

Univerzitet u Kragujevcu
Fakultet inženjerskih nauka



Naziv studijskog programa: Mašinsko inženjerstvo

Nivo studija: Master akademske studije

Modul: Energetika i procesna tehnika

Predmet: Upravljanje otpadom

Broj indeksa: 313/2010

Marko R. Jevtović

**Idejno rešenje postrojenja za kogeneraciju
deponijskog gasa iz komunalnog otpada grada
Kragujevca**

Master rad

Komisija za pregled i odbranu:

1. Prof. dr Nebojša Jovičić-mentor
2. _____
3. _____

Datum odbrane: _____

Ocena: _____

U okviru ovog master rada kandidat treba da:

Istraži mogućnost korišćenja deponijskog gasa kao obnovljivog izvora energije, sa težištem na procesu kogeneracije. Treba posvetiti posebnu pažnju na analizi tipičnih postrojenja za otplinjavanje deponija, na primere dobre prakse u okruženju i kod nas, na iskustva i preporuke koje se mogu naći u okruženju i kod nas i u raspoloživoj literaturi. Ova istraživanja će polužiti da se predloži idejno rešenje postrojenja za kogeneraciju deponijskog gasa iz komunalnog otpada deponije u Jovanovcu. Model postrojenja biće razvijen u 3D formi korišćenjem programskog paketa CATIA. Takođe, u cilju sveobuhvatne analize potrebno je sprovesti procenu tehnno-ekonomskih performansi predloženog idejnog rešenja

Preporučena literatura:

- [1] Jeffrey L. Pierce, P.E.: Desining a landfill gas to energy project, Salt Lake City, UtahSalt Utah, 2005.
- [2] Dieter Deublein and Angelika Steinhauser: Biogas from Waste and Renewable Resources.
- [3] Nebojša Jovičić: Studija: Istraživanje energetskih potencijala komunalnih deponija za izgradnju kogeneracionih postrojenja, Kragujevac 2012.

Kragujevac,

02.04.2012. god.

mentor:

Dr Nebojša Jovičić, redovni profesor

Rezime:

Grad Kragujevac, kao i većina drugih gradova i opština u Srbiji, imaju veliki problem sa odlaganjem čvrstog otpada. Komunalni i komercijalni otpad se odlaže na deponiju Jovanovac, u procenjenim količinama od 45-50.000 tona godišnje. Sama deponija Jovanovac, ima karakteristike koje nisu u potpunosti usklađene sa zahtevima uređene deponije i na taj način predstavlja potencijalnu ekološku opasnost po grad i okolinu. Otuda, strogo gledano očima ekologa, ovakvu deponiju, trebalo bi što pre zatvoriti, sanirati i rekultivisati, iz prostog razloga što deponovani otpad na njoj generiše velike količine zapaljivog i toksičnog gasa.

Međutim, kada se na ovaj problem pogleda sa tehničke strane, deponijski gas je energetski veoma zanimljiv, jer bi se njegovim procesiranjem mogle dobiti velika količina toplotne i električne energija.

Otuda, u ovom radu je prikazano idejno rešenje postrojenja za kogeneraciju energije dobijene iz postrojenja za otplinjavanje deponije i tretman deponijskog gasa. Tehničkom i ekonomskom analizom ovog idejnog rešenja došlo se značajnih podataka. S ekološke tačke gledišta, proces kogeneracije smanjio bi emisiju metana i ugljen-dioksida u atmosferu, u ekvivalentnoj količini, koju zapleni približno 420 000 ari borove i jelove šume u toku godine. Ovakvim tretiranjem deponijskog gasa, smanjila bi se emisija gasova staklene bašte, kao kada bi se sa ulica u toku godine sklonilo 8 500 automobla. Dobijena električna energija iz procesa kogeneracije zadovoljila bi godišnje potrebe za električnom energijom približno 1 300 domaćinstava.

Detaljna tehno-ekonomska analiza i sagledavanje investicionih troškova postrojenja za tretman i kogeneraciju deponijskog gasa, ukazuje da bi se za rešenje jednog od gorućih problema grada Kragujevca, trebalo uložiti dosta novca. Investicija za izgradnju ovog postrojenja je na nivou od oko 1 000 000 eura. Ekonomskom analizom, koja je predstavljena u radu, došlo se do zaključka, da je projekat suštinski isplativ. Period otplate investicija bio bi 5 godina. Otplate bi se vršila prodajom električne energije distribuciji, po definisanoj tarifi. Period otplate investicija bio bi kraći da je na sistemskom nivou definisana cena toplotne energije dobijene u procesu kogeneracije. Iz tog razloga, toplotna energija dobijena u ovom postrojenju, manjim delom bi se koristila za potrebe postrojenja, dok bi u odnosu na toplotni kapacitet postrojenja, veliki deo toplotne energije ostao neiskorišćen.

Ključne reči:

Kogeneracija; postrojenje za kogeneraciju; proces kogeneracije; gasni motor; analiza projekta

Abstract:

City of Kragujevac, like most other cities and municipalities in Serbia have a big problem with the disposal of solid waste. Municipal and commercial waste is disposed of in landfill Jovanovac, the estimated quantities of 45-50000 tons, per year. Jovanovac landfill itself, has features that are not fully consistent with the requirements of regulated waste, and thus represents a potential ecological danger to city and its surroundings.

Therefore, strictly speaking eyes of ecologists, this landfill should be closed as soon as possible, rehabilitate and re cultivate the simple reason that deposited waste on it generates large amounts of combustible and toxic gas.

But, when you look at this problem from the technical side, landfill gas is a very interesting source of energy, because its processing is able to obtain large amounts of thermal and electrical energy. There for this paper describes conceptual design of the plant, the cogeneration energy derived from waste treatment and landfill degassing of landfill gas. Technical and economic analysis of the conceptual design there are significant data.

From an ecological point of view, the process of cogeneration would reduce emissions of methane and carbon dioxide into the atmosphere, the equivalent amount, which seized approximately 420 000 acres of pine and fir forest during the year. This treatment of landfill gas to reduce greenhouse gas emission as if they are off the streets during the year 8500 cars have shelter. The resulting electrical energy from the cogeneration process to satisfy the annual demand for electricity is about 1 300 households.

Detailed techno-economic analysis and consideration of investment costs treatment plants and landfill gas cogeneration, points to the solution of one of the most pressing problems of Kragujevac, need to invest a lot of money. Investment for the construction of this plant is at a level of about 1 000 000 euro.

Economic analysis presented in this paper, it was concluded that the project is essentially a cost-effective. Repayment period of investment would be 5 years. Repayment would be carried out the sale of electricity distribution, according to a defined rate. Repayment period of investment would be less than the system defined level price by thermal energy generated in the cogeneration process. For this reason, the thermal energy obtained from this plant, the lower part would be used for the plant, while in relation to the heat capacity of the plant, much of the thermal energy remained unused.

Keywords:

Cogeneration; cogeneration plant; the process of cogeneration; gas engine; an analysis of the project

SADRŽAJ

UVOD	4
1. DEPONIJA ČVRSTOG OTPADA I DEPONIJSKI GAS	6
1.1. Pojam deponije	6
1.1.2. Osnovne faze razlaganja otpada na deponiji	7
1.2. Proces formiranja deponijskog gasa	9
1.2.1. Faktori koji utiču na proces formiranja deponijskog gasa	9
1.3. Sastav deponijskog gasa	11
1.3.1. Uticaj deponijskog gasa na životnu sredinu	12
2. BIOGAS	18
2.1.1. Faza 1 - Hidroliza	18
2.1.2. Faza 2 – Kiselinska faza	19
2.1.3. Faza 3 – Sirćetna faza	19
2.1.4. Faza 4 – Metanogena faza	19
2.2. Oprema za proizvodnju biogasa	20
2.2.1. Skladištenje	20
2.2.2. Rezervoari za biogas	21
2.2.3. Ostaci fermentacije i njihova primena	23
2.3. Neophodni elementi za proizvodnju biogasa	23
3. KOGENERACIJA	24
3.1 Pojam kogeneracije	24
3.3 .Procesi prečišćavanja gasa za potrebe kogeneracije	25
3.3.1. Prečišćavanje biogasa	25
3.3.2. Kako se ostvaruje kogeneracija?	27
3.4. Motori u procesima kogeneracije	28
3.4.1. Gasni Otto motori	28
3.4.2. Dizel motori sa inicijalnim paljenjem	28
3.4.3. Stirling motori	29
3.4.4. Mikroturbine	30
3.4.5. Gorive ćelije	31
3.5. Poređenje tehnologija	33
3.6. Proces kogeneracije u Evropi i način primene na nacionalnom nivou	33
4. GRAD KRAGUJEVAC - LOKACIJA DEPONIJJE JOVANOVAČ	36
4.1. Grad Kragujevac	36
4.1.1. Teritorija	36
4.1.2. Reljef i geološka građa područja	36

4.1.3. Vode	36
4.1.5. Klima	37
4.1.6. Flora i fauna.....	37
4.1.7. Stanovništvo	37
4.2. Lokacija deponije Jovanovac.....	37
5. SISTEM UPRAVLJANJA OTPADOM.....	38
5.1. Sistem upravljanja otpadom u Kragujevcu	38
5.2. Količine komunalnog otpada u Kragujevcu	38
5.2.1. Industrijski otpad	39
5.2.2. Medicinski i farmaceutski otpad.....	39
DEPONIJSKOG GASA.....	42
6.1. Ekstrakcija (sakupljanje) deponijskog gasa.....	42
6.1.1. Sistem vertikalnih bunara	43
6.1.2. Horizontalni sistem za sakupljanje gasa	44
6.2. Sistem za procesiranje deponijskog gasa	46
6.3. Sistem za konverziju gasa	47
6.4. Procene količine deponijskog gasa.....	47
6. 5. Kontrola eksplozivnih gasova	48
6.5.1. Sistemi kontrole deponijskog gasa	49
7. PARAMETRI ZA DEFINISANJE IDEJNOG REŠENJA.....	50
7.1. Karakteristike deponije Jovanovac	50
7.2. Merenje sastava deponijskog gasa na deponiji Jovanovac	51
7.3. Rezultati merenja sastava deponijskog gasa na deponiji u Kragujevcu	52
7.4. Produkcija deponijskog gasa na deponiji u Jovanovcu	52
Tabela 9. Produkcija deponijskog gasa na deponiji Jovanovac	53
7.5 Energetski potencijal deponije u Jovanovcu	53
8. IDEJNO REŠENJE POSTROJENJA ZA KOGENERACIJU	56
8.1. Princip rada postrojenja za kogeneraciju.....	56
9. FINANSIJSKA ANALIZA POSTROJENJA ZA.....	82
KOGENERACIJU	82
9.1. Ukupna ulaganja u projekat.....	83
9.1.1. Struktura ulaganja u opremu.....	83
9.2.1. Ukupna struktura ulaganja u projekat.....	84
9.2. Iznos projektovane amortizacije.....	84
9.3. Izvori finansiranja.....	85
9.4. Potrebne sirovine za proizvodnju (m3)	85
9.4.1. Cene sirovina	85
9.3. Poslovni rashodi	86

9.3.1. Struktura ostalih poslovnih rashoda	86
9.4. Struktura prihoda	87
9.4.1. Proizvodnja po jedinici mere	87
9.5. Procena projektovanog bilansa uspeha.....	88
9.6. Projekcija finansijskog i ekonomskog toka novčanih sredstava	89
9.7. Ekonomski tok.....	90
9.8. Ocena efikasnosti projekta.....	91
9.8.1. Statička ocena projekta	91
9.8.2. Dinamička ocena projekta	92
a) Metoda povraćaja investicionih ulaganja	92
b) Metoda sadašnje vrednosti projekta i	92
c) Metoda interne stope rentabilnosti	92
9.9. Period povratka investicionih ulaganja.....	93
9.10. Neto sadašnja vrednost projekta	94
9.11. Interna stopa rentabilnosti (IRR)	95
9.12. Ocena u uslovima neizvesnosti.....	95
9.12.1. Cena koštanja.....	95
9.12.2. Cena koštanja proizvoda po jednoj godini	96
9.12.3. Prag rentabiliteta.....	97
10. ZAKLJUČAK	98
LITERATURA	100

UVOD

U praksi, energija se javlja u tri forme: kao primarna, transformisana i korisna.

Kao izvor primarne energije mogu biti obnovljivi i neobnovljivi izvori. Obnovljivi izvori energije pružaju znatan potencijal za eksploataciju u budućnosti, ali sa razvojem tehnologija civilizacija i svet su okupirani eksploatacijom neobnovljivih izvora energije (fosilna goriva).

Fosilna goriva, donose svetu trenutno najviše energije. Radi poređenja, poslednjih godina 80-90% energije se dobija transformacijom fosilnih goriva, 8% iz nuklearnog programa, a samo 3,3% energije dobija se iz obnovljivih izvora (sunce, voda, vetar). Tu nastaje problem, zato što su zalihe neobnovljivih izvora energije ograničene, jer je fosilna goriva nemoguće obnoviti, za kratak vremenski period.

Zbog sve veće potrošnje neobnovljivih izvora energije, količina fosilnih goriva se smanjuje. Pojedini analitičari veruju da će čovečanstvo, već sledećeg veka ostati bez fosilnih goriva.

Pored problema sa ograničenom količinom neobnovljivih izvora energije, postoji i ekološki problem, jer se pri sagorevanju ovih goriva u atmosferu ispuštaju ogromne količine štetnih i po životnu sredinu veoma opasnih gasova (prevashodno se misli na ugljen-dioksid). Sa druge strane, spaljivanjem ovih goriva oslobađa se energija, koja je mnogo veća nego u slučaju transformacije obnovljivih izvora.

U Srbiji, veći deo proizvodnje električne i toplotne energije, baziran je na radu termoelektrana, koje koriste fosilno gorivo (ugalj). Pored emisije gasova sa efektom staklene bašte, što sa ekološke strane predstavlja glavni problem, u atmosferu se ispuštaju i druge štetne materije (ugljen-monoksid, sumpor i sl.)

Uz probleme sa fosilnim gorivom, koji su navedeni, a tiču se ograničenju u eksploataciji energije iz neobnovljivih izvora, čovečanstvo, pa i naša država, suočava se sa još jednim velikim problemom. To je problem odlaganja čvrstog otpada. Otpad kao takav potrebno je odložiti na, za to, predviđena mesta, tj odložiti na deponije. Otpad, koji se odlaže na gradske deponije, jeste otpad iz domaćinstava odnosno komunalni i komercijalni otpad. Ove dve vrste otpada sadrže značajan procenat organske materije. Nakon odlaganja otpad sa velikim sadržajem organskih jedinjenja počinje da truli, odnosno, počinje svoju bakteriološku razgradnju. Kao proces truljenja, oslobađa se određena količina gasova, koja u sebi sadrže veliki procenat metana. Takav gas u okolinu odaje neprijatan miris. Generisanjem ovog gasa u

velikim količinama predstavlja opasnost po životnu sredinu, jer je takav gas vrlo toksičan, i slobodnim oticanjem u atmosferu ugrožava zdravlje ljudi, flore i faune.

Sa druge strane, deponijski gas, odnosno gas koji se generiše na deponijama komunalnog čvrstog otpada, u sebi sadrži i veliki procenat metana (15-50%). Samim tim, on je veoma zapaljiv. Naš grad, kao i naša zemlja, ima veliki problem sa ne sanitarnim i divljim deponijama. Pravi primer takve vrste problema je nesanitarna deponija, koja se nalazi u Kragujevcu, na koju se više od 40 godina odvozi i odlaže otpad iz grada. Deponija Jovanovac, izlazi iz svih okvira uređenih deonija. Ona se prostire na površinu od 15ha, i visine je 18m. Nema regulisan sistem za odvođenje procednih voda, koje su veoma kisele i toksične i nalazi se na svega 10m od toka reke Uglješnice. Putem procednih i podzemnih voda, koje ne planski otiču sa deponije, toksične materije dolaze do toka reke Uglješnice (Reka Uglješnica se uliva u Lepenicu, koja je već dovoljno zagađena, i na taj način povećava njenu toksičnost. Lepenica pripada slivu reke Morave, u koju se, na našu veliku žalost, uliva dosta sličnih vodotokova po svom sastavu, kao što je reka Lepenica. Veliki deo Pomoravlja, koristi vodu iz Morave za piće i za navodnjavanje poljoprivrednih dobara.)

Ovakva i slične deponije se nalaze svuda po Srbiji. Grubo gledano, ove deponije se mogu nazvati jednom vrstom tempiranih bombi i potrebno ih je što pre sanirati i rekultivisati. Na taj način bi se u neku ruku sprečila potencijalna ekološka katastrofa po grad Kragujevac i okolinu. Pored navedenih negativnih problema, na deponiji se generiše velika količina deponijskog gasa, koji je zapaljiv i toksičan, i koji trenutno nesmetano odlazi u atmosferu. Dakle, pomenuti proces sanacije i rekultivacije deponije bi, po njenom zatvaranju, podrazumevao da se na tom mestu postaviti postrojenje za otplinjavanje i tretman deponijskog gasa u cilju dobijanja toplotne i električne energije.

Imajući u vidu značaj energetske i ekološke problema koji su naša realnost, i veliki izazov koji se postavlja pred inženjere XXI veka, u ovom radu, posebna pažnja je posvećena analizi, razvoju i projektovanju idejnog rešenja tipičnog postrojenja za otplinjavanje i tretman deponijskog gasa procesom kogeneracije sa deponije u Jovanovcu. Pored standardnog inženjerskog pristupa, postavljeni problem je sagledavan i kroz prizmu investicionih troškova, pa je u tom smislu sprovedena i detaljna tehničko-ekonomska analiza predloženog rešenja.

U cilju realizacije postavljenih projektnih zadataka, ova studija se u svojim pojedinim delovima bavi problemom deponija, procesom razgradnje otpada, procesom formiranja deponijskog gasa, načinom i sistemom za njegovo sakupljanje, tehnologijama za njegovo procesiranje radi dobijanja nekog od vidova energije, kao i zakonskim uredbama i regulativama i akcionim planovima, koji se tiču upravljanja otpadom, na teritoriji grada Kragujevca.

1. DEPONIJA ČVRSTOG OTPADA I DEPONIJSKI GAS

1.1. Pojam deponije

Pod pojmom deponije podrazumeva se izolovani prostor, za odlaganje čvrstog otpada. Deponija može biti formirana na površini ili u unutrašnjosti izolovanog prostora. Mogu biti organizovane kao privremene ili kao stalne, u zavisnosti od namene za koju su formirane. Privremene se koriste za trenutno odlaganje otpada, a stalne za njegovo kontinuirano odlaganje. Na ovakvim deponijama, koje su pre svega stalnog karaktera dolazi do razvoja mikroorganizama, i neprekidnog uvećavanja njihovih kolonija. Njihova prevashodna uloga je usmerena na razlaganje, lako razgradivih materija koje se odlažu na deponijama.

Postoje različite vrste mikroorganizama, koje prema svojim karakteristikama zahtevaju različite uslove za preživljavanje, opstanak i razmnožavanje, u smislu uvećanja sopstvene populacije. Pre svega se ovde misli na različitu temperaturu zemljišta, pH vrednost istog, sastav tla, a samim tim i vlažnosti.

Ubrzani razvoj populacija mikroorganizama je posledica, često nekontrolisanog nagomilavanja otpada, tačnije smeća. Ovo nagomilavanje za posledicu ima, skoro uvek negativne efekte, i to:

- preko zemljine površine, dolazi do nagomilavanja mikroorganizama, njihovog prodiranja pod zemljom, koji putem podzemnih voda dovodi do proširenog podvodnog zagađenja zemljišta,
- dolazi do isparenja gasova koji dovode do zagađivanja vazduha,
- vrlo često živa bića, pre svega životinje dolaze, u potrazi za hranom, u kontakt sa mikroorganizmima, što je veoma štetno za njihov opstanak, s obzirom na to da su u tom momentu podložni dejstvu različitih zaraznih bolesti,
- nekontrolisano odlaganje smeća dovodi do ugrožavanja i opstanka biljnih vrsta, koje se nalaze pre svega, u njenoj neposrednoj blizini.

Kao što je naglašeno, deponija, predstavlja mesto, lokalitet, za odlaganje otpadnih materijala. Na deponiji nekada može da se vrši selekcija i reciklaža otpada. Obično se u današnje vreme vrši podela deponija prema tipu otpada koji se na njima odlaže. Deponije mogu biti savremeno inženjerski osmišljene i pripremljene, tako da se iskorišćavaju tečni produkti, ili gas, putem raspadanja organskog otpada. Savremene deponije generalno moraju imati minimalno jedan pokrivni sloj, koji se sastoji od nabijene gline sa minimalnom potrebnom debljinom za maksimalnu hidrauličnu prepreku. Deponije uglavnom grade lokalne

samouprave. Po pravilu, na deponijama postoje mašine za sabijanje otpada da bi uštedele prostor na kome se odlaze otpad. U razvijenim zemljama, kada se deponija potpuno ispuni otpadom, ona se zatvara i rekultiviše. Ovaj proces pretpostavlja vraćanje izgleda lokaliteta na period pre početka korišćenja deponije. To se postiže ozelenjavanjem i pošumljavanjem površine deponije.

Dakle, deponija više nije samo mesto za odlaganje otpada. Danas, deponija predstavlja i centar za upravljanje otpadom kao sekundarnom sirovinom.

1.1.2. Osnovne faze razlaganja otpada na deponiji

Procesi koji utiču na formiranje deponijskog gasa su:

- bakterijsko razgrađivanje,
- volatizacija,
- hemijska reakcija.

Najveći deo deponijskog gasa se formira pomoću bakterijskog razlaganja. Pošto, deponijski otpad u većem delu čini otpad organskog porekla, bakterije koje su prisutne na deponiji razgrađuju organski otpad. Razgradnja otpada se može vršiti u četiri osnovne faze, tako da se sastav deponijskog gasa menja, kroz te faze.

1.1.2.1. Aerobna faza

Aerobne bakterije koriste kiseonik, i na taj način prekidaju lanac kompleksnih jedinjenja, koje čine organski otpad: ugljovodonik, proteini, mast. Nusprodukt ovog procesa, je ugljen-dioksid. Na početku ovog procesa, je prisutnost azota (20% kiseonika, 80% azota), ali opada, kako se deponija dalje kreće kroz faze razgradnje otpada. Ova faza se odvija sve dok se prisutan kiseonik ne potroši. Ova faza može da traje danima, pa čak i mesecima, u zavisnosti od toga koliki je nivo kiseonika, a nivo se menja u zavisnosti od toga koliko je sama deponija kompaktna.

1.1.2.2. Anaerobna faza- nemetanska

Ova faza započinje, kada se iskoristi sav prisutan kiseonik. Anaerobne bakterije pretvaraju jedinjenja, formirana u prvoj fazi u: sirćetnu, mlečnu, mravlju i druge kiseline i alkohole, kao što su pre svega metanol i etanol. Tada sredina deponije postaje kisela, a kako se kiseline mešaju sa vlagom, koja je prisutna u deponiji, rastvaraju se nutrijenti, pa su azot i fosfor dostupni bakterijama. Nusproizvodi ovog procesa su ugljendioksid i vodonik.

celuloza → glukoza

protein → amino kiseline

skrob → glukoza

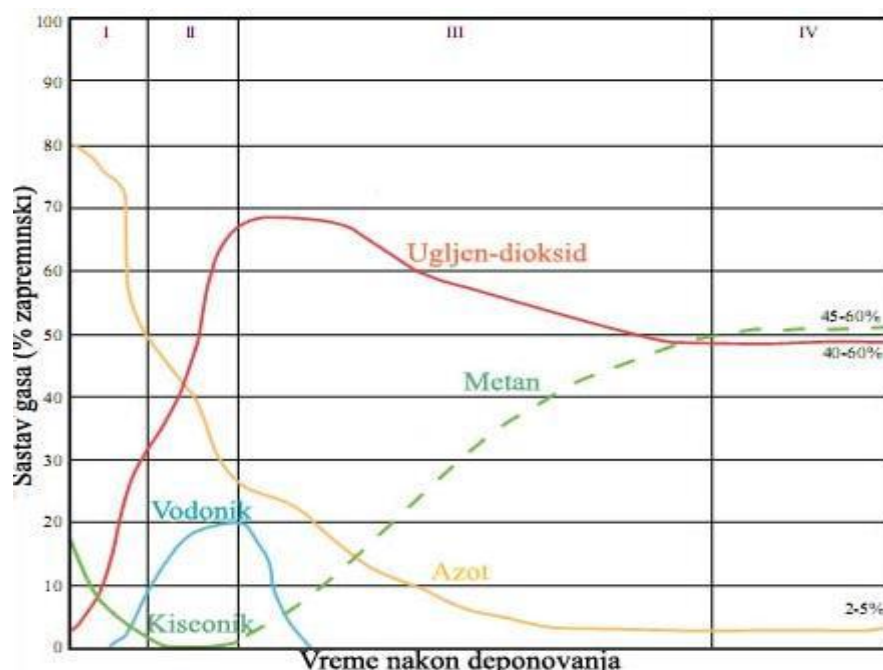
masti → masne kiseline

1.1.2.3. Anaerobna metanska, nestabilna faza

Pošto anaerobne bakterije, konzumiraju kiseline, koje su proizvedene u prethodnoj fazi, počinju da formiraju acetate. U ovom procesu sredina deponije, postaje kiselo neutralna pH vrednosti oko 7. Ovakva sredina odgovara metanu, odnosno proizvodnji metana. Metanske i kiselinske bakterije međusobno su povezane na određen način. Metanske bakterije se hrane ugljen-dioksidom i acetatom, što je za kiselinske bakterije veoma toksično. Ova faza može trajati i do 180 dana.

1.1.2.4. Anaerobna metanska, stabilna faza

Satav i proizvodnja deponijskog gasa su konstantni, relativno. Sadržaj deponijskog gasa je tada 45-60% metana, 40-60% ugljen-dioksida i 2-9% ostalih gasova. Gas se konstantno proizvodi oko 20 godina, a emitovanje gasova se može ostvariti i nakon 50 godina. Produkcija gasa može trajati i duže ako su prisutne velike količine organskog otpada.



Slika 1. Odnos sastava gasa i vremena deponovanja otpada

1.2. Proces formiranja deponijskog gasa

Razlaganje komunalnog otpada , na mestu deponovanja, može se posmatrati kroz:

- fizičku degradaciju (transformacija komunalnog otpada, koji sa sobom povlači i promenu fizičkih karakteristika samog otpada, smanjenje zapremine),
- hemijsku degradaciju (niz reakcija različitih supstanci, koje sačinjavaju otpad, kvalitet procednih voda, tj. pH vrednosti),
- biološku degradaciju (transformacija materija pod dejstvom mikroorganizama).

Najveći deo deponijskog gasa se formira pod dejstvom biološkog razlaganja, pomoću bakterija, koje su same po svojoj prirodi prisutne na deponiji, kao i one koje su po svojoj prirodi prisutne u zemljištu, na kojim se nalazi deponija. Komunalni otpad u većem delu čini otpad organskog porekla. Bakterije vrše razgradnju tog otpada. Deponijski gas se može proizvoditi i kada određene vrste otpada promene stanje iz tečnog u gasovito ili čvrsto.

1.2.1. Faktori koji utiču na proces formiranja deponijskog gasa.

Na proces deponijskog gasa utiče dosta faktora, a najvažniji su karakter otpada, kiseonik, vlažnost i temperatura.

1.2.1.1. Karakter otpada

Dejstvom bakterija generiše se deponijski gas. Količina generisanog deponijskog gasa, zavisi od količine organskog otpada na deponiji. Veći procenat organskog otpada, znači veću količinu generisanog gasa. Određene vrste organskog otpada sadrže velike količine hranljivih sastojaka: natrijum, kalijum, kalcijum, magnezijum. To povećava aktivnost bakterija, a samim tim i količinu generisanog gasa. Određene vrste deponija sadrže jedinjenja, koja negativno utiču na aktivnost bakterija, smanjujući generisanje gasa.

1.2.1.2. Kiseonik

Proizvodnja metana započinje onda, kada sav kiseonik isčezne. Što je više kiseonika, aerobne bakterije duže razlažu otpad. Ako je otpad delimično pokriven slojem zemlje, prisutna je veća količina kiseonika, tako da aerobne bakterije duže žive i duži je period proizvodnje ugljen-dioksida i voda. A ako je otpad kompaktan, proizvodnja metana počinje ranije, čim anaeobne zamene aerobne bakterije. Promena atmosferskog pritiska, utiču na količinu kiseonika na deponiji. Ova mogućnost postoji na manjim dubinama.

1.2.1.3. Vlažnost

Prisustvo određene količine voda, na deponiji povećava proizvodnju gasa, vlaga podstiče razvoj bakterija i transport hranljivih sastojaka na sve delove deponije. Vlaga od 40%, dovodi do maksimalne proizvodnje gasa. Veća količina padavina, dovodi do veće proizvodnje gasa.

1.2.1.4. Temperatura

Temperatura povećava bakterijsku aktivnost, a kao posledica toga je veća proizvodnja gasa. Niske temperature do 10 stepeni, dovode po smanjenja aktivnosti bakterija. Vremenske promene takođe imaju značajan uticaj na aktivnost bakterija. Bakterije, nemaju sposobnost da budu izolovane u odnosu na promene temperature, kada su u pitanju deponije plitkih slojeva, za razliku od deponija sa debelim slojem zemljišta, sa kojim je pokriveno. Stabilna temperatura deponije je između 25 i 45 stepeni, a na nekim deponijama je registrovana temperatura i do 70 stepeni.

