بررسی سوخت‌های زیستی به عنوان یکی از انواع انرژی های تجدید پذیر و موثر در کاهش آلودگی هوا

محسن شهریاری[۱]، محمد امین نبی سروستانی*[۲]

۱. عضو هیئت علمی، دانشکده مهندسی صنایع و سیستمها، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲*. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع و سیستمها، دانشگاه صنعتی اصفهان
* Email: nabi.sarvestani@gmail.com

چکیده

از یک سو رشد جمعیت و افزایش شهرنشینی و به تبع آن افزایش تقاضا برای مصرف انرژی، و از طرف دیگر محدود بودن منابع انرژی فسیلی، و پررنگ شدن نگرانی‌های مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آب‌وهوایی منجر به تغییر نگرش نسبت به استفاده از انرژی‌های فسیلی و تغییر رویه برای سرمایه‌گذاری و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر گردیده است. یکی از انواع انرژی تجدیدپذیر، سوخت‌های زیستی است که با استفاده از منابع مختلف زیستی تحت عنوان زیست‌توده تولید می‌شود. اتانول زیستی یکی از پر استفاده‌ترین انواع سوخت‌های زیستی است که به عنوان یک سوخت زیستی مایع و مقبول به صورت مستقیم یا ترکیبی با بنزین برای بخش حمل‌ونقل مورد استفاده قرار می‌گیرد و تاثیر قابل توجهی در کاهش آلایندگی‌های ناشی در بخش حمل‌ونقل دارد که در پژوهش حاضر به بررسی آن پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: *انرژی؛ انرژی تجدید پذیر؛ سوخت زیستی؛ اتانول زیستی*

مقدمه

با رشد جمعیت و گسترش شهرنشینی، تقاضای انرژی رو به افزایش است (Atabani et al., 2013). با وجود این واقعیت که برخی منابع انرژی باعث آلودگی گسترده محیط‌زیست شده‌اند، تولید و مصرف انرژی هر ساله افزایش می‌یابد تا فعالیت‌های انسانی را تامین کند. آخرین گزارش آژانس بین‌المللی انرژی و سازمان بهداشت جهانی نشان می‌دهد که روزانه ۱۸،۰۰۰ نفر در اثر آلودگی هوا می‌میرند (OECD, 2016). علاوه بر این، استفاده از سوخت‌های فسیلی نگرانی‌های زیست‌محیطی دیگری را ایجاد کرده است، به ویژه نگرانی‌های در مورد تاثیر تغییر اقلیم جهانی، و اینکه منابع سوخت فسیلی محدود بوده و قادر به ادامه برآورده کردن تقاضا نیستند (Atabani et al., 2013). از سوی دیگر، مصرف انرژی رابطه مستقیم با فعالیت اقتصادی دارد که کیفیت زندگی و فرصت‌های توسعه را برای انسان‌ها بهتر می‌کند (Dale & Ong, 2012).

آلودگی هوا به عنوان عامل مرگ در نظر گرفته می‌شود، درحالیکه آلودگی هوای داخلی می‌تواند به صورت گسترده با استفاده از تعدادی از فناوری‌ها، کاهش یابد اما کنترل آلودگی هوای بیرون مشکل است. پیش‌بینی می‌شود که مرگ سالانه مرتبط با آلودگی هوای بیرون از ۳ تا ۴.۵ میلیون نفر تا سال ۲۰۲۰ افزایش خواهد یافت (Aghbashlo et al., 2019). این شمار مرگ و میرهای زودرس به ترتیب بالغ بر ۲۲۵ میلیارد دلار و ۵.۱۱ تریلیون دلار درآمد کار و رفاه بوده است (Bank, 2016). مرزها نمی‌تواند آلودگی هوا منتشر شده از تاسیسات صنعتی، نیروگاه‌ها و وسایل نقلیه را محدود کند، بنابراین اجرای هماهنگ روش‌های اثبات شده از طریق سازمان‌ها و ملیت‌ها مورد نیاز است (Panahi et al., 2020). نشست آب‌و هوایی پاریس جدیدترین جنبش است که تلاش می‌کند کشورها را متحد کند تا آلودگی هوا را برای حفظ زندگی روی زمین کاهش دهد. یک راه‌حل پایدار و موثر تولید انواع انرژی پاک است (Aghbashlo et al., 2019). در کشورهای نفت‌خیز مانند

ایران، به دلیل پایین بودن قیمت نفت خام، به توسعه منابع تجدیدپذیر انرژی توجه زیادی نمی‌شود. این تاخیر در توسعه پایدار انرژی، ایران را در معرض آلودگی شدید هوا بویژه در شهرهای بزرگ قرار داده است.

