

واکاوی بیو دیزل به عنوان جایگزین دیزل

بختیار محمدی ده چشمه^۱، رضا جمشیدی فارسانی^۲، رضا محمودی فیل آبادی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- سیستم محرکه خودرو.

Pm10360@yahoo.com

چکیده

سوخت‌های فسیلی توسعه صنعتی جهان را طی قرن گذشته رقم زده است. گرمایش خانه‌ها، حمل و نقل، ژنراتورهای تولید برق و گرما همگی با سوخت‌های فسیلی شکل گرفته‌اند. در سالهای اخیر بدلیل کاهش منابع سوخت‌های فسیلی و مسائل زیست محیطی و قابلیت تجدیدپذیری اینگونه از سوختها تحقیقات وسیعی در راستای امکان استفاده از بیودیزل به جای سوخت دیزل انجام یافته است. از آنجا که قسمت اعظم آلاینده‌هایی نظیر ترکیبات نیتروژن، منواکسید کربن، دی اکسید کربن و ذرات جامد معلق از گاز خروجی اگزوز موتورهای دیزلی ناشی می‌شوند، لذا در میان سوخت‌های زیستی موجود، تحقیق در راستای یافتن سوختن جایگزین و مناسب برای سوخت دیزل سهم وسیعی از تحقیقات را به خود اختصاص داده است. نتایج نشان می‌دهند که استفاده از این سوخت سبب کاهش ترکیبات هیدروکربنی نسوخته و نیز اکسیدهای کربن و دیگر آلاینده‌ها در مقایسه با دیزل می‌گردد. البته ترکیباتی نیز از این سوخت آزاد می‌شوند که خطرات کمتری نسبت به دیگر آلاینده‌ها دارند همچون اکسیدهای نیتروژن. با مصرف بیودیزل 78% تولید اکسیدهای کربن در اثر سوخت‌ها کاهش می‌یابد چرا که با مصرف بیودیزل اکسیدهای کربن مجدداً توسط گیاه جذب شده و به بیودیزل تبدیل می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بیو دیزل، سوخت جایگزین، گلیسرین، سوخت پاک و ایمن

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- سیستم محرکه خودرو.

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- طراحی کاربردی .

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- سیستم محرکه خودرو.

