

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE
VIRE

Štefan BEZOVNIK

**PRIMERJAVA DVEH SEKALNIKOV ZA IZDELAVO
LESNIH SEKANCEV**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Štefan BEZOVNIK

**PRIMERJAVA DVEH SEKALNIKOV ZA IZDELAVO LESNIH
SEKANCEV**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**COMPARISON OF TWO WOOD CHIPPERS FOR PRODUCING
WOOD CHIPS**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Univerzi v Ljubljani, Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete. Meritve so bile opravljene na centralnem skladišču lesne biomase v Lučah.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja imenovala prof. dr. Boštjana Koširja, za recenzenta pa je bil imenovan dr. Jurij Marenče.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora: 21.12.2007

Diplomska naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Podpis:

Štefan Bezovnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn

DK GDK 33+307(043.2)=163.6

KG lesna biomasa/ lesni sekanci /izdelava lesnih sekancev/primerjava dveh
sekalnikov/delovni čas/učinek/gospodarnost

AV BEZOVNIK, Štefan

SA KOŠIR, Boštjan (mentor)

KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83

ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in
obnovljive gozdne vire

LI 2007

IN PRIMERJAVA DVEH SEKALNIKOV ZA IZDELAVO LESNIH SEKANCEV

TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)

OP IX, 57 str., 17 pregl., 17 sl., 9 pril., 35 vir.

IJ sl

JI sl/en

AI Pomen in uporaba lesne biomase kot obnovljivega naravnega vira postajata vse bolj aktualna. Zato smo se osredotočili na osvetlitev celostnega problema izdelave lesnih sekancev s primerjavo dveh sekalnikov. Primerjali smo sekalnik na kamionu Holzmatic BHM 1000 s sekalnikom Eschlböck Biber 70, pripetim na traktor. Temelj primerjave so predstavljali izkoriščenost delovnega časa in njegova struktura, učinkovitost sekalnikov, poraba goriva in gospodarnost izdelave lesnih sekancev iz smrekovih goli ter žamanj. Informativno smo izmerili tudi vlago ter težo lesnih sekancev. Ničelno kronometrično metodo smo uporabili za ugotavljanje strukture delovnega časa. Metodo merjenja učinkov smo uporabili za ugotavljanje učinkovitosti sekalnikov. Porabo goriva in kalkulacijo stroškov smo ugotovili z metodo merjenja porabe goriva in standardno metodo ugotavljanja stroškov. Vlago v sekancih in težo sekancev smo ugotovili z metodo merjenja vlage in metodo merjenja teže. Ugotovili smo, da je sekalnik na kamionu učinkovitejši, gospodarnejši, ob izdelavi nasutega kubičnega metra lesnih sekancev varčnejši, hkrati pa z manj ugodno strukturo delovnega časa letno manj izkoriščen. V želji po doseganju evropskih energetskih ciljev bo treba močno pospešiti uporabo obnovljivih virov energije, tudi lesne biomase. Vendar ne na račun kvalitete slovenskih gozdov.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn

DC FDC 33+307(043.2)=163.6

CX Wood biomass/wood chips/production/comparison of two chippers/working hours/effect/economy

AU BEZOVNIK, Štefan

AA KOŠIR, Boštjan (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83

PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources

PY 2007

TI COMPARISON OF TWO WOOD CHIPPERS FOR PRODUCING WOOD CHIPS

DT Graduation Thesis (Higher professional studies)

NO IX, 57 p., 17 tab., 17 fig., 9 ann., 35 ref.

