بررسی و مقایسه انواع دستگاه‌های تولید بیوگاز و تطبیق پذیری آن‌ها با شهرستان اهواز

رضا حسام‌پور*[۱]، مهرداد حسنی[۲]، حسین محمدی لندی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون، دانشگاه ایلام
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون، دانشگاه تبریز
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر
*نویسنده مسئول : r.hesampour@yahoo.com

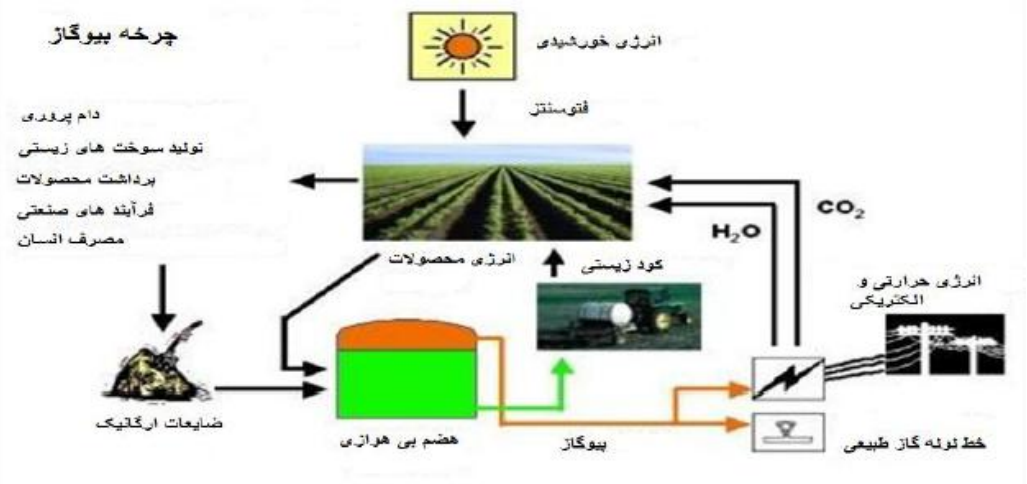
چکیده

از آن‌جایی که در بیشتر کشورهای جهان از فناوری‌های بیوگاز استفاده می‌شود، بنابراین هر کشوری بنا به شرایط اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی خود اقدام به ساخت انواعی از دستگاه‌های هاضم کرده است که بیشترین سازگاری را با شرایط آب و هوایی خود داشته باشد و با بهترین کارکرد بتواند گاز تولید نماید، براین اساس طرح‌های بیشماری از دستگاه‌های تولید بیوگاز در جهان به وجود آمده‌اند. از آن‌جایی که کشور ایران دارای آب و هوایی متنوعی می‌باشد، بنابراین طراحی یک نوع سیستم برای چند منطقه فاقد کارایی لازم می‌باشد. به عنوان مثال ممکن است یک طرح که در مناطق گرمسیری خوب کار می‌کند در مناطق سردسیری تولید گاز ننماید. از این‌رو لازم است هر منطقه با توجه به شرایط جوی آن ناحیه دارای سیستم بیوگاز مختص آن منطقه باشد. در این مقاله ضمن بررسی انواع طرح‌های بیوگاز موجود در جهان، تطبیق‌پذیری هر سیستم با اقلیم شهرستان اهواز مورد بررسی قرار گرفت و بهترین طرح تولید بیوگاز با توجه به شرایط اقلیمی منطقه معرفی شد.

کلمات کلیدی: اقلیم، بیوگاز، هاضم، شهرستان اهواز.

مقدمه

مشکل انرژی امروزه یکی از مشکلات اساسی تمامی کشورهای جهان به خصوص کشورهای در حال توسعه می‌باشد (فروشانی، ۱۳۹۰). در حال حاضر دنیا با دو بحران بزرگ در زمینه انرژی روبه‌رو است، آلودگی محیط زیست در اثر سوختن سوخت‌های فسیلی از یک سو و پایان‌پذیر بودن این سوخت‌ها از سوی دیگر (ضرغامی، ۱۳۹۰). از طرف دیگر سوخت رسانی به روستاهای دور افتاده حتی در خوزستان که منابع غنی انرژی را در اختیار دارد بسیار مشکل و هزینه‌بر می‌باشد. امروزه نیاز و علاقه به جایگزینی این سوخت‌ها با منابع جدید و تجدیدپذیر انرژی زیاد شده است. یکی از منابع تجدیدپذیر بیوگاز است که از پسماندهای دامی، کشاورزی، شهری و صنعتی قابل استحصال است. دامداری‌ها، مجتمع‌های کشاورزی و تقریبا تمام تصفیه خانه‌های فاضلاب کشورهای اروپای غربی مؤظف به استفاده از هاضم‌های بی‌هوازی و واحدهای بیوگازی شده‌اند (الماسی، ۱۳۸۴). امروزه از بیوگاز استفاده‌های زیادی می‌شود شکل (۱) کاربردهای مختلف بیوگاز را نشان می‌دهد. (اندکایی‌زاده، ۱۳۹۳)



شکل ۱. شماتیکی از کاربرد بیوگاز در کشاورزی و صنعت.