1.3. Sastav deponijskog gasa

Deponije proizvode deponijski gas, razlaganjem organskih materija u uslovima bez kiseonika. Sastoji se od približno istih delova metana i ugljen-dioksida, sa malim tragovima nemetanskih organskih jedinjenja. Metan je zapaljivi gas, koji je sposoban da formira eksplozivnu smešu, kada je prisutan u koncentraciji od 5-15%. Zapaljivost metana je za vlasnika:

- prednost (kada gas postaje izvor energije),
- obaveza (kada je u pitanju podzemna migracija deponijskog gasa).

U tabeli 1 prikazan je tipičan sastav deponijskog gasa.

Komponenta	Procentualni udeo	
	Opseg	Prosečno
Metan	35 – 60 %	50 %
Ugljen dioksid	35 – 55 %	45 %
Azot	0 – 20 %	5 %
Kiseonik	0 – 2,5 %	< 1 %
Amonijak	nema podataka	nema podataka
Nemetanska organska jedinjenja (NMOC)	237 – 14.294 ppmv	2.700 ppmv
Sulfidi	1 – 1.700 ppmv	21 ppmv
Vodena para H ₂ O	1 – 10 %	nema podataka
Ugljen-monoksid	nema podataka	nema podataka

Tabela 1. Sastav deponijskog gasa

Nivo kiseonika i azota u deponijskom gasu, predstavlja pokazatelje prelaska kroz sistem za sakupljanje gasa, i moraju biti smanjeni, zbog ekonomičnijeg korišćenja deponijskog gasa. Migracija gasa može dovesti do eksplozije i požara, a emisija metana dovodi do globalnog zagrevanja. Doprinos nemetanskih organskih jedinjenja, je negativan za ljudsko zdravlje i vegetaciju.

Deponijski gas se može upotrebiti i kao gorivo. Toplotna moć mu je obično oko 4÷6 kWh/m³, što predstavlja približno polovinu toplotne moći prirodnog gasa. Približni ekvivalenti deponijskog gasa sa ostalim uobičajenim gorivima su dati u tabeli 2:

Ekvivalenti deponijskog gasa sa sadržajem metana do 50%	Ekvivalent na 10000l deponijskog gasa
Prirodni gas	6.766 l
Propan	7,35 l
Butan	6,55 l
Benzin	39 l
Lož ulje	36 l
Bitumenizovani ugalj	6 kg
Srednje suvi ugalj	13kg

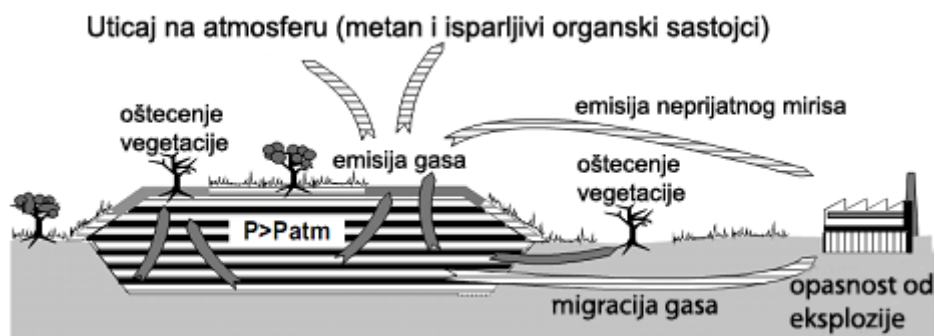
Tabela 2. Sastav deponijskog gasa

Generisanje metana nastaje u metanskoj anaerobnoj fazi razgradnje komunalnog otpada. Organizmi pretvaraju organske supstance, prisutne u odloženom komunalnom otpadu u metan i ugljen-dioksid. Razgradnja otpada, a samim tim i razgradnja metana je složen proces, koji zavisi od:

- sastava odloženog komunalnog otpada
- predtretmana otpada
- korišćenja materijala za prekrivanje otpada
- vlažnosti tela deponije
- prosečne godišnje temperature
- atmosferskog pritiska

1.3.1. Uticaj deponijskog gasa na životnu sredinu

U središtu deponije nastaje natpritisak, kada deponijski gas prelazi u okolinu. Deponijski gas, se u proseku sastoji od 30 do 60% metana, 37 do 50% ugljen dioksida, i malih količina ugljen monoksida, azota, hlora... Deponijski gas je dakle, zaista opasan za čovekovu okolinu, kako za zdravlje živih bića, organizama, što smo već konstatovali, tako i za infrastrukturne objekte koji se nalaze u neposrednoj blizini deponije. Metan, koji se nalazi u sastavu deponijskog gasa je često vrlo zapaljiv. Po svom dejstvu metan je oko 20 puta opasniji za ozonski omotač, u odnosu na dejstvo ugljen monoksida.



Slika 2 Emitovanje deponijskog gasa i neprijatnog mirisa

Deponijski gas se može okarakterisati, kao posledica koja se javlja nakon procesa razgradnje deponijskog otpada, tačnije njegov nusprodukt, koji u svom sastavu sadrži 50% metana. Dolazi do emitovanja neprijatnog mirisa, koji ima značajan negativan uticaj na životnu sredinu, koja se nalazi, pre svega u neposrednoj blizini deponije. Ne adekvatno deponovanje otpada na nehigijenskim deponijama dovodi do zagađivanja zemljišta i podzemnih voda. Padavine, kroz deponijsku otpadnu masu rastvaraju štetne materije, koje prodiru u zemlju i na taj način zagađuju zemljište i prodiru istovremeno i ispod njene površine. Tako dolazi do zagađenja i podzemnih voda. Tada se zagađenje ne zadržava samo na lociranoj teritoriji, već se putem podzemnih voda širi dalje, i na taj način utiče na ostanak flore i faune na širem prostoru, koji nije u neposrednoj blizini deponije. Zagađenje tla u velikoj meri zavisi i od dejstva vetra koji duva sa deponija i raznosi negativne materije po okolini, bližoj i daljoj.

Ono što podrazumeva zakonska regulativa, kod kontrolisanja javnih deponija, jeste da problem javnih deponija nije problem samo na lokalnom nivou, opštine na čijoj teritoriji se nalazi deponija, već je to problem čitave zemlje, s obzirom na činjenicu da na teritoriji Srbije postoji veliki broj divljih deponija.

Buka, predstavlja još jedan od negativnih efekata koji dolaze sa deponija. Pod bukom se prazumevaju, često neprijatni zvuci postrojenja koji se nalaze na njoj. Kada se govori o deponijskim postrojenjima misli se na mehanizaciju za raznošenje, ravnanje i zbijanje otpada. Otpad podrazumeva gubitak materije i energije, ali je sa druge strane za njegovo prikupljanje, deponovanje i obradu potrebna dodatna energija i radna snaga.

Uticaj deponija na ljudsko zdravlje može se ispoljiti na sledeće načine:

- raznošenjem otpada u neposrednu okolinu vetrom, ali i od strane životinja koje se na deponijama hrane;

- nekontrolisanim izdvajanjem gasovitih zagađujućih materija u koncentracijama opasnim po ljudsko zdravlje;
- širenjem neprijatnih mirisa;
- paljenje otpada i emisija produkata sagorevanja;
- nekontrolisano prodiranje vode zagađene na deponiji i ugrožavanje bunara i vodotoka u široj okolini.
-

Da bi se eliminisali, negativne posledice dejstva deponijskog gasa u smislu njegovog nekontrolisanog širenja, neohodno je izvršiti njegovo plansko sakupljanje i usmeravanje ka adekvatnom pravcu njegovog sagorevanja. A sve to može da se postigne poštovanjem načela zakonske regulative. Da bi se ova načela formirala neopodno je prikupiti sve neophodne podatke u upitniku odeponijama.

Upitnik o deponijama obuhvata podatke podeljene na više celina:

1. Osnovni podaci o opštini i službi koja upravlja deponijom;
2. Osnovni podaci o deponiji - lokaciji, geometriji, mehanizaciji, udaljenostima deponija od različitih objekata;
3. Opremljenosti deponije
4. Oblicima zaštite životne sredine koji se primenjuju na deponiji;
5. Fizičkoj zaštiti deponije
6. Oblicima otpadnog materijala i načinima prerade otpada na deponiji;
7. Vrstama otpadnog materijala koji se odlaže na deponiji;
8. Prisustvu dima;
9. Povezanosti deponije sa vodotokovima;
10. Statusu operativnosti i dozvola;
11. Monitoringu životne sredine i
12. Podaci o sakupljaču, prevozniku i obrađivaču otpada.

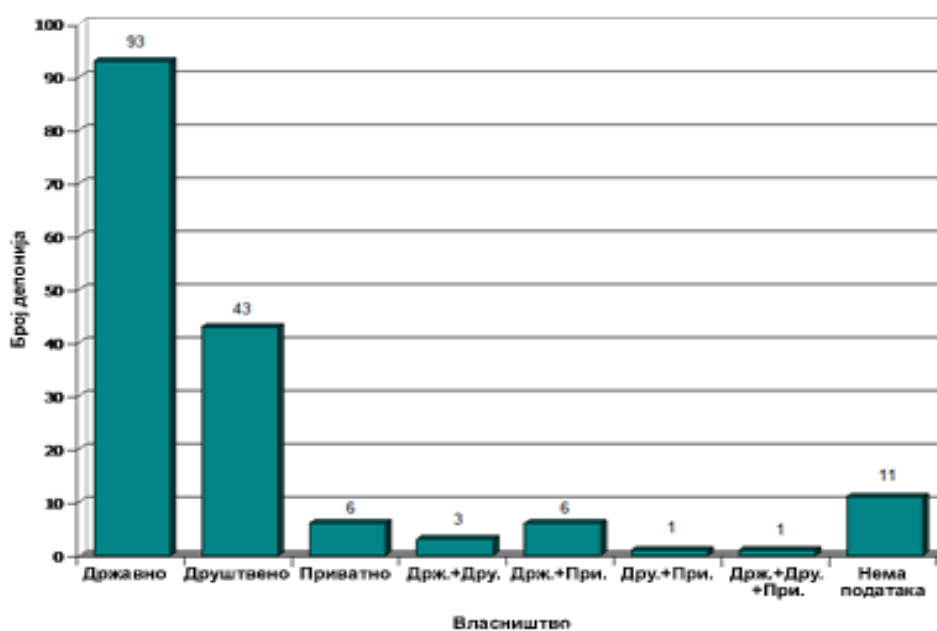
Upitnik o starim i divljim deponijama je nešto kraći i sadrži sledeće podatke:

1. Osnovni podaci o opštini i službi koja upravlja deponijom;
2. Osnovni podaci o deponiji - lokaciji, geometriji, udaljenostima deponija od različitih objekata, pristupačnosti;
3. Vrstama otpadnog materijala koji se odlaže na deponiji;
4. Prisustvu dima;
5. Povezanosti deponije sa vodotokovima.

Ovi podaci treba da posluže kao osnova za određivanje uticaja deponija na životnu sredinu, kao i za utvrđivanje prioriteta u rešavanju problema zagađivanja životne sredine.

1.4. Podaci o deponijama na teritoriji Republike Srbije

Prema dobijenim podacima na prostoru Republike Srbije locirano je 164 deponija koje koriste opštinska javno komunalna preduzeća za odlaganje otpada. Zemljište na kojem se deponije nalaze je najčešće vlasništvo države ili društveno, odnosno, vlasništvo je nekog preduzeća. Detaljniji podaci o vlasništvu deponija prikazani su na *Slici 3*.



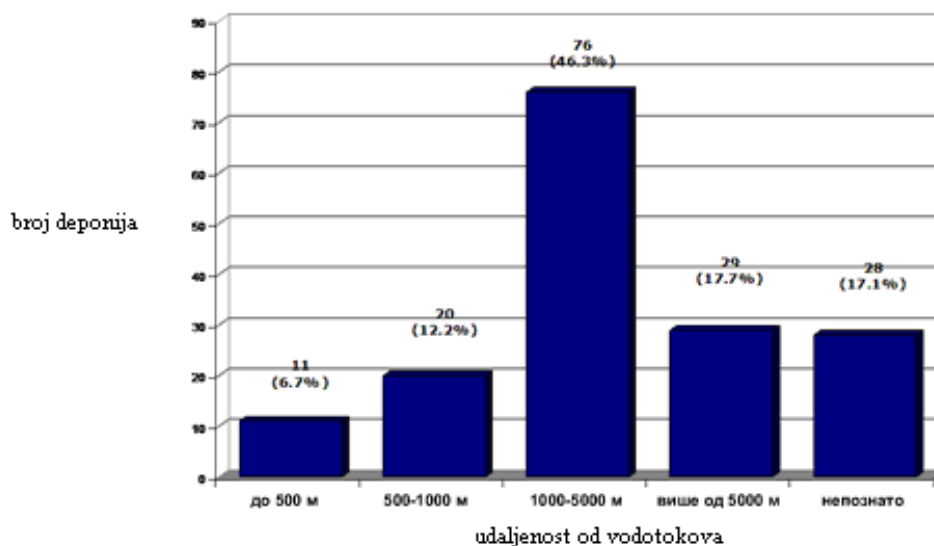
Slika 3. Broj deponija prema vlasništvu.

Podaci o dimenzijama i zapremini tela deponija nisu najpouzdaniji, jer su tražene veličine većinom procenjene, što je sasvim razumljivo, jer za mnoge od njih ne postoji odgovarajuća tehnička dokumentacija. Prekrivanje otpada se vrši na 117 deponija, odnosno 72% i to najčešće zemljom ili nekim drugim inertnim materijalom. Na 15 deponija se prekrivanje vrši svakodnevno, na jednoj mesečno, a na 101 po potrebi. Najveći broj opština ima mehanizaciju i vozila za prikupljanje otpada. Za prikupljanje se koriste najrazličitije vrste vozila od specijalnih rotopres autosmečara i autopodizača za velike kontejnere, pa sve do običnih kamiona i traktora sa prikolicom. Može se reći da je nedostatak odgovarajuće opreme za prikupljanje u velikom broju opština značajan. Slična situacija je i sa mehanizacijom koja se koristi na samim deponijama. Za razgrtanje, ravnanje i zbijanje otpada najčešće se koriste

buldožeri, dok se na 10 deponija za sabijanje otpada koriste kompaktori. Na više deponija se mehanizacija povremeno uslužno iznajmljuje.

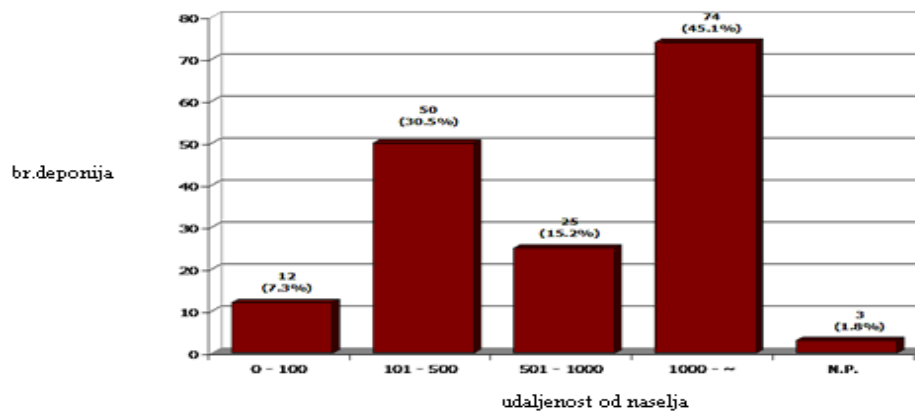


Slika 4. Deponija delimično prekrivena zemljom



Slika 5. Udaljenost deponija od izvorišta vodosnabdevanja

Od ukupnog broja deponija, 12 (7.3%) deponija se nalazi na udaljenostima manjim od 100 m od naselja. Ovakvi podaci govore o ugroženosti stanovništva od zagađenja koja se emituju sa deponije, ali i o mogućim pojavama bolesti koje prenose miševi, pacovi i druge životinje koje su stalni stanovnici deponija.



Slika 6. Udaljenost deponija od naselja

Podatke o udaljenosti deponija od zaštićenih prirodnih dobara i spomenika kulture prijavile su samo 63 opštine. Podaci o opremljenosti deponija obuhvataju podatke o infrastrukturnim sistemima, uređajima i objektima koji su u funkciji efikasnijeg upravljanja deponijom.

2. BIOGAS

Biogas predstavlja mešavinu gasova, čiju zapreminu čine: oko dve trećine metan (CH_4), jednu trećinu ugljen-dioksid (CO_2). Osim navedenih, zapreminu biogasa čine i drugi gasovi, ali u manjim količinama.

Sastojak	Hemijski simbol	Zapreminski udeo, %
Metan	CH_4	50-75
Ugljen-dioksid	CO_2	25-45
Vodena para	H_2O	2-7
Kiseonik	O_2	< 2
Azot	N_2	< 2
Amonijak	NH_3	< 1
Vodonik	H_2	< 1
Vodonik-sulfid	H_2S	20-20.000*

Tabela 3. Sastava biogasa

Biogas nastaje mikrobiološkim procesom bez prisustva kiseonika. Usled nedostatka kiseonika bakterije razgrađuju organske materije, a kao proizvod odvog procesa nastaje biogas. Pored biogasa nastaju još i toplota i ostatak od procesa fermentacije.

Pošto metan predstavlja najveći deo zapremine biogasa, a predstavlja gorivi, zapaljivi gas, njegova proizvodnja i njegovo iskorišćavanje u energetske svrhe predstavlja prioritet.

2.1. Proces proizvodnje biogasa

Proces proizvodnje biogasa odvija se četiri standardne faze i to su hidroliza, kiselinna faza, sirćetna faza i metanogena faza.

2.1.1. Faza 1 - Hidroliza

U ovoj fazi dolazi do razgradnje organskih materija, pod dejstvom biohemijskih procesa. Dolazi do oslobađanja enzima bakterija. Nastaje proces razlaganja složenijih organskih jedinjenja, kao što su: proteini, masti, ugljeni hidrati..., na jednostavnija jedinjenja, kao što su: amino-kiseline, prosti šećeri....

2.1.2. Faza 2 – Kiselinska faza

U drugoj, odnosno kiselinskoj fazi dolazi do razgradnje rezulta hidrolize. Tada nastaju: acetat, ugljen-dioksid i vodonik, u većoj meri.

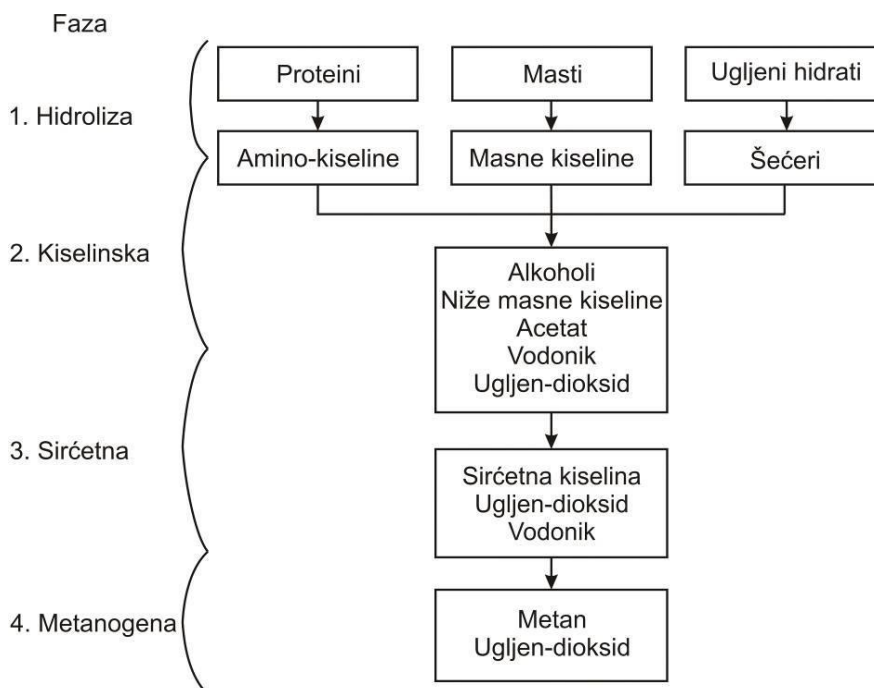
2.1.3. Faza 3 – Sirćetna faza

U sirćetnoj fazi dolazi do razlaganja jednostavnijih jedinjenja: masnih kiselina i alkohola, i na taj način se stvaraju: sirćetna kiselina, vodonik, ugljen-dioksid.

2.1.4. Faza 4 – Metanogena faza

U četvrtoj, završnoj, odnosno metanogenoj fazi nastaje metan i to iz sirćetne kiseline ili vodonika i ugljen-dioksida

Navedene četiri faze se mogu i grafički prikazati, i to na sledeći način:



Slika 7. Faze proizvodnje biogasa

Prilikom procesa proizvodnje biogasa moraju se poštovati tehnički i biohemijski aspekti. **Tehnički** aspekt – biogas mora biti uvek približno istog sastava. **Biohemijski** aspekt - podrazumeva približno isti sastav i količinu produkata sve četiri navedene faze. To može da bude ključni element u razvoju posrojenja za proizvodnju biogasa.

2.2. Oprema za proizvodnju biogasa

Pod ovim se podrazumeva oprema za skladištenje, pripremu i manipulaciju supstrata, oprema u kojoj se proizvodi i skladišti biogas, i skladište za ostatak fermentacije. Na savremenim postrojenjima ova oprema podrazumeva potpunu automatizaciju pogona biogas postrojenja. Samim tim obuhvata i opremu za kontrolu i upravljenje procesom, osim onih za primenu tj., za energetske korišćenje proizvedenog biogasa. Ova oprema je raznovrsta, a varijante njihovog kombinovanja su velike. Biogas postrojenja zavise od vrste i karakteristike korišćenih supstrata.

2.2.1. Skladištenje

Oprema koja se koristi za skladištenje supstrata, pripremu i manipulaciju je različita za čvrste i tečne supstrate. U čvrste supstrate spadaju: razne vrste silaže ili otpad iz prehrambene industrije. Skladište se u tranč silosima, nakon siliranja. Priprema silaže se sastoji od sabijanja i prekrivanja folijom, kako bi se sprečila oksidacija, a samim tim i aerobno razlaganje organske materije, jer se na taj način smanjuje potencijalni prinos biogasa iz supstrata. Iz ovih silosa se bar jedanput dnevno traktorima ili telehandlerima ubacuje u dozator za čvrste supstrate, koji sistemom sa pužnim transporterom čvrsti supstrat ubacuje u fermentor (slika 8).



Slika 8 Fermentori čvrstog supstrata

U tečne supstrate ubrajaju se stajnjak i otpadne vode sa znatnim sadržajem organskih materija. To je rezervoar čija je zapemina dovoljna da primi jednonedeljnu količinu tečnog supstrata, koji se ubacuje u fermentor. Rezervoari se najčešće prave od betona, i postavljaju se u zemlju da ne bi zauzimali mnogo prostora. Sa udaljenog mesta do biogas postrojenja se transportuju cisternama, a ako su relativno blizu, onda se transportuju cevovodima i elektromotornim pumpama.



Slika 9. Rezervoar za tečni supstrat

2.2.2. Rezervoari za biogas

Rezervoari za skladištenje biogasa moraju da budu hermetički zatvoreni, otporni na povišenu temperaturu, pritisak, UV zračenje i vremenske uticaje. Na njima se ugrađuju i sistemi za osiguranje od natpritiska i potpritiska. Oni se dimenzionišu tako da imaju kapacitet dovoljan za skladištenje, minimum, četvrtine dnevne proizvodnje biogasa. Cilj je da kogenerativno postrojenje radi približno istom snagom i zbog toga je neophodno da se proizvedeni biogas skladišti u tim rezervoarima.

Na poljoprivrednim biogas postrojenjima primenjuju se rezervoari sa niskim pritiskom. Izrađuju se od specijalne folije, koja ispunjava sigurnosne zahteve. Skladištenje na niskom pritisku izvodi se kao gasna hauba iznad fermentora (slika 10), ili kao vazdušni jastuk sa zaštitnom membranom (slika 11).



Slika 10. Gasna hauba iznad fermentora



Slika 11. Vazdušni jastuk sa membranom

Rezervoari srednjeg i visokog pritiska izrađuju se od čelika, a biogas je na pritisku od 5 do 250 bar. Osnovni razlog što se ovakvi rezervoari ne koriste na poljoprivrednim biogas postrojenjima, jesu visoki troškovi održavanja, a samim tim je i skladištenje je skupo. Potrošnja električne energije za skladištenje do 10 bar je 0,22 kWh/m³, a za visoke pritiske 200 do 300 bar je 0,31 kWh/m³.

Drugi način skladištenja viška biogasa podrazumeva instaliranje dve manje kogenerativne jedinice, koje zamenjuju rad jedne veće. U slučaju da je jedan motor u kvaru, sagorevanje biogasa se vrši u drugom.

2.2.3. Ostaci fermentacije i njihova primena

Najčešće se koriste betonski rezervoari, a ponekad i izolovane lagune. U njima se ostatak fermentacije privremeno skladišti na vremenski period od pola godine do godinu dana, do trenutka kada su povoljne vremenske prilike za njihovo korišćenje kao poljoprivrednog đubriva.

Stabilnost procesa anaerobne fermentacije postiže se redovnim laboratorijskim analizama i merenjem parametara procesa. Neki od parametara su: vrsta i količina ubačenih supstrata, prosečna temperatura, pH vrednost, količina i sastav biogasa. Proces automatizacije biogas postrojenja se sve više koristi i razvija.

U fermentorima biogas postrojenja deo čvrste i tečne mase supstrata transformiše se u biogas, a ostatak se mora zbrinuti na odgovarajući način. Najbolje bi bilo da se ovaj nusproizvod iskoristi, te da se od njega ostvare prihodi ili uštede na farmi.

2.3. Neophodni elementi za proizvodnju biogasa

Za proizvodnju biogasa, bitno je analizirati i karakteristike potencijalnih supstrata. Ovo je veoma značajno za investitora, koji treba da razmotri veličinu potencijalnog postrojenja za proizvodnju biogasa. Kada je utvrđena raspoloživa količina supstrata i koje mogu da se nabave. Potencijalni prinos biogasa iskazuje se u tonama sveže, suve ili organski suve mase supstrata, pa je zato veoma značajno poznavati njihov sadržaj.

Najpovoljniji supstrat je čvrsti ili tečni stajnjak, jer se koristi sa sopstvene farme i samim tim je besplatan. A ako se donosi sa druge farme treba predvideti troškove transporta. Od ostalih supstrata, najčešće se koristi poljoprivredna biomasa, silaža više biljnih vrsta.

Najveći potencijal za proizvodnju biogasa ima silaža kukuruza, na pr., od jedne tone silaže kukuruza doboja se 350-400 kWhe. Ovo se odnosi na kogenerativna postrojenja sa motorom SUS. Jedan hektar silaže kukuruza, za prinose 40 do 50 t/ha, obezbeđuje sirovu električnu snagu od 2 do 2,5 kW. Tako da za postrojenje nominalne snage 500 kW, bilo bi potrebno 200 do 250 ha, za proizvodnju silaže kukuruza.

3. KOGENERACIJA

3.1 Pojam kogeneracije

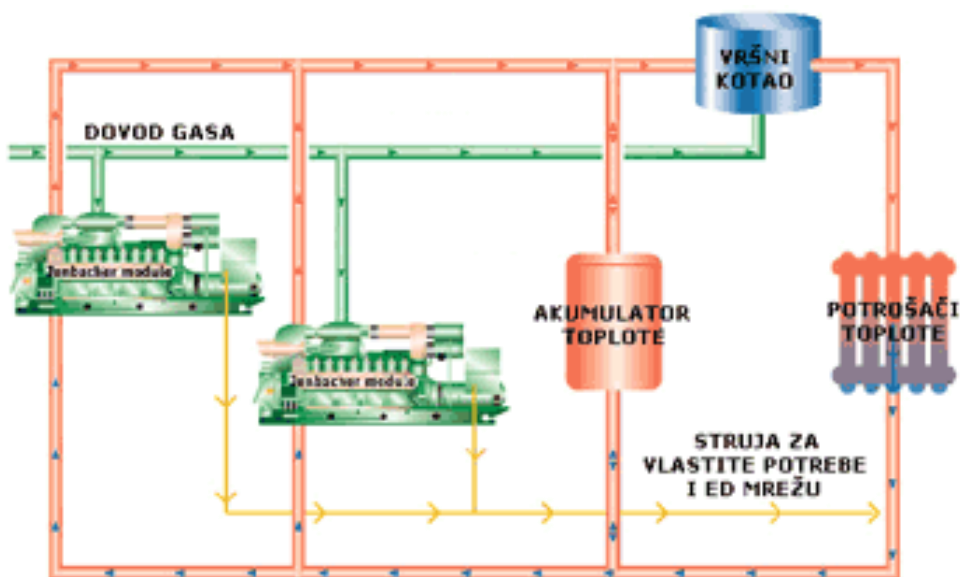
Kogeneracija nije karakteristična samo za velike sisteme, termoelektrane, već se može primeniti u malim i srednjim preduzećima i domaćinstvima.