در سال ۲۰۱۵، سهم بخش حمل‌ونقل در کل انتشار کربن مونوکسید (CO)، کربن دی اکسید (CO_2)، اکسید نیروس (N_2O)، نیتروژن اکسید (NO_2)، سولفور دی اکسید (SO_2)، سولفور تری اکسید (SO_3) در ایران به ترتیب نزدیک به ۹۷٪ ، ۲۳٪، ۵۲٪، ۴۸٪، ۲۶٪ و ۳۱٪ بوده است. علاوه بر این، حمل‌ونقل به تولید ۷۸٪ از کل ذرات معلق منتشر شده در ایران در همان سال منجر شد (Panahi et al., 2020). در حال حاضر، بیش از ۱۰ میلیون در کلان‌شهر تهران سکونت دارند، که در سال ۲۰۱۳، ۸۵٪ آلودگی هوای آن از خودروها منتشر شده است (Panahi et al., 2020).

کشورهای دارای زمین‌های کافی و سایر نهاده‌های کشاورزی مانند آب، منابع انسانی و تنوع زیستی خوب ممکن است تولیدکنندگان مناسب زیست انرژی باشند (Chum et al., 2015). انرژی زیستی، انرژی تولید شده از تبدیل هر ماده آلی موجود بر پایه تجدیدپذیر , مانند مواد خام مشتق‌شده از حیوانات و گیاهان است (مانند چربی‌های حیوانی و روغن‌های گیاهی) (Landolina & Maltsoglou, 2017). لازم به ذکر است که استفاده از زمین برای توسعه انرژی زیستی نیاز به رقابت با زمین برای غذا و نیازهای دیگر ندارد (Souza et al., 2017).

بنابراین، جایگزینی تدریجی سوخت‌های فسیلی مایع با سوخت‌های زیستی مانند اتانول زیستی ممکن است به کاهش چشمگیر آلاینده‌های هوا در شهرهای بزرگ کمک کند. با فراز و نشیب‌های مختلف، با اتانول در نهایت به عنوان یک سوخت زیستی موافقت شد و در حال حاضر برای بیشتر از ۹۵٪ از تولید سوخت زیستی جهانی با قابلیت جایگزینی ۳۲٪ مصرف بنزین جهانی در نظر گرفته می‌شود(۳۵۳ میلیارد لیتر) (Panahi et al., 2020). با وجود این پتانسیل قابل ملاحظه، ایران هنوز از هیچ مزیت استفاده از اتانول زیستی به عنوان ترکیبی از بنزین و اتانول استفاده نکرده است. تنها برنامه در جایگزینی بنزین با E5 ، با تغییر دادن به متانول که خود این برنامه هم به طور مداوم به تعویق می‌افتد، بی ثمر ماند. سوخت بنزین نسبت به سوخت‌های سبز علاوه بر تولید مقادیر بالاتر آلاینده‌ها ، در موتورهای احتراق داخلی با فشار زیاد، منجر به اشتعال اتوماتیک می‌شود که باعث ضربه زدن موتور می‌شود (Panahi et al., 2020) و در بلند مدت موتور دچار آسیب می‌شود.

در رابطه با این موضوع پژوهش‌هایی صورت گرفته است اما همه زمینه‌های مرتبط با آن پوشش داده نشده است. در حوزه سیاست‌گذاری و اجرای عملیاتی استفاده از سوخت‌های زیستی نیز خلاهای پژوهشی وجود دارد و نیاز به کار بیشتر دارد. در پژوهش حاضر ابتدا به صورت خلاصه زیست‌توده و زنجیره تامین سوخت زیستی معرفی گردیده است و در ادامه در خصوص سوخت‌های زیستی نظیر گاز زیستی، اتانول زیستی، و دیزل زیستی و آمارهایی از آن در جهان بحث شده است.

