ظرفیت استحصال بیوگاز از فضولات دامی
(مطالعه موردی: شهرستان جوین، استان خراسان رضوی)

قاسم ذوالفقاری [۱*] و ایمان واعظی [۲]

۱*- عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار
ghr_zolfaghari@yahoo.com, g.zolfaghari@hsu.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۹

چکیده

انرژی بیوگاز (گاززیستی) در حقیقت انرژی حاصل از تخمیر فضولات حیوانی و باقیمانده‌های گیاهی و به طور کلی ضایعات آلی است که در اثر این فرآیند گازهای متان (حداکثر ۷۰ درصد) و دی‌اکسید کربن آزاد می‌شوند. از گاز متان آزادشده در این فرآیند می‌توان در مناطق روستایی برای تامین برق یا سوخت مصرفی استفاده کرد.این پدیده حدود ۲۰۰ سال پیش با مشاهده این‌که گازهای متصاعدشده از باتلاق‌ها و لجنزارها قابل اشتعال هستند، کشف شد. شاید بتوان گفت در ایران نخستین بار شیخ بهایی در گرم‌کردن حمام در اصفهان از این انرژی استفاده کرد.استفاده از انرژی بیوگاز به صورت متداول امروزی پس از جنگ جهانی دوم مطرح شد و کشورهای چین، هندوستان، فیلیپین، هلند، آلمان و آمریکا از جمله کشورهایی هستند که در بهره‌گیری از بیوگاز و امکان توسعه و گسترش، آن را مورد تحقیق و بررسی قرار داده‌اند. در سال‌های اخیر هدف فناوری بیوگاز از بازیابی انرژی به حفاظت محیط‌زیست تغییر یافته است.قدمت استفاده از بیوگاز در ایران به سه قرن قبل(استفاده از سوخت متان در حمام شیخ بهایی اصفهان) بر می‌گردد. در کشورمان ایران نیز تحقیقات گسترده‌ای در زمینه کاربرد بیوگاز در حال انجام است؛ لذا استفاده از بیوگاز چشم انداز بسیار روشنی را در آینده برای بخش انرژی کشور ترسیم می‌نماید.در این مقاله پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی در شهرستان جوین استان خراسان رضوی محاسبه شده است. بدین منظور ابتدا انواع دام بر اساس محلهای مختلف نگهداری آنها تفکیک شده، سپس با اعمال ضرایب قابل استحصال فضولات دامی، میزان فضولات قابل جمع آوری در این شهرستان و میزان بیوگاز حاصل از آن محاسبه گردید. ارزش حرارتی بیو گاز ۵.۹۶ و ارزش حرارتی گاز طبیعی ۷.۵۲ کیلووات ساعت به ازای هر متر مکعب می باشد. بنابراین ارزش حرارتی بیوگاز برابر ۰.۷۹ ارزش حرارتی گاز طبیعی است همان طوری که ذکر شد اگر از کل فضولات دامی قابل جمع آوری در شهرستان استفاده شود، بیوگازی معادل ۳۲.۴ میلیون متر مکعب در سال ایجاد خواهد شد. که این بیو گاز با در نظر گرفتن ارزش حرارتی آن معادل با ۲۵۶۱۶۳۴۶ متر مکعب گاز طبیعی خواهد بود.

کلمات کلیدی

ایران، بیوگاز، پتانسیل، تخمیر بی هوازی، فضولات دامی

۱- مقدمه

روند فعلی مصرف انرژی در جهان، بشر را با دو بحران بزرگ آلودگی محیط زیست و شتاب فزاینده در خالی نمودن منابع انرژی روبرو نموده است. آلودگی محیطزیست، پدیده تغییر اقلیم و تجدیدناپذیری که ازچالشهای اصلی استفاده از منابع انرژی فسیلی به شمار میروند در اثر توسعه ناپایدار، الگوهای نادرست مصرف انرژی، افزایش جمعیت و ... در سالهای اخیر با شدت بیشتری ادامه داشته است. چگونگی تولید و استفاده از حاملهای انرژی در بخشهای مختلف مصرف کننده، ازعوامل موثر در ایجاد آلودگی محیطزیست در مقیاس محلی، منطقه ای و بین المللی میباشد. مصرف انرژیهای فسیلی به کاهش و در پایان به اتمام منابع و ذخایر آنها منجر میشود. به همین دلیل استفاده بهینه از انرژی در فرآیند توسعه اقتصادی همواره به عنوان یک هدف مهم در توسعه پایدار مدنظر بوده است. یکی از مناسبترین انرژیهای تجدیدپذیر که از زمانهای بسیار گذشته مورد استفاده بوده و علاوه بر تجدیدپذیر بودن و سازگاری با محیطزیست دارای منافع اقتصادی اجتماعی نیز میباشد،انرژی بیوماس (بیوگاز) میباشد که پس از انرژی آب در جایگاه دوم قرار دارد (حمیدرضا & سعیده, ۱۳۸۹).یکی از مفاهیم اساسی در ادبیات توسعه دنیا، مقوله انرژی است. لذا پرداختن به انرژی و توسعه انرژی های تجدید پذیر یکی از سیاست های جهانی انرژی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از سوخت های فسیلی می باشد (Huang & Wu, ۲۰۰۸; Najafi et

