

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

UPORABA BIOOGLJA V KMETIJSTVU

EVA MATKO

VARSTVO OKOLJA IN EKOTEHNOLOGIJE

MENTORICA: doc. dr. Maja Zupančič Justin

VELENJE, 2014

Priloga 2: Sklep o diplomskem delu



Številka: 726-13/2013-2

Datum in kraj: 26. 6. 2013, Velenje

Na podlagi Diplomskega reda

izdajam

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študent-ka VŠVO

Eva Matko

lahko izdela diplomsko delo pri predmetu: Uvod v okoljske tehnologije

Mentor-ica: doc. dr. Maja Zupančič Justin

Somentor-ica: _____ / _____

Naslov diplomskega dela v slovenskem jeziku: Uporaba biooglja v kmetijstvu

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku: The use of biochar in agriculture

Diplomsko delo je potrebno izdelati skladno z Navodili za izdelavo diplomskega dela.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na Senat v roku 3 delovnih dni.

Dekan
doc. dr. Boštjan Pokorny



VŠVO, 2014

IZJAVA

Podpisana Eva Matko, diplomantka Visoke šole za Varstvo okolja, programa Varstvo okolja in ekotehnologije, izjavljam, da sem diplomsko nalogo z naslovom Uporaba biooglja v kmetijstvu pripravila samostojno pod vodstvom mentorice doc. dr. Maje Zupančič Justin ter po virih, ki so navedeni v bibliografiji diplomske naloge.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predložena diplomaska naloga izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oziroma citirana skladno z Diplomskim redom Visoke šole za varstvo okolja.

VŠVO, 2014

ZAHVALA

Za strokovno usmerjanje, nasvete in pomoč pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorici doc. dr. Maji Zupančič Justin. Ves čas mi je nudila strokovno pomoč in prijazno podporo.

Zahvaljujem se tudi go. Alibini Lindič, ki je lektorirala mojo diplomsko nalogo.

Hvala vsem, ki so mi v času študija ter pri nastajanju diplomske naloge stali ob strani, še zlasti, Carmen Zver za njeno neverjetno energijo, za vse njene optimistične in kritične besede, nasvete ter dejanja v preteklih mesecih. Hvala prijateljem za spodbudne besede, nasvete, neverjetno podporo in njihov čas.

Zahvala tudi najbližjim. Vsak dan sem brala nekaj, s čemer se niste strinjali, vsak dan sem razmišljala o nečem, v kar niste verjeli in vsak dan naredila nekaj, kar se je vam zdelo neumno. Lahko bi pozabila na vse in zbežala, vendar sem se odločila potruditi, da bi dosegla, kar sem si želela, žrtvovala sem veliko svojega časa, delala, kar ni bilo opisano v mojih zadolžitvah in vedno sem dala od sebe več kot se je od mene pričakovalo. Soočila sem se z vsem in se prebila. Hvala, da ste me na poseben način naučili vztrajnosti, hvaležnosti, potrpežljivosti in neverjetne vere vase.

Zahvalo gre pripisati tudi posebnemu prijatelju, ki mi je v najtežjih trenutkih ponudil igro, pobeg, instinkt, terapijo, motivacijo, »reset« gumb, čas za razmislek, polnjenje baterij in dobro počutje. Hvala, da si me naučil, da je »sledi strasti« pomembnejše od strasti same.

Hvala za vse lepe, vesele in nepozabne trenutke, ki so razbremenili, popestrili moja študentska leta. Hvala, da ste me podpirali, spodbujali in verjeli vame.

Brez vas bi bilo težje....Hvala!

IZVLEČEK

V obdobju po drugi svetovni vojni smo s pomočjo povečanja kmetijskih vpeljav novih rastlinskih sort ter intenzivnejših tehnik obdelovanja in namakanja tal uspeli povečati proizvodnjo hrane. Kljub temu pa se danes kažejo tudi negativne posledice intenzivnega kmetijstva kot so: kompaktirana tla z manjšo vsebnostjo organske snovi, onesnaženost tal zaradi pretirane uporabe umetnih gnojil in fitofarmaceutskih sredstev, povečana onesnaženost vodotokov in podtalnice zaradi izpiranja rastlinskih hranil, izguba biološke pestrosti, visok delež izpustov toplogrednih plinov s strani kmetijstva, itd. V zadnjem času se zato vlaga veliko naporov v izboljšanje stanja. Od leta 2007 dalje je tako zaslediti vedno večje število raziskav, ki proučujejo uporabo rastlinskega oglja v kmetijstvu z vidika obdelave in energetske izrabe odpadne rastlinske biomase, izboljšanja strukture in rodovitnosti tal ter trajne vezave ogljikovega dioksida. Pri uporabi oglja v omenjenem kontekstu se uveljavlja izraz biooglje (ang. biochar).

V diplomski nalogi je bil opravljen obširen pregled literature s področja biooglja. Predstavljene so vsebine s področja zgodovine uporabe biooglja, vhodnih surovin in tehnik pridobivanja, lastnosti in izkušnje biooglja v kmetijstvu v svetu. Glede na to, da je biooglje v slovenskem prostoru še dokaj nepoznano in slabo raziskano, smo opredelili možne načine uporabe v slovenskem prostoru z vidika razpoložljive biomase in okoljskih danosti. Večina strokovne literature, ki smo jo pregledali, govori v prid uporabi biooglja v kmetijstvu v zmernem podnebju. Med ugodnimi vplivi rabe biooglja kot dodatka tlom navajajo: zmanjševanje gostote in posledično večje zračnosti in večje kapacitete zadrževanja vode, povečanje kationske izmenjevalne kapacitete tal in uravnavanje kislosti; povečanje mikrobne aktivnosti v tleh in s tem ugodnejši potek pretvorbe in biološke razpoložljivosti najpomembnejših hranil kot so dušik, fosfor in žveplo; povečanje trajno vezanega organskega deleža ogljika v tleh in zmanjšanje izpustov metana, didušikovih oksidov, itd. Prednosti njegove uporabe navajajo tudi na drugih področjih kmetijstva, kot je dodajanje krmne živini, živinskemu gnoju in v proces kompostiranja. V prvi vrsti pa je potrebno poskrbeti za varnost uporabe, kar lahko dosežemo z uporabo neoporečni virov vhodnih surovin, ustreznimi postopki karbonizacije in poznavanjem lastnosti tal ter zahtev posameznih kulturnih rastlin. Izračunali smo, da bi lahko v Sloveniji samo na račun karbonizacije lesnih ostankov in rastlinskih ostankov iz kmetijstva na letni ravni pridobili 295.464 ton biooglja in s tem shranili 546.609 ton ogljikovega dioksida.

Ključne besede: oglje, biooglje, biomasa, vpliv kmetijstva na okolje, skladiščenje ogljikovega dioksida, piroliza, lesni plin, rastlinska hranila, rodovitnost tal;

ABSTRACT

In the period after the Second World War the food production increased by introduction of new plant varieties and intensive cultivation and irrigation techniques in agriculture. Nevertheless, negative consequences of intensive agriculture resulted in compacted soil with low content of organic matter, soil contamination due to excessive use of fertilizers and plant protection products, increased pollution of watercourses and groundwater due to leaching of plant nutrients, loss of biodiversity, a high ratio of greenhouse gas emissions etc. Therefore, a great deal of effort is put in the improvement of the situation. Since 2007 the number of studies, which examine the use of plant charcoal in agriculture in terms of waste plant biomass processing and energy production, improvement of soil structure and fertility and permanent fixation of carbon dioxide, is increasing. In this context the term biochar is used instead of charcoal.

This diploma thesis presents an extensive review of biochar literature. The topics covered in this paper are the history of the use of biochar, raw materials and biochar production techniques, characteristics and the use of biochar in agriculture around the world. Since the biochar is still quite unknown and poorly introduced in Slovenia; we have identified possible ways of its use from the perspective of availability of the biomass and environmental conditions. Most of the reviewed scientific literature is in favour of using biochar in agriculture in temperate climate.

The following favourable effects of biochar as a soil amendment can be found in the literature: the reduction of soil bulk density resulting in higher aeration and water holding capacity, the increase of soil cation exchange capacity and control of soil acidity, the increase of microbial activity in the soil and thus more favorable course of transformation and biological availability of important nutrients such as nitrogen, phosphorus and sulphur, the increase of permanently bound organic carbon in the soil and reduction of methane and nitrous oxide emissions. Advantages of its use are also mentioned in other areas of agriculture. Biochar can be added to the livestock feed, livestock manure and to the composting process. At first and foremost it is however, necessary to provide a safe use, which can be achieved with the use of impeccable sources of raw biomass, appropriate carbonization procedures and knowledge on soil characteristics and crop requirements. We have estimated that in Slovenia, we could produce 295.464 tons of biochar annually by carbonization of wood and agricultural plant residues and thereby save 546.609 tons of carbon dioxide.

Keywords: charcoal, biochar, biomass, the impact of agriculture on the environment, carbon dioxide sequestration, pyrolysis, wood gas, plant nutrients, soil fertility;

KAZALO VSEBINE

KAZALO VSEBINE	VI
KAZALO PREGLEDNIC.....	IX
1. UVOD	1
1.1. NAMEN IN CILJI.....	2
1.2. HIPOTEZE	2
1.3. METODE DE LA	2
2. BIOOGLJE	3
2.1. KAJ JE BIOOGLJE	3
2.1.1. PROCESI UDELEŽENI V ZGOREVANJU BIOMASE.....	4
2.2. ZGODOVINA UPORABE BIOOGLJA (IZVOR BIO-OGLJA)	6
2.3. PRIMERNE VHODNE SUROVINE ZA PRIDOBIVANJE BIOOGLJA.....	8
2.4. VRSTE BIOOGLJA.....	10
2.5. LASTNOSTI BIOOGLJA	12
2.5.1. STRUKTURA BIOOGLJA	13
2.5.2. KEMIJSKE IN FIZIKALNE LASTNOSTI	15
2.5.3. VELIKOST DELCEV BIOOGLJA	16
2.6. MOŽNOSTI UPORABE BIOOGLJA	17
2.6.1. Uporaba biooglja pri vzreji živali	17
2.6.2. Uporaba biooglja v kot sredstvo za izboljšanje tal	18
2.6.3. Uporaba biooglja pri spopadu s podnebnimi spremembami.....	19
2.6.4. Uporaba biooglja v gradbeništvu	20
2.6.5. Uporaba biooglja kot sredstvo za razstrupljanje vode in tal.....	21
2.6.6. Uporaba biooglja pri proizvodnji bioplina	21
2.6.7. Uporaba biooglja kot sredstva za zagotavljanje pitne vode.....	21
2.6.8. Uporaba biooglja na področju tekstila oz. tekstilne dejavnosti	21
2.6.9. Uporaba biooglja v dejavnosti Welnesa	22
2.6.10. Uporaba biooglja v drugih dejavnostih	22
3. UPORABA BIOOGLJA ZA TRAJNOSTNO KMETIJSTVO.....	23
3.1. GLAVNI PROBLEMI, KI JIH POVZROČA KMETIJSKA DEJAVNOSTI	23
3.2. NAČINI PRIDELAVE BIOOGLJA ZA KMETIJSTVO IN VRT	25
3.2.1. Piroliza suhe biomase	27

3.2.2.	Tehnologije pridobivanja biooglja v deželah v razvoju	30
3.2.3.	Naprednejše tehnologije za pridobivanje biooglja.....	33
3.2.4.	Tehnologije za pridobivanje biooglja s hidrotermalnim procesom.....	36
3.3.	MOŽNOSTI REŠEVANJA PROBLEMOV V KMETIJSTVU Z UPORABO BIOOGLJA	38
3.3.1.	UPORABA BIOOGLJA PRI VZREJAH ŽIVALI	38
3.3.2.	UPORABA BIOOGLJA KOT SREDSTVO ZA IZBOLJŠANJE TAL.....	41
3.3.3.	UPORABA/UČINKI BIOOGLJA NA RASTLINE.....	45
3.3.4.	VPRASHANJA/POMISLEKI, KI SE POJAVLJAJO V JAVNOSTI O UPORABI BIOOGLJA	45
4.	MOŽNOSTI UPORABE BIOOGLJA V SLOVENSKEM PROSTORU	49
4.1.	OVREDNOTENJE POTENCIALNIH VIROV BIOMASE ZA PRIDELAVO BIOOGLJA	50
4.2.	OPREDELITEV MOŽNE UPORABE BIOOGLJA V SLOVENSKEM KMETIJSTVU Z VIDIKA OKOLJSKIH DANOSTI.....	54
4.2.1.	Industrijski sektor – lesni ostanki industrije, mehanske in kemične predelave lesa.....	54
4.2.2.	Gozdarski sektor – gozdovi.....	54
4.2.3.	Kmetijski sektor – grmišča in ostale kmetijske površine (sadovnjaki, vinogradi)	55
4.3.	KORISTI BIOOGLJA ZA SLOVENSKO KMETIJSTVO	59
4.3.1.	Področje remediacije tal oz. zmanjšanje onesnaženja tal.....	59
4.3.2.	Področje blažitve izpustov toplogrednih plinov in podnebnih sprememb	60
4.3.3.	Področje vzreje živali	60
4.3.4.	Področje kompostiranja	61
4.3.5.	Področje energetske politike.....	61
4.3.6.	Področje industrije odpadkov	62
4.3.7.	Potreba po dodatnih raziskavah v slovenskem prostoru in uskladitvi zakonodaje.....	62
5.	RAZPRAVE IN SKLEPI.....	64
6.	POVZETEK	66
7.	SUMMARY	68
8.	VIRI IN LITERATURA	70

KAZALO SLIK

Slika 1: Procesi, ki se odvijajo v času gorenja biomase	5
Slika 2: Prikaz produktov, ki nastanejo med procesom pirolize	5
Slika 3: Primerjava profilov Terra Prete in ostalih profilov tal (revna Amazonska prst)	7
Slika 4: Prikaz struktur biooglja pod elektronskim mikroskopom pri različnih vrstah vhodnih surovin	11
Slika 5: Povečana celična struktura biooglja	13
Slika 6: Struktura biooglja pri različnih temperaturnih pogojih; levo zgoraj: Raw material – surovina; desno zgoraj: Biochar production (193°C) - proizvodnja biooglja pri temperaturi 193°C; levo spodaj: Biochar production (250°C) – proizvodnja biooglja pri temperaturi 250°C; desno spodaj: Biochar production (316°C) – proizvodnja biooglja pri temperaturi 316 °C	14
Slika 7: Razlika v rasti rastlin (na levi strani je prikazana koruza, ki je rastla v zemlji brez dodanega biooglja; na desni strani je prikazana koruza, ki je rastla v zemlji z dodanim bioogljem).....	18
Slika 8: Prikaz zmanjšanja toplogrednih plinov z uporabo biooglja	19
Slika 9: Razčlenitev toplogrednih plinov po dejavnosti in njihov delež v okviru vseh emisij Evropske komisije	23
Slika 10: Struktura izpustov toplogrednih plinov v kmetijstvu v letu 2007	24
Slika 11: Gibanje letnih izpustov metana in dušikovega oksida (tisoč ton) v kmetijstvu po letih.....	24
Slika 12: Prikaz procesa pridobivanja biooglja s pirolizo	26
Slika 13: Prikaz vhodnih surovin v procesu pirolize, proces pirolize, končni produkt pirolize in vpliv na globalno podnebje.....	27
Slika 14: Prikaz različnih struktur biooglja pod elektronskim mikroskopom pri različnih pogojih pirolize (različne temperature)	29
Slika 15: Primer delovanja TLUD peči.....	31
Slika 16: Primer TLUD kuhalnika, ki nima prisilnega vpihovanja zraka Elsa	31
Slika 17: Primer Anilove peči	32
Slika 18: Prikaz gorenja v Anilovi peči: prva stopnja gorenja (levo) in druga stopnja gorenja (desno) z zgorevanjem lesnih plinov.....	33
Slika 19: Prikaz obrata pridobivanja biooglja v podjetju Sonnerde.....	34
Slika 20: Načrt oz. shema proizvodnje biooglja in toplote s pirolizo.....	35
Slika 21: Prikaz elektronske mikroskopije - porozna struktura biooglja	44
Slika 22: Tržaški slamniki posajeni v kompost z dodatkom biooglja (A) in kupljeni zemlji za sejanje (B)	46
Slika 23: Tržaški slamniki posajeni v kompost z dodatkom biooglja (zgoraj) in kupljeni zemlji za sejanje (spodaj) po nekaj dneh opravljanja poskusa.....	47

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prikaz fizikalno-kemijskih lastnosti Terra Prete z drugimi vrstami prsti (okoliška tla)	6
Preglednica 2: Elementarna sestava biooglja in bio-olj iz različnih vrst surovin.....	9
Preglednica 3: Relativni razpon štirih elementov (vezanega ogljika, hlapne snovi, vlage, mineralni delci) biooglja (masni odstotek), ki jih najdemo na različnih surovinah in različnih pogojih pirolize. ...	15
Preglednica 4: Osnovne kemijske lastnosti treh vrst biooglja pridelanih iz različnih vhodnih surovin pri temperaturi 450°C.....	15
Preglednica 5: Sestava plinskih produktov pri pirolizi lesa v odvisnosti od temperature.....	28
Preglednica 6: Različni tipi pirolize, glede na različne procesne parametre	28
Preglednica 7: Povprečne vrednosti tekočin, oglja in plinov, ki nastanejo v procesu pirolize pri različnih temperaturnih območjih in različnem zadrževalnem času.....	29
Preglednica 8: Primer prikaza izračuna potenciala proizvodnega obrata biooglja v podjetju Sonnenerde	36
Preglednica 9: Priikaz povzetkov raziskav različnih avtorjev.....	48
Preglednica 10: Primerne vhodne surovine za pridelavo biooglja po priporočilih European Biochar Certificate (EBI).....	49
Preglednica 11: Povprečne kurilne vrednosti rastlinskih ostankov v slovenskem kmetijstvu	56
Preglednica 12: Analiza potencialnih virov biomase v slovenskem prostoru, ki bi jih lahko uporabili pri izdelavi biooglja.....	58

1. UVOD

»Zelena « revolucija v kmetijstvu, ki se je dogajala tekom šestdesetih let prejšnjega stoletja je pomembno prispevala k zmanjšanju lakote v svetu, proizvodnja hrane je presegla potrebe globalne populacije. Obdobje zelene revolucije, ki je ljudem v obilju cenene hrane obljubljalo odrešitev od lakote, se je sprva kazalo zgolj s svoje dobre strani. Šele nekaj let kasneje je pokazalo tudi svojo negativno stran. Uvajanje in posledice dolgoletne rabe mineralnih gnojil, fitoformacevtskih sredstev, sort kulturnih rastlin z večjo odpornostjo in donosnostjo so omogočili bistveno večje pridelke. Posledice dolgoletne pretirane in prekomerne rabe prej omenjenih sredstev in pretirane rabe naravnih dobrin se danes kažejo v mnogih negativnih posledicah. Nenehna kompakcija prsti s težko mehanizacijo, tisoči kilogrami umetnih gnojil, s pesticidi uničeno naravno ravnovesje v okolju so le delčki negativnega vpliva na okolje, ki je zapuščina intenzivnega in specializiranega kmetijstva skozi leta. Med temeljne okoljske probleme lahko štejemo tudi uničenje in erozijo prsti, zastrupljanje površinskih voda in podtalnice, propadanje ekosistemov in izgubo biološke pestrosti. Ljudje zdravje postavljamo med najvišje vrednote našega bivanja, zato je potrebno vedeti, da nam vse strupe, ki jih brezbrizno odvržemo v okolje ali z njimi kako drugače obremenimo naravo/okolje, narava/okolje povrne v hrani, ki jo jemo, v zraku, ki ga dihamo in v vodi, ki jo pijemo. Potrebno je zavedanje, da posledice nosimo sami.

Medtem, ko smo bili tekom šestdesetih let prejšnjega stoletja postavljeni pred izziv povečanja proizvodnje hrane, smo danes postavljeni pred nove izzive, kako zmanjšati okoljske obremenitve nastale v kmetijski dejavnosti ob enaki ali celo povečani pridelavi hrane. V zadnjem času se kot možno rešitev raziskuje in omenja biooglje (ang. biochar). Biooglje je opredeljeno kot trdna snov, ki nastane s karbonizacijo biomase, v postopku pirolize. Za razliko od oglja, biooglja ne uporabljamo za nadaljnjo energetsko izrabo, ampak ga uporabljamo za izboljšanje karakteristik tal. Posledično pa dodajanje biooglja tlom pomeni pomembno orodje trajnega skladiščenja ogljikovega dioksida, kot posledica njegove dolge obstojnosti v tleh. Študije, ki so bile narejene v zadnjih nekaj letih ugotavljajo, da je proces pridobivanja in uporabe biooglja eno izmed pozitivnih tehnologij prihodnosti, ki lahko pomaga spremeniti kmetijsko prakso in zmanjšati obremenitve na okolje.

Ena izmed lastnosti biooglja je ta, da ima izjemno veliko površino. V njegovi strukturi je na milijone majhnih prostorčkov, ki so bili nekoč del biomase in omogočajo vezavo različnih delcev in kemijskih spojin. Tako kot se v kemijski sestavi in strukturi razlikuje biomasa, ki jo uporabljamo kot vhodno surovino biooglja, se razlikuje tudi biooglje. Dodatno na lastnosti biooglja vplivajo tudi načini in postopki pridelave. S pregledom literature na temo biooglja smo našli cca. 311 recenziranih objav različnih raziskav, narejenih v letih med 2006 in 2008, kar nakazuje na relativno novo področje raziskovanja. Kljub številnim aktivnostim na tem področju ostaja še veliko odprtih vprašanj na katera bo potrebno v prihodnosti odgovoriti. Pomemben cilj nadaljnjih raziskav na področju biooglja je usmerjen v iskanje odgovorov, kot so: katera vhodna biomasa je primerna za pridobivanje biooglja, kako biooglje uporabljati v procesu kmetijske proizvodnje, kakšni načini so primerni za pridobivanje biooglja, kako dolgo je biooglje stabilno v tleh, itd. Med ključna vprašanja, ki jih bo potrebno razrešiti v prihodnosti, prav gotovo spada vprašanje kako izboljšati kmetijsko prakso, v smislu povečanja količine

pridelka/biomase, ob hkratnem zmanjšanju vnosa hranil, s končnim ciljem zmanjšanja negativnih posledic kmetijstva na okolje.

V diplomskem delu torej obravnavamo biooglje kot eno izmed možnih rešitev, ki lahko v prihodnosti pomaga pri odpravi izziva, kako zmanjšati okoljske obremenitve, ki nastanejo v kmetijski dejavnosti. Trmasto vztrajanje na preživelih konceptih prej omenjenih problemov, ki se kažejo na okolju in posledično tudi na ravni zdravja ljudi, lahko povzroči tudi številne ekonomske, politične in socialne pretese.

1.1. NAMEN IN CILJI

Namen diplomskega dela je podati širšo predstavitev biooglja, ki je v slovenskem prostoru še relativno nepoznano ter opredeliti možnosti njegove uporabe v kmetijstvu pri nas.

Cilj naloge je podati širši opis biooglja (zgodovina, proizvodnja, viri biomase, lastnosti, načini uporabe) skladno z opredelitvami, ki so predstavljene v International Biochar Initiative (International Biochar Initiative 1, 2014) in European Biochar Certificate (EBI). Cilj diplomske naloge je predstaviti glavne probleme kmetijstva in jih povezati s potencialnimi možnostmi reševanja le-teh z uporabo biooglja. Končni cilj je opredelitev možnosti uporabe biooglja v slovenskem prostoru z vidika razpoložljive biomase in okoljskih danosti (lastnosti tal, klimatske značilnosti, itd).

1.2. HIPOTEZE

- Uporaba biooglja je primerna in koristna tudi v zmernem podnebj.
- Z uporabo biooglja lahko zmanjšamo uporabo mineralnih gnojil v kmetijstvu.
- Uporaba biooglja lahko poveča pridelek.
- Biooglje ponuja priložnost za reševanje okoljskih problemov v kmetijskem sektorju.

1.3. METODE DELA

Diplomsko delo temelji na študiji in pregledu literature z obstoječega področja in predstavitvi nekaterih praks, ki so že v veljavi v državah po svetu in nekaterih državah EU.

Raziskovalni del naloge temelji na opredelitvi vrste in količine odpadne biomase, ki bi bila primerna za izdelavo biooglja. Iz različnih baz podatkov sem zbrala podatke o količini nastale odpadne biomase pri različnih kmetijskih opravilih in industrijski proizvodnji. Na osnovi pridobljenih podatkov sem opredelila potencialno količino pridelave biooglja v Sloveniji.

2. BIOOGLJE

2.1. KAJ JE BIOOGLJE

Po definiciji International Biochar Initiative (2013) je bioogljje opredeljeno kot oglje, ki se uporablja za posebne namene. Je trdni ogljikov preostanek postopka karbonizacije organske snovi pri visokih temperaturah in odsotnosti kisika. Poudariti je potrebno, da v primeru, ko gre za tako ali drugače onesnaženo organsko snov govorimo o oglju in ga lahko uporabljamo le kot gorivo. O biooglju pa govorimo v primeru, ko je karboniziran preostanek biomase primeren za dodajanje v tla. Cilj pridobivanja biooglja je tudi preprečevanje škodljivih emisij in nastalo energijo v procesu pridobivanja koristno izrabiti.

Na Biochar.Info (2014) navajajo, da so sodobne raziskave in uporaba biooglja vzbudile zanimanje, predvsem zaradi svoje potencialne vloge, ki jo ima bioogljje kot odgovor na številne probleme sodobne družbe, kot so npr.: problemi povezani s podnebnimi spremembami, dolgoročno shranjevanje oz. skladiščenje ogljika, povečanje količine pridelka, izboljšanje lastnosti tal, itd.

Raziskovalni programi na področju biooglja se v veliki meri posvečajo nadgradnji osnovnega razumevanja uporabe biooglja z vidika kroženja in razpoložljivosti hranilnih ter organskih snovi v tleh. V tropskih krajih se raziskovalci osredotočajo na zviševanje rodovitnosti tal in preprečevanje degradacije tal z uporabo biooglja. Po poročanju Cornell University (2013) so raziskave, ki jih je izvajal in jih še izvaja Lehmann skupaj s sodelavci usmerjene v proučevanje kroženja rastlinskih hranilnih snovi in na področje novih spoznanj o žveplu, biokemiji ogljika in dinamike črnega ogljika v tleh, v uporabo biooglja za zmanjšanje neplodnih tropskih tal ter zmanjšanje onesnaženja v industrializiranih državah. Zagovorniki biooglja so mnenja, da bioogljje prinaša dolgoročne pozitivne učinke k zmanjšanju obremenitev okolja, ki nastajajo v kmetijski dejavnosti, k blažitvi podnebnih sprememb, poleg tega pa ima bioogljje tudi številne druge koristi in učinke na najrazličnejših področjih človekovega delovanja (npr.: v gradbeništvu, velnesu, itd.). Zagovorniki si prizadevajo, da bi bioogljje postalo priznано kot sredstvo za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov.

Na spletni strani Pronatura International (2014) navajajo, da je leta 1984 Japonska postala prva država na svetu, ki je odobrila uporabo biooglja za namene izboljšanja rodovitnosti tal. 29 let kasneje je Švica postala prva država v Evropi, ki je uradno odobrila uporabo certificiranega biooglja v kmetijstvu. Po izjemno natančnih, tri leta trajajočih postopkih, ki so vključevali različne raziskovalne pristope, je pogojno certificirano uporabo biooglja v kmetijstvu potrdila 23. Aprila 2013. Odobritev temelji na strogih in znanstveno preverjenih pogojih, ki temeljijo na zahtevah trajnostne proizvodnje biooglja, kakovosti biooglja in varstva zdravja in okolja.

2.1.1. PROCESI UDELEŽENI V ZGOREVANJU BIOMASE

Sežig (suhe lesne) biomase ob prisotnosti kisika, je splošno znan proces v vsakdanji rabi. Sodobni industrijski sistemi za proizvodnjo energije iz biomase vključujejo med drugim pirolizo in uplinjanje, ki predstavlja termokemično pretvorbo biomase v nadzorovanih razmerah (odsotnost kisika, višji tlaki) za proizvodnjo gorljivih sinteznih plinov (syngas) in olj (bio-olja), ki jih lahko uporabljamo za proizvodnjo energije v obliki toplote, ali električne energije ali nadaljnjo predelavo. Biooglje, tretji gorljiv proizvod, proizveden v omenjenih termokemičnih postopkih, je trdni ostanek bogat z ogljikom.

Razumevanje osnov zgorevanja (lesne) biomase zahteva poznavanje kemičnih in fizikalnih lastnosti gorenja. Po Klinarju (2014) je biomasa sestavljena pretežno iz ogljika, vodika ter kisika, ki so zastopani v molekulah celuloze, hemiceluloze, lignina in veziv. Vezanega ima več kisika in manj aromatičnih spojin kot premog. Jenkis idr. (1998), so dokazali, da fizikalne lastnosti biomase vplivajo na potek in energijsko učinkovitost zgorevanja. Medtem ko kemična sestava biomase vpliva predvsem na količino hlapnih snovi, količino sproščene toplote in na kemične reakcije pri zgorevanju. Najpomembnejši fizikalni lastnosti (lesne) biomase sta vsebnost vlage in gostota (masa določenega volumna lesa, kg/m³).

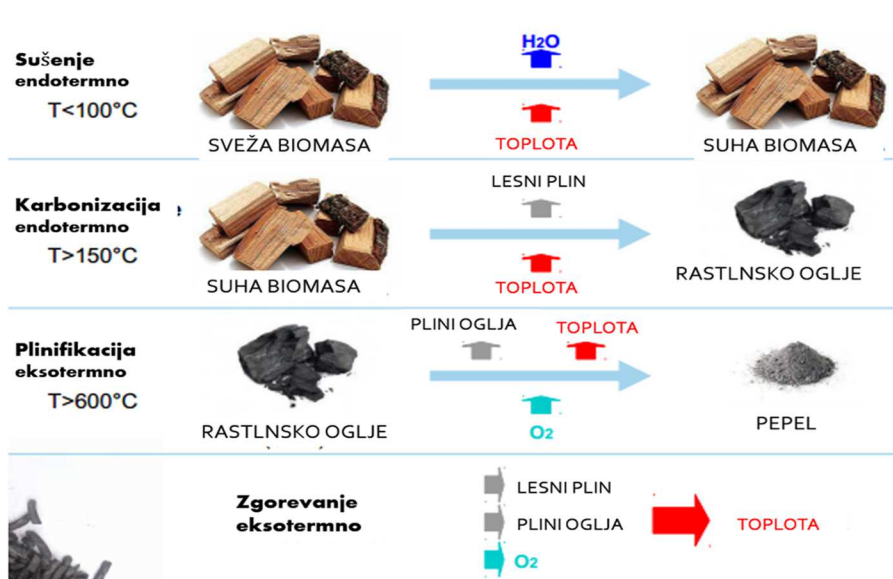
Energija biomase se lahko pretvori v dve obliki, in sicer v :

- uporabno energijo (toplotna, elektrika);
- energijo prenosov (ogljje, olje, plin) skozi
 - biokemične (fermentacija do alkoholov ali anaerobno gnitje) ali
 - termokemične transformacijske procese.

Pri procesu zgorevanja biomase poznamo tri faze zgorevanja, in sicer:

1. segrevanje in sušenje,
2. piroliza ali uplinjanje,
3. zgorevanje in dogorevanje oglja.

Med procesom segrevanja, začne iz goriva izparevati vlaga. Tej fazi sledi druga faza, uplinjanje na površini ali piroliza, pri čemer se temperatura goriva postopno dviguje. Postopno dviganje temperature povzroči razpad posameznih molekul in izhlapevanje hlapnih organskih snovi iz goriva (suhega lesa). Gre za zmesi vodika, ogljikovega monoksida, metana in drugih kompleksnejših organskih spojin, ki jih s skupnim imenom poimenujemo lesni plin. Prvi dve fazi sta endotermni, kar pomeni, da moramo za njun potek dovajati energijo. Ostanek faze uplinjanja imenujemo oglje. V primeru, ko lesni plin in oglje prideta v stik s kisikom pri visoki temperaturi, zagorita. V tem delu procesa se sprošča energija v obliki toplote – proces je eksotermen. Gre za popolno oksidacijo organskih snovi do ogljikovega dioksida, preostanek mineralnih snovi v oglju pa je pepel. Postopek je prikazan na Sliki 1.

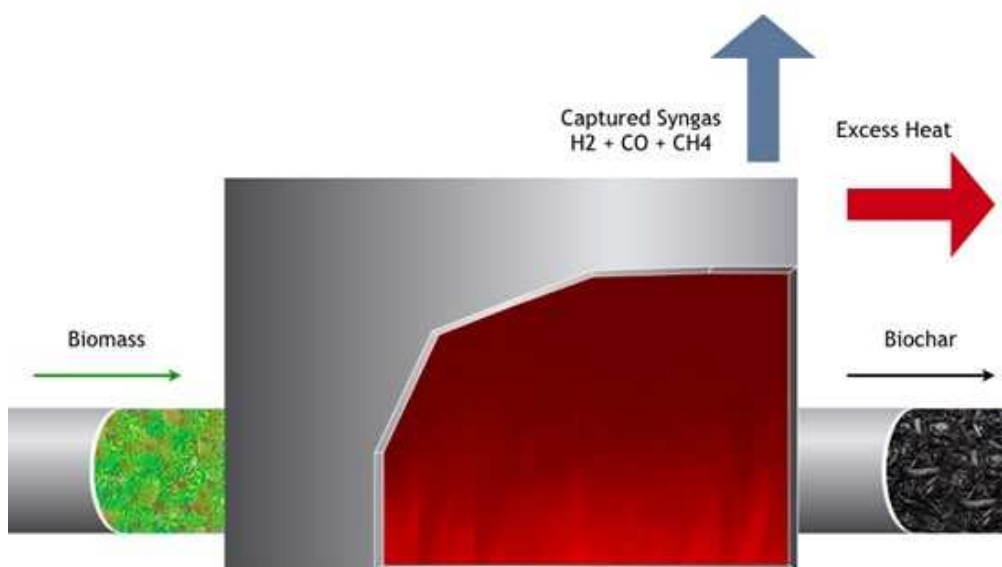


Slika 1: Procesi, ki se odvijajo v času gorenja biomase

Vir: Maja Zupančič Justin, lastni vir

Faza segrevanja in sušenja poteka v temperaturnem območju do 150 °C. Trajanje te faze je krajše v primeru, da je biomasa suha in drobna. Pri tej fazi izločujoča voda in visok delež vlage pomeni negativen vpliv, saj za izparevanje porablja velik del energije goriva.