زیست‌توده و زنجیره تامین سوخت زیستی

علاقه رو به افزایش در منابع انرژی سازگار با محیط زیست و تجدیدپذیر وجود دارد. زیست توده که حاوی مواد آلی مشتق‌شده از موجودات زنده است، یکی از پر استفاده‌ترین منابع انرژی تجدیدپذیر است. زیست توده شامل مواد گیاهی و حیوانی و همچنین بقایای کشاورزی از جنگل‌ها، محصولات زراعی، جلبک دریایی، مواد باقی مانده از فرآیندهای کشاورزی و جنگلداری و مواد آلی صنعتی، ضایعات انسانی و حیوانی است (Saidur et al., 2011). زیست توده منشا اصلی انرژی در مناطق روستایی برای قرن‌ها بوده است. در دهه گذشته، زیست توده همواره به عنوان چهارمین منبع انرژی جهان شناخته شده‌است، حدود ۱۴-۱۰ ٪ برای مصرف انرژی نهایی، بعد زغال سنگ ۱۴-۱۲ ٪، گاز طبیعی ۱۴-۱۵٪ و الکتریسیته ۱۴-۱۵ ٪ (Demirbas, 2005; Parikka, 2004). تغییر اقلیم، وابستگی به نفت خارجی و فاصله پیش‌بینی‌شده بین عرضه و تقاضای انرژی از جمله دلایل اصلی افزایش توجه به منابع انرژی تجدید پذیر می‌باشد. وجود انواع مختلف منابع زیست توده و بلوغ فن‌آوری تبدیل، آن را منبع جذابی برای انرژی در اتحادیه اروپا ساخته‌است (An et al., 2011). علاوه بر کاهش کربن و امنیت انرژی، تولید انرژی زیست توده با ایجاد مشاغل جدید، ایجاد منبع جدید درآمد برای کشاورزان، تامین گرمای ارزان‌تر و کاهش دفع زباله مرتبط است (Thornley, 2006). با وجود تمام این مزایا، در عمل، استفاده از زیست‌توده به عنوان یک منبع انرژی با تعدادی چالش همراه است، مانند رقابت بالقوه با تولید غذا و خوراک ،چگالی کم انرژی، هزینه‌های لجستیک بالا، آلودگی صوتی و آلودگی هوا (Saidur et al., 2011).

رایج‌ترین روش‌های تبدیل زیست توده به انرژی عبارتند از: احتراق مستقیم، پیرولیز، تخمیر، بخارسازی و هضم بی‌هوازی. انتخاب روش به تعدادی از عوامل مانند نوع و مقدار زیست‌توده , استانداردهای زیست‌محیطی و منابع مالی بستگی دارد (Saidur et al., 2011). مدیریت زنجیره تامین نقش مهمی در مدیریت فرآیندهای تولید انرژی زیستی ایفا می‌کند (Gold & Seuring, 2011). مدیریت زنجیره تامین زیست توده به عنوان مدیریت یکپارچه تولید انرژی زیستی از برداشت مواد زیستی به تجهیزات تبدیل انرژی تعریف شده‌است (Gold &

Seuring, 2011). طرفین درگیر در زنجیره تامین انرژی زیست‌توده عبارت‌اند از: تامین‌کننده زیست‌توده، موجودیت‌های حمل‌ونقل و توزیع، توسعه‌دهندگان تاسیسات تولید انرژی و متصدیان، دولت و شرکت‌های تسهیلاتی که این مشوق‌ها را تامین می‌کنند و مصرف‌کنندگان نهایی (Adams et al., 2011). در این حالت، یک زنجیره تامین انرژی زیستی معمول متشکل از پنج مولفه اصلی برداشت و جمع‌آوری، آماده‌سازی، ذخیره‌سازی، حمل و نقل و تبدیل انرژی است که در شکل ۱ نشان‌داده شده‌است (Iakovou et al., 2010). زنجیره تامین انرژی زیست‌توده با زنجیره‌های تامین سنتی به چندین روش متفاوت است. در میان آن‌ها در دسترس بودن فصلی زیست توده کشاورزی، تراکم کم انرژی، تغییرات تقاضا ناشی از عملکرد نامشخص تولید انرژی و تغییرپذیری مواد زیست توده که دلالت بر انتقال و ذخیره دارد، هستند (Iakovou et al., 2010). بنابراین، اهداف اصلی مدیریت زنجیره تامین زیست توده، به حداقل رساندن هزینه‌ها، اثرات زیست‌محیطی زنجیره تامین و تضمین تامین خوراک پیوسته هستند (Gold & Seuring, 2011).

