Utvrđivanje bioplinskog potencijala divljeg kestena (Aesculus hippocastanum L.)

Došen, Karlo

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:969677

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

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

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Karlo Došen

Sveučilišni diplomski studij Zootehnika

Smjer: Hranidba domaćih životinja

Utvrđivanje bioplinskog potencijala divljeg kestena

(*Aesculus hippocastanum L.*)

Diplomski rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Karlo Došen

Sveučilišni diplomski studij Zootehnika

Smjer: Hranidba domaćih životinja

Utvrđivanje bioplinskog potencijala divljeg kestena

(*Aesculus hippocastanum L.*)

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. prof. dr. sc. Bojan Stipešević, predsjednik
2. prof. dr. sc. Davor Kralik, mentor
3. doc. dr. sc. Ranko Gantner, član

Osijek, 2017.

Sadržaj

1. Uvod……...1
2. Pregled literature……2
   2.1. Divlji kesten (*Aesculus L.*)…….....2
      2.1.1. Indijski divlji kesten (*Aesculus indica L.*)……....2
      2.1.2. Žuti divlji kesten (*Aesculus flava L.*)…….....2
      2.1.3. Japanski divlji kesten (*Aesculus turbinata L.*)……3
      2.1.4. Obični divlji kesten (*Aesculus hippocastanum L.*)…….....3
   2.2. Morfologija običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)…….….4
   2.3. Ekološko-biološke osobine običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*).....7
   2.4. Kemijski i nutritivni sastav običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)……8
   2.5. Bolesti i štetnici……...9
      2.5.1. Kestenov moljac (*Cameraria ohridella*)……9
   2.6. Uporaba običnog divljeg kestena (*Aescullus hippocastanum L.*)…….10
   2.7. Obnovljivi izvori energije……..…11
      2.7.1. Biomasa……..12
      2.7.2. Bioplin……13
         2.7.2.1. Proizvodnja bioplina anaerobnom digestijom……..…16
         2.7.2.2. Parametri anaerobne digestije……..….19
3. Materijali i metode istraživanja……...…..22
   3.1. Određivanje sadržaja suhe tvari…….22
   3.2. Određivanje sadržaja pepela i organske tvari……22
   3.3. Određivanje pH vrijednosti……..…..23
   3.4. Određivanje količine i sastava plina…….….23
4. Rezultati istraživanja……...…..24
   4.1. Udio suhe tvari i organske tvari u supstratima……...24
   4.2. pH vrijednost…….….26
   4.3. Količina proizvedenog plina……..…28
   4.4. Dinamika proizvodnje bioplina……..…31
   4.5. Sastav bioplina……...33
5. Rasprava……..….36
6. Zaključak……..37
7. Literatura……...38

8. Sažetak……..…...40
9. Summary……..…….41
10. Popis tablica…….42
11. Popis slika……43
12. Popis grafikona……...…..44
Temeljna dokumentacijska kartica
Basic Documentation card

1. Uvod

Porastom broja ljudi na zemlji i njihovih energetskih potreba, neracionalnim korištenjem fosilnih goriva te industrijalizacijom nerazvijenih zemalja svijeta, raste i potreba za energijom. Glavni izvori energije su fosilna goriva (ugljen, nafta i zemni plin). Dva osnovna problema kod fosilnih goriva, odnosno neobnovljivih izvora energije, su da ih ima u ograničenim količinama i da onečišćuju okoliš. S obzirom na sadašnje i buduće probleme s nedostatkom energije te s ciljem smanjenja zagađenja okoliša, Europska unija donijela je paket odluka čija je svrha primjena obnovljivih izvora energije (www.izvorienergije.com).

Donošenjem Direktive Europskog parlamenta (2009/28/EC) o uvođenju obnovljivih izvora energije, kao zamjene za fosilna goriva, započela je „Energetska revolucija“ 21. stoljeća. Direktivom o obnovljivoj energiji iz 2009. godine utvrđen je cilj prema kojem 20% potrošene energije u Europskoj uniji mora dolaziti iz obnovljivih izvora energije, od čega 10% treba činiti vlastito proizvedeno gorivo. Također, započeti su i pregovori EU za dugoročnu strategiju koja je iznesena u „Energetskom planu za 2050. godinu“, prema kojem udio obnovljive energije do 2030. godine treba iznositi najmanje 30%. Glavni cilj Direktive o uporabi obnovljivih izvora energije propisan je kroz tzv. energetsko – klimatski paket ″20 – 20 – 20″ čiji su zadaci smanjenje emisije stakleničkih plinova za 20%, smanjenje potrošnje energije za 20% te povećanje udjela obnovljivih izvora energije za 20%. Cilj ovih odredbi je i primjena postrojenja koja proizvode energiju iz obnovljivih izvora (sunca, vjetra, vode i biootpad – šumski otpad, stara stabla, grane, otpad iz poljoprivrede, kukuruzna silaža uz dodatak nusproizvoda životinjskog porijekla i dr.) (Kerebel, Stoerring i Horl, 2017.).

Republika Hrvatska, s obzirom na poljoprivrednu proizvodnju, ima veliki potencijal proizvodnje bioplina koristeći biomasu.

Od ukupne potrošnje obnovljivih izvora energije, oko 84 % bilo bi dobiveno iz šumske i poljoprivredne biomase (www.agroklub.hr).

Potencijalni izvor šumske biomase mogao bi biti i divlji kesten (*Aesculus hippocastanum L.*). To je krupno listopadno drvo brzog rasta, čije odraslo stablo, u sezoni zriobe, može dati od 150 do 200 kg sjemenki. Sjeme sadrži više od 40% škroba koji je potencijalna sirovina za proizvodnju etanola (www.svetbiljaka.com).

U ovome radu ćemo istražiti mogućnost dobivanja bioplina iz ploda divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*).

2. Pregled literature

2.1. Divlji kesten (*Aesculus L.*)

Divlji kesten je rod bjelogoričnog listopadnog drveća i grmlja iz porodice *Hippocastanaceae.* Postoji oko 25 vrsta u Sjevernoj Americi, jugoistočnoj Europi i Aziji (Šumarska enciklopedija, svezak 2, 1983.) gdje se uvelike uzgajaju u parkovima, vrtovima, arboretumima. Svi divlji kesteni imaju prstenasto sastavljene listove i velike cvjetove u uspravnim metlicama (Russell i Cutler, 2003.).

Dijele se na četiri sekcije: *Hippocastanum* K. Koch, *Calothyrsus* K. Koch, *Pavia* K. Koch, *Macrothyrsus* K. Koch.

U Hrvatskoj rastu 3 vrste divljeg kestena: obični divlji kesten (*Aesculus hippocastanum L.*), žuti divlji kesten (*Aesculus flava L.*), i crveni divlji kesten (*Aesculus pavia L.*) (Šumarska enciklopedija, svezak 2, 1983.).

2.1.1. Indijski divlji kesten (*Aesculus indica L.*)

U šumama Himalaje, gdje raste divlje, indijski divlji kesten redovito nadmašuje 30 m. Metlice cvjetova se pojavljuju sredinom ljeta, a dugačke su do 30 cm. Kora je sivo-smeđa i glatka. Listovi su prstenasto sastavljeni s pet ili sedam listaka dugačkih do 25 cm. Plod je hrapav, zeleni, blago kruškolik tobolac koji sadrži do tri tamnosmeđe sjemenke. Bijelo lagano drvo je dugi niz godina bilo korišteno za izradu kutija (Russell i Cutler, 2003.).

2.1.2. Žuti divlji kesten (*Aesculus flava L.*)

Ovo listopadno drvo, katkad nazvano *Aesculus octandra* ili slatki divlji kesten, 1764. godine uvezeno je iz Sjeverne Amerike u Europu. *Flava* znači žuti i odnosi se na žute cvjetove koji se pojavljuju početkom ljeta. Kora je smeđe-siva, u zrelosti se ljušti u velikim nepravilnim ljuskama. Listovi su prstenasto sastavljeni, s pet oštro nazubljenih tamnih listaka dugačkih do 15 cm. Plod, odnosno dvije smeđe sjemenke zatvorene su u glatkom okruglom tobolcu promjera do 5 cm (Russell i Cutler, 2003.).

2.1.3. Japanski divlji kesten (*Aesculus turbinata L.*)

Ovo listopadno drvo u Japanu se najčešće uzgaja kao ukrasna vrsta. Kora je smeđa i ljuskasta. Listovi su prstenasto sastavljeni s pet ili sedam nazubljenih listaka dugačkih do 40 cm. Cvjetovi su žućkasto-bijeli s crvenom mrljom i pojavljuju se u uspravnim metlicama dugačkim do 25 cm. Plod je jajoliki tobolac koji se sastoji od dvije do tri smeđe sjemenke (Russell i Cutler, 2003.).

2.1.4. Obični divlji kesten (*Aesculus hippocastanum L.*)

Prirodna rasprostranjenost divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*) ograničena je na Balkanski poluotok (Albanija, Bugarska, Grčka i Makedonija), međutim, znanje o njegovom prirodnom staništu bilo je nerazjašnjeno sve do kraja devetnaestog stoljeća (Ballian i sur., 2009.). Do tada, vjerovalo se da mu je domovina zapadna Azija pa otuda i francuski naziv *maronier de l´Inde* (Šumarska enciklopedija, svezak 2, 1983.). Tijekom 1576. godine prenesen je u Beč, preko Carigrada, a potom dalje kroz srednju i zapadnu Europu, gdje je postao omiljeno stablo u parkovima, vrtovima i alejama (Ballian i sur., 2009.). Vjeruje se da su ga prenijeli turski konjanici koji su njegove sjemenke upotrebljavali kao lijek protiv konjske bolesti sakagije otkuda i naziv konjski kesten (Šumarska enciklopedija, svezak 2, 1983.). U narodu se još upotrebljavaju nazivi divlji koštanj, gorki kesten i mađal (Ballian i sur., 2009.).

Tablica 1. Taksonomska klasifikacija običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)

Carstvo	*Plantae*
Odjeljak	*Magnoliophyta*
Razred	*Magnoliopsida*
Red	*Sapindales*
Porodica	*Sapindaceae*
Rod	*Aesculus*
Vrsta	*Aesculus hippocastanum L.*

Izvor: http://www.plantea.com.hr/divlji-kesten/

2.2. Morfologija običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)

Divlji kesten (*Aesculus hippocastanum L.*) listopadno je drvo visine od 20 do 30 m. Krošnja mu je ovalno okrugla. Kora je dosta tanka, tamnosmeđa, u mladosti ostaje dugo glatka, a u starijoj dobi postaje crno-smeđa i ispucava u plitkim brazdama na mala, uzdužna, gotovo pravokutna polja (Šumarska enciklopedija, svezak 2, 1983.). Izbojci su ravni, debeli, goli, svijetlosmeđi ili sivosmeđi, često pokriveni okruglastim lenticelama (Tomić, 2010.). Pupovi su krupni i debeli, sjajni, pokriveni većim brojem tijesno priljubljenih, izvana ljepljivih ljusaka. Vršni je pup najkrupniji (dugačak do 2.5 cm) i iz njega se razvija cvjetna grančica.



Slika 1. Stablo običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)

Izvor:http://hortiholicarke.blogspot.hr/2014/09/aesculus-hippocastanum-divlji-kesten.html

Listovi su krupni, sastoje se od pet do devet prstoliko raspoređenih, obrnuto jajolikih, pri osnovi klinasto suženih i na rubovima nazubljenih listića, koji se nalaze na vrhu

zajedničke peteljke dugačke 15 do 20 cm (Šumarska enciklopedija, svezak 2, 1983). Srednji je listić najkrupniji, a donja dva najmanja. Odozgo su tamnozeleni, a odozdo svjetliji (Tomić, 2010.).



Slika 2. Listovi običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)

Izvor: https://www.profil-klett.hr/razliciti-oblici-listova-biljaka

Cvjetovi su dvospolni, zigomorfni, javljaju se potkraj svibnja i početkom lipnja, bijele su boje. Imaju oblik uspravnih metlica, dugih 20 – 30 cm. Pri osnovi su cvjetne latice prošarane sitnim linijama crvene i žute boje. Cvjetovi tijekom cvatnje nisu fertilni. Do oplodnje dolazi samo kod donjih cvjetova, koji se razvijaju u velike, okrugle, zelene, bodljikave plodove, koji se svijaju prema dolje na nabubrenoj cvjetnoj osi (Tomić, 2010.).



Slika 3. Cvijet običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)

Izvor: https://zksenija.blogspot.hr/2006/10/divlji-kesten-nai-naunici-ga-iz-milja.html

Plod je tobolac promjera oko 6 cm, sa zelenim bodljikavim omotačem u kojemu su smještene jedna do tri sjemenke. Nakon dozrijevanja, u rujnu i listopadu, plod puca na tri dijela. Sjemenke su krupne, okruglaste i neznatno spljoštene. Površina im je pokrivena čvrstom, smeđom i sjajnom lupinom, neugodnog su mirisa i vrlo gorkog okusa. Rado ih jedu životinje (ovce, svinje i konji) (Tomić, 2010.).



Slika 4. Plod običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)

Izvor: http://fitoaromaterapija.hr/divlji-kesten/

2.3. Ekološko – biološke osobine običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)

Obični divlji kesten je arktotercijarni endemit južnog i jugoistočnog dijela Balkanskog poluotoka. Prirodno je rasprostranjen u Albaniji, srednjoj i sjevernoj Grčkoj, na prostoru Makedonije, kao i na ograničenom području u istočnoj Bugarskoj (Ballian i sur., 2009.).