برای تولید بیوگاز نیاز به یک دستگاه تولید بیوگاز است. یک دستگاه بیوگاز به طور کلی از دو حوضچه ورودی و خروجی، یک محفظه تخمیر و یک محفظه گاز تشکیل شده است که با توجه به شرایط خاص اقلیمی و امکانات فنی و مالی به شکل‌های مختلف ساخته شده است و بهره‌برداری می‌گردد. هر کشوری بنا به شرایط اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی خود اقدام به ساخت انواعی از دستگاه‌های هاضم کرده است که بیشترین سازگاری را با شرایط آب و هوایی محیط خود داشته باشد و با بهترین کارکرد بتواند گاز تولید نماید، بر این اساس طرح‌های بسیاری از دستگاه‌های تولید بیوگاز در جهان به وجود آمده‌اند. از آن‌جا که شهرها و استان‌ها آب و هوای متفاوتی دارند بنابراین طرح یک نوع سیستم برای چند منطقه فاقد کارایی می‌باشد. به عنوان مثال ممکن است یک طرحی که در مناطق گرمسیری خوب کار می‌کند در مناطق سردسیری تولید گاز ننماید. ناوارو و همکاران(۲۰۱۲) استفاده از فاضلاب صنعت لیمو برای تولید بیوگاز در هاضم بیهوازی که در زمان ماند هیدرولیکی ۱۲ و ۱۶ روز کار می کرد را بررسی کردند آن‌ها با نرخ بارگذاری ۵ گرم به ازای هر لیتر در روز، میزان بیوگاز ۰/۸۷ لیتر به‌ازای هرگرم با بهره‌وری ۰/۸۷ لیتر به‌ازای هر لیتر در روز به دست آوردند و گزارش کردند که این فرآیند در مقیاس صنعتی می‌تواند مشکل آلودگی فاضلاب را حل کرده و منبع انرژی تولید کند که می‌تواند

توسط خود صنعت مورد نظر برای کاهش هزینه‌های تولید استفاده شود. لانزاکوالا و همکاران (۲۰۰۹) هضم بی‌هوازی تفاله سیب برای تولید بیوگاز در هاضم پیوسته را بررسی کردند آن‌ها میزان تولید بیوگاز هضم مشترک تفاله سیب و کشتارگاهی را ۰/۸ مترمکعب به ازای هر کیلوگرم ماده جامد آلی با متان ۷۷–۸۰ درصد گزارش کردند. گروه تخصصی محیط زیست دانشگاه آزاد همدان در پژوهش خود در سال ۱۳۹۰ به بررسی و مقایسه برخی از دستگاه‌های تولید بیوگاز پرداختند. و به این نتیجه رسید که بهترین دستگاه تولید بیوگاز برای ایران دستگاه بیوگاز مدل چینی است که بدنه آن از آجر و مسالح بومی کشور ساخته شود و اغلب اسکلت و ساختمان آن در زیر زمین واقع است. قبادیان (۱۳۷۵) در پژوهشی به طراحی دستگاه بیوگاز گنبدی ثابت پرداخت. در این مقاله ابتدا طبقه‌بندی دستگاه‌های بیوگاز، محل مناسب احداث دستگاه، ملاحظات طراحی مخزن هاضم، اندازه دستگاه و حجم آن مورد بررسی قرار گرفت و سپس به طراحی ابعاد مهم و مورد نیاز پرداخته شده است به طوری که تکنسین‌ها و استادکاران ماهر بتوانند از آن در جهت محاسبات دستگاه‌های دیگر با اندازه‌های مختلف و تطبیق با شرایط اقلیمی استفاده کنند. برات قبادیان نتایج حاصل از طراحی یک دستگاه بیوگاز کوچک خانوادگی جهت خانوارهای روستایی با داشتن ۴ راس گاو را از نظر ابعادی مطابق جدول ۱ بیان کرد.

جدول ۱. ابعاد دستگاه بیوگاز خانگی.