Mikrokogeneracijski uređaji se baziraju na gasnom motoru sa vodenim hlađenjem, i proizvode 5kW električne energije. Priključivanjem na sistem tople vode, uključujući i grejanje, moguće je iskoristiti još 13 kW toplotne energije za grejanje vode i prostora. Ušteda energije na ovaj način je od 20-40 %, a samim tim se skraćuje period otplate investicija.

Kogeneracija koristi otpadnu toplotu, koja nastaje, prilikom procesa dobijanja električne energije, čime se sprečava njeno ispuštanje u atmosferu. Prilikom konvencionalnih načina dobijanja električne energije gubi se oko dve trećine energetskog inputa, a kogeneracijom se može iskoristiti, većina te odbačene energije. Na taj način se ostvaruje bolja iskorišćenost goriva i ostvaruje energerska ušteda od 20-40%.

3.2. Kogenerativni modul

Pod pojmom kogenerativni modul podrazmeva se energetska jedinica koja istovremeno proizvodi električnu i toplotnu energiju.



Slika 12. Principska šema postrojenja za kogeneraciju

Kogenerativni modul se sastoji od sledećih delova:

- gasni Otto motor sa unutrašnjim sagorevanjem,
- generator naizmenične struje,
- razmenjivač toplote za rashladnu vodu motora, ulja za podmazivanje gasne smeše i izduvnih gasova,
- razvodni, upravljači i energetske ormani sa automatikom, za sinhronizaciju i paralelan rad sa niskonaponskom električnom mrežom.

Za grejanje poslovnih objekata i tehnološke potrebe, koristi se toplota, koja se dobija hlađenjem motora, ulja za podmazivanje, gasne smeše i izduvnih gasova. Ova toplota se odvodi sekundarnim krugom vode 90 /70 stepeni Celzijusa. Osim ovih postoje i drugi temperaturni nivoi prema konkretnim potrebama, kao što su: proizvodnja pare, toplog vazduha ili rashladne energije preko apsopcionihi rashladnih mašina.

Nisko naponskoj mreži (0,4 kV), predaje se proizvedena električna energija, za napajanje vlastitih potrošača, čime se povećava instalisana snaga objekta uz postojeću trafo stanicu.

Kogenerativni moduli obezbeđuju:

- siguran napon i frekvenciju,
- napajanje strujom u doba više tarife,
- napajanje u slučaju nestanka ED mreže.

Celokupna količina proizvedene struje može se predavati-prodavati, ED mreži po povlašćenoj ceni i kupovati potrebne količine struje po standardnoj ceni.

3.3 .Procesi prečišćavanja gasa za potrebe kogeneracije

3.3.1. Prečišćavanje biogasa

Za bilo koju primenu, neophodno je da se biogas prečisti, da se uklone nepoželjni sastojci, koji imaju negativan uticaj na životnu sredinu, ili štetni sastojci, koji oštećuju biogas postrojenja. Poželjno je da se proizvede biogas sa što većim udelom metana, jer je on jedini gorivi sastojak, značajnog zapreminskog udela (50-70%).

Sa energetske i ekonomske aspekta kvaliteta biogasa, utiče na visinu troškova, a potreban kvalitet zavisi od tehnologije za energetske primenu.

3.3.1.2. Desumporizacija

Odlučujući parametri za postupak desumporizacije su sastav i protok biogasa koji se prečišćava. Postupci desumporizacije se dele na:

- biološke (u fermentor se uduvava određena količina ambijentalnog vazduha, 3-5% zapremine biogasa),
- hemijske (u fermentor se dodaje supstanca hlorida gvožđa),
- fizičke.

Od navedenih postupaka, najčešće se koristi biološka i hemijska desumporizacija.

3.3.1.3 Sušenje

Najjednostavniji način uklanjanja vodene pare iz biogasa je njegovim hlađenjem ili regulaciom pritiska. Time se sprečava oštećenje delova postrojenja, jer je onemogućeno zamrzavanje vode u instalacijama i korozija.

Potrebno je raspolagati dovoljno dugačkom trasom gasovoda, kako bi imalo dovoljno vremena da se biogas ohladi. Cev ulazi u zemlju, koja je leti dovoljno hladna, da osigura kondenzaciju, a zimi je iznad nule, čime se sprečava zamrzavanje. Kondenzacija se odvija, u najnižoj tački, u kojoj se postavlja i odvajač kondenzata. On mora povremeno da se prazni. Sa kondenzatom se odvajaju i još neke nepoželjne supstance, aerosoli i rastvoreni gasovi. U pojedinim postrojenjima sušenje se obavlja primnom električnog hladnjaka na temperaturi ispod 10 stepeni Celzusa, postiže se značajnija efikasnost odvajanja vlage.

3.3.1.4. Uklanjanje CO₂

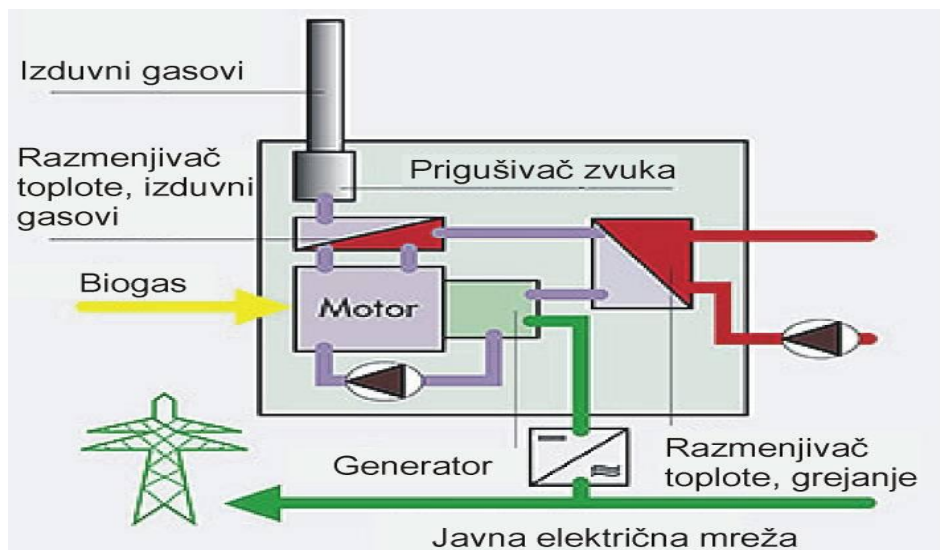
Ovaj tretman se primenjuje kod tehnologija, kod kojih je bitno da se poveća toplotna moć biogasa-energetski sadržaji. Ugljen-dioksid je inertan prilikom sagorevanja biogasa i nema značajan uticaj na okolinu. Iz biogasa se uklanja CO₂, i on se prečišćava sve do nivoa, kada u njemu preostaje skoro samo metan, tj. gas koji čini većinu zapremine prirodnog gasa. To je važno zbog toga, ukoliko se utiskuje u mrežu prirodnog gasa, može tačno da se definiše količina isporučene energije korišćene u kogeneraciji .

3.3.2. Kako se ostvaruje kogeneracija?

Treba napraviti razliku između ranijih i savremenih SUS motora. U ranijim SUS motorima, jedna trećina primarne energije se transformiše u mehaničku, jedna trećina u toplotnu energiju rashladne tečnosti, a jedna trećina sadrži produkte sagorevanja. Savremeni SUS motori imaju stepen iskorišćenja preko 40%, ali je i tada na raspolaganju velika količina toplotne energije.

Kogeneracija se ostvaruje iskorišćenjem toplotne energije rashladne tečnosti i produkta sagorevanja. Toplotna energija, koja se dobija iz rashladne tečnosti je na niskom temperaturnom nivou, i može da se iskoristi za zagrevanje vode do oko 90 stepeni, i može da se upotrebi za grejanje fermentora ili obližnjih radnih i stambenih prostorija. Temperature produkta sagorevanja su 460-550° C i može da se iskoristi za proizvodnju tehnološke pare.

Za iskorišćavanje toplotne energije rashladne tečnosti i produkta sagorevanja neophodni su odgovarajući razmenjivači toplote i kotorno upravljački sklopovi, koji su sastavni delovi opreme.



Slika 13. Postrojenje za kogeneraciju sa priključkom na električnu mrežu

3.4. Motori u procesima kogeneracije

3.4.1. Gasni Otto motori

Gasni Otto motori su razvijeni specijalno za korišćenje biogasa. Da bi smanjili emisiju nepoženjnih produkata, oni rade sa visokim koeficijentom viška vazduha. Podešeni su da rade sa minimalnim zapreminskim udelom metana u biogasu od 45%, a ako metan padne ispod ove vrednosti, automatski se isključuju. Primena je moguća na svim, ali isplativa za veća biogas postojenja.

Prednosti:

- specijalno konstruisani za korišćenje biogasa,
- emisija ispod granične vrednosti,
- manja potreba za održavanjem,
- ukupni stepen korisnosti je veći, nego za dizel motore sa inicijalnim paljenjem.

Nedostaci:

- viši investicioni troškovi, nego za dizel motore sa inicijalnim paljenjem,
- za manje snage imaju niže električne stepene korisnosti, nego za dizel motore sa inicijalnim paljenjem.

Konstrukcija - kao agregati u kogeneraciji ili u kontejnerskoj izvedbi

3.4.2. Dizel motori sa inicijalnim paljenjem

Ovaj tip motora nije namenski proizveden za korišćenje biogasa, već se za tu namenu standardni modeli prerađuju. Izrađuju ih fabrike koje proizvode kamionske motore.

Biogas i vazduh se mešaju i usisavaju u cilindre. Kada se u cilindru mešavima komprimuje ubacuje se dizel gorivo i ostvaruje paljenje cele smeše. Primena je moguća na svim, ali isplativa za manja biogas postrojenja.

Prednosti:

- za manje snage imaju više električne stepene korisnosti, nego gasni Otto motor.

Nedostaci:

- ukupni stepen korisnosti niži od gasnih Otto motora,
- potreba za korišćenjem dodatnog goriva (dizel),
- emisija izduvnih gasova je veća nego kod gasnih Otto motora.

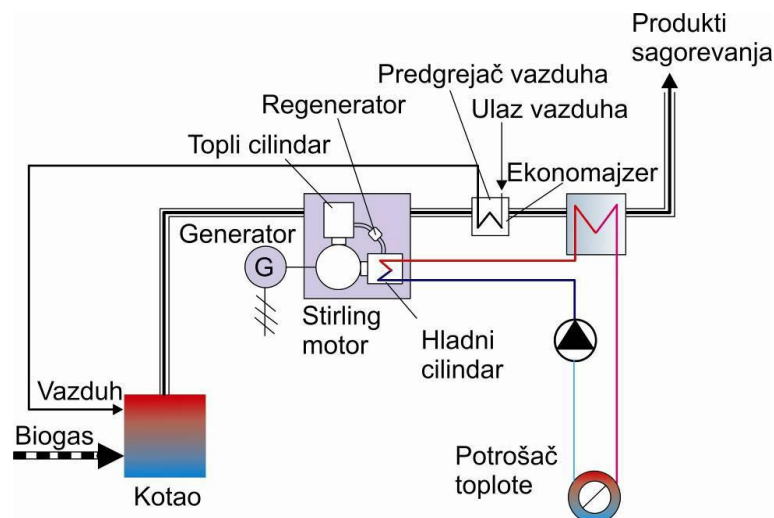
Konstrukcija - kao agregati u kogeneraciji ili u kontejnerskoj izvedbi

Ukoliko se iskoristi i toplotna energija rashladne tečnosti i produkti sagorevanja, stepen korisnosti za motore SUS je $80\div 90\%$, i zavisi od toga u kojoj meri se koristi otpadna toplotna energija. Održavanje - radni vek motora sa inicijalnim paljenjem je oko 35000 časova. Ako bi motor godišnje radio 8000 časova, radni vek bi bio 4.5 godina. Gasni Otto motori imaju 45000 časova, odnosno 5.5 godina. Nakon radnog veka sprovodi se generalna popravka.

Investicije za kogenerativno postrojenje zavise od tipa motora. Za dizel motore sa inicijalnim paljenjem investicije su niže, jer se motori ovog tipa proizvode u velikim serijama. Potrebno je razmotriti električni stepen korisnosti motora. Oni koji imaju veći stepen korisnosti koštaju više. Uložena investicija može da se isplati jer je veća proizvodnja električne energije, a samim tim i veći prihodi od prodaje električne energije. Troškovi održavanja zavise od snage proizvedene električne energije.

3.4.3. Stirling motori

To su klipne mašine sa zatvorenim ciklusom, pošto radni medijum ostaje unutar radnog cilindra. Označavaju se kao motori sa spoljašnjim sagorevanjem. Kružni termodinamički proces se odvija u četiri faze: zagrevanje ekspanzija, hlađenje i kompresija. Radni fluid, vazduh, vodonik ili helijum nakon zagrevanja i ekspanzije u toplom cilindru odlazi do hladnog cilindra. Za zagrevanje toplog cilindra koristi se sagorevanje biogasa. U hladnom cilindru dolazi do podhlađenja radnog fluida i njegove kompresije. Postrojenje sadrži regenerator kojim se povećava stepen korisnosti i smanjuje potreba za uloženom toplotnom energijom.



Slika 14. Stirling motori

Električni stepeni korisnosti postrojenja sa Stirling motorom, kreću se u opsegu 10-15%, a ukupni stepen korisnosti su i do 90%. Povećanje električnog stepena korisnosti, može se ostvariti iskorišćenjem dela toplotne energije za predgrevanje vazduha za sagorevanje. Pošto ne postoji serijska proizvodnja, troškovi investicija za ove motore su veoma visoke.

Prednosti:

- mehanizmi sagorevanja su jednostavniji, jer nisu potrebni ventili,
- mogućnost primene za dodatnu proizvodnju električne energije,
- mogućnost proizvodnje toplotne ili rashladne energije.

Nedostaci:

- veoma visoke investicije, jer ne postoje tržišno zrela rešenja za biogas.

3.4.4. Mikroturbine

Mikroturbine su manje su snage od gasnih turbina u velikim energetske postrojenjima, rade po istom termodinamičkom ciklus, pa se još nazivaju i mikrogasne turbine. Brzohodne su, niskih temperatura i pritisaka u komori za sagorevanje. Kao gorivo koriste bilo koji gas minimalnog sadržaja metana 35%.

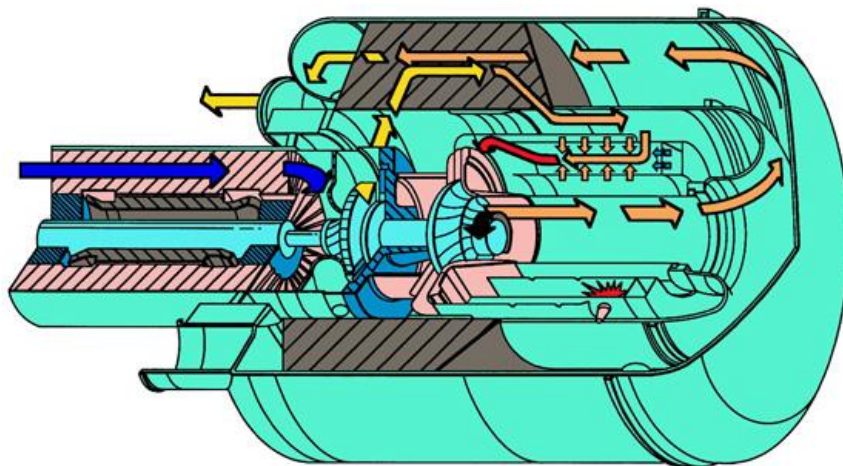
Za razliku od gasnih motora, gde je nosilac toplotne i rashladna tečnost, kod mikroturbina, celokupna količina otpadne toplotne sadržana je u produktima sagorevanja. Investicije za mikroturbine na biogas više su nego za gasne motore.

Prednosti:

- visoki termički stepeni korisnosti,
- širok spektar mogućnosti iskorišćenja otpadne toplote,
- pouzdanost u radu,
- mala potreba za održavanjem,
- niske koncentracije štetnih gasova,
- kompaktnost i nizak nivo buke.

Nedostaci:

- niski električni stepeni korisnosti,
- znatno smanjenje električnog stepena korisnosti pri parcijalnim opterećenjima,
- visoke investicije.



Slika 15. Mikro turbina

3.4.5. Gorive ćelije

To su elektrohemijski pretvarači energije. U njima se hemijska energija goriva pretvara u električnu energiju, bez procesa sagorevanja. Zbog toga ove gorive ćelije imaju prednost u korišćenju, zbog smanjenja emisije štetnih gasova. Upotreba gorivih ćelija nije komercijalizovana, jer se proizvode u malim serijama, pa im je cena visoka.

Osnovni delovi gorive ćelije su:

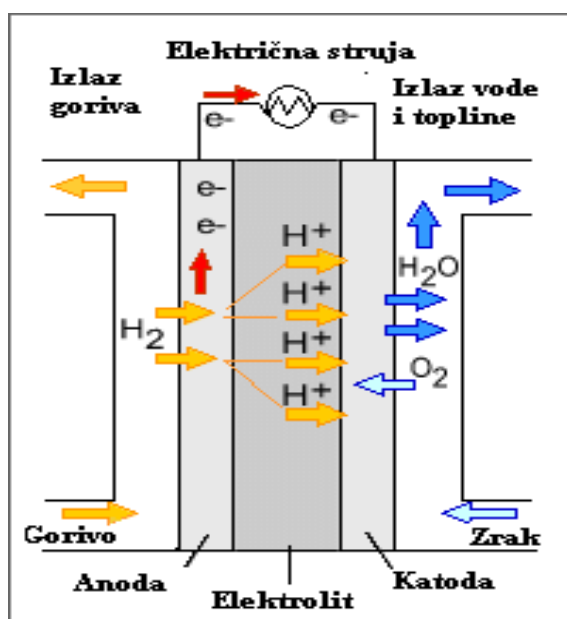
- elektrolit (dizajniran je tako da propušta jone vodonika do katode, ali ne i elektrone),
- elektrode, anoda i katoda (anoda ima ulogu da u kanalima obezbedi kontakt između vodonika i katalizatora, pri čemu vodonik oksiduje i nastaju pozitivni joni vodonika i elektroni, koji se preko anode sprovode do spoljašnjeg strujnog kruga potrošača električne energije. Katodom se provode elektroni po povratku iz spoljašnjeg strujnog kruga, i u kanale se dovodi kiseonik u kontakt sa katalizatorom),
- katalizator (specijalan materijal, koji obezbeđuje reakciju jona vodonika, elektrona i kiseonika-nastajanje vode. Ova reakcija je egzotermna, generiše se toplotna energija).

Prednosti:

- visoki električni stepen korisnosti, uz mogućnost dodatne proizvodnje električne energije,
- niske emisije štetnih materija i gasova,
- nema rotirajućih delova,
- niska bučnost,
- malo potrošnog materijala.

Nedostaci:

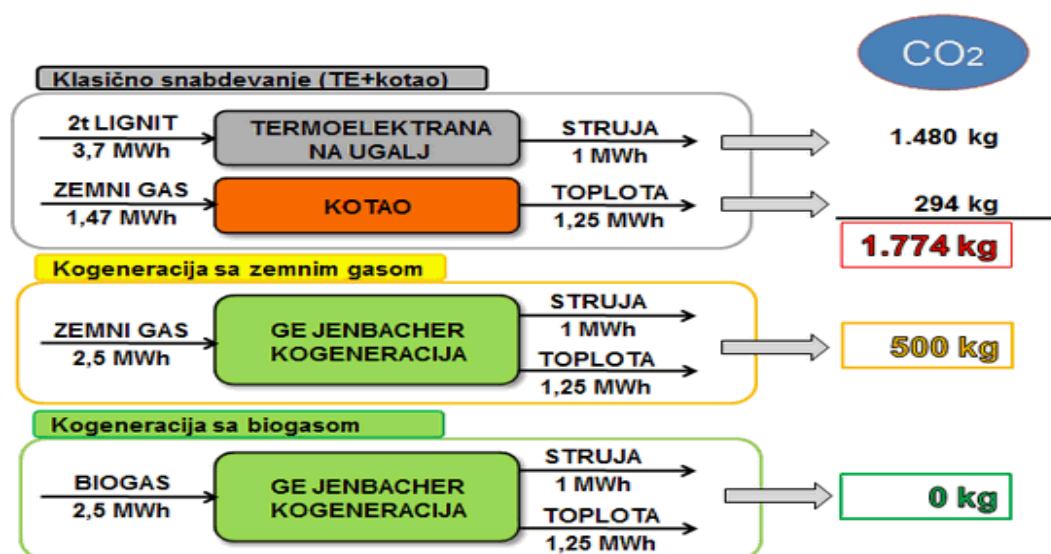
- visoke investicije,
- visoki troškovi perčišćavanja biogasa i proizvodnja vodonika.



Slika 16. Goriva ćelija

3.5. Poređenje tehnologija

Referentnim sistemom za pojedinačnu proizvodnju električne i toplotne energije određuje se efikasnost kogeneracije. Referentni sistem je postojeći sistem odvojene proizvodnje električne energije u elektrani na ugalj i toplotne energije iz kotlova na zemni gas, umanjujući efikasnost proizvodnje za visinu gubitka u prenosnoj i distributivnoj mreži do krajnjeg korisnika.



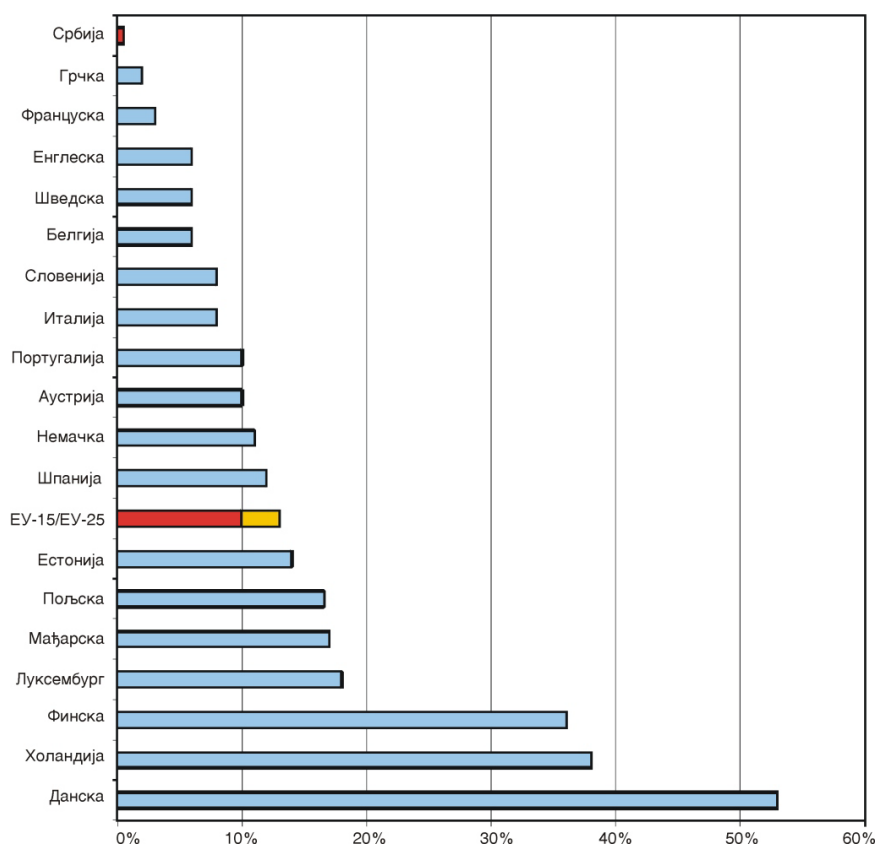
Slika 16. Poređenje tehnologija

3.6. Proces kogeneracije u Evropi i način primene na nacionalnom nivou

Liberalizacija tržišta, sa stanovišta cene električne energije, dovodi proces kogeneracije u težak položaj. Kogeneracija ima veliki značaj u povećanju energetske efikasnosti, a samim tim se javlja potreba za posebnim pristupom kada je u pitanju kogeneracijska proizvodnja.

Evropska regulativa, zagovara stav o povećanju učešća kogeneracije u ukupnom snabdevanju električnom energijom, ali nacionalnim zakonodavstvima daje mogućnost da sami odrede mere za njeno regulisanje. Proces kogeneracije u postojećim termoelekttranama i toplanama u ukupnoj proizvodnji energije je u Srbiji u proseku 0,8%, a u Evropskoj Uniji 12,4%, i dalje ostvaruje svoj rast.

Potencijal kogeneracije u proizvodnji toplotne i električne energije u Srbiji se, u odnosu na zemlje Evrope, i Evropsku Uniju mogu posmatrati na osnovu podataka iz grafikona na slici 17., na kojem je prikazano stanje u 2011. godini.



Slika 17. Potencijal kogeneracije u Srbiji, u odnosu na Evropu i Evropsku Uniju

Na nivou Evropske Unije, doneta je deklaracija za promovisanje kogeneracije, sa stanovišta iskorišćavanja toplote na internom tržištu energije, s tim što tržište razlikuje visoku, nisku i mikrokogeneraciju.

Ekonomska efikasnost procesa kogeneracije se može utvrditi stavljanjem u odnos ukupne godišnje proizvodnje toplotne i električne energije i energije koja je uneta gorivom. U Evropskoj Uniji, postoje očekivanja da će proces kogeneracije, u budućnosti, uticati na smanjenje emisije gasova, sa efektom staklene bašte.

Iako se kogeneracija definiše kao proces proizvodnje toplotne i električne energije, postoji veliki broj prepreka koje stoje na putu njenog razvoja. U zemljama monopolskog karaktera, niska cena za kupovinu viškova energije, odbija kogenerativne proizodače od učešća od podmirivanja manjkova, koji nastaju u proizvodnji elektroprivrednih preduzeća. Sa druge strane elektroprivredna preduzeća utvrđuju visoke tarife za isporuku energije, u

situacijama kada imaju nedostajuće količine u odnosu na potrebne za isporuku, ili kada trebaju da formiraju određene rezerve.

Da bi se ostvario proces decentralizacije proizvodnje električne energije, neophodno je smanjiti stepen rizika koji se odnosi na to da potrošači u pojedinim situacijama nisu u mogućnosti da dobiju potrebnu količinu toplotne i električne energije.

Takođe, privrede moraju ići u pravcu smanjenja uvozne zavisnosti. To je karakteristično za privrede u kojima postoji proizvodnja nedovoljne količine toplotne i električne energije, što znači, da takva privreda na raspolaganju ima nedovoljnu količinu resursa za iskorišćavanje. Primer ovakve privrede je Srbija, a ovakva procedura se može smatrati velikim izazovom, kod ovakvih zemalja. Ovo je bio razlog da se na nivou Republike Srbije donese zakon, kojim bi se definisao status proizvođača električne energije procesom kogeneracije, da na tržište električne energije nastupaju pod istim finansijskim uslovima, da se motivišu određenim državnim subvencijama, poreskim olakšicama, uz dodeljivanje statusa povlašćenog proizvođača prirodnog gasa.

4. GRAD KRAGUJEVAC - LOKACIJA DEPONIJE JOVANOVAČ

4.1. Grad Kragujevac

Grad Kragujevac predstavlja administrativni, privredni, kulturni, obrazovni i zdravstveni centar centralne Srbije (Šumadije).

4.1.1. Teritorija

Grad Kragujevac se nalazi na 44°22' severne geografske širine, 20°56' istočne geografske dužine i nadmorskoj visini od 185 do 220 m. Prostire se na 835 km² i udaljen je 140 km jugoistočno od Beograda, glavnog grada Republike Srbije. Grad Kragujevac je podignut na obalama reke Lepenice u Kragujevačkoj kotlini, gde se dotiču krajnji ogranci šumadijskih planina: Rudnika, Crnog Vrh i Gledičkih planina.

4.1.2. Reljef i geološka građa područja

Reljef čine viši planinski delovi, srednje pobrđe i niski ravničarski deo.

4.1.3. Vode

Hidrografiju grada Kragujevca čine podzemna (izdanska) voda i površinske vode (izvori, reke, bare i veštačka jezera). Konfiguracija terena utiče na pravac tokova. Zato reke pretežno teku od juga prema severu i od zapada prema istoku, a Lepenica je najveća i najznačajnija reka grada.

4.1.4. Zemljište

Na teritoriji Kragujevca zastupljeni su različiti tipovi tla usled delovanja različitih faktora - geološke podloge, klime, vegetacije i antropogenog uticaja. Zemljišta na teritoriji grada Kragujevca su kisela ili slabo kisela.

4.1.5. Klima

- Prosečna godišnja temperatura u ovoj oblasti je oko +11.5 °C,
- srednja godišnja relativna vlažnost vazduha u Kragujevcu ima umerenu vrednost od 72%,
- padavine- viši delovi na obodu Kragujevačke kotline imaju više padavina, a niži deo u kome se nalazi Kragujevac, ima znatno manje padavina,
- vetrovi su u Kragujevcu česti i javljaju se iz više pravaca. Najčešće i sa najvećim intenzitetom, duva jugozapadni vetar.

