‌ترین سوخت پاک و تجدیدپذیر جایگزین سوخت‌های فسیلی با قرار گرفتن بایودیزل در رتبه دوم واضح و روشن است.^۱

در حال حاضر در کشورمان نزدیک به ۳۰ شرکت تولید اتانول فعالیت دارند که از جمله آنها می‌توان به شرکت‌های بیدستان، اتحادیه الکل ایران، آرات تهران، پارسیان شیراز و پاکدیس ارومیه اشاره کرد. این شرکت‌ها در سه درجه صنعتی، طبی و مطلق (بدون آب) فعالیت می‌کنند. طبق گفته رئیس انجمن صنفی تولیدکنندگان اتانول ایران در حال حاضر مجموع پروانه‌های صادر شده توسط وزارت صنعت، معدن و تجارت برای تولید اتانول ۲۲۰-۲۳۰ میلیون لیتر در سال است، که به دلیل مشکلات سخت‌افزاری از جمله قدیمی بودن واحدها، پایین بودن بازده دستگاه‌ها و... ظرفیت عملی واحدهای نصب شده در کشور به ۸۰-۹۰ میلیون لیتر کاهش یافته، ضمن اینکه به دلیل

۱. همان.



نبود مواد اولیه در برخی فصول یا نبود بازار مصرف، تولید واقعی سالیانه کشور در حدود ۳۵-۴۵ میلیون لیتر می‌باشد که از این مقدار حدود ۳۵ میلیون لیتر آن به مصرف داخلی (طبی و صنعتی) می‌رسد و مابقی صادر می‌شود.^۱

در حال حاضر منابع تولید اتانول در شرکت‌های فوق منحصراً به ملاس نیشکر و چغندر قند است. اما با توجه به وجود منابع بالقوه مواد اولیه برای تولید اتانول در ایران، استفاده از ملاس‌های نیشکر و چغندر قند، مواد نشاسته‌دار، ضایعات چوب، ضایعات کشاورزی و کاغذ بازیافتی از زباله برای تولید اتانول امکان‌پذیر است.

۵. بررسی اقتصادی ترکیب اتانول در بنزین

بررسی اقتصادی جایگزینی MTBE با اتانول به دلیل تأثیرات گسترده‌ای که تولید اتانول بر اقتصاد دارد نیاز به مطالعات گسترده‌ای چون موارد زیر دارد:

۱. تأثیر سرمایه‌گذاری و احداث واحدهای جدید اتانول‌سازی، افزایش تولید ملی و اشتغال حاصل از آن بر اقتصاد کشور،
 ۲. تأثیر کاهش واردات بنزین و MTBE بر اقتصاد کشور،
 ۳. تأثیر حاصل از ارتقای سطح بهداشت و سلامت آحاد جامعه در اثر حذف ماده زیان‌آور MTBE و جایگزینی اتانول به‌عنوان سوخت تجدیدپذیر، پاک و قابل تجزیه در محیط زیست،
 ۴. تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر اقتصاد کشاورزی و صنایع تبدیلی کشاورزی در کشور به‌عنوان تأمین‌کننده ماده اولیه اتانول،
 ۵. تأثیر کسب امتیازات کاهش انتشار کربن در روابط بین‌المللی و به‌ویژه تعهدات مرتبط با پیمان کیوتو بر روابط تجاری و اقتصادی کشور.
- در این گزارش موارد ۲ و ۳ به اختصار مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. بررسی سایر موارد نیاز به مطالعات و حجم گسترده‌ای از اطلاعات دارد که در این بحث نمی‌گنجد.

۵-۱. بحث صرفه مالی جایگزینی MTBE با اتانول

جایگزین کردن MTBE با اتانول باید با توجه به سه ویژگی اصلی مشترک این دو افزودنی انجام شود:

۱. اکتان‌افزایی: اکتان‌افزایی اتانول سوختی به مراتب بیشتر از اکتان‌افزایی MTBE است. جدول ۶

۱. انجمن صنفی تولیدکنندگان اتانول ایران.

نتایج آزمایش‌های انجام شده در پژوهشگاه صنعت نفت بر روی بنزین پایه را نشان می‌دهد.

جدول ۶. تغییر اکتان بنزین به وسیله افزودنی‌های اتانول و MTBE

میزان افزایش عدد اکتان	اکتان حاصله	درصد حجمی افزودنی	نوع افزودنی	عدد اکتان بنزین پایه
۱/۶	۸۵/۹	۳	MTBE	۸۴/۳
۲	۸۶/۳	۵		
۳/۹	۸۸/۴	۱۰		
۵/۹	۹۰/۲	۱۵		
۲/۹	۸۷/۲	۵	اتانول	
۵/۷	۹۰	۱۰		

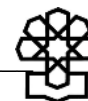
مأخذ: همان، شماره ۱۸، ۱۳۸۶.

