

Nadzemne značajke klonova topole

Tomić, Tin

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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:108:856278>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



Repository / Repozitorij:

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



ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ URBANO ŠUMARSTVO ZAŠTITA PRIRODE I
OKOLIŠA**

URBANO ŠUMARSTVO ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA

TIN TOMIĆ

ZNAČAJKE NADZEMNE BIOMASE KLONOVA TOPOLA

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2018.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

ZNAČAJKE NADZEMNE BIOMASE KLONOVA TOPOLA

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij Urbano šumarstvo zaštita prirode i okoliša: Urbano šumarstvo zaštita prirode i okoliša

Predmet: Uporaba šumske biomase

Ispitno povjerenstvo: 1. Prof. dr. sc. Željko Zečić

2. Doc. dr. sc. Dinko Vusić

3. Dr. sc. Ivan Andrić

Student: Tin Tomić

JMBAG: 0068219142

Broj indeksa: 814 / 16

Datum odobrenja teme: 20.4.2018

Datum predaje rada: 20.9.2018.

Datum obrane rada: 28.9.2018.

Zagreb, rujan, 2018

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov	Značajke nadzemne biomase klonova topola
Title	<i>Above-ground biomass properties of poplar clones</i>
Autor	Tin Tomić
Adresa autora	Stjepana Radića 44, 35425 Davor, Orubica
Rad izrađen	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Prof. dr. sc. Željko Zečić
Izradu rada pomogao	Doc. dr. sc. Dinko Vusić
Godina objave	2018.
Obujam	32 stranice, 22 slike, 5 tablica, 25 navoda literature
Ključne riječi	Topola, biomasa, pepeo
Keywords	Poplar, biomass, ash
Sažetak	Provedeno je istraživanje 10 klonova topola s ciljem utvrđivanja značajki njihove nadzemne biomase. Istraživanje se sastojalo od prikupljanja uzoraka na terenu, lokacija Tvrđavica kod Osijeka te daljnjoj analizi i obradi u laboratoriju. Problematika kojom se bavi ovaj rad se odnosi na analizu tehničkog masenog udjela vode pojedinih uzoraka, utvrđivanje postotka kore uzoraka, utvrđivanje masenog udjela pepela kore, drva, te ukupnog udjela pepela. Zadatak je utvrditi utjecaj masenog udjela kore na maseni udio pepela pojedinih uzoraka. Stavljanjem u odnos masenog udjela kore pojedinog uzorka i masenog udjela pepela kore svakog pojedinog uzorka može se zaključiti kako između svih klonova podvrgnutih analizi, klon <i>Baldo</i> stvara najveću količinu pepela iz kore pri sagorijevanju, tj. ima najnepovoljnija svojstva, dok klon <i>SV885</i> stvara najmanju količinu pepela iz kore, tj. ima najpovoljnija svojstva s obzirom na istraživanja više klonova.

	IZJAVA O IZVORNOSTI RADA	OB ŠF 05 07
		Revizija: 1
		Datum: 20. 09. 2018.

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

vlastoručni potpis

Tin Tomić

U Zagrebu, 20. rujna 2018.

SADRŽAJ

SADRŽAJ.....	1
POPIS SLIKA.....	3
POPIS TABLICA.....	3
1.Uvod.....	1
1.1 Biomasa kao obnovljivi izvor energije.....	1
2. Problematika.....	4
2.1 Šumska biomasa.....	4
2.2 Prednosti korištenja biomasa.....	6
2.3 Kulture kratkih ophodnji – energijski nasadi.....	8
2.4 Topola- <i>Populus</i> spp.....	9
3. Materijali i metode istraživanja.....	9
3.1 Mjesto istraživanja.....	9
3.2 Materijali istraživanja.....	12
3.2.1 Biološko-uzgojne značajke topole.....	13
3.3 Metode istraživanja.....	16
3.3.1 Terensko mjerenje i uzorkovanje.....	17
3.3.2 Laboratorijske analize.....	17
4.Rezultati istraživanja.....	20
4.1 Tehnički maseni udio vode.....	20
4.2 Maseni udio pepela.....	21
4.2.1 Maseni udio pepela u drvu.....	22
4.2.2 Maseni udio pepela u kori.....	23
4.2.3 Maseni udio pepela ukupno (drvo+kora).....	25

5. Zaključak.....	27
LITERATURA.....	28

Popis slika:

Slika 1: Razni oblici biomase.....	3
Slika 2: Neutralnost emitiranja ugljikova dioksida.....	4
Slika 3: Šumska biomasa: šuma, ogrjevno drvo, pelet... ..	6
Slika 4: Biomasa kao gorivo je CO ² neutralna.....	7
Slika 5: Mjesto terenskog istraživanja.....	10
Slika 6: Srednje dnevne temperature 2017. i usporedba s razdobljem 1899.-2016...11	
Slika 7: Prostorni raspored repeticija.....	12
Slika 8: Postupak odvajanja drva od kore.....	17
Slika 9: Uzorci u sušioniku Binder ED 115.....	17
Slika 10: Mlin Retsch SM 300.....	18
Slika 11: Priprema kompozitnih uzoraka.....	18
Slika 12: Uzorak spreman za ispitivanje vlage.....	19
Slika 13: Uzorci u sušioniku Binder FD 115.....	19
Slika 14: Uzorci spremni za žarenje.....	19
Slika 15: Uzorci nakon žarenja.....	19
Slika 16: Peć za žarenje Nobertherm L911	20
Slika 17: Eksikator.....	20
Slika 18: Maseni udio pepela u drvu, %.....	22
Slika 19: Maseni udio pepela u kori, %.....	23
Slika 20: Maseni udio kore, %.....	24
Slika 21: Odnos masenog udjela pepela kore i kore, %.....	25
Slika 22: Maseni udio pepela ukupno, %.....	26

Popis tablica:

Tablica 1: Tržišni oblici čvrstih biogoriva.....	5
Tablica 2: Srednja mjesečna temperatura zraka u °C (1899.-2017.).....	10
Tablica 3: Količina oborina mm (2013.-2017.).....	11
Tablica 4: Klonovi topola zastupljeni u istraživanju.....	13
Tablica 5: Udio pepela i razred peleta.....	26

1. Uvod

Upotreba obnovljivih izvora energije postaje nezamjenjiv čimbenik u okviru razvoja pojedinih područja kao i potreban te poželjan trend u većini razvijenih zemalja. Obnovljivi izvori energije su gotovo potpuno neutralni za okoliš nasuprot fosilnim izvorima energije, a otvaraju nove mogućnosti razvoja ekonomije u zemljama gdje se koriste. Koristeći obnovljive izvore energije potiče se i razvija rad malog i srednjeg poduzetništva, otvaraju se nove mogućnosti zaposlenja što u konačnici rezultira povećanjem kupovne moći i općeg zadovoljstva građana.

Europska unija je postavila za cilj do 2020. godine da obnovljivi izvori energije u ukupnoj energetskej potrošnji imaju zastupljenost od 20%. Ovom odlukom je dala snažan poticaj za ozbiljniju upotrebu biomase kao izvora energije. Korištenje biomase i općenito obnovljivih izvora energije, doprinosi smanjenju emisije stakleničkih plinova i očuvanju okoliša.

1.1 Biomasa kao obnovljivi izvor energije

Obnovljivi izvori energije su izvori energije koji se dobivaju iz prirode te se mogu potpuno ili djelomično obnavljati. Među obnovljive izvore energije ubrajaju se:

- energija vjetra
- energija sunca
- energija iz biomase
- geotermalna energija
- energija vodotoka
- potencijalna energija plime i oseke
- toplinska energija mora.

Biomasa je (gr. bios - život i lat. massa – tijelo) pojam koji se odnosi na organsku tvar jednog ili više organizama ili njihovih dijelova, isključujući fosilne ostatke (HRN EN 14588:2010).

Povećanje udjela obnovljivih izvora energije u ukupnoj energetskej bilanci, jedan je od strateških ciljeva sve većeg broja zemalja. Hrvatska se potpisivanjem međunarodnih sporazuma (npr. Kyoto protokol) te sukladno zakonodavstvu i priključivanju u EU, obvezala na poduzimanje konkretnih koraka u povećanju korištenja obnovljivih izvora energije, sukladno paradigmi “održivog razvoja”. Biomasa je obnovljivi izvor energije s najvećim potencijalom u Hrvatskoj (Kajba i sur., 2009).

Biomasu kao čvrsto gorivo, s obzirom na klasifikaciju porijekla i izvora dijelimo na drvenu biomasu, zeljastu biomasu, voćnu biomasu, vodenu biomasu te razne smjese i mješavine (HRN EN ISO 17225-1:2014).

Većina biomase nastaje iz proizvoda i nusproizvoda biljaka šumskog i poljoprivrednog porijekla. Drvena biomasa po porijeklu je drvo iz šuma i plantaža, drvne industrije, zatim upotrijebljeno, tj. prethodno korišteno drvo te razne umjetne i prirodne mješavine. Zeljasta biomasa potječe iz poljoprivrede i hortikulture, nastaje kao nusproizvod i ostatak od industrije prerade hrane i zeljastog bilja uz razne umjetne i prirodne smjese i mješavine. U voćnu biomasu ubrajamo plodove iz voćnjaka i hortikulture, nusproizvode i ostatke hrane i voća iz prerađivačke industrije te razne smjese i mješavine. Vodena biomasa obuhvaća alge, korove mora i jezera te također razne smjese i mješavine (HRN EN ISO 17225-1:2014).

