

PROIZVODNJA BIOPLINA IZ SIRKA

Bokun, Dominik

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:794599>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Dominik Bokun

Preddiplomski studij smjera Agroekonomika

PROIZVODNJA BIOPLINA IZ SIRKA

Završni rad

Osijek, 2014

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Dominik Bokun

Preddiplomski studij smjera Agroekonomika

PROIZVODNJA BIOPLINA IZ SIRKA

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. Prof. Dr. Sc. Željko Bukvić, predsjednik
2. Prof. Dr. Sc. Davor Kralik, mentor
3. Prof. Dr. Sc. Krunoslav Zmajić, član
4. Doc. Dr. Sc. Ranko Gantner, zamjenski član
5. Zapisničar: Mario Ronta dipl.ing.

Osijek,2014

Sadržaj:

1. Uvod	4
2. Materijal i metode	5
2.1. Kratki tehnički opis bioplinskog postrojenja.....	5
2.2. Sastavni djelovi bioplinskog postrojenja.....	7
2.3. Tok tekućih supstrata (sirovina).....	7
2.4. Tok bioplina.....	7
2.5. Iskorištenje energije.....	8
3. Tehnički opis sastavnih dijelova bioplinskog postrojenja.....	8
3.1. Skladište za silažu.....	8
3.2. Dozirna jama.....	9
3.3. Tehnološki kontejner s opremom (pumpno postrojenje).....	9
3.4. Fermentor.....	10
3.5. Separacija fermentirane sirovine.....	11
3.6. Kogeneracijska jedinica CHP-jedinica u kontejneru.....	11
4. Supstrati u proizvodnji bioplina.....	12
4.1. Sirak i silaža sirka.....	12
4.2. Kukuruzna silaža.....	14
4.3. Spremanje silaže.....	18
4.4. Goveđi stajski gnoj.....	19
5. Rezultati i rasprava.....	20
6. Zaključak.....	25
7. Popis literature.....	26
8. Sažetak.....	27
9. Summary.....	28
10. Popis tablica.....	29
11. Popis slika.....	30
12. Popis grafikona.....	31
13. Temeljna dokumentacijska kartica.....	32

Uvod:

Proizvodnja bioplina anaerobnom digestijom (AD) optimalni je proces za tretiranje životinjskog izmeta i gnojnice, budući da se time ovi supstrati pretvaraju u obnovljivu energiju i ekološko gnojivo u poljoprivredi a samim time i doprinose smanjenju stakleničkih plinova. Anaerobna digestija (AD) je mikrobiološki proces razlaganja organske tvari bez prisutnosti kisika kojeg mi primjenjujemo u proizvodnji bioplina u digestorima ili fermentorima. To su reaktori u kojima se odvija AD i u njima nema prisutnosti zraka ujedno čine veliki dio bioplinskog postrojenja. U postupku anaerobne razgradnje djelovanjem različitih vrsta mikroorganizama nastaju dva glavna proizvoda: 1. bioplin 2. digestat. Bioplin je zapaljivi plin koji se sastoji od metana, ugljikovog dioksida i ostalih plinova i elemenata u tragovima. Metan je plin koji nam je potreban u što većim količinama jer on pokreće motor koji je spojen s generatorom te proizvodi struju a hlađenjem bloka motora nastaje toplinska energija. Digestat je anaerobno razgrađen supstrat bogat makro i mikro elementima što ga čini odličnim ekološkim biljnim gnojivom. To je gnojivo koje obogaćuje zemlju hranivima a u procesu proizvodnje bioplina nastaje kao nus proizvod. Cilj bioplinskog postrojenja u poljoprivredi je proizvoditi električnu i toplinsku energiju te ujedno zbrinjavati stajski gnoj i gnojovku. Zbrinjavanjem stajskog gnoja smanjujemo emisiju stakleničkih plinova. Proučio sam jedno bioplinsko postrojenje snage 300 kW s planom proširenja do snage 1MW te će se na tome temeljiti moje istraživanje i uporaba silaže sirka kao moguća zamjena za kukuruznu silažu koja čini jednu od osnovnih komponenti za proizvodnju bioplina. Silaža sirka je nešto energetska slabija od kukuruzne silaže ali daje nešto veći prinos po ha obradive površine i proizvodnja je jeftinija. Agrotehničke mjere su znatno manje. Sirak jako dobro uspijeva i kao postna kultura te time nakon skidanja žitarica npr. ječama i sijanjem sirka bolje iskorištavamo poljoprivredne površine.

Kratki tehnički opis bioplinskog postrojenja:

Dozirna jama služi tome , da se dnevna potrebna količina goveđe gnojovke, kukuruzne silaže, silaže sirka te ostalih mogućih supstrata umješa i dobije homogena mješavina (sa cca. 11 % ST). Iz dozirne jame se fermentor podjeljeno na cijeli dan konstantno dozirat.



Slika1. Primjer dozirne jame i utovaranja

Izvor: autor

U dozirnu jamu se ubacuju svi inputi koji ulaze u proces proizvodnje bioplina. Bioplinsko postrojenje mora imati skladište za sirovinu u kojem će sitna silaža sa udjelom suhe tvari od 30-35 % biti konzervirana i uskladištena. Iz skladišta silaže će se dnevno uzimati određena dnevna količina sirovine pomoću vozila sa dozirnom kašikom i dodavati se u dozirnu jamu. Navedene sirovine se pumpaju preko centralne pumpe za pumpanje u fermentor. Iz fermentora se tekuća sirovina prelijeva preko prelijevne cijevi u skladište. Unutar fermentora će se sirovina podgrijavati na temperaturu od 38 °C (sa produciranom toplotnom energijom bloka motora) na kojoj će se stvarati i množiti kolone bakterija, koje pod anaerobnim uvjetima uzrokuju fermentaciju sa nastajanjem bioplina. Da bi gubici topline iz fermentora bili niski, zidovi fermentora se oblažu izlacijom. Da se dobije ravnomjerna raspodjela temperature i da se cijela količina supstrata može držati homogeno u fermentoru se nalaze potopna mješala i dva dugogredna mješala. Konačno skladište služi za skladištenje fermentirane tekuće sirovine u kojima se ne očekiva značajan nastanak bioplina. U konačnom skladištu predviđena su dva potopna mješala. Za vrijeme doziranja fermentora sa svježim sirovinama u kratkom se vremenu povisi nivo tekućine i uzrokuje da

jedna količina preko prelijevne cijevi se prelijeva u skladište. Preko prelijevne cijevi sirovina se pumpa prema separaciji. Konačno skladište služi za skladištenje razgrađene tekuće sirovine za vrijeme ili period u kojima se neizvaža na polje.