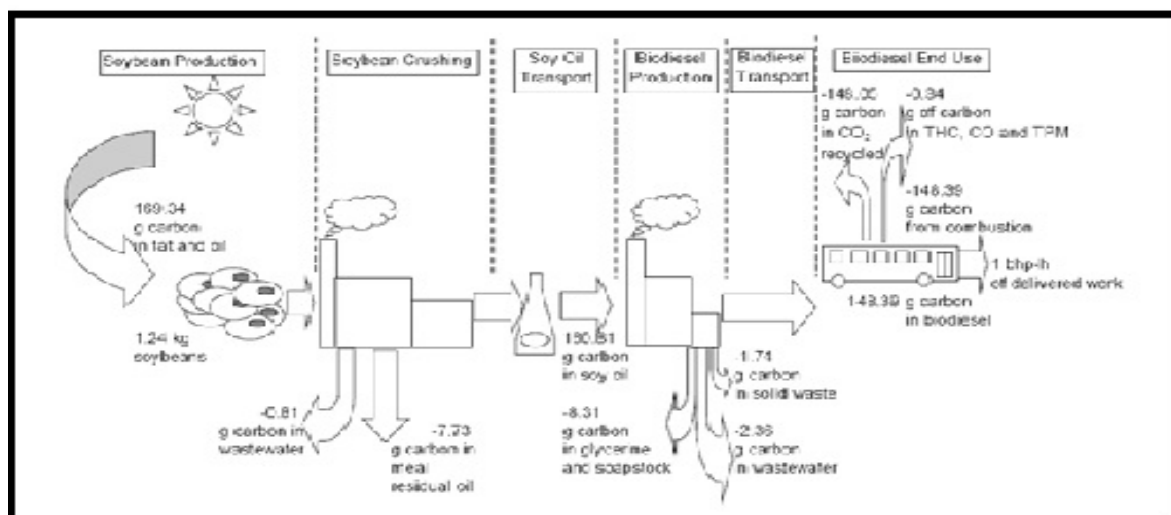
مقدمه

نیاز روز افزون جهان به منابع جدید انرژی بویژه در بخش حمل و نقل امروزه یکی از مشکلات اساسی کشورهای توسعه یافته و حتی در حال توسعه است به عبارتی این مشکل همانند دهه های گذشته تنها به کشورهای وارد کننده نفت اختصاص دارد بلکه حتی تولیدکنندگان بزرگ نفت از جمله کشور ما با مشکلات متعددی در زمینه تهیه سوخت روبرو هستند . کمبود و یا به عبارتی کاهش ظرفیت پالایشی در جهان یکی از عوامل بروز این مشکلات است . اما موضوع به همین جا ختم نمی شود زیرا آلودگی ناشی از سوخت های فسیلی و پایداری پذیر بودن آنها نیز از دیگر عواملی است که بشر را به تلاش برای دستیابی به سوخت های جانشین برای این منابع واداشته است. بیودیزل ، سوختی جدید و تجدید پذیر است که استفاده از آن در بسیاری از کشورهای دنیا متداول است بیودیزل (منو الکیل استر) یک سوخت کمک گازوئیل پاک است که از منابع طبیعی و قابل تجدید مانند روغنهای گیاهی ساخته می شود[1].

بیودیزل سوختی پاک و جایگزین سوخت دیزل می باشد که از منابع طبیعی و تجزیه پذیر مانند روغن های گیاهی ساخته می شود . این سوخت سبز همانند گازوئیل و نفت در هرگونه موتور احتراقی – فشاری کارائی دارد. از دیدگاه فنی ، بیودیزل سوختی است که برای موتورهای احتراقی-فشاری(دیزل) استفاده شده و شامل استرهای آلكیل اسیدهای چرب است[2].

بیودیزل علاوه بر زیست منبع بودن دارای مزایای زیست محیطی دیگری همچون کاهش آلاینده های سمی و همینطور کاهش آلاینده های هوا در زمان را بدنبال دارد. این سوخت بدون هیچگونه تغییری در موتور و یا مشعل به صورت مستقیم استفاده شده و می توان با مخلوط کردن این سوخت با دیزل خواص فوق العاده ای به دیزل بخشید . بیودیزل ، ظرفیت و دامنه ی کار گازوئیل را حفظ می نماید. بیودیزل هیچ گونه مواد نفتی ندارد اما می تواند به منظور افزایش کیفیت تولید ، مخلوط بیودیزل به هر نسبتی با دیزل نفتی ترکیب شود. منابع مورد نیاز جهت تولید بیودیزل می توانند روغن های گیاهی ، چربی های حیوانی ، روغن های مستعمل و دورریز پخت و پز و یا منابع جدید همچون جلبک های دریایی ، باشند. می تواند به صورت خالص یا ترکیبی با دیزل نفتی به نسبت ۵٪ و ۲۰٪ یا به صورت های دیگر مخلوط گردد. در نتیجه ی واکنش های شیمیایی ما بین روغن های گیاهی و الکل در حضور کاتالیزور ، بیودیزل تولید می شود[3]. در عین حال گلیسرین نیز که در داروسازی و تولید لوازم آرایشی مورد استفاده قرار می گیرد به عنوان یک محصول فرعی این فرآیند تولید می شود. لازم است بدانیم که در پاره ای موارد بیودیزل کیفیت بالاتری از دیزل دارد همچون عدد ستان و نقطه ی ابری شدن و خاصیت روانی بالاتر . استفاده از بیودیزل آسان است . زیست تجدید پذیر ، غیر سمی و اساسا عاری از سولفور و ترکیبات آروماتیک می باشد. بیودیزل خالص روغن خام سبزیجات نیست بلکه ویژگی هایی مطابق با (ASTM6751) دارد. سایر استانداردهای بین المللی عبارتند از:

51606-V-DIN , 14212:2003-EN بیودیزل می تواند در هر غلظتی با سوخت دیزلی که پایه ی نفتی دارد ترکیب شود و بدون کوچکترین تغییر یا اصلاحی در موتور های دیزلی موجود استفاده گردد. بیودیزل روغن خام سبزیجات نیست بلکه با فرآیند شیمیایی تهیه می گردد که گلیسرین را از روغن حذف می نماید . مخلوطی از سوخت بیودیزل با سوخت دیزل نفتی به صورت (B20) طراحی شده است که ۲۰ درصد حجمی بیودیزل است و با استاندارد (ASTM6751) مطابقت دارد[4].