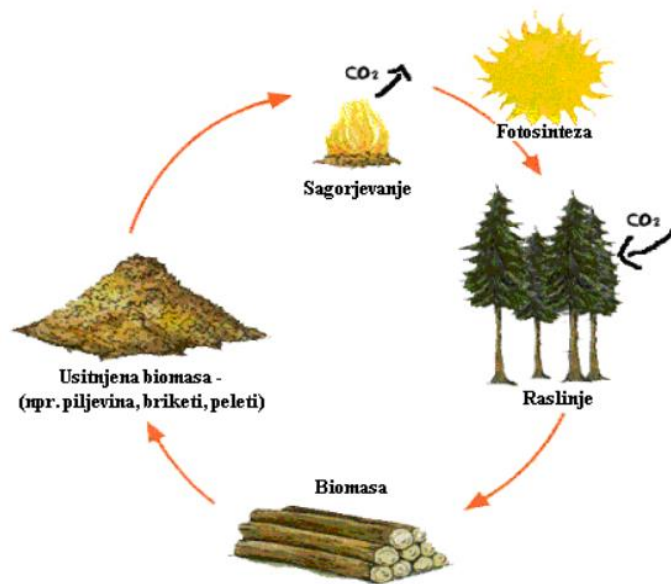
Biomasa se može podijeliti na energetske biljke i ostatke ili otpad. Energetske biljke mogu biti brzorastuće drveće, višegodišnje trave ili alge, dok ostaci uključuju poljoprivredni, šumski i industrijski ostatak, koji se koristi za proizvodnju toplinske i električne energije te prerađuje u bioplin i tekuća biogoriva. Biorazgradiva frakcija komunalnog otpada, također, se smatra biomasom. Biomasa je obnovljivi izvor energije koji uključuje ogrjevno drvo, grane i drvni ostatak iz šumarstva, te piljevinu, koru i drvni ostatak iz drvne industrije kao i slamu, kukuruzovinu, stabljike suncokreta, ostatke pri rezidbi vinove loze i maslina, koštice višanja i kore od jabuka iz poljoprivrede, životinjski izmet i ostaci iz stočarstva, komunalni i industrijski otpad (Domac i Risović, 2003).



Slika 1. Razni oblici biomase (www.uatrada.com)

Nadalje, opće je poznato kako korištenje fosilnih goriva ima negativne posljedice na okoliš. Emisije stakleničkih plinova koje nastaju kao posljedica korištenja fosilnih goriva pospješuju učinak klimatskih promjena, a uvijek postoji i značajni rizik zagađenja tla i vode. Osim toga, zalihe fosilnih goriva su ograničene, a sa smanjenjem zaliha posezati će se skupljim, agresivnijim i u konačnici nepovoljnijim metodama dobave fosilnih goriva, što će imati globalno negativan utjecaj na cijene energije. Upravo zato se kao jedna od dobrih alternativa danas sve više prepoznaje mogućnost korištenja biomase i ostalih obnovljivih izvora energije. Korištenjem biomase kao izvora energije, dobivamo energiju koja je u svakoj varijanti povoljnija za okoliš od korištenja fosilnih goriva (CEUBIOM, 2011).

U odnosu na fosilna goriva, korištenje biomase u proizvodnji energije, rezultira manjom emisijom štetnih plinova i otpadnih voda. Računa se da je opterećenje atmosfere s CO₂ pri korištenju biomase kao goriva zanemarivo, budući da je količina emitiranog CO₂ prilikom izgaranja jednaka količini apsorbiranog CO₂ tijekom rasta biljke. Dodatne su prednosti zbrinjavanje i iskorištavanje otpada te ostataka iz poljoprivrede, šumarstva i prerade drva. Zatim, moguće je smanjenje uvoza energenta, ali i potiče se ulaganje u poljoprivredu i nerazvijena područja (Domac i Risović, 2003).



Slika 2. Neutralnost emitiranja CO₂ (www.greenhome.co.me)

Na prvi pogled se biomasa i fosilna goriva ne razlikuju, jer se spaljivanjem uvijek oslobađa CO₂. Međutim, ako se biomasa proizvodi održivo, rast šumske sastojine i druge biljne zajednice vezat će CO₂ iz atmosfere i pohranjivati ga u biljnu strukturu. Spaljivanjem biomase ugljik će se oslobađati u atmosferu da bi se opet asimilirao s novom generacijom biljaka. Dakle, korištenjem biomase umjesto fosilnih goriva, ugljik pohranjen u fosilnim gorivima ostaje u tlu, a ne oslobađa se u atmosferu kao CO₂ pa je ukupna bilanca jednaka nuli, odnosno biomasa se može smatrati CO₂-neutralnim gorivom (Domac i Risović, 2003).

2. Problematika

2.1 Šumska biomasa

Pod terminom šumska biomasa podrazumijevaju se cijela stabla i dijelovi stabala, uključujući deblo, krošnju s lišćem, odnosno iglicama, sjemenke i češere te panj. Šumska biomasa s obzirom na izvor i podrijetlo se dijeli na šumsku biomasu iz:

- prirodnih sastojina
- šumskih kultura i plantaža,
- energijskih nasada, odnosno kultura kratkih ophodnji (Zečić, 2017).

Prema Zakonu o šumama, drvni šumski proizvodi su svi drvni dijelovi šumskog drveća i grmlja (oblovina, prostorno drvo, kora, granjevina, korijenje i slično) (NN 68/2018).

Po klasifikaciji podrijetla i izvora čvrstih biogoriva, drvena biomasa se može podijeliti na drvnu biomasu šuma, nasada i ostalo čisto drvo; zatim, nusproizvode i ostatke od industrijske obrade drva; prethodno korišteno drvo te umjetne smjese i mješavine.

U drvnu biomasu šuma, nasada i drugo čisto drvo ubrajamo cijela stabla bez korijenja, cijela stabla s korijenjem, drvo okresano od sitnih grana, ostaci od sječe i izrade, panjevi/korijenje, kora, odvojeno drvo iz vrtova, parkova, održavanja cesta i sl. Nusproizvodi i ostatci industrijske obrade drva su kemijski neobrađeni ili obrađeni ostaci drva, razne umjetne i prirodne mješavine. Prethodno korišteno drvo također dijelimo na kemijski obrađeno ili neobrađeno te na umjetne smjese i mješavine. (HRN EN ISO 17225-1:2014).

Pri iskorištenju i gospodarenju šumama nastaju velike količine šumske biomase koje se mogu upotrijebiti za proizvodnju energije. Dodatna mogućnost iskorištenja biomase ostvariva je osnivanjem bioenergetskih plantaža i proizvodnjom biomase šumskih vrsta drveća u kulturama kratkih ophodnji (Kajba i sur. 2009)

Tablica 1. Tržišni oblici čvrstih biogoriva (HRN EN 14961-1:2010)

Naziv goriva	Tipična veličina čestice	Uobičajena metoda pripreme
Cijela stabla	>500 mm	Bez pripreme i kresanja grana
Drvna sječka	5 mm do 100 mm	Rezanje oštrim alatima
Iver	Različito	Lomljenje tupim alatima
Dugo drvo	100 mm do 1000 mm	Rezanje oštrim alatima
Kora	Različito	Ostatak od koranja, isjeckana ili ne
Svežnjevi	Različito	Polegnuti u duljinu i svezani
Gorivo u prahu	<1 mm	Mljevenje
Drvna prašina-piljevina	1 mm do 5 mm	Rezanje oštrim alatima
Strugotine	1 mm do 30 mm	Blanjanje oštrim alatima
Briketi	Ø>25 mm	Mehanička kompresija
Peleti	Ø<25 mm	Mehanička kompresija

Energetsko iskorištavanje drvene biomase može se provoditi u neprerađenom ili prerađenom obliku pa biomasa može biti briketirana ili peletirana. Na taj se način znatno povećava nasipna gustoća te dobiva kvalitetno gorivo više ogrjevne vrijednosti koje je ekonomski opravdano transportirati na veće udaljenosti. Peleti i briketi nastaju sabijanjem, odnosno zgušćivanjem usitnjene drvene biomase u rasutom stanju. Peleti se smatraju gorivom budućnosti iz drvene biomase. Peleti se prešaju iz čiste, nekontaminirane drvene biomase, bez kemijskih vezivnih sredstava, s visokom toplinskom koncentracijom od oko 4,8 kwh/kg (18 MJ/kg) (Sušnik i Benković, 2007).

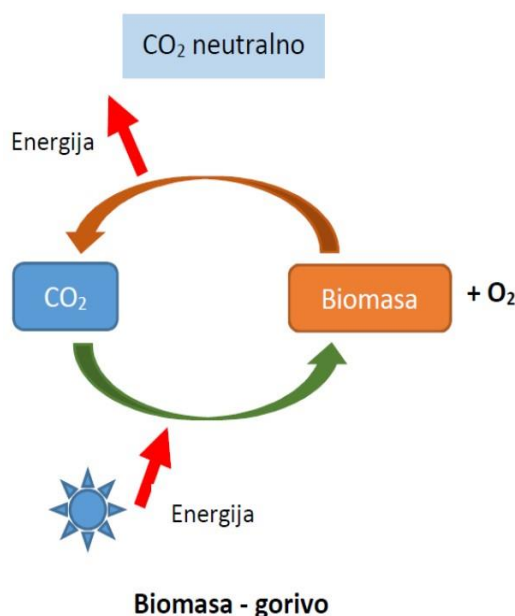


Slika 3. Šumska biomasa: šuma, ogrjevno drvo, pelet (www.biomasa-grupa.com)

2.2 Prednosti korištenja drvene biomase

Glavna prednost biomase kao energenta u odnosu na fosilna goriva je njena obnovljivost i potrajnost te manja emisija štetnih plinova i otpadnih voda. Računa se da je opterećenje atmosfere sa CO₂ pri korištenju biomase kao goriva gotovo zanemarivo jer ako se biomasa proizvodi održivo, rast šumske sastojine i druge biljne zajednice vezat će CO₂ iz atmosfere i pohranjivati ga u biljnu strukturu. Spaljivanjem biomase ugljik će se oslobađati u atmosferu da bi se opet asimilirao s novom

generacijom biljaka. Tako korištenjem biomase umjesto fosilnih goriva, ugljik pohranjen u fosilnim gorivima ostaje u tlu, a ne oslobađa se u atmosferu kao CO₂ pa je ukupna bilanca jednaka nuli, odnosno biomasa se može smatrati CO₂ -neutralnim gorivima (Sušnik i Benković, 2007).