شکل ۱ -مولفه‌های اصلی زنجیره تامین سوخت‌های زیستی

سوخت‌های زیستی

از یک طرف، منابع مبتنی بر سوخت‌های فسیلی محدود هستند و سریع‌تر از آنکه مصرف می‌شوند دوباره تولید می‌شوند (Ghadiryanfar et al., 2016). از طرف دیگر، پیامدهای زیست‌محیطی مصرف منابع سوخت‌های فسیلی عظیم است (Nikkhah, Emadi, Soltanali, et al., 2016). بنابراین، جایگزینی بخشی از سوخت فسیلی با منابع تجدیدپذیر یک ضرورت فوری است (Pedraza, 2015). در این راستا، زیست‌توده به عنوان یکی موثرترین منابع انرژی تجدیدپذیر در نظر گرفته می‌شود (Kim et al., 2016)، که ۵۹٪ کل منابع تجدیدپذیر در سال ۲۰۱۵ در اتحادیه اروپا را تشکیل می‌داد(Scarlat et al., 2015). مقدار انرژی زیستی تولید شده در سطح جهان ۸ برابر بالاتر از کل نیاز انرژی جهان تخمین زده شده است (Alavijeh & Yaghmaei, 2016).

محصولات انرژی یکی از منابع اصلی زیست توده ها هستند (Testa et al., 2016). راه‌های زیادی برای تولید انرژی از این منبع وجود دارد (Eryilmaz et al., 2016)، اما نوع اصلی تجاری گاز زیستی، دیزل زیستی و اتانول زیستی است (Hijazi et al., 2016). مقایسه محصولات مختلف انرژی (خوراک اولیه) از نظر کارایی انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند در تصمیم‌گیری درباره چگونگی تبدیل به سیستم‌های تولید سوخت زیستی پایدار کمک می‌کند.

-تولید گاز زیستی

گاز زیستی (یک نوع سوخت تجدیدپذیر) از تجزیه بی‌هوازی موادخام زیستی مختلف از طریق فعالیت‌های متابولیکی همکاری کننده هیدرولیتیک، اسیدوژنیک و متانوژنیک میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شود (Sheets et al., 2017). گاز زیستی شامل حدود ۶۰٪ متان (CH_4)، ۴۰٪ کربن دی اکسید (CO_2)، و حدود ۲۰۰۰ ppm هیدروژن سولفید (H_2S) به عنوان ناخالصی اصلی است (Villadsen et al., 2019). جذب متان در فرایند تولید گاز زیستی به طور مثبت منجر به کاهش انتشار گازهای CH_4 می‌شود و همچنین جذب متان می‌تواند به عنوان منبع انرژی تجدیدپذیر برای همه کاربردهای طراحی شده برای گاز طبیعی مورد استفاده قرار گیرد (MR et al., 2018).

تولید گاز زیستی جهانی در جهان از ۰.۰۲۸ اگزا ژول در سال ۲۰۰۰ به ۱.۰۲۸ در سال ۲۰۱۴ افزایش یافته است، با حجم ۵۹ میلیارد مترمکعب گاز زیستی (مقدار ۳۵ میلیارد متر مکعب متان) (Scarlat et al., 2018). وضعیت تولید گاز زیستی در برخی کشورها در جدول ۱ نشان داده شده است.

ذرت برای تولید گاز زیستی در برخی از کشورها در سراسر جهان کشت می‌شود (Nkemka et al., 2015). آلمان و ایتالیا به ترتیب بیش از ۲۲۸۲۰۰۰ و ۱۱۷۲۰۰۰ هکتار ذرت در یک سال کشت می‌کنند تا در کارخانه‌های گاز زیستی مزارع بزرگ به کار روند (Bacenetti et al., 2014).

