

GDK: 238(045)=163.6

Prispelo / Received: 16. 04. 2012

Sprejeto / Accepted: 04. 05. 2012

Izvirni znanstveni članek

Original scientific paper

LESNA BIOMASA IZ ZUNAJGOZDNIH NASADOV HITRORASTOČIH VRSTTina ČEBUL¹, Nike KRAJNC², Mitja PIŠKUR³**Izvleček**

Namen raziskave je spremljanje testnega zunajgozdnega nasada hitrorastočih drevesnih vrst. Z meritvami v testnem nasadu smo skušali ugotoviti produkcijski potencial dveh različnih klonov (*Salix* sp., klon *Tordis* in klon *Inger*) hitrorastočih vrb. Meritve v testnem nasadu smo opravljali tri leta zapored. Lesne zaloge so bile v drugem letu šopaste rasti (2011) med 7,98 m³/ha (*Inger*) in 10,57 m³/ha (*Tordis*), medtem ko je prirastek med prvim in drugim letom šopaste rasti znašal od 6,40 m³/ha (*Inger*) do 8,54 m³/ha (*Tordis*). Količina proizvedene lesne mase je v drugem letu šopaste rasti znašala 4,58 t atro/ha (*Tordis*) in 3,49 t atro/ha (*Inger*), kar kaže na izboljšanje donosa nasada v primerjavi s prejšnjim letom.

Ključne besede: lesna biomasa, hitrorastoče drevesne vrste, energetski vir, klon, produkcija biomase, hitrorastoči nasad, lesni sekanci

WOOD BIOMASS FROM OUTSIDE FOREST PLANTATIONS OF FAST-GROWING SPECIES**Abstract**

The aim of this study was to monitor the test plantation of fast-growing tree species. With the measurements carried out on selected plantation, the production potential of two different clones (*Salix* sp., clone *Tordis* and clone *Inger*) as an alternative energy source was determined. The measurements were performed three years in a row. Growing stocks of *Inger* and *Tordis* clones in the second year of coppice growth (2011) were 7.98 m³/ha and 10.57 m³/ha, respectively. The increment between the first and second year of coppice growth of *Inger* and *Tordis* clones were 6.40 m³/ha and 8.54 m³/ha, respectively. The amount of biomass yield produced in the second year of coppice growth for *Inger* and *Tordis* clones were 4.58 t atro/ha and 3.49 t atro/ha, respectively, indicating an improvement of biomass yield compared to the previous year.

Key words: wood biomass, fast-growing tree species, energy resource, clone, biomass production, short rotation coppice, wood chips

UVOD**INTRODUCTION****OPREDELITEV PROBLEMA****PROBLEM DEFINITION**

V zadnjem času postaja uporaba obnovljivih virov energije čedalje pomembnejša. Za Slovenijo je določeno, da mora v okviru ciljev EU (Akcijski načrt za obnovljivo energijo 2010-2020, 2010) do leta 2020 doseči 25-odstotni delež OVE (obnovljivi viri energije) v končni bruto rabi energije. V Sloveniji k rasti rabe OVE največ prispevata, še vedno več kot 80 %, tradicionalna vira, les in hidroenergija, v EU pa povišana raba biogoriv (Poročilo o razvoju, 2011). Med letoma 2009 in 2010 se je v Sloveniji proizvodnja obnovljivih virov energije povečala za 8 %, med temi najbolj proizvodnja bioplinov, in sicer kar za 80 % (Letna energetska statistika, 2011).

Operativni program rabe lesne biomase kot vira energije (2007-2013) med lesna goriva vključuje gozdne lesne sortimente slabše kakovosti; sečne ostanke pri redčenjih v gozdovih; ostanke, ki nastanejo pri predelavi lesa; les s kmetijskih površin; lesne ostanke pri vzdrževanju cest, parkov, livad in drevoredov ter odslužen, a kemično neobdelan les. Ena izmed možnosti za izkoriščanje lesne biomase so torej poleg naravnih gozdov tudi zunajgozdni nasadi hitrorastočih vrst, kjer se večinoma uporabljajo kloni topola in vrbe.

Večina lesa, ki se porabi za ogrevanje, izvira iz gozdov, medtem ko je do 20 % celotne energetske rabe okroglega lesa druga drevnina, ki jo sepredstavlja posek na zunajgozdnih površinah (Piškur in sod., 2011). V naših gozdovih ostaja kot neizkoriščen potencial tudi del lesne biomase v obliki sečnih ostankov, lesa iz nege mladovij ter neizkoriščenega možnega poseka.

¹ T. Č., univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, tina.cebula@gozdis.si

² dr. N. K., univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, nika.krajnc@gozdis.si

³ mag. M. P., univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, mitja.piskur@gozdis.si

Glavni namen članka je predstavitev rezultatov iz testnega zunajgozdnega nasada hitrorastočih drevesnih vrst. Z meritvami na testnem nasadu smo skušali ugotoviti produkcijski potencial dveh različnih klonov (*Salix* sp., klon *Tordis* in klon *Inger*) kot alternativnega vira energije v slovenskem prostoru.

DOSEDANJE RAZISKAVE PREVIOUS STUDIES

Začetki raziskav na področju zunajgozdnih nasadov segajo v šestdeseta leta 20. stoletja (Steinbeck, 1999). Razvoj tehnologij in klonov, primernih za zunajgozdne nasade, je potekal v skandinavskih deželah, Italiji in srednji Evropi. Prvotno je bil glavni namen teh nasadov zagotavljanje lesa za celulozno industrijo, v današnjem času pa je les iz teh nasadov postal pomemben energetski vir.

Za zunajgozdni nasad hitrorastočih drevesnih vrst je značilna visoka količinska donosnost sestoja, velika gostota potaknjencev ter panjevska rast (razen v prvi obhodnji). Življenjska doba nasada je obdobje, ki traja od osnovanja do konca izkoriščanja nasada. Ta doba v nasadih hitrorastočih drevesnih vrst lahko traja tudi do 30 let, preden postane popolna obnova nujna, kar je odvisno od izbrane drevesne vrste in posameznih klonov (Defra, 2002). Dobo od osnovanja nasada do poseka oziroma žetve imenujemo obhodnja, ki ponazarja sečno zrelost sestojev (Krajnc in sod., 2009). Obhodnja v hitrorastočih nasadih je večinoma od 2- do 5-letna, možne pa so tudi daljše dobe. Odvisna je od izbranih drevesnih vrst in posameznih klonov (Defra, 2002). Krajnc in sodelavci (2009) razlikujejo dve skupini nasadov. Za nasade s krajšo obhodnjo (2- do 3-letno) sta značilni panjevska rast ter večja proizvodnja biomase v krajšem časovnem intervalu. Sečnja s prilagojenim silažnim kombajnom in izdelava sekancev sta popolnoma avtomatizirani in potekata hkrati. Za nasade s petletno obhodnjo je značilna drevesna oblika osebkov. Sečnja poteka s stroji za sečnjo ali z motorno žago.

Za namene nasadov s hitrorastočimi vrstami se predvsem uporabljajo naslednje drevesne vrste (Mead, 2004, Hardcastle, 2006): navadna breza (*Betula pendula*), črna jelša (*Alnus glutinosa*), siva jelša (*Alnus incana*), gorski javor (*Acer pseudoplatanus*), beka (*Salix viminalis*), bela vrba (*Salix alba*), črni topol (*Populus nigra*), trepetlika (*Populus tremula*), veliki jesen (*Fraxinus excelsior*), robinija (*Robinia pseudoacacia*) in še nekaj drugih tujerodnih vrst.

Primerne lokacije za nasade hitrorastočih drevesnih vrst so opuščene kmetijske površine, kmetijske površine z manj

ugodnimi razmerami za pridelavo živil in krme, kontaminirana območja, nekdanji kamnolomi, lokacije v bližini železniških prog in cest, površine, prizadete zaradi rudniške ali druge industrijske dejavnosti, ter strme površine, kjer lahko zaradi poljedelske obdelave prihaja do večje erozijske ogroženosti (Defra, 2002; Krajnc in sod., 2009 / Best practice manual for SRC willow, 2008).