Slika 4. Biomasa kao gorivo je CO₂ neutralna (<http://www.politikaplus.com/novost/168668/zanemaruje-li-se-drvena-biomasa-u-hrvatskoj>)

Dakle, biomasa kao nefosilizirani materijal biljnog podrijetla nastao je fotosintezom uz stvaranje kisika i korištenje atmosferskog CO₂. Sa stajališta šumarske struke, biomasa, koja se može iskoristiti za dobivanje energije, drvena je masa dobivena uzgojnim zahvatima kao što su čišćenje i prorede ili kao ostatak od sječe (granjevina, ogrjevno drvo). Prema procjenama od šumarskom je djelatnošću u Hrvatskoj moguće pridobiti oko 2 mil. m³ drvene mase godišnje za energetske potrebe. U navedenu biomasu uključeni su ostaci od sječe (sitna granjevina), ostaci od prerade drveta, prostorno drvo, otpad i gubici pri sječi te biomasa s opožarenih površina i degradiranih šuma (Kajba i sur.,2007).

Od samog nastanka kao jedinke, drvo je sirovina koja je dio ekosustava koji nas štiti od niza opasnosti i osigurava mnoštvo ekoloških prednosti. U proizvodnji

ogrjevnog drva koriste se pretežno vrste koje se inače ne bi koristile u neke druge svrhe te korištenje drvne biomase u ogrjevne svrhe bi se moglo značajno povećati bez negativnih posljedica na održivost šumarstva, ali ako se provodi u zadanim okvirima. Moguća prerada i upotreba drvne biomase kao ogrjevnog drva pridonosi stvaranju dodatne vrijednosti određene regije i osigurava nova radna mjesta. Moderni visokoučinkoviti sustavi grijanja na drvnu biomasu koji su profesionalno upravljani i održavani ekonomski su povoljniji u odnosu na većinu sustava grijanja na fosilna goriva (Sušnik i Benković, 2007).

2.3 Kulture kratkih ophodnji-energijski nasadi

Po zakonu o drvenastim kulturama kratkih ophodnji, kulturama se smatraju intenzivni nasadi brzorastućih vrsta drveća ili drugih biljnih vrsta koje se uzgajaju na poljoprivrednom ili šumskom zemljištu u kratkom razdoblju, najdulje do osam godina između dviju sječa odnosno žetvi, radi ostvarenja visokih prinosa biomase za energetske svrhe (NN 15/18).

Zbog porasta potrošnje drva povećani su pritisci na prirodne šumske ekosustave, što povećava njihovu ugroženost. Biomasa šumskih vrsta drveća može se proizvoditi i intenzivnim uzgojem brzorastućih vrsta drveća kao što su vrba, topola, joha, breza i bagrem. Ovakav način proizvodnje biomase šumskih vrsta poznat je pod nazivima „kulture kratkih ophodnji“ ili „intenzivne kulture kratkih ophodnji“. Takve plantaže brzorastućeg drveća nazivaju se i energetske nasadi ili energetske plantaže. Osnivanje energijskih nasada i proizvodnja biomase u skladu su sa svjetskim trendovima, a u cilju su boljeg iskorištavanja obnovljivih izvora energije bez stvaranja dodatnih količina CO₂, kojima su opterećena fosilna goriva (Kajba i sur., 2007).

Plantaže topole nastale su sadnjom sadnica uz maksimalno intenzivni tehnološki postupak i primjenu agrotehničkih mjera, a podižu se na neobraslom proizvodnom šumskom zemljištu ili se obnavljaju nakon sječe postojećih plantaža. Ovisno o kakvoći tla na površinama predviđenima za osnivanje kultura i plantaža, odabire se klon ili kultivar koji odgovaraju specifičnim stanišnim uvjetima. Razdoblje je sadnje kratko, približno 30 radnih dana, bilo da je riječ o jesenskoj ili proljetnoj sadnji. Tlo se priprema sječom i uklanjanjem grmlja i ostale vegetacije, a za

osnivanje kultura i plantaža topola vade se panjevi, slijedi podrivanje te duboko oranje i tanjuranje (Šumskogospodarska osnova područja RH, 2016).

2.4 Topola- *Populus spp.*

Razlozi zbog kojih je uzgoj topole dosta raširen utemeljeni su na činjenici da je topola najproduktivnija vrsta umjerene klime, vrsta s dobrom svojstvima rasta u velikom rasponu zemljopisne širine, lako se vegetativno razmnožava, ima veliku izbojnu snagu te veliku mogućnost povećanja prinosa kroz oplemenjivanje (Zečić, 2011).

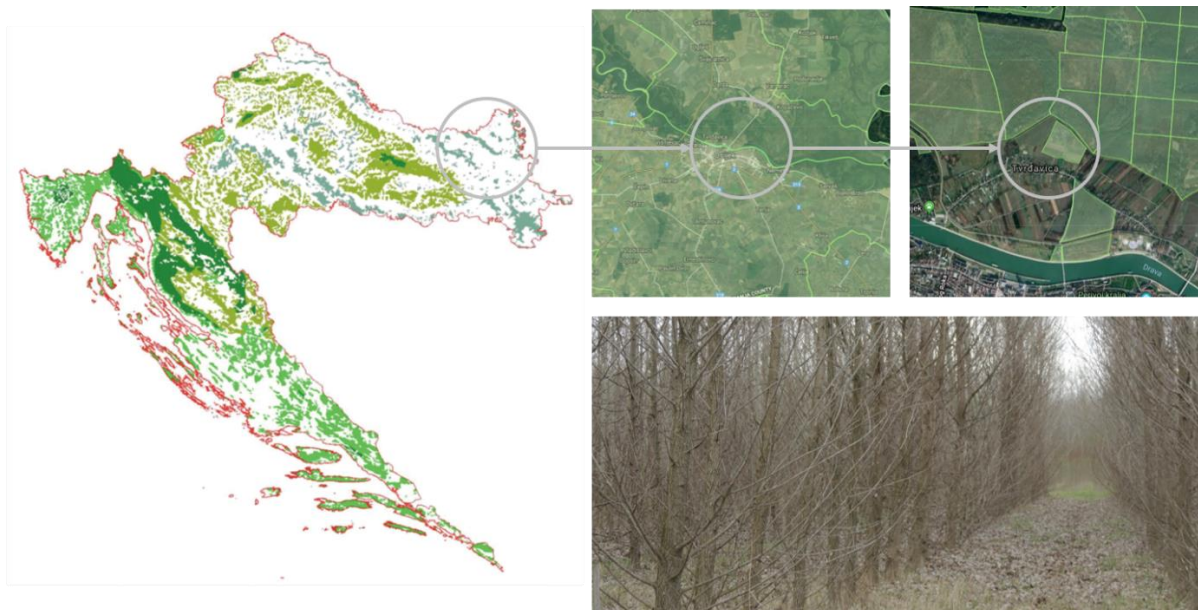
Nasadi topola najintenzivniji su oblik gospodarenja šumama na našim prostorima. Omogućuju širok proizvodni program, od sitnog drva za biomasu i energiju, zadovoljavaju potrebe proizvodnje celuloze i papira, sve do najvrjednijih sortimenata za industriju. Zbog sve veće potražnje za drvom topole na tržištu došlo je do razvoja topolarske proizvodnje. Radi postizanja maksimalnih proizvodnih učinaka uvedeni su novi kultivari i klonovi topola većih proizvodnih potencijala, što zahtijeva proučavanje njihova odnosa s uvjetima staništa i definiranje tehnologije osnivanja i njege nasada (Andrašev i sur.,2012).

Uporabna vrijednost klona ne ovisi samo o njegovoj maksimalnoj produktivnosti, već i o njegovoj sposobnosti da određena svojstva zadrži na relativno visokoj razini i u različitim okolinama. U tehnici oplemenjivanja šumskog drveća, genetsku dobit, u smislu produkcije, moguće je ostvariti koristeći odgovarajući klon ili smjesu klonova adaptiranu na određene stanišne uvjete. Na temelju procjene stupnja nasljednosti određenog svojstva i selekcijskog diferencijala u određenoj populaciji, možemo predvidjeti genetsko poboljšanje putem oplemenjivanja selekcijom u sljedećoj generaciji (Kajba i Andrić, 2012).

3. Materijali i metode

3.1 Mjesto istraživanja

Terensko istraživanje je provedeno na pokusnoj plohi u rasadniku Tvrdavica, koji je smješten u blizini grada Osijeka, u sastavu šumarije Darda, UŠP Osijek.



Slika 5. Mjesto terenskog istraživanja

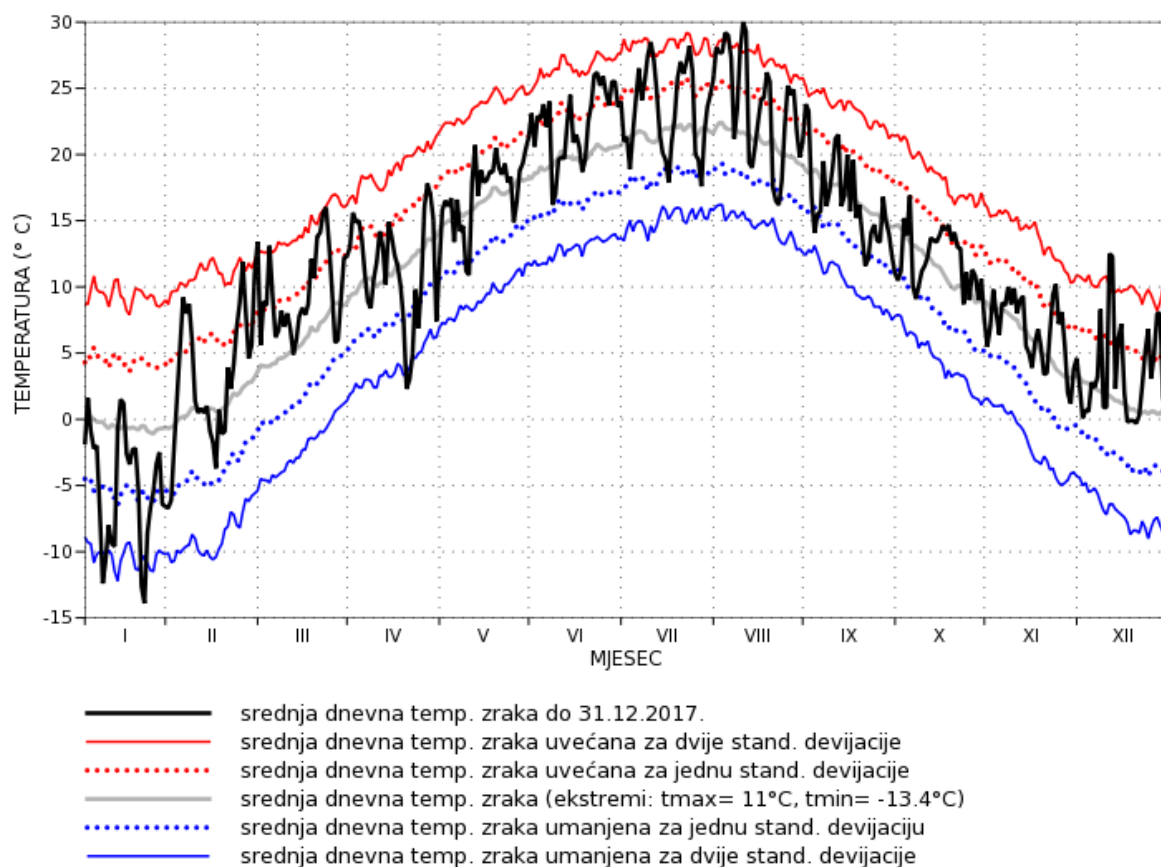
Grad Osijek smješten je u istočnoj Hrvatskoj uz rijeku Dravu, naselja Tvrdavica i Podravlje nalaze se na lijevoj obali Drave i pripadaju Baranji, dok su ostala naselja preko rijeke Drave te pripadaju Slavoniji. Grad se nalazi na 90 m nadmorske visine.