4.1.6. Flora i fauna

Zbog različitih prirodnih uslova i delovanja ljudi, biljni svet na teritoriji Kragujevca je raznovrsan. Podrazumeva kulture biljke koje se gaje na njivama, u voćnjacima, a i divlje biljke koje rastu u šumama, na poljima i u barama. Životinjski svet na području grada Kragujevca, prema načinu života i sredine u kojoj žive, čine divlje i domaće životinje.

4.1.7. Stanovništvo

Većinu stanovništva čine Srbi, mada u gradu žive pripadnici mnogih nacionalnih zajednica. Prema preliminarnim rezultatima popisa iz 2011. godine u Kragujevcu živi 177.468 stanovnika (u 59.344 domaćinstva).

4.2. Lokacija deponije Jovanovac

Otpad koji se sakuplja na području grada Kragujevca odlaže se na gradsku deponiju u Jovanovcu od 1966. godine. koja je od centra grada udaljena 3 km, dok udaljenost od magistralnog puta Kragujevac – Batočina iznosi 1,5 km.

Deponija Jovanovac je lokacija na koju se dnevno dovozi oko 160t otpada, odnosno , 53.000-57.000t otpada godišnje. Na deponiji se odlaže čvrst komunalni otpad i inertni otpad.

Na telo otpada se ne odvoze sekundarne sirovine, odnosno otpad koji ima upotrebnu vrednost ili se može iskoristiti u energetske svrhe. Otpad koji stiže na radno telo deponije, se razastire, sabija i svakodnevno prepokriva inertnim materijalom.

Na ulazu deponije nalazi se ograda i rampa, zbog kontrolisanja ulaska. Pored rampe, nalaze se tri montažna objekta (portirnica, sanitarna prostorija, uprava-kolska vaga). Preko

kolske vage se evidentira svaki ulazak na lokaciju lokalne deponije. Na opslužno manipulativnom platou nalazi se montažni objekat za sekundarne sirovine. Od ovog dela vodi pristupni put na telo deponije, gde se otpad odlaže.

5. SISTEM UPRAVLJANJA OTPADOM

5.1. Sistem upravljanja otpadom u Kragujevcu

Na teritoriji grada Kragujevca , od nedavno je počelo organizovano sakupljanje smeća, gde nisu obuhvaćene samo gradske mesne zajednice, već su tokom 2011.godine u sistem organizovanog sakupljanja smeća uključuju se i seoske mesne zajednice, odnosno seoska područja. Upravljanje otpadom u gradu Kragujevcu počiva na principu primarne separacije. Sistem primarne separacije podrazumeva uspostavljanje sakupljačkih stanica odnosno centra za sakupljanje otpada, različitog stepena organizovanosti u zavisnosti od lokacije, vrste i broja korisnika, kao i otpada koji se na datom području generiše itd.

5.2. Količine komunalnog otpada u Kragujevcu

Ukupna količina deponovanog otpada za 2010. godinu iznosi 51.798,14 t (podatak JKP "Čistoća"). Količine prikupljenog i deponovanog otpada na gradskoj deponiji u Jovanovcu tokom 2011. godine prikazan je po vrstama u Tabeli 4:

t/dnevno	144
t/nedeljno	1 008
T/mesečno	4 320

Tabela 4. Količine komunalnog otpada u 2011. godini

Vrsta otpada	Količina (t/mesečno)
Količina otpada	3.578,3
Zeleni otpad	75,6
Industrijski otpad	260,2
Građevinski otpad do rušenja	900
Građevinski otpad (izolovani materijali)	23,3
Otpadni građevinski otpad	797,6
Otpadni tekstil	12,7
Kabasti otpad	2,6
Biodegradabilni otpad	1
Akcija "Očistimo Srbiju"	53,18*
Mineralna kamena vuna	11,5
Ostali otpad	2.955,1
Šljaka	3,7

Tabela 5. Količina otpada po vrstama u 2011. godini (prosečno mesečno)

Građevinski otpad se tokom 2011. godine (kao i prethodne dve godine) javlja u velikim količinama kao rezultat rekonstrukcije i rušenja objekata.

5.2.1. Industrijski otpad

U poslednjih pola veka u Kragujevcu se industrijski otpad generisao uglavnom zahvaljujući proizvodnji i radu fabrika u sklopu Grupe "Zastava", a pre svega Fabrici "Zastava automobili". Osim njih i druge fabrike (neke ranije, a neke od pre deceniju i manje osnovane) kao što su: "Filip Kljajić" (sada restrukturiran u više preduzeća), Livnica obojenih metala "034" (sada „Metal centar Kragujevac, Koncern Farmakom MB) i dr. doprinosile su, da generisanje industrijskog otpada dobije na intenzitetu.

5.2.2. Medicinski i farmaceutski otpad

Oko 10-25% medicinskog otpada čini opasan otpad, koji je rizičan po zdravlje ljudi i životnu sredinu i obaveza je svih zdravstvenih ustanova da organizuju tretman na adekvatan način kako bi se izbegli negativni uticaji na okruženje.

5.3. Sistemi za zbrinjavanje otpada

Koncepcija zbrinjavanja čvrstog otpada obuhvata 4 osnovna principa:

1. izbegavanje (koliko god je moguće),
2. korišćenje (što je više moguće),
3. tehničku preradu (koliko je racionalno) i
4. deponovanje (što je moguće manje).

Ovo je ujedno i hronološki red postupanja sa otpacima u sistemu. U integralnom sistemu zbrinjavanja otpada moguće je prepoznati šest funkcionalnih elemenata, i to su:

Nastajanje otpada (faza u kojoj određeni materijal prestane da služi svojoj svrsi i postane balast korisniku).

Privremeno odlaganje (faza odbacivanja korišćenog materijala koja se sastoji od rukovanja, odlaganja i eventualne prerade).

Sakupljanje (faza koja podrazumeva postupak u kojoj nadležne službe ili sami građani odnose privremeno odloženi otpad na dalju preradu ili konačno odlaganje).

Transport (faza, odnosno aktivnost pri kojoj se sakupljeni otpad prevozi do mesta tretmana, odnosno konačnog zbrinjavanja otpada).

Prerada (faza koja predstavlja najsloženiju operaciju a sastoji se od: sortiranja, pripreme, tehnološkog procesa prerade i ponovnog korišćenja u obliku istog ili potpuno novog proizvoda).

Konačno odlaganje (je poslednja faza , pri čemu se može odlagati ostatak od prerade ili početni otpad. Podrazumeva i eventualnu eksploataciju odloženog otpada i nus-produkata (npr. deponijski gas)).

Reciklaža komunalnog otpada podrazumeva ponovno iskorišćenje pojedinih komponenata otpada, koji kao sekundarne sirovine imaju upotrebnu vrednost u istim ili drugim tehnološkim procesima - proizvodnji. Reciklabilne komponente iz komunalnog otpada i otpada posebnih tokova su:

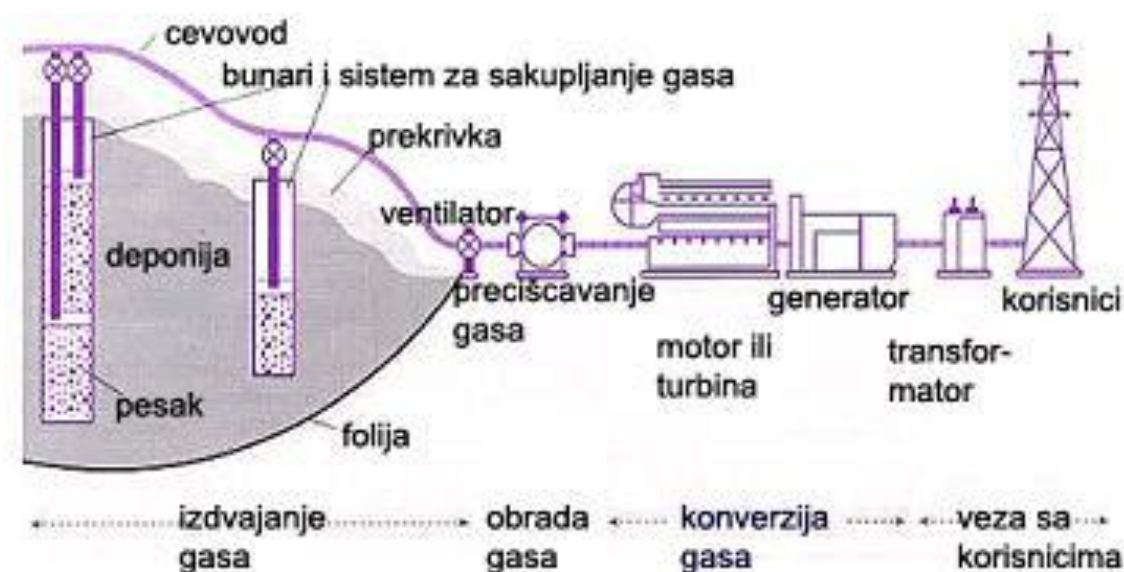
- papir i karton,
- ferrozni i neferozni metali (gvožđe, čelik, bakar, aluminijum, olovo i sl.),
- staklo,
- plastika (PET, PVC, PE, PP ...),

- automobilske gume,
- građevinski šut,
- otpadna ulja,
- baštenski otpad,
- električni i elektronski otpad itd.

6. TEHNOLOGIJA SAKUPLJANJA I TRETMANA DEPONIJSKOG GASA

Svako postrojenje za izdvajanje energije iz gasa se sastoji od tri osnovna sistema (modula), i to su:

1. sistem za sakupljanje (ekstrakciju) gasa (neposredno na deponiji),
2. sistem za procesiranje (tretman) gasa,
3. sistem za konverziju gasa (generisanje energije).



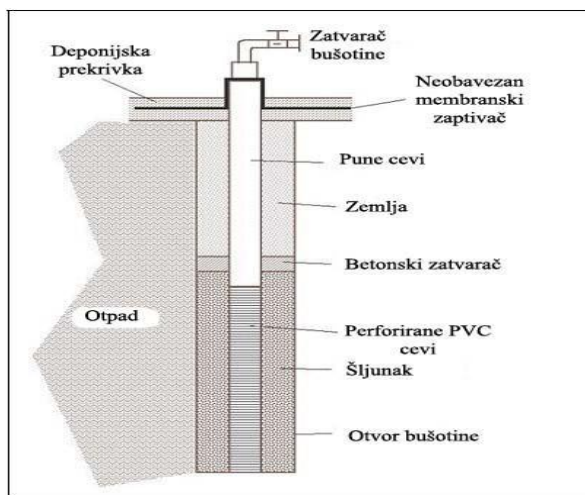
Slika 18. Delovi sistema za sakupljanje, tretman i pretvaranje gasa u energiju

6.1. Ekstrakcija (sakupljanje) deponijskog gasa

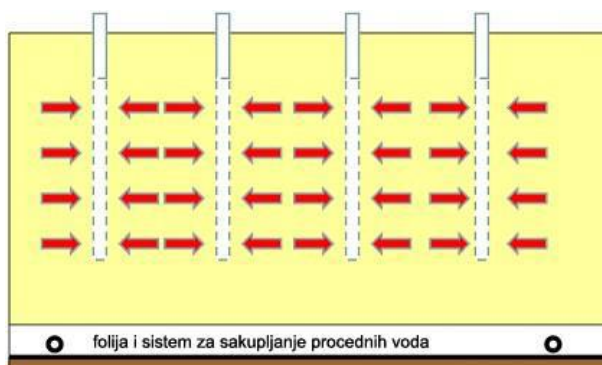
Ekstrakcioni sistem je split sistem, što znači da se metan može koristiti kao energent ili se može spaliti. Razlog za ovo je mogućnost smanjivanja proizvodnje gasa tokom vremena (90-350) m³/min i prevazilaženje potreba industrije. Upravo zbog toga, višak gasa se spaljuje. Primera radi jedna deponija komunalnog otpada koja proizvodi oko 1.250 m³/h deponijskog gasa, može oko 200 m³/h gasa koristiti za pogon gasnog motora koji proizvodi 0,3 MW električne energije. Proizvedena električna energija distribuira se u javnu elektrodistributivnu mrežu. Celokupna količina gasa može se koristiti za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije. Sisteme za sakupljanje deponijskog gasa možemo podeliti na dva osnovna tipa: vertikalne bušotine ili bunare i horizontalne kanale ili rovove.

6.1.1. Sistem vertikalnih bunara

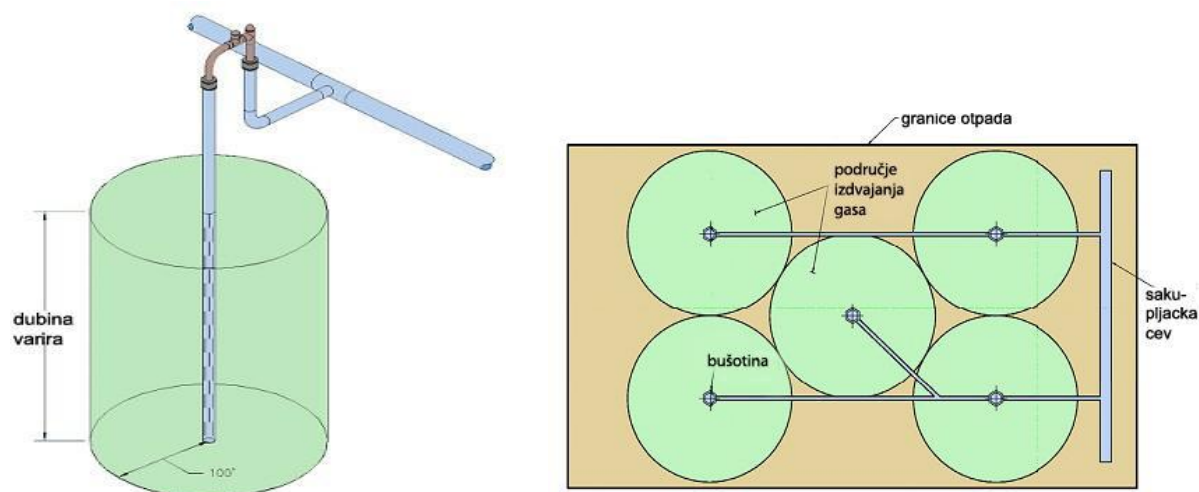
Ovaj sistem je najčešće korišćen. Sastoji se od izbušenih bunara prečnika (0,6-0,9) m. Ponekad se koriste i bunari manjih prečnika (0,3-0,45) m. Cevovodi su prečnika (0,05-0,2) m (obično od polivinil hlorida (PVC), ili polietilena (HDPE)). Smešteni u u bušotine koje su popunjene kamenom prečnika od 3 cm ili više. Cevi su perforirane u nižim oblastima, gde se skuplja deponijski gas, dok se cevi punog profila koriste blizu površine, da bi sprečile ulazak vazduha.



Slika 19. Vertikalni bunar



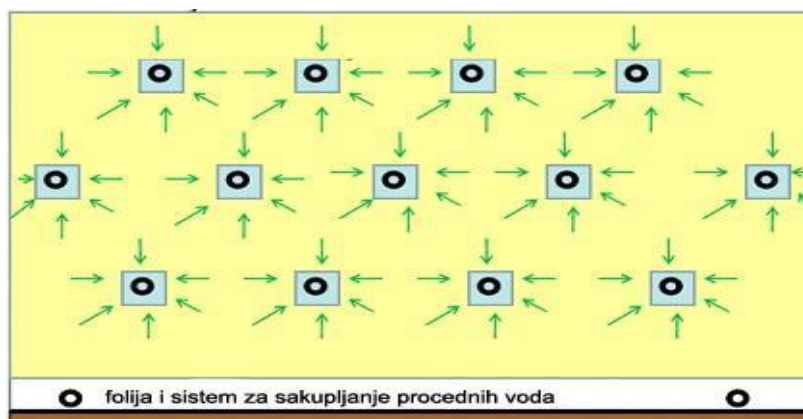
Slika 20. Sakupljanje gasa sistemom vertikalnih bunara



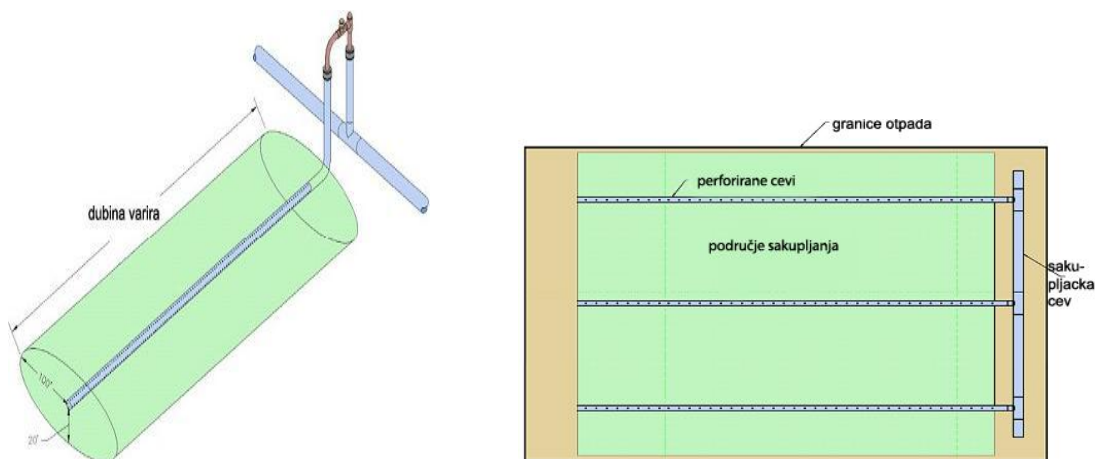
Slika 21. Bušotina i prostorni raspored bušotina

Sistem horizontalnih kanala može se instalirati umesto ili u kombinaciji sa bunarima za sakupljanje deponijskog gasa

6.1.2. Horizontalni sistem za sakupljanje gasa



Slika 22. Sakupljanje gasa sistemom horizontalnih kanala



Slika 23. Kanal (rov) i prostorni raspored kanala

Horizontalni kanali su jeftiniji od vertikalnih bunara i posebno su pogodni za instalisanje u površine u kojima je aktivno punjenje otpada. Na ovaj način je lakše obavljati ekstrakciju odmah nakon početka njegove produkcije, a gas se može izvlačiti pre zatvaranja i pokrivanja deponije.

Ekstrakcija gasa iz deponije obavlja se uz pomoć kompresora, koji pomoću pritiska preko cevovoda sprovode gas do postrojenja za tretiranje i korišćenje



Slika 24. Centrifugalni ventilator



Slika 25. Sakupljač kondenzata

Ekstrakcija deponijskog gasa i njegovo iskorišćenje u vidu energije, doprinose zaštiti životne sredine, redukciji emitovanja gasova koji izazivaju efekat staklene bašte (metana i ugljen-dioksida). Rizik od eksplozije je manje više eliminisan.

6.2. Sistem za procesiranje deponijskog gasa

Modul sadrži procesnu opremu za kompresovanje, filtriranje i analiziranje gasa izdvojenog iz deponije, a napravljen je kao standardni kontejner. Podeljen je na dva dela: kontrolnu i kompresorsku prostoriju. U kontrolnoj prostoriji, se vrši kontrola i nadgledanje instalacije, uključujući analize, kontrole kvaliteta i količine gasa iz svakog pojedinačnog bunara. Kompresorska prostorija sadrži procesnu opremu kao kontrolne ventile, filtere gasa i zaustavljač plamena, kompresor gasa, hladnjak gasa, detektore gasa, panel sa analizama gasa, merač protoka gasa, kontrolni kompresor vazduha.



Slika 26. Izgled sistema za procesiranje gasa

6.3. Sistem za konverziju gasa

Neki pasivni sistemi ventilacije jednostavno ispuštaju sakupljeni deponijski gas u atmosferu, bez ikakvog prethodnog tretmana. Ovo je pogodno samo kada se radi o malim količinama sakupljenog gasa i kada u blizini nema ljudi, koji rade i žive. Deponijski gas se češće kontroliše i tretira, iz sigurnosnih i zdravstvenih razloga. Uobičajene metode tretiranja deponijskog gasa se mogu podeliti na tehnologije sa sagorevanjem, tehnologije bez sagorevanja deponijskog gasa kao i tehnologije kontrole neprijatnog mirisa.

Tehnologije kontrole neprijatnog mirisa sprečavaju izlazak gasova, koji izazivaju neprijatne mirise van deponije. To se postiže primenom deponijske prekrivke i dnevnim prekrivanjem otpada zemljom.

Sakuplje prekrivke se ugrađuju pri zatvaranju deponije, da bi se sprečilo prodiranje vlage u otpad i pospešio razvoj bakterija i raspadanje. Vegetacija na deponiji takođe redukuje neprijatne mirise.

6.4. Procene količine deponijskog gasa

Postoje dve osnovne metode za procenu količine deponijskog gasa na konvecionalnim deponijama.

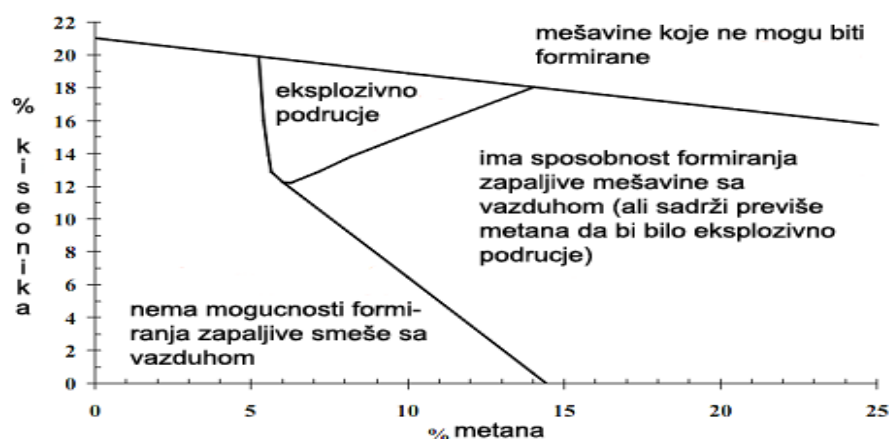
Prvi metod (EPA). Predstavlja jednostavnu procenu, čime se pretpostavlja da je stopa generisanja deponijskog gasa $0,0062434 \text{ m}^3/\text{kg}$ otpada komunalnog čvrstog otpada godišnje. Stvarna vrednost može varirati ($0,003122$ - $0,009365$) m^3/kg komunalnog čvrstog otpada godišnje. Tipična produkcija deponijskog gasa iz komunalnog čvrstog otpada može se nastaviti (20-25) godina nakon inicijalnog odlaganja otpada

Drugi metod (US EPA). To je model razlaganja prvog reda. Deponija može generisati gas i do 50 godina u zavisnosti od sastava komunalnog čvrstog otpada i vlage, iako tipična produkcija deponijskog gasa traje (20-25) godina. Izračunate vrednosti potencijala generisanja deponijskog gasa kreću se između ($0,21$ - $0,24$) m^3/kg odloženog komunalnog čvrstog otpada, u zavisnosti od količine prisutne vlažnosti. Što je veći sadržaj vlage, veći je potencijal generisanja deponijskog gasa.

6. 5. Kontrola eksplozivnih gasova

Emisija deponijskih gasova dovodi do lokalnog smoga i uzrokuje neprijatan miris i izaziva nezadovoljstvo kod suseda. Metan je primarni interes u računanju generisanja gasa jer je jako zapaljiv. Akumuliranje metana blizu deponije može dovesti do požara i eksplozija. Opasnost od metana se može sprečiti kontrolom deponijskog gasa i korektivnim postupcima. Koncentracija metana ne sme da prelazi 25% donje granice eksplozije (LEL) u strukturi postrojenja i ne sme da prelazi ovu granicu u oblasti vlasništva postrojenja. Donja granica eksplozije se definiše kao najmanji zapreminski procenat mešavine eksplozivnih gasova u vazduhu koji će širiti plamen na 25C i atmosferskom pritisku. Metan je eksplozivan kada je prisutan u količini od (5-15) zapreminskih % u vazduhu. Pri koncentraciji metana većoj od 15%, gasna mešavina neće eksplodirati, iako je gasna mešavina bogata. Ovaj prag od 15% je gornja granica eksplozije (UEL) definiše se kao maksimalna koncentracija gasa iznad koje supstanca neće eksplodirati kada je izložena izvoru paljenja

Opseg opasnosti od eksplozije nalazi se između LEL i UEL i mora biti poznat. Kada je koncentracija metana iznad UEL, paljenje može biti moguće i javiće se gušenje. Iznenađujuće razblaživanje metana u lokalnoj atmosferi može vratiti mešavinu u eksplozivno područje.



Slika 27. Odnos kiseonika i metana, izražen u %

Kontrola se mora vršiti najmanje na tri meseca. Broj lokacija gasnih proba zavisi od uslova okoline i podzemnih uslova, upotrebe zemlje, lokacije i dizajna postrojenja. Uzorci gasa se mogu sakupiti i nositi u laboratoriju na analize. Merenja pomoću analizatora može potvrditi vrstu i koncentraciju deponijskog gasa. Na prisustvo deponijskog gasa ukazuju i brojni pokazatelji, kao što su: neprijatan miris, zemlja koja truli, čujna ili vizuelna ventilacija gasova, posebno u stajaćoj vodi.

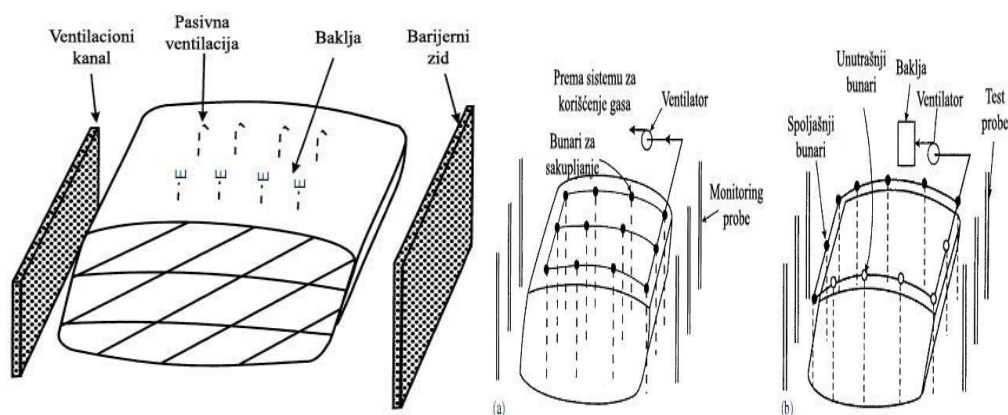
6.5.1. Sistemi kontrole deponijskog gasa

Deponjski gas može prirodno da izlazi u atmosferu ili mehanički kontrolisano. Sistemi korišćeni za kontrolu ili prevenciju kretanja gasa se kategorizuju kao pasivni i aktivni.

Pasivni sistemi obezbeđuju prirodno kretanje deponijskog gasa iz deponije, gde je pritisak viši, u atmosferu.

Aktivni sistemi koriste mehaničku opremu za upravljanje ili kontrolu deponijskog gasa imajući u vidu porast pritiska, u suštini, prodiranje deponijskog gasa van primenom konvektivnih sila.

Izbor sistema je baziran na dizajnu i starosti deponije i hidrogeološkim uslovima postrojenja i okruženja. Drugim rečima, potencijalna opasnost od gasa igra važnu ulogu u izboru pojedinih sistema.



Slika 28. Sistem kontrole gasa pasivni i aktivni sistem

7. PARAMETRI ZA DEFINISANJE IDEJNOG REŠENJA

7.1. Karakteristike deponije Jovanovac

Deponija prekriva 15 ha zemlje, nadmorske visine 164 m i po geografskim karakteristikama može se definisati kao ravnica. Na 10 metara od granice deponije nalazi se reka Uglješnica. Količina čvrstog komunalnog otpada koji se odlaže na deponiju je procenjen na 156 t/dan, sa više od 50% biorazgradivog otpada. Do danas, više od million tona otpada je deponovano, pa je prosečna dubina deponije 18 m. Odvojeno sakupljanje papira i pet ambalaže je pokrenuto je za vreme 2009. Godine.

Na deponiji se vrši dnevno prepokrivanje i razastiranje otpada. Deponija je skoro sasvim popunjena i nema karakteristike sanitarne deponije.

JOVANOVAC	KARAKTERISTIKE
Geometrija deponije dužina placa širina placa visina nasutog otpada	800 m (na najdužem delu) 400 m (na najširem delu) na najvećoj dubini oko 18m
Udaljenost od prirodnih vodotokova	Oko 10 m od reke Uglješnice
Starost deponije	Više od 30 godina
Pristup deponiji	Podignuta je na prašinasto-peskovitoj glini sivosmeđe boje, limonitisana, čsrednje do lake gnječivosti
Infrastruktura	Na deponiji postoji rampa, čuvarska kućica i dovod električne energije, PTT priključak i delimično su urađeni bočni kanali za slivanje atmosferskih i procednih voda

Tabela 6. Karakteristike lokalne deponije Grada Kragujevca



Slika 29. Izgled deponije Jovanovac

7.2. Merenje sastava deponijskog gasa na deponiji Jovanovac

Deponija nema aktivni sistem za sakupljanje i kontrolu deponijskog gasa, a ima postavljena 17 biotrna, od kojih su 8 pristupačni (ostali su zatrpani). Na njima su vršena merenja sastava deponijskog gasa, pomoću prikazane opreme i dati su rezultati merenja.