Slika 2. Primjer fermentora

Izvor: <http://www.thoenibioplin.hr/hr/referenzen.html>

Fermentor je pokriven dvostrukom foliskom membranom za bioplin. To ujedno služi i kao spremnik za bioplin. Dvostruko membranski spremnik se sastoji od vanjske vjetrozaštitne folije koja je otporna na vremenske uvjete (bura, kiša, snijeg, sunce) i unutarnje folije koja je spremnik za plin. Sa podkonstrukcijom betonski stup s kajifima i pletenom mrežom koja sprječava da dođe do kontakta folije sa supstratom. Cijev za plin vodi od fermentora preko šahta za kondens do CHP- jedinice (motor). Prije motora (CHP) instalirani su glavni ručni ventil i glavni magnetski ventil koji mogu prekinuti dovod plina u motor. Kompresor za plin (puhalo) isisava bioplin iz spremnika za plin upuhuje ga u motor. U motoru dolazi do mješanja plina sa zrakom i sagorijevanja. U toj provedbi se preko motora pogoni generator koji predaje struju u elektrodistribucijsku mrežu. Otpadni plinovi vode preko prigušivača van. U slučaju servisiranja motora bioplin se spaljuje preko baklje za bioplin koja se montira nedaleko od CHP jedinice. Ventil za nad i podtlak u spremniku za bioplin su zadnji kontrolirani ispusti bioplina iz fermentora. Svi procesi u bioplinskom postrojenju se upravljaju putem upravljačkog sistema, to znači da svi agregati, pumpe, sva mješala, CHP (motor), Baklja upravljaju po vremenu, pritisku, nivou i temperaturi. U slučaju smetnje na bioplinskom postrojenju se pali telefonski uređaj i šalje informaciju službenoj osobi koja može popraviti smetnju ili odlučiti sljedeće korake za postizanje stabilnog procesa.

Sastavni djelovi bioplinskog postrojenja:

- Podvozni silos: Dužine:90m Širine:65m Visine:5m (5850m²) (29 250m³)
- Dozirna jama: Promjer: 6m Visina:3m
- Fermentor 1: Promjer 24m Visina: 8m
- Konačno skladište: Promjer:38m Visina 7m
- Upravljački prostor: 6m x 7,30m x 3m
- CHP-jedinica (motor): 12m x 2,40m x 3m
- Trafo stanica: 3,70m x 3m
- Mostna vaga: 19m x 3,56m

Izvor: Tehnološka dokumentacija za projektiranje bioplinskog postrojenja

Tok tekućih substrata (sirovina)

Silaža sirka ili kukuruzna silaža će se uzimati iz skladišta utovarivačem te dozirati u dozirnu jamu. Taj kruti dio sirovina se preko kliznog poda umiješat u Biomix dozirnom sistemu (tekućina iz separacije cca. 356m³/d i goveđa gnojavka 6m³/d) zatim se umješana masa preko cijevi i pumpe dozira u fermentor. U tehnološkom kontejneru za pumpanje postoji jedna vrlo snažna pumpa. Fermentori su plinonepropusni betonski armirani spremnici koji su izolirani i opremljeni sa četiri mješala za spriječavanje plutajućih i taložnih slojeva uzrokovanih kroz veliki udio suhe tvari. Tekućina će se pomoću instaliranih grijača unutar spremnika na zidu podgrijavat i držat nonstantno na 38 °C. Rok trajanja fermentacije otprilike iznosi oko 60 dana. Iz dozirne jame će se u fermentor dozirat dnevnom količinom svježije sirovine od 10m³ - 20m³ podjeljeno na 22h/d. Razgrađeni materijal iz fermentora pumpa se do separacije koja djeli krute i tekuće sastojke sirovine iz fermentacije. Kruti separirani dio se skladišti na jednoj betonskoj površini a tekući dio se jednim djelom pumpa u dozirnu jamu a većina u konačno skladište. Iz konačnog skladišta se putem cisterni razvozi po poljima kao i kruti separirani dio sto se razvozi po poljima i zaorava.

Tok bioplina:

Bioplin nastaje u fermentoru na kojem je spremnik za bioplin sa kapacitetom cca. 1355m³. Bioplin se iz spremnika preko cijevi za bioplin dovodi do CHP jedinice. CHP sadrži bruto

snagu od 330 kW_{el} (neto snaga 300 kW_{el}) i toplinsku snagu od 380 kW (neto toplinska snaga 230 kW). U slučaju zastoja CHP-jedinice u spremištu za plin se podiže jedna membrana te se pali baklja koja kontrolirno spaljuje bioplin.



Slika 3. CHP- jedinica

Izvor: autor

Iskorištenje energije:

Upotreba električne energije: Proizvedena električna energija koja izlazi iz generatora predaje se preko ormariča i trafo stanice lokalnom elektrodistributeru. Od proizvedene električne energije 6 – 8 % koristi se za postrojenje (pumpe, mješala i sl.) kao vlastita potrošnja električne energije za proces.

Upotreba toplinske energije: toplinska energija nastaje kroz hlađenje motora. Toplinska energija služi da dozirnu jamu i fermentore zagrijava putem grijača na određenu temperaturu. Ostatak proizvedene toplinske energije putem hladnjaka i propelera koji se nalaze na krovu kontejnera CHP jedinice puštamo u zrak.

Tehnički opis sastavnih dijelova bioplinskog postrojenja:

Skladište za silažu:

Skladište za silažu služi za konzerviranje silaže sirka, kukuruzne silaže i energetskih trava. Kroz konzerviranje tih sirovina moguće je sačuvati energiju i takvu kontinuirano

upotrebljavati za bioplinsko postrojenje. Skladište za silažu ima korisnu kubeturu cca. 29.250m^3 na površini od 5.850m^2 . Odgovarajuća sirovina na podvoznom silosu mora biti odgovarajuće stisnuta i uredno pokrivena (najlonskom folijom). Silos ima 0,5 % pada kako bi se oborinske vode i sokovi silaže sljevali u kanal za sakupljanje koji se nalazi na rubu silosa. Kanal vodi do jednog šahta u kojem se nalazi pumpa koja to pumpa u dozirnu jamu.



Slika 4. Primjer skladišta za silažu

Izvor: autor

Dozirna jama:

Dozirna jama omogućuje sabiranje tekućih sirovina koje će se koristiti u postrojenju (goveđa gnojovka, tekućina separacije, otpadni sokovi silaže i doziranje krutih sirovina silaže sirka ili kukuruzne silaže. Kruta sirovina se dozira utovarivačem. Pomoću pumpe dobro izmješana sirovina se pumpa u fermentor. Taj proces se odvija automatski kojeg vodi računalo.