Za osnovanje nasada uporabljamo drevesa v obliki potaknjencev ali sadik. Sajenje potaknjencev lahko poteka s strojem v enojnih ali dvojnih vrstah, lahko pa tudi ročno. Trenutno se v dvojne vrste sadijo le vrbe, medtem ko se topoli sadijo v enojne vrste. Pri gostoti sadnje velja pravilo, da čim krajša je obhodnja, tem gostejše je sajenje dreves. Krajnc in sodelavci (2009) za nasade s krajšo obhodnjo predlagajo gostoto sajenja med 5.000 in 16.000 potaknjencev na hektar. Za nasade z daljšo obhodnjo priporočajo med 1.000 in 5.000 potaknjencev na hektar. V Avstriji za nasad vrbe z obhodnjo na vsake 3 leta priporočajo gostoto sajenja od 13.000 do 16.000 potaknjencev/ha (Jauschnegg in sod., 2009).

Količina proizvedene lesne mase na hektar je odvisna od drevesne vrste, dolžine obhodnje, kakovosti tal in od intenzivnosti nege. Na ugodnih zemljiščih je s topoli možno doseči večji donos kot z vrbbami. Količina proizvedene lesne mase se navadno podaja v tonah suhe snovi (absolutno suh les - atro) na hektar na leto (t atro/ha/a) (Krajnc in sod., 2009). Ta naj bi na manj ugodnem rastišču znašala 7-9 t atro/ha/a za topol in vrbo, na ugodnem rastišču 10-15 t atro/ha/a za topol in 10-14 t atro/ha/a za vrbo, medtem ko lahko na optimalnih rastiščih pričakujemo 16-25 t atro/ha/a za topol in 15-20 t atro/ha/a za vrbo. Tuji avtorji (Mead, 2004; Hardcastle, 2006; Schönhart, 2008) navajajo zelo različne ocene donosov suhe snovi, in sicer od 2 t atro/ha/a (zelo slabe razmere) do 50 t atro/ha/a (optimalne razmere). V nekaterih primerih je možno, da donos nasada ne dosega optimalnih vrednosti, na kar lahko vplivajo nepričakovani zunanji dejavniki, povezani z vremenskimi razmerami, škodljivci in zatavljanjem ter zapleveljenjem (Arevalo in sod., 2007). V testnem nasadu vrbe v Walesu so posadili pet različnih klonov vrbe (*Delamere*, *Gigantea*, *Mullatin*, *Q683*, *Tora*). Po prvi obhodnji, ki je trajala štiri leta, je povprečni letni skupni donos nasada znašal 6,22 t suhe snovi ha hektar, medtem ko se je po drugi obhodnji, ki je trajala tri leta, donos povečal na 8,14 t atro/leto (Lowthe-Thomas in sod., 2010). Energetska vrednost naravnega lesnega materiala iz nasadov hitrorastočih drevesnih ali grmovnih vrst je v

povprečju $18,8 \text{ MJ/kg}_{\text{daf}}^1$ (Krajnc in sod., 2009), kar kaže na uporabno kurilnost tega lesa.

Pri opisu lesa navadno podajamo mehanske in fizikalne lastnosti lesa. Mehanske lastnosti lesa kažejo na odpornost lesa proti zunanjim silam ali obremenitvam, medtem ko fizikalne ponazarjajo delovanje sil, ki spremenijo anatomsko zgradbo lesa in kemične lastnosti lesa. V nadaljevanju podajamo nekatere fizikalne lastnosti vrbovega lesa:

- gostota $\rho_0 = 270 \dots 330 \dots 380 \text{ kg/m}^3$,
 - gostota $\rho_{12\%15} = 290 \dots 350 \dots 420 \text{ kg/m}^3$,
 - gostota $\rho_{\text{sveže stanje}} = 750 \dots 990 \text{ kg/m}^3$
- (Wagenführ, 1996) ter $R = 0,45 \text{ g/cm}^3$ (Dietz, 1975).

$\rho_{12\%15}$ je gostota zračno suhega lesa (nem. Bohdichte) (pri lesni vlažnosti, ki je v ravnovesju z »zunanjjo« klimo celinske srednje Evrope); $\rho_{\text{sveže stanje}}$ je gostota svežega lesa (nem. Rohdichte); ρ_0 je gostota v absolutno suhem stanju (nem. Darrdichte) oz. normalno gostoto. To je gostota »absolutno« (bolje sušilnično) suhega lesa. R je osnovna gostota. Ta se izračuna kot količnik med maso absolutno (sušilnično) suhega lesa in maksimalnim volumnom, kot ga ima svež les (Torelli, 1998).

Glede na vlažnost v lesu lahko delimo vrste lesa v štiri skupine (Trendelenburg in Mayer-Wegelin, 1955):

- Zmerno vlažen les – 100-150 (200) kg vode v 1 m^3 : smreka, bor, macesen, duglazija, tudi jelka; $u^2 = 30-40 \%$.
- Vlažen les – (200) 250-350 (400) kg vode v 1 m^3 : zeleni bor ($u = 85-100 \%$), jelka, jesen (40-50 %), oreh, robinija (50-55 %), trepetlika.
- Moker les – 400-500 (550) kg vode v 1 m^3 : bukev, hrast, breza (80-90 %), javor (80-90 %), lipa (100 %), jelša (115 %), vrba.
- Zelo moker les – (500) 550-650 kg vode v 1 m^3 : brest (90-150 %), divji kostanj, topol (120-180 %), domači kostanj (120-140 %).

Vlažnost v svežem lesu se precej razlikuje med različnimi vrstami dreves, med jedrovino in beljavo v istem drevesu in celo med sortimenti na različnih višinah na drevesu. V nekaterih primerih je možno tudi sezonsko nihanje vlažnosti v svežem lesu (Skaar, 1988). Peck (1953) pravi, da je sezonsko variiranje v svežem lesu majhno in neredno pri vrstah, ki rastejo v Združenih državah Amerike.

Italija ima 5105 ha zunajgozdnih nasadov hitrorastočih vrst, Nemčija približno 1000 ha, Avstrija pa le 115 ha (Francescato in sod., 2009). V Sloveniji je področje pridobivanja lesne biomase iz zunajgozdnih nasadov s kratko obhodnjo še dokaj neraziskano. Trenutno obstajata dva testna nasada hitrorastočih drevesnih vrst, in sicer v Velenju ter v Trbovljah. Prvi nasad je zasadil Premogovnik Velenje d.d, kjer se je rast dreves izkazala za uspešno. Drugi testni nasad je osnoval Rudnik Trbovlje –Hrastnik, ki je leta 2009 zasadil plantažo hitrorastočih dreves vrbe na degradiranih rudniških površinah. Rast dreves iz tega nasada se je izkazala za slabo, vendar z visoko stopnjo preživetja (Božič, 2009). Oba testna nasada smo spremljali že od dneva njunega nastanka; za bolj natančno preučevanje smo izbrali velenjski nasad, ki izkazuje boljše priraščanje in je dejansko komercialni nasad, ne pa nasad zgolj za revitalizacijo degradiranih površin.

METODE METHODS

PREDSTAVITEV TESTNEGA NASADA PRESENTATION OF THE STUDY PLANTATION

Testni nasad hitrorastočih dreves vrbe leži v občini Velenje. Nasad je aprila 2009 osnoval Premogovnik Velenje d.d. na kmetijskih površinah, kjer se zaradi vpliva rudnika poseda zemlja. Celoten nasad meri 4,2 ha in ga sestavljajo drevesa vrbe, klonov *Inger* (*Salix triandra* x *S. viminalis*) in *Tordis* (*Salix schwerinii* x *S. viminalis*) x *S. vim* ter v manjšem obsegu drevesa različnih klonov topolov v raziskovalne namene. Klon *Inger* obsega 1,2 ha ter klon *Tordis* 2,2 ha površine. Naknadno je Gozdarski inštitut na 0,8 ha površine testno zasadil različne klone topolov. Delni rezultati iz tega testnega nasada so bili že objavljeni (Čebul, 2011).

