

# Ukidanje statusa otpada sirovini za proizvodnju čvrstih biogoriva

---

Makar, Hrvoje

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:672145>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-09**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**  
**ŠUMARSKI ODSJEK**  
**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**  
**ŠUMARSTVO – SMJER TEHNIKA, TEHNOLOGIJA I MANAGEMENT U**  
**ŠUMARSTVU**

**HRVOJE MAKAR**

**UKIDANJE STATUSA OTPADA SIROVINI ZA PROIZVODNJU**  
**ČVRSTIH BIOGORIVA**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, RUJAN, 2019.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

**ŠUMARSKI ODSJEK**

**UKIDANJE STATUSA OTPADA SIROVINI ZA PROIZVODNJU**

**ČVRSTIH BIOGORIVA**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Šumarstvo – Smjer Tehnika, tehnologija i management u šumarstvu

Predmet: Šumski proizvodi

Ispitno povjerenstvo: 1. doc. dr. sc. Dinko Vusić  
2. prof. dr. sc. Željko Zečić  
3. doc. dr. sc. Branimir Šafran

Student: Hrvoje Makar

JMBAG: 0068217746

Broj indeksa: 918/2017

Datum odobrenja teme: 25.04.2019

Datum predaje rada: 06.09.2019

Datum obrane rada: 20.09.2019

**Zagreb, rujan, 2019.**

## DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov	Ukidanje statusa otpada sirovini za proizvodnju čvrstih biogoriva
Title	<i>Declassification of waste status for raw materials used in production of solid biofuels</i>
Autor	Hrvoje Makar
Adresa autora	M. Krleže 20, Sigetec Ludbreški, 42230 Ludbreg
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	doc. dr. sc. Dinko Vusić
Izradu rada pomogao	
Godina objave	2019.
Obujam	30 stranica + 4 tablice + 30 slika + 18 navoda citirane literature
Ključne riječi	udio vode, udio pepela, granulometrijska struktura
Key words	moisture content, ash content, particle size distribution
Sažetak	<p>U radu je detaljno objašnjen postupak ukidanja statusa otpada sirovini koja je u određenom trenutku zaprimljena i klasificirana kao otpad, a može se oporabiti i koristiti za proizvodnju čvrstih biogoriva (drvnog iverja i drvene sječke). Za cilj rada je postavljeno na primjerima (uzorcima) po pojedinim ključnim brojevima utvrditi ostvareni stupanj kakvoće čvrstih biogoriva klasificiran sukladno HRN EN ISO normama i preporučiti mogućnosti za poboljšanje kakvoće tijekom procesa prerade.</p> <p>Rezultati laboratorijskih analiza tehničkog masenog udjela vode, masenog udjela pepela te rezultati granulometrijskih analiza (maseni udio fine frakcije, duljina najveće čestice i površina presjeka najveće čestice) sistematizirani su na razini ključnog broja sirovine čijom su uporabom/preradom proizvedena pojedina čvrsta biogoriva. Rezultati su prikazani kutijastim dijagramima te opisani na temelju prosječnih, najmanjih i najvećih vrijednosti te komentirani s obzirom na njihov utjecaj na mogućnost klasifikacije pojedinih čvrstih biogoriva.</p>

	<b>IZJAVA O IZVORNOSTI RADA</b>	<b>OB ŠF 05 07</b>
		Revizija: 1
		Datum: 28.6.2017.

„Izjavljujem da je moj *diplomski rad* izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam *koristio* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

---

*vlastoručni potpis*

*Hrvoje Makar*

U Zagrebu, 20.09.2019.

## POPIS SLIKA

<b>Slika 1.</b> Odnos prijavljenih količina nastalog nusproizvoda u razdoblju od 2015. do 2017. godine .....	6
<b>Slika 2.</b> Odnos prijavljenih količina otpada koje su ušle na postupke oporabe, nakon kojih je izlaznom materijalu/proizvodu ukinut status otpada u razdoblju od 2015.- 2017. godine (MZOE, 2019) .....	11
<b>Slika 3.</b> Odnos prijavljenih količina izlaznog materijala/proizvoda nastalog oporabom, kojem je ukinut status otpada u razdoblju od 2015.- 2017. godine (MZOE, 2019) .....	13
<b>Slika 4.</b> Kamionski iverač.....	16
<b>Slika 5.</b> Rotor za usitnjavanje lomljenjem .....	16
<b>Slika 6.</b> Razvrstavanje prilikom istovara .....	16
<b>Slika 7.</b> Odvajanje metalnih frakcija magnetom .....	16
<b>Slika 8.</b> Rezni mlin .....	17
<b>Slika 9.</b> Priprema uzorka četvrtinskom metodom.....	17
<b>Slika 10.</b> Određivanje početne mase uzoraka .....	18
<b>Slika 11.</b> Uzorci u sušioniku.....	18
<b>Slika 12.</b> Uređaj za oscilacijsko prosijavanje .....	18
<b>Slika 13.</b> Granulat drvene sječke .....	18
<b>Slika 14.</b> Peć za žarenje .....	19
<b>Slika 15.</b> Uzorci pepela.....	19
<b>Slika 16.</b> Piljevina bolje kakvoće (03 01 05).....	20
<b>Slika 17.</b> Piljevina lošije kakvoće (03 01 05).....	20
<b>Slika 18.</b> Otpad (17 02 01) – drvo .....	20
<b>Slika 19.</b> Drvno iverje (od 17 02 01) .....	20
<b>Slika 20.</b> Otpad (20 02 01) – biorazgradiv otpad .....	21
<b>Slika 21.</b> Drvno iverje (od 17 02 01) .....	21
<b>Slika 22.</b> Otpad (15 01 03) - ambalaža od drveta .....	21
<b>Slika 23.</b> Drvno iverje (od 15 01 03) .....	21
<b>Slika 24.</b> Otpad (20 01 38) - drvo koje nije navedeno pod 20 01 37 .....	22
<b>Slika 25.</b> Drvno iverje (od 20 01 38) .....	22
<b>Slika 26.</b> Kutijasti dijagram tehničkog masenog udjela vode .....	23
<b>Slika 27.</b> Kutijasti dijagram masenog udjela pepela.....	24

<b>Slika 28.</b> Kutijasti dijagram masenog udjela fine frakcije .....	25
<b>Slika 29.</b> Kutijasti dijagram duljine najveće čestice .....	26
<b>Slika 30.</b> Kutijasti dijagram površine presjeka najveće čestice .....	27

## POPIS TABLICA

<b>Tablica 1.</b> Prijavljene količine nastalog nusproizvoda u 2017. godini (MZOE, 2019).....	7
<b>Tablica 2.</b> Vrste otpada i dodatni uvjeti za otpad koji ulazi u postupak uporabe za proizvodnju čvrstih biogoriva (NN 117/2014).....	9
<b>Tablica 3.</b> Popis prijavljenih količina otpada koje su ušle na postupak uporabe od 2015. do 2017. godine (MZOE, 2019).....	12
<b>Tablica 4.</b> Podaci o nazivu i količini izlaznog materijala/proizvoda kojemu je nakon postupka uporabe ukinut status otpada od 2015. do 2017. godine (MZOE, 2019) .....	14



# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. PROBLEMATIKA I CILJ ISTRAŽIVANJA</b> .....	3
2.1. Otpad.....	3
2.1.1 Deklasifikacija otpada.....	3
2.2. Nusproizvodi.....	4
2.2.1. Količine nusproizvoda od 2015. do 2017. godine .....	5
2.3. Ukidanje statusa otpada .....	7
2.3.1. Ukidanje statusa otpada od 2015. do 2017. godine.....	10
2.4 Cilj rada .....	14
<b>3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA</b> .....	15
<b>4. REZULTATI S RASPRAVOM</b> .....	23
4.1 Tehnički maseni udio vode .....	23
4.2 Maseni udio pepela .....	24
4.3 Maseni udio fine frakcije .....	25
4.4 Duljina najveće čestice .....	26
4.5 Površina presjeka najveće čestice.....	27
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	29
<b>6. LITERATURA</b> .....	

## **PREDGOVOR**

Zahvaljujem mentoru doc. dr. sc. Dinku Vusiću na smjernicama, savjetima, strpljenju i velikoj pomoći kod odabira teme i izrade diplomskog rada.

Zahvaljujem i profesorima Šumarskog fakulteta na trudu prenošenja znanja i pružanja novog pogleda o šumarskoj struci i znanosti.

Posebno zahvaljujem svojoj obitelji, koja mi je pružila priliku za obrazovanjem, ali prije svega bila velika potpora tijekom studija.

Hrvoje Makar

## 1. UVOD

Zahvaljujući razvoju svijesti i raznim poticajima, naftu, njezine derivate i zemni plin polako zamjenjuju obnovljivi izvori energije poput vode, vjetra, sunca, biomase i geotermalne energije. U skladu s energetsom politikom Europske unije, Republika Hrvatska se obavezala postići do 2020. godine 20 postotni udio energije proizvedene iz obnovljivih izvora.

Uz vjetar i vodu, šumska biomasa ima veliku ulogu u skupini obnovljivih izvora energije. Sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća, tijekom prve naftne krize, razvijene zemlje se okreću traženju alternativa te trajno obnovljivih izvora. Članice Europske unije kao i ostale zemlje donose odluke o zamjeni fosilnih goriva alternativnim i ekološki prihvatljivim. Uslijed navedenih odluka došlo je do povećane potražnje za šumskom biomasom, a kao odgovor slijedi prerada do tada nekorištenih dijelova stabla u čvrsta biogoriva. Sve se više koristi šumski ostatak te šumska drvna biomasa iz čišćenja i ranih proreda, te se osnivaju energijske šume kratkih ophodnji.

U Strategiji energetskog razvoja Republike Hrvatske (NN 130/2009) postavljen je cilj proizvoditi energiju iz biomase u iznosu oko 26 PJ u 2020. godini. Dio navedene biomase planira se koristiti u ektranama na biomasu ukupne snage od oko 85 MWel u 2020. godini, a radi povećanja energetske učinkovitosti prednost se daje postrojenjima sa proizvodnjom električne i toplinske energije u zajedničkom procesu – kogeneracijama.