LA sl

AL sl/en

AB Significance and usage of wood biomass as a renewable energy resource nowadays attracts the attention of more and more people. Consequently, the problem of making wood chips was enlightened by focusing on the comparison of two wood chippers: Holzmatic BHM 1000 chipper mounted on a truck and Eschlböck Biber 70 tractor powered chipper. The basis for comparison was the utilization of working hours and their structure, the efficiency of chippers, fuel consumption and the economy of producing wood chips from pine tree logs and slabs. Moisture and weight of wood chips was measured as well. The snap - beck chronometric method was used to establish the structure of working hours, whereas the efficiency of chippers was determined by the method of measuring effects. Fuel consumption and costs calculation was determined by the fuel consumption measuring method and the standard method of determining costs. Further, the moisture and weight of wood chips was established by the method of measuring moisture and weight respectively. To conclude, the chipper mounted on a truck is more effective and economical while producing one cubic meter of wood chips. Still, the structure of working hours of the wood chipper is less satisfactory and its utilisation per year is therefore lower. Finally, in order to fulfil the European energy goals, the use of renewable energy resources, including wood biomass, will have to be better promoted. However, not at the expenses of the quality of Slovene forests.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	2
1.2 CILJ RAZISKOVANJA	3
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	3
2 PREGLED OBJAV O LESNI BIOMASI	4
2.1 VRSTE SEKALNIKOV IN TEHNOLOGIJE IZDELAVE	5
2.2 POMEN LESNE BIOMASE IN NJENI VIRI	6
2.3 OBLIKE LESNE BIOMASE IN NJIHOVE LASTNOSTI	8
3 MATERIAL IN METODE DELA	11
3.1 VHODNA SUROVINA IN NJENE LASTNOSTI V LOKALNEM OKOLJU	12
3.1.1 Lokalna uporaba lesne biomase in njen potencial	13
3.2 IZDELOVALEC IN DISTRIBUTER LESNE BIOMASE	18
3.3 METODA MERJENJA TEŽE	18
3.4 METODA PROUČEVANJA ČASA	19
3.4.1 Ničelna kronometrična metoda	21
3.5 METODA MERJENJA PORABE GORIVA	22
3.6 METODA MERJENJA VLAGE	23

3.7 METODA MERJENJA UČINKOV	25
3.8 KALKULACIJA STROŠKOV PO STANDARDNI METODI.....	27
3.9 OBJEKT RAZISKAVE.....	28
3.9.1 Sekalnik Eschlböck Biber 70 in pogonski traktor JCB Fastrac 3220.....	28
3.9.2 Sekalnik Holzmatic BHM 1000 na kamionu MAN TGA 26.480.....	32
4 REZULTATI MERITEV	39
4.1 REZULTATI MERJENJA TEŽE	39
4.2 REZULTATI MERJENJA STRUKTURE DELOVNEGA ČASA	40
4.3 REZULTATI MERJENJA VLAŽNOSTI LESNIH SEKANCEV	41
4.4 REZULTATI MERJENJA UČINKOV SEKALNIKOV	42
4.5 REZULTATI MERJENJA PORABE GORIVA.....	46
4.6 IZKORIŠČENOST SEKALNIKOV IN REZULTATI KALKULACIJE STROŠKOV	48
5 SKLEPNE UGOTOVITVE IN RAZPRAVA	51
6 POVZETEK.....	53
7 VIRI IN LITERATURA	54
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Splošni podatki o občinah in gozdovih Zgornje savinjske doline.....	16
Preglednica 2: Razmerje med vsebnostjo vode in vlažnostjo v lesu.....	23
Preglednica 3: Izmerjena ter korigirana teža lesnih sekancev za nm^3	39
Preglednica 4: Primerjava strukture delovnega časa.....	40
Preglednica 5: Izmerjena vlažnost lesnih sekancev.....	41
Preglednica 6: Poraba časa za izdelavo kubičnega metra nasutih sekancev (min/nm^3).....	43
Preglednica 7: Poraba časa za izdelavo kubičnega metra nasutih sekancev (s/nm^3).....	43
Preglednica 8: Poraba časa za izdelavo ene tone nasutih sekancev (min/t).....	44
Preglednica 9: Učinek sekalnikov v delovnem dnevu.....	44
Preglednica 10: Učinek sekalnikov v delovni uri.....	45
Preglednica 11: Poraba goriva v posnetem času.....	46
Preglednica 12: Poraba goriva v delovni uri in delovnem dnevu.....	47
Preglednica 13: Povprečna poraba goriva glede na povprečni učinek sekalnikov.....	47
Preglednica 14: Izkoriščenost sekalnikov na letni ravni.....	48
Preglednica 15: Kalkulacija stroškov za oba sekalnika.....	49
Preglednica 16: Stroški sekalnikov na nm^3 lesnih sekancev.....	50
Preglednica 17: Stroški sekalnikov v časovnih enotah.....	51