V mesecu decembru 2009 so bili vsi poganjki porezani, s čimer se je spodbudila šopasta razrast v naslednjem letu. Drevesa v nasadu so posajena v dvojne vrste, širina med posameznimi drevesi v dvojni vrsti je 0,75 m. Razdalja med posameznimi potaknjenci znaša 0,41 m, povprečna širina vozne poti je 3,1 m. Pri takšni razporeditvi potaknjencev znaša gostota sajenja približno 10.000 osebkov/ha. Obhodnja v tem nasadu je 3 leta, torej bo nasad decembra 2012 posekan.

Nasad spremljamo od zasaditve naprej. Napravili smo časovno študijo snemanja časov v fazi sadnje dreves ter nato periodično vsako leto jeseni še meritve priraščanja nasada. Nasad je bil zmerjen v oktobru 2009, septembru 2010 ter sep-

¹ kratica daf je suha osnova brez pepela

² u - vlažnost lesa (glej Formula (2))

tembru 2011. V načrtu dela za leto 2012 imamo tudi ponovno izmero nasada pred posekom, spremljanje sečnje nasada ter izdelavo lesnih sekancev in končni izračun količinske in ekonomske donosnosti nasada v prvi obhodnji.

TERENSKÉ MERITVE FIELD MEASUREMENTS

Za meritve testnega nasada smo uporabljali metodologijo, ki smo jo zasnovali na Oddelku za gozdno tehniko in ekonomiko Gozdarskega inštituta Slovenije. V nasadu smo naključno izbrali začetno stojišče, od katerega smo nato na vsakih 50 m vzdolž nasada določili novo stojišče. Na vsakem stojišču, in sicer dva v letu 2009 in štirje v letih 2010 in 2011, smo pravokotno na posajene vrste določili transekt in ga označili s trakom.

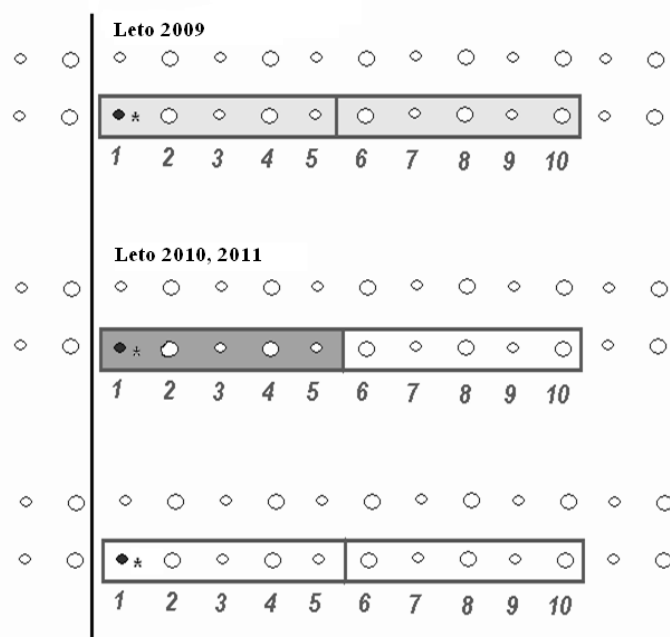
Metodo dela smo med posameznimi izvedbami meritev nekoliko spremenili zaradi racionalizacije meritev. Prvo leto (2009) smo v izbranem transektu prečno čez sajene vrste v vsaki vrsti (spodnji in zgornji) desno od linije transeкта izbrali in popisali 10 primerkov vrb (slika 1). Tako obsežen popis je bil možen, saj so bili osebkovi še nizki in z manjšim številom poganjkov. Pri drugem in tretjem merjenju v letih 2010 in 2011 pa smo popisali 5 primerkov vrb v spodnji vrsti desno od linije transeкта (slika 1). Teh vzorčnih enot, ki so zajemale 10 oz. 5 osebkov, je bilo na območju klona *Tordis*

prvo leto 2.380, drugo in tretje leto pa 4.760, za klon *Inger* pa 1.109 prvo leto ter 2.218 drugo in tretje leto. S sistematičnim vzorčenjem smo za klon *Tordis* izbrali 72 vzorčnih enot v letih 2009, 2010 in 2011. Za klon *Inger* smo vsako leto izbrali drugačno število vzorčnih enot, in sicer 40 enot v letu 2009, 35 v letu 2010 ter 34 v letu 2011. Na teh enotah smo izmerili in popisali vse izbrane osebkove.

Celotna površina nasada klonov vrbe znaša 3,4 ha, število vseh posajenih potaknjencev obeh klonov skupaj znaša 34.884, od tega 23.796 potaknjencev klona *Tordis* ter 11.088 klona *Inger*. Klon *Tordis* je v preučevanem nasadu zastopan v 18 vrstah, klon *Inger* pa v 16 vrstah. Treba je povedati, da vrste klona *Tordis* segajo po vsej dolžini nasada, medtem ko ima klon *Inger* tudi nekaj krajših krakov.

Iz posajenega potaknjenca v prvi rastni sezoni zraste en ali več poganjkov (slika 2). Vzorčna enota je linija 5 oz. 10 osebkov. Prvi osebki v tej liniji predstavljajo šop poganjkov, na katerem smo izmerili vse višine in premere.

Prvi primerek v posamezni vzorčni enoti, ki smo ga podrobno izmerili in opisali, je bil prvi najbližji na desni strani linije transeкта. S trasirko (nanjo smo pritrdili merilni trak) ter kljunastim merilom smo opravili meritve na stoječem drevesu. Pri prvem osebkovi smo izmerili višino (na cm natančno) ter premer (na mm natančno) vsakega poganjka v šopu. Premer smo izmerili na vsake 0.5 m višine. Vsem nadaljnjim primerkom smo izmerili le višino najvišjega poganjka. Določili smo



Slika 1: Prikaz popisovanja osebkov v prvem in drugem letu (* Prvi šop, na katerem so bile opravljene bolj natančne meritve).

Fig. 1: Inventory of trees in first and second year of growth.

tudi, koliko osebkov med ostalimi osebki desno od izbranega je še preživelih, s čimer smo nato izračunali stopnjo preživetja osebkov ter določili število poganjkov v posameznem osebku.

Za nadaljnjo laboratorijsko analizo smo v nasadu odvzeli še manjši vzorec naključno izbranih poganjkov za določitev vrednosti parametrov R , ρ_v (svežem stanju), u in w . V letu 2009 smo izbrali 6 osebkov klona *Tordis* ter 6 osebkov klona *Inger*, v letih 2010 in 2011 pa 7 osebkov posameznega klona.

Gostota je definirana kot masa na enoto volumna. Izračunali smo osnovno gostoto R , ki je količnik med maso absolutno (sušilnično) suhega lesa in maksimalnim volumnom svežega lesa. Osnovna gostota pomeni količino absolutno suhe lesne substance v volumnu svežega lesa (Torelli, 1998) in se izračuna po naslednji formuli, kjer je m_0 suha teža (kg) ter V_v volumen sveži (m^3).

$$R = m_0 / (V_v) [kg/m^3] \quad (1)$$

Vlažnost lesa (u) je količnik med maso vode v lesu in suho težo lesa (formula 2). Vsebnost vode (w) je količnik med maso vode v lesu in svežo težo lesa (formula 3), kjer je m_0 masa absolutno (sušilnično) suhega lesa, m_v masa vlažnega lesa ter m_{vode} masa vode v lesu.

$$u = (m_{vode}) / (m_0) \times 100 = ((m_v - m_0) / (m_0)) \times 100 [\%] \quad (2)$$

$$w = (m_{vode}) / (m_v) \times 100 = ((m_v - m_0) / (m_v)) \times 100 [\%] \quad (3)$$

ANALIZA PODATKOV DATA ANALYSIS

Izračune in primerjave smo naredili za vsak klon posebej. Analizo smo razdelili na izračune za posamezni poganjek ter na izračune za posamezni šop (več poganjkov iz enega potaknjenca).