Tehnološki kontejner s opremom (pumpno postrojenje)

Tehnološki kontejner s pumpama se nalazi neposredno uz dozirnu jamu i služi kao zaštita od vanjskih utjecaja na električnu opremu i senzore. U dijelu kontejnera se nalazi

prostorija sa upravljačkom opremom (soba za električne ormare). U kontejneru se nalazi i centralna pumpa koja pumpa i prepumpava supstrate iz dozirne jame u fermentor pa iz fermentora u konačno skladište preko separatora. Unutra je također smješten sistem grijanja dozirne jame i fermentora, sigurnosni ventili, tlakomjeri, kompresor koji pumpa plin prema CHP-jedinici

Tablica 1. Dimenzije kontejnera sa pumpama

Kontejner	Vrijednost	Jedinica
Dužina	12,109	m
Širina	2,435	m
Visina	2,591	m
Površina	29,5	m ²
Kubatura	76	m ³

Izvor: Tehnološka dokumentacija za projektiranje bioplinskog postrojenja



Slika 5. Pumpa za gnojovku

Izvor: autor



Slika 6. Kompresori

Izvor: autor

Fermentor:

Fermentor s fiksnom razinom substrata sadržava cca. 3.276 m³. Izgrađen je od armiranog betona i pokriven spremnikom za plin. Zidovi su obloženi sa 8 cm izolacije i sa limom. Z održavanje sirovine u homogenom stanju postavljena su dugogredna i potopna mješala. Mješala su pričvršćena na podu i zidovima fermentora. Fermentor je ukopan 1m u tlo bog bolje stabilnosti i otpornosti.

Separacija fermentirane sirovine:

Na postrojenju se nalazi separator koji je montiran na zid platoa visine 4m. Čelična konstrukcija sa stepenicama omogućuje manipuliranje i servisiranje separatora. Separator radi na principu da pumpa iz fermentora pumpa izfermentirani supstrat do separatora koji odvaja kruti i tekući dio, kruti pada na plato a tekući putem cijevi odlazi u konačno skladište (lagunu). Separator nam omogućuje lakše manipuliranje nastalim digestatom jer odvaja kruto i tekuće. Kruti dio se utovarivačem gura na jednu hrpu a kasnije izvozi u polje prikolicama.



Slika 7. Separator

Izvor: autor



Slika 8. Kruti separirani supstrat

Izvor: autor

Kogeneracijska jedinica CHP-jedinica u kontejneru:

Blok motora s generatorom nalazi se u kontejneru dužine 12m širine 3 m i visine 2,6m. Kontejner služi kao izolacija od buke i opremljen je odgovarajućim ventilatorima. Upravljanje CHP-jedinicom potpuno je automatizirano. Motor posjeduje sistem za snabdjevanjem svježeg motornog ulja koje produžava interval zamjene ulja. U kontejneru se nalazi pumpa za svježe i staro ulje koja je povezana sa unutarnjim rezervarom za čuvanje ulja 2 x 300l. Rezervar ulja postavljen je iznad kade sa uljem koja ima zapremninu za čuvanje max 600l. Na krovu kontejnera CHP-jedinice smješten je rashladni sistem

motora (hladnjak s propelerima) koji višak topline pušta u zrak. U kontejneru se također nalazi glavni elektronski ormarić motora i na kojemu se nalazi mali ekran preko kojega možemo sve saznati o motoru, kojom snagom radi, koliko el energije proizvodi, koliko radnih sati ima, dali je potrebna izmjena ulja i sl. Isto tako ukoliko se pojave neke greške u radu motora on ih bilježi i signalizira kako bi što prije otklonili kvar.

Supstrati u proivodnju bioplina:

Sirak (*Sorghum vulgare*):

Sirak je kultura koja u svijetu zauzima oko 44 milijuna hektara diljem 98 zemalja. Sirak u Republici Hrvatskoj koristi se kao kvalitetna stočna hrana te kao sirovina za bioplinska postrojenja. Odlikuje se visokim prinomom zelene mase po hektaru. Najbolje rezultate



daje kao glavni usjev a može se koristiti kao i postni usjev nakon žetve ječma, pšenice. Jednogodišnja je biljka i u našim uvjetima nema mogućnost prezimljavanja. Otporniji je na sušu, bolesti i štetnike od kukuruza a naročito na žičnjake. Sirak ima velikih zahtjeva prema temperaturi, za klijanje i nicanje treba temperaturu od 12 °C a neki hibridi i više. Što je temperatura viša brže niče. Strada pri temperaturi od -2 °C. Optimalna temperatura za rast i razvoj je 25 °C i više, u jesen kada padnu temperature ispod 12 °C sirak uspori rast. Prema tlu sirak ima manje zahtjeve u odnosu na

Slika 9. primjer stabljike sirka

Izvor: <https://www.kws.hr> kukuruz i uspijeva na svim tipovima tla od suhих, pjeskovitih do teških što mu daje jednu prednost u odnosu na kukuruz. Prema vlazi ima isto skromnije zahtjeve od kukuruza što je povoljno u sušnim godinama, može davati vrlo dobre rezultate dok kod kukuruza suša vrlo nepovoljno utječe na rast i razvoj. Obrada tla za sjetvu sirka ovisi o prdkulturi. U slučaju sjetve sirka kao glavnog usjeva osnovno oranje treba izvesti u jesenskom periodu na dubinu 25-30 cm, a zajedno s oranjem ako je moguće

obaviti i osnovnu gnojidbu. Ukoliko se radi o postrnoj sjetvi dovoljna je dopunska obrada tla tanjuranje i priprema za sjetvu. Sirak treba $\frac{3}{4}$ doze hranjiva u odnosu na kukuruz (N, P, K) a prekomjernom gnojidbom povećava se rizik od polijeganja usijeva. Zahtjevi za Ca i Mg su nešto veći u odnosu na kukuruz.

Preporuka gnojidbe i prihrane:

- N: cca. 100-150 kg/ha (2/3 predsjetveno + 1/3 u stadiju 4 lista)
- P₂O₅: cca. 60-80 kg/ha (predsjetveno)
- K₂O: cca. 120-150 kg/ha (predsjetveno)
- Ca: cca. 30-50 kg/ha (predsjetveno)
- Mg: cca. 15-30 kg/ha (predsjetveno)

Izvor: <https://www.kws.hr>

Najsigurniju, najtočniju i najracionalniju gnojidbu odredit ćemo ako obavimo analizu tla koja će nam reći potrebu tla za hranivima. Sjetva se vrši žitnim ali i ostalim sijačicama kojima se može postići određeni sklop i dubina sjetve. Klimatski uvjeti potrebni za sjetvu: potrebna temperatura tla min. 12-14 °C

Vrijeme sjetve:

- Kao glavni usijev : od 01-31.5
- Kao postrni usijev : od 01-20.6

Izvor: <https://www.kws.hr>

Dubina sjetve je 3-4 cm ali najbitnije je da je sjeme položeno u vlažni sjetveni sloj. Sjetvena norma iznosi 20-30 sjemenki na m² a vrijeme nicanja iznosi 7 – 14 dana.