Unatrag desetak godina došlo je do velike promjene na europskom tržištu energijskog drva jer su uslijed poštivanja odredbi Akcijskih planova za obnovljivu energiju mobilizirane značajne količine šumske biomase za proizvodnju drvne sječke i peleta, a neke zemlje nisu mogle proizvodnjom pratiti potražnju pa su značajne količine morale biti namirene uvozom, a samim time je potaknuta proizvodnja čvrstih biogoriva u susjednim zemljama (Vusić i Đuka, 2015).

Uvažavajući činjenicu da je od 85 MWel postavljenih za cilj do 2020. godine, 2014. godine instalirano tek 6,74 MWel u tri kogeneracijske elektrane, a već 2018. broj kogeneracijskih postrojenja porastao je na 28, koja mogu proizvoditi 58,33 MWel, dok je u istom periodu proizvodnja peleta porasla za 100.000 t, može se zaključiti da će

budućnost proizvodnje energije iz biomase značajno ovisiti o raspoloživosti prikladne sirovine (Vusić i dr., 2019).

Kao jedan od načina povećanja raspoložive biomase za proizvodnju energije, a u cilju povećanja energetske neovisnosti i smanjenja emisija CO<sub>2</sub>, na koji svakako treba računati, je i veće korištenje oporabljene drva. Uvođenje tehnologija proizvodnje drvene sječke i drvnog iverja uz mogućnost optimalnijeg iskorištenja šumskog drvnog ostatka u sječinama omogućuje i korištenje drvnog ostatka iz ostalih izvora, primjerice drvene biomase nastale orezivanjem i ostalim radovima u hortikulturi, a korištenjem drvnih ostataka iz proizvodnih procesa u drvenoj industriji smanjuje se ili otklanja potreba za odlaganjem drvnog otpada.

## 2. PROBLEMATIKA I CILJ ISTRAŽIVANJA

### 2.1. Otpad

Prema Zakonu o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13, NN 73/17) otpad se definira kao tvar ili predmet koji se namjerava odbaciti, mora odbaciti ili se odbacuje. Osim toga, prema istom Zakonu, otpad podrazumijeva tvari ili predmete koje je potrebno sakupiti, prevoziti i obraditi u svrhu zaštite javnog interesa. Postoje različiti razlozi odbacivanja odnosno proglašavanja neke tvari ili predmeta otpadom. Neke od razloga navodi Fuk (2016): istek roka upotrebe, neupotrebljivost, nefunkcionalnost, ali i odbacivanje predmeta jer su izašli novi i bolji proizvodi odnosno stari nisu više u modi. Fizička osoba svoje otpadne predmete može odvesti u reciklažno dvorište, koristiti zeleni otok ili dati u dobrotvorne svrhe. Pravne osobe i/ili fizičke osobe – obrti to ne smiju, već u skladu sa zakonima i pravilnicima moraju otpad predati ovlaštenim osobama i o tome voditi evidenciju. Za neke kategorije otpada unaprijed je plaćena naknada za zbrinjavanje otpada, a tim novcima raspolaže Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost. Financijski se otpad može gledati i kao mogućnost zarade, a ne samo troška. Pod time se misli na deklasifikaciju otpada, proglašavanje dijela otpada nusproizvodom i ukidanje statusa otpada s ciljem uštede odnosno stvaranja dodatnog profita (Fuk, 2016)

#### 2.1.1 Deklasifikacija otpada

Deklasifikacija je postupak dokazivanja da pojedini otpad koji je u skladu s Katalogom otpada određen kao opasan u pojedinačnom slučaju bude klasiran kao neopasan otpad. Katalog otpada sadrži popis s više od 800 vrsta otpada sistematiziranih prema svojstvima i mjestu nastanka otpada u 20 grupa (Abramović, 2017) Kod deklasifikacije je glavni cilj smanjenje troškova za zbrinjavanje otpada. Prema članku 13. Zakona o održivom gospodarenju otpadom posjednik otpada može deklasificirati otpad ako ishodi od Ministarstva rješenje o deklasifikaciji tog otpada. Rješenje se izdaje ako su za to ispunjeni posebni uvjeti propisani Zakonom i podzakonskim aktima te ako se priloži: 1. Dokaz da je otpad za koji traži deklasifikaciju neopasan, odnosno ocjenu o nepostojanju opasnog

svojstva određenog otpada koju izrađuje ovlašteni laboratorij 2. Izjava o sastavu i postupanju s otpadom iz kojeg je razvidno kako otpad nije razrjeđivan ili miješan s drugim otpadom ili tvarima pri čemu su se smanjile početne koncentracije opasnih tvari do granične vrijednosti koja utvrđuje taj otpad opasnim (NN 94/2013).

## 2.2. Nusproizvodi

U gotovo svakom proizvodnom procesu osim ciljanog proizvoda pojavljuju se jedan ili više ostataka, materijala, tvari koji su nepotrebni ili neizbježni. Dakle, nusproizvodom se može nazvati ostatak koji nastaje u proizvodnji, a nije otpad. Često se nusproizvod naziva i sporednim proizvodom koji u procesu proizvodnje ima sporedno mjesto (MZOE, 2019). Prema Zakonu o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73/17) nusproizvod se definira kao tvar ili predmet koji je ishodio u proizvodnom procesu ali ne sa primarnim ciljem proizvodnje istog (Fuk, 2016). Kod nusproizvoda u nekoj proizvodnji izrazito je bitno prepoznati moguću korisnost, odnosno znati kada određeni ostaci stvarno postaju otpadom, a kada ih je moguće iskoristiti.

Tvrtke u kojima tijekom proizvodnoga procesa nastaju nusproizvodi mogu s istima sukladno postupati ukoliko pribave potvrdu Ministarstva zaštite okoliša i energetike o upisu nusproizvoda u Očevidnik nusproizvoda te ako tvari ili predmeti koji se žele proglasiti nusproizvodom ispunjavaju određene propisane uvjete (MZOE, 2019). Uvjeti koji se moraju zadovoljiti kako bi se tvar ili predmet koji se žele proglasiti nusproizvodom su:

- 1) osigurana je daljnja uporaba te tvari ili predmeta,
- 2) tvar ili predmet se može upotrijebiti izravno bez dodatne obrade, osim uobičajenim industrijskim postupcima,
- 3) tvar ili predmet nastaje kao sastavni dio proizvodnog postupka,
- 4) daljnja uporaba tvari ili predmeta je dopuštena, odnosno tvar ili predmet ispunjava sve relevantne zahtjeve u pogledu proizvoda, zaštite okoliša i zdravlja ljudi za tu konkretnu uporabu i neće dovesti do značajnih štetnih učinaka na okoliš ili zdravlje ljudi.

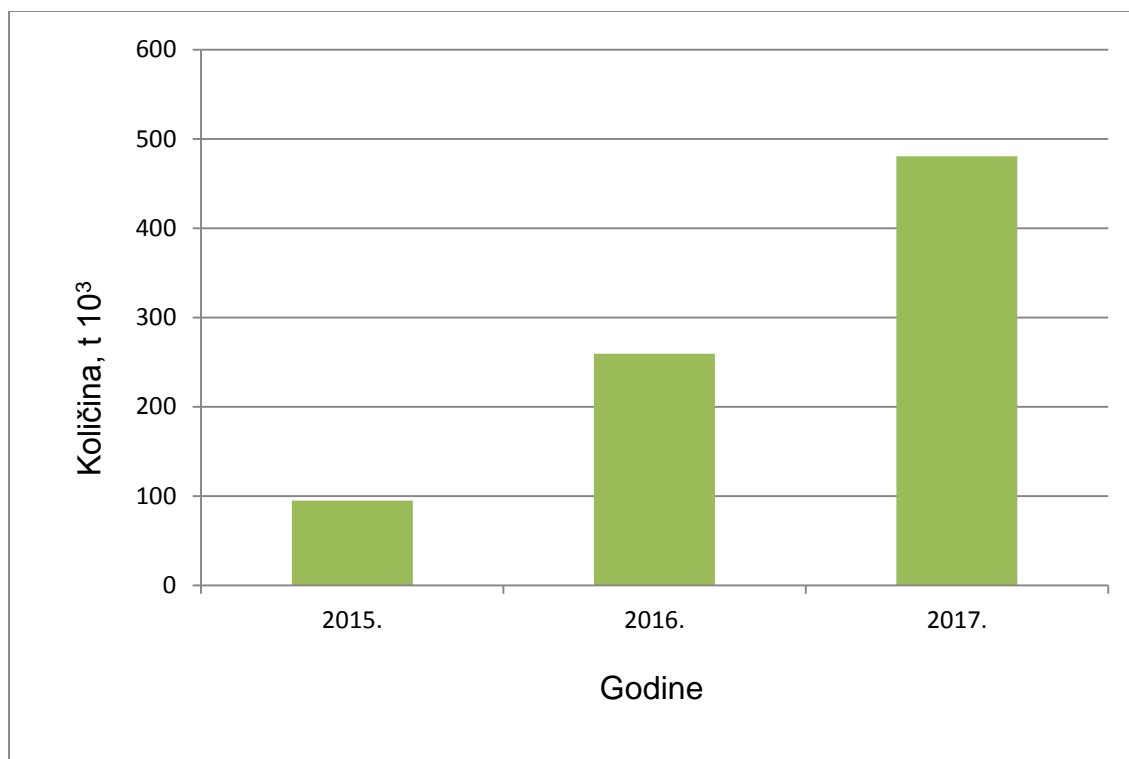
Osim navedenih glavnih važni su i dodatni posebni kriteriji za određivanje nusproizvoda:

- 1) da postoji ugovor o prodaji stvari ili predmeta, za koju se traži upis u Očevidnik nusproizvoda, između posjednika te stvari ili predmeta i budućeg korisnika te stvari ili predmeta,
- 2) posebnim propisom nije zabranjena uporaba te stvari ili predmeta,
- 3) stvar ili predmet za koju se traži upis u Očevidnik nusproizvoda udovoljava specifikaciji budućeg korisnika stvari ili predmeta za koju se traži upis u Očevidnik nusproizvoda.