KAZALO SLIK

Slika 1: Sodoben visoko produktiven sekalnik za izdelavo lesnih sekancev BHM 1000	2
Slika 2: Primerjan Eschlböckov sekalnik za izdelavo lesnih sekancev Biber 70	2
Slika 3: Lesna biomasa v obliki polen (cepanice zložene v skladovnici)	8
Slika 4: Lesna biomasa v obliki sekancev (zdrobljeni koščki lesa)	9
Slika 5: Lesna biomasa v obliki pelet (stiskancev).....	10
Slika 6: Lesna biomasa v obliki briket	11
Slika 7: Gannov elektronski merilec vlažnosti v lesu (slika proizvajalca).....	25
Slika 8: Flieglovi prikolici za volumensko izmero lesnih sekancev	26
Slika 9: Pogonski agregat traktor JCB Fastrac 3220 (slika proizvajalca)	29
Slika 10: Pogled na Eschlböckov sekalnik za izdelavo lesnih sekancev Biber 70.....	31
Slika 11: Sekalnik Eschlböck Biber s pogonskim traktorjem JCB Fastrac 3220 med opravljanjem delovnega procesa	32
Slika 12: Osnovna različica kamiona MAN brez nadgradnje in sekalnika	33
Slika 13: Adaptirana kabina s prozorno zadnjo steno, komandnim pultom in sedežem	34
Slika 14: Sedež s spodaj nameščenim premičnim mehanizmom	35
Slika 15: Komandni pult in sedež v delovnem položaju	35
Slika 16: Izdelava lesnih sekancev na centralnem skladišču.....	37
Slika 17: Masovno izletavanje sekancev iz izletne odprtine na prikolico	37

KAZALO PRILOG

Priloga A

Snemalni list za ugotavljanje strukture delovnega časa

Priloga B

Izračuni porabe goriva in izkoriščenosti sekalnikov

Priloga C 1

Struktura delovnega časa za sekalnik Eschlböck Biber 70 ob drobljenju goli

Priloga C 2

Struktura delovnega časa za sekalnik Eschlböck Biber 70 ob drobljenju žamanja

Priloga C 3

Struktura delovnega časa za sekalnik Holzmatic BHM 1000 ob drobljenju goli

Priloga C 4

Struktura delovnega časa za sekalnik Holzmatic BHM 1000 ob drobljenju žamanja

Priloga D 1

Kalkulacija stroškov za sekalnik Holzmatic BHM 1000 in pogonski agregat MAN

TGA 26.480

Priloga D 2

Kalkulacija stroškov za sekalnik Eschlböck Biber 70 in pogonski agregat JCB Fastrac 32

Priloga D 3

Kalkulacija stroškov v časovnih enotah

1 UVOD

Energetska izraba lesa predstavlja enega pomembnejših obnovljivih virov energije v Sloveniji. Evropska energetska politika temelji na formuli 3 X 20 do leta 2020. Torej na 20 % zmanjšanju izpustov emisij ogljikovega dioksida, 20 % zmanjšanju porabe primarne energije in 20 % povečanju deleža obnovljivih virov v celotni oskrbi v uniji (Predlogi o prihodnosti Evropske energetske politike, 2007). S povečevanjem rabe lesne biomase lahko Evropska unija zmanjša odvisnost od uvoza fosilnih goriv, zmanjša emisije toplogrednih plinov in spodbuja regionalni razvoj predvsem ruralnih predelov (Krajnc s sod., 2007). Danes je v Sloveniji delež uporabe obnovljivih virov v energetske namene 11 %, lesna biomasa pa v celotni strukturi virov primarne energije predstavlja 3,6 % (Kovač, 2006). Zato lahko pričakujemo težnjo po povečani rabi lesa v sodobnih energetskih sistemih, ki je za Slovenijo kot gozdnato državo zelo pomembna, predvsem z vidika zanesljivosti, konkurenčnosti energetske oskrbe ter varstva okolja.

Sodoben razvoj znanosti in tehnologije je privedel do napredka tudi na področju oskrbe z energijo, ki izhaja iz lesa. Še nedavno so veljali tradicionalni načini ogrevanja z lesno biomaso za pretežni del oskrbe z energijo (ogrevanje na polena). Danes pa so se jim pridružili naprednejši načini, ki temeljijo na sodobnih oblikah lesne biomase kot goriva ter sodobni in učinkoviti energetske izrabi lesa. Učinkovita raba lesa temelji na izkoriščanju čim večjega deleža energije, ki jo je narava uskladiščila v lesu, ob čim manjšem negativnem vplivu na okolje in hkratni udobni, enostavni ter fizično manj naporni uporabi.

Vzporedno z razvojem novih oblik lesne biomase kot goriva ter naprednih načinov ogrevanja z lesno biomaso pa se je razvijala tudi tehnika ter tehnologija za pridobivanje novih oblik. Stisnjeni delci, imenovani peleti, so narekovali izoblikovanje stiskalnic, težnja po fizično manj naporni izdelavi polen je privedla do rezalno cepilnih naprav. Ideja o lesnih sekancih pa je omogočila pojav strojev za izdelavo lesnih sekancev, imenovanih sekalniki. Le ti so se skozi čas počasi razvijali, prilagajali ter izoblikovali vse do današnjih najsodobnejših oblik. Lastnost sodobnih sekalnikov je avtomatizirana tehnologija priprave lesnega kuriva, z visoko zmogljivostjo in učinkovitostjo.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Naloga temelji na primerjavi dveh sodobnih sekalnikov za izdelavo lesnih sekancev.