Slika 10. Usporedba veličine sjemenki sirka, šećerne repe i kukuruza

Izvor: <https://www.kws.hr>

Njegu usijeva potrebno je obavezno obaviti zbog sporog početnog porasta treba ga zaštititi od korova herbicidima koji se koriste u zaštiti kukuruza ali ne s onim koji suzbijaju divlji sirak u kukuruza. Sirak nakon nicanja za košnju dostiže za 40-50 dana. Košnja ne može odvit na više načina kao naprimjer kod visine 100-120 cm sljedeći otkos daje za 30 dana te može dati do 3 otkosa godišnje. Ti otkosi sadrže 12-16 % suhe tvari, 1,2 % probavljivih bjelančevina, 8-10 % škroba.



Slika 11. Silokombaj u silaži sirka

Izvor: <https://www.kws.hr>

Ako sirak pustimo da zaste i kosimo da dva puta godišnje u visini do 150-160 cm prinos mase može doseći 60-100 t/ha. Ukoliko sirak kosimo jednom godišnje što je u većini slučajeva tako možemo postići prinos zelene mase cca. 70t/ha. Siliranje sirka odvija se silokombajnama u vrijeme mlječno-voštane zriobe zrna, sadržaj suhe tvari je tada oko 26-32%. Proces silaže je gotovo isti kao i kod kukuruza, cjelokupna stabljika se sjecka na komade 2-3 cm. Sprema se u spremišta tkz. Trapove (podna skladišta) za silažu. Izsiliranu masu je potrebno jako dobro ugaziti i istisnuti sav zrak iz silirane mase kako nebi došlo do kvarenja kada je silos pun i dobro ugažen potrebno ga je dobro konzervirati pokriven najlonskom folijom kako nebi došlo do prisustva zraka i vode sa siliranom masom. Zrak i voda su ujedno najveći neprijatelji silaži. Kada je silos dobro konzerviran kvarenje silaže je zanemarivo. Silaži je potrebno da odradi proces fermentacije oko 30-40 dana. Te nakon toga je možemo izuzimati iz silosa i koristiti procesu proizvodnje bioplina.

Kukuruzna silaža:

Kukuruz (*Zea mays*) je u svijetu jedna od najzastupljenijih biljaka sa stalnom tendencijom povećanja površina pod kojima se proizvodi. Područje uzgoja kukuruza je veliko, što mu omogućava različita duljina vegetacije, raznolika mogućnost upotrebe i dobra prilagodljivost. Kukuruz daje velike prirode po jedinici površine. Svi dijelovi biljke kukuruza osim korijena koji ostaje u tlu mogu se iskorištavati djelom u prehrani ali i u industriju. Kukuruz je izuzetno važna sirovina za prehranu domaćih životinja, bilo kao



Slika 12. Silažni kukuruz

Izvor: autor

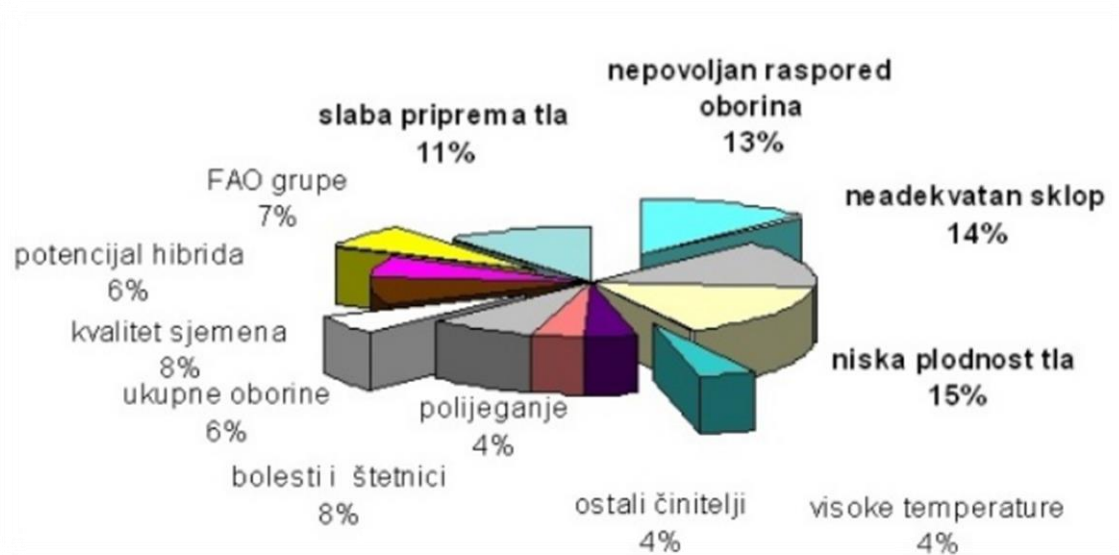
Prinos kukuruza uvjetuje mnoštvo čimbenika a posebice klimatske prilike, plodnost tla, hibridi, dostupnost makro i mikro hraniva, sklop, vlažnost tla i primjenjena agrotehnika. U proizvodnji se uglavnom koriste hibridi koji nastaju križanjem oderđenih linija, zbog te specifičnosti ne može se koristiti sjeme merkantilnog kukuruza jer prinosi mogu podbaciti i do 50%. Kao toplinska biljka kukuruz je osjetljiv na mraz i nedostatak vode. Minimalna temperatura za početni rast i razvoj iznosi do 8 °C, a u vegetaciji 12 °C. Optimalna temperatura u vegetaciji je od 24 do 28 °C. Nadzemni dio izmrzava na -1 °C. Ako se mraz pojavi kada kukuruz ima 6 i više listova on bude uništen. Za dobar prinos potrebno je oko 500 do 600 mm vode u toku vegetacije a najveća potreba je u fazi svilanja – oplodnji i naljevanju zrna jer tada kukuruz troši puno hraniva. Kukuruzu najviše pogoduju plodna, duboka, propusna i rastresita tla te tla koja zadržavaju dosta vode, a manje su pogodna lagana pjeskovita i teška glinasta tla. Na kiselim tlima se uzgoj nepreporuča jer je usvajanje hraniva teže. U izboru predusjeva za kukuruz ne postoje neka važnija ograničenja, može se uzgajati u monokulturi, no najbolji su predusjevi

- Leguminoze
- Strne žitarice

Uzgoj u monokulturi treba izbjegavati na područjima gdje prijete opasnost od kukuruzne zlatice ali i zbog proširenja nekih trajnih korova kao što su slak, sirak i dr. Osnovna obrada tla ovisi o predkulturi. Osnovno oranje treba izvesti u jesenskom razdoblju na dubinu 25 – 30 cm, a zajedno s oranjem treba obaviti osnovnu gnojidbu. U rano proljeće treba pristupiti

dopunskoj obradi tla tj zatvoriti vlagu da bi se spriječio gubitak vode te kvalitetno pripremito tlo za sjetvu. Na vrlo teškim tlima površinu treba izravnati u jesen. Pred sjetvu treba stvoriti mrvičastu strukturu s posteljicom za zno.