V primeru odprtega ognja, potekajo vsi omenjeni procesi prostorsko in časovno hkrati. Za pridobivanje oglja oziroma biooglja pa moramo proces ustaviti na stopnji nastajanja oglja oziroma v fazi pirolize. To pomeni, da je potrebno preprečiti vstop kisika v proces. Da proces ne bi povzročal negativnih vplivov na okolje, pa moramo ustrezno poskrbeti za nastali lesni plin. Le-tega v prostorsko ločenem delu, ob prisotnosti kisika sežgemo in nastalo energijo po možnosti koristno izrabimo (Slika 2).



Slika 2: Prikaz produktov, ki nastanejo med procesom pirolize

Vir: Biochar.info, 2014

2.2. ZGODOVINA UPORABE BIOOGLJA (IZVOR BIO-OGLJA)

Postopek pridobivanja biooglja se je začel pred več tisoči leti (cca.2500 leti) v porečju Amazonke. V območju deževnega gozda, kjer tla zaradi spiranja hitro postanejo nerodovitna, so odkrili, majhne površine obdelovalne zemlje, ki so vsebovale bogato rodovitno prst, znano pod imenom Terra Preta («črna zemlja»). Neves idr. (v Lehmann idr., 2009) so s pomočjo radiokarbonskega datiranja ugotovili, da so ta tla nastala v obdobju med 7000 in 5000 pr.n.št. Na začetku raziskav znanstveniki niso bili prepričani, ali so bila tla narejena načrtno in so antropogenega izvora, ali so nastala zaradi naravnih pojavov. V naravi lahko namreč piroliza nastopi spontano v primeru, da pride do izpostavljenosti vegetacije gozdnim požarom.

Nadaljnje raziskave Smitha (1990) so pokazale, da se prst imenovana Terra Preta pojavlja na majhnih pravilnih pravokotnih območjih, v povprečju velikih 20 ha. Poročali so tudi o območjih, ki so merila več kot 350 ha. Lehmann idr. (2003) ugotovijo, da naj bi celotna površina prsti imenovane Terra Preta po ocenah znašala od 6.000 km² do 18.000 km² ter, da tal bogatih z zemljo Terra Preta niso odkrili samo na območju Peruja in Ekvadorja, ampak tudi širše, in sicer v zahodni Afriki (Liberija, Benin) in savani južne Afrike. Lehmann idr. (2003) zaključijo, da naknadno opravljene raziskave in dobljeni rezultati govorijo v prid dejstvu, da so bila tla pripravljena s posebnim namenom in so posledično antropogenega nastanka.

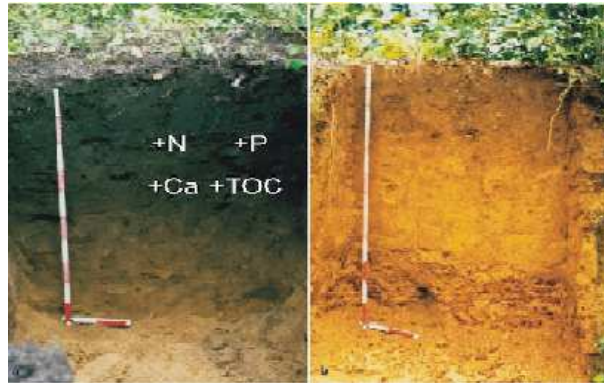
Glaser idr. (2001) navajajo, da Terra Preta zagotavlja visok delež organskih snovi v tleh in hranilnih snovi, kot so dušik, fosfor, kalij in kalcij. Te lastnosti in visoko rodovitnost gre pripisati visoki vsebnosti oglja.

Preglednica 1: Prikaz fizikalno-kemijskih lastnosti Terra Prete z drugimi vrstami prsti (okoliška tla)

LOKACIJA	TIP TAL	GLOBINA (cm)	STAROST (leta)	GLINENI DELCI (% tal)	pH	ORGANSKI OGLJIK (mg g ⁻¹ tal)	SKUPNI DUŠIK V TLEH (mg g ⁻¹ tal)	RAZMERJE C:N
Hatahara	Terra Preta	43-69	600-1000	27,0	6,4	22,0	1,0	23
	okoliška tla	0-10	600-1000	35,9	4,6	21,8	1,6	14
Lago Grande	Terra Preta	0-16	900-1100	22,6	5,9	31,5	1,8	18
	okoliška tla	0-8	900-1100	26,7	4,2	17,5	1,3	14
Acutuba	Terra Preta	48-83	2000-3000	10,4	5,6	15,7	1,0	16
	okoliška tla	0-30	2000-3000	8,5	4,7	15,4	0,8	20
Dona Stella	Terra Preta	190-210	6700-8700	0,3	5,0	16,5	1,1	15
	okoliška tla	0-12	6700-8701	0,3	3,9	10,2	0,4	27

(Vir: Solomon idr. v Sohi idr., 2010)

Visoka vsebnost oglja je tudi glavni razlog zakaj je Terra Preta temnejše barve kot ostale prsti (npr.: revna Amazonska prst).



Slika 3: Primerjava profilov Terra Prete in ostalih profilov tal (revna Amazonska prst)

Vir: Tlatollotl, 2014

Pojav Terra Prete je vzbudil izjemno javno pozornost. Pojav je vzbudil zanimanje številnih raziskovalcev in znanstvenikov. Raziskave so potekale v smeri odkritja sodobne različice priprave Terra Prete z uporabo stranskih produktov bioenergije. Lehmann (2007 a) in Baskin (2006) ugotovita, da je Terra Preta kot model za sodobne različice priprave tal z uporabo stranskih produktov izrabe energije iz biomase, sedaj zelo dobro uveljavljen in znanstveno potrjen. To se izkazuje v številnih znanstvenih objavah, kot je npr. znanstvena objava Lehman-a (2007b). Na spletnih straneh Terra Preta Program (2014) in The Piedmont Earth Works, nature connection and regeneration (2014) navajajo, da se je zaradi velikega zanimanja in želje po odkritju novih sodobnih modelov z uporabo stranskih produktov bioenergije, v javnosti začel pojavljati nov izraz Terra nova – tla, katerih lastnosti bi bile izboljšane z uporabo sodobnih praks (uporabe stranskih produktov iz procesov energije iz bioamase).

Terra Preta oz. Terra Preta nova bo podlaga za trajnostno kmetijstvo v 21. Stoletju, menijo na Peak Energy (2014) in Friends on the Earth Australia (2014), in sicer za proizvodnjo hrane za milijarde ljudi. Po mnenju Biochar.info (2014), bi lahko vodila tudi k doseganju treh razvojnih ciljev tisočletja:

1. boju proti dezertifikaciji,
2. dolgoročno zadrževanje atmosferskega CO₂ in
3. ohranjanju območij z biotsko raznovrstnostjo, kot je npr. tropski deževni gozd.

Pridobivanje biooglja v večji meri ter njegova uporaba v obliki Terra Prete bi vodila k zmanjšanju pritiska na deževni gozd, zapišejo na Biochar Farms (2014). Po njihovem mnenju je le-ta danes prekomerno izsekan za namene obdelovalnih površin s kratko dobo rodovitnosti. Vnos biooglja naj bi podaljšal rodovitnost in povečal donos ter hkrati ohranil gozd in njegovo biološko raznovrstnost, ublažil degradacijo tal in zmanjšal pritisk na podnebne spremembe.

Iz zgoraj napisanega lahko sklepamo, da je ponovna uvedba obdelave zemlje po vzorcu starodavnih načinov (Terra Preta) zelo priporočljiva v tropskem pasu. Pri tem je potrebno poudariti, da so razmere v tropskem pasu drugačne, kot pri nas (v zmernem pasu). Vsakodnevno deževje v tropskem pasu in s tem povezano hitro spiranje rodovitne plasti, visoke temperature in posledično hitra mineralizacija organske snovi, ipd. privedejo do hitre izgube mineralnih in organskih snovi ter izgube rodovitnosti tal. Iz tega razloga je bilo potrebo

iskati nove rodovitne površine. Krčenje gozda z oglenenjem je bil eden izmed primernih načinov za ustvarjanje novih rodovitnih tal. Ustvarjanje Terra Prete je pripomoglo k podaljšanju in celo izboljšanju rodovitnosti tal. V zmernem pasu pa se v primerjavi z tropskim pasom srečujemo z drugačnim podnebjem, posledično pa tudi z drugačnimi okoljskimi pritiski in danostmi. Manj je padavin, temperature so nižje, struktura in sestava prsti je drugačna. Zaradi naštetega, so potrebni drugačni pristopi pri obdelovanju tal in uporabi biooglja. Vnos biooglja v tla, pa tudi v naših razmerah doprinese k izboljšanju kapacitete tal za zadrževanje vode, povečanju količine organske snovi (ogljika) v tleh, zmanjšanju odtoka hranilnih snovi (dušik, fosfor) v okolje po gnojenju, itd. Večjo pozornost je potrebno posvetiti razpoložljivosti hranil rastlinam po dodatku biooglja. Več o uporabi biooglja v kmetijstvu pri nas (zmernem pasu) je predstavljeno v naslednjih poglavjih.

2.3. PRIMERNE VHODNE SUROVINE ZA PRIDOBIVANJE BIOOGLJA

Kot smo že povedali je biooglje organski material pridelan s pomočjo pirolize. Veliko materialov je bilo predlaganih kot vhodna surovina (biomasa) za pridobivanje biooglja, vendar je uporabnost posamezne biomase odvisna od številnih kemičnih, fizičnih, okoljskih, kakor tudi ekonomskih in logističnih dejavnikov, navajajo Sohi idr. (2009).

Kot vhodno surovino za pridobivanje biooglja uporabljamo različne vrste biomase. Pravilno uporabo biomase za energijo in izdelavo različnih produktov štejemo za okolju prijazno. Pri energetski izrabi lesa, se na primer v ozračje sprosti ogljikov dioksid, ki se je v času rasti vezal v rastlino. V različnih lesenih produktih pa je ogljik trajno skladiščen. Dejstvo, da rastline neprestano rastejo, uvršča biomaso med obnovljive vire energije.

Po podatkih organizacije CSIRO iz leta 2009 rezultati kažejo, da je vrsta uporabljenih surovin za pirolizo bolj pomembna, kadar se biooglje uporablja kot sredstvo za izboljšanje tal. Mnenja o tem, katera surovina za pridelavo biooglja je optimalna, so različna. Dan idr. (2009) in Sohi idr. (2009) so opravili raziskave, v katerih so izvajali poskuse s širokim spektrom surovin.

Yamah v Sohi idr. (2009) poudari, da surovine, ki se uporabljajo v komercialnem obsegu ali v raziskovalni dejavnosti v postopku pirolize, vključujejo: žagovino in lesne pelete, drevesno lubje in ostanke pridelkov (vključno s slamo, lupinami semen, itd.), organske odpadke (vključno z odpadki sladkornega trsa iz industrije, oljčni odpadki, itd.). Das idr. v Sohi idr. (2009) kot surovino v postopku pirolize navajajo piščančjo steljo, medtem, ko Shinogi idr. v Sohi idr. (2009) omenjajo še ostanke iz mlečne proizvodnje, gnoj, gnojevko, blato iz čistilnih naprav.

Biooglje pridobivamo iz vse neoporečne biomase, kot je npr.: les, ki ga uporabljamo za ogrevanje prostorov. V tem primeru mora peč delovati po principu pirolize, da dobimo (bio) oglje kot preostanek. V primeru, da je naš cilj le pridelava biooglja, pa je v ta namen primerna odpadna biomasa oz. drugi ostanki, ki niso primerni za energetsko izrabo ali kompostiranje.

Zelo pomembno je, da v primeru namenskega gojenja biomase za generacijo biooglja pazimo, da ne posegamo na zemljišča, ki so primerna in namenjena za proizvodnjo krme za živali in prehrano ljudi, itd.

Med materiale, ki so primerni vir biomase za pridobivanje biooglja štejemo različne kmetijske in gozdarske ostanke. Kot vhodna surovina so primerni tudi lesni materiali, ki ostajajo v industriji.

Med vhodno biomaso za pridobivanje biooglja lahko štejemo naslednje:

- gozdarska dejavnost: ostanki v gozdu po sečnji, presežne mladike, drugi sadilni material, storži iglavcev, ostanki pri obdelavi lesa – žagovina;
- kmetijska dejavnost: ostanki poljščin npr. koruzni storži, lupine semen, pleva žitaric, slama, ostanki po stiskanju olja, ostanki po obrezovanju sadnega drevja, ostanki sladkornega trsa, gnoj, gnojevka;
- odpadki iz čistilnih naprav: blato čistilnih naprav;
- industrija: lesena embalaža, žaganje, drugi industrijski lesni ostanki, ki niso kemično obdelani, ostanki energetskih rastlin (npr. lupine semen oljne palme).

Sohi idr. (2009) navaja, da je surovina glavni dejavnik, ki določa kemijske in fizikalne lastnosti biooglja. Elementarna razmerja ogljika, kisika in vodika so ključni parametri v kakovosti izdelanega goriva. Surovine, ki imajo prednost pri proizvodnji biooglja in goriv so tista, ki imajo nizko mineralno in dušikovo stopnjo, še dodaja Sohi idr. (2009). Med nje spadajo: les in biomasa iz energetskih rastlin, trave visoke produktivnosti (npr.: *Miscanthus* spp.), kmetijski stranski proizvodi, vključno s slamo. Surovine z visoko vsebnostjo lignina prinašajo najvišje donese biooglja. Upoštevati je potrebno, da piroliza poteka pri zmernih temperaturah (cca. 500 °C), ugotavljata Fushimi idr. v Sohi idr. (2009) in Demirbas v Sohi idr. (2009). V prihodnosti lahko izbira surovin omogoča zeleno razmerje med produkti pirolize (plin, olje, biooglje) (Sohi idr., 2009).

Spodnja tabela 2 prikazuje elementarno sestavo biooglja iz različnih vrst surovin.

Preglednica 2: Elementarna sestava biooglja in bio-olja iz različnih vrst surovin

IZDELEK	ELEMENTARNA RAZMERJA (%)				KURILNA VREDNOST(MJ/kg)
	C	H	N	O	
biooglje pridobljeno iz lubja bukve	87.9	2.9	0.6	10.6	33,2
bioolje pridobljeno iz lubja bukve	68.8	8.9	0.8	21.5	34.6
biooglje iz oljne ogrščice	66.6	2.5	6.1	24.3	30.7
bioolje iz oljne ogrščice	73.9	10.8	4.7	10.6	36.5
Wood bark (biooglje pridobljeno iz lubja lesa)	85.0	2.8	-	12.2	30.8
Wood bark bio-oil (bioolje pridobljeno iz lubja lesa)	64.0	7.6	-	28.4	31.0
biooglje pridobljeno iz stebila bombaža	72.2	1.2	-	26.6	21.4
bioolje pridobljeno iz stebila bombaža	59.7	7.8	1.8	30.6	26.0
biooglje pridobljeno iz lešnikovih lupin	95.6	1.3	-	3.1	32.0
Sunflower bio-oil (sončnično bioolje)	72.1	9.8	5.2	12.9	36.2

Vir: Sohi idr., 2009

Številni odpadki, ki so primerni kot vhodne surovine za proizvodnjo biooglja, so bili do sedaj sežgani ali pa smo jih pustili, da razpadejo oz. se razgradijo, s tem pa se v ozračje sproščajo velike količine CO₂, metana in drugih toplogrednih plinov. Prav tako predstavljajo velik problem živalski ostanki (npr. gnojevka, gnoj), saj povzročajo onesnaženje podzemnih in površinskih voda s prevelikim vnosom na polja, hkrati pa tudi izpuste toplogrednih plinov.

Z uporabo omenjenih odpadnih materialov kot vhodne surovine za pridobivanje biooglja, bi v določenih primerih zmanjšali onesnaženje, zmanjšali izpuste ogljikovega dioksida oz. ga trajno uskladiščili.

Vhodne surovine ne smejo vsebovati strupenih snovi, kot so težke kovine, ki jih najdemo v blatu čistilnih naprav ali industrijsko obdelanem lesu za različno uporabo (npr. stavbno pohištvo, tramovi s premazi za večjo trajnost lesa).

Pomembno je, da proučimo vse vidike razpoložljivih količin odpadne biomase na lokalni ravni ali v okviru proizvodnega procesa npr. proučevanje razpoložljive, primerne biomase v kmetijski dejavnosti za pridobivanje biooglja. Ob tem je potrebno upoštevati tudi dejstvo, da se lahko količine razpoložljivih količin biomase spreminjajo iz leta v leto.

Pri izbiri vhodnih surovin je potrebno poudariti tudi ekonomski vidik. V mnogih primerih naštetih odpadkov biomase gre za materiale, ki imajo nizko cenovno vrednost. Predstavljajo pa strošek prevoza in odlaganja.

Gledano dolgoročno je boljše odpadno biomaso uporabiti za pridobivanje biooglja, kot pa plačevati za odvoz in skladiščenja.

Pojavljajo se še številna vprašanja o ekonomski upravičenosti proizvodnje biooglja, npr. v povezavi z visokimi stroški transporta odpadne biomase. To vprašanje bi lahko rešili s predhodnim peletiranjem pred prevozom in tako zmanjšamo stroške prevoza.

Eno izmed ekonomskih vprašanj, ki se pojavlja v javnosti je tudi strošek skladiščenja odpadne biomase. Pred samim postopkom pirolize je potrebno material posušiti. To predstavlja dodaten strošek energije in dela. Strošek povezan z energijo bi lahko rešili z energijo, ki jo pridobimo v postopkih pirolize surovin.

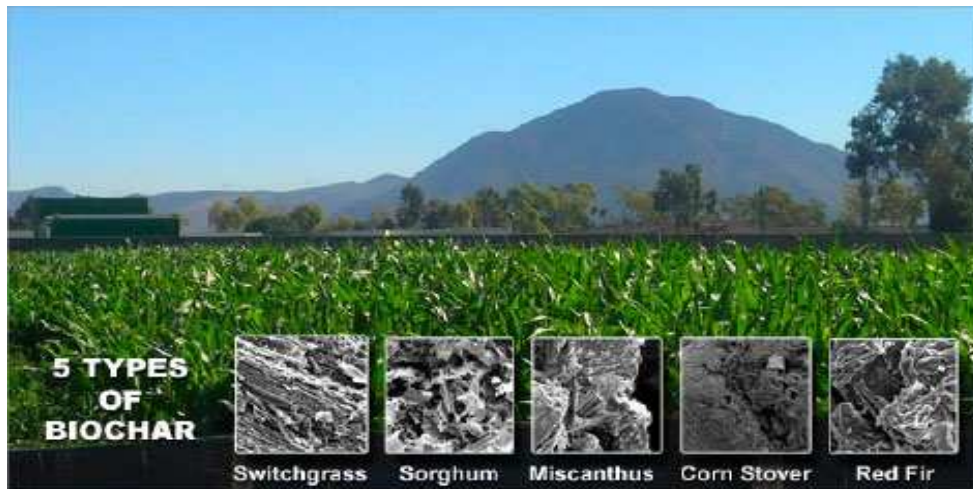
2.4. VRSTE BIOOGLJA

Fizikalne, kemijske in biološke lastnosti biooglja so odvisne od karakteristik vhodnega organskega materiala ter vrste uporabljenega sistema pirolize oziroma razmer, ki jim je biomasa v sistemu izpostavljena (Downie idr., 2009).

Tako ima na primer bioogljje pridobljeno iz biološkega blata in živalskega gnoja v procesu hidrotermalne karbonizacije višjo vsebnost hranil, večjo kapaciteto za izmenjavo ionov v tleh in je manj obstojno. Medtem, ko je bioogljje pridobljeno iz lesa npr. lesnih sekancev, po običajnem piroliznem postopku, v tleh bolj obstojno, a vsebuje manj rastlinskih hranilnih snovi in je manj reaktivno. (Joseph idr. v Lehmann idr., 2009). Posamezne vrste biooglja so lahko na videz videti precej podobne, vendar temu ni tako. Razlikujejo se po fizikalnih in kemijskih lastnostih in s tem reaktivnosti v okolju ter različni obstojnosti v tleh.

Po poročanju Joseph idr. v Lehmann idr. (2009) se bioogljje torej razlikuje glede na:

- > vsebnost in sestavo pepela,
- > gostoto,
- > elementarno sestavo – neposredno povezana z vrsto izvornega materiala,
- > velikost mikro in makro por (makropore (premer >50 nm), mezopore (premer 2 nm-50nm), mikropore (<2 nm),
- > kapaciteto vezave vode,
- > kapaciteto vezave in sproščanja ionov,
- > površinske kemijske lastnosti (pH in naboj),
- > fizikalne lastnosti (površina),
- > potencialno toksičnost.



Slika 4: Prikaz struktur biooglja pod elektronskim mikroskopom pri različnih vrstah vhodnih surovin

Vir: Palm Oligo, 2014

Glede na različne vrste in lastnosti biooglja se izkazuje potreba po klasifikaciji biooglja. (Joseph idr., v Lehmann idr., 2009). Isti avtor dodaja, da je cilj opredeliti lastnosti različnih vrst biooglja, ki bodo imele potencial:

- > izboljšanja kapacitete zadrževanja vode v tleh,
- > trajnega zadrževanja ogljika v tleh,
- > adsorpcije ali tvorbe kompleksov s talno organsko snovjo in strupenimi spojinami,
- > adsorpcije in reakcije s plini v tleh,
- > zadrževanja viška rastlinskih hranil in
- > izboljšanja življenjskih razmer za razvoj mikroorganizmov.

Lehmann idr. (2009) v svojem delu zatrjuje, da nekatere vrste biooglja, na primer tiste izdelane iz biomase z višjim deležem vode (biološko blato čistilnih naprav, živinski gnoj) vsebujejo večji delež pepela in mineralnih snovi (tako imenovana "high mineral ash biochars", biooglja z visokim deležem mineralnih snovi). Navaja tudi, da je zaradi visoke vsebnosti mineralov tako oglje primerno za uporabo pri rastlinah, kot mineralno gnojilo, saj jih oskrbuje z velikimi količinami hranilnih snovi. Izpostavi tudi dejstvo, da je vsebnost ogljika v tej vrsti oglja nižja (npr. <10%), krajša je tudi njegova obstojnost v tleh. V teh primerih lahko torej govorimo o mineralnih dodatkih rastlinskemu substratom, manj pa o vračanju oziroma trajnemu skladiščenju ogljika v tleh. V novejših raziskavah vrsto oglja poimenujemo hidroogljje (hydrochars), pridobljena v procesu hidrotermalne karbonizacije.

Glede na različne vrste biooglja, kot tudi različne lastnosti tal so potrebna večstopenjska testiranja biooglja v manjšem obsegu, pred njegovo uporabo na velikih površinah. Na straneh *Methods for Producing Biochar and Advanced Biofuels in Washington State (2014)* navajajo, da so posamezne študije izpostavile, da v primeru nepravilne uporabe določene vrste biooglja, le-to lahko celo upočasni rast ali celo privede do popolnega uničenja rastlin. Poleg pospeševalnih učinkov na rast, je potrebno poznati tudi zaviralne učinke, oziroma natančne odnose med ogljem, tlemi in rastlinami, še dodajajo.

Iz zapisov na prej omenjeni spletni strani je mogoče ugotoviti, da so eksperimenti pokazali, da se vnosi med 5-50 ton oglja na hektar ($0,5-5 \text{ kg/m}^2$), izkazujejo v uspešni rasti rastlin.

Študije so pokazale, da obstaja več kot 80 različnih vrst biooglja (različne vhodne surovine in različne proizvodne spremenljivke). Zato so pri IBI (International Biochar Initiative) pred kratkim pripravili seznam standardov biooglja, ki zagotavljajo večjo preglednost in jasnost glede značilnosti biooglja.

Z razlogom zagotoviti znanstveno in etično podlago za pravilno in trajnostno pridobivanje in uporabo biooglja, je bil na evropski ravni ustanovljen Evropski certifikat za bioogljje (The European Biochar Certificate 1, 2014).

Zahteve European Biochar Certificate (The European Biochar Certificate 2) so:

1. Natančno dokumentiranje posameznih proizvodnih procesov.
2. Vzpostavitev pozitivne liste z dovoljenimi viri za pridobivanje biooglja.
3. Opredelitev lastnosti biooglja na osnovi minimalnega seta analiz.
4. S trajnostnega vidika mora biti bioogljje pridobljeno neodvisno od zunanega vira energije, nastali sintezni plin je potrebno uporabiti za npr. proizvodnjo elektrike ali toplote. Pridobljena toplota se mora uporabiti za namene sušenja ali gretja.
5. V času uporabe biooglja (vnosa v tla) je potrebno upoštevati obstoječe prakse in varnostna priporočila, kot na primer transport ali aplikacija v mokrem vremenu, še navaja Glaser idr. (2013).

2.5. LASTNOSTI BIOOGLJA

To poglavje vsebuje pregled fizikalnih in kemijskih lastnosti biooglja. Heterogenost vstopnega materiala (biomase) in številne kemične reakcije, do katerih pride med obdelavo. Heterogenost in številne kemične reakcije med obdelavo predstavljata razlog, da končni produkt (bioogljje) vsebuje edinstven nabor strukturnih in kemijskih lastnosti, sta mnenja Antal idr. (2003) in Demirbas idr. (2004)

Lastnosti biooglja določa njegova struktura ter kemijska sestava. Lastnosti biooglja lahko proučujemo z različnimi tehnikami, s katerimi na primer določamo njegovo sposobnost za zadrževanje vode, ionsko izmenjevalno kapaciteto v tleh, obstojnost v tleh, afiniteto do naselitve mikroorganizmov in gliv, kaljivost semen v substratu z dodanim bioogljem itd.

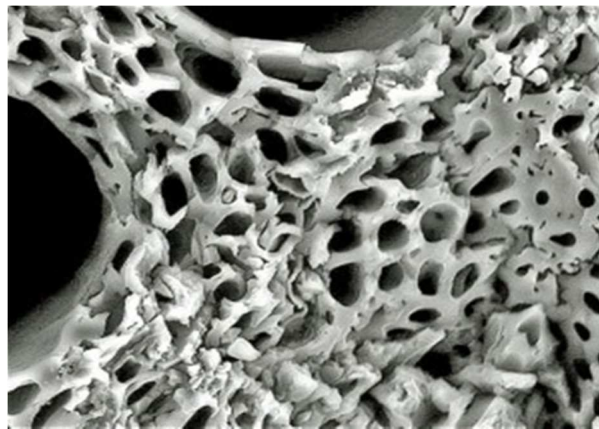
Kuwagi v Sohi idr. (2010) je predlagal, da bi bilo potrebno za oceno biooglja, ki se uporablja v kmetijstvu meriti sedem lastnosti biooglja, in sicer: pH, vsebnost hlapnih spojin, vsebnost pepela, zadrževanje vode, gostoto, volumen por in specifično površino.

Lastnosti biooglja so različne in se v grobem delijo v dve skupini, in sicer:

- po strukturi biooglja (fizikalne in kemijske lastnosti),
- po funkciji, ki jo ima bioogljje (npr.: sposobnost za izboljšanje mikrobnih procesov in sposobnost za izboljšanje rasti rastlin oz. pridelkov).

2.5.1. STRUKTURA BIOOGLJA

Struktura biooglja lahko vpliva na nekatere značilnosti biooglja. Poroznost in površina sta še posebej pomembna dejavnika, ki vplivata na določanje končne uporabe biooglja.

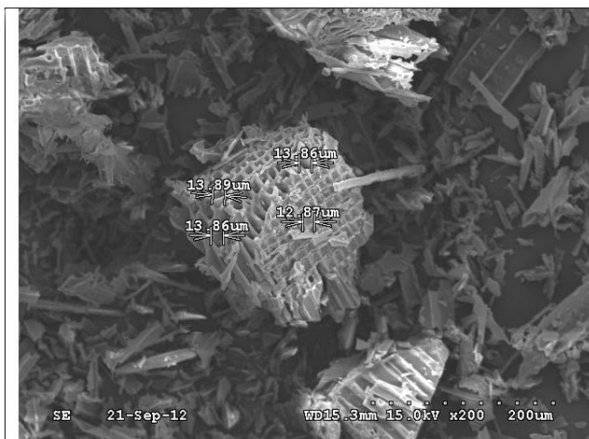


Slika 5: Povečana celična struktura biooglja

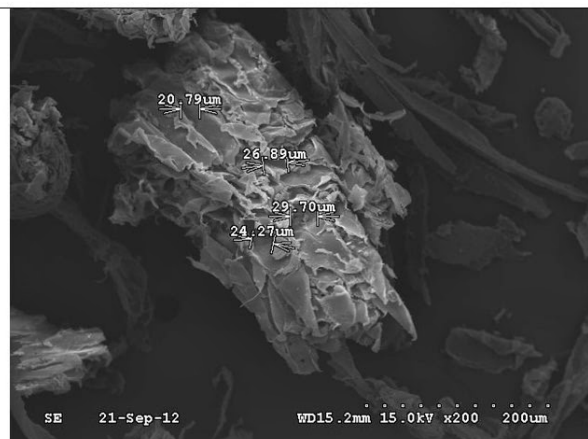
Vir: Air terra, 2014

Toplotna razgradnja celuloze med 250°C in 350°C ima za posledico precejšnjo izgubo mase, predvsem zaradi hlapnih snovi. Med toplotno razgradnjo celuloze med 250°C in 350°C nastane trdno ogrodje iz ogljika, ki nima značilne oblike.

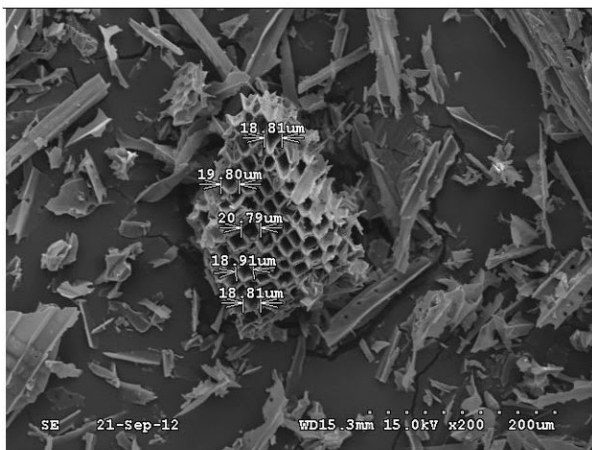
Nadaljnje višanje temperature pri pirolizi povzroči povečanje deleža aromatskega ogljika v biooglju, glede na druge oblike vezanega ogljika. Bolj kot se viša temperatura pirolize, bolj se spreminja prej omenjeno razmerje. Večji delež aromatskega ogljika v biooglju nastaja zaradi izhlapevanja hlapnih snovi (vode, hlapnih ogljikovodikov, H₂, CO in CO₂), preostali radikali pa se pretvorijo v arile (aromatski obroč, iz katerega je odstranjen en H atom) (Baaldock idr. v Lehmann idr., 2009). Pri temperaturi okrog 300°C začno bočno rasti poliaromatski sloji grafena. (Verheijen idr., 2014). Grafen je trdna snov, sestavljena iz čistega ogljika, kjer so atomi razporejeni v vzorec pravilnih šestkotnikov. Podoben je grafitu, vendar z debelino enega atoma. Je zelo lahek, masa kosa grafena s površino enega kvadratnega metra je le 0,77 miligrama. Kasneje se sloji med seboj povežejo. Prevladujoči proces pri temperaturi nad 600°C je karbonizacija. Večina ne-ogljikovih atomov se v postopku karbonizacije izloči. Vsebnost ogljika naraste in lahko doseže do 90% v biooglju, nastalem iz lesne biomase.



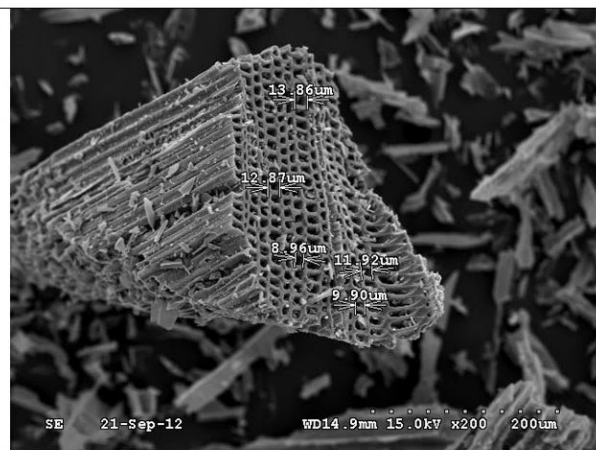
Raw material



Biochar production (193 °C)



Biochar production (250 °C)



Biochar production (316 °C)

Slika 6: Struktura biooglja pri različnih temperaturnih pogojih; levo zgoraj: Raw material – surovina; desno zgoraj: Biochar produkcija (193°C) - proizvodnja biooglja pri temperaturi 193°C; levo spodaj: Biochar production (250°C) – proizvodnja biooglja pri temperaturi 250°C; desno spodaj: Biochar production (316°C) – proizvodnja biooglja pri temperaturi 316 °C

Vir: Preparation and Plant-growth Efficiency Assessment of Biochars, 2014

Po mnenju Verheijen-a idr. (2010), so delci biooglja sestavljeni iz dveh glavnih strukturnih frakcij, in sicer iz kristalasto zloženih plasti grafena ter poljubno urejenih amorfnih aromatskih struktur. V aromatske obročje so vključeni atomi vodika, dušika, kisika, fosforja in žvepla. Prisotnost atomov prispeva k izrazito heterogeni površini biooglja, vpliva pa tudi na njegovo reaktivnost.

