

Pridobivanje gozdnih lesnih sekancev iz sečnih ostankov po končanem žičničnem spravilu lesa

Production of Green Chips from Felling Residue after Finished Cable Crane Skidding

Matevž Mihelič¹, Boštjan Košir²

Izvleček:

Mihelič, M., Košir, B.: Pridobivanje gozdnih lesnih sekancev iz sečnih ostankov po končanem žičničnem spravilu lesa; *Gozdarski vestnik*, 74/2016, št. 5–6. V slovenščini z izvlečkom v angleščini, cit. lit. 32. Prevod Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Predstavljamo del študija dela pri izdelavi zelenih gozdnih sekancev, namenjenih za energijsko rabo. Sečnja v pretežno bukovih varovalnih gozdovih je potekala v koridorjih zbiranja lesa, spravilo pa z drevesno metodo z žičnim žerjavom Syncrofalke. Okrogel les so odpeljali z gozdarskimi tovornjaki, sečne ostanke pa zmleli s strojem Starchl MK 74 600. Izračunali smo učinke in stroške izdelave sekancev ob kamionski cesti. Ugotovili smo, da je znašal strošek sekanja brez drugih povezanih stroškov od 7,55 do 15,10 €/t zelenih sekancev.

Ključne besede: varovalni gozd, sekanci, lesna biomasa, energija, sekalniki, Slovenija

Abstract:

Mihelič, M., Košir, B.: Production of Green Chips from Felling Residue after Finished Cable Crane Skidding. *Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry)*, 74/2016, vol. 5–6. In Slovenian, abstract in English, lit. quot. 32. Translated by Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

In this article a workstudy of green chips production for energy purposes is discussed. The cutting was performed in beech forests with protection function. Corridors for wood concentration were employed. Wood skidding was done with Syncrofalke cable crane, employing a full tree method. Roundwood was transported with trucks, while residues were chipped using Starchl MK 74 600 chipper. Efficiency of the operation and related costs are presented. We have found out that the cost of chipping without other related costs was between 7.55 and 15.10 €/t of green chips.

Key words: protection forest, chips, wood biomass, energy, chippers, Slovenia

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Gozdna lesna biomasa obsega večji del drevesa, kot ga izkoriščamo pri tehnologijah okroglega lesa. To so že od nekdaj vedeli prebivalci, ki so bili odvisni od gozda. Droben les, ki ga štejemo med ostanke pri izkoriščanju okroglega lesa, so glede na drevesno vrsto bodisi pustili v gozdu, da se je pretvoril v humus, ali pa so ta del drevesa izkoristili, največkrat za energetske namene. Energetska kriza se je začela nakazovati v sedemdesetih letih, ko so pri nas z mehaniziranih skladišč še vozili lubje na deponije, a je lesna industrija za svoje potrebe pogosto še vedno uporabljala naftne derivate.

Pred letom 1980 ni bilo sodobnih porabnikov lesne biomase za energetske namene. Les, ki je zdaj primeren za energetske namene, je bil takrat uporaben predvsem za tovarne ivernih plošč ali

celulozno industrijo. Tovarne pa so konkurirale nabavi ne samo pri vrsti in kakovosti lesa, temveč predvsem pri ceni. Visoke cene naftnih proizvodov v devetdesetih so nekoliko dvignile tudi cene energetskega lesa, ki je bil bolj zaželen, vendar je kljub vsemu vsaj na podeželju ostal konkurenčen drugim rabam lesa in drugim energentom (Polšak, 2004). V naši strokovni literaturi je kar nekaj zapisov, ki so pokazali na prejšnji odnos gozdarjev do tehnoloških težav, ki nastanejo pri izkoriščanju sečnih ostankov v energetske namene (Rebula, 1990).

¹ Dr. M. M., Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo. Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana, Slovenija. matevz.mihelic@bf-uni.lj.si

² Prof. dr. K. B., Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo. Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana, Slovenija. Bostjan.kosir@bf-uni.lj.si

Deleži posamezne kategorije drevesne biomase se zelo spreminjajo glede na debelino drevesa in drevesno vrsto. Zato je različna tudi sestava sečnih ostankov, ki jih namenjamo za energetske namene. Pri mlajšem drevju je večji delež skorje in če gre za iglavce, tudi večji delež zelene mase – vej in iglic. Pri listavcih se zeleni masi med ostanki lahko izognemo s sečnjo zunaj rastne sezone. Zeleni masi se izognemo tudi tako, da po sečnji počakamo, da se iglice ali listje osuši (Beltram, 1962; Čokl, 1981; Grbec, 2009) in celo odpade.