Najpraktičnije oruđe je sjetvospremač s dubinom rada koliko i iznosi dubina sjetve.



Grafikon 1. Čimbenici koji utječu na prinos kukuruza

Izvor: <http://www.obz.hr>

Najsigurniju i najtočnije gnojidbu odredit ćemo analizom tla jer tada dobijemo pravu sliku čega fali u tlu.

Za izgradnju 100 kg suhe tvri kukuruza treba osigurati:

- 2,5 – 3,6 kg N
- 0,8 – 1,2 kg P₂O₅
- 2,7 – 3,1 kg K₂O

U prinos zrna od 10 t/ha s pripadajućom količinom bilne mase ugradi se:

- 250 – 300 kg N
- 100 – 120 kg P₂O₅
- 280 – 300 kg K₂O

Izvor: <https://www.kws.hr>

Pravilo gnojidbe je oranjem zaorati gnojiva s povišenim sadržajem fosfora (P_2O_5) i kalija (K_2O) te jedan dio dušika kroz ureu. Predsjetveno gnojiti startnim gnojivom s izbalansiranim sadržajem svih hraniva npr. NPK 15-15-15 a u ranom proljetnom poratu obaviti prihranu KAN-om.

Optimalni rok za sjetvu je ok 10. travnja – 25. Travnja. Svaka sjetva nakon 5. Svibnja postupno smanjuje prinos. Dubina sjetve iznosi 4-8 cm, ovisno o stanju i vlažnosti tla te kategoriji i tipu tla. Razmak između redova iznosi 70 cm, a unutar reda ovisi o vegetacijskoj skupini hibrida koji zahtjevaju određeni sklop:

- Skupina 200 80-85.000 biljaka
- Skupina 300 65-70.000 biljaka
- Skupina 400 60-70.000 biljaka
- Skupina 500 55-65.000 biljaka
- Skupina 600 50-60.000 biljaka

Izvor: <http://www.savjetodavna.hr>

Za silažu cijele biljke treba izabrati hibride kasne i srednje kasne vegetacije (400, 500, 600) te sklop povećati za 10 do 15 %. Kod proizvodnje suhog zrna ovisno o područjima i roku sjetve biramo hibride različite duljine vegetacije. U zapadnim područjima sijemo hibride 300, 400, 500 skupine dok u istočnim možemo sijati i grupu 600 i 700. Kultivaciju kukuruza obavezno bi trebalo provoditi 1 do 2 puta, razlog nije samo prihrana nego i gubitak vlage iz tla (evaporacija) dok usijev ne pokrije površinu. Mjere zaštite od bolesti na kukuruзу jesu plodosmjena, izmjena kukuruza s kulturama koje nisu iz porodice trava, herbicidi, fungicidi. Mjere zaštite također mogu biti i uzgoj otpornih hibrida a sjeme se obavezno zaštićuje kemiskim sredstvima po doradi. Najpovoljniji trenutak za siliranje je u voštanoj zriobi kad u zrnu ima 30 – 35 % vlage. Siliranje se odvija silokombajnom koji kosi cjelu stabljiku kukuruza i usitnjava je na komadiće od 2 – 3 cm. Siliranoj masi dodaje se inokulant koji bi pospješio fermentaciju silaže kada bude konzervirana. Siliranje se treba obaviti u što je kraćem vremenu moguće kako nebi došlo do kvarenja silirane mase.



Slika 13. Prikaz silokombajna u silaži

Izvor: autor

Spremanje silaže:

Dobra silaža može se načiniti ako su zadovoljeni sljedeći uvjeti: Krmiva moraju sadržavati dovoljnu količinu lako topljivih ugljikohidrata koji se lako razgrađuju i pretvaraju u mliječnu kiselinu. Silaža se mora načiniti tako da se dobro istisne zrak i stvore anaerobni uvjeti jer se u odsutnosti zraka najbolje i s najmanjim utroškom energije razvijaju bakterije mliječno-kiselog vrenja i razgrađuju šećeri do mliječne kiseline. U silaži se mora postići odgovarajuća kiselost koja je povoljna za razvoj bakterija mliječno-kiselog vrenja. To odgovara pH vrijednosti 4,0-4,5. Što krmivo sadrži više šećera i vlage postiže se veća kiselost i niži pH. Silaža mora imati i odgovarajuću vlažnost. Kukuruzna silaža mora sadržavati 65-70 % vlage dok silaža trava 60-65%. Ako silažna masa ima mnogo vlage dolazi do jačeg iscjedivanja silažnog soka i gubitak lako topljivih hranjivih tvari. Kukuruz u mliječno voštanoj zriobi dobro se silira jer sadrži mnogo škroba i dovoljno vlage dok kukuruz veće zrelosti gubi vlagu, povećava količinu sirovih vlakana i stabljika otvrdne. Na taj način se opet dobivaju nepovoljni uvjeti za siliranje jer se tvrda stabljika teško sabija i teško istiskuje zrak iz mase, ne stvara se dovoljno mliječne kiseline a i silaža je sklona kvarenju. Prilikom spremanja silaše potrebno je pripaziti na rad silažnog kombajna, na

sjeckanje i prijevoz silirane mase, gaženje i pokrivanje silosa. Sve te radnje treba obaviti u što je kraće mogućem vremenu. Zidovi silosa moraju biti nepropusni na zrak i vodu.