پارامتر	اندازه	واحد
حجم مخزن هضم یا تخمیر	۲/۴۲	مترمکعب
قطر مخزن هضم یا تخمیر	۱/۷۵	متر
ارتفاع مخزن هضم یا تخمیر	۱	متر
حجم مخزن گاز	۱/۴۰	مترمکعب
قطر مخزن گاز	۱/۷۵	متر
ارتفاع مخزن گاز	۰/۹۳	متر

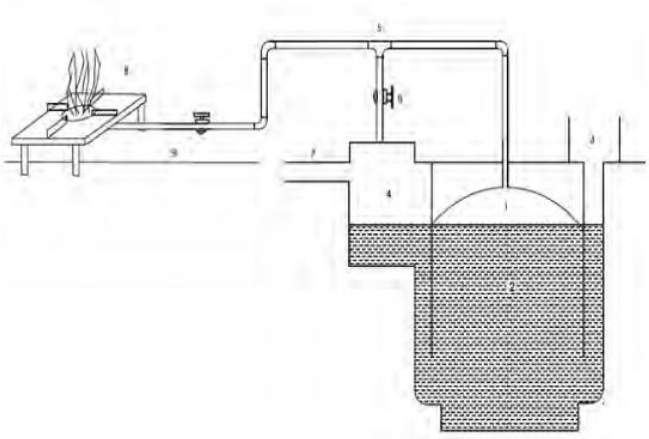
آستانی (۱۳۹۰)، در پژوهشی به برررسی و مقایسه برخی از انواع دستگاه‌های تولید بیوگاز پرداخت. غلامی (۱۳۹۲)، در مطالعه‌ای بر روی بیوگاز با عنوان ا ستفاده از فناوری بیوگاز در رو ستاها و جایگزینی آن به عنوان سوخت پاک پرداخت و نتایج این تحقیق را به این صورت شرح داد که ا ستفاده از منابع زیست توده در ظرفیت‌های بزرگ و در زمان‌های کاری زیاد مقرون به صرفه می‌با شد و اعطای وام‌های کم بهره در این ضمینه می‌تواند بسیار موثر باشد. با احداث نیروگاه‌های بیوگاز ضمن جمع‌آوری و کنترل آلاینده‌های زیست‌محیطی و کمک به حفظ بهدا شت و سلامت عمومی جامعه می‌توان بخ شی از انرژی الکتریکی و حرارتی مورد نیاز را تامین کرد. هدف از این تحقیق انتخاب دستگاه مناسب تولید بیوگاز با توجه به شرایط آب و هوایی جنوب خوزستان است.

مواد و روش‌ها

انواع مختلفی از دستگاه‌های تولید بیوگاز در نقاط مختلف جهان طراحی و نصب گردیده‌اند. بیشتر این دستگاه‌ها در مناطق روستایی و مزارع ساخته شده‌اند. گزینه استفاده شده برای مقایسه کارایی کاری این دستگاه‌ها، مخزن هضم دستگاه می‌باشد. در این پژوهش این مخازن از لحاظ طراحی، ساخت و تجهیزات بررسی می‌گردند تا میزان کارایی هر طرح مشخص و سپس این طرح‌ها با هم مقایسه می‌گردند. مهم‌ترین طرح‌ها عبارتند از:

دستگاه بیوگاز مدل چینی

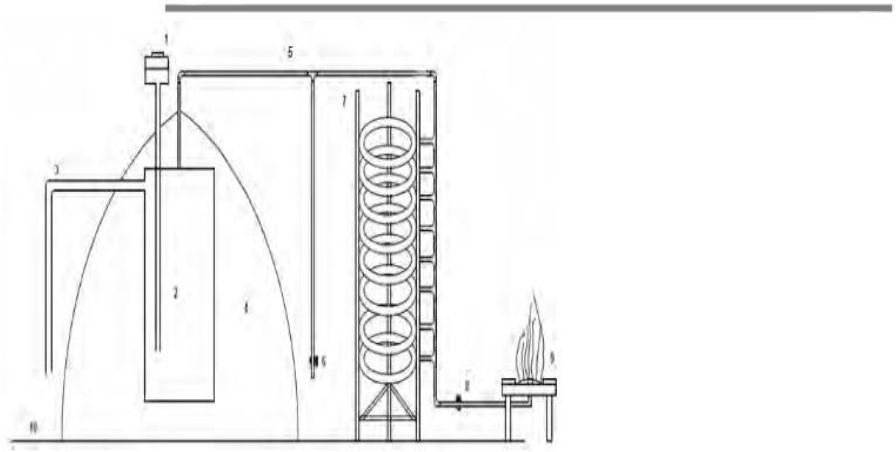
این سیستم به صورت یک مخزن گنبدی شکل و در عمق زمین ساخته می‌شود مخزن گاز و تخمیر مشترک می‌باشد و به علت جای‌گیری دستگاه در عمق زمین از نظر صرفه جویی در مکان و فضای مورد نیاز و تثبیت حرارت و مقاومت دستگاه در مناطق سردسیری دارای اهمیت و کارآیی بالایی می‌باشد. اصولا دستگاه‌های با مخزن گنبدی ثابت به نوع چینی معروف هستند و گاز در آنها در بالاترین قسمت مخزن هضم، جمع می گردد. زمانی که تولید گاز آغاز می گردد، پساب موجود در مخزن هاضم به سوی حوضچه خروجی جابجا می‌شود و هر چه میزان گاز تولیدی بیشتر شود فشار آن در مخزن افزایش می‌یابد. از آنجایی که نوع گنبدی ثابت ظرفیت ذخیره گاز پایینی دارد، برای جلوگیری از نشت گاز باید به خوبی گازبندی شود. به طور کلی دستگاه بیوگاز چینی روزانه ۱/۲ متر مکعب بیوگاز تولید می‌کند.



