

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне дипломске студије
Смер: Енергетика и процесна техника
Предмет: Процесни апарати и постројења
Број индекса: 26/2002

Слободан Стевановић

**Студија изводљивости производње биогаса из отпадног
компоста за производњу шампињона, са идејним решењем
и техно-економском анализом когенерационог постројења
за коришћење биогаса**

Дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Милун Ј. Бабић - ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____
Оцена: _____

Резиме

Начин и специфичности производње биогаса од компоста који се користио за узгајање шампињона, описани су у овом дипломском раду.

Дипломски рад је обрађен на 57 страница А₄ формата, а текст је организован у 9 поглавља и садржи 21 слику и 11 табела.

Прво поглавље говори о општим условима коришћења обновљивих извора енергије који представљају једну од могућности да друштво обезбеди свој одрживи развој.

Друго поглавље обрађује технолошке поступке за добијање биогаса из компоста који се користио за узгајање шампињона: припрема компоста, његова разградња и време задржавања у дигестору, квалитет бактерија, однос угљеника и азота, мешање супстрата, времена боравка и одвајања влаге.

Треће поглавље представља примере добре праксе: коришћење биогаса као енергента у индустрији и домаћинствима као и предности коришћења биогаса у погледу смањења емисија штетних гасова, док се у четвртном поглављу разрађује: идејно решење постројења са свим потребним техничко-технолошким шемама, прорачун запремине дигестора, принос гаса, резервоара за прикупљање компоста и гаса.

У петом поглављу говори о когенерацији и предностима когенерације на бази биомасе, са економским показатељима исплативости за Србију.

Шесто поглавље описује избор одговарајућег когенерационог модула на основу доступне количине гаса.

Карактеристике когенерационог модула одабраног на основу количине биогаса коју је могуће добити из компоста, описане су у седмом поглављу.

Осмо поглавље обухвата техно-економску анализу постројења, у којој су узети у обзир подстицаји за произвођаче електричне енергије из обновљивих извора енергије који су описани у деветом поглављу.

Кључне речи: Шампињони, компост, биогас, когенерација, електрична енергија, топлота

Abstract

Method and specificity for production of biogas made of compost are described in this thesis. This thesis contains of 57 pages of text organized in 9 chapters with 21 picture and 11 chart.

The first chapter is about general conditions of renewable energy sources use which represent one of possibilities of society sustainable growth.

The second chapter describes technological procedures for derivation of bio gas which was used for champignon growing: compost preparation, its decay and keeping time

in digester, bacteria quality, ratio of carbon and nitrogen, mixture of substratum, time it spends in digester and moisture extraction.

The third chapter presents good practice examples of bio gas use as energy source in industry and households and its advantages in reduce of harmful exhaust gases, while the chapter four develops: practical solution for ideally solution for digester plant including all necessary technical and technological schemes, estimate of digester volume, gas production, reservoirs for gas gathering.

The fifth chapter is about cogeneration and advantages of biomass cogeneration according to Serbian economic profitability indexes.

The sixth chapter describes choice of appropriate cogeneration module based on available quantity of gas.

Characteristics of cogeneration module chosen by the quantity of biogas which can be extracted from compost are described in chapter seven.

The eight chapter includes techno-economic analysis of facilities which concerns stimulations for electrical power producers from renewable energy sources which are described in chapter nine.

Keywords: Mushrooms, compost, biogas, cogeneration, electricity, heat production

Садржај:

1.0	Увод.....	7
1.1	Обновљиви извори енергије.....	8
1.2	Когенерација.....	11
2.	Технолошки поступак за добијање биогаса.....	13
2.1	Припрема биолошког импута.....	13
2.2	Разградња.....	14
2.3	Бескисеонична атмосфера дигестора.....	16
2.4	Температура одвијања процеса.....	16
2.5	Време задржавања материје у дигестору.....	17
2.6	Крупноћа и врста материје.....	17
2.7	Киселост.....	17
2.8	Квалитет метанских бактерија.....	17
2.9	Однос угљеника и азота у материји која се дигестира.....	17
2.10	Мешање супстрата унутар дигестора.....	18
2.11	Отклањање пливајуће коре.....	18
2.12	Однос суве материје и воде.....	18
2.13	Одговарајући проток количине органске материје кроз дигестор.....	19
2.14	Време боравка.....	19
2.15	Одвајач влаге.....	20
2.16	Контаминација.....	20
3.	Примери добре праксе.....	21
4.	Идејно решење постројења са свим потребним техничко-технолошким шемама.....	23
4.1	Добијање компоста.....	23
4.2	Прорачун запремине дигестора.....	25
4.3	Резервоар за прикупљање компоста.....	28
4.4	Прорачун резервоара за складиштење ђубрива.....	28
4.5	Прорачун пречника цевовода.....	29
4.6	Шематски приказ постројења.....	30
5.	Когенерација.....	31
5.1	Цена електричне и топлотне енергије.....	31
5.2	Кључни фактори исплативости.....	31
5.3	Зашто когенерација на бази биомасе.....	32
5.4	Економски показатељи примене биомасе за когенерацију.....	33
5.5	Когенерација на биогас.....	33
5.6	Когенерационе технологије које могу користити биомасу као гориво.....	35
5.7	Постројење са гасним мотором.....	37
6.	Избор когенерационог модула.....	40
6.1	Укупна дневна количина енергије.....	40
7.	Спецификација мотора МСНР1.0К2 фирме Honda.....	41
7.1	Основне карактеристике.....	41
7.2	Основни технички подаци.....	42
7.3	Компоненте СНП уређаја.....	42
8.	Техно-економска анализа постројења.....	48
8.1	Земљани радови.....	48
8.2	Бетонски и бетонско-армирачки радови.....	49
8.3	Армирачки радови.....	50
8.4	Изолатерски радови.....	51
8.5	Браварски радови.....	51
8.6	Инсталатерски радови.....	52

8.7 Рок отплате финансијске инвестиције.....	53
9. Уредба о мерама подстицаја за повлашћене произвођаче.....	54
10. Закључак.....	56
11. Литература.....	57

1.0 Увод

Електрична енергија стално поскупљује, а глобално загревање доноси све веће летње температуре, и још веће рачуне за струју. У свету се рађају нове идеје, како и на који начин доћи до "нове" енергије, како направити уштеде на постојећим системима и истражити нове потенцијале. Посматрањем из инжењерског угла енергија је свуда око нас, а на нама, енергетичарима, је да смислимо начин како да направимо спрегу технологије и екологије, јер енергија представља живот.

Резерве фосилних горива су ограничене и концентрисане у релативно малом броју држава, које се углавном налазе ван европског континента. Поред тога што су ограничена, фосилна горива доприносе и подизању нивоа глобалног загревања, па је транзиција ка одрживим изворима енергије неопходна. Европски енергетски сектор се тренутно суочава са бројним изазовима, као што су обезбеђивање сигурности снабдевања енергијом, стабилизација и смањење емисије гасова стаклене баште, и одржавање конкурентности привреде кроз задржавање цена енергената на приступачном нивоу. Због тога су се све земље чланице ЕУ обавезале на промене односа у енергетском сектору, које се темеље на заједничким правилима прописаним у директивама ЕУ. Владе свих земаља Западног Балкана (Албанија, Босна и Херцеговина, Црна Гора, Хрватска, Македонија, Србија), Влада Румуније и Влада Бугарске, потписали су у Атини 2005. Уговор о оснивању Енергетске заједнице (Уговор између ЕУ и земаља југоисточне Европе), који је ступио на снагу 1. јула 2006. године. Овим уговором се подразумева: формирање стабилног регулаторног и тржишног оквира електричне енергије и гаса, способног за привлачење инвестиција и представља предуслов економског и социјалног напретка; стварање јединственог регулаторног простора за трговину електричном енергијом и гасом; повећање сигурности снабдевања; унапређење заштите животне средине и подстицај коришћења обновљивих извора енергије; подстицање конкурентности на тржишту електричне енергије и гаса. Ратификацијом овог уговора, између осталог, земље Западног Балкана су прихватиле обавезу примене директива које за циљ имају повећање коришћења ОИЕ, и то Директиве 2001/77/ЕК о промовисању производње електричне енергије из обновљивих извора енергије у унутрашњем тржишту енергије и Директиве 2003/30/ЕК о промовисању коришћења биогорива и других горива из обновљивих извора енергије у сектору саобраћаја, као и Директиве 2009/28/ЕК о промовисању употребе енергије из обновљивих извора којом се мењају и допуњавају и на основу које престају да важе Директиве 2001/77/ЕК и 2003/30/ЕК.

Чак и најоптимистичнија предвиђања о резервама угља, нафте и природног гаса у свету, јасно стављају до знања да није далеко дан када ће ови извори енергије постати изузетно ретки и скупи. То је подстакло глобално трагање за алтернативним изворима енергије.

Обновљиви извори енергије (енгл. Renewable energy sources - RES) некада означавани и као трајни енергетски извори, представљају енергетске ресурсе који се користе за производњу електричне или топлотне енергије, а чије резерве се константно или циклично обнављају.

Под појмом *обновљиви извори енергије* (ОИЕ), у смислу чл. 3, тачка 14. Закона о енергетици ("Службени гласник РС" бр. 84/04), подразумевају се извори енергије који се налазе у природи и обнављају се у природи у целости или делимично, посебно енергија водотокова, ветра, неакумулирана сунчева енергија, биомаса, геотермална енергија и др [1].

Сам назив *обновљиви*, као и трајни, потиче од чињенице да се енергија троши у износу који не премашује брзину којом се ствара у природи. Некада се међу обновљиве изворе енергије сврставају и они извори за које се тврди да су резерве толике да се могу експлоатисати милионима година. Ово је у супротности са необновљивим изворима којима су резерве процењене на десетине или стотине година, док је њихово стварање трајало десетинама милиона година.

1.1 Обновљиви извори енергије

Обновљиви извори енергије, не укључујући хидроенергију, дају мање од 1% од укупне енергије у свету. Тај удео у будућности треба знатно повећати јер необновљивих извора енергије има све мање, а њихов неповољан утицај на животну средину и здравље људи је све израженије у последњих неколико деценија. Главни извор енергије у свету су још увек фосилна горива која дају 85 - 90% енергије. Готово 8% енергије добија се из нуклеарних електрана, а тек 3,3% енергије долази од обновљивих извора.

Иако се обновљиви извори енергије троше, они се не исцрпљују, већ се обнављају у одређеним циклусима. Технологија искоришћавања обновљивих извора енергије (нарочито ветра, воде, сунца и биомасе) важна је из следећих разлога:

- обновљиви извори енергије имају врло важну улогу у смањењу емисије гасова стаклене баште у атмосферу,
- повећавањем удела обновљивих извора енергије - повећава се енергетска одрживост система,
- помаже се побољшању сигурности снабдевања енергије.

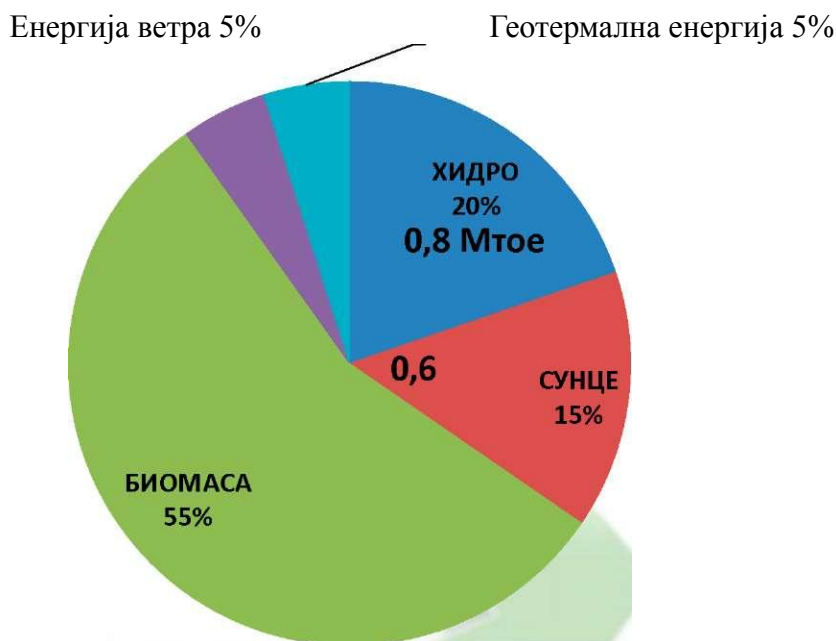
Република Србија планира да привлачењем и ангажовањем приватних извора финансирања у изградњи капацитета снаге 102 MWe који за производњу електричне енергије користе обновљиве изворе, чиме би се створили услови за повећање производње "зелене електричне енергије" за 739,1 GWh [2].

У посматраном периоду ће се производња електричне енергије из обновљивих извора повећати за 7,4% - са 9.974 GWh у 2007. на 10.713 GWh у 2012. са таквим растом очекивања од 11.506 GWh за 2017. годину [2].

Табела 1: *Бруто финална потрошња енергије*

	2009	2013		2014	
	Базна година	Базни сценарио	Додатна енергетска ефикасност	Базни сценарио	Додатна енергетска ефикасност
Грејање и хлађење	4.144	4.923	4.881	4.823	4.739
Електрична енергија	3.079	3.26	3.226	3.284	3.215
Саобраћај	1.926	2.208	2.18	2.273	2.22
БФПЕ	9.15	10.391	10.287	10.383	10.174

Планирани капацитети обухватали су изградњу најмање 45 MWe малих хидроелектрана, 45 MWe ветроелектрана, 5 MWe соларних фотонапонских постројења, 2 MWe постројења на биомасу и 5 MWe постројења која користе биогас, уз укупну вредност инвестиција од око 200 милиона евра током 2012 године. Према националном акционом плану, који на добар начин комбинује национални интерес и међународне обавезе Србије, предвиђа се да Србија добије 1.092 мегавата нових капацитета за коришћење нових извора енергије до 2020. године. (слика 1) Инвестиције у томе треба да буду око две милијарде евра [2].



Слика 1: *Планирана производња електричне енергије из обновљивих извора у Републици Србији, до 2020. године.*

Привлачење и ангажовање приватних извора финансирања, као и финансирање подстицаја и подршке развоју ОИЕ, реализоваће се спровођењем политике подстицаја и механизма за подршку развоју ОИЕ.

Планирано повећање учешћа биогорива у саобраћају у Републици Србији је могуће обезбедити коришћењем биодизела, с обзиром на то да постоје могућности за производњу - од сировина до производних капацитета (процењена могућност

производње је од 141.750 до 250.600 t биодизела годишње, у зависности од структуре сетве) [3].

Када се говори о биогасу, обично се мисли на гас са великом количином метана у себи, који настаје ферментацијом органских супстанци, као што су стајњак, муљ из отпадних вода, градски чврсти отпад, компост или било која друга биоразградива материја, при анаеробним условима. Према месту настанка често се за биогас користе и називи као што су *барски гас*, *депонијски гас*, *мочварски гас* и слично. Свака варијанта има различите нивое метана и угљендиоксида у себи, заједно са мањим уделом других гасова.