Slika 5. Rasprostranjenost običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)

Izvor: Šumarska enciklopedija, svezak 2, 1983.

Drvo je nizinskih, vlažnih šuma i najbolje uspijeva na pjeskovitim riječnim nanosima. Zbog toga, za svoj optimalni razvoj, traži srednje duboka, rahla, srednje vlažna i hranjiva tla, osobito humusnu pjeskovitu ilovaču. Otpali listovi brzo se rastvaraju i popravljaju tlo. Pogoduje mu umjereno topla klima, ali uspijeva i u hladnijoj kontinentalnoj. Dobro podnosi sjenu (Šumarska enciklopedija, svezak 2, 1983.), hladnoću i sušu (Šilić, 1990.).

Divlji kesten vrlo rano postiže spolnu zrelost. Stabla razvijaju fertilne plodove već nakon 10-15 godina (Šumarska enciklopedija, svezak 2, 1983.). Iako u prirodi raste samoniklo i razmnožava se kukcima, obični divlji kesten može se razmnožavati i sjemenkama kojima je potrebno tri do četiri tjedna da isklijaju (www.plantea.com). U ranoj mladosti raste brzo i u kratko se vrijeme počinje razgranjivati u široku krošnju, zbog čega je deblo uvijek dosta

kratko (Šumarska enciklopedija, svezak 2, 1983.). Potreban mu je veliki prostor za uspijevanje, budući da raste do 8 metara u širinu i do 30 metara u visinu (www.plantea.com). Ukorjenjuje se plitko, ali obilno. Znatna je izbojna snaga iz panja. Postoji niz varijeteta koji se ističu ili naročitim uzrastom krošnje ili bojom cvjetova ili različitim oblikom listića.

Vrijednost divljeg kestena nije u njegovu drvetu. U kori ima glukozida (*aesculin*) koji se koristi u medicini. Sjemenke su bogate bjelančevinama i škrobom te se koriste kao stočna hrana (Šumarska enciklopedija, svezak 2, 1983.).

Budući da mu je prirodno stanište Balkanski poluotok, prati ga naziv „balkanski ljepotan“ (www.gospodarski.hr). Zbog iznimnih ukrasnih svojstava često se grupno ili pojedinačno uzgaja u parkovima te drvoredima. Postoji mnoštvo hortikulturnih oblika. Jedna je od najljepših samoniklih vrsta drveća na europskom kontinentu (Šilić, 1999.).

2.4. Kemijski i nutritivni sastav običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)

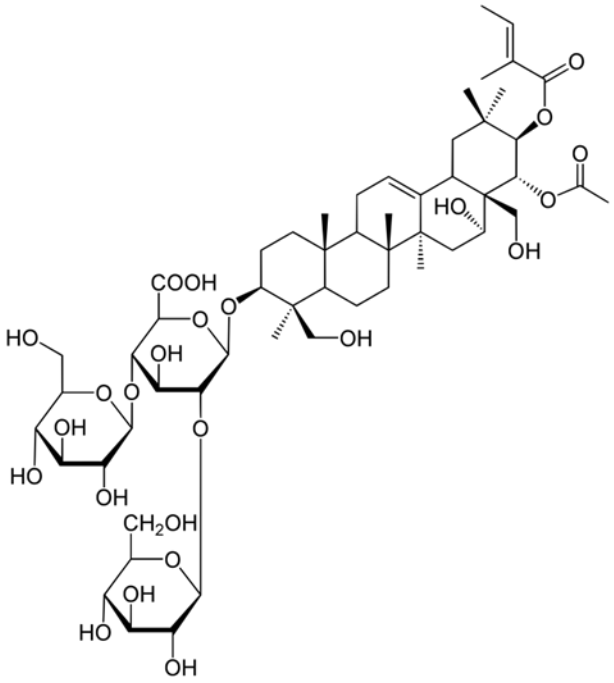
Plod divljeg kestena sadrži 30 – 40% vode, 38 – 42% škroba, 5.2 – 10.8% bjelančevina, 3.0 – 7.2% masti, 1.6 – 2.8% celuloze (www.svetbiljaka.com) i 0.98% mineralnih tvari (Šumarska enciklopedija, svezak 2, 1983.). Sadrži saponin escin, tanine, flavonske i kumarinske derivate kao i vitamine B1, C i P (www.vitamelmelem.com).

Energetska vrijednost kilograma ploda kestena kreće se od 12.570 do 16.600 J (www.svetbiljaka.com).

Budući da je gorkog okusa, ne koristi se za prehranu ljudi. Svoju primjenu je pronašao u ishrani stoke (osobito konja) te kao lijek protiv plućnog enfizema konja.

Najdjelotvorniji kestenov spoj je saponin escin.

Escin je smjesa nekoliko različitih saponozida. Sastoji se od: titerpenskih oligoglikozida, escina 1a, 1b, 2a, 2b, 3a, aciliranipolihidroksioleanenskih triterpenskih oligoglikozidnih escina 3b, 4, 5, 6, izoescina 1a, 1b, 5 te sapogenolihipokeskulina baringtogenola-C. Ima protuupalno djelovanje, jača stjenke krvnih žila, pospješuje cirkulaciju, pospješuje izlučivanje vode iz tijela, razrjeđuje krv te sprečava njezino grušanje.



Slika 6. Escin

Izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Escin_Ia.svg

Također, eksperimentalno je dokazano da divlji kesten sadrži znatne količine vitamina P koji povećava otpornost kapilara, smanjuje njihovu propusnost i poboljšava mikrocirkulaciju. Pomaže u jačanju otpornosti protiv infekcija jer pridonosi boljem učinku vitamina C. Najčešći simptomi pomanjkanja su sklonost modricama i krvarenju, pucanje kapilara, bolesti venskog sustava (www.vašezdravlje.com).

2.5. Bolesti i štetnici

U drvoredima i parkovima, rjeđe u šumi, javlja se smeđa pjegavost uzrokovana gljivom *Guignardia aesculi*. Sve češće se pojavljuje venuće i gubitak lišća, koje postupno, ali prerano posmeđi, a uzročnik je gljiva *Verticillium alboatrum*. Drvo starijih stabala vrlo je osjetljivo na trulež. Najprije zahvaća unutrašnji dio pa se izvana odmah ne manifestira. Najčešći uzročnici truleži su *Ganoderma applanatum* i *Laetiporus sulphureu* (Šumarska enciklopedija, svezak 2, 1983.).

Unatoč navedenim bolestima koje napadaju obični divlji kesten, najznačajniji štetnik gradskog zelenila danas je kestenov moljac (Harapin,1999.).

2.5.1. Kestenov moljac (*Cameraria ohridella*)

Kestenov moljac (*Cameraria ohridella*) otkriven je u Makedoniji 1985. godine, a od svog otkrivanja migrirao je na sjeverni, zapadni i središnji dio Europe.

Najznačajniji je štetnik divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*). Odrasli leptir naraste do 5 mm. Prsište mu je zlatno-oker, a zadak sive boje. Prednja krila su sjajne svjetlosmeđe boje s tri poprečne srebrnobijele pruge, omeđene crnim rubom. Stražnja krila su tamnosive boje s dugim resicama. Raspon krila mu je od 6 do 8 mm.

Štetu na listu kestena ne čini odrasla jedinka nego ličinka. Krajem travnja počinje razdoblje leta moljca te polaganje jaja. Jaja polažu pojedinačno na gornju površinu lišća kestena. Ličinke se hrane i razvijaju unutar lišća, a dva do tri tjedna kasnije, mogu se primijetiti prve male mine (bušotine na lišću). Obično se u jednoj mini nalazi jedna gusjenica, ali kod jače invazije može doći do međusobnog spajanja pojedinačnih mina u jednu zajedničku. Nastankom mina smanjuje se asimilacijska površine lista. Opadanjem lišća iscrpljuju se i rezerve škroba te se povećava predispozicija za druge štetne utjecaje (Harapin,1999.).

Kestenov moljac se suzbija tretiranjem lišća (folijarno), ili ubrizgavanjem insekticida u deblo (endoterapeutska metoda) (Mešić,2012).

2.6.Uporaba običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)

Obični divlji kesten (*Aesculus hippocastanum L.*) nije ni u kakvom srodstvu s pitomim kestenom (*Castanea sativa L.*) i botanički se radi o dvije potpuno različite porodice koje su isto ime dobile zbog sličnosti plodova (www.gospodarski.hr). Latinski naziv divljeg kestena dolazi od grčkih riječi *esca*, što znači hranjivost i *hippocastanum* što doslovno prevedeno znači “konjski kesten”, dakle kesten jestiv za konje, ali ne i za ljude.

U tradicionalnoj medicini koriste se pripravci iz kore, listova, cvjetova i sjemenki, dok se u modernoj fitoterapiji koriste samo pripravci od sjemenki za koje je dokazano kliničko djelovanje (www.gospodarski.hr).

Ljekoviti dijelovi biljke su cvjetovi koji se sabiru u svibnju te kora i zreli plodovi koji se sakupljaju u rujnu i listopadu. Ljekovite djelotvorne tvari su glikozid eskulin, saponini, tanin, smola, masna ulja, flavonoidi i kumarini. Budući da sadrži oko 40% škroba, krajem 18. stoljeća počinje se koristiti za proizvodnju ljepila. Upotrebljava se kao sirovina za izradu velikog broja galenskih i industrijskih farmaceutskih pripravaka za liječenje venoznih oboljenja.

Glikozid eskulin, koji ima svojstvo upijanja ultraljubičastih zraka, koristi se u izradi masti koje se koriste protiv sunčanih opeklina. Saponin escin se koristi kod liječenja bolesnih vena i kapilara, natečenih i proširenih vena. Također se izrađuju alkoholne tinkture koje pomažu kod hemoroida te gelovi i tekući ekstrakti koji se koriste kod lišajeva i proširenih vena. Tinktura, koja se dobiva iz pupova i cvjetova divljeg kestena, koristi se za masažu kod reumatizma, neuralgija i gihta (www.vašezdravlje.com).

Vitamin P se koristi u proizvodnju pripravaka koji povećava otpornost kapilara, smanjuje njihovu propusnost te pomaže pri stvaranju otpornosti prema infekcijama.

Listovi divljeg kestena se upotrebljavaju protiv moljaca, za pranje te jačanje korijena kose.

U narodnoj medicini od sjemenki se rade kapi, masti, kupke i oblozi.

Danas se sve manje sadi zbog bolesti koju prenosi kestenov moljac, a koja uzrokuje brzo sušenje listova i odumiranje dijela stabla (www.gospodarski.hr).

2.7. Obnovljivi izvori energije

Obnovljivi izvori energije su izvori energije koji se dobivaju iz prirode te se mogu obnavljati. Sve su veći zahtjevi za njihovo korištenje zbog manjka konvencionalnih izvora energije, kao i zbog neškodljivosti prema okolišu. Iako imaju mnogo prednosti, još ih se ne koristi ni približno dovoljno.

Ulaganje u obnovljive izvore energije važno je zbog:

- smanjenja emisije ugljičnog dioksida (CO_2)
- povećanja energetske održivosti sustava
- smanjenja ovisnosti o uvozu energetskih sirovina i električne energije (www.izvorienergije.com)

Obnovljivi izvori energije mogu biti u obliku:

- energije vjetra
- energije vode
- sunčeve energije
- energije vodika
- energije biomase

Republika Hrvatska ima veliki potencijal za proizvodnju bioplina iz biomase. U planu je da se do 2020. godine proizvede oko 2,6 PJ energije iz bioplina, odnosno oko 100 milijuna m^3 bioplina (www.obnovljivi.com).

2.7.1. Biomasa

Biomasa je organska tvar nastala raspadanjem organizama biljnog i životinjskog podrijetla. Koristi se za proizvodnju obnovljivih izvora energije, kao što su bioplin, biodizel, biobenzin (etanol), dok se suha masa može mljeti u sitne komadiće (pelete).

Prednost biomase u odnosu na fosilna goriva je neusporedivo manja emisija štetnih plinova i otpadnih tvari. Smatra se da je opterećenje atmosfere s CO_2, pri korištenju biomase kao goriva, zanemarivo. Proizvodnja i korištenje biomase u energetske svrhe doprinosi zaštiti tla, vode te povećava bioraznolikost.

Glavna prednost biomase, u odnosu na fosilna goriva, jest njena obnovljivost.

Biomasa se dijeli na:

a) Drvnu biomasu (ostaci iz šumarstva, otpadno drvo)
b) Drvnu uzgojenu biomasu (brzorastuće drveće)
c) Nedrvnu uzgojenu biomasu (brzorastuće alge i trava)

d) Različite vrste otpada (otpad i ostaci iz poljoprivrede, životinjski otpad i ostaci, gradski i industrijski otpad) (www.izvorienergije.com)

Postupci prerade i uporabe biomase su:

- Kompostiranje – u svrhu dobivanja gnojiva
- Anaerobna digestija – u svrhu dobivanja metana i taloga koji se koristi kao gnojivo
- Fermentacija i destilacija – u svrhu dobivanja etilnog alkohola
- Destruktivna destilacija – u svrhu proizvodnje metilnog alkohola iz otpada bogatog celulozom
- Piroliza – u svrhu proizvodnje zapaljivog plina i ugljena, zagrijavanjem organskog otpada bez prisutnosti zraka
- Spaljivanje – u svrhu dobivanja topline i električne energije
- Uporaba celuloznih vlakana za proizvodnju građevinskog materijala, biorazgradive plastike i papira (www.tehno-dom.hr)

2.7.2. Bioplin

Jedan od obnovljivih izvora energije dobiven iz biomase je bioplin. To je smjesa metana, ugljikovog dioksida, s manjim udjelima vodene pare, kisika, dušika, amonijaka, vodika i sumporovodika. Sastav plina najčešće je određen sastavom supstrata, tijekom fermentacijske reakcije, operativnim parametrima i različitim tehničkim preduvjetima toplinskog postrojenja (Špicnagel, 2014.)