شکل ۲. دستگاه بیوگاز اسلاح شده نوع چینی ۱. محفظه گاز با قبه ثابت ۲. جاذب ۳. مخزن ترکیب ٤. محفظه‌ی کمکی ٥. خط گازی ٦. شیر خروج آب ۷. لوله‌ی خروج ۸. اجاق ۹. سطح زمین.

دستگاه بیوگاز مدل فرانسوی

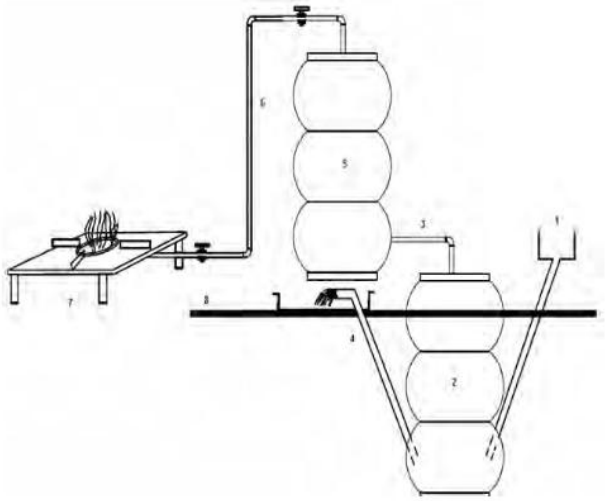
محفظه فولادی ا ستوانه‌ای از اتصال ورقه‌های ms به ضخامت mm ۱۲ ساخته شده ا ست. سرپوش این محفظه به صورت بدون هوا مهر شده و با سوپاب گاز متناسب شده است. این غلتک با قیر پوشانده می‌شود و در یک کیسه پلی‌اتیلن پیچیده می‌شود و در فضولات جامد دفن می‌گردد. $\frac{3}{4}$ جاذب پس از رقیق شدن با آب برای تنظیم محتوای مواد جامد به ۱۰٪ با فضولات حیوانی پر می شود. این د ستگاه در مناطق سرد کارامدترعمل می‌کند و برای مناطقی که درجه حرارت آن به زیر صفر درجه می‌ر سد تو صیه می‌شود.



شکل ۳. دستگاه بیوگاز مدل فرانسوی ۱. لوله‌ی ورودی ۲. جاذب فولادی ضد زنگ ۳. لوله‌ی خروجی ٤. غلتک زیست توده با پوشش فولادی ٥. خط گازی ٦. شیر آب ۷. لوله‌های تایر واگن باری ۸. شیر گاز ۹. اجاق ۱۰. سطح زمین.

دستگاه بیوگاز با لوله چرمی

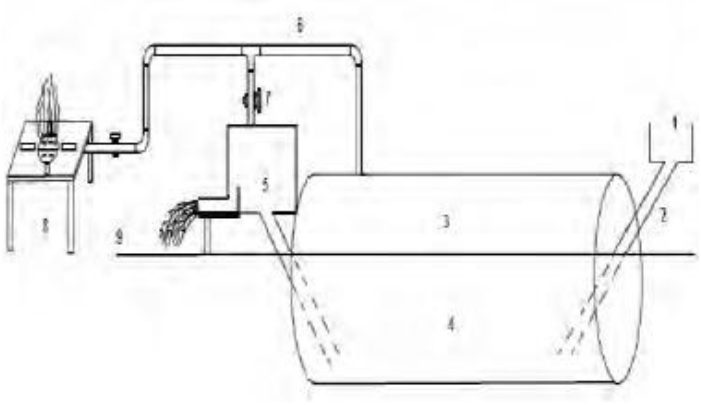
ســر لوله‌ی داخلی از تایرهای واگن باری، به شــکل مدور برش می‌خورد و بر روی بک ســری از لبه‌های چرخ دوچرخه امتداد می‌یابد و با سیم فولادی سایز ۴ میلی متر در شیار لبه‌های چرخ حفظ می‌شود، تا ا ستوانه را شکل دهد. این پایانه‌های باز سیلندر با استفاده از شیارهای حول تخته‌های جوب، بسته شده‌اند. لوله‌های ورودی و خروجی pvc روی لبه‌های کناری انتهای پایین‌تر مونتاژ ثابت شده‌اند سوپاپ‌های گازی در تخته بالاتر متناسب شده است. کل این مونتاژ درون حفره‌ی ا ستوانه‌ای پایین می‌رود و از طریق کودابه دامی درون لوله داخلی پر می‌شود. این حفره به جاذب لوله‌ای چرمی اجازه نمی‌دهد تا بیش از محدوده‌ی معین شده گسترش یابد. بیوگاز تولید شده در لوله‌های جرمی م شابه‌ای ذخیره می شود که از مونتاژ همان مواد اولیه بکار رفته در جاذب به د ست آمده است.