جدول ۱- تولید گازهای زیستی در برخی کشورهای پیشرو

کشور	تولید گاز زیستی (میلیارد متر مکعب)	سال
چین	۱۵	۲۰۱۴
آلمان	۱۳.۵	۲۰۱۳/۲۰۱۴
ایالات متحده	۸.۴۸	۲۰۱۴
انگلیس	۳.۱۶	۲۰۱۳
تایلند	۱.۳	۲۰۱۴
هند	۰.۸۱	۲۰۱۴
کانادا	۰.۷۹	۲۰۱۴
هلند	۰.۵۲	۲۰۱۲
کره جنوبی	۰.۴۳	۲۰۱۳
برزیل	۰.۲۹	۲۰۱۳

-تولید اتانول زیستی

اتانول زیستی به عنوان یک سوخت تجدیدپذیر و مایع قابل احتراق سبز به عنوان جایگزینی برای بنزین در نظر گرفته می‌شود (Thangavelu et al., 2016). از آن به راحتی به عنوان بخش اکسیژن دار در بنزین برای احتراق تمیزتر استفاده می‌شود (Thangavelu et al., 2016). فرآیند تولید اتانول زیستی شامل عمل‌آوری، هیدرولیز آنزیمی، تخمیر، بازیافت و فرآیند تصفیه می‌باشد (Gupta & Verma, 2015). اتانول زیستی به عنوان یک سوخت در طول بحران سوخت جهانی در دهه ۱۹۷۰ آغاز شد و ظرفیت تولید آن از کمتر از یک میلیارد لیتر در سال ۱۹۷۵ به ۳۹ میلیارد لیتر در سال ۲۰۰۶ به دلیل کاربرد گسترده آن در بسیاری از بخش‌ها، افزایش یافت (Sirajunnisa & Surendhiran, 2016). جدول ۲ بزرگترین تولیدکننده‌های اتانول زیستی را نمایش داده است.

اتانول زیستی عمدتا از محصولات کشاورزی با محتوای بالای شکر یا نشاسته مانند ذرت تولید می‌شود (Ho et al., 2014). ذرت به طور گسترده در سطح جهان کشت می‌شود، و به طور کلی ۸۱۷ میلیون تن در سال ۲۰۰۹ تولید شده است، بیشتر از برنج (۶۷۸ میلیون تن) و گندم (۶۸۲ میلون تن) (Koçar & Civaş, 2013).

جدول ۲- تولید جهانی سوخت‌های زیستی، ۱۵ کشور برتر و اتحادیه اروپا، سال ۲۰۱۹ (REN21, 2020)

کشور	اتانول	دیزل زیستی (اسید چرب متیل استرها)	دیزل زیستی (روغن گیاهی تصفیه هیدروژنی)	تغییر نسبت به سال ۲۰۱۸
	میلیارد لیتر			
ایالات متحده	۵۹.۷	۴.۰	۲.۵	−۱.۷
برزیل	۳۵.۳	۵.۹	۰.۰	۲.۹
اندونزی	۰.۰	۷.۹	۰.۰	۳.۹
چین	۴.۰	۰.۶	۰.۰	۰.۷
آلمان	۰.۸	۳.۸۰	۰.۰	۰.۰
فرانسه	۰.۹	۲.۸	۰.۲	−۰.۳
آرژانتین	۱.۱	۲.۵	۰.۰	−۰.۲
تایلند	۱.۶	۱.۷	۰.۰	۰.۳
اسپانیا	۰.۵	۲.۰	۰.۰	۰.۱
هلند	۰.۴	۱.۰	۱.۱	۰.۱

کانادا	۲.۰	۰.۳	۰.۰	۰.۳
هند	۲.۱	۰.۲	۰.۰	۰.۵
مالزی	۰.۰	۱.۶	۰.۰	۰.۷
لهستان	۰.۲	۱.۰	۰.۰	۰.۱
ایتالیا	۰.۰	۰.۸	۰.۲	۰.۲
اتحادیه اروپا (E28)	۴.۷	۱۲.۴	۲.۹	−۰.۱
کل جهان	۱۱۳.۷	۴۰.۹	۶.۵	۷.۸