Најчешћи биохемијски процес који се користи за конвертовање енергије садржане у биомаси са високим садржајем влаге је анаеробна дигестија код које долази до производње биогаса помоћу бактерија. Како целулоза представља главни градивни елемент сваке биомасе, тако и основне фазе анаеробне дигестије, што ћемо видети у даљем току дипломског рада. Овај процес постаје све популарнији за третирање органског отпада, јер омогућава прикладан начин претварања отпада у електричну енергију, чиме се смањује и количина отпада, као и број патогених супстанци, које се налазе у отпаду. Такође, употреба биогаса се охрабрује, јер се на тај начин добија енергија, а не повећава се количина угљендиоксида у атмосфери, јер метан сагорева знатно чистије у односу на угаљ.



Слика 2: Анаеробни дигестор

Обрада биоразградивих супстанци одиграва се у анаеробном дигестору, који мора да буде пројектован тако да издржи повећани притисак, као и да обезбеди анаеробне услове за развој бактерија у унутрашњости. Дигестори се обично граде у близини извора органског инпута (слика 2.).

У новије време је све већа употреба биогаса добијеног са депонија и из отпадних вода. Чак и када се не користи за добијање топлотне и/или електричне

енергије, депонијски гас се мора прописно одложити и пречистити, јер садржи опасне запаљиве материје од којих многе стварају смог.

Биогас пречишћен до нивоа чистоће за гасовод назива се *обновљиви природни гас* и могуће га је користити у свакој примени у којој се иначе користи земни гас. То укључује дистрибуцију таквог гаса путем гасовода, производњу струје, грејање, загревање воде и употребу у разним технолошким процесима. Компресован биогас може да се користи и као погонско гориво за возила [4].

Биогас се састоји од 50 до 70% метана (CH_4) и 30 до 40% угљендиоксида (CO_2) и других гасова као што су водоник, водоник-сулфид, азот и др. (табела 2.)

Табела 2: Карактеристике биогаса

Супстанце	Хемијска формула	Процентуални садржај (%)
Метан	CH_4	50-70
Угљен-диоксид	CO_2	30-40
Водоник	H	5-10
Азот	N_2	1-2
Водена пара	H_2O	0,3
Водоник-сулфид	H_2S	0-0,5

Биогас је за око 20% лакши од ваздуха, а температура паљења му је у распону од 650° до 750°C. То је гас без јаког мириса и боје. Када сагорева, гори чисто плавим пламеном, слично као природни гас. Топлотна моћ му је између 20-30 MJ/Nm³

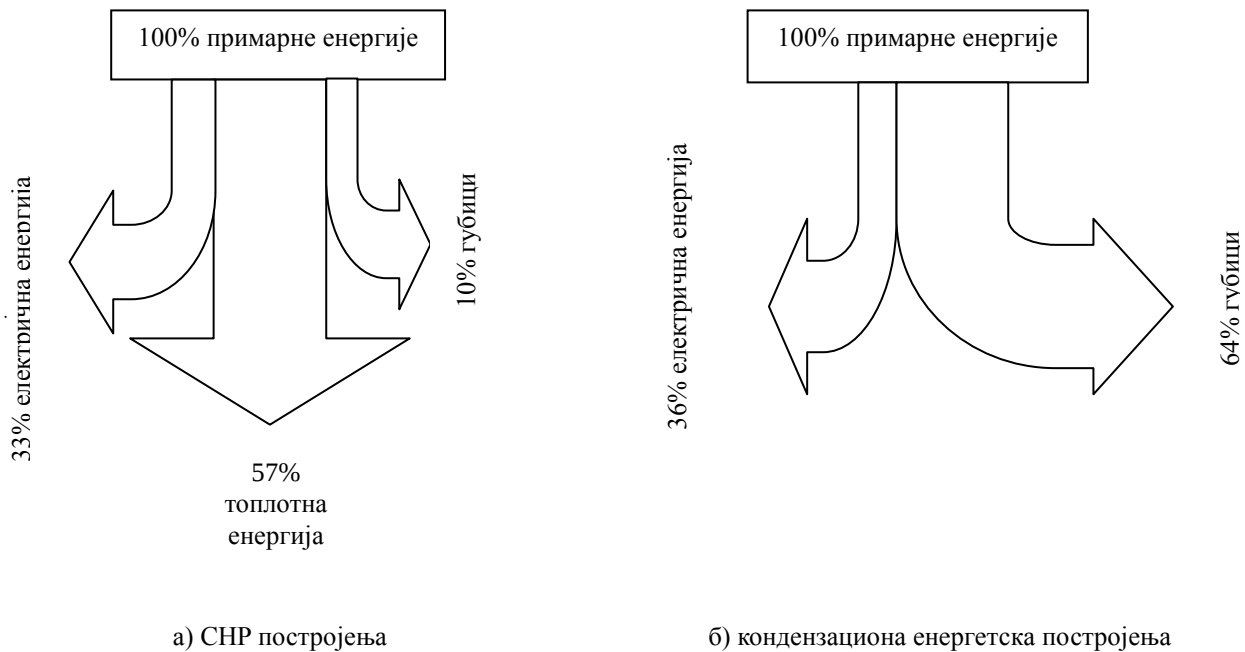
Распадање је процес који почиње са бактеријском хидролизом улазних материјала. При томе се руше непремостиви органски полимери, као што су угљени хидрати који могу бити доступни за друге бактерије. Ацидогене бактерије разлажу шећер и аминокиселине у угљендиоксиде, водонике, амонијаке и органске киселине. Ацетогене бактерије разлажу органске киселине на сирћетну киселину, заједно са додатним амонијаком, водоником и угљендиоксидом. Коначно, метаногене претварају ове производе у метан и угљендиоксид, метаногене бактерије имају не незаменљиву улогу у анаеробним третманима отпадних вода.

1.2 Когенерација

Когенерација представља процес комбиноване производње топлотне и електричне енергије. Због тога се овај производни процес означава ознаком CHP (енгл. Combined Heat and Power - CHP).

Разлози за примену CHP постројења су економске природе и леже у енергетској ефикасности. У већини случајева електрична енергија од биогорива се производи у CHP постројењима, у којима се топлотна енергија трансформише у механички рад, који се најчешће користи за покретање вратила генератора електричне енергије. У пракси је максимални степен корисности који се може

постићи када је у питању електрична енергија, нешто виши од 40%, а остатак корисне енергије користи се за загревање.



Слика 3: Дијаграм тока снаге

У СНР постројењима електрична и топлотна енергија се производе у исто време. За разлику од других енергетских постројења, у којима се произведена топлотна енергија практично "губи" у измењивачима топлоте, код СНР постројења користи се и електрична и топлотна енергија. Уколико је циљ да се биогорива користе најоптималније, онда је, свакако, потребно користити и топлоту која настаје у процесу производње електричне енергије. Децентрализована постројења за комбиновану производњу топлотне и електричне енергије могу остварити укупан степен корисности од 90%. То је значајно повећање укупног степена корисности у односу на степен корисности од 36% који остварују централизована кондензациона постројења за производњу електричне енергије.

2. Технолошки поступак за добијање биогаса

Циљ овог дипломског рада је да прикаже на који начин се може искористити органски отпад који настаје током производње шампињона (компоста) на еколошки начин.

Компост за узгој шампињона (слика 4.) није обични вртни компост. Начин добијања овог компоста није једноставан, зато га је најбоље купити готовог код произвођача. Природни компост добија се од коњског ђубрива уз различите додатке, док се синтетички ради на бази сламе уз додатак кокошијег ђубрива, гипса, пиљевине, суперфосфата, калијумовог сулфата и других супстанци у одређеној мери. Ферментирано ђубриво мора да се пастеризује како би се топлотом уништили потенцијални узрочници болести и штетни материјали. Такође, мора се добро проветрити како у њему не би остало амонијака који би штетио развоју гљива.

Велики произвођачи шампињона користе велике количине компоста и на недељној производњи додаје се додатна количина да би имали циклус производње. При томе имамо употребљавани компост који више не може да се користи за производњу, већ се одлаже на депонована места где почиње његово разлагање и нарушавање животне средине.

У Европи, гљиварска индустрија углавном се фокусира на гајење само неколико врста под стандардизованим условима култивације, у којој шампињони у великој мери доминирају.

2.1 Припрема биолошког инпута

Сађење шампињона се врши у виду малих комадића на дубини од 4 до 5cm или једноставним разбацивањем руком. Гљиве се најбоље могу узгајати у плитким кутијама или лежишту испуњеном органским ђубривом. Коњско ђубриво је било у употреби али и други материјали који могу да се користе су: сено луцерке, кукурузни клип, слама, струготине, живинско ђубриво.



Слика 4: Брикети компоста

2.2 Разградња

Најчешћи биохемијски процес који се користи за конвертовање енергије садржане у биомаси са високим садржајем влаге, је анаеробна дигестија, у току које долази до производње биогаза помоћу бактерија. Добијени гас се може користити за производњу електричне енергије, производњу топлотне енергије или као гориво у транспорту. Остатак који настаје после анаеробне дигестије је ђубриво без загађивача и високог је квалитета.

Анаеробна дигестија представља разградњу органске материје у одсуству кисеоника, што резултира стварањем гаса са високим садржајем метана. Распадање органске материје помоћу бактерија представља природни процес труљења, који укључује низ биолошких корака, при чему одређена класа бактерија, ради свог опстанка, апсорбује енергију из биомасе која се распада и конвертује у метан, угљендиоксид и воду. Овај процес се може интензивирати постављањем органске материје и бактерија у затворене резервоаре, односно дигесторе, који одржавају одговарајућу температуру како би се максимизовала активност бактерија. На тај начин се произведени гас може лако "заробити" и искористити.

Анаеробном дигестијом може се третирати широк спектар органских материјала који потичу из пољопривреде, индустрије, комуналних отпадних вода. У основи било који чврсти или течни органски отпад, прехранбене или пољопривредне индустрије, као што су сурутка, отпаци из кланица, отпадна уља, остаци хране из ресторана итд.

Релативне пропорције метана, угљендиоксида и нечистоћа као што су водоник - сулфид у мешавини гасова који настају анаеробном дигестијом, зависе од врсте органске материје која се третира; од конструкције и величине постројења за производњу биогаза, времена боравка третираног материјала у дигестору и температуре на којој се одвија процес.

Ефектом "стаклене баште" назива се појава загревања Земљине површине која настаје услед вишка угљендиоксида у атмосфери. Са повећаним фокусом на ублажавање климатских промена, поново коришћење отпада као ресурса и нових технолошких приступа који су знатно смањили капиталне трошкове, анаеробна дигестија је последњих година добила већу пажњу међу владама у великом броју земаља.

Основне фазе процеса анаеробне дигестије су:

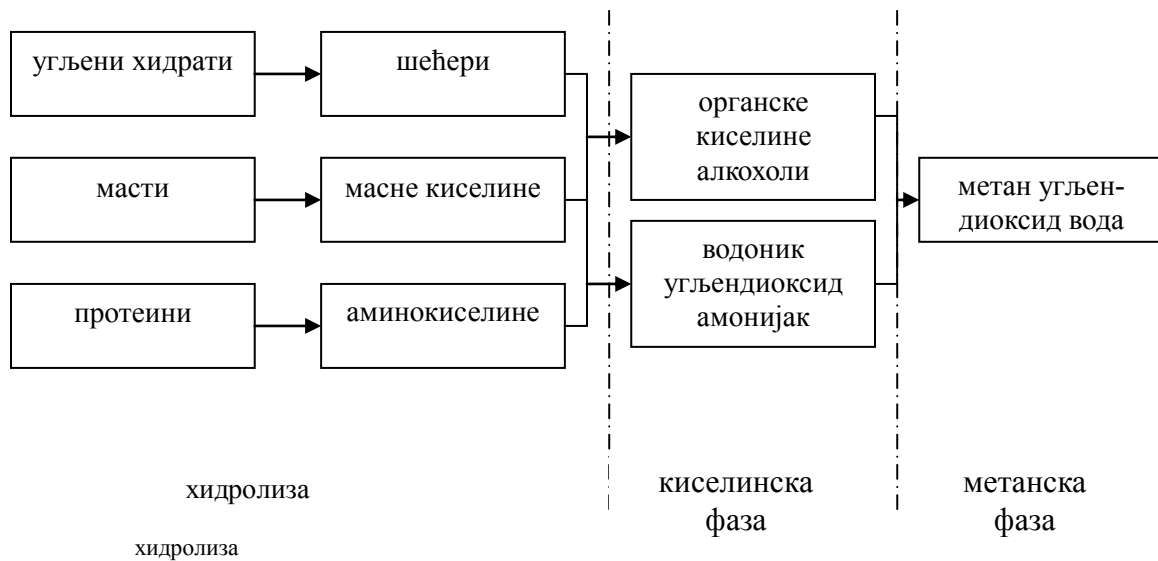
- хидролиза,
- киселинска фаза и
- метанска фаза.

Како целулоза представља главни градивни елемент сваке биомасе, основне фазе имају следећи ток [4].

Прва фаза је хидролиза - под дејством ензима целулоза са водом гради глукозу.

Друга фаза (киселинска фаза) - под дејством киселинских бактерија глюкоза се распада на млечну киселину, бутерну киселину и етанол (алкохол), уз добијање извесних количина гасова (водоника и угљендиоксида); ови гасови настају приликом распадања глюкозе на бутерну киселину и етанол.

Трећа фаза (метанска фаза) - настали гасови (водоник и угљендиоксид) дају метан и воду; етанол са угљен диоксидом даје метан и угљендиоксид; бутерна киселина са водом даје сирћетну киселину и метан, а сирћетна киселина даљим распадањем даје метан и угљендиоксид; на крају метанске фазе продукују се биогас, вода и суспендоване честице различитих органских и неорганских материјала.



Слика 5: Основне фазе процеса анаеробне дигестије

У циљу постизања високог степена разградње органске материје и високог квалитета и приноса биогаса потребно је испунити одговарајуће технолошке услове. Основни технолошки услови процеса анаеробне дигестије су:

- бескисеонична атмосфера дигестора,
- температура у току процеса,
- време задржавања материје у дигестору,
- крупноћа и врста материје,
- киселост, односно одговарајућа рН вредност,
- квалитет метанских бактерија,
- однос угљеника и азота у материји која се дигестира,
- мешање супстрата унутар дигестора,
- отклањање пливајуће коре са површине супстрата, подвргнутог анаеробној дигестији у дигестору,
- однос суве органске материје и воде у материји која се подвргава анаеробној дигестији и
- одговарајући проток количине органске материје кроз дигестор.