#### 2.2.1. Količine nusproizvoda od 2015. do 2017. godine

U očevidnik nusproizvoda do 2017. godine ukupno je upisano 165 tvrtki od čega najviše 2017. godine, njih čak 71, godinu ranije ih je bilo upisano 45, 2015. godine 47, a 2014. godine svega dvije (MZOE, 2019).

Ukupno prijavljena količina nusproizvoda s godinama je rasla (slika 1); 2015. godine količina nusproizvoda iznosila je oko 94 tisuće tona, sljedeće godine količina je porasla gotovo tri puta na 260 tisuća tona, a 2017. godine gotovo se udvostručila na 480 tisuća tona. Ovako značajan rast je gotovo sigurno značajno uvjetovan primjenom odnosno zakonske regulative koja je rezultirala porastom broja upisanih poduzeća u Očevidnik nusproizvoda, a samim time i većim količinama prijavljenog nusproizvoda, ali se može smatrati i indikatorom većeg korištenja prije nekorištenih ostataka u proizvodnji koji su u pojedinim slučajevima zasigurno završavali i u kategoriji otpada.



**Slika 1.** Odnos prijavljenih količina nastalog nusproizvoda u razdoblju od 2015. do 2017. godine (MZOE, 2019)

Ukupna prijavljena količina nastalih nusproizvoda u 2017. godini iznosi 480.682,13 tona. Prema vrsti prijavljenih količina nastalog nusproizvoda u 2017. godini prvo mjesto zauzimaju gnoj i gnojovka s oko 152 tisuće tona (32%), dok nusproizvodi od korištenja drva s oko 144 tisuće tona (30 %) zauzimaju drugo mjesto. U navedenu kategoriju nusproizvoda od korištenja drva spada piljevina, strugotine, otpadci od rezanja drva, drvo, otpadci dasaka, otpadna kora i otpadci drveta. Dakle, ona sirovina koja se može koristiti za proizvodnju energije, bili direktno u samim industrijskim postrojenjima bilo u obliku čvrstih biogoriva, primjerice drvne sječke, ali i peleta i briketa. Navedene dvije kategorije nusproizvoda slijede nusproizvodi biljnog podrijetla (oko 72 tisuće tona ili 15%) i mliječnih prerađevina (oko 67 tisuća tona ili 14 %), a u znatno manjoj količini pojavljuju se nusproizvodi životinjskog podrijetla (oko 17 tisuća tona ili 4 %), građevinski materijal (oko 10 tisuća tona ili 2%) te pepeo, metali, tekstil, polimeri i ostalo (tablica 1).



**Tablica 1.** Prijavljene količine nastalog nusproizvoda u 2017. godini (MZOE, 2019)

Vrsta nusproizvoda	Količina 2017 (t)	Udio u ukupnoj količini (%)
Gnoj i gnojovka	151.958,55	32
Ostaci od korištenja drva	143.960,29	30
Nusproizvod biljnog podrijetla	72.732,12	15
Nusproizvod mliječnih prerađevina	67.270,05	14
Nusproizvod životinjskog podrijetla	16.912,09	4
Ostalo	14.196,82	3
Građevinski materijal	10.059,20	2
Pepeo	1.679,82	0
Metali	736,59	0
Tekstil	618,68	0
Polimeri	557,92	0
<b>Ukupno:</b>	<b>480.682,13</b>	<b>100</b>

### 2.3. Ukidanje statusa otpada

Direktiva o otpadu (2008/98/EC) uvodi postupak ukidanja statusa otpada (eng. *End-of waste (EoW) criteria*) koji je na odgovarajući način prenesen u Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73/17, 14/19), a navedeni koncept obuhvaća skup uvjeta koje mora ispuniti određeni materijal koji potječe iz otpada, da se istodobno garantira za kvalitetu budućeg materijala te da taj materijal neće biti odbačen niti da će imati negativan utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi (MZOE, 2019). Navedenim se osigurava proizvodnja kvalitetnijih i boljih sekundarnih sirovina uz obvezno definiranje, kao i ispunjenje tehničkih i okolišnih minimuma proizvoda odnosno materijala. Ukidanje statusa otpada poboljšava hijerarhiju gospodarenja otpadom jer omogućava da se pod određenim uvjetima otpadu daje dodana vrijednost te se isti pretvori u proizvod koji je zatim moguće plasirati na tržište (Abramović, 2017).

Sukladno Zakonu o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13) određeni otpad prestaje biti otpadom ukoliko je prošao postupak oporabe, uključujući i recikliranje te ako udovoljava posebnim kriterijima utvrđenim pod sljedećim uvjetima (MZOE, 2019):

- 1) tvar ili predmet uobičajeno se koristi u posebne svrhe,
- 2) za takvu tvar ili predmet postoji tržište ili potražnja,
- 3) tvar ili predmet ispunjava tehničke zahtjeve za posebne svrhe i zadovoljava postojeće zakonodavstvo i norme koje važe za proizvode,
- 4) uporaba tvari ili predmeta neće dovesti do štetnih učinaka na okoliš ili zdravlje ljudi.

Posebni kriteriji za ukidanje statusa otpada propisani su Pravilnikom o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada (NN 117/14); i to Dodatkom V. dijelovi 1. do 6. u slučaju kada se ukida status otpada za tvar ili predmet propisan tim dijelom Dodatka, odnosno Dodatkom V. dio 7. u slučaju kada se ukida status otpada za tvar ili predmet koji će se koristiti u istu svrhu za koju je tvar ili predmet, koji ima status otpada, prvobitno bio proizveden ili napravljen (MZOE, 2019). Sukladno navedenom Pravilniku svaka pošiljka otpada kojem se ukida status otpada mora biti popraćena Izjavom o sukladnosti na obrascu propisanom Pravilnikom, izdanom od osobe koja obavlja odgovarajući postupak uporabe odnosno uvoznika u slučaju isporuke u Republiku Hrvatsku. Izvješća o ukidanju statusa otpada prikuplja Hrvatska agencija za okoliš i prirodu te izdaje potvrde o upisu u Očevidnik za ukidanje statusa otpada (MZOE, 2019). Pravna osoba koja obavlja postupak uporabe mora koristiti sustav upravljanja koji mora uključivati sljedeće provjere i evidenciju te odgovarajuću dokumentaciju u pisanom odnosno elektroničkom obliku za svaku pojedinu zaprimljenu pošiljku otpada i šaržu (NN 117/14):

- 1) vizualnu provjeru pošiljke otpada i podataka navedenih u pripadajućem Pratećem listu,
- 2) evidenciju o provjeri ulazne pošiljke otpada i prateće dokumentacije koja sadrži datum, broj Pratećeg lista i ime i prezime osobe koja je obavila nadzor,
- 3) evidenciju o provjeri uporabe koji sadrži poveznicu pojedinog Pratećeg lista i odgovarajućeg broja šarže otpada, datum formiranja šarže te datume s odgovarajućim postupcima mjerenja i postupanja sa šaržom (sukladno Dodatku V. Pravilnika),
- 4) evidenciju o provjeri šarže, koja je prošla postupak uporabe, koja sadrži zapise o poduzetim postupcima provjere ispunjavanja propisanih uvjeta, odgovarajuće

norme odnosno specifikacije za pojedinu šaržu kao i rezultate odgovarajućih ispitivanja koja obavlja ovlaštenu laboratorij na godišnjoj razini sukladno Dodatku V. Pravilnika.

Dio 5. Dodatka V. Pravilnika o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada odnosi se na posebne kriterije za ukidanja statusa otpada za čvrsto biogorivo. U tablici 2 navedeni su nazivi otpada po pojedinim ključnim brojevima te dodatni uvjeti i primjeri za otpad koji sukladno Pravilniku ulazi u postupak oporabe za proizvodnju čvrstog biogoriva.

**Tablica 2.** Vrste otpada i dodatni uvjeti za otpad koji ulazi u postupak oporabe za proizvodnju čvrstih biogoriva (NN 117/2014)