Prema Köppenu na osječkom području prevladava umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom (Cfb), razlikuje se od klime Cfa po nešto nižim temperaturama zraka (poglavito u hladnijem dijelu godine), a izostaje izrazito suho razdoblje. Prosječna temperatura najtoplijeg mjeseca je iznad 20°C, a najhladnijeg, u panonskom dijelu Hrvatske između 0 i -2°C. U kontinentalnim područjima s klimom Cfb toplija polovica godine ima više padalina od hladnije polovice.

Tablica 2. Srednja mjesečne temperature zraka u °C (1899.-2017.)

Postaja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Osijek	-0,7	1,3	6,3	11,5	16,6	19,8	21,7	20,9	16,7	11,3	5,8	1,3

Usporedba sa srednjakom za razdoblje 1899-2016.
Osijek



Slika 6. Srednje dnevne temperature (2017.) i usporedba s razdobljem 1899.-2016.

(http://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracenje¶m=srednja_temperatura&Grad=os_sred&Godina=2017)

Prema podacima o srednjim mjesečnim temperaturama DHMZ je vidljivo kako je kroz godinu najhladniji mjesec siječanj, a najtopliji mjesec srpanj (Tablica 1).

Tablica 3. Količina oborina u mm (2013.-2017.)

Postaja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
Osijek	54,2	67,12	62,12	45,16	103,58	68,22	59,14	56,7	70,02	76,46	41,3	24	728,02

Iz tablice 3 je vidljivo kako je u razdoblju od 2013.-2017. mjesec svibanj zastupljen s najvećom količinom oborina, dok mjesec prosinac bilježi najmanju količinu oborina. Nadalje, ukupna prosječna godišnja količina oborina u spomenutom razdoblju je 728,02 mm.

3.2 Materijali istraživanja

Ploha klonova topola na kojoj je provedeno uzorkovanje osnovana je u proljeće 2014. godine s neožiljenim reznicama. Ploha je podignuta s deset različitih klonova topole, po tri repeticije za svaki klon, a svaka repeticija je zastupljena sa 40 biljaka. Biljke nisu zalijevane niti prihranjivane.

Hybride 275	Max 4	Matrix 21	Baldo	SV490
Antonije	SV490	Delrive	Max 4	Koreana
Delrive	Hybride 275	Baldo	V 609	SV885
Koreana	SV885	Max 4	Matrix 21	Antonije
V 609	Baldo	SV490	Delrive	V 609
Hybride 275	Matrix 21	Antonije	SV885	Koreana

zaštitni pojas M1

Slika 7. Prostorni raspored repeticija klonova topola

Klonovi topola kojima je osnovana pokusna ploha i koji su zastupljeni u istraživanju prikazani su u Tablici 4. Jedinke vrste *Populus deltoides* i *P. nigra*

pripadaju sekciji *Aigeiros*, a vrste *P. koreana*, *P. maximowiczii* i *P. trichocarpa* sekciji *Tacamahaca*.

Tablica 4. Klonovi topola zastupljeni u istraživanju

Naziv klona	Roditelji
'SV490'	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. deltoides</i>
'Delrive'	<i>P. deltoides</i>
'V 609'	<i>P. deltoides</i> × <i>P. nigra</i>
'Baldo'	<i>P. deltoides</i> × <i>P. deltoides</i>
'Max 4'	<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>
'Antonije'	<i>P. deltoides</i> × <i>P. nigra</i> × <i>P. deltoides</i>
'SV885'	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. deltoides</i>
'Koreana'	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. koreana</i> × <i>P. maximowiczii</i>
'Matrix 21'	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>
'Hybride 275'	<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>

3.2.1 Biološko uzgojne značajke topola

Crna topola (*Populus nigra* L.) obično naraste kao veliko stablo do visine od 40 m, ponekad i više, s prsnim promjerom koji može biti i veći od 2 m (Rehder, 1940.). Dosezanje potencijalno velikih dimenzija čini ovu vrstu zanimljivom iz aspekta proizvodnje biomase. Drvo crne topole je jedričavo, bjeljika je bijela do žućkasto bijela, srž svijetlosmeđa do svijetlo zelenkastosmeđa, u blizini srčike često slabo crvenkasta.

Sve vrste roda *Populus* su dvodomne, pa tako i crna topola, iako su u prirodi pronađene jedinke na kojima su se nalazile i muške i ženske rese. U prirodnim sastojinama omjer muških i ženskih jedinki nije 1:1, nego je veći je udio muških jedinki. Za potrebe uzgoja lakše je izvršiti selekciju muških jedinki, jer za razliku od ženskih više pokazuju svojstva dobro i bujnog rasta.

Prašnici se kod crne topole pojavljuju od veljače do lipnja, a sjeme od travnja do kraja kolovoza. Sjeme dozrijeva za šest do osam tjedana. Sjeme crne topole je vrlo lagano, pa se tako u jednom gramu sjemena nalazi prosječno 1450 komada.

Sjeme se rasprostire anemohorijom. Sjeme zadržava klijavost oko 10 dana, a moguće ga je čuvati na temperaturi od -5°C i relativnoj vlažnosti zraka oko 6%. U povoljnim uvjetima vlage i temperature sjeme vrlo brzo proklija i zakorjenjuje se unutar prva četiri dana.

Stanišni uvjeti koji moraju biti ispunjeni za daljnji rast i razvoj klijanaca su dovoljna količina svjetla, te vlažno, rahlo i nezakorovljen tlo. Staništa koja odgovaraju opisanim uvjetima pronalaze se u dolinama rijeka na novonastalim riječnim nanosima.

Za uzgoj kultura kratkih ophodnji najznačajnija je velika izbojna snaga iz panja, koja je u usporedbi s drugim topolama ipak nešto manja. Također se vrlo lako razmnožava vegetativnim putem odrvenjelim reznicama.

Crna topola zauzima vrlo široki areal, na kojemu je izložena različitim ekološkim uvjetima. Zbog toga su se razvili različiti varijeteti crne topole, a neki od njih su *Populus nigra* var. *italica*, *Populus nigra* var. *thevestina*, *Populus nigra* var. *betulifolia*, *Populus nigra* var. *pubescens*, *Populus nigra* var. *plantierensis*, *Populus nigra* var. *neapolitana*.

Američka crna topola (*Populus deltoides* W. Bartram ex Marshall) je srednje ili krupno stablo koje kada raste u sklopljenim sastojinama razvija dugačko, uspravno deblo i malu okruglastu krošnju, a kada raste na osami razgranato je i ima prilično masivne grane (Dickmann, 2001.). Može postići visinu preko 50 m i prsni promjer od 150 cm.

Američka crna topola raste na vlažnim, aluvijalnim, često plavljenim staništima. Obilježava je velika produkcija sjemena koje se raznosi anemohorijom i hidrohorijom, što joj omogućava osvajanje golih, vlažnih aluvijalnih nanosa, pješčanih jezerskih dina i zapuštenih poljoprivrednih površina. Prirodno područje rasprostranjenja američke crne topole je središnji i istočni dio SAD-a, a najpovoljnija staništa se nalaze u delti rijeke Mississippi.

Kao i ostale topole i američka crna topola je heliofit, dakle ne uspijeva dobro u zasjeni, te ne podnosi dobro kompeticiju s drugim vrstama. Posjeduje vrlo veliku izbojnu snagu iz panjeva, koja je osobito naglašena kod mladih stabala. Vegetativno

razmnožavanje pomoću odrvenjelih reznica je moguće, ali je s obzirom na slabije zakorjenjivanje teže nego kod crne topole.

Uporabna vrijednost američke crne topole je vrlo velika. Njeno drvo se koristi u proizvodnji šibica, piljene građe, ploča i furnira.

Osim tipične podvrste *Populus deltoides* ssp. *deltoides*, značajne su još i *P. deltoides* ssp. *monilifera* i *P. deltoides* ssp. *Wislizeni*.

Američka crna topola ima veliki značaj u oplemenjivanju šumskog drveća hibridizacijom, a najznačajniji hibrid nastao križanjem s europskom crnom topolom je *Populus ×canadensis* Moench (*P. ×euramericana* Guinier). U toj hibridizaciji majka je američka crna topola, a otac europska crna topola. Također je značajan i hibrid *Populus ×generosa* (*P. deltoides* × *P. trichocarpa*).

Korejska topola (*Populus koreana* Rehder) je stablo koje može narasti 20 do 30 metara visine, i 40 do 45 cm prsnog promjera. Specifičnost ove vrste je otpornost na mraz, pa je zbog toga česta u uzgoju u sjevernoj Europi, najviše u Finskoj.

