

# Zakonodavne pretpostavke za realizaciju poduzetničkih prilika u proizvodnji drvenastih kultura kratke ophodnje

---

Ćuća, Lea

Master's thesis / Diplomski rad

2019

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:673312>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-02**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Lea Čuča

Diplomski studij Agroekonomika

**ZAKONODAVNE PRETPOSTAVKE ZA REALIZACIJU  
PODUZETNIČKIH PRILIKA U PROIZVODNJI DRVENASTIH  
KULTURA KRATKIH OPHODNJI**

**Diplomski rad**

Osijek, 2019.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Lea Čuča

Diplomski studij Agroekonomika

**ZAKONODAVNE PRETPOSTAVKE ZA REALIZACIJU  
PODUZETNIČKIH PRILIKA U PROIZVODNJI DRVENASTIH  
KULTURA KRATKIH OPHODNJI**

**Diplomski rad**

Osijek, 2019.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Lea Čuća

Diplomski studij Agroekonomika

**ZAKONODAVNE PRETPOSTAVKE ZA REALIZACIJU  
PODUZETNIČKIH PRILIKA U PROIZVODNJI DRVENASTIH  
KULTURA KRATKIH OPHODNJI**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof.dr.sc. Davor Kralik, predsjednik
2. prof.dr.sc. Jadranka Deže, mentor
3. izv.prof.dr.sc. Vladimir Ivezić, član

Osijek, 2019.

## Sadržaj

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 2. PREGLED LITERATURE .....   | 3  |
| 3. MATERIJAL I METODE .....   | 9  |
| 4. REZULTATI .....  | 10 |
| 4.1. Drvenaste kulture kratkih ophodnji .....                             | 10 |
| 4.1.1. Vrba ( <i>Salix</i> ) .....  | 12 |
| 4.1.2. Topola ( <i>Populus</i> ).....                                     | 13 |
| 4.1.3. Biomasa kao obnovljivi izvor energije .....                        | 15 |
| 4.2. Analiza lokacije za uzgoj drvenastih kultura kratkih ophodnji .....  | 17 |
| 4.2.1. Tlo.....   | 18 |
| 4.2.2. Potreba za vodom.....  | 18 |
| 4.2.3. Veličina i oblik plantaže .....                                    | 19 |
| 4.2.4. Klima .....  | 20 |
| 4.2.5. Izgled plantaže.....   | 21 |
| 4.2.6. Zakonske odredbe kod izbora lokacije .....                         | 22 |
| 4.3. Uzgoj drvenastih kultura kratke ophodnje .....                       | 25 |
| 4.3.1. Priprema tla.....  | 26 |
| 4.3.2. Sadni materijal .....  | 28 |
| 4.3.3. Sadnja .....   | 29 |
| 4.3.4. Strojevi za sadnju .....   | 34 |
| 4.3.5. Čepovanje .....  | 35 |
| 4.3.6. Kontrola korova nakon sadnje .....                                 | 36 |
| 4.3.7. Kontrola štetnika/insekata.....                                    | 36 |
| 4.4. Sječa, logistika i prijevoz drvenastih kultura kratke ophodnje ..... | 38 |
| 4.4.1. Prinosi .....  | 39 |
| 4.4.2. Ophodnja (ciklusi sječe).....                                      | 40 |
| 4.4.3. Posječeni materijal.....   | 41 |
| 4.4.4. Metoda sječe .....   | 42 |
| 4.4.5. Sušenje i pohrana drvne sječke .....                               | 44 |
| 4.4.6. Logistika i prijevoz.....  | 45 |
| 4.5. Ekonomska opravdanost proizvodnje biomase iz drvenastih kultura..... | 46 |

|  |    |
|--|----|
| 4.6. Zakonodavne pretpostavke za realizaciju poduzetničkih prilika u proizvodnji ... | 51 |
| 5. RASPRAVA .....  | 57 |
| 6. ZAKLJUČAK.....  | 60 |
| 7. POPIS LITERATURE.....   | 61 |
| 8. SAŽETAK.....  | 66 |
| 9. SUMMARY.....  | 67 |
| 10. POPIS TABLICE .....  | 68 |
| 11. POPIS SLIKA.....   | 69 |
| 12. POPIS GRAFIKONA.....   | 70 |
| TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....  | 71 |
| BASIC DOCUMENTATION CARD.....  | 72 |

## 1. UVOD

Drvenaste kulture kratkih ophodnji brzorastuće su vrste drveća koje u vrlo kratkom vremenskom razdoblju u odnosu na ostale vrste drveća, donose velike prinose biomase na poljoprivrednim površinama. Uglavnom se uzgajaju na tlima koja su godinama zapuštena i nisu pogodna za uzgoj drugih kultura, poput poljoprivrednih usjeva ili vrjednijih šumskih vrsta. Također se još nazivaju i bioenergetskim nasadima.

Njihova proizvodnja ima mnogostruki značaj za ekosustave, a jedan od njih je i bioenergetski značaj. Smatraju se kulturama čiji je uzgoj potencijalno ekonomski isplativ. Neosporna je činjenica, što pokazuju dosadašnji rezultati sadnje drvenastih kultura kratkih ophodnji, da su potrebna mala ulaganja u uzgoj čime se podrazumijevaju niske emisije stakleničkih plinova zbog smanjenog ili općeg ne primjenjivanja kemikalija. Gnojidba nije smanjena zato što nema raznih bolesti ili insekata, već zbog toga što gnojidba nema preveliki utjecaj na povećanje prinosa, za razliku kao kod konvencionalnih poljoprivrednih usjeva.

Najpoznatiji i najtraženiji energetske nasadi su oni na kojima se uzgaja brzorastuće drveće, u trajanju ophodnje, odnosno vremenu osnivanja do sječe, koje iznosi od 3 do 12 godina. Raznolike su vrste koje se uzgajaju na takvim nasadima, a jedni od najpoznatijih i najčešćih usjeva u Hrvatskoj su topola i vrba, koji postižu visoke prinose.

Uzgoj kultura kratkih ophodnji ne pridonosi samo proizvodnji energije, već ima i brojne prednosti u poboljšanju kvalitete vode, smanjuje unos umjetnih materijala - gnojiva, pesticida, ublažava širenje bolesti životinja na farmama, povećava biološku raznolikost područja, pruža usluge ekosustava - lov, pčelarstvo, opskrba vodom, zaštita od požara, sprječava erozije i ublažava klimatske promjene, zbog skladištenja ugljikovog dioksida.

Biomasa se dijeli na energetske biljke i ostatke ili otpad. Energetskim biljkama smatraju se brzorastuće drveće, višegodišnje trave ili alge, a ostaci uključuju poljoprivredne, šumske i industrijske otpade, koji se upotrebljavaju za proizvodnju električne i toplinske energije i time se prerađuju u bioplin i tekuća biogoriva.

Biomasa se koristi za proizvodnju električne i toplinske energije, te tekućih goriva za vozila i smatra se jedinim obnovljivim izvorom energije koji se neograničeno koristi za njihovu proizvodnju. Ona se jednostavnim izgaranjem pretvara izravno u energiju, čime se proizvodi pregrijana vodena para za grijanje u kućanstvima, industriji ili za upotrebu električne

energije u termoelektranama. Njihovom proizvodnjom i upotrebom u energetske svrhe smanjuju se emisije štetnih tvari, te time doprinosi zaštiti tla i vode, ali i bioraznolikosti. Smatra se izrazito prihvatljivim gorivom u vezi s utjecajem na okoliš, jer sadrži vrlo malo ili uopće ne sadrži mnoge štetne tvari poput sumpora, teških kovina i ostalo, čime se razlikuje od fosilnih goriva koji zagađuju okoliš, ugrožavaju ljude, flore i faune.

Cilj rada na temu zakonodavnih pretpostavki za realizaciju poduzetničkih prilika u proizvodnji drvenastih kultura kratke ophodnje je utvrditi tehnologiju, organizaciju, gospodarske i ekološke aspekte u uzgoju kultura kratkih ophodnji, te zakonske odredbe. Kako bi se postigla tehnološki i ekonomski opravdana proizvodnja potrebno je poznavati uvjete, načine i raspoloživa sredstva sa kojima poljoprivrednik mora i čime može započeti u realizaciju poduzetničke prilike, odnosno podizanje nasada kultura kratkih ophodnji. Poduzetnička znanja, vještine, sposobnosti proizvođača važan su segment činitelja ove proizvodnje kako bi smanjili i/ili izbjegli administrativne troškove i postigli tržišnu konkurentnost.



## 2. PREGLED LITERATURE

Mnogi su autori tumačili značaj drvenastih kultura kratkih ophodnji. Prema Kajba (2009.) drvenaste kulture kratkih ophodnji (KKO ili DKKO) (*engl. Short Rotation Coppice ili Short Rotation Intensive Culture*) brzorastuće su vrste drveća koje u kratkom vremenskom razdoblju, od dvije do osam godina, u vijeku nasada do 20 godina, donose visoke prinose biomase na poljoprivrednim površinama.

Postoje pravilnici koji propisuju domaće i strane vrste biljaka koje se smiju uzgajati na području Republike Hrvatske na način da se ne ugrožavaju okoliš i priroda, s ciljem pridonosa u ostvarivanju ekonomski isplative proizvodnje biomase za energetske svrhe. Prema popisu vrsta koje se prema suglasnosti Ministarstva zaštite okoliša i energetike smiju uzgajati su crna i siva joha, obična breza i grab, miskantus, 4 vrste topole, 4 vrste vrbe, te 6 vrsta paulovnije (<https://www.agroklub.com/>).

Vrba je vrsta koja se lako reproducira. Križanjem se može razviti nekoliko njezinih različitih klonova, što dovodi do toga da pruža poboljšani sadni materija s križanim kombinacijama različitih klonova (Dimitriou i Rutz, 2015.).

Prednosti topole, najperspektivnijeg drveća za proizvodnju biomase; najproduktivnija vrsta umjerenog pojasa, dobra svojstva rasta u širokom rasponu geografskih širina, lagano vegetativno razmnožavanje, velika izbojna snaga, velike, mogućnosti povećanja prinosa kroz genetičko oplemenjivanje, vrsta umjerenog pojasa, dobra svojstva rasta u širokom rasponu geografskih širina, lagano vegetativno razmnožavanje (Markovljević, 2018.).

Istraživanjima utjecaja starosti plantaža topola (Tirić i Ivezić, 2014.) utvrđeno je kako na području Osječko – baranjske županije plantaže topole, u sunčanim razdobljima, zadovoljavaju zahtjeve za svjetlošću kod poljoprivrednih kultura. Također, preporučuje se da se poljoprivredna proizvodnja odvija samo u mlađim sastojinama čime se zahtijevaju kraće ophodnje u plantažama topole.

Najrazvijenija metoda kemijske konverzije biomase jest njena fermentacija u alkohol. Od poljoprivrednih usjeva poput uljane repice ili neke druge uljarice, dobiva se biodizel koji se može koristiti u dizelskim motorima. Isto tako, anaerobnom fermentacijom iz biomase dobiva se metan. Riječ je o bioplinu koji je nastao fermentacijom bez prisutnosti kisika. Sadržava ugljik i metan i moguće ga je koristiti kao gorivo (<http://www.fradragoljevar.com/>).

Kralik (2007.) navodi kako upotreba biomase izravno utječe na smanjenje ovisnosti o uvozu energije, što znači da bi se uvoz električne energije smanjio za 48,7%, a 15,8% električne energije bi se osiguralo proizvodnjom bioplina iz domaćeg pogona.

Tla s dobrom prozračnošću i mogućnosti zadržavanja vlage jesu srednja do teška glinasta ilovača koja su odlična za uzgoj KKO-a, posebice ako dozvoljava minimalnu debljinu uzgoja od 200 do 250 mm, zbog mogućnosti mehaničke sadnje. Kulture kratke ophodnje bi trebalo uzgajati na područjima s pristupom podzemnoj vodi ili drugim oblicima vode, primjerice, površinskim ili otpadnim vodama. S obzirom da postoje vrste, poput vrbe, koje znaju tolerirati na anoksične uvjete zbog viška vode, treba voditi računa da višak vode u tlu dovodi do poteškoća kod sječe, kod upotrebe mehanizacije (Dimitriou i Rutz 2015.).

Kod oblika plantaže KKO-a važni su jednostavnost i vrijeme potrebni za upravljanjem plantažom koji će imati pozitivan utjecaj na ekonomsku isplativost plantaže. Kod dužeg pravokutnog polja pozitivno je to što su jednostavnija i praktičnija kod sadnje i siječe, a na njima se uglavnom sade jednogodišnji usjevi. Kod manjeg polja nepravilnog oblika, ulaganje i održavanje su mnogo niži nego kod uzgoja jednogodišnjih usjeva (Institut poljoprivrednog i ekološkog inženjerstva, 2014.).

Postoje brojni primjeri kako pojedine vrste i klonovi uzgajani na određenim geografskim širinama imaju zadivljujuće prinose, dok na drugim područjima donose poražavajuće prinose. Stoga je važno sadni materijal dobavljati od područnih rasadnika i ispitanih u praksi (Dimitriou i Rutz 2015.).

Prema tvrdnjama Instituta poljoprivrednog i ekološkog inženjerstva (2014.) vrlo je važno isplanirati izgled plantaže tako da ima odgovarajući pristup svim strojevima uključenim u sadnju i sječu. Potrebna su velika rubna područja kako bi se omogućilo nesmetano okretanje mehanizacije tijekom sječe (Dimitriou i Rutz, 2015.).

Teoretski potencijal za proizvodnju kratkotrajnih energetske usjeva u Hrvatskoj: šumski prostor pogodan za energetske usjeve - ukupno je procijenjeno da je pogodno za KKO ukupno 51.200 ha, što ukupno iznosi 470.200 t SM / god. ili 8,7 PJ; poljoprivredne površine s umjerenom prikladnim tlima i ograničenom prikladnošću tla - ukupno 617.000 ha procjenjuje se kao prikladno za KKO, proizvodeći ukupno 7.404.000 t SM /god. ili 136,2 PJ (Kajba i sur. 2011.).

Tehnički potencijal za proizvodnju kratkoročnih energetske kultura u Hrvatskoj: područje šuma pogodno za energetske usjeve - ukupno 46.850 ha je procijenjeno da je prikladno za KKO, proizvedeći ukupno 430.000 t SM /god. ili 7,9 PJ; poljoprivredne površine s umjereno prikladnim tlima i ograničenom prikladnošću tla - ukupno 235.650 ha procjenjuje se kao prikladno za KKO, proizvedeći ukupno 2.827.800 t SM /god. ili 52,1 PJ (Kajba i sur. 2011.).

Suzbijanje korova može se obaviti herbicidima, što je najlakši način ili mehaničkom kontrolom, koja može biti dosta riskantna i zahtjevna. Upotrebu kemikalija potrebno je minimalizirati kako bi se povećala pozitivna percepcija javnosti. Prije samog podizanja nasada potrebno je selektirati i pravilno odabrati klonove i kultivare koje će se upotrijebiti. Svaki klon ili kultivar mora biti označen radi izbjegavanja nepotrebnih pogrešaka. Potrebno je na snopove reznica pričvrstiti etiketu ili dodati prsten od boje (Peschel i Weitz, 2013.).

Sadni materijal treba skladištiti i transportirati na temperaturi između 0°C i -4°C. Radi većeg postotka zakorjenjivanja, reznice se izrađuju neposredno pred samu sadnju. Prave se u razdoblju od prosinca pa do ožujka, dok su pupovi u mirovanju (Drvodelić, 2015.).

Izlaganje sunčevoj svjetlosti ili vjetru mora se izbjegavati tijekom vremena sjetve, kako bi se spriječilo isušivanje. Sadni materijal prije sadnje treba držati u vlažnom grubom pijesku pod sjenovitim prostorom ili pakiran u kutije ( Peschel i Weitz, 2013.).

Gustoća sadnje ovisi o duljini rotacije i odabranim vrstama. Ona se bitno promijenila zadnjih 10 godina. Broj biljaka po ha kretao se od 4.500 kom/ha do 15.625 kom/ ha (Drvodelić, 2015.).

Varijable koje se moraju odrediti u procesu planiranja plantaže: broj biljaka po ha, dvostruki ili jedan red, razmak između redova, gustoća sadnje koja određuje udaljenost unutar redova, smjer redaka, potrebne čistine oko kulture u svrhu lakše strojne sječe, te lakše i brže intervencije u slučaju napada štetnika ili nekih prirodnih nepogoda (Peschel i Weitz, 2013.).

Postavljanje plantaže s modificiranom – plantažericom tvrtka Salix Maskiner / Canditec je identificirana kao najisplativija za sadnju nasada visoke gustoće > 8.000 rezanja / ha. Step-plantator proizvodi oko 20 cm duge reznice vrbe i topole tijekom procesa sadnje. Tada su reznice pritisnute u tlo klipom. Mladice su troškovno učinkovitije u proizvodnji, skladištenju i transportu u usporedbi s reznicama. Tehnologija Step-planter je vrlo prilagodljiva s obzirom na udaljenost redova, dvorednog, pojedinačnog, te udaljenost biljaka unutar reda (Peschel i Weitz, 2013.).

Čepovanje se radi kako bi se stimulirao rast novih izbojaka, jer je za kulture kratkih ophodnji za proizvodnju biomase važna količina drvene tvari koja se jedino može postići s vrstama koje imaju jaku izbojnu snagu iz panja (Drvodelić, 2015.).

Za mehaničko suzbijanje korova koriste se rototileri ili druga oprema za kultiviranje, ukoliko se radi o većim površinama. Na manjim parcelama primjenjuju se različiti ručni alati. Za kemijsko suzbijanje korova koriste se herbicidi različitih vrsta, ovisno o kojem korovu je riječ. Vrlo je važno odabrati prave herbicide kako se ne bi naštetilo nasadu. Korov se uklanja kada su mladi izbojci svojim rastom izrasli iz zone korova, te krošnjama stvorili sklop (Peschel i Weitz, 2013.).

Insekticidi se primjenjuju samo ako je preživljavanje plantaže ugroženo ili mogu nastati značajni financijski gubici. Najveća opasnost koju je teško kontrolirati je uvoz sadnog materijala i s njim različite bolesti štetočina koje na kulturama rade štete većih razmjera. Raznolika plantaža smatra se najotpornijom (Peschel i Weitz, 2013.).

Za sječu dostupne različite prakse, tehnike i oprema koje ovise o sljedećim čimbenicima: vrsta, hibrid, klon kulture: broj i promjer izbojaka; poželjan krajnji proizvod: drvena sječka, peleti, cjepanice; kvaliteta krajnjeg proizvoda: oblik drvene sječke, sadržaj vlage; dostupnost strojeva: vlastiti strojevi ili u suradnji s podugovaračem; oblik uzgoja: jednored ili dvored, udaljenost između redova, veličina i oblik zemljišta: velika ili mala polja, padine, količina posječenog drva: logistički zahtjevi, intervali sječe; vlažnost tla, odnosno mogućnost pristupa i uporaba strojeva (Dimitriou i Rutz, 2015.).

Kod prinosa KKO-a veliku važnost ima lokacija plantaže koju većinom karakteriziraju klima i vrsta tla. Godišnji prinosi koji su mogući u Europi kreću se u rasponu između 5 i 18 t/ha suhe drvene sječke (Dimitriou i Rutz, 2015.).

Prema Dallemand i sur., (2007.) utvrđena je kako se ukupna količina biomase za jednu sječku izračunava po godišnjem prinosu, godinama uzgoja i udio vode koji obično iznosi 55 % za svježe posječeno drvo.

Ciklus sječe određuje upravitelj plantaže KKO-a prema sljedećim čimbenicima: vrste KKO-a, razvijenost krošnje, poželjan krajnji proizvod, dostupnost strojeva za sječu, stanje tla, poželjno vrijeme novčanog tijeka, cijena drvene sječke, vlastita potražnja za grijanjem, te ostale prednosti poput izbora ophodnje u svrhu povećanja biološke raznolikosti ili zaštite divljači (Dimitriou i Rutz 2015.).

Na rubnim područjima plantaže ili na farmama moguće je pohraniti snopove i nepovezane prutove, te ih osušiti do 30% sadržaja vode tijekom 4 – 6 mjeseci. Između prutova i sječki nalaze se cjepanice koje su poluproizvod i na taj način se prirodno prozračuju, čime se olakšava sušenje i sprječavaju teškoće povezane s pohranom sječke (Dimitriou i Rutz (2015.).

Tehnologije za iveranje mogu biti stacionarne ili mobilne, mogu se priključiti na traktor i na prikolice. Uglavnom se nalazi i dizalica koja služi za unos posječenih kultura kratkih ophodnji u iverač. Za iveranje postoje tri vrste tehnologije: bubnjasti sjekač, disk sjekač i pužni sjekač (Dimitriou i Rutz 2015.).

Pohrana drvene sječke, prutova, cjepanica, stabljike može se obaviti na rubnim područjima plantaže ili na mjestima gdje će se i koristiti. Sušenje drvene sječke obavlja se pomoću šaržnih sušara, transportno – zaokretne sušare i sušare na transportnu traku. Prema Europskim standardima poželjno je udio vode smanjiti na razinu ispod 20% (Dimitriou i Rutz, 2015.).

Kod planiranja projekta kultura kratke ophodnje potrebno je istražiti troškove prijevoza, te udaljenost plantaže KKO-a do potencijalnog kupca biomase. Prijevoz bi se trebao ograničiti, jer udaljenosti koje su duge, mogu imati negativne učinke na emisije stakleničkih plinova i ekonomsku isplativost lanca (Dimitriou i Rutz 2015.).

Prema tvrdnjama Brukas i sur., (2001.) stupanj rizika u šumarstvu je od vitalnog značaja pri odabiru kamatne stope šume.

Prilikom istraživanja ekonomske analize očekuje se da će rizični projekti pokazati veći povrat na uloženi kapital, pa je stoga njihova diskontna stopa veća kako bi se realno prikazali potencijalni prinosi (Posavec i sur., 2017).