2.3 Бескисеонична атмосфера дигестора

Бескисеонична атмосфера дигестора је основни услов за постојање процеса анаеробне дигестије, јер само у бескисеоничној атмосфери дигестора могу се развијати и бити активне метанске бактерије. Обезбеђивање бескисеоничне атмосфере у дигестору врши се добрим заптивањем свих спојева и састава конструкције и цевовода. У почетку рада дигестора, процес је аеробан, тј. у кисеоничној атмосфери, па се развијају аеробне бактерије. Када оне потроше расположиви кисеоник, тек тада почиње процес анаеробне дигестије [4].

2.4 Температура одвијања процеса

Температура на којој се одвија процес анаеробне дигестије представља веома важан параметар, од којег не зависи само којег ће типа бити процес анаеробне дигестије, већ и количина произведеног биогаза, дужина трајања процеса дигестије и степен разградње органске материје. С обзиром на подручје температуре одвијања процеса, разликују се три врсте процеса анаеробне дигестије: психрофилни процес, мезофилни процес и термофилни процес. Код психрофилног процеса карактеристична температура одвијања процеса је од 10 до 20°C, а техничко време дигестије уз разградњу 90% органске материје износи 90 дана. Код мезофилног процеса анаеробне дигестије, карактеристична температура одвијања процеса је од 20 до 40°C, а техничко време дигестије уз разградњу 90% органске материје износи 30 дана. Код термофилног процеса анаеробне дигестије, процес се одвија на релативно високим температурама од 50 до 60°C, а техничко време дигестије уз разградњу 90% органске материје износи 10 дана. При температурама које су ниже од 3°C не постоји активност бактерија, па према томе ни могућност остваривања процеса анаеробног врења [4].

Психрофилни поступци су веома неекономични због дугог трајања дигестије, односно дугог задржавања биомасе у дигестору. Време задржавања у дигестору директно утиче на потребну запремину дигестора, па би дигестор за психрофилни процес морао имати 3 пута већу запремину од дигестора за мезофилни процес при осталим истим параметрима. Психрофилни процес је погодан за земље топлог климатског подручја, као што су земље Јужне Азије, Аустралије, Новог Зеланда, Средње и Јужне Америке, и већине земаља Африке.

У континенталним условима какви владају у Европи и Северној Америци, највише се развијао мезофилни процес, који се одликује умереном потрошњом топлотне енергије и одговарајућом производњом биогаза.

Термофилни процес анаеробне дигестије одликује се брзином и потпуном разградњом супстрата, али захтева велику количину топлотне енергије за одвијање процеса, услед чега знатно губи на својој економичности. Међутим, овај процес може се успешно користити уз примену топлотне енергије геотермалних извора, соларне енергије или отпадне индустријске топлоте.

2.5 Време задржавања материје у дигестору

Време задржавања материје у дигестору зависи од процеса анаеробног врења, односно од температурног режима, али и од пројектоване величине степена разградње органске материје, који обично износи 48-65%. Такође, ово време зависи и од врсте супстрата и од конструкције самог дигестора. Конструкција дигестора код којих су раздвојене фазе анаеробног врења, омогућавају знатно скраћење задржавања биомасе у дигестору [4].

2.6 Крупноћа и врста материје

Да би се процес дигестије одвијао нормалним током потребно је да материјал који се третира буде што ситнији, јер је то повољније за прву фазу анаеробне дигестије, односно хидролизу. Уколико се у супстрату налазе крупније честице, фаза хидролизе дуже траје, па је дуже и укупно време анаеробне дигестије, што повлачи за собом повећање потребне запремине дигестора. Евентуално ситњење органског материјала који се подвргава процесу дигестије (чврсти комунални отпад или чврста биомаса) врши се механичким дробилицама.

2.7 Киселост

Киселост биомасе, односно одговарајућа рН вредност, представља један од битнијих услова анаеробне дигестије. За време трајања процеса анаеробне дигестије, у зависности од тога која фаза се одвија, киселост се мења у границама од 5.5 до 8.2. Пожељно је да рН вредност унутар дигестора буде око 7.5, а што је супстрат у дигестору киселији, то је слабија активност метанских бактерија. У случају да се супстрат додаје у дигестор континуално сваког дана, тада се рН вредност креће у границама од 6.8 до 7.2. Уколико се дигестија обавља са једнократним пуњењем супстрата, тада, гледано по фазама анаеробне дигестије, рН вредност износи: за хидролизу око 7 (неутрално), за киселинску фазу испод 6 (кисело) и за метанску фазу од 7 до 8.2 (алкалну). Из изложеног се види да континуално додавање свежег супстрата у дигестор повољно утиче на стабилизацију величине киселости око неутралне вредности. При таквом раду дигестора истовремено се одвијају све три фазе анаеробне дигестије [4].

2.8 Квалитет метанских бактерија

Брзина и обим производње биогаза, односно метана, зависе од квалитета метанских бактерија. Квалитет метанских бактерија зависи од осталих услова који владају унутар дигестора: температура, киселост, притисак, бескисеоничност атмосфере, мешање супстрата и односа угљеника према азоту у супстрату. Један од истраживачких праваца у овој области јесте рад на стварању хибридне метанске бактерије, која би била отпорнија имала већу продуктивност, а која би своју максималну активност остваривала на нижим температурама.

2.9 Однос угљеника и азота у материји која се дигестира

Присуство азота у супстрату је неопходно, јер азот представља кључни елемент метаболизма бактерије, и помаже у одржавању оптималне рН вредности.

Међутим, превише азота у супстрату може довести до прекомерног формирања амонијака, што доводи до токсичних ефеката. Оптималан однос угљеника и азота у супстрату је 30:1, пошто метанске бактерије око 30 пута брже троше угљеник него азот. Већина органских материјала у свом саставу има приближно овај однос угљеника према азоту. Уколико је пак, тај однос код неког материјала неповољан, онда се прибегава мешању са неким ко-супстратом, који има дијаметрално супротан однос, како би, коначно, мешавина имала оптималан однос угљеника и азота. Вредности односа угљеника према азоту у појединим органским материјалима дате су у табели бр. 3. На одржавање односа угљеника и азота у дигестору повољно утиче свакодневно додавање нове количине супстрата и добро мешање у дигестору.

2.10 Мешање супстрата унутар дигестора

Мешање доведеног супстрата у дигестору има за циљ да реши и компензује слабу покретљивост метанских бактерија. Мешање је, такође, повољно и због спречавања таложења тежих честица на дну дигестора, а што води смањењу активне запремине, односно запремине у којој су активне метанске бактерије. Мешање се може извести на различите начине.

Табела 3: Приказ односа угљеника према азоту у појединим органским материјалима

Органски материјал	C/N
Житни остаци	100-150
Трава (покошена)	12-25
Кромпир (љука)	25
Кукурузовина (сува)	50
Алге	100
Водени љиљан	10-20
Детелина (покошена)	17-27
Лишће шећерне репе	50
Крављи стајњак	17-25
Свински стајњак	6-12.5
Кокошији стајњак	7-15
Овчји стајњак	33
Коњски стајњак	25

2.11 Отклањање пливајуће коре

Пена и лаке честице настале од супстрата стварају на површини супстрата пливајућу кору, која негативно делује на излучивање метана, односно биогаса, и на активност метанских бактерија. Отклањање пливајуће коре може се решити парцијално или заједно мешањем. Уколико је мешање супстрата добро, не постоји могућност стварања пливајуће коре [4].

2.12 Однос суве материје и воде

Садржај воде у супстрату који је подвргнут процесу анаеробног врења је веома важан и то у свакој од фаза анаеробне дигестије а нарочито у фази хидролизе. Ако воде нема у довољној количини, онда се успорава активност метанских бактерија, а ако воде има превише, онда се поред успоравања активности бактерија

јавља и проблем разградње чврсте материје, јер онда материја не може да се разгради у предвиђеном обиму, па готово неразграђено напушта дигестор, чија је запремина прорачуната за други однос воде у материји. Зависно од врсте органског материјала, потребно је да учешће суве органске материје у воденом раствору буде од 6.5 до 12%. Стајњак домаћих животиња нема овакав састав, па га уз додавање воде треба довести у тражене оквири. За остале органске материјале који се подвргавају анаеробној дигестији, накнадно се утврђује потребна количина воде за додавање.

2.13 Одговарајући проток количине органске материје кроз дигестор

Метанске бактерије захтевају одређену минималну количину органске суве материје, по кубном метру дигестора дневно, како би опстале хранећи се овим материјалима, али, такође, могу и да се "преједу" уколико је у дигестору присутна огромна количина сувих органских материјала. Оптимални проток суве органске материје кроз дигестор треба да буде у границама 0.5-5kg органске материје по метру кубном дигестора дневно (ОМ/м³/дан).

Анаеробне бактерије без присуства кисеоника могу да елиминишу и до 98% осталих штетних бактерија које могу да загаде животну средину, као што је на пример ешерихија коли. Органски отпад који се искористи може да се осуши и да се користи као природно ђубриво.

2.14 Време боравка

Задржавање унутар дигестора варира у зависности од количине и врсте смеше која се убацује, као и да ли је то једна или две фазе.

У случају једностепених термофилних варења, може се задржати у дигестору око 14 дана, што је, у односу на мезофилна варења, релативно брзо. Природна варења неких од ових система ће значити потпуну деградацију материјала, што значи да не може бити реализована у овом временском року. У том случају, дигестати који излазе из система биће тамније боје и имаће више мириса.

У једностепеном варењу (једна фаза), све биолошке реакције дешавају се унутар једног, затвореног реактора. Користећи једну фазу смањују се трошкови изградње, али и резултати мање контролисане реакције дешавају се унутар система. Ацидогене бактерије, кроз производњу киселина, смањују РН у резервоару. Метанске бактерије, као што је наведено раније, раде у строго дефинисаном опсегу РН. Дакле, биолошке реакције различитих врста бактерија у једностепеном реактору могу бити у директном конфликту са другим бактеријама.

У двостепеном варењу (вишестепеном), различити пробавни судови су оптимизовани да донесу максималну контролу над бактеријским заједницама које живе у оквиру дигестора. Ацидогене бактерије производе органске киселине и брже се размножавају и расту него метанске бактерије. Метанске бактерије захтевају стабилну РН и температуру да би оптимизовале своје перформансе.

У двостепеном мезофилном варењу, време боравка може варирати између 15 и 40 дана. У случају мезофилних варења време боравка може бити од 1 сат до 1 дан, и

задржавања могу бити и до 90 дана. На овај начин Uasb system (Upflow anaerobic sludge blanket) је способан да у зависности од материја одреди време боравка.

2.15 Одвајач влаге

Одвајање влаге из биогаса обавља се у циљу добијања биогаса бољег квалитета и горивих својстава. Вода штетно делује на цевовод и горионик, тим пре што се са присутним водониксулфидом повећава његово корозивно дејство. Одвајање влаге врши се након изласка биогаса из дигестора, или након неког влажног третмана биогаса. Одвајање влаге може бити механичко и хемијско.

Механичко одвајање влаге врши се на принципу постизања мале експанзије биогаса и промене смера струјања биогаса у одвајачима влаге.

Најједноставнији хемијски начин одвајања влаге из биогаса јесте провођење биогаса кроз слој зрнастог силикатног гела, који има велику моћ упијања влаге, а након одређене границе засићења влагом, може се регенерисати пропуштањем сувог ваздуха или гаса.

2.16 Контаминација

Ниво контаминације сировине материјала је кључни фактор. Ако сировина на дигесторима има значајне нивое физичких загађивача, као што су, садржаји тешких метала и других загађивача у компосту, потребно је да се прерадом уклоне загађивачи.

Ако се не уклоне, онда дигестори неће функционисати ефикасно. Ако је потребно још више третмана, сировина, више машина за прераду, самим тим пројекат ће имати веће финансијске трошкове.

3. Примери добре праксе

Природа не производи отпад, она га у вечитом процесу који гарантује природну равнотежу разграђује и тако сама себе обнавља. Међутим, отпада је све више, али разградње и искоришћења све је мање. Иако коришћење отпада за добијање енергије није новост, тај процес код нас још увек није распрострањен. Најједноставнији облик овог процеса је сакупљање и коришћење биогаса као продукта разградње органског отпада.

Предности анаеробних процеса, између осталог је: производња биогаса, процес који троши мало енергије, контрола ширења непријатних мириса; инсеката и глодара, решава се и проблем заштите животне средине, смањују се количине отпадних вода које се испуштају и смањује се емисија метана. Економски бенефити примене биогас постројења су добити: од производње електричне и топлотне енергије, дигестата као вредног ђубрива, смањених трошкова плаћања за испуштање отпадних вода, смањења здравствених и ветеринарских трошкова.

Процењено је да се сваке године у Србији произведе 12,5 милиона тона биомасе, а највећи део се не користи рационално. У развијеним земљама света и Европској унији већ годинама велика пажња се поклања обновљивим изворима енергије. Бројна научна и практична истраживања усмерена су управо на могућности употребе биљног остатка биомасе, као потенцијалног енергента. Предности коришћења биомасе су:

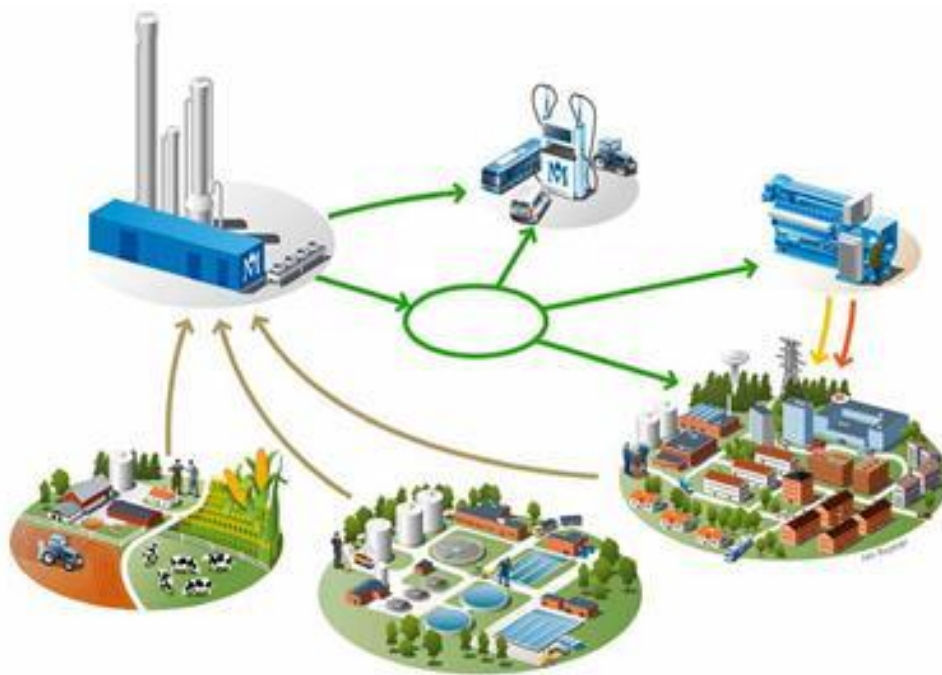
- спречавање емисије метана и угљен-диоксида;
- спречене емисије штетних гасова могле би донети значајну финансијску корист;
- позитивни ефекти у екологији, пољопривреди, националној економији, енергетици;
- област за међународну сарадњу итд.