Slika 1: Sodoben visoko produktiven sekalnik za izdelavo lesnih sekancev BHM 1000



Slika 2: Primerjan Eschlböckov sekalnik za izdelavo lesnih sekancev Biber 70

Povod za samo raziskavo je v dejstvu, da imamo malo konkretno izmerjenih podatkov o delovnem času sekalnikov, njihovih učinkih, porabi goriva ter stroških izdelave lesnih sekancev v sodobnem času. Snemanje študije časa ter učinkovitosti sekalnikov v Sloveniji

še ni bilo opravljeno oziroma so podatki že tako zastareli, da niso več primerljivi z današnjimi sodobnimi in visoko produktivnimi sekalniki.

1.2 CILJ RAZISKOVANJA

Cilj naloge je ugotoviti izkoriščenost delovnega časa sekalnikov na podlagi snemanj in meritev. Vzporedno smo želeli ugotoviti učinkovitost oziroma storilnost sekalnikov v delovnem času. Cilj naloge je ugotoviti tudi porabo goriva ob izdelavi lesnih sekancev za oba sekalnika pri uporabi različnih vhodnih surovin. Ugotavljanje strukture delovnega časa ter izvedba kalkulacije stroškov dela obeh sekalnikov prav tako predstavlja cilj našega raziskovanja. Končni cilj pa je rezultate snemanj in meritev primerjati med sabo.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Oba sekalnika sta primerna za sekanje goli in žamanja. Torej so za obe vhodni surovini zagotovljene enake karakteristike sekalnikov in omogočene enake lastnosti delovnega postopka. Odprta vprašanja, ki se zastavljajo sama po sebi, so v obliki hipotez predstavljena v naslednjem odstavku.

Predvidevamo, da je sekalnik na kamionu učinkovitejši od sekalnika, pripetega na traktor. Predvidevamo, da v enakem obsegu časa izdelava večjo količino nasutih sekancev. Torej za izdelavo enote nasutih lesnih sekancev porabi manj časa od sekalnika, pripetega na traktor. Sekalnik na kamionu je večji, robustnejši, mobilnejši ter hitrejši od primerljivega sekalnika, zato sklepamo, da je gospodarnejši. Predvidevamo, da je poraba goriva na enoto nasutih sekancev večja pri Eschlböcku Biber 70. Prav tako predvidevamo, da ima sekalnik, pripet na traktor večji delež neproduktivnega časa v strukturi delovnega časa. Predvidevamo pa tudi večjo letno izkoriščenost sekalnika na kamionu. Za ta vprašanja bomo v nadaljevanju poizkušali poiskati ustrezne rešitve.

2 PREGLED OBJAV O LESNI BIOMASI

Slovenija razpolaga z gozdovi, ki so veliko naravno bogastvo. V razumnem delu lahko gozdovi predstavljajo tudi energetske vir (Kovač, 2006). "Slovenija spada med najbolj gozdnate države v Evropi, saj gozd pokriva kar 57,9 % površine. To predstavlja 1.173.847 hektarjev gozdov, na katerih je shranjenih 307.688.891 m³ ali povprečno 262,12 m³ lesa na hektar. Lesno zalogo sestavlja 47,02 % iglavcev ter 52,98 % listavcev. Vsako leto pa priraste dodatnih 7.652.022 m³ ali 6,48 m³ na hektar. V zadnjih nekaj letih je bilo v slovenskih gozdovih skupno posekanih za tri milijone kubičnih metrov dreves letno, od tega 60 % iglavcev in 40 % listavcev. V letu 2006 pa je bilo v slovenskih gozdovih skupno posekanih 3.718.263 m³ dreves, od tega 2.242.755 m³ iglavcev in 1.475.508 m³ listavcev. V primerjavi z letom 2005 se je posek povečal za 14,9 % in je bil najvišji v zadnjih petnajstih letih. Posek še naprej zaostaja za možnim posekom po gozdnogospodarskih načrtih in znaša 82 % možnega poseka in 48,6 % tekočega prirastka. Razlog tiči v družbenih spremembah ter razdrobljeni gozdni posesti" (Zavod za gozdove, 2006). "Lesna zaloga se v slovenskih gozdovih sicer kopiči, vendar selektivno. Nerealiziran ostaja predvsem posek lesa slabše kakovosti, ki pa ga lahko s pridom izkoristimo v energetske namene doma ali pa v lokalnem okolju. Lesna biomasa, izhajajoča iz gozdov, je namreč domač, okolju prijazen, lokalno dostopen, ekonomičen ter obnovljiv vir energije, koristno uporaben v energetske namene" (Krajnc in Kopše, 2005).