Razdoblje povrata ulaganja prikazuju se kako u diskontiranim tako i u ne-diskontiranim uvjetima. Ne-diskontirani iznos može se tumačiti samo kao orijentacijska vrijednost, dok diskontirani period povrata uzima u obzir rizike rada i vremensku sklonost novca. Diskontirano razdoblje povrata investicije pruža točniji pregled investicijskog projekta, jer uzima u obzir stopu inflacije računa ili nominalnu kamatnu stopu (Posavec i sur., 2017.).

Zakon o drvenastim kulturama kratkih ophodnji NN 15/18, 111/18 stupio je na snagu 01.01.2019. godine u svrhu proizvodnje biomase za energetske potrebe. Ministarstvo poljoprivrede objavilo je obavijest o stupanju na snagu Pravilnika o popisu biljnih vrsta za osnivanje drvenastih kultura kratkih ophodnji, te načinu i uvjetima pod kojima se mogu

uzgajati, koji je objavljen u Narodnim novinama 16/2019 i primjenjuje se od 23. Veljače. Zajedničkom poljoprivrednom politikom EU-a, uvedena su nova pravila za provedbu i odobravanje izravnih plaćanja, a jedna od novosti je zeleno plaćanje za provedbu poljoprivrednih praksi prihvatljivih za klimu i okoliš. Tako su korisnici koji imaju više od 15 ha obradivog zemljišta dužni na najmanje 5% obradivog zemljišta – oranica, prijaviti i održavati i Ekološki značajne površine (EZP) (Dimitriou i Rutz, 2015.).

Kako tehnološki tako i ekonomski proizvodnje kulture kratkih ophodnji imaju multifunkcionalno značenje i zbog zaključnih spoznaja u ovom interdisciplinarnom pristupu dobro je napraviti SWOT analizu.

SWOT analiza je analitički postupak menadžmenta za prikupljanje relevantnih informacija o internim uvjeta u poslovanju proizvođačkih organizacija i eksternim uvjeta u okruženju poslovnog subjekta u kojem djeluje sada i u budućnosti sa svrhom utvrđivanja strateških prilika i prijetnji u okolini i vlastitih snaga i slabosti. Ona omogućava menadžmentu razviti strategiju na temelju relevantnih informacija o organizaciji i okolini. Polazi se od pretpostavke kako će organizacija postići najveći uspjeh tako što će maksimiziranjem vlastitih snaga i prilika u okolini istovremeno smanjiti prijetnje i slabosti. Potrebna je analiza unutarnjih i vanjskih faktora, odnosno utvrđivanje njihovih implikacija na strategiju. Zapravo, unutarnje snage i slabosti treba promatrati u kontekstu vanjskih mogućnosti i prijetnji i obrnuto (<http://projects.tempus.ac.rs/>). Prema spoznajama navedenih autora zaključeno je kako provedena SWOT analiza predstavlja polazište i temelj po kojima se pronalaze najbolja strategijska rješenja.

### **3. MATERIJAL I METODE**

Kao izvori podataka u radu su korištena znanstvena i stručna literatura, priručnici, članci, te relevantne internet stranice u području proizvodnih i ekonomskih spoznaja u vezi s kulturama kratkih ophodnji. Rad uglavnom sadrži podatke rezultata istraživanja autora vezanih uz tehnologiju i organizaciju proizvodnje, zakonske odredbe i pravne akte, te ekonomsku opravdanost. Također, u radu je korištena metoda SWOT analize koja utvrđuje snage, slabosti, te prijetnje i prilike uzgoja kultura kratkih ophodnji.

## 4. REZULTATI

### 4.1. Drvenaste kulture kratkih ophodnji

Drvenaste kulture kratkih ophodnji (KKO ili DKKO) (engl. Short Rotation Coppice ili Short Rotation Intensive Culture) brzorastuće su vrste drveća koje u kratkom vremenskom razdoblju, od dvije do osam godina, u vijeku nasada do 20 godina, donose visoke prinose biomase na poljoprivrednim površinama. Na tlima koja su godinama zapuštena, a poljoprivredna proizvodnja ili nije rentabilna ili su nepogodni za uzgoj vrijednijih šumskih vrsta, nazivaju se i bioenergetski nasadi ili bioenergetske plantaže (Kajba, 2009.). Njihova je svrha danas od iznimne važnosti, jer se koriste u energetske svrhe. Nakon sječe, kulture kratkih ophodnji mogu se ili ponovno zasaditi ili se uzgajaju kao panjače.

Osim naziva drvenaste kulture kratkih ophodnji (DKKO) u raznim literaturama susrećemo i nazive kao: plantaže kratkih ophodnji (PKO), šumarstvo kratkih ophodnji (ŠKO) ili kulture kratkih ophodnji (KKO). Premda se nazivi znatno ne razlikuju, njihovi pojmovi nisu isti. Iako se radi o šumskim vrstama, način uzgoja kultura kratkih ophodnji isti je kao i kod poljoprivrednih kultura - priprema tla, sadnja, gnojidba, uklanjanje korova, sječa. Kulture kratke ophodnje, prema riječima Dimitriou-a i Rutz-a (2015.) izvrsna su alternativa godišnjim energetske usjevima i mogu biti nadopuna postojećem poljoprivrednom sustavu. Uzgoj kultura kratkih ophodnji po definiciji poljoprivredna praksa s malim ulaganjima koja općenito podrazumijeva niske emisije stakleničkih plinova, zbog ograničene primjene kemikalija, ali i zato jer se usjevi uzgajaju određen broj godina, što dovodi do ograničenih inputa kod upravljanja plantažom. Upotreba pesticida zanemariva je i u većini slučajeva se ne primjenjuje. Upotreba gnojiva je smanjena, ne zbog toga što nema raznih bolesti ili insekata, već zbog toga što gnojidba nema preveliki utjecaj na povećanje prinosa, za razliku kao kod konvencionalnih poljoprivrednih usjeva. U svom višegodišnjem razvoju, usjevi se prije sječe tretiraju s hranjivim tvarima poput otpalog lišća i odumrlog korijenja, u sustavu tlo – biljka. U slučaju da se utvrdi potreba za dušikom, tretiraju se s vrlo malim količinama, za razliku od ostalih poljoprivrednih kultura.

Višegodišnje drvenaste vrste kultura kratkih ophodnji:

- crna joha (*Alnus glutinosa*),
- breza (*Betula sp.*),
- grab (*Carpinus sp.*),
- kesten (*Castanea sp.*),



- jasen (*Fraxinus* sp.),
- topola (*Populus* sp.),
- bagrem (*Robinia pseudoacacia*),
- vrba (*Salix* sp.).

Drvenaste vrste kultura kratkih ophodnji koje se najčešće uzgajaju na području Europe i Republike Hrvatske su topola i vrba (Dimitriou i Rutz, 2015.).

Postoji Pravilnik o popisu biljnih vrsta za osnivanje drvenastih kultura kratkih ophodnji te načinu i uvjetima pod kojima se mogu uzgajati, koji propisuje domaće i strane vrste biljaka koje se smiju uzgajati na području Republike Hrvatske na način da se ne ugrožavaju okoliš i priroda, s ciljem pridonosa u ostvarivanju ekonomski isplative proizvodnje biomase za energetske svrhe. Prema popisu vrsta koje se prema suglasnosti Ministarstva zaštite okoliša i energetike smiju uzgajati su; crna i siva joha, obična breza i grab, miskantus, 4 vrste topole, 4 vrste vrbe, te 6 vrsta paulovnije (<https://www.agroklub.com>).

Energetski nasadi koji su najpoznatiji i najtraženiji su oni na kojima se uzgaja brzorastuće drveće, u trajanju ophodnje, odnosno vremenu osnivanja do sječe, koje iznosi od 3 do 12 godina. Raznolike su vrste koje se uzgajaju na takvim nasadima, a jedni od najpoznatijih i najčešćih usjeva u Hrvatskoj jesu topola i vrba koji postižu visoke prinose, a kulture su dobivene različitim metodama oplemenjivanja (Sušac, 2007).

Ovi nasadi se koriste kao panjače, što znači da odabrane vrste nakon sječe ponovo izrastu novim izdancima, a sijeku se svake druge do pete godine i osnivaju se s velikom gustoćom sadnje, od 1.000 do 30.000 biljaka po hektaru. Ciklus se ponavlja u šest do osam ophodnji zaredom. Nakon posljednje sječe, ostaci zasađene kulture moraju se ukloniti i zamijeniti novim sadnim materijalom, budući da vitalnost stabalaca, kao i produkcija biomase značajno opada (Kajba, 2009.).

Uzgoj kultura kratkih ophodnji ne pridonosi samo u proizvodnji energije, već ima brojne prednosti u poboljšanju kvalitete vode, smanjuje unos umjetnih materijala - gnojiva, pesticida, ublažava širenje bolesti životinja na farmama, povećava biološku raznolikost područja, pruža usluge ekosustava - lov, pčelarstvo, opskrba vodom, zaštita od požara, sprječava erozije i ublažava klimatske promjene, zbog skladištenja ugljikovog dioksida (Dimitriou i Rutz, 2015.).

Osim navedenih prednosti, Biljana Kulišić iz Energy Institute „Hrvoje Požar“ (2017.), naglašava kako su prednosti uzgoja kultura kratke ophodnje što ne zahtijevaju veliki

intenzitet rada i angažmana, poput poljoprivrednih kultura. To znači da u uzgoj ove kulture mogu biti uključeni i poljoprivrednici starije dobi - prosječno se radi o poljoprivrednicima od oko 60 godina. Također, ne zahtjeva niti veliku prisutnost na terenu, što je velika prednost. Prema statističkim pokazateljima, dobit slijedi odmah iza uzgoja ratarskih kultura koje zahtijevaju veću prisutnost na terenu. Naglašava, kako je kalkulacija dobiti ekonomski vrlo isplativa, gdje visoki intenzitet uzgoja donosi bolje prinose, ali i bolje iskorištavanje resursa. Valja naglasiti kako su kod uspješnog uzgoja nasada kulture kratkih ophodnji važni čimbenici koji utječu na izbor lokacije. Također, veliki utjecaj na uspješnost procesa uzgoja imaju tlo i voda, koji su izravno povezani s prinosom biomase i prihodima plantaže kultura kratkih ophodnji.

#### **4.1.1. Vrba (*Salix*)**

Vrba (rod *Salix*) je vrlo pogodna vrsta za proizvodnju energije, zbog svog brzog rasta i visokih prinosa, te njene mogućnosti rasta i razvoja na različitim tipovima tla, primjerice, idealno je sa pH vrijednosti 5 – 7,5, ali i izvan tog raspona. Isto tako, može rasti i na različitim zemljanim površinama - od teških glina do laganijih tala. Ima dobre sposobnosti stvaranja izbojaka nakon sječe - nije potrebna ponovna sadnja nakon sječe, korijenje koje može podnositi atoksične uvjete - može se saditi u uvjetima natopljenog tla, te mogućnost toleriranja povišenih koncentracija hranjivih tvari i teških metala - može se zasaditi u teškim uvjetima. Može narasti do 2 metara tijekom jedne godine, što znači, da nakon 3 godine, kada dostigne visinu kada se treba posjeći, njena visina tada iznosi 6 metara. Uzgaja se uglavnom u sjevernim dijelovima EU, na vlažnom tlu u hladnim i umjerenim regijama sjeverne hemisfere. U Švedskoj, razvoj uzgoja vrbe raste još od 1975. godine kroz intenzivne istraživačke programe. Od 1991. godine proizvodnja je komercijalizirana i trenutno iznosi 17.000 ha nasada vrbe.

Vrba je vrsta koja se lako reproducira. Križanjem se može razviti nekoliko njezinih različitih klonova, što dovodi do toga da pruža poboljšani sadni materija s križanim kombinacijama različitih klonova (Dimitriou i Rutz, 2015.). Plantažu vrbe (*Salix*) možemo vidjeti na sljedećoj slici.



Slika 1. Plantaža Vrbe (*Salix*)

Izvor: (<https://www.intechopen.com/>)

Prikazana plantaža vrbe nalazi se kraj bivše rafinerije nafte i pomoću nje se obavlja fitoremedijacija, što znači da vrba ima mogućnost poboljšati mjesto koje je zagađeno mješavinom organskih i anorganskih onečišćenja na kojem je zasađena.

#### **4.1.2. Topola (*Populus*)**

Topola pripada rodu *Populus* porodice *Salicaceae*, listopadne drvenaste biljke iz porodice vrba. Karakteristična je za umjerenu klimatsku zonu sjeverne zemljine polutke, te je, uz vrbu, najčešća vrsta na plantažama kultura kratkih ophodnji koja se koristi za proizvodnju bioenergije u Europi, što je prikazano sljedećom slikom.



Slika 2. Plantaža topole (*Populus*)

Izvor: <https://farm-energy.extension.org/>

Radi se o plantaži topole koja se nalazi u drugoj godini rasta namijenjena za proizvodnju biogoriva. Prirodna distribucija topole prostire se od tropa, pa sve do granične geografske širine i dužine za rast drveća na sjevernoj hemisferi. Intenzivni uzgoj brzorastućih drvenih vrsta u kratkim ophodnjama kao što je topola, posebno na područjima gdje postoje odgovarajući zahtjevi za takvu primjenu, pomaže u rješavanju problema deficita drvne sirovine, kako na području proizvodnje vlakana, tako i u proizvodnji biomase. Za plantaže KKO-a, obično se koriste klonovi topole. Topole su najperspektivnije drveće za proizvodnju biomase, jer se odlikuju brzim rastom i vrlo se jednostavno vegetativno razmnožavaju.

Vrste roda *Populus* bjelogorične su ili rijetko, poluzimzelene i podijeljene su u šest sekcija:

- meksička topola (*Abaso*),
- cottonwoods topola i crna topola (*Aigeiros*),
- močvarne topole (*Leucoides*),
- bijele topole i jasike (*Populus*),
- balzamne topole (*Tacamahaca*),
- suhe i tropske topole (*Turanga*).

Topole su dvodomne vrste, odnosno pojedinačna stabla su ili muška ili ženska, i mogu se regenerirati čepovanjem iz reznica. Velikim dijelom planete posađene su različite vrste topole, izvan i unutar prirodne rasprostranjenosti. U Europi se veća stabla topole komercijalno koriste za rezanu građu, furnir, različite proizvode od drva, ali i za celulozu. U proteklih nekoliko godina pojavio se veliki interes za uzgoj topole, kao kulture kratkih ophodnji za proizvodnju bioenergije i kao drvo za ogrjev. Također, u zemljama poput Švedske, Njemačke, Francuske, Belgije i Italije, razvio se sadni materijal pogodan za uzgoj u sustavu kultura kratkih ophodnji (Dimitriou i Rutz, 2015.).

Prednosti topole (Markovljević, 2018.):

- najproduktivnija vrsta umjerenog pojasa,
- dobra svojstva rasta u širokom rasponu geografskih širina,
- lagano vegetativno razmnožavanje,
- velika izbojna snaga,
- velika mogućnosti povećanja prinosa kroz genetičko oplemenjivanje.

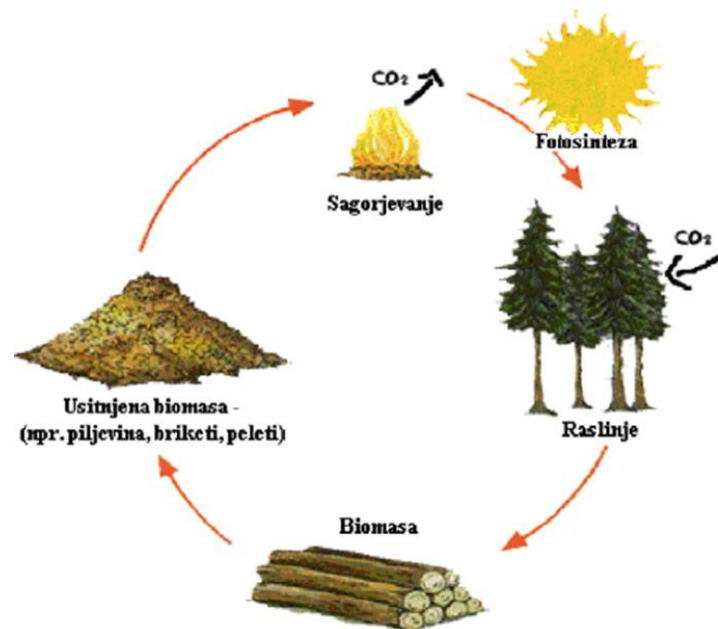
Istraživanjima utjecaja starosti plantaža topola (Tirić i Ivezić, 2014.) utvrđeno je kako na području Osječko – baranjske županije plantaže topole, u sunčanim razdobljima, zadovoljavaju zahtjeve za svjetlošću kod poljoprivrednih kultura. Također, preporučuje se da se poljoprivredna proizvodnja odvija samo u mlađim sastojinama čime se zahtijevaju kraće ophodnje u plantažama topole.

Bez obzira na razlike između ovih dviju dominantnih vrsta kultura kratke ophodnje, postoje primjeri koji pokazuju kako se vrba i topola mogu podjednako dobro razvijati na istim područjima. Stvar je u tome što postoji široki asortiman sadnog materijala za ove vrste - različiti klonovi pogodni za različite klimatske uvjete, i različiti načini upravljanja za koje se poljoprivrednici odlučuju (kraće ophodnje u odnosu na duže, intenzivno upravljanje nasuprot manje intenzivnog (Dimitriou i Rutz, 2015.).

#### **4.1.3. Biomasa kao obnovljivi izvor energije**

Radna skupina za biomasu ističe kako biomasa predstavlja najstariji izvor energije kojeg čovjek upotrebljava, od brojnih različitih životinjskih i biljnih proizvoda. Biomasa ima mogućnost podijeliti se na energetske biljke i ostatke ili otpad. Pod energetske biljke smatraju se brzorastuće drveće, višegodišnje trave ili alge, a u ostatke uključuje poljoprivredne, šumske i industrijske otpade, koji se upotrebljavaju za proizvodnju

električne i toplinske energije i time se prerađuju u bioplin i tekuća biogoriva. Isto tako, biorazgradiva frakcija komunalnog otpada smatra se biomasom. Biomasa kao obnovljiv izvor energije uključuje ogrjevno drvo, drvni otpad i grane iz šumarstva, piljevinu, koru i drvni ostatak iz drvne industrije, uz to uključuje i slamu, stabljike suncokreta, kukuruzovinu, ostatke pri rezidbi vinove loze i maslina, kore od jabuka, koštice višanja, zatim životinjski izmet, te komunalni i industrijski otpad. Biomasa se koristi za proizvodnju električne i toplinske energije, te tekućih goriva za vozila i smatra se jedinim obnovljivim izvorom energije koji se neograničeno koristi za njihovu proizvodnju. Ona se jednostavnim izgaranjem pretvara izravno u energiju, čime se proizvodi pregrijana vodena para za grijanje u kućanstvima, industriji ili za upotrebu električne energije u termoelektranama, što možemo vidjeti i slikovito.



Slika 3. Biomasa

Izvor: <http://e-learning.gornjogradska.eu/>

Brdarić i sur. (2012.) ističu kako su ograničene rezerve fosilnih goriva - ugljen, nafta, zemni plin, te ih je sve manje. U odnosu na njih, biomasa kao obnovljiv izvor energije uz pravilno gospodarenje osigurava neiscrpan izvor energije. Trenutno u svijetu trune i stoji 96% ukupnog udjela neiskorištene biomase.

Biomasa svojom proizvodnjom i upotrebom u energetske svrhe smanjuje emisije štetnih tvari, te time doprinosi zaštiti tla i vode te povećanju bioraznolikosti. Smatra se izrazito prihvatljivim gorivom gledajući njezin utjecaj na okoliš, jer sadrži vrlo malo ili uopće ne

sadrži mnoge štetne tvari poput sumpora, teških kovina i sl., čime se razlikuje od fosilnih goriva koji zagađuju okoliš, te ugrožavaju naše zdravlje. Isto tako, prilikom proizvodnje biomase iz šumarstva, odnosno uzgojem energetskih biljaka ne upotrebljavaju se kemikalije u velikim količinama, već u manjim, tek kada je izuzetno potrebno ili se uopće ne upotrebljavaju. Time se smanjuju količine kemikalija u površinskim vodama i mogućnost njihova prodiranja u osnovnu vodu. Naime, najrazvijenija metoda kemijske konverzije biomase jest njena fermentacija u alkohol. Od poljoprivrednih usjeva poput uljane repice ili neke druge uljarice, dobivamo biodizel koji se može koristiti u dizelskim motorima. Isto tako, anaerobnom fermentacijom iz biomase dobivamo metan. Riječ je o bioplinu koji je nastao fermentacijom bez prisutnosti kisika. Sadržava ugljik i metan i moguće ga je koristiti kao gorivo. Biomasa, za razliku od fosilnih goriva, ima prednost u trajanju i obnovljivosti. U pogledu na opterećenje atmosfere s CO<sub>2</sub>, pri korištenju biomase smatra se zanemarivim, s obzirom da je količina emitiranog CO<sub>2</sub> tijekom izgaranja jednaka količini apsorbiranog CO<sub>2</sub> tijekom rasta biljke. Prema Radnoj skupini za biomasu, od biomase se očekuje najveći doprinos u budućnosti, u usporedbi s ostalim obnovljivim izvorima energije. Osim što je biomasa obnovljiva, kao i njezini produkti – tekuće biogorivo i bioplin. Ona je slična i fosilnim gorivima, pa je moguća izravna zamjena (<http://www.fradragoljevar.com/>).