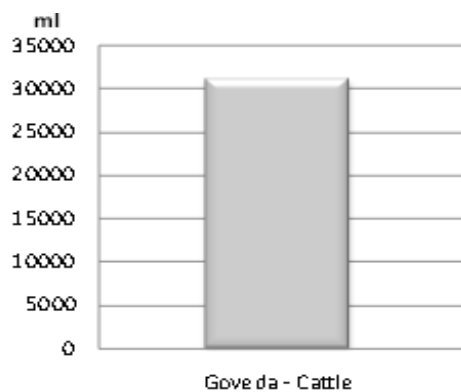


Slika 14. Primjer gaženja silaže

Izvor: <https://www.youtube.com/watch?v=PMQcZOIK-JA>

Govedi stajski gnoj:

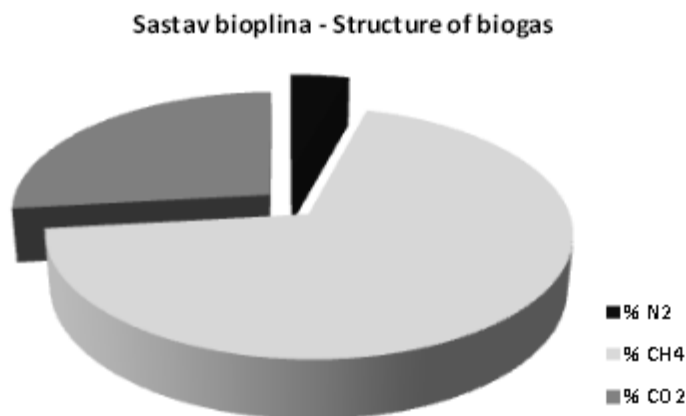
Stajski gnoj nastaje kao nus proizvod stočarske proizvodnje, a jedan je od glavnih resursa za proizvodnju bioplina. Jedno govedo mase 500 kg godišnje može proizvesti do 20 t stajskog gnoja. To je smjesa gustih i tekućih izmeta domaćih životinja i stelje. Vrijednost stajskog gnoja ovisi o vrsti životinje, vrsti prehrane, starosti životinje.



Grafikon 2. Količina bioplina iz govedeg gnoja u periodu od 40 dana

Izvor: (Brdarić i sur., 2009.)

Prosječan sastav je 0,20 – 0,60 % dušika (N), 0,04 – 0,30% fosfora (P_2O_5), 0,10 – 0,80% kalija (K_2O), 0,07 – 1,00% kalcija (CaO) i 0,03 – 0,06% magnezija (Mg). Prema sadržaju vode djelimo ga na hladni i topli. Goveđi gnoj je hladan zbog velike količine vode. Proizvodnjom bioplina iz govedeg gnoja, govedarske farme mogu postati značajni proizvođači energije i smanjiti emisiju stakleničkih plinova, spriječiti odlazak metana u atmosferu.



Grafikon 3. Sastav bioplina od govede gnojovke.

Izvor: (Brdarić i sur., 2009)

Rezultati i rasparava:

Sirak je biljna vrsta koja zbog svog izrazito visokog prinosa zelene mase može zamjeniti silažni kukuruz u bioplinskim postrojenjima. Proizvodnja sirka omogućit će veće prinose silažne mase nego kukuruz s tim da neće bit ugrožena proizvodnja hrane. S tim da sirak dobro uspijeva kao glavni i kao naknadni (postrni) usijev za razliku od kukuruza koji teško uspijeva u postrnoj sjetvi sirak se nameće kao alternativa kukuruzu u proizvodnji bioplina na bioplinskim postrojenjima. Razlika je u tome što sirak sadrži nešto manje energije nego kukuruz ali sirak zato nadoknadi to kroz prinos po hektaru.

Tablica 2. Prikaz troškova proizvodnje sirka po ha

Površina 1ha				
Razdoblje 1 godina	količina	mjerna jedinica	jedinična cijena	niža cijena kn/ha
Prinos silažne mase	100	t		

Potpورا	1	ha	2100,00	2100,00
Troškovi				
Sijeme (25.000 zrna)	1	ha	876	876,00
Gnojivo				2934,00
Zaštitna sredstva				0,00
Mehanizacija				4457,27
Ukupni troškovi				8267,27

Izvor: <http://www.gospodarski.hr>

Tablica 3. Prikaz troškova proizvodnje kukuruza po ha

Površina 1ha				srednja cijena kn/ha
Razdoblje 1 godina	količina	mjerna jedinica	jedinična cijena	0,20
Prinos silažne mase	55	t		10.000
Potpورا	1	ha	2100	2100
Sjeme	1	ha	1030,25	
Gnojivo			3609,50	
Zaštitna sredstva			545,41	
Mehanizacija			2912,09	
Ostali troškovi			140,40	
Ukupni troškovi			8237,65	

Izvor: <http://www.gospodarski.hr>

Troškovi proizvodnje po hektaru su podjednaki ali sirak za razliku od kukuruza daje puno više zelene mase po ha. To je biljka koja bi mogla u narednim godinama zauzeti prvo mjesto za proizvodnju bioplina jer troškovi po kilogramu prinosa su znatno manji a prinos je veći. Kod sirka za razliku od kukuruza neke agrotehničke mjere nisu potrebne što proizvodnju čini rentabilnijom.

Tablica 4. Prikaz troška proizvodnje po kilogramu prinosa sirka

Trošak proizvodnje po kilogramu 0,08 kn

Gnojiva	Količina	Mjerna jedinica	Jedinična cijena	Ukupno kn/ha
NPK 7-20-30	500	kg	4,32	2170,00
Urea	100	kg	3,22	322,00
Kan	200	kg	2,21	442,00
Zaštitna sredstva				
Ukupno				0,00
Mehaničke operacije				
Oranje	1	ha	332,92	332,92
Zatvaranje zimske brazde	1	ha	104,61	104,61
Razbacivanje min. gnojiva	0,8	t/ha	78,17	62,54
Tanjuranje	1	ha	202,59	202,59
Sjetva	1	ha	320,23	320,23
Transport	100	t/ha	16,23	1623,00
Siliranje	2	puta/ha	750,00	1500,00
Gaženje silažne mase	2	puta/ha	155,69	311,38
Ukupno				4457,27
Ostali troškovi				0,00

Izvor: <http://www.gospodarski.hr>**Tablica 5. Prikaz troška po kilogramu prinosa kukuruza**

Trošak proizvodnje po kilogramu 0,15 kn

Gnojiva	Količina	Mjerna jedinica	Jedinična cijena	Ukupno kn/ha
NPK 7-20-30	600	kg	4,34	2604,00
Urea	175	kg	3,22	536,50
Kan	200	kg	2,21	442,00
Ukupno				3609,50
Zaštitna sredstva				
Herbicidi	1	ha	545,41	545,41

Ukupno				545,41
Mehaničke operacije				
Oranje	1	ha	332,92	332,92
Zatvaranje zimske brazde	1	ha	104,61	104,61
Razbacivanje min.gnojiva	0,975	t/ha	78,17	76,22
Sjetva	1	ha	378,87	378,87
Prskanje	1,5	ha	34,39	51,59
Kultivacija s prihranom	1	ha	169,55	169,55
Transport	55	t/ha	16,23	892,65
Siliranje	1	ha	750,00	750,00
Gaženje silaže	1	ha	155,69	155,69
Ukupno				2912,09
Ostali troškovi				
Osiguranje	1	ha	140,40	140,40