تصویر ۱: چرخه ی زیستی بیودیزل

ویژگی های فنی بیودیزل

- از لحاظ خواص سوختی شبیه دیزل با پایه ی نفتی است.
- بالاترین مقدار انرژی را نسبت به هر سوخت جایگزین در واحد برابر خواهد داشت.
- عدد ستان و نقطه ابری شدن و خاصیت روانی بسیار بالاتری دارد.
- Cold flow مربوط به B2 مثل بیودیزل با پایه نفتی ۲ # است که با مواد خام جهت زمستان و تابستان قابل تنظیم است.
- نقطه ی احتراق بالا داشته ۲۶۰ F^o در برابر ۱۱۷ F^o برای دیزل خواهد داشت [5].

ویژگیهای فیزیکی بیودیزل

- وزن مخصوص ۰/۸۸
- ویسکوزیته ۲۰ درجه سلسیوس (سانتی استوک) ۷/۵
- عدد ستان (اندیس ستان) ۴۹
- نقطه اتصال فیلتر سرد (درجه سلسیوس) -۱۲
- ارزش حرارتی خالص (کیلوژول در لیتر) ۳۳۳۰۰

موارد مصرف بیودیزل

- به عنوان یک سوخت مناسب حتی کارآمد تر از دیزل و ۱۰۰٪ جایگزین
- ماده ی اولیه ی تولید هیدروژن در پیل های سوختی
- پاک کننده ی لکه های روغن

• عامل محرک توربین های تولید الکتریسیته ی دیزلی

• سوخت مناسب در گرمایش منازل

• در ایجاد روشنایی و پخت و پز

• به عنوان رقیق کننده ی گریس ها و پاک کننده های صنعتی

• افزودنی به سوخت دیزلی جهت روانی بیشتر

• عامل پاک کننده ی قیر

• پاک کننده ی سطوح چرب

• پاک کننده ی جوهر رنگ و چسب

• پاک کننده ی واکس و ترکیبات ضد غبار

• ممانعت از خوردگی در سطوح فلزی

• روان ساز قطعات فلزی در تماس

منابع تولید بیودیزل و چرخه ی زیستی آن

بسیاری از روغن های گیاهی که میزان تولید بالا و قیمت مناسبی دارند از عمده مواد تولید بیودیزل به شمار می روند. از جمله می توان به روغن زرد ، کره ، دانه های روغنی چای ، الکل ها مثل :متانول و اتانول و کاتالیست ها مثل هیدروکسید پتاسیم ، روغن سویا ، روغن ذرت ، روغن خرما ، روغن پنبه دانه ، روغن آفتابگردان ، روغن نارگیل ، روغن جلبک های دریایی ، روغن های گیاهی تازه یا مستعمل و چربی حیوانات همچون روغن منابع جدیدی همچون کاملینا که یک گیاه خودرو است ، اشاره کرد. از میان کلیه ی موارد مذکور ، یک منبع از همه ی موارد دیگر مناسب تر است و آن روغن های زاید و استفاده شده در صنایع غذایی همچون کارخاجات تولید چپیس و غذاهای آماده و روغن های سوخته ی تولیدی در رستوران های می باشد که اسید چرب آزاد بیشتری دارد و به راحتی به بیودیزل تبدیل می شود و حتی در بعضی موارد همچون نقطه ی ریزش یا ابری شدن آن پایین تر از روغن های خام و درصد روان سازی اش از آنها بالاتر است. از آنجائیکه تقریباً ۹۵٪ این سوخت سبز از منابع گیاهی تامین می گردد (۵ درصد از منابع اولیه ی متانول است که از منابع نفتی یا گازی تامین می شود) از طریق سوختن این ترکیبات و تبدیل آنها به دی اکسید کربن بخش عمده ی این ترکیب جهت تولید مجدد بیودیزل به طبیعت برمی گردد. طول عمر این چرخه یکسال می باشد در حالی که جهت سوخت های پایه نفتی بیش از هزاران سال می باشد [6].