شکل ٤. دستگاه بیوگاز با لوله چرمی ۱. مخزن ترکیب ۲. جاذب لوله چرمی ۳. هواکش گازی ٤. خروجی کودابه ٥. حافظ گاز لوله چرمی ٦. خط گازی ۷. اجاق ۸. سطح زمین.

دستگاه بیوگاز با لوله پلی‌اتیلنی

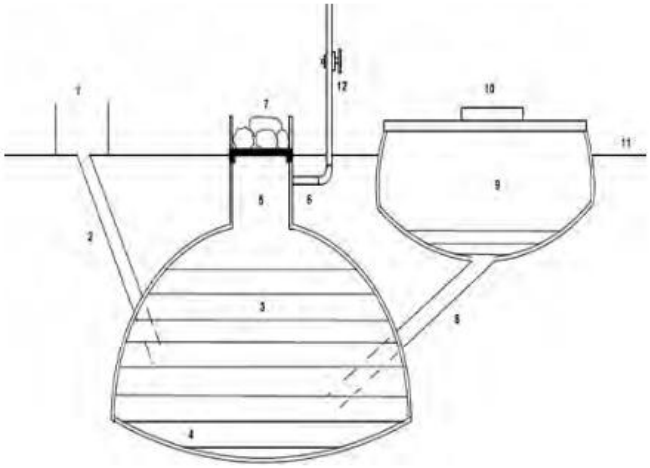
لوله‌ی پلی‌اتیلن با ضـــخامت mm ۲۸، برای تولید به دســـتگاه‌های بیوگاز کار می‌رود. دو لوله pvc به دو انتهای باز لوله وارد می‌شوند و با یک نوار نایلونی نازک بسته می‌شوند (۵). لوله پلی اتیلن روی سطح بالایی کیسه پلی‌اتیلن ثابت شده است و به عنوان دریچه گاز به‌کار می‌رود. کل اتصال‌ها به لحاظ نشتی مشکلی ندارند. $\frac{3}{4}$ کیسه پلی‌اتیلن از طریق لوله ورودی با کودابه کود حیوانی پر می‌شـــود. بیوگاز روی ســـطح کودابه داخل کیســـه جمع‌آوری می‌شـــود و در صـــورت نیاز از طریق دریچه گاز اســـتفاده می‌گردد (پروانچون، ۲۰۰۲).



شکل ٥. دستگاه بیوگاز با کیسه پلی‌اتیلن ۱. مخزن مخلوط ۲. لوله ورودی pvc ۳. کیسه هاضم استوانه‌ای روی زمین ٤. کیسه هاضم استوانه‌ای زیر زمین ٥. خروجی با محفظه ثانویه ٦. لوله گاز ۷. شیر خروج چکه آب ۸. اجاق ۹. سطح زمین.

دستگاه بیوگاز مدل نپالی

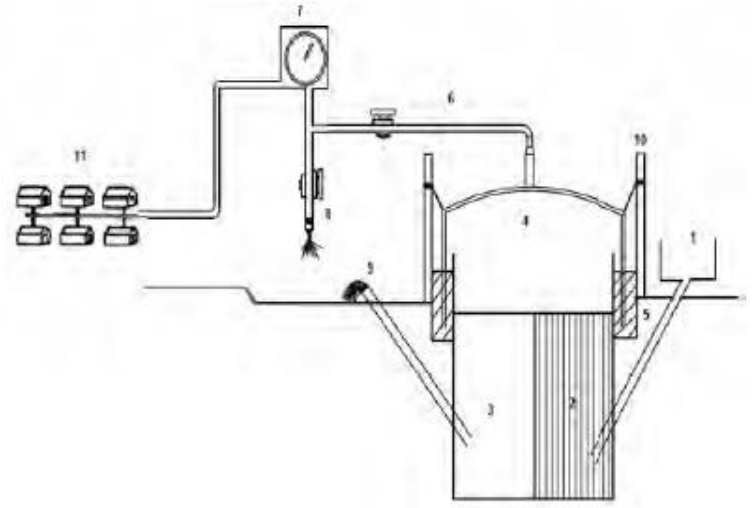
این واحد برای تولید بیوگاز در کشور نپال استفاده می‌گردد و شباهت زیادی به مدل چینی دارد جنس این مخزن اصولا از ملات ماسه، سیمان، آجر یا خشت می‌باشد تکنولوژی و ساخت آن مانند مدل چینی می‌باشد (سید جواد شیخ الاسلامی، ۱۳۷۷)