(al., ۲۰۰۹ .انرژی در سراسر دنیا به عنوان یکی از فاکتورهای مهم برای رشد اقتصادی و توسعه بشری محسوب می شود(Rao et al., ۲۰۱۰).بحران های ناشی از مصرف سوخت های فسیلی و نگرانی به اتمام رسیدن این سوخت ها و مدیریت پسماند های فعالیت های مختلف مانند سوزاندن و دفن ضایعات آلی ناشی از فعالیت های کشاورزی و دامپروری سبب شده تا توجه به انرژی های پاک و تجدید پذیر مانند باد، آب و انرژی بدست آمده از بیوماس بیشتر از گذشته مورد توجه قرار گیرد (باقر et al., ۱۳۹۵). مطالعات انجام شده در چرخه حیات و اثرات زیست محیطی مربوط به تولید بیوگاز نشان می دهد که فاکتور های تاثیر پتانسیل گرمایش جهانی که حاوی گازهای گلخانه ای چون CO_2،CH_4،N_2O است، با جایگزین شدن بیوگاز با سوخت های فسیلی تا ۵۱ میزان درصد قابل کاهش است. بنابراین پتانسیل اسیدی کردن و یوتریفیکاسیون بوم سازگان های طبیعی با مصرف سوخت های فسیلی به ترتیب ۱۵ و ۲۱ مرتبه بیشتر از گاز طبیعی گزارش شده است. (Whiting & Azapagic, ۲۰۱۴). بیوگاز حجمی برابر با ۱.۲ کیلوگرم بر متر مکعب با ارزش حرارتی کمتر از ۲۳ مگا ژول بر متر مکعب دارد (Eriksson, ۲۰۱۰). درحال حاضر آمریکا با بیش از ۵۰ تراوات ساعت مقام اول تولید بیوگاز را دارد، آلمان و انگلیس در رده های بعدی جای گرفته اند (Maghanaki et al., ۲۰۱۳). بنابراین یکی از ابزارهای توسعه پایدار جایگزینی سوخت پاک با سوخت های فسیلی می باشد.

- اهمّیت و ضرورت انجام تحقیق

تولید انرژی های تجدید پذیر از جمله بیوگاز به لحاظ فاکتورهای مختلف همچون اقتصادی، توسعه پایدا، محیط زیست و سلامت دارای اهمیت بسزایی می باشد و استفاده از آن را در آینده نه چندان دور غیر قابل اجتناب کرده است .از مهمترین دلایلی که ضرورت انجام تحقیق را دو چندان می کند می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱-استفاده از فضولات خام که دارای عوامل بیماری زا است در اراضی کشاورزی پیرامون که غالبا متعلق به دامداران می باشد؛ باعث آلوده شدن خاک می شود. در صورت استفاده از فضولات دامی در فرایند بیوگاز ضمن فراوری فضولات و تبدیل به کود عوامل بیماری زا نیز به طور کامل ازبین خواهد شد .

۲-در حال حاضر در شهرستان جوین دارای ۱۴ واحد گلخانه فعال بوده که در فصل زمستان جهت فعالیت نیازمند سیستم های گرمایشی جهت گرم کردن محیط گلخانه می باشد. سوخت غالب سیستم های گرمایشی به دلیل ارزان و در دسترس بودن گاز شهری می باشد. در فصول سرد سال به دلیل افت فشار گاز به جهت تامین پایدار گاز مصرفی خانگی نسبت به قطع گاز واحد های گلخانه ای اقدام که این امر سبب از بین رفتن محصولات کشاورزی و وارد آمدن خسارت مالی به واحدها شده است. از این رو بیوگاز می تواند به عنوان سوخت پایدار درغیاب گاز شهری مورد استفاده قرار گیرد.پژوهش های گوناگونی در خصوص اهمیت تولید بیوگاز درزمینه های اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و محیط زیست در کشورهای جهان و ایران صورت گرفته است. به عنوان مثال به برآورد اقتصادی تولید برق از بیوگاز در مزارع پرورش خوک در تایلند پرداخته شد. بدین منظور دو پروسه را مد نظر قرار داده شد. اول تولید برق با حذف H_2S از بیوگاز تولیدی و دیگری بدون حذف آن. دلیل این کار آن است که H_2S باعث خوردگی قسمت های فلزی ژنراتور در فرایند تولید برق از بیوگاز خواهد شد.برآیند حاصل از این پژوهش بیانگر آن است که اگر فرایند حذف H_2S از بیوگاز انجام نشود. دوره بازگشت سرمایه ٤ سال و چنانچه این فرایند انجام گیرد، به علت هزینه های بالاتری که در طی ساخت و ساز برای دستگاههای لازم جهت حذف H_2S از بیوگاز باید انجام شود. دوره بازگشت سرمایه دراز مدت تر و برابر ۸ سال خواهد بود (Pipatmanomai et al., ۲۰۰۹).در صورتی که فرایند تولید بیوگاز به درستی انجام شود، فواید زیادی در زمینه ثبات محیط زیست و امنیت و پایداری انرژی ایجاد می کند (Chanakya et al., ۲۰۰۹; Guermoud et al., ۲۰۰۷)در پژوهش دیگر به بررسی منابع گوناگون تولید بیوگاز و امکان سنجی آن پرداخته شد و بیان شد که در ایران پتانسیل تولید حدود ۱۶۱۴۶.۳۵ میلیون متر مکعب بیوگاز که معادل ۳۲۳ پتاژول انرژی است از پسماندهای کشاورزی وجود دارد(Maghanaki et al., ۲۰۱۳)محمد خان [۱] و همکاران در سال ۲۰۲۱ پتانسیل ٤۱۷.۳ میلیون تن (MT) فضولات دامی تولیدی در سال ۲۰۱۸ درکشور پاکستان را معادل ۲۶۸۷۱.۳۵ میلیون متر مکعب تخمین زده اند(Khan et al., ۲۰۲۱). ژوهال اکیورک [۲] در سال ۲۰۱۸ نشان داد ؛ فضولات دامی بدست آمده از حیوانات مزرعه ناحیه مدیترانه؛ ظرفیت تولید بیوگاز سالانه معادل ۱۸٦ میلیون متر مکعب را دارا می باشد(Akyurek, ۲۰۱۸).