با توجه اینکه معمولاً عدد ۸۷ به عنوان اکتان هدف برای بنزین معمولی کشور در نظر گرفته می‌شود، این عدد اکتان با افزودن ۷/۵ درصد MTBE و یا ۵ درصد اتانول سوختی به بنزین پایه به دست می‌آید. بنابراین می‌توان نسبت جایگزینی اتانول با MTBE را صرفاً از نظر اکتان‌افزایی، یک به یک‌ونیم در نظر گرفت.

۲. اکسیژن‌زایی: اکسیژن‌زایی اتانول دقیقاً دو برابر اکسیژن‌زایی MTBE است. یعنی اگر افزایش کارایی احتراق سوخت و کاهش تولید منوکسیدکربن به عنوان عامل تعیین‌کننده در نظر گرفته شود، اتانول سوختی می‌تواند به نسبت ۱ به ۲ جایگزین MTBE شود.^۱

۳. خاصیت ضدضربه: MTBE و اتانول از این نظر مزیت خاصی نسبت به هم ندارند و هر دو به عنوان جایگزین سرب به خوبی عمل می‌کنند. پس در اینجا جایگزینی به یک نسبت صورت می‌گیرد. از مجموع مطالب فوق نتیجه می‌شود که نسبت جایگزینی یک واحد حجمی اتانول سوختی به جای ۱/۵ واحد حجمی MTBE می‌تواند مبنای مناسبی برای محاسبات اقتصادی به حساب آید. در این بخش با استفاده از قیمت‌های اتانول، بنزین و MTBE قیمت ترکیبات مختلف بنزین به همراه اتانول یا MTBE محاسبه و با هم مقایسه، در نهایت بررسی شده که کدام یک اقتصادی‌تر است.

فاکتورهایی که در محاسبه صرفه مالی جایگزینی MTBE با اتانول دخیل هستند عبارتند از قیمت بنزین پایه، قیمت MTBE و قیمت اتانول. متوسط قیمت فوب خلیج فارس بنزین، MTBE و



اتانول در سال ۱۳۹۰ بدین شرح بوده است:^۱

قیمت بنزین معمولی = ۰/۷ \$/lit

قیمت MTBE = ۱ \$/lit

قیمت اتانول = ۰/۷ \$/lit

محاسبه قیمت هر لیتر بنزین با افزودنی ۵ درصد اتانول و ۷/۵ درصد MTBE به صورت زیر است:

قیمت هر لیتر بنزین با ۷/۵ درصد MTBE = $0.7 \times 0.925 + 1 \times 0.075 = 0.72$ \$/lit

قیمت هر لیتر بنزین با ۵ درصد اتانول = $0.7 \times 0.95 + 0.7 \times 0.05 = 0.7$ \$/lit

با توجه به محاسبات بالا قیمت هر لیتر بنزین به علاوه افزودنی MTBE، ۲ سنت بیشتر از بنزین به علاوه افزودنی اتانول با همان کارآیی فنی (اکتان افزایی، اکسیژن زایی و ضدضربه‌گی برابر) است. بنابراین کاملاً مشهود است که استفاده از اتانول به جای MTBE اقتصادی‌تر است. ضمن اینکه این جایگزینی هم از نظر آثار مخرب زیست‌محیطی MTBE و هم از نظر امنیت انرژی حائز اهمیت می‌باشد.

۲-۵. آلودگی هوا و هزینه‌های اجتماعی

پدیده آلودگی هوا در مناطق شهری از ره‌آوردهای انقلاب صنعتی است که از سیصد سال قبل شروع شده و با توسعه صنعتی و زیادتر شدن تعداد شهرها بر میزان و شدت آن روز به روز افزوده شده است. استفاده از حامل‌های انرژی فسیلی نظیر زغال‌سنگ، نفت گاز و آزاد شدن مواد آلاینده ناشی از احتراق آنها، فرآورده‌های زیان‌بخشی را به همراه دارد که زندگی موجودات زنده و به‌ویژه انسان را تهدید می‌کند.