Doslej je bilo celostno izkoriščanje gozdne lesne biomase predmet raziskovanja Inštituta za gozdno in lesno gospodarstvo oz. Gozdarskega inštituta Slovenije (GIS). Tudi zdaj so redki raziskovalci zunaj GIS, ki bi se ukvarjali z lesno biomaso in njeno uporabo z ekološkega in tehnološkega vidika. Izjema je Oddelek za lesarstvo Biotehniške fakultete, ki je k znanosti o proizvodnji sekancev dodal svoje analize in ocene. V osemdesetih letih so se gozdarji začeli ozirati tudi na praktično izkoriščanje ostankov po sečnji drevesa. Pri tem so pogosto naleteli na kritike in očitke, da ponovno uvajajo stelarjenje – siromašenje gozdov. V sosednji Avstriji so takrat že več kot desetletje gozdni lesni biomasi namenjali vso pozornost in bilo je že veliko potrošnikov lesne biomase za energetske potrebe, ki so porabljali lesne ostanke iz industrije, gozdne lesne sekance iz svojih gozdov in tudi uvažali lesne ostanke in lubje iz slovenskih mehaniziranih skladišč. Odmev na to so bili tudi članki Francija Pečnika in Mitje Jandla, ki so predlagali sisteme pridobivanja lesa, ki so prišli pri nas na vrsto šele čez pet do deset let.

V Sloveniji je sredi osemdesetih zasebno podjetje TISA preizkušalo doma izdelan mlin za gozdne lesne sekance RIKO DS 400. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo je opravil poizvedovalno študijo dela (Košir in Žgajnar, 1986). Opisan tehnološki sistem, je bil za tedanje razmere inovativen, vendar nedovršen za širšo uporabo. Kasnejši razvoj tega podjetja kaže na nenehno inovativnost pri uvajanju novih tehnologij (Vipotnik, 2008). V tujini so se v tistem času že veliko bolj ukvarjali z vprašanjem, kako celovito porabiti celotno lesno biomaso in kompleksne rabe lesne biomase. Ob koncu osemdesetih so pri nas uvedli tehnologijo drevesne metode v drobnem

lesu s traktorji in žičnicami na srednje razdalje. Izdelava lesa je potekala na gozdni cesti, kjer je stal tovornjak, ki je bil opremljen z dvigalom in procesorjem Steyr KP 40. Tehnologija je bila učinkovita (Rebula, 1990), čeprav zaradi kratkega delovanja te tehnologije v Sloveniji ni mogoče narediti končne ekonomske ocene. Razlogi za to so velike spremembe v gospodarskem sistemu v začetku devetdesetih in priložnosti za delo, ki so se odprle v zahodnih državah po sanaciji viharja leta 1990, ki so stroj »odpeljale« na donosnejše trge. V vseh primerih uporabe kamionske konfiguracije (tovornjak+dvigalo+procesor) pa je šlo za enako – drevesno metodo, ki so jo izpeljali s traktorji in z žičnicami. V vetrolomih in podobnih okoliščinah ni bila sporna, težave pa smo zaznali pri redčenjih ali drugih rednih sečnjah, kjer je bilo stoječe drevje ovira pri transportu lesa z nekaj več poškodbami.

Promocija in iskanje tehnologij uporabe gozdne lesne biomase za energetske namene sta se nadaljevali do današnjih dni, saj so se potencialni proizvajalci srečevali s tveganjem, povezanim s stabilnim trgom gozdnih lesnih sekancev (Košir, 1996). V osemdesetih je IGLG začel obsežno terensko raziskavo, v kateri je skupaj z GG Postojna, Gozdarskim šolskim centrom Postojna in tovarno ivernih plošč Brest v Cerknici preizkušal tehnologije izdelave gozdnih lesnih sekancev iz redčenj bukovih in smrekovih letvenjakov ter drogovnjakov. Spravljali so celo drevje in ga ob cesti zmleli v sekance s strojema firm Pottinger in Tehnostroj, oba z ročnim podajanjem surovine. Nato so sekance analizirali v laboratoriju tovarne ivernih plošč. Del sekancev iz iglastih sestojev so briketirali. Poskus je bil dokumentiran s seminar-skim gradivom in v filmu RTV ter oddaji Znanje za razvoj. Udeleženci tedaj republiškega seminarja so pokazali veliko zanimanje za tehnologije gozdne lesne biomase, medtem ko je bilo manj navdušenja med potencialnimi uporabniki. Glede na tržno vrednost nasutega metra sekancev se je s strani industrije ivernih plošč že takrat pokazalo nezaupanje do takšnega vira, ki bi bil hkrati primeren tudi za energetske namene.