Prirodno područje rasprostranjenja korejske topole je sjeveroistok Kine, Korejski poluotok, te istok Rusije. Preferira osunčana staništa (heliofit), a uspijeva na ilovači, pjeskovitoj ilovači, glini i pjeskovitoj glini. Može preživjeti na temperaturi od - 23 °C. Korejska topola cvjeta od travnja do svibnja, a sazrijevanje plodova počinje od sredine lipnja.

Maximowiczewa balzamna (*Populus maximowiczii* Henry) topola raste kao stablo, a može postići visinu preko 30 metara. Razvija široku krošnju.

Od prirode se pojavljuje u istočnoj Rusiji, Kini, Korejskom poluotoku i Japanu. Heliofilna je vrsta pa preferira osunčana staništa. Najčešće se nalazi u riječnim dolinama i poplavnim površinama uz rijeke. Najbolje uspijeva na ilovastim i pjeskovitim tlima.

Kao i ostale topole i Maximowiczewa balzamna topola je dvodomna, a cvjetati počinje od proljeća. Plodovi su kapsule koje dozrijevaju ljeti.

Zapadnoamerička balzamna topola (*Populus trichocarpa* Torr. & A. Gray ex Hook) najveća je topola u Sjevernoj Americi. Može narasti od 30 do 50 m u visinu,

te do 2 m prsnog promjera. Cvjetanje zapadnoameričke topole počinje od desete godine starosti. Cvjeta od početka ožujka do kraja svibnja, ponekad i do sredine lipnja. Sjeme se pojavljuje od kraja svibnja sve do sredine srpnja, a rasprostire se anemohorijom i hidrohorijom. U prirodnim uvjetima sjeme zadržava vitalnost od dva do četiri tjedna, a čuva se u hladnim prostorima.

Zapadnoamerička topola ima jaku izbojnu snagu, pa se može razmnožavati i vegetativno, te je obilježava brzi rast. Ove osobine je čine pogodnom za korištenje u kulturama kratkih ophodnji. Korijenje joj je invazivno i svojim rastom može oštetiti temelje građevina na glinenim tlima ako se posadi u blizini (Mitchell, 1996.).

Prirodno područje rasprostranjenja *Populus trichocarpa* je zapad Sjeverne Amerike, od 31° sjeverne geografske širine na jugu do 61°30' sjeverne geografske širine na sjeveru. Uspijeva do nadmorske visine od 2100 m.

Drvo zapadnoameričke topole je lagano, bogato kratkim, finim celuloznim vlaknima koja se koriste u proizvodnji visoko kvalitetnog papira. Koristi se također i za proizvodnju šperploča.

Obilježje zapadnoameričke topole je izrazito brz rast; stabla u plantažama u Velikoj Britaniji narasla su do 18 m visine za 11 godina, i do 34 m visine za 28 godina (Mitchell, 1996.). Za deset do petnaest godina postiže dovoljne dimenzije za proizvodnju drvenjače, a oko 25 godina potrebno je da dosegne dimenzije za proizvodnju trupaca.

3.3 Metode istraživanja

Istraživanje značajki klonova topola obuhvaća metode terenskog mjerenja i uzorkovanja, analize u laboratoriju te obradu dobivenih podataka.

3.3.1 Terensko mjerenje i uzorkovanje

Uzorci na terenu su prikupljeni u Rasadniku Tvrđavica, 4. travnja 2018. Uzorkovano je deset klonova topola, a svaki pojedini klon je bio zastupljen sa tri stabla, odnosno po jedno stablo iz svake repeticije ukupno 30 stabala.

Nakon obavljene sječe obavljena je izmjera stabala. Na samom mjestu sječe izmjerena je visina stabla mjernom vrpcom, a nakon toga su uzeti uzorci za laboratorijske analize. Na vratu korijena je uzet prvi uzorak, svaki sljedeći na idućih 1,30 metra od vrata korijena a zadnji uzorak na promjeru od 3 cm. Uzorkovano je ukupno 176 uzoraka- koluta.

Kako bi dobili točne podatke o masi stabala i uzoraka u svježem stanju na terenu je obavljeno vaganje uzoraka. Pomoću prijenosne vage EMB 1200-1 određena je masa kolutova, uzoraka, dok je prijenosnom vagom WLC 60/C2/K određena ukupna masa stabla. Računski je određena ukupna masa stabala, zbrajanjem dijelova stabala s masom njemu pripadajućih sekcija.

Uz određivanje mase uzorak u svježem stanju pomičnim mjerilom su određene i dimenzije uzoraka. Izmjerena je najveća i najmanja visina i najveći te najmanji promjer uzoraka. Iz dobivenih podataka određena je srednja visina i srednji promjer uzorka koji su korišteni u preostalim izračunima.

3.3.2 Laboratorijske analize

Nakon terenske obrade uzorci su dostavljeni na Šumarski fakultet u laboratorij za šumsku biomasu gdje se nastavila daljnja obrada i analiza.

U laboratoriju su provedene gravimetrijske analize kojima se utvrdio tehnički udio vode, uređaji korišteni u ovoj analizi su Binder FD 115 i Binder FD 240. Prije postupka sušenja na uzorcima (kolutovima) je odvojena kora od drveta te nakon toga uzorci su stavljeni na sušenje pri 105°C u trajanju od 24 sata.

Po završetku sušenja uzorci su izvagani, posebno masa drva, posebno masa kore. Određena je količina vlage uzorka koja je jednaka razlici mase uzorka prije i nakon sušenja te je određen postotak kore uzorka. Potom su kora i drvo, svakog pojedinog klona, usitnjeni i pripremljeni za nastavak analize.



Slika 8. Postupak odvajanja kore od drva



Slika 9. Uzorci u sušioniku Binder FD 115

U nastavku obrade uzorci su usitnjeni na veličinu $< 1,0$ mm reznim alatom mlina Retsch SM 300 pri brzini vrtnje od 2000 min^{-1} . Iz tako obrađenih uzoraka pripremljeni su kompozitni uzorci koji čine reprezentativni uzorak posebno drva, posebno kore, svakog uzorkovanog stabla uzorkovanog na terenu. Svaki pojedini usitnjeni uzorak (posebno drva, posebno kore) podijeljen je na četiri jednaka dijela, od ta četiri dijela za nastavak uzorkovanja uzimana su dva nasuprotna, postupak je ponavljan dok se uzorak nije smanjio na odgovarajuću količinu propisanu normom (300-500 grama). Usitnjeni i u plastične bočice (slika 11) prikupljeni uzorci raspoređeni su u odgovarajuće posudice za daljnju analizu određivanja pepela i određivanja vlage.



Slika 10. Mlin Retsch SM 300



Slika 11. Priprema kompozitnih uzoraka

Pri ispitivanju udjela vlage utvrđen je tehnički maseni udio vode u laboratorijskim uzorcima sušenjem u sušioniku Binder FD 115 na 105°C sa izmjenom zraka u trajanju od 3 sata. Pomoću analitičke vage Mettler Toledo XA 204 s preciznošću očitavanja od 0,1 mg, izmjerena je masa uzoraka prije sušenja i masa standardno suhih uzoraka nakon propisanog vremena sušenja u sušioniku.

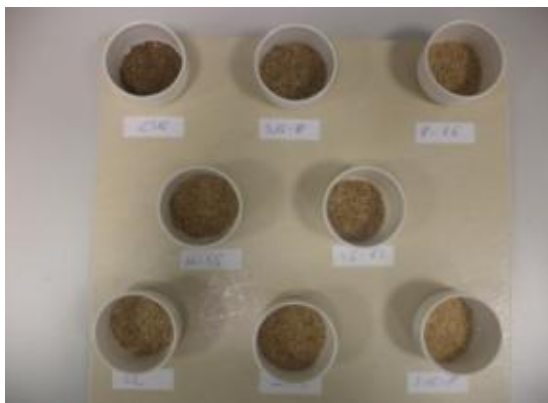


Slika 12. Uzorak spreman za ispitivanje vlage



Slika 13. Uzorci u sušioniku Binder FD 115

Sukladno HRN EN normi utvrđuje se maseni udio pepela usitnjenih uzoraka. Postupak žarenja se obavlja po propisanom načinu u peći za žarenje Nabertherm L911, a sam postupak se sastoji od postupnog povećanja temperature na 250°C kroz 30 minuta, potom održavanje temperature na 250°C kroz 60 minuta te povećanje temperature na 550 ±10°C kroz 120 minuta. Po završetku žarenja uzorci se hlade u eksikatoru 30 minuta. Pomoću analitičke digitalne vage s preciznošću od 0,1 mg, određujemo masu uzoraka prije i poslije žarenja.



Slika 14. Uzorci spremni za žarenje



Slika 15. Uzorci nakon žarenja

Postotni udio pepela se određuje na sljedeći način:

$$\text{Pepeo (\%)} = [\text{neto masa pepela nakon } 550^{\circ}\text{C (g)} / \text{neto suhi uzorak (g)}] \times 100$$



Slika 16. Peć za žarenje Nabertherm L911



Slika 17. Eksikator

4. Rezultati

Analizom u laboratoriju je utvrđen tehnički maseni udio vode svakog pojedinog uzorka, zatim maseni udio pepela kore i drva. Obradom dobivenih rezultata utvrđene su osnovne značajke i svojstva istraživanih klonova topole s obzirom na odrađene analize.

4.1 Tehnički maseni udio vode

Prosječni tehnički maseni udio vode kod ispitanih uzoraka klonova topole je od minimalnih $51,59 \pm 1,96$ % kod klona Hybride 275, do maksimalnih $55,93 \pm 1,44$ % kod klona SV885. Za ostale ispitivane uzorke klonova topole tehnički maseni udio vode je prikazan u tablici 5.

Ako klonove koristimo u osnivanju kultura kratkih ophodnji podatci o tehničkom masenom udjelu vode predstavljaju bitan čimbenik. Pri korištenju drvene tvari za

dobivanje energije sagorijevanjem preferiraju se manji udjeli vode, jer se u ložištima dio energije mora potrošiti na isparavanje vode koju sadrži upotrijebljeno gorivo.