گاگاندیپ گائور [۳] در سال ۲۰۱۷ محاسبه کردند که ۲٦۰۰ میلیون تن فضولات دامی تولید شده در هند ظرفیت تولید

[۱] Muhammad U. Khan
[۲] Zuhal Akyürek
[۳] Gagandeep Kaur

بیوگاز ۲۶۳.۷۶۲ میلیون متر مکعب در سال را دارد.(Kaur et al., ۲۰۱۷) ابدشاهیان [۱] و همکاران در سال ۲۰۱۶ به این نتیجه دست یافتند که فضولات دامی حاصله از حیوانات مزارع و کشتارگاه های کشور مالزی می تواند رقمی برابر ۴۵۸۹.۴۹ میلیون تن متر مکعب بیوگاز تولید کند(Abdeshahian et al., ۲۰۱۶). اونوربـاس [۲] و همکاران در سال ۲۰۱۲ به محاسبه پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی در کشور ترکیه پرداخته و به عددی حدود ۲.۱۸ میلیارد متر مکعب در سال دست یافتند(Avcioğlu & Türker, ۲۰۱۲). در ایران نیز مطالعاتی نیز پیرامون تولید بیوگاز انجام شده است که از جمله آنها می توان به موارد زیر اشاره نمود:ملیحه شفیعی و همکاران در سال ۱۳۹۲ با روش مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پتانسیل تولید بیوگاز از دو گروه دامی در خراسان رضوی را ۹۴.۱۴۸ میلیون متر مکعب تخمین بزنند(ملیحه et al., ۱۳۹۲).همچنین در خصوص تجربه های موفق و ناموفق کشورهای مختلف و همچنین ایران در زمینه اجرای بیوگاز تیموری حمزه کولایی [۳] و همکاران در سال ۲۰۱۸ در یک مطالعه موردی به ارزیابی جنبه های فنی و اقتصادی تولید بیوگاز به جای سوخت فسیلی برای نیروگاههای تولید همزمان برق و حرارت پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که فناوری های جایگزین از نظر اقتصادی و محیط زیست نسبت به مدل معمولی برتر بوده است. همچنین در مدل پیشنهادی آنها سرمایه سالیانه، درصد بیوگاز تولید شده، زمان بازگشت سرمایه و کاهش میزان تولید به ترتیب ۷۳۱۵۹ دلار، ۷۰ درصد، ۲۸ ماهه و ۵۲۹.۶۵ تن در سال می باشد(Teymourihamzehkolaei, ۲۰۱۷). منچستا [۴] و همکاران در ۲۰۱۶ در بررسی تجربه های استفاده و توسعه فناوری بیوگاز در مردان سرپرست خانواده بیش از زنان سرپرست خانواده از مورد استقبال قرار گرفت. همچنین عواملی نظیر میزان تحصیلات، تعداد دام، میزان درآمد و فاصله از منبع تامین سوخت را بر گسترش فناوری گاز در اتیوپی موثر دانستند(Mengistu et al., ۲۰۱۶). کی و لی [۵] در سال ۲۰۱۰ بیان داشتند که یکی از مشکلات تولید بیوگاز در روستاهای شمال چین برودت هوا و نیاز سیستم برای تخمیر در دمای خاص است(Qi & Li, ۲۰۱۰).هان [۶] و همکاران در سال ۲۰۰۸ بیان نمودند که در اجرای پروژه های تولید فناوری بیوگاز در نواحی روستایی چین به عملکرد مطلوب دست پیدا نکردند و علت عدم موفقیت خود را به عواملی نظیر محدودیت یا ضعف در ساختار سازمانی، سطح فنی و تکنیکی، حمایت های مالی و عوامل اجتماعی مرتبط دانستند(Han et al., ۲۰۰۸).

افشار زاده و همکاران در سال ۲۰۱۶ بیان داشتند گسترش انرژی های تجدید پذیر در نواحی روستایی راهکار رسیدن به توسعه پایدار اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست در ایران است.

- **معرفی بیوگاز**

بیوگاز به نام گاز مرداب نیز شهرت یافته با ترکیبی از متان (CH_4) و دی اکسیدکربن (CO_2) و بوی قابل تشخیص مانند تخم مرغ گندیده . سبک تر از هوا می باشد و طبق مطالعات انجام گرفته در هندوستان آنالیز بیوگاز در جدول۱ ذکر گردیده که میزان درصد گاز متان آن بستگی به دمای هاضم داشته و هر چه دمای هاضم پایین تر باشد درصد متان آن بیشتر و ارزش حرارتی بالاتری دارد ولی میزان گاز تولید شده کمتر است . بیوگاز ها به دو دسته زیر تقسیم می شوند.

۱. بیوگازهایی با بار آلی ورودی زیاد

۲. بیو گازهایی با بار آلی ورودی کم

دستگاهای فوق دارای تفاوتهایی در میزان گاز تولیدی، زمان ماند و نحوه راهبری می باشند.