اثر بیودیزل بر طبیعت

• گاز های گلخانه ای را به شدت کاهش می دهد.

• چرخه ی زندگی این سوخت به جای چند میلیون سال ، چند سال است.

• سولفور ، MTBE و ترکیبات فرار نسبت به گذشته کمتر می شود.

• به طور کلی ضریب آلوده سازی بیودیزل ۱۰۰٪ پایین تر از دیزل می باشد.

• کشاورزی را توسعه و نرخ بیکاری را در برخی کشورها کاهش می دهد.

جدول ۱ آلودگی های ایجاد شده توسط (B20) بیودیزل ترکیبی ، بیودیزل خالص و سوخت دیزلی را نشان می دهد.

بیودیزل خالص	مخلوط ۲۰٪ بیودیزل	سوخت پایه دیزلی	آزادسازی
۱۳۶/۴۵	۵۳۴/۱۰	۶۲۳/۲۸	دی اکسید کربن (فسیل)
۵۴۳/۳۴	۱۰۸/۷	۰	دی اکسید کربن (زیست توده)
۰/۶۴۵۲	۱/۰۸۹	۱/۲	مونوکسید کربن
۰/۰۶۳۲۷	۰/۰۹۲۵۶	۰/۱	هیدروکربن ها
۰/۰۲۵۵۴	۰/۰۶۹۱	۰/۰۸	ذرات معلق (PM10)
۰	۰/۱۴	۰/۱۷	اکسیدهای سولفور (SO ₂)
۵/۲۲۷	۴/۸۸۵	۴/۸	اکسیدهای نیتروژن (NO ₂)

جدول ۱: آلودگی های بیودیزل ترکیبی ، بیودیزل خالص و سوخت دیزلی

تفاوت دیزل و بیودیزل

بیودیزل نسبت به بیودیزل از خطرات بالفعل کمتری برخوردار است. این سوخت که از منابع گیاهی تامین می شود ، بسیار پاک می سوزد ، زیست تخریب پذیر ، غیر سمی و زمانی که تبخیر شود به هیچ عنوان خطری ندارد. زمانی که بیودیزل می سوزد آلاینده های کمتری دارد همچنین در خروجی احتراق این سوخت خبری از ترکیبات آروماتیک و سولفور نیست حتی بعضی افراد بوی این سوخت را دوست دارند. استفاده از این سوخت سبب کاهش ترکیبات هیدروکربنی نسوخته و نیز اکسید های کربن و دیگر آلاینده ها در مقایسه با دیزل می گردد. البته ترکیباتی نیز از این سوخت آزاد می شوند که خطرات کمتری نسبت به دیگر آلاینده ها دارند همچون اکسید های نیتروژن. با مصرف بیودیزل 78% تولید اکسید های کربن در اثر سوخت ها کاهش می یابد چرا که با مصرف بیودیزل اکسید های کربن مجدداً توسط گیاه جذب شده و به بیودیزل تبدیل می گردد. در تولید نیز بسیار ایمن تر از دیزل است. با استفاده از فناوری پیشرفته و تجهیزات مناسب ، تولید بیودیزل بسیار ایمن تر و آسان تر از دیگر سوخت های است. در حمل و نقل و استفاده نیز خطرات کمتری دارد چرا که نقطه ی اشتعال این سوخت بسیار بالاتر از دیزل است. و در زمان احتراق برای موتور کار آمد تر است. بیودیزل از خیلی وقت پیش به عنوان یک افزودنی به سوخت استفاده می شده است چرا که کارایی موتور و روانی آن را افزایش می دهد. بیودیزل از دیزل خاصیت روان کنندگی بیشتری دارد و سبب کاهش خوردگی در ماشین می گردد. این سوخت به صورت یک حلال ملایم کار می کند و با کاهش رسوب گرفتگی در مخزن سوخت ماشین و لوله های انتقال و فیلتر های سوخت هزینه های نگهداری را کاهش می دهد. این سوخت را می توان از زباله های رستوران ها ، خانه ها و کارخانجات نیز بدست آورد. از روغن های استفاده شده در امر پخت و پز در رستوران ها ، خانه ها و کارخانجات می توان براحتی سوختی مناسب تهیه نمود. برای تولید این سوخت انرژی کمتری مصرف می گردد.