Tablica 2. Kemijski sastav bioplina

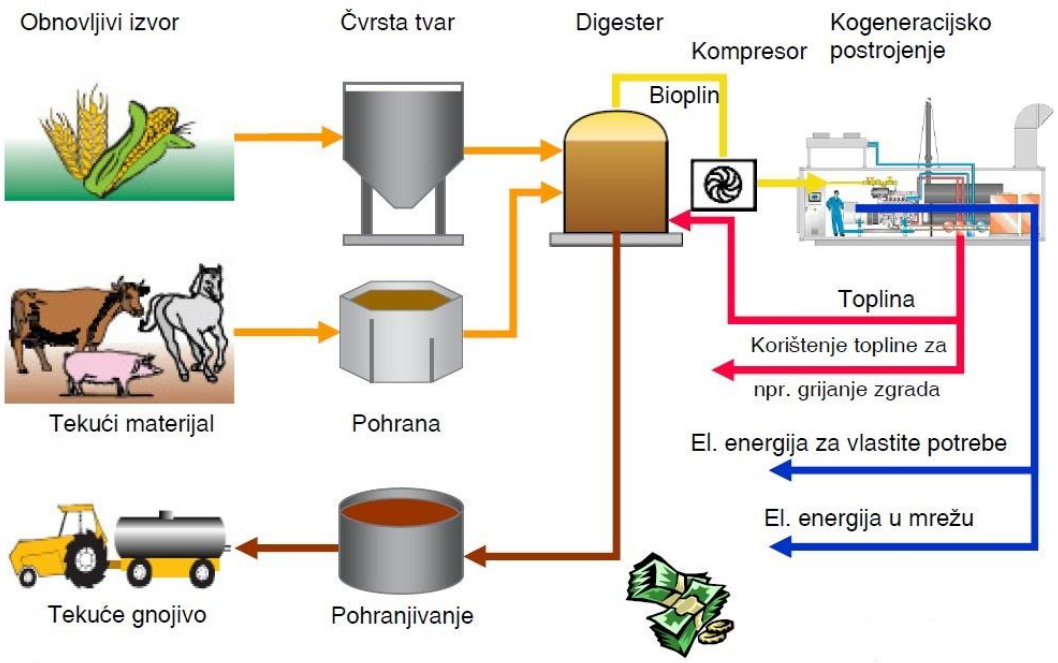
Kemijski spoj	Kemijska formula	Udio	Volumen %
Metan	CH_4	50 – 75	%
Ugljikov dioksid	CO_2	25 – 45	%
Sumporovodik	H_2S	< 1	%
Amonijak	NH_3	< 1	%
Vodena para	$H_2O_{(g)}$	2 – 7	%
Kisik	O_2	< 2	%
Dušik	N_2	< 2	%
Vodik	H_2	< 1	%

Izvor: Špicnagel, 2014.

Najzastupljeniji plin u smjesi je metan. Energetska vrijednost bioplina povezana je sa sadržajem metana, stoga je cilj svakog procesa anaerobne digestije postići visoki udio metana u bioplinu. Na svojstva bioplina i udio metana u bioplinu utječe i kemijski sastav supstrata koji se upotrebljava, vrsta bioreaktora te procesni uvjeti pri kojima se provodi proces anaerobne digestije.

Za proizvodnju bioplina kao sirovina koristi se gnoj ili gnojovka u kombinaciji s drugim sirovinama životinjskog ili biljnog porijekla, dakle svaka biomasa. Biljne sirovine koje se koriste za proizvodnju bioenergije su tzv. energetski usjevi, koji predstavljaju poljoprivredne kulture korištene za proizvodnju bioenergije. Energetski usjevi mogu biti jednogodišnji i višegodišnji nasadi.

Bioplin se može upotrebljavati direktnim izgaranjem za proizvodnju toplinske energije (u kogeneracijskim postrojenjima za proizvodnju toplinske i električne energije) ili kao pogonsko gorivo za vozila. Ukoliko se distribuira u plinsku mrežu ili ako se koristi kao gorivo, mora se pročišćavati (www.big-eact.eu).



Slika 7. Rad sustava na bioplin (poljoprivreda)

Izvor: http://www.duing.hr/nasa-ponuda/mtu

Europska Komisija važnost bioplina navodi u Direktivi 2009/28/EC koja se fokusira na proizvodnji energije iz obnovljivih izvora. Proizvodnja bioplina iz postojećih izvora ima pozitivan učinak na društveno – gospodarske i ekološke segmente (Špicnagel, 2014.).

Tablica 3. Prednosti proizvodnje bioplina

EKOLOŠKI SEGMENTI	DRUŠTVENI SEGMENTI	EKONOMSKI SEGMENTI
- Zatvoren ciklus hranjiva - Zamjena fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije - Smanjenje emisije stakleničkih plinova - Smanjenje količine otpada - Smanjenje potrošnje vode pri proizvodnji bioplina - Zamjena mineralnih goriva digestatom - Veterinarska sigurnost digestata (temperatura inaktivira patogene i sjeme korova)	- Stvaranje novih radnih mjesta - Poticanje održivog razvoja zajednice - Praćenje zacrtanih ciljeva Europske Komisije i članica EU - Mala površina potrebna za izgradnju - Smanjenje neugodnih mirisa - Razvoj lokalne zajednice	- Smanjenje ovisnosti o uvozu fosilnih goriva - Kreiranje profita upotrebom postojećih „otpadnih resursa“ - Stvaranje novih rasnih mjesta - Ostvarivanje dodatnih prihoda (Poljoprivredni sektor)

Izvor: Špicnagel, 2014.

2.7.2.1. Proizvodnja bioplina anaerobnom digestijom

Anaerobna digestija je proces razgradnje složenih organskih spojeva, djelovanjem različitih mikroorganizama (Špicnagel, 2014.), u zatvorenom sustavu bioplinskog postrojenja (fermentoru) u strogo kontroliranim uvjetima (bez kisika) (Bilandžija i sur., 2009.), pri čemu nastaju digestat i bioplin. U prirodi se može pronaći i na morskom dnu, kao i u želucima preživača.

S obzirom na raznovrsnost supstrata koji se dodaju u postrojenje, postoje dva osnovna tipa digestije:

1. Monodigestija – uporaba jednog supstrata (npr. energetskog usjeva)

2. Koodigestija – uporaba dva ili više supstrata (npr. stajnjak i energetski usjevi, te gnojovka i organski otpad iz prehrambene industrije)

Danas, najrasprostranjeniji tip digestije je koodigestija zbog dostupnosti raznovrsnih sirovina, jednostavnijeg upravljanja mikroorganizmima, odnosno izbjegava se manjak pojedinih mikroelemenata (Špicnagel, 2014.).

Kao ulazna sirovina za proizvodnju bioplina, koriste se sljedeće kategorije supstrata:

- stajski gnoj i gnojnica
- ostaci i nusproizvodi iz poljoprivredne proizvodnje
- razgradivi organski otpad iz poljoprivredne i prehrambene industrije (ostaci biljnog i životinjskog podrijetla)
- organski dio komunalnog otpada i otpada iz ugostiteljstva (ostaci biljnog i životinjskog podrijetla)
- otpadni muljevi
- energetski usjevi (kukuruz, sirak, različite vrste trava, djetelina) (Bilandžija i sur., 2009.)

Proces anaerobne digestije čini niz biokemijskih reakcija koje se odvijaju u stanicama različitih mikroorganizama, a pojednostavljeno se može podijeliti u četiri faze: hidrolizu, acidogenezu, acetogenezu i metanogenezu (Špicnagel, 2014.).



Slika 8. Glavne faze u procesu nastanka bioplina

Izvor: Al Seadi i sur., 2008.

Hidroliza

Hidroliza je prva faza anaerobne digestije u kojoj se složene organske tvari hidroliziraju do jednostavnijih spojeva. Razgradnja se odvija djelovanjem hidrolitičkih bakterija iz roda *Bacteroides, Clostridium, Eubacterium, Peptococcus* i *Propinebacterium*, odnosno odgovarajućih enzima. Primjerice, proteini se razgrađuju do aminokiselina djelovanjem proteaza, složeni ugljikohidrati se hidroliziraju do monosaharida (celulaze kataliziraju hidrolizu celuloze, amilaze kataliziraju hidrolizu škroba, ksilanaze ksilana), a lipidi do masnih kiselina i glicerola (djelovanjem lipaza).

Ako se u procesu koristi poljoprivredni otpad, ova faza limitira proces. Poljoprivredni otpad je po kemijskom sastavu lignoceluloza, a lignin je, za razliku od ostalih sastavnica lignoceluloze (celuloza, hemiceluloza), spoj koji hidrolitičke bakterije ne mogu razgraditi (Špicnagel, 2014.).

Acidogeneza

U fazi acidogeneze, produkti hidrolize se, djelovanjem acidogenih bakterija iz roda *Lactobacillus*, *Clostridium* i *Streptococcus*, razlažu do jednostavnijih komponenti. Jednostavni šećeri, aminokiseline i masne kiseline se razlažu u acetate, ugljikov dioksid i vodik (70 %), kao i u hlapljive masne kiseline i alkohole (30 %) (Špicnagel, 2014.).

Acetogeneza

U fazi acetogeneze, hlapljive masne kiseline i alkoholi oksidiraju u acetat, vodik i ugljikov dioksid. Acetogenezu provode isključivo anaerobne bakterije iz roda *Propionibacterium spp.*, *Syntrophobacter spp.* i *Synthromonas spp.* Acetogeneza i metanogeneza se odvijaju usporedno, a nastali vodik u ovoj fazi se tijekom metanogeneze transformira u metan (Špicnagel, 2014.).

Metanogeneza

Ovo je najosjetljiviji i najsporiji dio anaerobne digestije u kojoj se proizvodi većina metana. Proces provode anaerobne bakterije (*Methanococcus, Methanosarcina* i sl.). Većina

metana (oko 70%) nastaje iz acetata, dok preostalih 30% nastaje iz reakcije vodika i ugljikovog dioksida.

$CH_3COOH \longrightarrow CH_4 + CO_2$ (Degradacija octene kiseline; bakterije iz roda *Methanosarcina, Methanotrix*).

$CO_2 + 4\,H_2 \longrightarrow CH_4 + 2\,H_2O$ (Redukcija CO_2 do CH_4; bakterije iz roda *Methanococcus, Methanobacterium*).

Da bi proces anaerobne digestije bio uspješan, sve četiri faze se moraju provoditi pri optimalnim uvjetima temperature i pH vrijednosti, potrebnim za rast anaerobnih mikroorganizama. Pri tome je potrebno osigurati povremeno miješanje supstrata i dostupnost hranjivih tvari. Potrebno je poznavati sastav supstrata i moguće inhibitore procesa te osigurati anaerobne uvjete provedbe procesa (Špicnagel, 2014.).

2.7.2.2. Parametri anaerobne digestije

Svakako jedan od najvažnijih čimbenika uspješnog vođenja bioplinskog postrojenja leži u redovitom praćenju biokemijskih reakcija, analiziranju supstrata i uspostavljanju stabilne sredine u samom digestoru.

Temperatura

Proces anaerobne digestije se može odvijati pri širokom rasponu temperatura od 25 do 70 °C pri čemu se, s povećanjem temperature, povećava i mikrobiološka aktivnost. Mikroorganizmi anaerobne digestije se prema tome klasificiraju u tri temperaturne zone (Tablica 3.) (Špicnagel, 2014.).

Tablica 4. Procesi proizvodnje prema upotrijebljenoj temperaturi

Temperaturna zona	Temperatura (°C)
Psihrofilna	< 25
Mezofilna	25 – 45
Termofilna	45 – 70

Izvor: Špicnagel, 2014.

Radna temperatura se odabire prema vrsti supstrata, a neophodna temperatura se održava putem podnih ili zidnih sustava grijanja unutar digestora. Pri izgradnji bioplinskih

postrojenja, najčešće korišteni pristup je mezofilna reakcija jer uspješno balansira između količine proizvedenog bioplina, stabilnosti anaerobnog procesa i smanjene kompleksnosti praćenja rada postrojenja (Špicnagel, 2014.).

Većina suvremenih postrojenja za proizvodnju bioplina rade na termofilnim temperaturama jer to ima brojne prednosti u odnosu na procese koji se odvijaju na mezofilnim i psihrofilnim temperaturama.