-تولید دیزل زیستی

دیزل زیستی (یک سوخت جایگزین برای دیزل) ممکن است در موتورهای دیزل معمولی بدون هیچ تغییر عمده سخت‌افزاری اعمال شود. کلمه Bio به منبع تجدیدپذیر و زیستی بودن آن اشاره می‌کند و کلمه diesel به کاربردهای آن به عنوان سوخت برای موتورهای دیزلی (Canakci & Özsezen, 2005). دیزل زیستی می‌تواند از دانه‌های روغنی مانند بادام‌زمینی، کلزا، سویا و آفتابگردان از طریق فرایند تبادل استری تولید شود (Ardebili et al., 2011). دیزل زیستی می‌تواند یک سوخت جایگزین مناسب در برخی کشورها مانند آلمان، ایتالیا، فرانسه و ترکیه باشد (Eryilmaz et al., 2016). در جدول ۲ بزرگترین تولیدکننده‌های دیزل زیستی در جهان نشان داده شده است. دانه‌های روغنی یکی از منابع قابل توجه برای تولید دیزل زیستی هستند (Gui et al., 2008). در این زمینه، بادام‌زمینی به عنوان یکی از منابع اصلی تولید دانه‌های روغنی برای تولید دیزل زیستی شناخته می‌شود و دیزل زیستی مبتنی بر بادام‌زمینی اولین سوخت زیستی برای نیرو بخشیدن به یک موتور دیزلی است (Hogan et al., 2017). مزایای دیزل زیستی، تجزیه زیستی، تجدیدپذیری، نقطه اشتعال بالاتر، و عدم حضور ترکیبات گوگرد و آروماتیک می‌باشد (Kralova & Sjöblom, 2010). با این حال، وقتی که منبع تولید دیزل زیستی دانه‌های روغنی باشد، تولید ماده خام نیازمند مصرف برخی از ورودی‌ها از جمله سوخت دیزل و کودهای شیمیایی است که می‌توانند به انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کنند (Nikkhah, Emadi, Khojastehpour, et al., 2016).

بحث و نتیجه‌گیری

توسعه کشورها و رشد جمعیت و به تبع آن افزایش تقاضا و مصرف آلودگی ایجاد کرده است. این امر نگرانی‌های زیست‌محیطی را در سطح جهان بوجود آورده است و باعث شده به مبحث انرژی به صورت ویژه توجه گردد و راهکارهای مختلفی از جمله مصرف بهینه منابع فسیلی، جایگزینی انرژی تجدیدپذیر برای جبران این محدودیت و برطرف کردن بخشی از آلایندگی‌ها، در نظر گرفتن مالیات برای کارخانه‌ها و مشخص کردن سهمیه مصرف انرژی و ... اتخاذ گردیده است.

یکی از انواع منابع انرژی تجدیدپذیر سوخت‌های زیستی هستند که معروف‌ترین آن‌ها اتانول زیستی و دیزل زیستی است. این نوع سوخت در تولید گرما و حرارت، صنعت، حمل‌ونقل و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. منشا و خوراک ایجاد چنین سوخت‌هایی مواد آلی است که هم در منابع غذایی و هم در ضایعات و پسماندها یافت می‌شود. همچنین پژوهشگران در حال کار کردن روی گونه‌های دیگری از این موادزیستی برای تولید انرژی‌های زیستی هستند. سوخت‌های زیستی علاوه بر مزیت‌های زیست محیطی، با ایجاد زنجیره تامین مشاغلی را به صورت مستقیم و غیر مستقیم بوجود می‌آورد و زمینه اشتغال عده‌ای فراهم می‌گردد. بنابراین استفاده از این نوع انرژی تجدیدپذیر در کنار سایر انواع انرژی تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی و انرژی بادی می‌تواند مفید واقع گردد. کشور ایران نیز شرایط مناسبی در راستای تولید و استفاده از چنین انرژی تجدیدپذیری را دارد که نحوه بکارگیری آن می تواند در پژوهش های آتی به شکل عمیق تر مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

Adams, P., Hammond, G., McManus, M., & Mezzullo, W. (2011). Barriers to and drivers for UK bioenergy development. *Renewable and sustainable energy reviews*, *15*(2), 1217-1227 .

Aghbashlo, M., Tabatabaei, M., Soltanian, S., Ghanavati, H., & Dadak, A .(۲۰۱۹) .Comprehensive exergoeconomic analysis of a municipal solid waste digestion plant equipped with a biogas genset. *Waste management*, *87*, 485-498 .

Alavijeh, M. K., & Yaghmaei, S. (2016). Biochemical production of bioenergy from agricultural crops and residue in Iran. *Waste management*, *52*, 375-394 .

An, H., Wilhelm, W. E., & Searcy, S. W. (2011). Biofuel and petroleum-based fuel supply chain research: a literature review. *Biomass and bioenergy*, *35*(9), 3763-3774 .