V začetku devetdesetih se je v zelo zmanjšalo zanimanje industrije za lesno biomaso, proti koncu devetdesetih pa se je začel trg z lesno

biomasa stabilizirati, pojavljati so se začeli novi porabniki gozdne lesne biomase in nove gozdarske tehnologije. Gozdarski inštitut Slovenije je pri tem prešel iz pretežno pasivne vloge v aktivno, ki jo je obdržal do danes (Žgajnar, 1992, a, b). Oddelek za gozdarstvo BF je bil aktiven predvsem pri usmerjanju diplomantov in v usmerjenih preglednih študijah, nikoli pa ne pri raziskovalnih nalogah s tega področja, saj državna znanstvena politika ni več podpirala projektov, ki bi prinašali neposredno gospodarsko korist državi. Za spremljanje dogajanja na področju izkoriščanja gozdne lesne biomase je bilo veliko priložnosti in nekatere študije so bile predstavljene doma in v tujini (Košir in Jež 2008; 2009). Nekateri diplomanti so opisovali nastanek in delovanje gospodarskih družb s tega področja (Vipotnik, 2008) ali pa analizirali vhode za projekt daljinskega ogrevanja na biomaso (Grom, 2006). Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo je tedaj namenjal več pozornosti tehničnim težavam v gozdarstvu, zato je Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko združil dobro razvito raziskovanje na področju gozdnih prometnic z vejo gozdne tehnike in tehnologije, kamor sta spadala tudi področje študija dela in optimalna raba drevesne biomase. Z Oddelkom za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je inštitut sodeloval pri izvedbi več diplomskih nalog, ki so bile po zamisli izvirne in so sodile med redno delo na raziskovalnih projektih. Spruk (2006) je spremljal vsebnost vode v polenih različnih oblik (okroglica, cepanica itn.) in v različnih razmerah (pokrito, nepokrito, na soncu, v senci). Rosc (2012) je spremljal sušenje gozdnih lesnih sekancev v različnih razmerah (pokrito, nepokrito itn.). Vmes so bile narejene tudi študije uporabe različnih sekalnikov (Bezovnik, 2007; Biščak, 2008; Kucler, 2010) in tudi njihova morfološka razčlemba (Škvarč, 2010). Izdelavo sekancev kot del tehnološke verige, pri kateri okleščene kupe vej, ki ostanejo po strojni sečnji na skladišču, zmeljemo v zelene sekance, je posnel Biščak (2008), najbolj podrobno pa Mihelič (2014). Izven gozdne plantaže hitrorastočega drevja s kratkimi obhodnjami sta proučevala Mihelič (2010) in Jemec (2011), in to na manj rodovitnih rastiščih in na rastiščih, ki so kot deponije odvečnega materiala sicer neizkoriščene.

Na lokalni ravni so takrat zgradili energetske objekte za izkoriščanje lesne biomase, kotlovnice

in briketirnice. Postavili so nekaj tovarn peletov. V nekaj letih je država iz nekdanje promocije kurilnega olja prešla na promocijo obnovljivih goriv, med katerimi ni premoga, ki pa je ostal dolgo glavno gorivo v največjih energetskih objektih (TETOL, TE Šoštanj).

V zadnjih dveh desetletjih se je na področju izdelave lesnih sekancev pojavilo veliko zasebnikov, ki so opremljeni za izdelavo gozdnih lesnih sekancev, je pa tudi vse več porabnikov, ki z energijo oskrbujejo nekaj ali nekaj deset gospodinjstev. Opravljene so bile številne raziskovalne naloge in objavljeni posamezni deli celotnega energetskega in lesnega področja – preveč, da bi vse našli (npr. Krajnc s sodel., 2009).