Биогас за грејање

Можда најлакши начин за коришћење биогаса је за грејање. Биогас се обично користи за грејање зграда која су у непосредној вези са биогасним постројењем, а вишак топлоте може бити усмерен на мрежу даљинског грејања (слика 6.).

Биогас као енергент у когенерационим постројењима

И електрична енергија и топлота могу бити произведени уз помоћ когенерационог модула на биогас. Однос топлотне и електричне енергије прописују произвођачи генератора, али су најчешће у опсегу 35% електричне енергије и 65% топлоте.



Слика 6: Употреба биогаза

Биогаз као гориво за возила

Биогаз захтева знатну обраду уколико се користи као гориво за возила. Енергетска вредност мора да се подигне издвајањем угљендиоксида, како би се постигао садржај метана који износи између 95 и 99%. Вода, нечистоћа и честице морају бити уклоњени да би се избегло механичко, као и штетно дејство по животну средину. Коначно, гас мора да се компримује. Потребан је значајан рад да би се метан користио као гориво, али су еколошке предности велике.

Биогаз испоручен на гасну мрежу

Рафинисани биогаз може да се убризгава у постојеће гасне мреже. Мреже градског гаса су приступачније потрошачима него раније. У Стокхолму на пример, постоји мрежа која функционише на природни гас који се користи за шпорете, грејаче пекарских пећи, бојлере итд.

Биогаз у индустрији

Многе индустрије као што су шећеране, млекаре и фабрика папира, генеришу обраду и отпадне воде које се могу на лицу места разлагати. Тако добијени биогаз се може користити за грејање просторија, даљинског грејања производње електричне енергије, грејање пећи итд.

4. Идејно решење постројења са свим потребним техничко-технолошким шемама

Помоћу хемијске анализе искоришћеног компоста након производње шампињона, добијени подаци о саставу на основу компоста чини 15% кокошијег стајњака су:

- рН.....	8.10
- влага (%).....	50.2
- органски материјал (%).....	44.7
- хумус (%).....	8.70
- CaCO_3	14.6
- укупни азот N (%).....	0.73
- органски азот N (%).....	0.60
- неоргански азот N (%).....	0.13
- укупни угљеник C (%).....	5.05
- органски угљеник C (%).....	3.30
- неоргански угљеник C (%).....	1.75
- укупни P_2O_5 (%).....	0.00
- укупни K_2O (%).....	0.50

Потребно је компост довести на 90% влаге. Како би однос угљеника и азота био погодан за добијање метана, компост је потребно измешати са свињским стајњаком да би смо имали оптималан однос за даљу производњу метана.

4.1 Добијање компоста

Максимални садржај влаге за задовољавајућу биомасу зависи од материјала који се користе. Ако у садржају има влакнастих материјала, максималан садржај влаге може бити много већи, да не уништи или поремети структурне особине биомасе која изазива да постане влажна, компактна и може да садржи довољно ваздуха из пукотина.

Влага игра изузетно важну улогу у процесу стварања компоста. У ствари, то је тако важно, да успех зависи од влажности, чак и ако има превише или премало воде. Тај проблем је обично лако поправити. Зашто је лоше да биомаса буде или превише влажна или превише сува? У обе ситуације биомаса од компоста неће радити на оптималаном нивоу.

Постоји неколико етапа које говоре о томе да ли је гомила превише влажна:

- вода избија на доњим деловима гомиле;
- гомила може попримати мирис благи мирис амонијака (такође - показатељ је и превише азотом богатих материјала као што су кухињски отпаци)

- ако би било сувише влажно, вода би носила микроорганизме и кисеоник до дна гомиле и ту би се задржавали микроорганизми би суштински почињали да се даве.
- Проветравање гомиле окретањем компоста вилама или лопатом ради равномерне дистрибуције влаге на целој гомили, и евентуално додавање воде док се влага не распореди по нивоима, односно додавање материјала као што су лишће, новине и слама, како би се апсорбовао евентуални вишак влаге;
- евентуално померање гомиле на осунчани простор, како би се материјал загрејао и помогло да се постепено испари вишак влаге.

Не сме се дозволити да вода из гомиле почне да се цеди јер, она са собом односи битне хранљиве материје и микроорганизме.

Да је гомила сувише сува може се установити ако:

- је процес компостирања је драстично успорен,
- постоји могућност појаве колоније мрава у гомили

Ако би гомила била превише сува, то значи да су микроорганизми почели да успоравају свој процес због недостатка воде. Баш као што не могу да живе у превише воде, они, такође, не могу живети без ње!

Ако је гомила компоста који је сувише сува, потребно је у њу додати воду. Треба строго водити рачуна да се при заливању гомиле, микроорганизми потпуно не исперу из ње. Повољно је туширање гомиле или да се равномерно дистрибуира вода кроз гомилу. Ако је гомила изузетно сува потребно је првих неколико слојева растрести, затим додати воду доњој половини и тако постепено вратити слојеве назад док се влажење не заврши.

Додавање мало влаге у гомилу може се подстићи и убацивањем у њу неких биљних остатака или воћа, трава или било којих других угљен - богатих материјала који имају мало влаге. У оба сценарија је важно да се не претера са додавањем влаге. Можда ће бити потребно неколико дана да би гомила почела са врењем ако је била превише сува или превише влажна. При додавању нових слојева пожељно је додати мало влаге или компост који је богат угљен - материјалима.

Микроорганизми у компосту раде најбоље у условима киселе до неутралне Ph вредности, у распону од 5,5 до 8. У почетним фазама распадања, формирају се органске киселине. Кисели услови су повољни за раст гљивица и структура лигнина и целулозе. При компостирању, органске киселине постају неутралисане, а зрели компост генерално има Ph вредност између 6 и 8.

Ако се у процесу компостирања при анаеробним условима развијају органске киселине онда се оне могу акумулирати, а не разбити. Газирање или мешање у систем би требало да смањи киселост. Додавање креча (калцијум карбонат) генерално се не препоручује, јер изазива амонијум, азот се губи у атмосфери као и амонијак. Не само да изазове непријатне мирисе, већ такође, исцрпљује азот да се боље чува компост за будућу употребу од стране биљака.

4.2 Прорачун запремине дигестора

Табела 4: Карактеристике компоста у различитим студијама

Садржај	Јединица	Wuest and Fahy, 1991		http://aginto.psu.edu/psa/sgg/mushroom 5.html	
		Свеж компост	8-16.месеци истрошен компост	Свежи компост	16 месеци стар компост
Sodium, Na	% dry wt	0.72	0.22	0.21-0.33	0.06
Potassium, K	% dry wt	2.35	1.03	1.93-2.58	0.43
Magnesium, mg	% dry wt	0.71	0.91	0.45-0.82	0.88
Calcium, Ca	% dry wt	4.93	6.16	3.63-5.15	6.27
Aluminium, Al	% dry wt	0.40	0.80	0.17-0.28	0.58
Iron, Fe	% dry wt	0.44	0.92	0.18-0.34	0.58
Phosphorus, P	% dry wt	0.36	0.55	0.45-0.69	0.84
Ammonia-N, NH ₄	% dry wt	0.11	0.03	0.06-0.24	0.00
Organic Nitrogen	% dry wt	1.83	1.89	1.25-2.15	2.72
Total Nitrogen	% dry wt	1.93	1.92	1.42-2.05	2.72
Solids	% dry wt	43.39	49.43	33.07-40.26	53.47
Volatile Solids	% dry wt	62.78	44.29	52.49-72.42	54.24
pH	Standard units	7.28	8.05	5.8-7.7	7.1
Manganese, Mn	ppm dry wt	332.92	438.62	NT	NT
Copper, Cu	ppm dry wt	46.26	61.68	NT	NT
Zinc, Zn	ppm dry wt	103.88	136.41	NT	NT
Lead, Pb	ppm dry wt	14.89	18.17	NT	NT
Chromium, Cr	ppm dry wt	8.53	11.31	NT	NT
Mercury, Hg	ppm dry wt	0.07	0.19	NT	NT
Nickel, Ni	ppm dry wt	11.93	15.74	NT	NT
Cadmium, Cd	ppm dry wt	0.43	0.32	NT	NT
N-P-K ratio	ppm dry wt	1.9-0.4-2.4	1.9-0.6-1.0	1.8-0.6-2.2	2.7-0.8-0.4

% x 10,000=ppm, NT = not tested

За одређивање количине потенцијално добијеног биогаса узета је реална производња од близу 100 тона свежих шампињона на годишњем нивоу. Као нус продукт производње нагомилавају се велике количине компоста који се избацује из производње на сваких 15 дана у количинама од 16 до 18 тона што представља проблем депоновања. Из тог разлога потребно је да се искористи израђени компост за производњу биогаса, а након тога и за производњу електричне енергије.

Дневна количина отпадног компоста шампињона је 1000 kg/dan. Такав компост има негативан однос C/N, зато га мешамо са 500 kg свињског стајњака. Укупна маса која се може користити у дигестору је 1500 kg/dan (компост и додатак сламе и свињског стајњака) и на основу ове количине биће извршен прорачун дигестора.

На основу ових података и података о количини и саставу стајњака по тони живе масе (Табела 4), који су преузети из стандарда **АСАЕ Д384.1 ФЕБ03** (American Society of Agricultural Engineering), може се одредити расположива дневна количина

стајњака. Подаци приказани у табели ће бити коришћени за одређивање садржаја суве материје, испарљивих чврстих материја и разграђених испарљивих чврстих материја, с обзиром на то да основу компоста чини кокошији стајњак и да је потребно мешање са одређеном количином сламе и свињског стајњака, како би се постигао оптималан однос C/N.

Табела 5: Количина и састав стајњака

Животиње	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
Краве	86	14	10	35
Свиње	84	13	8.5	70
Овце	40	27.5	9.2	54
Живина	85	25	17	61
Коњи	51	29	10	54

K₁ – Дневна количина стајњака по тони живе масе [kg/tžm]

K₂ – Процентуални садржај суве материје у стајњаку [%] усвајамо из таб.4

K₃ – Количина испарљивих чврстих материја [kg/tžm]

K₄ – Проценат разграђених испарљивих чврстих материја [%]

Дневна количина материје која ће се убацивати у дигестор је:

$$(1) \quad m = 1500 \frac{kg}{dan}$$

Дневна количина суве материје: садржај суве материје у компосту 38%, 13% у свињском стајњаку, 75% у слами

$$(2) \quad Q_{sm} = \frac{m \cdot K_2}{100} = \frac{1500 \cdot 40}{100} = 600,0 \frac{kg}{dan}$$

Укупна дневна количина супстрата:

$$(3) \quad Q_s = \frac{Q_{sm} \cdot 100}{12} = \frac{600 \cdot 100}{12} = 5000 \frac{kg}{dan}$$

За препоручено хидраулично време задржавања супстрата у дигестору од 30 дана одређује се запремина дигестора.

Радна запремина дигестора

$$(4) \quad V = \frac{Q_s \cdot t_{ret}}{1000} = \frac{5000 \cdot 30}{1000} = 150 m^3$$

t_{ret} - хидраулично време задржавања супстрата у дигестору

Укупна запремина дигестора

$$(5) \quad V_D = V \cdot K = 180 m^3$$

К- фактор увећања дигестора

Прорачун геометријских параметара дигестора

$$(6) \quad D = 1,3078 \cdot \sqrt[3]{V_D} = 1,3078 \cdot \sqrt[3]{180} = 7,4m$$

Висина цилиндричног дела дигестора:

$$(7) \quad H = 0,465 \cdot D = 0,465 \cdot 7,4 = 3,45m$$

Полупречник горње калоте:

$$(8) \quad R = 0,725 \cdot D = 0,725 \cdot 7,4 = 5,4m$$

Висина горње калоте:

$$(9) \quad f = \frac{D}{5} = \frac{7,4}{5} = 1,5m$$

Принос гаса

Метана по kg чврсте материје:

$$(10) \quad V_{CH_4(VS)} = 0,5 \frac{m^3}{kg}$$

Испарљиве чврсте материје:

$$(11) \quad m_{VS} = \frac{K_3 \cdot m}{1000} = \frac{63 \cdot 1500}{1000} = 94,5 \frac{kg}{dan}$$

Дневни принос метана CH_4 :

$$(12) \quad V_{CH_4} = \frac{V_{CH_4(VS)} \cdot 35 \cdot m_{VS}}{100} = \frac{0,5 \cdot 35 \cdot 94,5}{100} = 16,5 \frac{m^3}{dan}$$

Процентуално учешће метана:

$$(13) \quad CH_4 = 65\%$$

Дневни принос угљеника CO_2 :

$$(14) \quad V_{CO_2} = \frac{(100 - CH_{4(\%)}) \cdot V_{CH_4}}{CH_{4(\%)}} = \frac{(100 - 65) \cdot 16,5}{65} = 8,9 \frac{m^3}{dan}$$

Укупна дневна количина биогаса:

$$(15) \quad V_{BG} = V_{CH_4} + V_{CO_2} = 11 + 6 = 25,5 \frac{m^3}{dan}$$

Доња топлотна моћ:

$$(16) \quad H_{DT(CH_4)} = 23 \frac{MJ}{m^3}$$

4.3 Резервоар за прикупљање компоста

Дужина резервоара:

$$(17) \quad a_{prim} = 0,5 \cdot D = 3,7m$$

Ширина резервоара:

$$(18) \quad b_{prim} = 0,5 \cdot D = 3,3m$$

Дубина резервоара:

$$(19) \quad c_{prim} = 1m$$

Запремина резервоара:

$$(20) \quad V_{prim} = a_{prim} \cdot b_{prim} \cdot c_{prim} = 13,63m^3$$

4.4 Прорачун резервоара за складиштење ђубрива

Запремина резервоара треба да буде приближно једнака трећини запремине дигестора.