Ardebili, M. S., Ghobadian, B., Najafi, G & ,.Chegeni, A. (2011). Biodiesel production potential from edible oil seeds in Iran. *Renewable and sustainable energy reviews*, *15*(6), 3041-3044 .

Atabani, A., Silitonga, A., Ong, H., Mahlia, T., Masjuki, H., Badruddin, I. A., & Fayaz, H. (2013). Non-edible vegetable oils: a critical evaluation of oil extraction, fatty acid compositions, biodiesel production, characteristics, engine performance and emissions production. *Renewable and sustainable energy reviews*, *18*, 211-245 .

Bacenetti, J., Fusi, A., Negri, M ,.Guidetti, R., & Fiala, M. (2014). Environmental assessment of two different crop systems in terms of biomethane potential production. *Science of the total environment*, *466*, 1066-1077 .

Bank, W. (2016). The cost of air pollution: strengthening the economic case for action. *Washington: World Bank Group* .

Canakci, M., & Özsezen, A. N. (2005). Evaluating waste cooking oils as alternative diesel fuel. *Gazi University Journal of Science*, *18*(1), 81-91 .

Chum, H. L., Nigro, F., McCormick, R., Beckham, G., Seabra, J., Saddler, J., Tao, L., Warner, E., & Overend, R. (2015). Conversion technologies for biofuels and their use. *Bioenergy & Sustainability: Bridging the Gaps*, *72*, 374-467 .

Dale, B. E., & Ong, R. G. (2012). Energy, wealth, and human development: why and how biomass pretreatment research must improve. *Biotechnology progress*, *28*(4), 893-898 .

Demirbas, A. (2005). Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion problems in boiler power systems and combustion related environmental issues. *Progress in energy and combustion science*, *31*(2), 171-192 .

Eryilmaz, T., Yesilyurt, M. K., Cesur, C., & Gokdogan, O. (2016). Biodiesel production potential from oil seeds in Turkey. *Renewable and sustainable energy reviews*, *58*, 842-851 .

Ghadiryanfar, M., Rosentrater, K. A., Keyhani, A., & Omid, M. (2016). A review of macroalgae production, with potential applications in biofuels and bioenergy. *Renewable and sustainable energy reviews*, *54*, 473-481 .

Gold, S., & Seuring, S. (2011). Supply chain and logistics issues of bio-energy production. *Journal of cleaner production*, *19*(1), 32-42 .

Gui, M. M., Lee, K., & Bhatia, S. (2008). Feasibility of edible oil vs. non-edible oil vs. waste edible oil as biodiesel feedstock. *Energy*, *33*(11), 1646-1653 .

Gupta ,A., & Verma, J. P. (2015). Sustainable bio-ethanol production from agro-residues: a review. *Renewable and sustainable energy reviews*, *41*, 550-567 .

Hijazi, O., Munro, S., Zerhusen, B., & Effenberger, M. (2016). Review of life cycle assessment for biogas production in Europe. *Renewable and sustainable energy reviews*, *54*, 1291-1300 .

Ho, D. P., Ngo, H. H., & Guo, W. (2014). A mini review on renewable sources for biofuel. *Bioresource technology*, *169*, 742-749 .

Hogan, D., Desai, A., & Soloiu, V. (2017). Peanut based biodiesel production in georgia: an economic feasibility study. *Industrial and Systems Engineering Review*, *5*(1), 12-22 .

Iakovou, E., Karagiannidis, A., Vlachos, D., Toka, A., & Malamakis, A. (2010). Waste biomass-to-energy supply chain management: a critical synthesis. *Waste management*, *30*(10), 1860-1870 .

Kim, H., Shimizu, T., Kourakata, I., & Takahashi, Y. (2016). Topic: Energy Recovery from Mushroom Culture Waste and the Use of Its Ash as Fertilizer. In *Energy Technology Roadmaps of Japan* (pp. 455-458). Springer .

Koçar, G., & Civaş, N. (2013). An overview of biofuels from energy crops: Current status and future prospects. *Renewable and sustainable energy reviews*, *28*, 900-916 .

Kralova, I., & Sjöblom, J. (2010). Biofuels–renewable energy sources: a review. *Journal of Dispersion Science and Technology*, *31*(3), 409-425 .

Landolina, S., & Maltsoglou, I. (2017). How2Guide for bioenergy roadmap development and implementation. *International Energy Agency (IEA). doi* .