V tem članku nas je zanimalo pridobivanje gozdnih lesnih sekancev iz sečnih ostankov po uporabi žičnih žerjavov v ekstremnih razmerah varovalnih gozdov. Z žičnimi žerjavi pogosto spravljajo drevje na gozdno skladišče ali do ceste z vejami vred. Dokončno krojenje je delovna operacija, ki jo izvaja procesor, ki je na žičnem žerjavu ali ob njem. Seveda je mogoče tudi krojenje in prežagovanje z motorno žago, kar na skladišču naredi pomožni delavec. Pri tem ostane na skladišču del drevesa v obliki vej, vrhačev in drugega lesa, ki nima tehnične vrednosti. Izkoriščanje takšnih sečnih ostankov, ki ostanejo po delu s sodobnimi žičnimi žerjavi, je vse pogostejše in zaradi koncentracije ostankov na enem mestu se izkazuje za ekonomsko sprejemljivo možnost. Tudi zato je vse pogostejše v uporabi drevesna ali poldrevesna metoda, saj le-to omogoča stroj, pa tudi ekonomika večjega bremena ima velik vpliv. Poleg tega ne smemo zanemariti tudi vidikov varnosti pri delu. Z uporabo drevesne metode se na sečišču izboljša prehodnost, posledično pa je izdelava sortimentov varnejša. Ponekod odstranitev sečnih ostankov pomeni tudi lažji razvoj pomlajenega gozda. Premikanje po takšnih linijah je posledično lažje, hitrejšo in varnejše.

Raziskovalna naloga je potekala leta 2012 v okviru proučevanja spravila lesa iz varovalnega gozda blizu predora Ljubelj (Mihelič in Košir, 2012; Guček s sodel., 2012). V članku obravnavamo nekatere vidike te študije. Omejili smo se na učinke in stroške izdelave gozdnih lesnih sekancev in tako ne obravnavamo tematike učinkov in stroškov celotne logistične verige.

2 METODE

2 METHODS

Varovalni gozd na Ljubelju porašča strm, skalovit in prepaden teren, kjer je gradnja prometnic ekonomsko nesmotrna in težavna. Sestoj leži nad obstoječo cesto na stari prelaz, zaradi česar je potrebno žičnično spravilo navzdol. Objekt leži na nadmorski višini od 1150 do 1336 m. Gozdovi imajo status varovalnih gozdov, saj poraščajo zelo strme in ponekod skalovite terene. Gradnja prometnic je z ekonomskega in ekološkega vidika nemogoča.

Sečnja in izdelava okroglega lesa sta potekala z motornimi žagami ter procesorjem Woody 60 (Konrad Forsttechnik GmbH, Avstrija) na žičnici. Najprej so sekači podrli drevje na trasi in tisto drevje, ki bi kasneje pri podiranju ogrožalo nosilno vrv, nato pa je potekala sečnja ob hkratnem spravilu lesa. Dodelava in izdelava sortimentov sta potekali na kamionski cesti s procesorjem in motorno žago. Sečnja in spravilo lesa sta bila v organizaciji gospodarske družbe Gozdarstvo Gorenjske, d. o. o., s Syncrofalke 3t in Sherpa U III. Proizvodnjo sekancev je izvajalo podjetje Gajles, d. o. o.. Dela so potekala v oktobru in novembru 2011. Med delom smo zabeležili daljše zastoje zaradi dežja.

Horizontalna dolžina linije je bila 260 m. Spravilo je potekalo navzdol, poševno na padnico, linija je bila brez podpor. Na objektu, ki smo ga podrobneje merili, je bilo za sečnjo ob prvem

odkazilu označeno 316,23 m³, od tega 151,99 m³ listavcev ter 164,24 m³ iglavcev, vendar je bilo opravljeno še manjše dodatno odkazilo. Spravljali so celo drevje, kadar so bile krošnje zelo velike, so drevo razžagali na več kosov. Posneli smo 111 popolnih ciklov ter montažo linije. Spravilna razdalja je znašala od 15 do 223 m, v povprečju 118 m. Po izdelavi sortimentov je bila neto prostornina bremena od 0,08 do 2,69 m³, v povprečju je volumen bremena znašal 0,86 neto m³. Največja razdalja zbiranja je bila do 30 m. Drevje za posek je bilo izbrano glede na sestojne razmere, gojitvene cilje in uporabljeno tehnologijo spravila v skladu z Vodili dobrega ravnanja. Koncentracija po tekočem metru linije je bila v povprečju za velike žične žerjave s stolpom (Košir s sodel., 2007).