Cilj merenja je potvrda proizvodnje deponijskog gasa, merenje sastava deponijskog gasa radi procene količine gasa koja nastaje na deponiji, a time i procena moguće količine izdvajanja i sakupljanja deponijskog gasa.

Merenje je izvršeno pomoću uređaja za gasnu analizu „GEM2000plus“ proizvođača iz Velike Britanije – „Geotechnical Instruments“, specijalizovanog za proizvodnju aparature za ekstrakciju i analizu deponijskih gasova.



Slika 30. Aparati za gasnu analizu

7.3. Rezultati merenja sastava deponijskog gasa na deponiji u Kragujevcu

location	CH ₄	CO ₂	O ₂	balance	CH ₄ %lel	peakCH ₄	peakCO ₂	min O ₂	baro	CO	H ₂ S	H ₂	CH ₄ /CO ₂
	%	%	%	%	%	%	%	%	mb	ppm	ppm	ppm	%
1	15,8	8,3	15	60,9	200	15,8	8,3	15	1002	0	0	LOW	1,9
2	59,9	41,3	0,2	0	200	67,9	41,3	0,2	1002	1	0	LOW	1,45
3	57	44,4	0,1	0	200	59	44,7	0,1	1003	1	0	LOW	1,28
4	57,5	44,1	0	0	200	58,1	44,2	0	1003	0	0	LOW	1,3
5	60,7	40,7	0	0	200	60,8	44,2	0	1002	0	0	LOW	1,49
6	59,4	41,5	0	0	200	60,6	41,8	0	1002	0	0	LOW	1,43
7	0,4	5,5	17	77,1	8	59,3	41,7	0,3	1003	0	0	LOW	0,07
8	0,1	2	19,1	78,8	2	2,3	6,8	14,8	1001	0	0	LOW	0,05

Tabela 7. Rezultati merenja na osam lokacija

Parametar	Vrednost
Temperatura	26 °C
Relativna vlažnost vazduha	70%
Intenzitet vetra	(2–3) m/s
Pritisak	998 mb

Tabela 8. Atmosferski uslovi pri vršenju merenja

Na pojedinim biotrnovima, koncentracija metana je veoma niska, jer je ventilaciona cev verovatno polomljena. Na ostalim biotrnovima, koncentracija metana je oko 59%, što je zadovoljavajuće, obzirom da je za ekonomsku isplativost korišćenja metana kao energenta, potrebna najmanja koncentracija metana u deponijskom gasu od 35%.

7.4. Produkcija deponijskog gasa na deponiji u Jovanovcu

Kvadrant	Oznaka Deponije	Naseljeno Mesto	Površina Deponije (ha)	Zapremina Deponije (m ³)	Opština	GPS Koordinate
3019	kg-gl1	Kragujevac	14,20	2.129.803	Kragujevac	20°55'58,14"E 44°2'2,35"N

Godina	Godišnja količina odloženog otpada (t/god)	Količina Odloženog otpada (t)	Generisanje deponijskog gasa		50% CH ₄ (t/god)
			(m ³ /h)	(t/god)	
1980	42.200	42.200	0	0,00	0,00
1981	43.000	85.200	32	201,98	100,99
1982	43.900	129.100	62	391,84	195,92
1983	44.800	173.900	91	571,30	285,65
1984	45.700	219.600	118	741,46	370,73
1985	46.600	266.200	144	903,26	451,63
1986	47.500	313.700	168	1057,59	528,79
1987	48.500	362.200	192	1205,20	602,60
1988	48.900	411.100	214	1347,25	673,63
1989	49.000	460.100	236	1484,33	742,17
1990	49.200	509.300	257	1616,95	808,47
1991	49.200	558.500	278	1745,56	872,78
1992	49.200	607.700	298	1870,57	935,29
1993	49.500	657.200	317	1992,83	996,42
1994	50.100	707.300	336	2112,63	1056,31
1995	50.100	757.400	355	2230,22	1115,11
1996	50.900	808.300	373	2345,84	1172,92
1997	51.200	859.500	392	2459,69	1229,85
1998	51.500	911.000	410	2572,44	1286,22
1999	52.000	963.000	427	2684,21	1342,10
2000	52.800	1.015.800	445	2795,11	1397,56
2001	53.400	1.069.200	463	2905,26	1452,63
2002	53.800	1.123.000	480	3015,21	1507,60
2003	54.000	1.177.000	498	3125,01	1562,50
2004	54.200	1.231.200	515	3234,69	1617,35
2005	54.500	1.285.700	532	3344,31	1672,15
2006	55.000	1.340.700	550	3454,35	1727,17
2007	56.200	1.396.900	568	3564,81	1782,40
2008	56.500	1.453.400	585	3675,68	1837,84
2009	57.000	1.510.400	603	3786,95	1893,47
2010	57.000	1.567.400	564	3539,63	1769,81
2011	57.500	1.624.900	528	3314,34	1657,17

Tabela 9. Produkcija deponijskog gasa na deponiji Jovanovac

7.5 Energetski potencijal deponije u Jovanovcu

U tekstu koji sledi, u skraćenom, pseudo-algoritamskom postupku, prikazaće se procedura za definisanje energetskog potencijala deponije u Jovanovcu.

- Prema USEPA, efikasnost sistema za sakupljanje deponijskog gasa je približno 80%
- Toplotna moć deponijskog gasa se kreće u granicama od 4,1-6,2 kWh/m³
Usvajamo da je toplotna moć deponijskog gasa na deponiji Jovanovac 4,7 kWh/m³
- Količina generisanja gasa tokom 20 godina je približno 0,23m³/1kg, ako još usvojimo da je stepen iskorišćenja sistema za sakupljanje 80% iz relacije možemo dobiti podatak o količini generisanog deponijskog gasa:

$$0,23\text{m}^3/\text{kg} \times 0,8 = 0,184 \text{ m}^3/\text{kg otpada}$$

U jednoj toni otpada se generiše:

$0,184\text{m}^3/\text{kg} \times 1000\text{kg} = 184\text{m}^3$ deponijskog gasa po toni otpada.

- Ukoliko se uzme u obzir da se na deponiju u proseku odloži oko 57 000t otpada u toku godine, a da se u toj količini nalazi 40% otpada koji neće generisati gas, možemo izračunati koliki bi bio potencijal generisanja otpada za narednih 20 godina:

$184\text{m}^3 \times 57000 \times 0,6 \times 20 \text{ godina} = 125.856.000 \text{ m}^3$ u period od 20 godina

- SUS motori u kontrolu sagorevanja daju stepen iskorišćenja i do 80%, uvođenjem ovog podatka u proračun dobijamo kolika je moguća iskoritivost gasa u period od 20 godina.

$125.856.000 \text{ m}^3 \times 0,8 = 100.648.800 \text{ m}^3$ iskoristivog gasa za 20 godina

- Energetski potencijal ove količine gasa za period od 20 godina bi iznosio:

$100.648.000 \text{ m}^3 \times 4,66\text{kWh}/\text{m}^3 = 491.191.168 \text{ kWh}$

- Deljenjem ovog iznosa sa 20 godina, brojem dana u godini i sa 24h dobili bi količinu potencijalnog generisanja deponijskog gasa:

$100.648.800 \text{ m}^3 / 20\text{godina} / 365 \text{ dana} / 24\text{h} = 575 \text{ m}^3/\text{h}$

- Ukupan stepen iskorišćenja gasnog motora je 83%, od toga električni stepen iskorišćenja iznosi 42,9%, a toplotni stepen iskorišćenja je 42,1%

- Kapacitet postrojenja za proizvodnju struje bio bi:

$575\text{m}^3/\text{h} \times 4,66 \text{ kWh}/\text{m}^3 \times 0,42 = 1125\text{kW} = 1,125\text{MW}$

- Toplotni kapacitet postrojenja bi bio:

$575\text{m}^3/\text{h} \times 4,66\text{kWh}/\text{m}^3 \times 0,44 = 1178 \text{ kW} = 1,17\text{MW}$

Pri izračunavanju toplotnog kapaciteta treba uzeti u obzir i stepen korisnosti izmenjivača toplote koji približno iznosi 80%:

$575\text{m}^3/\text{h} \times 4,66\text{kWh}/\text{m}^3 \times 0,42 \times 0,8 = 900 \text{ kW/h}$

Da bi jednom litru vode podigli temperaturu za 1°C , potrebno je utrošiti 1kcal. Uzevši da je kalorijska vrednost 1kW, 860kal, dobijamo podatak da sa toplotnom snagom od 1kW za jedan sat možemo zagrejati 860L vode, tj. toj količini povećavamo temperaturu za jedan stepen. Sa toplotnim kapacitetom postrojenja za kogeneraciju od približno 1MW možemo zagrejati 10 000 litara vode na 90°C , za 1 sat. Nakon postizanja željene temperature od 90°C potrebno je i održavati razliku u temperaturi od 20 stepeni između temperature u odlazu i povratu. Tada sa utrošenih 523 KW, što predstavlja oko polovinu toplotnog kapaciteta postrojenja, možemo u svakom satu da obezbedimo 22 500 litara vode, čiju temperature možemo da održavamo između 70 i 90°C .

Država Srbija nije definisala tarifu po kojoj bi se prodavala toplotna energija drugim potrošačima, pa će se zato ova velika količina energije koristiti za sopstvene potrebe postrojenja. Topla voda preko izmenjivača može da preda svoju toplotu plastenicima ili digistorima, koji se nalaze u blizini postrojenja.

8. IDEJNO REŠENJE POSTROJENJA ZA KOGENERACIJU

8.1. Princip rada postrojenja za kogeneraciju

Prema prethodno navedenim rezultatima količine gasa na deponiji Jovanovac i analizom njenog sadašnjeg stanja, uz sve preporučene vrednosti, došao sam do ideje, kako bi trebalo da izgleda postrojenje za ekstrakciju gasa, odnosno postrojenja za kogeneraciju.

Prema merenju, koje je izvedeno na 8 biotrnova, koji se nalaze na pristupačnim delovima deponije, došlo se do rezultata, da je gas koji izlazi iz deponije bogat metanom.

U svetu se podrazumeva da je neka deponija bogata metanom, ukoliko ima koncentraciju CH_4 , u deponijskom gasu iznad 30%. Koncentracija metana na deponiji u Jovanovcu iznosi preko 50%, tako da je takva vrsta deponije potpuno odgovarajuća za eksploataciju deponijskog gasa, odnosno za izgradnju postrojenja za kogeneraciju.

Na deponiji Jovanovac, treba postaviti 40 perforiranih cevi, odnosno sonde spoljnog prečnika 100 mm, otvori perforacije biće prečnika 30 mm. Sonde nisu perforirane pri vrhu iz razloga što će se na taj način sprečiti ulaz vazduha u sistem. Sonde je potrebno postaviti u vertikalnom izvođenju, na međuosnom rastojanju od 60m. Sonde se postavljaju u dubinu od 10 m.



Slika 31. Pozicija postrojenja za kogeneraciju na deponiji Jovanovac i mreža cevi za sakupljanje deponijskog gasa

Sonde se postavljaju u prethodno izbušene bunare prečnika 800 mm. Kada se postave u bunar, oko njih se polaže kamen prečnika 30mm. Taj sloj kamena predstavljaće tzv. primarni filteri, odnosno, njegova namena će biti sprečavanje urušavanja bunara i predstavljaće filter, tako što će sprečiti širenje krupnih nečistoća iz tela deponije da dospeju dalje u sistem za procesiranje gasa.



Slika 32. Bušenje bunara



Slika 33. Postavljanje sonde i polaganje šljunka

Trenutna visina deponije iznosi 18 m, što je prešlo maksimalnu vrednost od dozvoljenih 15m. Pre početka izvođenja bilo kakvih radova na izgradnji postrojenja za kogeneraciju, potrebno je površinu deponije pripremiti, odnosno razastiranjem otpada svesti njenu visinu na 15m.

Celu površinu deponije treba prekriti posebnom vrstom folije. Folija bi bila od polietilenskih vlakana, a može biti od trevire i tzv. bulita. Ona mora imati veliku otpornost na mehanička naprezanja na UV zračenje, otpornost na smrzavanje, propusnost vlage i mora biti otporna na naprezanja koje bi eventualno izazivala rast korenja.



Slika 34. Deponija prekrivena nepropusnom folijom

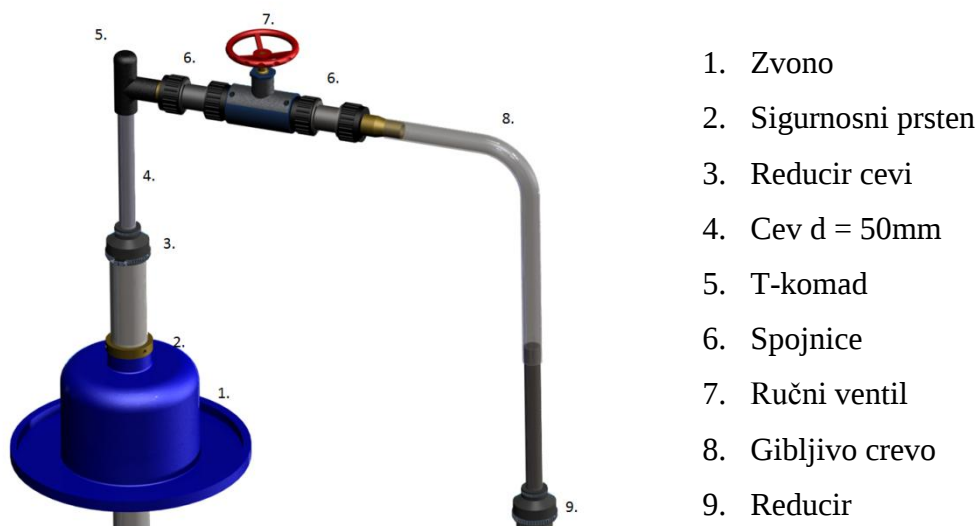
Preko sad već postavljene folije nabacuje se debeo sloj zemlje, u najboljem slučaju zemlja bi bila od gline. Prepokrivanje deponije folijom i zemljom, ima za cilj da spreči prodor vlage iz spoljnog sveta u telo deponije, i isto tako da zadrži neophodnu količinu vlage, koja je potrebna mikroorganizmima da razgrađuju deo otpada.



Slika 35. Slojevi deponije

(1. sloj vegetacije, 2. tanak sloj folije, 3. sloj gline, 4. deponovan otpad)

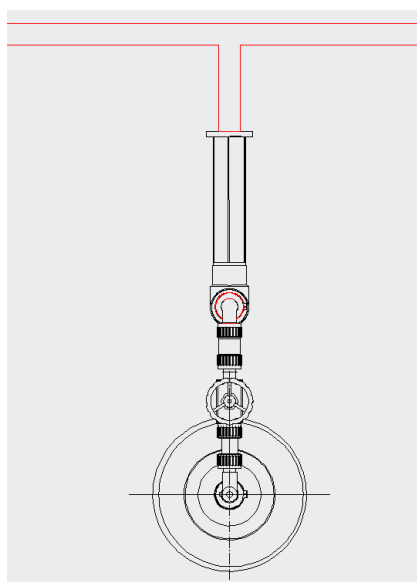
Pritisak gasa unutar deponije je veći od atmosferskog i zbog toga dolazi do njegovog napuštanja iste. Pomoću folije i sloja zemlje, sprečiće se u velikom procentu nekontrolisano curenje deponijskog gasa , pa će se gas po prirodi kretati ka mestima manjeg pritiska, odnosno ka mestima prikupljanja, tj. prema sondama



Slika 36. Izgled nadzemnog dela sonde sa propratnim elementima

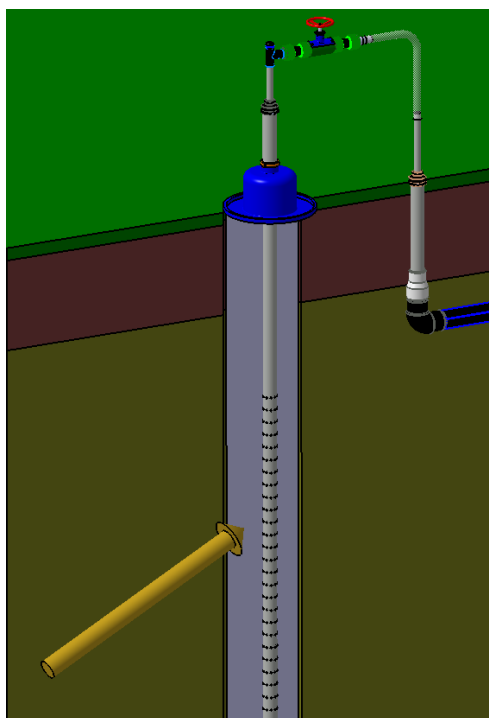
Na površinu, sada već zatvorene deponije, se postavlja zvono (1.), koje će osigurati da gas ne može napustiti bunar i na taj način će obezbediti, da se deponijski gas kreće ka perforiranim otvorima cevi. Perforirana cev od 100 mm izlazi iznad površine, tu se njen prečnik redukuje na 50mm, pomoću reducira (3.). Na vrhu cevi do 50 mm nalazi se tzv. T komad (5.), koji jednim krakom odvodi gas dalje ka sistemu. Na drugom kraku postoji čep, koji se po potrebi skida, i na njegovo mesto se postavlja uređaj za uzorkovanje gasa. Ta merna sonda meri koncentraciju metana, procenat O₂ u gasu, temperature i vlažnost istog. Kontrolu gasa potrebno je vršiti na svaka 3 meseca.

Cev koja se nastavlja na T račvu nailazi na ventil sa tzv pečurkom (7.), čiju ćemo namenu malo kasnije objasniti. Sa ventila (7.) izlazi cev od 50 mm (4.), na čijem se kraju nalazi gibljivo crevo (8.), koje se postavlja radi sprečavanja naprezanja i uvijanja cevi pri sleganju zemljišta. Drugi kraj gibljivog creva odlazi do reducira (9.) i prečnik cevi se redukuje, ponovo na 100 mm. Ta cev od 100 mm će služiti za sakupljanje gasa iz jedne grupe sonde. Sonde se priključuju na lokalnu cev u vidu prstenaste mreže. Kada parametri, koji se očitavaju pokažu da neko mesto za sakupljanje ne daje dovoljnu količinu gasa, ventil, koji smo napomenuli, se zatvara i ta sonda se isključuje iz sistema za sakupljanje. Isključivanjem sonde iz sistema, ne remeti se rad sistema za prikupljanje.



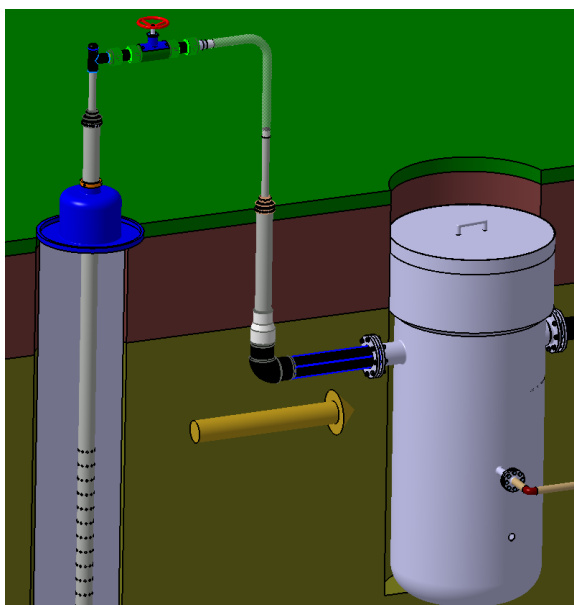
Slika 37. Sonda prikačena na cev od 100 mm prečnika

Gas dalje putuje do magistralne cevi od prečnika 150 mm, koja prolazi sredinom deponije potpomognut delovanjem centrifugalnih ventilatora, i tu se priključuje na put ka samom sistemu za kogeneraciju.



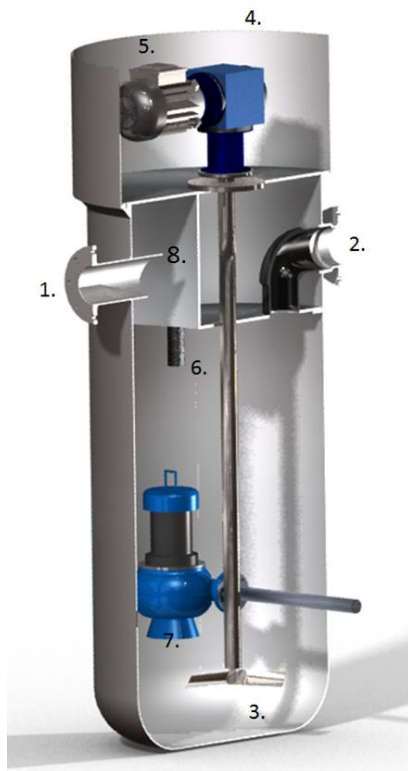
Slika 38. Gas iz tela deponije prolazi kroz sloj šljunka i ulazi u sistem za kogeneraciju

Prva prepreka ka kretanju ovakvog gasa jeste odvajač mehaničkih nečistoća (trunja, peska...).



Slika 39. Gas sa nečistoćama dolazi do odvajača grubih nečistoća

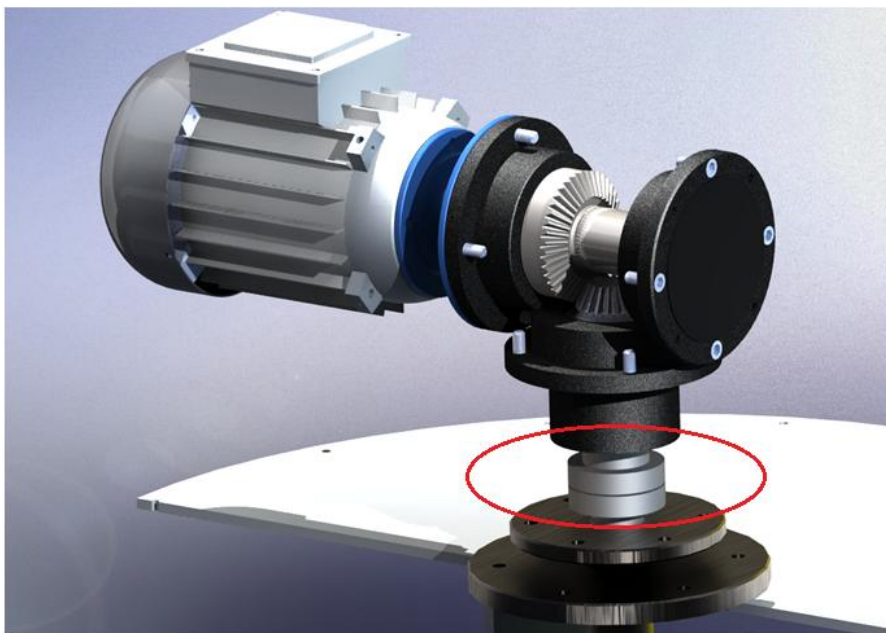
U primarnom separatoru odvajaju se čvrsti materijali. Mlaz gasa, koji sa sobom nosi nečistoće udara u zakrivljenu ploču (8.), koja predstavlja barijeru na liniji strujenja gasa. Na taj način teža faza nečistoća pada na dno ovog separatora. Gas , koji još uvek, u sebi sadrži određenu količinu vlage, napušta separator uz pomoć dejstva usisne grane ventilatora kroz izlaznu cev (2.).



1. Ulazna cev primarnog separatora
2. Izlazna cev separatora
3. Lopatice mešalice
4. Reduktor
5. Elektro motor
6. Merač nivoa tečnosti
7. Muljna pumpa
8. Barijera u vidu zakrivljene ploče

Slika 40. Presek tela primarnog separatora

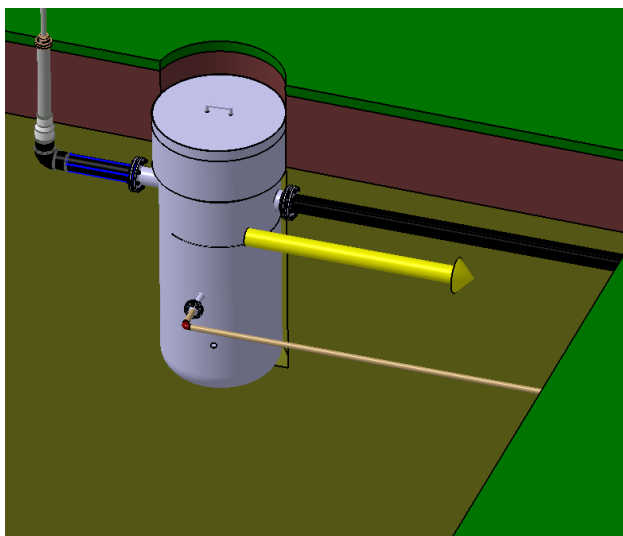
Sabrana tečnost i nečistoće, koje se nalaze na dnu separatora bivaju mešane od strane mešalice (3.) sa lopaticama, koju pokreće elektro motor (5.), koji je preko reduktora (4.), u sprezi sa osovinom mešalice, preko spojnice prenosi kretanje na samu mešalicu. Mešanje se vrši da bi se eventualno zarobljenom gasu omogućilo da izađe iz mulja i da se ne dozvoli taloženje.



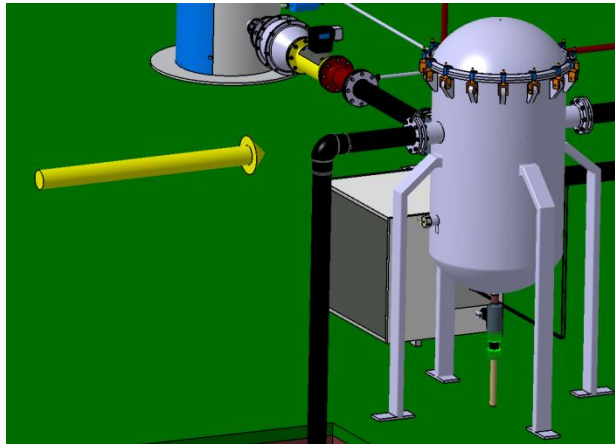
Slika 41. Motor sa reduktorom vezan preko spojnice za osovinu mešača

Kada počne da se podiže nivo mulja u separatoru i kada dođe do određene granice, merač nivoa tečnosti (6) daje signal muljnoj pumpi (7) da otpočne sa izbacivanjem tečnosti u drenažni vod, koji bi dalje trebao da vodi tečnost do sistema za preradu otpadnih voda.

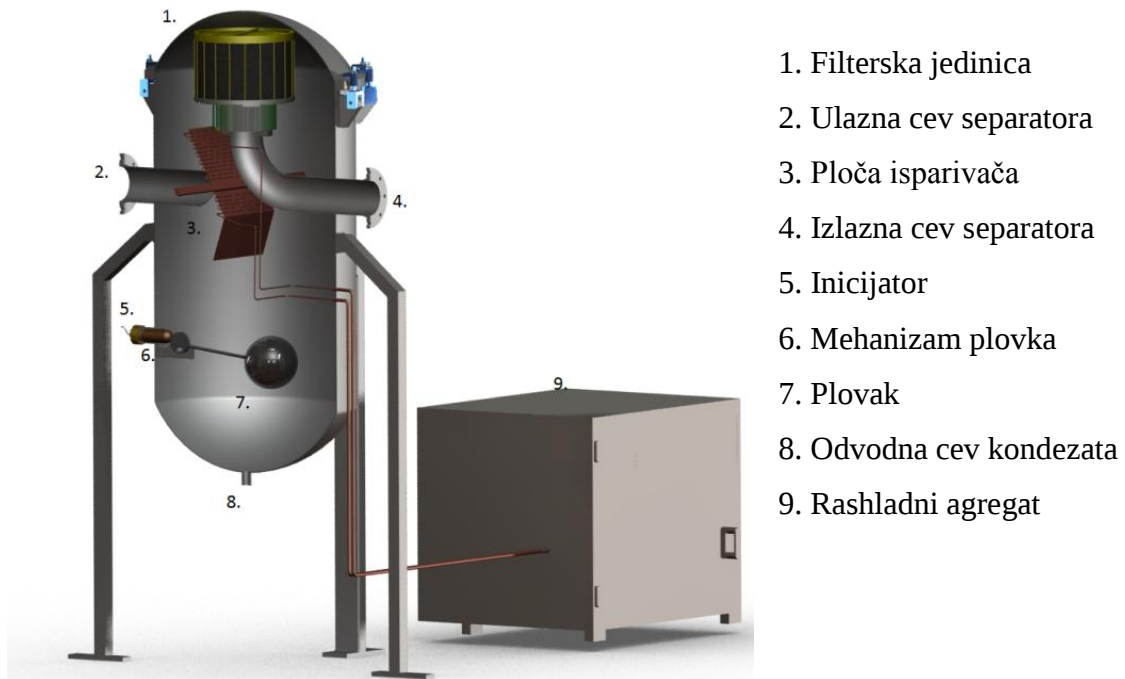
Ovim postupkom prečišćavanja iz gasa se mogu izdvojiti samo nečistoće teže faze, ali da bi postrojenje za kogeneraciju moglo nesmetano da radi, gas koji sadrži određenu količinu vlage potrebno je isušiti, odnosno neophodno je iz gasa odvojiti tečnu fazu. Posle primarnog separatora gas dolazi na ulaz u separator kondezata, slika 43.