Дужина резервоара:

$$(21) \quad a_{sec} = 0,75 \cdot D = 5,4m$$

Ширина резервоара:

$$(22) \quad b_{sec} = 0,75 \cdot D = 5,4m$$

Дубина резервоара:

$$(23) \quad c_{sec} = 2m$$

Запремина резервоара:

$$(24) \quad V_{sec} = a_{sec} \cdot b_{sec} \cdot c_{sec} = 61,34m^3$$

4.5 Прорачун пречника цевовода

Проток гаса:

$$(25) \quad V = 0.00029 \frac{m^3}{s}$$

Прорачун брзина струјања гаса кроз цев:

$$(26) \quad c = 1.2 \frac{m}{s}$$

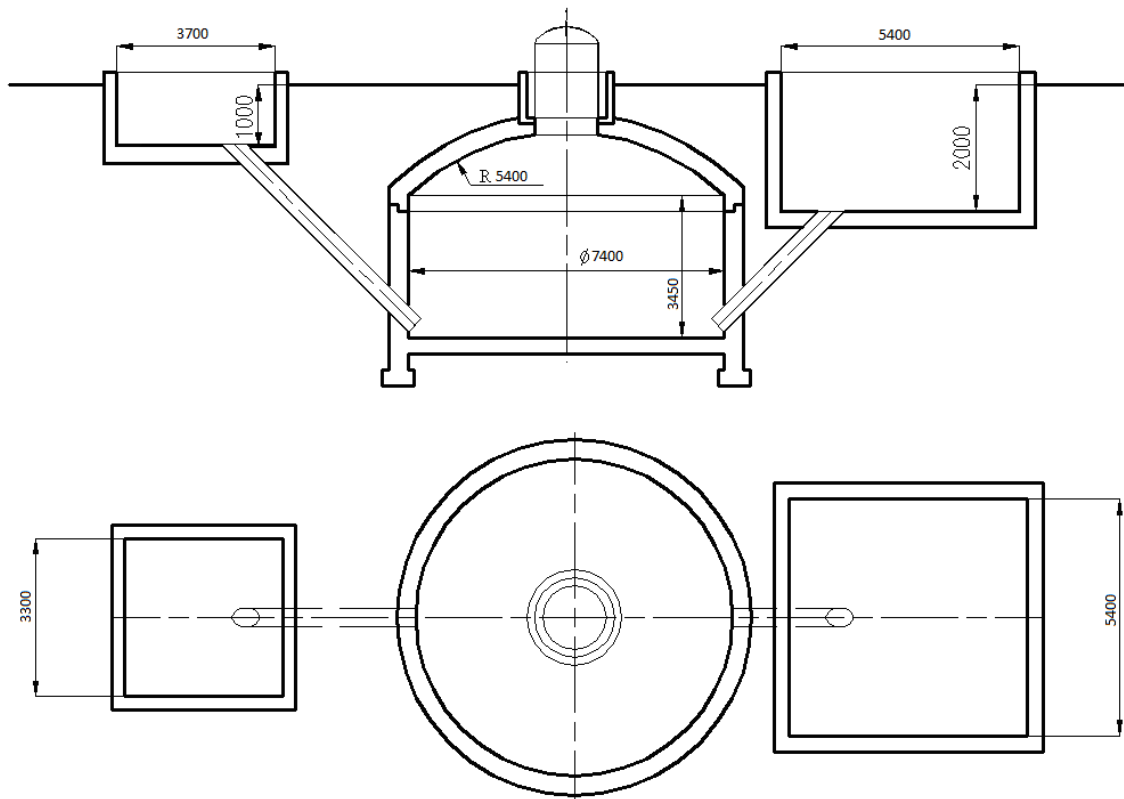
$$(27) \quad V = c \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

$$(28) \quad d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{c \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.00029}{1.2 \cdot \pi}} = 17.54 \cdot 10^{-3} m$$

Усвојена стандардна хладно вучена бешавна цев од бакра: Cu 0 28 x 1 F37, JUS M.B5.221/73

4.6 Шематски приказ постројења

На слици 7. приказан је шематски приказ постројења. Горе лево на слици је резервоар за припрему инпута у дигестор који је на средини, на чијем врху се налази резервоар за сакупљање биога. Излаз из дигестора горе десно представља резервоар за ђубре.



Слика 7: Шематски приказ

5. Когенерација

Једно од прихватљивих техничких решења рационалног коришћења енергије је когенерација. Могућност примене малих когенерацијских мотора за производњу електричне енергије биће описано у тексту који следи. Такође биће описан поступак избора когенерационог гасног мотора на основу енергетских потреба.

5.1 Цена електричне и топлотне енергије

Велики утицај на економске показатеље постројења за когенерацију имају цене електричне и топлотне енергије, које корисник плаћа. Цена топлотне енергије је у Србији 0,046 €/kWh, (ecoist.rs) при чему крајњи купац додатно плаћа трошкове инсталације и службе која енергију дистрибуира и обавља друге сервисе, одржавање и наплаћивање. Садашња цена електричне енергије у Србији, у просеку је испод 5 €/kWh, може само у изузетним случајевима да покрије трошкове њене производње у постројењима за когенерацију, која користе биомасу. То је, на пример, случај када се користи отпад који, иначе, треба да се уклони, па је цена горива занемарљива у односу на цену конвенционалних горива. У другим случајевима, а то су најчешће, повољни економски показатељи, који могу да се остваре само уколико цена „зелене“ електричне енергије буде виша. Основа за утврђивање висине цене „зелене“ електричне енергије је допринос заштити животне средине и смањењу емисије GHG (Greenhouse Gases). Са становишта економских показатеља суфинансирање и повољни кредити имају мањи утицај него цена испоручене, пре свега, електричне енергије. Негативни ефекти подршке друштва субвенционисањем градње повољним кредитима и ценом електричне енергије, одражавају се у земљама ЕУ, у расту цена опреме. Овај тренд биће елиминисан растом конкуренције.

5.2 Кључни фактори исплативости

Пошто се утврди да су испуњени технички услови за постављање когенерационог постројења, врши се економска анализа, односно утврђује се период исплативости и то на основу више параметара, а то су цена и квалитет саме опреме, трошкови одржавања и експлоатације, цена гаса, цена мазива и фактор оптерећења. Квалитетан гасни генератор је предвиђен да се експлоатише преко 100 хиљада сати односно преко петнаест година у континуитету. На том временском хоризонту утврђено је да је куповина опреме само 15% укупних трошкова а да је рецимо одржавање и сервисирање самог система 25%, потрошња уља 5% и наравно највећи део потрошња горива 55% [7].

Наравно, систем је пожељно што максималније оптеретити у што дужем временском интервалу, јер тада цена произведеног kWh електричне и топлотне енергије експоненцијално опада.



Слика 8: Трошкови

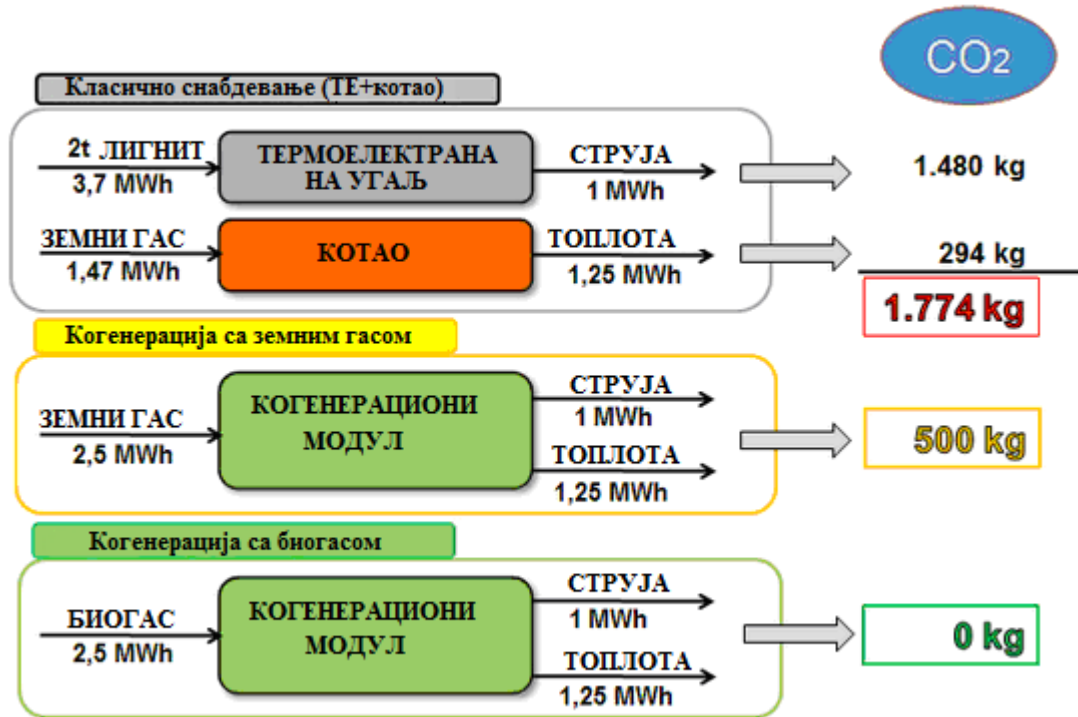
Дакле, фактор оптерећења би требало да тежи 100%. Да би постројење било расположиво, односно да би ремонт и евентуално отклањање кварова кратко трајало, а трошкови и последице застоја биле мање, неопходно је осим квалитетно изабране опреме имати 24h на располагању локалног дистрибутера и сервисера ове специфичне опреме коју могу опслуживати једино добро обучени инжењери овлашћени од самог произвођача. Ово је нарочито важно ако се зна да у делу одржавања и севисирања у оних 25% трошкова најзначајнији удео представљају трошкови човек-сат и цене самих делова који ако је то могуће требају бити локално доступни.

5.3 Разлози за коришћење биомасе као горива

Смањење залиха фосилних извора енергије – нафте, природног гаса и угља је евидентно. Последњих деценија друштво је постало свесно негативних ефеката на озон које изазива дебаланс CO₂ и других гасова, који стварају ефекат стаклене баште, такозвани GHG (*Greenhouse Gases*). Решење се види у повећању енергетске ефикасности у свим сегментима и већем коришћењу нових и обновљивих извора енергије (ОИЕ), међу којима биомаса заузима прво и најзначајније место. При томе појам биомаса обухвата чврсту (остатке пољопривредне производње и пољопривредне производе, дрвну масу, остатке шумарства и прераде дрвета, остатке разних прерада, чврсти комунални отпад...), течну (биљна уља, биодизел, биоетанол и течне остатке прераде) и гасовиту (биогаз) материју. Најпре је решаван једноставнији задатак, да се обновљиви извори енергије користе за добијање топлотне енергије, за грејање и процесне потребе. Последњих година све више се подстиче производња најплеменитијег облика енергије, електричне енергије.

Досадашња искуства показала су да је производња електричне енергије ветрогенераторима и коришћењем фотоволтаичних ћелија скупа и зависи од расположивости тих извора. Поред коришћења енергетских потенцијала водотокова, биомаса је најзначајнији потенцијални обновљиви извор, иако се она већ масовно користи као извор топлотне енергије, а све већа је и примена за транспортна средства, као горива за моторе с унутрашњим сагоревањем. У том смислу, комбинована производња електричне и топлотне енергије, когенерација па и тригенерација, представљају повољан технички и економски начин примене. Досадашњи резултати коришћења биомасе за когенерацију у развијеним земљама показали су да је цена електричне енергије виша од оне која се добија коришћењем фосилних горива. Ипак, првенствено због заштите животне средине, Европска унија прокламовала је обавезу коришћења ОИЕ. У јавности је мање познато да је посебном директивом предвиђено да удео електричне енергије произведене из обновљивих извора достигне 22,1%. Да

би се тај циљ остварио у већини земаља ЕУ уведене су посебне цене за такозвану „зелену“ електричну енергију (*Feed-in* тарифа), систем квота, зелених сертификата итд.



Слика 9: Емисија CO₂

5.4 Економски показатељи примене биомасе за когенерацију

На основу прегледа искустава јасно је да когенерацијом биомасе не може да се оствари цена производње електричне енергије која је нижа или једнака оној добијеној коришћењем фосилних горива. Ипак, циљ је да се когенерација коришћењем биомасе спроведе тако да економски показатељи буду што повољнији.

На економске показатеље утиче:

1. цена постројења,
2. цена горива,
3. ангажовање постројења у току године и искоришћење топлотне енергије,
4. трошкови рада постројења,
5. степен корисности, електрични, термички, укупни,
6. цена електричне и топлотне енергије.

5.5 Когенерација на биогаз

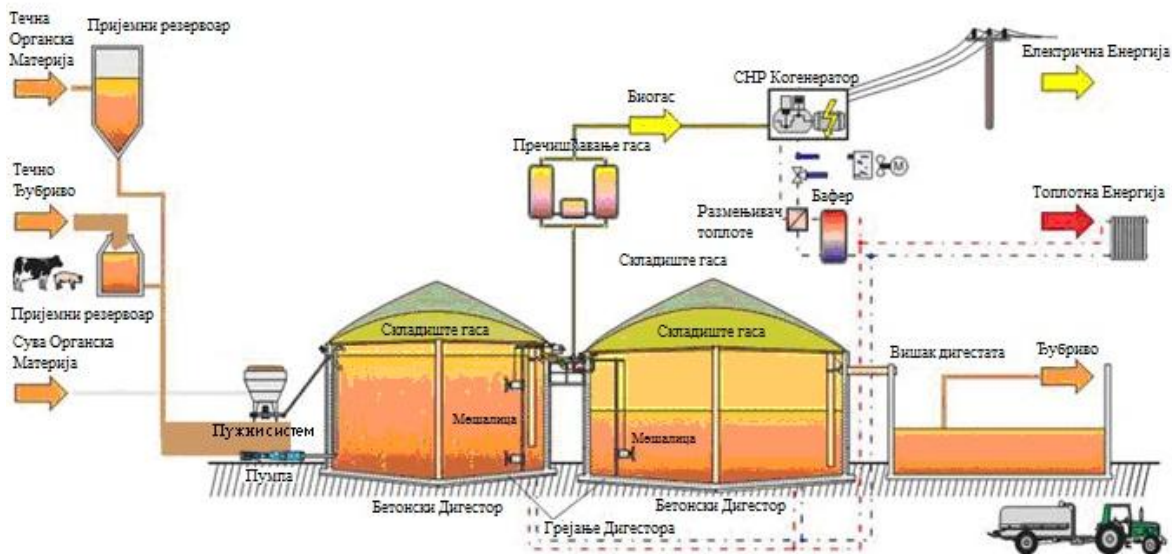
Разлози за примену СНР постројења су економске природе и леже у енергетској ефикасности. У већини случајева, електрична енергија од биогорива се производи у СНР постројењима, у којима се топлотна енергија трансформише у механички рад, који се најчешће користи за покретање вратила генератора електричне енергије. У пракси је максимални степен корисности који се може

постићи када је у питању електрична енергија 40%, а остатак корисне енергије користи се за загревање.

Пре примене биогаза у когенерационом постројењу, биогаз је потребно сушењем и кондиционирањем припремити, како би се омогућио несметан и правилан рад гасних мотора који се данас претежно користе за биогасну когенерацију, а који имају ограничења везана за састав гаса у погледу садржаја сумпорводоника, халогених угљенохидрата и силоксана. Модерна постројења на биогаз се најчешће састоје од мотора за сагоревање повезаног са генератором, но могуће је коришћење постројења са употребом Стирлингових мотора, гасних микротурбина или горивих ћелија.