Prvo leto rasti potaknjencev je 2009. Leti 2010 ter 2011 navajamo kot prvo oz. drugo leto šopaste rasti, saj se za končni donos nasada upoštevata le ti dve leti (ter še donos v letu 2012, ki bo izmerjen jeseni).

Izračunali smo povprečno višino ter povprečni premer poganjkov, število osebkov z določenim številom poganjkov v šopu, mortaliteto osebkov ter volumen posameznih poganjkov.

V sklopu obdelave podatkov za posamezni šop poganjkov smo izračunali povprečni volumen šopa, volumen povpreč-

nega poganjka v šopu, povprečno višino poganjka v šopu ter določili maksimalno višino poganjka v šopu. Volumen poganjkov smo določili na podlagi meritev prvega šopa v vrsti, saj smo za ta šop izmerili premere vseh poganjkov na vsake pol metra višine. Volumen poganjka smo nato izračunali kot vsoto volumnov posameznih valjev ter volumna stožca, ki je predstavljal vršni del poganjka.

V Laboratoriju za analizo kakovosti lesnih goriv na Gozdarskem inštitutu smo poganjkom, ki smo jih odvzeli za laboratorijsko analizo, izmerili dolžino ter jih razrezali na 20 cm dolge kose. S kljunastim merilom smo vsakemu kosu izmerili premer na spodnjem in zgornjem delu ter ga nato stehali na laboratorijski tehtnici. Te primerke smo en dan sušili v peči, segreti na 105 °C. Posušene osebke smo ponovno stehali. Iz pridobljenih podatkov smo izračunali sveži volumen posameznih vzorcev, osnovno gostoto lesa, gostoto lesa v svežem stanju, vlažnost lesa ter vsebnost vode.

Donos nasada (v tonah suhe snovi) smo izračunali kot produkt povprečnega volumna šopa, števila šopov na hektar ter povprečne osnovne gostote izmerjenih poganjkov.

PREDVIDEVANJE DONOSA NASADA PREDICTING BIOMASS YIELDS

Za napovedovanje donosa nasada smo oblikovali dendrometrijski model, po katerem priraščajo drevesa vrbe v danem nasadu. Takšen model nam rabi služi predvsem pri zmanjševanju obsega terenskih meritev. Pri izdelavi modela smo uporabili odvisnost med premerom poganjka (na 0,5 m) ter volumnom poganjka. Za uporabo tega modela za predvidevanje donosa je potreben vhodni podatek premer na 0,5 m višine. Upoštevati je treba, da je takšen model primeren za preučevani nasad, za katerega so značilni določeni kloni, talne ter klimatske razmere. Model bo nadgrajen z meritvami v tretjem letu šopaste rasti.

REZULTATI RESULTS

V testnem nasadu smo v letu 2009 izločili 112 vzorčnih enot, od tega 72 enot *Tordis* in 40 enot *Inger*. V letu 2010 smo imeli skupaj 107 vzorčnih enot (72 *Tordis*, 35 *Inger*), v letu 2011 pa 106 enot (72 *Tordis*, 34 *Inger*). Vsaka vzorčna enota je predstavljala linijo desetih (leto 2009) oziroma petih (2010 in 2011) osebkov. Posamezen osebek predstavlja šop poganjkov, v šopu je lahko eden ali več po-



Slika 2: Osebek predstavlja šop poganjkov iz istega potaknjenca.

Fig. 2: One tree means all coppice shoots from the same stump.

ganjkov (slika 2). Rezultate podajamo ločeno za posamezne poganjke ter za posamezne šope.

ZNAČILNOSTI POGANJKOV CHARACTERISTICS OF THE SHOOTS

Med značilnostmi poganjkov smo izračunali povprečno višino, povprečen premer, število poganjkov v panju, preživelost osebkov ter volumen poganjkov.

Povprečna višina in povprečen premer

Različne povprečne višine poganjkov so prikazane v preglednici 1. Izračunali smo tri različne povprečne višine: povprečno višino poganjkov prvih osebkov, povprečno višino najvišjih poganjkov ter povprečno višino najvišjih poganjkov v prvem osebku. Katera od teh dosega najvišjo vrednost, je odvisno od leta meritve ter klona vrbe. Pričakovano najvišje vrednosti dosežata povprečna višina najvišjih poganjkov ter povprečna višina najvišjih poganjkov v prvem osebku, vendar te vrednosti niso reprezentativne za nadaljnje izračune, saj so upoštevani le najvišji poganjki v posameznem šopu. Glede na metodo dela smo višine vseh poganjkov v šopu merili le na prvem šopu. Pri ostalih 9 (leto 2009) oziroma 4 (leti 2010 in 2011) šopih smo izmerili le višino najvišjega poganjka. Pri tem predpostavljamo, da so morfološke značilnosti prvega osebka v posamezni vzorčni enoti enake značilnostim vseh nadaljnjih osebkov v tej vzorčni enoti. So pa možne razlike med posameznimi vzorčnimi enotami v različnih transektih (v letu 2009 sta bila izmerjena dva, v letih 2010 in 2011 pa štirje).

Povprečna višina poganjkov v prvem osebku je za naše nadaljnje izračune osnovni parameter. Povprečna višina poganjkov med prvim letom šopaste rasti (2010) in prvim letom rasti potaknjencev (2009) je bila večja za 46 % pri klonu *Tordis* ter za 57 % pri klonu *Inger*. Med prvim (2010) in drugim (2011) letom šopaste rasti pa se je višina povečala za 117 % pri klonu *Tordis* ter za 113 % pri klonu *Inger*.

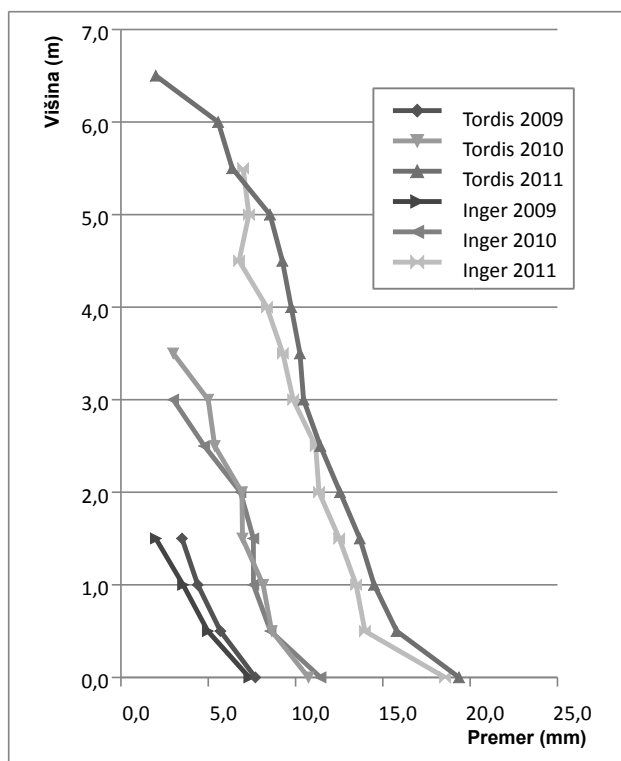
Za drevesa klona *Tordis* povprečni premer na dnu (0 m) znaša 7,7 mm (2009), 10,7 mm (2010) ter 19,4 mm (2011). Pri klonu *Inger* povprečni premer na dnu znaša 7,3 mm (2009), 11,4 mm (2010) ter 18,6 mm (2011). Na sliki 3 je prikazan razvoj premera glede na višino debla. Zmanjševanje premera

Preglednica 1: Različne povprečne višine poganjkov v prvem in drugem letu šopaste rasti ter izračun razlik med posameznimi višinami.