Tablica 5. Tehnički maseni udio vode ispitivanih klonova topole

Klon	Prosječni	najmanji	najveći
'Antonije'	54,36±0,47	53,83	54,65
'Baldo'	55,81±1,80	54,01	57,61
'Delrive'	52,64±1,70	50,74	54,03
'Hybride 275'	51,59±1,96	49,38	53,09
'Koreana'	52,08±0,10	51,97	52,14
'Matrix 21'	52,97±3,51	50,69	57,02
'Max 4'	53,44±1,20	52,33	54,71
'SV490'	54,32±0,88	53,62	55,30
'SV885'	55,93±1,44	54,41	57,28
'V 609'	51,90±1,26	50,95	53,32

Veći udio vode posljedično utječe i na povećanje cijene transporta, jer se sa manjom masom standardno suhe tvari postiže maksimalno dopušteno opterećenje transportnog sredstva. Povećani udio vode može biti i uzrok problema pri skladištenju jer povećana vlaga povećava mikrobiološku aktivnost koja svojim aktivnošću narušava kvalitetu biomase.

4.2 Maseni udio pepela

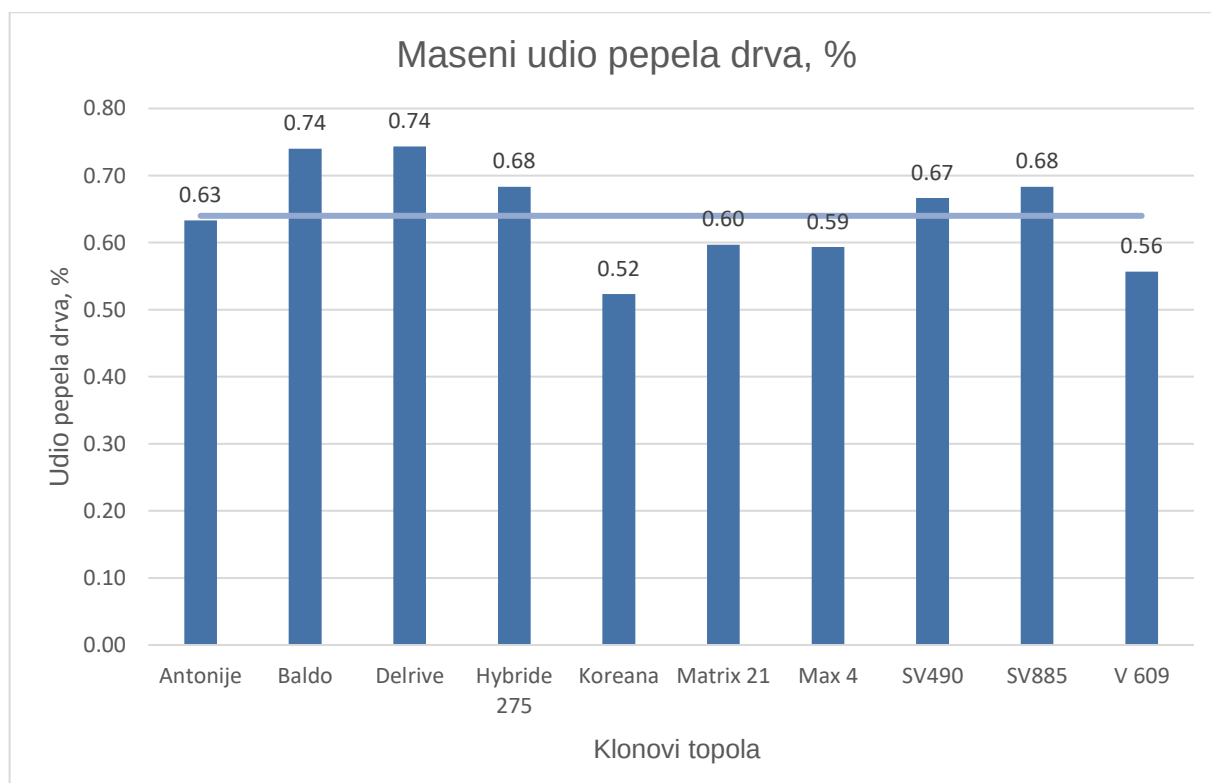
U ispitivanom uzorku udio pepela predstavlja masu anorganskih tvari koje preostaju nakon spaljivanja poznate mase suhe tvari pri 550±10 °C. Uzorci koji sadrže veću količinu anorganskih tvari rezultiraju i većom količinom pepela koji nastaje u ložištu te poskupljuju i manipulativni troškovi čišćenja ložišta i samo zbrinjavanje pepela.

Tijekom izgaranja, na žeravici dolazi do određenih fizičkih promjena u pepelu. Rastom temperature, čestice pepela omekšavaju se sve dok ne dođe do potpune fuzije čestica. Korištenje goriva s niskim temperaturama fuzije pepela povećava se rizik od formiranja šljake na rešetki. Fuzijska šljaka ometa proces izgaranja mijenjanjem primarnih protoka zraka i pogoduje pretjeranom zagrijavanju rešetke, kao i koroziji. Međutim, problemi povezani s nastankom šljake mogu se rješavati na više načina, između ostalog hlađenjem rešetke i recirkulacijom dima zatim ugradnjom mehaničkih sustava za automatsko čišćenje ili, u slučaju žitarica, korištenjem dodataka kalcija. Drvo i kora imaju relativno visoku točku taljenja (1.300-1.400 °C) te stoga nemaju kritičnih točaka (Francescato i sur., 2008).

Referentna vrijednost udjela pepela(%), za topole prema ISO 17225-1 se dijeli na prosječnu (2%), najmanju (1,5%) i najveću (3,4%).

4.2.1 Maseni udio pepela u drvu

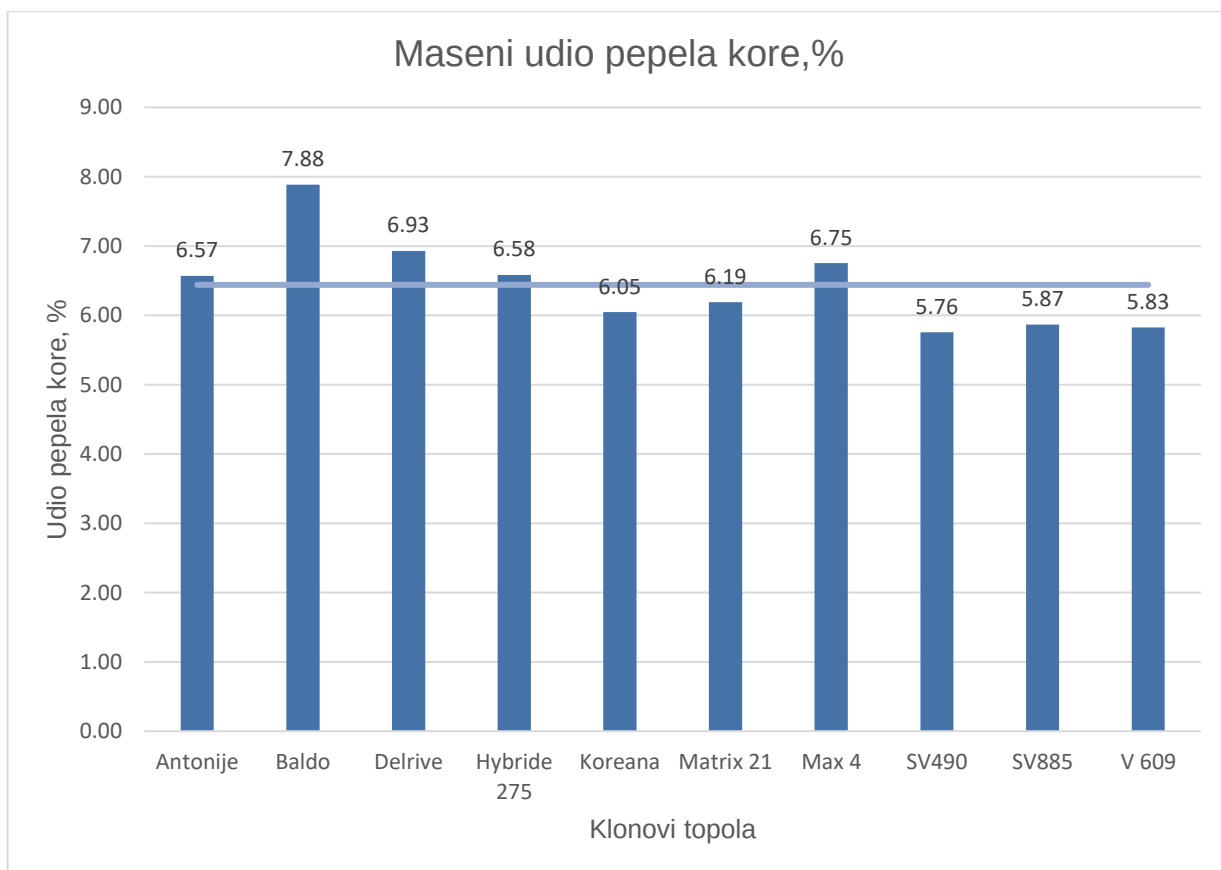
Maseni udio pepela drva kreće se u rasponu od minimalnih 0,52% kod klona *Koreana*, do maksimalnih 0,74% pepela kod klonova *Baldo* i *Antonije*. Prosječni postotak udjela pepela drva za ispitivane uzorke je 0,64%.