Слика 10: Искоришћење биогаза у СНР постројењу



Слика 11: Процес когенерације са биогазом

5.6 Когенерационе технологије које могу користити биомасу као гориво

Парне турбине (конвенционални Ранкинов циклус)

Највећи број постројења која користе чврсту биомасу као гориво, засновано је на конвенционалном Ранкиновом циклусу. Ова постројења користе котло за сагоревање биомасе, најчешће у флуидизованом слоју, заједно са парном турбином. Ови системи се користе за постројења чија је снага изнад 3 MWe и то најчешће у новијим СНР постројењима. Поред котлова за сагоревање у флуидизованом слоју, у СНР постројењима се користе и котлови за сагоревање на решетки. Ова технологија се најчешће користи у котловима за топлу воду и производњу паре у постројењима мале снаге. Ти котлови су мање осетљиви на промену квалитета горива и новије технологије паљења омогућавају сагоревање веома влажног материјала као што су струготина и остаци коре дрвета. Због једноставне конструкције, ова технологија је повољна за употребу у СНР постројењима који су мање снаге. Притисак паре који се постиже конвенционалним Ранкиновим циклусом је до 100 бара у когенерационим постројењима док је могуће постићи температуру од 540°C. Ефикасност ових постројења може бити и виша од 85%, посебно када је топлота примарни продукт.

Гасне турбине

Гасне турбине представљају технологију која се заснива на Џуловом (у западној литератури Брајтонов) циклусу. Уколико се као гориво користи природни гас или неко друго високо-квалитетно гориво имају више предности у односу на парне турбине. Ове предности се огледају у: вишој ефикасности, мањим капиталним трошковима, бржем покретању, захтевају мање радне снаге, имају већу доступност и мањих су димензија. Поред низа предности, гасне турбине имају неколико недостатака и то висок ниво буке, дуг период ремонта и учинак зависи од спољашњих услова. Квалитет горива је ометао коришћење биомасе у гасним турбинама, па је за њихово коришћење потребно извршити редизајн система, посебно ако се ради о горивима са ниском доњом топлотном моћи.

Микротурбине представљају умањене верзије гасних турбина и имају ефикасност производње електричне енергије до 30% у СНР постројењима. Поред тога имају могућност коришћења више горива, низак ниво емисије, потенцијал обнављања енергије и минимално одржавање. Применом у СНР постројењима, може се остварити укупна ефикасност која је већа од 80%. Постојећи микротурбински системи су величине од 25 до 80 kW, што је довољно да се задовоље потребе једне стамбене зграде или установе. Већина комерцијално доступних микротурбина се састоји од генератора, турбине и компресора монтираних на заједничкој осовини и врло високе угаоне брзине (до 90.000 о/мин). Низак ниво вибрација и модуларност конструкција чине микротурбине погодним за СНР постројења, али је потребно да биогорива имају задовољавајући квалитет.

Комбиновани циклус

Комбиновани циклус се обично примењује на сетовима гасних турбина, јер су оне у могућности да генеришу топлоту која омогућава генерисање паре на притиску који је довољно висок за оптимизован рад парне турбине. СНР постројења која

користе овај циклус имају веома висок степен корисности за производњу електричне енергије и то до 55%.

Стирлингов мотор

Стирлингови мотори теоријски користе исти циклус као што је Карноов циклус, па имају потенцијално већу ефикасност у односу на системе који раде по Ранкиновом или Џуловом циклусу. Стирлингов мотор има високу ефикасност, добре перформансе на делимичним оптерећењима, низак ниво емисије, низак ниво буке и вибрација. Како ови мотори раде на принципу спољашњег сагоревања, то значи да било који извор топлоте може бити коришћен за његово покретање, а самим тим и различите врсте горива. Као радни флуид у Стирлинговим моторима, користи се водоник, хелијум или ваздух.

Ови мотори су обично аутоматизовани и једноставни за одржавање. За примену у микро-когенерацији Стирлингови мотори имају бројне предности: производња електричне енергије је независна од производње топлоте, лако се управља и могу да буду израђени као измењиве јединице. Уколико је излазна снага између 2 и 50 кWe, ефикасност производње електричне енергије је између 15 и 35%.

Остале технологије

Поред горе пет поменутих технологија које се налазе у широј примени СНР постројењима, постоји још неколико технологија које су или имале значајнију употребу или су у области истраживања. Ове технологије су приказане у табели 5.

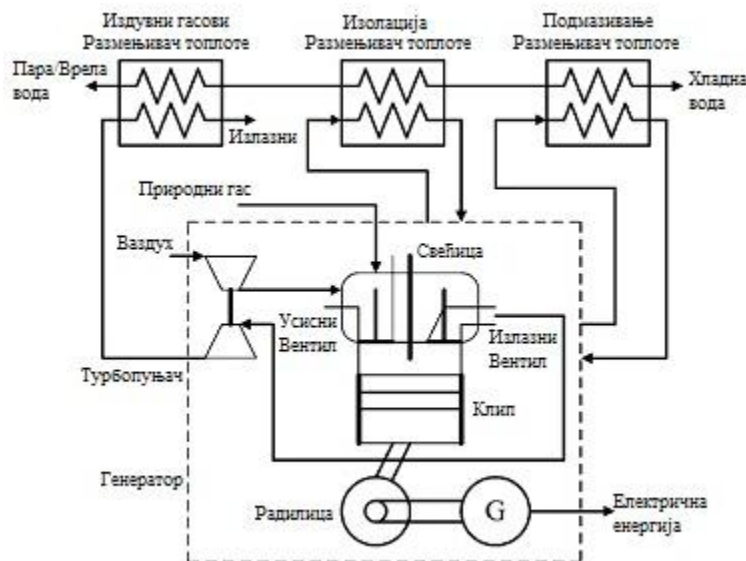
Табела 6. *СНР технологије које су или имале значајнију употребу или су у области истраживања*

Врста технологије	Предности	Недостаци
Парни мотори	Принцип рада је исти као код парних турбина и могу се користити све врсте горива.	Недостатак у достизању одређеног притиска као и у систему за подмазивање. Због тога су замењени парним турбинама, моторима са унутрашњим сагоревањем и електромоторима
Гориве ћелије	Гориве ћелије имају високу ефикасност за производњу електричне енергије чак и у малим постројењима Могу бити потпуно аутоматизоване, дозвољавају брзе промене оптерећења и имају мале потребе за одржавањем.	Недостатак су скупи материјали и израда, као и високи инвестициони трошкови.
Органски Ранкинов циклус	Погодни су за искоришћење отпадне топлоте (нпр. издувни гасови дизел мотора, гасови из сушара...), јер могу користити топлоту испод 500°Ц.	Недостатак представљају скупе органске течности, које поред тога могу бити и опасне по животну средину.
ABC (air bottoming cycle)	Подиже излазну снагу гасне турбине до 25%. Радни флуид из овог циклуса се може користити и за загревање	Цена постројења.

	простора или сушење	
Гасне турбине које раде на принципу испаривања	Ефикасност слична као код постројења са Дизел мотором или комбинованим циклусом. До 30% јефтинија производња електричне енергије у поређењу са комбинованим циклусом.	У процесу развоја и испитивања.
Гасне турбине са спољашњим сагоревањем	Уместо коморе за сагоревање користе размењивач топлоте. Флексибилност у погледу врсте горива, висока ефикасност и ниска емисија НОх.	Ограничена температура у размењивачу топлоте. У процесу истраживања повећање температуре у размењивачу применом керамичких материјала.

5.7 Постојења са гасним мотором

Две врсте мотора са унутрашњим сагоревањем су тренутно у употреби у когенерационим постројењима; мотори са варничним паљењем (ОТО мотори), који као гориво углавном користе природни гас (мада могу да се користе биогаз или депонијски гас) и мотори са компресионим паљењем (Дизел мотори) који као гориво могу користити дизел гориво, као и друге производе, као што су биогаз, мазут или биодизел. Шема когенерационе јединице са мотором са унутрашњим сагоревањем приказана је на слици 12.



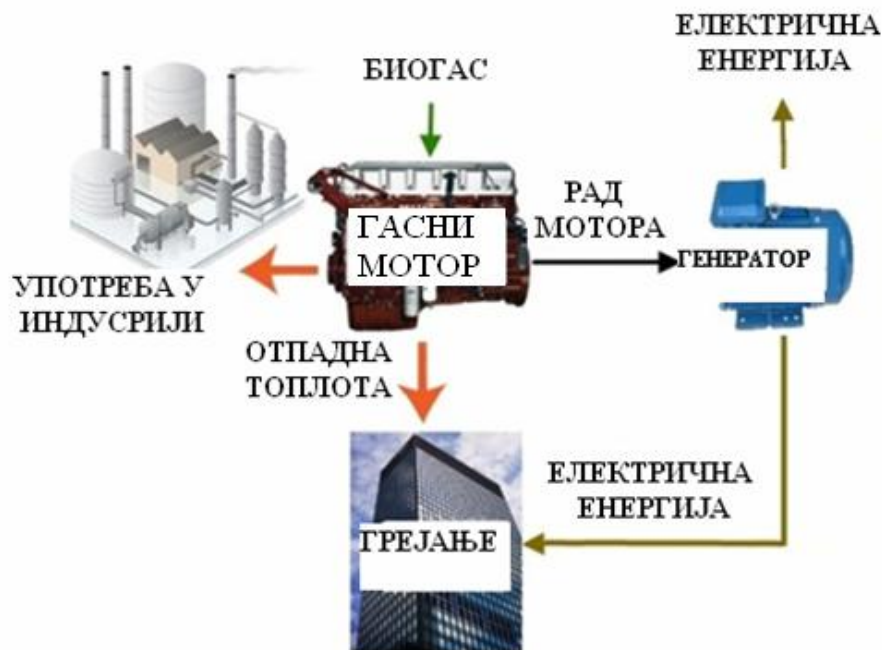
Слика 12: Шема когенерационог постројења са мотором са унутрашњим сагоревањем

Мотори поседују робусну конструкцију, проверену технологију, али је потребно редовно одржавање и сервисирање. Доступни су у опсегу од неколико кWe до 10 МWe, и могу да користе различита горива због чега су погодни за примену у разним СНР постројењима, од примене у породичним кућама, преко стамбених зграда и институција до мањих индустријских постројења. Мотори са унутрашњим сагоревањем су најчешће коришћене технологије за генерисање електричне енергије

до 1MW. Поред брзог стартовања, велике оперативне поузданости и високе ефикасности при делимичном оптерећењу, дају корисницима флексибилан извор енергије, што омогућава низ различитих енергетских примена.

Иако су развијене технологије, клипни мотори имају неколико недостатака: релативно висок ниво вибрација што захтева мере за смањење шума, велики број покретних делова и фреквентни интервали одржавања подижу трошкове одржавања. Поред тога, пуна искоришћеност различитих топлотних извора са различитим температурним нивоима у СНР постројењу је доста компликована. Иако је технологија проверена и поуздана, потребна су додатна побољшања пре свега у погледу високих емисија, нарочито емисија азотних оксида.

Предност постројења са гасним мотором је могућност њиховог рада са минималним уделом метана од само 45%. Широка је примена за мање снаге, што приближно значи до 100 kW електричне снаге, док се за веће снаге користе прилагођени дизел агрегати који такође припадају категорији гасних мотора и који су опремљени свећицама.



Слика 13: Когенерација са гасним мотором

Принцип рада постројења са гасним мотором приказан је на слици 13. Адекватно припремљен биогаз се доводи до гасног мотора, где сагорева, те се ствара користан рад и топлота. Користан рад се преноси на електрични генератор, који механичку енергију претвара у електричну енергију, која се тада може користити за задовољење локалних потреба (индустријске потребе или у зградарству) или што је због субвенционисане откупне цене пуно чешћи случај да се комплетно предаје, односно продаје у електричну мрежу. Произведена топлотна енергија се може искористити за индустријске процесе или грејање потрошача топлотне енергије. Примера ради, део произведене топлотне енергије обично се користи и за одржавање температуре у дигесторима, а остатак из биогазне когенерације локалног типа може

се применити за добијање топлоте у оближњем насељу или грејање стакленика или пластеника. Когенерације са гасним мотором су најраширеније јер је цена гасних мотора значајно нижа од осталих претходно споменутих алтернативних постројења.

6. Избор когенерационог модула

6.1 Укупна дневна количина енергије

На основу расположиве количине добијеног биогаса и енергетских потреба врши се избор најповољније технологије.

$$(29) \quad N = H_{DT(CH_4)} \cdot V_{CH_4} = 23 \cdot 16.5 = 379.5 \frac{MJ}{dan}$$

Укупна расположива снага уколико је предвиђено да постројење ради 16 часова дневно износи:

$$(30) \quad N_{hem} = \frac{N \cdot 1000}{16 \cdot 3600} = \frac{379.5 \cdot 1000}{16 \cdot 3600} = 6.6 kW$$

Укупна ефикасност когенерационог постројења

$$(31) \quad \eta_{uk} = 92\%$$

Ефикасност когенерационог постројења за генерисање електричне енергије:

$$(33) \quad \eta_{el} = 26.3\%$$

Електрична енергија (излазна снага постројења):

$$(34) \quad E = \frac{N_{hem} \cdot \eta_{el}}{100} = \frac{6.6 \cdot 26.3}{100} = 1.74 kW$$

Топлотна енергија (излазна снага постројења):

$$(32) \quad Q_t = \frac{N_{hem} \cdot \eta_{uk}}{100} = \frac{6.6 \cdot 92}{100} = 6 kW$$

Избор гасног мотора бирамо на основу дневне количине биогаса коју добијамо из дигестора. На основу анализе понуде когенерационих модула на тржишту, као најповољније решење одабрана је уградња два когенерациона модула MCHP1.0K2 фирме HONDA (у Немачкој *dostupan kao Vaillant EcoPOWER 1.0*).

7. Спецификација когенерационог модула MCHP1.0K2 фирме HONDA.

Табела 7: Спецификација мотора за когенерацију

CHP мотор	Електрични излаз (kW)	Топлотни излаз (kW)	Електрична ефикасност (%)	Топлотна ефикасност (%)	Укупна ефикасност (%)	Потрошња гаса (Nm ³ /h)
MCHP1.0K2	0,980	2,5	26,3	65,7	92	0,6



Слика 14: Когенерациони модул

Табела 8

CHP	Димензије и тежина			
	Висина(mm)	Дужина(mm)	Ширина(mm)	Тежина (kg)
MCHP1.0K2	750	580	298	76

7.1 Основне карактеристике модула:

Основне карактеристике модула MCHP1.0K2: висока ефикасност, компактност и дуг сервисни интервал замене уља. Због ових карактеристика, ови уређаји се користе код савремених извора за загревање стамбених објеката. У зависности од потреба, како би у 1015) * Сертификат "Е-30-00654-06" уређаји из серије MCHP испуњава захтеве 90/396/ЕХС (Уредба Владе број 22/2003. Кол) Хонда носилац сертификата система менаџмента квалитетом и ЕМС.