2.5.2. KEMIJSKE IN FIZIKALNE LASTNOSTI

Za biooglje je značilna zelo raznolika (heterogena) sestava. Vsebuje stabilne in nestabilne komponente. Njegove glavne komponente so: ogljik, hlapljive snovi, mineralne snovi (pepel) in vlaga. (preglednica 3)

Preglednica 3: Relativni razpon štirih elementov (vezanega ogljika, hlapne snovi, vlage, mineralni delci) biooglja (masni odstotek), ki jih najdemo na različnih surovinah in različnih pogojih pirolize.

SESTAVINA	DELEŽ (%)
Vezani ogljik	50-90
Hlapne snovi	0-40
Vlaga	1-15
Pepel (mineralni delci)	0.5-5

Vir: Brown v Lehmann idr., 2009

Kemijske in fizikalne lastnosti biooglja ter njegovo delovanje določa relativni delež komponent v njem. Poleg tega pa relativni delež komponent določa usodo biooglja v okolju in njegovo uporabo. (Brown v Lehmann idr., 2009).

Na primer bolj odporno in grobo biooglje se ustvari s pirolizo surovin na osnovi lesne biomase, medtem, ko je biooglje proizvedeno iz ostankov poljščin (npr. rž, koruza), gnoja in alg manj odporno (manjša mehanska trdnost) in drobnejše. Slednje je bogato s hranili in zato tudi lažje razgradljivo s strani mikroorganizmov.

Preglednica 4: Osnovne kemijske lastnosti treh vrst biooglja pridelanih iz različnih vhodnih surovin pri temperaturi 450°C

SUROVINA	perutninski gnoj	zeleni odpadki	Ostanki proizvodnje papirja (papermill)
N (%)	2,2	0,25	0,44
P (%)	2,4	0,049	0,11
K (%)	2,1	0,0072	0,047
CaCO ₃ (%)	14	0,90	7,50
celostni C (%)	35	66	37

Vir: Jenkins, 2014

Vsebnost mineralnih snovi v pirolizirani surovini vpliva na količino pepela. Biooglje z večjo vsebnostjo pepela proizvedemo, če za vhodne surovine uporabimo travo, lupine semen, gnoj

in ostanke slame. Medtem, ko z lesno biomaso proizvedemo biooglje z manjšo vsebnostjo pepela (Jenkis, 2014).

Vlaga je ena izmed kritičnih komponent biooglja, navaja Antal s sodelavci (2003). Višja vlaga poveča stroške povezane s proizvodnjo in transportom biooglja. Zaželeno je, da je vsebnost vlage do 10% (po masi). Da pridobimo biooglje z 10% vsebnostjo vlage, je nujno potrebno predhodno sušenje biomase, kar lahko predstavlja izziv v proizvodnji biooglja, dodaja Antal idr. (2003).

Čeprav lahko biooglje proizvedemo iz različne biomase (npr. lesne biomase, ostankov poljščin, gnoja, alg...) in pod različnimi pogoji pirolize sta glavni značilnosti biooglja aromatska struktura in visok delež ogljika. Ti dve značilnosti biooglja pripomoreta h kemijski stabilnosti.

V poročilu Sohi idr. (2010) so objavili, da kompleksna in heterogena kemijska sestava biooglja omogoča številne kemijske interakcije z organskimi in anorganskimi spojinami v okolju. Pri biomasi se med procesom pirolize odcepljajo in preoblikujejo funkcionalne skupine kot so: hidroksilna $-OH$, amino $-NH_2$, ketonska $-OR$, esterska $-(C=O)OR$, nitro $-NO_2$, aldehydna $-(C=O)H$, karboksilna $-(C(=O)OH)$ (Verheijen idr., 2010). Omenjene funkcionalne skupine se nahajajo pretežno na zunanji površini grafena in na površini por. (Verheijen idr., 2010).

Verheijen idr. (2010) navajajo, da nekatere od teh skupin delujejo kot oddajniki elektronov, spet drugi pa kot sprejemniki elektronov, kar ima za posledico koeksistirajoča območja, s kislimi in bazičnimi, hidrofilnimi in hidrofobnimi lastnostmi. Določene funkcionalne skupine vsebujejo tudi druge elemente, kot sta dušik in žveplo. Funkcionalne skupine, ki vsebujejo dušik in žveplo ter ostale elemente so značilne za biooglje iz živalskega gnoja in blat čistilnih naprav.

Verheijen idr. (2010) poudari, da so sestava, porazdelitev, relativni delež in reaktivnost funkcionalnih skupin v biooglju odvisne od številnih dejavnikov, kot je uporabljen material in pirolizna metoda. Zato je potrebno za vsaka tla posebej določiti pravo biooglje s pravimi kemijskimi in fizikalnimi lastnostmi.

2.5.3. VELIKOST DELCEV BIOOGLJA

Po mnenju Gonzalez-a idr. v Lehmann idr. (2009), na velikost delcev in njihovo razporeditev vpliva vrsta vhodne biomase in pogoji pirolize. Slednji vplivajo tudi na delež krčenja organskega materiala. Razmere pred samo pirolizo (npr. sušenje, kemijska aktivacija), med pirolizo (npr. hitrost segrevanja, zadrževalni čas, tlak, hitrost pretoka internega plina, vrsta in oblika reaktorja) in po pirolizi (npr. sejanje, aktiviranje) lahko močno vplivajo na velikost delcev in ostale fizične lastnosti in strukturo biooglja. Tako so Downi A. in sodelavci (2009) ugotovili, da se velikost delcev biooglja katerekoli vhodne biomase dodatno zmanjša z višanjem temperature pirolize ($450^{\circ}C$ - $700^{\circ}C$). Te ugotovitve so bile pridobljene pretežno iz študij, ki obravnavajo biooglje, pridobljeno iz odpadne biomase kot so koruzni storži, orehove lupine (Lua idr. v Lehmann, 2009) in koščice oljk (Gonzalez idr. v Lehmann idr., 2009).

V delu Downi s sodelavci (2009) so biooglje razvrstili v tri kategorije glede na notranji premer por: makropore (> 50 nm), mezopore (2 nm < 50 nm) in mikropore (< 2 nm).

V istem delu navajajo, da je porazdelitev velikosti delcev v biooglju, ki ga dodamo tlom vplivala na končne lastnosti in reakcijo tal. Tako imajo večji delci s porami večjo kapaciteto

za adsorpcijo vode in so torej porozni. Manjši delci pa predstavljajo večjo površino in s tem več potencialnih reaktivnih mest.

Povedati je tudi potrebno, da se pri velikost delcev biooglja pojavljajo varnostna vprašanja povezana z ravnanjem, skladiščenjem in prevozom biooglja. Drobni delci predstavljajo večjo možnost prašenja. Vnos v tla je zato potrebno zagotoviti v vlažnem vremenu brez vetra in z ustrezno mehanizacijo.

2.6. MOŽNOSTI UPORABE BIOOGLJA

Pridobivanje biooglja je tehnologija, ki se dotika različnih področjih politike EU, vključno z varstvom okolja, ravnanja z odpadki, kmetijsko politiko, politiko podnebnih sprememb, raziskovalno in razvojno politiko, industrijo in energetiko. Velik izziv v prihodnosti je povezati glavne koristi in učinke uporabe biooglja v skupen okvir ter poiskati učinkovite rešitve za čim večje koristi ob upoštevanju mednarodne zakonodaje in predpisov.

Uporaba biooglja ima številne pozitivne učinke, njegova uporaba je izjemno široka. Razlogi za uporabo in proizvodnjo biooglja se kažejo v okoljskih, finančnih in socialnih ter agronomskih koristih.

Na spletni strani ITHAKA (ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 5, 2014), so izdelali poročilo s pregledom možne uporabe biooglja na različnih področjih. Navajajo, da se je bioogljje sprva uporabljalo le v kmetijstvu, kasneje se je uporaba razširila na področje energetske izrabe in ostala področja, kot so: filtriranje vode, preprečevanje vonjav, področje medicine. V zadnjih nekaj letih se je spekter uporabe biooglja še razširil na področja gradbeništva, wellnessa, itd. V nadaljevanju predstavitve Možnosti uporabe biooglja, se izraz bioogljje uporablja za oglje, ki je pridobljeno na trajnostni način. V vseh omenjenih primerih pa je mogoče velikokrat še zaslediti zapise, ki uporabljajo izraz oglje, ki je pridobljeno na klasičen način, kjer omejevanju emisij v času pridelave ne posvečajo bistvene pozornosti.

2.6.1. Uporaba biooglja pri vzreji živali

Van (2006) navaja, da dodatek biooglja krmi pri vzreji perutnine v deležu do 0,6%, poveča rast mladih živali, v povprečju za 17%. Podobne rezultate so potrdili Kana (2010) in Ruttanvut (2009) pri racah in piščancih. Priporočljivo je, da se v krmo doda 0,4%-0,6% biooglja.

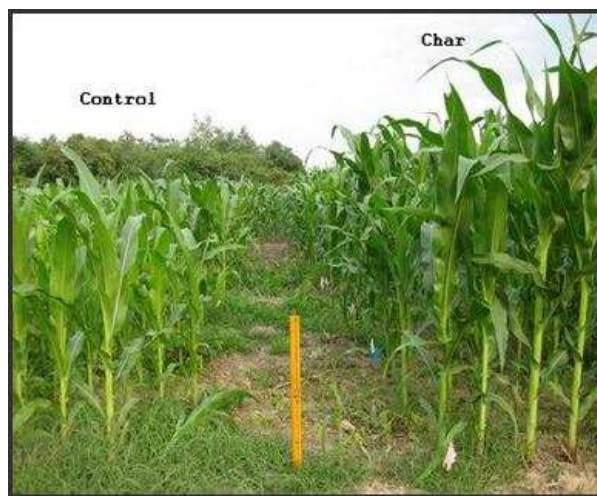
Bioogljje ima visoko stopnjo adsorpcije vode, so zapisali na strani ITHAKA (ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 4, 2014). Po njihovem poročanju lahko bioogljje absorbira do 5-kratno težo vode v primerjavi z lastno težo. Bioogljje učinkovito absorbira organske molekule (aminokislino, maščobne kisline, proteine in sečnino), in mineralne spojine (amonij, amonijak, nitrati). Navajajo tudi, da se bioogljje uporablja pri steljah za živali, kjer pozitivno vpliva na adsorpcijo vlage in organskih ter anorganskih dušikovih spojin. Adsorpcija dušika in kontinuirano sušenje zmanjšuje prisotnost patogenih mikroorganizmov in zmanjša strupene emisije amonijaka.

Na mednarodni ravni smo trenutno priča večjemu številu raziskav, ki poročajo o prednostih dodajanja biooglja v krmo živali. Npr. raziskave Kana in sodelavcev (2011) so pokazale, da

dodajanje biooglja v količini 0,2-0,6% v krmo pripomore k povečanju teže živali, Leng s sodelavci (2012) je dokazal, da dodajanje biooglja v količini 1% pripomore k zmanjšanju nastajanja metana v vampu govedi za 12,7%. Raziskave si podrobno lahko pogledate na spletnih straneh ITHAKA, Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 3, (2014).

2.6.2. Uporaba biooglja v kot sredstvo za izboljšanje tal

Plemenitenje tal z uporabo biooglja je bilo do danes večkrat potrjeno. Pozitivni vplivi se odražajo v izboljšanju kationske izmenjevalne kapacitete v tleh na dolgi rok, povišanju pH tal, povečanju kapacitete za zadrževanje vode, zmanjšanju potrebe po uporabi gnojil (zmanjšajo se zahteve po dognojevanju). Z uspešno rastjo vegetacije pa se vpliv dodajanja biooglja kaže posredno v zmanjšanju vodne in vetrne erozije. Končni pozitivni učinki na tla se kažejo v večjem pridelku. Dodajanje biooglja v tla vpliva tudi na povečanje ravnih ogljika v tleh.



Slika 7: Razlika v rasti rastlin (na levi strani je prikazana koruza, ki je rasla v zemlji brez dodanega biooglja; na desni strani je prikazana koruza, ki je rasla v zemlji z dodanim bioogljem)

Vir: BIORIL LLC, 2014

Večina raziskav o vplivu biooglja na tla je bila narejenih v tropskih podnebnjih. Iz raziskav Shackley-a idr. v Biochar Farms (2014) je mogoče razbrati, da dodatki biooglja v vrednostih do 50 ton ogljika na hektar pozitivno vplivajo na rast rastlin. Za večino rastlin ni bilo opaznega negativnega vpliva niti pri vnosih do 140 ton C/ha.

Rondon s sodelavci je v raziskavi narejeni leta 2005 odkril, da lahko dodatek biooglja tlom zmanjša izpuste toplogrednih plinov iz tal. Odkrili so da dodatek biooglja v vrednosti 20g na kg tal popolnoma zaustavi izpuste metana. Prav tako pa se z dodajanjem biooglja tlom zmanjšajo izpusti dušika. Natalija Rogovska s sodelavci (2011) je v svoji raziskavi dokazala, da so se izpusti dušikovega oksida zmanjšali za 50% ob dodatku biooglja soji, ob dodatku biooglja na travnato površino so se izpusti dušika zmanjšali za 80%. Podobne učinke lahko pričakujemo tudi ob dodajanju biooglja hlevskemu gnoju in kompostu. Nizke izpuste različnih toplogrednih plinov lahko razložimo z boljšo aeracijo tal in manj pogostemu pojavljanju anaerobnih con.

V raziskavi, ki jo je opravil Lehman s sodelavci (2007 a) navajajo, da se potencial biooglja kaže tudi v možnostih zmanjšanja onesnaženosti tal. Dokazali so visoko kapaciteto izmenjave dušika in fosforja ter ostalih ioniziranih spojin. Prav tako pa naj bi biooglje v tleh povečal sposobnost vezave organskih onesnažil (pesticidi, policiklični aromatski

ogljikovodiki). Na tem področju bi bile dobrodošle dodatne raziskave, predvsem v smeri potenciala biooglja za zmanjševanje razpršenih virov onesnaženja, ki ga predstavlja odtok hranil in ostalih onesnažil iz kmetijstva. V primeru pozitivnih izsledkov raziskav bi z uporabo biooglja lahko vplivali tudi na zmanjšanje onesnaženja površinskih in podtalnih voda.

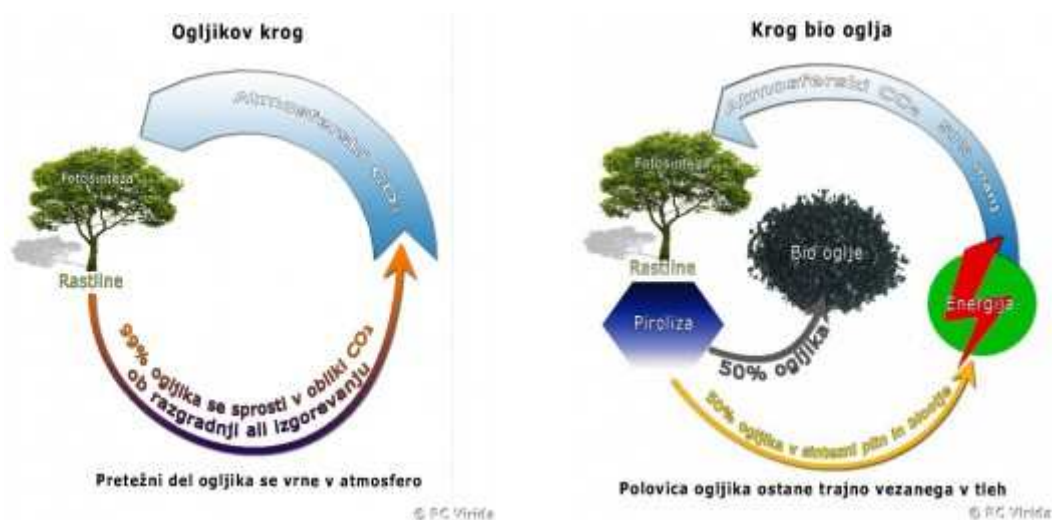
Pri uporabi biooglja na različnih področjih moramo biti pozorni na vrsto in lastnosti biooglja (kemijska struktura, specifična površina, velikost delcev), ki ga uporabljamo. Poleg tega je potrebno poznavanje strukture in teksture tal, kakor tudi rastlinskih zahtev v primeru, ko biooglje uporabljamo za namen povečanja pridelka, opozarja Verheijen idr. (2010). Uporaba biooglja je odvisna tudi od fizikalnih in kemijskih stabilizacijskih mehanizmov biooglja v zemlji. Raziskav, ki se nanašajo na učinke vsakega izmed prej naštetih dejavnikov ni veliko. To področje je slabo raziskano, predvsem v različnih klimatskih pogojih.

2.6.3. Uporaba biooglja pri spopadu s podnebnimi spremembami

Pomen biooglja se kaže tudi v spopadu s klimatskimi spremembami, ki pomenijo danes izziv za ljudi. Vse več se govori o prekomernih izpustih toplogrednih plinov. Pomembni antropogeni viri toplogrednih plinov so izpusti metana, dušikovih oksidov, ogljikovega dioksida in ostalih toplogrednih plinov, ki se sproščajo s sežigom fosilnih goriv in biomasnih goriv. Nastajajo pa tudi v naravnem procesu razgradnje nadzemne in podzemne organske snovi, pri gorenju oz. pri požarih v naravi. Kyotski protokol je postavil zahteve in večina mednarodnih ciljev je usmerjena v iskanje rešitev za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov in upoštevanje načel oz. zahtev Kyotskega protokola. Biooglje ima potencial skladiščenja velike količine ogljika in ostalih toplogrednih plinov v tleh, kar ima za posledico manjše sproščanje toplogrednih plinov v atmosfero.

Raziskave, ki so jih opravili Sohi idr. (2010), Levine (2010) so pokazale, da oglje kot ostanek gozdnih požarov in starodavnih antropogenih vnosov, izkazuje stabilnost tisočletnega obsega in s tem tisočletno zadrževanje toplogrednih plinov v tleh.

Stabilnost danes pridobljenega biooglja lahko ocenimo z različnimi laboratorijskimi tehnikami. Raziskave so pokazale, da je stabilnost biooglja odvisna od vhodne biomase in procesnih pogojev pirolize, še lahkko zasledimo na spletni strani International Biochar Initiative 5 (2013).



Slika 8: Prikaz zmanjšanja toplogrednih plinov z uporabo biooglja

Vir: RC Virida, 2014

Potencial biooglja za doseganje trajnega skladiščenja ogljika in s tem toplogrednih plinov je zelo velik. Realizacija njegovega potenciala je odvisna od več ključnih dejavnikov, vključno z: razpoložljivimi viri obnovljive biomase, ki je lahko uporabljena na trajnostni način, dolgoročno stabilnostjo biooglja v tleh, stopnjo proizvodnje in izkoriščanja bioenergije in ostalih energentov, ki vključujejo biooglje, menijo Sohi idr. (2010) in Levine (2010)

Levine (2010) pove, da z uporabo biooglja za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov lahko pripomoremo k izpolnitvi zahtev Kyotskega protokola, saj na eni strani iščemo rešitve za zmanjšanje izpustov tiste vrste in količine toplogrednih plinov, ki se jim z razpoložljivo tehniko lahko izognemo (učinkovitejša raba virov), na drugi strani pa iščemo rešitve, ki predstavljajo iskanje tehnik skladiščenja ogljika za tiste izpuste toplogrednih plinov, ki se jim ne moremo izogniti.

Še pred nekaj leti je bila edina oblika skladiščenja ogljika, ki je bila dovoljena pri trgovanju z emisijskimi kuponi, skladiščenje ogljika s pogozdovanjem, shranjevanje ogljika s kmetijskimi pridelki pa ni prišlo v poštev.

Danes so v uporabi različne strategije, kot so npr. večja vlaganja v pogozdovanje, črpanje ogljikovega dioksida v geološke plasti in plasti oceanov in skladiščenje ogljika v kopenskih ekosistemih s povečanjem talnih zalog ogljika.

Lehman s sodelavci v raziskavi narejeni leta 2000 pove, da več kot 90% ogljika iz organskega materiala oksidira in preide v ogljikov dioksid. V primeru različnih sistemov pridobivanja biooglja pa le 45%-48% organskega ogljika oksidira do ogljikovega dioksida. Lehmann idr. v Sohi idr. (2010) navaja, da na podlagi teh ugotovitev lahko izračunamo, da bi se lahko s preusmeritvijo iz popolnega sežiga odpadne biomase v sistem biooglja izognili 420kg-450kg emisij ogljika na tono uporabljene biomase.

Dokazano pa je bilo tudi, da proizvedena energija v toku procesa, če z njo nadomestimo energijo pridobljeno iz fosilnih goriv vodi v dodatno zmanjšanje emisij. V današnjih časih je predmet trgovanja in spodbud le količina emisij, ki se jim izognemo z rabo biogoriv, žal pa ne tudi količina trajno vezanega ogljika.

2.6.4. Uporaba biooglja v gradbeništvu

Dve izjemni lastnosti biooglja sta njegova izredna nizka toplotna prevodnost in sposobnost absorpcije vode, izpostavijo na spletni strani ITHAKA (ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 3, 2014). Ti lastnosti pomenita, da je biooglje lahko primeren material za izolacijo stavb in uravnavanje vlažnosti. Biooglje lahko dodajamo pesku v razmerju do 50%. Pesek z dodatkom biooglja in ostalimi sestavinami (glino, apno, cementna malta) ustvarja notranji omet z odlično izolacijo in odličnimi zračnimi lastnostmi, hkrati pa je omet z dodatkom biooglja sposoben vzdrževati vlažnost v prostorih v razponu 45% in 70% poleti in pozimi. Zadrževanje vlažnosti z bioogljem preprečuje preveliko suhost zraka, ki je lahko vzrok dihalnih obolenj in alergij, igra pa tudi pomembno vlogo pri preprečevanju kondenzacije vlage na zunanjih stenah, s čimer preprečuje razvoj plesni na stenah. Na istem spletnem naslovu poleg teh lastnosti, ki jih prinaša uporaba biooglja v gradbeništvu, poudarijo, da je omet, ki mu je dodano biooglje odličen absorbent vonjav in toksinov, absorbent elektromagnetnega sevanja, ipd. Prav tako se lahko biooglje uporablja tudi na zunanjih delih stavb, lahko je nadomestek za stiropor ali pa se uporablja za zunanjo

izolacijo hiš. Trenutno nemško podjetje Casadobe skupaj z Inštitutom Delinat razvija vrsto blatnih ometov z dodatkom biooglja. Izdelek naj bi bil na voljo na tržišču v letu 2013.

2.6.5. Uporaba biooglja kot sredstvo za razstrupljanje vode in tal

Hans Peter Schmidt v poročilu dostopnem na ITHAKA (ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 5, 2014) ugotavlja, da je biooglje primerno sredstvo za razstrupljanje s kovinami onesnaženih tal, zlasti za tla, kjer so potekala rudarska dela, kjer so bila odlagališča in vojaške baze. V istem poročilu Schmidt ugotavlja, da je biooglje hkrati odlično sredstvo za uporabo pri čiščenju odpadne vode, zlasti komunalne odpadne vode, onesnažene s težkimi kovinami. Biooglje je lahko odlična »ovira« za preprečevanja vstopa pesticidov v površinske vode. Ob straneh jezer ali ribnikov je na primer lahko nastavljena 30-50 cm globoka prepreka iz biooglja, ki omogoča filtriranje pesticidov. Dodajajo pa ga tudi v ribnike in jezersko vodo kot sredstvo za vpijanje fitofarmaceutskih sredstev in rastlinskih hranil.

2.6.6. Uporaba biooglja pri proizvodnji bioplina

Poskusi Inhapanya s sodelavci (2012) kažejo, da se z dodajanjem biooglja pri proizvodnji bioplina poveča donos metana in vodika, medtem, ko se istočasno zmanjšuje ogljikov dioksid in amonijak.

Pri obdelavi gnojevke z dodatkom biooglja prihaja do boljšega skladiščenja hranil in preprečevanja emisij.

2.6.7. Uporaba biooglja kot sredstva za zagotavljanje pitne vode

V sistemih za pripravo pitne vode se oglje že od nekdaj uporablja kot mikrofilter za vezavo onesnažil, menijo na ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 2 (2014).

2.6.8. Uporaba biooglja na področju tekstila oz. tekstilne dejavnosti

Biooglje omogoča boljše toplotne in zračne lastnosti oblačil, hkrati pa zmanjšuje neprijetne vonjave, ki nastanejo s potenjem.

V tekstilni dejavnosti biooglje uporabljajo kot dodatek tkanini za spodnje perilo, kot dodatek za povečanje toplotne izolacije za oblačila. Uporablja pa se tudi kot dodatek v podplatih čevljev kot preprečevalec neprijetnih vonjav, še pišejo na ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 1, (2014).

2.6.9. Uporaba biooglja v dejavnosti Welnesa

Biooglje absorbira znoj in vonjave, ščiti pred elektromagnetnim sevanjem in odstranjuje negativne ione iz kože. Poleg tega pa biooglje deluje kot toplotni izolator, ki zadržuje toploto, kar omogoča udoben spanec brez kopičenja toplote v poletnih mesecih. Na Japonskem uporabljajo biooglje kot polnilo za vzmetnice in blazine. Tako napolnjene vzmetnice naj bi preprečevale nespečnost in napetosti v vratu. Biooglje se uporablja tudi na področju kozmetike. Dodaja se v mila, kreme za kožo in kot dodatek v terapevtske kopeli, pojasnijo na ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 1 (2014).

2.6.10. Uporaba biooglja v drugih dejavnostih

Po trditvah na strani ITHAKA (ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 5, 2014), se biooglje uporablja, še na številnih drugih področjih, kot so:

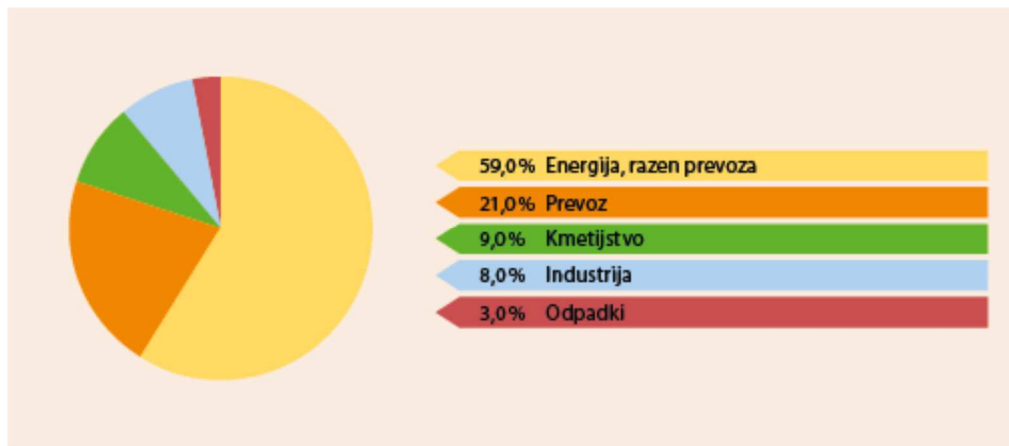
- nadzor emisij izpušnih plinov;
- uporaba v industriji pri izdelavi plastike, v elektroniki (polprevodniki, baterije), v proizvodnji energije (peleti, nadomestek lignita), v proizvodnji barv in barvil itd.;
- zdravstveno biooglje lahko deluje kot razstrupljevalec in nosilec farmacevtskih učinkovin;
- ker biooglje ščiti pred elektromagnetnim sevanjem se lahko uporablja v mikrovalovnih pečicah, televizijskih sprejemnikih, napajalnikih, računalnikih, itd. Uporablja se z namenom zaščite uporabnika pred elektromagnetnim sevanjem. Ta funkcija biooglja se lahko uporablja tudi kot zaščita pred sevanjem v oblačilih.

Na prej omenjeni spletni strani trditve kažejo, da ima biooglje v prihodnosti velik tržni potencial. Pri umestitvi biooglja v pravi kontekst je potrebno upoštevati vse dejavnike, ki vplivajo na ekonomsko upravičenost. Ekonomska upravičenost biooglja je odvisna od cene izdelka in koristi za uporabnika. Pri ceni je potrebno upoštevati bližino vira in zadostne količine biooglja, (Dolg transport zvišuje stroške. Stroške zvišuje tudi potreba po velikih skladiščih za skladiščenje biomase), vsebnost vlage in ostale lastnosti vhodnega materiala, izbiro tehnologije, možnost nadaljnje izrabe ter distribucijo produktov. Ekonomska upravičenost se lahko tako za pridelovalca biooglja, kakor tudi uporabnika kaže v upravičenosti do trgovanja na področju emisijskih kuponov.

3. UPORABA BIOOGLJA ZA TRAJNOSTNO KMETIJSTVO

3.1. GLAVNI PROBLEMI, KI JIH POVZROČA KMETIJSKA DEJAVNOSTI

Med večje onesnaževalce okolja spada, poleg industrije, prometa in energetskega sektorja tudi kmetijstvo. Iz slike 13 spodaj je razvidno, da kmetijstvo prispeva 9% vseh toplogrednih plinov.



Slika 9: Razčlenitev toplogrednih plinov po dejavnosti in njihov delež v okviru vseh emisij Evropske komisije

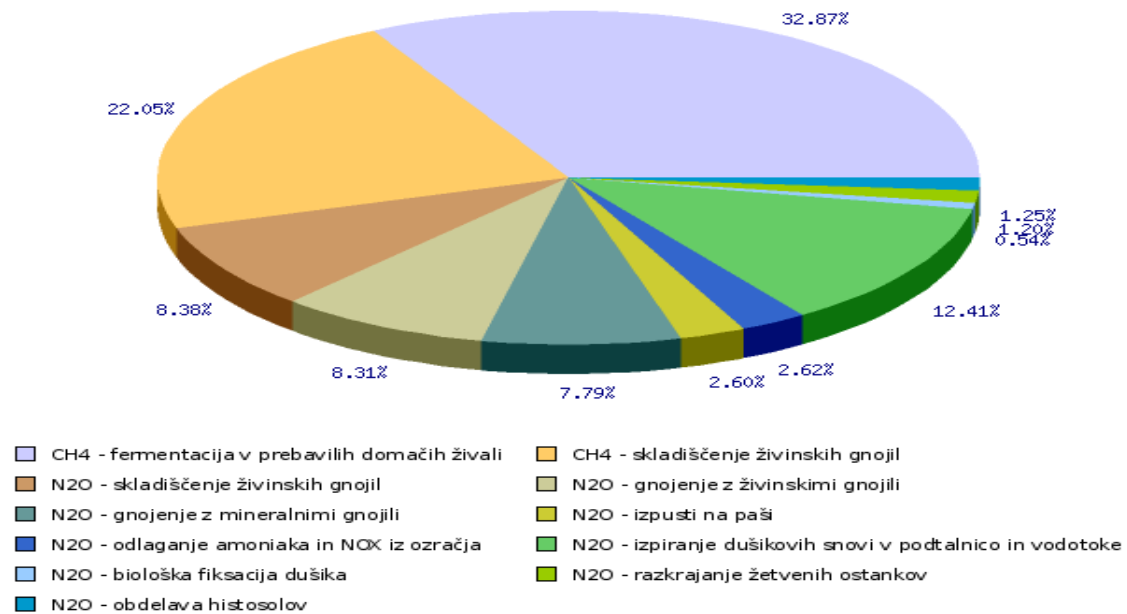
Vir: Kmetijstvo Evropske unije – sprejemanje izziva na področju podnebnih sprememb, 2014

Iz raziskave opravljene 2001 je Rejec Brancelj mnenja, da so poleg sproščanja toplogrednih plinov glavni viri obremenitev s strani kmetijstva predvsem:

- velika uporaba umetnih gnojil in fitofarmaceutskih sredstev,
- širjenje ornih površin na račun gozdnih in travniških.

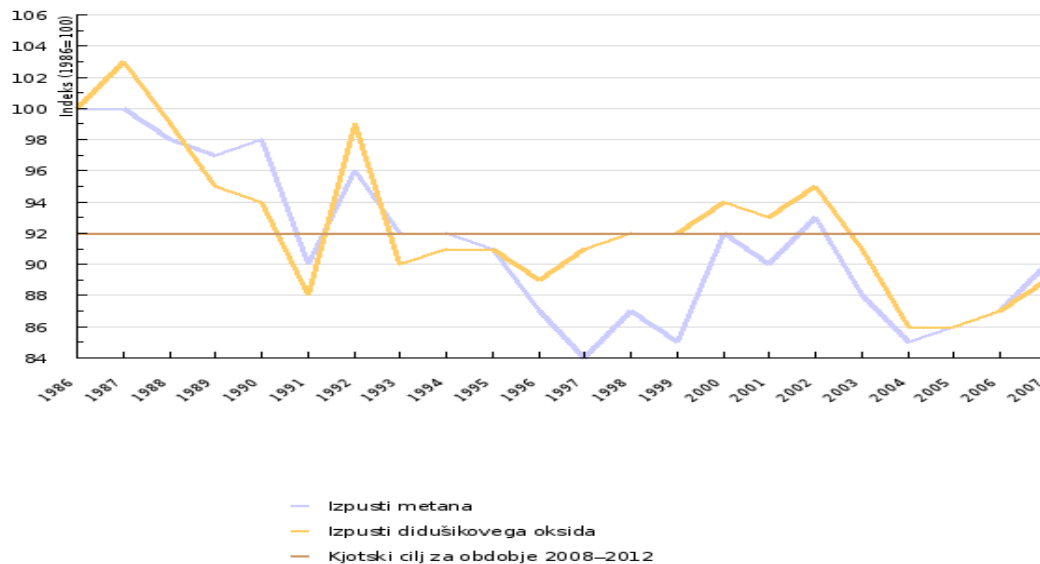
Rejec Brancelj (2001) pove, da se posledice prevelike rabe gnojil in fitofarmaceutskih sredstev odražajo v razpršenih obremenitvah vode in tal zaradi odtoka s kmetijskih površin. Točkovne obremenitve vode in tal pa povzročajo, veliki živinorejski obrati, ribogojnice ter neprimerno shranjevanje ter odlaganje sredstev za varstvo rastlin, itd. V Sloveniji smo priča intenzifikaciji in specializaciji kmetijstva v ravninskih in gričevnatih pokrajinah, kjer so pritiski na vode največji.