جدول ۱- ترکیبات بیوگاز

نام گاز	فرمول	درصد ترکیب
متان	CH_4	۵۵ تا ۶۵٪
گازکربنیک	CO_2	۳۵تا ۴۵٪
نیتروژن	N_2	۰ تا ۳٪
هیدروژن	H_2	۰ تا ۱٪
اکسیژن	O_2	۰ تا ۱٪
هیدورژن سولفوره	H_2O	۰ تا ۱٪

[۱] **Abdeshahian**
[۲] **Onurbas**
[۳] **F.T. Hamzehkolaei**
[۴] **Mengistu**
[۵] **Qi and Li**
[۶] **Han**

دمای احتراق بیوگاز حدود ۷۰۰ درجه سانتیگراد (دمای احتراق گازوئیل ۳۵۰ درجه سانتیگراد و نفت و پروپان ۵۰۰ درجه سانتیگراد) و دمای شعله حاصل از آن ۸۷۰ درجه سانتیگراد است . بیوگاز مانند سایر سوخت های گاز قابل احتراق بوده و با نسبت ۱- ۲۰ با هوا مخلوط شده و سرعت اشتغال آن بالا می باشد . ارزش حرارتی آن در حدود ٦ کیلووات ساعت بر مترمکعب است (یعنی برابر ارزش حرارتی نیم لیتر سوخت گازوئیل) که در شماره ۲ خواص بیوگاز نسبت به گازهای سوختی و سایر سوختها مقایسه شده است . فشار لازم و مطلوب برای پخت و پز با بیوگاز بین ۵ تا ۲۰ سانتیمتر ستون آب می باشد . ارزش حرارتی متان خالص در حدود ۹۰۰۰ کیلو کالری بر متر مکعب می باشد(عادلی گیلانی & سوری, ۱۳۸۹).

جدول ۲. مقایسه خواص گازهای متداول با بیوگاز]

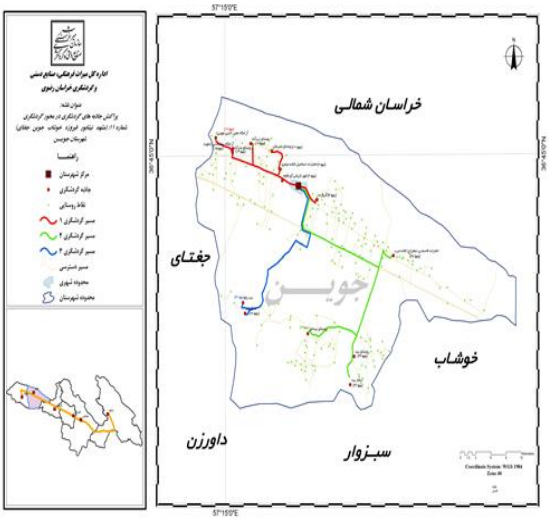
نوع گاز	هوای مورد نیاز m^3	سرعت فشار در هوا $\frac{cm}{s}$	وزن مخصوص نسبت به هوا (درصد)	ارزش حرارتی KWh/m^3	ترکیبات	
					درصد	عناصر
متان	۹.۵	٤۳	٥٥	۹.۹٤	۱۰۰	$CH_۴$
پروپان	۲۳.۸	٥۷	۱.٥٦	۲٥.۹٤	۱۰۰	$C_۳H_۸$
بوتان	۳.۹	٤٥	۲.۰۷	۳٤.۰۲	۱۰۰	$C_۴H_{۱۰}$
گاز طبیعی	۷	٦۰	۳۸	۷.٥۲	۳٥.٦٥	$CH_۴$ ، $H_۲$
گاز شهری	۳.۷	۸۲	٤۱	٤.۰۷	۲٤.۲٦.٥۰	$CH_۴$ ، $O_۲$ ، $۲N_۲$
بیو گاز	٥.۷	٤۰	۹٤	٥.۹٦	٤۰.٦۰	$CH_۴$ ، $CO_۲$

به طور متوسط هر راس دام سنگین سالانه حدود ٤ تن گاز متان به اتمسفر وارد می کند. با در نظر گرفتن تعداد راس دام سنگین شهرستان این رقم به میزان ۳۰۹۱٦ تن خواهد رسید. انتشار این حجم از گاز متان به طور سالیانه دراتمسفر که از عمده ترین گازهای گلخانه می باشد؛ سبب تشدید پدیده گرمایش زمین و متعاقب آن تغییر اقلیم و خشکسالی خواهد شد. در حالی که می توان با جمع آوری فضولات حاصل و تبدیل آن به بیوگاز ضمن جلوگیری از انتشار مستقیم گاز متان به اتمسفر از سوخت پاک پایدار بهره مند شویم.در این پژوهش به امکان سنجی تولید بیوگاز از فضولات دامی شهرستان جوین خراسان رضوی پرداخته خواهد شد و پارامترهای موثر در امکان اجرای طرح را مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۲- روش انجام تحقیق

- محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش پروژه فولاد سازی واقع در کیلومتر ۵۰ جاده سبزوار به شهرستان جوین است. شهرستان جوین به مرکزیت شهر نقاب یکی از شهرستان‌های غرب استان خراسان رضوی می‌باشد.وجود کارخانه‌های صنعتی بزرگی مانند کارخانه موتورهای الکتریکی جوین (جمکو)، کارخانه قند جوین،کارخانه خوراک دام جوین و کارگاه‌های بزرگ و کوچک گوناگون این شهرستان را به قطب صنعتی غرب استان خراسان رضوی تبدیل کرده است. به علاوه این شهرستان یک قطب کشاورزی نیز هست و چغندر قند، گندم و مخصوصاً پسته از تولیدات مهم آن است. دهستان زرین بخش عطاملک شهرستان جوین، قطب تولید پسته غرب استان خراسان رضوی است. عبور راه‌آهن سراسری کشور (تهران - مشهد) و وجود سه ایستگاه راه‌آهن، مخصوصاً ایستگاه راه‌آهن نقاب (ازمهم‌ترین ایستگاه‌های راه‌آه شمال شرق ایران)، موقعیت ارتباطی مهمی به جوین داده‌است. شهرستان جوین، به مرکزیت شهر نقاب یکی از شهرستان‌های غرب استان خراسان رضوی است که مشتمل بر دو بخش مرکزی و عطاملک می‌باشد.این شهرستان با مساحتی در حدود ۱٦٥٦،۰٥ کیلومتر مربع، و با ارتفاع متوسط ۱۱۰۰ متر از سطح دریا، در دامنه‌ی شمالی رشته‌کوه جغتای و دامنه‌ی جنوبی رشته‌کوه‌های آلاداغ و شاه جهان، و در محدوده ی تقریبی ۳٦°۲٥ تا ۳٦°٥۰ عرض شمالی و ٥۷°۱۲ تا ٥۷°٥۳ طول شرقی قرار دارد و از شمال با شهرستان اسفراین، از شرق با شهرستان خوشاب، از جنوب با شهرستان سبزوار و شهرستان داورزن و از غرب با شهرستان جغتای، همجوار است (شکل۱).