7.2 Основни технички подаци:

Опис уређаја: Уређај је дизајниран да користи природни гас или ТНГ (течни нафтин гас) за производњу електричне и топлотне енергије. Има аутономно функцију која омогућава коришћење система у случају нестанка струје.

Кључне карактеристике МСНР1.0К2 когенерације јединице

МСНР1.0К2 Карактеристике Хонда EXlink (Extended Expansion Linkage Engine). Чији је ход експанзије дужи од његовог усисног хода, што је резултирало значајно за повећане термичке ефикасности и ефикасности горива. На основу технологије, МСНР1.0К2 нуди снагу ефикасност 26,3%. Поред тога, захваљујући систему циркулације топлоте, који потпуно обнавља топлоту мотора, МСНР1.0К2 нуди комбиновану снагу и топлотну енергију до ефикасности од 92,0%. МСНР1.0К2 поседује највећу оцену за компактан дизајн, за когенерациони модул, што олакшава инсталацију у широком спектру домова.

Табела 9: Главне спецификације МСНР1.0К2

Гориво	Природни гас, течни нафтни гас
Тип мотора	4-тактни OHV цилиндрични
Усисни ход	110 cm ³
Издувни ход	163 cm ³
Тип генератора	Мултипликатор-инвентор
Електрични излаз	1,0 kW (110-220v)
Грејни капацитет	2,5 kW

7.3 Komponente СНР уређаја

Есорower 1.0 micro-систем Валиант састоји од неколико компоненти, од којих зависи оптерећење котла и резервоара природног гаса који могу да се прилагођавају перформансама и захтевима.

Когенерацијски модул (слика 15) састоји се од Хондиног јединственог гасног мотора, кога одликује мали цилиндар са радном запремином од 163 cm³ и ради у непрекидном режиму од 1.950 обртаја у минути. Хонда је гарант за мотор да има од 20.000 до 30.0000 радних сати пре првог великог ремонта. Врши се ремонт клипа, што је показала пракса на око пет година. Вертикални распоред мотора карактерише вертикалну радилицу, цилиндар и хоризонтално интегрисан резервоар за уље, који помаже да се додатно умањи тежину и величину јединице.

Мотор когенерационе јединице на гас користи Exlink, ново развијени, мулти-линк (високе-експанзије) мотор, да би се повећале перформансе. Нови мотор Exlink је први светски когенерациони мотор заснован на проширеном термодинамичком циклусу, познат као "Аткинсон циклус", који има висок однос компресије и експанзије (експанзије која је већа од њиховог степена компресије), што им омогућава да ефикасније развију енергију из горива. У коме је дужина клипа односно ход експанзије око 1,4 пута већа од хода компресије, а добијени однос обезбеђује побољшање у термалној ефикасности. Резултат је побољшање ефикасности горива за око 15% у поређењу са конвенционалним јединицама. Мулти-линк, доводи се у

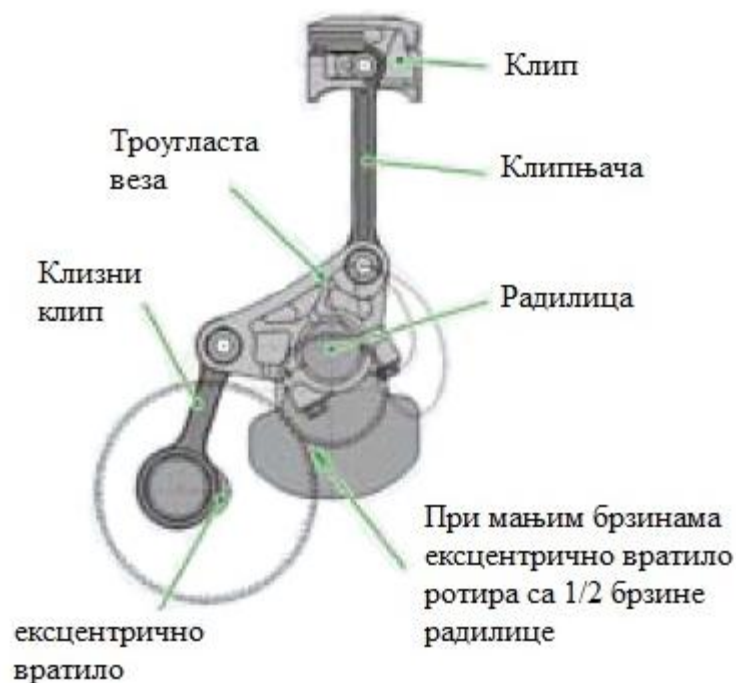
компактном дизајну који би могао бити масовно произведен: први светски Аткинсон циклус мотора са мулти-линк механизма.



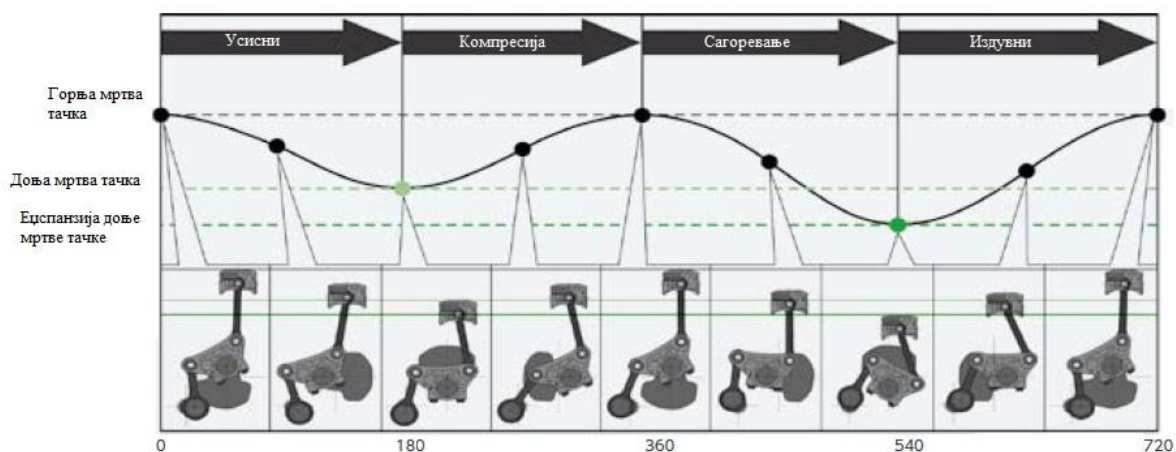
Слика 15



Слика 16: Основни делови



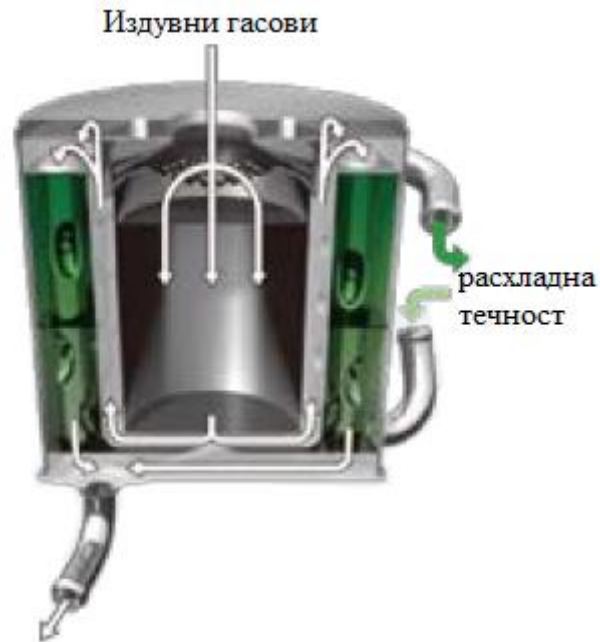
Слика 17



Слика 18: Угао ротације радилице

Нова МСНР1.0К2 јединица има високу ефикасну размену топлоте, систем који опоравља топлоту мотора и издувни топлоту користи да производи топлу воду. Дводелна унутрашња структура јединице смањује зрачење, губитак топлоте и оптимизује проток ваздуха за хлађење. Издувни систем је опремљен са интегрисаним измењивачем топлоте и катализатором, а док вода за хлађење пролази кроз мотор и издувне гасове система. Остале карактеристике дизајниране су да размена топлоте буде идеална, укључујући и позиционирање измењивача топлоте изнад мотора. У систему за хлађење циркулишу расхладне течности кроз катализатор, течност се кондензује и испарава од издувних гасова. Степен искоришћења таквог система је од 65,7%. При раду мотор ослобађа топлоту и издувне гасове који се могу искористити за грејање и топлу воду. Интегрисани генератор генерише електричну енергију и у исто време, се помоћу инвертора трансформише у електричну енергију (50 Hz 220

W). Гасни измењивач топлоте издувних гасова интегрисан је у катализатор који чисти издувне гасове.



Слика 19

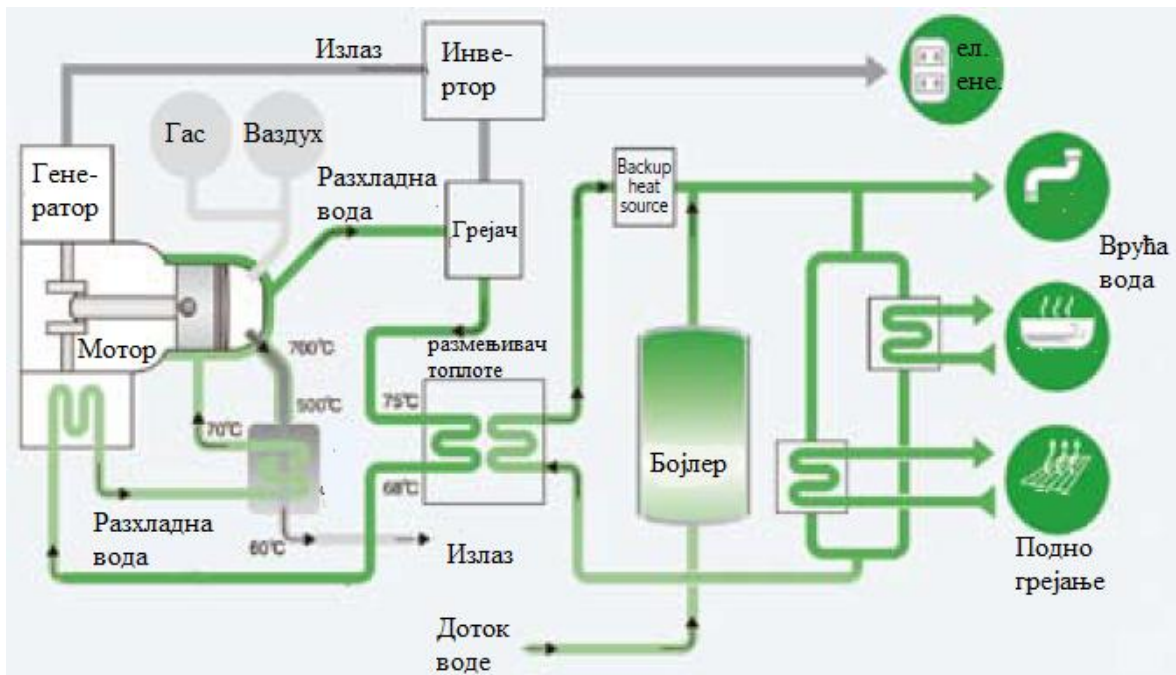
Трокраки катализатор се користи за чишћење издувних гасова који пролазе кроз цеви за размену топлоте. Топла вода је нус производ расхладне воде која пролази кроз катализатор.

Екстракција модула топлоте (слика 20): Садржи измењивач топлоте за систем раздвајања топле воде и течности за хлађење мотора и пумпе за пумпање расхладне течности и грејање воде. Модул такође гарантује у свим деловима оптималне температуре мотора без обзира на утицаје система грејања.



Слика 20

Одвојено вршно оптерећење котла (слици 18) да апсорбују топлоту, Валиант комбинује свој когенерациони систем заједно са кондензацијом из стандардног програма. Да покривају широку потребу за топлотном енергијом, постоје три зидна грејача у различитим величинама која ће моћи да се бирају.



Слика 21

Сва три грејача представљају кондензациону технику уређаја кога карактерише stepless модулација 17-100%, кондензације топлоте, штедљиве и високо ефикасне пумпе (ефикасност класе А) и такозвани мулти-сензорски систем (електронска контрола сагоревања).

Контрола система

Контрола система се врши преко екрана од 5.7-инчи који је осетљив на додир. Комплетно micro-CHP постројење може се похвалити својом функционалношћу и хидрауличном интерконекцијом. Поред тога, алатке за анализу су доступне, где се може контролисати функционалност и капацитет CHP постројења. На пример дијаграми показују рад CHP током дана. Систем температуре, приказан је кривом грејања, тако да можете сами да одређујете параметре и функционалност система. Даљинску контролу система је могуће урадити и преко рачунара или преко паметних телефона само вам је потребна одговарајућа апликација које је доступна на Интернету, и преко тога је иста функционалност и контрола система. Сви оперативни подаци и анализе су доступне на Интернету.

Одржавање система

Интервал одржавања је после 6000 сати или после годину, годину и по дана. Систем даје сам информацију када и шта треба да се сервисира.

Најнижа вибрација и бука

Побољшан и нижи носач мотора и других структура са дизајнираним проширењем помоћу кога се смањује пулсирање и вибрације који ублажавају буку усисних и издувних система. Оптимизовани материјал резултира малим вибрацијама и буком еквивалентно од једне спољне јединице ниво буке буде 43 dB (A).

Једноставна инсталација и одржавање

Ширина јединице је 298 мм, дужине од 650мм се може приступити са стране да се обавља рад на одржавању. Захваљујући свом компактном дизајну, МСНР 1.0K2 може бити инсталиран у домовима многих различитих величина и облика.

Током подешавања јединице за напајање мреже интерконекију, ЕЈК (електронска јединица Контролна) контролни панел омогућава улаз на поставкама које пружа контролу без употребе алата за одржавање, што олакшава инсталацију. Контролни панел може такође приказати протекло време од одржавања и разних кодова грешака.

Изванредна поузданост

Дуг живот свећице и резервоара уља великог капацитета дозвољавају одржавање у интервалу од 6.000 сати коришћења, односно три године. Мониторинг мрежа система са функцијом детекције двоструког нестанка струје константно прати таласни облик напона електричне мреже за откривање прекида или недовољног напона да би безбедно угасио систем.

8. Техно-економска анализа постројења

Предмер и предрачун грађевинских, браварских и инсталатерских радова

8.1. Земљањи радови

- 8.1.1** Рашчишћавање терена на месту где се објекат поставља од корова, грања и ситног растиња.