Prednosti procesa proizvodnjetermofilnog procesa:

- učinkovito uništenje patogena
- viša stopa rasta metanogenih bakterija na višim temperaturama
- kraće vrijeme digestije, što proces čini bržim i učinkovitijim
- poboljšana razgradnja i iskoristivost hranjivih tvari iz supstrata
- bolja razgradnja krutih tvari i iskoristivost supstrata
- bolja mogućnost razdvajanja tekuće i krute frakcije supstrata

Nedostaci procesa proizvodnje pri termofilnim temperaturama očituju se u:

- većem stupnju neravnoteže – veća potrošnja energije radi postizanja većih temperaturnih zagrijavanja
- većem riziku od inhibicije amonijakom (www.big-east.eu)

pH vrijednost

pH vrijednost reakcije u digestoru, nakon temperature, najvažniji je faktor u bioplinskoj proizvodnji. Izravno utječe na razvoj mikroorganizama, topivost pojedinih komponenti (NH_4, organske kiseline i sulfidi) i proizvodnju metana. Prema Weilandu, optimalne vrijednosti pH za prve dvije faze mezofilne digestije kreću se u rasponu od 5,2 do 6,3, dok se nastanak metana odvija u relativno uskom spektru vrijednosti od 6,5 do 8,5. Ukoliko je vrijednost reakcije ispod 5,5, stvaranje metana se zaustavlja i umjesto metana, akumuliraju se hlapljive masne kiseline. Pri povećanju pH vrijednosti (pH > 8), amonijak se stvara u puno većoj mjeri od amonijačnog iona (NH_4^+) i dovodi do inhibicije anaerobne digestije. Iz ovog razloga pH vrijednost nije moguće koristiti kao jedini indikator za praćenje procesa, već se on uvijek promatra u korelaciji s drugim parametrima (Špicnagel, 2014.).

Supstrat

Najčešće sirovine za proizvodnju bioplina su:

- stajski gnoj i gnojnica
- ostaci i nusproizvodi iz poljoprivredne proizvodnje
- razgradivi organski otpad iz poljoprivredne i prehrambene industrije
- organski dio komunalnog otpada i otpada iz ugostiteljstva
- otpadni mulj (www.gospodarski.hr)

Kako anaerobni mikroorganizmi imaju posebne zahtjeve glede količine i sastava makronutrijenata i mikronutrijenata, supstrat mora sadržavati optimalan omjer proteina, masti i ugljikohidrata kako bi proces bio stabilan i dao visoke prinose metana.

Svakako najvažnija karakteristika svakog supstrata je potencijal za proizvodnju bioplina (Špicnagel, 2014.).

Hlapljive masne kiseline

Hlapljive masne kiseline su grupa međuspojeva nastalih tijekom procesa anaerobne digestije, odnosno u fazi acidogeneze. Njihova akumulacija je posljedica nestabilne anaerobne digestije što dovodi do sniženja pH vrijednosti u digestoru i zaustavljanja procesa.

Akumulacija hlapljivih masnih kiselina ne odražava se uvijek padom pH vrijednosti, zbog puferske sposobnosti određenih supstrata. Na primjer, ako supstrat ima suvišak alkalnih tvari, što znači da količina hlapljivih masnih kiselina mora biti iznad određene granice prije nego što dođe do pada pH vrijednosti. Sadržaj hlapljivih masnih kiselina je izravno povezan sa sastavom supstrata u digestoru (Špicnagel, 2014.).

Amonijak

Amonijak (NH_4) je važna hranjiva tvar i ima značajnu funkciju u procesu anaerobne digestije. Glavni izvor amonijaka u ovom procesu su bjelančevine. Previsoka koncentracija amonijaka, može potpuno zaustaviti proces digestije. Ovakav slučaj je karakterističan za anaerobnu digestiju gnojnice, radi visoke koncentracije amonijaka u urinu. Kako bi se spriječio inhibitorni učinak, koncentraciju amonijaka u smjesi supstrata treba održavati ispod 80 mg/l (Osman,2015.).

3. Materijali i metode istraživanja

Cilj istraživanja bio je utvrditi bioplinski potencijal divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*), odnosno mogućnost korištenja ploda divljeg kestena za proizvodnju toplinske i električne energije te utvrditi količinu i sastav proizvedenog plina.

Istraživanje je provedeno u Laboratoriju za biomasu i obnovljive izvore energije na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku.

Uzorak usitnjenog ploda divljeg kestena pomiješan je s goveđom gnojovkom uzetom s farme muznih krava ″Orlovnjak″.

Proces anaerobne digestije se odvijao pri termofilnim uvjetima (T > 50 °C) u retencijskom periodu od 35 dana.

3.1. Određivanje sadržaja suhe tvari

Sadržaj suhe tvari u uzorcima utvrđen je sušenjem 100 g svježe tvari uzorka u sušioniku na temperaturi od 75 °C kroz 24 sata, a nakon toga kroz dodatna 3 sata na temperaturi od 105 °C (Thompson, 2001.).

Ukupna suha tvar izračunata je iz podataka svježeg uzorka i suhog uzorka nakon sušenja:

Ukupna suha tvar (%) = [neto suha tvar (g) ÷ neto svježi uzorak (g)] × 100

3.2. Određivanje sadržaja pepela i organske tvari

Ukupan sadržaj pepela i organske tvari određen je žarenjem na 550 °C tijekom 2 sata u peći za žarenje (Thompson, 2001.), a korišteni su uzorci suhe tvari nakon sušenja na 75 °C i sljedeće formule:

Pepeo (%) = [neto masa pepela nakon 550 °C (g) ÷ neto suhi uzorak (g)] × 100

Organska tvar (%) = [1- neto pepela nakon 550 °C (g) ÷ neto suhi uzorak (g)] × 100

3.3. Određivanje pH vrijednosti

pH vrijednost je utvrđena elektrokemijskim mjerenjem direktno u uzorcima.

3.4. Određivanje količine i sastava bioplina

Istraživanje je postavljeno u diskontinuiranom bioreaktoru pri termofilnim uvjetima (T > 50 °C) u dvije grupe (kontrolna grupa i eksperimentalni uzorak) s četiri ponavljanja.

Proizvedeni bioplin je prikupljan kroz slanu zasićenu otopinu u potopljenim graduiranim posudama (720 ml) i svakodnevno je očitavana količina proizvedenog bioplina.

Proizvedeni bioplin je nakon završetka fermentacije analiziran plinskim kromatografom Varian 3900 prema modificiranoj metodi HRN ISO 6974-4 : 2000. Plinskom kromatografijom utvrđen je udio dušika (N_2), ugljikovog dioksida (CO_2) i metana (CH_4).

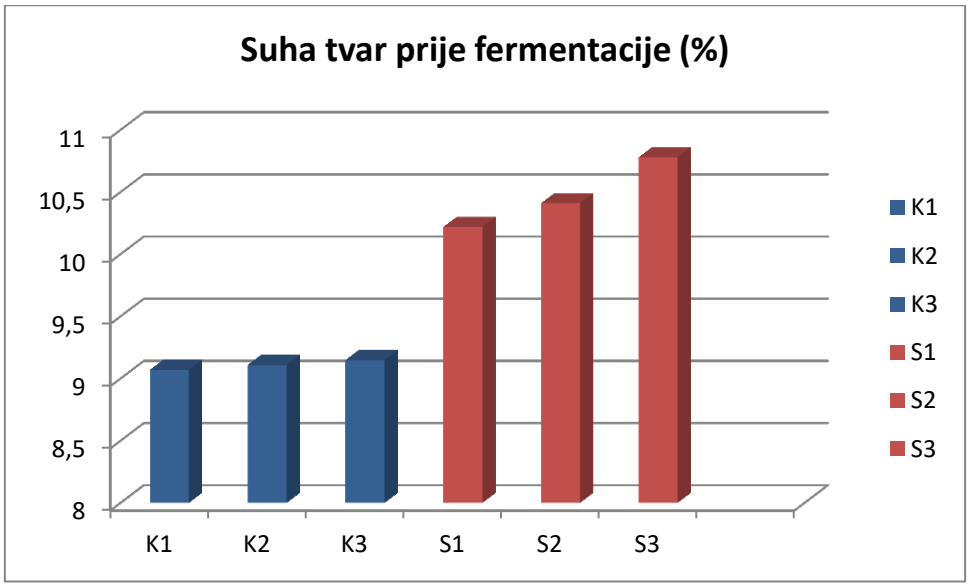
4. Rezultati istraživanja

4.1. Udio suhe tvari i organske tvari u supstratima

Budući da goveđa gnojovka ima nisku koncentraciju suhe tvari, dodavanjem ploda divljeg kestena u goveđu gnojovku, mijenja se udio suhe tvari. U eksperimentalni uzorak dodano je 3% usitnjenog ploda divljeg kestena što uzrokuje razliku u udjelu suhe tvari između kontrolne i eksperimentalne grupe.

Udjeli suhe tvari u kontrolnim uzorcima prije fermentacije iznosili su: 9.07% (K1), 9.11% (K2) i 9.15% (K3). Prosječni udio suhe tvari kontrolnih uzoraka prije fermentacije iznosi 9.11 %.

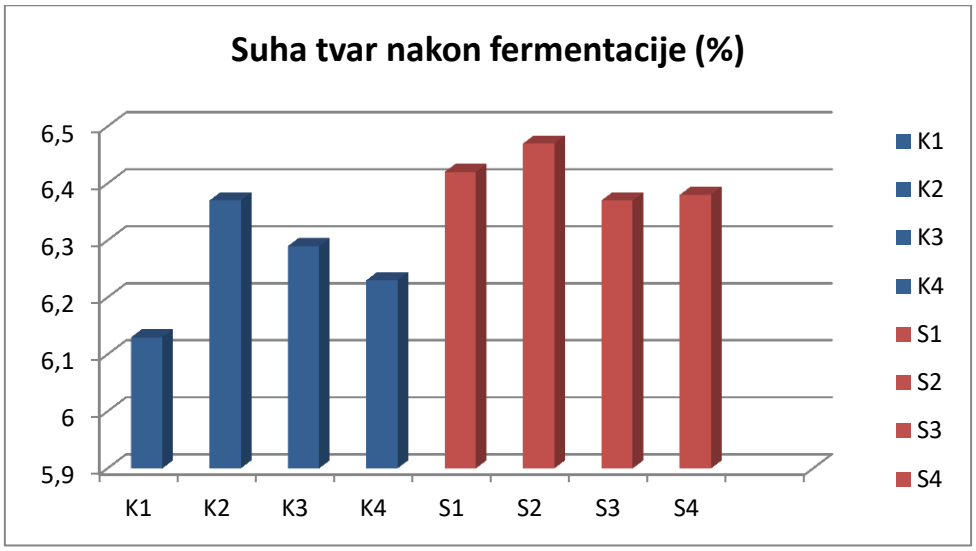
Prije fermentacije, vrijednosti za udjele suhe tvari u eksperimentalnim grupama su bile viši od onih u kontrolnim. S1 iznosi 10,22%, S2 10,41% i S3 10.78%, a prosječna vrijednost suhe tvari u eksperimentalnim uzorcima iznosi 10.47%, odnosno 13% više od udjela u kontrolnim grupama (Grafikon 1.).



Grafikon 1. Udio suhe tvari (%) u supstratima prije fermentacije

Grafikon 2. Prikazuje da se nakon fermentacije prosječni udio suhe tvari u kontrolnim grupama K1, K2, K3 i K4 smanjio na 6.25 %, odnosno za 31.4 %. U eksperimentalnim grupama S1, S2, S3 i S4 prosječni udio suhe tvari nakon fermentacije se smanjio na 6.41 %,

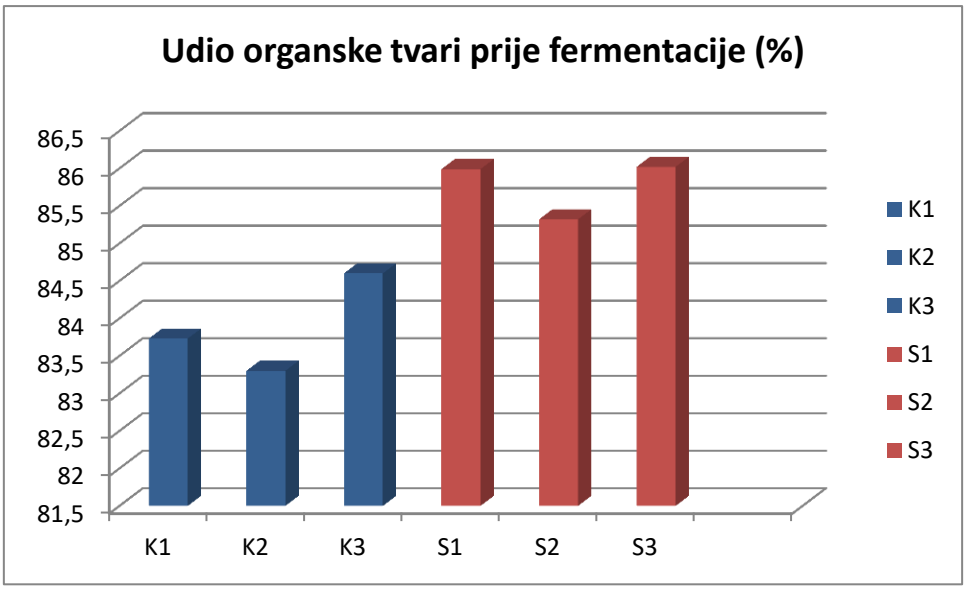
odnosno za 38.78 %. Nakon fermentacije udio suhe tvari u eksperimentalnoj grupi je za 2.5% više nego u kontrolnoj grupi.



Grafikon 2. Udio suhe tvari (%) u supstratima nakon fermentacije

Kao i u procesu fermentacije suhe tvari, očekivano je da će se postotak organske tvari nakon fermentacije smanjiti.

Udjeli organske tvari u kontrolnim uzorcima prije fermentacije su: 83.73% (K1), 83.30% (K2) i 84.6% (K3), a prosječni udio organske tvari svih uzoraka je 83.87%. Udjeli organske tvari u eksperimentalnim uzorcima prije fermentacije su: 85.99% (S1), 85.32% (S2), 86.02% (S3), a prosječni udio je 85.78%.

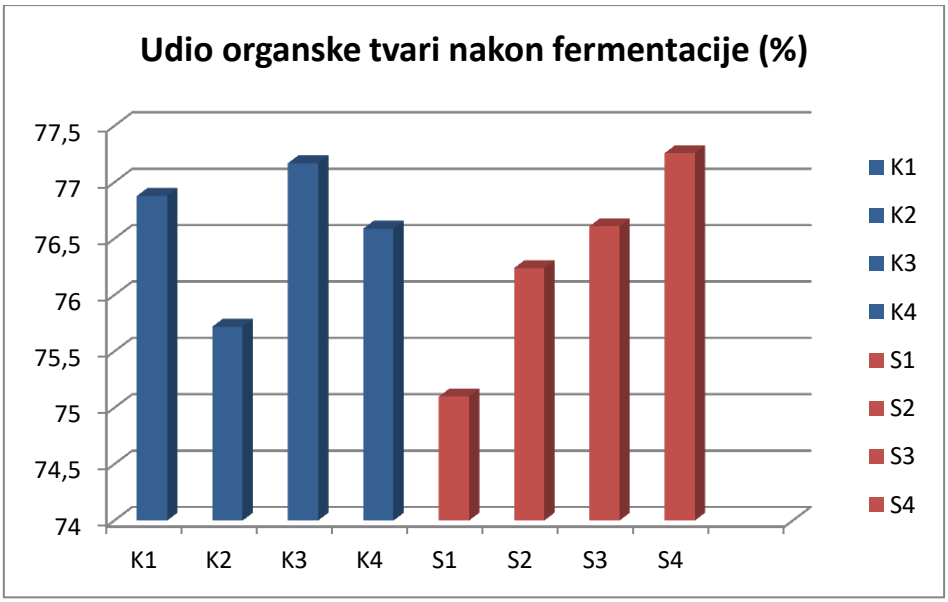


Grafikon 3. Udio (%) organske tvari prije fermentacije

Udio organske tvari nakon fermentacije značajno je smanjen. Prosječni udio svih kontrolnih grupa iznosi 76.6%, dok su vrijednosti za udjele pojedinih grupa organskih tvari iznosile: 76.88% (K1), 75.72 % (K2), 77.19% (K3) i 76.59 % (K4).

Najveći prosječni udio organske tvari u eksperimentalnom djelu zabilježen je u grupi S4 i iznosi 77.26%. Dok su vrijednosti svih uzoraka za ostale eksperimentalne grupe iznosili: 75.1% (S1), 76.24% (S2) i 76.61% (S3).

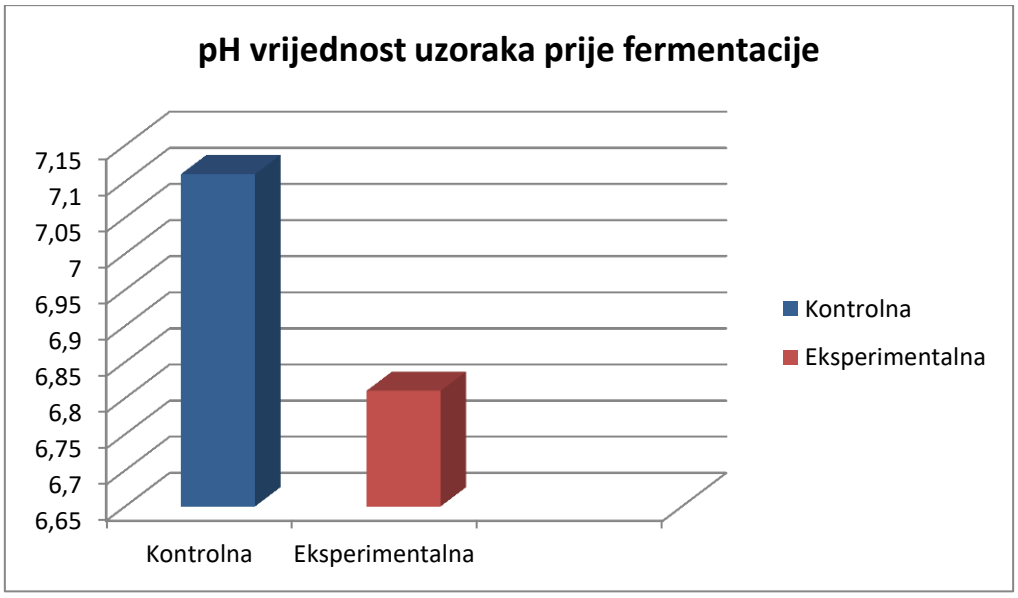
Prosječni udio svih kontrolnih uzoraka organske tvari nakon fermentacije je 76.6%, dakle za 8.67% manje. Prosječni udio organskih tvari eksperimentalne grupe nakon fermentacije iznosi 76.3%, za 11.05% manje.



Grafikon 4. Udio (%) organske tvari nakon fermentacije

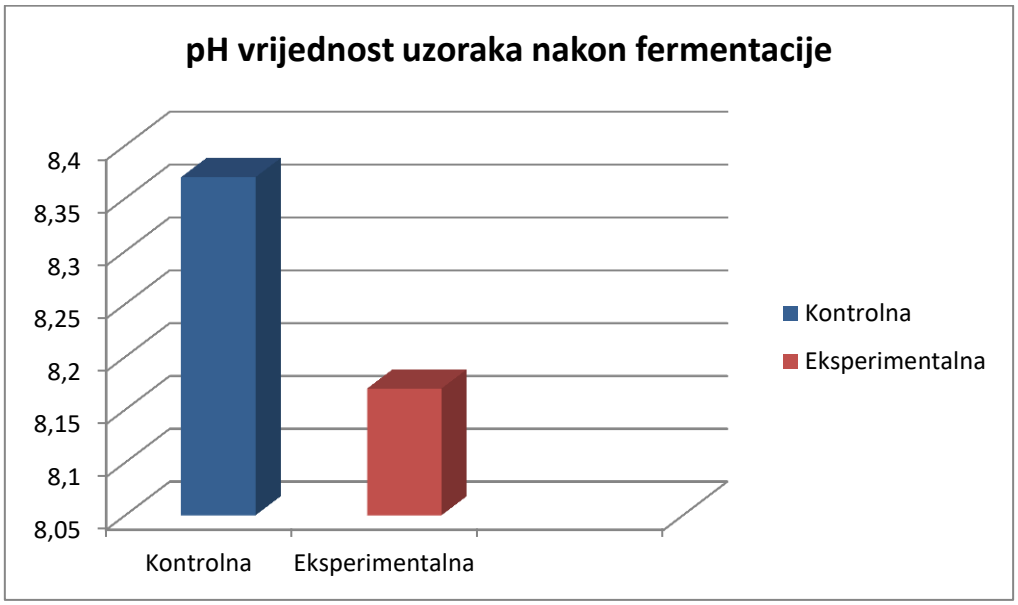
4.2. pH vrijednost

Jedan od ključnih faktora za odvijanje anaerobne digestije je pH vrijednost. U prijelazu iz acetogeneze u metanogenezu fazu, optimalan pH kreće se od 6.5 do 8.0. Mjerenjem kontrolnog uzorka prije fermentacije izmjerena je pH vrijednost 7.11, dok je u eksperimentalnom uzorku mješavine gnojovke i divljeg kestena pH manji, 6.81.



Grafikon 5. pH vrijednost uzoraka prije fermentacije

Nakon fermentacije, prosječna pH vrijednost u kontrolnoj grupi iznosi 8.37, dok je prosječni pH u eksperimentalnoj grupi 8.17. Dakle, procesom fermentacije pH vrijednost se u obje grupe pomiče prema lužnatost (u kontrolnoj za 1.26, a u eksperimentalnoj za 1.36).



Grafikon 6. pH vrijednost uzoraka nakon fermentacije

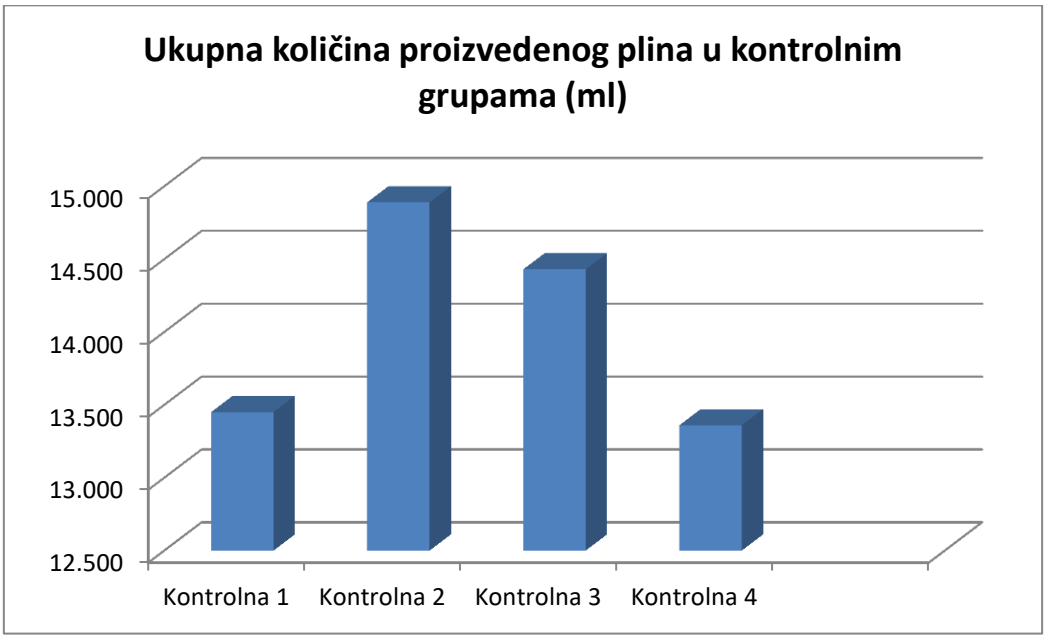
4.3. Količina proizvedenog plina

Zbog kemijskog sastava, odnosno sadržaja škroba, plod divljeg kestena predstavlja potencijalnu sirovinu za proizvodnju bioplina.

Prema rezultatima kontrolnih grupa, ukupna količina plina kontrolnih grupa iznosi 56.130,00 ml, a prosječna proizvodnja bioplina u pojedinim grupama iznosila je 14.032,5 ml. Najveću proizvodnju plina imala je kontrolna grupa K2 u količini od 14.890 ml, dok su rezultati ostalih grupa iznosili 13.450 (K1), 14.430 (K3), a najmanju količinu plina imala je grupa K4 u količini od 13.360 ml plina.

Podijelimo li dobivene vrijednosti svake kontrolne grupe s 500, zapremninom supstrata od 500 ml, dobit ćemo količinu plina po ml svake kontrolne grupe. Njihovim zbrojem i aritmetičkom sredinom dobit ćemo količinu plina od 28,06 ml/ml kontrolne grupe što se jednostavnije može vidjeti u sljedećem izračunu:

$$K1/500 + K2/500 + K3/500 + K4/500 = 112.26 \div 4 = 28.06 \text{ ml}$$

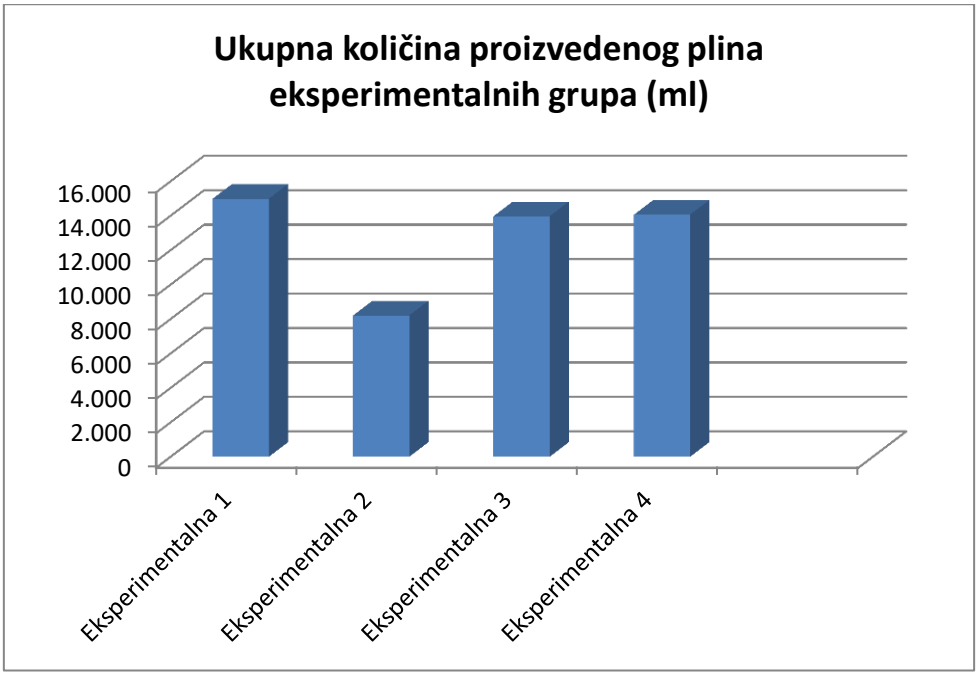


Grafikon 7. Prikaz ukupne količine proizvedenog plina u kontrolnim grupama

U grafikonu 8. prikazana je ukupna količina proizvedenog bioplina tijekom retencijskog perioda od 35 dana nastala iz 500 g supstrata. Od ukupnih 500 g supstrata, 15 g zauzima plod kestena, a 485 g goveđa gnojovka. Proizvedeni bioplin se tijekom procesa