Drevesna metoda je omogočila izdelavo gozdnih lesnih sekancev ob cesti. Meritve sekalnika smo naredili po opravljenem delu žičnega žerjava na objektu. Sekanci so bili izdelani iz kupa vejevine in vrhačev, ki je ostala ob gozdni cesti po delu žičnega žerjava. Na objektu je delo opravljal bobenski sekalnik Starchl MK 74 600, ki je bil montiran na tovornjaku Mercedes-Benz Actros 2640. Sekance so zbirali na kontejnerskih prikolicah, ki so jih vleкли traktorji (preglednica 1, slika 1). Polnjenje ene prikolice smo v študiji razumeli kot en cikel. Stroj omogoča uporabo manjše mreže (50 × 50 mm z lamelami), a so zaradi nezahtevnosti uporabnika surovine pri sekanju uporabili večjo mrežo.



Slika 1: Izdelava sekancev in nakladanje na tovornjak (foto: M. Mihelič)

Figure 1: Production of chips and loading them on a truck (Photo: M. Mihelič)

Preglednica 1: Tehnični podatki sekalnika Starchl MK 74 600

Table 1: Technical data on Starchl MK 74 600 chipper

Širina vstopne odprtine	740 mm
Višina vstopne odprtine	450 mm
Največji premer lesa	450 mm
Število nožev	12
Velikost zamenljive mreže za določanje velikosti sekancev	100 x 100 mm, brez lamel
Najmanjša pogonska moč na priključni gredi	80 kW
Tovornjak	Mercedes-Benz Actros 2640, triosni
Hidravlična roka	Epsilon Palfinger M110L (110 kN, 10,7 m, 425 °)
Kabina za upravljavca sekalnika	Epsilon Epscab CAM/CAE
Grabež	Epsilon FG31R (0,36 m ² , 40 kN, 25 MPa)

Delo je potekalo gladko in brez prekinitev. Največje ozko grlo je bil prevoz sekancev po cesti v dolino, saj na gozdni cesti v strmem terenu ni veliko prostora za obračanje. Prikolici so izmenjevali pri sekalniku in sekance vozili na parkirišče v dolini. Tam so jih stresli na tla in popoldne, ob prihodu tovornjaka s čelnim nakladalnikom, naložili na tovornjak.

Za posnetke delovišča in linije smo uporabili GPS Trimble GeoXT, za spremljanje dela pa metode časovnih študij s programom Laubress UMT Plus na dlančnikih ter popisali poškodbe drevja po sečnji in spravilu lesa (Mihelič, 2014). Podatke o odkazilu, strojih in skupnih učinkih smo pridobili s strani ZGS, Gozdarstva Gorenjske, d. o. o., in Gajles, d. o. o. Nekatere podatke smo poiskali pri proizvajalcih gozdarske opreme. Podatke, s katerimi smo izračunali stroške in prihodke, smo dobili na podlagi lastnih analiz. Stroške izdelave

sekancev smo izračunali po posodobljeni hitri metodi izdelave kalkulacij (Košir, 1987).

V Biomasnem laboratoriju Gozdarskega inštituta Slovenije so bile narejene analize kakovosti sekancev.

3 REZULTATI

3 RESULTS

Po končanem spravilu okroglega lesa so iz sečnih ostankov in vrhačev iz dveh žičničnih linij izdelali gozdne lesne sekance. Delo je potekalo na kamionski cesti. Narejenih je bilo 151 nm³ zelenih sekancev, kar ustreza 40 t sečnih ostankov. Povzetek meritev študija dela je v preglednici 2.

Iz preglednice 2 ugotovimo, da je povprečni čas, potreben za polnjenje prikolice, trajal 23,38 ± 4,17 minute ter povprečni dodatni čas 17,24 ± 9,13 minute. Sekalnik je porabil 0,76 ± 0,13 minute glavnega produktivnega časa za izdelavo

Preglednica 2: Povzetek meritev časa izdelave zelenih gozdnih lesnih sekancev

Table 2: Summary of green chips production time measurements

Cikel	Produktivni čas [min]	Dodatni čas [min]	Količina [nm ³]	Produktivni čas [min/nm ³]	Delovni čas [min/nm ³]
1	24,11	14,89	31,00	0,78	1,26
2	23,15	31,85	31,00	0,75	1,77
3	24,27	10,72	31,00	0,78	1,13
4	28,49	19,71	29,00	0,98	1,66
5	16,86	9,07	29,00	0,58	0,89
Skupna vsota	116,89	86,25	151,00	0,77	1,35

enega nasutega metra zelenih sekancev. Če glavni produktivni čas preračunamo na delovni dan, ugotovimo, da za proizvodnjo enega nasutega metra zelenih sekancev porabimo $1,33 \pm 0,37$ minute.