Na Agenciji Republike Slovenije za okolje (2014) so zapisali, da izpusti toplogrednih plinov iz kmetijstva nastajajo z izpusti metana pri fermentaciji v prebavilih domačih živali in pri skladiščenju živinskih gnojil, z izpusti dušikovih oksidov pri skladiščenju živinskih gnojil in gnojenju z živinskimi in mineralnimi gnojili, pri razkrajanju žetvenih ostankov, uporabi kmetijske mehanizacije itd. Struktura izpustov toplogrednih plinov iz kmetijstva je predstavljena na sliki 10.



Slika 10: Struktura izpustov toplogrednih plinov v kmetijstvu v letu 2007

Vir: ARSO, 2014



Slika 11: Gibanje letnih izpustov metana in dušikovega oksida (tisoč ton) v kmetijstvu po letih

Vir: ARSO, 2014

Izpusti metana v kmetijstvo so od leta 1986 do leta 2007 manjšali (slika 11), in sicer od 60.700 ton na 54.000 ton ali za 10,3%. Izpusti didušikovega oksida so se po podatkih z leti nižali, in sicer iz 3.417 ton na 3.028 ton ali za 11,4%. Toplogredna plina (metan, didušikovi oksidi), izražena v ekvivalentih CO₂, se je po letih zmanjšal od 2.334.000 ton na 2.082.000

ton ali 10,8%. Viri navajajo – ARSO (2014), da smo pri doseganju Kjotskega protokola oz. Kjotskih ciljev na področju kmetijstva v Sloveniji enako uspešni kot države EU. Pri zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov je največ prispevala govedoreja, predvsem na račun zmanjšanja izpustov metana zaradi fermentacije v prebavilih ter izpusti didušikovega oksida pri skladiščenju živinskih gnojil. K zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov so zelo veliko prispevale tudi nove čistilne naprave na velikih prašičjih farmah in uvajanje separacije gnojevke in izgradnja anaerobnih digesterjev za pridobivanje bioplina. Zmanjšali so se tudi izpusti toplogrednih plinov v perutninarstvu, kar gre pripisati manjšemu obsegu reje.

Kmetijstvo v prihodnosti čakata še dva velika izziva, in sicer zmanjšati svoje emisije toplogrednih plinov in se hkrati prilagoditi novim podnebnim razmeram.

Kot smo povedali zgoraj, je pomembno zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, predvsem zmanjšanje didušikovih oksidov (N_2O), ki se sprošča v ozračje iz kmetijskih zemljišč predvsem zaradi mikrobiološke transformacije dušikovih gnojil v tleh. Didušikovi oksidi (N_2O) predstavljajo več kot polovico vseh emisij kmetijstva, medtem, ko emisije metana (CH_4) v veliki meri nastajajo pri procesu prebavljanja prežvekovalcev (predvsem krav in ovac).

Podnebne spremembe bodo, zaradi fizikalnih vplivov in povečane vsebnosti CO_2 v ozračju, vplivale na številne procese na rastlinah in živalih. V resoluciji o strateških usmeritvah razvoja slovenskega kmetijstva in živilstva lahko zasledimo podatek, da globalne študije kažejo oz. predvidevajo, da bo zaradi podnebnih sprememb cena kmetijske proizvodnje višja za vsaj 10 do 20%. Močno se bodo povečala različna tveganja, ki spremljajo kmetijstvo, predvsem bo večja verjetnost vremenskih ekstremov, kot so: vročina, suša, neurja in poplave. Uvesti bo potrebno določene prilagoditve predvsem pri rastlinski pridelavi. Te prilagoditve so: sprememba datuma setve, spremenjeni kultivarji (zamenjava zgodnejših sort s poznimi), namakanje ali izbira sort, ki na sušo niso občutljive ter verjetnost intenzivnejšega gnojenja za kompenzacijo skrajšane rastne dobe in potencialnih stresov.

Študije resolucije o strateških usmeritvah razvoja slovenskega kmetijstva in živalstva do leta 2020 kažejo, da bodo najvažnejše za kmetijstvo vremenske razmere, ki se bodo kazale, predvsem v posrednem in neposrednem vplivu povečane temperature zraka. Vodna bilanca bo prav tako odločilno vplivala na kmetijsko pridelavo.

Poleg zgoraj omenjenih prilagoditev bo potrebno iskati nove rešitve, ki bodo omogočale zmanjševanje negativnih točkovnih in razpršenih obremenitev iz kmetijstva, ščitile pridelek pred podnebnimi spremembami in hkrati dajale višji pridelek. Menimo, da na tem mestu biooglje lahko odigra pomembno vlogo.

3.2. NAČINI PRIDELAVE BIOOGLJA ZA KMETIJSTVO IN VRT

Namen in cilj pridobivanja biooglja je uporaba izboljšanih procesov z večjim izkoristkom brez škodljivih emisij v ozračje ter z uporabo biomase, ki ni namenjena v energetske namene in bi bila v naravi podvržena naravnemu razpadu. Namen proizvodnje biooglja je proizvodnja in uporaba le-tega z upoštevanjem trajnostnega razvoja in pravočasne ublažitve podnebnih sprememb.

Pri pridelavi biooglja gre za enake procese, kot jih poznamo pri pretvorbi lesa v oglje, ki ga je človek znal pridobivati že pred več tisoči leti. Te starodavne procese imenujemo oglarske kope. V teh primerih gre za nadaljnjo energetsko izrabo oglja v industrijskih procesih kot tudi za kuhanje, kar je aktualno v državah v razvoju, kjer je biomasa primarni vir energije v gospodinjstvih. V tem primeru je cilj pridobiti stabilnejšo biomaso manjšega volumna in večje

kurilne vrednosti, ki predstavlja tudi čistejšo gorivo, z manjšo tvorbo dima v času kuhanja ali druge industrijske rabe (taljenje železa).

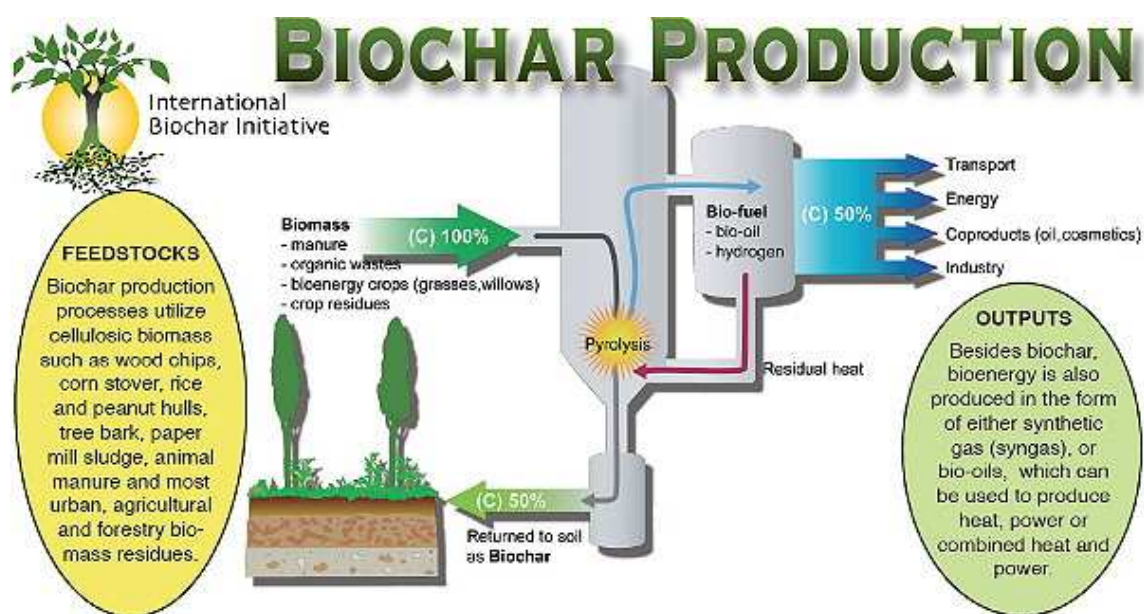
(Brown v Lehmann, 2009) navaja, da starodavni načini oglarjenja povzročajo negativen vpliv na okolje z deforestacijo. Meni tudi, da poleg deforestacije obstajajo možnosti za onesnaženje zraka (izpusti ogljikovega monoksida, hlapnih organskih spojin in prašnih delcev). Oglarjenje omogoča relativno nizke izkoristke, kjer pridobljeno oglje predstavlja približno eno polovico prostornine in eno četrtino mase vhodne količine lesa. V osnovi so moderni načini uplinjanja in pirolize namenjeni neposrednemu pridobivanju energije in toplote, pridobivanju (bio) olja in sinteznega plina kot nosilca energije oz. vhodnih surovin za nadaljnjo biorafinacijo. V teh procesih nastaja oglje, ki je le stranski produkt procesa. Še dodaja Brown (v Lehmann, 2009).

Za namene večjega deleža biooglja so razvili sisteme, ki so usmerjeni v generiranje večjega deleža biooglja, ob hkratnem pridobivanju piroliznih plinov in olja kot energentov, ugotavlja Lehmann idr. (v Sohi idr., 2010). Pove tudi, da je glavni cilj ohranitev med 30 in 50% ogljika v biooglju za njegovo naknadno skladiščenje z vnosom v tla.

Na spletni strani Biochar International 6,7 (2014) navajajo veliko različnih načinov pridobivanja biooglja. Vsem načinom je skupno, da oglje pridobimo s termično razgradnjo organskega materiala ob omejenem dostopu kisika pri relativno visokih temperaturah. Ti procesi oz. metode lahko proizvajajo čisto energijo in energentov v obliki toplote, plina ali olja skupaj z bioogljem.

Oprema oz. tehnologija za izdelavo biooglja za namene rabe v kmetijstvu je lahko zelo enostavna ali zelo kompleksna s sistemi rekuperacije in namenske izrabe nastale toplote (slika 12). V prvem primeru gre za tako imenovane kuhalnike na lesni plin in druge enostavne izvedbe piroliznih sodov, ki so namenjeni za individualno uporabo v okviru gospodinjstva ali kmečkega gospodarstva. V drugem primeru pa gre za namensko industrijsko proizvodnjo večjih količin.

Osnovni princip je uporaba pirolize. Piroliza je sestavljena iz dveh besed »pyro«-ogenj in »lysis«-ločevanje.



Slika 12: Prikaz procesa pridobivanja biooglja s pirolizo

Vir: Biochar International, 2014

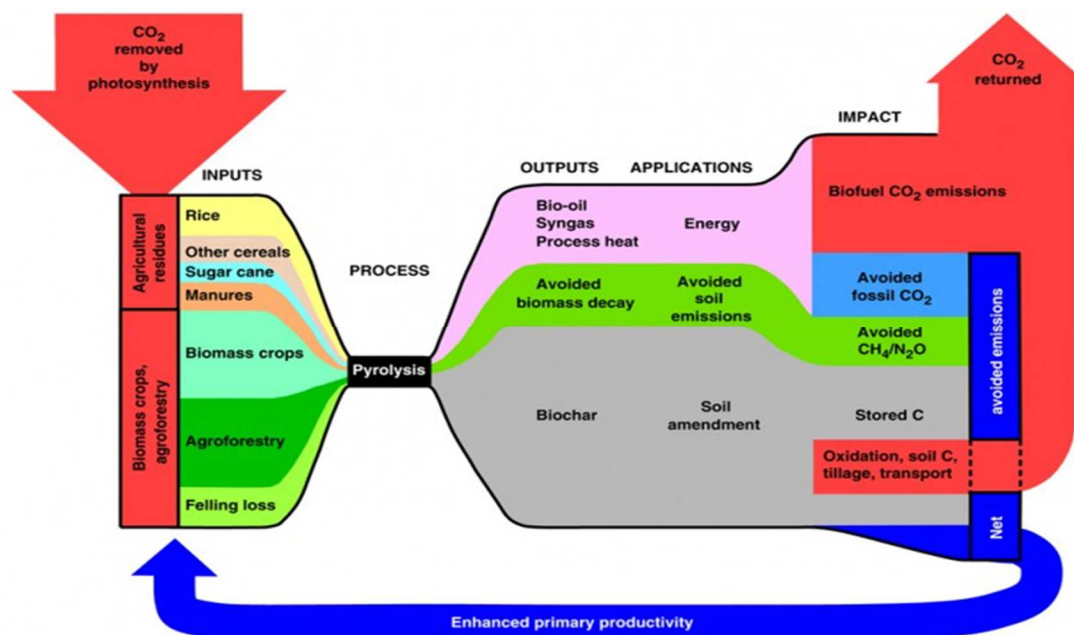
Obstajata dve vrsti pirolize, in sicer: počasna piroliza in hitra piroliza. Hitra piroliza proizvaja več olj in tekočin, medtem, ko počasna piroliza proizvaja več sinteznega plina.

Za namene pridobivanja biooglja je primerna tako imenovana počasna piroliza oz. sistemi pirolize, kjer je čas segrevanja daljši. Čas segrevanje se giblje med 5 do 30 minut. Proces počasne pirolize poteka pri temperaturi cca. 500 stopinj.

V nadaljevanju bomo predstavili postopek pirolize, bolj natančno pirolizo suhe biomase. Obstaja tudi tako imenovan postopek hidrotermalne karbonizacije, kjer se kot vhodna surovina uporablja mokra biomasa (npr.: biološko blato iz čistilnih naprav). Podrobnejša predstavitev hidrotermalne karbonizacije je podana v nadaljevanju diplomske naloge, v poglavju 3.2.4. Tehnologije za pridobivanje biooglja s hidrotermalnim procesom. Meško (2012) v svojem magistrskem delu izpostavi, da se proizvod oglja, ki je pridobljen s postopkom torefakcije in hidrotermalne karbonizacije (HTC) ne sme imenovati bioogljje. Tako tudi International Biochar Initiative in European Biochar Certificate hidrooglja (hydrochars), pridobljenega s hidrotermalno karbonizacijo, ne uvršča med biooglja.

3.2.1. Piroliza suhe biomase

V postopku pirolize se organske snovi pretvorijo v tri različne produkte, in sicer v pline, tekoče in trdne snovi. Plini, ki nastanejo so vnetljivi. Tudi metan in ostali ogljikovodiki, ki se lahko ohladijo, so vnetljivi. V primeru ohlajanja nastalih hlapnih organskih spojin, lahko le-te kondenzirajo in tvorijo olja in katran, ki običajno vsebuje majhne količine vode. Pline in tekoče snovi je mogoče oplemenititi in uporabiti v postopkih trajnostnega pridobivanja biooglja. Trdna snov po postopku pirolize je bio-ogljje, ki je proizvedena z namenom dodajanja v tla za izboljšanje lastnosti tal, kot tudi za trajno shranjevanje ogljika (slika 13). Pričakujemo lahko okrog 30% biooglja glede na količino vhodne biomase.



Slika 13: Prikaz vhodnih surovin v procesu pirolize, proces pirolize, končni produkt pirolize in vpliv na globalno podnebje

Vir: Nature.com, 2014

Medsebojno razmerje nastalih produktov je odvisno od sestave vhodne surovine (biomase), od hitrosti segrevanja in od končne temperature (preglednica 5), ki so ji vhodne surovine izpostavljene.

Preglednica 5: Sestava plinskih produktov pri pirolizi lesa v odvisnosti od temperature

Temperatura (°C)	Volumen plinov (m ³ /100 kg lesa)	Vsebnost plina (%)				
		CO ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₄	H ₂
200	0,4	75,0	25,0	-	-	-
300	5,6	56,0	40,2	3,8	-	-
400	9,5	49,4	34,0	14,3	0,85	1,45
500	12,8	43,2	29,4	21,7	3,68	2,34
600	14,3	41,0	27,2	23,4	5,74	2,66
700	16,0	38,6	24,9	24,9	8,50	2,80

Vir: Strojništvo.com, 2014

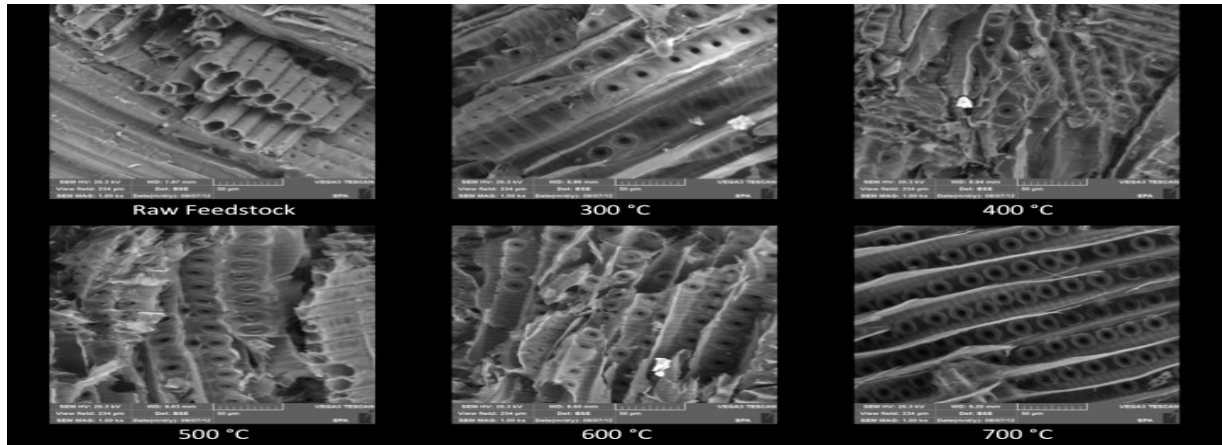
Tako je na primer pri temperaturah od 400 °C do 500°C proizvedenega več oglja, medtem, ko več katrana in plinov nastane pri temperaturi 700 °C. Kot lahko razberemo iz zgornje preglednice so proizvedeni plini ogljikov dioksid, ogljikov oksid, metan, dušik in vodna para.

Poznamo različne tipe pirolize (preglednica 6), gleda na procesne parametre in končne produkte, ki so odvisni od hitrosti ogrevanja biomase in časa, ko je biomasa podvržena temperaturni reakciji.

Preglednica 6: Različni tipi pirolize, glede na različne procesne parametre

TIPI PIROLIZE	ZADRŽEVALNI ČAS	TEMPERATURA (°C)	HITROST OGREVANJA	PRODUKTI
oglenitev	dnevi	400 – 500	zelo počasi	oglje
počasna	4-8 minut	500 – 700	1 – 5 °C/s	plin
hitra	1-5 sekund	500 – 950	100 – 300 °C/s	katran
hipna – tekoča	< 1 sekunda	450 – 750	>1000°C/s	katran
hipna – plin	< 1 sekunda	> 750	>1000°C/s	plin

Vir: Zajec, 2010



Slika 14: Prikaz različnih struktur biooglja pod elektronskim mikroskopom pri različnih pogojih pirolize (različne temperature)

Vir: Freedoms Phoenix, 2014

Različni pogoji pirolize vodijo do različnih razmerij vsakega končnega produkta (plini, tekoče in trdne snovi). Različno ustvarjeni pogoji pirolize nam omogočajo, da lahko prilagajamo postopek pirolize glede na to kakšen končni produkt želimo pridobiti. Na primer poročilo iz leta 2007 Mednarodne agencije za energijo (International Energy Agency 1) navaja, da je hitra piroliza pomembna za pridobivanje tekočih snovi, saj jih je mogoče lažje skladiščiti, hkrati pa je pridobivanje tekočih produktov s pomočjo hitre pirolize cenejše kot prevoz trdne in plinaste oblike biomase.

Sohi idr. (2010) navajajo, da je za pridobivanje bio-oglja bolj primerna počasna piroliza, saj le-ta ustvarja stabilen končni produkt (bio-ogljje) in omogoča optimalen izkoristek procesa pirolize za pridobitev maksimalne količine končnega trdnega produkta (bio-oglja).

Preglednica 7: Povprečne vrednosti tekočin, oglja in plinov, ki nastanejo v procesu pirolize pri različnih temperaturnih območjih in različnem zadrževalnem času

VRSTA	POGOJI	TEKOČINE	OGLJE	PLINI
hitra piroliza	zmerna temperatura – 500 stopinj, zelo kratek zadrževalni čas	75%	12%	13%
vmesna piroliza	Zmerna temperatura – 500 stopinj, zmerni zadrževalni čas – 10 do 20 sekund	50%	20%	30%
počasna piroliza (karbonizacija oz. oglenitev)	nizke temperature – 400 stopinj, dolg zadrževalni čas	30%	35%	35%
uplinjanje	visoke temperature – 800 stopinj, dolg zadrževalni čas	5%	10%	85%

Vir: International Energy Agency 2, 2014

Kretschmer idr. (2013) poudarja, da tehnologija uplinjanja še do danes ni popolnoma razvita in ne dosega komercialnih zrelosti in ni konkurenčna drugim tehnologijam za izkoriščanje biomase. Tehnologijo je potrebno v naslednjih letih še raziskati in nadgraditi. Možnosti nadaljnjega razvoja so številne. Converting Waste Agricultural Biomass into a Resource (2014), Compendium of Technologies (2014) in International Renewable Energy Agency (2014) navajajo, da se možnosti nadaljnjega razvoja kažejo predvsem v:

- povečanju zanesljivosti obratovanja,
- povečanju neprekinjenosti postopkov,
- zvišanju skupnega izkoristka,
- znižanju investicijskih in vzdrževalnih stroškov,...

3.2.2. Tehnologije pridobivanja biooglja v deželah v razvoju

Na svetu še zmeraj več kot dve milijardi ljudi kuha in ogreva svoje domove z uporabo odprtega ognja. Kot osnovne surovine uporabljajo lokalni les, gnoj ali oglje.. Ti enostavni načini kuhanje oddajajo v zrak velike količine onesnaževal (saje, ogljikov monoksid, itd.), ki, povzročajo srčno-žilne in pljučne bolezni. Enostavne metode kuhanja na odprtem ognju ne omogočajo uporabe odpadnih virov biomase, kot je slama, žitna pleva, itd., kar vodi v prekomerno izsekavanje gozda in borbo za vhodno surovino (Anderson 2007).

Majhna skupina raziskovalcev in zagovornikov razvoja (Bebi Project 2014), si že dve desetletji prizadeva izboljšati tehnologije za pridobivanje energije za hrano in ogrevanje domov v nerazvitem svetu. Še večji razlog za odkrivanje novih tehnologij, se je pokazal tudi zaradi globalnega segrevanja, menijo raziskovalci na Bebi Project (2014). To je dodaten razlog, ki nas sili k prehodu na čistejše pridobivanje energije iz biomase v razvijajočem se svetu. Nove peči in kuhalniki so tehnološko še vedno zelo enostavni in vsakomur dostopni, omogočajo čistejše zgorevanje biomase, kot tudi uporabo različnih odpadnih virov biomase. Toplota, ki jo proizvajamo, se lahko uporabi za pripravo hrane in ogrevanje domov. Ostanek je v tem primeru biooglje, v katerem je uskladiščen del ogljika in lahko ga uporabimo za izboljšanje tal. Raziskave in testiranja kažejo, da so te peči veliko bolj varne in učinkovite za prebivalstvo, hkrati pa manj onesnažujejo okolje (Bebi Project. 2014). Količina nastalega oglja, ki ostane po kuhanju, je sicer majhna, a vsakodnevne količine prispevajo znaten delež na letni ravni, ki se ga lahko uporabi kot biooglje za plemenitenje tal.

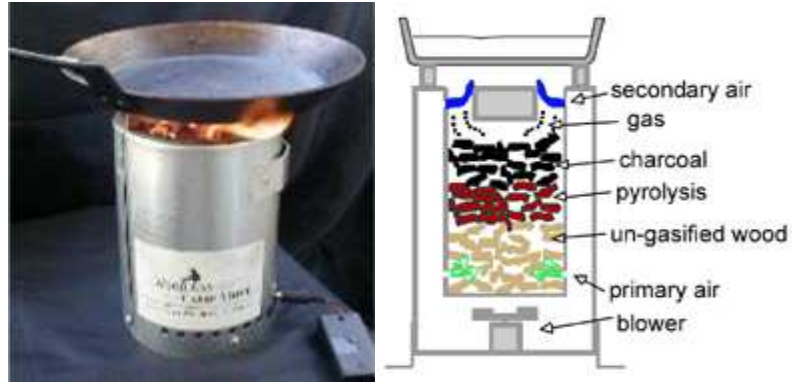
Obstajata dve osnovni vrsti kuhalnikov oz. peči, ki se lahko uporabljajo za pripravo (bio) oglja in toplote v manjšem obsegu za namen individualne rabe, in sicer:

- > **Top-Lit Updraft Gasifier (TLUD), kar lahko opisno prevedemo kot kuhalnik na lesni plin (gasifier) s točko zažiga in gorenja na vrhu (top-lit) in vstopom (vleko) zraka od spodaj proti vrhu (updraft)**

Obstaja veliko različic TLUD kuhalnikov, ki se razlikujejo glede na način dovajanja zraka na mesto gorenja.

Razlika med TLUD kuhalniki je v načinu vstopa zraka, ki je lahko tako imenovan naravni vstop zraka (natural draft TLUDs) ali s prisilnim vpihovanjem zraka (fan-forced TLUDs). Kuhalniki so v obliki cilindra v katerega je naložena suha lesna

biomasa. TLUD deluje kot kuhalnik na lesni plin, kjer ustvarimo prostorsko ločene faze zgorevanja biomase: surova biomasa, faza pirolize – uplinjanja biomase in faza zgorevanja nastalega plina. Gorenje sprožimo tako, da na začetku na vrhu cilindra sprožimo vžig biomase. Ker imajo spodnje plasti biomase premalo kisika za popolno zgorevanje, potečejo pretvorbe biomase le do uplinjanja oziroma oglenevanja biomase. Fronta zoglenevanja se počasi širi do dna posode. Oglje se obdrži, če obdržimo do konca omejen dostop zraka in oglje v pravem času pogasimo z vodo.



Slika 15: Primer delovanja TLUD peči

Vir: Anderson, 2007



Slika 16: Primer TLUD kuhalnika, ki nima prisilnega vpihovanja zraka Elsa

Vir: Bebi project, 2014

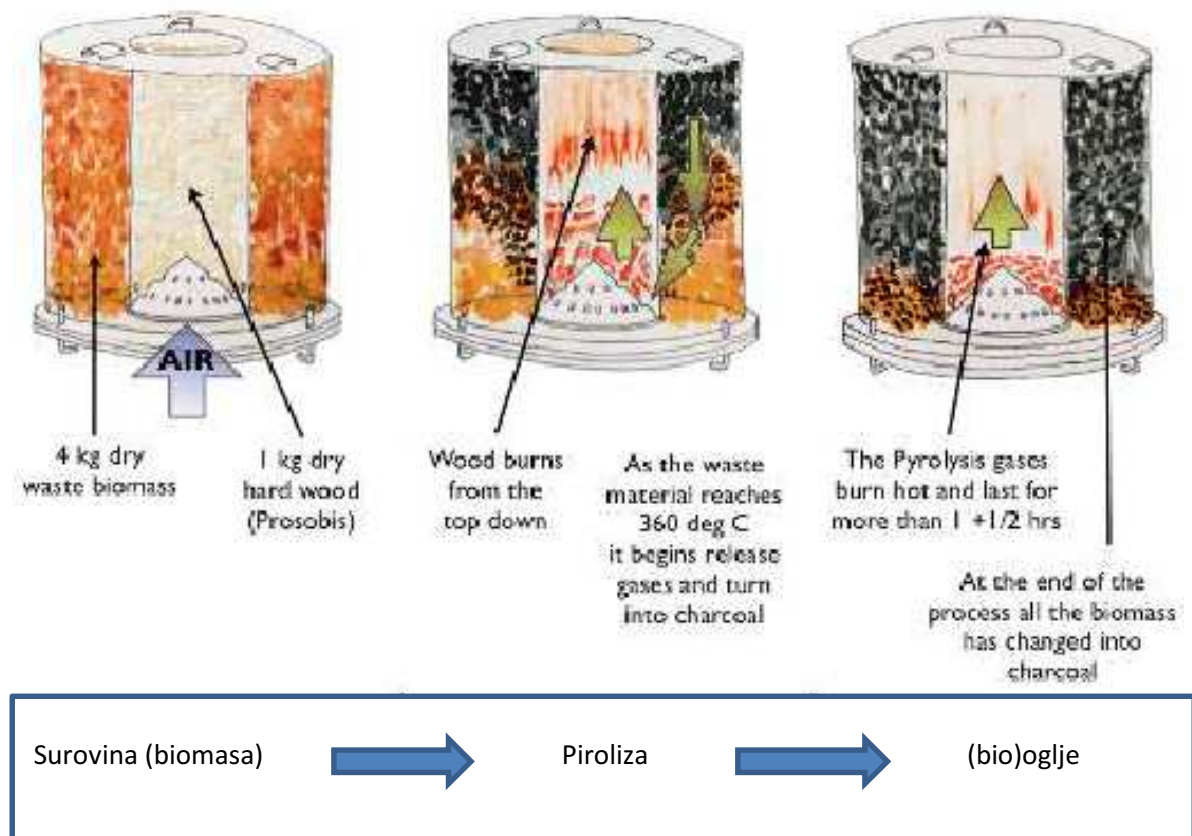
Peč Elsa (slika 16, zgoraj) je izdelana iz dveh delov: iz cevi za gorenje in zunanje konstrukcije. Cev za gorenje je opremljena s posebnimi zračnimi usmerjevalniki (deflektorji), ki se uporabljajo za boljše mešanje plina in uravnavanje oz. stabilnost plamena. Zunanja konstrukcija pa poveča prenos toplote iz plamena v lonec.

> **the Anila stove – Anilove peči**

Model Anilove peči (slika 18) je oblikoval profesor iz univerze v Mysore v Indiji, okoljevarstvenik in inženir na Centre for Appropriate Rural Technologies (Center za primerne, ustrezne podeželske tehnologije) na nacionalnem inštitutu za strojništvo Ravi Kumar (2014).

Peči tipa Anila so sestavljene iz dveh cilindrov oz. komor različnih premerov. Vhodno biomaso za pridobivanje oglja se namesti v zunanji obod, ki je omejen s količino kisika, da biomasa lahko zgoreni. Ogenj se zakuri z biomaso vstavljen v notranji cilindar, v katerega lahko vstopa zrak. Ko se ustvari dovolj visoka temperatura, začne biomasa v zunanji komori zoglenevati. Pirolizni plini vstopajo iz zunanjega oboda v notranjo komoro, kjer zgorevajo. (slika 17)

Ta model peči je bil izdelan v Indiji, saj 70% kmetijskih ostankov zavržejo, preostalih 30% pa uporabijo za krmo. Peč lahko tako izkoristi drugače zavrženi vir in ustvari biooglje, ki ga nato uporabljajo za izboljšanje lastnosti tal (Biochar International Initiative 7, 2014).



Slika 17: Primer Anilove peči

Vir: Scribd, 2014



Slika 18: Prikaz gorenja v Anilovi peči: prva stopnja gorenja (levo) in druga stopnja gorenja (desno) z zgorevanjem lesnih plinov

Vir: Friese-Greene, 2014

3.2.3. Naprednejše tehnologije za pridobivanje biooglja

Na lokalni ali regionalni ravni poznamo pirolizne in uplinjalne obrate, ki jih uporabljajo velike zadrage in industrije in obdelajo cca. 4000 kg biomase na uro. Na lokalni in regionalni ravni poznamo tudi manjše enote piroliznih in uplinjalnih sistemov, ki so namenjeni predvsem manjšim gospodarskim panogam in kmetijam. Obdelajo lahko cca. 50 kg biomase na uro do 1000 kg biomase na uro (International Biochar Initiative 7, 2014).

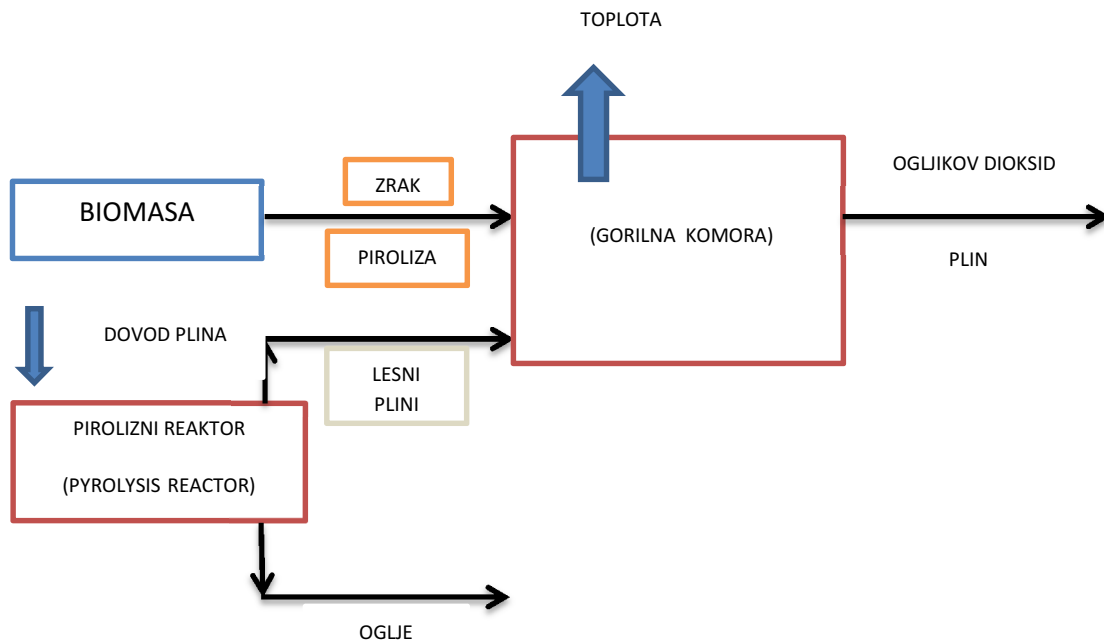
Prav tako na prej omenjeni strani poročajo, da z 200 l velikim kovinskim sodčkom oz. pečjo lahko proizvedemo od 8 kg do 12 kg biooglja v 1 - 4 urah. Produkcija biooglja in čas sta odvisna od tega katero vhodno biomaso uporabimo in nekaterih drugih dejavnikov (npr. temperatura). Štirje posamezniki, ki uporabljajo 7200 litrov velike peči, lahko kolektivno proizvedejo pol tone biooglja na dan.