Slika 42. Delimično prečišćen gas napušta primarni separator

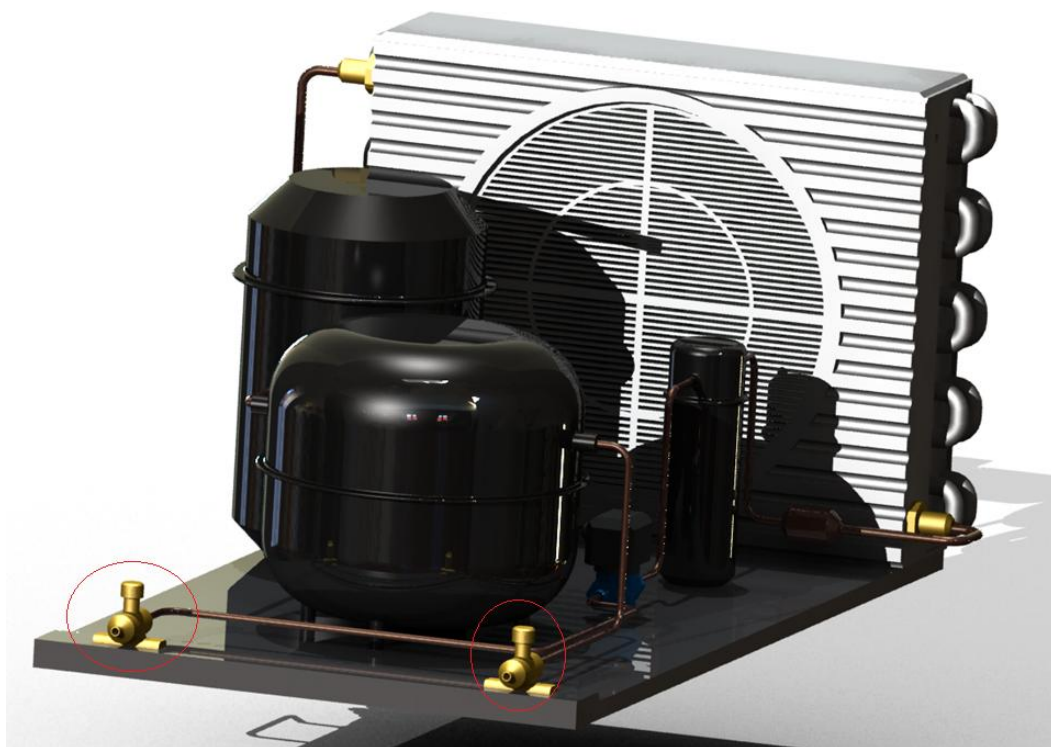


Slika 43. Gas na ulazu u separator kondezata



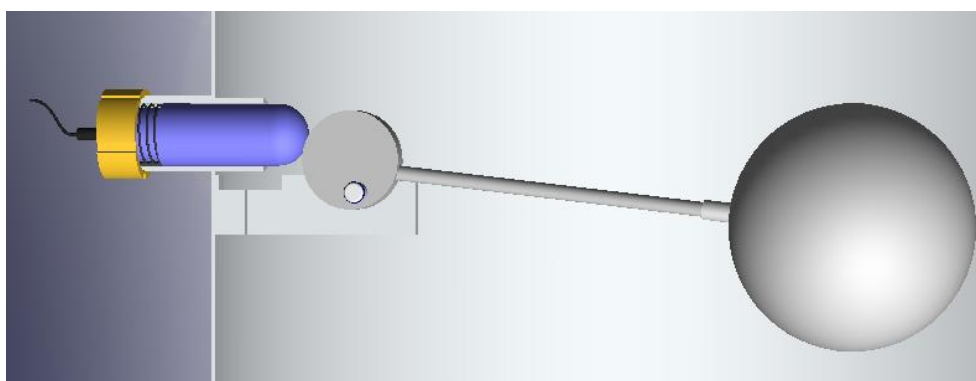
Slika 44. Presek odvajača kondezata

Na ulazu gasa u separator kondezata topao gas pada na ploču isparivača, koja je sistemom bakarnih cevi spojena sa agregatom, koji omogućava strujanje rashladnog fluida kroz rashladni sistem, a samim tim omogućava isparivaču da oduzme temperaturu okolini i da putem kondezacije isuši deponijski gas. Sa kondenzatom se odvajaju i još neke nepoželjne supstance, aerosoli i rastvoreni gasovi.



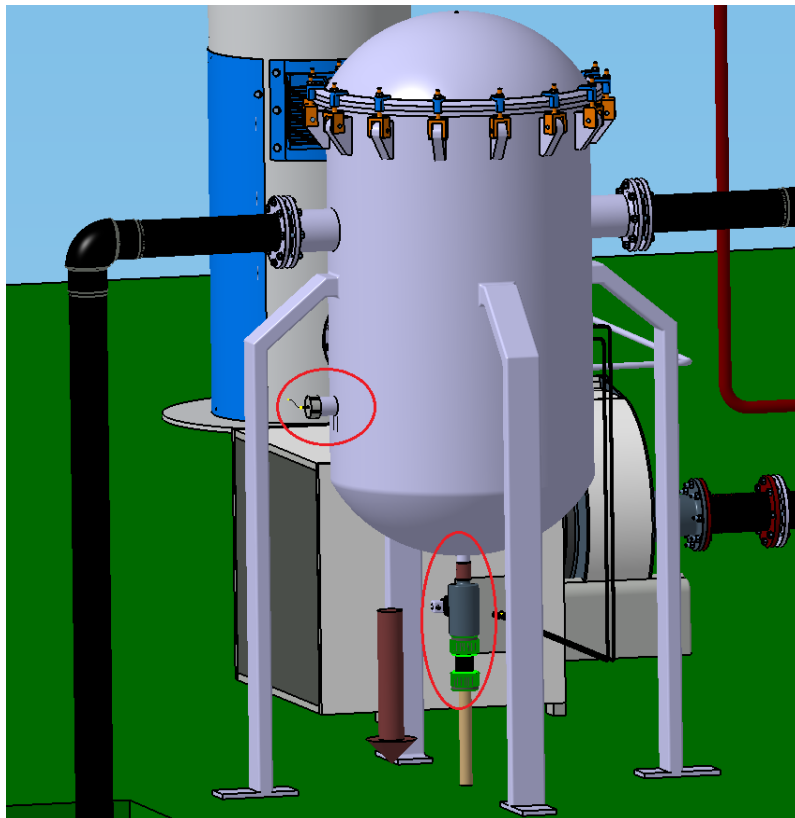
Slika 45. Rashladni agregat na čije se krajeve vezuje isparivač

Kada se stvori, kondezat počne da curi i da se taloži na dnu separatora. Za održavanje nivoa tečnosti u sudu zadužen je plovak, odnosno sprega plovka i inicijatora, slika 46.

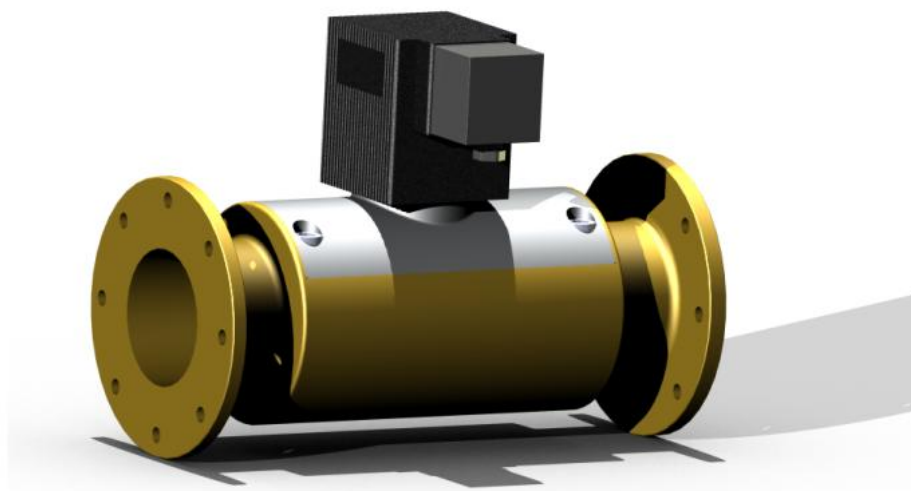


Slika 46. Sprega sistema za održavanje nivoa kondezata u separatoru

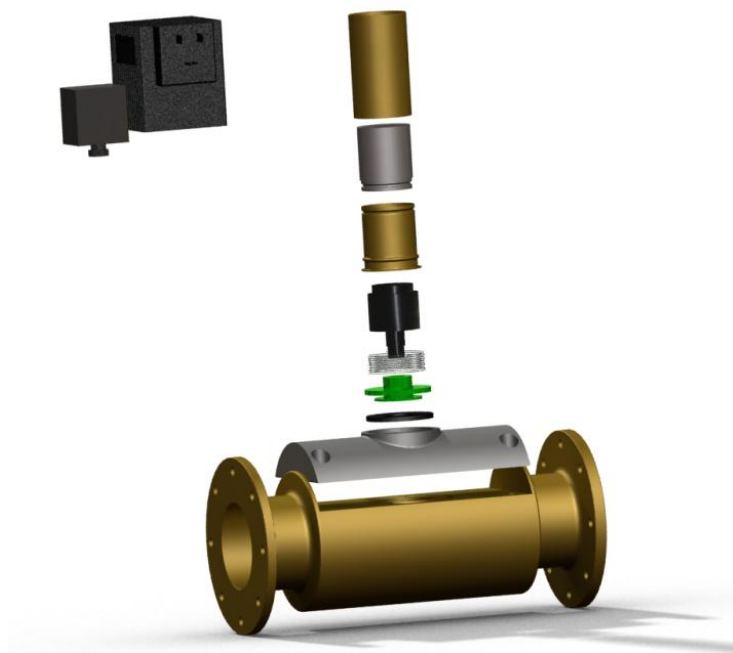
Kada kondezat dođe do određenog nivoa, ekscentrično postavljene plovak se podiže, preko klipa savladava oprugu i pobuđuje inicijator koji daje signal el.ventilu, slika 48., da ispusti kondezat u vod, koji kondezat odvodi u primarni separator radi ponovne obrade i radi oslobađanja zaostalog metana.



Slika 47. Inicijator daje signal ventilu da otvori odvod za ispuštanje kondezata

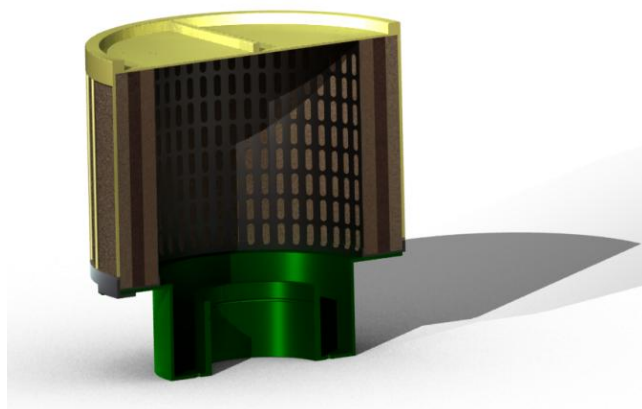
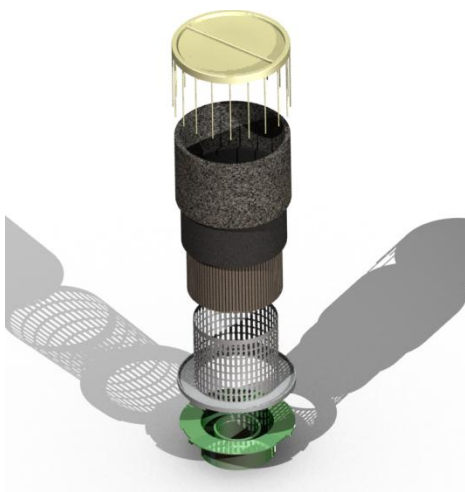


Slika 48.a. Elektro ventil u sklopljenom stanju



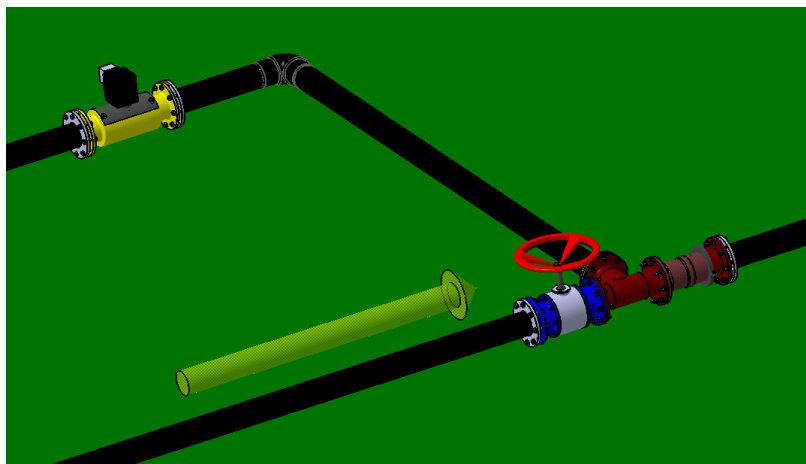
Slika 48.b Elektro ventil rasklopljenom stanju

Isušeni metan se diže naviješe zato što je lakši od kondezata, a i pod dejstvom usisa cerifugalnog ventilator. Da bi gas napustio separator, potrebno je da prođe kroz filtersku jedinicu. Ona se sastoji iz tri filtera različite kalibracije. Ti filteri dodatno isušuju gas i na taj način skoro potpuno umanjuju šanse da nečistoće prodru do postrojenja za procesiranje gasa.

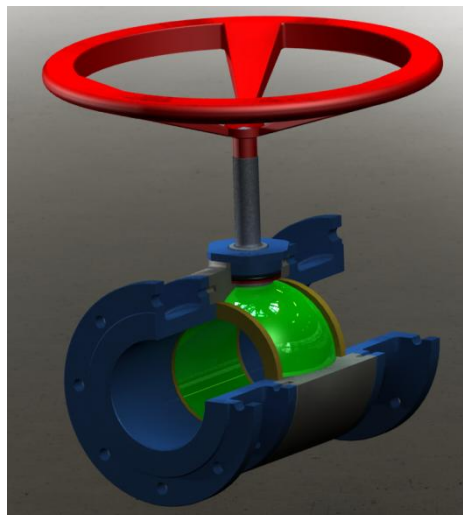
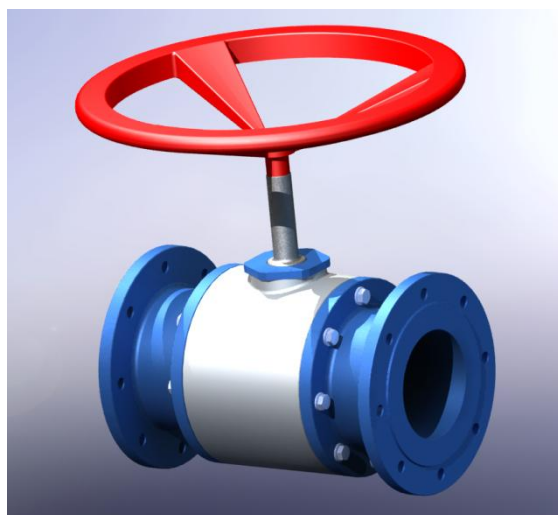


Slika 49. Filterska jedinica

Gas koji je sad većim delom prečišćen, napušta kondezator I pod dejstvom ventilatora ide dalje kroz mrežu. Gas dolazi do glavnog ventila sa kuglom, slika 51, koji se nalazi na t-komadu. Zašto je ovaj ventil glavni? Razlog tome je što se ventil nalazi na razdvajanju puteva, gde glavnica gasa odlazi ka rezervoaru i dalje ka motoru, gas prolazi na tom putu kroz tzv. poslednju odbranu sistema odnosno kroz još jedan red filtera, a drugi deo, odnosno, višak gasa odlazi na sagorevanje ka baklji. Zatvaranjem ovog ručnog ventila prekida se dotok gasa u oba smera ukoliko za to postoji potreba ili nužda.

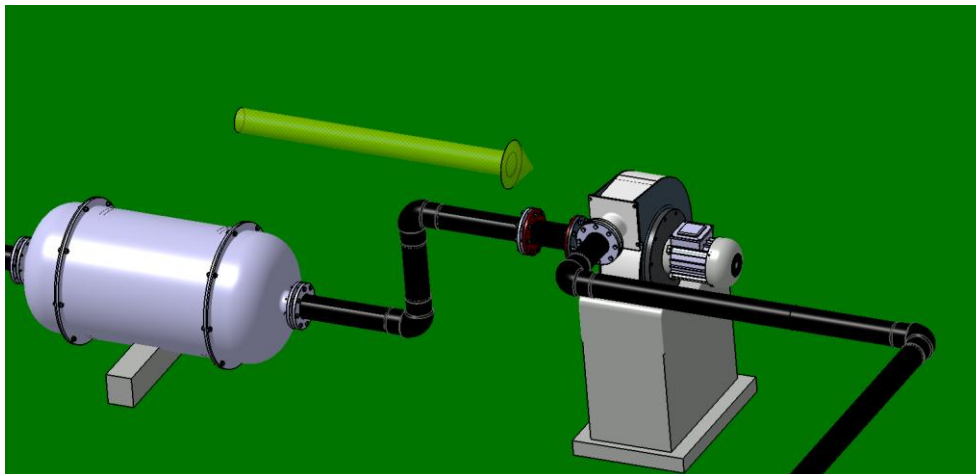


Slika 50. Prečišćen gas iz separatora kondezata dolazi do glavnog ventila

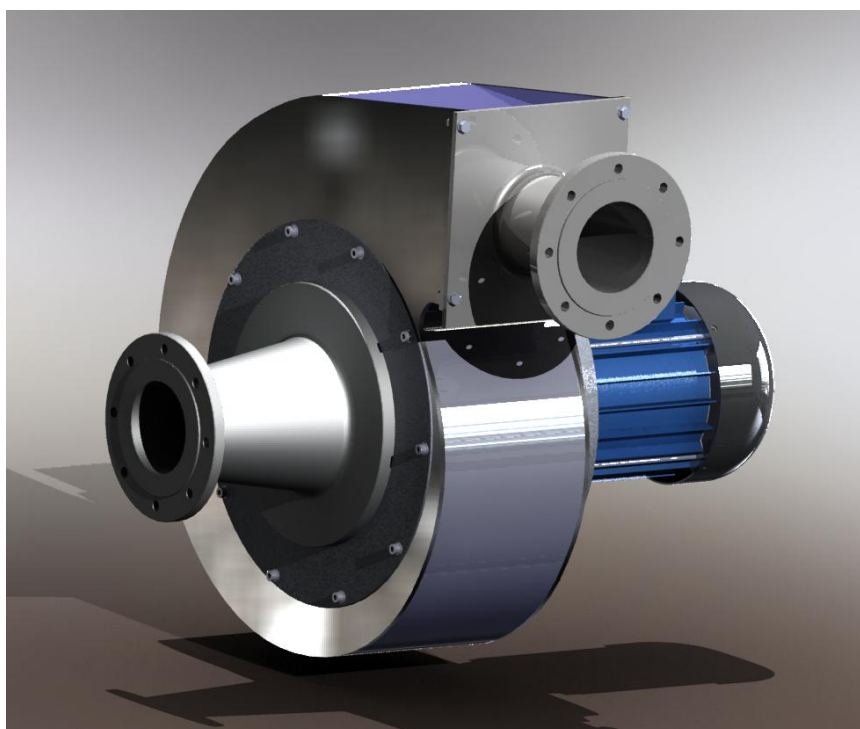


Slika 51. Glavni ventil sa kuglom

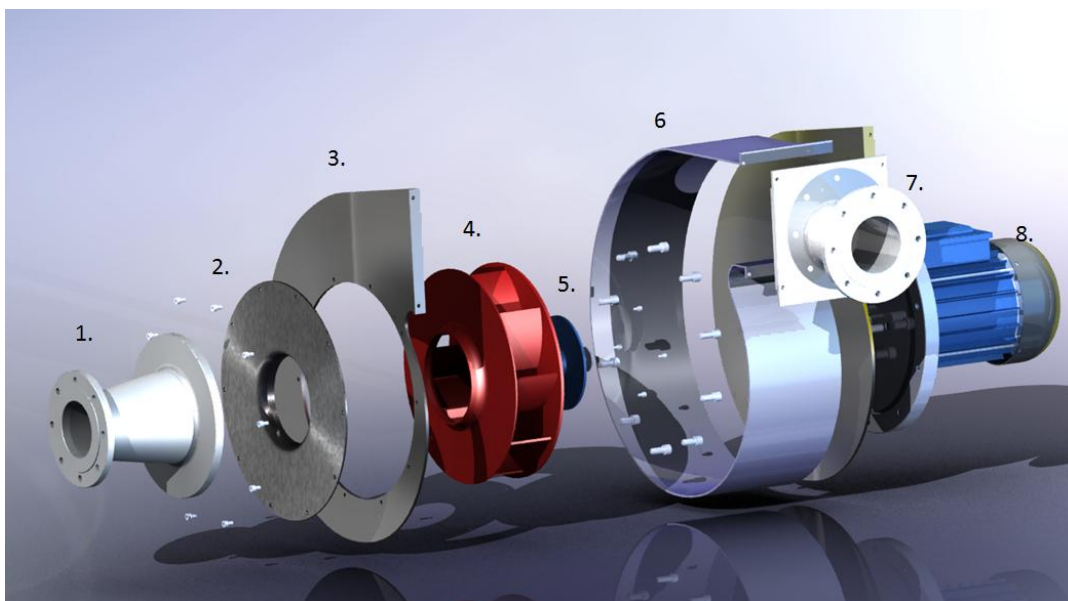
Gas stiže do usisa u ventilator, pod dejstvom ventilatora, gas se kreće kroz mrežu. Ventilator stvara podpritisak od 0,5 bar. Na t-komadu i ispred ventilatora nalaze se spojnice koje su takve konstrukcije da sprečavaju naprezanje cevi i slanje štetnih vibracija u instalaciju koje se javljaju kao proizvod rada ventilator.



Slika 52. Pozicija blovera u mreži



Slika 53. Izgled centrifualnog ventilatora

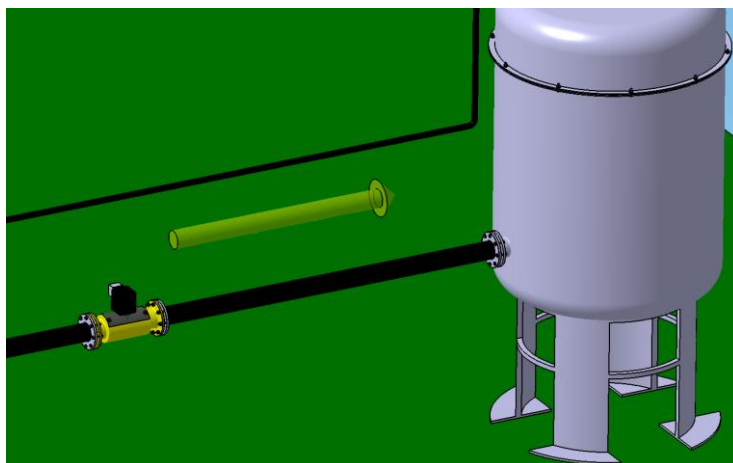


Slika 54. Blover u rasklopljenim stanju

Sastavni delovi blovera:

1. Reducir na usisu
2. Usmerivač gasa
3. Stranice kućišta
4. Radno kolo
5. Stezač radnog kola
6. Unutrašnji deo kućišta
7. Reducir na potisu
8. Pogonski elektromotor

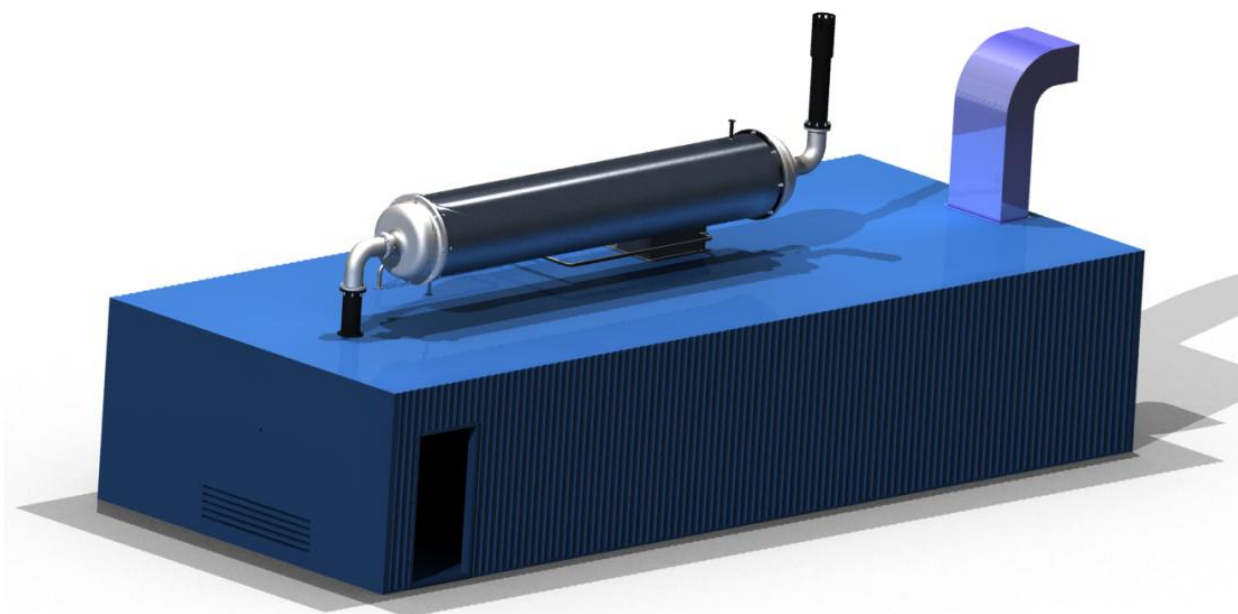
Kad gas prođe kroz ventilator, preko ventila dospeva do rezervoara. Oni se dimenzionišu tako da imaju kapacitet dovoljan za skladištenje minimum četvrtine dnevne proizvodnje biogasa.



Slika 55. Ulazak čistog gasa u rezervoar

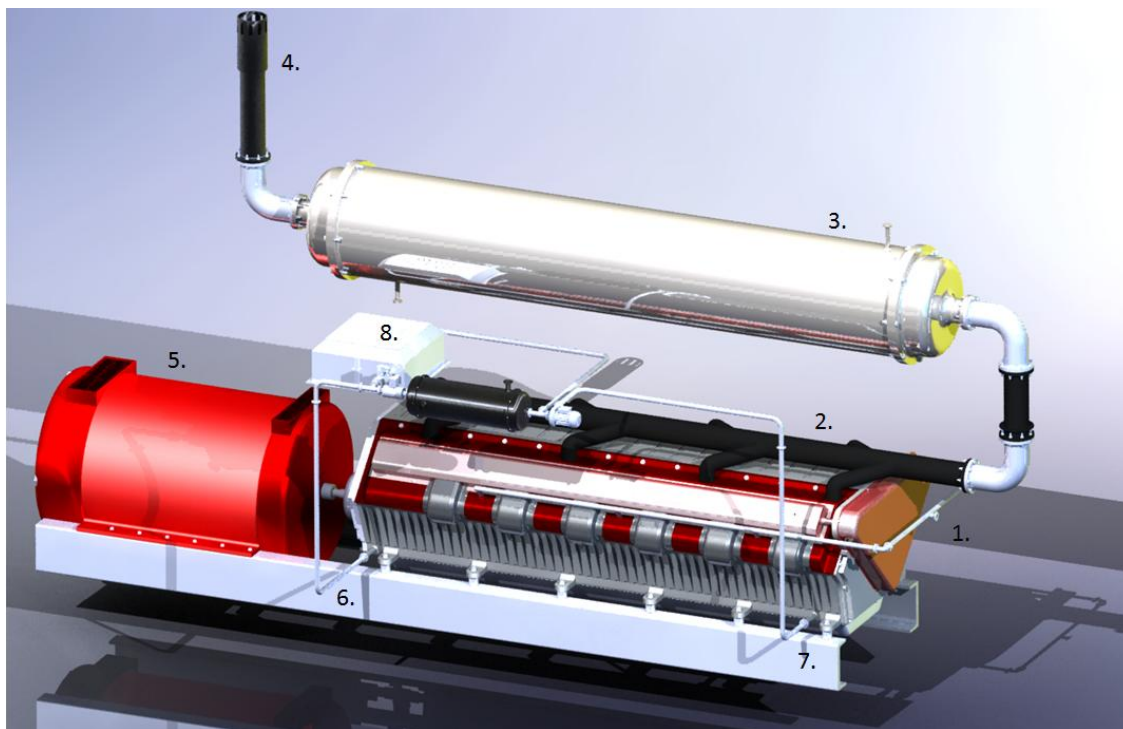
Iz rezervoara gas izlazi, prolazi kroz ventil, dospeva u posudu u kojoj se gasu dodaje određena količina vazduha i na taj način se pravi smeša koja će se sagoreti unutar gasnog motora tj tzv., CHP motora.