آلودگی هوا در اثر چهار عامل اصلی ترویج فرهنگ شهرنشینی، گسترش ترافیک شهری، توسعه صنعتی و افزایش مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل و سایر بخش‌ها تشدید می‌شود. عامل اصلی آلودگی هوا در تهران و شهرهای بزرگ ایران افزایش بی‌رویه مصرف انرژی است. آلودگی‌های محیط زیست و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای از مهمترین تبعات فرآیند تولید تا مصرف انرژی به‌شمار می‌روند. ذرات معلق، اکسیدهای ازت، گوگرد و مونواکسیدکربن از آلاینده‌های شاخص به‌شمار رفته و نقش مهمی در آلودگی هوا دارند.

هزینه‌ای که به‌علت آثار زیست‌محیطی انتشار آلاینده‌ها باعث تخریب اکوسیستم‌ها، آسیب به ساختارها (اعم از ساختمان‌ها، پل‌ها و...) و از بین رفتن سلامت افراد گردد، هزینه تخریب نامیده

۱. امور بین‌الملل وزارت نفت.

می‌شود.^۱ در واقع هزینه تخریب هزینه‌ای است که آثار سوء یک آلاینده بر اکوسیستم و سلامت انسان را برآورد می‌کند و معمولاً نیز در قیمت تمام شده ماده مصرفی (از جمله بنزین) در نظر گرفته نمی‌شود. برای محاسبه هزینه تخریب نیاز به کمی کردن اثر آلاینده‌ها در محیط‌های انسانی و طبیعی می‌باشد. هزینه اجتماعی تخریب محیط زیست در اثر مصرف انرژی‌های فسیلی کشور در سال ۱۳۸۹ برای گازهای آلاینده مختلف در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷. هزینه اجتماعی بخش‌های مختلف مصرف‌کننده انرژی در سال ۱۳۸۹ (میلیارد ریال)

بخش	گاز	NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	CH ₄
خانگی، تجاری، عمومی	۵۷۵	۱,۳۹۳	۱۱۵	۱۰,۶۶۹	۶	
صنعت	۸۰۷	۴,۳۸۶	۴۸	۷,۰۸۴	۴	
حمل و نقل	۴,۱۸۵	۵,۶۸۵	۱۱,۹۰۶	۹,۹۷۵	۷۰	
کشاورزی	۳۴۲	۱,۰۶۷	۲۶	۱,۰۹۷	۱	
جمع	۵,۹۰۹	۱۲,۵۳۱	۱۲,۰۹۵	۲۸,۸۲۵	۸۱	

مأخذ: ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۹، ص ۲۷۰.

جدول ۸. سهم هریک از بخش‌های مصرف‌کننده انرژی کشور در هزینه‌های اجتماعی در سال ۱۳۸۹

بخش	خانگی، تجاری، عمومی	صنعت	حمل و نقل	کشاورزی	نیروگاه
سهم	۱۲/۵	۱۲/۴	۴۹	۲/۶	۲۲/۵

مأخذ: همان.

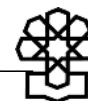
همان‌طور که در جدول ۸ مشخص است بیشترین هزینه اجتماعی ناشی از آلاینده‌ها مربوط به بخش حمل و نقل می‌باشد. از آنجایی که ترکیب اتانول با بنزین به میزان چشمگیری باعث کاهش آلاینده CO می‌شود، میزان انتشار این آلاینده به‌ازای هر لیتر بنزین و هزینه اجتماعی آن در جدول ۹ آمده است.

جدول ۹. میزان انتشار و هزینه اجتماعی آلاینده CO

آلاینده	میزان انتشار (گرم بر لیتر)	هزینه اجتماعی (ریال به گرم)
CO	۳۵۰	۱/۵

مأخذ: همان.

۱. لطفعلی عاقلی، محاسبه GNP سبز و درجه پایداری درآمد ملی در ایران، پایان‌نامه دکتری علوم اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۲.



همان‌طور که در بخش‌های قبلی نیز گفته شد تزریق اتانول به بنزین باعث احتراق کامل‌تر در بنزین می‌شود و میزان انتشار آلاینده‌ها و هزینه اجتماعی ناشی از آن کاهش می‌یابد. در جداول فوق مقدار آلاینده‌های منتشره از هر لیتر بنزین و هزینه‌های آنها آمده است که با استفاده از آن می‌توان میزان کاهش هزینه‌های اجتماعی ناشی از تزریق اتانول به بنزین را محاسبه کرد.