Kralik (2007.) navodi kako upotreba biomase izravno utječe na smanjenje ovisnosti o uvozu energije, što znači da bi se uvoz električne energije smanjio za 48,7%, a 15,8% električne energije bi se osiguralo proizvodnjom bioplina iz domaćeg pogona. Upravo zbog toga smanjila bi se energetska ovisnost Republike Hrvatske o drugim državama, smanjile bi se emisije štetnih plinova u atmosferi, te koncentracija ugljičnog dioksida, zbog smanjene potrošnje fosilnih goriva, te na taj način pridonosi zaštiti gospodarske stabilnosti zemlje, zadržavanju nacionalnog dohotka u zemlji, te ukupnom napretku zemlje i svakog pojedinog hrvatskog građanina.

#### **4.2. Analiza lokacije za uzgoj drvenastih kultura kratkih ophodnji**

Nekoliko okolišnih čimbenika može potencijalno utjecati na plantažu kultura kratkih ophodnji i sve bi trebalo analizirati prije osnivanja plantaže, kako bi uspjeh proizvodnog ciklusa bio na najvećoj mogućoj razini. Najvažniji čimbenici kod podizanja nasada KKO, kako bi se kulture mogle dobro razvijati i rasti, te kako bi donosile što bolje prinose biomase, zasigurno su lokacija, tlo, voda, klima, dizajn plantaže i itd. Izbor lokacije određuju

specifične vrste, pa najveću ulogu u zahtjevima lokacije ipak nosi odabir vrste. Poseban naglasak je na vrbama i topoli, koje su najčešće upotrebljavane vrste u sustavima proizvodnje biomasa na poljoprivrednom zemljištu.

#### **4.2.1. Tlo**

Kulture kratke ophodnje nemaju prevelike zahtjeve prema tlu, ali su itekako prinosi bolji na što kvalitetnijem tlu. One rastu na različitim vrstama zemlje, a njihova produktivnost će ovisiti o plodnošću tla, temperaturama, vodi i svjetlošću, kao i kod svih ostalih poljoprivrednih kultura.

Caslin i sur., (2010.) ističu da tla sa pH vrijednošću koja iznose 5 – 7,5 i omogućuju odgovarajući rast. Ali, prema istraživanjima, postoji tolerantnost sadnog materijala na pH vrijednost, za vrbu i topolu iznad ovog raspona.

Potrebno je izbjegavati pjeskovita i plitka tla u sušnim područjima, gdje je smanjena dostupnost vode. Treba voditi računa i o kontroli korova koja rastu na pojedinim tlima, kao što su organska ili tresetna, vrlo otežana. Tla s dobrom prozračnošću i mogućnosti zadržavanja vlage jesu srednja do teška glinasta ilovača koja su odlična za uzgoj KKO-a, posebice ako dozvoljava minimalnu debljinu uzgoja od 200 do 250 mm, zbog mogućnosti mehaničke sadnje. Preporuča se izbjegavanje uzgajanja kulture kratkih ophodnji na zemljištima koja su poplavljena ili na osjetljivim močvarnim područjima jer obrada tla, sadnje i sječe, neće biti moguća zbog teških strojeva kojima će biti onemogućen rad. Na mokrim zemljištima zbijanje tla može imati negativan učinak, jer bi se na takvoj zemlji obrada trebala obavljati kada je tlo smrznuto - zimi ili tijekom vrlo suhih razdoblja (Dimitriou i Rutz 2015.).

#### **4.2.2. Potreba za vodom**

Kulture kratkih ophodnji imaju velike potrebe za vodom, veće od konvencionalnih poljoprivrednih usjeva koje se uzgajaju na istom području. Kulture kratke ophodnje bi trebalo uzgajati na područjima s pristupom podzemnoj vodi ili drugim oblicima vode, primjerice, površinskim ili otpadnim vodama. S obzirom da postoje vrste, poput vrbe, koje znaju tolerirati na anoksične uvjete zbog viška vode, no treba voditi računa o tome da višak vode u tlu dovodi do poteškoća kod sječe, kod upotrebe mehanizacije. Vrste kultura kratke



ophodnje imaju različite potrebe za vodom. Zabilježeni su različiti zahtjevi u pogledu upotrebe vode između različitih vrsti, hibrida, te klonova iste vrste. Ključni uspjeh plantaže, posebno tijekom početnog stadija sadnje reznica kada korijenje nije još razvijeno, opskrbiti tlo s dovoljno vlage. Potrebno je izbjegavati vrlo suha razdoblja, jer su zabilježeni veliki gubitci, te je vrijeme sadnje potrebno dobro isplanirati (Dimitriou i Rutz 2015.).

#### **4.2.3. Veličina i oblik plantaže**

Plantaže KKO-a trebaju imati osiguran prilaz poljoprivrednim cestama za nesmetanu upotrebu mehanizacije potrebnu za upravljanje plantažom KKO-a. Područja kojima je nagib strmiji od 10 % nisu pogodna za veće plantaže s automatiziranom sadnjom i sječom, naročito u vlažnim uvjetima. Međutim, plantaže koje su manje i na kojima se primjenjuje ručna i motorna sadnja i sječa, mogu se osnivati i na strmijim padalinama. Zbog sječe koja se obavlja zimi trebale bi plantaže KKO-a biti bliže asfaltiranim cestama ili imati relativno lak pristup cestama čvrste površine. Veličina plantaže ovisi o zemlji i svrsi plantaže, te o ekonomskoj isplativosti. Stoga bi veličina plantaže trebala biti najmanje 2 do 5 ha. Naime, veličina plantaže može biti i manja, a to ovisi o tome ukoliko poljoprivrednik uzgaja plantažu za vlastite potrebe za energijom i ako ručno odrađuje većinu posla, te ako postoji u blizini nekoliko drugih plantaža koje omogućuju sinergiju npr. koordinirana sječa u isto vrijeme kako bi se smanjili povezani troškovi (Dimitriou i Rutz 2015.).

Prema Institutu poljoprivrednog i ekološkog inženjerstva (2014.) ističe se da su kod oblika plantaže KKO-a važni jednostavnost i vrijeme potrebni za upravljanje plantažom koji će imati pozitivan utjecaj na ekonomsku isplativost plantaže. Kod dužeg pravokutnog polja pozitivno je to što su jednostavnija i praktičnija kod sadnje i siječe, a na njima se uglavnom sade jednogodišnji usjevi. Kod manjeg polja nepravilnog oblika, ulaganje i održavanje su mnogo niži nego kod uzgoja jednogodišnjih usjeva.

Kulture kratke ophodnje ne bi se trebale saditi u neposrednoj blizini mjesta povijesne i arheološke važnosti, i u slučaju da visina stabala ima negativan učinak na značajke lokacije. Treba voditi računa o očuvanju karakteristika zaštićenih područja, zaštititi prirode i krajolika. Za njih postoje posebni zakoni. Također, važno je da kulture kratke ophodnje ispod dalekovoda trebaju uključiti i komunalne usluge upravljanja dalekovodom. Čak i najniže plantaže KKO-a npr. panjače, nasadi mogu dosegnuti do 8 m prije sječe, te ne bi smjeli dodirivati dalekovode (Dimitriou i Rutz 2015.).

Isto tako, ako se kulture kratke ophodnje žele uzgajati radi dobivanja biomase za veliku elektranu, te je njihov uzgoj koncentriran na malom području oko elektrane, u tom slučaju vrsta i gustoća sadnje također utječu na izgled krajolika. Naime, to se ne očekuje za proizvodnju manjeg obujma. Postoji procjena koja se dobije jednostavnim izračunom (Institut poljoprivrednog i ekološkog inženjerstva, 2014.).

Tablica 1. Čimbenici koji utječu na izbor lokacije za plantažu KKO-a.

|   |   |
|---|---|
| Lokalni prirodni uvjeti                           | Infrastrukturni i tehnički aspekti                                |
| Mikroklima  | Udaljenost do kupaca biomase                                      |
| Tlo   | Mogućnost pristupa plantaži KKO-a cestama za sadnju i upravljanje |
| Podložnost prirodnim katastrofama                 | Dalekovodi koji prolaze plantažom                                 |
| Podložnost napadima štetočina/bolesti od divljači | Dostupnost odgovarajućih strojeva za sadnju i sječu               |
| Pitanja biološke raznolikosti                     |   |

Izvor: Izrada autora prema [www.srcplus.eu](http://www.srcplus.eu)

Ne pridržavajući se navedenih čimbenika koji utječu na izbor lokacije za uzgoj plantaža kultura kratkih ophodnji može odmah na početku biti štetno za proizvodnju, a zajedno s tim dolazi i do financijskih gubitaka.

#### 4.2.4. Klima

Pri osnivanju nasada kultura kratke ophodnje za proizvodnju biomase postoje različite vrste sa različitim karakteristikama, a ujedno, postoje i različiti klimatski uvjeti za osnivanje nasada KKO-a. Kao što je već navedeno, najčešće vrste kultura koje se uzgajaju na području Europe, pa i Republike Hrvatske, jesu vrba i topola, podrijetlom iz sjevernog umjerenog pojasa.

Topola i vrba imaju visoki prag tolerancije na klimatske uvjete, te su otporne na hladnoću. U južnoj Europi moguće je uzgajati vrste i klonove osjetljive na niske temperature, ali najvažnija je njihova otpornost na sušu. S obzirom da postoje brojni primjeri kako pojedine vrste i klonovi uzgajani na određenim geografskim širinama imaju zadivljujuće prinose, dok na drugim područjima donose poražavajuće prinose. Stoga je važno sadni materijal dobivljati od područnih rasadnika i ispitanih u praksi (Dimitriou i Rutz 2015.).

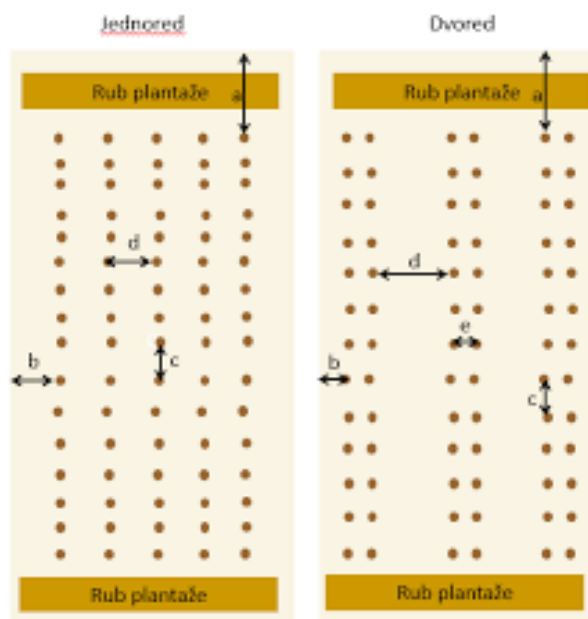
#### 4.2.5. Izgled plantaže

Izgled plantaže je važan u praktičnom upravljanju s mehanizacijom, ali i pozitivnim učinkom kultura kratke ophodnje na okoliš.

Dimitriou i Rutz (2015.) navode kako se plantaže osnivaju na strmijim padinama zbog toga što mogu smanjiti eroziju tla. Vrlo je važno isplanirati izgled plantaže tako da ima odgovarajući pristup svim strojevima uključenim u sadnju i sječu. Potrebna su velika rubna područja kako bi se omogućilo nesmetano okretanje mehanizacije tijekom sječe - kombajn i/ili pridruženi traktori za prikupljanje sječe. Naime, rubna područja plantaže koja nisu zasađena kulturama, omogućuju povećanje biološke raznolikosti na rubovima plantaže, pa se na njima mogu zasaditi autohtone travnate biljke. Prilikom upotrebe automatske opreme za sječu, koja je osmišljena posebno za panjače vrbe ili topole, rubna područja trebaju biti duga najmanje 6 – 7 metara. Područje treba biti dovoljno veliko za prijevoz i pohranu posječene sječke ili drvenih trupaca tijekom duljih razdoblja. Polje bi trebalo izgledati tako da mu se poveća duljina redova, kako bi se smanjio broj potrebnih okretaja stroja.

Prema podacima Instituta poljoprivrednog i ekološkog inženjerstva (2014.) tvrdi se kako bi bilo dobro cijele redova napuniti drvnom sječkom s jednom ili dvije prikolice prije nego što se kombajn treba okrenuti.

Dizajn plantaže trebao bi se prilagoditi okolnom krajoliku, te bi bilo idealno za kulture kratke ophodnje posaditi postojeću šumsku vegetaciju ili u njezinoj blizini npr. živice i/ili male šume. Kao alternativa mogu se posaditi i jednogodišnji usjevi. Plantaže panjača s vrbama i topolom sade se gusto, pri čemu se po hektaru sadi od 5.000 do 20.000 reznica. Na takvim plantažama se radi o sadnji u jednoredima ili dvoredima zbog lakšeg upravljanja strojevima za sadnju, gnojidbu i sječu (Dimitriou i Rutz 2015.). Upravo na sljedećoj slici prikazan je plan plantaža kultura kratkih ophodnji.



Slika 5. Prikaz plana plantaže - jednored i dvored

Izvor: [www.srcplus.eu](http://www.srcplus.eu).

Navode da se topola uglavnom sadi u jednom redu, a samo ponekad se primjenjuje dvoredni sustav. Upotreba dvostrukih redova omogućuje brže, a time i jeftinije upravljanje, posebice na plantažama vrbe s brojnim tankim izdancima i vrlo kratkim ciklusima ophodnje. Kod jednorednih sustava udaljenost između reda jest 2 m, a udaljenost reznica u redovima 0,45 m do 2 m, ovisno o ciklusu ophodnje, dok je kod dvoreda 1,50 m između redova i 0,75 m unutar dvoreda. Udaljenost reznica u redovima je od 0,5 m do 0,8 m - ovisno o položaju, vrstama ili klonovima. Promjena razmaka može utjecati na krajnji proizvod sječe, posebice na duljinu i promjer stabljike.

#### 4.2.6. Zakonske odredbe kod izbora lokacije

Kod odabira lokacije bitno je obratiti pažnju na pravne aspekte. Zakonom se određuje na kojem području je omogućeno podizanje nasada kultura kratke ophodnje, bilo na nacionalnoj, regionalnoj ili lokalnoj razini. Obično se radi o poljoprivrednom zemljištu, pašnjaku, šumi, napuštenom zemljištu itd. U mnogim zemljama zakonski je određeno da se ne smije osnivati plantaža kulture kratke ophodnje na šumskom zemljištu, dok je u Republici Hrvatskoj zakonom odobreno, ako nije u suprotnosti s šumogospodarskim planom. Osim općenitih pravila za osnivanje plantaža KKO-a, koja se razlikuju među europskim zemljama, u obzir treba uzeti i status zaštićenosti zemljišta. Navedeno ovisi o vrsti zaštite; postoje

razlike ovisno o tome radi li se o području unutar zaštićenog krajolika, područja očuvanja prirode ili Natura 2000 područja. Zakonodavstvo može utjecati i na izbor odabranih sorti i klonova, jer je ponekad i to zakonski regulirano. Tijekom 2018. donesen je Zakon o drvenastim kulturama kratkih ophodnji - NN 15/18 i Pravilnik o popisu biljnih vrsta za osnivanje drvenastih kultura kratkih ophodnji, te načinu i uvjetima pod kojima se mogu uzgajati. Kad je riječ o osnivanju plantaže, regulirana je i udaljenost do susjeda, te se npr. zahtijeva 2 m praznog prostora do susjednog zemljišta.

Pozitivni i negativni utjecaji na uzgoj kultura kratke ophodnje ovise o tome na kojem će se zemljištu energetske nasade osnivati, a to su:

- poljoprivredno zemljište; različiti tipovi poljoprivrednog zemljišta (oranice), ovisi o kvaliteti tla i dostupnosti vode,
- travnjaci; intenzivno i ekstenzivno upravljanje travnjacima,
- šumsko zemljište; ovisno o zakonskim i okolišnim odredbama,
- marginalno zemljište; smatra se da sa ekonomskog gledišta nema ekonomsku vrijednost, no s ekološkog aspekta može biti izuzetno vrijedno; kulture kratke ophodnje se smatraju prikladnim za sadnju na manjim nagibima radi sprječavanja erozije, na područjima na kojima postoji opasnost od poplava, ispod dalekovoda itd.,
- zaštićena područja: uzgoj kulture kratke ophodne na ovakvim područjima ovisi o sustavima zaštite i ciljevima očuvanja područja; kako bi se postigla što učinkovitija proizvodnja biomase iz kultura kratke ophodnje, potrebno je odabrati zemljište visoke kvalitete i plodnosti da bi uzgoj bio što produktivniji, odnosno da bi donio visoke prinose biomase po jedinici površine, a ujedno bi se ostvarila dobit za poljoprivrednika.

Prema trenutačnim cijenama drva i energije, poljoprivrednici se za podizanje nasada najviše odlučuju na neobrađenom poljoprivrednom zemljištu ili travnjacima, jer kulture kratke ophodnje nemaju konkurenciju nad oraničnim kulturama. Zbog toga što su plantaže kultura kratke ophodnje višegodišnji nasadi kod kojih nema velikih unosa pesticida. Može se reći kako više slične travnjacima nego oraničnim usjevima. Ujedno, uzgajanje kultura kratke ophodnje na šumskom zemljištu, pokazuje negativne utjecaje, što je određeno zakonskom regulativom, ovisno o državi u kojoj se podiže nasad. Podizanje nasada kultura kratke ophodnje na marginalnom zemljištu predstavlja rizik, jer na takvom zemljištu postoji mogućnost uspješnog rasta i razvoja plantaže KKO-a, dok ostale vrste usjeva ne uspijevaju na takvim tlima zbog nedovoljnih komponenata koji su bitni za njihov uspješan rast i razvoj.

Marginalno zemljište predstavlja umjereno ili visoko kontaminirano tlo, tlo podložno poplavama, tlo ispod električnih vodova, tlo uz prometnice ili željezničke pruge. Također, moguće je da su smanjeni prinosi biomase, a tako i smanjena učinkovitost zemljišta, ali bez obzira na to zanimljiva su za uzgoj kultura kratke ophodnje (Dimitriou i Rutz 2015.).

Ukoliko se proizvodnja KKO optimizira na navedenim zemljištima, može doći do brojnih pozitivnih utjecaja na okoliš.

Prema navodima autora Kajba i sur. (2011.) teoretski potencijal za proizvodnju kratkotrajnih energetskih usjeva u Hrvatskoj procijenjen je na sljedeći način:

- šumski prostor pogodan za energetske usjeve - ukupno je procijenjeno da je pogodno za KKO ukupno 51.200 ha, što ukupno iznosi 470.200 t SM /god. ili 8,7 PJ,
- poljoprivredne površine s umjereno prikladnim tlima i ograničenom prikladnošću tla - ukupno 617.000 ha procjenjuje se kao prikladno za KKO, proizvodeći ukupno 7.404.000 t SM /god. ili 136,2 PJ.

Tehnički potencijal proizvodnje kratkoročnih energetskih kultura u Hrvatskoj procijenjen je:

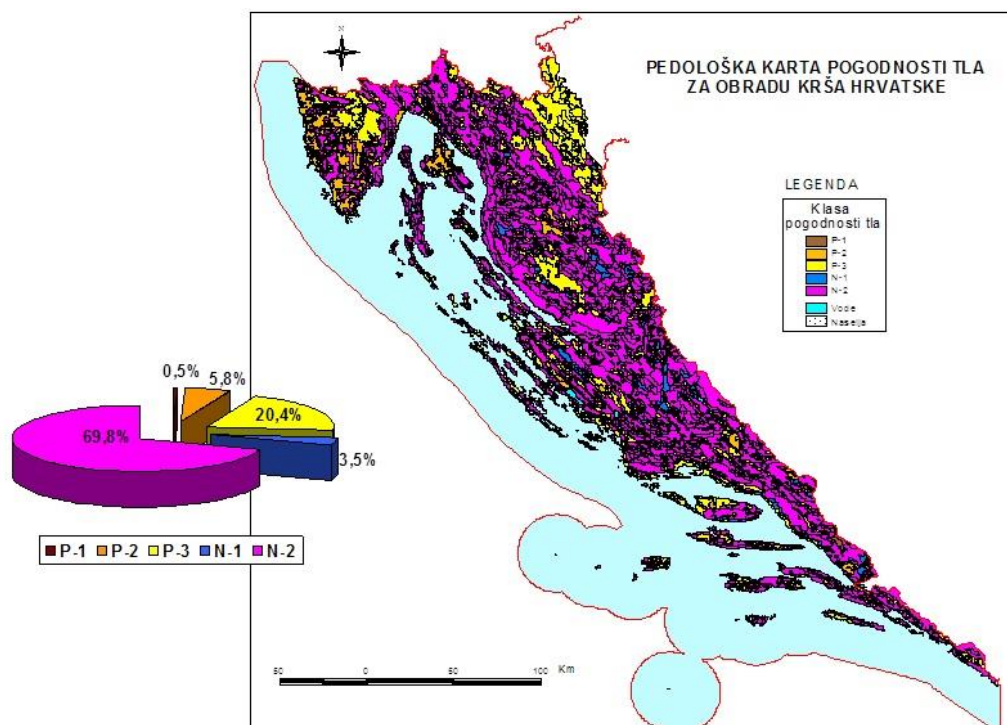
- područje šuma pogodno za energetske usjeve - ukupno 46.850 ha je procijenjeno da je prikladno za KKO, proizvodeći ukupno 430.000 t SM /god. ili 7,9 PJ,
- poljoprivredne površine s umjereno prikladnim tlima i ograničenom prikladnošću tla - ukupno 235.650 ha procjenjuje se kao prikladno za KKO, proizvodeći ukupno 2.827.800 t SM /god. ili 52,1 PJ.