Slika 18. Maseni udio pepela u drvu,%

4.2.2 Maseni udio pepela u kori

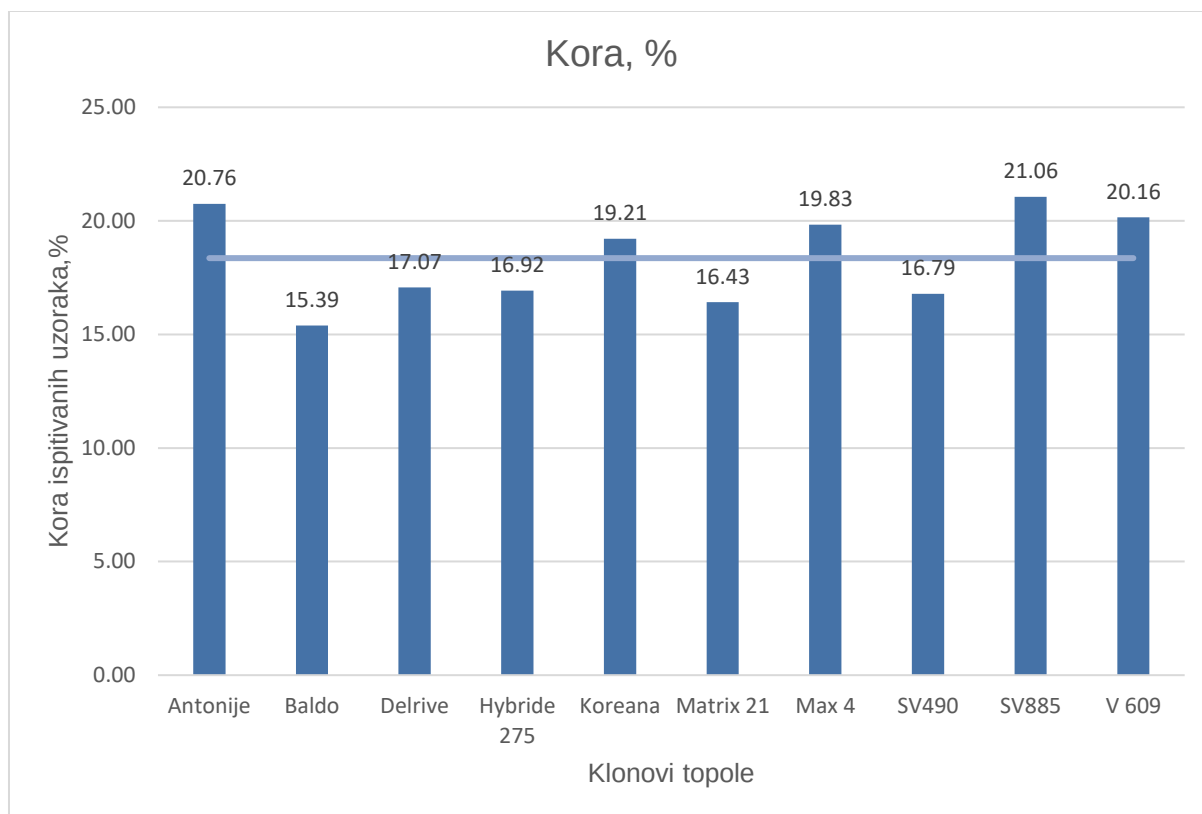
Najveći postotak masenog udjela pepela kore izmjeren je za uzorak klona *Baldo*, koji iznosi 7,88%, a najmanji postotak izmjeren je za uzorke klona *SV490* koji iznosi 5,76 %. Prosječna vrijednost udjela pepela kore iznosi 6,44%.



Slika 19. Maseni udio pepela u kori,%

Pri analiziranju postotka kore na uzorcima najviši postotak kore izmjeren je kod uzoraka klona *SV885* u iznosu od 21,6%, a najniži postotak zastupljenosti kore izmjeren je za klon *Baldo*, a iznosi 15,39%. Prosječna vrijednost zastupljenosti kore ispitivanih uzoraka klonova topole iznosi 18,36%.

Za ostale klonove postotak zastupljenosti kore vidljiv je na grafičkom prikazu na slici 19.



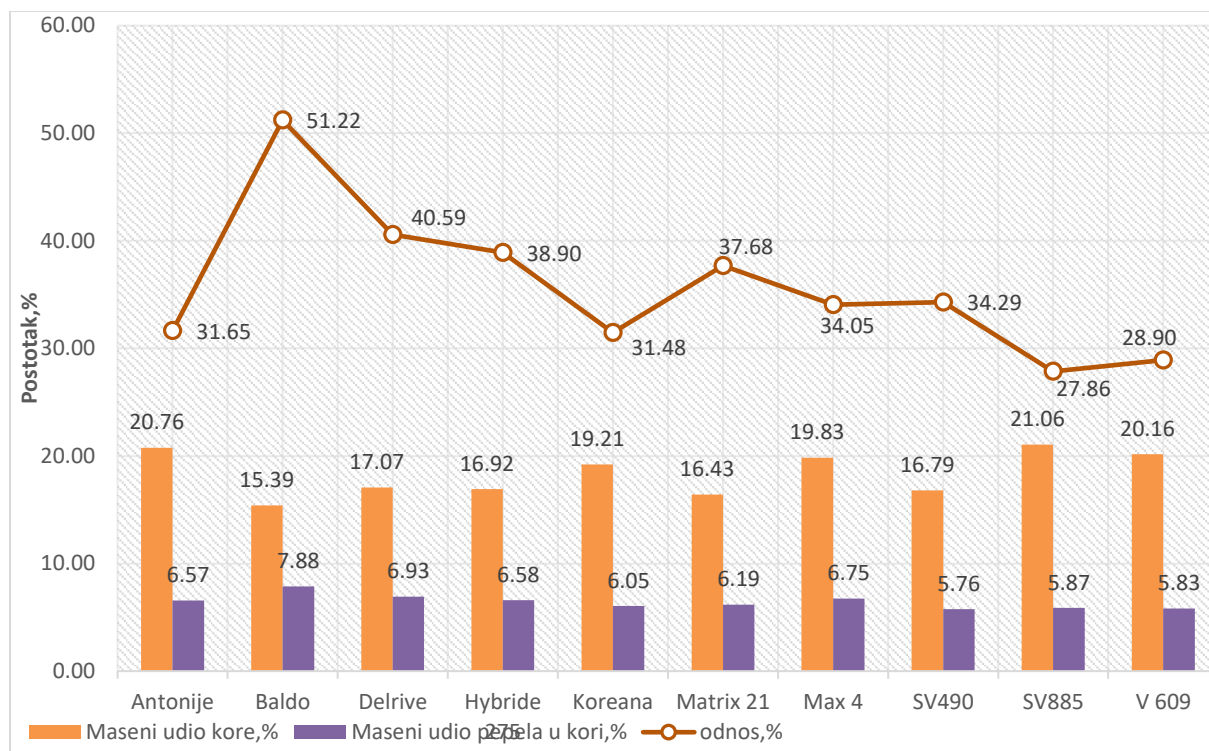
Slika 20. Maseni udio kore,%

Stavljanjem u odnos masenog udjela kore pojedinog uzorka i masenog udjela pepela kore svakog pojedinog uzorka može se zaključiti kako klon *Baldo* stvara najveću količinu pepela kore pri sagorjevanju, a dok klon *SV885* stvara najmanju količinu pepela kore.

Dakle, stavljanjem u odnos ova dva postotka, dobivene više vrijednosti ovoga omjera pokazuju da iz manje količine kore nastane više pepela, a suprotno iz veće količine kore sagorijevanjem nastane manje pepela što je i povoljnija značajka.

Ovim redoslijedom klonova se može opisati odnos masenog udjela kore i masenog udjela pepela kore nastalog sagorijevanjem od najnepovoljnijih prema povoljnijim klonovima:

Baldo, Delrive, Hyibride 275, Matrix 21, SV940, Max 4, Antonije, Koreana, V 609 te SV885

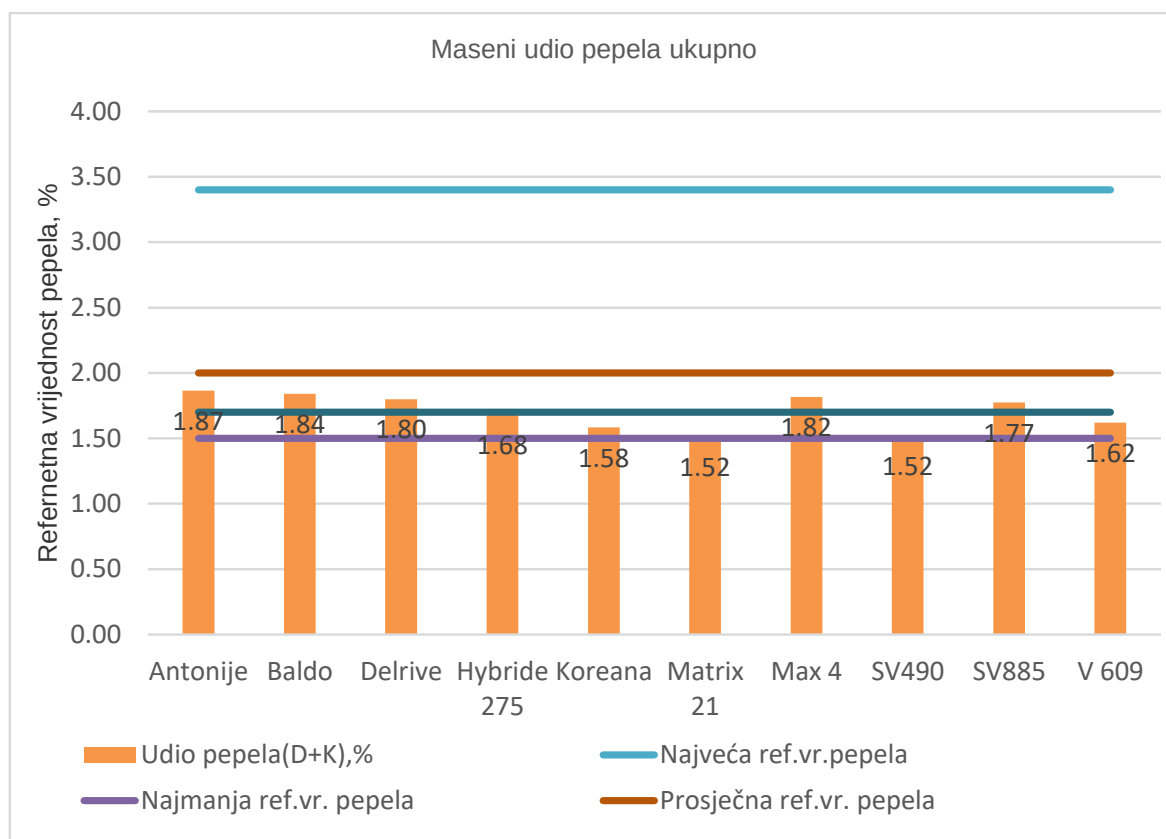


Slika 21. Odnos masenog udjela pepela kore i kore,%

4.2.3 Maseni udio pepela ukupno (drvo+kora)

Za klon *Antonije* analizom je utvrđeno da ima najveći maseni udio pepela, odnosno 1.87%, dok su *Matrix 21* i *SV490* klonovi s najnižim postotkom masenog udjela pepela, 1,52%.