Table 1: Different average heights of shoots in the first and second year of coppice growth and calculation of the differences between heights.

		Povprečna višina 1. osebka (cm)	Povprečna višina najvišjih poganjkov (cm)	Povprečna višina najvišjih poganjkov v 1. osebku (cm)
Prvo leto (2010)*	<i>Inger</i>	136,20	185,35	174,03
	<i>Tordis</i>	146,93	169,39	170,39
Drugo leto (2011)*	<i>Inger</i>	290,32	349,45	352,76
	<i>Tordis</i>	318,89	368,32	369,74
Razlika v višini med leti 2010 in 2011	<i>Inger</i>	154,12	164,10	178,73
	<i>Tordis</i>	171,96	198,93	199,35

*Prvo leto (2010) pomeni prvo leto po poseku nasada (december 2009), ko se je začela šopasta rast poganjkov. Drugo leto (2011) pomeni drugo leto po poseku nasada.



Slika 3: Porazdelitev premera glede na višino na deblu za posamezen klon ter leto.

Fig. 3: Distribution of diameter depending on the height on the shoot for each clone and each year.

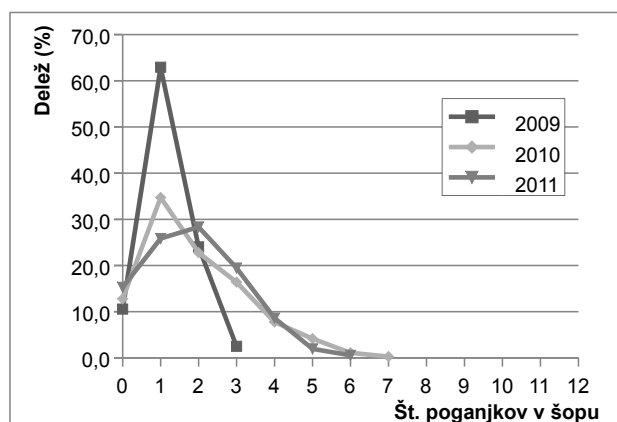
s povečevanjem višine lahko opišemo kot linearno zmanjševanje oz. odnos, podoben linearnemu. Kot je vidno na sliki, oblika postaja z leti vse bolj podobna klasični obliki debla.

S t-testom smo preverili, ali obstajajo razlike med klonoma *Inger* in *Tordis* v povprečnih višinah. Ugotovili smo, da ni statistično značilnih razlik med klonoma v letu 2010 kot tudi v letu 2011.

Število poganjkov v posameznem šopu, preživelost poganjkov

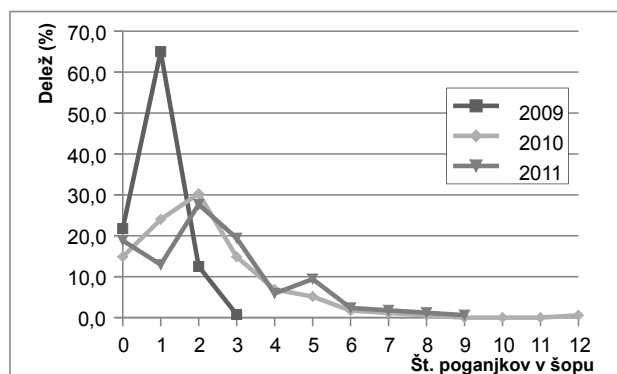
Porazdelitev števila poganjkov v šopih je različna glede na leto meritve, kar je razvidno na slikah 4 in 5. V prvem letu rasti potaknjencev so največji deleži se predstavljali šopi s samo enim poganjkom (62,9 % *Tordis*, 65 % *Inger*). Rezultati kažejo, da je 10,6 % osebkov klona *Tordis* ter 21,8 % klona *Inger* odmrlo v prvem letu rasti potaknjencev. Iz tega sledi, da je bila preživelost osebkov v tem letu 89,4 % ($\pm 3,15$; $p = 0,05$; *Tordis*) ter 78,2 % ($\pm 4,60$; $p = 0,05$; *Inger*) glede na stanje ob zasaditvi. Povprečno število poganjkov v prvem šopu je znašalo 1,4 za klon *Tordis* ter 1,3 za klon *Inger*.

V prvem in drugem letu šopaste rasti je bila porazdelitev števila poganjkov v šopih nekoliko bolj razgibana, kar je po-



Slika 4: Porazdelitev števila poganjkov v šopih glede na leto meritve za klon *Tordis*.

Fig. 4: Distribution of number of shoots in one coppice (clone *Tordis*) compared by year of measurements.



Slika 5: Porazdelitev števila poganjkov v šopih glede na leto meritve za klon *Inger*.

Fig. 5: Distribution of number of shoots in one coppice (clone *Inger*) compared by year of measurements.

sledica spodbuditve šopaste rasti s posekom osebkov konec leta 2009. Število poganjkov v posameznem šopu je občutno večje, saj imamo tudi osebke s 7 poganjki (*Tordis*) oz. 12 poganjki (*Inger*). Preživelost osebkov (*Tordis*) je v prvem letu šopaste rasti znašala 87,2 % ($\pm 3,90$; $p = 0,05$). Pri klonu *Inger* je ta delež znašal 85,1 % ($\pm 4,91$; $p = 0,05$). V drugem letu šopaste rasti je pri klonu *Tordis* stopnja preživetja znašala 84,7 % ($\pm 3,76$; $p = 0,05$), pri klonu *Inger* pa 81,2 % ($\pm 5,95$; $p = 0,05$). Povprečno število poganjkov v prvem osebku je za klon *Tordis* leta 2010 znašalo 2,3 ter 2,1 za leto 2011, pri klonu *Inger* pa 2,2 (2010) ter 2,6 (2011).

Povprečni volumen poganjkov v posameznem šopu

Povprečni volumen posameznega poganjka (*Tordis*) v šopu znaša 28,4 cm³ za prvo leto rasti potaknjencev, 95,3 cm³ za prvo leto šopaste rasti ter 559,0 cm³ za drugo leto šopaste rasti. Za klon *Inger* so te vrednosti 20,1 cm³, 90,5 cm³ ter 416

cm³. S t-testom smo preverili, ali so razlike med klonoma značilne. Ugotovili smo, da so za leto 2009 statistično značilne ($p = 0,03$). Za leto 2010 med klonoma nismo odkrili statističnih razlik ($p = 0,69$). Za leto 2011 s 5-odstotnim tveganjem ne moremo trditi, da so razlike statistično značilne.

ZNAČILNOSTI PRVEGA ŠOPA POGANJKOV CHARACTERISTICS OF THE FIRST COPPICE

Med značilnostmi prvega šopa poganjkov smo izračunali volumen šopa ter povprečno in maksimalno višino poganjka v šopu.

Volumen prvega osebka in lesna zaloga (m³/ha)

Povprečni volumen celotnega šopa (klon *Tordis*) znaša 39,5cm³ (2009), 217,2 cm³ (2010) in 1164,7cm³ (2011). Pri klonu *Inger* pa je povprečni volumen šopa 25,6cm³ (2009), 201,7cm³ (2010) in 1063,8cm³ (2011).

Povprečna in maksimalna višina poganjka v šopu

Za klon *Tordis* je povprečna višina poganjka v šopu v letu 2009 znašala 100,5 cm, naslednje leto 146,9 cm ter 318,9 cm v letu 2011 (preglednica 1). Za poganjke klona *Inger* so bile te vrednosti manjše in so znašale 87,0 cm (2009), 136,5 cm (2010) ter 290,3 cm (2011). Povprečna maksimalna višina poganjkov v šopu znaša za klon *Tordis* 109,7 cm, 170,4 cm ter 369,7 cm (leto 2009, 2010 in 2011) ter zaklon *Inger* 90,6 cm, 174,0 cm ter 352,8 cm (leto 2009, 2010 in 2011).