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

- روش جمع آوری اطلاعات

ابتدا با مراجعه به سالنامه جهاد کشاورزی سال ۱۴۰۱ و مراجعه به جهاد کشاورزی شهرستان، تعداد بهره برداران و تعداد تقریبی جمعیت دام شهرستان برآورد شد. شهرستان جوین دارای بیش از ۱۳۳۸ بهره بردار و تعداد تقریبی ۷۷۲۹ راس دام سنگین می باشد. سپس جمعیت دام بر حسب نوع دام به شش دسته گاو و گوساله اصیل، گاو و گوساله آمیخته، گاو و گوساله بومی، گاومیش،گوسفند و بز تقسیم بندی شد. در گام بعدی تناژ تولیدی فضولات دامی برای هر راس دام طی یکسال محاسبه شد. سپس با مراجعه به منابع ضرایب قابل جمع آوری فضولات دامی استخراج شد.با داشتن ضرایب جمع آوری فضولات دامی و تعداد راس، حجم فضولات قابل جمع آوری بر حسب نوع دام به طور مجزا محاسبه گردید.در نهایت با دانستن پتانسیل تولید بیوگاز از هر تن فضولات تازه گاوی، بز و بزغاله، گوسفند و بره پتانسیل تولید بیوگاز در طی یکسال محاسبه شد.

۳- نتایج

بررسی جمعیت دام های اهلی بر حسب محل نگهداری آنها

در این پژوهش به منظور محاسبه تولید بیوگاز از فضولات دامی دراین شهرستان، فرض بر آن است که نگهداری انواع دام بر اساس گاو و گوساله شامل(اصیل، آمیخته و بومی)، گوسفندو بره، بز و بزغاله به شرح زیر می باشد.

گاو وگوساله: فرض بر این است که گاو و گوساله های اصیل یا در گاوداری های صنعتی و یا در روستاها، گاو و گوساله های آمیخته و بومی یا در گاوداری های صنعتی یا در روستاها نگهداری می شوند.

گوسفند و بره: فرض بر آن است که گوسفند و بره های این شهرستان یا در روستاها یا در پرواربندی های گوسفند نگهداری می شوند.

بز و بزغاله: فرض بر آن است که بز و بزغاله های این شهرستان در روستاها نگهداری می شوند.

بررسی جمعیت دام بر حسب نوع آن

در جدول ۳ جمعیت دام های شهرستان بر حسب نوع دام آمده است.

جدول ۳- جمعیت دام های شهرستان بر حسب نوع آن

نوع دام	جمعیت دام در شهرستان سال ۱۴۰۱
گاو و گوساله اصیل	۳۰۰۸
گاو و گوساله آمیخته	۴۰۷۵
گاو و گوساله بومی	۰
گاو میش	۰
گوسفند	۱۲۲۷۹۰
بز	۱۰۸۱۰

حجم فضولات انواع دام

در جدول ٤ حجم فضولات تولیدی براساس نوع دام برای هر راس محاسبه شده است(فلاح نژاد تفتی et al., ۲۰۱٦).

جدول ٤- حجم فضولات هر راس دام (واحد: تن در سال)(فلاح نژاد تفتی et al., ۲۰۱٦)

نوع دام	حجم فضولات تولیدی هر راس
گاو و گوساله اصیل	۲۰،۲۵
گاو و گوساله آمیخته	۱۳،۵
گاو و گوساله بومی	۹
گاو میش	۱۸
گوسفند و بره	۱.٤٤
بز و بزغاله	۰،۹٤۵

ضرایب قابل استحصال فضوات دامی

باید توجه داشته باشیم که کل فضولاتی که از انواع دام حاصل می شود قابل جمع آوری نیست. بنابراین لازم است ضرایبی تحت عنوان" ضرایب قابل استحصال فضولات" با این مفهوم که چند درصد از فضولات دامی قابل جمع آوری است، در نظر گرفته شود. این ضرایب به شرح زیر در نظر گرفته می شود.

در این مقاله فرض شده است که فضولات حاصل از انواع گاو و گوساله موجود در گاوداری های صنعتی قابل جمع آوری است. بنابراین ضریب قابل استخصال برای انواع گاو و گوساله موجود در گاوداری های صنعتی یک در نظر

گرفته شده است.فرض بر آن است که گوسفند و بره های شهرستان یا در روستا یا در پرواربندی ها نگهداری می شوند.در مورد دام روستایی ضرایب قابل استخصال فضولات انواع دام به شرح جدول ۵ در نظر گرفته شده است(فلاح نژاد تفتی et al., ۲۰۱۶):

جدول ۳- ضرایب قابل استحصال فضولات انواع دام در روستاهای کشور

نوع دام	ضریب
گاو و گوساله اصیل	۱
گاو وگوساله آمیخته	۰.۷
گاو وگوساله بومی	۰.۵
گوسفند و بره	۰.۲
بز و بزغاله	۰.۲

محاسبه حجم فضولات قابل جمع آوری در شهرستان

با توجه به جدول ۳ و اعمال ضرایب قابل استحصال فضولات دامی که در جدول بالا نشان داده شده است. می توان حجم فضولات قابل جمع آوری از انواع دام را به صورت زیر محاسبه نمود(جدول ٦).