در فرآیند تولید سوخت خواه سنتزی و یا استحصالی مقداری انرژی صرف فرآیند خالص سازی حرارت دهی و یا واکنش می شود این میزان انرژی در فرآیند تولید بیودیزل در حدود ۴ برابر کمتر از دیزل است. در حال حاضر در بعضی از کشورها به

دلیل حمایت دولت از بخش بیودیزل قیمت دیزل و بیودیزل برابری می کند، چرا که نفت خام در حال افزایش قیمت است و از طرفی مصرف این سوخت سبب کاهش وابستگی به خارج، افزایش تولیدات گیاهی و بهبود فرآیند تولید بیودیزل می گردد.

مزایای استفاده از بیودیزل

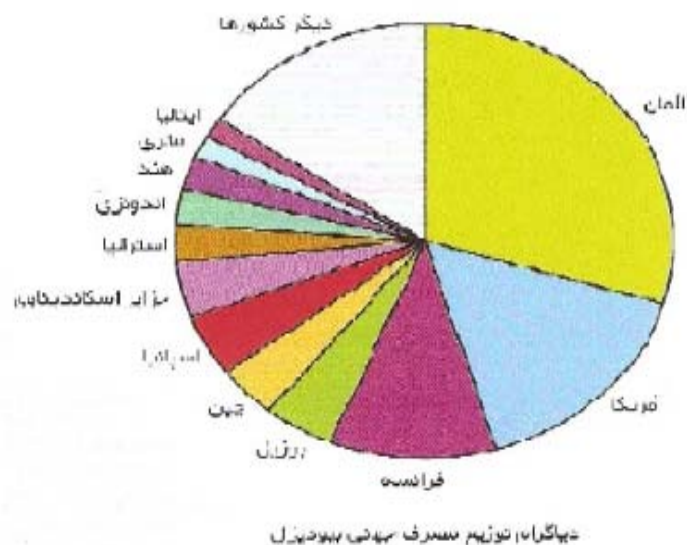
- کاهش وابستگی ایران به واردات سوخت.
- حفظ و نگهداری از منابع سوخت های فسیلی: باید توجه داشت که نفت، گاز طبیعی، ذغال سنگ از منابع محدودی برخوردار است. بیودیزل می تواند در کاهش استفاده از این سوخت ها ی تجدید پذیر ما را یاری نماید چرا که طول عمر چرخه ی زیستی بیودیزل بسیار کوتاه و حدود یکسال است.
- کاهش تولید گاز های گلخانه ای: سوختن سوخت های فسیلی طی قرون گذشته به طور فزاینده ای باعث افزایش سطح گاز دی اکسید کربن و سایر گاز های گلخانه ای گردیده است که این امر باعث افزایش گرمای بیش از پیش اتمسفر می گردد.
- کاهش آلودگی هوا و کاهش خطرات ناشی از آن: بیودیزل می تواند نقش مهمی در کاهش بسیاری از آلاینده های هوایی همچون مونواکسید کربن، هیدروکربن، اکسید های سولفور، اکسید های نیتروژن و سموم هوایی داشته باشد.
- تقویت اقتصاد خارجی ایران: صرف هزینه های گزاف در زمینه ی واردات سوخت به کشورمان همواره از معضلات جامعه ی ایران بوده است، بیودیزل می تواند در ممانعت از هدر رفتن و خروج ارز نقش حیاتی را ایفا نماید و در عین حال سوخت جدیدی را به بازار جهانی جهت سرمایه گذاری در ایران معرفی نماید.
- با دیزل نفتی به هر نسبتی ترکیب شده و باعث افزایش کیفیت سوخت می گردد.
- چنانچه ۱٪ بیودیزل به دیزل نفتی اضافه گردد ۶۹٪ قدرت روان سازی آن را احیا می نماید.
- از منابع تجدید پذیر در طبیعت ساخته می شود.
- اگر چه ماده ی اولیه آن روغن سبزیجات است ولی ویسکوزیته ی کمتری نسبت به آن داشته و با کمی تغییر یا بدون هیچ تغییری قابلیت سوختن در موتور های دیزلی را دارد.
- کاهش در آزادسازی:
 - مونواکسید کربن، ۷۵٪
 - ترکیبات آروماتیک، ۳۵٪
- در موتور های دیزلی اصلاح شده مستقیما می سوزد.
- نقطه ی احتراق بالا دارد و همین امر حمل و نقل آن را ایمن نموده است.
- ساخت و تولید بیودیزل بسیار کم هزینه تر و ساده تر از دیزل می باشد.
- به صورت خالص و یا ترکیب با دیزل نفتی در کلیه ی صنایع قابل استفاده می باشد.