شکل ٦. دستگاه بیوگاز مدل نپالی ۱. مخزن مخلوط ۲. لوله‌ی ورودی ۳. کودابه ٤. محل تجمع سنگریزه ٥. مخزن گاز ٦. لوله‌ی خروج گاز ۷. درب مخزن ۸. لوله خروجی ۹. مخزن خروج کودابه ۱۰. درپوش مخزن کودابه ۱۱. سطح زمین.

دستگاه بیوگاز مدل هندی

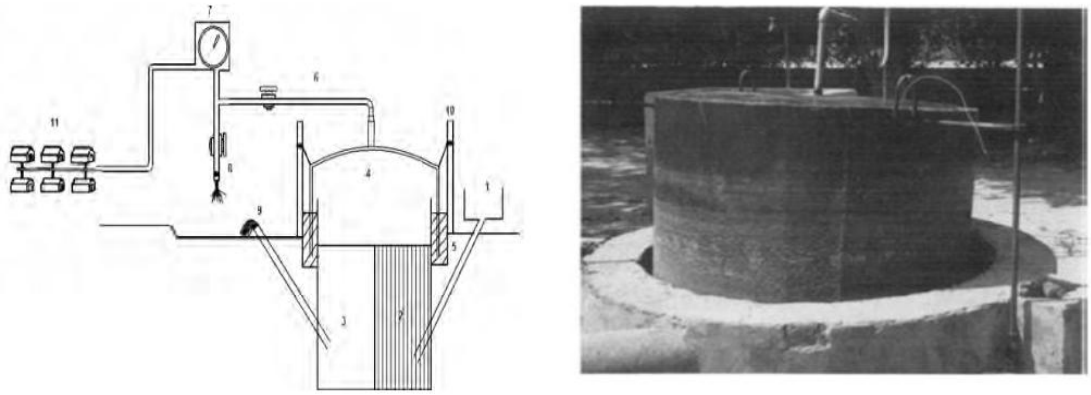
طراحی و ساخت این مدل نیز مانند مدل چینی می‌باشد و تنها تفاوت بارز آن با نوع چینی، مربوط به مخزن جمع‌آوری گاز می‌باشد. دستگاه‌های بیوگاز با مخزن شناور گاز در گذشته عمدتا در هندوستان ساخته می‌شدند و به نوع هندی معروف هستند (شکل ۷) (الماسی، ۱۳۵۷). در این دستگاه‌ها مخزن گاز به‌طور مستقیم درون پساب مخزن هاضم شناور است. مواد اولیه از حوزچه ورودی پس از مخلوط با آب به داخل مخزن تخمیر که در داخل زمین قرار دارد هدایت شده و و پس از تولید گاز مواد تخمیر شده به طرف حوضچه خروجی که در راستای حوضچه ورودی قرار گرفته حرکت کرده و گاز تولیدی در داخل محفظه فلزی گاز که به صورت معکوس روی دهانه مخزن تخمیر قرار گرفته، جمع‌آوری می‌شود (الماسی، ۱۳۸۴).



شکل ۷. دستگاه بیوگاز مدل هندی ۱. مخزن ترکیب مواد با آب ۲. جاذب اولیه ۳. جاذب ثانویه ٤. حافظ متحرک گاز ٥. آب همراه با روغن ٦. خط گاز ۷. مقیاس اندازه‌گیری گاز ۸. شیر آب ۹. لوله‌ی تخلیه ۱۰. حفاظ حرکت غلتک ۱۱. کولونی.

دستگاه بیوگاز مدل عمودی

اصولا یک فرو رفتگی مدور به عمق۳/۵ متر، حفر می‌گردد. زمین از یک طرف این فرو رفتگی، برای ایجاد یک لوله ورودی بریده و خارج می‌گردد. روی سطح لایه توپی آجر با سیمان و ماسه پوشیده می‌شود و با مقدار مناسبی آب مخلوط می‌گردد تا فوندانسیون را شکل دهد. جاذب مدور، در ابن نوع هاضم‌ها به گونه‌ای ساخته می‌شود که ۳/۵ متر زیر زمین و ۰/۵ متر بالای سطح زمین باشد کف مخزن ۰/۱۵متر بالاتر از لبه‌ی جاذب قرار می‌گیرد و لوله‌ی خروج در ســـمت مخالف لوله ورودی در دیواره‌ی جاذب نزدیک به لبه ثابت شده ا ست. ا صولا تولید بیوگاز در د ستگاه‌های عمودی ساز در زم ستان کاهش و در تاب ستان افزایش می‌یابد که ثابت کننده‌ی نامناسب بودن این مدل برای تولید بیوگاز در مناطق سرد سیر است.