Povprečni koeficient dodatnega časa je 1,74, kar je v primerjavi s predhodnimi fazami, kot sta sečnja in spravilo, zelo veliko. Takoj pa moramo opozoriti, da je takšna struktura dodatnega časa tipična za fazo izdelave sekancev, pri kateri imamo veliko izgubljenega časa zaradi organizacijskih zastojev. To potrjujejo tudi študije iz tujine, iz katerih izhaja, da povprečni koeficient dodatnega časa pri izdelavi gozdnih lesnih sekancev zavzema vrednosti od 1,34 do 1,39 (Spinelli, 2009). Časi so lahko še daljši in lahko dosežejo celo koeficient 2,75.

sekancev pokaže, da izdelava ene tone sekancev stane $11,38 \pm 3,16$ evra.

Kakovost sekancev je bila majhna, kar smo zaradi slabe kakovosti vhodne surovine tudi pričakovali. Izdelani sekanci so imeli visoko vsebnost vode; povprečna vsebnost vode je znašala $40,3 \pm 3,30$ %. Prav tako je bila zelo problematična velikostna struktura sekancev. Delež delcev normalnih velikosti (od 100 mm do 3,15 mm) je znašal 76,15 %, kar je zelo malo. Zelo velik je bil delež finih delcev, torej delcev, manjših od 3,15 mm, ki je znašal kar 19,75 %. Takšni sekanci so po kakovosti primerni le za uporabo v velikih sistemih, ki so prilagojeni za uporabo takšne kakovosti lesne biomase.

Preglednica 3: Učinki in stroški posameznega cikla in povprečja (teža $1 t = 3 \text{ nm}^3$)
Table 3: Effects and costs of an individual cycle and of the average (weight $1 t = 3 \text{ nm}^3$)

Cikel	nm^3/h	$\text{€}/\text{nm}^3$	$\text{€}/\text{t}$
1	43	3,16	10,53
2	30	4,53	15,10
3	47	2,89	9,64
4	32	4,25	14,15
5	60	2,27	7,55

Povsod se kot kritična izkazuje organizacija delovnega procesa, kjer je pogosto ozko grlo prav prevoz sekancev oziroma razpoložljivost tovornjakov za odvoz sekancev (Mihelič, 2015).

Če bi poleg izmerjenega dodatnega časa upoštevali še glavni odmor in pripravljalo-zaključni čas, bi povprečni učinek na delovno uro ocenili na okoli $40 \text{ nm}^3/\text{h}$, kar je od 10 do 15 t/h. Ti učinki ustrezajo srednje velikemu sekalniku in vrsti surovine. Izdelava sekancev iz sečnih ostankov ob cesti (na skladišču) je namreč zahtevnejša ter posledično manj učinkovita, kot je izdelava sekancev iz surovine, ki je večjega volumna (goli, drevje iz redčenj itn.).

Ugotovili smo, da s sekalnikom v omenjenih razmerah z navedeno surovino naredimo $42,4 \pm 12,18 \text{ nm}^3$ sekancev v eni delovni uri. Če v izračunu upoštevamo še strošek dela, ugotovimo, da izdelava enega nasutega metra zelenih sekancev stane $3,41 \pm 0,95$ evra. Preračun na tono izdelanih

4 ZAKLJUČKI

4 CONCLUSIONS

Način izbire drevja v koridorjih zbiranja je pozitivno vplival na sprejemljiv obseg učinkov. Od skupno označenega drevja za posek je bilo 150 m^3 oblovine listavcev 140 m^3 oblovine iglavcev. Poleg tega je bilo iz sečnih ostankov dveh žičničnih linij 151 nm^3 gozdnih lesnih sekancev. Koncentracija lesa je bila $1,22$ bruto m^3/m linije oz. okoli 1 neto m^3/m linije, kar štejemo za ugodno.

Za izdelavo 151 nm^3 gozdnih lesnih sekancev je bilo porabljenih 203 min (brez glavnega odmora in pripravljalo zaključnega časa). To velja za čase, ki so bili porabljeni na delovišču, in ne vključuje časov premikov strojev do delovišča. Pri investiciji 480.000 € (nov tovornjak, dvigalo, kabina in sekalnik) je izračunana strojna ura okoli 120 €/h, h kateri smo prišteli še stroške dela enega delavca brez poslovne režije. Prodajna cena delovne ure takšnega sekalnika je 136 €/h. V primerjavi s

podobnimi študijami (Spinelli, 2007) je v naših razmerah cenejša predvsem cena dela. Preračunano na eno tono bi stroški znašali od 7,55 do 15,10 €/t oz. okoli 2,89 do 4,53 €/nm³ brez upoštevanja zastojev in prekinitev. V teh stroških ni stroškov premikov tovarnjaka in dovoza sekalnika na skladišče ter tudi stroškov transporta do kupca. Ker se sečni ostanki ob cesti štejejo kot ostanek pri izdelavi okroglega lesa, vrednost surovine ni všteta v vrednost sekancev.