Izvor: <http://www.gospodarski.hr>

Prednosti sirka u odnosu na kukuruz:

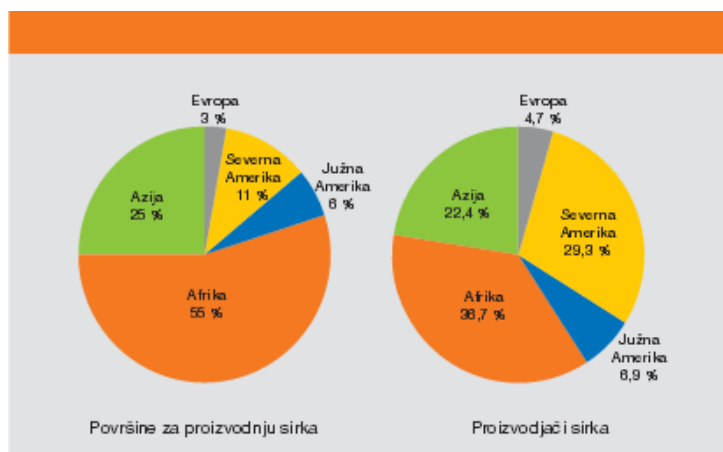
- Bolje podnosi sušu, ima niži transpiracijski koeficijent.
- Dobro razvijen korijen velike moći usvajanja hraniva.
- Novi kultivari se vrlo dobro obnavljaju nakon košnje te dajući dva do tri otkosa telene mase u toku vegetacije.
- Može se uzgajati na tlima koja su granična za uzgoj kukuruza.
- Nema opasnosti od zakorovljavanja tla.
- Može se sijati od proljeća pa čak i postrno kao druga kultura na istoj površini.
- Troškovi proizvodnje po kilogramu su manji u odnosu na kukuruz.

Negativne strane sirka:

- Nepodnosi niske temperature i strada već pri -2 °C
- Sadrži nešto manje energije u odnosu na kukuruz.

- Otežano siliranje zbog velikog prinosa zelene mase.

Stabljika sirka presvučena voštanom prevlakom koja ga štiti od prekomjernog gubljenja vode. To mu jako pogoduje za vrijeme sušnih godina. Vrlo racionalno koristi vlagu, tako da za 1kg suhe tvari potroši znatno manje vode od kukuruza, što znači da će u istim uvjetima vlage formirati znatno više suhe tvari. Tada je biljka izdržljivija i ima veći potencijal za dobar prinos



Slika 15. Pov. pogodne za sirak i proizvođači

Izvor:<https://www.kws.hr>

Zaključak

Bioplin nastaje procesom anaerobne digestije (AD), to je biokemiski proces u kojem se razgrađuju organske tvari uz djelovanje različitih vrsta bakterija u anaerobnim uvjetima, odnosno bez prisustva zraka. Taj proces se odvija u fermentorima, a produkti anaerobne digestije su bioplin i digestat. Dobiveni bioplin je mješavina plinova i prosječno sadrži: 60% metana (CH_4), 35% ugljikovog dioksida (CO_2) te 5% smjese ostalih plinova kao što su vodik (H_2), dušik (N_2), kisik (O_2) i sumporovodik (H_2S). Kada se za proces anaerobne digestije (AD) koriste mješavine dvaju ili više različitih supstrata postupak se naziva kodigestija. To je najčešći način proizvodnje bioplina, i najviše se koriste sljedeći supstrati: stajski gnoj, gnojnica, energetska usijeva (kukuruz, sirak, neke vrste trava). Sirak kao energetska biljka vrlo je pogodna za proizvodnju bioplina jer daje visoke prinose zelene mase po hektaru. Prilagođena je sušnim uvjetima a dobro podnosi i godine s puno padalina. Racionalno koristi vlagu tako da za 1kg suhe tvari potroši znatno manje vode u odnosu na kukuruz. Troškovi proizvodnje sirka po kilogramu prinosa su uvelike manji u odnosu na kukuruz. Sirak kao biljka koja daje izuzetno velike prinose silažne mase vrlo dobro uspijeva kao glavna i kao postrna kultura, tako da postrnom sjetvom možemo bolje iskoristiti zemljište a i dobiti dobar prinos silaže.

Popis literature:

1. Brdarić D., Kralik D., Kukić S., Spajić R., Tunjić G. (2009): Konverzija organskog gnoja u bioplin. *Poljoprivreda* 15, 2, 3-7.
2. Horvatić Z., Stojkov M., Janković Z., Topić D., Golob V. (2013): Bioplin i bioplinsko postrojenje
3. Štafa Z., Danjek I., Uher D., Čermak-Horbec K. (1999): Osobine i produktivnost novih kultivara krmnog sirka (*Sorghum bicolor* (L) Moench.)
4. Tehnološke podloge za projektiranje bioplinskog postrojenja NAHTEC
5. <http://www.savjetodavna.hr/adminmax/publikacije/kukuruz.pdf>
[Pristupljeno 14.9.2014.]
6. <http://www.savjetodavna.hr/adminmax/publikacije/krmni-sirak.pdf>
[Pristupljeno 15.9.2014.]
7. <http://www.kws.hr/go/id/zad/>
[Pristupljeno 15.9.2014.]
8. <https://www.kws.hr/aw/KWS/croatia/~dwaj/Sirak/>
[Pristupljeno 15.9.2014.]
9. https://www.eihp.hr/hrvatski/pdf/Prirucnik_za_bioplin_w.pdf
[Pristupljeno 15.9.2014.]
10. http://www.obz.hr/vanjski/CD_AGBASE2/HTM/kukuruz.htm
[Pristupljeno 15.9.2014.]
11. <http://www.gospodarski.hr/>
[Pristupljeno 15.9.2014.]
12. <http://www.obz.hr>
[Pristupljeno 15.9.2014.]