Med izboljšane načine pridobivanja biooglja štejemo različne peči, ki so primerne za pridobivanje biooglja v večjem obsegu, kakor prej omenjene peči in kuhalniki na lesni plin. Dr. Robert Brown (2009) v svojem delu navaja, da ti načini omogočajo kontinuiran proces priprave biooglja. S kontinuiranim procesom je mogoče doseči:

- preprečevanje nezaželenih zračnih emisij s sistemi naknadnega izgorevanja;
- ponovno uporabo stranskih produktov;
- fleksibilnost sistema z uporabo različnih vrst vhodne biomase (npr. lesna biomasa, travnata biomasa, žetveni ostanki, itd.);
- večjo energetsko učinkovitost in donosnost biooglja.

Kontinuiran proces omogoča tudi kontrolo celotnega procesa (čas in temperaturo) ter spreminjanje nastavitev med samim procesom. Spreminjanje nastavitev med samim procesom omogoča pridobitev biooglja z zelenimi lastnostmi.

Za lažjo predstavo proizvodnje biooglja in toplote smo spodaj predstavili shematski prikaz pridobivanja biooglja s pomočjo pirolize. (Slika 20)



Slika 20: Načrt oz. shema proizvodnje biooglja in toplote s pirolizo

Izračuni, ki so jih opravili v podjetju Sonnenerde s pomočjo priznanih strokovnjakov (Hans-Peter Schmidt, Dr. Bruno Glaser, Dr. Claudia Kammann, Dipl.-Ing. Helmut Gerber) so pokazali, da ima proizvodni obrat biooglja potencial, da letno nadomesti cca. 5000 ton CO₂. Med temi 5.000 tonami je znanstveno dokazanih 1400 ton. (SONNENERDE, 2014)

V preglednici 8 je prikazan izračun potenciala proizvodnega obrata biooglja v podjetju Sonnenerde.

Preglednica 8: Primer prikaza izračuna potenciala proizvodnega obrata biooglja v podjetju Sonnenerde

DEJAVNOST	VPLIV BIOOGLJA NA OKOLJE	CO ₂ /J
Proizvodnja	350 ton x 70% x 3,67 = C v CO ₂	900
Nadomestitev zemeljskega plina	100 kW toplote skozi vse leto	500
Zmanjšanje didušikovega oksida	Učinek je dokaj gotove, magnituda še ni ocenjen	-
Zmanjšanje mineralnih gnojil	20 ha - 50 kg N / ha = 1 do n = 2 k nafte za 30 let = 60 ton olja,	187
Povečanje humusa Terra preta	20 ha, 3 t / ha na leto, 30 let	1800
Povečana rast rastlin	20 ha, 10 +% donos = 2,5 t CO ₂ / ha - 30 let	1500
Zmanjšano obdelovanje	20 ha - 50 litrov dizelskega goriva = 153 kg CO ₂ - 30 let	90
SKUPAJ		4977

Vir: SONNENERDE, 2014

3.2.4. Tehnologije za pridobivanje biooglja s hidrotermalnim procesom

V svetu se trenutno za pridobivanje biooglja uporabljata dve tehniki. Prvi postopek, kot smo povedali že zgoraj, se imenuje piroliza. Drugi postopek o katerem bomo več povedali v nadaljevanju pa se imenuje hidrotermalna karbonizacija (ang. »Carbon« = oglje). Proizvodi (oglje) obeh postopkov, se precej razlikujejo. Postopek pirolize poteka pri temperatura od 350 °C do 900 °C, vhodna biomasa pa mora imeti vsaj 50 % suhe snovi.

Holweg (v Meško, 2013) navaja, da postopek hidrotermalne karbonizacije poteka v reaktorju, z uporabo mokre biomase (vlaga cca. 80%) in pri temperaturi od 200 °C do 220 °C ter pri pritisku okrog 20 barov. Postopek je podoben principu »ekonom-lonca«. Čas trajanja postopka je od 4 do 16 ur. V zadnjih letih in z uvedbo novejših metod pa se je proces pretvorbe mokre biomase skrajšal na 90 minut (Die Prozesstechnik der hydrothermalen Karbonisierung v Meško, 2013). Postopek hidrotermalne karbonizacije je eksotermni postopek. Pri postopku se toplota sprošča, okolica pa segreva.

V postopku hidrotermalne karbonizacije je potencialna vhodna surovina biomasa, ki izvira iz gnojnice, gnoja, živilske predelovalne industrije, ostankov pri postopku kvašenja in mulja čistilnih naprav.

Pri postopku se uniči prvotna struktura biomase, zaradi visokih pritiskov. S tem se loči celotna struktura biomase. Produkt je ogljeno blato oz. mulj. S postopkom sušenja dobimo končni proizvod oglje, ki je suh in v trdnem agregatnem stanju.

V delu Schmidt (2010) dokaže, da se v postopku stiskanja mineralne snovi in težke kovine, ki so bile v biomasi, v veliki meri izločijo z vodo. Izločene mineralne snovi so želeli uporabiti kot gnojilo, vendar bi bilo potrebne postopke še razviti.

V delu Biokohle aus Reststoffbiomasse (v Meško, 2013) lahko zasledimo, da je v primerjavi z drugimi postopki pridobivanja biooglja prednost hidrotermalne karbonizacije v tem, da biomase pri procesu ni potrebno sušiti. Poleg tega je pri postopku hidrotermalne karbonizacije mogoča uporaba celotne rastlinske snovi. Končni produkt je sterilan. Proces pa omogoča boljši izkoristek ogljika v primerjavi z drugimi postopki predelave biomase ter ima najboljšo energetska bilanco pridobivanja energije iz biomase, itd.

Brown (v Lehmann idr., 2009) navaja, da potrebujemo pri hidrotermalnem procesu večje tlake, predvsem zato, da preprečimo vrenje vode. Wieder (v Meško, 2013) navaja, da je biooglje po tem procesu drugačne oblike in ima drugačne lastnosti, kakor biooglje pridobljeno v procesu pirolize, kjer uporabljamo suho vhodno biomaso. Za to vrsto oglja se uveljavlja ime »hydrochar« - hidrooglje za razliko od biooglja pridobljenega iz suhe biomase. Postopek hidrotermalne karbonizacije, je le eden izmed treh postopkov hidrotermalnih procesov. Ostala dva postopka sta še hidrotermalno uplinjanje in utekočinjanje biomase (Meško, 2013).

3.3. MOŽNOSTI REŠEVANJA PROBLEMOV V KMETIJSTVU Z UPORABO BIOOGLJA

Različne možnosti in vpliv uporabe biooglja v kmetijstvu so bili na kratko predstavljeni že v poglavju Možnosti uporabe biooglja. V nadaljevanju so posamezne vloge biooglja podrobneje predstavljene.

3.3.1. UPORABA BIOOGLJA PRI VZREJAH ŽIVALI

Ugotovitve do katerih so prišli na ITHAKA (ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 3 , 2014) so, da je krma ena izmed največjih stroškov v živinoreji, zlasti v intenzivni panogi, kot je govedoreja. Velik strošek predstavlja tudi za panogo, ki se ukvarja z ribištvom. Zaradi tega problema raziskovalci in proizvajalci nenehno iščejo zmanjšanje stroškov krme in čim večjo produktivnost. Dokazano je bilo, da dodajanje biooglja krmi izboljša oz. poveča proizvodno učinkovitost oziroma prirast.

Dodajajo tudi, da se 90% vsega biooglja, ki se ga uporablja v Evropi, nameni za uporabo v živinoreji, kot krmni dodatek oz. dopolnilo, kot dodatek za steljo, kot dodatek pri postopku kompostiranja in obdelavi gnojevke. Uporablja se tudi za čiščenje voda. Kmetje, ki uporabljajo biooglje pri različnih dejavnosti na kmetiji poročajo o njegovih pozitivnih učinkih že v nekaj dneh. Če se na primer biooglje uporablja v krmi živali, za steljo ali pri obdelavi gnojevke, kmetje poročajo, da nastaja manj neprijetnih vonjav. Če kmetje uporabijo biooglje kot dodatek krmi, živali postanejo mirnejše, zmanjša se pojavnost diareje pri živalih, izboljša pa se tudi izkoristek prebavljene krme.

3.3.1.1. *Uporaba biooglja v perutninski dejavnosti*

Panoga gojenja perutnine mora spoštovati visoke higienske standarde povezane z odpadki, fekalijami, izpusti plinov, itd. Na spletni strani ITHAKA (ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 2, 2014) zapišejo, da velika gostota živali in majhna območja na katerih se živali zadržujejo, poveča pritisk patogenih mikroorganizmov, kar lahko vpliva na oslabilen imunski sistem živali (perutnine). Poleg tega v perutninski dejavnosti uporabljajo protinfekcijska in protibakterijska sredstva. Velika uporaba le-teh ustvarja odpornost patogenih organizmov nanje. Živali zaradi načina gojenja nenehno živijo v stiku s svojimi izločki, dodajo. Poudarijo tudi, da s hranili bogati in vlažni iztrebki ustvarjajo idealne pogoje za razmnoževanje patogenih mikroorganizmov. Mikrobna razgradnja iztrebkov pa povzroča velike emisije amonijaka. Jedek vonj plina vpliva škodljivo na živali (draži sluznico in napada pljuča živali, kopiči se v krvi živali in oslabi njihov imunski sistem). Poleg tega, da negativno vpliva na zdravje živali, povzroča amonijak negativne posledice na okolju (zakisanje tal, eutrofikacija vodnih teles, vpliva na podnebne spremembe).

Biooglje ima zelo visoko sposobnost absorpcije vode, različnih organskih spojin (aminokislina, maščobne kisline, beljakovine, sečnina) in mineralnih spojin (npr. različne dušikove spojine). Z dodajanjem biooglja stelji, le-ta vpija vlago in organske ter anorganske dušikove spojine, kar posredno vpliva na manjši razvoj patogenih mikroorganizmov. Biooglje

dobro veže amonijak in tako že v nekaj dneh zmanjša vonj. Z znižanjem vsebnosti vlage in amonijaka se posledično zmanjša tudi sindrom »šibkih nog«, ki je pogosta bolezen perutnine in privede do ekonomskega izpada v proizvodnji. Uporaba biooglja se kaže v večji odpornosti živali, večji proizvodnji jajc in končni telesni teži. Visoka adsorpcija biooglja omogoča manjšo uporabo apna, s čimer se zniža pH stelje in gnoja, kar zmanjša emisije amonijaka, zapišejo na ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 3 (2014).

Na prej omenjeni spletni strani, menijo, da so priporočljive vrednosti uporabe biooglja v stelji od 5% do 10%. Vrednosti so odvisne od vrste stelje. V primeru uporabe slamnatih peletov za steljo, je bioogljje najbolje dodati že v fazi peletiranja. V primeru, da kot steljo uporabljamo silažo, se lahko bioogljje doda že v fazi siliranja. Na ta način se izognemo tvorbi prahu. pH silaže ostane nizek. Nizek pH pa uniči patogene organizme. Bioogljje, ki je vmešano v silažo se zelo dobro veže in prehod biooglja na noge živali ni možen. To je še posebej pomembno na kmetijah, ki se ukvarjajo s pridelavo jajc. Bioogljje bi se lahko iz nog kokoši preneslo na jajca.

Steiner s sodelavci (v Lehman idr., 2009) navaja, da dodajanje biooglja pri kompostiranju perutninske stelje zmanjša emisije amonijaka za 64% in zmanjša izgube skupnega ogljika za 52%.

Ugotovitve, ki smo jih zasledili na ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 3 (2014), so, da se poleg dodajanja biooglja stelji, bioogljje uporablja tudi v krmi. Bioogljje izboljšuje učinkovitost energetske izrabe krme. S tem, ko bioogljje nase veže toksine (dioksine, pesticide, glifosate, itd.), odpravlja škodljive učinke na prebavni sistem in črevesno floro perutnine. S tem se izboljša tudi zdravje in aktivnost živali, kar privede do večje količine mesa in jajc. Izboljša se tudi imunski sistem živali in zmanjša se možnost okužb s patogenimi mikroorganizmi. Učinkovitost biooglja kot dodatek v krmi poveča rast živali, zmanjša obolelost živali s prebavnimi motnjami, izboljša funkcionalnost jeter in delovanje črevesne flore pri živalih.

Rezultati raziskave Ruttanvut-a idr. (v ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 2, 2014), ki so bili narejeni na racah in pitanih piščancih, so pokazali, da je dodajanje biooglja pripomoglo k izboljšani rasti živali.

Vendar Kana s sodelavci (v Sohi idr. 2010) opozarja tudi na morebitne negativne učinke dodajanja biooglja k prehrani živali. Opozoril je na zgornjo mejo, ki bi še bila priporočljiva in omogočila pozitivno stopnjo pri rasti živali. Zaradi prevelikega odmerka biooglja, bi lahko prišlo do zniževanja telesne teže živali. Po njihovem mnenju je dopustno dodati 0,6 % biooglja k celotni prehrani živali, da bi bila omogočena rast živali oz. pridobivanje na teži. Potrebne bi bile še dodatne raziskave, ki bi opredelile dopustne ravni biooglja k dodajanju krme, ki bi še pozitivno vplivale na rast živali.

Priporočena količina, ki jo smemo zmešati v krmo živali je od 0,4 do 0,6% običajne krme (ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 2 (2014)). Pri kokoših nesnicah je potrebno vsakih 10-15 dni vnos biooglja v krmo prekiniti za 2-3 dni. V primeru, da se bioogljje uporablja v krmi živali se lahko količina biooglja v stelji živali ustrezno zmanjša. V primeru, da se bioogljje v krmi in stelji ne uporablja, je priporočljivo, da ga potresemo po gnoju (cca.10%vol). Če dodamo bioogljje v krmo, steljo ali ga potresemo po gnoju pridobimo bolj kvaliteten perutninski gnoj (mikrobiološka razgradnja je večja).

Steiner (2010) navaja, da se izgube ogljika in dušika bistveno zmanjšajo in s tem emisije toplogrednih plinov. Kakovost perutninskega gnoja se bistveno poveča, zmanjšajo se vonjave, kar povečuje tržni potencial na področju perutninskega gnoja, navajajo na ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 2 (2014). V primeru, da se perutninski gnoj uporablja za proizvodnjo bioplina, električne energije, dodajanje biooglja poveča donos

metana in s tem izboljša kakovost obdelave blata v proizvodnji. Perutninski gnoj lahko neposredno piroliziramo tudi za proizvodnjo biooglja in energije.

3.3.1.2. Uporaba biooglja v živinoreji, govedoreji

Hormonske, rakotvorne in nevronske bolezni so glavne bolezni, ki doletijo govedo, je mnenje Krügerja in Glesslerja v *ITHAKA Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 2* (2014). Omenita tudi, da je produktivnost krav in posledično proizvodnja v govedoreji v veliki meri odvisna od pravilnega delovanja prebavnega trakta govedu. To je razlog, zakaj bolezni prebavil in ustrezni načini zdravljenja igrajo ključno vlogo pri komercialni živinoreji. Ohranjanje gostitelja in mikroflore v prebavnem traktu (eubiosis) postaja čedalje težje. Razlog za to gre pripisati temu, da se vedno več kmetij, ki so specializirane v poljedeljski in živinorejski panogi združuje in tvorijo vedno večje enote (*ITHAKA Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 2*, 2014). Posledica združevanja je, da na kmetijah ne bo več zadostne količine kvalitetne krme, ki bi jo pridelali kmetje doma. Krmo bo potrebno kupiti drugje. Velikokrat kmetje nimajo možnosti, da bi ocenili kakovost drugje kupljene krme in nabava temelji na zaupanju. S to situacijo, ki predstavlja velik problem, je neposredno povezan pojav kroničnega botulizma. (Botulizem je strupena okužba z nevrotoksinom botulinom, ki ga proizvajajo bakterije *Clostridium botulinum*. Okužba se kaže z ohromitvijo mišic, ki poteka po telesu od zgoraj navzdol). Botulizem je v zadnjih letih dosegel zaskrbljujočo raven, saj vodi do posrednih in neposrednih izgub v živinoreji.

Na *ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 2* (2014) opozarjajo še na probleme povezane z vzrejo govedu, ki so posledica velike količine glifosata. (Glifosat je herbicid, ki je bil leta 1974 uveden za neselektivno kontrolo plevela. Danes se uporablja tudi kot selektivni herbicid, saj so razvili rastline katere so odporne nanj).

Glifosat so našli zlasti v urinu krav molznic (do 164 µg/l v Nemčiji, do 138 µg/l na Danskem). Glifosat je bil najden tudi v vampu goveda (0,04 do 122 µg/l). Pomembno je poudariti, da je bil glifosat najden tudi v človeškem urinu, in sicer v vrednosti do 2,8 µg/l, opozarja Krüger (2012). Glifosat so v zaskrbljujočih količinah našli tudi v pregnitem blatu iz bioplinarn in v različni živalski krmi. Ko glifosat pride v prebavni trakt živali in ljudi, povzroči negativne spremembe v črevesni flori. Prav tako pa obstaja možnost vezave toksina, ki povzroča botulizem in drugih toksinov.

Količina uporabljenega biooglja je bila med 200 g in 400 g na žival. Feldmann (*ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 2*, 2014) je preučeval učinke aktivnega oglja v vampu goveda. Pri raziskavi je odkril povečanje pH ravni do 25%, zmanjšanje redoks potenciala do 32%, zmanjšanje koncentracije hlapnih maščobnih kislin. Ti učinki so bili odvisni od odmerka biooglja.

Za uporabo biooglja v krmi živali veljajo stroga pravila za kakovost hrane v skladu z uredbo ES 178/2002 in strogi predpisi o ekološki krmi za živali v skladu z Uredbo ES 834/2007. Kot omejitveni dejavnik igrajo pomembno vlogo težke kovine, dioksini (npr. dibenzodioksin - PCDD in dibenzofurani - PCDF). Poudariti je potrebno, da bioogljje, ki je proizvedeno v okviru evropskega certifikata za bioogljje, izpolnjuje vse določene vrednosti za živalsko krmo.

Gerlach (*ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 2*, 2014) poroča, da so na 21 kmetijah (vsaka je imela povprečno 150 krav) opravljali poskuse z dodajanjem biooglja. Bioogljje je bilo uporabljeno v 1/3 primerov kot zdravljenje disbioze. (Disbioza je neravnovesje mikroorganizmov, ki prizadene prebavni trakt in prav tako zmoti vsrkavanje

hranil). Začetni učinki uporabe biooglja so se pokazali že v prvem tednu. Spodaj so opisani rezultati, ki so jih opzili med preiskavo, ki je trajala med 1 do 4 tedne:

- izboljšanje splošnega videza in zdravja živali ter vitalnosti;
- zmanjšano število celic v krvi (prekinitev uporabe biooglja vodi k višjemu številu celic);
- zmanjšanje težav s kopiti in diareje;
- zmanjšanje stopnje umrljivosti;
- povečanje mlečnih beljakovin in/ali maščob;
- mešanje gnojevke je bilo manj potrebno; poleg tega se je povečala viskoznost gnojevke in izboljšal se je vonj le-te.

Testi so tudi pokazali, da dodajanje biooglja poveča delež amonijevega dušika in zmanjša delež nitratov in nitritov.

Nastajanje metana se zmanjša za 12,7% (10%), kadar je dodano bioogljje v količinah 1% (0,5%) je potrdil Leng idr. (v Lehmann idr., 2009).

Rezultat intenzivnega kmetijstva se odraža v povišani stopnji onesnaženja z nitrati v tleh. Znanstvene metode navajajo, da je mogoče s pravilno uporabo gnojil, ki temeljijo na bioogljju, doseči zmanjšanje količine nitratov v tleh. (Sommer v International Biochar Initiative. 2014).

3.3.2. UPORABA BIOOGLJA KOT SREDSTVO ZA IZBOLJŠANJE TAL

Uporaba biooglja kot sredstvo za izboljšanje lastnosti tal je lahko dragoceno orodje za izboljšanje neplodnih in/ali degradiranih tal.

Natančna količina oz. vnosa biooglja v kmetijska tla še ni do konca dorečena. Določene niso minimalne količine z merljivimi rezultati. V praksi se uporabljajo količine od 10 ton do 50 ton biooglja/ha (ekonomičnost pridelave na kmetiji pri količinah 50 ton biooglja/ha ni optimalna). Količine se spreminjajo glede na lastnosti tal (Holweg v Meško, 2013).

Steiner (v Meško, 2013) priporoča, da se vnos biooglja zaradi visoke adsorpcijske sposobnosti ne opravi samostojno. Vnos se opravi skupaj z mešanico komposta ter drugimi organskimi snovmi. Bioogljje kot dodatek v kompostu poveča njegovo hranilno vrednost (učinkovitost) ter pripomore k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov.

Raziskava Glaser-ja (v Meško, 2013) navaja, da dodajanje mešanice komposta in biooglja vodi v povečanje količine pridelkov. To zlasti velja za peščena tla.

Vnos biooglja v tla poveča vezavo pesticidov, herbicidov, policikličnih aromatskih ogljikovodikov in težkih kovin. S sposobnostjo vezave onesnažil bi preprečili izpiranje v podtalnico. Na drugi strani pa je lahko akumulacija onesnažil nevarna. Raziskave, ki so objavljene na International Biochar Initiative 3 (2014) navajajo, da se ioni težkih kovin v prsti izmenjajo s tistimi, ki se predhodno nahajajo v bioogljju. Z uporabo biooglja v tleh se zmanjšajo tudi izpusti toplogrednih plinov (Van Zwieten v Meško. 2013). Deluca (2009) v svojem delu ugotovi, da se zmanjšuje tudi izpiranje nitratov in fosfatov.

3.3.2.1. Vpliv biooglja na gostoto tal in sposobnost zadrževanja vode

Vnos biooglja v tla povečuje adsorpcijske sposobnosti za vodo in hranila. To omogoča velika specifična površina biooglja (50 – 300 m²/g) in poroznosti (Lehmann v Meško, 2013).

Glede na raziskave, ki so objavljene na International Biochar Initiative 2 (2014) lahko zaključimo, da dodajanje biooglja omogoča zmanjšanje gostote tal in s tem posledično večjo zračnost ter kapaciteto zadrževanja vode. Bioogljje z veliko makro in mikroporami v tleh poveča poroznost.

Za slovenski prostor je znano, da intenzivna kmetijska obdelava povzroča prevelik odtok rastlinskih hranil (nitrati, fosfati) v podtalnico, da se količina organske snovi v obdelovalnih tleh zmanjšuje ter povečuje zbitost tal in imajo tla zato manjšo kapaciteto za zadrževanje vode. Omenjene probleme bi lahko s pravilno uporabo biooglja zmanjšali.

3.3.2.2. Kationska izmenjevalna kapaciteta

Bioogljje poveča kationsko izmenjevalno kapaciteto (CEC) tal, kar vpliva na rodovitnost tal. Kationi so pozitivno nabiti ioni (kalcijevi Ca²⁺, kalijevi K⁺, magnezijevi Mg²⁺, natrijevi Na⁺). Predstavljajo rastlinska hranila. Rastline jih skozi korenine vsrkavajo. Zaradi svoje elektronegativne površine lahko bioogljje izboljša kationsko izmenjevalno kapaciteto tal in s tem prepreči izpiranje hranil v podtalnico, navajajo avtorji na International Biochar Initiative (v Vehar idr., 2013).

Inyang idr. (v Biochar.info 1, 2014), so v raziskavi narejeni leta 2010 merili zmogljivost za izmenjavo anionov v tleh poraslih s sladkornim trsom po uporabi biooglja. Potrdili so, da je dodatek biooglja izboljšal izmenjevalno kapaciteto anionov in kationov v tleh in omogočil izboljšanje hranilne zmogljivosti v tleh.

Sposobnost biooglja za izboljšanje tal je delno posledica njegove kationske izmenjevalne kapacitete, kakor tudi njegovega pozitivnega vpliva na strukturo tal in mikrobo dinamiko, navaja Lehmann s sodelavci (2006).

Na drugi strani pa obstajajo raziskave Granaste (2009), ki so pokazale, da se kationska izmenjevalna kapaciteta ni bistveno spremenila z uporabo biooglja.

3.3.2.3. Vpliv biooglja na pH tal

pH tal je merilo kislosti ali alkalnosti raztopine, hkrati pa je pomembna lastnost tal, ki vpliva na rast rastlin. Večina rastlin ima svoje optimalno območje, v katerem je mogoča rast rastlin največja.

Tla, ki so kislja, nevtraliziramo z apnom. V tleh, kjer se pojavlja rahla kislost je mobilnost ionov (npr. kovinskih) večja, kar povzroča večjo dostopnost teh kovin rastlinam. Medtem, ko bo v bazičnih tleh dostopnost hranil manjša. Uporaba biooglja v tleh zmanjšuje kislost tal in posledično bo potreba po uporabi apna manjša.

V pogostih primerih po svetu imajo kmetijske površine nizek pH, in sicer pod 7 (pH pod 7 pomeni kislost tal). Nizek pH je potrebno povečati. Bioogljje ohranja hranila v tleh neposredno z negativnim nabojem. Ta negativni naboj deluje kot blažilec (pufer) kislosti tal.

3.3.2.4. Biooglje in hranilna vrednost

Deluca (2009) je v svojem delu izpostavil, da pogoji pri pirolizi in vhodna biomasa vplivata tako na strukturo kakor tudi sestavo biooglja, kar predstavlja velike razlike v vsebnosti hranil. Poleg tega fizikalno-kemijske lastnosti biooglja vplivajo na dostopnost razpoložljivih hranil v tleh za rastline. Biooglje lahko določena hranila veže in ta so zato manj dostopna rastlinam. Biooglje, ki ga pridobivamo iz gnoja in ostalih živalskih stranskih proizvodov, je relativno bogato s hranili v primerjavi s tistimi, ki izhajajo iz rastlinske biomase. Predvsem tistih, ki izvirajo iz lesa. Rastlinsko biooglje tako danes obravnavamo kot pomemben dejavnik pri vplivu na lastnosti tal in dostopnosti hranil in manj kot primarni vir hranil. (Deluca, 2009).

Tako tudi Evropski certifikat za biooglje (European Biochar Certificate 1, 2014) izrecno navaja, da kot biooglje obravnavamo zgolj oglje, pridobljeno s pirolizo iz suhe biomase in ne tudi oglje pridobljeno s hidrotermalno karbonizacijo. Hidrooglje (ang. Hydrochar) ima drugačne lastnosti in sestavo (manj obstojno, vsebuje bistveno več rastlinskimi hranili), kakor biooglje. (European Biochar Certificate 2, 2014).

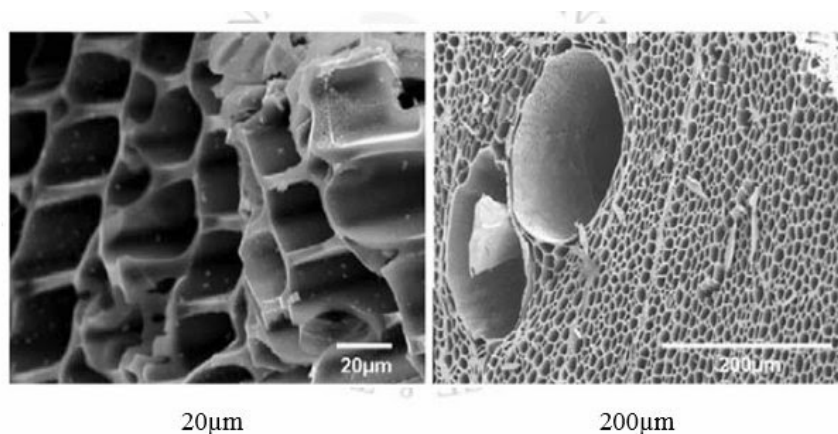
3.3.2.5. Vpliv biooglja na biološko aktivnost tal, pretvorbo ter dostopnost hranil

Tla lahko razumemo kot kompleksno skupnost organizmov, ki se nenehno spreminjajo glede na lastnosti tal, podnebne spremembe in različne človekove dejavnosti, predvsem dodajanje organske snovi (Hammes v Husk idr. 2011). Znano je, da ima dodajanje biooglja v tla drugačne učinke na žive organizme v tleh, v primerjavi z dodajanjem sveže organske snovi (biomase). Razlike nastanejo zaradi relativne stabilnosti ogljika v biooglju, v primerjavi s svežo organsko snovjo. Dodajanje biooglja vpliva na številčnost, dejavnost in pestrost mikrobne združbe v tleh (International Biochar Initiative 1, 2014).

Namesto oskrbe mikroorganizmov s primarnimi viri hranilnih snovi, kot je to v primeru sveže biomase, je biooglje bolj pomembno s stališča habitatne funkcije za mikrobe, opozarja Krull idr., (v Biochar International Initiative 3, 2014). Ker je biooglje razmeroma stabilna snov z dolgo obstojnostjo ni primerna kot substrat (hrana) za žive organizme v tleh, kljub temu pa je lahko biooglje primerna podlaga za rast mikrobov. Odvisno od vrste vhodne surovine in proizvodnih pogojev biooglja, lahko nekatero biooglje vsebuje organske snovi, ki podpirajo rast in reprodukcijo nekaterih mikrobnih skupin pred drugimi (Biochar International Initiative 2, 2014).

Biooglje zaradi svoje porozne narave (slika 21) in velike površine ustvarja habitate oz. okolje, ki je zelo primerno za življenje mikrobov. To velja za bakterije, aktinomicete in arbuskularne mikorizne glive. Nekatero vrste lahko prednostno naselijo biooglje, kar je odvisno od njegovih fizikalno - kemijskih lastnosti. Pore biooglja lahko delujejo kot pribežališče za nekatere mikrobe, ki jih ščitijo pred konkurenti in plenilci.

Mikrobna številčnost, raznolikost in aktivnost močno vpliva na pH. Kationska izmenjevalna kapaciteta pa lahko pomaga ohranjati ustrezne pH pogoje in zmanjša nihanja pH v mikrohabitatih znotraj delcev biooglja.



Slika 21: Prikaz elektronske mikroskopije - porozna struktura biooglja

Vir: Preparation and Plant-growth Efficiency Assessment of Biochars, 2014

Na Biochar. Info 2 (2014) navajajo, da ima biooglje poleg vpliva na biološko aktivnost tal, tudi vpliv na pretvorbo ter dostopnost hranil v tleh. Dušik je zelo pomembno hranilo za rastline. Uporaba biooglja v tleh lahko pomaga pri transformaciji dušika in omogoča izboljšanje njegove dostopnosti za rastline, navaja Deluca (2009). Dokazano je bilo, da biooglje poveča stopnjo nitrifikacije v naravnih gozdnih tleh, ki imajo zelo nizko naravno stopnjo nitrifikacije. Nasprotno pa je bil na kmetijskih zemljiščih, ki že imajo precejšnjo stopnjo nitrifikacije, učinek ob dodatku biooglja minimalen, navajajo na Biochar. Info 1,2 (2014). Dokazano je bilo tudi, da se ob dodatku biooglja zmanjša amonifikacija (razgradnja organskih oblik dušika v amoniakalno obliko).

Poudariti je potrebno, da je učinek biooglja na stopnjo produktivnosti in donosnosti pridelka odvisen tudi od lastnosti tal in njegove stopnje uporabe. Ključna značilnost biooglja je tudi, da izboljša izkoristek dušika v rastlinah oz. omogoči rastlinam večjo dostopnost do dušika. Dokazi dostopni na International Biochar Initiative 1,2,3 (2014), Biochar.info 2 (2014), The Premaculture Research Institute (2014), itd., kažejo, da dodajanje biooglja bistveno pripomore k zmanjšanju uporabe gnojil, ki vsebujejo dušik. Donosnost pridelkov pa ostane nespremenjena ali se izboljša ob hkratni uporabi biooglja in zmanjšani uporabi dušikovih gnojil, saj biooglje vpliva na dinamiko dušikovih gnojil v tleh.

Deluca idr. (2009) navaja, da se z uporabo biooglja na kmetijskih zemljiščih poveča vezava amonijevih ionov iz talne raztopine, s čimer se zmanjša njihova razpoložljivost oz. koncentracija v talni raztopini, povečuje pa se njihova koncentracija v delcih biooglja. S tem se zmanjšuje tudi stopnja dostopnih ionov za rastline.

Do izgube dušika v tleh lahko pride tudi zaradi izhlapevanja amonijaka in denitrifikacije, v kateri se nitrati pretvorijo v plinasti dušik ali dušikov oksid. Biooglje vpliva na zmanjšanje izhlapevanja amonijaka, ker zmanjšuje razpoložljivost amonijaka v raztopini tal in zmerno dvigne pH tal, navajajo na ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 1,2,3,5 (2014). Ob dodatku biooglja na kmetijska zemljišča, le-ta rahlo dvigne pH. Zaradi povečanja pH se hlapnost amoniaka zmanjša, hkrati pa biooglje veže amonijevo obliko dušika, zaključijo.

Sohi idr. (2010) navajajo, da vnos biooglja v tla povečuje adsorpcijske sposobnosti za vodo in hranila. Biooglje z zadrževanjem hranil v prsti zmanjšuje potrebo po dognojevanju. Zaradi tega so stroški gnojenja zmanjšani in gnojila (organska, kemična) ostanejo v tleh dlje časa. Poudariti pa je potrebno, da učinek gnojenja z bioogljem ne izhaja iz mineralnih snovi, ampak je odvisen od fizikalnih in biokemijskih lastnosti.

Verheijen idr. (2010), Sohi idr. (2010), itd., navajajo, da nekatere vrste biooglja lahko povečajo biološko vezavo dušika v rastline v povezavi z bakterijskimi fiksatorji dušika v koreninskih gomoljih v rastline. Biološka fiksacija dušika je izredno pomembna, saj je to edini način vnosa dušika iz atmosfere v tla. Dušik se sicer veže na biooglje in je tako neposredno težje dostopen rastlinam (zaradi tega se ne spira iz tal v podtalnico). Do te vezane oblike dušika v biooglju lahko dostopajo bakterije in glive, ki naseljujejo biooglje. Bakterije in glive so pogosto v tesni simbiozi z rastlinskimi koreninami (bakterije – fiksatorji dušika; glive – mikoriza) in v tej povezavi pridejo do dušika v rastlini.

Biooglje ima vpliv na spreminjanje dušikove dinamike, vpliva pa tudi na adsorpcijo amonijaka, saj med kompostiranjem zmanjša izgube NH_3 in NO_3 . Po aplikaciji gnoja vzpostavi mehanizem za počasno sprostitvev gnojila.

Študije poročajo tudi o možnostih za zmanjšanje izgub spiranja ostalih elementov, ko vključimo biooglje v tla (International Biochar Initiative 1, 2014).

3.3.3. UPORABA/UČINKI BIOOGLJA NA RASTLINE

Že zgoraj smo povedali o številnih pozitivnih učinkih biooglja, vendar je eden izmed glavnih razlogov za uporabo biooglja večja produktivnost in pozitiven vpliv na rastline. Obstajajo številni dokazi in študije, ki so bili narejeni na terenu in v rastlinjakih, na tleh, ki so kislila in revna s hranili. Le-te dokazujejo, da dodajanje biooglja v kombinaciji z gnojili lahko vpliva na večjo produktivnost in donosnost pridelka.

Posledica dodajanja biooglja v tla je običajno povečanje pridelka. Eksperimentalni rezultati o vnosu biooglja v tla in vplivu na produktivnost rastlin so različni in odvisni od lastnosti in talnih razmer. Opravljena je bila Statistična meta analiza z namenom vrednotenja vpliva biooglja na produktivnost pridelka (donosi, nadzemna biomasa). Rezultati Jefferyj-a idr. (2014), so pokazali majhne, vendar statistično pomembne razlike v smeri ugodnega vpliva biooglja na produktivnost pridelka. Produktivnost se je v povprečju povečala za 10%, rezultati pa se gibajo od -28% do 39%. Največji učinki dodajanja biooglja so bili opaženi v kislem (14%) in nevtralnem pH tal (13%) ter pri tleh z grobo (10%) ali srednjo teksturo (13%). Najugodnejši vpliv na produktivnost rastlin je pokazalo biooglje pridobljeno iz stelje za perutnino (28%). Statistično negativen učinek (-28%) pa je imelo biooglje, ki je bilo pridobljeno iz trdne snovi (les, rastline). Za podrobnejšo interpretacijo rezultatov bi bilo potrebno bolj natančno definirati pomožne nabore podatkov (npr. okoljske dejavnike in dejavnike upravljanja). Primeri, ki jih obravnava Jeffery (2014) v svoji raziskavi, so v večini primerov omejeni na obdobje opazovanja enega do dveh let, kar kaže potrebo po raziskavah, ki bodo upoštevale okoljske (npr. podnebje) in upravljalne dejavnike.

3.3.4. VPRAŠANJA/POMISLEKI, KI SE POJAVLJAJO V JAVNOSTI O UPORABI BIOOGLJA

Čeprav so znanstveniki in raziskovalci pokazali veliko zanimanje za uporabo biooglja v kmetijski dejavnosti je ta minimalna. To je predvsem posledica neznanja o delovanju in uporabi biooglja. Znanstveniki so šele v zadnjih nekaj letih začeli intenzivno dokumentirati potencialne koristi, ki jih lahko prinese uporaba biooglja ter morebitne nevarnosti, ki jih lahko povzroči njegova uporaba. Že zgoraj smo velikokrat pisali o dodatnih raziskavah, ki so potrebne za prepoznavanje različnih učinkov biooglja, na različnih področjih njegove uporabe. Potencialne koristi biooglja so velike, ampak kljub temu obstaja veliko vprašanj,

negotovosti in izzivov na katera je potrebno odgovoriti. Potrebno je raziskati in odgovoriti na pomembna vprašanja ob dodajanju in uporabi biooglja, ki se nanašajo na spremembe težkih kovin v tleh, absorpcijo pesticidov in drugih onesnaževalcev v tleh. Res je, da ima bioogljje številne pozitivne učinke, vendar moramo biti pozorni tudi na vsebnosti potencialnih toksičnih elementov, kot so Cu, Pb in As, ki ostajajo po obdelavi različnih organskih surovin in ostankov med samim postopkom pridobivanja biooglja.

Naslednje zelo pomembno vprašanje, ki se pojavlja pri uporabi biooglja je vprašanje o dolgoročnem kopičenju obstojnih poliaromatskih ogljikovodikov (PAH). Skupne koncentracije PAH so odvisne od vira biomase, piroliznih pogojev (temperature in časa). Pozorni moramo biti tudi na visoke zmožnosti sorpcije, saj lahko uporaba biooglja zmanjša učinkovitost uporabljenih pesticidov v tleh in zmanjša njihovo mobilnost, kar lahko privede do potrebe po vnosu višjih vrednosti pesticidov v tla, da dobimo želeno stopnjo zatiranja plevela, navaja Nag idr. (v *Converting Waste Agricultural Biomass into a Resource*, 2014).

Ob vsem napisanem lahko ugotovimo, da ostaja še veliko nerešenih vprašanj glede uporabe biooglja v kmetijstvu. Znane so kratkoročne raziskave s prevladujočimi pozitivnimi vplivi na tla in rast rastlin, potrebno pa je opraviti še kar nekaj dolgoročnih raziskav, da bi lahko ugotovili dolgoročni vpliv biooglja na rodovitnost tal. Videli smo lahko, da ima bioogljje tudi pozitiven vpliv pri uporabi v prehrani živali, saj izboljša rast živali in s tem izkoristek dodane hrane, zmanjša nastajanje emisij toplogrednih plinov in zmanjša neprijetne vonjave. Opazili so tudi zmanjšanje diareje in drugih bolezni ter zmanjšano potrebo po uporabi antibiotikov.

V prid pozitivnim učinkom biooglja na kaljenje in rast sadik govorijo tudi mnogi v Sloveniji opravljeni poskusi s področja vrtnarjenja (*Premakultura za telebane*, 2014). V poskusu s kupljenim rastnim substratom ter kompostom z dodanim bioogljem, se je kalitev in rast Tržaškega slamnika izkazala bistveno bolje v kompostu z dodanim bioogljem. Rezultati so predstavljeni na sliki 22 in 23. Tekom raziskav so ugotovili, da je bil Tržaški slamnik, posajen v kompostu z bioogljem, bolj čvrst, listi so bili bolj zeleni in vlaga stabilnejša, kar gre pripisati vplivu biooglja na prst. Medtem, ko so pri Tržaškem slamnik-u, ki je rasel v kupljeni zemlji za sejanje opazili, da so bili listi povešeni, nujno pa je bilo tudi zalivanje. Ugotovitve, ki jih navajajo so tudi, da je bila zemlja brez dodanega biooglja bolj zbita, kot zemlja, ki ji je bilo dodano bioogljje.



Slika 22: Tržaški slamnik posajen v kompost z dodatkom biooglja (A) in kupljeni zemlji za sejanje (B)

Vir: PREMAKULTURA ZA TELEBANE, 2014



Slika 23: Tržaški slamnik posajen v kompost z dodatkom biooglja (zgoraj) in kupljeni zemlji za sejanje (spodaj) po nekaj dneh opravljanja poskusa

Vir: PREMAKULTURA ZA TELEBANE, 2014

Opravljen je bila tudi triletna študija v zmernem pasu. Barry Husk (2014) in Julie Major (2014) sta v raziskavi pokazala stalno rast biomase v prsti z dodanim bioogljem že tretje leto zapored. Rastline so hranilne snovi bolj učinkovito izkoriščale v prsti z bioogljem, hkrati pa je bila njihova hranilna vrednost večja kot v testnih rastlinah, ki so bile vzgojene v običajnih tleh. Tla z dodanim bioogljem so bila bolj odporna na izpiranje in izsuševanje, kar pomeni, da so bila manj občutljiva na vremenske razmere in bolj stabilnejša, kar je pripomoglo k rasti rastlin. Husk idr., (2014) poročajo tudi o večji proizvodnji mleka, pri kateri so za krmo uporabljali rastline, ki so zrastle v tleh z bioogljem. Te rezultate so dosegli v zmernem klimatskem pasu severne poloble na 45° severne geografske širine, v Quebecu (Kanada). Študije so opravljali na običajnih kmetijah, z običajnimi kmetijskimi tlemi.

V preglednici 9 smo podali povzetke ostalih raziskav različnih avtorjev, ki prikazujejo oceno vpliva biooglja na pridelek poljščin. Tabela je povzeta po Lehmann-u in Joseph-u (2009).

Preglednica 9: Priikaz povzetkov raziskav različnih avtorjev

AVTORJI	ORIS ŠTUDIJE	POVZETEK REZULTATOV
Iswaran et al. (1980)	grah, India	0,5 t/ha biooglja poveča biomaso za 160%;
Iswaran et al. (1980) *	fižol, India	0,5 t/ha biooglja poveča biomaso za 122%;
Kishimoto & Sugiura (1985) *	Soja, Japonska	0,5 t/ha biooglja poveča donos za 151%; 5 t/ha biooglja zmanjša donos za 63%; 15 t/ha biooglja zmanjša donos za 29%;
Kishimoto & Sugiura (1985) *	Drevesa Sugi na ilovnato-glinenih tleh	0,5 t/ha lesnega biooglja poveča biomaso za 249%; 0,5 t/ha biooglja pridobljenega iz lubja poveča biomaso za 324%; 0,5 t/ha aktivnega biooglja poveča biomaso za 244%;
Glaser (2002)	Fižol na tleh ferralsol (preperela tla, rdečkasto rumene barve, ki je posledica kopičenja kovinskih oksidov)	67 t/ha biooglja poveča biomaso za 150%; 135 t/ha bioogljje poveča biomaso za 200%;
Lehmann (2003)	Rodovitnost tal in zadrževanje hranil na primeru fižola; Manuas, Brazilija;	Dodatek biooglja je bistveno povečal proizvodnjo biomase za 38% do 45% (podatkov o donosnosti ni);
Yamato (2006)	Poiskusi na koruzi, fižolu Cowpea (<i>Vigna unguiculata</i>) in arašidi na področju nizke rodnosti	Bioogljje pridobljeno iz akacijevga lubja skupaj z gnojili so povečali donos pri koruzi in arašidi; donos pri fižolu Cowpea je ostal nespremenjen;
Steiner (2007)	Štirje pridelovalni cikli z rižem (<i>Oryza sativa</i> L.) in sirekom (<i>Sorghum bicolor</i> L.)	Po uporabi biooglja pridobljenega iz piščančjega gnoja je največji donos oz. kumulativni pridelek znašal 12,4 Mgha ⁻¹ .
Kimetu et al. (2008)	Ublažitev degradacije tal z uporabo biooglja; primerjava donosov koruze v degradiranih tleh v Keniji;	Podvojitve pridelka v zelo degradiranih tleh - cca. 3 do 6 t/ha več pridelka;

Vir: Lehmann in Joseph (2009)

4. MOŽNOSTI UPORABE BIOOGLJA V SLOVENSKEM PROSTORU

V slovenskem prostoru je bioogljje slabo raziskano področje. Odločili smo se, da v spodnjem poglavju poskušamo predstaviti možne načine uporabe biooglja z vidika razpoložljive biomase in okoljskih danosti, ki jih omogoča slovenski prostor.

Pri pregledu razpoložljive biomase v slovenskem prostoru smo izhajali iz EBC (European Biochar Certificate, ki obravnava katera vhodna surovina je primerna za pridelavo biooglja.

Za lažje razumevanje si lahko v spodnji tabeli ogledate katere vhodne surovine so primerne za pridelavo biooglja po mnenju European Biochar Certificate 3 (2014).

Preglednica 10: Primerne vhodne surovine za pridelavo biooglja po priporočilih European Biochar Certificate (EBI)

DEJAVNOST	BIOMASA/SUROVINA	OPOMBE
LOKALNO ZBIRANJE ODPADKOV	<ol style="list-style-type: none"> 1. biološko razgradljivi odpadki (ločeno zbiranje odpadkov) 2. biološko razgradljivi odpadki, ki nastanejo v gospodinjstvu (kuhinjski odpadki + ostanki) 	
ODPADKI, KI NASTANEJO NA VRTU – VRTNI ODPADKI	<ol style="list-style-type: none"> 1. listi 2. zelenjava 3. korenine/koreni 4. odrezi dreves, vinske trte, grmovnic 5. odrezi, ki nastanejo kot posledica naravovarstvenih ukrepov; 6. trava, seno 	<p>Samo odpadki, ki niso več uporabni za živalsko krmo.</p> <p>Samo odpadki, ki niso več uporabni za živalsko krmo.</p>
KMETIJSTVO IN GOZDARSTVO	<ol style="list-style-type: none"> 1. ostanki pri žetvi 2. slama, ki nastane v kmetijstvu/gozdarstvu (pleve, sirek, prah pri prevozu žit..) 3. zrnje, krma, sadje 4. zrnje, krmila, odrezi iz nasadov biomase, ki se gojijo za energijo ali druge obnovljive vire; 5. odrezi od dreves, vinske trte, grmovnic; 6. semena in rastline 7. lubje, odlomki (ang. chippings), žagovina, oblanci,... 	<p>Potrebni zdravstveni in varnostni ukrepi, kjer je prisoten prah.</p> <p>Samo odpadki, ki niso več uporabni za prehrano ljudi ali za živalsko krmo.</p> <p>Biomasa mora biti proizvedena na trajnostni način.</p> <p>Samo iz neobdelanega lesa.</p>
KUHINJE IN MENZE	<ol style="list-style-type: none"> 1. ostanki iz restavracij, kuhinj in menz 	
ZELENJADARSTVO	<ol style="list-style-type: none"> 1. material, ki nastane pri procesih pranja, čiščenja, lupljenja, centrifugiranja in ločevanja; 2. celuloza (vlaknine), pečke, olupki, koščice, tropine (npr. iz oljarn) 	

VZDRŽEVANJE PLOVNIH POTI (rastlinski material)	1. naplavljen les 2. ostanki ribolova 3. ostanki vodnih rastlin	
ŽIVALSKI STRANSKI PROIZVODI	1. kože, ščetine, perje, dlaka 2. kosti	Ob upoštevanju nacionalnih higienskih predpisov.
OSTANKI/MATERIAL PRI PROIZVODNJI HRANE IN SLAŠČIČARSKI DEJAVNOSTI	1. pretečen rok uporabe hrane in slaščic 2. ostanki pri proizvodnji konzervirane hrane 3. ostanki od krompirja, koruze ali proizvodnje riža 4. ostanki od predelave mleka in mlečnih izdelkov 5. ostanki pri proizvodnji alkoholnih pijač (pivo, žganje) 6. usedline in gošča iz pivovarn 7. tropine, vinska usedlina 8. tobak, tobačni prah 9. ostanki pri proizvodnji čaja, kave 10. oljni ostanki 11. ostanki pri izdelavi sokov 12. jajčne lupine	Samo ostanki zelenjadnic.
TEKSTIL	1. celuloza (vlakna), bombaž, rastlinska vlakna 2. konoplina vlakna 3. ostanki volne in volnen prah	Samo iz neobdelanih tekstilnih vlaken.
PROIZVODNJA PAPIRJA	1. ostanki, ki nastanejo pri proizvodnji papirja	Samo iz lesenih vlaken, ki niso kemično obdelana.
EMABALAŽA, KI TEMLJI NA RASTLINSKI OSNOVI	1. bombaž in lesena vlakna	Samo material, ki ni kemično obdelan. Material, ki je izključno naravnega izvora in neobdelan.
OBRATI ZA PRIDOBIVANJE BIOPLINA	1. ostanki fermentacije	Biomasa za pridobivanje bioplina mora biti proizvedena na trajnosten način.

Vir: The European Biochar Certificate 3 (2014)

4.1. OVREDNOTENJE POTENCIALNIH VIROV BIOMASE ZA PRIDELAVO BIOOGLJA

Na Agenciji za prestrukturiranje energetike d.o.o. (2014) biomaso opredelijo, kot pojem, ki opredeljuje vso organsko snov. Beseda biomasa vključuje vse biološko razgradljive snovi rastlinskega in živalskega izvora, pridobljena iz odpadkov in ostankov iz kmetijske in gozdarske dejavnosti.

Po mednarodni terminologiji se izraz biomasa (v kontekstu goriv) uporablja za trdna goriva, biogorivo (biofuel) pa za tekoča in plinasta goriva, ki jih pridobimo iz biomase.

Na forumu SLO NEP gradnja in montažne hiše (2014) navajajo, da je biomasa do leta 1700 predstavljala glavni energetski vir. V državah v razvoju biomasa pokriva 80% delež energijskih potreb. Delež v Evropi niha in je močno odvisen od naravnih danosti. Evropsko povprečje v primarni oskrbi z biomaso je nekje med 2% in 5%, medtem, ko v Skandinavskih državah delež biomase v primarni oskrbi dosega 20% delež.

Med biomaso uvrščamo različne primarne surovine, ki jih lahko neposredno ali z različnimi tehnološkimi procesi, kot so: anaerobno vrenje, piroliza, kurjenje, vrenje iztiskanje ali briketiranje, pretvorimo v sekundarna goriva. Sekundarna goriva pa lahko, odvisno od potreb, pretvorimo v druge oblike energije.

Kategorije po katerih lahko razdelimo biomaso vključujejo široko paleto materialov. Osnovne kategorije biomase so:

1. lesna biomasa,
2. kmetijski ostanki,
3. odpadki in ostanki (živilski odpadki, industrijski odpadki in stranski proizvodi).

1. Lesna biomasa

Agencija za prestrukturiranje energetike d.o.o. zapiše, da je gozdni les najbolj pogost vir biomase. K lesni biomasii prištevamo:

- Gozdni les in gozdne ostanke, ki nastanejo kot posledica rednih sečenj, nege mladih gozdov, ter pospravnih in sanitarnih sečenj (npr.: vejevje, krošnje, debla majhnih premerov in manj kakovosten les).
- Ostanke, ki nastanejo v lesno predelovalni industriji.
Tukaj nastajajo predvsem primarni in sekundarni odpadki (npr.: žaganje, lubje, prah,...).
- Kemično neobdelan les; produkti kmetijske dejavnosti v sadovnjakih in vinogradih ter že uporabljen les in njegovi izdelki, npr.: gajbice, palete, itd.
- Ostanke v procesu gospodarjenja in upravljanja s parki ter vrtovi, drevoredi in transportnimi koridorji (železniške in cestne bankine).
Po podatkih statističnega urada Republike Slovenije iz leta 2011 je v Sloveniji skupna letna količina odpadkov iz vrtov in parkov znašala cca. 55.760 t/leto;
- Ostanke, ki nastajajo v lesno predelovalni industriji kot stranski proizvodi (ostanki pri žaganju, ki vključujejo visok delež lubja).
Lubje namreč vsebuje visoke vsebnosti mineralnih snovi oz. mineralov, posledično pa lubje proizvaja visoke vsebnosti pepela v času zgorevanja. Minerali, ki jih vsebuje lubje ostanejo v pepelu in posledično se to lahko uporablja kot gnojilo tal.

Lesno biomaso je mogoče pridobiti iz konvencionalne gozdarske prakse, in sicer:

- z redčenjem;
- z obrezovanjem kot del trajnostnega gospodarjenja z gozdovi, z namenom, da bi zagotovili proizvodnjo visoko kakovostnega lesa za gradnjo, za izdelavo lesnega pohištva in lesnih proizvodov ter optimizacijo lesne raznovrstnosti.

2. Kmetijski ostanki

Sem spadajo ostanki iz kmetijske pridelave in predelave, vključujejo tudi široko paleto rastlinskih materialov. Kmetijski odpadki so različnih vrst in najbolj ustrezne tehnologije za pretvorbo teh odpadkov v energijo ali druge uporabne oblike, kot je npr. biooglje, so odvisne od vrste do vrste, navajajo na BIOMASS Energy Centre (2014). Najpomembnejša delitev kmetijskih ostankov je na ostanke, ki so:

- Pretežno suhi; vključujejo tiste ostanke, ki ne bodo uporabljeni za primarni namen proizvodnje hrane, krme, stelje (npr.: slama, koruzni storži, stelja za perutnino).
- Mokri; mednje štejemo tiste, ki imajo visoko vsebnost vlage oz. vode. To pomeni, da so energetsko neučinkovite za sežig ali plinifikacijo ter finančno preobremenjujoče za prevoz. Prav iz tega razloga je zaželeno, da njihova predelava poteka blizu proizvodnje. Tipični mokri ostanki so: živalska gnojevka in hlevski gnoj ter travna silaža.

Največ slame je uporabljene na kmetijah za steljo in prehrano živali, za mulčenje in vračanje v zemljo ter za prodajo, navajajo na BIOMASS Energy Centre (2014). Dodajajo še, da slama iz katere se pridobiva biomasa oz. se izkorišča kot vhodna surovina za pridobivanje različnih proizvodov (tudi za biooglje) ima običajno cca. 15-20% vlage in ima neto kalorično vrednost cca. 13 MJ/kg na tej vrednosti vlage. Prav tako je dokazano, da vsebuje slama visoke vrednosti hranil ter visoke vrednosti silicijevega dioksida, ki daje relativno visoke donose pepela - cca. 6%. Slama oljne ogrščice ima poleg vsega zgoraj naštetega tudi večjo vsebnost kalcija, kakor ostale slame, ki so pridobljene iz drugih virov. Za primerno ohranitev slame v procesu pirolize za pridobivanje biooglja, bi jo bilo potrebno predhodno peletizirati. Peleti omogočajo ustvarjanje večje gostote biomase, ki počasneje zgoreva. Delež oglja v pirolizi pa je lahko zaradi tega večji.

Iz zapisov na BIOMASS Energy Centre (2014) lahko zaključimo, da koruzna stebela in storži nastanejo kot ostanek žetve koruze za zrnje in se lahko uporabljajo kot vir biomase ter vir energije iz biomase na isti način kakor pri slami. Gledano s finančnega vidika je uporaba koruznih stebel in storžev v primerjavi s slamo za izrabo v energetske namene ali druge oblike predelave (npr. biooglja), nekoliko manj ugodna zaradi nerazvitega ravnanja in skladiščenja koruznih stebel in storžev.

Pozornost so na BIOMASS Energy Centre (2014) usmerili tudi v proučevanje stelje za perutnino. Poudarjajo, da je najpogosteje sestavljena iz lesenih ostružkov ali slame. V zadnjih nekaj letih se perutninska stelja proučuje in uporablja kot potencialna vhodna surovina za pridobivanje biooglja, vendar dolgoročnih učinkov uporabe biooglja pridobljenega iz stelje za perutnino še ni. Na BIOMASS Energy Centre (2014) izpostavijo skrb glede uporabe perutninske stelje za pridobivanje biooglja. Navajajo, da kljub temu, da znanstveniki pripisujejo pozitivno vlogo tovrstnemu biooglju, jih skrbi njegov potencialni negativen učinek ob nekontrolirani uporabi. Stelja namreč vsebuje visoke ravni dušika, fosfatov, kalija, žvepla in magnezija, prav tako pa lahko vsebuje visoke vsebnosti cinka in bakra, ki se v stelji lahko nahajata zaradi krmnih dodatkov med vzrejo piščancev.

3. Odpadki in ostanki

Najdemo lahko široko paleto biomase, ki ostaja kot stranski proizvodi, procesov v živilski, kmetijski in industrijski dejavnosti. Mnogi ostanki imajo dragoceno vsebnost energije in so primerni kot vhodne surovine za pridobivanje biooglja in ostalih proizvodov.

a. Živilski odpadki

V to kategorijo spadajo odpadki:

- ki nastanejo pri izdelavi, predelavi in pripravi pijače;
- ki nastanejo po uporabi hrane in pijače;
- ki nastanejo na vseh točkah v verigi preskrbe s prehrano, od začetne proizvodnje do končne potrošniške uporabe (npr.: lupine, jajčne lupine, oljni ostanki, ostanki pri izdelavi sokov, ostanki pri proizvodnji čaja in kave, itd.);

Mnogi končni izdelki hrane in pijače, vključno s pivom, viskijem, vinom, sirom in drugimi mlečnimi izdelki vključujejo velike količine organskih odpadkov, pojasnujejo na BIOMASS

Energy Centre (2014). Ocenjujejo, da 92% surovin, ki se uporabljajo v pivovarstvu na koncu postane organski odpadki (predvsem zrnje). Izpostavijo tudi mlekarstvo, ki letno porabi več milijonov kubičnih metrov odpadne vode. Nevarni organski odpadki nastajajo tudi v poslovnih in domačih okoljih, predvsem v obliki uporabljenega kuhinjskega olja, živalskih maščob in ostalih živil, ki jih je bilo potrebno odstraniti.

Vse pogosteje se uveljavljajo raziskave, poizkusi z tehnologijami, kot je hidrotermalna karbonizacija in tehnologije za pridobivanje biooglja. Te nove tehnologije bi omogočile pozitivno izkoriščanje tega potencialnega vira, vendar pa so ti poizkusi bolj kot ne v eksperimentalni fazi, navajajo na BIOMASS Energy Centre (2014).

b. Industrijski odpadki in stranski proizvodi

Veliko industrijskih procesov in industrij proizvaja ostanke, odpadke in stranske produkte, ki se lahko potencialno uporabljajo kot vhodne surovine za biooglje ali za pretvorbo v goriva. Le-te lahko razdelimo na:

- odpadke, ki vsebujejo lesni del (neobdelan les, obdelani lesni ostanki in odpadki, lesni kompoziti in laminati);
- odpadke, ki ne vsebujejo lesnega dela (odpadki iz papirne industrije, odpadki iz tekstilne industrije, blato iz čistilnih naprav);

Tehnologije, ki se uporabljajo za predelavo odpadkov, ki vsebujejo lesni del so enake kot tehnologije za lesno biomaso. Odpadki, ki vsebujejo lesni del se lahko uporabljajo za pretvorbo v toploto, lahko se uporabljajo za proizvodnjo električne energije ali za proizvodnjo oz. soproizvodnjo toplote in električne energije. Alternativa so lahko uplinjevalni sistemi ali uplinjanje ter pirolizni sistemi oz. piroliza. Pri vseh teh tehnologijah nastaja kot stranski produkt biooglje, ki ga lahko uporabimo za apliciranje.

Čeprav so tehnologije za obdelavo odpadkov, ki vsebujejo lesni del, tehnično primerne in perspektivne, obstajajo regulative in okoljske omejitve povezane z uporabo materialov, ki so določeni kot odpadki (velja za vse snovi, ki lahko vključujejo onesnaževalce in so v pristojnosti direktive o sežiganju odpadkov in/ali preprečevanje onesnaženja in nadzor). Posebej pozorni moramo biti na vsebnosti težkih kovin, arzena in halogenov, ki lahko povzročijo nevarne ali strupene vsebnosti pepela in tako negativno vplivajo na okolje. To velja predvsem za obdelane lesne odpadke in ostanke.

Številne industrije proizvajajo ostanke, odpadke in stranske produkte, ki prvenstveno ne izhajajo iz lesne biomase, ampak še vedno izvirajo iz biomase in so potencialno primerni kot vhodne surovine za pridobivanje goriv, biooglja in ostalih koristnih produktov. Med takšne odpadke sodijo papirni odpadki in ostanki, ki so primerni predvsem za tehnologije, ki zahtevajo zgorevanje. Za potrebe proizvodnje papirja potrebujemo ustrezna celulozna vlakna, ki jih pridobimo s posebnim kemičnim postopkom. Med tem postopkom nastajajo tekoči odpadki, ki jih imenujemo »črna tekočina«. Le-ta se v mnogih državah uporablja za proizvodnjo energije s sežiganjem ali plinifikacijo za proizvodnjo toplote, električne energije ali proizvodnjo biogoriv. Kot stranski produkt pri teh tehnologijah pa lahko nastaja tudi biooglje, poročajo na spletni strani International Biochar Initiative 1 (2014).

Na prej omenjeni strani povedo tudi, da poleg odpadkov, ki nastanejo v papirni industriji, so lahko izredno pomembni in potencialno uporabni odpadki, ki nastanejo v tekstilni industriji. Tekstilna industrija ustvarja odpadke v različnih fazah proizvodnega postopka. Odpadki pri rezanju za oblačila znašajo po ocenah cca. med 10% in 20 %, odvisno od oblačil in proizvodne tehnike. Odpadkov pri procesu plemenitenja je cca. 6%, odpadkov pri procesu šivanja je cca. 20%. Te ostanke uporabljajo kot alternativo za proizvodnjo krp ali pa se uporabljajo za številne druge aplikacije, kot so: polnjenje in kosmičenje, toplotno in zvočno izolacijo in izdelavo gradbenih kompozitov. Poleg tega pa se lahko ti odpadki uporabljajo v

procesu zgorevanja, uplinjanja in pirolize, kar lahko v prihodnosti, ob razvoju ustreznih tehnologij, privede do uporabe teh materialov za proizvodnjo kvalitetnega biooglja, ki bo izpolnjeval vse pogoje za uporabo v kmetijski dejavnosti.

Eden izmed potencialno uporabnih odpadkov je lahko tudi blato čistilnih naprav, ki nastane kot posledica čiščenja odpadne vode. Blato čistilnih naprav se lahko po sušenju uporablja pri izgorevanju, uplinjanju ali pirolizi, v okviru omejitve Direktive o sežiganju odpadkov. Kot smo že omenili zgoraj lahko pri vseh teh postopkih kot stranski produkt nastane uporabno biooglje, ki ga lahko uporabimo v kmetijski dejavnosti (BIOMASS Energy Centre, 2014).

4.2. OPREDELITEV MOŽNE UPORABE BIOOGLJA V SLOVENSKEM KMETIJSTVU Z VIDIKA OKOLJSKIH DANOSTI

Eden izmed možnih vidikov uporabe biooglja v slovenskem kmetijstvu z vidika okoljskih danosti je prav gotovo uporaba biooglja pridobljenega iz lesne biomase.

V Sloveniji so glavni viri lesne biomase:

- industrijski sektor - lesni ostanki industrijske, mehanske in kemične predelave lesa,
- kmetijski sektor - grmišča in ostale kmetijske površine (sadovnjaki, vinogradi),
- gozdarski sektor - gozdovi,
- odslužen les in lesni izdelki.

4.2.1. Industrijski sektor – lesni ostanki industrije, mehanske in kemične predelave lesa

Gozdarski inštitut Slovenije (2014) poroča, da na količino lesnih ostankov vpliva veliko različnih dejavnikov, kot so: vrsta materiala in njihovi izkoristki, tehnološki postopki izdelave ter vrsta končnega proizvoda. Zaradi teh dejavnikov je količino lesnih ostankov v lesnem industrijskem sektorju težko oceniti. Na inštitutu izpostavijo tudi problem spremljanja lesnih ostankov, ki je tudi v količini velikega števila proizvodov ter o razdrobljenosti industrije. Na gozdarskem inštitutu so leta 2004 opravili raziskavo z namenom pridobiti podatke o razpoložljivih količinah lesnih ostankov v Sloveniji. Iz ankete je bilo razvidno, da v Sloveniji letno nastane 850.000 ton lesnih ostankov. Med temi lesnimi odpadki prevladujejo nekontaminirani kosovni ostanki, sledi jim žagovina, lesni prah in druge oblike lesnih ostankov. Ob upoštevanju deleža lesnih ostankov, ki jih uporabljajo podjetja za pokrivanja lastnih potreb, je na voljo še dodatnih 510.000 ton lesnih ostankov na leto.

4.2.2. Gozdarski sektor – gozdovi

V Sloveniji je les narodno in tudi energetska bogastvo. Od skupne površine 20.253 km², je kar 54% ozemlja poraščena z gozdovi. V Sloveniji se zaloga lesne biomase povečuje, saj po ocenah letni posek predstavlja cca. 38% etata in kaže, da lastniki gozdov niso zainteresirani za izrabo lesa v gozdovih, navaja Butala idr. (2014). Doda tudi, da je lesna zaloga v Sloveniji leta 2009 znašala skoraj 328 milijonov m³ (276 m³/ha) ali skoraj 25% več

kot leta 2000 (263 m³). Na spletni strani Lesna biomasa – neizkoriščen domači vir energije lahko razberemo, da se Slovenija po količini lesne zaloge uvršča na visoko mesto med državami članicami EU-27 z največjo lesno zalogo.

Zavod za gozdove poroča, da se je delež neizkoriščenega poseka lesa v obdobju 2000 - 2009 gibal v povprečju okoli 60%; v letu 2009 je ostalo neizkoriščenih skoraj 58% poseka lesa. Stopnja intenzivnosti poseka lesa izražena v razmerju med posekom in prirastkom lesa, je bila v Sloveniji največja leta 2006. Neizkoriščenih je ostalo 51% poseka lesa.

Dodajajo, da je Slovenija tretja najbolj poraščena država v Evropi, takoj za Finsko in Švedsko, prav zato je naš potencial lesne biomase izjemno velik. Gozdnatost Slovenije v letu 2006 znaša za 21% več kakor leta 1875, ko je le-ta znašala dobrih 36% ozemlja današnje Slovenije.