شکل ۷. دستگاه بیوگاز مدل عمودی.

نتایج و بحث

دستگاه‌های مدل چینی و نپالی

دستگاه‌های مدل چینی و نپالی دائما مشکل نشتی دارند و علاوه بر این فشار گاز آن‌ها پایین است این دستگاه روزانه در حدود ۱/۲ مترمکعب بیوگاز تولید می‌کنند (الماسی، ۱۳۸۴). این دستگاه مضرات کمی دارد که شامل فشار پایین گاز و نشت اندک در قبه است چسبیدن و پوشش دادن مواد مهر و مومی متفاوت درون و بیرون قبه، نمی‌تواند نشتی را مشخص کند .علاوه بر این وقتی بیوگاز کودابه را درون محفظه بیرونی فشار می‌دهد، حرارت فراگیر جاذب به ویژه در زمستان به محض اینکه کودابه در معرض هوای سرد قرار می‌گیرد، کاهش می‌یابد. دستگاه بیوگاز چینی برای منطق با نوسانات شدید دمایی مناسب نیست. و این به دلیل ترک‌های ظاهر شده روی قبه است که حاصل از تغییرات شدید جوی بین ۱۰ تا ۴۴ درجه سانتی‌گراد در زمستان و تابستان است. همچنین ساخت دستگاه بیوگاز سایز خانواده، گران است. این دستگاه برای نواحی کوهستانی و معتدل کاربرد دارد (جانس، ۱۹۸۰؛ پراونچون، ۲۰۰۲).

دستگاه بیوگاز مدل هندی

در مدل هندی وجود سرپوش متحرک باعث می‌شود که فشار گاز حین مصرف ثابت باقی بماند. البته این فشار به وزن سرپوش بستگی دارد. این مدل برای مناطق سرد و پرباران توصیه نمی‌شود زیرا مخزن گاز با محیط در تماس است؛ بنابراین حرارت دستگاه را دفع می‌کند و در تماس با رطوبت دچار زنگ‌زدگی می‌شود. در این نوع دستگاه‌ها هزینه ساخت مخزن شناور سنگین است. عمر مفید هر واحد به طور معمول ۱۵ سال است اما در نواحی گرم و شرجی عمر دستگاه کاهش می‌یابد و حدود ۵ سال می‌شود.

دستگاه بیوگاز مدل فرانسوی

دستگاه‌های بیوگاز نوع فرانسوی در فصول سرد، کارآمدتر عمل می‌کنند و برای نواحی که حرارت جوی آن‌ها به زیر صفر درجه می‌رسد، توصیه می‌گردند. این دستگاه روزانه ۱/۱۳ مترمکعب بیوگاز تولید می‌کند و مناسب‌ترین مدل هاضم برای توده‌های زیستی با فیبر بالا می‌باشد افت حرارت جوی در زمستان، بر مقدار تولید بیوگاز تاثیر نمی‌گذارد حرارت درونی جاذب در آن‌ها تا ۵۶ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. این دستگاه برای نواحی مرتفع و سرد ایران مثل اردبیل، همدان و غیره مناسب می‌باشد (تنچر، ۱۹۸۷).

دستگاه بیوگاز لوله چرمی

این دستگاه‌ها ارزانتر از دیگر هاضم‌ها هستند و برای نواحی گرمسیری بسیار کارآمدند اما به سرعت فرسوده می‌شوند و نمی‌توان آنها را برای نواحی سرد پیشنهاد کرد. این دستگاه‌ها نسبت به تغییرات فصلی و نور خورشید حساسیت بالایی دارند. دستگاه‌های بیوگاز پلاستیکی با لوله چرمی به سرعت فرسوده می‌شوند که این ناشی از تغییرات فصلی و اشعه نور خورشید است. این دستگاه،

علیرغم مراقبت‌های شدید حین ساخت و نصب، نتایج معتبری به دست نمی‌دهد که این ناشی از نشتی است. تلاش‌هایی صورت گرفته است تا جاذب کم هزینه‌ای از نو کیسه‌ای را شبیه به آنچه در تایلند بود تولید کند (دولفینگ، ۱۹۸۵) اما به دلیل عدم دسترسی به مواد مناسب، کل تلاش‌ها، بی‌ثمر ماند. بنابراین در حال حاضر، نمی‌توان این نو دستگاه بیوگاز را توصیه کرد. این دستگاه برای تولید گاز در گلخانه‌ها بسیار مناسب می‌باشد (انن، ۲۰۰۴).