فرآورده های جانبی بیودیزل

گلیسرین محصول جانبی واکنش بیودیزل می باشد. گلیسرینی که ما با آن سرو کار داریم خواص مطلوبی ندارد و در مرحله ی اول صرفا صنعتی است. کارخانه ی تصفیه بیودیزل ، ۱۰٪ گلیسرین تولید می نماید. درجات خالص گلیسرین (۹۹٫۷٪) می تواند به عنوان ماده ی خام در سایر بخش های صنعتی مثل محصولات غذایی دارویی، آرایشی، خمیردندان، دارو، غذای حیوانات، پلاستیک، تنباکو و مواد امولسیون کننده مورد استفاده دارد. گلیسرین به عنوان فرآورده ی جانبی بیودیزل یکی از عمده ترین ترکیبات مورد نیاز مواد آرایشی و بهداشتی در جهان است ، مصارف دیگر گلیسرین نیز در حال گسترش اند از جمله در صنایع کشاورزی به عنوان بارور کننده ی دانه ی گیاهان ، در صنایع رنگ به عنوان عامل پولیش ، در صنعت تولید پلاستیک به عنوان نرم کننده و یا عامل پخت ، در صنعت الیاف و کاغذ به عنوان عامل نرم کننده و کشسانی، به عنوان حلال استخراج در صنعت غذایی همچون چای و قهوه ، در صنعت چاپ و تکثیر به عنوان حلال جوهر ، به عنوان بایندر قرص ها یا حلال دارو ها در دارو سازی ، در صنعت ساختمان در تولید عایق ها ، در صنعت الکترونیک به عنوان خازن های الکترولیتی و در نهایت در صنایع نظامی جهت تولید نیترو گلیسرین [7].

مصرف جهانی بیودیزل

تولید و مصرف بیودیزل در پنج سال اخیر رشد متوسط ۵۰٪ داشته است حتی در سال ۲۰۰۶ نرخ رشد سه رقمی مشاهده شده است. آلمان ۳۰٪ مصرف جهانی را به خود اختصاص داده است اما با افزایش نیاز به سایر سوخت ها و ظهور سایر کشور ها در استفاده از این سوخت ، این درصد نقصان یافته است. در حال حاضر بسیاری از کشور ها جهت توسعه ی این سوخت ها از قوانین حمایتی دولت سود می برند چرا که قیمت نفت خام به سبب کاهش منابع این ماده در حال افزایش شدیدی است. استفاده از این سوخت علاوه بر کاهش آلاینده گی، وحشت فقدان منابع سوختی را از بین خواهد برد. هم اکنون کشور هایی چون آلمان ، آمریکا ، فرانسه و دیگر کشور ها ی توسعه یافته بزرگترین مصرف کنندگان این سوخت می باشند. پیش بینی ها نشان می دهد در سال ۲۰۲۰ بخش عمده ی سوخت دیزل کشور های اروپای شرقی به بیودیزل تبدیل خواهد شد و آمریکا نیز در برنامه های خود قصد دارد تا سال ۲۰۱۵ بیش از ۲۵٪ سوخت دیزلی خود را از بیودیزل تامین نماید [8]. بیشتر تمایلی که امروزه جهت تولید بیودیزل وجود دارد ناشی از امکان ظرفیت بسیار بالای تولید و یا محصولات جانبی و کاهش قیمت ها است. بیودیزل سوختی تقریبا ناشناخته است و جهت رسیدن به استفاده تجاری گسترده باید از موانع گوناگونی بگذرد. نمودار ۱ دیگرام توزیع مصرف جهانی بیودیزل را نشان می دهد .