Odnos med povprečno višino poganjka v šopu in maksimalno višino poganjka v šopu smo ponazorili z uporabo line-

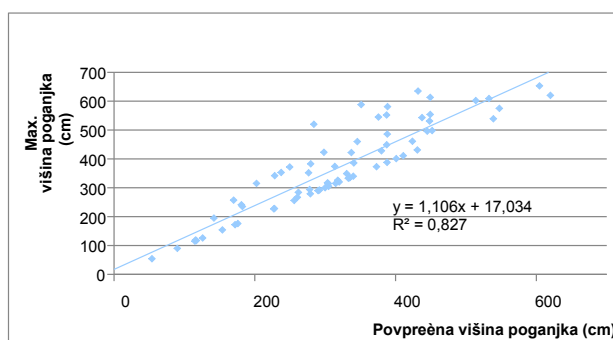
arne funkcije. Ta funkcija nam je dala visoko stopnjo odvisnosti, kot je razvidno na slikah 6 in 7. Na grafih je prikazana medsebojna odvisnost med povprečno višino poganjka v šopu in maksimalno višino poganjka v šopu za klon *Tordis* ter za klon *Inger* v drugem letu šopaste rasti.

GOSTOTA LESA IN PRODUKTIVNOST NASADA WOOD DENSITY AND PRODUCTIVITY OF PLANTATION

Povprečna osnovna gostota lesa (R) odvzetih vzorcev klona *Tordis* ($n=7$) je v prvem letu šopaste rasti znašala 431,4 kg/m³ (od 382,5 kg/m³ do 448,3kg/m³), v drugem letu šopaste rasti pa 432,7 kg/m³ (od 412,2 kg/m³ do 455,5 kg/m³). Pri klonu *Inger* ($n=7$) je R v prvem letu dosegla povprečno vrednost 399,7 kg/m³(od 361,9 kg/m³ do 430,8 kg/m³) ter 437,8 kg/m³ (od 422,4 kg/m³ do 453,7 kg/m³) v drugem letu. V oklepajih so navedene najnižje in najvišje vrednosti.

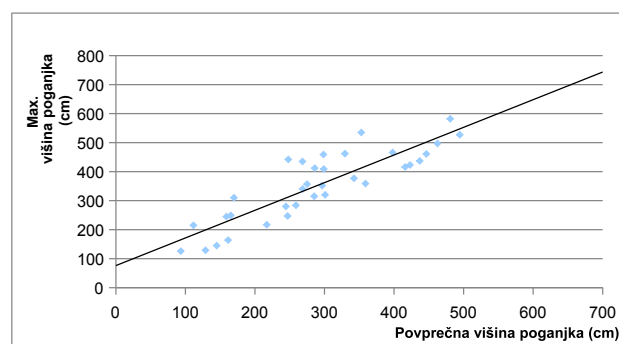
Gostota lesa v svežem stanju odvzetih poganjkov klona *Tordis* znaša povprečno 0,867 t/m³ (od 0,787 t/m³ do 0,919 t/m³) za prvo leto šopaste rasti ter 0,807 t/m³ (od 0,781 t/m³ do 0,835 t/m³) za drugo leto šopaste rasti. Za klon *Inger* znaša ta vrednost 0,796 t/m³ (od 0,757 t/m³ do 0,837 t/m³) za prvo leto ter 0,818 t/m³(od 0,786 t/m³ do 0,842 t/m³) za drugo leto.

Maso vode v lesu smo izračunali kot razliko med vlažno težo in suho težo stehtanega vzorca. Višji kot je bil primerek drevesa, večja je bila masa vode v lesu. Ta se je zniževala od dna drevesa proti vrhu drevesa. Vlažnost lesa in vsebnost vode sta se povečevali od dna proti vrhu drevesa. Vsebnost vode vpliva na energetska vrednost lesa in se je pri obeh klonih gibala med 42 % in 52 %.



Slika 6: Linearna odvisnost med maksimalno višino poganjka v šopu in povprečno višino poganjka v šopu (klon *Tordis*, leto 2011).

Fig. 6: Linear relationship between the maximum height of the shoot in the coppice and the average height of the shoots in the coppice (clone *Tordis*, year 2011).



Slika 7: Linearna odvisnost med maksimalno višino poganjka v šopu in povprečno višino poganjka v šopu (klon *Inger*, leto 2011).

Fig. 7: Linear relationship between the maximum height of the shoot in the coppice and the average height of the shoots in the coppice (clone *Inger*, year 2011).

Lesno zalogo smo ocenili tako, da smo število osebkov na ha pomnožili s povprečnim številom poganjkov v posameznem šopu ter s povprečnim volumnom poganjka v šopu. Tako je lesna zaloga v testnem nasadu v prvem letu rasti potaknjencev znašala 0,38 m³/ha (*Tordis*) in 0,18 m³/ha (*Inger*), v prvem letu šopaste rasti 2,03 m³/ha (*Tordis*) in 1,59 m³/ha (*Inger*) ter 10,57 m³/ha (*Tordis*) in 7,98 m³/ha (*Inger*) v drugem letu šopaste rasti. Prirastek med prvim in drugim letom šopaste rasti je tako znašal 8,54 m³/ha (*Tordis*) in 6,40 m³/ha (*Inger*). Pri izračunu lesne zaloge smo upoštevali gostoto sajenja za posamezni klon (št. potaknjencev na hektar) in mortaliteto osebkov. Število vseh poganjkov na hektar je v prvem letu rasti potaknjencev znašalo 13.345 (*Tordis*) ter 9.038 (*Inger*), v prvem letu šopaste rasti 21.347 (*Tordis*) in 17.543 (*Inger*) ter v drugem letu šopaste rasti 18.916 (*Tordis*) in 19.203 (*Inger*).

Za predvidevanje donosa nasada v prihodnjih rastnih letih smo oblikovali model za napovedovanje volumna. Z odvisnostjo volumna poganjka od premera poganjka (na 0,5 m) smo določili kvadratno funkcijo za posamezen klon. Vhodni podatek za določanje volumna poganjka je premer na 0,5 m višine od tal. Ločeno za oba klona smo za drugo leto šopaste rasti (2011) določili model za določanje volumna poganjkov ($n_{\text{Tordis}} = 149$, $n_{\text{Inger}} = 87$) v odvisnosti od premera, merjenega 0,5 metra od tal (formuli 5 in 6). Stopnja odvisnosti (R^2) je bila pri obeh klonih zelo visoka in je znašala 0,98. Stopnja odvisnosti med volumnom in premerom na 0,5 metra od tal se je med letoma 2010 in 2011 pri obeh klonih povečala.

$$V_{\text{poganjka}} = f(d) \quad (4)$$

$$\text{Tordis: } y = 0,00000258x^2 - 0,00001490x + 0,00001002 \quad (5)$$

$$\text{Inger: } y = 0,00000252x^2 - 0,00001843x + 0,00004401 \quad (6),$$

kjer je: V_{poganjka} = volumen poganjka (m³)

y = volumen poganjka (m³)

x = premer poganjka na 0,5 m višine (cm).

Razlike v poteku krivulj so statistično značilne ($p < 0,001$), zato jih podajamo ločeno po klonih. Med različnimi višinami klonov (povprečna višina 1. osebka, povprečna višina najvišjih poganjkov, povprečna višina najvišjih poganjkov v 1. osebku) razlike niso bile statistično značilne. Med premeri dreves so razlike sicer statistično neznailne, vendar je stopnja tveganja 0,07. Podobno velja za povprečne volumne, ki so statistično neznailni, vendar s stopnjo tveganja $p = 0,057$. To nakazuje različno obliko debel

(porazdelitev premera glede na višino poganjka) klonov v drugem letu šopaste rasti poganjkov.