Tablica 2. Raspoložive površine za brzorastuće nasade

| Površine                | Površina, ha | Ukupna površina, % | Poljoprivredno zemljište, % |
|-------------------------|--------------|--------------------|-----------------------------|
| Ukupna površina         | 5.662,00     | 100,00             |                             |
| Površina pod šumom      | 2.608,40     | 46,10              |                             |
| Površina pod vodom      | 53,40        | 0,90               |                             |
| Naseljena područja      | 44,60        | 0,80               |                             |
| Poljoprivredna područja | 2.955,70     | 52,20              | 100,00                      |
| Automorfna tla          | 1.502,10     |                    | 50,82                       |
| Hidromorfna tla         | 1.087,90     |                    | 36,81                       |
| Halomorfna tla          | 0,40         |                    | 0,01                        |
| Subakvalna tla          | 0,30         |                    | 0,01                        |
| Kamenita tla            | 365,00       |                    | 12,35                       |

Isto tako, prema istraživanju Kajbe i sur. (2011.) navedena područja su određena kao neprikladna za žetvu usjeva kratke rotacije u Hrvatskoj:

- područja unutar ili u blizini aluvijalnih naslaga, u blizini glavnih hrvatskih rijeka i njihovih pritoka,
- područja unutar dijelova Posavine, Podravine i Pokuplja (močvarna područja u blizini rijeka Save, Drave i Kupe),
- područja unutar dijelova Dalmacije, Istre, Gorskog kotara i Lika - planinska područja s previše strmim nagibom za učinkovito branje.



Slika 6. Pedološka karta pogodnosti tla za obradu krša Hrvatske

Izvor: <http://www.geografija.hr/>

Slika 5. prikazuje zemljište u području krša u Primorskoj Hrvatskoj. Na slici možemo vidjeti kako je većina zemljišta trajno nepogodna za poljoprivrednu proizvodnju. Za uzgoj kulture kratke ophodnje za proizvodnju biomase obično se biraju upravo ovakva zemljišta, ali zbog nagiba i površine koja je u velikom dijelu gola stijena, zapravo i nije pogodna.

### 4.3. Uzgoj drvenastih kultura kratke ophodnje

Prema Dimitriou i Rutz (2015.) prije samog podizanja kultura kratkih ophodnji na poljoprivrednom zemljištu važno je dobro pripremiti tlo za sadnju. Jedan od najvažnijih

čimbenika koji uvelike utječe na uspjeh u pogledu prinosa jest pravilno suzbijanje korova tijekom životnog ciklusa plantaže. Postoji nekoliko metoda za suzbijanje korova.

#### **4.3.1. Priprema tla**

Prema tvrdnjama Gustafsson i sur., (2007.) navode da je na nekorištenom zemljištu gdje je korov rasprostranjen veliki je rizik od ponovnog klijanja korova.

Pritisak korova ovisi i o prethodnom korištenju zemljišta kao i o sjemenju korova u tlu. Vrlo je važno kod pripreme tla iskorijeniti višegodišnje korove. Suzbijanje korova može se obaviti herbicidima, što je najlakši način ili mehaničkom kontrolom, koja može biti dosta riskantna i zahtjevna. Upotrebu kemikalija potrebno je minimalizirati kako bi se povećala pozitivna percepcija javnosti. Korištenje kemikalija - herbicida, pesticida, ovisi o različitim čimbenicima. Jedan od čimbenika je veličina plantaže. Ukoliko je plantaža velika, ručno suzbijanje korova može biti vrlo zahtjevno, kao i očekivana dobit. Ukoliko je na poljoprivrednom zemljištu na kojem podižemo nasad KKO-a godinu prije sadnje zasađena ratarska kultura, korov se može kontrolirati nakon sadnje s istim herbicidom i odgovarajućom kultivacijom tla. Potrebno je uklanjanje i vegetacije, ukoliko dođe do pretjeranog rasta korova. Kod zaštite od insekticida potrebno je primijeniti organofosforne pesticide. Ukoliko se radi o organskoj poljoprivredi, tada se ne upotrebljavaju kemijska sredstva, već se koristi mehaničko suzbijanje korova. Koriste se crne folije - folije za malčiranje, kojima se prekriva tlo kako bi se spriječila klijavost korova. Pažljiva priprema tla vrlo je važna za postizanje dobrih rezultata u prvoj godini. Preporučuje se oranje u jesen ili rano u zimskom periodu, jer obrađena zemlja tijekom zime promrzne. Oranje se odvija prema potrebi na različitim dubinama, što ovisi o vrsti drveća, a minimalna dubina je 30 cm. Kod teških glinenih tala preporučuje se plitko oranje, a dubina postignuta nakon drljanja mora biti od 6 do 10 cm. Potrebno je provesti dopunsku obradu tla i proizvesti takvu strukturu koja će omogućiti kvalitetnu i brzu sadnju, te rast i razvoj nasada (Dimitriou i Rutz 2015.).

Slikom je prikazano kako zapravo izgleda priprema tla za uzgoj drvenastih kultura kratkih ophodnji.





Slika 7. Priprema tla

Izvor: <http://e-learning.gornjogradska.eu/>

Dopunska obrada tla je priprema sjetvenog sloja i popravak strukture, uništava korov i usitnjava biljne rezidue, te sprječava preveliko ispiranje vode. Neposredno prije, tlo se priprema s konvencionalnom kombinacijom sječenja. Sjeme treba biti ravno i s finim zrnatim gornjim slojem tla. Nakon uspješne osnovne i dopunske obrade tla, površina je spremna za sadnju reznica (Drvodelić, 2015.).

Prije samog podizanja nasada potrebno je selektirati i pravilno odabrati klonove i kultivare koje će se upotrijebiti. Svaki klon ili kultivar mora biti označen radi izbjegavanja nepotrebnih pogrešaka. Potrebno je na snopove reznica pričvrstiti etiketu ili dodati prsten od boje (Peschel i Weitz, 2013.).

Caslin i sur. (2012.) ističu kako za zemljišta na kojima postoji opasnost od oštećenja od životinja koje mogu prouzročiti ozbiljnu štetu, razvijeni su mirisni repelenti kako bi se životinje držale podalje od plantaža KKO-a. To povećava troškove pripreme lokacije i može se prakticirati samo kod plantaža KKO-a s jednom stabljikom u područjima visokog rizika od takvih napada.

Također, za velike štete odgovorni su zec, srne i druga divljač. Dizanje zaštitne ograde nije preporučljivo, jer nije ekonomski isplativo, jedino na rizičnim područjima kod kojih nema drugog načina, te ukoliko postoji mogućnost za nepovratnim sredstvima koji bi pokrili troškove. Zaštitna ograda je bitna u prvih nekoliko godina, a nakon toga više nisu, jer kulture postaju manje osjetljivije na takva oštećenja. Za zaštitu od životinja postoje i mirisni repelenti kako bi se životinje držale podalje od plantaže KKO-a. To povećava troškove pripreme tla, pa se koristi samo u rizičnim situacijama (Dimitriou i Rutz 2015.).

### 4.3.2. Sadni materijal

Čimbenici koji utječu na odluku kakve bi se vrste trebale koristiti, povezane su sa specifičnim uvjetima lokacije i pogodnošću tla, ali i s dostupnošću, pristupačnošću i zajamčeno dobrom kvalitetom sadnog materijala.

Raspon vrsta i njihovih klonova koji su pogodni za uzgoj kultura kratkih ophodnji za proizvodnju biomase, utvrđuju se testovima koje provode šumarski stručnjaci. Odabir dokazanih, visokoprinosnih i zdravih klonova vrbe i topole, ključan je za postizanje dobrog rezultata. Uz to što brzo prirašćuju, otporne su na razne štetočine, bolesti i klimatske neprilike. Vrlo je važno uzeti u obzir regionalno podrijetlo i prikladnost odabranih sadnih materijala za svaki projekt (Drvodelić, 2015.).

Korištenje različitih vrsta drveća i klonova na većim projektima također povećava otpornost protiv štetočina i bolesti plantaže u cjelini. Na vrlo mokrim mjestima, joha može biti dobra alternativa vrbama i topolama. Bagrem se može saditi i na vrlo pjeskovitim tlima. Prije same sadnje potrebno je izvršiti detaljni plan koji će sadržavati načine, metode i smjernice prilikom osnivanja kultura i daljnjeg njihova upravljanja (Peschel i Weitz, 2013.).

Drvodelić, (2015.) navodi kako se reznice prave od jednogodišnjih, odrvenjelih izbojaka koji moraju biti svježiji i potpuno zdravi, te se moraju nalaziti u stadiju mirovanja. Zatim, da prut od kojih se izrađuju reznice je promjera 0,8cm i duljine 15cm, kako bi se osigurala odgovarajuća rezerva ugljikohidrata za održavanje reznice prije ukorjenjivanja.

Reznica vrbe ili topole trebala bi biti dovoljno odrvenjela stabljika - lignifikacija, kako bi se spriječila deformacija reznica pri postavljanju u zemlju, te da ne bi došlo do gubitka boje ili nabiranja površine, što ukazuje na dehidraciju i na loše uvjete pohrane (Dimitriou i Rutz, 2015.).

Preferirani promjer sadnog materijala ovisi o strojevima za sadnju. Deblje reznice mogu biti robusnije na suhe vremenske uvjete odmah nakon sadnje, ali i praviti opterećenje za strojeve i povećati troškove logistike i skladištenja - veće količine sadnog materijala. Za modificirane reznice Step-planter korišten je promjer između 0,8 i 2,7cm. Preporučena duljina sadnica je 120 - 230cm. Ako se koriste reznice, normalno duljina je 20 – 25cm, a debljina oko 10 – 20mm, što je prikladno za većinu mjesta u dobrim uvjetima upravljanja (Peschel i Weitz, 2013.).



Slika 8. Reznice Vrbe

Izvor: <https://www.intechopen.com/>

Prema riječima Drvodelića (2015.), na reznici topola mora imati barem jedan zdrav pup ispod gornjeg reza, dok na vrbama ona može producirati izbojke po cijeloj dužini. Sadni materijal treba skladištiti i transportirati na temperaturi između 0°C i -4°C. Radi većeg postotka zakorijenjavanja, reznice se izrađuju neposredno pred samu sadnju. Prave se u razdoblju od prosinca pa do ožujka, dok su pupovi u mirovanju.

Izlaganje sunčevoj svjetlosti ili vjetru mora se izbjegavati tijekom vremena sjetve, kako bi se spriječilo isušivanje. Sadni materijal prije sadnje treba držati u vlažnom grubom pijesku pod sjenovitim prostorom ili pakiran u kutije (Peschel i Weitz, 2013.).

Prema navodima Drvodelića, (2015.), sadni materijal se može čuvati određeno vrijeme u trapu, ali im to s vremenom smanjuje vitalnost, te su kao takve nepogodne za osnivanje nasada. Glavni razlog propadanja prutova i reznica je prevelik gubitak vlage.

### **4.3.3. Sadnja**

Najprikladnija metoda za sadnju kultura kratkih ophodnji je sadnja u redove. Oni bi trebali biti raspoređeni tako da budu što duži. Na kraju redova bilo bi poželjno kada bi se nalazila pristupna cesta (Dimitriou i Rutz 2015.).

Radi strojne sječe, važno je ostaviti na oba kraja reda čistinu od oko 8 m širine, radi nesmetane mogućnosti okretanja stroja za prelazak na idući red. Taj dio naziva se rubno područje. Kako bi se spriječili dodatni troškovi sadnje, neophodno je voditi računa kada se

za vrijeme sječe koristi prikolica. Tada najveća duljina reda treba biti 200 m, kako se ne bi moralo na pola reda stati i vraćati se zbog praznjena prikolice ( Drvodelić, 2015.).

Kod dubokih rubnih jaraka područje okretanja trebalo bi iznositi 10m. U ostalim je slučajevima dovoljno je 8m. Na granicama plantaže KKO-a trebalo bi osigurati graničnu zonu od 2 – 3m (Dimitriou i Rutz 2015.).

Pravilan raspored sadnje biljaka znači (Drvodelić, 2015.):

- lakšu strojnu sadnju,
- lakšu njegu i zaštitu,
- bolju preglednost,
- lakšu strojnu sječū,
- bolju estetsku vrijednost.

Sadnja počinje u proljeće kada se temperature povećavaju, a mjesta ponovno postaju dostupna. Kasni mraz može oštetiti izdanke mladog drveća, tako da postoji mogućnost i kasnijeg datuma sadnje, ali valja naglasiti i povećan rizik od suše. U središnjoj Europi sadnja traje od sredine ožujka do kraja svibnja. U vlažnim vremenskim uvjetima, sadnja se može izvesti i u lipnju. U južnoj Europi sadnja se može odvijati i ranije, ukoliko vremenski uvjeti to dozvoljavaju (Dimitriou i Rutz 2015.).

Sadanja reznica odvija se od veljače pa do ožujka, ovisno o osobinama tla i vremenskim uvjetima koje to dozvoljavaju. Ukoliko je tlo prezasićeno vodom, sadnja se odgađa sve do onog trenutka kada će se dopunska obrada i sadnja moći provesti. Ukoliko se sadnja odvija poslije ožujka, reznice se moraju čuvati u hladnjacima na temperaturama od 2°C do 4°C, čime će zadržati svoju vitalnost do 3 mjeseca. Jesenske sadnje nisu pogodne, jer se u tlu zadržavaju veće količine vode, dok se u zimskim uvjetima reznicama smanjuje mogućnost formiranja zdravog korijena (Peschel i Weitz, 2013.).



Slika 9. Sadrnja Vrbe

Izvor: <http://bioenergycrops.com//>

Valja naglasiti kako je kod sadnje također bitna dostupnost vode, jer se zbog predugih suhих razdoblja onemogućava razvoj korijena, što dovodi do isušivanja reznice. Dimitriou i Rutz (2015.) navode, da je dostupnost vode važniji čimbenik od preranog ili prekasnog vremena sadnje tijekom proljeća. Reznice se zabadaju u tlo ručno ili strojno. Ručna sadnja se koristi kada je mehaničko korištenje sadnje ekonomski neisplativo, kada se sadnja obavlja na manjim površinama ili kada mehanička sadnja nije dostupna. Ukoliko su zemljišne čestice vrlo male - obično ispod 1ha, ili ukoliko su troškovi rada niži od troškova najma opreme, ručnu sadnju je moguće primjenjivati. Potrebno je da redovi međusobno budu usporedni, te da udaljenost između biljaka unutar redova bude jednaka, kako bi izbjegla međusobnu konkurenciju.

Prilikom ručnog zabadanja reznica potrebno je tlo ugaziti, kako bi se priljubilo uz reznicu, ali pažljivo, da ne bi došlo do oštećenja vršnog pupa kod reznica - topole. Ručna sadnja se obavlja uglavnom na manjim površinama, često radi pokusnih testiranja pojedinih vrsta i njihovih kultivara (Drvodelić, 2015.).

Specifični raspored nasada ovisi o odabranoj vrsti, planiranom razdoblju rotacije, željenom razdoblju žetve kao i preferiranom stroju za upravljanje.

Sljedeće varijable se moraju odrediti u procesu planiranja plantaže:

- broj biljaka po hektaru,
- dvostruki ili jedan red,
- razmak između redova,
- gustoća sadnje koja određuje udaljenost unutar redova,

- smjer redaka,
- potrebne čistine oko kulture u svrhu lakše strojne sječe, te lakše i brže intervencije u slučaju napada štetnika ili nekih prirodnih nepogoda.

Plantaže su u odgovarajućim područjima zasađene s istim razmakom redova, kontinuirano, u jednom ili dvostrukom redu za korištenje istih sustava za suzbijanje korova - npr. Rototillera za sva polja. Time se izbjegavaju suvišni strojevi i troškovi prijevoza. Pri odlučivanju o udaljenosti redaka neophodno je razmotriti širinu strojeva za žetvu. Ako je udaljenost redova preblizu, početak žetve će se zakomplicirati s drugom žetvom, čim redovi stabala zauzmu više mjesta. Ako je udaljenost prevelika, drveće možda neće moći zatvoriti lišće između redova u drugoj godini, a korovi neće biti zasjenjeni. Tipične udaljenosti redova za jedan red su između 2,2 i 3m. Dvostruki redovi nude prednost bržem zatvaranju lišća, jer se stabla ravnomjernije šire po polju. S druge strane, za suzbijanje korova u dvostrukim redovima potrebna je posebna oprema, a ne sva postojeća žetvena tehnologija (Peschel i Weitz, 2013.).

Dimitriou i Rutz (2015.) navode, kako se strojevima treba omogućiti ulaz na plantažu KKO-a bez oštećivanja biljaka nakon 3 – 4 godine rasta.

Gustoća sadnje ovisi o duljini rotacije i odabranim vrstama. Ona se bitno promijenila zadnjih 10 godina. Broj biljaka po ha kretao se od 4.500 kom/ha do 15.625 kom/ ha. Ovakav način sadnje primjenjuje se za vrbe i topole. Nedavna istraživanja koja se odnose na gustoću sadnje kod kojih je pokus rađen od 8.625 kom/ha do 111.000 kom/ha pokazuju, da gustoća sadnje kod koje 1ha ima 15.625 komada biljaka pruža najveću produkciju suhe tvari i najbolji ekonomski povrat novca (Drvodelić 2015.).

Najčešći razmaci koji se rabe u Velikoj Britaniji su razmak između gredica ili dvojnih redova su 0,75 m, razmak između dva dvojna reda 1,5 m, te razmak između biljaka u redu 0,59 m, što otprilike iznosi oko 15.000 kom/ha. Ovim se razmacima strojevima sa širokim gumama omogućuje rad preko usjeva. Veličina uvratine ovisi o željenim strojevima za žetvu. To bi trebalo osigurati dovoljno prostora za izvođenje žetve. Kada se cijela stabljika bere, potrebno je uzeti u obzir i skladište na polju i potreban prostor za skladištenje. Za komercijalnu sadnju vrba, upotrebljava se strojna sadnja npr. Salix Maskiner Step Planter strojem za sađenje. Ovaj stroj prihvaća šibe dužine 2 m do 3 m, od kojih se neposredno prije pikiranja izrađuju reznice duljine 20 cm. Smatra se kako je ovaj način najpovoljniji, jer su gubitci zbog deficita vode svedeni na minimum. Ovom strojnom sadnjom formira se nasad oko 15.000 kom/ha.

Ipak, ovaj stroj nije pogodan za sadnju topolovih reznica, jer nije sigurno da će ispod gornjeg reza ostati barem jedan zdrav pup. Ukoliko se reznice upikiraju preplitko, može doći do stradavanja sadnica, jer reznica ne dobiva dovoljno vlage ukoliko je godina bila topla i bez oborina. Smjer redova treba odrediti prema individualnim preduvjetima plantaže, nastojeći maksimizirati neto površinu nasada - smanjenjem površine rta. Naravno, pristupne rute moraju se uzeti u obzir. Ako redovi postanu vrlo dugi - npr. prekoračenje 500 m za kratku rotaciju, može se razmotriti dodatni prolaz, kako bi se olakšala žetva i upravljanje plantažama (Peschel i Weitz, 2013.).

Isto tako, postoji još jedna metoda sadnje za kulture kratkih ophodnji vrbe i topole. To je metoda horizontalne sadnje prutova vrbe s mehanizacijom za horizontalnu sadnju. Reznice i cijelo korijenje sade se horizontalno u tlo. Horizontalna metoda sadnje često se koristila pri obnovi zemljišta i pri stabilizaciji nagiba u projektima na riječnim obalama, te je ispitana i za proizvodnju biomase u sustavu KKO-a. Navedena metoda donosi jednako visoke prinose kao u sustavima dvoreda, ali upravljanje plantažom - sječa, može biti otežano. Naime, ponekad je moguće da je horizontalna sadnja skuplja za poljoprivrednika, jer je potrebno više sadnog materijala nego u sustavu dvoreda s reznicama. Pojedini znanstvenici smatraju da gnojidba ima veliku važnost i da je opravdana s financijskog i ekološkog aspekta. Prema riječima Dimitriou i Rutz (2015.), rana primjena gnojiva možda će biti potrebna na zemljištima koja su prirodno siromašna hranjivim tvarima, kako bi se održala proizvodnost.

Plantažama KKO-a u prvim ophodnjama obično treba dodati dušika, jer su tla često dobro opskrbljena fosfatom i kalijem. Alternativna primjena anorganskog gnojiva je u obliku kanalizacijskog mulja ili stajskog gnojiva koja značajno poboljšava prinose, te je uz to gnojnica korištena kao malč. Najveća pažnja treba biti usmjerena upravo prema zdravstvenom stanju iklonskoj čistoći reznica, jer o tome ovisi uspjeh cjelokupnog rada (Peschel i Weitz, 2013.).

Dušik će se na starijim plantažama otpuštati iz formiranog sloja otpalog lišća, što znači da je potreba za gnojdbom manja. U načelu, tijekom sadnje se uklanja određena količina dušika sadržana u izdancima koja se stoga mora nadomjestiti gnojdbom, koju prikazuje slika 10. (Dimitriou i Rutz 2015.).





Slika 10. Gnojidba plantaže Vrbe

Izvor: <https://www.intechopen.com/>

Riječ je o istraživanjima koje navodi Drvodelić (2015.), drugi znanstvenici pak tvrde kako upotreba gnojiva ne znači povećavanje količine proizvedene biomase. Smatraju kako ne utječe na prinose u onoj mjeri da bi bila isplativa.

Nakon uspješno obavljene pripreme tla, izbora sadnog materijala reznica ili prutova, pa sve do sječe, vodi se briga o njezi biljke, čime nadoknađuje sve potrebe za hranjivima tvarima i vodom koje sama iz prirode ne može dobiti. Podrazumijevaju se i svi postupci koji se rade u sadnji kultura s kojima se utječe na produkcijsku sposobnost biljke i na njeno zdravstveno stanje ( Drvodelić, 2015.)

#### **4.3.4. Strojevi za sadnju**

Peschel i Weitz (2013.) navode kako postavljanje plantaže s modificiranom plantažericom (koju je razvio švedski jezik) tvrtka Salix Maskiner/Canditec je identificirana kao najisplativija za sadnju nasada visoke gustoće - > 8.000 rezanja/ha, koja je prikazana na slici 11.