جدول ٦- ضرایب قابل استحصال فضولات انواع دام در روستاهای کشور

نوع دام	حجم فضولات قابل جمع آوری در شهرستان
گاو و گوساله اصیل	٦۰۹۱۲ = (۱*۲۰.۲۵*۳۰۰۸)
گاو وگوساله آمیخته	۳۸۵۰۸ = (.۷*۱۳.۵* ٤۰۷۵)
گاو و گوساله بومی	۰
گوسفند و بره	۳۵۳٦۳ = (۰.۲*۱.٤٤*۱۲۲۷۹۰)
بز و بزغاله	۲۰٤۳ = (۰.۲*۰.۹٤۵*۱۰۸۱۰)

محاسبه پتانسیل تولید بیو گاز

پتانسیل تولید بیو گاز از هر تن از فضولات تازه گاوی ۲۸۱ و از هر تن از فضولات تازه بز و بزغاله و همچنین گوسفند و بره ۱۲۰ متر مکعب می باشد(حمیدرضا & سعیده, ۱۳۸۹). بر این اساس می توان پتانسیل بیو گازحاصله از فضولات دامی قابل جمع آوری در یک سال در شهرستان را به این شکل محاسبه کرد:

۳۲٤۲۵۷٤۰=(۱۲۰*۲۰٤۳)+(۱۲۰*۳۵۳٦۳)+(۲۸۱*۳۸۵۰۸)+(۲۸۱*٦۰۹۱۲)=پتانسیل تولیدی بیو گاز از فضولات دامی در شهرستان(متر مکعب در سال)

مشاهده می شود اگر از همه فضولات دامی شهرستان (۱۳٦۸۲٦ تن در سال) استفاده شود. در سال حدود ۳۲٤۲۵۷٤۰ متر مکعب بیوگاز تولید خواهد شد.

طبق جدول ۲ ارزش حرارتی بیو گاز ۵.۹٦ و ارزش حرارتی گاز طبیعی ۷.۵۲ کیلووات ساعت به ازای هر متر مکعب می باشد. بنابراین ارزش حرارتی بیوگاز برابر ۰.۷۹ ارزش حرارتی گاز طبیعی است همان طوری که ذکر شد اگر از کل فضولات دامی قابل جمع آوری در شهرستان استفاده شود، بیوگازی معادل ۳۲.٤ میلیون متر مکعب در سال ایجاد خواهد شد. که این بیو گاز با در نظر گرفتن ارزش حرارتی آن معادل با ۲۵٦۱٦۳٤٦ متر مکعب گاز طبیعی خواهد بود(پاکدامن & زمردی, ۱۳۸۹).

٤- نتیجه‌گیری

توجه داشته باشیم که این فناوری، علاوه بر تولید انرژی، دارای مزیتهای دیگری نیز میباشد. این حجم از فضولات قابل جمع آوری، چنانچه به همین شکل در فضا رها شوند، متان حاصله از آن، که در فضا رها شده و مصرف نمیشود، علاوه بر اینکه باعث گرم شدن هوای کره زمین میگردد، مشکلات زیست محیطی بسیاری را نیز به وجود می آورد. همچنین استفاده از این فناوری، ارزش افزوده قابل ملاحظهای ایجاد خواهد کرد. با توجه به پتانسیل بالای کشور در تولید بیوگاز، چنانچه همه روستاها و گاوداریهای صنعتی کشور از این فناوری استفاده نمایند، به دلیل تولید کود غنی شده، ارزش افزوده بخش کشاورزی و به دلیل تولید بیوگاز و بعد هم برق، ارزش افزوده بخش انرژی افزایش قابل ملاحظهای خواهد داشت. بنابرین استفاده از این فناوری علاوه بر سایر مزایا، میتواند به رشد اقتصادی نیز کمک بسیاری نماید. بر این اساس، پیشنهاد میشود که همه گاوداریهای صنعتی و روستاها از این فناوری استفاده نمایند؛ تا علاوه بر حصول مزیتهای اشاره شده، رشد اقتصادی کشور نیز بالا رود.

منابع

قوامی, ب., راستگو, ح., & عسگری, ش. (۱۳۹۵). تحلیل فنی و مالی سیستم های استحصال برق و حرارت از لجن تصفیه خانه فاضلاب شهری دهمین همایش علمی تخصصی انرژی های تجدید پذیر، پاک و کارآمد , https://civilica.com/doc/۵۵۸۷۸٤/

پاکدامن, ج., & زمردی, م. (۱۳۸۹). بررسی میزان بیوگاز قابل استحصال از گاوداری های استان تهران و آنالیز اقتصادی استفاده از سیستم تولید ه مزمان برق و حرارت در یک گاوداری ۱۰۰۰ رأسی کنفرانس و نمایشگاه بهینه سازی انرژی, https://civilica.com/doc/۸۵۳۲۷ ,

پورخباز, ح.ر., & جوانمردی, س .(۱۳۸۹) **.انرژی بیوگاز و جنبه های زیست محیطی آن چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست**/https://civilica.com/doc/۹۳۲۲۰ ,

عادلی گیلانی, ا., & سوری, ف. (۱۳۸۹). فناوری بیوگاز، گامی در راستای توسعه پایدار روستایی نخستین همایش بیوانرژی ایران, https://civilica.com/doc/۹۲٤۱۹ ,