محاسبه هزینه CO در هر لیتر بنزین:

$$\text{هزینه اجتماعی آلاینده CO (ریال به ازای هر لیتر بنزین)} = ۵۲۵ = ۳۵۰ \times ۱/۵$$

$$\text{کاهش هزینه اجتماعی آلاینده CO در نتیجه افزودن ۷ درصد اتانول به بنزین} = ۳۲/۴۴ = ۰/۶۱۸ \times ۵۲۵$$

بنابراین افزودن تنها ۷ درصد اتانول به بنزین معمولی باعث کاهش هزینه اجتماعی ناشی از آلاینده CO به میزان ۳۲ ریال در هر لیتر می‌شود که اگر این عدد را در مصرف بنزین کشور در سال ۱۳۸۹ (برابر ۲۲,۰۴۱/۶۰۵ میلیون لیتر) ضرب شود، میزان کاهش هزینه‌های اجتماعی در اثر این مقدار افزودنی برابر است با:

$$۷۰ \text{ میلیارد تومان} = ۷۰۵,۳۳۱ \text{ میلیون ریال} = ۰/۴۱/۶۰۵ \times ۲۲ \times ۳۲$$

درواقع تزریق اتانول به بنزین علاوه بر صرفه اقتصادی که دارد، به میزان قابل توجهی باعث کاهش هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف بنزین (که در قیمت تمام شده اولیه آن محاسبه نمی‌شود) می‌گردد.

نتیجه‌گیری

ایران توانمندی‌های زیادی برای تولید انرژی‌های نو و تجدیدپذیر دارد، اما تاکنون استفاده اندکی از این پتانسیل خود به عمل آورده است. نا آشنایی، عدم تسلط علمی و تکنولوژیکی و همچنین عدم تأمین اعتبار طرح‌ها و پروژه‌های وابسته با انرژی‌های نو از جمله علل عقب ماندن ایران در استفاده از این نوع انرژی‌هاست. گسترش مطالعات در این زمینه، خارج شدن از فاز مطالعاتی و رسیدن به فازهای اجرایی می‌تواند زمینه‌ساز استفاده بیشتر از انرژی‌های پایان‌ناپذیر، پاک و کم‌بها باشد. استفاده از بیواتانول به عنوان سوخت تجدیدپذیر و دوستدار محیط زیست نتایج مثبتی دارد که در ذیل به اختصار به آنها اشاره شده است:

- تولید بیواتانول می‌تواند با جذب مقادیر قابل توجهی از ضایعات کشاورزی و ضایعات تولید صنایع جانبی بخش کشاورزی، جنگلداری و دامداری کمک بزرگی به اقتصاد این بخش‌ها داشته باشد.
- تولید آن می‌تواند با بهره‌گیری از بسیاری از مواد اولیه دارای ارزش اقتصادی منفی از قبیل پساب‌ها و ضایعات کارخانه‌های تولیدی و حتی برخی پسماندهای شهری علاوه بر ایجاد

ارزش افزوده بالا به حفاظت از محیط زیست نیز یاری برساند.

- تولید بیواتانول می‌تواند به‌عنوان یک سوخت غیرفسیلی، تجدیدپذیر و دوستدار محیط زیست بخشی از نیاز کشور به واردات بنزین و ماده زیان‌آور MTBE را تأمین کند.

- گسترش صنعت اتانول با داشتن چندین صنعت جانبی در کنار خود و صنایع و مصارف پایین‌دستی متعدد، تأثیر قابل توجهی بر توسعه صنعتی کشور و اشتغال‌زایی مستقیم و غیرمستقیم خواهد داشت.

با توجه به مطالب گفته شده استفاده از بیواتانول به جای MTBE از سه جهت حائز اهمیت بوده که در این گزارش مورد بحث قرار گرفته‌اند و نتایج آنها به شرح زیر است:

- از نظر فنی: استفاده از بیواتانول در بنزین از نظر فنی امکان‌پذیر بوده و می‌توان از بنزین به‌علاوه ۵ تا ۱۵ درصد اتانول برای سوخت خودروهای معمولی، بدون اینکه تغییر خاصی مورد نیاز باشد، استفاده کرد.

- از نظر زیست‌محیطی: همانطور که گفته شد بیواتانول چون از مواد اولیه زیستی تهیه می‌گردد، دوستدار محیط زیست بوده و در صورت وارد شدن به محیط زیست برخلاف MTBE خطری برای محیط زیست نخواهد داشت، ضمن اینکه با مصرف این ماده به دلیل کاهش مصرف بنزین، آلودگی‌های ناشی از مصرف بنزین کاهش می‌یابد.