Slika 11. Stroj kojim se sadnja reznica odvija odjednom u tri reda

Izvor: <https://www.intechopen.com/>

Step-plantator proizvodi oko 20 cm duge reznice vrbe i topole tijekom procesa sadnje. Tada su reznice pritisnute u tlo klipom - približno dva rezanja u sekundi. Općenito, mladice su troškovno učinkovitije u proizvodnji, skladištenju i transportu u usporedbi s reznicama. Tehnologija Step-planter je vrlo prilagodljiva s obzirom na udaljenost redova, dvorednog, pojedinačnog, te udaljenost biljaka unutar reda. Ako se plantaže utvrđuju na niskoj gustoći sadnje ili ako tla imaju visok sadržaj gline, Spapperi stroj za sadnju ili stroj za sadnju rotor sadilica - razvijen i izgrađen od strane talijanske tvrtke Ferrirator, može biti povoljan, budući da ti strojevi nude veću preciznost. Ipak, ako se novac koji se štedi korištenjem Step - plantera umjesto sadnje skupih reznica i za optimalnu kontrolu korova, rezultirajuća plantaža na kraju prve vegetacijske sezone obično izgleda znatno bolje (Peschel i Weitz, 2013.).

#### **4.3.5. Čepovanje**

Drvodjelić (2015.) navodi kako se čepovanje mladih jednogodišnjih izbojaka obavlja na kraju prve vegetacije. Radi se o preživljavanju mladih izbojaka što bliže tlu, kako bi pri zemlji ostao mali panj iz kojega će potjerati novi, ali ovoga puta u većem broju, jer je za kulture kratkih ophodnji u proizvodnji biomase važna količina drvene tvari koja se jedino može postići s vrstama koje imaju jaku izbojnu snagu iz panja. S rastom mnogobrojnih izbojaka omogućuje se i već formiran korijenov sustav koji crpi dovoljno hranjiva i vlage iz tla. Kako i svaki umjetno osnovan nasad, tako i ovaj zahtjeva stalnu njegu i brigu.

#### **4.3.6. Kontrola korova nakon sadnje**

Efektivno gospodarenje korovom u prvih 5 mjeseci nakon osnivanja ima najveći utjecaj na uspješan razvoj plantaža. Uklanjanje korova se može raditi ručno, odnosno strojno ili kemijskim putem.

Za mehaničko suzbijanje korova, prema navodima Peschel-a i Weitz-a (2013.) koriste se rototileri ili druga oprema za kultiviranje - npr. pločasta drljača, kultivator sijena itd., ukoliko se radi o većim površinama. Na manjim parcelama primjenjuju se različiti ručni alati kao što su, primjerice, trimeri. Za kemijsko suzbijanje korova koriste se herbicidi različitih vrsta, ovisno o kojem korovu je riječ. Vrlo je važno odabrati prave herbicide kako se ne bi naštetilo nasadu. Korov se uklanja kada su mladi izbojci svojim rastom izrasli iz zone korova, te krošnjama stvorili sklop. Osobito na mjestima s niskom raspoloživošću vode, korovi se moraju često i učinkovito uklanjati. Dakle, novi nasadi moraju se redovito pratiti, kako bi se pravovremeno moglo reagirati. Aktivnosti za suzbijanje korova preporučuju se dok se plantaža ne razvije, pokriti lišće kako bi zasjenili korove. Pod normalnim uvjetima, postupci za suzbijanje korova moraju se izvršiti u prvoj i drugoj godini nakon osnutka. Nakon svakog sakupljanja, preporučljiva je jedna mjera mehaničke ili kemijske - sa zaštićenom opremom, za suzbijanje korova na početku vegetacije. Ekološki uzgajivači mogu zamijeniti primjene herbicida intenzivnijom mehaničkom kontrolom korova.

Najprimjenjiviji način navodnjavanja koji se koristi na nasadima kultura kratkih ophodnji jest kap na kap kod kojega su crijeva položena po zemlji među redovima i na taj način voda izlazi u obliku kapljica. Vrlo je važno voditi računa o njezi nasada, jer kao i kod svakog drugog dolazi do smanjenja produktivnosti, odnosno odumiranja stabala, ali i do gubitka novčanih prihoda (Drvodelić, 2015.).

#### **4.3.7. Kontrola štetnika/insekata**

Insekticidi se primjenjuju samo ako je preživljavanje plantaže ugroženo ili mogu nastati značajni financijski gubici. Troškovi kemijskih mjera trebaju biti uravnoteženi s očekivanim ishodom. Mora se uzeti u obzir da bi također mogli utjecati na prirodne neprijatelje. Trebalo bi razmotriti primjenu dostupnosti selektivnih insekticida. Insekticidi se moraju primijeniti unutar pravog vremenskog okvira - prije odlaganja jaja, da bi se zaustavile prve generacije za uzgoj sljedećeg. Na mladim ili nedavno ubranim plantažama - gdje može imati najveći

utjecaj, može se primijeniti normalna poljoprivredna prskalica, a za plantaže sa zrelim stablima, posebne prskalice koje se koriste u voćarstvu (Peschel i Weitz, 2013.).

Kod gljivičnih oboljenja na kulturama kratke ophodnje radi se o hrđi (*Melamporasp.*). Hrđe inficiraju lišće i deblo, a ukoliko nisu primijenjene nikakve zaštitne mjere, polako prelaze i na ostale dijelove biljke. U Velikoj Britaniji, najvažniji uzročnik gljivičnih oboljenja u vrba jest vrsta *Melamporaepitea*, koja uzrokuje defolijaciju, a posljedica je smanjenje produkcije. Postoji i lisna hrđa *Melamporsalarici – populina*, na koju je topola osjetljiva, ali i na lisnu gljivicu *Marssoninabrunnea*, te bolest koja uzrokuje rak kore bakterija *Xanthomonapopuli* ( Drvodelić, 2015.).

Kora (*Cryptodiaportheopulea*) uzrokovala je teška oštećenja na nekoliko polja Optfuel. Međutim, štete su bile ograničene za određene klonove topole. Posebno talijanski klonovi, koji se uspješno uzgajaju u toplijim klimatskim uvjetima, pokazale su povećanu osjetljivost. Da bi se smanjio rizik od gljivica, trebale bi se koristiti samo sorte koje su prilagođene pojedinim klimatskim područjima.



Slika 12. Lisne uši na vrbi

Izvor: <https://www.intechopen.com/>

Povećani faktori stresa kao što su propuh, kasni mraz, korov ili stajaća vlaga, također može povećati osjetljivost stabala. Najveća opasnost koju je teško kontrolirati je uvoz sadnog materijala i s njim različite bolesti štetočina koje na kulturama rade štete većih razmjera. Kako bi se zaštitio nasad, preporučuje se diversifikacija vrste i sorte na jednom polju. To uključuje mješavinu topole i vrbe, ukoliko je to izvedivo. Raznolika plantaža smatra se otpornijom (Peschel i Weitz, 2013.).

#### 4.4. Sječa, logistika i prijevoz drvenastih kultura kratke ophodnje

Drvodelić (2015.) ističe kako se kod kultura kratkih ophodnji sječa odvija periodično, svake 2 – 4 godine, premda ne postoji strogo određeno vrijeme sječe, odnosno ophodnje.

Dimitriou i Rutz (2015.) navode kako je nakon 20 – 30 godina potrebna ponovna sadnja ili zamjena drugim usjevom. Prilikom sječe postoje različiti načini, tehnike i opreme koje ovise o navedenim čimbenicima:

- vrsta, hibrid, klon kulture: broj i promjer izbojaka,
- poželjan krajnji proizvod: drvena sječka, peleti, cjepanice,
- kvaliteta krajnjeg proizvoda: oblik drvene sječke, sadržaj vlage,
- dostupnost strojeva: vlastiti strojevi ili u suradnji s podugovaračem,
- oblik uzgoja: jednored ili dvored, udaljenost između redova,
- veličina i oblik zemljišta: velika ili mala polja, padine,
- količina posječenog drva: logistički zahtjevi, intervali sječe,
- vlažnost tla: mogućnost pristupa i uporaba strojeva.

Kulture kratkih ophodnji se sijeku nakon što su biljke odbacile listove, pa sve do formiranja novih pupova i po mogućnosti kada je tlo smrznuto. Sječa se obavlja zimi, pa sve do kraja veljače, s tim da je potrebno pri dnu ostaviti 10 cm pridanka kako bi se osiguralo izbijanje što većeg broja novih izbojaka. Nasad može biti posječen i usitnjen u jednom zahvatu, ili se postupak sastoji prvo od sječe, zatim slijedi sušenje, pa tek onda usitnjavanje. Žetelice su strojevi koji odmah usitnjavaju, koju možemo vidjeti na slici 13. Većina strojeva uglavnom je prilagođena prostornom rasporedu sadnje najčešće takozvanom dvojnomo redu, gdje se sječa oba reda obavlja u jednom prolasku stroja. Na taj način smanjeni su troškovi, a povećava se učinkovitost strojeva. Kako bi se izbjeglo raspadanje usitnjenih dijelova, te njihov gubitak kvalitete, potrebno ih je pažljivo i brzo uskladištiti. Empire 2000 pokazao se kao najbolji stroj za sječju bez usitnjavanja, ali su strojevi takve vrste još u razvoju.



Slika 13. Sječa Vrbe

Izvor: <http://biofuel.iggesund.co.uk/>

Kombajn za berbu je kombinacija žetelice i tradicionalnog cut-and-chip žetelice. Strojevi se neprestano usavršavaju (Drvodelić, 2015.).

#### **4.4.1. Prinosi**

Kod prinosa KKO-a veliku važnost ima lokacija plantaže koju većinom karakteriziraju klima - temperatura, padaline, i vrsta tla. Kako bi se maksimizirali prinosi, kao što je već navedeno i objašnjeno, za svaku lokaciju treba pažljivo odabrati vrste, sorte i klonove. Potrebno je voditi računa o načinu upravljanja plantažom, sadnjom, kontrolom korova, insekata/štetnika i upravljanju hranjivim tvarima, kako bi prinos bio što veći. Godišnji prinosi koji su mogući u Europi kreću se u rasponu između 5 i 18 t/ha suhe drvene sječke. Naime, ukupna količina biomase za jednu sječku izračunava se po godišnjem prinosu, godinama uzgoja i udio vode koji obično iznosi 55% za svježe posječeno drvo. Ukoliko godišnji prinos suhe drvene sječke iznosi 10 t/ha, a ciklus sječe iznosi 4 godine, te 50% udio vode, tada je ukupan iznos prosječne mokre biomase oko 80 t/ha, a suha drvena sječka oko 40 t/ha. Treba uzeti u obzir o kojoj sječi se radi. Ukoliko je prvi ciklus sječe, tada su prinosi manji, a svakim drugim ciklusom, prinosi se povećavaju. Također, može se dogoditi da plantaža sa svojim starenjem poremeti prinose, pa može doći i do smanjenja prinosa. Tablica 3. prikazuje čimbenike koji imaju vrlo važnu ulogu kod kultura kratkih ophodnji, o čemu zapravo same kulture ovise kako bi se omogućili prinosi (Dimitriou i Rutz 2015.).

Tablica 3. Čimbenici koji utječu na prinose

| Vrsta                                 | Vrba                                  | Topola                    |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Dio Europe                            | Sjeverna, srednja i<br>zapadna Europa | Srednja i<br>južna Europa |
| Gustoća plantaže, ha                  | 12.500 – 15.000                       | 8.000 – 12.000            |
| Ciklus sječe, godine                  | 1 – 4                                 | 1 – 6                     |
| Prosječan promjer panja pri sječi, mm | 15 – 40                               | 20 – 80                   |
| Prosječna visina pri sječi, m         | 3,5 – 5,0                             | 2,5 – 7,5                 |
| Drvena zaliha pri sječi, svježa, t/ha | 30 – 60                               | 20 – 45                   |
| Sadržaj vode u drvetu, %              | 45 – 62                               | 50 – 55                   |

Izvor: Izrada autora prema Dallemand i sur., (2007.)

Prema navedenoj tablici prikazani su čimbenici o kojima ovise prinosi vrbe i topole u određenom dijelu Europe, u Sjevernoj, Srednjoj i Zapadnoj Europi, te Srednja i Južna Europa. Radi se o gustoći plantaže, ciklusu sječe, prosječnom promjeru panja pri sječi, prosječnoj visini pri sječi, drvnj zalihi pri sječi, te sadržaju vode u drvetu. U Sjevernoj, Srednjoj i Zapadnoj Europi gustoća plantaže iznosi otprilike do 15.000 ha, dok je u Srednjoj i Južnoj Europi nešto manje i to 12.000 ha. Ophodnja se odvija u periodu do 4 godine u Sjevernoj, Srednjoj i Zapadnoj Europi, dok u Srednjoj i Južnoj Europi u periodu do 6 godina. Prema tome možemo vidjeti drvenu zalihu koja iznosi za Sjevernu, Srednju i Zapadnu Europu u rasponu 30 – 60 t/ha sa 62% sadržaja vode u drvetu, dok u Srednjoj i Južnoj Europi nešto manje, 20 – 45 t/ha, te sadržaj vode 55%.

#### 4.4.2. Ophodnja ( ciklusi sječe)

Sječa kultura kratkih ophodnji odvija se u intervalima koje iznose oko 2 - 20 godine, s tim da ne postoji strogo pravilo koje određuje vrijeme sječe odnosno ophodnju (Drvodelić 2015).

Ciklus sječe određuje upravitelj plantaže KKO-a prema sljedećim čimbenicima:

- vrste KKO-a: najbolje vrijeme za ponovni rast, maksimizacija prinosa pojedinačnog usjeva,
- razvijenost krošnje: zatvorene lisnate krošnje hvataju više sunčeve svjetlosti te su stoga na vrhuncu proizvodnje; pravo vrijeme za to ovisi o vrsti koja utječe na idealno vrijeme sječe,



- poželjan krajnji proizvod: drvena sječka; cjepanice; kvaliteta materijala,
- dostupnost strojeva za sječu: na vrhuncu sezone sječe izvođači mogu biti zauzeti; potrebno je planirati unaprijed,
- stanje tla: najbolja je sječa na suhom i/ili zaleđenom tlu; kada uvjeti tla nisu dovoljno dobri ponekad je bolje i odgoditi sječu nego naštetiti tlu i biljkama,
- poželjno vrijeme novčanog tijeka: ovisi o općenitim ciljevima upravljanja plantažom,
- cijena drvene sječke: upravitelji mogu „čekati“ visoke cijene za sječku kako bi ostvarili veći prihod; cijene se ne mogu predvidjeti i ovisе o špekulacijama, vlastita potražnja za grijanjem: ako se drvena sječka koristi za vlastite potrebe za grijanjem, trebala bi biti dostupna tijekom cijele godine,
- ostale prednosti: izbor ophodnje u svrhu povećanja biološke raznolikosti ili zaštite divljači.

Na logistiku sječe veliki utjecaj ima vrijeme ophodnje. Što je razmak između dviju sječe veći, to je količina biomase po sječi veća, a s time dobivamo umnožak jednogodišnjeg rasta s brojem godina. Radi smanjenja radne opterećenosti i rizika, potrebno je razmotriti opcije rotacije sječe različitih površina kultura kratkih ophodnji, tako da se svake godine obavi jedna sječa umjesto da se sve površine sijeku istodobno. Izbor tehnologije ovisi o ophodnji, odnosno, ukoliko je biljka starija, stabljike su deblje, pa su zbog toga potrebni snažniji strojevi (Dimitriou i Rutz 2015.).

#### 4.4.3. Posječeni materijal

Drvena sječka je najčešći krajnji proizvod koji se koristi za proces izgaranja, koji se može vidjeti na sljedećoj slici.



Slika 14. Drvena sječka

Izvor: <http://hamar-promet.hr/>

Metoda sječe ovisi o tome koja svojstva poluproizvoda određuju drvenu sječku, veličinu i oblik, ili sadržaj vlage.

Dimitriou i Rutz (2015.) navode kako se poluproizvodi mogu svrstati u sljedeće kategorije:

- prutovi/šibe: posječene stabljike dužine do 8m,
- snopovi: prutovi/šibe povezane u snopove,
- cjepanice: odrezani materijal duljine 5 – 15 cm,
- sječka: odrezani materijal veličine do 5 x 5 x 5 cm.



Slika 15. Prutovi / šibe

Izvor: <https://www.crops4energy.co.uk/>

Na slici su prikazani prutovi u vrijeme njihove sječe s posebnim strojem za sječku istog. U svježe posječenom drvetu sadržaj vode se kreće od 40 do 60%, no potrošači s manjim kotlovima zahtijevaju vlažnost ispod 20% - sadržaj vode 17%. Niža vlažnost znači višu kvalitetu i lakše skladištenje drvene sječke. Na rubnim područjima plantaže ili na farmama moguće je pohraniti snopove i nepovezane prutove, te ih osušiti do 30% sadržaja vode tijekom 4 – 6 mjeseci. Između prutova i sječki nalaze se cjepanice koje su poluproizvod i na taj način se prirodno prozračuju, čime se olakšava sušenje i sprječavaju teškoće povezane s pohranom sječke (Dimitriou i Rutz 2015.).

#### **4.4.4. Metoda sječe**

Postoje različite metode sječe. Dostupne su različite tehnologije za dobivanje drvene sječke i za sječku KKO-a koje se međusobno kombiniraju. Plantaža kultura kratkih ophodnji se najprije može posjeći i ostaviti kao prutovi/stabljike ili ih posjeći na cjepanice na polju, te je iveranje moguće provesti u krajnjoj fazi kao zasebna radnja. U strojnoj sječi se upotrebljavaju navedeni strojevi:



- kombajn za drvo,
- oprema priključena za traktor,
- samohodni traktori.

Samohodni strojevi i oprema priključeni na traktor koji u isto vrijeme siječe i ivera, razvijeni su od krmnih ili kombajna za sječu šećerne trske. Kod vrba ili kod tankih prutova, koriste se preše za bale koje proizvode okrugle bale kao kod slame ili sijena. Jedan od proizvođača takvog stroja jest Andersons Canada, prikazano na sljedećoj slici (Dimitriou i Rutz 2015.).



Slika 16. Stroj za baliranje

Izvor: <https://www.intechopen.com/>

Tehnologije za iveranje mogu biti stacionarne ili mobilne, mogu se priključiti na traktor i na prikolice. Uglavnom se nalazi i dizalica koja služi za unos posječenih kultura kratkih ophodnji u iverač, što možemo vidjeti na slici 17. Za iveranje postoje tri vrste tehnologije; bubnjasti sjekač, disk sjekač i pužni sjekač.



Slika 17. Drobilica za drvo - iverać

Izvor: <https://www.agroklub.com//>

Također, namjenski strojevi za dobivanje drva rezanjem na određenu dužinu prije obaranja, uklanjanje grana i odvajanje stabala, koriste se teška šumarska vozila.

#### 4.4.5. Sušenje i pohrana drvene sječke

Pohrana drvene sječke, prutova, cjepanica, stabljike može se obaviti na rubnim područjima plantaže ili na mjestima gdje će se i koristiti. Kod kvalitete sječke vrlo je bitan sadržaj vode i njena vlažnost. Prirodno sušenje, odnosno sušenje na zraku, smanjuje vlažnost s 50 – 55 na oko 30 posto, u roku od nekoliko mjeseci (Dimitriou i Rutz 2015.).

Tablica 4. Udio vode u četiri kategorije drva

| Kategorija           | Maseni udio vode |
|----------------------|------------------|
| Potpuno suho drvo    | 0 %              |
| Drvo sušeno na zraku | 15 % - 20 %      |
| Drvo za pohranu      | < 30 – 35 %      |
| Svježe drvo          | >50 %            |

Izvor: Izrada autora prema Dimitriou i Rutz (2015.).

Prema navodima LWF (2012.) ističu kako svježe posječeno drvo ne bi trebalo biti pohranjeno na duže vrijeme, jer može doći do sljedećih rizika:

- gubitak biomase: gubitak biomase od 2 – 4 posto mjesečno zbog bioloških procesa i procesa raspadanja,
- zdravstveni rizik: nastanak spora gljivica koje imaju negativne učinke na zdravlje,
- kvaliteta: povećanje sadržaja vode u nezaštićenim nakupinama zbog taloženja i ponovne akumulacije kondenzirane vode na vrhu nakupine,
- tehnički rizik: zaleđena drvena sječka tvori nakupine kojima se teško rukuje, a kamenje može oštetiti opremu,
- spontano zapaljenje: mikrobiološka aktivnost povećava temperature u nakupini biomase, što može dovesti do samozapaljenja,
- učinci na okoliš: neugodni mirisi mogu smetati susjedima, a filtrat može onečistiti površinske i podzemne vode.

Ukoliko se drvena sječka sušena na zraku s udjelom vode od oko 30% čuva na natkrivenim površinama, ne može doći do porasta udjela vode. Posebno treba voditi brigu o dobroj prozračnosti i s vremenom je potrebno miješanje utovarivačem, kako bi se izbjeglo samozapaljenje. Također, ukoliko je udio vode previsok, drvena sječka postaje osjetljiva na mikroorganizme zbog čestica male veličine, zbog čega također može doći samozapaljenja. Prema Europskim standardima poželjno je udio vode smanjiti na razinu ispod 20%. Sušenje drvene sječke obavlja se pomoću šaržnih sušara, transportno - zakretne sušare, te sušare na transportnu traku (Dimitriou i Rutz, 2015.).

#### **4.4.6. Logistika i prijevoz**

Kod planiranja projekta kultura kratke ophodnje potrebno je istražiti troškove prijevoza, te udaljenost plantaže KKO-a do potencijalnog kupca biomase. Prijevoz bi se trebao ograničiti, jer udaljenosti koje su duge, mogu imati negativne učinke na emisije stakleničkih plinova i ekonomsku isplativost lanca. Lokalni uvjeti uvjetuju udaljenost i ogovarajuću vrstu prijevoza za drvenu sječku:

- 0 – 40 km: vlastiti traktori,
- 30 – 90 km: teški kamioni kapaciteta 70 – 95 m<sup>2</sup>,
- > 70 km: vlakovi.