Na temelju izračunov bi lahko zaključili, da se tako velikih in dragih strojev ne splača kupovati, saj z manjšimi stroji lahko dosežemo večjo izkoriščenost strojev. Če bi namreč sekalnik imel manjše učinke, bi preprosto delal več časa in posledično bi imeli manj neproduktivnega časa. Takšna rešitev pa ni učinkovita, saj težava ni samo v izdelavi sekancev, temveč tudi v organizaciji prevoza. Podjetniki se namreč raje odločijo za nakup zmogljivejšega sekalnika z večjimi učinki, saj s takšnim strojem lahko hitro napolnijo tovarnjak. Ravno to pa je kritičen element, saj tako velik sekalnik za normalno delovanje potrebuje podporo več tovarnjakov. Na tak način zmanjšamo čas polnjenja tovarnjakov in tako povečamo njihovo izkoriščenost. Pri sekalnikih z velikimi učinki je torej glavni izziv dobra organizacija celotnega delovnega procesa, torej sekanja in transporta. Le tako lahko zmanjšamo že tako velik delež neproduktivnega časa (Mihelič, 2015; Spinelli, 2014; Spinelli, 2012).

Primer dela na gorskih cestah, kjer ni dovolj prostora za uporabo sekalnika in tovarnjaka, je poseben izziv. Sekance je namreč treba nekako dostaviti do prostora, kamor lahko varno pripelje tovarnjak. V našem primeru je bilo tovarnjak nemogoče pripeljati do kupa sečnih ostankov oziroma bi do tja lahko z vzvratno vožnjo pripeljal le solo tovarnjak. V takšnih primerih je v navadi uporaba traktorskih prikolic za prevoz sekancev do začasnega skladišča, kjer sekance stresejo na tla, nato pa jih na tovarnjak naložijo s čelnim nakladalnikom na traktorju. Tak način dela podraži izdelavo sekancev, vendar moramo vedeti, da se tega poslužujemo le tam, kjer drugačen način dela ni mogoč (Spinelli, 2014).

5 VIRI

5 REFERENCES

- Beltram, V. 1962. Sečnja bukve na suš konec avgusta. *Gozd.V.*, Ljubljana, 3: 211–217.
- Bezovnik, Š. 2007. Primerjava dveh sekalnikov za izdelavo lesnih sekancev, diplomsko delo.
- Biščak, L. 2008. Tehnološke in ekonomske možnosti izrabe sečnih ostankov po strojni sečnji za energetske potrebe, diplomsko delo, Ljubljana, 71 str.
- Čokl, M. 1981. Količina in struktura sečnih ostankov v gozdu. *Gozdarski vestnik*, Ljubljana, 39, 2: 49–53.
- Grbec, S. 2009. Kompleksna presoja odvzema lesne biomase iz ekosistema v tehnološke namene : diplomsko delo - univerzitetni študij, Ljubljana: 64 str.
- Grom, T. 2006. Možnost daljinskega ogrevanja na lesno biomaso v Občini Logatec, diplomsko delo, Ljubljana, 72 str.
- Guček, M., Bončina, A., Diaci, J., Firm, D., Poljanec, A., Rugani, T. 2012. Gozdovi s poudarjeno zaščitno in varovalno funkcijo: značilnosti, valorizacija in gospodarjenje, *GozdV.*, 70, Št. 2, Ljubljana, str. 59–71.
- Jemec, T. 2011. Lesna biomasa iz zunajgozdnih nasadov hitrorastočih vrst, diplomsko delo - univerzitetni študij, Ljubljana, 67 str.
- Košir, B., Žgajnar, L. ,1986. Sekanje drobnega lesa jelše in topola s sekalnim strojem RIKO DS-400 ter nekatere lastnosti izdelanih sekancev. *Gozdarski vestnik*, 3:93–96.
- Košir, B. 1987. Nabavna cena kot kazalec stroškov delovne ure stroja pri spravilu lesa. *Gozdarski vestnik*, 5: 242–248.
- Košir, B., Vončina, J., Peljhan, S., Kovšca, S., Opeka, M., Pogačnik, F., Ernest, R., Žvab, J., Kosič, V., Zavrtanik, Z., Pelhan, E. in sod. 2007. Vodila dobrega ravnanja pri spravilu lesa z žičnico Syncrofalke s procesorjem Woody 60. Idrija, Gospodarsko interesno združenje gozdarstva: 28 str.
- Košir, B., Jež, P. 2008. Sanacija sestojev po požaru na območju Komna. *Gozd. vestn.*, 4: 212–225.
- Košir, B., Jež, P. 2009. Mechanised treatment of a forest area devastated by forest fire for energy purposes. V: GIAMETTA, G. (ur.). *Technology and management to ensure sustainable agriculture, agro-systems, forestry and safety. Forestry utilization in Mediterranean countries with particular respect to sloping areas. Reggio Calabria: DISTAFA*, str. 2245–2249.
- Krajnc, N., Piškur, M., Klun, J., Premrl, T., Piškur, B., Robek, R., Mihelič, M., Sinjur, I. 2009. Lesna goriva, drva in lesni sekanci. *Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica*, Ljubljana, 81 str.
- Kucler, P. 2010. Učinki in stroški izdelave lesnih sekancev s sekalnikom Eschlböck biber 70-RM, diplomsko delo - visokošolski strokovni študij, Ljubljana, 74 str.