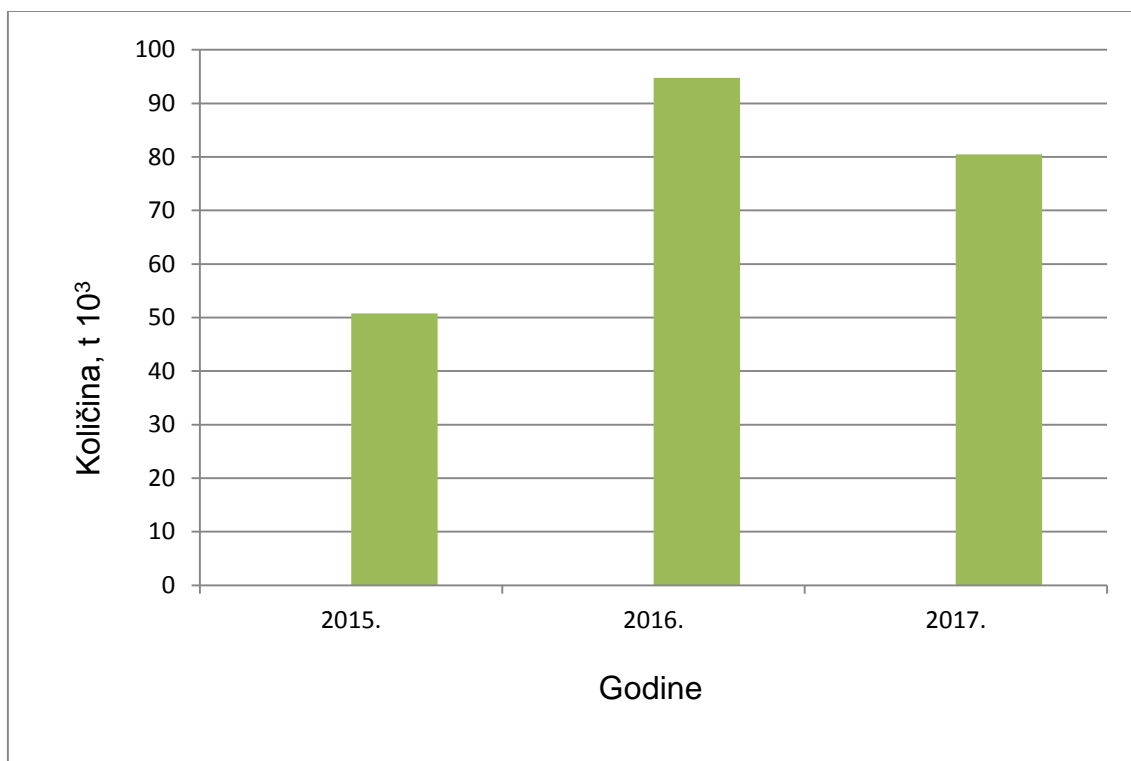
Ključni broj	Naziv	Dodatni uvjeti i primjeri
02 01 03	otpadna biljna tkiva	dopušten je biljni otpad iz vrtlarstva drveće, otpad od povrća, otpaci od rezanja drva, usjevi i biljni otpad od usjeva
02 01 07	otpad iz šumarstva	dopušteno je usitnjeno drveće, otpaci od rezanja drva, otpadna biljna tkiva i sl.
03 01 05	piljevina, strugotine, otpaci od rezanja drva, drvo, otpaci dasaka i furnira, koji nisu navedeni pod 03 01 04*	dopuštena je piljevina, drvene strugotine, otpad od rezanja drva, otpadno drvo, otpadna drvena prašina, nije dopušteno tretirano drvo s premazom, impregnacijom, vezivom, laminat i sl
03 03 01	otpadna kora i otpaci drveta	
15 01 03	ambalaža od drveta	dopušteno uključuje drvene spremnike, posude, sanduke, palete i sl.
17 02 01	drvo	dopušteno uključuje građevno drvo koje ne sadrži premaze, impregnacije i sl.
19 12 07	drvo koje nije navedeno pod 19 12 06*	dopušteno uključuje građevno drvo koje ne sadrži premaze, impregnacije i sl.
20 01 38	drvo koje nije navedeno pod 20 01 37*	dopušteno uključuje pluto, otpad od rezanja drva, građevno drvo koje ne sadrži premaze, impregnacije i sl.
20 02 01	biorazgradiv otpad	dopušteno uključuje drveni otpad iz vrtova, parkova, vrtlarstva, otpadno drvo od rezanja, otpadno biljno tkivo i sl.

Uvjet za ukidanje statusa otpada koji nastaje oporabom otpada za čvrsto biogorivo je ispunjavanje uvjeta utvrđenih normom HRN EN 15234 Čvrsta biogoriva – Jamstvo kvalitete biogoriva, a status otpada ukida se prodajom drugoj osobi ili korištenjem, u slučaju da ga koristi ista osoba koja ga je i oporabila (NN 117/14). Pravilnikom je dopušteno korištenje navedenog oporabljenog otpada u obliku čvrstog biogoriva, kao i njegovo stavljanje na tržište uz preduvjet deklariranja sukladno uvjetima utvrđenim normom HRN EN 14961 – Čvrsta biogoriva – Specifikacije goriva i razredi. U međuvremenu je navedena norma revidirana i objavljena pod nazivom HRN EN ISO 17225-1:2014 Čvrsta biogoriva – Specifikacije goriva i razredi – 1. dio: Opći zahtjevi. Navedenom normom su propisani parametri kakvoće koji se moraju utvrditi na temelju laboratorijskih analiza propisno uzorkovanog čvrstog biogoriva. Tako je primjerice, za drvenu sječku i drveno iverje, najčešće oblike čvrstih biogoriva koji nastaju u procesu uporabe, propisano utvrditi porijeklo, tehnički maseni udio vode, granulometrijski sastav i maseni udio pepela, a za primjerice drvenu piljevinu još i neto kaloričnu vrijednost.

### 2.3.1. Ukidanje statusa otpada od 2015. do 2017. godine

Do kraja 2017. godine u Očevidniku za ukidanje statusa otpada bilo je prijavljeno ukupno 27 tvrtki. U 2014. godini u Očevidnik je bila upisana samo jedna tvrtka, u 2015. godini upisano je njih 10, dok ih je u 2016. upisano 8 no jedna je naknadno obrisana zbog odlaska u stečaj, a 2017. godine ih je upisano 9 (MZOE, 2019).

Na slici 2 prikazan je odnos prijavljenih količina otpada koje su ušle na postupke uporabe za razdoblje od 2015. – 2017. godine, nakon kojih je izlaznom proizvodu/materijalu ukinut status otpada. U 2017. godini četiri tvrtke nisu obavljale postupke uporabe za koje su upisane u Očevidnik ukidanja statusa otpada. Najveća je prijavljena količina otpada koja je ušla u postupke uporabe bila 2016. godine te je iznosila 94.758,63 tone što je za oko 15% više u odnosu na 2017. godine kada je taj iznos bio 80.457,27 tone, dok je 2015. godine ukupno prijavljena količina otpada koja je ušla na postupke uporabe imala najmanju vrijednost u iznosu 50.791,96 tona.



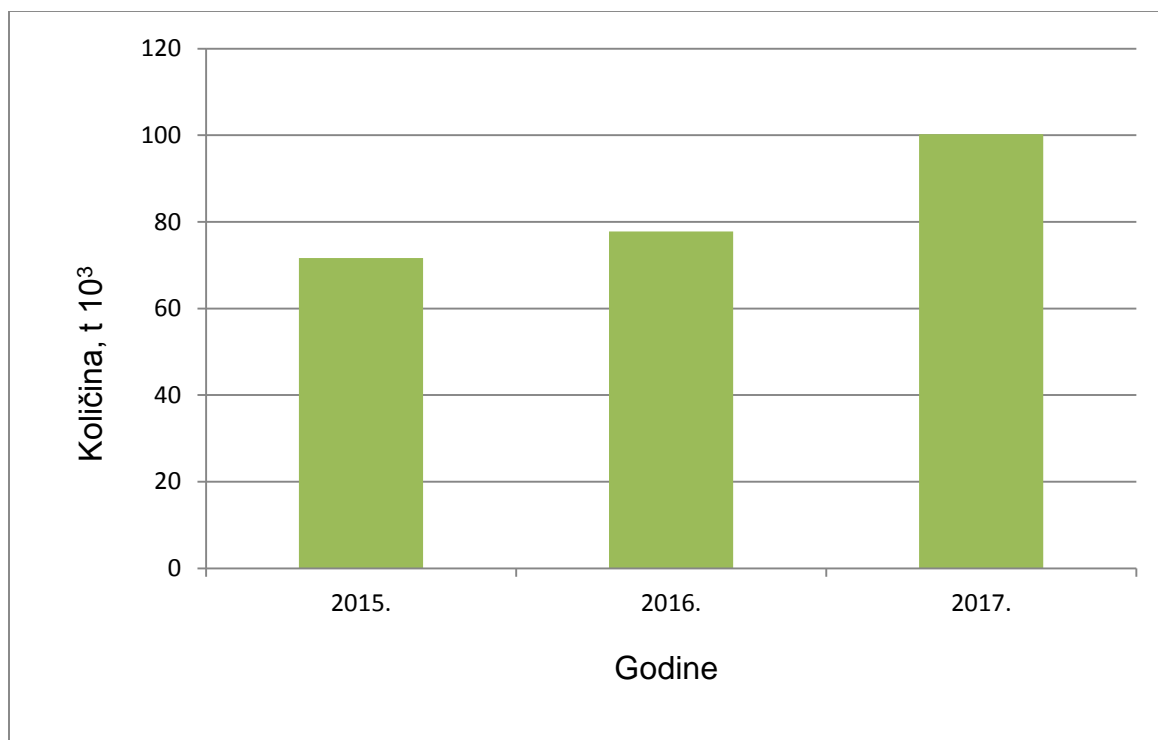
**Slika 2.** Odnos prijavljenih količina otpada koje su ušle na postupke oporabe, nakon kojih je izlaznom materijalu/proizvodu ukinut status otpada u razdoblju od 2015.- 2017. godine (MZOE, 2019)

U tablici 3 prikazana je struktura prijavljenih količina otpada koje su ušle na postupak oporabe od 2015. do 2017. godine. Može se vidjeti da je u sve tri godine najviše otpadnog stakla ušlo u oporabu. Osim stakla, značajan udio zauzima i građevinski otpad, EE otpad, biorazgradivi otpad za aerobnu obradu (kompostiranje), biorazgradivi otpad za anaerobnu obradu, otpad od drva i drugi biootpad te otpad od plastike. Zanimljivo je primijetiti pad udjela kategorije otpad od drva i drugi biootpad od 2015. godine kada je iznosio 11 % od ukupnog otpada na 4 % 2017. godine, dok iznenađujuće za 2016. godinu nisu prijavljene količine. Razlog izostanka prijavljenih količina kategorije otpad od drva i drugi biootpad u 2016. godini trebalo bi detaljnije istražiti u statističkim podacima (s obzirom da je teško objasniti potpuni izostanak) i utvrditi da li su količine otpada iz navedene kategorije prijavljene, odnosno evidentirane u nekoj srodnoj kategoriji ili uopće nisu prošle postupak oporabe u cilju proizvodnje čvrstih biogoriva kao što sugeriraju podaci u tablici 4 (ili isti nije dokumentiran na odgovarajući način).

**Tablica 3.** Popis prijavljenih količina otpada koje su ušle na postupak oporabe od 2015. do 2017. godine (MZOE, 2019)

Vrsta otpada	Količina 2015 (t)	%	Količina 2016 (t)	%	Količina 2017 (t)	%
Staklo	35.524,53	70	41.740,56	44	28.482,21	35
Građevinski otpad	0,00	0	966,85	1	19.557,84	24
EE otpad	0,00	0	0,00	0	11.564,26	14
Biorazgradivi otpad za aerobnu obradu (kompostiranje)	0,00	0	9.342,47	10	7.351,51	9
Biorazgradivi otpad za anaerobnu obradu	7.672,51	15	10.743,51	11	6.982,31	9
Otpad od drva i drugi biootpad	5.578,16	11	0,00	0	3.613,61	4
Otpad od plastike	1.918,10	4	30.980,57	33	2.581,57	3
Loživo ulje	0,00	0	881,58	1	122,30	0
Otpadni tiskarski toneri	2,63	0	15,30	0	116,13	0
Otpadna odjeća i tekstil	96,05	0	87,78	0	80,13	0
<b>Ostalo</b>	0,00	0	0,00	0	5,40	0
<b>Ukupno:</b>	<b>50.791,98</b>	<b>100</b>	<b>94.758,63</b>	<b>100</b>	<b>80.457,27</b>	<b>100</b>

Na slici 3 prikazan je odnos prijavljenih količina izlaznog materijala/proizvoda nastalog oporabom, kojem je ukinut status otpada u razdoblju od 2015. do 2017. godine. Može se vidjeti da je povećanje količina u laganom porastu od 2015. godine kada je količina izlaznog materijala/proizvoda s ukinutim statusom otpada iznosila gotovo 72 tisuće tona, sljedeću godinu ta se brojka popela na približno 78 tisuća tona, a 2017. godine je porasla do iznosa većeg od 100 tisuća tona što je povećanje od gotovo 30 %.



**Slika 3.** Odnos prijavljenih količina izlaznog materijala/proizvoda nastalog oporabom, kojem je ukinut status otpada u razdoblju od 2015.- 2017. godine (MZOE, 2019)

U tablici 4 u kojoj je navedena struktura pojedinih kategorija izlaznog materijala/proizvoda kojemu je nakon postupka uporabe ukinut status otpada od 2015. do 2017. godine može se vidjeti da kroz sve tri godine najveći udio u ukupnoj količini zauzima stakleni granulati i stakleni agregat, odnosno oporabljeni materijal staklo. Čvrsto biogorivo je u 2017. godini činilo 4 % ukupne količine, odnosno 3.539,71 tona. Godinu ranije uopće nije bilo prijave čvrstog biogoriva, dok je 2015. godine količina čvrstog biogoriva zauzimala udio u ukupnoj količini od 8 % ili 5.578,16 t.

**Tablica 4.** Podaci o nazivu i količini izlaznog materijala/proizvoda kojemu je nakon postupka uporabe ukinut status otpada od 2015. do 2017. godine (MZOE, 2019)

Naziv proizvoda	Količina proizvoda 2015 (t)	%	Količina proizvoda 2016 (t)	%	Količina proizvoda 2017 (t)	%
Stakleni granulat (ambalažni i flat) i stakleni agregat	35.112,45	49	37.303,43	48	36.299,07	36
Polimerna sirovina	30.530,19	43	28.985,30	37	36.198,11	36
Reciklirani agregat	0,00	0	874,83	1	17.480,52	17
Anaerobni digestat	350,00	0	3.715,70	5	3.855,03	4
Čvrsto biogorivo	5.578,16	8	0,00	0	3.539,71	4
Kompost I., II. i III. Klase i poboljšivač tla	0,00	0	1.825,53	2	2.596,13	3
Loživo ulje Aeks	0,00	0	881,58	1	122,30	0
Drvena ambalaža	0,00	0	4.080,71	5	73,90	0
Pamučne krpe i pamučnjak	74,90	0	69,36	0	60,10	0
Tonerski ulošci	2,63	0	15,30	0	11,44	0
<b>Ukupno:</b>	<b>71.648,33</b>	<b>100</b>	<b>77.751,74</b>	<b>100</b>	<b>100.236,31</b>	<b>100</b>

## 2.4 Cilj rada

U radu je detaljno objašnjen postupak ukidanja statusa otpada sirovini koja je u određenom trenutku zaprimljena i klasificirana kao otpad, a može se oporabiti i koristiti za proizvodnju čvrstih biogoriva (drvnog iverja i drvene sječke). Za cilj rada je postavljeno na primjerima (uzorcima) po pojedinim ključnim brojevima utvrditi ostvareni stupanj kakvoće čvrstih biogoriva klasificiran sukladno HRN EN ISO normama i preporučiti mogućnosti za poboljšanje kakvoće tijekom procesa prerade.



### 3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Podlogu za provođenje analiza, prikaz rezultata i donošenje zaključaka u ovom su radu predstavljali rezultati laboratorijskih analiza provedenih u Laboratoriju za šumsku biomasu Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Vremenski obuhvat uzorkovanja i analiza je gotovo pet godina, odnosno obuhvaćen je period od studenog 2014. do srpnja mjeseca 2019. godine. Od ukupno 34 uzoraka 1 uzorak potječe od sirovine zaprimljene pod ključnim brojem 02 01 03 (otpadna biljna tkiva), 1 uzorak od sirovine zaprimljene pod ključnim brojem 02 01 07 (otpad iz šumarstva), 3 uzorka od sirovine zaprimljene pod ključnim brojem 03 01 05 (piljevina), 1 uzorak od sirovine zaprimljene pod ključnim brojem 03 01 04 (piljevina, strugotine, otpaci od rezanja drva, drvo, otpaci dasaka i furnira koji nisu navedeni pod 03 01 04), 1 uzorak od sirovine zaprimljene pod ključnim brojem 03 03 01 (Otpadna kora i otpaci drveta), 4 uzorka od sirovine zaprimljene pod ključnim brojem 15 01 03 (ambalaža od drveta), 4 uzorka od sirovine zaprimljene pod ključnim brojem 17 02 01 (građevno drvo koje ne sadrži premaze, impregnacije i sl.), 4 uzorka od sirovine zaprimljene pod ključnim brojem 19 12 07 (drvo koje nije navedeno pod 19 12 06), 4 uzorka od sirovine zaprimljene pod ključnim brojem 20 01 38 (drvo koje nije navedeno pod 20 01 37), te 11 uzoraka od sirovine zaprimljene pod ključnim brojem 20 02 01 (biorazgradivi otpad).

U sedam slučajeva je u postupku uporabe proizvedena drvna sječka (isključivo od otpada zaprimljenog pod ključnim brojem 20 02 01) usitnjavanjem sječivima iveračem (slika 4), piljevina je analizirana u 3 slučaja, a u ostalim je slučajevima u postupku uporabe proizvedeno drveno iverje lomljenjem (slika 5). Usitnjavanju je u svim slučajevima prethodilo razvrstavanje (slika 6), a u pojedinim je slučajevima bilo nužno odvajanje metalnih frakcija (slika 7).

Drvna sječka je (eng. *woodchips*, njem. *Holzhacksnitzel*, *Hackgut*) prema normi EN ISO 16559:2014 definirana kao usitnjena drvna biomasa u obliku čestica određene veličine proizvedenih mehaničkim postupkom oštrim sječivom, a drveno iverje s obzirom na način prerade nastaje lomljenjem tupim alatima. Za razliku od drvne sječke, ovisno o namjeni drvnog iverja, prihvatljiva je drvna, ali i lisna biomasa čak i s primjesom zeljaste biomase kao sirovina. Često se u sirovini nalaze i primjese zemlje i kamena kao primjerice

u slučaju panjevine; stoga je i tehnologija usitnjavanja različita, ali i kakvoća proizvoda je često niža pa se primjerice u slučaju značajne prisutnosti zeljaste biomase i ostalog organskog otpada uglavnom primarno koristi u proizvodnji komposta. Unaprjeđenje pojedinih parametara kakvoće moguće je postići razvrstavanjem sirovine, ali i sortiranjem proizvedenog iverja po frakcijama.



**Slika 4.** Kamionski iverač



**Slika 5.** Rotor za usitnjavanje lomljenjem



**Slika 6.** Razvrstavanje prilikom istovara



**Slika 7.** Odvajanje metalnih frakcija magnetom

Sukladno normi HRN EN ISO 17225-1:2014 Čvrsta biogoriva – Specifikacije goriva i razredi – 1. dio: Opći zahtjevi, a u svrhu ukidanja statusa otpada, i uzorcima drvene sječke i uzorcima drvnog iverja bilo je nužno laboratorijskim analizama utvrditi tehnički maseni udio vode, granulometrijski sastav i maseni udio pepela.

Za reprezentativnost rezultata laboratorijskih analiza čvrstih biogoriva ključno je pravilno uzorkovanje. Uzorci se prikupljaju primjenom prikladnih i propisanih alata i

postupaka sukladno normi HRN EN 14778:2011 Čvrsta biogoriva – Uzorkovanje, odnosno novijem izdanju HRN EN ISO 18135:2017 Čvrsta biogoriva – Uzorkovanje. Prilikom uzorkovanja čvrstih biogoriva uzeti su reprezentativni uzorci za provođenje granulometrijske analize (osim kod piljevine) te uzorci za određivanje tehničkom masenog udjela vode. Uzorci za laboratorijske analize udjela pepela usitnjeni su reznim mlinom RETCH SM 300 (slika 8) i pripremljeni (reducirani) četvrtinskom metodom (slika 9). Četvrtinskom metodom uzorak se dijeli na četiri jednaka dijela; u obzir se uzimaju dva nasuprotna te se druga dva uklanjaju.



**Slika 8.** Rezni mlin



**Slika 9.** Priprema uzorka četvrtinskom metodom

Udio vode je vrlo važan čimbenik jer se njezinim smanjenjem povećava učinkovitost proizvodnje energije i smanjuju troškovi pridobivanja. Način skladištenja i vrijeme usitnjavanja uvelike utječu na udio vode šumskog biogoriva. Optimalno vrijeme za usitnjavanje je kada je gubitak vode najveći, a gubitak suhe tvari uslijed djelovanja mikrobiološke aktivnosti još uvijek prihvatljiv za postizanje maksimalne kalorične vrijednosti (Vusić, 2013). Određivanje tehničkog masenog udjela vode čvrstih biogoriva provedeno je gravimetrijskom metodom sukladno normi HRN EN ISO 18134-2:2015 Čvrsta biogoriva – Određivanje udjela vlage – Metoda sušionika – 2. dio: Ukupna vlaga – Pojednostavljena metoda. Početna masa uzoraka utvrđena je prilikom uzorkovanja, a završna nakon sušenja u sušioniku na  $105 \pm 2$  °C tijekom 24 sata.



**Slika 10.** Određivanje početne mase uzoraka



**Slika 11.** Uzorci u sušioniku

Granulometrijska struktura drvene sječke, odnosno drvnog iverja ovisi o početnim značajkama i strukturi sirovine i korištenju prikladnih i dobro održavanih strojeva za usitnjavanje biomase. Kod transporta i dobave drvene sječke do ložišta vrlo je važna veličina i oblik sječke, količina sitnih i udio prevelikih čestica. Prevelike čestice koje nisu sukladne specifikaciji ložišta ne sagorijevaju u potpunosti te tako smanjuju energetska iskoristivost i uzrokuju potrebu čišćenja ložišta (Vusić i Pandur, 2010). Granulometrijska je struktura utvrđenja sukladno normi HRN EN ISO 17827-1:2016 (odnosno prethodnim inačicama norme) prosijavanjem kroz niz sita različitih dimenzija, a iskazuje se masenim udjelom uzorka koji ostane na pojedinom situ u ukupnoj količini prosijanog uzorka. Za određivanje granulometrijskog sastava korišteno je oscilacijsko prosijavanje upotrebom sita 3,15 mm, 8 mm, 16 mm, 31,5 mm, 45 mm, 63 mm.



**Slika 12.** Uređaj za oscilacijsko prosijavanje

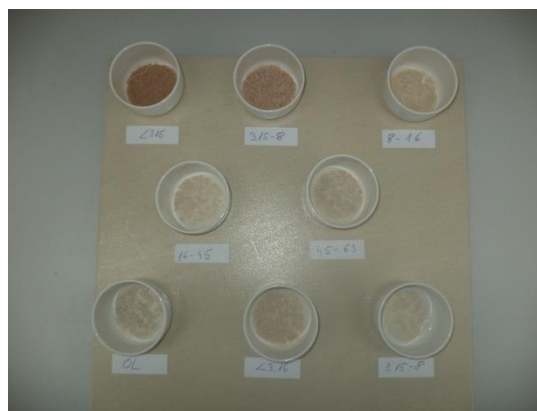


**Slika 13.** Granulat drvene sječke

Pepeo u čvrstom biogorivu rezultat je prirodnog udjela anorganskih tvari u sirovini, te prisutnosti stranih anorganskih čestica poput zemlje i pijeska, odnosno kamenih granulata. Da bi se smanjio udio pepela treba paziti kako se prilikom dobave rukuje sirovinom, odnosno treba što više smanjiti kontakt s onečišćujućim anorganskim tvarima. Udio pepela u uzorcima određen je sukladno normi HRN EN ISO 18122:2015 prema propisanom režimu povećanja temperature na 250 °C tijekom prvih 30 minuta, nakon toga potrebno je tu temperaturu održavati konstantnom sljedećih 60 minuta. Zatim je potrebno povećati temperaturu na 550 °C tijekom sjedećih 30 minuta uz dopušteno odstupanje od  $\pm 10$  °C. Navedenu temperaturu potrebno je održavati konstantnom sljedećih 120 minuta.



**Slika 14.** Peć za žarenje



**Slika 15.** Uzorci pepela

Rezultati laboratorijskih analiza tehničkog masenog udjela vode, masenog udjela pepela te rezultati granulometrijskih analiza (maseni udio fine frakcije, duljina najveće čestice i površina presjeka najveće čestice) sistematizirani su na razini ključnog broja sirovine čijom su uporabom/preradom proizvedena pojedina čvrsta biogoriva. Rezultati su prikazani kutijastim dijagramima te opisani na temelju prosječnih, najmanjih i najvećih vrijednosti te komentirani s obzirom na njihov utjecaj na mogućnost klasifikacije pojedinih čvrstih biogoriva. Primjeri sirovina i proizvoda po ključnim brojevima prikazani su na slikama 16 do 25.



**Slika 16.** Piljevina bolje kakvoće (03 01 05)



**Slika 17.** Piljevina lošije kakvoće (03 01 05)



**Slika 18.** Otpad (17 02 01) – drvo



**Slika 19.** Drvno iverje (od 17 02 01)



**Slika 20.** Odpad (20 02 01) – biorazgradiv otpad



**Slika 21.** Drvno iverje (od 17 02 01)



**Slika 22.** Odpad (15 01 03) - ambalaža od drveta



**Slika 23.** Drvno iverje (od 15 01 03)



**Slika 24.** Otpad (20 01 38) - drvo koje nije navedeno pod 20 01 37



**Slika 25.** Drvno iverje (od 20 01 38)

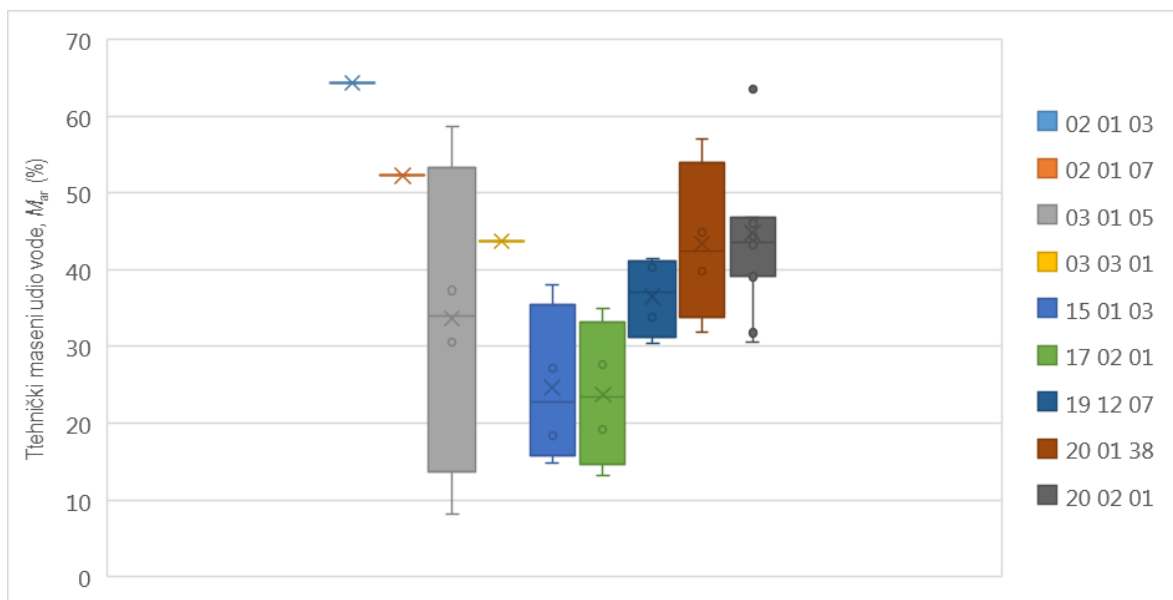


## 4. REZULTATI S RASPRAVOM

### 4.1 Tehnički maseni udio vode

Najmanja prosječna vrijednost tehničkog masenog udjela vode utvrđena je za uzorke ključnoga broja 15 01 03 (ambalaža od drveta), u iznosu 24,6 % (14,8 % - 38,1 %) te za uzorke ključnog broja 17 02 01 (drvo) u iznosu 23,7 % (13,1% - 35,0 %). Evidentno je da najbolje rezultate postižu čvrsta biogoriva proizvedena od prethodno prerađenog drva koje je podvrgnuto dugogodišnjem prirodnom prosušivanju. Za zadržavanje postignutih vrijednosti presudno je pravilno skladištenje sirovine, odnosno adekvatno skladištenje i optimalno korištenje proizvedenog čvrstog biogoriva uz smanjenje kontakta s oborinskom vodom na najmanju moguću mjeru.

Najveća vrijednost tehničkog masenog udjela vode utvrđena je za uzorak 02 01 03 (otpadna biljna tkiva) u iznosu 64,4 %. U cilju optimizacije tehničkog masenog udjela vode za navedenu je sirovinu presudno omogućiti dostatan period prirodnog prosušivanja prije usitnjavanja.

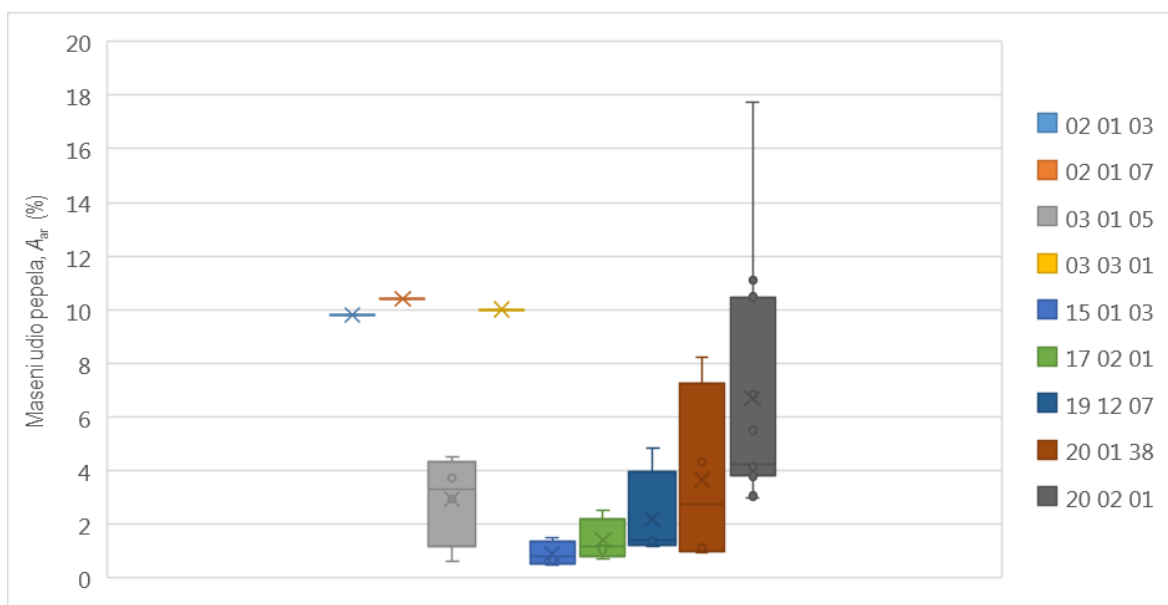


Slika 26. Kutijasti dijagram tehničkog masenog udjela vode

Najveća varijabilnost tehničkog masenog udjela vode utvrđena je za uzorke ključnog broja 03 01 05 (piljevina, strugotine, otpaci od rezanja drva, drvo, otpaci dasaka i furnira, koji nisu navedeni pod 03 01 04\*) u rasponu od 8,1 % do 58,6 %. Velika varijabilnost rezultat je različitog načina i trajanja uskladištenja. S obzirom da navedena sirovina može poslužiti u procesu proizvodnje peleta i briketa svakako bi trebalo inzistirati da se u procesu skladištenja i transporta izbjegne kontakt s oborinskom vodom.

## 4.2 Maseni udio pepela

Najmanja prosječna vrijednost masenog udjela pepela utvrđena je za uzorke ključnoga broja 15 01 03 (ambalaža od drveta), u iznosu 0,9 % (0,5 % - 1,5 %) te za uzorke ključnog broja 17 02 01 (drvo) u iznosu 1,4 % (0,7 % - 2,5 %). Rezultati su očekivani s obzirom na značajke sirovine; izostanak kore i smanjenu mogućnost kontaminacije zemljom tijekom uporabnog vijeka proizvoda. Za zadržavanja pozitivnih vrijednosti ovih sirovina nužno je u postupku sortiranja i skladištenja sirovine izbjegavati svaki kontakt sa anorganskim tvarima koje bi mogle utjecati na povćanje masenog udjela pepela.



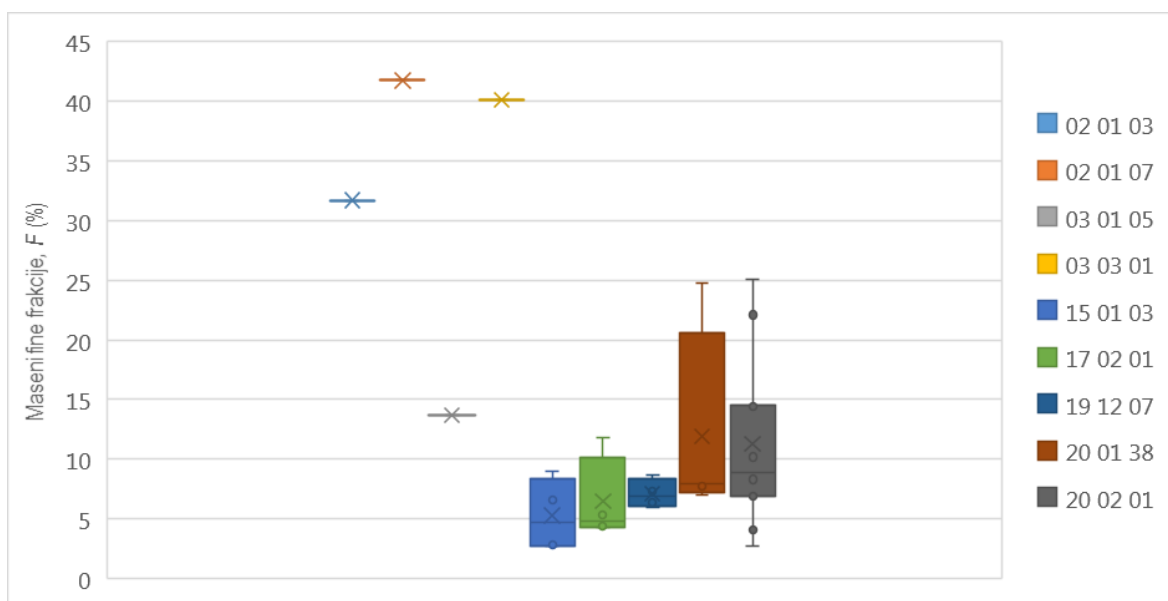
Slika 27. Kutijasti dijagram masenog udjela pepela

Najveća vrijednost masenog udjela pepela utvrđena je za uzorak 20 02 01 (biorazgradiv otpad) u iznosu 17,7 %. Najveća varijabilnost utvrđena je također za uzorke ključnog broja 20 02 01 (biorazgradiv otpad) u rasponu od 3 % do 17,7 %. Veliki maseni udio pepela i velika varijabilnost podataka u uzorku 20 02 01 (biorazgradiv otpad) pojavljuje se zbog prirode same sirovine koja obiluje velikim udjelom lisne biomase i nečistoća poput zemlje i pijeska.

### 4.3 Maseni udio fine frakcije

Najmanji prosječni udio fine frakcije utvrđen je za uzorke ključnoga broja 15 01 03 (ambalaža od drveta), u iznosu 5,3 % ( 2,7 % - 9 %) te za uzorke ključnog broja 17 02 01 (drvo) u iznosu 6,5 % (4,3 % - 11,8 %).

Najveći udio fine frakcije je utvrđen za uzorak 02 01 07 (otpad iz šumarstva) u iznosu 41,8 % i 03 03 01 (otpadna kora i otpaci drveta) u iznosu 40,1%.

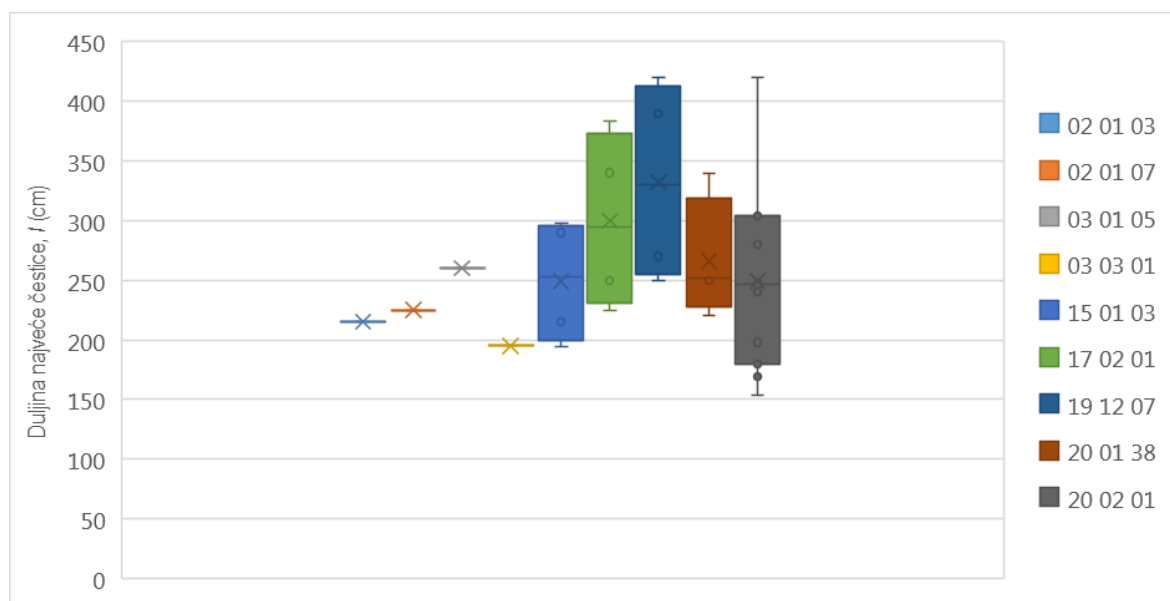


**Slika 28.** Kutijasti dijagram masenog udjela fine frakcije

Najveća varijabilnost utvrđena je za uzorke ključnog broja 20 02 01 (biorazgradiv otpad) u rasponu od 2,7 % do 25,1 %. Velika varijabilnost podataka kod uzoraka ključnog broja 20 02 01 (biorazgradiv otpad) proizlazi iz prirode samog otpada, odnosno ovisi o udjelu lisne biomase te prisutnosti čestica zemlje i pijeska. Stoga bi za navedeni ključni broj prije samog usitnjavanja bilo uputno obaviti dodatno razvrstavanje sirovine ili prosijati proizvedeno čvrsto biogorivo u cilju odvajanje fine frakcije.

#### 4.4 Duljina najveće čestice

Najmanja prosječna duljina najveće čestice utvrđena je za uzorke ključnoga broja 15 01 03 (ambalaža od drveta), u iznosu 249 mm (194 mm - 298 mm), dok je najmanja vrijednost duljine najveće čestice izmjerena kod uzorka 20 02 01 (biorazgradiv otpad) 154 mm. Na rezultate u slučaju uzoraka ključnog broja 20 02 01 nedvojbeno je utjecao i način usitnjavanja (u sedam je slučajeva od jedanaest proizvedena drvena sječka).



Slika 29. Kutijasti dijagram duljine najveće čestice

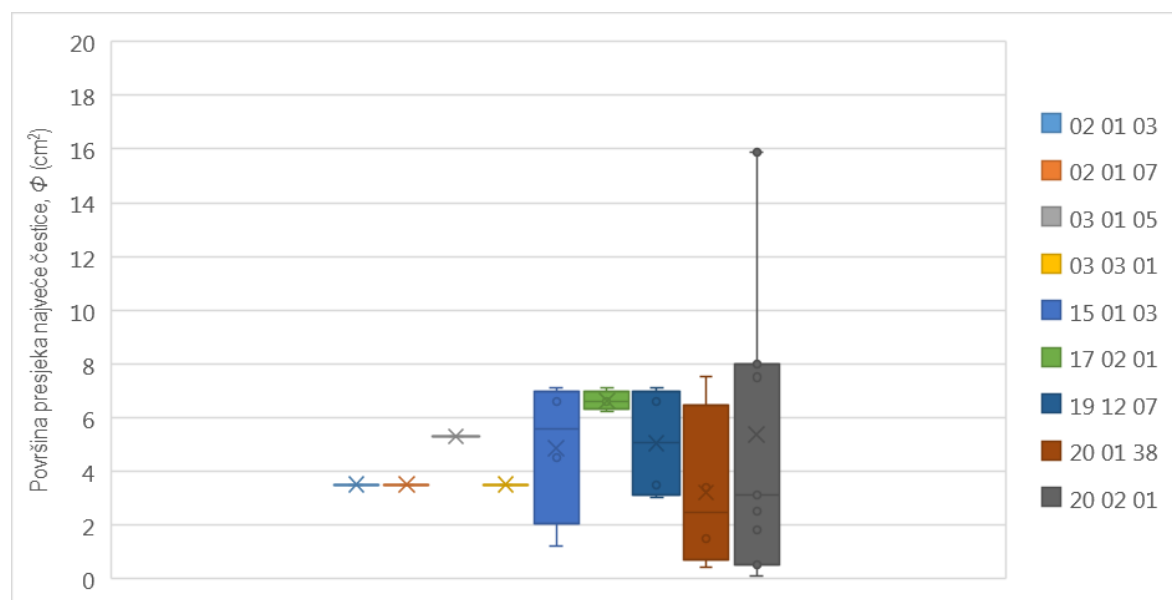
Najveća prosječna vrijednost duljine najveće čestice utvrđena je za uzorak 17 02 01 (drvo) u iznosu 300 mm (225 mm - 384 mm) te za 19 12 07 (drvo koje nije navedeno pod 19 12 06\*) u iznosu 332,5 mm (250 mm - 420 mm).

Najveća varijabilnost utvrđena je za uzorke ključnog broja 20 02 01 (biorazgradiv otpad) u rasponu od 154 mm do 420 mm.

Velika prosječna vrijednost duljine najveće čestice kod uzoraka 17 02 01 (drvo) proizlazi djelomično i iz činjenice da je kidanjem usitnjavano drvo niskog tehničkog masenog udjela vode, a relativno velikih početnih dimenzija.

#### 4.5 Površina presjeka najveće čestice

Najmanja prosječna površina presjeka najveće čestice utvrđena je za uzorke ključnoga broja 20 01 38 (drvo koje nije navedeno pod 20 01 37), u iznosu 3,2 cm<sup>2</sup> (0,4 cm<sup>2</sup> – 7,5 cm<sup>2</sup>), dok je najmanja vrijednost površine presjeka najveće čestice izmjerena kod uzorka 20 02 01 (biorazgradiv otpad) 0,1 cm<sup>2</sup>.



Slika 30. Kutijasti dijagram površine presjeka najveće čestice

Najveća prosječna vrijednost površine presjeka najveće čestice utvrđena je za uzorak 17 02 01 (drvo) u iznosu  $6,6 \text{ cm}^2$  ( $6,2 \text{ cm}^2 - 7,1 \text{ cm}^2$ ). Površina presjeka za navedenu sirovinu logično slijedi duljinu najveće čestice.

Najveća varijabilnost utvrđena je za uzorke ključnog broja 20 02 01 (biorazgradiv otpad) u rasponu od  $0,1 \text{ cm}^2$  do  $15,9 \text{ cm}^2$ . Rezultati za ključni broj 20 02 01 su kao što je navedeno posljedica različitog načina usitnjavanja, ali i raznolikosti same sirovine.

## 5. ZAKLJUČAK

Na temelju pregleda zakonske regulative i analize rezultata laboratorijskih analiza čvrstih biogoriva proizvedenih oporabom otpada zaprimljenog po pojedinim ključnim brojevima proizlaze sljedeći zaključci:

- Postojeća zakonska regulativa omogućuje proizvodnju čvrstih biogoriva iz sirovine koja je zaprimljena kao otpad po pojedinim ključnim brojevima, ali uz uvjet ukidanja statusa otpada sukladno propisanoj proceduri, a na temelju rezultata laboratorijskih analiza kojima se utvrđuje kakvoća proizvoda.
- Ukidanje statusa otpada prilikom uporabe, odnosno u postupku proizvodnje čvrstih biogoriva iz sirovine koja je zaprimljena kao otpad po određenim ključnim brojevima pozitivno utječe na smanjenje količina otpada, ali i na povećanje sirovinske baze za proizvodnju čvrstih biogoriva.
- Oporabom otpada usitnjavanjem moguće je proizvesti kvalitetna čvrsta biogoriva u obliku drvne sječke ili drvnog iverja.
- Najpovoljnija kakvoća u promatranim parametrima (tehnički maseni udio vode, maseni udio pepela, udio fine frakcije) utvrđena je kod čvrstog biogoriva proizvedenog oporabom otpada ključnog broja 15 01 03 (ambalaža od drveta) i ključnog broja 17 02 01 (drvo).
- Najnepovoljnija kakvoća u promatranim parametrima nije jednoznačnog karaktera. S obzirom na tehnički maseni udio vode najlošiji rezultat pokazuje čvrsto biogorivo proizvedeno oporabom otpada ključnog broja 02 01 03 (otpadna biljna tkiva); s obzirom na maseni udio pepela čvrsto biogorivo proizvedeno oporabom otpada ključnog broja 20 02 01 (biorazgradiv otpad), a s obzirom na udio fine frakcije čvrsto biogorivo proizvedeno oporabom otpada ključnog broja 02 01 07 (otpad iz šumarstva).
- Izrazita varijabilnost kod pojedinih čvrstih biogoriva proizvedenih oporabom otpada istog ključnog broja posljedica je varijabilnosti prirode same sirovine, ali i ukazuje na moguće unaprjeđenje stanja pravilnim rukovanjem sirovinom (03 01 05 piljevina, ...) i dodatnim razdvajanjem sirovine (20 02 01 biorazgradiv otpad).

- Za pojedine ključne brojeve kod kojih je utvrđena prisutnost prevelikih čestica koja ima odlučujući utjecaj na nemogućnost klasifikacije u povoljnije razrede granulometrijske strukture čak i u slučaju ujednačenosti glavne frakcije u nižim razredima preporučuje se provesti prosijavanje. Navedeno je posebice bitno kod čvrstih biogoriva proizvedenih oporabom otpada ključnih brojeva koji u ostalim parametrima kakvoće pokazuju zadovoljavajuće ili kao u slučaju ključnog broja 17 02 01 (drvo) iznimne rezultate.



## 6. LITERATURA

1. Abramović, M., 2017: Ukidanje statusa otpada. Završni rad, Sveučilište u Zagrebu Geotehnički fakultet.
2. Fuk B., 2016.: Nusproizvodi, deklasifikacija, ukidanje statusa otpada, Zagreb, Ministarstvo zaštite okoliša i prirode
3. HRN EN 14778:2011 Čvrsta biogoriva – Uzorkovanje
4. HRN EN 14961 – Čvrsta biogoriva – Specifikacije goriva i razredi
5. HRN EN ISO 17827-1:2016 Čvrsta biogoriva – Određivanje granulometrijskoga sastava nekomprimiranog goriva – 1. dio: Metoda oscilacijskog prosijavanja upotrebom sita promjera 3,15 mm i većeg
6. HRN EN ISO 18122:2015 Čvrsta biogoriva – Određivanje udjela pepela
7. HRN EN ISO 18134-2:2015 Čvrsta biogoriva – Određivanje udjela vlage – Metoda sušionika – 2. dio: Ukupna vlaga – Pojednostavljena metoda
8. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, 2017: Pregled podataka o ukidanju statusa otpada i nusproizvodima za 2016. godinu
9. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, 2019: Pregled podataka o ukidanju statusa otpada i nusproizvodima za 2017. godinu
10. NN, 2009: Strategija energetskega razvoja Republike Hrvatske. Narodne novine, NN 130/2009.
11. Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada („Narodne novine“, broj 117/14)
12. Vusić, D., 2013: Pogodnost sustava pridobivanja drvene biomase u smrekovoj šumskoj kulturi. Doktorski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
13. Vusić D., Đuka A., 2015: Značajnost šumske biomase kao obnovljivog izvora energije – utjecaj na sustave pridobivanja drva u Hrvatskoj Savjetovanje CROJFE 2015
14. Vusić D., Kajba D., Andrić I., Gavran I., Tomić T., Plišo Vusić I., Zečić Ž., 2019: Biomass Yield and Fuel Properties of Different Poplar SRC Clones. Croatian journal of forest engineering 40(2): 231 – 238.

15. Vusić, D., Pandur, Z., 2010: Pregled europskih normi za drvno iverje. Nova mehanizacija šumarstva 31: 75–82.
16. Vusić, D., Zečić, Ž., Paladinić, E., 2014: Optimization of energy wood chips quality by proper raw material manipulation. Proceedings Natural resources, green technology & sustainable development, I. Radojčić Redovniković, T. Jakovljević, J. Halambek, M. Vuković, D. Erdec Hendrih (ur.), Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, 159-166
17. Zakon o održivom gospodarenju otpadom ("Narodne novine", broj 94/13, 73/17, 14/19)
18. Zečić Ž., D. Vusić, 2013: Šumski proizvodi. Interna skripta. Sveučilište u Zagrebu Šumarski fakultet u Zagrebu, str. 1-248.