فلاح نژاد تفتی, م., عبدلی, م. ع., & گلبابایی کوتنایی, ف. (۲۰۱٦). بررسی پتانسیل تولید بیوگاز و انرژی از منابع زیست توده در روستاهای ایران با رویکرد توسعه پایدار. علوم و تکنولوژی محیط زیست, ۱۸((ویژه نامه شماره ۲)), ۳۹٤-۳۸۷ . https://jest.srbiau.ac.ir/article_۹۸٤۰_a۱fe۷d۳٤۱۰f۱ffd٤e۲c۲٤۳d٦eb۷۳۹ff۱.pdf

شفیعی, م., ابراهیمی نیک،م., & راشکی, ع. (۱۳۹۲). ارزیابی پتانسیل تولید بیوگاز از کود دامی در خراسان رضوی بر پایه مدلی از *GIS* هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون ایران , https://civilica.com/doc/۲۸٤۳٤۷/

Abdeshahian, P., Lim, J. S., Ho, W. S., Hashim, H., & Lee, C. T. (۲۰۱٦). Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **٦۰, ۷۱٤-۷۲۳.** https://doi.org/https://doi.org/**۱۰.۱۰۱٦**/j.rser.**۲۰۱٦.۰۱.۱۱۷**

Akyurek, Z. (۲۰۱۸). Potential of biogas energy from animal waste in the Mediterranean Region of TurkeyP. ۱٦۰-۱٦۷. https://doi.org/۱۰,۳۰۵۲۱/jes.٤۵۵۳۲۵

Avcioğlu, A. O., & Türker, U. (۲۰۱۲). Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(۳), ۱۵۵۷-۱۵٦۱. https://doi.org/https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.rser.۲۰۱۱,۱۱,۰۰٦

Chanakya, H. N., Ramachandra, T. V., & Vijayachamundeeswari, M. (۲۰۰۷). Resource recovery potential from secondary components of segregated municipal solid wastes. *Environmental Monitoring and Assessment*, *135*(۱), ۱۱۹-۱۲۷. https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s۱۰٦٦۱-۰۰۷-۹۷۱۲-٤

Eriksson, O. (۲۰۱۰). Environmental Technology Assessment of Natural Gas Compared to Biogas. In (pp. ۱۲۷-۱٤٦). https://doi.org/۱۰,۵۷۷۲/۵۵۰۵۷

Guermoud, N., Ouadjnia, F., Abdelmalek, F., Taleb, F., & addou, A. (۲۰۰۹). Municipal solid waste in Mostaganem city (Western Algeria). *Waste Manag*, *29*(۲), ۸۹٦-۹۰۲. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.wasman.۲۰۰۸,۰۳,۰۲۷

Han, J., Mol, A. P. J., Lu, Y., & Zhang, L. (۲۰۰۸). Small-scale bioenergy projects in rural China: Lessons to be learnt. *Energy Policy*, *36*(٦), ۲۱۵٤-۲۱٦۲. https://doi.org/https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.enpol.۲۰۰۸,۰۳,۰۰۱

Huang, Y.-H., & Wu, J.-H. (۲۰۰۸). Analysis of biodiesel promotion in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *12*(٤), ۱۱۷٦-۱۱۸٦. https://doi.org/https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.rser.۲۰۰۷,۰۱,۰۰۹

Kaur, G., Brar, Y. S., & Kothari, D. P. (۲۰۱۷). Potential of Livestock Generated Biomass: Untapped Energy Source in India. *Energies*, *10*(۷).

Khan, M., Ahmad, M., Sultan, M., Sohoo, I., Ghimire, P., Zahid, A., Sarwar, A., Farooq, M., Sajjad, U., Abdeshahian, P., & Yousaf, M. (۲۰۲۱). Biogas Production Potential from Livestock Manure in Pakistan. *Sustainability*, *13*. https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/su۱۳۱۲۶۷۵۱

Maghanaki, M. M., Ghobadian, B., Najafi, G., & Galogah, R. J. (۲۰۱۳). Potential of biogas production in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *28*, ۷۰۲-۷۱٤. https://doi.org/https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.rser.۲۰۱۳,۰۸,۰۲۱

Mengistu, M. G., Simane, B., Eshete, G., & Seyoum Workneh, T. (۲۰۱٦). Factors affecting households' decisions in biogas technology adoption, the case of Ofla and Mecha Districts, northern Ethiopia. *Renewable Energy*, *93*, ۲۱٥-۲۲۷. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.renene.۲۰۱٦,۰۲,۰٦٦

Najafi, G., Ghobadian, B., Tavakoli, T., Buttsworth, D., Yusaf, T. F., & Faizollahnejad, M. (۲۰۰۹). Performance and exhaust emissions of a gasoline engine with ethanol blended gasoline fuels using artificial neural network. *Applied Energy*, *86*, ٦۳۰-٦۳۹. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.apenergy.۲۰۰۸,۰۹,۰۱۷

Pipatmanomai, S., Kaewluan, S., & Vitidsant, T. (۲۰۰۹). Economic assessment of biogas-to-electricity generation system with H۲S removal by activated carbon in small pig farm. *Applied Energy*, *86*(٥), ٦٦۹-٦۷٤. https://doi.org/https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.apenergy.۲۰۰۸,۰۷,۰۰۷

Qi, Z., & li, G. (۲۰۱۰). *Contributions and Constraints of Rural Household Biogas Construction Project in Northeast China: A Case Study of Gongzhuling County*. https://doi.org/۱۰,۱۱۰۹/ICMSS.۲۰۱۰,٥٥۷٦۷۸٥

Rao, P. V., Baral, S. S., Dey, R., & Mutnuri, S. (۲۰۱۰). Biogas generation potential by anaerobic digestion for sustainable energy development in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *14*(۷), ۲۰۸٦-۲۰۹٤. https://doi.org/https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.rser.۲۰۱۰,۰۳,۰۳۱

Teymourihamzehkolaei, F. (۲۰۱۷). A techno-economic assessment for replacement of conventional fossil fuel based technologies in animal farms with biogas fueled CHP units. *Journal of Renewable Energy*, *118*, ٦۰۲-٦۱٤.