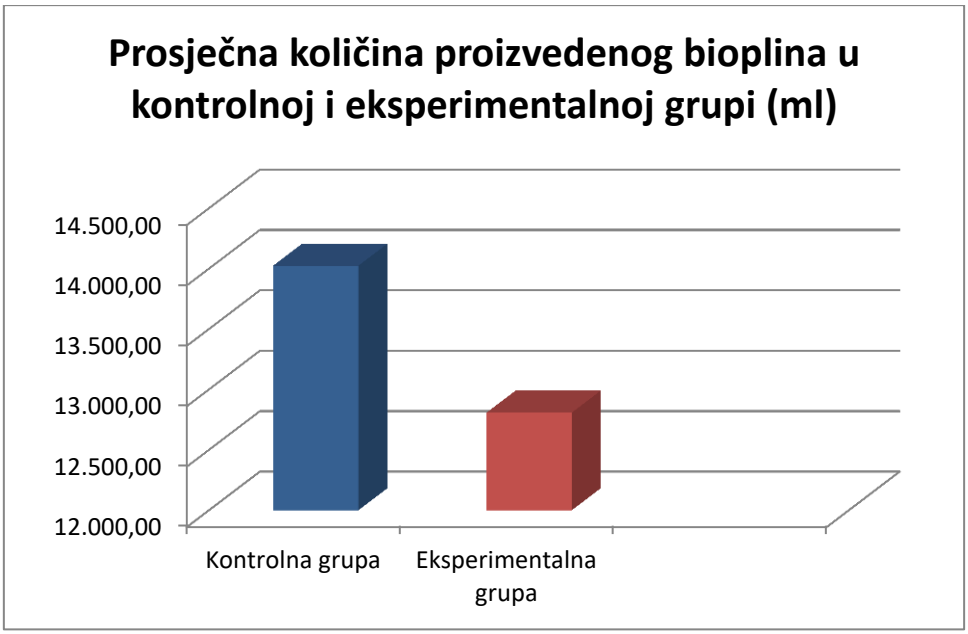
anaerobne digestije prikupljao u graduirane posude zapremnine 720 ml te se količina proizvedenog bioplina bilježila na dnevnoj bazi.

Ukupna količina plina u eksperimentalnoj grupi iznosi 51 230 ml plina. S tim da je najveću količinu plina ostvarila eksperimentalna grupa S1, 14 990 ml, dok je najmanju količinu plina imala grupa S2, 8210 ml plina. Rezultati ostalih grupa su: 13 970 ml (S3) i 14 060 ml (S4). Iako su eksperimentalne grupe S1 i S4 pokazale veće količine plina od prosjeka kontrolnih grupa, ukupna količina plina u eksperimentalnoj grupi je, zbog lošeg rezultata S2 uzorka, manja za 4 900 ml plina, odnosno za 8.73%.



Grafikon 8. Prikaz ukupne količine proizvedenog plina u eksperimentalnim grupama

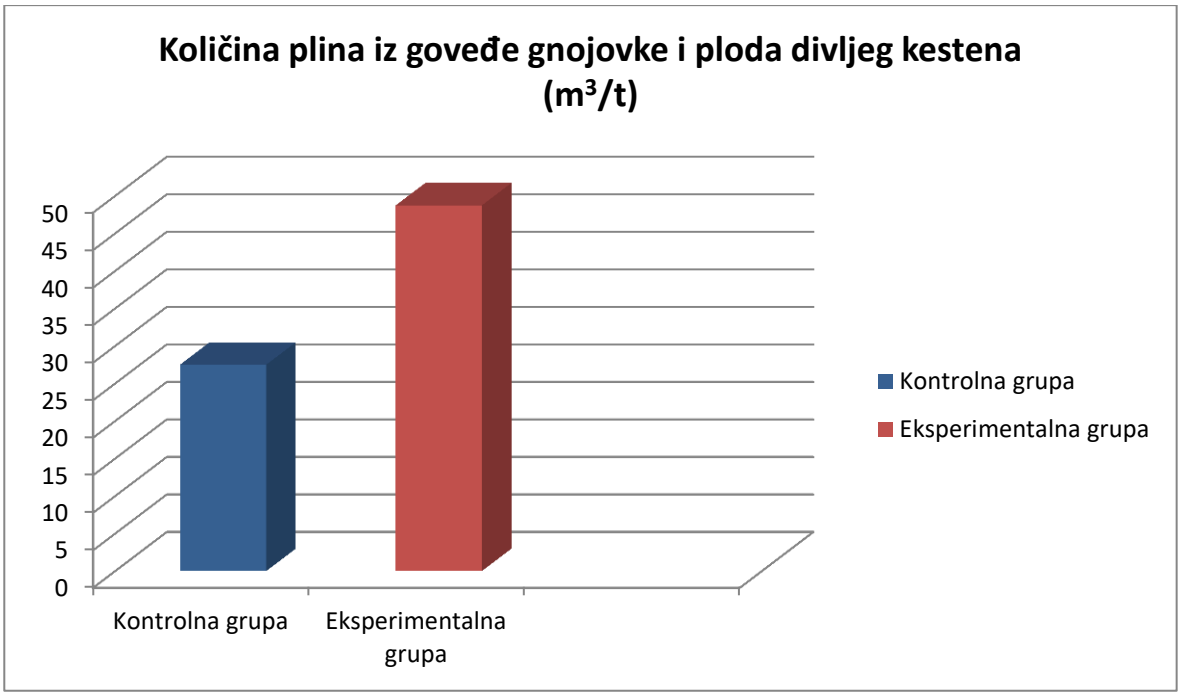
Polazni uzorci u obje grupe sadržavali su 500 g supstrata. Kontrolna grupa se sastojala od 500 g goveđe gnojovke, a eksperimentalna grupa od 485 g goveđe gnojovke i 15 g kestena. Po istom principu kao i kod kontrolnog uzroka računamo količinu plina po ml eksperimentalne grupe i dobijemo količinu od 25.62 ml bioplina/g supstrata.



Grafikon 9. Prikaz prosječne količine proizvedenog plina u kontrolnoj i eksperimentalnoj grupi

U grafikonu 9 možemo vidjeti kako su prosječne vrijednosti proizvedenog plina u kontrolnim grupama (14.032,5 ml) veće od prosječnih vrijednosti proizvedenog plina u eksperimentalnim grupama (12.807,5 ml), odnosno za 1 225 ml plina, tj. 8,73% više.

Kako bi saznali koliko proizvodnji plina pridonosi sam plod kestena potrebno je podijeliti prosječnu količinu proizvedenog plina s polaznih 500 g goveđe gnojovke, odnosno 14.032,5/500 pri čemu dobijemo prosječnu količinu plina po 1 g kontrolnog uzorka, što je u ovome slučaju 28,06 ml plina/g supstrata. Prosječnu količinu bioplina od 28,06 pomnožimo s 485 g kako bi saznali koliko plina od ukupnog sadržaja eksperimentalne grupe otpada na goveđu gnojovku i tako dobijemo rezultat od 13.609,1 ml plina/485 g gnojovke. Ako anuliramo rezultate eksperimentalne grupe S2 zbog njenih negativnih rezultata nastalih zbog loše fermentacije i uzmemo prosječnu količinu plina eksperimentalne grupe S1 (14 990), S3 (13 970) i S4 (14 060) te od tri grupe oduzmemo prosječnu količinu plina iz 485 g goveđe gnojovke (13.609,1) dobit ćemo podatak da eksperimentalna grupa S1 ima količinu od 1.380,9 ml plina /15 grama kestena, S3 360,9 ml plina/15 g kestena, a eksperimentalna grupa S4 450.9 ml plina/ 15 grama kestena. Uzmemo li aritmetičku sredinu ove tri eksperimentalne grupe i podijelimo s 15, dobit ćemo podatak da 1 g ploda divljeg kestena tijekom ovoga procesa proizvede 48.73 ml bioplina, odnosno 48.73 m^3 bioplina/t ploda divljeg kestena (Grafikon 10.).



Grafikon 10. Količina bioplina iz 1 tone goveđe gnojovke kontrolne grupe i 1 tone ploda divljeg kestena izražena u m^3/t

4.4. Dinamika proizvodnje bioplina

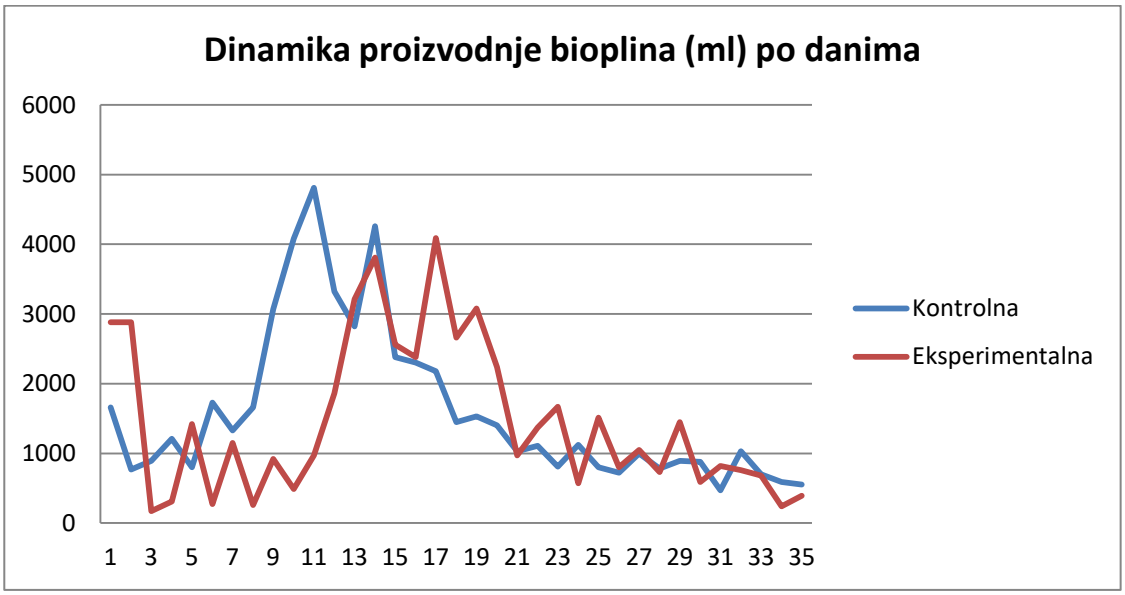
Tijekom 35 dana proizvodnje intenzitet stvaranja bioplina je prilično neujednačen. Ta odstupanja u proizvodnji su vidljiva između početka i kraja procesa i između eksperimentalne i kontrolne grupe.

Iako je dnevna proizvodnja varirala, vidljivo je da je najveća proizvodnja svih uzoraka kontrolnog dijela između 9. i 14. dana procesa, kada je proizvodnja bila konstantno visoka (između 3000 i 4000 ml), dok je nakon toga postupno padala, uz varijacije, između 500 i 2000 ml plina dnevno.

Tijekom eksperimentalnog dijela procesa dobivanja plina, prva dva dana proizvodnje količina sva 4 uzorka je ista, 2880 ml, da bi nakon toga padala uz varijacije te počela rasti 12. dana procesa i bila visoka, uz varijacije, do 19. dana. Od 21. dana proizvodnja počinje padati. Dnevni prosjek svih uzoraka zadnjih 5 dana je 580 ml plina.

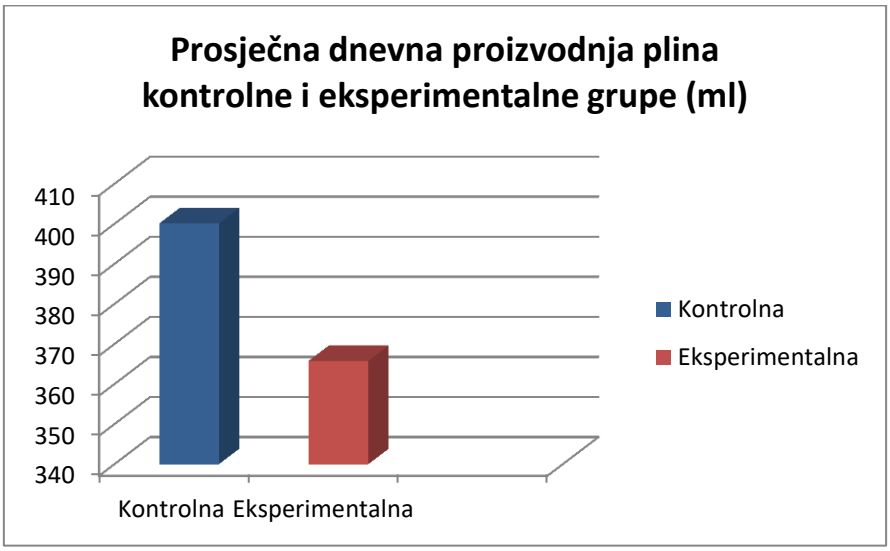
Najveća dnevna razlika svih uzoraka između kontrolne i eksperimentalne grupe je 10. dana procesa, gdje je tijekom eksperimentalnog dijela procesa dobiveno 490 ml plina, a kod kontrolnog dijela 4080, što je 8 puta više, ili 830% više plina. Najmanja dnevna razlika svih

uzoraka između kontrolne i eksperimentalne grupe je 21. dana, kada je proizvodnja kontrolnih uzoraka iznosila 1 030 ml, a u eksperimentalnom dijelu 970 ml, samo 1.06 puta manje. Najveća dnevna proizvodnja plina kontrolne metode jednog uzorka je 1 210 ml (K1 uzorka), a najveća proizvodnja plina eksperimentalne metode je 1 270 ml (S3 uzorka).