Po analizi načrtovanega poseka ter analizi sortimente strukture, s strani Zavoda za gozdove Slovenije in Koprivnikarja (2014) je trajni potencial lesne biomase iz gozdov cca. 1.400.000 m³.

4.2.3. Kmetijski sektor – grmišča in ostale kmetijske površine (sadovnjaki, vinogradi)

Lesna biomasa ne nastaja samo v gozdu samem, ampak tudi na negozdih površinah. Na negozdih površinah sicer pridobimo les precej slabše kakovosti, vendar še zmeraj dovolj uporaben, zasledimo na Ministrstvu za okolje in prostor (2014). Les na negozdih površinah pridobimo na kmetijskih površinah v zaraščanju, kmetijskih zemljiščih z mejicami, z ostanki v sadovnjakih in vinogradih, kot ostanke pri žetvi, s posekom posamičnih dreves ali dreves, ki rastejo v šopih izven gozdnih površin, s posekom starega sadnega drevja, velikokrat pa tudi z žaganjem debelejših vej.

Humar (2014) izpostavlja, da do leta 2004 v Sloveniji niso obstajali podatki o lesni biomasi izven gozdnih površin. Z meritvami količin lesne biomase na vzorčnih ploskvah na različnih tipih rabe tal izven samih gozdov v Sloveniji (kmetijska zemljišča v zaraščanju in kmetijska zemljišča z mejicami) je bilo ugotovljeno, da skupna zaloga na negozdih površinah v Sloveniji znaša 11.430.000 m³, zapišejo na Zavodu za gozdove Slovenije (2013).

Iz poročila Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih lahko ugotovim, da je bilo v slovenskem prostoru prek 95.000 ha površin porastlih z grmiščem. Letni prirast biomase na teh področjih znaša cca. 120.000 ton letno.

Dodajajo, da je prek 4000 malih predelovalcev lesne surovine registriranih v Sloveniji, poleg teh pa je neregistriranih več kot tisoč žag, ki letno ustvarjajo vsaj 150.000 ton dispergiranih lesnih ostankov, primernih tako za energetska izrabo, kakor za morebitno pridobivanje ostalih produktov, med njimi tudi možnost za pridobivanje biooglja. Skupaj z neizkoriščenimi odpadki velikih podjetij to pomeni vsaj 280.000 ton lesne biomase na leto.

Na statističnem uradu Republike Slovenije ocenjujejo, da je potencial ostankov pri žetvi s polj bil ocenjen na 9.135 TJ bruto, neto potencial pa je znašal 8.577 TJ. Opozoriti je potrebno, da je žetveni potencial manjši predvsem zaradi tehnoloških in obratovalnih vzrokov. Zapišejo še, da imajo potencial ostankov tudi vinogradi in sadovnjaki, predvsem zaradi rezov, ki jih je potrebo opravljati na nasadih. Poročajo, da je v Sloveniji leta 2010 registriranih 12.261 ha sadovnjakov in oljčnikov ter 16.382 ha vinogradov (Statistični urad

RS,2013). Ocena odrezov v vinogradih je bila ocenjena na 33.000 ton ali 589 TJ, ostanki iz intenzivnih sadovnjakov pa so bili ocenjeni na 1065 ton ali 19 TJ/leto.

Glede na okoljske danosti, ki jih imamo v Sloveniji, bi lahko kot vhodno surovino za pridelavo biooglja uporabili ostanke iz kmetijske dejavnosti. Kmetijski ostanki so trenutno pogosto uporabljeni kot alternativne možnosti. Pogosto so uporabljeni v namene izboljšanja tal in recikliranja hranil v tleh in zato lahko izpodrivajo velike količine umetnih gnojil.

V Sloveniji obstaja 34.299 ha njiv z nasadi pšenice, količina pšenice pa se giblje okoli 5,5 t/ha in 17.967 ha njiv z nasadi ječmena, količina ječmena se giblje okoli 4,7 t/ha. Proizvodnja slame od teh pridelkov je ocenjena na okoli 2,7 t/ha, pravi poročilo na Statističnem uradu Republike Slovenije (2014). Nadalje zapišejo, da je na voljo tudi 5.141 ha površin z nasadi oljne ogrščice, kar predstavlja 3,2 t/ha, skupni donos oljne ogrščice pa se v letu 2012 gibal okrog 16.692 ton, z donosom slame okrog 1 t/ha.

Obstajajo tudi manjše površine z ovsom, ki znašajo 1.369 ha, na teh površinah se pridelava 3,2 t/ha ali skupni pridelek je v letu 2012 znašal 4.351 ton in manjše površine rži in soržica, ki znašajo 902 ha, skupen pridelek pa se je v letu 2012 gibal okoli 3.422 ton ali 3,8 t/ha, navajajo na statističnem uradu Republike Slovenije (2014), kar vse lahko prinese slamo.

Po podatkih Kmetijskega inštituta Slovenije, oddelka za ekonomiko (2014) je bilo v Sloveniji v letu 2013 neto pridelka pšenice 5300 kg/ha, kar predstavlja 2650 kg/ha slame, neto pridelka ječmena je bilo 4900 kg/ha, kar predstavlja 2450 kg/ha slame, za ostale pridelke pa podatki niso bili na voljo oz. niso bili objavljeni. V letu 2012 so se neto vrednosti po podatkih Kmetijskega inštituta gibale okoli 5300kg/ha za pšenico, ki predstavlja 2650 kg/ha slame in neto količine ječmena okoli 4900 kg/ha, kar predstavlja 2450 kg/ha slame. Količina oljne ogrščice pa je znašala 3500kg/ha.

V poročilu oz. članku (2013), ki so ga opravili na Inštitutu Josefa Stefana v Ljubljani so s pomočjo Kmetijskega inštituta – oddelka za kmetijsko tehniko navedli vrednosti, ki označuje povprečno vrednost (kurilnost) rastlinskih ostankov v slovenskem kmetijstvu. Podatki so predstavljeni v spodnji preglednici.

Preglednica 11: Povprečne kurilne vrednosti rastlinskih ostankov v slovenskem kmetijstvu

Povprečna energetska vrednost (kurilnost) rastlinskih ostankov v slovenskem kmetijstvu	
Poljščine	Kurilnost (GJ/t)
Pšenica in pira (C1120)	16,490
Rž (C1150)	16,496
Ječmen (C1160)	18,830
Oves (C1180)	16,496
Koruza za zrnje (C1200)	16,520
Tritikala (C1212)	16,496
Druga žita – (Proso, Ajda)	16,496
Druga žita (soržica, sirek, mešanica žit brez soržice, drugo)	14,320
Krmni grah (C1320)	16,496
Fižol in bob (C1330)	16,320
Oljna ogrščica (C1430)	16,496
Sončnice (C1450)	16,496
Soja (C1470)	16,496
Hmelj (C1560)	16,496

Vir: KMETIJSKI INŠTITUT SLOVENIJE. Oddelek za ekonomiko kmetijstva. 2013

Kot naslednjo možno vhodno surovino za pridelavo biooglja v slovenskem prostoru iz kmetijske dejavnosti bi lahko uporabili steljo za perutnino, ki je najpogosteje sestavljena iz lesenih ostružkov ali slame, ki se uporablja za steljo piščancev, skupaj z nakopičenimi iztrebki. Statistični urad pripravi poročilo (2014) iz katerega je razvidno, da v Sloveniji obstaja cca. 2.797.207 pitovnih piščancev, plus cca. 90.309 puric in puranov. Na letni ravni proizvedejo velike količine stelje, ki je primerna za nadaljnjo uporabo. Tudi to bi lahko prispevalo pomemben delež k pridobivanju biooglja v slovenskem prostoru. S takšnim ravnanjem s tokovi odpadkov z visoko vsebnostjo organskega ogljika bi združili ekonomske, zakonodajne in socialne koristi, ki bi jih privedla proizvodnja biooglja s pirolizo prej omenjenih odpadkov.

V nadaljevanju je predstavljena preglednica 12 z analizo potencialnih virov biomase v slovenskem prostoru, ki bi jih lahko uporabili v izdelavi biooglja. Navedena je le biomasa, ki predstavlja odpadek ali ostanek različnih procesov. Ocenili smo potencialno količino nastalega biooglja ob predpostavki, da iz vhodne biomase lahko pridobimo cca. eno tretjino biooglja. Okvirno količino vezanega ogljikovega dioksida smo izračunali iz količine ogljika v biooglju ob predpostavki, da 2 toni biooglja vsebuje 50% ogljika. Okvirno količino trajno vezanega ogljika izraženo v ekvivalentu ogljikovega dioksida smo pridobili tako, da smo maso ogljika pomnožili s faktorjem 3,7. Izračune smo opravili na podlagi ugotovitev Woolf-a idr. (2010).

Podatke o ocenjenih količinah biomase smo pridobili iz različnih virov literature, in sicer iz Statističnega urada Republike Slovenije, Zavoda za gozdove Slovenije, Kmetijskega inštituta. Vrednosti biomase so določene za obdobje enega leta. Poudariti pa je potrebno, da so dejanske uporabne količine biomase manjše, saj lahko kot vhodno biomaso za pridelovanje biooglja uporabljamo le nenevarne (nekontaminirane) vire biomase.

Preglednica 12: Analiza potencialnih virov biomase v slovenskem prostoru, ki bi jih lahko uporabili pri izdelavi biooglja

vrsta biomase	ocenjena količina (tone/leto)	predvidena količina biooglja (tona)	okvirna količina trajno vezanega ogljika izraženega v CO₂ (tone)
lesni ostanki lesne industrije	158.384	52.794	97.669
Les, ki je klasificiran kot drug les	19.104	6.368	43.589
Leseni odpadki, ki so bili začasno skladiščeni	293	98	181
Dispergirani lesni ostanki (žage + odpadki velikih podjetij)	280.000	93.333	172.666
Zeleni odrez iz sadovnjakov	1.065	355	657
Zeleni odrez v vinogradih	33.000	11.000	20.350
zeleni odrez v mestih (odpadki z vrtov in parkov)	21.132	7.044	13.031
Odpad, ki nastane pri čiščenju grmišč	120.000	40.000	74.000
lesena embalaža + lesena embalaža zbrana z javnim odvozom	4.211	1404	20.254
Kartonska embalaža in odpadni papir	18.340	6113	11.309
Karton in papir	27.910	9303	17.211
nastali odpadki v proizvodnji papirja in izdelkov iz papirja;	147.349	49.116	90.865
Slama od pšenice in ječmena	50.466	16.822	31.121
Slama od oljne ogrščice	5.141	1.714	3.171
SKUPAJ	886.395	295.464	546.609

Vir: Lastni vir

4.3. KORISTI BIOOGLJA ZA SLOVENSKO KMETIJSTVO

Lavrič (2014) v svojem delu ocenjuje, da so aktivnosti človeštva podvojile globalno zahtevo reaktivnega dušika v obtoku. Količina fosforja se je po ocenah od industrijske revolucije do danes potrojila. V ospredje prihaja potreba po povečani trajnosti in zaprtem krogotoku v kmetijstvu. Z vzpostavitvijo močnega tokokroga med urbanim in neurbanim delom bi povečali možnosti za trajnostno kmetijstvo in zaprti krogotok, je mnenja Lavrič (2014). Zaprti krogotok bi bilo potrebno vzpostaviti tako v lokalnem in nacionalnem okolju, kakor tudi v mednarodnem in svetovnem. Glavna prioriteta vzpostavljenega krogotoka je zmanjšanje kemikalij in mineralnih gnojil v kmetijstvu. To prioriteto lahko dosežemo na več načinov, in sicer z ponovno uporabo odpadkov, recikliranjem, ponovno uporabo predelanih organskih odpadkov v kompost in biooglje.

Montanarella (2014) navaja, da je dodajanje biooglja kmetijski dejavnosti perspektivna nastajajoča tehnologija, ki ima potencial za dolgoročno skladiščenje ogljika, trajnostno odstranjevanje odpadkov, povečanje rodnosti prsti oz. zmanjšanje degradiranih tal, zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov, itd. Kot smo predstavili zgoraj, obstajajo v literaturi obsežne informacije o pozitivnih učinkih biooglja. Montanarella (2014) doda, da je potrebno uporabo biooglja v evropskem, kakor tudi slovenskem prostoru gledati z vidika okvirne direktive o tleh in tematske strategije za varstvo tal EU, saj ti dve direktivi tal izrecno omenjata konstanten upad vsebnosti organskega ogljika, kot eno izmed glavnih groženj za evropska tla/prst. Po definiciji in opravljenih številnih raziskavah pa bi morale biti biooglje označeno kot izboljševalec prsti. Poleg tega pa strategija izpostavlja posebne funkcije prsti, ki bi jih zakonodaja EU morala varovati. Ena izmed ključnih identificiranih funkcij je ta, da vloga prsti deluje kot ponor ogljika in tako pripomore k ublažitvi podnebnih sprememb. Biooglje je prav gotovo dolgoročno utemeljena tehnologija z dolgoročnim skladiščenjem ogljika v prsti. Iz tega razloga je biooglje popolnoma v skladu s specifikacijami teh dveh strategij.

Potencial uporabe biooglja v slovenskem prostoru se kaže na številnih področjih.

4.3.1. Področje remediacije tal oz. zmanjšanje onesnaženja tal

Z uporabo biooglja v slovenskem kmetijstvu bi lahko zmanjšali različne oblike organskih in anorganskih onesnaženj, ki so v nestalni obliki prisotni v prsti, zmanjšali bi lahko tudi koncentracije kadmija in cinka ter ostalih težkih kovin.

Prej navedene trditve o zmanjšanju onesnaženja tal lahko potrdimo z raziskavo, ki jo je opravil Beesley s sodelavci. V tem oziru bi bile potrebne še dodatne raziskave v smeri potenciala biooglja za zmanjšanje onesnaženja tal z uporabo biooglja v slovenskem prostoru. Uporaba biooglja za plemenjenje tal in pridelka ni sporna, vendar je potrebno poudariti, da je ob njegovi uporabi potrebno poznavanje vrste in strukture tal, vrste in lastnosti biooglja, ki ga uporabljamo ter rastlinske zahteve, opozarja Zupančič Justin (2013).

4.3.2. Področje blažitve izpustov toplogrednih plinov in podnebnih sprememb

Rondon idr. v Zupančič Justin (2013) navaja, da dodatek biooglja v količini 20 g na kilogram tal v celoti zaustavi izpuste metana, medtem, ko se izpusti dušikovih oksidov zmanjšajo za 50% ob dodatku biooglja soji ter 80% ob dodatku biooglja na travnato površino. Zmanjšanje izpustov si je mogoče razlagati z boljšo aeracijo tal in manj pogostem pojavljanju aerobnih con, razloži Rogovska idr. v Zupančič Justin (2013)

Biooglje vpliva tudi na zmanjšanje emisij amonijaka, metana in ostalih plinov ter na zmanjšanje izgube skupnega ogljika. Z uporabo biooglja v stelji bi lahko v Sloveniji pozitivno vplivali na zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov.

Biooglje je učinkovito sredstvo za vezavo različnih oblik dušika in fosfatov ter ostalih oblik ioniziranih spojin. Prav tako pa omogoča vezavo hidrofobnih organskih onesnažil, dodaja Lehmann idr. v Zupančič Justin (2013).

Proizvodnja biooglja bazira na naprednem postopku brez emisij ali procesa z emisijami blizu ničle. V postopku pa so vsi materialni tokovi reciklirani in ponovno uporabljeni v obliki varnih in naravnih produktov, zapišejo na International Biochar Initiative 2 (2014). Tako proizvedeno in pravilno uporabljeno biooglje ima uporabno vrednost za več funkcionalno obogatitev zemlje, zadrževanje vode, naravno pognojitev in/ali drugih negativnih vplivov kmetijske dejavnosti. Justin Zupančič (2013) navaja, da ima pravilno proizvedeno biooglje potencial, da obnavlja naravno ravnovesje zemlje in je v korist ekonomiji pridelave rastlin z izboljšano odpornostjo rastlin med sušo, izboljšano rodovitnostjo zemlje in izboljšanimi značilnostmi pridelkov.

Stavi (2012) je v svojem delu izračunal globalno osamitev biooglja na 1,75 hektarov degradiranih in izkrčenih zemljišč in kmetijsko-gozdarskih sistemov. V tem kontekstu lahko tudi v slovenskem prostoru vplivamo na ublažitev podnebnih sprememb z alternativno uporabo biomase v kombinaciji s tehnologijami in strategijami za odstranjevanje odpadkov in omogočimo dolgoročno shranjevanje organskega ogljika, ki bi bil sicer, bodisi sežgan ali mineraliziran s kompostiranjem.

4.3.3. Področje vzreje živali

Z uporabo biooglja na področju prehrane živali in v stelji bi lahko v Sloveniji pozitivno vplivali na prebavo živali, povečali vitalnost in odpornost živali, povečali zdravje živali. Zmanjšala bi se potreba po antibiotikih. Kot posledica izboljšane prebave in zdravja živali se zmanjša tudi umrljivost živali, kar bi za slovensko okolje pomenilo pridelavo zdrave hrane, večja bi bila proizvodnja jajc in končna teža živali. Nenazadnje bi prišlo tudi do zmanjšanja ekonomskega izpada na račun manjše umrljivosti živali.

Z vnosom biooglja v steljo bi vplivali na vlago in organske ter anorganske dušikove spojine. Uporaba biooglja v stelji odvzame podlago za patogene mikroorganizme in prepreči njihovo razmnoževanje, itd. Na ta način bi povečali produktivnost in zdravje živali ter zmanjšali pritiske na okolje.

4.3.4. Področje kompostiranja

Podobne učinke biooglja je mogoče pričakovati tudi ob dodajanju biooglja hlevskemu gnoju in kompostu, izpostavi Rogovska idr. v Zupančič Justin (2013). Dodatek biooglja v kompostiranju je zaželen iz razloga, ker bioogljje v primeru odprtega načina kompostiranja zmanjša količino izcedka. Izboljša se tudi sam proces kompostiranja, saj dodatek biooglja omogoči boljšo prezračevnost substrata. Končni produkt kompostiranja pa na račun biooglja v samem procesu kompostiranja, vsebuje večjo vsebnost rastlinskih hranil in večji delež organskega ogljika. Kot sredstvo za izboljšanje kompostiranja ima bioogljje v slovenskem prostoru dolgoročni potencial. Bioogljje med samim procesom kompostiranja zmanjša emisije ogljikovega dioksida, izgube dušika do 52% in drugih plinov, navaja Steiner v Lehmann (2009) in dodaja, da bioogljje omogoča tudi lažjo obdelovanje, odpošiljanje in distribucijo ter stabilizacijo odpadnega materiala.

4.3.5. Področje energetske politike

Iz zgoraj podanih objav/raziskav je naslednja potencialna možnost, ki je povezana s pridobivanjem in izkoriščanjem biooglja, področje energetske politike. Z vzpostavitvijo tako imenovanega krožnega gospodarstva oz. vzpostavitvijo kombinirane proizvodnje energije in biooglja npr. v okviru piščančje farme bi pridobili dodatno energijo, ki je potrebna za vzgojo živali, zmanjšali bi količine odpadkov na kmetiji, zmanjšali bi izpuste toplogrednih plinov, itd. Z vzpostavitvijo prej omenjenega gospodarstva, bi lahko zmanjšali vnos fitofarmaceutskih sredstev in zmanjšali obremenjevanje okolja. Pomembno je tudi dejstvo, da se zmanjšajo količine ogljika in ogljikovega dioksida med postopkom pirolize v piroliznih obratih. Vse te koristi pa bi posledično slovenskim kmetom, ki se ukvarjajo z vzrejo piščancev prinesle ekonomsko upravičenost.

Ugotovitve o pozitivnih učinkih kombinirane proizvodnje in biooglja v okviru piščančje farme ter lažjo predstavo si spodaj pogledjmo primer Josepf-a v Zupančič Justin (2013). Proizvodnja bioenergije in biooglja v okviru piščančje farme v ZDA, kjer letno vzredijo 99.000 piščancev in proizvedejo 125 – 600 t piščančjega gnoja. Energetska obdelava piščančjega gnoja poteka v plinifikatorju s kapaciteto 300 kg suhega gnoja/uro. Delovna temperatura je 500 stopinj. Namen energetske obdelave piščančjega gnoja je proizvodnja toplote za ogrevanje vzrejnih prostorov. Pridobljena toplota jim omogoča nadomestitev potreb po 14.000 litrih propana letno. V primeru, da bi prej omenjeno količino kupili bi znesek znašal 66.000\$ (po podatkih za leto 2008, 2.2 \$/sodček). Pri obdelavi kot stranski produkt nastane bioogljje. Nastalo bioogljje je vsebovalo 10 - 34% organskega ogljika. Bogato je bilo tudi s fosforjem (1.7 – 3.2 %) in kalijem (5.4 – 9.6%) in kot tako ima vrednost gnojila, poleg vloge kondicioniranja tal z vnašanjem organske snovi. Iz prvotnih 125 – 600 ton piščančjega gnoja so generirali 25 – 120 ton biooglja, kar predstavlja ohranitev izhodiščne suhe mase v višini 15 – 20%. Bioogljje so prodajali po ceni 480 \$/tono. Končni uporabniki pa lahko pričakujejo prihranek v višini 20% zmanjšane potrebe po vnosu dušika in 100% zmanjšane potrebe po vnosu fosforja in kalija.

4.3.6. Področje industrije odpadkov

Tehnologija bioogla je privlačna tudi za industrijo odpadkov, saj ima možnost obsežne namestitve in s tem povezane ekonomije obsega, ki se lahko doseže v primerjavi s tradicionalnimi kompostiranjem in odlaganjem bioloških odpadkov v slovenskem prostoru (tudi v drugih državah). Poleg ekonomskega obsega ima bioogljje prednost pri sežigu, pri izboljševanju prsti in vezavi ter skladiščenju ogljika, je mogoče razbrati na International Biochar Initiative 1 (2014). Iz napisanega lahko sklepamo, da ima bioogljje in prej omenjen način uporabe tehnologije tudi dolgoročno prednost, saj se bo predvidena količina odpadkov po podatkih Evropske komisije do leta 2020 povečala za 10%. Pretvorba te velike količine odpadkov oz. biomase v stabilno bioogljje bi bila nedvoumno velika prednost, saj so v objavljenih raziskavah dokumentirani pozitivni učinki in vplivi tehnologije odlaganja odpadkov ter proizvodnje biooglja. Prednosti se kažejo predvsem v blažitvi podnebnih sprememb, povečani rodovitnosti zemlje, izboljšani ravni ogljika v prsti, itd.

Ostale pozitivne lastnosti biooglja, ki bi lahko pozitivno vplivale na uporabo v slovenskem kmetijstvu so še, pozitiven vpliv:

- na površino delcev, zaradi porozne strukture in velike površine biooglja;
- na razpoložljivost hranil in kapaciteto izmenjave kationov;
- na zadrževanje vode in obnavljanje naravnega ravnovesja zemlje;
- na odpornost rastlin med sušo;
- na rodovitnost zemlje;
- na izboljšanje značilnosti pridelkov;
- na ekonomijo pridelave rastlin in proizvodnjo hrane;
- na učinkovitost rabe gnojil;
- na pH prsti (učinek apnenja);
- na razpoložljivost hranil ter kapaciteto izmenjave kationov;
- na naravno pognojitev in/ali negativne kmetijske aplikacije;
- na trajnostno odstranjevanje odpadkov nastalih v kmetijstvu.

4.3.7. Potreba po dodatnih raziskavah v slovenskem prostoru in uskladitvi zakonodaje

Kljub tem številnim pozitivnim učinkom biooglja so potrebne nadaljnje raziskave na področju interakcije med prstjo in vrsto biooglja v slovenskem prostoru (tudi v evropskem prostoru), predvsem v smislu surovin in pogojev procesa. Sistematična uporaba biooglja na kmetijskih površinah v Sloveniji in drugod po svetu lahko prinese posledice, ki se nanašajo na skrb za okolje in javno zdravje ter posledice na politični ravni. Dodatne raziskave so potrebne predvsem zaradi nekaterih pomembnih vprašanj, ki se porajajo ob njegovi uporabi, kot so:

- vprašanja o spremembi v razpoložljivosti težkih kovin,
- vprašanja o absorpciji pesticidov ter seznanitev s kovinskimi onesnaževalci.

Sistematična uporaba biooglja na kmetijskih površinah v Sloveniji in drugod po svetu prinese posledice, ki se nanašajo na skrb za okolje in javno zdravje ter posledice na politični ravni. Uporaba biooglja ima velik potencial tako v slovenskem, mednarodnem, kakor tudi globalnem okolju.

Nasprotniki uporabe biooglja (The Premaculture Research Institute, 2014) trdijo, da bi »boom« biogoriv in uporabe biooglja prinesel še dodatne pritiske na podnebne spremembe, z morebitnim pospešenim krčenjem gozdov. Pretirano uničevanje šotišč bi lahko privedlo do izgube habitatov in izgube biotske raznovrstnosti. Opozarjajo pa tudi na kršenje človekovih pravic, ustvarjanje revščine, lakote in nezanesljive preskrbe s hrano. O prej omenjenih opozorilih nasprotnikov biooglja je vredno razmisliti. Vendar pa so takšne posledice pri uporabi biooglja v slovenskem prostoru malo verjetne.

Večjo pozornost je potrebno nameniti vprašanjem povezanim s potencialnimi toksičnimi elementi in PAH ter o škodljivem vplivu na okolje in zdravje ljudi ter dolgoročnem kopičenju v prsti. Uporaba biooglja bi bila lahko sporna v Sloveniji tudi zaradi učinka na herbicide in pesticide. Biooglje lahko zaradi svoje visoke absorpcije ovira mobilnost herbicidov. Ob neustrezni uporabi pa lahko biooglje zmanjša učinkovitost pesticidov.

V izogib in manjšo skrb glede prej omenjenih negativnih posledic biooglja na okolje in zdravje ljudi obstajajo določila glede opredelitve mejnih vrednosti oz. koncentracije in ostalih smernic za varno uporabo biooglja. V mednarodnem okolju je smernice za uporabo biooglja opredelila IBI (International biochar Initiative), ob sodelovanju z različnimi znanstveniki.

V evropskem prostoru (kamor spada tudi Slovenija) so smernice opredeljene z European Biochar Certificate (Evropski certifikat biooglja), ki upošteva mednarodne (celinske) razlike. V certifikatu so opredeljene:

- zahteve vhodnih virov surovin,
- zahteve glede izbranih tehnoloških procesov pirolize in spremljanja različnih parametrov v času pridelave,
- merila kvalitete oziroma sestavine biooglja (npr. molsko razmerje med dušikom in ogljikom, vsebnost ogljika v biooglju, molsko razmerje med ogljikom in kisikom, vsebnost hranil – kalij, magnezij, kalcij, mejne vrednosti za težke kovine in druge elemente, pH biooglja, specifična površina biooglja, vsebnost PAH,...).

Trenutno, poleg EBI, ne obstaja usklajena Evropska zakonodaja o obravnavi biooglja. Poudariti je potrebno, da se v skladu s predpisi EU biooglje, ki ni prvoten ali stranski produkt pirolize, obravnava kot odpadki in ga zato ureja Evropska direktiva o odpadkih (2008/98/EC). Kljub temu, da Evropska direktiva o odpadkih (2008/98/EC) omogoča, da določeni tokovi odpadkov, ko so predelani po določenih postopkih, prenehajo biti odpadki, če izpolnjujejo določena merila, biooglje še zmeraj ne spada v to skupino. Večina biooglja se še vedno obravnava kot stranski produkt proizvodnje bioenergije. Iz tega razloga je označen kot odpadki in se mora držati protokola o odpadkih. Takšna oznaka biooglju onemogoča agronomsko obravnavo. Poleg tega pa mora biooglje, ki bi ga mogoče lahko dodali zemlji, glede na kompleksno interpretacijo zakonodaje EU, spoštovati državne zakone, ki pa niso zasnovani posebej za biooglje. Ti državni zakoni spremljajo mejne vrednosti morebitnih sorodnih materialov, kot so: odplake, blato, dopolnila,... Da bi v EU lahko prišli do usklajenega in skupnega programa o biooglju, je potrebna obravnava pomembnih stališč z vidika tematske strategije za varstvo tal v EU, politike EU o podnebnih spremembah, politike EU o ravnanju z odpadki in energetske politike (Montanarella idr., 2014 in Husk idr., 2014).

Tehnologija biooglja je vpletena v številne politike EU, vključno z varovanjem varovanju okolja, ravnanjem z odpadki, kmetijstvom, podnebnimi spremembami, razvojno pomočjo, programom raziskovanja, industrijo in energijo. Največji izziv EU je povezati glavne koristi in učinke v skupen okvir ter poiskati najprimernejše stroškovne in ostale učinkovite rešitve, da bi povečali koristi, ob hkratnem spoštovanju nacionalne in mednarodne zakonodaje.

5. RAZPRAVE IN SKLEPI

V sodobnem svetu (Sloveniji) smo vse bolj postavljeni pred dejstva in izzive kako zmanjšati obremenitve okolja, ki nastajajo na vseh področjih človekovega življenja. Eno izmed teh področij je tudi področje kmetijske dejavnosti. Zmanjšanje negativnih vplivov obremenjevanje okolja na eni strani in povečanje produktivnosti na drugi strani, zahtevajo ukrepe in prilagajanja za doseg t.i. skupnih koristi. V zadnjih letih se kot ena izmed potencialnih možnosti za doseg skupnih koristi ponuja biooglje in tehnologije pridobivanja biooglja.

Cilj diplomskega dela je bil podati širšo predstavitev biooglja, ki je v slovenskem okolju še dokaj neznan. Skozi diplomsko delo smo ugotovili in prikazali, da se lahko uporablja za izboljšanja kmetijske dejavnosti in okolja na več načinov. Poleg agronomskih koristi ima biooglje velik potencial na drugih področjih.

Glavni cilj diplomskega dela je bil odgovoriti na štiri zastavljene hipoteze. V diplomskem delu nas je zanimalo ali uporaba biooglja poveča produktivnost pridelkov in zmanjša uporabo mineralnih gnojil v kmetijstvu.

Hipotezo, da z dodajanjem biooglja lahko govorimo o večji produktivnosti pridelka in da biooglje pripomore k zmanjšanju uporabe mineralnih gnojil v kmetijstvu lahko potrdimo.

Hipotezo, da ob dodajanju biooglja tlom lahko govorimo o večji produktivnosti smo potrdili s študijami, ki so bile predstavljen v diplomski nalogi. Pregled literature je pokazal, da učinki uporabe biooglja v prsti pomembno vplivajo na količino pridelka. Učinki so bolj očitni v kislilni prsti in prsti z grobo teksturo. Glavni mehanizmi, ki se izkazujejo v pozitivnih učinkih na rast v kislilnih tleh so: puferska kapaciteta, izboljšana zmožnost zadrževanja vode in razpoložljivost hranil.

Predstavljeni so bili primeri študij, ki dokazujejo, da dodatek biooglja pripomore k zmanjšanju uporabe gnojil, ki vsebujejo dušik, zmanjšanju izpiranja hranil (N,P,K), povečanju zadrževanja vode. Biooglje vpliva tudi na pH tal, kationsko izmenjevalno kapaciteto, hranilno vrednost in biološko aktivnost tal. Vsi ti pozitivni učinki, ki jih ima biooglje pripomorejo k manjši uporabi gnojil, pesticidov in herbicidov. S tem lahko potrdimo našo hipotezo, da biooglje zmanjša uporabo mineralnih gnojil v kmetijstvu.

Nadalje nas je zanimalo, ali biooglje ponuja priložnost za reševanje okoljskih problemov v kmetijskem sektorju. V poglavju Možnosti uporabe biooglja in poglavju Možnosti reševanja problemov v kmetijstvu z uporabo biooglja, smo ob preučitvi številnih študij, ki govorijo o pozitivnih vplivih biooglja v kmetijskem sektorju pokazali, da biooglje pozitivno vpliva na vzrejo živali (npr.: vpliva na zdravje živali, njihovo prebavo in zmanjša potrebo po uporabi antibiotikov pri živalih). Preverili in prikazali smo tudi, da biooglje deluje kot sredstvo za izboljšanje tal (npr.: zmanjšanje vetrne erozije, ipd.), zmanjša potrebo po uporabi gnojil, poveča pridelek in biomaso ter poveča zadrževanje ogljika. Vsi ti pozitivni učinki biooglja ob pravilni uporabi dokazujejo, da biooglje ponuja dolgoročno priložnost pri reševanju okoljskih problemov v kmetijstvu. Torej našo hipotezo, da biooglje ponuja priložnost za reševanje okoljskih problemov v kmetijskem sektorju lahko potrdimo.

Poleg pozitivnega vpliva na kmetijski sektor, pa se dolgoročne posledice pravilne uporabe biooglja kažejo tudi na drugih področjih človekovega delovanja, saj ima biooglje vpliv na podnebne spremembe, spremembe v energetske sektorju, gradbeništvu, wellnessu, itd

Vprašanje, ali je uporaba biooglja je primerna in koristna tudi v zmernem podnebjju je bilo zadnje, ki nas je zanimalo v tem diplomskem delu. Prve raziskave uporabe in proizvodnje biooglja se nanašajo na področja tropskega pasu, kjer so razmere popolnoma drugačne kakor v zmernem pasu.

V tropskem pasu se pojavljajo vsakodnevne padavine – cca. 2000 mm padavin na leto, kar povzroči hitro spiranje rodovitne plasti tal, visoke temperature pa hitro mineralizacijo organskih snovi, kar vodi v hiter upad rodovitnosti. V teh klimatskih razmerah že sam dodatek biooglja tlom pozitivno vpliva na rodovitnost tal. Medtem, ko so razmere v zmernem pasu povsem drugačne, npr.: manj je padavin, nižje temperature, struktura in sestava prsti je drugačna, ipd.

V zadnjih nekaj letih se je začelo pojavljati vse več raziskav, ki so usmerjene na področje zmernege pasa. V diplomskem delu so navedene študije, ki govorijo o pozitivnih in negativnih učinkih uporabe biooglja v zmernem pasu.