Sve ispitane uzorke pepela se može smjestiti u grupu između najmanje i prosječne referentne vrijednosti pepela, točnije između 1,50-2,0% referentne vrijednosti pepela.



Slika 22. Maseni udio pepela ukupno

S obzirom na udio pepela određuje se i razred peleta koje se mogu napraviti od određenog drveta. Ispitivani klonovi topole bi eventualno mogli poslužiti za izradu B razred peleta (ISO 17225-2).

Tablica 6. Udio pepela,% i razred peleta

Udio pepela, %	Razred peleta (ISO 17225-2)
<0,7	A1
<1,2	A2
<2	B

5. Zaključak

Na pokusnoj plohi rasadnika Tvrdavica koji se nalazi kod Osijeka provedeno je terensko uzorkovanje 10 klonova topole te daljnja analiza i obrada u laboratoriju Šumarskog fakulteta u Zagrebu, s ciljem utvrđivanja fizikalnih značajki nadzemne biomase istraživanih klonova. Posebno su obrađeni podaci dobiveni analizom vezane za tehnički udio vode, maseni udio kore, maseni udio pepela kore i drva te maseni udio pepela općenito.

Najpovoljnije rezultate s obzirom na maseni udio kore i njegov utjecaj na maseni udio pepela pokazao je klon SV885 (*P. trichocarpa* × *P. deltoides*), tj. s obzirom na količinu kore i njeno sagorijevanje nastane najmanja količina pepela u odnosu na sve ispitivane uzorke. Klonovi V609 (*P. deltoides* × *P. nigra*), *Koreana* (*P. trichocarpa* × *P. koreana* × *P. maximowiczii*) i *Antonije* (*P. deltoides* × *P. nigra* × *P. deltoides*) su sličnih vrijednosti. Ostali klonovi su nepovoljnijih svojstava.

Ako se promatra ukupni maseni udio pepela može se zaključiti kako istraživani klonovi ne mogu poslužiti kao sirovina za proizvodnju peleta A razreda (potrebno manje od 1,2% pepela) već samo za proizvodnju peleta razreda B. Samim time je jasno da peleti napravljeni od ovakve drvene mase sagorijevanjem stvaraju značajnu količinu pepela, jer se postotak zastupljenosti pepela kreće od minimalnih 1,52% kod klonova *Matrix* (*P. trichocarpa* × *P. maximowiczii*) i SV940 (*P. trichocarpa* × *P. deltoides*), do maksimalnih 1,87% kod klona *Antonije* (*P. deltoides* × *P. nigra* × *P. deltoides*).

Tehnički maseni udio vode upućuje na potrebu modifikacije lanca dobave biomase za energiju iz kultura kratkih ophodnji kako bi uspješno odgovorio na probleme upotrebe drvene sječke s velikim udjelom vode te sagledati mogućnosti učinkovitog prosušivanja sječke i eventualnog skladištenja.

6. Literatura

1. Dickmann, D. I., 2001: An overview of the genus *Populus*. In: Poplar culture i North America. Part A, Chapter 1 (ed.), D. I. Dickmann, J. G. Isebrands, J. E. Eckenwalder, and J. Richardson. NRC Reserch Press, National Reserch Council of Canada, Ottawa, ON K1A 0R6, Canada. 1-42
2. Domac J., Risović, 2003., *Biomasa kao obnovljivi izvor energije*, publikacija, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva i Ministarstvo gospodarstva rada i poduzetništva, 1-12
3. *Gospodarski list*, 2015, Podizanje energetske nasade za proizvodnju biomase, lipanj, *Gospodarski list* 5 (2015.), 39-49
4. HRN EN ISO 17225-1:2014, Čvrsta biogoriva, Klasifikacija podrijetla i izvori čvrstih biogoriva, Hrvatski zavod za norme, Zagreb
5. HRN EN ISO 17225-1:2014 Čvrsta biogoriva - Specifikacije goriva i razredi - 1. dio: Opći zahtjevi. Hrvatski zavod za norme, Zagreb
6. Kajba D., Andrić I., 2012., Procjena genetske dobiti, produktivnosti i fenotipske stabilnosti klonova topola na području istočne Hrvatske, *Šumarski list* 5-6 (2012.), Šumarski fakultet sveučilišta u Zagrebu, 235-242
7. Kajba, D., Bogdan, S., Katičić, I., 2007., Selekcija klonova vrba za produkciju biomase u kratkim ophodnjama, II. stručni skup s međunarodnim sudjelovanjem *Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj : energija biomase, bioplina i biogoriva*, zbornik radova, Zagreb: Hrvatska gospodarska komora, 107-113
8. Kajba, D., J. Domac, A.P.B. Krpan, Ž. Zečić, S. Bogdan, 2002: Status and potentials of biomass in Croatia [Stanje i potencijal biomase u Hrvatskoj]. Short-rotation crops for energy purpose. Meeting of IEA Bioenergy Task 17, Netherlands and Sweden, U: Christerrson L. and Kuiper I. (u). *Proceedings*, pp. 18-27.
9. Kajba D., 1995, Klonsko šumarstvo i njegove perspektive, *Šumarski list* 9-10 (1995.), 329-334
10. Majhen, T., 2015: Potencijal i značajke nadzemne biomase klonova topole. Diplomski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 30-46

11. Rehder, A., 1940: Manual of Cultivated Trees and Shrubs. The MacMillan Co., New York, 996 p.
12. Stankić I., Marenče J., Vusić D., Zečić Ž., Benković Z., 2014.: Struktura nadzemne drvene biomase obične bukve u različitim sastojinskim uvjetima, Šumarski list, 9–10 (2014): 439–450
13. Sušnik, H., Benković, Z., 2007., Energetska strategija Republike Hrvatske u kontekstu održivog razvitka šumarstva i poljoprivrede, Zbornik radova Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj, Hrvatska gospodarska komora, Sektor za industriju, Svibanj 27-29. 2007., pp. 11-18
14. Šegon V., Šimek T., Oradini A., Marchetti M., 2014. Priručnik za učinkovito korištenje biomase, Hrvatski šumarski institut Jastrebarsko, 1-36
15. Šumskogospodarska osnova područja RH, 2016.-2025.
15. Vincenc G., 2017., Najavljen zakon o kulturama kratkih ophodnji, časopis Hrvatske šume, ožujak 234 (2017.), 12-14
16. Vusić, D., Migalić, M., Zečić, Ž., Trkmić, M., Bešlić, A., Drvodelić, D., 2018: Fuel properties of paulownia biomass, 3 Natural resources, green technology & sustainable development. Zagreb, 5th-8th June 2018., Zagreb Croatia, Proceedings, pp. 126-130.
17. Vusić, D., Šafran, B., Švenda, M., Kajba, D., Zečić, Ž., 2016.: Results from the first Croatian SRC poplar plantation. International conference Natural resources, green technology & sustainable development 2 (Prirodni resursi, zelena tehnologija & održivi razvoj), 05.-07. 10. 2016., Zagreb, Hrvatska. Zbornik radova, str. 159-166.
18. 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
19. Zakon o drvenastim kulturama kratkih ophodnji, 2018., NN 15/18, Hrvatski sabor, 1-22
20. Zakon o šumama, 2018., NN 68/2018, Hrvatski sabor, 1-24

21. Zečić, Ž., Tikvić, I., Vusić, D. 2013.: Potencijali proizvodnje drvene biomase za energiju u kontinentalnoj Hrvatskoj u odnosu na određene stanišne uvjete i vrste drveća. HAZU, Znanstveni skup, U povodu 20. obljetnice utemeljenja znanstvenog vijeća za poljoprivredu i šumarstvo. Proizvodnja hrane i šumarstvo – temelj razvoja istočne Hrvatske, Osijek, 14.-15. lipnja, 2013. Zbornik sažetaka, str. 64-65.
22. Zečić, Ž., Tomašić, Ž., Topalović, T., Vusić, D., 2015.: Produkcija biomase amorfe u gospodarskoj jedinici „Slavir“ (Indigobush biomass production in management unit „Slavir“). Šumarski list, 139 (9-10), pp. 419 - 427, Zagreb.
23. Zečić, Ž., Vusić, D., 2013.: Proizvodni potencijal biomase crnog bora (Pinus nigra Arn.) u šumskim kulturama (Biomass production potential of the black pine (Pinus nigra Arn.) in forestes cultures). HAZU, Znanstveni skup, Šumarstvo i poljoprivreda hrvatskog Sredozemlja na pragu Evropske unije, Split, Zbornik radova, str. 161-174. ZR
24. Zečić, Ž., Vusić, D., 2014.: New forms of solid biofuels in croatian forestry (Novi oblici čvrstih biogoriva u hrvatskom šumarstvu). DAAAM International, Požega, Proceedings of the 4rd Internacional conference „Vallis Aurea“ 2014, PP.
25. Zečić, Ž., Vusić, D., 2014: Značajke novih tržišnih oblika čvrstih biogoriva iz šumarstva, drvene industrije i poljoprivrede. Gospodarski forum Novska. Znanstveno-stručno savjetovanje o poljodjelstvu i iskorištavanju šuma na području grada Novske, Novska, 17. listopada 2014. Zbornik radova, str. 175-187.
26. file:///C:/Users/korisnik/Downloads/Katalog_proizvodzaca_Croatia.pdf
27. <http://casopis.hrsume.hr/pdf/243.pdf#page=1210>.-https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_02_15_313.html
28. <http://www.hrsume.hr/index.php/hr/umska-biomasa-doo>
29. https://issuu.com/mreberni/docs/gosp_11_2015
30. http://meteo.hr/klima.php?section=klima_podaci¶m=k1&Grad=osijek
31. <http://www.mps.hr/datastore/filestore>
32. <http://www.obnovljivi.com/energija-biomase/>
33. <httpwww.poljomagazin.com>

34. <http://www.sumari.hr/biomasa/>