- از نظر اقتصادی: استفاده از اتانول به جای MTBE از نظر اقتصادی توجیه دارد، چراکه قیمت تمام شده مخلوط بنزین+ اتانول در مقایسه با قیمت تمام شده مخلوط بنزین+ MTBE کمتر است، ضمن اینکه در صورت استفاده از اتانول هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف بنزین نیز سالیانه به میزان ۸۰ میلیارد تومان کاهش می‌یابد.

اما در حال حاضر با توجه به ظرفیت تولیدی اتانول در کشور و میزان مصرف بنزین، امکان فوری این جایگزینی وجود ندارد. در صورت تخصیص ظرفیت واحدهای دارای مجوز تولید اتانول به سوخت خودروهای بنزینی، تنها حدود ۰/۵ درصد سوخت خودروهای بنزینی کل کشور از طریق اتانول قابل تأمین خواهد بود. چنانچه در همین شرایط، تمامی اتانول مذکور تنها به مصرف خودروهای بنزینی استان تهران تخصیص یابد، حدود ۲/۳۸ درصد سوخت مورد استفاده از طریق بیواتانول قابل تأمین است.

پیشنهادها

صنعت تولید بیواتانول در هر کشور براساس مواد اولیه در دسترس متفاوت است، با توجه به این امر که ایران دارای منابع فراوان منابع اولیه نظیر ملاس تولیدی کارخانجات قند و شکر، ساقه ذرت،



ضایعات محصولات کشاورزی، غلات، باگاس نیشکر، خاک اره نجاری، کاغذ باطله و... است که می‌تواند تکیه‌گاه پروژه‌های بزرگ اتانول سوختی در سطح وسیع در کشور باشد. دولت باید برای احداث واحدهای جدید با ظرفیت اقتصادی، متکی بر تکنولوژی روز، مجهز به واحد تصفیه، تغلیظ و بهره‌گیری از پساب به اشکال دیگر براساس مواد اولیه کافی و در دسترس سرمایه‌گذاری کند. باید توجه داشت که هزینه تولید بیواتانول نسبت به قیمت مواد اولیه و قیمت تحویل آن به کارخانجات حساسیت بالایی دارد، لذا بهتر است کارخانجات تولید اتانول در مناطقی بنا شوند که هزینه حمل‌ونقل مواد اولیه مورد نیاز و اتانول تولیدی کم و ناچیز باشد.

در حال حاضر یکی از دلایل اصلی پایین بودن میزان تولید این فرآورده در کشور نبود بازار مصرف داخلی است (صادرات این محصول به دلیل پروسه خاص حمل‌ونقل آن مشکل می‌باشد)، که در صورت اجرایی شدن طرح بنزین E-5، با توجه به مصرف بنزین کشور در سال ۱۳۸۹، سالیانه حداقل به ۱۱۰۰ میلیون لیتر اتانول نیاز خواهد بود، که البته در شرایط فعلی تأمین این میزان تقاضا توسط بخش داخلی امکانپذیر نیست. اما می‌توان با ایجاد بازارهای مصرف محلی و منطقه‌ای اختلاف میان سطح عرضه و تقاضای این محصول را کاهش و با برنامه‌ریزی صحیح و صرف زمان کافی استفاده از بنزین E-5 را به کل کشور تعمیم داد و مصرف ماده خطرناک MTBE را متوقف کرد. شایان ذکر است که دولت در وهله نخست باید نسبت به خرید محصول از تولیدکننده اتانول متعهد شود و اعتبارات لازم را نیز جهت افزایش تولید تأمین کند. در پایان با توجه به وضع موجود صنعت تولید اتانول در کشور، پیشنهادهای برای ارتقای این صنعت ارائه می‌شود.

- مذاکره مستقیم تولیدکنندگان اتانول با پالایشگاه‌های کشور (به‌ویژه پالایشگاه‌هایی که طرح‌های بهبود کیفیت و افزایش تولید بنزین سوپر را در دستور کار ندارند)، برای تحویل اتانول سوختی به‌منظور افزودن به بنزین.

- ادامه طرح تولید و عرضه بنزین اتانول‌دار به مرکزیت انبار نفت نظامیه اهواز با هدف پوشش آزمایشی تمام یا بخشی از استان خوزستان.

- واردات یا خرید بنزین پایه توسط تولیدکنندگان اتانول با مشارکت بخش خصوصی، افزودن اتانول سوختی به بنزین و عرضه به جایگاه‌های کشور.