Isto tako, potrebno je voditi računa o tome da uz plantažu postoji cesta koja može podnijeti težine koje odgovaraju dozvoljenom opterećenju za ceste, a posebno za mostove, ukoliko oni postoje. Težina drvene sječke po volumenu ovisi o vrsti, količini i obliku, te udjelu vode,

i omjeru kore i drveta. Jedna tona potpuno suhe drvne sječke ima obujam od 6,5 do 7m<sup>3</sup>(Dimitriou i Rutz 2015.).

#### **4.5. Ekonomska opravdanost proizvodnje biomase drvenastih kultura**

Potencijal proizvodnje biomase ovisi o tlu, odabranim klonovima, razmaku biljaka i upravljanju plantažom. KKO se uglavnom planira i uspostavlja na zemljištu u ruralnim područjima koje se ne koristi u poljoprivredne ili šumarske svrhe, zbog svoje niske kvalitete.

Posavec i sur. ( 2017.) provode istraživanje ekonomske analize na energetskej plantaži od 3000 ha sa reznicama uzetih iz rasadnika Zavoda za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku u Službi šumskog područja Valpovo - Istočna Hrvatska. Nasad sadrži 10 klonova stvorenih kroz različite kombinacije hibridizacije bijele vrbe (*Salixalba L.*) i kineske vrbe (*SalixmatsudanaKoidz.*), kao i klonove bijele vrbe (*Salixalba L.*). Test se temeljio na randomiziranom kompletnom blokovnom dizajnu s četiri ponavljanja. Svaki klon predstavljen je s 30 rameta po ponavljanju u razmaku od 1,30 × 0,8 m - 9.615 biljaka po hektaru.

Prema navodima Kajba i sur. (2012.) ističu kako je ispitivanje provedeno na marginalnom mjestu, odnosno tlu koje prema svojim pedološkim karakteristikama nije prikladno za poljoprivredne kulture.

Svi troškovi su prikazani bez subvencija i nepovratnih sredstava, a projekt može biti troškovno učinkovitiji u slučaju subvencija (Posavec i sur., 2017.).

Prema navodima Pašičko i sur. (2009.), ističu se kako ekonomska analiza uspostave plantaža kultura kratkih ophodnji u Republici Hrvatskoj do sada nije dovoljno znanstveno istražena i trenutačno postoji mali broj znanstvenih radova koji se bave ovim pitanjem.

Nedovoljna pozornost posvećuje se ekonomskim aspektima kada se planiraju i uspostavljaju nove plantaže. Ako je plantaža vrbe na kratkoj rotaciji uspostavljena na površini od 1.000 ha na godišnjoj razini, ukupno 3.000 ha prekriveno je kulturama kratkih ophodnji. Ophodnja plantaža vrbe uspostavljala bi se tijekom trogodišnjeg perioda. Prema planiranom razdoblju ophodnje, sječa u kratkotrajnim nasadima vrbe obavljala bi se svake dvije godine u razdoblju od 15 godina. Po udjelu vlage u proizvedenoj drvnoj sječki koja iznosi 30% i prosječni prinos od 21 t SM/ha/god - suha masa po hektaru godišnje, na godišnjoj razini, predviđeno je da će se na 1.000 ha proizvesti 42.000 tona drvne sječke (Posavec i sur., 2017.).

Prema navodima Holopainen i sur., (2010.), kapitalni budžet ili procjena troškovne učinkovitosti je proces identifikacije, analize i odabira investicijskih projekata u odnosu na projekte u kojima se očekuje da će prinosi - novčani tokovi, premašiti vremenski okvir od jedne godine.

Autor (Posavec i sur., 2017.) objašnjava da je to proces donošenja odluka o dugoročnom ulaganju u stvarnu korporativnu tvrtku.

Orsag (2002.) ističe da proces kapitalnog planiranja uključuje predviđanje novčanog tijeka projekta i procjenu njihove financijske učinkovitosti kroz primjenu kriterija za donošenje financijskih odluka sadržanih u nizu metoda kapitalnog proračuna, kao što su ISP - interna stopa povrata i NSV - neto sadašnja vrijednost.

Opći cilj procjene investicijskog projekta je dobiti uvid u opravdanost i ekonomsku prihvatljivost projekta (Posavec i sur., 2017.).

Orsag i Dedi (2011.) navode da su glavna obilježja kapitalnog budžetiranja vremenska vrijednost novca, koncept novčanog tijeka, diskontna stopa kao oportunitetni troškovi korporativnog ulaganja, kao i rizik i nesigurnost.

Procjena troškovne učinkovitosti projekta uzima u obzir vremenske preferencije koje utječu na znatno realniju i točniju procjenu projekta. Procjena troškovne učinkovitosti naziva se i dinamičkom procjenom učinkovitosti, a dinamički parametri izračunavaju se pomoću sljedećih preduvjeta (Posavec i sur., 2017.):

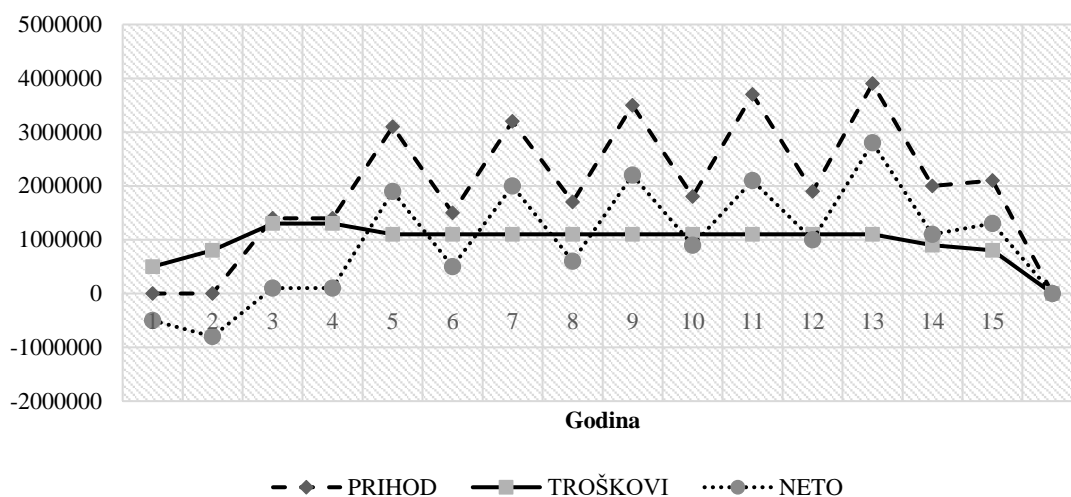
- 15-godišnje razdoblje procjene, zbog produktivnosti zemljišta. Tipična razdoblja rotacije berbe su između 2 i 7 godina, ali se također mogu produžiti,
- Dallemand i sur. (2007.) navode da se kod KKO-a vrbe nakon 15 godina ponovno presađuju ili zamjenjuju s drugim usjevima. Ovisno o uvjetima KKO-a, prinosi mogu biti stabilni za 5 do 6 dvogodišnjih ophodnji, a zatim opadati, nakon što se plantaža uzgaja,
- nominalna diskontna stopa od 7% - prema Hrvatskoj narodnoj banci - HNB 2016. i Državnom zavodu za statistiku - DZS 2015., te analiza osjetljivosti s 5% -10%;
- godišnje povećanje cijena od 2,9% - prosječna stopa inflacije iznosila je 2,5% u 2009. godini, navodi se u izvješću Hrvatske narodne banke HNB 2016.,
- ulaganje u uspostavljanju nasada kultura kratkih ophodnji u jednakim udjelima tijekom prve tri godine kako bi se na godišnjoj razini uspostavila plantaža vrbe na površini od 1.000 ha - 1/3 mirovanja ili 1.000 ha je u fazi mirovanja. Raste 1/3 ili 1.000 ha, a za

rezanje 1/3 ili 1.000 ha, dakle ukupno 3.000 ha. KKO treba osigurati kontinuitet dohotka, a isporuku biomase i bioenergetskih nasada treba sukcesivno locirati u različitim godinama proizvodnog ciklusa i u istom omjeru s površinom pojedinog zemljoposjednika -  $3 \times 1.000$  ha,

- troškovi održavanja kratkih izdanaka vezanih uz održavanje sječe i primjena herbicida prskanjem, da spomenemo samo nekoliko, planirani su između druge i četvrte godine, a troškovi za 1.000 ha panjača vrbe planirani su za svaku godinu,
- troškovi rada i održavanja strojeva i opreme za sječe, prijevoz i obradu ocjenjuju se tijekom razdoblja koje počinje od treće godine do završetka projekta,
- u treću godinu predviđa se ulaganje u strojeve i opremu za sječe, prijevoz i preradu drvene sječke,
- prihodi od proizvodnje drvene sječke određeni su valorizacijom drvene sječke na 30% sadržaja vlage u ukupnom iznosu od 35 €/t šumskog puta FCO, sortiment cijena po šumskom putu.

Prema tvrdnjama Klemperera (2003.), procjena troškovne učinkovitosti projekta prikazana je kroz nekoliko ključnih financijskih pokazatelja, uključujući projicirani račun dobiti i gubitka, novčani tijek, neto financijski tijek projekta i pokazatelje profitabilnosti - razdoblje povrata, neto sadašnja vrijednost – NSV, - i interna stopa povrata - ISP. Kamatna stopa šume - diskontna stopa, koja je odabrana tijekom analize upravljanja šumama ima ključnu ulogu za ekonomske rezultate. Značajna kamatna stopa šuma je temeljna, jer se zbog neadekvatno odabrane kamatne stope šumarstvo može svrstati među djelatnosti bez ekonomskog opravdanja.

Brukas i sur. (2001.) ističu kako stupanj rizika u šumarstvu je od vitalnog značaja pri odabiru kamatne stope šume. Prilikom istraživanja ekonomske analize očekuje se da će rizični projekti pokazati veći povrat na uloženi kapital, pa je stoga njihova diskontna stopa veća kako bi se realno prikazali potencijalni prinosi. Analiza osjetljivosti je tehnika kojom se određuje kako različite vrijednosti nezavisne varijable utječu na određenu zavisnu varijablu pod danim skupom pretpostavki. Analiza osjetljivosti, koja se također naziva analiza što ako ili simulacija, je način predviđanja ishoda odluke s određenim rasponom varijabli. Ovo istraživanje koristilo je analizu s diskontnim stopama u rasponu od 5% do 10% u koracima povećanja od 1% za izračun NSV-a - neto sadašnja vrijednost (Posavec i sur., 2017.).



Grafikon 1. Novčani tijek

Izvor: Izrada autora prema autoru Posavec i sur., 2017.

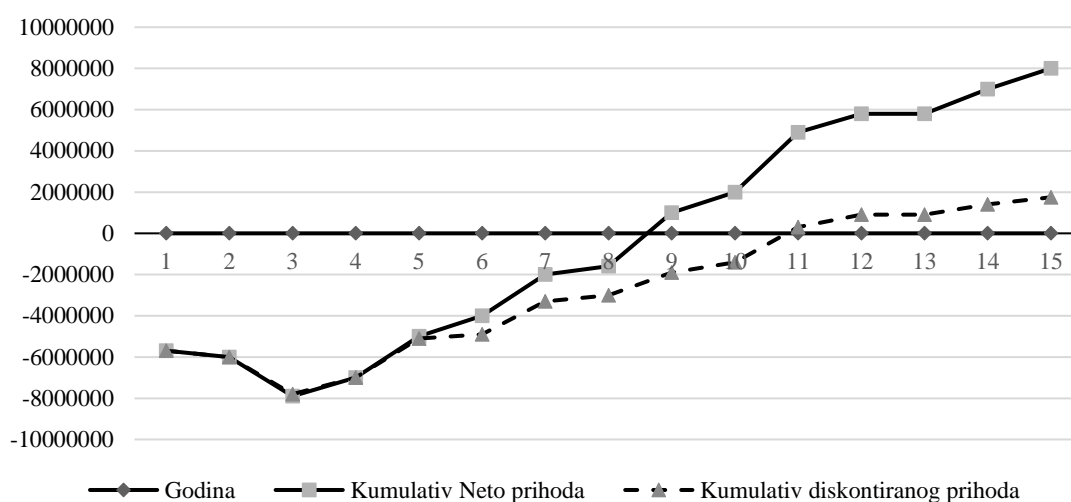
Posavec i sur., (2017.) navode kako se očekivalo da će troškovi prevladati na početku investicijskog razdoblja, prvenstveno zbog kapitalnih ulaganja u zakup zemljišta i kupnju strojeva (Grafikon 1.). Dominiraju troškovi za osnivanje i održavanje parcela jesu troškovi uzgoja šuma, sadnja i sadnica, održavanje usjeva, koncesiju zemljišta, te troškove opreme s godišnjom amortizacijom od 10%, prikazani sljedećom tablicom.

Tablica 5. Troškovi kultura kratkih ophodnji

| Materijalni troškovi, €/ha/god.    |        |
|------------------------------------|--------|
| Šumarstvo                          | 17,09  |
| Sadnja                             | 133,73 |
| Održavanje                         | 26,64  |
| Koncesije                          | 130,71 |
| Prosječni troškovi rada po čovjeku | 6,69   |
| Amortizacija opreme                | 86,44  |
| Usluge                             | 113,29 |
| <i>UKUPNO:</i>                     | 514,59 |

Izvor: Izrada autora prema Posavec i sur., 2017.

Nakon prve sječe nakon treće godine prihodi premašuju rashode, što ne znači da su u tom trenutku - nakon tri godine, sva uložena sredstva povučena. Razdoblje povrata može se odrediti samo uz uvažavanje vremenske preferencije novca (grafikon 2.). Na optimalno razdoblje rotacije šuma utječu produktivnost, kvaliteta zemljišta, vrijednost proizvedene drvene mase, troškovi berbe, porezi i administrativni troškovi, kamatna stopa šuma i šumski proizvodi i usluge koje nisu iz drvene građe.



Grafikon 2. Razdoblje povrata ulaganja

Izvor: Izrada autora prema Posavec i sur., 2017.

Razdoblje povrata ulaganja prikazuje kako u diskontiranim tako i u nediskontiranim uvjetima. Nediskontirani iznos može se tumačiti samo kao orijentacijska vrijednost, dok diskontirani period povrata uzima u obzir rizike rada i vremensku sklonost novca. Diskontirano razdoblje povrata investicije pruža točniji pregled investicijskog projekta, jer uzima u obzir stopu inflacije računa ili nominalnu kamatnu stopu. Dodatni izračun izvršen je kako je prikazano u tablici 6., s ciljem utvrđivanja troškovne učinkovitosti ulaganja u različitim diskontnim stopama.

Tablica 6. Neto sadašnja vrijednost u odnosu na diskontnu stopu

| Diskontna stopa, % | Neto sadašnja vrijednost, € |
|--------------------|-----------------------------|
| 5                  | 3.165,70                    |
| 6                  | 2.443,84                    |
| 7                  | 1.789,13                    |
| 8                  | 1.194,41                    |
| 9                  | 653,37                      |
| 10                 | 160,46                      |

Izvor: Izrada autora prema Posavec i sur., 2017.



Prilikom istraživanja Posavec i sur., (2017.) utvrdili su, kako je neto sadašnja vrijednost niža u slučaju korištenja veće diskontne stope. Nadalje, autor naglašava kako je neto sadašnja vrijednost bila pozitivna i zbog visokih diskontnih stopa - 8% -10%. Rezultati prikazani u tablici 6., neto sadašnja vrijednost u odnosu na diskontnu stopu, potvrđuju činjenicu da kapitalna ulaganja u KKO imaju ekonomsku opravdanost i mogu generirati značajne profite za investitora. Za potrebe financiranja i održavanja, kao i sječe, prijevoza i čišćenja biomase iz kultura kratkih ophodnji potreban je kredit, te su preuzeti kreditni uvjeti iz programa kreditiranja Hrvatske banke za obnovu i razvoj namijenjenih projektima ove vrste. Prilikom istraživanja svi izračunati pokazatelji pokazali su troškovnu učinkovitost projekta: prekid razdoblja povrata investicije 10,83 godine, neto sadašnju vrijednost 1,789,133 € i internu stopu povrata 10,36%.

Richardson i sur. (2002.) ističe ekološke dobrobiti biomase u odnosu na fosilna goriva kroz očuvanje i održivost, kao i gotovo zanemarivo atmosfersko opterećenje ugljičnim dioksidom pri korištenju goriva iz biomase i utjecaj projekta na proizvođače, potrošače i lokalnu zajednicu. Stoga se može zaključiti da je projekt uspostave plantaža s kratkom rotacijom ekonomski isplativ i ekološki i strateški poželjan.

#### **4.6. Zakonodavne pretpostavke za realizaciju poduzetničkih prilika u proizvodnji**

Dugi niz godina postojao je problem zbog nepostojanja zakonske regulative oko pitanja kultura kratkih ophodnji. 2015. godine Republika Hrvatska ulazi u sustav Zajedničke poljoprivredne politike, te usavršavanje ciljeva i mjera definiranih Programom ruralnog razvoja. Pritom su uočene zakonske promjene u primjeni KKO-a. Usvojen je Pravilnik o provedbi izravne potpore poljoprivredi IAKS mjera ruralnog razvoja - NN br. 35/2015 i 53/2015, koji utvrđuje vrste koje se mogu uzgajati u sustavu kultura kratkih ophodnji i koje se smatraju prihvatljivima za ostvarenje izravnih potpora, a to su: crna joha (*Alnusglutinosa*), breza (*Betula sp.*), grab (*Carpinus*sp.), kesten (*Castaneasp*), jasen (*Fraxinus*sp.), topola (*Populus*sp), bagrem (*Robiniapseudoacacia*) i vrba (*Salix*sp.).

Također, 2015. godine Zajedničkom poljoprivrednom politikom EU-a, uvedena su nova pravila za provedbu i odobravanje izravnih plaćanja, a jedna od novosti je zeleno plaćanje za provedbu poljoprivrednih praksi prihvatljivih za klimu i okoliš. Tako su korisnici koji imaju više od 15 hektara obradivog zemljišta dužni na najmanje 5 posto obradivog zemljišta – oranica, prijaviti i održavati i Ekološki značajne površine. Za potrebe provedbe zelene

prakse, ekološki značajnim površinama smatraju se i površine pod kulturama kratkih ophodnji, na kojima se ne koriste mineralna gnojiva i sredstva za zaštitu bilja. U Prilogu navedenog Pravilnika naveden je popis kultura za ekološki značajne površine. U Pravilniku o evidenciji uporabe poljoprivrednog zemljišta NN, broj 35/2015 u prilogu se ističu kulture kratkih ophodnji kao područja zasađena s autohtonim drvenastim vrstama - crna joha, breza, grab, kesten, jasen, topola, bagrem i vrba, a nalaze se na parceli kao drvenaste biljke, panjeva ili podanaka koje ostaju u zemlji nakon sječe, s novim mladicama koje se pojavljuju ponovo i s maksimalnom ophodnjom od 2 godine. U rujnu 2015. godine, na području Republike Hrvatske pod šifrom 430 u arkod-u bilo je zavedeno ukupno 120,12 ha. Najviše je bilo u Istarsko županiji oko 65,5 ha, te u Virovitičkoj – podravskoj županiji 27,89 ha. Naime, nije poznato o kojim se vrstama, niti stadijima radi (Dimitriou i Rutz, 2015.).

Zakon o drvenastim kulturama kratkih ophodnji NN 15/18, 111/18 stupio je na snagu 01.01.2019. godine u svrhu proizvodnje biomase za energetske potrebe. Ministarstvo poljoprivrede objavilo je obavijest o stupanju na snagu Pravilnika o popisu biljnih vrsta za osnivanje drvenastih kultura kratkih ophodnji, te načinu i uvjetima pod kojima se mogu uzgajati, koji je objavljen u Narodnim novinama 16/2019 i primjenjuje se od 23. veljače. Radi se o posljednjem u nizu pravilnika donesenih temeljem Zakona o kulturama kratkih ophodnji - NN 15/18 i 111/18, koji po prvi puta u Hrvatskoj definiraju uvjete i način uzgoja kultura kratkih ophodnji u svrhu proizvodnje biomase za energetske potrebe (Vajda, 2019.).

Zakon - NN 111/18 o drvenastim kulturama kratkih ophodnji propisuje se u cilju stvaranja uvjeta za proizvodnju biomase kao obnovljivog i ekološki prihvatljivog energenta sa svrhom doprinosa energetske i gospodarske razvoja Republike Hrvatske povećavanjem sigurnosti opskrbe korištenjem nacionalnih izvora energije, razvoja ruralnih prostora uporabom dodatnih proizvodnih potencijala poljoprivrednog i šumskog zemljišta.

Za osnivanje i uzgoj kultura kratkih ophodnji mogu se koristiti zavičajne i strane biljne vrste, uključujući križance, koje su navedene u Pravilniku o dopuštenim vrstama kultura kratkih ophodnji. Koristiti se mogu samo one strane biljne vrste, uključujući i njihove križance, za koje je utvrđeno da njihovo uvođenje u prirodu na području Republike Hrvatske i u ekosustave u kojima prirodno ne obitava ne predstavlja opasnost za bioraznolikost, ljudsko zdravlje ili obavljanje gospodarske djelatnosti.

Kulture se isključivo mogu uzgajati na:

- a) šumskom zemljištu, ako to nije u suprotnosti sa šumskogospodarskim planom,

- b) poljoprivrednom zemljištu koje je vrednovano kao ostalo poljoprivredno zemljište (PŠ),
- c) ostalom obradivom poljoprivrednom zemljištu, koje je zakorovljeno i obraslo višegodišnjim raslinjem, uz odobrenje ministarstva nadležnog za poslove poljoprivrede i šumarstva.