Whiting, A., & Azapagic, A. (۲۰۱٤). Life cycle environmental impacts of generating electricity and heat from biogas produced by anaerobic digestion. *Energy*, *70*(C), ۱۸۱-۱۹۳. https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:energy:v:۷۰:y:۲۰۱٤:i:c:p:۱۸۱-۱۹۳

ب

Biogas production capacity from animal waste (case study: Joveyn city, Razavi Khorasan province)

Ghasem Zolfaghari[۱] and Iman Vaezi[۲]

[۱] Associate Professor, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

[۲] MSc, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

Abstract

Introduction

The current trend of energy consumption in the world has faced humanity with two major crises of environmental pollution and the increasing acceleration in the depletion of energy resources. Environmental pollution, the phenomenon of climate change and non-renewability, which are among the main challenges of using fossil energy sources, due to unsustainable development, incorrect patterns of energy consumption, population growth, etc., have continued with greater intensity in recent years. How to produce and use energy carriers in different consumer sectors is one of the effective factors in creating environmental pollution on a local, regional and international scale. The consumption of fossil energies leads to the reduction and in the end, the exhaustion of their resources and reserves. For this reason, the optimal use of energy in the process of economic development has always been considered as an important goal in sustainable development.Among the most important reasons that double the necessity of doing research, the following can be mentioned:۱- The use of raw waste that contains pathogenic agents in the surrounding agricultural lands, whicoften belong to livestock farmers; it pollutes the soil. If animal waste is used in the biogas process, while the waste is processed and turned into fertilizer, pathogenic agents will also be completely destroyed.
۲- At present, there are ۱٤ active greenhouse units in Joveyn city, which require heating systems toheat the greenhouse environment in winter. The predominant fuel for heating systems is city gas due to its cheapness and availability. In the cold seasons of the year, due to the drop in gas pressure, in order to provide a stable supply of household gas, greenhouse units are cut off, which has caused the loss of agricultural products and financial damage to the units. Therefore, biogas can be used as a sustainable fuel in the absence of municipal gas.

In this research, the feasibility of biogas production from animal wastes of Joveyn Khorasan Razavi city will be discussed and the parameters effective in the possibility of implementing the project will be investigated.

Methodology

First, by referring to the Agriculture Jihad of the city, the number of farmers and the approximate number of the livestock population of the city were estimated. Joveyn city has more than ۱۳۳۸ farmers and an approximate number of ۷۷۲۹ heavy livestock. Then the livestock population was divided into six categories of purebred cows and calves, mixed cows and calves, indigenous cows and calves, buffalo, sheep and goats according to the type of livestock. In the next step, the production tonnage of livestock waste for each animal was calculated during one year. Then, by referring to the sources, the coefficients that can be collected of livestock wastes were extracted. Having the coefficients of collecting livestock wastes and the number of heads, the volume of wastes that can be collected was calculated separately according to the type of livestock. Finally, knowing the potential of biogas production from each ton the biogas production potential of fresh cow, goat, goat, sheep and lamb excrement was calculated during one year.

Biogas production potential is ۲۸۱ cubic meters per ton of fresh cow excrement and ۱۲۰ cubic meters per ton of fresh goat and goat excrement as well as sheep and lamb. Based on this, it is possible to

calculate the potential of biogas produced from animal waste that can be collected in one year in the city as follows:

۳۲۴۲۵۷۴۰=(۱۲۰*۱۲۰)+(۱۲۰*۳۵۳۶۳)+(۲۸۱*۳۸۵۰۸)+(۲۸۱*۶۰۹۱۲)=production potential of biogas from animal waste in the city (cubic meters per year)

It can be seen if all the livestock wastes of the city (۱۳۶,۸۲۶ tons per year) are used. About ۳۲۴۲۵۷۴۰ million cubic meters of biogas will be produced per year.

According to Table ۲, the calorific value of biogas is ۵,۹۶ and the calorific value of natural gas is ۷,۵۲ kilowatt hours per cubic meter. Therefore, the calorific value of biogas is equal to ۰,۷۹ of the calorific value of natural gas, as mentioned, if all the animal wastes that can be collected in the city are used, biogas equivalent to ۳۲,۴ million cubic meters per year will be created. Considering its calorific value, this biogas will be equivalent to ۲۵۶۱۶۳۴۶ cubic meters of natural gas.

Conclusion

Note that this technology, in addition to energy production, has other advantages. This amount of waste that can be collected, if it is left in the space in this way, the resulting methane, which is left in the space and is not consumed, in addition to causing the warming of the earth's air, also causes many environmental problems brings. Also, the use of this technology will create significant added value. Considering the high potential of the country in the production of biogas, if all the villages and industrial cattle farms of the country use this technology, the added value of the agricultural sector can be increased due to the production of enriched fertilizer and the added value of the energy sector due to the production of biogas and then electricity. It will be considered. Therefore, the use of this technology, in addition to other benefits, can also contribute to economic growth. Based on this, it is suggested that all industrial cattle farms and villages use this technology; In addition to achieving the mentioned advantages, the country's economic growth will also increase.

Keywords

Iran, biogas, potential, anaerobic fermentation, animal waste