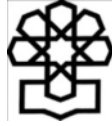
- همکاری انجمن صنفی تولیدکنندگان اتانول ایران با کنسرسیومی از بخش خصوصی که قرار است با احداث ۳۵۰ جایگاه در سراسر کشور به عرضه بنزین اتانول‌دار (E-5) در کنار سایر سوخت‌ها بپردازد.

- بسته‌بندی اتانول سوختی به‌عنوان یک اکتان‌افزای مناسب با عدد اکتان ۱۱۵ و عرضه آن در جایگاه‌ها برای اضافه کردن به بنزین عادی یا سوپر بنابه تشخیص صاحبان خودرو (این فعالیت

می‌تواند با تأیید کیفیت محصول توسط شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران صورت پذیرد).
- برای شروع طرح استفاده از اتانول در بنزین، همان‌طور که در بخش ۲-۴ اشاره شد، می‌توان در مرحله اول از مخلوط بنزین، اتانول و MTBE استفاده کرد. برای این کار می‌توان بخشی از بودجه که به واردات ماده MTBE اختصاص دارد را به واردات اتانول اختصاص داد و بدین ترتیب با کاهش مصرف MTBE خطر نشست این ماده به آب‌های زیرزمینی را نیز کاهش داد.

منابع و مآخذ

۱. گروسی، سارا. پتانسیل‌سنجی اقتصادی تولید اتانول از پسماند نیشکر و امکان جایگزینی آن با بنزین، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، پاییز ۱۳۸۸.
۲. سبخی، ایمان، ابوالحسنی، محمد. بررسی افزودنی‌های سوخت‌های فسیلی و محیط زیست، نشریه انجمن نفت ایران، شماره ۷۲، ۱۳۸۹.
۳. معینی‌شاد، مهرداد. اتانول ماده اکسیژنه بالابرنده عدد اکتان، جایگزینی برای MTBE در بنزین موتور، دو ماهنامه پیام بهران، سال هفدهم، شماره ۶ و ۷۹.
۴. شاکری، رضا. استفاده از اتانول به جای MTBE در بنزین، راهکاری برای کاهش مخاطرات زیست‌محیطی، هفتمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران، ۱۳۸۵.
۵. امی، فتح‌اله، فرهنگ، خدارحیم، شفیع‌ثابت، احمد. بررسی تجربی احتراق موتور اشتعال جرقه‌ای با سوخت ترکیبی بنزین- اتانول و MTBE برای کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌ها، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات موتور، سال پنجم، شماره شانزدهم، پاییز ۱۳۸۸.
۶. نشریه خبری، تخصصی، داخلی انجمن صنفی تولیدکنندگان اتانول ایران، شماره ۲۰، ۱۳۸۶.
۷. ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۹.
۸. وزارت جهاد کشاورزی، آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۸۹، جلد اول و دوم.
۹. طوطیایی، عبدالحسین، سلیمانی، الهه. درباره اصلاح الگوی مصرف (۱۱)، کاهش ضایعات محصولات کشاورزی، مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۸۸.
۱۰. علی‌پور، صدرالدین. بررسی اثرات طرح از رده خارج کردن خودروهایی فرسوده بر آلودگی هوا و ترافیک شهری، هفتمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران، ۱۳۸۵.
۱۱. عاقلی، لطفعلی. محاسبه پ‌آ سبز و درجه پایداری درآمد ملی در ایران، پایان‌نامه دکتری علوم اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۲.
۱۲. انجمن صنفی تولیدکنندگان اتانول ایران.
۱۳. گزارش عملکرد پتروشیمی، سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰.
۱۴. گمرک جمهوری اسلامی ایران، دفتر آمار و فناوری اطلاعات و ارتباطات.
۱۵. شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران.
16. Williams, P. Hazard Identification Handbook for Managing Release of Gasoline Containing MTBE, 2003.
17. <http://www.indexmundi.com/energy.aspx>.
18. <http://www.ifqc.org>.



مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شماره مسلسل: ۱۲۷۷۵

شناسنامه گزارش

عنوان گزارش: بررسی ابعاد جایگزینی اتانول با MTBE در بنزین مصرفی کشور

نام دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه انرژی)

تهیه و تدوین: سیده‌مریم موسوی

ناظران علمی: محمدرضا محمدخانی، فریدون اسعدی، فاطمه میرجلیلی

متقاضی: معاونت زیربنایی

ویراستار: حسین صدیقی‌نیا

ویراستار تخصصی: —

واژه‌های کلیدی: —

تاریخ انتشار: ۱۳۹۱/۱۱/۲