Poljoprivredno zemljište i ostalo obradivo poljoprivredno zemljište namijenjeno za uzgoj kultura kratkih ophodnji u svrhu proizvodnje biomase, nije moguće prenamijeniti u šumsko zemljište, odnosno šume. Također, nakon 20 godina od osnivanja kultura kratkih ophodnji, potrebno je poljoprivredno zemljište vratiti u namjenu za poljoprivrednu proizvodnju. Iako, uz provedbu stručnog nadzora nakon 20 godina moguće je produljiti na dodatni period od 20 godina. Proizvođači drvenastih kultura kratkih ophodnji moraju biti upisani u Upisnik proizvođača drvenastih kultura kratkih ophodnji. Kako bih se mogli upisati u Upisnik proizvođača kultura moraju raspolagati odgovarajućim poljoprivrednim ili šumskim zemljištem za osnivanje i uzgoj kultura sa sadnim materijalom koji je određen ovim Zakonom na registriranome mjestu proizvodnje u Europskoj uniji.

Stručni nadzor se obavlja pri osnivanju nasada drvenastih kultura kratkih ophodnji ili barem jednom godišnje u vrijeme vegetacije. Kada šumarski ili poljoprivredni inspektor utvrdi pri provedbi inspekcijskog nadzora da je povrijeđen ovaj Zakon, određuje se rok u kojem se otklanjaju sve utvrđene nepravilnosti, te se time obavješćuje Ministarstvo. Zakonom su utvrđene i novčane kazne ukoliko dođe do prekršaja ili nepoštivanja ovog Zakona - NN 111/18, u iznosima od 20.000 do 50.000 kuna (<https://www.zakon.hr/>).

Posljednje koje je stupilo na snagu 23. veljače 2019. godine je Pravilnik o popisu biljnih vrsta za osnivanje drvenastih kultura kratkih ophodnji, te načinu i uvjetima pod kojima se mogu uzgajati. Pravilnik je propisan člankom 3, 4 i 5 Zakona o kulturama kratkih ophodnji u kojem je određeno da vrste kultura kratkih ophodnje jesu crna joha, siva joha, obična breza, obični grab, miskantus, te 4 vrste topole, 4 vrste vrbe, 6 vrsta paulovnije.

Tablicom su prikazane strane vrste i sterilni kultivari koji su dozvoljeni za uzgoj u Republici Hrvatskoj. Jednom zvjezdicom su označene strane vrste, a sa dvije sterilni kultivari.

Tablica 7. Popis vrsta dopuštenih za osnivanje drvenastih kultura kratkih ophodnji

|   |              |
|---|--------------|
| <i>Alnusglutinosa (L.) Gaertn.</i>  | Crna joha    |
| <i>Alnusincana (L.) Moench.</i>   | Siva joha    |
| <i>Betula pendula Roth.</i>   | Obična breza |
| <i>Carpinusbetulus L.</i>   | Obični grab  |
| <i>Miscanthus x giganteus. */**</i>   | Miskantus    |
| <i>Populusnigra L. Populusdeltoides W. Bartram ex Marshall*, Populusalba L., Populusdeltoides x Populusnigra *</i>  | Topole       |
| <i>Salixalba L., Salixalba x salixfragilis, SalixmatsudanaKoidz. *, Salixmatsudana x (Salixmatsudana x Salixalba) *</i>   | Vrbe         |
| <i>Paulowniaelongata / Paulowniafortunei BELLISSIA*, Paulowniaelongata x Paulowniafortunei RBTC15*, Paulowniafortunei*, Paulowniaelongata*, Paulowniafortunei x Paulowniatomentosa 9501*, Paulowniafortunei x Paulowniatomentosa SHAN TONG*</i> | Paulovnja    |

Izvor: Izrada autora prema <https://narodne-novine.nn.hr>

Sljedeća tablica prikazuje način i uvjeti uzgoja drvenastih kultura kratkih ophodnji propisani Pravilnikom o popisu biljnih vrsta za osnivanje drvenastih kultura kratkih ophodnji te načinu i uvjetima pod kojima se mogu uzgajati na temelju Zakona o drvenastim kultura kratkih ophodnji, NN 15/18 i 111/18.

Tablica 8. Pravilnik načina i uvjeta uzgoja kultura kratkih ophodnji

| Botanički naziv  | Hrvatski Naziv | Broj biljaka po ha | Razdoblje sadnje     | Razdoblje sječe/žetve            | Napomena  |
|--|----------------|--------------------|----------------------|----------------------------------|---|
| <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.  | Crna joha      | 5.000              | proljeće/jesen       | jesen/zima                       | Priprema staništa prema izboru reprodukcijskog materijala |
| <i>Alnus incana</i> (L.) Moench.   | Siva joha      | 5000               | proljeće/jesen       | jesen/zima                       |   |
| <i>Betula pendula</i> Roth.  | Obična breza   | 5.000              | proljeće/jesen       | jesen/zima                       |   |
| <i>Carpinus betulus</i> L.   | Obični grab    | 6.500              | proljeće/jesen       | jesen/zima                       |   |
| <i>Miscanthus x giganteus</i>  | Miskantus      | 10.000 – 15.000    | od ožujka do svibnja | od studenog do ožujka, travanja. | Održavanje granice nasada košnjom                         |
| <i>Populus nigra</i> L., <i>Populus alba</i> L., <i>Populus deltoides</i> W. Bartram ex Marshall, <i>Populus deltoides</i> x <i>Populus nigra</i>  | Topole         | 1.100 -8.900       | proljeće/jesen       | jesen/zima                       | Priprema staništa prema izboru reprodukcijskog materijala |
| <i>Salix alba</i> L., <i>Salix alba</i> x <i>Salix fragilis</i> , <i>Salix matsudana</i> Koidz., <i>Salix matsudana</i> x ( <i>Salix matsudana</i> x <i>Salix alba</i> )   | Vrba           | 1.100-9.600        | proljeće/jesen       | jesen/zima                       |   |
| <i>Paulownia elongata</i> x <i>Paulownia fortunei</i> BELLISSIA, <i>Paulownia longata</i> x <i>Paulownia fortunei</i> RBTC15, <i>Paulownia fortunei</i> , <i>Paulownia longata</i> , <i>Paulownia fortunei</i> x <i>Paulownia tomentosa</i> , 9501, <i>Paulownia fortunei</i> x <i>Paulownia tomentosa</i> SHAN TONG | Paulovnja      | 2.165 – 10.000     | proljeće/jesen       | jesen/zima                       |   |

Izvor: Izrada autora prema <https://narodne-novine.nn.hr>

Također, tablicom su prikazane pojedinačne vrste i njihov način uzgoja. Navedeni su botanički nazivi u tablici, zatim hrvatski naziv, maksimalna ophodnja, tip reprodukcijskog materijala, preporučeni razmak sadnje između biljaka i u redovima, broj biljaka po ha, razdoblje sadnje, razdoblje sječe/žetve i napomene koje su propisane i kojih se proizvođač prilikom uzgoja kultura kratkih ophodnji treba pridržavati.

Pravilnikom je propisano i da svaki proizvođač prilikom podizanja nasada, te kod sadnje, gnojidbe, njege i upotrebe sredstava za zaštitu bilja, vodi evidenciju o uzgoju drvenastih kultura kratkih ophodnji.

Potrebno je navesti naziv proizvođača, upisni broj i adresu. U tablicu kod sadnje potrebno je zabilježiti arkod/kč.broj, vrstu - botanički naziv, tip reprodukcijskog materijala, razmak

sadnje, datum kada se sadilo, porijeklo reprodukcijskog materijala, te napomenu. Kod gnojidbe se bilježi evidencija arkod/kč.broj, vrsta NPK-a; kg/ha, ukupno, te datum. Isto tako, kao i kod NPK-a, navodi se i kod KAN-a, stajnjaka, komposta, gnojnice, gnojovke i ostalih gnojiva. Bilježi se i datum i vrsta, te vrijeme i način primjene.

Prilikom njege potrebno je evidentirati arkod/kč.broj, datum, opisati zahvat, te opisati i navesti napomenu. Kod upotrebe sredstava za zaštitu bilja evidentira se naziv štetnog organizma, trgovački naziv sredstva za zaštitu bilja, datum početka i završetka tretiranja, količina primijenjenog sredstva za zaštitu bilja, doza - kg/ha ili l/ha ili koncentracija %, te površina ha i napomena ukoliko je ima.

Svaki proizvođač dužan je pridržavati se zakonskih propisa u cijelosti, ukoliko želi uspješno uzgajati nasade kultura kratkih ophodnji u Republici Hrvatskoj. U slučaju nepridržavanja svih odredbi Zakona o drvenastim kulturama kratkih ophodnji, određene su kazne koje se provode zbog povrijede Zakona propisane člankom 12. stavka 1.

## 5. RASPRAVA

Analiza utvrđivanja vanjskih i unutarnjih činitelja obavlja se primjenom SWOT metode kako bi saznali najbolji način ostvarenja zadanog cilja. U SWOT analizu uključena su četiri ključna čimbenika: snage (Strengths), slabosti (Weakness), prilike (Opportunities) i prijetnje (Threats), a njezin cilj je minimalizirati slabosti uz istovremeno povećanje snage proizvodnje i/ili poduzeća, te što bolje iskoristiti prilike, uz istovremeno smanjenje prijetnji. Tablicom 7., prikazana je SWOT analiza pri planiranju podizanja nasada kultura kratkih ophodnji na području Švedske, Španjolske, Velike Britanije, Njemačke i Irske. To su države s najvećim uzgojenim površinama KKO-a, na kojima se provode razna istraživanja vezane za uzgoj nasada KKO-a.

Tablica 7. SWOT analiza o uzgoju drvenastih kultura kratkih ophodnji na području Švedske, Velike Britanije, Španjolske i Irske

| SNAGE   | SLABOSTI   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- smanjenje ugljika i stakleničkih plinova</li> <li>- povećanje uloge obnovljivih izvora energije u nacionalnim i regionalnim energetske politikama.</li> <li>- pružanje održivog ruralnog razvoja</li> <li>- ekonomska isplativost, potencijal zapošljavanja, uzgaja se na zemljištima na kojima ostali usjev ne uspijeva</li> <li>- promovira gospodarstvo, posebno poljoprivredni sektor, promiče flore i faunu za razliku od tradicionalnih monokultura,</li> <li>- smanjuje eroziju tla, koristi mulj kao gnojivo, višenamjenski usjev, ekološka proizvodnja</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ograničena raspoloživost zemljišta</li> <li>- nisu sve zemlje pogodne za KKO</li> <li>- određena pravila i propisi, nedostatak subvencija/potpore, nedostatak svijesti društva, skeptičnost prema tehnologiji i protivljenje promjenama, nedostatak znanja i infrastrukture, infrastruktura berbe je ograničena, nedostatak profitabilnih specijaliziranih strojeva za KKO</li> <li>- nedostatak uspostavljenog tržišta za KKO</li> <li>- nedostatak suradnje između relevantnih dionika za razvoj tržišta</li> <li>- dugoročno ulaganje, duži rok povrata novca, transport – potencijalno velike udaljenosti, drenažni problemi zemljišta</li> </ul> |
| PRILIKE   | PRIJETNJE  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- pozitivni utjecaj na okoliš, Smanjenje CO<sub>2</sub>, pogodna za ruralna područja</li> <li>- korištenje zemljišta koje se inače ne koristi stvoriti lokalni posao, dugoročna opskrba grijanjem, vladino financiranje</li> <li>- međunarodno trgovanje, Promocija KKO</li> <li>- promicanje upotrebe peleta / drvene sječke za poticanjem potražnje, EU fondovi</li> <li>- mladi poljoprivrednici i poljoprivredni sektori KKO, kanalizacijske vode za navodnjavanje, povećanje tržišta</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- poljoprivredna reforma može biti negativna</li> <li>- porezna pitanja za energetske usjeve</li> <li>- zakoni i propisi, bolesti i štetnici</li> <li>- nedostatak sredstava za ulaganje,</li> <li>- konkurencija, nezrelo tržište, pitanje poticajne mjere</li> <li>- potreba prilagodbe u proizvodnjama i asortimanu proizvoda zahtjevima EU tržišta, nepravedni kriteriji za dodjelu zemlje malim poljoprivrednim gospodarstvima.</li> </ul>   |

Izvor: Izrada autora prema Lindegaard i sur. (2016.)

Snage kod kultura kratkih ophodnji koje se odnose na područja Švedske, Velike Britanije, Španjolske i Irske odnose se na ključne koristi za okoliš uključujući smanjenje ugljika, emisije stakleničkih plinova, smanjenje erozije tla, nitrata i površinsko otjecanje podzemnih voda. Također, KKO se koriste u fitoremedijaciji kontaminiranog zemljišta i može dovesti do povećanja biološke raznolikosti. Nadalje, većinu nepovoljnih utjecaja moguće je ublažiti i upravljati s njima. Kulture kratkih ophodnji koriste zemljišta kao što su marginalna, kontaminirana i poljoprivredna površina niže kvalitete. Pogoduje zapošljavanju i raznolikosti poljoprivrednih gospodarstva, jer omogućuje poljoprivrednicima alternativni tijek prihoda uz uzgoj kultura kratkih ophodnji. Unatoč tim prednostima, valja ukazati na nedostatak poticaja koji ograničava prihvaćanje KKO-a, što je također povezano s nedostatkom vještina i infrastrukture. Opći nedostatak je javna svijest o industriji, opskrbnom lancu i koristima krajnjih korisnika, čime se to činjenično stanje pokazalo kao slabost. Utvrđeno je da su brojni čimbenici specifični za svaku zemlju ili regiju zbog razlika u tržišnom napretku, postojećim nacionalnim / lokalnim politikama i lokalnim karakteristikama područja. Na primjer, mogućnost korištenja KKO-a za pomoć u ublažavanju poplava uključena je kao snaga u regiji u Velikoj Britaniji, što odražava visoke incidente poplava u jugozapadnoj Engleskoj. Regije Velike Britanije, Irske i Španjolske navode slabosti u nedostatku infrastrukture za prikupljanje i logistiku opskrbnog lanca, dok su švedske, poljske i njemačke regije utvrdile nedostatak profitabilnih specijaliziranih strojeva za KKO i nedostatak tehnološkog razvoja za rješavanje ovog problema. Iako su se rezultati razlikovali po regijama, zabilježena je dominacija političkih i ekonomskih pitanja koja se mogu smatrati prilikama ili prijetnjama, ovisno o odlukama donositelja odluka. Reforma zajedničke poljoprivredne politike (ZPP) i uloga KKO-a u ekološkim područjima (EFA), državnoj nacionalnoj politici i mjerama po kojima je KKO prioritetan i podržan, te EU / nacionalni ciljevi za obnovljive izvore i smanjenja emisija –sve su to izrazito u tom pogledu, uglavnom kao prilike. To je jasno pokazalo da bi uz odgovarajuće političko poticanje, podržano pravim ekonomskim poticajima, tržište KKO-a moglo početi konačno konkurirati ravnopravno s drugim sirovinama na održivom tržištu energije. Lokalne energetske mreže pružaju značajnu mogućnost za KKO, budući da se temelji na prednostima sigurnosti goriva i regionalnih prednosti koje pogoduju obnovi ruralnih područja. Diverzifikacija poljoprivrede nudi višestruke pogodnosti kao što su ekonomski potencijal i poboljšanje okoliša. Ključna prilika za KKO je kombinirati proizvodnju energije s drugim mogućnostima za poboljšanje usluga eko sustava kao što su ublažavanje poplava, pročišćavanje vode i smanjenje otjecanja. Uobičajene prijetnje uključuju nedostatak lokalnih



tržišta, a naprednije regije također ističu rizik da će lokalna tržišta biti pogođena povećanim uvozom jeftinog goriva na biomasu i niskim cijenama koje privlači energetske sektor biomase. Propisi o zaštiti krajobraza i očuvanju prirode smatrani su prijateljima od strane njemačke i švedske regije. Tržišno natjecanje i tehnička pitanja identificirani su kao prijatelje u svim regijama zbog alternativnih tehnologija obnovljive energije, konkurencije za zemljište i problema poput onečišćenja zraka, učinkovitosti izgaranja, jeftinog uvoza i ograničene optimizacije vrsta za KKO. Svijest o KKO-u i relevantne informacije u javnoj domeni predstavljaju prijatelju za dobivanje buduće potpore u razvoju tržišta. Potencijalni negativni aspekti uzgoja KKO-a zahtijevaju daljnju procjenu i razmatranje prije donošenja preporuka za potporu KKO-a. Važno je da se KKO uzgaja na odgovarajućim mjestima, jer je konkurencija za zemljište i zabrinutost zbog promjene korištenja zemljišta ključno pitanje (Lindegaard i sur., 2016.).

Rowe i sur., (2009.) ističe kako uzgoj KKO-a na trajnim neobrađenim pašnjacima može dovesti do gubitka ugljika u tlu.

Berndes i sur., (2011.) i Ecofys (2015.) navode kako promjena neizravne uporabe zemljišta (ILUC) i hrana u odnosu na gorivo je stalna rasprava koja predstavlja ograničenje koje ograničava razvoj KKO-a u mnogim zemljama s ograničenom raspoloživošću zemljišta.

Neka stabla s kojima se upravlja kao KKO, zasađena su kao monokultura, a egzotične vrste poput eukaliptusa pružaju malo koristi od biološke raznolikosti (Lindegaard i sur., 2016.).

Prema tvrdnjama Dinch i sur., (2009.) postoji i zabrinutost oko dostupnosti vode zbog znatnih potreba za vodom, promjene krajolika zbog vizualnih utjecaja i potencijala da duboki korijeni utječu na arheološke ostatke.

Zaključno, SWOT analiza ukazala je na najznačajnije prednosti i rizike povezane s daljnjom podrškom proizvodnjama kultura kratke ophodnje.

## 6. ZAKLJUČAK

Hrvatska ima veliki potencijal za uzgoj kultura kratkih ophodnji s obzirom da posjeduje velike površine zemljišta koje se ne obrađuju, već predstavljaju neiskorišteni potencijal. Prema trenutnom gospodarskom stanju Republike Hrvatske, valja razmotriti sve opcije koje bi pomogle kod otvaranja novih radnih mjesta i oživljavanju gospodarstva. Ponajviše je to pogodno kada se podmiruje više potreba, te ujedno iskorištavaju ekonomski isplative prilike, integracijom u jedan proizvodni lanac iskorištavanjem zemljišta za uzgoj energetskih nasada, kultura kratkih ophodnji.

U Hrvatskoj usvajanjem Pravilnika o provedbi izravne potpore poljoprivredi IAKS mjera ruralnog razvoja NN br. 35/2015 i 53/2015, utvrđene su vrste koje se mogu uzgajati u sustavu kultura kratkih ophodnji i koje se smatraju prihvatljivima za ostvarenje izravnih potpora. Zajedničkom poljoprivrednom politikom EU-a, uvedeno je zeleno plaćanje za prihvatljivu klimu i okoliš. Za provedbu zelene prakse, potrebno je da se na površinama ne koriste mineralna gnojiva i sredstva za zaštitu bilja, što se kod kultura kratkih ophodnji i ne koristi, osim u iznimnim situacijama, kada je to zbilja potrebno, ali je rijetko.

Uzgoj kultura kratkih ophodnji pokazao se kao ekološki prihvatljiv i strateški poželjan, a ujedno i ekonomski isplativ uzgoj, s obzirom da su svi izračunati pokazatelji pokazali troškovnu učinkovitost proizvodnje: razdoblje povrata investicije je 10,83 godine, neto sadašnja vrijednost iznosi 1.789.133 € a interna stopa povrata investicije je 10,36%.

Zbog nedovoljne educiranosti o KKO-u kao izvedivom izboru usjeva za poljoprivrednike i energetskom izvoru za proizvođače topline, mali broj poduzetnika odlučuje se za ulaganje u ovu gospodarsku granu. To je posljedica nedostatka širenja znanja i prepoznavanja KKO-a kao ekonomski isplative djelatnosti. Stoga se sam po sebi nameće zaključak da je, u cilju širenja uzgoja KKO-a, neophodna edukacija potencijalnih proizvođača i poduzetnika, kroz razne oblike stručnih predavanja i javnih tribina mjerodavnih institucija na regionalnim i lokalnim razinama. Potencijali biomase su dragocjeni, ali u Hrvatskoj još uvijek su nedovoljno iskorišteni. Njihovim iskorištavanjem u energetske svrhe može se pridonijeti zaštiti okoliša, otvaranju novih radnih mjesta, ruralnom razvoju, a samim time i ukupnom gospodarskom razvitku zemlje. Unatoč značajnom potencijalu biomase u proizvodnji energije, njome Republika Hrvatska pokriva svega mali dio potreba za energijom, dok veliki dio prirodnog bogatstva još uvijek ostaje neiskorišten.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Berndes, G., Bird, N., Cowie, A. (2011.): Bioenergy, land use change and climate change mitigation. Background Technical Report. IEA Bioenergy, ExCo:2011:04
2. Brdarić, D., Kralik, D., Rudan, S., Valek, M., Mihić, Đ., Bajto, Ž., Šimovi, M. (2012.): Gospodarenje biomasom i proizvodnja energije posredstvom bioplina - Waste to Energy sustav. 1. kongres Hrvatske komore zdravstvenih radnika. Baška, Hrvatska.
3. Brukas V., Thorsen B. J., Helles F., Tarp P., (2001.): Discount rate and harvest policy: implications for Baltic forestry. *Forest Policy and Economics*, 2(2): 143-156.
4. Caslin, B., Finnan, J., Mc Cracken, A. (2012.): Willow Varietal Identification Guide,
5. Dallemand, J. F., Petersen, J. E., Karp, A. (2007.): Short Rotation Forestry, Short Rotation Coppice and perennial grasses in the European Union: Agro-environmental aspects, present use and perspectives. –JRC; Zbornik sa stručnih konzultacija. 17. i 18. listopada 2007., Harpenden, Ujedinjeno Kraljevstvo
6. Holopainen M., Mäkinen A., Rasinmäki J., Hyytiäinen K., Bayazidi S., Pietilä I., (2010.): Comparison of various sources of uncertainty in stand-level net present value estimates. *Forest Policy and Economics*, 12(5): 377-386.
7. JTI (2014): Inför plantering av energiskog Lokalisering, samråd och investeringsstöd JTI: skriftserie
8. Kajba, D. (2009.): Contribution of Poplars and Willows to Sustainable Livelihoods and Land-use in Croatia: Status and Needs, Presentation at the International Workshop Improve the contribution of Poplars and Willows in meeting sustainable livelihoods and land-use in selected Mediterranean and Central Asian countries FAO Project GCP/INT/059/ITA, Izmit, Turkey, 27-31.
9. Kajba, D., Domac, J., Šegon, V. (2011.): Estimation of short rotation crops potential in the Republic of Croatia: Illustration Case within FP7 project Biomass Energy Europe. *Šumarski list*, 135(7-8), 361-369.
10. Klemperer, D.W. (2003.): *Forest Resource Economics and Finance*: McGraw-Hill, pp. 551.
11. Kralik, D. (2007.): Potencijali Republike Hrvatske u proizvodnji bioplina: Poljoprivreda i šumarstvo kao proizvođači obnovljivih izvora energije. Matić, Slavko (ur.) Zagreb. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 181-189.