Količina proizvedene lesne mase v absolutno suhem stanju je produkt povprečnega volumna šopa, števila šopov na hektar (upoštevajoč delež mortalitete osebkov) ter povprečne osnovne gostote izmerjenih poganjkov. Količina proizvedene lesne mase je tako znašala v prvem letu rasti potaknjencev 0,16 t atro/ha, v prvem letu šopaste rasti 0,88 t atro/ha ter 4,58 t atro/ha v drugem letu šopaste rasti (*Tordis*). Pri klonu *Inger* so bile te vrednosti nižje in so znašale prvo leto rasti potaknjencev 0,08 t atro/ha, prvo leto šopaste rasti 0,63 t atro/ha in drugo leto šopaste rasti 3,49 t atro/ha. Razlika med klonoma v donosnosti v prvih dveh letih šopaste rasti izvira iz večjih doseženih premerov klona *Tordis*.

DISKUSIJA IN ZAKLJUČKI DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Analiza stanja testnega nasada hitrorastočih vrst v Velenju je pokazala, da so razmere za rast dreves vrbe (*Tordis* in *Inger*) v tem nasadu ustrezne. Izračuni kažejo na to, da dosega klon *Tordis* v drugem letu šopaste rasti nekoliko višje vrednosti donosa, izražene v količini suhe snovi na hektar, kot klon *Inger*. Primerjava rezultatov je pokazala, da je klon *Inger* v času prve rastne dobe (iz potaknjencev) priraščal slabše kot *Tordis* ter se je po prvem poseku poganjkov (december 2009) dobro odzval in začel priraščati uspešnejše kot klon *Tordis* (v obliki šopaste rasti).

Glavni razlog, da je skupni donos lesne mase/ha pri klonu *Inger* nižji, je v manjših doseženih premerih in s tem posledično volumnih. Gostota sajenja v nasadu je ustrezala priporočilom, ki jih v publikaciji *Zunajgozdni nasadi* priporočajo Krajnc in sodelavci (2009) in znaša od 5.000 do 16.000 osebkov/ha.

Število poganjkov v posameznem šopu se je povečalo po sečnji decembra 2009. Pred prvo sečnjo je večina šopov imela samo en poganjek, po sečnji se je bistveno povečal delež osebkov z več kot enim poganjkom v šopu. To kaže na uspešnost in primernost poseka dreves v prvem letu rasti, kot ukrep za šopasto razrast poganjkov.

Stopnja preživelosti je v prvem letu šopaste rasti pri klonu *Tordis* znašala 87,2 %, pri klonu *Inger* pa 85,1 %. V naslednjem letu se je ta podatek spremenil (*Tordis* 84,7 %; *Inger* 81,2 %) verjetno tudi zaradi metodologije meritev. Stopnja preživetja v tem nasadu je boljša od vrednosti, ki jo navajajo

Lowthe-Thomas in sodelavci (2010), kjer je bila povprečna stopnja preživetja po prvem poseku poganjkov 69,9 %. Ugotovili so tudi, da se s povečevanjem števila poganjkov stopnja preživetja zmanjšuje.

Povprečna višina poganjkov prvega šopa se je od prvega do drugega leta šopaste rasti povečala za 213 % pri klonu *Tordis* ter za 217 % pri klonu *Inger*, kar kaže na primerljivo priraščanje obeh klonov. Linearni odnos med maksimalno višino poganjka v šopu in povprečno višino poganjka v šopu nam kaže visoko stopnjo odvisnosti ($R^2 = 0,827$ *Tordis*, $R^2 = 0,757$ *Inger*).

Primerna kazalnika za ugotavljanje produktivnosti določenega klona sta povprečni volumen poganjka v šopu ter povprečni volumen prvega osebka v prvem in drugem letu šopaste rasti. Tudi ta dva podatka kažeta na to, da klona priraščata primerljivo.

Izračunana povprečna osnovna gostota lesa pri odvzetih osebkih se giblje okoli vrednosti $0,45 \text{ g/m}^3$, ki jo kot osnovno gostoto lesa vrbe navaja Dietz (1975). Za gostoto lesa vrbe v svežem stanju Wagenführ navaja vrednosti med 750 in 990 kg/m^3 , kar ustreza rezultatom, dobljenim iz naše raziskave.

Vsebnost vode v naših odvzetih vzorcih se giblje v intervalu med 42 % in 52 %. Gigler in sodelavci (1999) navajajo, da je vsebnost vode v lesu v času sečnje, ki se opravlja v obdobju med novembrom in aprilom, okoli 50 %, medtem ko Trendelenburg in Mayer-Wagelin (1955) vrbo uvrščata med moker les z vsebnostjo vode 40–50 (55) %. Kljub temu da obstajajo določene omejitve glede neposredne energetske uporabe zaradi visoke vsebnosti vode, zaradi česar lahko takšne sekance uporabljamo le v večjih energetskih objektih (toplarnah ali elektrarnah), jih z dodatnim sušenjem lahko uporabljamo tudi v manjših sistemih (Krajnc in sod., 2009).

Količina proizvedene lesne mase je v drugem letu šopaste rasti znašala 4,58 t atro (*Tordis*) in 3,49 t atro (*Inger*), kar kaže na izboljšanje donosa nasada v primerjavi s prejšnjim letom. Vendar z dobljenimi rezultati težko sklepamo, kakšen bo končni donos nasada; predvidevamo lahko, da se bo donos eksponentno povečal. Ker so vrednosti donosa iz različnih virov literature podane za celoten cikel, bo možna korektna primerjava rezultatov šele po končani obhodnji, torej jeseni 2012. Za napovedovanje donosa nasada bomo v prihodnje preverili uporabnost modela za napovedovanje donosa ter podali kritično oceno o uporabi le tega.

Za nasade hitrorastočih drevesnih vrst velja, da so ti z vidika proizvodnje biomase najproduktivnejša oblika nasadov dreves. Njihovo uporabnost opravičujejo tudi relativno nizki

proizvodni stroški ter dejstvo, da je pridobivanje biomase v nasadih enostavnejše (majhen vložek dela, enostavno načrtovanje in gojitvena dela, strojno izvajanje del) od gospodarjenja z gozdovi. Ker nam v okviru analize testnega nasada še ni uspelo pridobiti podatkov o ekonomski vrednosti tega nasada, še ne moremo govoriti o upravičenosti teh nasadov za Slovenijo. V Italiji so se ti nasadi za energetske namene po ukinitvi državnih subvencij izkazali za neekonomične.

Obstajajo določeni pomisleki glede uporabe tovrstnih nasadov v Sloveniji. Ker se za te nasade uporabljajo tudi kmetijske površine z določenimi omejitvami, je treba poudariti, da je v Sloveniji delež kmetijskih površin že tako majhen, da je vprašljiva raba teh površin za energetske namene. V Resoluciji o strateških usmeritvah razvoja slovenskega kmetijstva in živilstva do leta 2020 je eden izmed strateških ciljev tudi ta, ki pravi, da bi morala biti kmetijska zemljišča v prvi vrsti namenjena pridelavi hrane, nato krme za živali in potem uporabi v energetske namene (varstvo kmetijskih zemljišč pred zasajanjem kmetijskih rastlin za potrebe energetike in proizvodnje biogoriv). Eden izmed razlogov za pomisleke o smiselnosti takih nasadov je tudi ta, da v naših gozdovih ter na površinah v zaraščanju ostaja veliko neizkoriščenega lesa, ki bi ga lahko uporabili tudi v energetske namene.