Negativni učinki so se pokazali predvsem v primeru začasnega pomanjkanja rastlinskih hranil v tleh, zaradi njihove vezave na bioogljje. V zmernem pasu se tako uveljavlja vnos biooglja v tla v kombinaciji s kompostom oziroma kaskadna uporaba biooglja, ki predvideva njegovo dodajanje krmi živali, živinskemu gnoju in gnojevki.

Torej hipotezo uporaba biooglja je primerna in koristna tudi v zmernem podnebjju lahko potrdimo in dodatno podpremo z argumenti, da bioogljje v kmetijstvu uporabljata že Švica in Nemčija. Kot smo povedali že zgoraj je Švica prva država v Evropi, ki je uradno odobrila uporabo certificiranega biooglja v kmetijstvu, v Nemčiji pa so uradno odobrili uporabo biooglja kot dodatek živalski krmi, kot dodatek pri kompostiranju in dodajanju v živalsko krmo.

Na področju uporabe biooglja je potrebno zapolniti še nekatere vrzeli. Za zapolnitev teh vrzeli sedanje vlade namenjajo velike količine finančnih instrumentov raziskovalcem in ostalim, ki se ukvarjajo z vprašanji o uporabi biooglja. Raziskovalci so že nabrali impresivno količino podatkov o rezultatih uporabe biooglja in predstavljajo nova izhodišča za nadaljnje raziskave za optimalno stopnjo uporabe biooglja, za parametre kakovosti biooglja, itd. Ko bodo nadaljnje raziskave opravljene in bodo zaprta vsa vprašanja, bo bioogljje imelo pomembno vlogo pri izboljšanju produktivnosti in okoljskih vprašanjih o trajnosti, tako v slovenskem, evropskem, kakor tudi svetovnem kmetijstvu.

6. POVZETEK

Z vpeljavo novih rastlinskih sort, intenzivnejše tehnike obdelovanja in namakanja tal ter povečanja kmetijskih površin smo uspeli povečati proizvodnjo hrane. Vendar pa se v današnjem času že kažejo negativne posledice intenzifikacije v kmetijski dejavnosti (kompaktirana tla z manjšo vsebnostjo organskih snovi, onesnaženost zaradi pretirane uporabe umetnih gnojil in fitofarmaceutskih sredstev, itd.)

Poleg omenjenih negativnih posledic intenzivnega kmetovanja je potrebno omeniti tudi močno spremenjen naravni tokokrog dušika in fosforja. Količine dušika v obtoku so se podvojile, medtem, ko se je količina fosforja od industrijske revolucije potrojila.

Ob razvoju specializiranega in agresivnega kmetijstva ter negativnih posledic na okolje je potrebno poiskati učinkovite načine zmanjšanja le-teh in vzpostaviti večjo trajnost. Eden izmed načinov kako lahko zmanjšamo negativne posledice je uporaba biooglja. Prav iz tega razloga se od leta 2007 dalje daje vedno večji poudarek na raziskavah, ki proučujejo pridobivanje, uporabo rastlinskega oglja v kmetijstvu. Predvsem z vidika obdelave in energetske izrabe odpadne rastlinske biomase, izboljšanja rodovitnosti in trajne vezave ogljikovega dioksida.

Biooglje je trdni ogljikov preostanek postopka karbonizacije organske snovi pri visokih temperaturah in odsotnosti kisika. Predpona bio se v besedi uporablja iz razloga, ker biooglje uporabljamo za plemenitenje tal in ne za nadaljnjo energetsko rabo. Uporaba biooglja je primerna in koristna v zmernem podnebju, kot tudi ostalih podnebjih. Ob primerni uporabi biooglja lahko računamo na zmanjšano potrebo po uporabi umetnih gnojil in fitofarmaceutskih sredstev, zmanjšanje onesnaženosti tal, izboljšanje strukture tal, boljše zadrževanje vode, ugoden vpliv na razvoj talnih mikroorganizmov, itd. Od uporabe biooglja se torej pričakuje, da lahko ponudi priložnost za reševanje okoljskih problemov v kmetijskem sektorju, kot tudi v drugih panogah (npr.: velnes, gradbeništvo).

Diplomska naloga opisuje biooglje in procese, ki so udeleženi v zgorevanju biomase. Natančneje je predstavljen postopek pridobivanja biooglja – piroliza suhe biomase. Opisali smo zgodovino uporabe biooglja in primerne vhodne surovine za pridobivanje biooglja. Predstavili smo vrste biooglja in lastnosti biooglja. Pri lastnostih smo se osredotočili na strukturno sestavo biooglja, kemijske in fizikalne lastnosti biooglja in velikosti delcev biooglja. Nazadnje smo v tem sklopu predstavili še možnosti uporabe biooglja.

V tretjem poglavju smo podrobneje predstavili probleme, ki jih povzročata kmetijska dejavnost, načine pridelave biooglja za kmetijstvo in vrtnarjenje. Predstavili smo tudi primer trajnostnega načina pridobivanja biooglja v Avstriji in njegove uporabe v kombinaciji s kompostiranjem

V četrtem poglavju smo se osredotočili na možnosti uporabe biooglja, ki jih nudi slovenski prostor. Izdelali smo analizo potencialnih virov biomase v slovenskem prostoru, ki bi jih lahko uporabili pri izdelavi biooglja. Opredelili smo možne načine uporabe biooglja v slovenskem kmetijstvu z vidika okoljskih danosti in opredelili koristi uporabe biooglja v Sloveniji.

Poglavje Razprave in sklepi povzema bistvene ugotovitve do katerih smo prišli pri pisanju diplomske naloge. Zaključimo lahko, da večina strokovne literature, ki smo jo pregledali, govori v prid uporabi biooglja v kmetijstvu v zmernem podnebju. Med ugodnimi vplivi rabe biooglja kot dodatka tlom navajajo: povečanje kationske izmenjevalne kapacitete tal in uravnavanje kislosti; povečanje mikrobne aktivnosti v tleh in s tem ugodnejši potek pretvorbe in biološke razpoložljivosti najpomembnejših hranil kot so dušik, fosfor in žveplo; povečanje trajno vezanega organskega deleža ogljika v tleh in zmanjšanje izpustov metana, didušikovih

oksidov, itd. Prednosti njegove uporabe navajajo tudi na drugih področjih kmetijstva, kot je dodajanje krmi živini, živinskemu gnoju in v procesu kompostiranja. V prvi vrsti pa je potrebno poskrbeti za varnost uporabe, kar lahko dosežemo z uporabo neoporečnih virov vhodnih surovin, ustreznimi postopki karbonizacije in poznavanjem lastnosti tal ter zahtev posameznih kulturnih rastlin. Izračunali smo, da bi lahko v Sloveniji samo na račun karbonizacije lesnih ostankov in rastlinskih ostankov iz kmetijstva na letni ravni pridobili 295.464 ton biooglja in s tem shranili 546.609 ton ogljikovega dioksida.

7. SUMMARY

With the introduction of new plant varieties, intensive cultivation techniques, irrigation of the soil and increase of agriculture land we managed to increase the food production. However, nowadays, negative effects of intensification of agricultural activities are starting to show (compacted soils with low organic matter content, pollution due to excessive use of fertilizers and plant protection products, etc.). In addition to the mentioned negative effects of intensive farming, it is necessary to mention heavily modified natural cycle of nitrogen and phosphorus. The quantities of nitrogen in the circulation have doubled, while the amount of phosphorus tripled since the Industrial Revolution.

Alongside the development of specialized and aggressive agriculture and the negative effects on the environment, it is necessary to find effective ways to reduce them, and establish greater sustainability. One of the ways to reduce the negative consequences is use of biochar. This is one of the reasons that since 2007, a growing emphasis has been placed on the studies on the production and use of plant charcoal in agriculture. Particularly in terms of processing and energy recovery of waste plant biomass, improved soil fertility and permanent sequestration of carbon dioxide.

Biochar is a solid carbon remain of the carbonization process of organic materials at high temperatures and absence of oxygen. The prefix "bio" is used with intention to stress the fact that biochar is used with the purpose to refine the soil and not for the further energy use. The use of biochar is convenient and useful in temperate climates, as well as other climates. With the appropriate use of biochar, we can count on reduced need for the use of fertilizers and plant protection products, and therefore reduced pollution of the soil, improved soil structure, improved water retention, positive impacts on the development of soil microorganisms, etc. It is therefore expected that the use of biochar can offer an opportunity for solving environmental problems in the agricultural sector, as well as in other industries sectors (e.g., wellness, construction).

The thesis describes the biochar and processes involved in the combustion of biomass. More specifically, it describes the process of biochar production - pyrolysis of dry biomass. We have described the history of the use of biochar and suitable biomass resources for the production of biochar. We presented different kinds of biochar and biochar properties. In the presentation of the properties, we have focused on the structural composition of biochar, chemical and physical properties of biochar, and biochar particle size. Finally, we presented in this section the potential use of biochar.

In the third section, we presented in detail, the problems caused by agricultural activity and biochar production methods for agriculture and gardening. We have presented an example of sustainable biochar production in Austria in combination of its use in composting.

In the fourth chapter, we focus on the possibilities of biochar use in Slovenia. We performed an analysis of potential biomass resources in the Slovenia, which could be used in the production of biochar. We have identified possible ways of using biochar in Slovenian agriculture in terms of environmental conditions and identified the benefits of using biochar in Slovenia.

The Chapter Discussion and conclusions, summarize the main conclusions to which we come, when writing the thesis. We can conclude that the most of the reviewed scientific literature is in favour of using biochar in agriculture in temperate climate. The following favourable effects of biochar as a soil amendment can be found in the literature: the reduction of soil bulk density resulting in higher aeration and water holding capacity, the increase of soil cation exchange capacity and control of soil acidity, the increase of microbial

activity in the soil and thus more favourable course of transformation and biological availability of important nutrients such as nitrogen, phosphorus and sulphur, the increase of permanently bound organic carbon in the soil and reduction of methane and nitrous oxide emissions. Advantages of its use are also mentioned in other areas of agriculture. Biochar can be added to the livestock feed, livestock manure and to the composting process. At first, it is however, necessary to provide a safe use, which can be achieved with the use of impeccable sources of raw biomass, appropriate carbonization procedures and knowledge on soil characteristics and crop requirements. We have estimated that in Slovenia, we could produce 295.464 tons of biochar annually by carbonization of wood and agricultural plant residues and thereby save 546.609 tons of carbon dioxide.

8. VIRI IN LITERATURA

AGENCIJA ZA PRESTRUKTURIRANJE ENERGETIKE d.o.o. Medmrežje:

http://194.249.18.202/slojoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=28&Itemid=27

(Januar 2014)

Air terra. Medmrežje: <http://www.airterra.ca/biochar-what-is-biochar/> (januar 2014)

Al-Mansour. F., Proizvodnja toplote in električne energije iz kmetijskih rastlinskih ostankov. Ljubljana, Institut »Jožef Stefan«. Center za energetska učinkovitost. Medmrežje:

http://www.kis.si/datoteke/file/kis/slo/meh/biomasa/energija_iz_kmetijskih_rastlinskih_ostankov-ijs-ceu.pdf (januar 2014)

Anderson, P. (2007). TLUD Handbook. Medmrežje:

http://stoves.bioenergylists.org/files/tlud.handbook.paul_anderson.v.2010.pdf (januar 2014)

Antal Jr. M.J., Grönli. M. (2003). The art, science, and technology of charcoal production. Industrial and Engineering Chemistry Research . Medmrežje:

<http://web1.cnre.vt.edu/forestry/charcoal/documents/Antal%202003.pdf> (januar 2014)

ARSO. Medmrežje: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=293 (januar, 2014)

Australia and New Zeland Biochar Researchers Network. Medmrežje:

<http://www.anzbiochar.org/biocharbasics.html> (januar 2014)

Australia and New Zeland Biochar Researchers Network 2. Medmrežje:

<http://www.daff.gov.au/climatechange/australias-farming-future/biochar> (januar 2014)

Australian Government; Department of Agriculture. Medmrežje:

<http://www.daff.gov.au/climatechange/climate/communication/factsheets-case-studies-and-dvds> (januar 2014)

Baskin, Y. (2006). Slash-and-char improves Amazonian soil. BioScience 56. Medmrežje:

<http://www2.ku.edu/~geography/CurrentResearch/Woods/BlaskinBioScienceArticle.pdf> (januar 2014)

Bebi project. Medmrežje: <http://www.bebiproject.org/info/research/development-of-a-new-stove/> (januar 2014)

Biochar 1. Medmrežje: <http://www.biochar-interreg4b.eu/> (januar 2014)

Biochar 2. Medmrežje: <http://www.biochar.info/biochar.biochar-overview.cfm> (januar 2014)

Biochar Farms 1. Resources for sustainable use of biochar in agriculture. Medmrežje:

<http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/362/1478/187.full.pdf%20html> (januar 2014)

Biochar Farms 2. Resources for sustainable use of biochar in agriculture. Medmrežje:

<http://biocharfarms.org/farming/> (januar 2014)

Biochar.info 1. Medmrežje: <http://www.biochar.info/biochar.biochar-articles.cfml> (januar2014)

Biochar.info 2. Medmrežje: <http://www.biochar.info/biochar.terra-preta.cfml> (januar2014)

Biochar International Limited. Medmrežje:

(<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0075932#pone.0075932-Lovins1>) (januar 2014)

BIOMASS Energy Centre 1. Medmrežje: <http://www.biomassenergycentre.org.uk> (januar 2014)

BIOMASS Energy Centre 2. Medmrežje:

http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?_pageid=75,17302&_dad=portal&_schema=PORTAL (januar 2014)

BIORIL LLC. The Science of Sustainability. Medmrežje: <http://bioril.com/biochar/> (januar 2014)

Brookes, P., Yu. L., Durenkamp. M., Lin. Q. (2014). Effects of biochar on soil chemical and biological properties in high and low pH soils. Medmrežje: http://www.biochar-international.org/sites/default/files/phil_Brookes.pdf (2014)

Butala, V., Turk, J. (1998.) Lesna biomasa - neizkorišчени domači vir energije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Center za energetske in ekološke tehnologije. Medmrežje: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/V5-biomasa.pdf> (januar 2014)

Converting Waste Agricultural Biomass into a Resource. Compendium of Technologies. Medmrežje: http://www.unep.org/ietc/Portals/136/Publications/Waste%20Management/WasteAgriculturalBiomassEST_Compndium.pdf (januar, 2014)

Cornell University; Department of Crop and Sol Science 1. Medmrežje: <http://www.biochar-international.org/biochar/faqs> (januar 2014)

Cornell University; Department of Crop and Sol Science 2. Medmrežje:

<http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/research/index.html> (januar 2014)

CSIRO. Medmrežje: <http://www.csiro.au/Outcomes/Environment/Australian-Landscapes/Biochar-climate-change-and-soil.aspx> (januar 2014)

DeLuca, T.H., MacKenzie, M.D., Gundale, M.J. (2009). Biochar effects on soil nutrient transformations. Medmrežje:

<https://partners.tws.org/wildscience/Publications1/Biochar%20Effects%20on%20Soil%20Nutrient%20Transformation.pdf> (januar 2014)

Demirbas, A. (2004). Effects of temperature and particle size on bio-char yield from pyrolysis of agricultural residues. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. Medmrežje:

<ftp://ftp.dpvtu.uniud.it/peressotti/Biochar/2004/Turkey-Demirbas2004-Effects%20of%20Temperature%20and%20Particle%20Size%20on%20Bio-char%20Yield%20from%20Pyrolysis%20of%20Agricultural%20Residues.pdf> (januar 2014)

Demirbas, A. (2008). Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. Medmrežje:

<http://aoatools.aaa.gr/pilotec/files/bibliography/Biofuels%20sources,%20biofuel%20policy,%20biofuel%20economy%20and%20global%20biofuel%20projections-1912165888/Biofuels%20sources,%20biofuel%20policy,%20biofuel%20economy%20and> (januar 2014)

Downie, A., Crosky, A., Munroe, P. (2009). Physical properties of biochar. In: Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Medmrežje: <http://www.biochar-international.org/projects/book> (januar 2014)

Environmental Science & Technology. Medmrežje: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es071361i> (januar 2014)

Freedoms Phoenix. Medmrežje: <http://www.freedomsphoenix.com/News/074797-2010-09-02-biochar-structure.htm?EdNo=001&From=> (januar 2014)

Friends on the Earth Australia. Medmrežje: <http://foe.org.au/sites/default/files/CR106.pdf> (januar 2014)

Friese-Greene, D. (2008). Biochar and SCAD. United Kingdom. http://www.bioenergylists.org/stovesdoc/ravikumar/Biochar_Anila.pdf (januar 2014)

Genesio, L., Miglietta, F., Lugato, E., Baronti, S., Pieri, M., Vaccari, F.P. (2012) Surface albedo following biochar application in durum wheat. Environ. Medmrežje: <http://iopscience.iop.org/1748-9326/7/1/014025/article> (januar 2014)

Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., Zech, W. (2001). The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. Naturwissenschaften. Medmrežje: http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/GLASER%20et%20al%202001%20The%20Terra%20Preta%20phenomenon.pdf (januar 2014)

Glaser, B., Schmidt, H.P. (2013). European biochar certification: Multiple neural spike train data analysis: state-of-the-art and future. Medmrežje: http://pdf.aminer.org/000/272/516/a_comparative_study_of_pattern_detection_algorithm_and_dynamical_system.pdf (januar 2014)

GOZDARSKI INŠTITUT SLOVENIJE. ZAVOD ZA GOZDOVE SLOVENIJE. Medmrežje: http://www.biomasa.zgs.gov.si/index.php?p=potenciali_viri (januar 2014)

Humar, M. (2008). Potencial lesne biomase za energetske namene v Sloveniji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za lesarstvo (http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/vs_humar_matjaz.pdf) (januar 2014)

Husk, B., Major, J. (2011). Biochar Commercial Agriculture Field Trial in Québec, Canada – Year Three: Effects of Biochar on Forage Plant Biomass Quantity, Quality and Milk Production. Canada. Medmrežje: <http://www.blue-leaf.ca/main-en/files/BlueLeafBiocharForageFieldTrial-Year3Report.pdf> (januar 2014)

- International Biochar Initiative 1. Medmrežje: <http://www.biochar-international.org/biochar/faqs> (januar 2014)
- International Biochar Initiative 2. Medmrežje: [http://www.biochar-international.org/bio znak](http://www.biochar-international.org/bio_znak) (januar 2014)
- International Biochar Initiative 3. Medmrežje: <http://www.biochar-international.org/node/3170> (januar 2014)
- International Biochar Initiative 4. Medmrežje: - <http://www.biochar-international.org/node/921> (januar 2014)
- International Biochar Initiative 5. Medmrežje: <http://www.biochar-international.org/node/2853> (januar 2014)
- International Biochar Initiative 6. Medmrežje: <http://www.biochar-international.org> (januar 2014)
- International Biochar Initiative 7. Medmrežje: <http://www.biochar-international.org/technology/stoves> (januar 2014)
- International Energy Agency 1 . Technology Roadmap: Bioenergy for Heat and Power 1. Medmrežje: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name,27283,en.html> (januar 2014)
- International Energy Agency 2. Medmrežje: <http://www.ieabioenergy.com/DocSet.aspx?id=5566&ret=lib> (januar 2014)
- International Renewable Energy Agency. Wind Power Biomass for Power Generation. Medmrežje: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-BIOMASS.pdf (januar 2014)
- ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 1. Medmrežje: <http://www.ithaka-journal.net/schweiz-bewilligt-pflanzenkohle-zur-bodenverbesserung?lang=en> (januar 2014)
- ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 2. Medmrežje: <http://www.ithaka-journal.net/pflanzenkohle-in-der-geflugelhaltung?lang=en> (januar 2014)
- ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 3. Medmrežje: <http://www.ithaka-journal.net/pflanzenkohle-in-der-rinderhaltung?lang=en> (januar 2014)
- ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 4. Medmrežje: <http://www.ithaka-journal.net/druckversionen/e082012-55-uses-of-bc.pdf> (januar 2014)
- ITHAKA. Journal for ecology, Winegrowing and climate farming 5. Medmrežje: <http://www.ithaka-journal.net/english-justus-von-liebig-and-the-birth-of-modern-biochar?lang=en> (januar 2014)

- Inthapanya, Sangkhom, Preston, T. R., Leng R A. (2012). Biochar increases biogas production in a batch digester charged with cattle manure“. Medmrežje: <http://www.lrrd.org/lrrd24/12/sang24212.htm> (januar 2014)
- Jeffery, S., Verheijen, F.G.A., Van der Velde, M., Bastos, A.C. (2011). A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. Medmrežje: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880911003197> (januar 2014)
- Jenkins, A., Jenkinson, C. (2009). Biochar basics. Medmrežje: http://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0016/304711/biochar-basics.pdf (januar 2014)
- Jenkins, B.M., Baxter, L.L., Miles Jr, T.R., Miles, T.R. (1998). Combustion properties of biomass. Medmrežje: <http://gekgasifier.pbworks.com/f/biomass%20fuel%20properties%20Miles.pdf> (januar 2014)
- Klinar, D. (2014). Tehnologije za soproizvodnjo toplote, elektrike in biooglja; ekonomske in okoljske prednosti. Medmrežje: <http://www.bistra.si/wp-content/uploads/2013/11/doc.-dr.-Du%C5%A1an-Klinar-Biomasa-in-OGIJE-ZRS-Bistra-Ptuj.pdf> (januar 2014)
- Kmetijski inštitut Slovenije. Oddelek za ekonomiko kmetijstva. Medmrežje: www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/EKON/RASTLINSKA_2013.xls (januar 2014)
- Kmetijstvo Evropske unije – sprejemanje izziva na področju podnebnih sprememb: http://ec.europa.eu/agriculture/publi/fact/climate_change/leaflet_sl.pdf (januar 2014)
- Koprivnikar, M. (2010). Pridobivanje biomase. Ljubljana, Biotehniška šola Maribor. Medmrežje: <http://www.sgls.si/sola/wp-content/uploads/2011/03/PRIDOBIVANJE-BIOMASE.pdf> (januar 2014)
- Kretschmer, B., Buckwell, A., Smith, C., Allen, B. (2013). Technology options for feeding 10 billion people. Recycling agricultural, forestry & food wastes and residues for sustainable bioenergy and biomaterials. Brusels, European Union. Medmrežje: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2013/513513/IPOL-JOIN_ET\(2013\)513513\(SUM01\)_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2013/513513/IPOL-JOIN_ET(2013)513513(SUM01)_EN.pdf) (januar 2014)
- Lavrič, L. (2013). Zmanjšanje rabe mineralnih gnojil in kemikalij v kmetijski, z recikliranjem predelanih organskih odpadkov v kompost in BIOGLJE. MaRIBOR, STROKOVNI SEMINAR »Biooglje in energetska izraba biomase«. Medmrežje: <http://www.bistra.si/wp-content/uploads/2013/11/Lea-Lavri%C4%8D-Biooglje-KOTO-d.o.o..pdf> (januar 2014)
- Lehmann, J., Gaunt, J., Rondon, M. (2006). Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems: A review. Mitig. Adapt. Strategies Glob. Change. Medmrežje: <http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/publ/MitAdaptStratGlobChange%2011,%20403-427,%20Lehmann,%202006.pdf> (januar 2014)
- Lehmann, J. (2007a). Bio-energy in the black. Frontiers in Ecology and the Environment 5. Medmrežje: <http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/publ/FrontiersEcolEnv%205,%20381-387,%202007%20Lehmann.pdf> (januar 2014)

- Lehmann, J. (2007b). A handful of carbon. Nature 447. Medmrežje:
<http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/publ/Nature%20447,%20143-144,%202007%20Lehmann.pdf> (januar 2014)
- Lehmann, J., Kern, D.C., Glaser, B., Woods, W.I. (2003). Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers. Memdrežje:
http://books.google.si/books?id=IO9hjqWtHKYC&pg=PA48&lpg=PA48&dq=Amazonian+Dark+Earths:+Origin,+Properties,+Management.+Kluwer+Academic+Publishers,+The+Netherlands&source=bl&ots=2wRip-j-ct&sig=Zp_17xxM0TE8vXcwKEsF4-8UH4w&hl=sl&sa=X&ei=Fz3VUujnBOnzygPR5oGADQ&ved=0CDsQ6AEwAQ#v=onepage&q=Amazonian%20Dark%20Earths%3A%20Origin%2C%20Properties%2C%20Management.%20Kluwer%20Academic%20Publishers%2C%20The%20Netherlands&f=false (januar 2014)
- Lehmann, J., Joseph, S., (2009). Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Medmrežje:
<http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/publ/Lehmann%20and%20Joseph%202009%20Introduction%20to%20Biochar.pdf> (januar 2014)
- Lesna biomasa. Medmrežje: <http://www.biomasa.zgs.gov.si/index.php?p=potenciali> (januar 2014)
- Levine, J. (2010). U.S. BIOCHAR REPORT. Colorado, The center for energy and environmental security and the United States Biochar Initiative. The Application of Biochar in the EU: Challenges and Oppurunities. Memdrežje: http://biochar-us.org/pdf%20files/biochar_report_lowres.pdf (januar 2014)
- Marris, E., (2006). Black is the new green. Nature 442. Medmrežje:
<http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/biochar/WCSS2006/Marris%202006%20Black%20is%20the%20new%20green%20Nature%20442,%20624-626.pdf> (januar 2014)
- Meyers, S., Bright, R.M., Fischer, D., Schulz, H., Glaser, B. (2012) Albedo impact on the suitability of biochar systems to mitigate global warming. Environ. Medmrežje:
<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es302302g> (januar 2014)
- Meško, S. (2013). Analiza stroškov in koristi investicij v pridelavo HTC oglja. Maribor, Univerza v Mariboru. Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede.
- Methods for Producing Biochar and Advanced Biofuels in Washington State. (2014). Medmrežje:
<https://fortress.wa.gov/ecy/publications/publications/1107017.pdf> (januar 2014)
- Montanarella, L., Lugato, E. (2013). The Application of Biochar in the EU: Challenges and Opportunities. Italy, European Commission, DG Joint Research Centre. Medmrežje:
<http://www.mdpi.com/2073-4395/3/2/462> (januar 2014)
- National Biochar Initiative. Medmrežje:
http://www.daff.gov.au/_data/assets/pdf_file/0004/2274430/national-biochar-initiative-summary.pdf (januar 2014)

Nature.com. Medmrežje:

http://www.nature.com/ncomms/journal/v1/n5/full/ncomms1053.html?WT.ec_id=MARKETING&WT.mc_id=NC1107CE1YR0 (januar 2014)

Palm Oligo. Renewable Energy. Medmrežje: <http://palmoligo.com/> (januar 2014)

Peak Energy. Medmrežje: (<http://peakenergy.blogspot.com/2007/01/black-earth.html>) (januar 2014)

POROČILO ZAVODA ZA GOZDOVE SLOVENIJE O GOZDOVIH ZA LETO 2012. (2013) Ljubljana, ZAVOD ZA GOZDOVE SLOVENIJE. Medmrežje: http://www.zdravgozd.si/dat/letna_porocila/2012/opisno/slo.pdf (januar 2014)

Preparation and Plant-growth Efficiency Assessment of Biochars. Medmrežje:

<http://doctor-biochar.blogspot.com/2013/11/characteristics-of-biochar-biological.html> (januar 2014)

PERMAKULTURA ZA TELEBANE 1. Medmrežje: <http://permakulturazatelebane.wordpress.com/> (januar 2014)

PERMAKULTURA ZA TELEBANE 2. Medmrežje:

<http://permakulturazatelebane.wordpress.com/preizkus-rodovitnosti-komposta-z-bioogljem/> (januar 2014)

Pronatura International. Medmrežje:

http://www.pronatura.org/?page_id=521&lang=en (januar 2014)

REFERTIL. Medmrežje: <http://www.refertil.info/> (januar 2014)

Rejec Brancelj, I. (2001). Kmetijsko obremenjevanje okolja v Sloveniji. Ljubljana, inštitut za geografijo Univerze v Ljubljani.

Resolucija o strateških usmeritvah razvoja slovenskega kmetijstva in živilstva do leta 2020 – »Zagotovimo si hrano za jutri«. Medmrežje: <http://www.uradni-list.si/1/content?id=102992> (januar 2014)

RC Virida. Medmrežje: <http://www.rcvirida.org/uporaba/> (januar 2014)

Rogovska, N., Laird, D., Cruse, R., Fleming, P., Parkin, T., Meek, D. (2011). Impact of Biochar on Manure Carbon Stabilization and Greenhouse Gas Emissions. Medmrežje: <http://www.biochar-international.org/node/3520> (januar 2014)

Rondon, M., Ramirez, J.A., Lehmann, J. (2005). Greenhouse Gas Emissions Decrease with Charcoal Additions to Tropical Soils. Medmrežje: <http://www.biochar-international.org/node/924> (januar 2014)

Schmidt, M.W.I., Skjemstad, J.O., Gehrt, E., Kogel-Knabner, I., (1999). Charred organic carbon in German chernozemic soils. European Journal of Soil Science. Medmrežje: http://www.geo.unizh.ch/~mschmidt/downloads/Schmidt-EJSS_Char.pdf (januar 2014)

Scribd, the world's digital library. Micro-Gasification Cooking With Gas From Biomass. Medmrežje: <http://www.scribd.com/doc/81595888/34/ANILA-stove-by-Prof-Ravi-Kumar-India> (januar 2014)

Shackley, S., Sohi, S., Haszeldine, S., Manning, D., Mešek, O.(2009). Biochar, reducing and removing CO₂ while improving soils. A Significant and sustainable response to climate change. Uk Biochar Research Centre. Medmrežje: <http://www.geos.ed.ac.uk/homes/sshackle/WP2.pdf> (januar 2014)

Slo.NEP. Medmrežje: <http://www.slonep.net/zakljucna-dela/ogrevanje-in-klimatizacija/biomasa> (januar 2014)

Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull, E., Bol, R. (2009). Biochar, climate change and soil. A review to guide future research. CSIRO. Medmrežje: <http://www.clw.csiro.au/publications/science/2009/sr05-09.pdf> (januar 2014)

Sohi, S.P., Krull, E., Lopez-Capel, E., Bol, R. (2010). A Review of Biochar and Its Use and Function in Soil. Burlington, Academic Press. Medmrežje: http://www.soil-science.com/fileadmin/downloads/som/session5_4.pdf (januar 2014)

SONNENERDE. Medmrežje: <http://www.sonnenerde.at/index.php?route=common/page&id=1254> (januar 2014)

Statistični urad Republike Slovenije. Medmrežje: http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=5041 (januar 2014)

Statistični urad Republike Slovenije 1. Medmrežje: http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=2706101S&ti=&path=../Database/Okolje/27_okolje/02_Odpadki/01_27061_odvoz_odpadkov/&lang=2 (januar 2014)

Statistični urad Republike Slovenije 2. Medmrežje: <http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/Saveshow.asp> (januar 2014)

Statistični urad Republike Slovenije 3. Medmrežje: http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=1516602S&ti=&path=../Database/Okolje/15_kmetijstvo_ribistvo/03_kmetijska_gospod/02_15166_zivinoreja/&lang=2 (januar 2014)

Statistični urad Republike Slovenije 4. Medmrežje: http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=1502402S&ti=&path=../Database/Okolje/15_kmetijstvo_ribistvo/04_rastlinska_pridelava/01_15024_pridelki_povrsina/&lang=2 (januar 2014)

Statistični urad Republike Slovenije 5. Medmrežje: http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=1516602S&ti=&path=../Database/Okolje/15_kmetijstvo_ribistvo/03_kmetijska_gospod/02_15166_zivinoreja/&lang=2 (januar 2014)

Stavi, I., (2012). Biochar use in forestry and tree-based agro-ecosystems for increasing climate change mitigation and adaptation. Medmrežje: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13504509.2013.773466#.UtlZotLuLh0> (januar 2014)

Strojništvo.com. Memdrežje: <http://www.strojnistvo.com/forum/viewtopic.php?t=15347> (januar 2014)

- Terra Preta Program. Medmrežje: <http://www.terrapretaprogram.org/brazil.aspx> (januar 2014)
- The European Biochar Certificate 1. Medmrežje: <http://cost.european-biochar.org/en> (januar 2014)
- The European Biochar Certificate 2. Medmrežje: <http://www.european-biochar.org/en/ebc-ibi> (januar 2014)
- The European Biochar Certificate 3. Medmrežje: <http://www.european-biochar.org/biochar/media/doc/feedstock-positive-list.pdf> (januar 2014)
- The Piedmont Earth Works, nature connection and regeneration. Medmrežje: <http://www.piedmontearthworks.com/Terra-Preta-Nova.html> (januar 2014)
- The Permaculture Research Institute. Permaculture Forums, Courses, Information & News, 2014. Medmrežje: <http://permaculturenews.org/2010/11/18/beware-the-biochar-initiative/> (januar 2014)
- Tlatollotl. Medmrežje: <http://tlatollotl.tumblr.com/> (januar 2014)
- Vehar, A., Prezelj, E. (2013). Proizvodnja in uporaba biooglja za izboljšanje lastnosti zemlje. Idrija, Gimnazija Jurija Vege Idrija.
- Verheijen, F., Jeffery, S., Bastos, A.C., van der Velde, M., Dias, I. (2010). Biochar Application to Soils. A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions. Luxemburg, European Communities. Medmrežje: http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eussoils_docs/other/eur24099.pdf (januar 2014)
- Woolf, D., Amonette, J.E., Street-Perrott, F.A., Lehmann, J., Joseph, S. (2010). Sustainable biochar to mitigate global climate change. Medmrežje: <http://biochar.us.com/sites/default/files/reading/Biochar%20Mitigate%20GCC%20Study.pdf> (januar 2014)
- Zajec, L. (2010). Proces pirolize lesnih sekancev. Medmrežje: http://www.woodheatsolutions.eu/documents/D25_predavanje%20lecture%203_Nazarje_09122010_SFI_SLO_Proces%20pirolize%20lesnih%20sekancev.pdf (januar 2014)