Grafikon 11. Dinamika proizvodnje bioplina u ml/dan po prosječnim vrijednostima kontrolne i eksperimentalne grupe

Prosječni dnevni prinos bioplina kod kontrolnih grupa bio je 400.1 ml, dok je kod eksperimentalnog dijela iznosio 365.79 ml, što je za 34.31 ml manje od dnevnog prosjeka kontrolnog dijela, odnosno 8.57% manje (Grafikon 12.).



Grafikon 12. Prosječna dnevna proizvodnja kontrolne (K) i eksperimentalne (S) grupe

4.5. Sastav bioplina

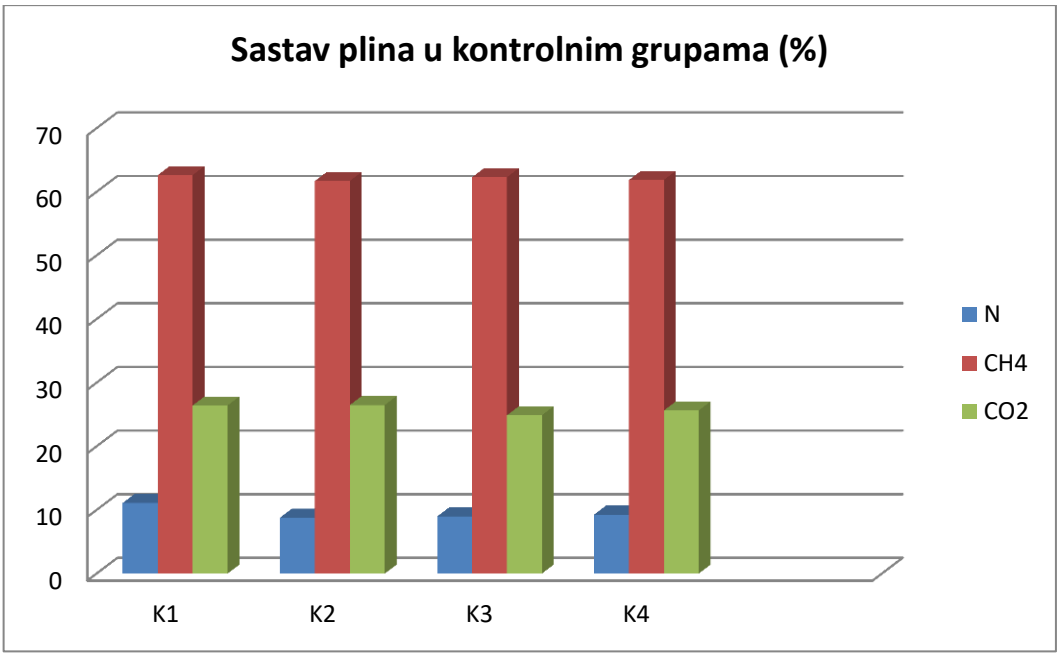
Sastav bioplina ovisi o brojnim čimbenicima kao što su: temperatura, pH, opskrbljenost hranjivima, period retencije, a svi čimbenici su opisani u parametrima anaerobne digestije.

Najvažnije komponente dobivenog bioplina su dušik, metan i ugljikov dioksid.

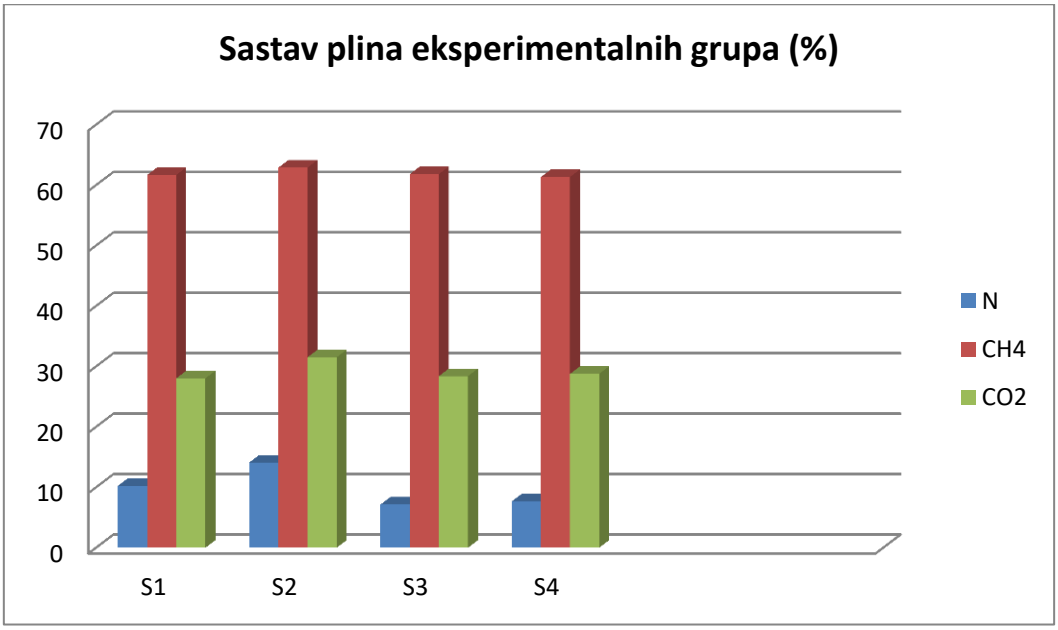
Dušik inhibitorno djeluje na odvijanje metanogeneze. Prosječni sadržaj dušika u kontrolnoj grupi je 9.54%, s tim da je tijekom pokusa najveća zabilježena koncentracija dušika (N) u kontrolnoj grupi iznosila je 11.11 % za grupu K1. Kontrolna grupa K3 imala je koncentraciju od 8.99 % dušika, a kontrolna grupa K4 imala je koncentraciju od 9.28 % dušika (N). Najmanja koncentracija dušika (N) u kontrolnim grupama zabilježena je u grupi K2 u koncentraciji od 8.79 %. Tijekom procesa proizvodnje bioplina koncentracija dušika se naglo smanjuje, nakon 3. dana pada uglavnom ispod 10%, te nastavlja padati, uz velike varijacije, do kraja procesa.

Kada metan dosegne koncentraciji između 50 – 60% počinje metanogeneza. Rezultati pokazuju da se proces metanogeneze u S1, S2 i S3 počeo odvijati šestoga dana, a u S4 sedmoga dana procesa. Vidljivo je da je prosječna koncentracija metana slična u svim uzorcima kontrolnih grupa. Najveća koncentracija metana zabilježena je u kontrolnoj grupi K1 u koncentraciji od 62.62 %. U K3 je 62.30 %, a K4 61.87 %. Najmanja količina metana zabilježena je kontrolnoj grupi K2 u koncentraciji od 61.71 %. Prosječna koncentracija metana u kontrolnom dijelu je 62.125.

Koncentracija ugljikovog dioksida također je podjednaka u svim skupinama. Najveća zabilježena koncentracija CO_2 zabilježena je u kontrolnoj grupi K2 u koncentraciji od 26.49%, dok je najniža količina ugljikovog dioksida (CO_2) zabilježena u kontrolnoj grupi K3 (24.89%). K1 sadrži 26.42% , a K4 sadrži 25.64 (Grafikon 13).



Grafikon 13. Prikaz sastava plina kontrolnih grupa (%)



Grafikon 14. Prikaz sastava plina eksperimentalnih grupa (%)

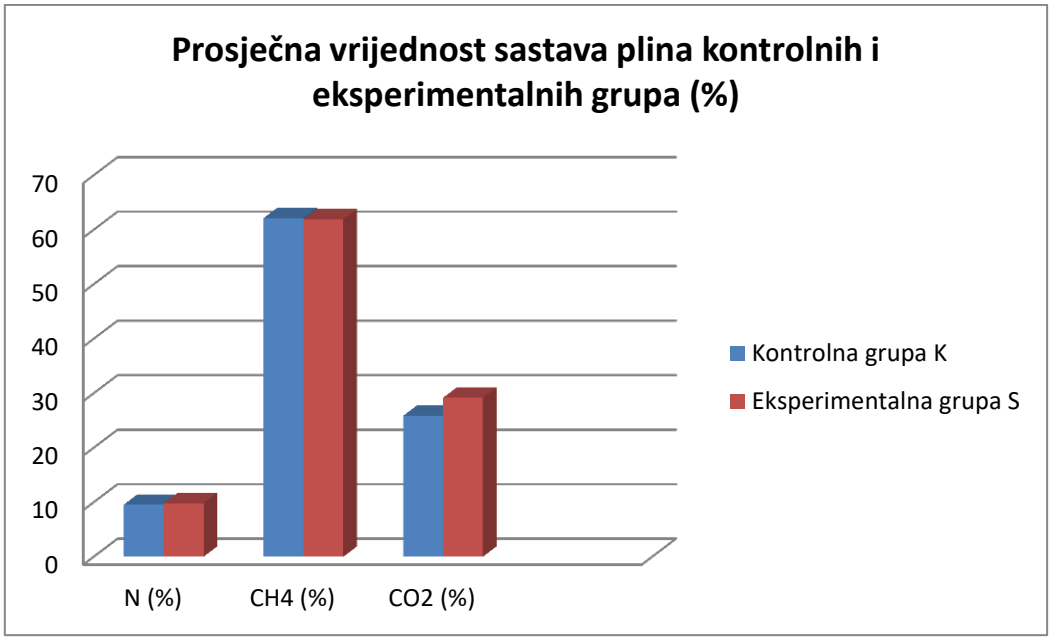
U grafikonu 14 prikazani su udjeli pojedinih komponenata plina u eksperimentalnim grupama. Osim eksperimentalne grupe S2, vidljivo je značajno smanjenje koncentracije dušika (N). Najveću količinu dušika ima eksperimentalna grupa S2, s postotnim udjelom od 14.09 dok najmanju ima grupa S3, gotovo dvostruko manje, s udjelom od 7.15% dušika. S1

grupa sadrži 10.25% dušika, a S4 grupa 7.67%. Prosječni sadržaj dušika eksperimentalne grupe je 9.76%.

Gledajući postotni rast metana vidljivo je da proces metanogeneze započinje 6. dana procesa, a najveća vrijednost metana (CH_4) zabilježena je u eksperimentalnoj grupi S2, s količinom od 62.84%. Najmanja količina metana zabilježena je u grupi S1, s postotkom od 61.67. S3 sadrži 61.80%, a S4 61.33%. Prosječni sadržaj svih uzoraka metana eksperimentalnog dijela je 62.005%.

Ugljikov dioksid je porastao 3.56%. Najveću količinu CO_2 imala je grupa S2 (31,51%). Najmanja količina CO_2 zabilježena je kod eksperimentalne grupe S3 i iznosi 28.39%. S1 sadrži 28.03, a S4 2.76%.

Usporedimo li prosječne vrijednosti svake pojedine komponente plina (N, CH_4, CO_2) u kontrolnim i eksperimentalnim skupinama vidljivo je povećanje dušika za 0.24, odnosno 2.45%, a CO_2 za 3.56, tj. 12.1%. Količina metana, glavne komponente bioplina se smanjila za 0.03%.



Grafikon 15. Usporedba prosječnih vrijednosti sastava plina između kontrolnih i eksperimentalnih grupa (%)

5. Rasprava

Iz ploda običnog divljeg kestena dobiveno je 51 230 ml bioplina, 4 900 ml bioplina manje nego iz same gnojovke. Vjerojatno je razlog inhibitorno djelovanje neke tvari iz ploda divljeg kestena.

Rezultat našeg istraživanja je da se od 1 t ploda divljeg kestena dobije 48.73 m^3 bioplina.

Koncentracija metana, glavne komponente bioplina, smanjila se tijekom procesa za 0.03%. Takvi rezultati istraživanja govore da plod divljeg kestena nije odgovarajuća sirovina za proizvodnju bioplina.

Budući da je prinos bioplina po toni kukuruzne silaže 200 m^3, jasno je da postoje puno bolje sirovine za proizvodnju bioplina. Također, od kukuruzne silaže postoje bolje sirovine za dobivanje bioplina, a jedna od najboljih su žitarice s prinosom plina od 620 m^3/t i udjelom metana (CH_4) od 329 m^3/t (Špicnagel, 2014.).

Iako su izvrsna sirovina za proizvodnju bioplina, žitarice se prvenstveno koriste u prehrani ljudi, pa ih nije preporučljivo koristiti za proizvodnju bioplina.

Energetska vrijednost bioplina se gleda kao 6.4 kW iz 1 m^3, pri čemu 2 kW otpada na električnu energiju, 2.2 kW na toplinsku energiju, a preostala 2.2 kW se gube na rad motora, neiskorištenu toplinsku energiju i sl. Prema tome, možemo izračunati da se iz tone ploda divljeg kestena dobije 97.46 kW električne energije i 107.206 kW toplinske energije.

Otkupna cijena električne energije iz bioplinskih postrojenja iznosi 1.20 kn, a toplinske energije 0,60 kn. Tako smo dobili da se iz jedne tone ploda divljeg kestena dobije 116.95 kn za električnu energiju i 64.32 kn za toplinsku energiju.