ظرفیت تولید جهانی بیودیزل در حال افزایش است. با ارتقا ظرفیت تولید بیودیزل در آینده ای محصول می تواند توسط تعاملی بین شرکت بیودیزل ایران و شرکت پالایش نفت و توزیع ایران تامین شود و کمبود دیزل فسیلی را جبران نماید. بیشتر کشور ها از شرکت های تولید کننده ی بیودیزل حمایت می کنند زیرا کاهش در میزان سوخت های گرفته شده از منابع طبیعی منجر به افزایش قیمت آنها می شود. تنها راه جدا نمودن اقتصاد از نوسانات قیمت نفت ، پایین آوردن وابستگی اقتصاد به نفت است. عملی ترین استراتژی جهت رسیدن به این مهم استفاده از سوخت های جایگزین و تجدید پذیر می باشد. بیودیزل سوختی است که از دانه های روغنی اساسا سویا و کلزا تهیه شده است و می تواند در داخل کشور تولید شود. این سوخت می بایست قبل از هرگونه ورود به بازار بر موانع نظارتی فائق آید و قیمت آن نیز رقابتی شود. به نقل از سازمان سوخت های طبیعی آمریکا ، با انگیزه ی بالای دولت ، تولید بیودیزل از دانه های روغنی می تواند به حدود ۱ میلیارد بشکه در سال برسد که این رقم حدود ۸٪ گازوئیل مورد مصرف حمل و نقل در بزرگ راه ها در اوایل این قرن می باشد.

نتیجه گیری :

۱. بیودیزل از انرژی های تجدید پذیر و پاک است که از روغن های گیاهی قابل تولید می باشد و می تواند جایگزین سوخت های فسیلی شده و علاوه بر تامین انرژی باعث کاهش آلودگی های زیست محیطی شود..
۲. بیودیزل می تواند جایگزین مناسبی برای دیزل های نفتی باشد و بدون تغییر دادن موتورهای دیزلی به آسانی جایگزین دیزل های نفتی شود
۳. با توجه به اینکه شناسایی ماده اولیه مناسب برای تولید بیودیزل در هر منطقه مهم ترین مسأله ای است که باید با توجه به شرایط اقلیم و آب و هوایی انجام شود.

فهرست مراجع:

- [1] روح الله قانع، غلامرضا مرادی، امیر حیدری نسب، ۱۳۸۹. " بیودیزل؛ سوخت زیستی ماندگار " صفحه ۳
- [2]. مهدی مهسنی فر ، مهران ایزدی ، بهمن فریدونی ، علی کوشکیو حسین باخدا . " معرفی تکنولوژی بهینه سوخت بیودیزل از متیل استر پایه گیاهی به عنوان سوخت " صفحه ۳.
- [3] Fukuda.H, Kondo. A, Noda. H. Journal of Bioscience and bioengineering, 92: 405-416, (2001).
- [4] United States Environmental Protection Agency Draft Technical Report, EPA420-P-02001, (2002).
- [5] Geller. DP, Goodrum. JW, Fuel, 83, 2351-2356, (2004).
- [6] Roger C. Prince, Christine Haitmanek, Catherine Coyle Lee, Chemosphere 71, 1446-1451, (2008).
- [7] . Kurki. Al, Hill. Amanda, and Morris. Mike, "Biodiesel: The Sustainability Dimensions", A Publication of ATTRA , NCAT Program Specialists © NCAT 2006 - National Sustainable Agriculture Information Service • 1-800-346-9140 , • www.attra.ncat.org
- [8] . Ryan. David, " Biodiesel - A Primer " , P.E. NCAT Energy Specialist, December 2004 , National Sustainable Agriculture Information Service , • www.attra.ncat.org.