MR, A., David, K., Gopalakrishnan, K., Cigdem, E., Dinh Duc, N., Soon Woong, C., AE, A., & Alaa H, A. M. (2018). Biogas Production from Organic Waste: Recent Progress and Perspectives .

Nikkhah, A., Emadi, B., Khojastehpour, M., & Payman, S. H. (2016). GHG emissions footprint from potential feedstock production of biodiesel fuel (Case Study). *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, *47*(2), 207-213 .

Nikkhah, A., Emadi, B., Soltanali, H., Firouzi, S., Rosentrater, K. A., & Allahyari, M. S. (2016). Integration of life cycle assessment and Cobb-Douglas modeling for the environmental assessment of kiwifruit in Iran. *Journal of cleaner production*, *137*, 843-849 .

Nkemka, V. N., Gilroyed, B., Yanke, J., Gruninger, R., Vedres, D., McAllister, T., & Hao, X. (2015). Bioaugmentation with an anaerobic fungus in a two-stage process for biohydrogen and biogas production using corn silage and cattail. *Bioresource technology*, *185*, 79-88 .

OECD, I. (2016). Energy and Air Pollution: World Energy Outlook Special Report 2016 .

Panahi, H. K. S., Dehhaghi ,M., Aghbashlo, M., Karimi, K., & Tabatabaei, M. (2020). Conversion of residues from agro-food industry into bioethanol in Iran: An under-valued biofuel additive to phase out MTBE in gasoline. *Renewable energy*, *145*, 699-710 .

Parikka, M. (2004). Global biomass fuel resources. *Biomass and bioenergy*, *27*(6), 613-620 .

Pedraza, J. M. (2015). The Current Situation and Perspectives on the Use of Renewable Energy Sources for Electricity Generation. In *Electrical Energy Generation in Europe* (pp. 55-92). Springer .

REN21. (2020). *RENEWABLES 2020*

GLOBAL STATUS REPORT. https://www.ren21.net/reports/global-status-report/

Saidur, R., Abdelaziz, E., Demirbas, A., Hossain, M., & Mekhilef, S. (2011). A review on biomass as a fuel for boilers. *Renewable and sustainable energy reviews*, *15*(5), 2262-2289 .

Scarlat, N., Dallemand, J.-F., & Fahl, F. (2018). Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable energy*, *129*, 457-472 .

Scarlat, N., Dallemand, J.-F., Monforti-Ferrario, F., Banja, M., & Motola, V. (2015). Renewable energy policy framework and bioenergy contribution in the European Union–An overview from National Renewable Energy Action Plans and Progress Reports. *Renewable and sustainable energy reviews*, *51*, 969-985 .

Sheets, J. P., Lawson, K., Ge, X., Wang ,L., Yu, Z., & Li, Y. (2017). Development and evaluation of a trickle bed bioreactor for enhanced mass transfer and methanol production from biogas. *Biochemical engineering journal*, *122*, 103-114 .

Sirajunnisa, A. R., & Surendhiran, D. (2016). Algae–A quintessential and positive resource of bioethanol production: A comprehensive review. *Renewable and sustainable energy reviews*, *66*, 248-267 .

Souza, G. M., Ballester, M. V. R., de Brito Cruz, C. H., Chum, H., Dale, B., Dale, V. H., Fernandes, E. C., Foust, T ,.Karp, A., & Lynd, L. (2017). The role of bioenergy in a climate-changing world. *Environmental development*, *23*, 57-64 .

Testa, R., Foderà, M., Di Trapani, A. M., Tudisca, S., & Sgroi, F. (2016). Giant reed as energy crop for Southern Italy: An economic feasibility study. *Renewable and sustainable energy reviews*, *58*, 558-564 .

Thangavelu, S. K., Ahmed, A. S., & Ani, F. N. (2016). Review on bioethanol as alternative fuel for spark ignition engines. *Renewable and sustainable energy reviews*, *56*, 820-835 .

Thornley, P. (2006). Increasing biomass based power generation in the UK. *Energy Policy*, *34*(15), 2087-2099 .

Villadsen, S. N., Fosbøl, P. L., Angelidaki, I., Woodley, J. M., Nielsen, L. P., & Møller, P. (2019). The potential of biogas; the solution to energy storage. *ChemSusChem*, *12*(10), 2147-2153 .