Motori za kogeneraciju obično se nalaze unutar kontejnera i nabavljaju se u setu sa generatorom za proizvodnju naizmenične električne struje i izmenjivačem toplote (za zagrevanje vode koja se može koristiti kao sanitarna voda ili za grejanje).



Slika 56. Izgled kontejnera unutar kog se nalazi motor za sagorevanje deponijskog gasa

Za ovo postrojenje će se koristiti motor **GE Jenbacher JGS616** sa 12 cilindara, 1500 o/mi, instalisane snage 2 MW, kao pogonsko gorivo se koristi zemni gas, veza sa mrežom je paralelana. Generator je sinhroni. Nivo buke je 80dB na jedan metar. Odlazna temperature je 90 °C a povratna 70 °C.

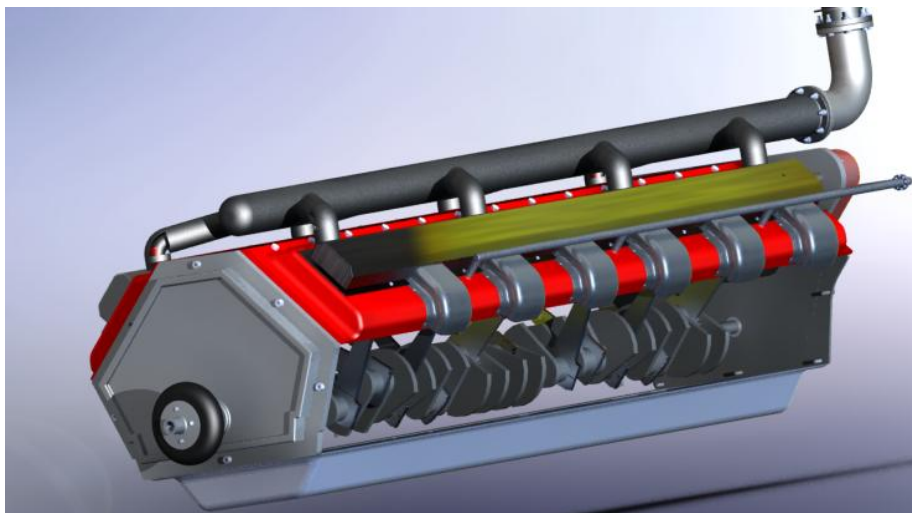


Slika 57. Set motora za kogeneraciju

Sastavni delovi motora za kogeneraciju su:

1. Dovod smeše
2. Izduvna grana
3. Cevasti izmenjivač
4. Auspuh
5. Generator naizmenične struje
6. Izlaz tečnosti za hlađenje
7. Ulaz rashladne tečnosti u blok motora
8. Rashladna jedinica

Motor je četvorotaktni. Unutar cilindra se nalaze klipovi sa karikama koje su preko klipnjača povezani sa kolenastim vratilom.



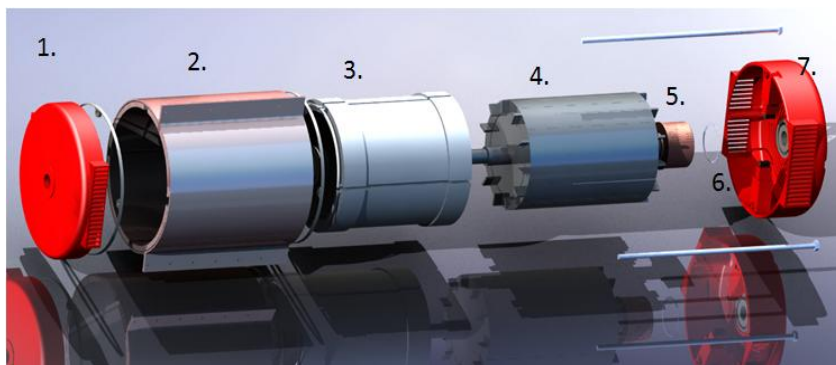
Slika 58. Izgled kolenastog vratila

Kada iz maksimalnog gornjeg položaja klip krene da se spušta, otvara se ventil za usis smeše. Klip sada u drugom taktu iz donjeg položaja kreće na više i sabija smešu. Svećica baca varnicu i dolazi do eksplozije smeše.



Slika 59. Svećica

Pod pritiskom klip kreće na niže i već u četvrtom taktu se pod dejstvom zamajca na kolenastom vratilu penje na više gurajući pred sobom izduvne gasova. Bregasta osovina silazi sa ventila za ispušt izduvnih gasova i gasovi tako prolaze u izduvnu granu. Usled pokretanja klipova dolazi do pokretanja kolenastog vratila odnosno njegovog rotiranja. Izlazna osovina vratila je preko elastične spojnice spregnuta sa generatorom naizmjenične struje.

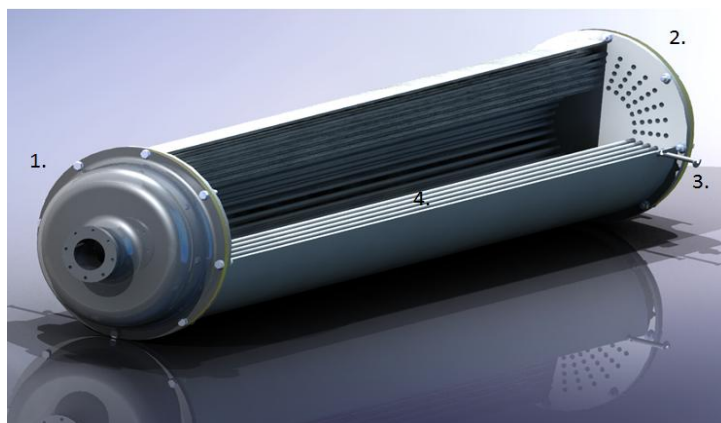


1. Dekli
2. Kućište statora
3. Stator
4. Rotor
5. Kolektor
6. Četkice
7. Zadnji dekli

Slika 60. Generator

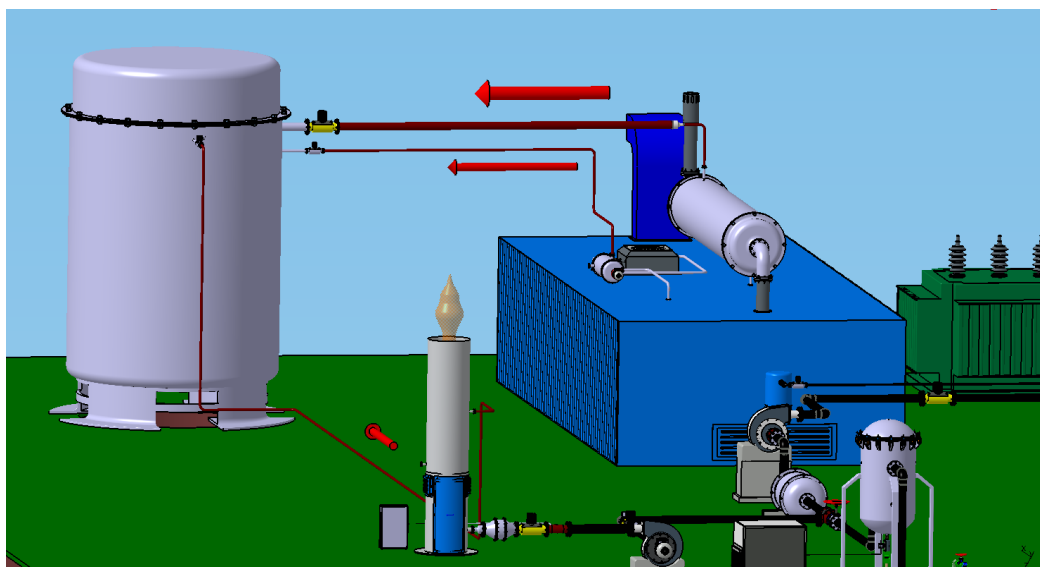
Usled rotiranja rotora unutar statora dolazi do stvaranja EMS i na četkicama koje klizaju po kolektoru stvara se napon. Taj se napon pomoću transformatora diže na napon napojne mreže.

Prilikom sagorevanja gasa u izduvnoj grani se stvaraju temperature do blizu 500 °C, ta temperatura je pogodna za proces izmene toplote unutar cevastog izmenjivača.



Slika 61. Cevasti izmenjivač

Vreo vazduh ulazi u izmenjivac na otvor (1) prolazi kroz cevi (4) koje su zapertlovane u perforirane ploče, hladna voda ulazi u izmenjivač na broju (3) prima toplotu i tako zagrejana napušta izmenjivač, odnosno uliva se u rezervoar tople vode, prohlađen vazduh izlazi na broju (2) i preko auspuha odlazi u atmosferu.

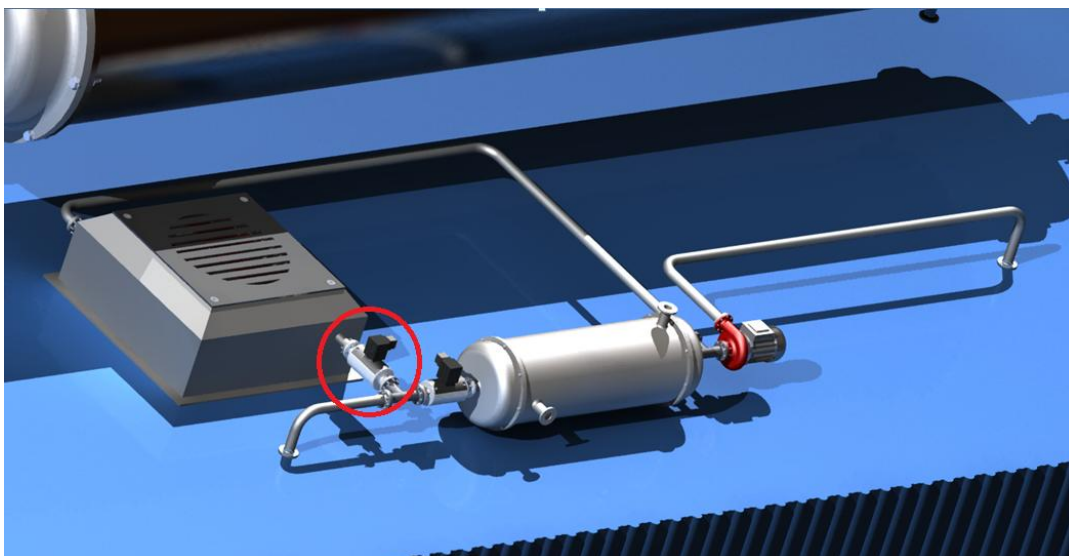


Slika 62. Topla voda napušta izmenjivač i odlazi u rezervoar.

Prilikom rada gasni motor proizvodi određenu količinu toplote. Da bi motor imao nesmetan rad tu toplotu je potrebno odvesti sa bloka motora putem rashladnog sistema rashladne tečnosti bloka motora.

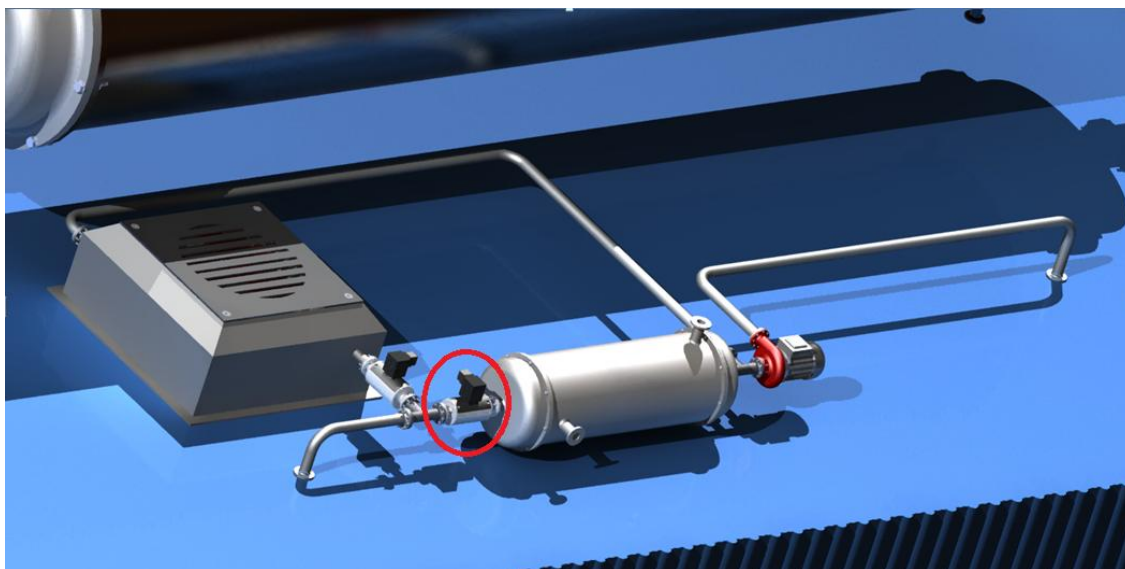
Cev koja izlazi iz bloka motora sprovodi zagrejanu vodu do manjeg cevastog izmenjivača. Tada je ventil na hladnjaku zatvoren i tečnost se usmerava kroz izmenjivač.

Zagrejana tečnost, koja ulazi u izmenjivač predaje toplotu vodi, i na taj način se rashlađuje, a voda zagreva. Zagrejana voda ide u rezervoar tople vode.



Slika 63. Jedinica za rashlađivanje tečnosti motora putem izmenjivača toplote

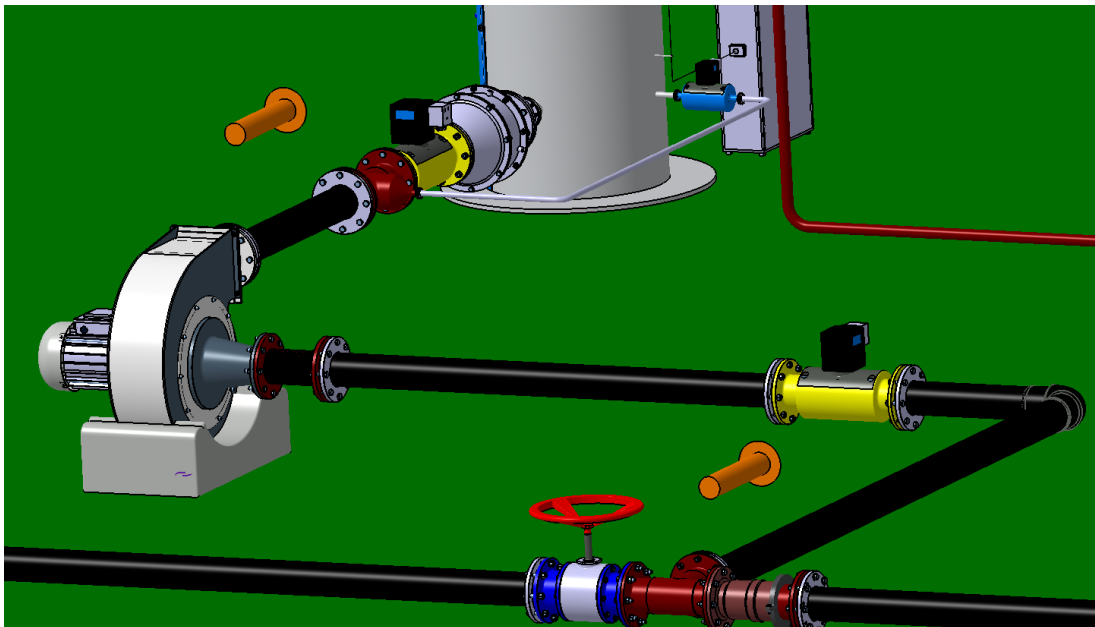
Kada termostat odreaguje, odnosno, kada nema dovoljne razmene temperature, tada se zatvara ventil ispred izmenjivača i tečnost se usmerava ka kuleru (hladnjaku). Tako rashlađena zaobilazi izmenjivač i odlazi direktno u blok motora.



Slika 64. Rashlađivanje rashladne tečnosti putem kulera (hladnjaka)

Višak gasa, koji ne može da se sagori u motoru odlazi preko T komada kod glavnog ventila, ka baklji.

Ukoliko postoji potreba da se izvrši remont na motoru ili na nekom elementu postrojenja, sav gas se usmerava ka baklji. Ispred baklje postoji ventilator koji omogućava cirkulaciju gasa ka njoj.



Slika 65. Strujanje gasa prema baklji

Na usisu ventilatora postavlja se elektroventil i on ima zadatak, da ukoliko se pojavi povećana eksplozivna smeša, spreči dovod gasa ka baklji u trenutku, kada se u baklji pojavi povratni plamen. Između baklje i ventilatora postoje još dva elementa. To su sigurnosni ventil i arestor.

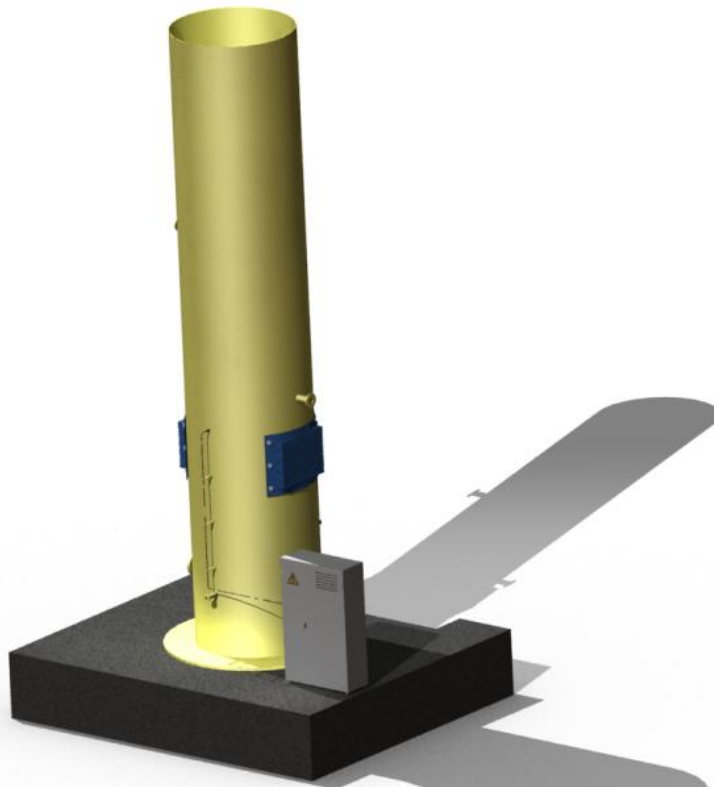


Slika 66. Arestor

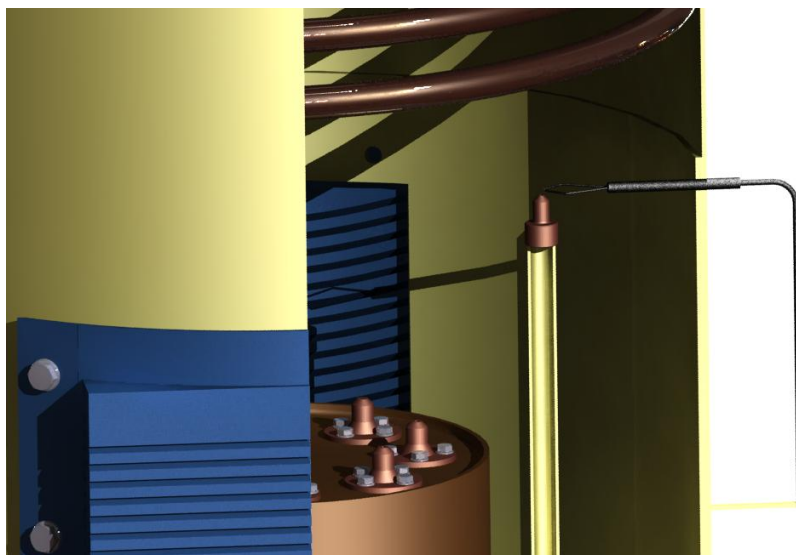
Arestor je takve konstrukcije, da u sebi sadrži jednu vrstu rešetke, koja ima veliku površinu, pa ako se javi povratni plamen, pri kontaktu sa njom, rešetka ga rasturi i zbog velike površine oduzme mu toplotu, tako da se plamen razlije po površini arestora i na taj način izgubi svoju toplotnu moć.

Ventil ispred arestora, ima dve uloge.

Prva da u slučaju otkaza arestora spreči dotok novog gasa do baklje, odnosno da sa druge strane spreči širenje plamena u sistem. Između ventilatora i elektro ventila postoji T komad, gde se na jednom kraju nalazi cev manjeg prečnika koja ulazi u baklju. Ona ima zadatak, da zapali plamen u baklji, tj treba da dovede manju količinu gasa i zapali ga, i na taj način se postepenim upuštanjem uvodi ostala količina gasa. Paljenje plamena se vrši pomoću bacača varnica.

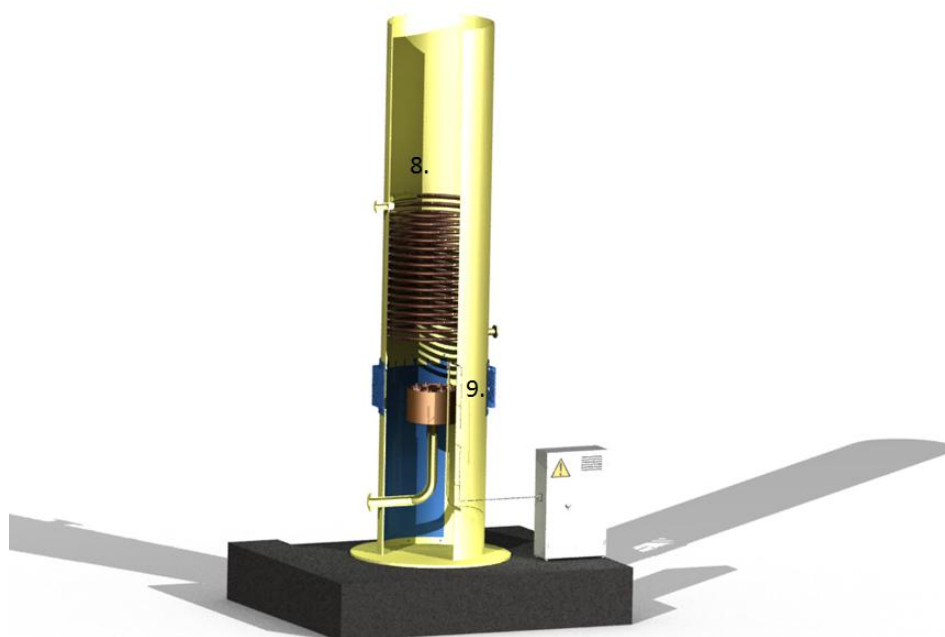


Slika 67. Izgled baklje za spaljivanje deponijskog gasa.



Slika 68. Izgled bacača varnce na male dizne

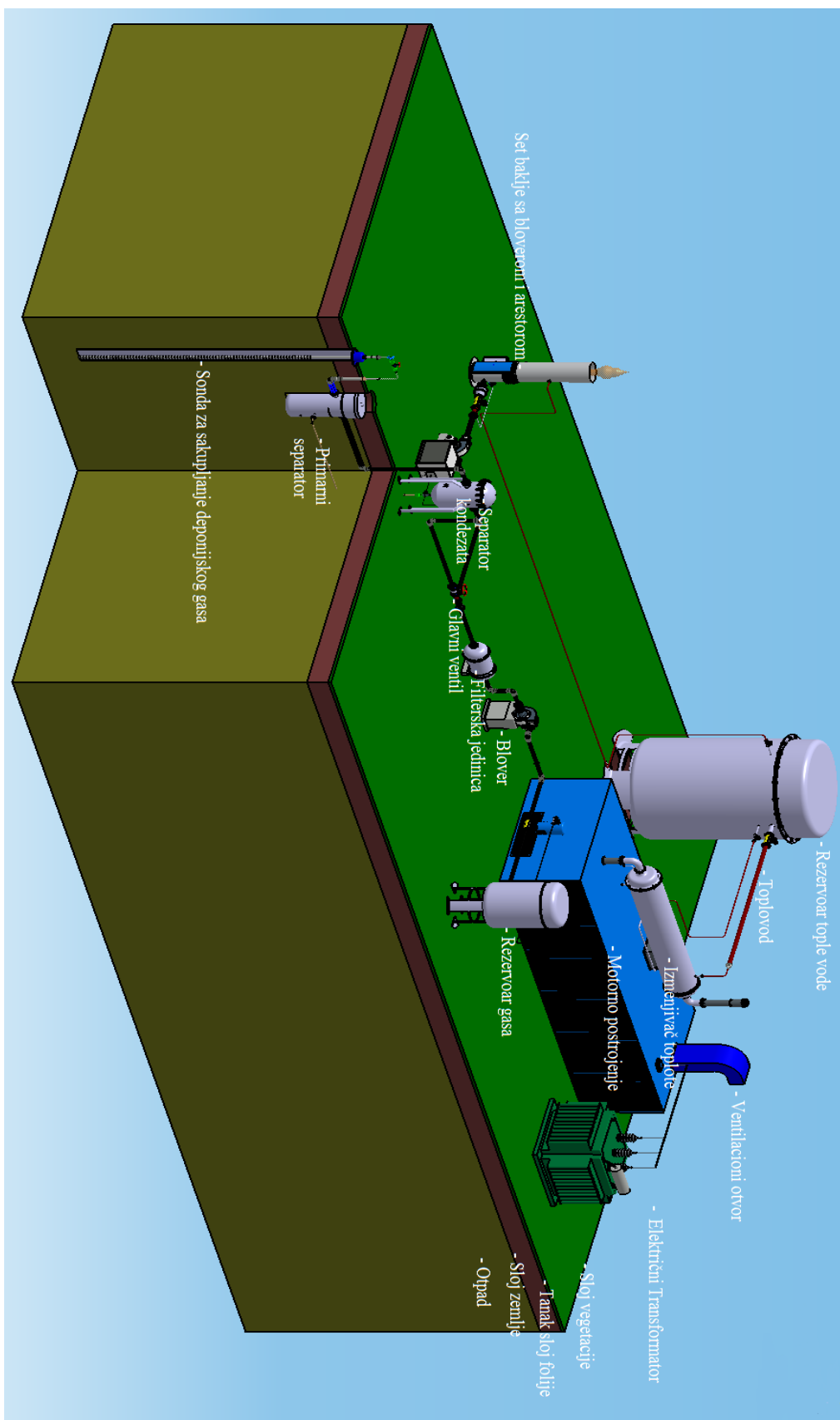
Pri procesu sagorevanja deponijskog gasa dolazi do oslobađanja određene količine temperature, koja se može predati izmenjivaču, koji u vidu spirale prolaze unutar baklje.



Slika 68. Cevasti izmenjivač toplote unutar baklje.

Zagrejana voda, koja izlazi iz izmenjivača baklje, odlazi na skladištenje u rezervoar tople vode.

**IZGLED KOMPLETNOG POSTROJENJA ZA
KOGENERACIJU**



9. FINANSIJSKA ANALIZA POSTROJENJA ZA KOGENERACIJU

Finansijska ocena proizvodnje i korišćenja biogasa, od odlučujućeg je značaja za svakog investitora, pa i društvo u celini. potrebno je da se razmotre investicije za izgradnju, kao i svi mogući troškovi i prihodi tokom rada biogas postrojenja. Pri izradi Studije ekonomske opravdanosti ulaganja primenjen je dinamičan pristup, koji je inače obavezan za izradu investicionih studija, ali uz niži nivo detaljnosti analize. Tačnije, izvršeno je prilagođavanje dinamičkog pristupa, i to prema sledećem:

1. Imajući u vidu planirane uslove korišćenja pozajmljenih izvora finansiranja, kao i vek trajanja predviđenih osnovnih sredstava, ekonski vek projekta je određen na period od (5) pet godina sa periodom izvođenja do kraja 2017. godine;
2. Valorizacija ulaznih i izlaznih veličina Projekta vršena je u po cenama važećim u maju mesecu 2012. godine, koje su tretirane kao stalne uz pretpostavku zatvorenog ciklusa;
3. Investicije u osnovna sredstva su planirane samo za period izvođenja, a njihova struktura je data do nivoa detalja obaveznih za predinvesticionu studiju;
4. Investicije u obrtna sredstva su računate na način koji se primenjuje kod izrade investicionih studija;
5. Izvori finansiranja se planiraju u periodu izvođenja;
6. Obaveze prema izvorima finansiranja su obračunate za sve godine u kojima se pojavljuju, obzirom na uslove korišćenja izvora, a po postupku koji se primenjuje od investicionih studija;
7. Materijalni i ostali troškovi, ukupan prihod i bilans uspeha planirani su po metodologiji za investicione studije i za svaku godinu veka projekta;
8. Izrađen je Ekonomski tok projekta na način za njegovu izradu kod investicionih studija i na njega primenjene dinamičke metode za tržišno-finansijsku ocenu (period povraćaja ulaganja, neto sadašnja vrednost projekta, interna stopa rentabilnosti);
9. Izrađena je statička i dinamička ocena Projekta u uslovima neizvesnosti-prag rentabiliteta i analiza osetljivosti, tačnije primenjena je metodologija za investicione studije.