دستگاه بیوگاز مدل عمودی

اصولا تولید بیوگاز در دستگاه‌های عمودی سایز مزرعه‌ای در تابستان افزایش و در زمستان کاهش می‌یابد که همین ثابت کننده‌ی نامناسب بودن آن برای نواحی با اقلیم سرد است .سیستم پوششی آب و روغن، پوسیدگی محافظ فولادی گاز را کم می‌کند، از رقیق شدن فزاینده کودابه با آب باران، جلوگیری می‌کند و نشت بیوگاز از کناره‌های محافظ گاز را در مورد دستگاه بیوگاز عمودی از بین می‌برد. بهره برداری و نگهداری از دستگاه بیوگاز به مهارت خاصی نیاز ندارد و هرکس به راحتی می‌تواند از آن استفاده کند (الماسی، ۱۳۵۹). این دستگاه در هر روز تابستان حدود ۲/۸ مترمکعب بیوگاز تولید می‌کند این دستگاه برای مناطقی مناسب است که درجه حرارت آن زیر ۲۰ درجه سانتی‌گراد نباشد. این دستگاه در تابستان، بیوگاز کافی را برای نیازهای پخت و پز و گرمایی در حد نیاز متوسط خانواده‌ها فراهم می‌سازد (پروانچون ۲۰۰۲؛ روبرت، ۱۹۸۷).

نتیجه‌گیری

با توجه به این که شهرستان اهواز در جنوب غربی کشور واقع شده و دارای آب و هوای گرم و خشک می‌باشد استفاده از دستگاه هاضم مدل عمودی و دستگاه هاضم مدل چرمی توصیه می‌شود. اما با توجه به اینکه دستگاه‌های هاضم مدل چرمی حساسیت بالایی به نور خورشید دارند و به سرعت فرسوده می‌شوند، استفاده از دستگاه‌های هاضم عمودی در اولویت می‌باشد.

منابع

فروشانی، م.، ۱۳۹۰. مطالعه روش‌های مختلف استحصال بیوگاز در ایران و ارائه راهکارها. سومین همایش ملی مهندسی عمران.

ضرغامی، ا.، ۱۳۹۰. ماهیت و الزامات استفاده از بیوگاز. همایش ملی اصلاح الگوی تولید و مصرف.

اندکایی‌زاده، ک.، ۱۳۹۳. تحلیل فرآیند تولید بیوگاز از زباله‌های شهری. اولین همایش ملی مدیریت انرژی‌های نو و پاک.

قبادیان، ب.، ۱۳۷۵. طراحی دستگاه بیوگاز گنبدی ثابت، اولین سمینار بیوگاز در ایران.

غلامی، م.، ۱۳۹۲. استفاده از فناوری بیوگاز در روستاها و جایگزینی آن به عنوان سوخت پاک، چهارمین همایش بیوانرژی ایران.

آستانی، س.، ۱۳۹۰. بررسی و مقایسه برخی از انواع دستگاه‌های تولیدکننده بیوگاز. دومین همایش بیوانرژی ایران.

الماسی، م.، ۱۳۸۴. درسنامه دوره کارشناسی ارشد مکانیزاسیون، مدیریت مصرف انرژی در کشاورزی .دانشگاه شهید چمران اهواز.

شیخ الاسلامی، ج.، ۱۳۷۷. محاسبات و طراحی ساخت یک مخزن تخمیر .مجموعه مقالات سمینار بیوگاز در ایران.

الماسی، م.، ۱۳۵۷. بهره برداری از مواد زائد کشاورزی به منظور تولید انرژی، کود و کاهش آلودگی .مجله علمی کشاورزی:دانشکده کشاورزی دانشگاه جندی شاپور اهواز.

Pervanchon, F., C, Bockstaller., and P, Giradin., 2002. "Assessment of Energy Use in Arable Farming Systems by Means of an Agro- Ecological Indicato": the Energy Indicator. Agricultural Systems

Robeert, A., 1987. "On- Farm Biogas Production". Northeast Regional Agricultural Engineering Service.United States Department of Agriculture (USDA).

Johns, J., Nye, C., and Dale. A.C., 1980."Metan Generation From Livestock Waste". Perdue Universuty, Cooperatuve Extention Service, West Lafayette, IN.

Tentschr, W., 1987. "Division of energy technology". Thailand RERIC News.

Dolfing, J., 1985. "Kinetics of methane formation by granular sludge atlow substrate concentrations".

Ann, C., Wilkie., 2004. "Global Climate Energy Program (GCEP) Biomass Energy Workshop". Stanford University.

Navarro, A.R., Rubio, M.C., and Maldonado, M.C., 2012. A combined process to treat lemon industry wastewater and produce biogas. Clean Techn Environ Policy, 14 :41-45.

Llaneza Coalla, H., Blanco Fernández, J.M., Morís Morán, M.A. and López Bobo, M.R. 2009. Biogas generation apple pulp. Bioresource Technology, 100:3843–3847.