Stablo divljeg kestena u sezoni daje oko 150 do 200 kg ploda, tako da se od ploda jednog stabla divljeg kestena godišnje može dobiti od 7.5 do 10 m^3 bioplina.

Prema rezultatima našeg istraživanja, po stablu divljeg kestena godišnje dobijemo između 17.55 i 23.40 kn za električnu energiju i između 9.50 i 12.67 kn za toplinsku energiju.

Bez obzira što se ne koristi za prehranu ljudi, niti ima neku značajniju uporabu, ovi rezultati sigurno ne opravdavaju plod divljeg kestena kao sirovinu za proizvodnju bioplina.

6. Zaključak

Bez neograničenog pristupa energiji, u današnjem svijetu, nemoguće je funkcioniranje bilo koje grane gospodarstva. U cilju smanjenja ovisnosti o neobnovljivim izvorima energije, potrebno je povećati ulaganje u obnovljive izvore energije.

U Hrvatskoj, zemlji u kojoj je poljoprivreda važna gospodarska grana, moguće je korištenje nusproizvoda iz poljoprivrede kao ulazne sirovine za proizvodnju bioplina. Osim zbrinjavanja otpada iz poljoprivrede, moguće je maksimalno isključiti konvencionalne izvore energije, energiju za poljoprivredu dobiti iz nusproizvoda poljoprivrede te tako zatvoriti ciklus od proizvodnje hrane do proizvodnje energije. Osim poljoprivrednih resursa, trebalo bi se osloniti i na energiju sunca, vode, vjetra te ostalu biomasu iz nepoljoprivrednog sektora.

Cilj ovoga istraživanja je bio utvrditi bioplinski potencijal ploda divljeg kestena. Rezultati pokusa su pokazali da plod divljeg kestena nije idealna sirovina za proizvodnju bioplina, bez obzira na sadržaj škroba. Eksperimentalna grupa, s većim sadržajem suhe tvari, postigla je 4 900 ml plina manje od kontrolne grupe, odnosno 8.73%. Razlog je najvjerojatnije djelovanje inhibitorne tvari ploda divljeg kestena na proces proizvodnje.

Osim CO_2, čija se koncentracija u eksperimentalnoj grupi povećala za 12.1%, sastav bioplina je ostao podjednak. Nakon procesa, došlo je do povećanja dušika u eksperimentalnoj grupi za 2.45%. Prosječni sadržaj metana, najvažnije komponente bioplina, nakon eksperimentalnog dijela procesa iznosi 62.005%, dakle 0.03% manje.

Rezultati procesa jasno govore da plod divljeg kestena ipak nije odgovarajuća sirovina za proizvodnju bioplina te da se moramo okrenuti drugim resursima iz poljoprivrede.

7. Literatura

1. Al Seadi, T., Rutz, D., Prassel, H., Kottner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., Janssen, R., (2008): Biogas Handbook. University of Southern Denmark Esbjerg, Denmark
2. Ballian D, Omerhodžić N i Dautbašić M: Preliminarna istraživanja proljetnih i jesenskih fenologija divljeg kestena (Aesculus hippocastanum L.) na nekim lokalitetima u Sarajevu tijekom 2009., NAŠE ŠUME: Časopis za unaprjeđenje šumarstva, hortikulture i očuvanja okoliša.
3. Bilandžija i sur.: Utjecaj anaerobne fermentacije na biogene elemente važnijih sirovina za proizvodnju bioplina: KRMIVA 51, 6: 335-341, 2009.
4. Harapin M: Kestenov moljac miner (Cameraria ohridella) opasan štetnik u Europi: ŠUMARSKI LIST 123, 3-4: 129 - 132, 1999.
5. Kerebel C, Stoerring D, Horl S (2017.): Izvješću o napretku u području obnovljive energije. Kratki vodič o Europskoj uniji.
6. Mešić A: Suzbijanje kestenovog moljca minera (Cameraria ohridella) tretiranjem lišća: ŠUMARSKI LIST 136, 5-6: 245-251, 2012.
7. Russell T., Cutler C., (2003.): Svjetska enciklopedija drveća. Anness Publishing Limited.
8. Šilić Č., (1990.): Atlas drveća i grmlja. IP „Svjetlost“, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Sarajevo, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd.
9. Špicnagel A. M., (2014.): Potencijal bioplinskih postrojenja u hrvatskom poljoprivrednom sektoru. Sisak.
10. Šumarska enciklopedija Jugoslavenskog leksikografskog zavoda (1983.): Kesten, divlji. 2. izd. Zagreb: JLZ. Sv. 1. 1983.
11. Osman Z: Projekt bioplinskog postrojenja. Diplomski rad. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2015.
12. https://www.agroklub.com/kolumna/proizvodnja-bioplina-i-skromni-rezultati-u-rh/7792/
13. http://www.izvorienergije.com/uvod_u_izvore_energije.html
14. http://www.izvorienergije.com/prednosti_biomase.html
15. http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/7/biomasa-obnovljivi-izvor-energije/7965#.WV9kxHmQzIU
16. http://www.gospodarski.hr/Publication/2008/20/divlji-kesten-za-umorne-noge-proirene-vene-i-hemoroide/7182#.WWPaFnmQzIU
17. http://www.svetbiljaka.com/Forums/viewtopic/p=378927.html

18. http://tehno-dom.hr/energija-biomase/
19. http://www.vasezdravlje.com/izdanje/clanak/1172/
20. http://www.vasezdravlje.com/izdanje/clanak/1528/1/
21. http://www.vitamelmelem.com/html/divlji_kesten.html

8. Sažetak

Kroz stoljeće neracionalnog korištenja konvencionalnih izvora energije, ljudi su razvili svijest o problemima sadašnjih i budućih generacije. Osim iscrpljivanja neobnovljivih resursa, problem za koji se dugo zna, je i zagađenje okoliša.

Uporabom obnovljivih izvora energije (sunca, vjetra, vode i biomase), koji mogu u potpunosti zamijeniti tradicionalne izvore energije, smanjila bi se emisija štetnih plinova u atmosferi.

Jedan od obnovljivih izvora energije je bioplin, proizvod biomase.

Potencijalni izvor šumske biomase mogao bi biti i divlji kesten (*Aesculus hippocastanum L.*) čiji je prinos, u sezoni zriobe, 150 – 200 kg po stablu. Sjemenke sadrže više od 40% škroba koji je potencijalna sirovina za proizvodnju etanola.

Budući da se iz jedne tone divljeg kestena dobije 48.73 m^3 bioplina, možemo zaključiti da plod divljeg kestena nije odgovarajuća sirovina za proizvodnju bioplina te da bi trebalo koristiti drugu biomasu koja ima bolju iskoristivost.

Ključne riječi: obnovljivi izvori energije, biomasa, bioplin, obični divlji kesten (*Aesculus hippocastanum L.*).

9. Summary

During the last centurie of irrational use of conventional energy sources, people have developed awareness of the problems of present and future generations. Apart from the exhaustion of non-renewable resources, the problem that has long been known is environmental pollution.

By using renewable energy sources (sun, wind, water and biomass), which can completely replace traditional energy sources, the emission of harmful gases in the atmosphere could be reduced.

One of the renewableb energy sources is biogas, byproduct of biomass.

Potential source of biomass in the forest could be also european horse chestnut (*Aesculus hippocastanum L.*) who´s average crop per season is 150 – 200 kg per tree. Individual seed is made of more than 40% starch, wich is potential raw material for etanol production.

Since it is possible to get just 48.73 m^3 of biogas from one ton of European Horse chestnut, we can conclude that european horse chestnut seeds are not sufficient raw material for biogas production and therefore different biomass sould be used for better efficiency.

Key words: renewable energy sources, biomass, biogas, European Horse chestnut (*Aesculus hippocastanum L.*).

10. Popis tablica

Tablica 1. Taksonomska klasifikacija običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*) …….3
Tablica 2. Kemijski sastav bioplina …….14
Tablica 3. Prednost proizvodnje bioplina ……....16
Tablica 4. Proces proizvodnje prema upotrijebljenoj temperaturi ……...19

11.Popis slika

Slika 1. Stablo običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)…….4
Slika 2. Listovi običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)……5
Slika 3. Cvijet običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)……..6
Slika 4. Plod običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)……....6
Slika 5. Rasprostranjenost običnog divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)…..7
Slika 6. Escin……..9
Slika 7. Rad sustava na bioplin (poljoprivreda)……...15
Slika 8. Glavne faze u procesu nastanka bioplina……17

12.Popis grafikona

Grafikon 1. Udio suhe tvari (%) u supstratu prije fermentacije……....25
Grafikon 2. Udio suhe tvari (%) u supstratu nakon fermentacije…….....26
Grafikon 3. Udio (%) organske tvari prije fermentacije……...26
Grafikon 4. Udio (%) organske tvari nakon fermentacije…….27
Grafikon 5. pH vrijednost uzoraka prije fermentacije……..28
Grafikon 6. pH vrijednost uzoraka nakon fermentacije……28
Grafikon 7. Prikaz ukupne količine proizvedenog plina u kontrolnim grupama……..29
Grafikon 8. Prikaz ukupne količine proizvedenog plina u eksperimentalnim grupama…….30
Grafikon 9. Prikaz prosječne količine proizvedenog plina u kontrolnoj i eksperimentalnoj grupi……..31
Grafikon 10. Količina bioplina iz 1 tone goveđe gnojovke kontrolne grupe i 1 tone ploda divljeg kestena (m^3/t)……..32
Grafikon 11. Dinamika proizvodnje bioplina u ml/dan po prosječnim vrijednostima kontrolne i eksperimentalne grupe……33
Grafikon 12. Prosječna dnevna proizvodnja kontrolne i eksperimentalne grupe…….34
Grafikon 13. Prikaz sastava plina kontrolnih grupa (%)……..…….35
Grafikon 14. Prikaz sastava plina eksperimentalnih grupa (%)…….....36
Grafikon 15. Prosječna vrijednost sastava plina kontrolnih i eksperimentalnih grupa (%)…….37

Temeljna dokumentacijska kartica

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Poljoprivredni fakultet u Osijeku **Diplomski rad**
Sveučilišni diplomski studij, smjer Hranidba domaćih životinja

Utvrđivanje bioplinskog potencijala divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum L.*)

Karlo Došen

Sažetak

Kroz stoljeće neracionalnog korištenja konvencionalnih izvora energije, ljudi su razvili svijest o problemima sadašnjih i budućih generacije. Osim iscrpljivanja neobnovljivih resursa, problem za koji se dugo zna, je i zagađenje okoliša. Uporabom obnovljivih izvora energije (sunca, vjetra, vode i biomase), koji mogu u potpunosti zamijeniti tradicionalne izvore energije, smanjila bi se emisija štetnih plinova u atmosferi. Jedan od obnovljivih izvora energije je bioplin, proizvod biomase. Potencijalni izvor šumske biomase mogao bi biti i divlji kesten (*Aesculus hippocastanum L.*) čiji je prinos, u sezoni zriobe, 150 – 200 kg po stablu. Sjemenke sadrže više od 40% škroba koji je potencijalna sirovina za proizvodnju etanola. Budući da se iz jedne tone divljeg kestena dobije 48.73 m^3 bioplina, možemo zaključiti da plod divljeg kestena nije odgovarajuća sirovina za proizvodnju bioplina te da bi trebalo koristiti drugu biomasu koja ima bolju iskoristivost.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: prof. dr. sc. Davor Kralik

Broj stranica: 46

Broj grafikona: 15

Broj slika: 8

Broj tablica: 4

Broj literaturnih navoda: 21

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: obnovljivi izvori energije, biomasa, bioplin, obični divlji kesten (*Aesculus hippocastanum L.*)

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Prof. dr. sc. Bojan Stipešević, predsjednik
2. Prof. dr. sc. Davor Kralik, mentor
3. Doc. dr. sc. Ranko Gantner, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

Basic Documentation card

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agriculture in Osijek **Graduate thesis**
University Graduate Studies, course: The Nutrition of Domestic Animals

Determination of biogas potential of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum L.*)

Karlo Došen

Summary

During the last centurie of irrational use of conventional energy sources, people have developed awareness of the problems of present and future generations. Apart from the exhaustion of non-renewable resources, the problem that has long been known is environmental pollution. By using renewable energy sources (sun, wind, water and biomass), which can completely replace traditional energy sources, the emission of harmful gases in the atmosphere could be reduced. One of the renewableb energy sources is biogas, byproduct of biomass. Potential source of biomass in the forest could be also european horse chestnut (Aesculus hippocastanum L.) who´s average crop per season is 150 – 200 kg per tree. Individual seed is made of more than 40% starch, wich is potential raw material for etanol production. Since it is possible to get just 48.73 m^3 of biogas from one ton of European Horse chestnut, we can conclude that european horse chestnut seeds are not sufficient raw material for biogas production and therefore different biomass sould be used for better efficiency.

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek
Mentor: Prof. dr. sc. Davor Kralik
Number of pages: 46
Number of charts: 15
Number of pictures: 8
Number of tables: 4
Number of references: 21
Original in: Croatian
Key words: renewable energy sources, biomass, biogas, European Horse chestnut (*Aesculus hippocastanum L.*)
Thesis defended on date:

Reviewers:

1. PhD Bojan Stipešević, president
2. PhD Davor Kralik, mentor
3. PhD Ranko Gantner, member

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja petra Svačića 1d.