Обрачун по m^2

75.00	m^2	x	500.00	37,500.00
-------	-------	---	--------	-----------

8.1.2

Геодетско искољчавање објекта и постављање сталних хоризонталних и вертикалних тачака. Без обзира на расположиве податке постојећих инсталација, извођач је дужан да изврши проверу положаја свих постојећих инсталација и изврши њихово картирање са висинском представом.

Обрачун по m^2 .

75.00	m^2	x	950.00	71,250.00
-------	-------	---	--------	-----------

8.1.3

Широки ископ земље треће категорије, са правилним одсецањем ивица и планирањем дна ископа. (Без утовара и одвоза материјала).

Обрачун по m^3 .

192.0	m^3	x	380.00	72,960.04
-------	-------	---	--------	-----------

8.1.4

Насипање и набијање земље из ископа око темеља и испод дигестера и спремника, до постизања прописане збијености. Насипање вршити у слојевима од по 20 cm.

Обрачун по m³.

97.84	m ³	x	450.00	44,028.71
-------	----------------	---	--------	-----------

8.1.5

Одвоз вишка земље из ископа на место депоније, удаљености до 3 km, са утоваром у возило, одвозом, истоваром-киповањем и грубим разастирањем са планирањем на депонији.

Обрачун по m³.

94.16	m ³	x	250.00	23,539.63
-------	----------------	---	--------	-----------

8.1.6

Набавка и израда тампон слоја шљунка природне гранулације. Јединичном ценом обухваћено насипање, разастирање, планирање и набијање до постизања прописане збијености.

Обрачун по m³ у збијеном стању.

10.40	m ³	x	2100.0	21,848.73
		УКУПНО		271,127.1

8.2.1

Бетонирање АБ темељних трака објекта водонепропусним бетоном МБ 30, у потребној оплати.

Обрачун по m^3 .

1.70	m^3	x	5000.0	8,482.30
-------------	-------	---	--------	----------

8.2.2

Бетонирање АБ подова дигестора и резервоара дебљине $d = 25cm$, водонепропусним бетоном МБ30 у потребној оплати.

Обрачун по m^3 .

11.53	m^3	x	5300.0	61,092.38
--------------	-------	---	--------	-----------

8.2.3

Бетонирање АБ зидова дигестера и резервоара, водонепропусним бетоном МБ30 у потребној оплати.

Обрачун по m^3 .

24.00	m^3	x	5300.0	127,224.96
--------------	-------	---	--------	------------

8.2.4

Бетонирање АБ калоте дигестера, водонепропусним бетоном МБ30 у потребној оплати.

Обрачун по m^3 .

11.69	m^3	x	5800.00	67,785.99
--------------	-------	---	---------	-----------

УКУПНО

264,585.63

8.3 Армирачки радови

Набавка, допрема, истовар, исправљање и сечење чишћење и монтажа арматуре од бетонског челика, детаљима арматуре и техничким условима за бетонски челик. Обрачун по кг арматуре по предњем опису а у складу са Г.Н. Исказана количина дата је на бази процене

Глатка арматура ГА (240/360):					
169.65	kg	x	90.00		15,268.14
Мрежаста арматура МАГ (500/560):					
4013.60	kg	x	90.00		361,223.92
		УКУПНО			376,492.06

8.4 Изолатерски радови

8.4.1

Израда потпуне хидроизолације око дигестора и резервоара на следећи начин:

Хладан премаз битулитом "А"

Кондорфлекс Т4 (варен) x²

Изолацију подићи 5cm уз зидове.

Обрачун по m² изоловане површине.

155.66	m ²	x	180.00		28,018.86
--------	----------------	---	--------	--	-----------

8.4.2

Израда потпуне хидро-хемијске изолације унутар дигестора и резервоара

од епокси смоле из два премаза

141.51	m ²	x	200.00		28,301.88
--------	----------------	---	--------	--	-----------

УКУПНО **28,018.86**

8.5 Браварски радови

Израда и монтажа сакупљача гаса. Сакупљач гаса изградити од челичног лима у свему према шемама браварије.

Елементи за везу M16x175 A4 реца

Обрачун по ком.

	3,000.00
УКУПНО	3,000.00

8.6 Инсталатерски радови

Израда и монтажа гасне инсталације према диспозицији гасне

Арматуре. Обрачун по ком.

Бакарне цеви Cu 28x1		8m	730.00	5,840.00
Колена 90 Cu 28-90		3ком.	88.00	264.00
Т-комади Cu 28-28-28		2ком.	205.00	410.00
Холендери Cu 28-5/4"		20ком.	524.00	10,480.00
Спојнице Cu 28		3ком.	69.00	207.00
Кугласти вентили ГАС		4ком.	1,820.00	7,280.00
Испусни вентил ГАС	Solovarm	1ком.	780.00	780.00
Неповратни вентил ГАС		2ком.	780.00	1,560.00
Вентил сигурности 5/4"	Rasteli	1ком.	9,258.00	9,258.00
Неповрат. пламена 5/4"	Caleffi	1ком.	4,662.00	4,662.00
Манометар 5/4"	Wika	1ком.	6,360.00	6,360.00
Гасометар 5/4"		1ком.	28,500.00	28,500.00
Бакља 5/4"		1ком.	9,500.00	9,500.00

УКУПНО	85,101.00
---------------	------------------

UKUPNA CENA IZRADE POSTROJENJA	1,028,324.66
---------------------------------------	---------------------

Цена мотора се рачуна на основу kW

Цена мотора је око 8000€ за основни модел, при чему би целокупна инвестиција износила око 17000 €.

8.7 Рок отплате финансијске инвестиције

Одабрани когенерациони модули, према табели 7 троше, око $19 \text{ Nm}^3/\text{dan}$ биогаза. Уколико би се когенерациони модули користили у току грејне сезоне (око 2500 радних часова), произуковало би се око 4350 kWh електричне енергије и око 11000 kWh топлоте. Ангажовање когенерационих модула у току целе године, оправдано је уколико постоји потреба за топлотном енергијом ван грејне сезоне (за технолошке процесе или адсорпционе системе хлађења). Feed in тарифа за производњу електричне енергије из биогаза (за најмања постројења) износи 16 дин, док је цена kWh топлоте око 7 дин.

Рок отплате

$$\text{рок} = \frac{\text{инвестиција}}{\text{добит(струја + топлота)}} \approx \frac{17000}{605 + 669} \approx 13,3$$

Ако би модул радио током целе године, период отплате би био дупло краћи од 6 до 7 година, али је потреба за топлотном енергијом неизвесна, мада се може користити ван грејне сезоне, да се користи за загревање санитарне воде у бојлеру (уместо да се греје на струју). У сваком случају период отплате неће и не би требало да буде кратак. Генерално то је један од разлога због кога ОИЕ нису превише заступљени код нас.

9. Уредба о мерама подстицаја за повлашћене произвођаче

Финансијска подршка је прописана Уредбом о мерама подстицаја за производњу електричне енергије коришћењем обновљивих извора енергије и комбинованом производњом електричне и топлотне енергије (Сл. Гласник РС бр. 99/2009). Овом уредбом ближе се прописују мере подстицаја за производњу електричне енергије коришћењем обновљивих извора енергије и за откуп те енергије - Feed-in tariff, балансирање и читавање, дефинишу енергетски објекти који производе електричну енергију из обновљивих извора, уређује садржина уговора о откупу електричне енергије по мерама подстицаја, као и накнада трошкова купцу тако произведене енергије.

Мере подстицаја према Уредби обухватају откупне цене одређене према врсти електране у којој се производи електрична енергија коришћењем обновљивих извора енергије и према инсталисаној снази (P) израженој у MW. Врста електране и инсталисана снага одређују се актом о стицању статуса повлашћеног произвођача електричне енергије (Уредба о условима за стицање статуса повлашћеног произвођача електричне енергије, Сл. Гласник РС бр. 72/2009)

Не постоји посебна политика за промоцију производње и коришћења биогаза. За електране на биогаз, као и за друге обновљиве изворе енергије дефинисане су одређене мере подстицаја у Уредби о мерама подстицаја за производњу електричне енергије коришћењем обновљивих извора енергије и комбинованом производњом електричне и топлотне енергије (Сл. гласник РС 99/2009) дефинисане су мере подстицаја и за електране на биогаз. Мере подстицаја, односно откупна цена, су дефинисане у зависности од инсталисане снаге и то за три категорије: до 0,2 MW, од 0,2 до 2 MW и преко 2 MW. Сви пројекти који се реализују или чија се реализација планира, предвиђају локално коришћење биогаза.[9]

- Подстицајни период од 12 година - задржано је постојеће решење
- Подстицајни период за старе објекте је умањен за број година од пуштања у погон до склапања уговора са јавним снабдевачем - ново решење
- Дефинисане гарантоване подстицајне откупне цене током подстицајног периода - допуњене постојеће категорије и предложене нове вредности
- Право повлашћеног произвођача који је стекао привремени повлашћени статус да продаје енергију по цени која је важила у тренутку стицања привременог статуса уколико је то повољније за њега - ново решење
- Преузимање балансне одговорности и трошкова балансирања током подстицајног периода - ново решење
- Бесплатно месечно читавање бројила и обавештавање од стране надлежног оператора - задржано је постојеће решење
- Право повлашћеног произвођача да после истека подстицајног периода настави да продаје енергију јавном снабдевачу али сада по тржишним ценама.
- Период отплате инвестиционих и оперативних трошкова инвеститора једнак је подстицајном периоду. Инвеститор има потребну сигурност а држава штити потрошаче јер се профит генерише касније на тржишту

- У прорачуну су коришћени просечни трошкови инвестиционо јефтинијих пројеката у Србији ^ уважавају се локални услови пословања, а држава шаље сигнал да се прво реализују најекономичнији пројекти и штити потрошаче од непотребно великих тарифа
- Дисконтна стопа је одређена као пондерисана средња стопа повратка капитала (WACC) - вредност од 8% претпоставља 80% кредита уз каматну стопу од 6% и 20% сопственог улагања уз просто време повратка од 7 година -ниска вредност дисконтне стопе води ка мањим почетним тарифама и штити потрошаче нарочито у време кризе
- Дефинисан садржај Уговора о откупу и уведена обавеза Министарству да у року од 60 дана припреми типске моделе уговора за електране до и преко 5 MW - ново решење
- Повлашћени произвођачи током периода подстицаја не сnose трошкове балансирања, али је за све електране преко 5 M^ уведена обавеза планирања рада и достављања планова јавном снабдевачу - ново решење којим се штите интереси јавног снабдевача да минимизира трошкове балансирања, а сви већи повлашћени произвођачи се благовремено припремају за будући рад на тржишту

Табела 10: Когенерација електрана и подстицајне цене

Врста електране	Инсталисана снага P(MW)	Подстицајна откупна цена (evro/KWh)
Електране на биомасу		
	До 1	13,26
	1-10	13,82-0,56*
	Преко 10	8,22
Електране на биогаз		
	До 0,2	15,66
	0,2-1	16,498-4,188*
	Преко 1	12,31
На биогаз животињског порекла		12,31

Табела 11: Динамика раста удела ОИЕ у три сектора потрошне енергије

	Базна година								Циљ
	2009	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ОИЕ грејање и хлађење %	26%	26%	26%	26%	26%	27%	28%	39%	30%
ОИЕ електрична енергија %	29%	29%	30%	30%	31%	32%	33%	35%	37%
ОИЕ саобраћај %	0%	0%	0%	2%	3%	5%	7%	8%	10%
ОИЕ укупно учешће %	21%	21%	21%	22%	23%	23%	25%	26%	27%

10. Закључак

Потрошња енергије је у порасту, па ће ускоро бити потребни нови извори топлотне и електричне енергије. Тренутно стање српског енергетског сектора готово налаже увођење когенерационих модула у домаћи енергетски, пољопривредни, индустријски и комунални сектор. Масовна примена когенерације могла би да битно повећа енергетску ефикасност, и да смањи еколошка и економска оптерећења наше друштвене заједнице.

Постројења за производњу електричне и топлотне енергије из биомасе, као и биодизела и биоетанола су већ проверена у развијеним земљама ЕУ, и могу се у Србији користити као примери добре праксе за будуће коришћење потенцијала локалне пољопривреде и индустрије. Она омогућују позитивне ефекте у екологији, пољопривреди, националној економији и енергетици. Уосталом, коришћење ОИЕ је и интернационална обавеза Србије, која је већ преузета кроз неколико мултилатералних уговора, а представља један од првих услова за пријем у ЕУ. Влада Србије посредством неколико министарстава треба да хитно оформи правни оквир за развој енергетике засноване на развој биомасе у Србији, а највећи ефекти тога биће у екологији и пољопривреди.

У оквиру овог дипломског рада описани су:

- могућност увођења когенерације при производњи енергије за грејање;
- могућа техничко-технолошка решења која ће уз увођење савремених гасних мотора и турбина у процес когенерације обезбедити власницима производњу топлотне и електричне енергије по повлашћеној цени;
- финансијски и економски показатељи техничко-технолошких решења когенерације и дефинисани периоди повраћаја уложених средстава.

Поменути техноекономска анализа је рађена коришћењем:

- методе „pay back period“ и
- методе прорачуна трошкова производње електричне енергије и профита.

При анализи је била усвојена:

- гарантована откупна цена електричне енергије добијена из когенерације која износи 16 din/kWh и
- цена природног гаса од 31 din/m³, а
- утврђено да је период отплате разматраног постројења 13,3 године.

Посебно се напомиње да изабрано техничко решење за увођење гасне турбине у когенеративни процес испуњава све најстрожије захтеве у погледу животне средине и да ће допринети општем степену енергетске и економске ефикасности.

11. Литература:

- [1] Сагласно Закону о енергетици („Службени гласник РС”, број 84/04)
- [2] Биомаса - најзначајнији обновљиви извор енергије у Србији 2012
www.zelenasrbija.rs
- [3] Ревитализација привреде Србије стање и перспективе 2013
- [4] Доц. Др инж. Милан Деспотовић, Проф. Др инж Милун Бабић, Енергија биомасе, монографија, Машински факултет Крагујевац, 2007
- [5] Неопходни услови анаеробне дигестије **GREEN-GROUP**
www.butobu.rs/details/light/index.php?r=1922&usr=greengroup
- [6] Agricultural engineering www.academics.com www.asabc.org
- [7] Национална стратегија одрживог развоја, („Службени гласник РС”, бр. 55/05, 71/05 исправка и 101/07),
- [8] <http://world.honda.com/>
- [9] <http://www.merz.gov.rs/>
- [10] Тешић, М., Букуров, М., О разлозима за производњу биогаза у земљама Европске Уније и Србији, те економској оправданости изградње биогаз постројења на фарми говеда "Нова Четворка" РК Београда, Савремена пољопривредна техника, Вол. 31, Но. 4, п.155-264, Нови Сад, 2005.
- [11] Шунић, Миљенко, Ефикасност когенерацијских постројења, Енергетика маркетинг, Загреб, 1996.