SUMMARY

Main characteristics of short rotation forestry are a large yield of biomass, high planting density and growth of coppice. Growing time, i.e. the period between harvests on these plantations, generally varies between 2 to 5 years, perhaps even longer periods. Planting of cuttings can be done in single or double rows; currently, willows are planted in double rows, while poplar trees are planted in single rows. The quantity of wood biomass depends on rotation period, tree species, soil quality and the intensity of tending; it is usually given in tons of dry matter (absolutely dry wood) per hectare per year (trot/ha/a). In optimal habitats, the quantity of yield biomass is 16–25 t atro/ha/a for poplar and 15–20 t/ha/a for willow.

In Slovenia, wood biomass production from short rotation forestry is relatively unexplored. Currently, two testing plantations of fast-growing tree species exist, one in Velenje and the other in Trbovlje. For a more detailed study, we opted for the Velenje plantation, which is showing a better increment. With the measurements carried out on this plantation, we tried to determine the production po-

tential of two different clones (*Salix sp.*, clone *Tordis* and clone *Inger*) as an alternative energy source in our country.

The plantation was founded in 2009. Later that year, all shoots were cut, which encouraged growth of coppice in the ensuing year. Growing time in this plantation is 3 years. The measurements were performed in October 2009, September 2010 and September 2011. In 2012, we are planning to re-measure the plantation before harvesting, to monitor harvesting of the plantation and production of wood chips and final calculation of biomass yield in the first growing period. For measuring the plantation, we chose to use the methodology developed in the Department of Forest Engineering and Economics of Slovenian Forestry Institute. To predict biomass yield, a growth model was developed.

Analysis of the situation on the Velenje plantation showed that the conditions for the growth of willow trees (*Tordis* and *Inger*) were suitable. During the first (2010) and second (2011) years of coppice growth, the average height of shoots was increased by 117% for clone *Tordis* and 113% for clone *Inger*, suggesting a comparable increment of both clones. Average volume of the coppice (clone *Tordis*) increased from 217.2 cm³ to 1164.7 cm³ between 2010 and 2011 and from 201.7 cm³ to 1063.8 cm³ for clone *Inger*. The amount of biomass yield produced in the second year of coppice growth was 4.58 t atro/ha (*Tordis*) and 3.49 t atro/ha (*Inger*), indicating an improvement of biomass yield compared to the previous year. The main reason for the lower total yield of wood biomass for clone *Inger* lay in smaller diameters and, consequently, volume. To predict biomass yield, we will examine the usefulness of the model for predicting biomass yield.

Regarding the eligibility of such plantations in Slovenia, there are certain concerns. These plantations are used in agricultural areas and the share of agricultural land in Slovenia is, to our knowledge, already so small that the use of land for energy purposes is questionable. Moreover, a great amount of unused wood residues can be found in our forests and abandoned areas, which could also be used for energy purposes.

VIRI

REFERENCES

Akcijški načrt za obnovljive vire energije za obdobje 2010-2020 (AN OVE) Slovenija. 2010. Ministrstvo Republike Slovenije za gospodarstvo, Inštitut Jožef Stefan. Ljubljana, 134 str.

- Arevalo C.B.M., Volk T.A., Bevilacqua E., Abramson L. 2007. Development and validation of aboveground biomass estimations for four *Salix* clones in central New York. *Biomass and Bioenergy*, 31: 1-12.
- Best practice manual for SRC willow. Bioenergy scheme 2009. 2008. Portlaoise, Co. Laois, Biofuels Policy, Department of Agriculture, Fisheries & Food: 10 str.
- Božič G. 2009. Na jamski jalovini vrbe slabše uspevajo: obnovljivi viri energije. *Delo*, 51, 274: 13.
- Čebul T. 2011. Lesna biomasa iz zunajgozdnih nasadov hitrorastočih vrst. Diplomsko delo. Ljubljana, 67 str.
- Department for environment, food and rural affairs (DEFRA). 2002. Growing short rotation coppice: best practice guidelines for applicants to DEFRA's energy crops scheme. London, Department for Environment, Food & Rural Affairs: 32 str.
- Dietz P. 1975. Dichte und Rindengehalt von Industrieholz. *Holz Roh – Werkstoff*, 33: 135-141.
- Francescato V., Antonini E., Paniz A., Jauschnegg H., Metschina C., Loibnegger T. 2009. Energy crops in arable land. *Biomass Trade Centres*, 15 s.
- Gigler J.K., Meerdink G., Hendrix E.M.T. 1999. Willow supply strategies to energy plants. *Biomass and Bioenergy*, 16: 185 – 198.
- Hardcastle P., Calder I., Dingwall C., Garrett W., McChesney I., Mathews J., Savill P. 2006. A review of potential impacts of short rotation forestry. Edinburgh, LTS International: 168 str.
- Jauschnegg H., Metschina C., Loibnegger T. 2009. Kurzumtrieb – Energieholz vom Acker. *Biomass Trade Centres*, 19 str.
- Kranjc N., Piškur M., Dolenšek M., Božič G., Klun J. 2009. Zunajgozdni nasadi hitrorastočih drevesnih in grmovnih vrst. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica: 15 str.
- Letna energetska statistika, Slovenija, 2010. Statistični urad RS, Ljubljana.
- Lowthe-Thomas S.C., Slater F.M., Randerson P.F. 2010. Reducing the establishment costs of short rotation willow coppice (SRC) – A trial of a novel lay flat planting system at an upland site in mid-Wales. *Biomass and Bioenergy*, 34: 677 – 686.
- Mead D.J. 2004. Opportunities for improving plantation productivity: How much? How quickly? How realistic? *Biomass & Bioenergy*, 28, 4: 249 – 266.
- Operativni program rabe lesne biomase kot vira energije (OP ENLES 2007-2013) na podlagi Resolucije o nacionalnem energetskem programu ReNEP, Ur. l. RS št. 57/04. 2007. Ministrstvo Republike Slovenije za okolje in prostor, Inštitut Jožef Stefan, Gozdarski inštitut Slovenije, Kmetijski inštitut Slovenije, 116 str.
- Peck E.P. 1953. The sap of moisture in wood. *For. Prod. Lab. Rep.* D768. USDA For. Serv., Madison, Wisconsin.
- Piškur M., Kranjc N., Čebul T. 2011. Market statement 2011 : Slovenia. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, 17 str.
- Poročilo o razvoju 2011. 2011. Urad RS za makroekonomske analize in razvoj. Obnovljivi viri energije.
- Resolucija o strateških usmeritvah razvoja slovenskega kmetijstva in živilstva do leta 2020 – »Zagotovimo si hrano za jutri« (ReSURSKŽ), Ur.l. RS, št. 25/2011
- Schönhart M. 2008. Profitability of short rotation forestry in Austria. Laxenburg. International institute for applied studies: 37 str.
- Skaar C. 1988. Wood-Water Relations. Springer-Verlag, Berlin: 283 str.
- Steinbeck K. 1999. Thirty years of short-rotation hardwoods research. J.D. Haywood (Ed.), Proceedings of the Tenth Biennial Southern Silviculture Research Conference, USDA Forest Service, Asheville, NC (1999): 63–65 str.
- Torelli N. 1998. Gostota in relativna gostota lesa. *Les*, 50, 3: 52 – 54.
- Trendelenburg R., Mayer-wegelin H. 1955. Das Holz als Rohstoff. Carl Hanser, München, 140 str.
- Wagenführ R. 1996. Holzatlas. 4. Aufl. Leipzig, Fachbuchverlag: 688 str.

ZAHVALA**ACKNOWLEDGEMENTS**

Zahvaljeujemo se Premogovniku Velenje, ki je omogočil meritve v nasadih vrb. Raziskava je potekala v okviru nalog Javne gozdarske službe, Programske skupine P4-0107 Gozdna biologija, ekologija in tehnologija ter mednarodnega projekta PROFORMBIOMED. Delni rezultati iz tega testnega nasada so bili objavljeni v sklopu diplomske naloge Lesna biomasa iz zunajgozdnih nasadov hitrorastočih vrst (ČEBUL 2011).