- Mihelič, M. 2014. Gospodarnost in okoljski vidiki tehnologij pridobivanja lesnih sekancev za energetska rabo, UL, BF, Odd za gozd., doktorska disertacija, Ljubljana, 285 str.
- Mihelič, M., Košir, B. 2012. Meritve tehnološkega vidika pridobivanja lesa v varovalnih gozdovih, Poročilo projekta, nepubl., Ljubljana, 17 str.
- Mihelič, M., Spinelli, R., Magagnotti N., Poje, A. 2015. Performance of a new industrial chipper for rural contractors. *Biomass and Bioenergy*, 83, str. 152–158.
- Mihelič, T. 2010. Produktivni potencial drevesnih vrst, primernih za kratke obhodnje na Slovenskem, Diplomsko delo - visokošolski strokovni študij, Ljubljana, 55 str.
- Polšak, A. 2004. Konkurenčnost lesne biomase v primerjavi z ostalimi energenti: diplomsko delo, 76 str.
- Rebula, E. 1990. Drevesna metoda sečnje in spravila in učinki pri delu. IGLG, BF, Zb.gozd in les. Ljubljana, str. 121–148.
- Rosc, J. 2012. Vpliv načina shranjevanja gozdnih sekancev na njihovo vlažnost, diplomsko delo, visokošolski strokovni študij, UL, BF, Odd.za gozd., Ljubljana, 45 str.
- Spinelli, R., Cavallo E., Facello A. 2012. A new comminution device for high-quality chip production. *Fuel Processing Technology*, 99, 69–74.
- Spinelli, R., Di Gironimo G., Esposito G., Magagnotti N. 2014. Alternative supply chains for logging residues under access constraints. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29, 3: 266–274.
- Spinelli, R., Nati C., Magagnotti N. 2007. Recovering logging residue: experiences from the Italian Eastern Alps. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 28, 1: 1–9.
- Spinelli, R., Visser, R. J. M. 2009. Analyzing and estimating delays in wood chipping operations. *Biomass and Bioenergy*, 33, 3: 429–433.
- Spрук, J. 2006. Pridobivanje in sušenje polen, diplomsko delo, UL, BF, Odd.za gozd., Ljubljana, 42 str.
- Škvarč, J. 2010. Morfologija sekalnikov za izdelavo gozdnih lesnih sekancev, UL, BF, Odd.za gozd., diplomsko delo, Ljubljana, 83 str.
- Vipotnik, T. 2008. Biomasni sistem v podjetju TISA d.o.o., UL, BF, Odd.za gozd., Ljubljana, 47 str.
- Žgajnar, L. 1986. Sekanci: nova oblika gospodarnejše porabe sečnih in drugih lesnih ostankov za kurjavo, (Poljudna knjižnica, zv. 1). Ljubljana: Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, 1986. 17 str.
- Žgajnar, L. 1992 a. Se bomo evropeizirali končno tudi po načinu merjenja industrijskega lesa?!. *Gozdarski vestnik*, 50, 2: 112–114.
- Žgajnar, L. 1992 b. Drva so le pogojno ekološko čist vir energije. *Gozdarski vestnik*, 50, 4: 231–234.