Sažetak

Proizvodnja bioplina anaerobnom digestijom (AD) optimalni je proces za tretiranje životinjskog izmeta i gnojnice, budući da se time ovi supstrati pretvaraju u obnovljivu energiju i ekološko gnojivo u poljoprivredi a samim time i doprinose smanjenju stakleničkih plinova. Anaerobna digestija (AD) je mikrobiološki proces razlaganja organske tvari bez prisutnosti kisika. U proizvodnji bioplina nastaju dva proizvoda bioplin i digestat. Bioplin je smjesa plinova od kojih je metan nama najbitniji jer on pokreće kogeneracijsku jedinicu te proizvodi struju i toplinsku energiju. Digestat služi kao ekološko gnojivo. Dijelovi bioplinskog postrojenja su: dozirna jama, fermentor, pumpno postrojenje, CHP-jedinica (motor), sigurnosna baklja, silos za silažu. Kada se bioplin proizvodi iz dva i više supstrata to nazivamo kodigestija. Supstrati koji ulaze u proizvodnju su: stajski gnoj, gnojovka i silaža. Obično ide silaža kukuruza jer je kukuruz jedna od najzastupljenijih biljnih vsta i daje dobre i kvalitetne prinose zelene mase, ali u zadnje vrijeme pojavljuje se silaža sirka kao moguća alternativa kukuruzu. Sirak vrlo otporna i prilagodljiva biljka podnosi sušu i vlagu daje izuzetno visoke prinose zelene mase. Silaža sirka je nešto energetski slabija u odnosu na kukuruznu silažu, ali sirak nadomjesti visokim prinosom. Troškovi proizvodnje po hektaru su identični, dok troškovi po kilogramu prinosa se znatno razlikuju gdje troškovi po kilogramu prinosa sirka iznose 0,08 kn a troškovi po kilogramu kukuruza 0,15kn. Sirak uspijeva kao glavna ali i kao postrna kultura što mu daje veliku prednost u odnosu na kukuruz.

Ključne riječi: anaerobna digestija, bioplin, sirak, silaža, gnojovka

Summary

The production of biogas through anaerobic digestion (AD) is a process for the treatment of animal slurries, since these substrates are converted into renewable energy and ecological fertilizer and thus contribute to reducing greenhouse gas emissions. Anaerobic digestion (AD) is a microbiological process of decomposition of organic matter in the absence of oxygen. The production of biogas generated two products of biogas and digestate. Biogas is a gas mixture of methane, which is most important to us because he runs a cogeneration unit that produces electricity and thermal energy. Digestate is used as ecological fertilizer. Parts of biogas plants are: dosing tank, fermenter, pumping installations, the CHP unit (engine), safety torch, silo for silage. When biogas is produced from two or more substrates call digestion. Substrates that go into production are: animal manure and silage. Usually goes silage corn because corn is one of the most abundant plant VSTA and gives good yields and quality of green mass, but recently appears silage sorghum as a possible alternative to corn. Sorghum very resilient and adaptable plants tolerate drought and moisture gives very high yields of green mass. Sorghum silage is something less energy compared to corn silage, sorghum but replace high yield. Production costs per hectare are the same, while the cost per kilogram yields differ significantly where the cost per kilogram of sorghum yield amounts to HRK 0.08 and the cost per kilogram of maize 0,15kn. Sorghum thrives as a principal and as after cereals culture which gives it a huge advantage over the corn.

Key words: anaerobic digestion, biogas, sorghum, silage, manure

Popis tablica:

Naziv	Stranica
Tablica 1. Dimenzije kontejnera sa pumpama	10
Tablica 2. Prikaz troškova proizvodnje sirka po hektaru	20
Tablica 3. Prikaz troškova proizvodnje kukuruza po hektaru	21
Tablica 4. Prikaz troška proizvodnje po kg prinosa sirka	22
Tablica 5. Prikaz troška proizvodnje po kg prinosa kukuruza	22

Popis slika:

Naziv	Stranica
Slika 1. Primjer dozirne jame i utovaranja	5
Slika 2. Primjer fermentora	6
Slika 3. CHP-jedinica (motor)	8
Slika 4. Primjer skladišta za silažu	9
Slika 5. Pumpa za gnojovku	10
Slika 6. Kompresori	10
Slika 7. Separator	11
Slika 8. Kruti separirani supstrat	11
Slika 9. Primjer stabljike sirka	12
Slika 10. Usporedba sjemena sirka, šećerne repe i kukuruza	13
Slika 11. Silokombajn u silaži sirka	14
Slika 12. Silažni kukuruz	15
Slika 13. Prikaz silokombajna u silaži	18
Slika 14. Primjer gaženja silaže	19
Slika 15. Površine pogodne za sirak i najveći proizvođači	24

Popis grafikona:

Naziv	Stranica
Grafikon 1. Čimbenici koji utječu na prinos kukuruza	16
Grafikon 2. Količina bioplina iz govedeg gnoja u periodu od 40 dana	19
Grafikon 3. Sastav bioplina od govede gnojovke	20

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Poljoprivredni fakultet u osijeku

Završni rad

Proizvodnja bioplina iz sirka

Biogas production from sorghum

Dominik Bokun

Sažetak

Proizvodnja bioplina anaerobnom digestijom (AD) optimalni je proces za tretiranje životinjskog izmeta i gnojnice, budući da se time ovi supstrati pretvaraju u obnovljivu energiju i ekološko gnojivo u poljoprivredi a samim time i doprinose smanjenju stakleničkih plinova. Anaerobna digestija (AD) je mikrobiološki proces razlaganja organske tvari bez prisutnosti kisika. U proizvodnji bioplina nastaju dva proizvoda bioplin i digestat. Bioplin je smjesa plinova od kojih je metan nama najbitniji jer on pokreće kogeneracijsku jedinicu te proizvodi struju i toplinsku energiju. Digestat služi kao ekološko gnojivo. Kada se bioplin proizvodi iz dva i više supstrata to nazivamo kodigestija. Supstrati koji ulaze u proizvodnju su: stajski gnoj, gnojovka i silaža. Obično ide silaža kukuruza jer je kukuruz jedna od najzastupljenijih biljnih vsta i daje dobre i kvalitetne prinose zelene mase, ali u zadnje vrijeme pojavljuje se silaža sirka kao moguća alternativa kukuruzu. Sirak vrlo otporna i prilagodljiva biljka podnosi sušu i vlagu daje izuzetno visoke prinose zelene mase.

Ključne riječi: anaerobna digestija, bioplin, sirak, silaža, gnojovka

Summary

The production of biogas through anaerobic digestion (AD) is a process for the treatment of animal slurries, since these substrates are converted into renewable energy and ecological fertilizer and thus contribute to reducing greenhouse gas emissions. Anaerobic digestion (AD) is a microbiological process of decomposition of organic matter in the absence of oxygen. The production of biogas generated two products of biogas and digestate. Biogas is a gas mixture of methane, which is most important to us because he runs a cogeneration unit that produces electricity and thermal energy. Digestate is used as ecological gnojivo. Kada biogas is produced from two or more substrates call digestion. Substrates that go into production are: animal manure and silage. Usually goes silage corn because corn is one of the most abundant plant VSTA and gives good yields and quality of green mass, but recently appears silage sorghum as a possible alternative to corn. Sorghum very resilient and adaptable plants tolerate drought and moisture gives very high yields of green mass.

Key words: anaerobic digestion, biogas, sorghum, silage, manure

Datum obrane:

