

# Biomasa uklonjenih nasada vinove loze kao izvor energije

---

**Mihalina, Vinko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:886844>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



# **Biomasa uklonjenih nasada vinove loze kao izvor energije**

DIPLOMSKI RAD

Vinko Mihalina

Zagreb, rujan 2021.



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Obnovljivi izvori energije u poljoprivredi

# **Biomasa uklonjenih nasada vinove loze kao izvor energije**

DIPLOMSKI RAD

Vinko Mihalina

Mentor:

doc. dr. sc. Nikola Bilandžija

Zagreb, rujan 2021.



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Vinko Mihalina**, JMBAG 0178111710, rođen 15.07.1997. u Varaždinu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

### **Biomasa uklonjenih nasada vinove loze kao izvor energije**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studenta / studentice*



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## IZVJEŠĆE

### O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Vinko Mihalina**, JMBAG 0178111710, naslova

### **Biomasa uklonjenih nasada vinove loze kao izvor energije**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

- |    |                                |        |       |
|----|--------------------------------|--------|-------|
| 1. | doc. dr. sc. Nikola Bilandžija | mentor | _____ |
| 2. | prof. dr. sc. Neven Voća       | član   | _____ |
| 3. | doc. dr. sc. Željko Andabaka   | član   | _____ |

## **Zahvala**

Zahvaljujem svom mentoru doc. dr. sc. Nikoli Bilandžiji na uloženom trudu, savjetima te pomoći pri izradi ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem profesorima Agronomskog fakulteta koji su mi omogućili da steknem znanje za pisanje ovog diplomskog rada.

Također zahvaljujem svojim roditeljima, obitelji, kolegama i prijateljima na strpljenju, pomoći te podršci tijekom cijelog mog obrazovanja.

## SAŽETAK

U vinogradima se rezidba u zrelo obavlja jednom godišnje s ciljem zadržavanja željenog uzgojnog oblika. Uz rezidbu, nakon značajnijeg obolijevanja ili kraja životnog ciklusa vinove loze provodi se uklanjanje trsova. Oba agrotehnička zahvata rezultiraju pojavom velike količine biomase koju je moguće zbrinuti kroz proizvodnju energije. Dosadašnja istraživanja biomase vinove loze, kao energenta, uglavnom su bazirana na potencijalu rezidbenih ostataka. Rezultati istraživanja pokazali su da uklanjanje trsova vinova loza rezultira pojavom velike količine biomase, od 8,2 t s.t./ha (Merlot) do 9,2 t s.t./ha (Šipon) uz energetske potencijal od 136 GJ/ha (Shiraz) do 168 GJ/ha (Šipon). Vrijednosti pepela od 3,25 % (Shiraz, Šipon) do 3,42 % (Graševina), hlapivih tvari od 76,34 % (Šipon) do 84,80 % (Shiraz) i donje ogrjevne vrijednosti od 17,81 MJ/kg (Graševina) do 18,58 MJ/kg (Shiraz) ukazuju da se uklanjanjem nasada vinove loze može osigurati sirovina zadovoljavajućih energetske karakteristika.

Ključne riječi: biomasa, vinova loza, uklanjanje, energetske potencijal

## SUMMARY

In vineyards, pruning is done once a year, which results in a large amount of pruned biomass. At the same time, after a significant illness or the end of the life cycle of the vine, the vines are taken out. This results in a large amount of biomass that can be disposed of by the direct combustion process. Previous research on grapevine biomass, as an energy source, is mainly based on the potential of pruning residues. The aim of this paper was to determine the mass of total aboveground biomass, fuel properties and energy potential of primary energy per hectare on selected grape varieties (Shiraz, Šipon, Merlot, Graševina). The results of the research showed that the extraction of vines results in the appearance of large amounts of biomass, from 8.2 t d.m./ha (Merlot) to 9.2 t d.m./ha (Šipon) with energy potential from 136 GJ / ha (Shiraz) to 168 GJ / ha (Šipon). Values of ash from 3.25% (Shiraz, Šipon) to 3.42% (Graševina), volatile substances from 76.34% (Šipon) to 84.80% (Shiraz) and lower calorific values from 17.81 MJ / kg (Graševina) to 18.58 MJ / kg (Shiraz) show that the extraction of vineyards can provide the raw material with good energy characteristics.

Key word: biomass, vine, removal, energy potential



# Sadržaj

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. PREGLED LITERATURE.....</b>	<b>3</b>
2.1. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE.....	3
2.2. BIOMASA .....	5
2.2.1. <i>Biomasa trajnih nasada .....</i>	<i>6</i>
2.2.1.1. Orezana biomasa u vinogradima.....	7
2.2.1.2. Orezana biomasa u voćnjacima i maslinicima .....	9
2.3. PRIKUPLJANJE, PRERADA TE KORIŠTENJE BIOMASE.....	12
2.3.1. <i>Prikupljanje orezane biomase .....</i>	<i>12</i>
2.3.1.1. Biobaler WB-55 Anderson .....	14
2.3.1.2. Samokretni stroj za rezidbu i usitnjavanje biomase „Speedy cut“ .....	14
2.3.2. <i>Prikupljanje biomase uklonjenih nasada .....</i>	<i>15</i>
2.3.2.1. Sušenje biomase trajnih nasada.....	16
2.3.3. <i>Peletiranje orezanih ostataka .....</i>	<i>17</i>
2.3.3.1. Linije za peletiranje .....	18
2.3.3.2. Peći na pelete.....	19
2.4. BIOMASA TRAJNIH NASADA KAO ENERAGENT .....	21
2.5. TRAJNI NASADI U HRVATSKOJ .....	24
2.6. PRIMJER DOBRE PRAKSE .....	25
<b>3. CILJ ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>26</b>
<b>4. MATERIJALI I METODE.....</b>	<b>27</b>
4.1. MATERIJALI .....	27
4.1.1. <i>Lokacije uzorkovanja biomase.....</i>	<i>27</i>
4.2. METODE .....	29
4.2.1. <i>Uklanjanje, vaganje i uzorkovanje .....</i>	<i>29</i>
4.2.2. <i>Udio vode .....</i>	<i>29</i>
4.2.3. <i>Sadržaj pepela .....</i>	<i>30</i>
4.2.4. <i>Sadržaj koksa.....</i>	<i>30</i>
4.2.5. <i>Fiksirani ugljik.....</i>	<i>31</i>
4.2.6. <i>Ogrjevna vrijednost .....</i>	<i>31</i>
4.3. PRORAČUN POTENCIJALA .....	32
4.3.1. <i>Teoretski potencijal .....</i>	<i>32</i>
4.3.2. <i>Tehnički potencijal.....</i>	<i>32</i>
4.3.3. <i>Energetski potencijal .....</i>	<i>33</i>

<b>5. REZULTATI I RASPRAVA .....</b>	<b>34</b>
5.1. SADRŽAJ VLAGE .....	34
5.2. SADRŽAJ PEPELA .....	35
5.3. SADRŽAJ KOKSA .....	36
5.4. FIKSIRANI UGLJIK .....	37
5.5. HLAPIVE TVARI .....	38
5.6. DONJA OGRJEVNA VRIJEDNOST .....	39
5.7. LIGNOCELULOZNI SASTAV .....	40
5.8. POTENCIJALNA DOSTUPNOST BIOMASE .....	43
5.9. TEORETSKI, TEHNIČKI I ENERGETSKI POTENCIJAL ANALIZIRANIH SORATA .....	44
<b>6. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>45</b>
<b>7. POPIS LITERATURE .....</b>	<b>46</b>
<b>ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>52</b>

# 1. Uvod

U današnje vrijeme javlja se sve veća potražnja za energijom iz obnovljivih izvora energije zbog smanjivanja zaliha fosilnih goriva. Uz već poznate i raširene postupke dobivanja energije iz obnovljivih izvora (vjetroelektrane, solarne elektrane, hidrocentrale) javlja se i velika zainteresiranost za energijom dobivenom iz biomase. Biomasa predstavlja veliki potencijal u proizvodnji energije iz obnovljivih izvora, pod kojom se ubraja i ona poljoprivrednog podrijetla. Prema Bilandžiji i sur. (2014) poljoprivredna biomasa može se podijeliti na biomasu (I) ratarske proizvodnje (sijeno, slama, stabljike, kukuruzovina, oklasak, ljuške ratarskih kultura), (II) voćarsko vinogradarske proizvodnje (orezani ostatci trajnih nasada), (III) iz prerade i dorade poljoprivrednih sirovina u prehrambenoj industriji (komina grožđa, komina masline, komina uljarica, koštice voća, ljuške jezgričavog voća), (IV) iz povrćarstva i ukrasne hortikulture (otpad iz vrtova i parkova), (V) stočarske proizvodnje (gnoj, gnojnica, klaonički otpad, otpad u ribarstvu, mesno-koštano brašno), (VI) energetske kulture (*Miscanthus sp.*, *Arundo donax*, sudanska trava, divlje proso).

Ratarska proizvodnja fokusirana je na proizvodnju zrna iz različitih biljaka. Slama žitarica i kukuruzovina mogu se koristiti za proizvodnju druge generacije biogoriva i ubraja se u sirovinu lignoceluloznog sastava, koji uključuje hemicelulozu, celulozu i lignin. Jedna od najvažnijih odlika lignocelulozne biomase je čvrstoća stabljike, zapaljivost, biorazgradivost i reaktivnost. Prosječno lignocelulozna masa ima 40-60% celuloze, 20-40% hemiceluloze te 10-25 % lignina (Grubor i sur., 2015.). Pšenična slama ima ogrjevnu vrijednost od 14,5 MJ/kg pri sadržaju vlage od 15%. Kod merkantilnog kukuruza ogrjevna vrijednost za oklaske iznosi 11,5 do 17 MJ/kg ovisno o količine vode, dok je prosječna ogrjevna vrijednost kod lišća i stabljike oko 15,3 MJ/kg pri 20% vlage (Dobričević i sur., 1999.) Uz korištenje ratarske biomase sve više se koriste i uzgajaju energetske kulture. Glavni cilj uzgoja energetske kulture je uzgoj sirovine koja je namijenjena isključivo za preradu u energiju. Energetske kulture mogu biti jednogodišnje i višegodišnje (Drvodelić, 2015.). Kod uzgoja energetske kulture najbitniji faktor isplativosti je prinos njihove ukupne mase. Energetske kulture mogu biti zamjena poljoprivrednim kulturama koje se uzgajaju na tlima lošije kvalitete te ne donose profit proizvođaču (Drvodelić, 2015.). Proizvodnja energetske kulture manje je zahtjevna spram konvencionalnih kultura jer se primjenjuje manje pesticida i manje mineralnih gnojiva što je ujedno i dobro za okoliš (Drvodelić, 2015.). Visoki udio lignina i celuloze koji se nalazi u strukturi ovih biljaka veoma je poželjan

kod proizvodnje energije, pogotovo ako se energija proizvodi direktnim izgaranjem. Ako se biljke koriste za proizvodnju bioetanola ili bioplina iste se prikupljaju prije kraja vegetacijske sezone ili na samom kraju zbog većeg sadržaja vlage te manjeg sadržaja lignina (Lewandowski i sur., 2003.). Nakon rezidbe u nasadima voćnjaka, maslinika i vinograda ostaje velika količina orezane granjevine i rozgve (Sito i sur., 2010.). Drvna masa koja nakon rezidbe ostane razbacana po tlu može biti potencijalno stanište za različite štetnike i izvor zaraze, a i isto tako otežava prolaz strojevima i obavljanje drugih agrotehničkih mjera (Spinelli i sur., 2009.). Ujedno, biomasa nakon uklanjanja nasada (životni ciklus ili napad bolesti) predstavlja veliki problem za zbrinjavanje. Potencijalnu energiju koja se nalazi u orezanoj biomasi moguće je racionalno energetske koristiti samo ako se pravilno prikupi i doradi. Nažalost, još uvijek je prisutan trend da se orezana biomasa spaljuje izvan nasada te se na taj način znatan energetske potencijal nepovratno gubi. Prikupljanje orezanih ostataka se provodi specijaliziranom mehanizacijom koja može biti vučena, nošena ili samokretna (Bilandžija i Sito, 2016.). Obzirom na konverziju u korisne oblike energije, orezana biomasa se najčešće koristi u vidu peleta i briketa za proizvodnju toplinske i/ili električne energije (Bilandžija, 2012.).

## 2. Pregled literature

### 2.1. Obnovljivi izvori energije

Konvencionalni (neobnovljivi) izvori energije koji su bazirani na nafti, ugljenu i prirodnom plinu dokazali su se veoma korisni za pokretanje ekonomskog napretka, ali na štetu okoliša i zdravlja ljudi. Izvori energije podijeljeni su u tri kategorije: fosilna goriva, obnovljivi izvori i nuklearni resursi. S obzirom na to da se zalihe fosilnih goriva u svijetu smanjuju sve se više pažnje posvećuje obnovljivim izvorima energije. U proteklih nekoliko godina obnovljivi izvori energije su drastično povećali udio u tržištu energije na globalnoj razini (Edenhofer i sur., 2013.). Potencijal obnovljivih izvora energije je golem jer oni mogu u potpunosti osigurati svjetsku potrebu za energijom. Biomasa, vjetar, solarna energija, hidro energija i geotermalni izvori mogu osigurati održivu opskrbu energijom, baziranu na resursima koji su dostupni ljudima, a da se pri tom ne oštećuje okoliš u većoj mjeri. Prebacivanje na obnovljive izvore energije sve je očiglednije jer je cijena izgradnje solarnih elektrana i vjetroelektrana pala za 30% u zadnjih 30 godina te i dalje nastavlja padati. Nadalje, ekonomija i politika sve više podržava ovakve izvore energije. Postaje jasno da će se u narednim godinama energetske sektor razvijati na bazi obnovljivih izvora (Herzog i sur., 2001.). Sustavi koji proizvode energiju iz obnovljivih izvora obično se rade na manjoj razini (lokalnoj), što dovodi do decentralizacije proizvodnje energije kakvu imamo danas. Na ovaj način izbjegli bi se veliki gubici tijekom transporta energije i smanjili troškovi energetske infrastrukture. Na lokalnoj razini mogle bi se graditi vjetroelektrane, bioplinska postrojenja, kotlovnice na biomasu, male hidroelektrane te mnogi drugi proizvođači energije (Herzog i sur., 2001.). Obnovljivi izvori energije trenutno zadovoljavaju 14% ukupne svjetske potrošnje energije (uključuje biomasu, geotermalnu, solarnu, hidroenergiju i energiju vjetra). U trenutnoj strukturi opskrbe obnovljivom energijom dominira drvo koje se koristi za ogrjev i kuhanje, pogotovo u zemljama Afrike, Azije i Južne Amerike. Hidroelektrane proizvode 20% ukupne električne energije u svijetu. Novi izvori energije (sunce, vjetar, bio-energija, geotermalna, male hidroelektrane) trenutno pridonose sa 2% na globalnoj razini. Mnogo scenarija upućuje na to da bi se ovaj postotak na svjetskoj razini kroz 10 godina mogao podići na 10%, a u drugom dijelu 21. stoljeća bi ovaj postotak mogao doseći od 20% do čak 50% ako se počnu provoditi svi zakoni i odredbe (Herzog i sur., 2001.).

Tablica 1. Obnovljivi izvori energije i njihovo korištenje (Panwar i sur., 2011.)

Izvor energije	Korištenje
Hidroenergija	Proizvodnja električne energije
Biomasa	Proizvodnja toplinske i električne energije, piroliza, fermentacija (bioplin), biogoriva
Geotermalna energija	Proizvodnja toplinske energije i električne energije, zagrijavanje vode
Solarna energija	Opskrba kućanstva električnom energijom, solarne sušare, zagrijavanje vode
Energija vjetra	Proizvodnja električne energije, vodene pumpe, generatori

Ovakvi izvori energije mogli bi riješiti opskrbu energije na lokalnoj razini, opskrbu vodom, povećati standard života, otvoriti nova radnja mjesta, omogućiti razvitak zabačenih i nerazvijenih dijelova svijeta te smanjiti onečišćenje okoliša (Panwar i sur., 2011.). Udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije u Republici Hrvatskoj u 2019. Iznosio je 33,6 %. U ukupnoj proizvodnji električne energije u Hrvatskoj obnovljivi izvori sudjelovali su sa 72,4%, od toga 56,3 % otpada na velike hidroelektrane, dok je 16,1% proizvedeno iz ostalih obnovljivih izvora (vjetar, male hidroelektrane, biomasa, geotermalna energija, bioplin i fotonaponski sustavi). U ukupnoj potrošnji električne energije u Hrvatskoj, električna energija iz obnovljivih izvora sudjelovala je sa 51,9%. U 2018. se potrošnja biomase u energetske svrhe povećala za 2,8%, dok se udio biogoriva u motornim gorivima povećao za 1,4%.

## 2.2. Biomasa

Prema članku broj 3. zakon o energiji (NN 68/2001, 177/2004, 76/2007, 152/2008, 127/2010), biomasa je biorazgradivi dio proizvoda, ostataka i otpadaka od poljoprivrede (uključivo s biljnim i životinjskim tvarima), šumarstva i drvne industrije, kao i biorazgradivi dio komunalnog i industrijskog otpada čije je energetske korištenje dopušteno. Najveći dio biomase, one šumskog podrijetla, danas se koristi za direktno izgaranje. Uz korištenje za direktno izgaranje sve se više pažnje pridodaje proizvodnji bioplina, biodizela i bioetanol. Biodizel i bioetanol se koriste u motorima s unutarnjim izgaranjem (pogon motornih vozila) uz miješanje sa fosilnim gorivima. Bioplin se proizvodi procesom anaerobne fermentacije biomase koja ima veći postotak vlage. Produkt anaerobne fermentacije biomase je metan koji se koristi u kogeneracijskim postrojenjima za dobivanje toplinske i električne energije (Drvodelić, 2015.). Kako biomasa pripada obnovljivim izvorima energije, ona ima veliki potencijal u proizvodnji energije i goriva (Liu i sur., 2014.). Korištenje biomase pridonosi očuvanju fosilnih izvora energije (nafta, prirodni plin, ugljen) te omogućuje CO<sub>2</sub> neutralnu proizvodnju energije odnosno CO<sub>2</sub> siromašnu proizvodnju energije.

Prednosti korištenja biomase su različita:

- Biomasa je CO<sub>2</sub> neutralna jer biljke tijekom svojeg životnog ciklusa usvajaju CO<sub>2</sub> iz atmosfere te ga ugrađuju u sebe (Munir i sur., 2009.).
- Biomasa ima nizak sadržaj sumpora i dušika, što rezultira malom emisijom NO<sub>x</sub> i SO<sub>2</sub>, plinova koji su štetni za atmosferu (Li i sur., 2009.).
- Biomasa je neovisan izvor energije, tj. smanjuje se potreba za uvozom energenata što rezultira poboljšavanju državne energetske i ekonomske stabilnosti (Demirbas, 2008.).
- Drvna i poljoprivredna industrija stvaraju velike količine biomase koja nema daljnje korištenje. Korištenjem iste za dobivanje energije povećava se ekonomska vrijednost i konkurentnost sa fosilnim gorivima (Garcia i sur., 2012.).

S druge strane, nedostaci korištenja biomase su:

- Visoka vlaga, visok sadržaj hlapivih tvari, higroskopnost, nizak sadržaje energije, nizak sadržaj fiksiranog ugljika te niska ogrjevna vrijednost (Martin-Lara i sur., 2017.). Ova svojstva odgovorna su za negativan učinak na logistiku (rukovanje, prijevoz i skladištenje) te na nisku energetske iskoristivost (Sanchez i sur., 2016.).

### **2.2.1. Biomasa trajnih nasada**

Orezana biomasa spada u ostatke poljoprivredne industrije nastale tijekom proizvodnje hrane za ljude. Energetski potencijal ove biomase može imati značajan utjecaj na lokalnoj razini zbog korištenja biomase u područjima koja su u neposrednoj blizini prikupljanja (Dyakon, 2014.). U Europskoj uniji je 2015. godine bilo zasađeno oko 3,2 milijuna hektara vinograda. Voćnjaci su 2017. u Europskoj uniji zauzimali površinu od 1,3 milijuna hektara, dok su maslinici iste godine zauzimali 3,6 milijuna hektara. Voćnjaci, vinogradi te maslinici se najčešće jednom godišnjem orezuju da bi se održalo zdravlje biljaka te povećao prinos. Tijekom procesa orezivanja ostaje velika količina orezane biomase koja najčešće spaljuje na otvorenom ili se melje (malčira) te koristi kao pokrov (Garcia Galindo i sur. 2016.). Ručno iznošenje orezanih ostataka izvan nasada zahtijeva mnogo ljudskog rada, a na kraju se ostatci pale te poljoprivrednici ne razmišljaju o dodatnoj zaradi ukoliko bi se ta masa iskoristila, a ne spalila na otvorenom (Sito i sur., 2010.). Europska unija donosi zakone i norme koje bi smanjile emisiju stakleničkih plinova, ponajviše CO<sub>2</sub>. Jedan od glavnih ciljeva je korištenje veće količine sirovine iz obnovljivih izvora energije koji uključuju orezanu biomasu. Biljke tijekom svojeg životnog ciklusa i rasta usvajaju atmosferski CO<sub>2</sub> te ga fiksiraju unutar svojih vegetativnih organa (Garcia Galindo i sur. 2016.). Gledajući s ekološke strane glavna razlika između fosilnih goriva i obnovljivih izvora energije je upravo CO<sub>2</sub> neutralnost. Nadalje, većina europskih zemalja ovisi o uvozu energije jer nemaju dovoljno vlastitih izvora. Uz postavljanje kvalitetnih i sigurnih lanaca opskrbe na lokalnoj razini velika je vjerojatnost da se može ostvariti samodostatnost lokalnih jedinica. Orezana biomasa ima karakterističan kemijski sastav i fizički oblik koji se veoma razlikuje u odnosu na fosilna goriva. Temeljne karakteristike orezane biomase su njezina heterogenost, mala specifična težina i visoka vlaga. Najveći utjecaj na prinos orezane biomase po stablu/trsu imaju fiziološke osobine biljke, starost nasada, agrotehničke mjere koje se provode u nasadu, tehnika rezanja te uzgojni oblik. S obzirom da se u trajnim nasadima provode dva tipa reza (rez u zrelo i rez u zeleno) javljaju se dvije vrste orezane biomase koje imaju različita svojstva. Za korištenje u energetske svrhe trebala bi se koristiti biomasa iz reza u zrelo, zbog nižeg sadržaja vlage i manje količine celuloze u odnosu na ostatke od reza u zeleno (Živković i sur., 2007.).





Slika 1. Biomasa nakon uklanjanja nasada vinove loze  
(N. Bilandžija, 2020.)

#### **2.2.1.1. Orezana biomasa u vinogradima**

Zastupljenost vinove loze u strukturi svih trajnih nasad u Republici Hrvatskoj je relativno visoka. Vinova loza tijekom svojeg životnog ciklusa (od sadnje do venuća) zahtijeva rezidbu svake godine. Orezivanje vinove loze provodi se da bi se trs oblikovao prema željenom uzgojnom obliku, uklonili bolesnu rozgvu (osušene, bolesne, smrznute dijelove trsa), ubrzalo vrijeme sazrijevanja grožđa, regulirali prinos po trsu te ostvarili povoljan odnos između lisne površine i korijena. (Sito i sur., 2010.). Rezultat rezidbe vinove loze su velike količine biomase koju je moguće iskoristiti u energetske svrhe.



Slika 2. Orezana biomasa vinove loze

(<https://www.evineyardapp.com/blog/2018/02/28/what-to-do-with-the-vine-prunings-after-dormant-pruning/>)

U tablici 2 prikazan je prosječni prinos orezane biomase po hektaru i trsu različitih sorti grožđa.

Tablica 2. Prinos orezane biomase u odnosu na sortu vinove loze

Sorta	Površina (ha)	Prinos (t ha <sup>-1</sup> )	Prinos po stablu (kg/stablu)	Način rezidbe	Izvor:
Cabernet sauvignon	/	4,18	1,09	Ručno	Manzone i sur., 2016.
Merlot	1,59	1,70	/	Ručno	Spinelli i sur., 2012.
Kardinal	/	2,7	1,026	Ručno	Živković i sur., 2007.
Prosecco	4,29	5,6	/	Ručno	Magagnotti i sur., 2013.

### 2.2.1.2. *Orezana biomasa u voćnjacima i maslinicima*

Kao i u vinogradima, rezidba u voćnjacima i maslinicima obavlja se minimalno jednom godišnje. Rezidba voćaka i maslina predstavlja obaveznu agrotehničku mjeru koja je prilagođena kako biološkim osobinama svake vrste, tako i sorte. Predstavlja veoma bitnu mjeru njege nasada odnosno postizanja prinosa. U voćnjacima i maslinicama obavlja se za vrijeme mirovanja vegetacije (rez u zrelo) i tokom vegetacije (rez u zelenu), isto kao i u vinogradima. U suvremenim voćnjacima i maslinicima koji su u intenzivnom sustavu proizvodnje, rezidba rezultira velikom količinom biomase, koja se može koristiti u različite svrhe (Radojević i sur., 2007.). U strukturi trajnih nasada u Republici Hrvatskoj voćnjaci zauzimaju najveće površine. Maslinici su zastupljeni u manjoj mjeri, ali sve jedno zauzimaju znatnu površinu. Kod starijih nasada voćaka i maslina postiže se veći prinos orezane biomase po hektaru nego kod vinove loze jer su voćke i masline bujnije te imaju veći habitus.



Slika 3. Orezana biomasa u voćnjaku

<https://www.mondomacchina.it/en/agripellet-in-puglia-raising-the-value-of-residual-biomass-c1988>

U tablici 3. prikazani su literaturni navodi potencijalne dostupnosti orezane biomase voćnih vrsti.

Tablica 3. Prosječan prinos orezane biomase voćaka i maslina po stablu i hektaru

Vrsta	Razmak sadnje (m)	Broj stabala po hektaru (stabla/ha)	Prosječan prinos biomase po stablu (kg)	Ukupan prinos biomase po hektaru (teorijski) (kg/ha)	Izvor:
Šljiva	/	500	7,67	3840	Živković i sur., 2007.
Jabuka	/	1250	3,1	3875	Dyjakon i sur., 2016.
Lijeska	5,5 x 3,0	606	3,05	1848	Bilandžija i sur., 2012.
Maslina	/	/	6,271	1003	Velazquez-Marti i sur., 2011.
Kruška	/	550	2,9	1580	Bisaglia i sur., 2018.

Prema tablici 3. vidljivo je da jabuka ima najveću gustoću sadnje od svih navedenih vrsta, te samim time ima i najveći prinos orezane biomase koji iznosi 3875 kilograma po hektaru, iza jabuke slijedi šljiva koja ima biomase od 2055 kilograma po hektaru, u tablici 3 vidljivo je da lijeska zauzima treće mjesto sa prinosom od 1848 kilograma po hektaru. Ove voćne vrste slijedi maslina koja ima prinos od 1003 kilograma po hektaru.

### **2.2.1.3. Biomasa uklonjenih nasada**

Nasade vinove loze, maslina i voćaka potrebno je obnavljati tijekom određenog vremenskog perioda. Razlog tome može biti napad bolesti, svršetak životnog ciklusa te promjena potražnje na tržištu. Nasadi voćaka obično imaju kraći vijek trajanja ( prosjek 10-20 godina), vinova loza ima prosječni vijek trajanja oko 30 godina te najviše imaju masline sa vijekom trajanja oko 40 godina. Uklanjanje i uništavanje trajnih nasada moguće je podijeliti na 3 mogućnosti:

1. Uklanjanje cijelog stabla, mljevenje i daljnja prerada
2. Rušenje nadzemnog dijela biljke za preradu usitnjavanjem i mljevenjem
3. Integrirano rušenje sa mljevenjem i usitnjavanjem



Slika 4. Usitnjavanje uklonjene biomase na mjestu uklanjanja

*(<https://cfsagriculture.com/services/orchard-removal/>)*

Uklanjanje nasada rezultira velikom količinom biomase koju je moguće iskoristiti za dobivanje energije procesom direktnog izgaranja. Problem kod ove vrste biomase je njezina mala specifična težina. Ovakvu vrstu biomasu potrebno je usitniti ili samljeti na mjestu uklanjanja ili u neposrednoj blizini istog. Nadalje, kod uklanjanja cijelog stabla/trsa javljaju se primjese (šljunak, zemlja) koje se nalaze na podzemnom i početku nadzemnog dijela (<http://hr.up-running.eu/wp-content/uploads/sites/12/2019/07/1.-Monografija>).

## 2.3. Prikupljanje, prerada te korištenje biomase

### 2.3.1. Prikupljanje orezane biomase

Prikupljanje orezane biomase često može biti zahtjevno zbog nepristupačnih terena na kojima se nalaze voćnjaci i vinogradi, te zbog male specifične mase orezanih ostataka. Prikupljanje se dijeli na ručno i mehanizirano. Ručno skupljanje teško je izvedivo u velikim nasadima zbog prevelikog utroška ljudskog rada te se sve više koristi sakupljanje sa strojevima predviđenim za tu namjenu ili sa strojevima koji su prerađeni.

Mehanizirano skupljanje ostataka može obaviti sa:

1. Traktorskim vilama – najjednostavniji oblik mehaniziranog iznošenja orezane biomase iz vinograda i voćnjaka. Montira se kao zasebni priključak ili kao nastavak za prednji utovarivač (Sito i sur., 2010.).
2. Prikupljanje i prešanje u kockaste bale – traktor pogoni posebnu izvedbu preše koja na sebi ima uređaj za prikupljanje mase koja se nalazi na podu (Spinelli i sur., 2009.), uređaj za sakupljanje sakuplja masu te ju ubacuje u prešu gdje se odvija zbijanje i vezanje mase te na kraju izlazi kockasta bala.



Slika 5. Prikupljanje i prešanje orezanih ostataka u vinogradu  
(Spinelli i sur., 2009.)

3. Prikupljanje i prešanje u okrugle bale- traktor pogoni prešu koja na sebi imaju uređaj za sakupljanje (isto kao i kod kockastih preša), uređaj sakuplja masu sa poda te ju ubacuje u prešu u kojoj se odvija zbijanje i vezanje (Spinelli i sur., 2009.).



Slika 6. Preša za prikupljanje i prešanje orezanih ostataka u okrugle bale  
(Spinelli i sur., 2009.)

4. Sakupljač sa drobilicom i vrećom – ova vrsta uređaja za sakupljanje može biti izvedena kao samohodna ili kao priključak, najčešće kao priključak koji se pogoni preko traktora. Sakupljač na sebi ima uređaj za sakupljanje kao i preša, ali nakon podizanja mase sa tla ta masa se usitnjava te se transportira u vreću koja služi kao spremnik (Spinelli i sur., 2009.).



Slika 7. Sakupljač i drobilica orezanih ostataka  
(Spinelli i sur., 2009.)

### 2.3.1.1. *Biobaler WB-55 Anderson*

Biobaler WB-55 je uređaj koji služi za usitnjavanje i prešanje biomase. Nastao je modificiranjem preše za okrugle bale uz dodatak uređaja za usitnjavanje odmah iza pick-upa. Stroj u jednom proходу pokuplja, usitnjava te preša različite vrste bilja, grmlja, grana i drvenastih kultura. Vuče ga traktor minimalne snage 150 kW (200 KS) koji ga pogoni preko kardanskog vratila. Širina pick-upa i malčera iznosi 2,25 metara. Biobaler ima fiksnu komoru u kojoj sabija bale dimenzija 1,2 x 1,2 metara, sustav vezanja bala je automatski te za vezanje koristi biorazgradivo ili sintetičko vezivo. Biobaler ima učinak do 40 bala po satu u nasadima te 15-18 bala po satu u prirodnom okolišu (šuma, raslinje). Može pokupljati i usitnjavati grane i bilje do 15 centimetara debljine. Svaka bala sadrži 1 MWh energije ovisno o vrsti biomase.



Slika 8. Biobaler WB-55 Anderson

([http://firmylesne.pl/lista/technika-lesna/pokaz/biobaler\\_wb-55,3893](http://firmylesne.pl/lista/technika-lesna/pokaz/biobaler_wb-55,3893))

### 2.3.1.2. *Samokretni stroj za rezidbu i usitnjavanje biomase „Speedy cut“*

Na slici 6. prikazan je „Speedy cut“, stroj koji obavlja rezidbu i usitnjavanje orezane biomase u jednom proходу. Rezidbu obavlja pomoću višestrukih diskova koji se nalaze na poluzi. Polugu je moguće podesiti po visini i kutu reza ovisno o vrsti nasada u kojem stroj radi. U prvom koraku prikupljanja diskovi režu rozgvu sa stabljike te ju preko prikupljajuće ploče transporterom dopremaju do uređaja za usitnjavanje. Nakon što se biomasa usitni u uređaju za usitnjavanje ista se transportira u spremnik koji se nalazi na stražnjem dijelu stroja. Prema brošuri proizvođača, orezivanje i usitnjavanje obavlja se brzinom od 1,2 do 2,8 km/h (Spinelli i sur., 2011.).





Slika 9. Samohodni stroj „Speedy cut“

(<https://www.freshplaza.com/article/9294885/the-speedy-cut-pruner-features-fast-and-environmentally-friendly-technology/>)

### **2.3.2. Prikupljanje biomase uklonjenih nasada**

Prikupljanje biomase od uklanjanja nasada može se obavljati na više načina. Najbitniji i nezamjenjiv dio svakog od navedenog sustava je stroj za usitnjavanje mase. Ovakvi sustavi zahtijevaju uređaje velike snage s kojima je moguće usitniti cijelo stablo ili dijelove stabla.

Prikupljanje i uklanjanje drva iz trajnih nasada može se podijeliti u 3 glavne kategorije:

1. Uklanjanje cijelih stabala/trsova, usitnjavanje te daljnja prerada – stabla se najčešće uklanjaju sa bagerima i rovokopačima, nakon uklanjanja cijelih biljaka (i podzemnog i nadzemnog dijela) ostatci se stavljaju na hrpu. Biomasa se zatim transportira u pogone za preradu ili se usitnjava na licu mjesta sa posebnim strojevima. Kod ovakvog tipa uklanjanja stabla/trsova najveći problem predstavlja zemlja koja ostaje na korijenu. Zemlju koja se nalazi na korijenu potrebno je otresti ili ukloniti jer ona smanjuje ogrjevnu vrijednost sirovine.



Slika 10. Uklanjanje cijelog trsa

(<https://www.vinesight.com.au/vineyard-removal-wangaratta>)

2. Uklanjanje nadzemnog dijela – kod ove operacije uzima se samo nadzemni dio stabla/trsa. Nadzemni dio se ručno ili mehanizacijom odstranjuje te se prikuplja i odvozi na hrpu. Kod ovog načina kvaliteta biomase za energetske iskoristivost puno je veća jer nema primjesa kao što su zemlja i kamenje jer se korijen ne uzima. Nedostatak ovog načina je taj što korijenje ostaje u zemlji te ga je kasnije potrebno ukloniti ako se na istoj površini želi podići novi trajni nasad
3. Integrirano uklanjanje i usitnjavanje – koriste se posebni strojevi koji u jednom proходу obavljaju više operacija. Na prednjem dijelu stroj ima uređaj za usitnjavanje koji u proходу uzima stablo/trs, usitnjava masu te ju ubacuje u transportni uređaj koji se nalazi u sklopu stroja ili ga stroj vuče kao zasebni priključak  
(<http://hr.up-running.eu/wp-content/uploads/sites/12/2019/07/1.-Monografija>).

### **2.3.2.1. Sušenje biomase trajnih nasada**

Sljedeći korak nakon prikupljanja i manipulacije biomase je njeno sušenje, sušenje je potrebno obaviti zbog lakšeg skladištenja biomase te povećanja iskoristivosti iste. Sušenje je proces u kojem se biomasi kroz proces isparavanja smanjuje vlaga. Neposredno nakon rezidbe sadržaj vlage u rozgvi prosječno iznosi od 35 do 40%, nekad i više ovisno o fenofazi u kojoj se rezidba provodi. Sušenje može biti prirodno ili

umjetno. Kod sušenja u sušari biomasa je na 20% kroz 5 dana, dok se prirodno sušenje provodi minimalno dvadeset dana ovisno o vremenskim uvjetima (Velazquez-Martí i sur., 2011.). Kod prirodnog sušenja na otvorenom uspjeh najviše ovisi o vremenskim prilikama. Ukoliko nisu raspoložive sušare u kojima se može sušiti ovakva biomasa trebalo bi je prirodno sušiti u natkrivenim prostorima (hale, spremišta) kako bi se biomasa bolje osušila i ne bi ovisila o vanjskim vremenskim uvjetima. Prednost sušenja na otvorenom su smanjeni troškovi te manji utrošak energije. Sušenje u sušarama (umjetno) do 10% do 15% vlage se ne preporučuje zbog nerentabilnosti troškova i velikog utroška energije (Maciejewska i sur., 2006.). Sušenje pridonosi boljim svojstvima biomase, smanjuje se osjetljivost na truljenje, povećavaju goriva svojstva te smanjuje mikrobiološka aktivnost. Sve navedene prednosti omogućuju i lakše skladištenje te olakšani transport i manipulaciju. Ukoliko se biomasa prerađuje u pelete ili brikete, sadržaj vlage u istoj trebao bi biti od 12% do 17% (Maciejewska i sur., 2006.).

### **2.3.3. *Peletiranje orezanih ostataka***

Peletiranje je tehnološki proces kod kojeg se biomasa sabija u granulat (pelete) promjera 2-5 centimetara. Ovo omogućava smanjivanje volumena biomase te omogućava lakšu manipulaciju i bolje iskorištenje. Tipična proizvodnja peleta za direktno izgaranje sastoji se od predtretmana ovisno o vrsti biomase. Nakon tretmana biomasa se ubacuje u matricu i pelete se ekstrudiraju izvan matrice. Sljedeći korak je hlađenje (Pradhan i sur., 2018.). Prosječna temperatura peleta (zbog visokog pritiska) pri izlazu iznosi između 100 i 120 °C te se zbog toga peleti moraju ohladiti prije pakiranja (Brkić i sur., 2008.). Vlaga sirovine za proizvodnju peleta je važan parametar jer ima direktan utjecaj na proces peletiranja jer olakšava prijenos topline i trenje (Back, 1987.). Ako je sadržaj vlage prenizak dolazi do povećanog trenja između sirovine i matrice što rezultira povećanom potrošnjom energije pri radu peletirke i može dovesti do začepjenja matrice (Resch, 1982.). Sadržaj vlage također je važan za toplinsko omekšavanje i samovezivanje pojedinih čestica u peletima. Mehaničke karakteristike peleta uvelike ovise o veličini i obliku pojedinih čestica sirovina koje se koriste za proizvodnju istih. Velike čestice nije moguće sabiti do te gustoće kao manje čestice. Uz nemogućnost dovoljnog sabijanja, prevelike čestice mogu dovesti do zagušivanja matrice. Osnovna

svojstva peleta kao što su sadržaj vlage, gustoća peleta, čvrstoća i trajnost ovise o sastavu sirovina koja se koristi, predtretmanima te procesu peletiranja (Rhen i sur., 2005.)



Slika 11. Ogrjevni peleti

<https://frigosan.hr/novosti/cijene-peleta-i-gdje-kupiti-pelete>

#### **2.3.3.1. Linije za peletiranje**

Tvrtka Caeb International razvila je EPS line uređaj koji služi za peletiranje orezanih ostataka iz vinograda. Uređaj se pogoni preko elektromotora ili preko priključnog vratila traktora. U uređaj se stavljaju orezani ostaci koji su prethodno sabijeni u balu. Veoma je bitno da je bala mekanije sredine kako bi se olakšalo sušenje orezane biomase i kako bi se smanjila pojava plijesni. Uređaj se sastoji od pogonskog sklopa, usitnjavača, separatora, ventilatora za prašinu, matrice i pokretne trake za transport peleta. Nakon stavljanja bale u peletirku usitnjavač usitnjava balu kako bi se dobili komadići manjeg promjera te tako olakšao (omogućio) proces peletiranja. Nakon usitnjavanja materijal pod velikim pritiskom prolazi kroz matricu iz koje izlaze peleti promjera 6 milimetara. Uređaj za peletiranje ima kapacitet 100 kg/ha (+/- 20%) ovisno o karakteristikama biomase koja se peletira. Linija je vrlo jednostavna za sklapanje i sastavljanje što omogućuje brzu promjenu lokacije (<https://caebinternational.it/en/>).



Slika 12. Sustav za peletiranje orezane biomase EPS

<https://caebinternational.it/en/professional-line---eps.html>

### 2.3.3.2. Peći na pelete

Peći na pelete koriste pelete kao energent za dobivanje toplinske energije procesom direktnog izgaranja, tj. proizvedena energija u ložištu koristi se kao izvor topline. Prednost ovakvih veći je njihova velika energetska iskoristivost te lakša manipulacija energentom naspram klasičnim pećima na drva. Tvrтка Senko proizvodi peći koje koriste pelete kao gorivo za dobivanje toplinske energije procesom direktnog izgaranja. Kako bi peć normalno radila potrebno je osigurati pelete visoke kvalitete. Peleti moraju biti cilindrični sa konstantnim promjerom, promjer im mora biti između 5 i 6 milimetara te moraju imati duljinu od 10 do najviše 40 milimetara. U pakiranju ne smije biti previše prašine. Senko peć na pelete konstruirana je da bi zagrijala stambene prostore. Središte peći i nosiva konstrukcija izrađeni su od čeličnog lima. Ložište je opremljeno vratima sa vatrootpornim staklom. Peć ima mogućnost automatskog doziranja peleta putem dozatora. U dozator se ubaci određena količina peleta te se na upravljačkoj ploči postavi vremenski interval doziranja u kojem dozator ubacuje pelete u ložište. U tablici 4 prikazani su tehnički podaci za različite peći na pelete koje proizvodi tvrtka Senko (<https://senko.hr/proizvodi/peci-na-pelete/>).

Tablica 4. Tehnički podaci peći na pelete tvrtke Senko

(<https://senko.hr/proizvodi/peci-na-pelete/>)

	P 12 WATER+AIR	P 12 SLIM WATER+AIR	P 20 WATER+AIR
Nominalna snaga, kW	13	13	19
Minimalna snaga, kW	6,9	7	8,8
Dozvoljeni radni tlak vode, bar	2,5	2,5	2,5
Potrošnja goriva na $P_{nom}$ , kg/h	2,8	2,8	4,2
Potrošnja goriva na $P_{min}$ , kg/h	1,5	1,5	1,9
Efikasnost na $P_{nom}$ , %	94,95	94,17	94,53
Efikasnost na $P_{min}$ , %	94,64	96,13	96,21
Emisija CO na $P_{nom}$ , %	0,0069	0,007	0,0027
Emisija CO na $P_{min}$ , %	0,0146	0,014	0,0061

## 2.4. Biomasa trajnih nasada kao energent

Prednosti korištenja biomase trajnih nasada kao energenta :

- Ekonomska korist, dodatan dohodak za poljoprivrednike,
- Smanjenje pritiska na zalihe fosilnih goriva,
- Smanjenje energetske ovisnosti,
- Otvaranje novih radnih mjesta,

Nedostatci korištenja biomase trajnih nasada kao energenta (<http://hr.up-running.eu/wp-content/uploads/sites/12/2019/07/1.-Monografija>):

- Smanjenje unosa organske tvari u tlo zbog iznošenja ostataka,
- Potrebno sušenje (prirodno ili umjetno) zbog visokog sadržaja vlage,
- Moguća kontaminacija zbog tretiranja nasada pesticidima, najviše bakra koji se najviše koristi u trajnim nasadima kao fungicid,
- Bakar potiče stvaranje dioksida koji mogu imati šteti utjecaj na okoliš i sustav za proizvodnju toplinske energije.



Slika 13. Orezana biomasa iz vinograda

<http://lifesarmento.eu/en/why-the-vineyards-pruning-waste-are-burnt-and-what-makes-the-elaboration-of-organic-amendments-the-best-alternative/>

Svojstva biomase bitna su zbog odabira odgovarajuće opreme za preradu u energiju te procjenu isplativosti korištenja biomase za dobivanje energije. Ovisno o tim svojstvima biomase, biomasa može biti neiskoristiva zbog tehničkih ili ekoloških razloga. Najveći

utjecaj na energetske karakteristike biomase ima njeno podrijetlo. Podrijetlo može rezultirati velikom razlikom u energetske svojstvima biomase (Garcia i sur., 2012.). Sagorijevanje i iskorištenje biomase također ovisi o opremi koja se koristi a dobivanje energije. Najvažnija energetska svojstva biomase koja utječu na kvalitetu goriva su sadržaj vlage, pepeo, hlapive tvari, fiksirani ugljik te gornja ogrjevna vrijednost (Khan i sur., 2009.). Vлага može varirati od 10% kod sušene biomase do čak 50% kod svježe biomase (Yao i sur., 2005.), hlapive tvari kreću se od 65% do 85% (Yao i sur., 2005.), sadržaj pepela kod biomase bez kore ide do 0,3%, ali većina biomase ima sadržaj pepela od 5% do 20% (Yao i sur.,2005.). Količina fiksiranog ugljika varira od 7% do 20% (Yao i sur., 2005.). Kemijski sastav također je bitan kod korištenja biomase za energiju. Sadržaj ugljika kreće se od 47% do 54%, vodika od 5,6% do 7%, kisika od 40% do 44%, dušika od 0,1% do 0,5% te sumpora 0,1% (Telmo i sur., 2010.). Vлага je jedno od najvažnijih svojstava biomase, vлага ima direktan utjecaj na ogrjevnju vrijednost biomase, što je veća vлага to je manja ogrjevna vrijednost. Uz utjecaj na ogrjevnju vrijednost, visoka vлага u biomasi može uzrokovati češće kvarove na opremi za pretvorbu u energiju i može dovesti do povećane mikrobiološke aktivnosti u biomasi (Garcia i sur., 2012.).



U tablici 5 prikazani su energetske parametri orezane biomase različitih kultura.

Tablica 5. Energetske parametri orezane biomase

Kultura	Vlaga (%)	Hlapive tvari (%)	Fiksirani ugljik (%)	Pepeo (%)	Gornja ogrjevna vrijednost (MJ/kg)	
Maslina	7,8	72,9	16,8	2,5	17,32	Martin-Lara i sur., 2017.
Vinova loza	10,4	71,5	20,9	7,6	16,8	Garcia i sur., 2012.
Šljiva	5,94	73,82	16,35	3,89	17,12	Bilandžija i sur., 2012.
Maslina	5,8	77,77	17,92	4,31	20,61	Miranda i sur., 2008.
Jabuka	7,7	74	21	5	17,8	Cichy i sur., 2017.

## 2.5. Trajni nasadi u Hrvatskoj

Vinogradi, voćnjaci i maslinici zauzimaju ukupno 4,7% poljoprivrednih površina u Hrvatskoj (DZZS). Iz tablice 5 vidljivo je da se površina pod voćnjacima povećavala za 3332 hektara od 2013. do 2014. godine ali je nakon toga uslijedio blagi pad te ponovi rast površina pod voćnim vrstama. Voćnjaci su rašireni po cijeloj Hrvatskoj te bi se orezana biomasa mogla koristiti na lokalnoj razini u puno dijelova naše zemlje. Nadalje, kod vinograda se javlja pad površina te se iz tablice vidi da je u razmaku od 4 godine površina pod vinovom lozom pala za 4200 hektara. Vinogradi su, kao i voćnjaci rašireni po cijeloj Hrvatskoj te predstavljaju visoki potencijal iskorištenja orezane biomase. Međutim, relativno velika količina površina koje su navedene u tablici otpada na male privatne vinograde koji se tradicijski njeguju u mnogim krajevima naše zemlje. Većina poljoprivrednika koja uzgaja vinovu lozu na manjim površinama orezane ostatke pali na otvorenom nakon sezone orezivanja vinograda. Upravo zbog ovog podatka mogao bi se javiti problem sa lancem opskrbe orezanim biomasom zbog velikog broja ljudi koji obrađuju vinograde u manjoj mjeri. Kod velikih proizvođača (npr. područje Iloka) ovaj potencijal bi se mogao odlično iskoristiti na lokalnoj razini. Također, iz tablice je vidljivo da je površina pod maslinama ostala skoro pa nepromijenjena u razdoblju od 4 godine. Masline se u Hrvatskoj uzgajaju u primorskom dijelu, na otocima, Dalmaciji te zaleđu Dalmacije. U krajevima gdje se masline uzgajaju orezana biomasa bi imala veliku važnost zbog nedostatka krutih energenata (ponajviše drva za ogrjev). U tablici 6 prikazane su površine pod trajnim nasadima od 2013. godine do 2017. godine.

Tablica 6. Površine pod trajnim nasadima od 2013. Do 2017.

([https://www.dzs.hr/eng/Publication/stat\\_year.htm](https://www.dzs.hr/eng/Publication/stat_year.htm))

Godina	Voćnjaci	Vinogradi	Maslinici
2013.	28 392 ha	26 100 ha	18 590 ha
2014.	31 724 ha	26 164 ha	19 082 ha
2015.	30 112 ha	25 587 ha	19 100 ha
2016.	29 476 ha	23 400 ha	18 184 ha
2017.	30 634 ha	21 900 ha	18 683 ha

## 2.6. Primjer dobre prakse

Vinarija *Torres* iz St. Miquela, Španjolska, obiteljska je vinarija koja je 2012. ugradila bojler na biomasu. U Španjolskoj puno vinarija koristi ovakve bojlere ali je ovaj trenutno najveći. Bojler za energent koristi orezanu biomasu i biomasu uklonjenih nasada. Bojler na biomasu smanjio je potrošnju prirodnog plina za 95%, čime je spriječena emisija 1300 tona CO<sub>2</sub> godišnje. Vinarija *Torres* izvrstan je primjer kružnog gospodarstva i predanosti borbi protiv klimatskih promjena (<https://www.torres.es/ru/blog/wine-planet/pruning-generate-power>).

Kamp u Benidormu (Španjolska) ugradio je peć za direktno izgaranje za grijanje i toplu vodu. Na taj način postali su prvi integrirani kompleks odmarališta koji je održiv i ekološki prihvatljiv. Za sirovinu najviše koriste orezane ostatke iz okolnih voćnjaka (<http://eonabiomasa.com/work-freely-at-comfort-of-your-home/?lang=en>).

### **3. Cilj istraživanja**

Cilj diplomskog rada bio je na odabranim sortama vinove loze (Shiraz, Šipon, Merlot, Graševina) ustvrditi masu ukupne nadzemne biomase, kemijski i lignocelulozni sastav te energetski potencijal po jedinici površine.

## 4. Materijali i metode

### 4.1. Materijali

Istraživanja su bila provedena na sortama: Šipon, Graševina, Shiraz i Merlot.

Šipon je sorta bijelog grožđa koja vjerojatno potječe iz Hrvatske (Moslavina). Rasprostranjena je najviše u štajerskom dijelu Slovenije, u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, a osobito u Mađarskoj, te u Austriji. Traži laka, suša tla, na boljim, višim, sunčanim položajima, u toplom i sušnom podneblju sa suhom jeseni (Turković i sur., 2003.).

Graševina je sorta bijelog grožđa koja navodno potječe iz Francuske. Danas se ta sorta najviše uzgaja u Hrvatskoj i Sloveniji, gdje je klimatski našla optimum uvjeta za uzgoj. Najprikladniji su južni položaji te gnojena, bogata, ne preteška, dobro obrađena tla. Najbolje uspijeva u području umjerene klime, da se može kvalitetno potpuno razviti (Turković i sur., 2003.).

Shiraz je sorta crnog grožđa kojoj nije utvrđeno točno podrijetlo, ali se pretpostavlja da potječe iz Irana. Danas je rasprostranjena u europskim zemljama, u sjevernoj i južnoj Africi, Južnoj i Sjevernoj Americi, te u Australiji i Novom Zelandu. Sorta koja najbolje rezultate daje na toplim strukturiranim tlima, s dobrim kapacitetom za vodu, u uvjetima tople klime (Turković i sur., 2003.).

Merlot je sorta crnog grožđa koja potječe iz Francuske gdje se i najviše uzgaja. Mjestimice se uzgaja i u sjevernim područjima Hrvatske, s uspjesima koji mogu tek uvjetno zadovoljiti. Prikladan je za područje sjevernog Jadrana. Traži svježa, topla tla, na suhim područjima. Ne podnosi vlagu zbog truljenja grožđa i bujnog razvitka (Turković i sur., 2003.).

#### 4.1.1. Lokacije uzorkovanja biomase

Trsovi sorti Šipon i Graševina uzete su u obiteljskom vinogradu u Tužnom, Varaždinska županija. Vinograd se sastoji od 600 trsova vinove loze različitih sorti. Dominantne sorte u vinogradu su Graševina i Šipon.



Slika 14. Vinograd Tužno

*(vlastita fotografija)*

Trsovi sorti Shiraz i Merlot uzete su u vinogradu Agronomskog fakulteta na pokušalištu Jazbina u gradu Zagrebu. Površina pod vinovom lozom zauzima oko šest hektara. Dominante sorte u vinogradima su Graševina, Chardonnay te Traminac.



Slika 15. Vinograd Jazbina, pokušalište Agronomskog fakulteta

*(<http://blog.vino.hr/archives/9603>)*

## 4.2. Metode

### 4.2.1. *Uklanjanje, vaganje i uzorkovanje*

Vaganje se obavljao digitalnom vagom koja je bila obješena na tronožac kako bi se lakše vagalo. Od svakog trsa prikupljeno je cca. 250 grama poduzoraka koji su dopremljeni na Agronomski fakultet u Zagrebu. Svako mjerenje i laboratorijska analiza provedena je u tri ponavljanja po istraživanoj sorti vinove loze. Za potrebe istraživanja korišten je cijeli nadzemni dio trsa. Uzorci za laboratorij uzeti su od svake sorte posebno te su prije analize usitnjeni na laboratorijskom mlinu.



Slika 16. Vaganje nadzemnog dijela trsa

*(vlastita fotografija)*

### 4.2.2. *Udio vode*

Udio vode u materijalima određivao se u laboratorijskoj sušari (CEN/TS 147742:2009). Uzorak se sušio pri temperaturi od 105 OC u atmosferskom zraku do postizanja konstantne mase. Sadržaj vode izračunao se iz gubitka mase. Nakon vađenja iz sušionika uzorci se ostavljaju najmanje 30 minuta kako bi se ohladili na sobnu temperaturu.

Nakon što su se uzorci ohladili radi se odvaga, nakon čega se računski odredi sadržaj vode u uzorku.

$$\%H_2O = \frac{a-b}{100} * 100$$

Pri čemu je:

a- masa posudice s uzorkom prije sušenja (g)

b- masa posudice s uzorkom nakon sušenja (g)

#### **4.2.3. Sadržaj pepela**

Sadržaj pepela (CEN/TS 14775:2009) određuje se iz mase ostataka nakon spaljivanja uzorka pri temperaturi od 550 stupnjeva Celzijevih u mufolnoj peći do postizanja konstantne mase (najmanje 60 minuta). Nakon spaljivanja uzorka se ostavlja da se ohladi na sobnoj temperaturi te se važe i računski određuje sadržaj pepela na sljedeći način:

$$\%pepeo = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} * 100 * \frac{100}{100 - Mad}$$

Pri čemu je:

m<sub>1</sub>- masa praznog lončića (g)

m<sub>2</sub> – masa lončića s uzorkom prije spaljivanja (g)

m<sub>3</sub> – masa lončića s uzorkom nakon spaljivanja (g)

Mad - %H<sub>2</sub>O u uzorku prije spaljivanja

#### **4.2.4. Sadržaj koksa**

Sadržaj koksa u materijalima određivao se u mufolnoj peći (CEN/TS 147742:2009). Materijal se stavlja u peć te se spaljuje na 900°C u trajanju od 5 minuta pri čemu dolazi do izgaranja gorivih i hlapivih tvari te zaostaje samo koks. Nakon paljenja se sadržaj važe te se oduzima od početne vrijednosti uzorka.



Sadržaj koksa određuje se računski na sljedeći način:

$$K = \frac{(M3 - M1)}{(M2 - M1)} * 100 * \frac{100}{100 - V}$$

Pri čemu je:

M1 – masa praznog lončića (g)

M2 – masa lončića s uzorkom prije spaljivanja (g)

M3 – masa lončića s uzorkom nakon spaljivanja (g)

K – sadržaj koksa

V – H<sub>2</sub>O u uzorku prije spaljivanja (%)

#### **4.2.5. Fiksirani ugljik**

Fiksirani ugljik određuje se putem ostatka nakon spaljivanja (CEN/TS 15148:2009). Tijekom spaljivanja u mufolnoj peći dolazi do spaljivanja i isparavanja hlapivih tvari te ostaje ostatak koji ima visok sadržaj ugljika. Fiksirani ugljik računski se odredio oduzimanjem mase pepela od mase koksa nakon spaljivanja.

#### **4.2.6. Ogrjevna vrijednost**

Ogrjevna vrijednost dijeli se na gornju i donju ogrjevnu vrijednost. Gornja ogrjevna vrijednost prikazuje oslobođenu toplinu prilikom izgaranja goriva, kod gornje ogrjevna vrijednosti u obzir se uzima i toplina kondenzacije vodene pare iz dimnih plinova, samim time, gornja ogrjevna vrijednost je najveća moguća količina energije koja se može dobiti iz nekog goriva. Donja ogrjevna vrijednost također se definira kao toplina koja je oslobođena tijekom procesa izgaranja goriva, ali se u obzir ne uzima iskorištavanje topline kondenzacije vodene pare. Ogrjevnu vrijednost određivali smo kalorimetrijom ( EN 14918:2010). Uređaj je odredio gornju ogrjevnu vrijednost dok se donja ogrjevna vrijednost izračunala računski putem podataka dobivenih od kalorimetra na sljedeći način:

$$H_d = H_g * \left(1 - \frac{w}{100}\right) - r * \frac{w}{100} - r * \frac{h}{100} * \frac{18,2}{2} * \left(1 - \frac{w}{100}\right)$$

Pri čemu je:

$H_d$  [MJ/kgv.t.] = donja ogrjevna vrijednost goriva

$H_g$  [MJ/kgs.t.] = gornja ogrjevna vrijednost goriva

$r$  [MJ/kg] = toplotina isparavanja

$m_w$  [kg] = masa vode

$m_s$  [kg] = masa suhog goriva

$h$  [% (kg/kg s.t.)] = maseni udio vodika u gorivu

### 4.3. Proračun potencijala

#### 4.3.1. *Teoretski potencijal*

Teoretski potencijal predstavlja ukupan prinos suhe tvari biomase koji se dobije po jedinici površine, bez gubitaka koji nastanu tijekom sakupljanja. Teoretski potencijal određen je prema sljedećoj formuli :

$$Teo\_pot = r_o * n$$

$Teo\_pot$  – teoretski potencijal orezane biomase (kg/ha)

$r_o$  - količina orezane biomase po trsu (kg)

$n$  – broj trsova po hektaru

#### 4.3.2. *Tehnički potencijal*

Tehnički potencijal predstavlja količinu biomase koju je moguće sakupiti sa neke površine nakon što se oduzmu gubici nastali tijekom sakupljanja. Tehnički potencijal određen je prema sljedećoj formuli:

$$Teh\_pot = Teo\_pot * FD$$

$Teh\_pot$  - tehnički potencijal orezane biomase (kg/ha)

$Teo\_pot$  – teoretski potencijal orezane biomase (kg)

$FD$  – faktor dostupnosti

### 4.3.3. *Energetski potencijal*

Energetski potencijal je ukupna količina energije koje je moguće dobiti sa jedinice površine sa koje se biomasa prikuplja. Energetski potencijal određen je prema sljedećoj formuli:

$$En\_pot = Teh\_pot * Hd_x$$

En\_pot - energetski potencijal (TJ)

Teh\_pot - tehnički potencijal (kg/ha)

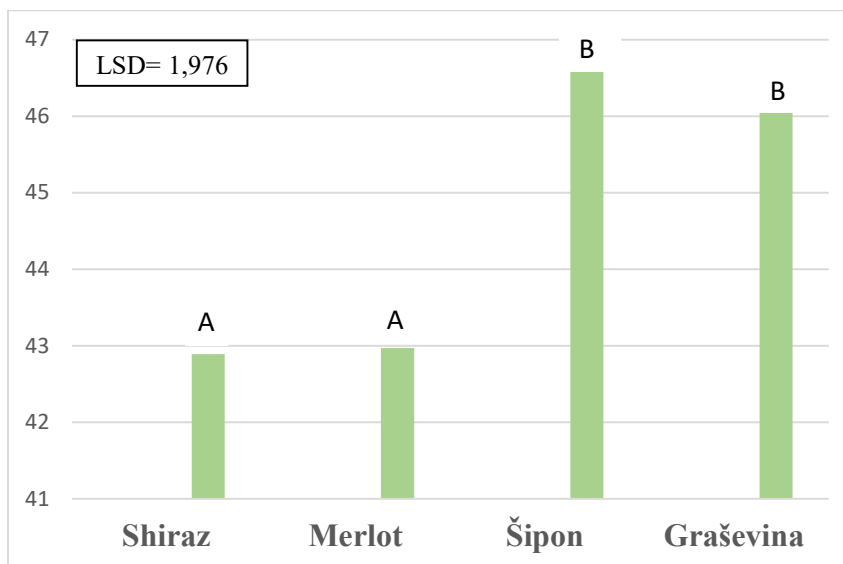
Hd<sub>x</sub> - donja ogrijevna vrijednost (MJ/kg)

## 5. Rezultati i rasprava

Laboratorijskom analizom analizirana su svojstva koja utječu na energetska iskorištavanje biomase vinove loze. Utvrđeni su najvažniji parametri za gorivo kada se koristi za procese direktnog izgaranja, odnosno: sadržaj vlage, sadržaj pepela, sadržaj koksa, sadržaj fiksiranog ugljika, ogrjevna vrijednost te sadržaj celuloze, hemiceluloze i lignina.

### 5.1. Sadržaj vlage

Sadržaj vlage ima veliki utjecaj na ogrjevnju vrijednost goriva. Što je sadržaj vlage u gorivu veći, to je manja proizvodnja energije iz istog. Optimalan sadržaj vlage u drvenastim gorivima iznosi 15-20% (Francescato i sur., 2008.). Sadržaj vlage u ispitivanim sortama vinove loze prije sušenja bio je različit, što je najvjerojatnije uzrokovano različitim lokacijama uzorkovanja. Sadržaj vode kretao se od 42,89 % do 46,6 %, prosječna vlaga u četiri analizirane sorte je 44,63 %. U ovim istraživanjima najveći sadržaj vode utvrđen je kod sorte Šipon (46,60%) koji je bio statistički sličan sadržaju vode sorte Graševina (46,13%), dok se statistički značajno razlikovao od sorata Merlot (42,98%) i Shiraz (42,89%). U grafu 1. prikazan je udio vlage u odnosu na istraživane sorte vinove loze.



Graf 1. Sadržaj vlage u uzorcima

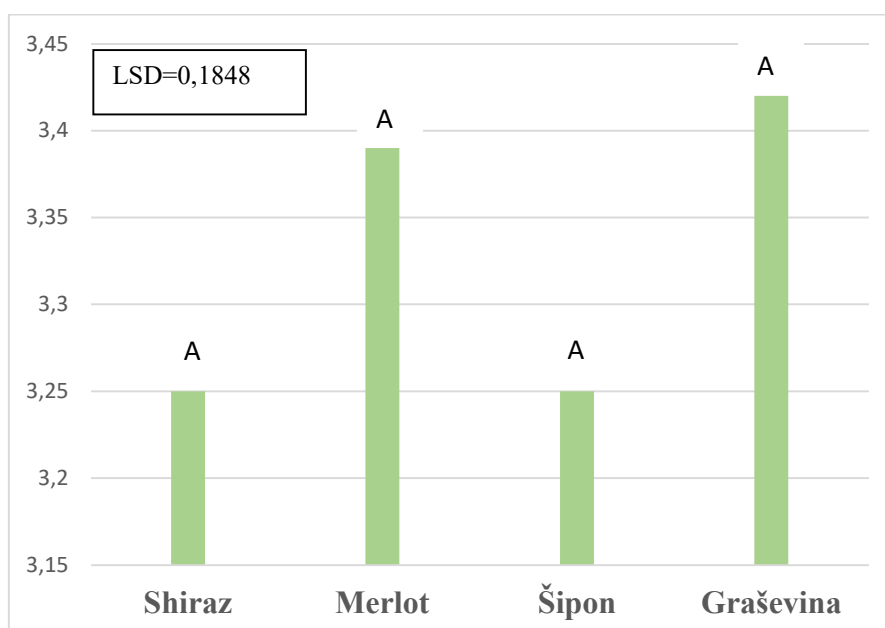
Prema Mendvilu i sur. (2013.) prosječna vlaga u sorti Tempranilo bila je 52,38%, a kod Malvazije 51,25%. Istraživanja su provedena u Španjolskoj, vinograd u kojem su uzorci uzeti uzgaja se u drugačijem uzgojnom obliku (špalir) nego uzorci koje smo mi koristili te

je starost nasada manja. Sadržaj vlage u svježoj biomasi previsok je za direktno korištenje te je potrebno provesti sušenje prije korištenja iste. Sušenje bi se trebalo provoditi uz što manji utrošak energije (najoptimalnije bi bilo prirodno) te bi ga trebalo provoditi prije transporta i daljnje manipulacije.

## 5.2.Sadržaj pepela

Sadržaj pepela u biomasi koja se koristi za direktno izgaranje trebao bi biti što manji. Pepeo snižava ogrjevna svojstva biomase. Prosječan sadržaj pepela kod biogoriva varira od 1% sve do 40% od ukupne količine biomase. Veće količine pepela mogu imati štetno djelovanje na uređaje i peći koje se koriste kod proizvodnje energije te imati loš utjecaj na ljudsko zdravlje (Labudović, 2012.). Pepeo u analiziranim materijalima varirao je od 3,25 % do 3,42 %. Prosječni sadržaj kod četiri analizirane sorte bio je 3,33 %. Sadržaj pepela također je bitan pri određivanju ogrjevnih svojstava biomase. Pepeo je ostatak nakon izgaranja biomase. Što je sadržaj pepela nakon izgaranja manji to je kvalitetnija biomasa jer je pepeo ostatak koji ne gori te samim time ne producira energiju.

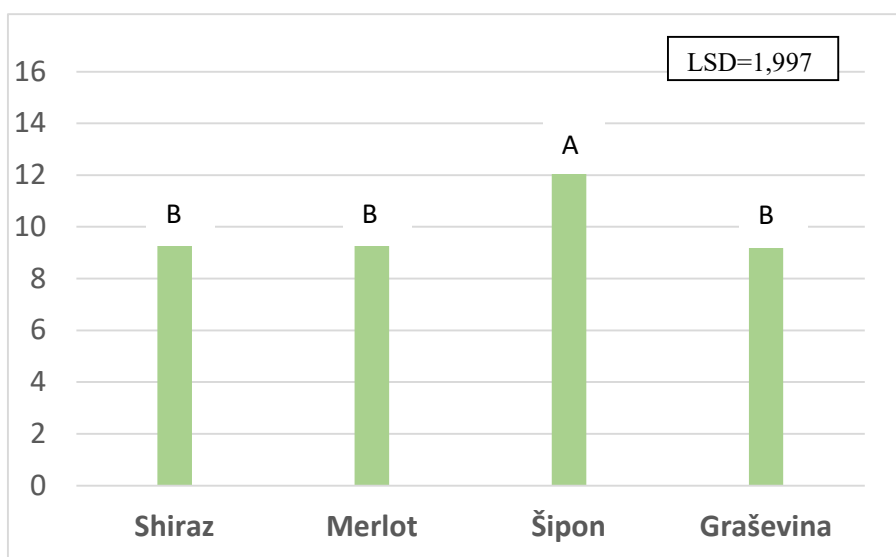
U ovim istraživanjima najveći sadržaj pepela imala je sorta Graševina (3,42%), statistički gledano sorte Merlot (3,39%), Shiraz (3,25%) i Šipon (3,25%) nisu odstupale. Prema Mendvilu i sur (2013.) u sorti Tempranilo sadržaj pepela bio je 2,99%, a kod Malvazije 3,03%. Prema Buratti i sur. (2005.) uzorci vinove loze uzeti na Siciliji imali su prosječan sadržaj pepela 4,37%. U grafu 2. prikazan je prosječni sadržaj pepela u istraživanim sortama.



Graf 2. Sadržaj pepela u uzorcima

### 5.3.Sadržaj koksa

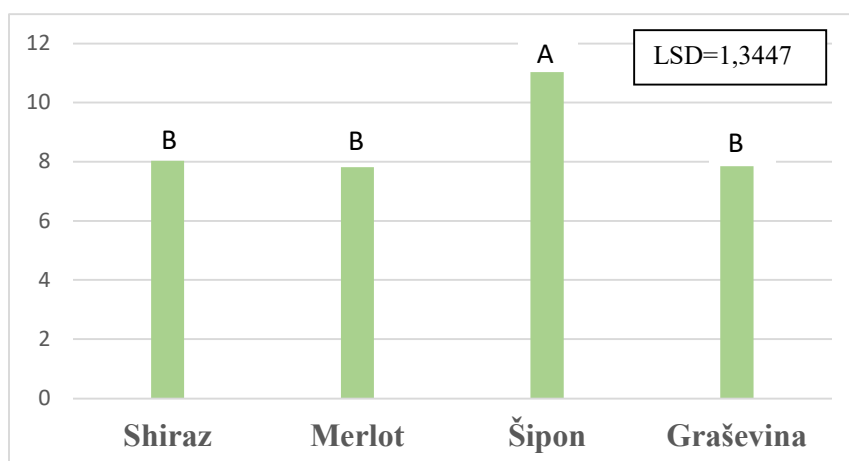
Sadržaj koksa povezan je s kvalitetom i ogrjevnim svojstvima biomase. Ako je sadržaj koksa veći to znači da je biomasa kvalitetnija. Sadržaj koksa kod analiziranih sorata kretao se od 11,20% kod Merlota do 14,29 % kod Šipona. U prosjeku je iznosio 12,01%. U ovim istraživanjima najveći sadržaj koksa utvrđen je kod sorte Šipon (14,29%), koja se statistički značajno razlikovala od sorata Shiraz (11,28%), Merlot (11,20%) i Graševine (11,27%). Prema Bilandžiji i sur. (2012.) prosječan sadržaj koksa u uzorcima vinove loze sa područja bio je 21,12%. Sadržaj koksa je dobar ukoliko se gorivo koristi za direktno izgaranje. Usporedbe radi, sadržaj koksa kod *Side hermaphrodite* iznosi u prosjeku 7,85 % (Krička i sur., 2017.), dok je kod pšenične slame 16,20 % (Grubor i sur., 2015.). U grafu 3. prikazan je prosječni sadržaj koksa u istraživanim sortama.



Graf 3. Sadržaj koksa u uzorcima

## 5.4. Fiksirani ugljik

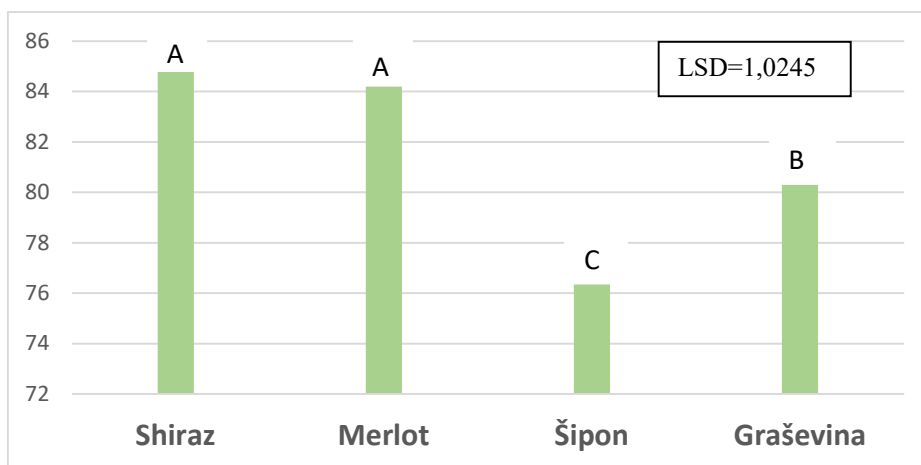
Fiksirani ugljik ostatak je koji ostane nakon izgaranja biomase, nakon što ishlape hlapive tvari ostaje fiksirani ugljik uz manje količine sumpora, vode, dušika i kisika. Fiksirani ugljik kretao se u postotcima od 7,81 % kod Merlota do 11,03 % kod Šipona. Prosječan fiksirani ugljik svih četiri sorte bio je 8,68 %. Pšenična slama ima 12,39 % fiksiranog ugljika (Grubor i sur., 2015.), dok *Sida hermaphrodita* ima 17,81 % (Krička i sur., 2017.). Vrijednosti fiksiranog ugljika su na povoljnoj razini za korištenje ove vrste biomase za proizvodnju energije direktnim izgaranjem. Prema Buratti i sur. (2005.) prosječan sadržaj fiksiranog ugljika u njihovim uzorcima bio je 12,25%, a prema Bilandžiji i sur. (2012.) prosječan sadržaj fiksiranog ugljika u njihovim uzorcima bio je 19,01%. U grafu 4. prikazan je prosječni sadržaj fiksiranog ugljika u istraživanim sortama.



Graf 4. Sadržaj fiksiranog ugljika u uzorcima

## 5.5. Hlapive tvari

Hlapive tvari su komponente koje su oslobođene pri zagrijavanju goriva na visokim temperaturama, bez uzimanja u obzir sadržaj vlage, kao djelomično zapaljivi plinovi ( $C_xH_y$ , CO ili  $H_2$ ) i dio nezapaljivih plinova ( $CO_2$ ,  $SO_2$  ili  $NO_x$ ) (Garcia i sur., 2012.). Biomasa obično ima visoki sadržaj hlapivih tvari koji se kreće oko 75%, ali može ići i do 90%, ovisno o vrsti biomase (Khan i sur., 2009.). Zbog visokog sadržaja hlapivih tvari biomasa je lako zapaljive te za njeno paljenje nisu potrebne visoke temperature kao kod ugljena. Što je veći prosječni sadržaj hlapivih tvari u gorivu to je veća zapaljivost te burnija reakcija (Garcia i sur., 2012.). U ovim istraživanjima najveći prosječni sadržaj hlapivih tvari imala je sorta Shiraz (84,80%), koja se nije statistički razlikovala od sorte Merlot (84,20%), sorta Graševina imala je prosječni sadržaj hlapivih tvari (80,29%) te se statistički razlikovala od prije navedenih sorata, dok je sorta Šipon (76,34%) imala najmanji prosječni sadržaj hlapivih tvari te se statistički razlikovala od sorata Shiraz i Merlot te Graševine. Prema Buratti (2005.) prosječan sadržaj hlapivih u njihovim analizama vinove loze bio je 84,15 %. U grafu 5. prikazan je prosječni sadržaj hlapivih tvari u istraživanim sortama.



Graf 5. Hlapive tvari u uzorcima



## 5.6. Donja ogrjevna vrijednost

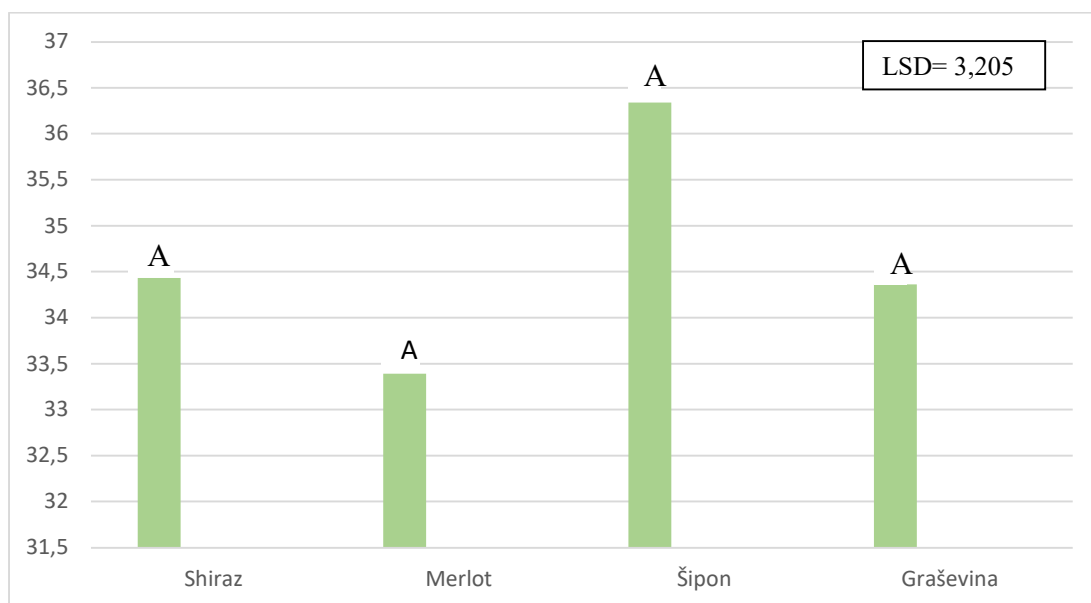
Ogrjevna vrijednost definira se kao energetska sadržaj goriva od biomase i najvažniji je parametar za proračun količine energije koju je moguće dobiti iz biomase. Ogrjevna vrijednost dijeli se na dvije vrste, gornja ogrjevna vrijednost te donja ogrjevna vrijednost. Gornja ogrjevna vrijednost (HHV) odnosi se na toplinu oslobođenu izgaranjem sa toplinom od vodene pare, dok se donja ogrjevna vrijednost (LHV) odnosi na toplinu dobivenu iz nekog energenata kad se ne uzima u obzir toplina dobivena od vodene pare (Sheng i sur., 2005). U ovim istraživanjima najveću prosječnu donju ogrjevnju vrijednost imala je sorta Shiraz (18,58%), slijede ju sorte Merlot (18,53%) i Šipon (18,44%) među kojima nije bilo statističke razlike. Najmanju donju ogrjevnju vrijednost ima sorta Graševina (17,81%) koja se statistički razlikovala od svih sorata. Prema Mendvilu i sur. (2013.) sorta Tempranillo imala je donju ogrjevnju vrijednost 18,59 MJ/kg, a sorta Malvazija 18,45 MJ/kg. U grafu 6. prikazana je prosječna donja ogrjevna vrijednost u analiziranim sortama.



Graf 6. Donja ogrjevna vrijednost uzoraka

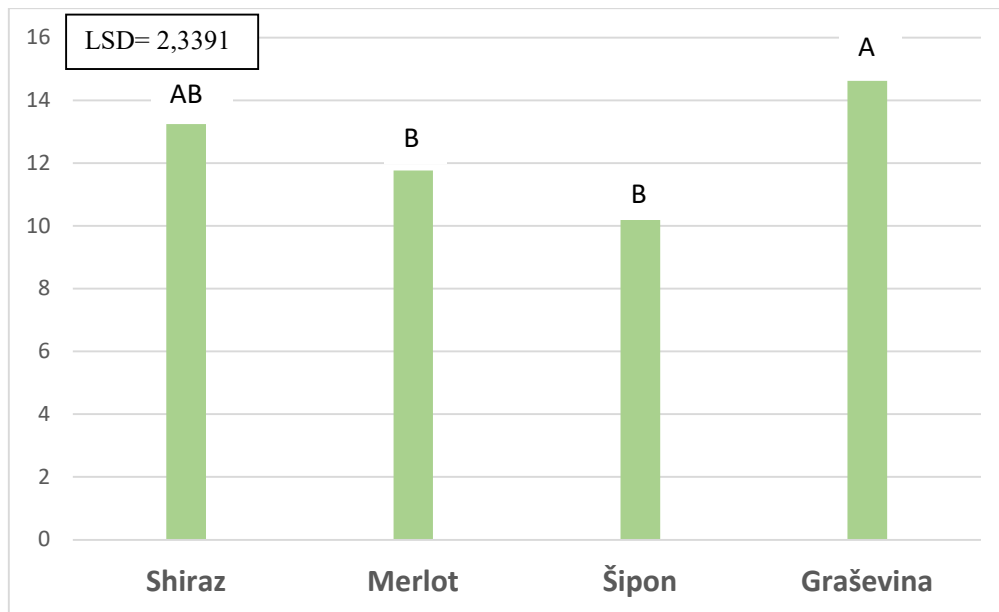
## 5.7.Lignocelulozni sastav

Biomasa organskog podrijetla sastavljena je od lignoceluloznih elemenata. Biomasa u svom sastavu ima 3 glavne komponente: celulozu, hemicelulozu i lignin. Celuloza spada u polisaharide, hemiceluloza je izgrađena od dugolančanih polisaharida, dok je lignin polifenolni polimer. Njihove razlike u kemijskoj strukturi dovode do različitih kemijskih reakcija stoga je bitno znati udio svakog pojedinog elementa u biomasi (Carrier i sur., 2011). Kod dobivanja toplinske energije iz biomase direktnim izgaranjem lignocelulozni sastav ne igra značajnu ulogu kao kod nekih složenijih procesa dobivanja biogoriva iz biomase. Lignocelulozni sastav biomase važan je zbog ogrjevnih svojstava same biomase. Sadržaj celuloze, hemiceluloze te lignina ima utjecaj na ogrjevnu vrijednost biomase. Celuloza i lignin imaju manji sadržaj kisika u odnosu na hemicelulozu. Zbog toga je ogrjevna vrijednost hemiceluloze manja u odnosu na celulozu i lignin (Bilandžija i sur., 2014.). U grafovima 7., 8. i 9. prikazanu su udjeli celuloze, hemiceluloze i lignina u uzorkovanim sortama.



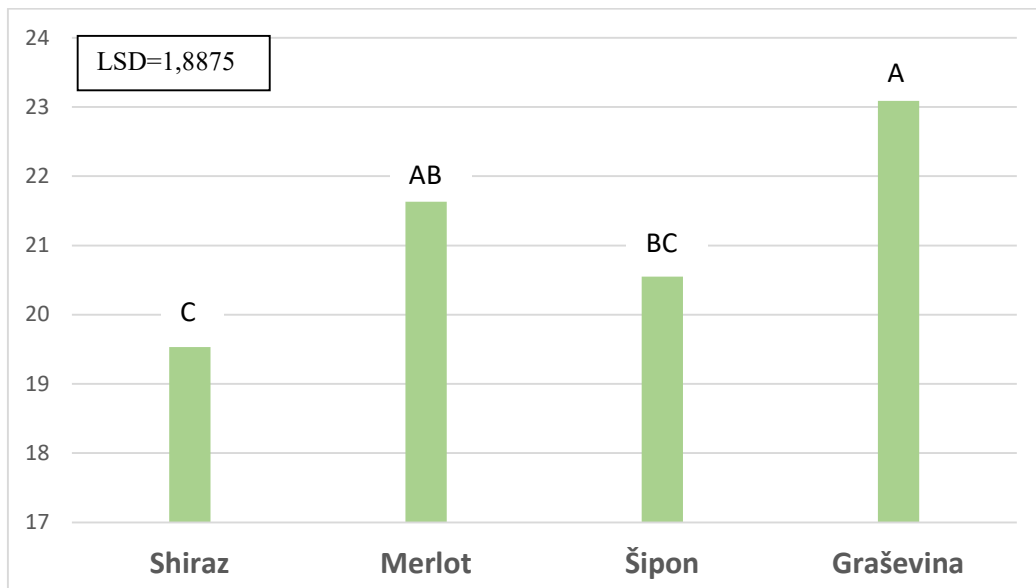
Graf 7. Sadržaj celuloze u analiziranim sortama

U ovim istraživanjima najveći sadržaj celuloze imala je sorta Šipon (36,34%), slijedi ju Shiraz (34,43%), zatim Graševina (34,36%) te je najmanji sadržaj celuloze imala sorta Merlot (33,39%). Razlika u sadržaju celuloze između sorata statistički se nije razlikovala.



Graf 8. Sadržaj hemiceluloze u analiziranim sortama

U ovim istraživanjima najveći sadržaj hemiceluloze imala je sorta Graševina (14,62%), zatim sorta Shiraz (13,24%) te su najmanje sadržaje hemiceluloze imale sorta Šipon (11,51%) i Merlot (11,76%). Statističke razlike između Graševina i Shiraza nije bilo, ali su se te dvije sorte značajno razlikovale od Merlota i Šipona.



Graf 9. Sadržaj lignina u analiziranim sortama

U ovim istraživanjima najveći sadržaj lignina utvrđen je kod sorte Graševina (23,09%), zatim kod sorte Merlot (21,63%), zatim Šipon (20,55%) te je najmanji sadržaj lignina utvrđen kod sorte Shiraz (19,53%) kod koje se statistički značajno razlikovao od sorte Graševina i Merlot, dok je statistički gledano imao manju razliku od sorte Šipon. Graševina se statistički nije razlikovala od sorte Merlot te se sorta Merlot nije značajno razlikovala od Šipona.

## 5.8. Potencijalna dostupnost biomase

Količina biomase temeljni je faktor kod računanja količine energije koju je moguće dobiti sa određene površine ili od određene količine biomase. Količina biomase, to jest potencijal biomase koji se može podijeliti na teoretski i tehnički. U tablici 7. prikazan je prosječan prinos nadzemnog dijela trsa kod istraživanih sorti.

Tablica 7. Prinos nadzemnog dijela sorata

	Starost (godine)	Uzgojni oblik	Deblo (kg)	Grane (kg)	Ukupno (kg)
Shiraz	13	Dvokraki Guyot	1,157 a	0,797 a	1,954 a
Merlot	13	Dvokraki Guyot	1,743 a	0,430 b	2,173 a
Šipon	11	Špalir	0,963 b	0,453 b	1,416 b
Graševina	11	Špalir	0,86 b	0,443 b	1,303 b

Najveći prosječni prinos biomase imao je Merlot sa 2,173 kilograma po trsu, zatim Shiraz sa 1,954 kilograma po trsu. Šipon je imao 1,416 kilograma po trsu dok je najmanji prinos imala Graševina sa 1,303 kilograma po trsu. Kod vaganja debela posebno redosljed po prinosu je isti. Kod Merlota (0,43 kg), Šipona (0,453 kg), Graševine (0,443 kg) prosječni prinos granja bio je sličan dok je kod Shiraza odstupao te je u prosjeku iznosio 0,797 kilograma po trsu. Prema Velazquez-Martiu (2011.) prosječan prinos orezane biomase kod sorte Shiraz bio je 0,687 kilograma po trsu, kod sorte Merlot 0,712 kilograma po trsu, kod sorte Tempranilo 0,733 kilograma po trsu te kod sorte Chardonnay 0,727 kilograma po trsu. Pregledom literature nisu bili pronađeni podaci vezani uz deblo.

## 5.9. Teoretski, tehnički i energetska potencijal analiziranih sorata

Teoretski, tehnički i energetska potencijal računski su dobiveni prema formulama navedenim u poglavljima 4.3.1., 4.3.2. te 4.3.3. Podaci koji su korišteni za izračun dobiveni su uzorkovanjem sorata na terenu te laboratorijskom analizom uzoraka. Pri izračunu je korištena razmak sadnje 2,4 metra širina redova, te 0,9 metara između trsova što ispada 4620 trsova po hektaru. Faktor dostupnosti (FD) iznosi 0,99 jer je vaganje i prikupljanje bilo obavljeno ručno uz minimalne gubitke. Donje ogrjevne vrijednosti koje su korištene za izračun, ovisno o sorti, navedene su u poglavlju 5.6. U tablici 8. prikazani su teoretski, tehnički i energetska potencijal istraživanih sorti vinove loze.

Tablica 8. Teoretski, tehnički i energetska potencijal istraživanih sorti (s.t.)

Sorta	Teoretski potencijal (kg/ha)	Tehnički potencijal (kg/ha)	Energetska potencijal (GJ/ha)
Shiraz	9 027	7 326	136
Merlot	8 229	8 147	151
Šipon	9 180	9 088	168
Graševina	8 640	8 375	149

Kao što je i prikazano najveći tehnički potencijal imala je sorta Šipon sa 9 088 kilograma po hektaru, slijedi ga Graševina sa 8 375 kilograma po hektaru, zatim Merlot sa 8 147 kilograma po hektaru te je najmanji tehnički potencijal imao Shiraz sa 7 326 kilograma po hektaru. Obzirom na potencijal pohranjene energije sorta Šipon je na prvom mjestu sa 168 GJ/ha, zatim slijede Merlot 151 GJ/ha, Graševina 149 GJ/ha i Shiraz 136 GJ/ha. Prema Bilandžiji (2018.) prosječna dostupna biomasa pšenice (slame) po hektaru iznosi 2,42 tone po hektaru, uz energetska potencijal 40 GJ/ha, dok prosječna dostupna količina orezane biomase kod jabuke iznosi 5 tona po hektaru uz energetska potencijal od 85,32 GJ/ha.

## 6. Zaključak

Temeljem provedenih istraživanja na sortama Shiraz, Merlot, Graševina i Šipon nakon uklanjanja nasada može se zaključiti:

- Prosječne vrijednosti iznose za pepeo (3,33 %), koks (12,01 %), fiksirani ugljik (8,68 %), hlapive tvari (81,41 %), donju ogrjevnu vrijednost (18,34 MJ/kg), lignin (21,18 %), celulozu (34,63 %) i hemicelulozu (12,78 %).
- Uklanjanje trsova vinove loze rezultira pojavom velike količine biomase od 8,2 t s.t./ha (Merlot) do 9,2 t s.t./ha (Šipon) uz energetski potencijal od 136 GJ/ha (Shiraz) do 168 GJ/ha (Šipon).
- Analiza energetskih parametara kao i utvrđene količine potencijalno dostupne biomase ukazuju na značajan potencijal njegovoga daljnjeg iskorištenja u procesima energetskog iskorištenja poglavito kroz proizvodnju peleta i proizvodnju energije izravnim izgaranjem.

## 7. Popis literature

1. Back, E.L. (1987). The bonding mechanism in hardboard manufacture. *Holzforschung*, Vol. 41, Str. 247-258.
2. Bilandzija N., Voca N., Kricka T., Matin A., Jurisic V. (2012). Energy potential of fruit tree pruned biomass in Croatia. *Spanish Journal of Agricultural Research*, Vol. 10, 292-298.
3. Bilandzija, N., Voca, N., Jelcic, B., Jurisic, V., Matin, A., Grubor, M., Kricka, T. (2018). Evaluation of Croatian agricultural solid biomass energy potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 93, str. 225-230.
4. Bilandžija, N. (2014.). Perspektiva i potencijal korištenja kulture *Miscanthus X Giganteus* u Republici Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu. Agronomski fakultet, Zagreb.
5. Bisaglia, C., Brambilla, M., Cutini, M., Bortolotti, A., Rota, G., Minuti, G., Sargiani R. (2018). Reusing Pruning Residues for Thermal Energy Production: A Mobile App to Match Biomass Availability with the Heating Energy Balance of Agro-Industrial Buildings. *Sustainability* 2018, vol. 10.
6. Brkić, M., Janić, T. (2008). Briketiranje i peletiranje biomase. *Savremena poljoprivredna tehnika*, Vol. 34., No 1-2, Str. 116. Novi Sad.
7. Buratti, C., Costarelli, I., Cotana, F., Crisostomi, L., Fantozzi, F. (2005.). The biomass research centre laboratory for biomass characterization. University of Perugia, Perugia. Italija.
8. Carrier, M., Loppinet-Serani, A., Denux, D., Lasnier, J. M., Ham-Pichavant, F., Cansell, F., Aymonier C. (2011). Thermogravimetric analysis as a new method to determine the lignocellulosic composition of biomass. *Biomass and Bioenergy*, vol. 35 (1), str. 298-307.
9. Cichy, W., Witczak, M., Walkowiak, M. (2017). Fuel properties of Woody Biomass from Pruning Operations in Fruit Orchards. Wood Technology Institute. Poznan. Poland.
10. Demirbas, A. (2008). Importance of biomass energy sources for Turkey. *Energy policy*, Vol. 36, Str. 834-842.
11. Dobricevic N., Pliestic S., Kricka T., Miletic S., Jukic Z. (1999.). Energetski potencijal biomase iz poljoprivrede u Republici Hrvatskoj. *Krmiva*, 6; 283-289



12. Drvodelic D. (2015). Podizanje energetske nasade za proizvodnju biomase. *Gospodarski list*, 2015, 39-49
13. Dyjakon A. (2014.). The Influence of Apple Orchard Management on Energy Performance and Pruned Biomass Harvesting for Energetic Applications. Institute of Agricultural Engineering. Wroclaw University of Environmental and Life Sciences. Wroclaw
14. Dyjakon, A., Boer, J., Bukowski, P., Adamczyk, F., Frackowiak P. (2016). Wooden Biomass Potential from Apple Orchards in Poland. *Drewno*, Vol. 59, Str. 198.
15. Edenhofer O., Hirth L., Knopf B., Pahle M., Schlomer S., Schmid E., Ueckerdt F. (2013.). On the economics of renewable energy sources. Potsdam Institute for Climate Impact Research. Potsdam
16. Francesato, V., Antonini, E., Zuccoli Bergomi, L. (2008). Wood Fuels Handbook. Italian Agriforestry Energy Association, Legnaro
17. Garcia Galindo D., Rezeau A., Panagiotis G., Monteleone M. (2016.). Setting up and running sustainable supply of woody biomass from agrarian pruning and plantation removal. European Commission, Innovation and Networks Executive Agency (INEA). Brussels
18. Garcia, R., Pizarro, C., Lavin, A., Bueno, J. (2012). Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. *Bioresource Technology*, Vol. 103, Str- 249-258.
19. Grubor, M., Krička, T. Voća, N., Jurišić, V., Bilandžija, N., Antonović, A., Matin, A. (2015). Iskoristivost slame žitarica za proizvodnju zelene energije, *Krmiva*, 57(2), str. 63-68.
20. Herzog, A. V., Lipman, T. E., Kammen, D. M. (2001). Renewable energy sources. Energy of Resources Group, Renewable and Appropriate Energy Laboratory (RAEL), University of California, Berkeley, U.S.A.
21. Khan, A., De Jong, W., Jansens, P.J., Spliethoff, H. (2009). Biomass combustion in fluidized bed boilers: potential problems and remedies. *Fuel process. Technology*, Vol. 90, Str. 21-50.
22. Krička, T., Grubor, M., Jurišić, V., Leto, J., Voća, N., Bilandžija, N. Matin, A. (2017). 'Nova energetska kultura Sida hermaphrodita u Republici Hrvatskoj', *Glasnik Zaštite Bilja*, 40(5), str. 44-49.
23. Labudović, B. (2012.). Osnovne primjene biomase. Energetika marketinga. Zagreb

24. Lewandowski, I., Scurlock, J., Lindvall, E. and Christou, M., (2003.). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*, 25(4), pp.335-361.
25. Li, Z., Zhao, W., Li, R., Wang, Z., Li, Y., Zhao, G., (2009). Combustion characteristics and NO formation for biomass blends in a 35-ton-per-hour travelling rate utility boiler. *Bioresources. Technology*, Vol. 100, Str. 2278-2283.
26. Liu, T., McConkey, B., Huffman, T., Smith, S., MacFregor, B., Yemshanov, D., Kulshreshtha, S. (2014). Potential and impacts of renewable energy production from agricultural biomass in Canada. *Applied Energy*. 130. 222–229.
27. Maciejewska, A., Veringa, H., Sanders, J., Peteves, S.D. (2006). Co-firing of biomass with coal: Constraints and role of biomass pre-treatment. DG JRC Institute for energy, Ispra. Italija.
28. Magagnotti, N., Pari, L., Picchi, G., Spinelli, R. (2013). Technology alternatives for tapping the pruning residues resource. *Bioresource Technology*, vol. 128, str. 697-702.
29. Manzone, M., Paravidino, E., Bonifacino, G., Balsari, P. (2016). Biomass availability and quality produced by vineyard management during a period of 15 years. *Renewable energy*, vol. 99, str. 465-471.
30. Martin-Lara, M.A., Ronda, A., Zamora M.C., Calero, M. (2017). Torrefaction of olive tree pruning: Effect of operating conditions on solid product properties. *Fuel*, Vol. 202, Str. 109-117.
31. Mendivil, M.A., Munoz, P., Morales, M.P., Juarez, M.C., Garcia-Escudero, E. (2013). Chemical characterization of pruned vine shoots from La Rioja (Spain) for obtaining solid bio-fuels. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, Vol. 5.
32. Miranda, T., Esteban, A., Rojas, S., Montero, I., Ruiz, A. (2008). Combustion Analysis of Different Olive Residues. *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 9, str. 512-525.
33. Munir, S., Daood, S.S., Nimmo, W., Cunliffe, A.M., Bibbs, B.M. (2009). Thermal analysis and devolatilization kinetics of cotton stalk, sugar cane bagasse and shea meal under nitrogen and air atmospheres. *Bioresources. Technology*, Vol. 100, Str. 14313-14318.

34. Panwar, N. I., Kaushik, S. C., Kothari, S. (2011) Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15 (3), 1513-1524.
35. Pradhan, P., Mahajani, S., Arora, A. (2018). Production and utilization of fuel pellets from biomass: A review. *Fuel processing technology*, Vol. 181, Str. 215-232.
36. Radojević, R., Živković, M., Urošević, M., Radivojević, D. (2007). Tehnološko-tehnički aspekti korišćenja ostataka rezidbe voćaka i vinove loze. *Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, vol. 11 (1-2), str. 32-36.
37. Resch, H. (1982) Densified wood and bark fuels. *Holzforschung und Holzverwertung*, Vol. 34, Str. 69-74.
38. Rhen, C., Gref, R., Sjoström, M., Wasterlund, I., (2005). Effects of raw material moisture content, densification, pressure and temperature on some properties of Norway spruce pellets. *Fuel Processing Technology*, Vol. 87., Str. 11-16.
39. Sanchez, J., Garcia-Elocoro, V.E., Rosillo-Calle, F., Xiberta-Bernat, J. (2016). Assessment of forest bioenergy potential in a coal-producing area in Asturias (Spain) and recommendations for setting up a Biomass Logistics Centre (BLC). *Applied energy*, Vol. 171, Str. 133-141.
40. Sheng, C., Azevedo J. L. T., (2005). Estimating the higher heating value of biomass fuels from basic analysis data. *Biomass and Bioenergy*, vol. 28 (5), str. 499-507.
41. Sito, S., Bilandžija, N., Očić, V., Karoglan, M., Brkić, R., Škvorc, M. (2016). Eksploatacijske značajke različitih kombajna za berbu grožđa. *Agronomski glasnik: Gasilo Hrvatskog agronomskog društva*, Vol. 78.
42. Sito, S., et al. (2010). 'Strojevi za zbrinjavanje rozgve u vinogradu', *Glasnik Zaštite Bilja*, 33(1), str. 108-112.
43. Spinelli, R., Magagnotti, N., Nati, C. (2009). Harvesting vineyard pruning residues for energy use. *Biosystems Engineering*, vol. 105 (3), str. 316-322.
44. Spinelli, R., Magagnotti, N., Nati, C., Cantini, C., Sani, G., Gianni, P., Marcello, B. (2011). Integrating olive grove maintenance and energy biomass recovery with a single-pass pruning and harvesting machine. University of Bologna. Bologna.
45. Spinelli, R., Nati, C., Pari, L., Mescalchin, E., Magagnotti, N. (2012). Production and quality of biomass fuels from mechanized collection and processing of vineyard pruning residues. *Applied Energy*. Roma. Italy.

46. Telmo, C., Lousada, J., Moreira, N., (2010). Proximate analysis, backwards stepwise regression between gross calorific value, ultimate and chemical analysis of wood. *Bioresource Technology*, Vol. 101, Str. 3808-3815.
47. Toscano, G., Alfano, V., Scarfone, A., Pari, L. (2018). Pelleting Vineyard pruning at Low Cost with Mobile Technology. Department of Agriculture. Università Politecnica delle Marche, Ancona. Italija.
48. Turković, Z., Mirošević, N. (2003). Ampelografski atlas. Tehnička knjiga. Zagreb.
49. Velazquez-Marti B., Fernandez-Gonzalez E., Lopez-Cortes I., Salazar-Hernandez D.M. (2011). Quantification of the residual biomass obtained from pruning of vineyards in Mediterranean area. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 35, Str. 3453-3464.
50. Velazquez-Marti, B., Fernandez-Gonzalez, E., Lopez-Cortes, I., Salazar-Hernandez (2011.). Quantification of the residual biomass obtained from pruning of trees in Mediterranean olive groves. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 35, Str. 3208-3217.
51. Yao, B.Y., Changkook, R., Adela, K., Yates, N.E., Sharifi, V.N., Swithenbank, J. (2005). Effect of fuel properites on biomass combustion. Part II. Modelling approach identification of the controlling factors. *Fuel*, Vol. 84(16), Str. 2116-2130.
52. Živković, M., Radojević, R., Urošević, M. (2007). Priprema i potencijal ostataka rezidbe u voćnjacima i vinogradima kao energetskog materijala. *Poljoprivredna tehnika*, vol. 32 (3), str. 51-58.

Web izvori:

1. <http://biobaler.com/wb-55.html> (pristupljeno: 9. rujna 2021.)
2. <http://eonabiomasa.com/work-freely-at-comfort-of-your-home/?lang=en> (pristupljeno 26.9.2021.)
3. <http://www.gruppo-panacea.it/home/en/residual-biomass2/125-pruning-biomass-potential-for-energy-in-europe/173-pruning-biomass-potential-for-energy-in-europe> (pristupljeno: 9. rujna 2021.)
4. <http://www.speedy-cut.it/> (pristupljeno: 9. rujna 2021.)
5. <https://senko.hr/proizvodi/> (pristupljeno: 15. rujna 2021.)

6. <https://www.dzs.hr/> (pristupljeno: 18. srpnja 2021.)
7. <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/biomass-energy/> (pristupljeno: 10. rujna 2021.)
8. <https://www.torres.es/ru/blog/wine-planet/pruning-generate-power> (pristupljeno: 26.9.2021.)
9. <https://www.up-running.eu/> (pristupljeno: 18. srpnja 2021.)

## **Životopis**

Vinko Mihalina rođen je 15. srpnja 1997. u Varaždinu. Osnovnu školu pohađao je u Varaždinu. Nakon osnovne škole upisuje Prvu gimnaziju Varaždin, jezični smjer. Nakon završene gimnazije upisuje Agronomski fakultet u Zagrebu. Na preddiplomskom studiju upisuje Poljoprivrednu tehniku, a kao diplomski smjer upisuje Obnovljivi izvori energije u poljoprivredi. Uz fakultet radio je na različitim studentskim poslovima te obavljao stručnu praksu. Uz redovno školovanje pohađao je školu stranih jezika u kojoj je ostvario znanje engleskog jezika na razini C1 te njemačkog na razini B1. Posjeduje vozačku dozvolu B kategorije.