9.1. Ukupna ulaganja u projekat

	Dinara	EUR	Učešća
Sopstvena sredstva	0	0	-
- Osnovna sredstva - nova ulaganja	0	0	-
- Obrtna sredstva	0	0	-
Kredit	89.900.000	781.739	100,00
- Osnovna sredstva - nova ulaganja	85.075.000	739.783	94,63
- Obrtna sredstva	4.825.000	41.957	5,37
Ukupno:	89.900.000	781.739	100,00

9.1.1. Struktura ulaganja u opremu

Mreža cevi za transport gasa: -Cevi za transprt.gasa od 2 4 i 6 cola -Kolena i račva -Ventili -Sonde za izvlačenje gasa	5.175.000,00
Jedinica za proizvodnju električne struje: - Set motora za kogeneraciju sa generatorom - Transformator električne struje - Komponente za priključak na mrežu	37.375.000,00
Sistem pumpi-centrifugalnih ventilatora i baklja za spaljivanje viška gasa sa pratećom opremom	25.875.000,00
Priprema deponije za postavljanje sistema za kogeneraciju	13.800.000,00
UKUPNO	82.225.000,00

9.2.1. Ukupna struktura ulaganja u projekat

Red. br.	STRUKTURA	Nabavna Vrednost
I	NOVA ULAGANJA	89.900.000
1.	Zemljište	0
2.	Građevinski objekti	2.850.000
3.	Oprema	82.225.000
4.	Obrtna sredstva	4.825.000
II	POSTOJEĆA ULAGANJA	0
1.	Građevinski objekti	0
2.	Oprema	0
III	UKUPNO (I +II)	89.900.000

9.2. Iznos projektovane amortizacije

IZNOS AMORTIZACIJE											
Red. br.	STRUKTURA	Nabavna vrednost	Stopa amor	Sadašnja vrednost	<u>I</u> Godina	<u>II</u> godina	<u>III</u> Godina	<u>IV</u> godina	<u>V</u> godina	Ispravka vrednosti	Sadašnja vred.projekta
I	NOVA ULAGANJA	85.075.000		85.075.000	11.885.613	11.885.613	11.885.613	11.885.613	11.885.613	59.428.063	25.646.938
1.	Zemljište	0		0							0
2.	Građevinski objekti	2.850.000	5	2.850.000	135.660	135.660	135.660	135.660	135.660	678.300	2.171.700
3.	Oprema	82.225.000	14	82.225.000	11.749.953	11.749.953	11.749.953	11.749.953	11.749.953	58.749.763	23.475.238
4.	Transportna sredstva	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0
5.		0	13	0	0	0	0	0	0	0	0
6.		0	13	0	0	0	0	0	0	0	0
II	POSTOJEĆA ULAGANJA	0		0	0	0	0	0	0	0	0
1.	Građevinski objekti	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2.	Oprema	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0
3.	Transportna sredstva	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0
4.			0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.			20	0	0	0	0	0	0	0	0
III	UKUPNO (I +II)	85.075.000		85.075.000	11.885.613	11.885.613	11.885.613	11.885.613	11.885.613	59.428.063	25.646.938

9.3. Izvori finansiranja

STRUKTURA SREDSTAVA	Dinara	EUR	% učešća
Sopstvena sredstva investitora	0	0	-
Za osnovna sredstva	0	0	-
Za obrtna ulaganja	0	0	-
Kreditna sredstva	89.900.000	781.739	100,00
Za osnovna sredstva	85.075.000	739.783	94,63
Za obrtna ulaganja	4.825.000	41.957	5,37
UKUPNO:	89.900.000	781.739	100,00

9.4. Potrebne sirovine za proizvodnju (m3)

R.b.	Opis	J. mere	Godine/ količina usluga					Cena
			2013	2014	2015	2016	2017	
1.	Metan gas	m3	61.028,29	61.028,29	61.028,29	61.028,29	61.028,29	0 din
	Svega:		61.028,29	61.028,29	61.028,29	61.028,29	61.028,29	

9.4.1. Cene sirovina

Red.br.	Opis	J. mere	Dinara			
			I	II	III	IV-VI
1.1.	Metan gas	Din /m3	0	0	0	0
	Svega:	m3	0	0	0	0

9.3. Poslovni rashodi

U dinarima

POSLOVNI RASHODI		2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
1	Nabavna vrednost prodate robe	0	0	0	0	0
2	Troškovi ostalog materijala	0	0	0	0	0
3	Troškovi zarada radnika	9.684.880	9.684.880	9.684.880	9.684.880	9.684.880
4	Troškovi amortizacije	11.885.613	11.885.613	11.885.613	11.885.613	11.885.613
5	Ostali poslovni rashodi	18.975.000	18.975.000	18.975.000	18.975.000	18.975.000
UKUPNO		40.545.493	40.545.493	40.545.493	40.545.493	40.545.493

9.3.1. Struktura ostalih poslovnih rashoda

U dinarima

PROJEKTOVANI TROŠKOVI	Godina				
	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
Nabavna vredn. prodate robe	-	-	-	-	-
Troškovi materijala	7.286.156	7.286.156	7.286.156	7.286.156	7.286.156
Materijal za izradu	-	-	-	-	-
Troškovi ostalog materijala	3.375.156	3.375.156	3.375.156	3.375.156	3.375.156
Troškovi goriva i energije	3.911.000	3.911.000	3.911.000	3.911.000	3.911.000
Troškovi proizvodnih usluga	7.495.000	7.495.000	7.495.000	7.495.000	7.495.000
Troškovi osiguranja	2.310.000	2.310.000	2.310.000	2.310.000	2.310.000
Troškovi održavanja	1.650.000	1.650.000	1.650.000	1.650.000	1.650.000
Projektovanje, analize i ostalo	1.035.000	1.035.000	1.035.000	1.035.000	1.035.000

Troškovi ostalih usluga	2.500.000	2.500.000	2.500.000	2.500.000	2.500.000
Nematerijalni troškovi	4.193.844	4.193.844	4.193.844	4.193.844	4.193.844
Troškovi neproizvodnih usluga	620.000	620.000	620.000	620.000	620.000
Troškovi reprezentacije	-	-	-	-	-
Troškovi premije osiguranja	1.265.000	1.265.000	1.265.000	1.265.000	1.265.000
Troškovi platnog prometa	613.334	613.334	613.334	613.334	613.334
Troškovi članarina	-	-	-	-	-
Porez na imov. i nakn.grad. zem.	8.550	8.550	8.550	8.550	8.550
Doprinosi na teret poslodavca	1.686.960	1.686.960	1.686.960	1.686.960	1.686.960
UKUPNO	18.975.000	18.975.000	18.975.000	18.975.000	18.975.000

9.4. Struktura prihoda

	CENE	VREDNOST				
	U din.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
Električna energija	7,7	61.333.428 dinara	61.333.428 dinara	61.333.428 dinara	61.333.428 dinara	61.333.428 dinara

9.4.1. Proizvodnja po jedinici mere

Red. br.	Vrsta proizvoda	Jed.mere	Količine				
			2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
1.							
1.1.	Električna energija	kwh	9.154.243	9.154.243	9.154.243	9.154.243	9.154.243
	UKUPNO		9.154.243	9.154.243	9.154.243	9.154.243	9.154.243

9.5. Procena projektovanog bilansa uspeha

Projekcijom bilansa uspeha za projekat, koji je urađen za period od narednih 5 godina od dana implementacije projekta dolazimo do sledećih zaključaka i ocena:

Red. br.	E L E M E N T I	G o d i n e e k o n o m s k o g v e k a p r o j e k t a				
		2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
1	2	3	4	5	6	7
	POSLOVNI PRIHODI I RASHODI					
I	POSLOVNI PRIHODI	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428
1.	Prihodi od prodaje	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428
	Domaće tržište	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428
	Izvoz					
II	POSLOVNI RASHODI	40.545.493	40.545.493	40.545.493	40.545.493	40.545.493
1.	Nabavna vrednost prodate robe	0	0	0	0	0
2.	Troškovi ostalog materijala	0	0	0	0	0
3.	Troškovi zarada radnika	9.684.880	9.684.880	9.684.880	9.684.880	9.684.880
4.	Troškovi amortizacije	11.885.613	11.885.613	11.885.613	11.885.613	11.885.613
5.	Ostali poslovni rashodi	18.975.000	18.975.000	18.975.000	18.975.000	18.975.000
III	POSLOV. DOBIT/GUBITAK	20.787.935	20.787.935	20.787.935	20.787.935	20.787.935
IV	FINANSIJSKI PRIHODI					
V	FINANSIJSKI RASHODI	0	2.441.807	1.777.812	1.093.896	389.463
-	Rashodi kamata	0	2.441.807	1.777.812	1.093.896	389.463
VI	OSTALI PRIHODI					
VII	OSTALI RASHODI					
B	DOBIT PRE OPOREZIVANJA	20.787.935	18.346.128	19.010.124	19.694.039	20.398.472
	Porez na dobit	2.078.794	1.834.613	1.901.012	1.969.404	2.039.847
C	NETO REZULTAT	18.709.142	16.511.515	17.109.111	17.724.635	18.358.625
	Ukupan prihod	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428
	Ukupni rashodi	40.545.493	42.987.300	42.323.304	41.639.389	40.934.956
	Stopa neto profita u %	30,50	26,92	27,90	28,90	29,93

9.6. Projekcija finansijskog i ekonomskog toka novčanih sredstava

Finansijski tok pokazuje stanje svih finansijskih transakcija, pa samim tim pruža uvid u finansijski potencijal Projekta, a na osnovu pretpostavki koje su korišćene u analizi.

Red. br.	E L E M E N T I	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	<u>UKUPNO</u>
I	P R I L I V	151.233.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428	84.968.993	420.202.706
1 .	Ukupan prihod	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428	306.667.141
1.1.	- izvoz	0	0	0	0	0	0
1.2.	- domace tržište	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428	306.667.141
2 .	Izvori finansiranja	89.900.000	0	0	0	0	89.900.000
2.1.	- sopstvena sredstva	0					0
2.2.	- kreditna sredstva	89.900.000					89.900.000
3 .	Ostatak vrednosti projekta	0	0	0	0	23.635.565	23.635.565
3.1.	- osnovna sredstva					0	0
3.2.	- obrtna sredstva						0
II	O D L I V	120.638.674	55.069.488	55.135.887	55.204.279	55.274.722	341.323.049
1 .	Investicije	89.900.000					89.900.000
	- osnovna sredstva	85.075.000					85.075.000
	- obrtna sredstva	4.825.000					4.825.000
2 .	Trošk.poslov.bez amortizacije	18.975.000	18.975.000	18.975.000	18.975.000	18.975.000	94.875.001
3 .	Bruto plate	9.684.880	9.684.880	9.684.880	9.684.880	9.684.880	
4 .	Porez na dobit	2.078.794	1.834.613	1.901.012	1.969.404	2.039.847	9.823.670
5 .	Obaveze prema izvorima fin.	0	24.574.995	24.574.995	24.574.995	24.574.995	98.299.978
5.1.	-otplata		22.133.187	22.797.183	23.481.098	24.185.531	92.597.000
5.2.	- kamata	0	2.441.807	1.777.812	1.093.896	389.463	5.702.978
III	NETO PRILIV	30.594.754	6.263.940	6.197.541	6.129.149	29.694.271	78.879.656

9.7. Ekonomski tok

Ekonomski tok Projekta sačinjen je u skladu sa zahtevom da sadrži sve podatke o poslovnim događajima koji utiču na ekonomski potencijal Projekta.

Prilikom njegove izrade iz Finansijskog toka su isključene stavke koje ne stvaraju materijalni osnov projekta:

- izvori finansiranja
- obaveze prema izvorima finansiranja
- Neto prilivi Ekonomskog toka Projekta pokazuju da se ekonomski potencijal konstantno i u kontinuitetu uvećava. Projekat omogućava proširenje sopstvene materijalne osnove.

. br.	O p i s	<u>I</u> <u>godina</u>	<u>II</u> <u>godina</u>	<u>III</u> <u>godina</u>	<u>IV</u> <u>godina</u>	<u>V</u> <u>Godina</u>
I	P R I L I V	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428
1.	Ukupan prihod	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428
2.	Ostatak vrednosti projekta	0	0	0	0	
II	O D L I V	120.638.674	30.494.493	30.560.893	30.629.284	30.699.727
1.	Investicije	89.900.000	0	0	0	0
2.	Trošk.poslov.bez amortiz.	18.975.000	18.975.000	18.975.000	18.975.000	18.975.000
3.	Bruto plate	9.684.880	9.684.880	9.684.880	9.684.880	9.684.880
4.	Porez na dobit	2.078.794	1.834.613	1.901.012	1.969.404	2.039.847
III	NETO PRILIV	-59.305.246	30.838.935	30.772.535	30.704.144	30.633.701
	Diskontna stopa	10%				
	Diskontni faktor	0,909091	0,826446	0,751315	0,683013	0,620921
	Sadašnja vrednost	-53.913.860	25.486.723	23.119.861	20.971.343	19.021.118

	Interna stopa IRR	37,26%				
	Diskontni faktor	1,000000	0,728550	0,530785	0,386704	0,281733
	Sadašnja vrednost	-59.305.246	22.467.709	16.333.608	11.873.405	8.630.524
	Suma SV		0			

Na osnovu podataka iz Ekonomskog toka, utvrđeni su pokazatelji efikasnosti i rentabilnosti programa.

9.8. Ocena efikasnosti projekta

9.8.1. Statička ocena projekta

	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
AKUMULATIVNOST PRJ.	29,66	29,12	31,58	34,40	29,66
Akumulativnost prihoda	33,89	29,91	30,99	32,11	33,89
EKONOMIČNOST PROJ.	51,27	42,68	44,92	47,30	51,27
Racio prinosa na ukup. Imovinu	18,14	16,93	18,63	20,59	20,14
Stopa prinosa na sredstva	8,28	8,23	9,04	9,96	8,18
<u>AKUMULATIVNOST</u>					
A1(1-prosek)	<u>N D</u>	<u>22.103.257</u>	<u>0,25</u>		
	UU	89.900.000			
A2(2-puna 2014. g.)	<u>N D/09.</u>	<u>17.724.635</u>	<u>0,20</u>		
	UU	89.900.000			
<u>EKONOMIČNOST</u>					
E1(1-prosek)	<u>UP</u>	<u>76.666.785</u>	<u>1,47</u>		

	UR	52.107.610		
E2(2-puna 2014. g.)	<u>UP/09.</u>	<u>61.333.428</u>	<u>1,47</u>	
	UR/09.	41.639.389		
<u>PRODUKTIVNOST</u>				
P1(1-prosek)	<u>UP</u>	<u>76.666.785</u>	<u>15.333.357</u>	dinara/Rad.
	BR	5		
P2(2-puna 2014. g.)	<u>UP/09.</u>	<u>61.333.428</u>	<u>12.266.686</u>	dinara/Rad.
	BR/09.	5		
<u>RENTABILNOST(%)</u>				
R1(1-prosek)	<u>UP</u>	<u>76.666.785</u>	<u>85,28</u>	
	UU	89.900.000		
(2-puna 2014. g.)	<u>UP/09.</u>	<u>61.333.428</u>	<u>68,22</u>	
	UU	89.900.000		

9.8.2. Dinamička ocena projekta

Dinamička ocena projekta, kao i vreme povraćaja ulaganja rađeni su primenom sledećih metoda:

- Metoda povraćaja investicionih ulaganja
- Metoda sadašnje vrednosti projekta i
- Metoda interne stope rentabilnosti

9.9. Period povratka investicionih ulaganja

R.br.	Godine veka projekta	Neto priliv ek.toka	Kumulativ neto priliva	Period povraćaja ulaganja	
				Godine	Meseci
<u>1.</u>	<u>I</u>	-59.305.246	-59.305.246	1	
<u>2.</u>	<u>II</u>	30.838.935	-28.466.311	1	
<u>3.</u>	<u>III</u>	30.772.535	2.306.225		11
<u>4.</u>	<u>IV</u>	30.704.144	33.010.369		
<u>5.</u>	<u>V</u>	30.633.701	63.644.069		
<u>6.</u>					
SUMA				2	11

Period povraćaja investicionih ulaganja $T_p = 2$ godine i 11 meseci, kraći je od ekonomskog veka Projekta $T_n = 5$ godina, pa je ocena Projekta sa stanovišta ovog kriterijuma zadovoljavajuća. Kriterijum za ocenu: $T_p < T_n$
Projekat zadovoljava. Mera zadovoljenja kriterijuma je srednja.

b) Neto sadašnja vrednost projekta (S_o)

Apsolutni učinak na materijalni osnov Projekta, neto sadašnja vrednost Projekta, iznosi:

9.10. Neto sadašnja vrednost projekta

R.br.	Godine veka projekta	Neto priliv ekonomskog toka	Sadašnja vrednost
1	I	-59.305.246	-53.913.860
2	II	30.838.935	25.486.723
3	III	30.772.535	23.119.861
4	IV	30.704.144	20.971.343
5	V	30.633.701	19.021.118
6	VI	-	-
S U M A		63.644.069	34.685.186
Neto sadašnja vrednost SV=		34.685.186,00 dinara	dinara SV > 0
RNSV	=0,39		

Utvrđena je kao suma diskontovanih neto primitaka iz Ekonomskog toka projekta uz individualnu diskontnu stopu za valorizaciju vremenskih preferencija u iznosu od 10,0%. Ova diskontna stopa utvrđena je kao ciljna stopa kapitalizacije i jednaka je ponderisanoj ceni ukupnih potrebnih sredstava (sopstvenih i pozajmljenih) za realizaciju Projekta, pri čemu su i sopstvena sredstva vrednovana sa 10,0%. Kako metod neto sadašnje vrednosti meri apsolutni učinak na materijalni osnov Projekta ne ukazujući na veličinu potrebnih investicija za njegovo ostvarenje, utvrđen je i pokazatelj relativne neto sadašnje vrednosti (RSo).

Ovaj pokazatelj utvrđen je kao odnos između neto sadašnje vrednosti Projekta i sadašnje vrednosti investicionih troškova uz diskontnu stopu od 10,0% i iznosi:

$RSo = 0,39$ To praktično znači da na svaku jedinicu ulaganja Projekat obezbeđuje 0,39 jedinica za reinvestiranje.

Polazeći od *kriterijuma* da vrednost ovih pokazatelja mora biti pozitivna ili jednaka 0, odnosno:

$$So > 0$$

$$I Rso > 0$$

Projekat je sa stanovišta neto i relativne neto sadašnje vrednosti prihvatljiv. Mera zadovoljenja kriterijuma je visoka.

9.11. Interna stopa rentabilnosti (IRR)

Diskontna stopa za koju je neto sadašnja vrednost Projekta jednaka 0, interna stopa rentabilnosti Projekta (IRR), iznosi:

* Metoda interne stope rentabilnosti

$$\text{IRR} = 37,26\%$$

Ova stopa zadovoljava kriterijum koji je u ovom slučaju

$$\text{IRR} > 10,00\%$$

pa je i sa stanovišta interne stope rentabilnosti, kao eliminacionog kriterijuma opravdanosti investicija, ovaj Projekat prihvatljiv.

Projekat ima zadovoljavajuće, visoke vrednosti svih pokazatelja za ocenu opravdanosti investiranja.

9.12. Ocena u uslovima neizvesnosti

Ocena rađena u minimalno prihvatljivom obimu usluga i minimalno prihvatljivim cenama pod kojim je Projekat granično prihvatljiv, jer podmiruje sve svoje obaveze, a da se ne ode u gubitak.

9.12.1. Cena koštanja

Red.		UKUPNA CENA KOŠTANJA				
br.	ELEMENTI	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
I	Nabavna vr.prodate robe	0	0	0	0	0
II	Osnovna sirovina	0	0	0	0	0
III	Troškovi rada	40.545.493	40.545.493	40.545.493	40.545.493	40.545.493
1.	Materijalni troškovi	14.781.156	14.781.156	14.781.156	14.781.156	14.781.156
2.	Nematerijalni troškovi	4.193.844	4.193.844	4.193.844	4.193.844	4.193.844
3.	Amortizacija	11.885.613	11.885.613	11.885.613	11.885.613	11.885.613
4.	Bruto zarade	9.684.880	9.684.880	9.684.880	9.684.880	9.684.880

IV	Troškovi finansiranja	0	2.441.807	1.777.812	1.093.896	389.463
1.	Kam nakredite za osn. i obrt. sr.		2.441.807	1.777.812	1.093.896	389.463
	UKUPNO :	40.545.493	42.987.300	42.323.304	41.639.389	40.934.956

9.12.2. Cena koštanja proizvoda po jednoj godini

1.1. Cena koštanja proizvoda			2016.godina	
Stalni izdaci (Si)			25.938.179	
• Amortizacija			11.885.613	
• Kamate			1.093.896	
• Bruto zarade			9.378.160	
• Ostali nematerijalni troškovi			2.315.510	
• Troškovi osiguranja			1.265.000	
Promenljivi izdaci (Pi)			15.701.210	
• Materijalni troškovi			14.781.156	
• Troškovi platnog prometa			613.334	
• Troškovi dnevnica			306.720	
Planiran obim proizvodnje (G) u KW			9.154.243	
Planirani prihod dinara			61.333.428	
Jedinicna prodajna cena dinara (J) KW			6,70	
			Minimum	Dozvoljen pav
Minimalno prihvatljiva cena(za 1 KW)	5,28		78,76 %	21,24 %
Minimalno prihvatljiv obim(KW)	5.823.789		63,62%	36,38%

9.12.3. Prag rentabiliteta

Plan upravljanja rizikom					
-Donja tačka rentabilnosti (rizik od pada obima proizvodnje - realizacije)					
	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
Poslovni prihodi- projekt.	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428	61.333.428
Promenljivi izdaci (Pi)	14.781.156	14.781.156	14.781.156	14.781.156	14.781.156
Nabavna vrednost prodate robe	0	0	0	0	0
Osnovna sirovina	0	0	0	0	0
Troškovi ostalog materijala	3.375.156	3.375.156	3.375.156	3.375.156	3.375.156
Energija i fluidi	3.911.000	3.911.000	3.911.000	3.911.000	3.911.000
Troškovi proizvodnih usluga	7.495.000	7.495.000	7.495.000	7.495.000	7.495.000
Stalni izdaci (Si)	25.764.337	28.206.144	27.542.148	26.858.233	25.764.337
Nematerijalni troškovi	4.193.844	4.193.844	4.193.844	4.193.844	4.193.844
Bruto zarade	9.684.880	9.684.880	9.684.880	9.684.880	9.684.880
Amortizacija	11.885.613	11.885.613	11.885.613	11.885.613	11.885.613
Kam na kredite	0	2.441.807	1.777.812	1.093.896	0
Marginalna dobit	46.552.272	46.552.272	46.552.272	46.552.272	46.552.272
Prelomna tačka rentabilnosti - vrednosno	33.944.962	37.162.085	36.287.259	35.386.189	33.944.962
Stepen sigurnosti (%)	34,7	39,4	40,8	42,3	44,7

10. ZAKLJUČAK

Korišćenjem deponijskog gasa koji se generiše pri razlaganju organske frakcije čvrstog otpada odloženog na deponijama, odnosno njegovim tretmanom, kao proizvod može se dobiti toplotna i električna energija.

Električna energija, dobijena tretmanom deponijskog gasa, jednim delom bi se koristila za potrebe samog postrojenja, a drugim većim delom za prodaju elektrodistribuciji, po već unapred definisanoj ceni.

Toplotna energija nastala u procesu kogeneracije, može se koristiti, zimi, za zagrevanje poslovnih i stambenih objekata, plastenika, a tokom cele godine, za zagrevanje sanitarne vode okolnih domaćinstava, koja se nalaze u neposrednoj blizini deponije. Toplotna energija se može iskoristiti i za dogrevanje digistora, čime bi potpomogli brže razlaganje biomase u digistorima, gde bi kao proizvod tog procesa dobio biogas. Tretmanom ovog bigasa dobili bi, kao proizvod neki od navedenih oblika energije.

Kragujevac i okolina, kao i većina gradova i opština u Srbiji, imaju veliki problem sa odlaganjem čvrstog otpada. Komunalni i komercijalni otpad se odlaže na deponiju Jovanovac, u procenjenim količinama od 45-50.000 tona godišnje. Sama deponija Jovanovac, ima karakteristike koje nisu u potpunosti usklađene sa zahtevima uređene deponije. I kao što je u radu navedeno, ovakav oblik deponije predstavlja potencijalnu ekološku bombu po grad i okolinu. Otuda, strogo gledano očima ekologa, ovakvu deponiju, trebalo bi što pre zatvoriti, sanirati i rekultivisati, iz prostog razloga što deponovani otpad na njoj generiše velike količine zapaljivog i toksičnog gasa.

Međutim, kada se na ovaj problem pogleda sa tehničke strane, deponijski gas je energetske veoma zanimljiv, jer bi se njegovim procesiranjem mogle dobiti velika količina toplotne i električne energije.

Otuda, u ovom radu je prikazano idejno rešenje postrojenja za kogeneraciju energije dobijene iz postrojenja za otplinjavanje deponije i tretman deponijskog gasa. Tehničkom i ekonomskom analizom ovog idejnog rešenja došlo se značajnih podataka. S ekološke tačke gledišta, proces kogeneracije smanjio bi emisiju metana i ugljen-dioksida u atmosferu, u ekvivalentnoj količini, koju zapleni približno 420 000 ari borove i jelove šume u toku godine. Ovakvim tretiranjem deponijskog gasa, smanjila bi se emisija gasova staklene bašte, kao kada bi se sa ulica u toku godine sklonilo 8 500 automobla. Dobijena električna energija iz procesa

kogeneracije zadovoljila bi godišnje potrebe za električnom energijom približno 1 300 domaćinstava.

Detaljna tehno-ekonomska analiza i sagledavanje investicionih troškova postrojenja za tretman i kogeneraciju deponijskog gasa, ukazuje da bi se za rešenje jednog od gorućih problema grada Kragujevca, trebalo uložiti dosta novca. Investicija za izgradnju ovog postrojenja je na nivou od oko 1 000 000 eura. Ekonomskom analizom, koja je predstavljena u radu, došlo se do zaključka, da je projekat suštinski isplativ. Period otplate investicija bio bi 5 godina. Otplate bi se vršila prodajom električne energije distribuciji, po definisanoj tarifi. Period otplate investicija bio bi kraći da je država Srbija definisala cenu toplotne energije dobijene u procesu kogeneracije. Iz tog razloga, toplotna energija dobijena u ovom postrojenju, malim delom bi se koristila za potrebe postrojenja, dok bi u odnosu na toplotni kapacitet postrojenja, veliki deo toplotne energije ostao neiskorišćen.

Pored brojnih korisnih podataka, sveobuhvatnom analizom i rešavanjem postavljenog problema, došlo se i do određenih propusta i nedostataka na sistemskom nivou, čijim otklanjanjem bi se proces kogeneracije učinio ekonomičnijim. Tu se pre svega misli na razmotranje mogućnost da u dogledno vreme, država definiše podsticajne tarife, po kojoj bi se otkupljivala toplotnu energiju dobijenu u procesu kogeneracije. Sa druge strane, to bi uticalo da se potencijalni interni dogovor o direktnoj prodaji toplotne energije, sa okolnim domaćinstvima, realizuje po realnoj i održivoj ceni. Na ovaj način bi se stvorili uslovi da postrojenje za tretman deponijskog gasa ima realne koristi od prodaje toplotne energije dobijene u procesu kogeneracije.

Na samom kraju, koristim priliku da istaknem da se nadam da će ovaj rad drugima, kao i meni, proširiti vidike i podići nivo svesti, kada je reč o problemima stvaranja čvrstog otpada, održivom upravljanju njegovim tokovima i korišćenju alternativnih izvora energije.

LITERATURA

- [1] Turning a Liability into an Asset: A Landfill Gas-to-Energy Project Development Handbook. U.S. Environmental Protection Agency, September 1996
- [2] Mark C. Messics, P.E: U.S. DOE National Energy Technology Laboratory Natural Gas/Renewable Energy Hybrids Workshop, August 7, 2001.
- [3] International Solid Waste Association Working Group for Sanitary Landfills: Field Procedures Handbook for the Operation of Landfill Biogas Systems, winter 2005
- [4] Jeffrey L. Pierce, P.E.: Desining a landfill gas to energy project, Salt Lake City, UtahSalt Utah, 2005.
- [5] Dieter Deublein and Angelika Steinhauser: Biogas from Waste and Renewable Resources.
- [6] Nebojša Jovičić: Studija: Istraživanje energetskeg potencijala komunalnih deponija za izgradnju kogeneracionih postrojenja, Kragujevac 2012.
- [7] Republika Srbija , AP Vojvodina , Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine: Studija o proceni ukupnih potencijala i mogućnostima proizvodnje i korišćenja biogasa na teritoriji AP Vojvodina, Novi Sad, maja 2011.
- [8] Uredba o merama podsticanja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije.
- [9]<http://www.biogas.rs>, Izveštaj o postavljanju kogeneracionog postrojenja u mlekari „Lazar“, Blace, pristupljeno 01.06.2012 godine.
- [10]<http://www.kogeneracija.rs>, cenovnik po kome se obračunava „fid-in“ tarifa, pristupljeno 20.06.2012. godine.