12. Orsag, S. (2002.): Budžetiranje kapitala-Procjena investicijskih projekata. Zagreb, 308.
13. Orsag, S., Dedi L. (2011.): Budžetiranje kapitala-Procjena investicijskih projekata  
Budgeting Capital-Investment Projects Evaluation in Croatian, Masmedia, Zagreb.
14. Pašičko, R., Kajba, D., Domac, J. (2009.): Impacts of emission trading markets on competitiveness of forestry biomass in Croatia (in Croatian). Šumarski list, 133(7-8): 425-438.
15. Posavec, S., Beljan, K., Krajter, S., Peršun, D. (2011.): Calculation of Economic Rotation Period for Even-Aged Stand in Croatia. South-east European forestry, 2(2): 109-113.
16. Posavec, S., Kajba, D., Beljan, K., Borić, D. (2017.): Economic analysis of short rotation coppice investment. Croatian case study, Austrian Journal of Forest Science, 134 (1a), 163-176.
17. Richardson, J., Björheden, R., Hakkila, P., Lowe, A.T., Smith, C.T. (2002.): Bioenergy from sustainable forestry: guiding principles and practice. Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 344.
18. Rowe, R. L., Street, N. R., Taylor, G. (2009.): Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK. Renew. Sustain, Energy Rev., 271-290.
19. Sušac, K. (2007.): Strukturiranje i informatizacija registra obnovljivih izvora energije i kogeneracije. Diplomski rad. Fakultet strojarstva i brodogradnje, 11-12.
20. Tirić, D., Ivezić, V. (2014.): Utjecaj starosti plantaža topola na intenzitet insolacije. Zbornik radova 49. hrvatskog i 9. međunarodnog simpozija agronoma. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 102-105.

#### Internet stranice

21. Agrobiz - Kako uzgajati drvenaste kulture kratkih ophodnji za proizvodnju biomase. (2019.) <https://www.agrobiz.hr/agrovijesti/kako-uzgajati-drvenaste-kulture-kratkih-ophodnji-za-proizvodnju-biomase-12275> (13.07.2019.)
22. Caslin, B.J., Finnan, Mc Cracken, A. (2010.): Short Rotation Coppice; Willow Best Practice Guidelines.  
[http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Willow\\_Best\\_Practice\\_Guide\\_2010.pdf](http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Willow_Best_Practice_Guide_2010.pdf) (29.06.2019.)

23. Dimitriou I. i Rutz D. (2015.): Kulture kratkih ophodnji; Priručnik o održivom uzgoju. [https://www.srcplus.eu/images/Handbook/D2\\_6\\_Handbook\\_FINAL\\_hr.pdf](https://www.srcplus.eu/images/Handbook/D2_6_Handbook_FINAL_hr.pdf) (29.06.2019.)
24. Drvodelić, D. (2015.): Gopodarski list - Podizanje energetske nasade za proizvodnju biomase. <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/prilog-broja-podizanje-energetskih-nasada-za-proizvodnju-biomase/> (08.07.2019.)
25. Ecofys. The land use change impact of biofuels consumed in the EU. Quantification of area and greenhouse gas impacts, Ecofys, IIASA, E4tech. (2015.) [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Final%20Report\\_GLOBIOM\\_publication.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Final%20Report_GLOBIOM_publication.pdf) (18.07.2019.)
26. Finch, J. W., A. Karp, D. P. M. McCabe, S. Nixon, A. B Riche, and A. P. Whitmore, (2009.): Miscanthus, short-rotation coppice and the historic environment, English Heritage. <https://core.ac.uk/download/files/79/60358.pdf> (18.07.2019.)
27. Gospodarski list (2015.): Podizanje energetske nasade za proizvodnju biomase, 40-49. <https://repositorij.sumfak.unizg.hr/islandora/object/sumfak%3A1204/datastream/FILE0/view> (08.07.2019.)
28. Gustafsson, J., Larsson, S. & Nordh, N. (2007.): Manual för salixodlare. <http://www.bioenergiportalen.se/attachments/42/406.pdf>
29. Kristić Rački, Ž. (2019.): Kako uzgajati drvenaste kulture kratkih ophodnji za proizvodnju biomase. <https://www.agroklub.com/sumarstvo/kako-uzgajati-drvenaste-kulture-kratkih-ophodnji-za-proizvodnju-biomase/48807/> (26.06.2019.)
30. Lindegaard, KN, Adams, PW, Holley, M., Lamley, A., Henriksson, A., Larsson, S., ... & Pisarek, M. (2016.): Povijest politike kratkih rotacijskih plantaža u Europi, lekcije iz prošlosti i preporuke za budućnost, Prehrambena i energetska sigurnost , 5 (3), 125-152. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fes3.86> (18.07.2019.)
31. LWF (2012.): Bereitstellung von Waldhackschnitzeln. – Merkblatt 10 der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising, Njemačka
32. Markoljević, I. (2018.): Produkcija biomase europskih klonova topola u pokusnoj kulturi kratke ophodnje, (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Forestry, Department of Forest Genetics, Dendrology and Botany.). <https://zir.nsk.hr/islandora/object/sumfak:1303> (26.06.2019.)

33. Narodne novine (2019.):Pravilnik o popisu biljnih vrsta za osnivanje drvenastih kultura kratkih ophodnji te načinu i uvjetima pod kojima se mogu uzgajati (NN 16/2019.) [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_02\\_16\\_340.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_02_16_340.html) (11.07.2019.)
34. Narodne novine (2019.): Zakon o kulturama kratkih ophodnji (NN 15/18, 111/18) <https://www.zakon.hr/z/1001/Zakon-o-drvenastim-kulturama-kratkih-ophodnji> (11.07.2019.)
35. Peschel, T., Weitz, M. (2013.): Short Rotation Coppice Plantations–Concepts for Establishment and Operation Methods for Short Rotation Coppice (SRC) Projects for EU Bioenergy Plants. OPTFUEL–Optimized Fuels for Sustainable Transport. Lignovis GmbH, Hamburg, Germany. [file:///C:/Users/lea-c/Downloads/d1.5-lignovis\\_report\\_on\\_src\\_concepts\\_final%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/lea-c/Downloads/d1.5-lignovis_report_on_src_concepts_final%20(3).pdf) (07.07.2019.)
36. Radna skupina za biomasu: Biomasa kao obnovljivi izvor energije. <http://www.fradragoljevar.com/Biomasa.pdf> (15.07.2019.)
37. Vincenc, G. (2017.). Kulture kratkih ophodnji dobar prihod za farmere. <https://www.agroklub.com/sumarstvo/kulture-kratkih-ophodnji-dobar-prihod-za-farmere/31369/> (17.07.2019.)
38. <https://www.agroklub.com/poljoprivredni-oglasnik/oglas/drobilica-za-drvo-ciper-iverac/34055/>, (19.09.2019.)
39. [http://projects.tempus.ac.rs/attachments/project\\_resource/759/1013\\_M%20Chapter%203%20SWOT\\_Manual%20R\\_Nikolic.pdf](http://projects.tempus.ac.rs/attachments/project_resource/759/1013_M%20Chapter%203%20SWOT_Manual%20R_Nikolic.pdf) (14.08.2019.)
40. <http://www.energetika-net.com/u-fokusu/res-publica/prijedlog-zak kulturama-kratkih-ophodnji-zadrzava-monopol-hrvatskihsuma23052> (29.06.2019.)
41. <http://e-learning.gornjogradska.eu/energijaekologijaengleski-ucenici/4-biomasa/> (16.07.2019)
42. <https://farm-energy.extension.org/poplar-populus-spp-trees-for-biofuel-production/> (17.09.2019.)
43. <http://www.energetika-net.com/u-fokusu/res-publica/prijedlog-zakonao-kulturama-kratkih-ophodnji-zadrzava-monopol-hrvatskih-suma-23052>, (29.06.2019.)
44. <http://www.geografija.hr/hrvatska/tla-kao-cimbenik-poljoprivrede-u-krskoj-hrvatskoj/> (02.07.2019.)
45. <http://e-learning.gornjogradska.eu/energijaekologijaengleski-ucenici/4-biomasa/>, (16.07.2019.)

46. <https://www.intechopen.com/books/biomass-now-sustainable-growth-and-use/short-rotation-coppice-of-willows-for-the-production-of-biomass-in-eastern-canada>, (08.07.2019.)
47. <http://bioenergycrops.com/short-rotation-coppice-poplar-willows-robinia-and-others/>, (08.07.2019.)
48. <http://biofuel.iggesund.co.uk/harvesting-short-rotation-coppice-willow-at-newton-rigg-college/>, (08.07.2019.)
49. [https://www.youtube.com/watch?v=t\\_qXADyRzAM](https://www.youtube.com/watch?v=t_qXADyRzAM), (08.07.2019.)
50. <http://hamar-promet.hr/index.php/hr/o-biomasi-i-sjecki>, (08.07.2019.)
51. <https://www.intechopen.com/books/biomass-now-sustainable-growth-and-use/short-rotation-coppice-of-willows-for-the-production-of-biomass-in-eastern-canada> (19.08.2019.)
52. <https://www.crops4energy.co.uk/make-your-own-biomass-willow-rods-and-cutting-please-leave-it-to-the-experts/#!lightbox/0/> (23.09.2019.)

## 8. SAŽETAK

Kulture kratkih ophodnji predstavljaju brzorastuće drveće koje se proizvode u energetske svrhe. Njihovim uzgojem proizvodi se biomasa koja se upotrebljava za proizvodnju električne i toplinske energije, te se prerađuju u bioplina ili tekuća biogoriva. Visoke prinose očekujemo od druge do osme godine, čiji vijek nasada iznosi do 20 godina. Njihova prednost je što se uzgajaju na tlima na kojima nisu rentabilni dugi oblici proizvodnje, odnosno na kojima poljoprivredne kulture poput uljarica ili žitarica ne uspijevaju. Sade se kao reznice ili mladice.

Hrvatska ima veliki potencijal za uzgoj kultura kratkih ophodnji, jer posjeduje veliki dio neobrađenih i godinama zapuštenih poljoprivrednih površina. Ekonomskom analizom je zagarantirana njihova isplativost. Tome svjedoče mala ulaganja, jer se kod uzgoja kultura kratkih ophodnji uglavnom ne koriste gnojiva i pesticidi ili uzgajivači koriste u vrlo malom količinama. Ekološki su značajne, jer poboljšavaju kvalitetu vode, smanjuju unos umjetnih materijala (gnojiva, pesticida), ublažavaju širenje bolesti životinja na farmama, povećavaju biološku raznolikost područja, pružaju usluge ekosustava (lov, pčelarstvo, opskrba vodom, zaštita od požara), sprječavaju erozije i ublažavaju klimatske promjene, zbog skladištenja ugljikovog dioksida. Također, pri uzgoju kultura kratkih ophodnji ne postoji veliki intenzitet rada i angažman kao kod poljoprivrednih usjeva, što je velika snaga, jer ju mogu koristiti i poljoprivrednici starije dobi, te mlađa populacija. Postoji Pravilnik koji propisuje domaće i strane vrste biljaka koje se smiju uzgajati na području Republike Hrvatske na način da se ne ugrožavaju okoliš i priroda, s ciljem pridonosa u ostvarivanju ekonomski isplative proizvodnje biomase za energetske svrhe. Pridržavanjem ekološke proizvodnje omogućena su zelena plaćanja. Provedenom SWOT analizom obuhvaćene su prijetnje, slabosti, snaga i prilike gdje je utvrđen nedostatak znanja ljudi o poslovanju i proizvodnji. Uzgojem kultura kratkih ophodnji mogućnost je u otvaranju novih radnih mjesta i poboljšanju gospodarske djelatnosti.

**Ključne riječi:** kulture kratkih ophodnji, biomasa, ekonomska isplativost, ekološka proizvodnja



## 9. SUMMARY

Shortwave cultures are fast growing trees that are produced for energy purposes. Their cultivation produces biomass that is used to produce electricity and heat, and is converted into biogas or liquid biofuels. We expect high yields from the second to the eighth year, whose plantation life is up to 20 years. Their advantage is that they are grown on soils that are not viable for long production, or where crops such as oilseeds or cereals fail. They are planted as cuttings or saplings.

Croatia has great potential for the cultivation of short rotation crops, as it has a large share of arable and neglected agricultural land. Economic analysis guarantees their profitability. This is evidenced by the low investment because fertilizers are generally not used in the cultivation of short rotation crops and pesticides or herbicides are used in very small quantities. They are ecologically significant because they improve water quality, reduce the input of artificial materials (fertilizers, pesticides), reduce the spread of animal diseases on farms, increase the biodiversity of the area, provide ecosystem services (hunting, beekeeping, water supply, fire protection), prevent erosion and climate change mitigation due to carbon dioxide storage. Also, when cultivating short rotation crops, there is no high intensity of work and engagement as with agricultural crops, which is a great strength because it can be used by older farmers and the younger population. There is an Ordinance that prescribes domestic and foreign species of plants that may be grown in the territory of the Republic of Croatia in such a way that they do not endanger the environment and nature, with the aim of contributing to the economically viable production of biomass for energy purposes. Adherence to organic production makes green payments possible. The SWOT analysis covers threats, weaknesses, strengths and opportunities where a lack of knowledge of business and production was identified. By cultivating short rotation cultures, it is an opportunity to create jobs and improve economic activity.

**Keywords:** short rotation coppice, biomass, economic viability, organic production

## 10. POPIS TABLICE

| Redni broj | Naziv tablice   | str. |
|------------|---|------|
| 1.         | Čimbenici koji utječu na izbor lokacije za plantažu KKO-a.              | 20   |
| 2.         | Raspoložive površine za brzorastuće nasade                              | 24   |
| 3.         | Čimbenici koji utječu na prinose  | 40   |
| 4.         | Udio vode u četiri kategorije drveta                                    | 44   |
| 5.         | Troškovi kultura kratkih ophodnji, €/ha/godina                          | 49   |
| 6.         | Neto sadašnja vrijednost u odnosu na diskontnu stopu                    | 50   |
| 7.         | Popis vrsta dopuštenih za osnivanje drvenastih kultura kratkih ophodnji | 54   |
| 8.         | Pravilnik načina i uvjeta uzgoja kultura kratkih ophodnji               | 55   |
| 9.         | SWOT analiza  | 57   |

## 11. POPIS SLIKA

| Redni broj | Naziv slike  | str. |
|------------|--|------|
| 1.         | Plantaža vrbe ( <i>Salix</i> )                           | 13   |
| 2.         | Plantaža topole ( <i>Populus</i> )                       | 14   |
| 3.         | Biomasa  | 16   |
| 4.         | Prikaz plana plantaže ( jednored i dvored)               | 22   |
| 5.         | Pedološka karta pogodnosti tla za obradu krša Hrvatske   | 25   |
| 6.         | Priprema tla   | 27   |
| 7.         | Reznice Vrbe   | 29   |
| 8.         | Sadnja Vrbe  | 31   |
| 9.         | Gnojidba plantaže Vrbe                                   | 34   |
| 10.        | Stroj kojim se sadnja reznica odvija odjednom u tri reda | 35   |
| 11.        | Lisne uši na vrbi  | 37   |
| 12.        | Sječa Vrbe   | 39   |
| 13.        | Drvena sječka  | 41   |
| 14.        | Prutovi/šibe   | 42   |
| 15.        | Stroj za baliranje                                       | 43   |
| 16.        | Drobnica za drvo – iverač                                | 44   |

## 12. POPIS GRAFIKONA

| Redni broj | Naziv grafikona   | str. |
|------------|-------------------|------|
| 1.         | Novčani tijek     | 49   |
| 2.         | Razdoblje povrata | 50   |

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij, Agroekonomika

Diplomski rad

## Zakonodavne pretpostavke za realizaciju poduzetničkih prilika u proizvodnji drvenastih kultura kratkih ophodnji

Lea Čuča

### Sažetak:

Kulture kratkih ophodnji predstavljaju brzorastuće drveće koje se proizvode u energetske svrhe. Njihovim uzgojem proizvodi se biomasa koja se upotrebljava za proizvodnju električne i toplinske energije, te se prerađuju u bioplina ili tekuća biogoriva. Visoke prinose očekujemo od druge do osme godine, čiji vijek nasada iznosi do 20 godina. Njihova prednost je što se uzgajaju na tlima na kojima nisu rentabilni dugi oblici proizvodnje, odnosno na kojima poljoprivredne kulture poput uljarica ili žitarica ne uspijevaju. Sade se kao reznice ili mladice. Hrvatska ima veliki potencijal za uzgoj kultura kratkih ophodnji, jer posjeduje veliki dio neobrađenih i godinama zapuštenih poljoprivrednih površina. Ekonomskom analizom je zagwarantirana njihova isplativost. Tome svjedoče mala ulaganja, jer se kod uzgoja kultura kratkih ophodnji uglavnom ne koriste gnojiva i pesticidi ili uzgajivači koriste u vrlo malom količinama. Ekološki su značajne, jer poboljšavaju kvalitetu vode, smanjuju unos umjetnih materijala (gnojiva, pesticida), ublažavaju širenje bolesti životinja na farmama, povećavaju biološku raznolikost područja, pružaju usluge ekosustava (lov, pčelarstvo, opskrba vodom, zaštita od požara), sprječavaju erozije i ublažavaju klimatske promjene, zbog skladištenja ugljikovog dioksida. Također, pri uzgoju kultura kratkih ophodnji ne postoji veliki intenzitet rada i angažman kao kod poljoprivrednih usjeva, što je velika snaga, jer ju mogu koristiti i poljoprivrednici starije dobi, te mlađa populacija. Postoji Pravilnik koji propisuje domaće i strane vrste biljaka koje se smiju uzgajati na području Republike Hrvatske na način da se ne ugrožavaju okoliš i priroda, s ciljem pridonosa u ostvarivanju ekonomski isplative proizvodnje biomase za energetske svrhe. Pridržavanjem ekološke proizvodnje omogućena su „zelena plaćanja“. Provedenom SWOT analizom obuhvaćene su prijetnje, slabosti, snaga i prilike gdje je utvrđen nedostatak znanja ljudi o poslovanju i proizvodnji. Uzgojem kultura kratkih ophodnji mogućnost je u otvaranju novih radnih mjesta i poboljšanju gospodarske djelatnosti.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** prof.dr.sc. Jadranka Deže

**Broj stranica:** 72

**Broj grafikona i slika:** 18

**Broj tablica:** 9

**Broj literaturnih navoda:** 52

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** kulture kratkih ophodnji, biomasa, ekonomska isplativost, ekološka proizvodnja

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof.dr.sc. Davor Kralik, predsjednik
2. prof.dr.sc. Jadranka Deže, mentor
3. izv.prof.dr.sc. Vladimir Ivezić, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

**Legislative conditions for realization of  
entrepreneurial opportunity in short - rotation woody crops production**

Lea Čuća

**Abstract:**

Shortwave cultures are fast growing trees that are produced for energy purposes. Their cultivation produces biomass that is used to produce electricity and heat, and is converted into biogas or liquid biofuels. We expect high yields from the second to the eighth year, whose plantation life is up to 20 years. Their advantage is that they are grown on soils that are not viable for long production, or where crops such as oilseeds or cereals fail. They are planted as cuttings or saplings. Croatia has great potential for the cultivation of short patrol crops, as it has a large share of arable and neglected agricultural land. Economic analysis guarantees their profitability. This is evidenced by the low investment because fertilizers are generally not used in the cultivation of short patches and pesticides or growers are used in very small quantities. They are ecologically significant because they improve water quality, reduce the input of artificial materials (fertilizers, pesticides), reduce the spread of animal diseases on farms, increase the biodiversity of the area, provide ecosystem services (hunting, beekeeping, water supply, fire protection), prevent erosion and climate change mitigation due to carbon dioxide storage. Also, when cultivating short patches, there is no high intensity of work and engagement as with agricultural crops, which is a great strength because it can be used by older farmers and the younger population. There is an Ordinance that prescribes domestic and foreign species of plants that may be grown in the territory of the Republic of Croatia in such a way that they do not endanger the environment and nature, with the aim of contributing to the economically viable production of biomass for energy purposes. Adherence to organic production makes green payments possible. The SWOT analysis covers threats, weaknesses, strengths and opportunities where a lack of knowledge of business and production was identified. By cultivating short patrol cultures, it is an opportunity to create jobs and improve economic activity.

Keywords: short patrol cultures, biomass, economic viability, organic production

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** PhD Jadranka Deže, Full Professor

**Number of pages:** 72

**Number of figures:** 18

**Number of tables:** 9

**Number of references:** 52

**Original in:** Croatian

**Key words:** short rotation coppice, biomass, economic viability, organic production

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. PhD Davor Kralik, Full Professor, president
2. PhD Jadranka Deže, Full Professor, mentor
3. PhD Vladimir Ivezić Associate Professor, member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1.