"Eden od pomembnih korakov k spreminjanju razmer na področju zainteresiranosti lastnikov do svojega gozda je bil narejen v letu 2006 z ustanovitvijo zveze društev lastnikov gozdov. Združenja lastnikov gozdov so interesna združenja, ki veliko pripomorejo k izobraženosti in ozaveščenosti lastnikov. V prihodnosti bi se morali lastniki gozdov povezovati tudi kapitalsko in na trgu nastopati skupaj. Proizvodnja lesne biomase in energetske pogodbeništvost sta koraka v to smer in sta lahko nov vir dohodka za lastnike gozdov. Raba lesa bi morala postati ena glavnih razvojnih usmeritev v predelih z nadpovprečno gozdnatostjo." (Krajnc s sod., 2007).

2.1 VRSTE SEKALNIKOV IN TEHNOLOGIJE IZDELAVE

Pomen lesnih sekancev za energetske namene je bil v bližnji preteklosti večji v nekaterih deželah. Mednje lahko uvrstimo Finsko, Avstrijo, Švico. Gozdne lesne sekance izdelujemo s sekalniki, ki pa so lahko različnih izvedb. "Poznamo stroje, ki izdelujejo sekance bolj ali manj enakih dimenzij (grobe sekance 6 - 15 cm, fine sekance 1 - 3 cm), in sekalnike, pri katerih je dolžina sekancev nastavljiva (1 - 15 cm). Glede na obliko poznamo vgrajene sekalnike, h katerim je potrebno s posebnimi gozdarskimi transportnimi kompozicijami pripeljati ustrezno surovino. Premični sekalniki so lahko vgrajeni na vozilu (kamion), lahko so samostojni z motorjem ali pa narejeni kot priključki za traktor. Večina sekalnikov (z izjemo najmanjših) ima danes naprave za strojno podajanje surovine v dovajalno ustje sekalnika. Največkrat so to hidravlične nakladalne naprave, večji sekalniki pa imajo tudi transporterje. Osnovni agregat teh strojev je sekalna naprava, ki je lahko polžasta ta je redka), diskasta (2 - 4 noži na vrtečem disku) ali bobnasta (2 ali več nožev na vrtečem se bobnu). Vrsta sekalnika vpliva tudi na smer vlaken v sekancih.

Učinki sekalnikov so odvisni od vrste stroja in surovine. Manjši sekalniki z ročnim podajanjem dosežajo učinke od 3 - 5 nm³/h, če izdelujejo sekance iz sečnih ostankov in od 10 - 15 nm³/h, če je vhodna surovina les iz redčenj (premeri okrog 7 - 8 cm). Sekalniki s strojnim podajanjem dosežajo učinke okrog 50 nm³/h. Največji, ki izdelujejo lesne sekance iz sečnih ostankov in so del strojne garniture, ki opravi tudi kleščenje dreves, pa dosežajo celo 300 nm³/h. Posebna skupina sekalnikov, lahko bi jim rekli sekalniki - zgibniki ali sekalni harvesterji, so grajeni kot zgibni prikoličarji z zaprtim prostorom za sekance, s sekalnikom in nakladalno napravo za podajanje surovine. Namenjeni so za izdelavo lesnih sekancev v gozdu, kjer pobirajo sečne ostanke, izdelajo sekance in jih vozijo po brezpotju oziroma po vlaki do kamionske ceste, kjer preložijo sekance v zabojnike, na kamion ali priklopnik za odvoz sekancev. Redkeje so v uporabi tako imenovani sekalni harvesterji, ki opravijo prav vse faze izdelave in transporta sekancev od panja do kamionske ceste in jih uporabljajo pri redčenjih iglavcev. Če izdeluje bele sekance, s harvesterjsko glavo podre drevo in ga oklesti ter poda v lupilni stroj. Od tod naprej je proces avtomatiziran. Iz lupilnega stroja gre obeljen les v sekalnik, ki preko vgrajene cevi naklada sekance v

kontejner na vozilu. Ko je zabojnik poln, stroj odpelje tovor do kamionske ceste, kjer ga zvrne v kamion ali priklopnik za prevoz sekancev" (Košir, 1999).

Pri nas poznamo samostojne sekalnike z lastnim motorjem, premične sekalnike, vgrajene na vozilih (kamion) in pa sekalnike, pripete kot priključek na traktorju. V zadnjih petih letih se je število sekalnikov povečalo iz nič na več kot 30 (Krajnc s sod, 2007).

2.2 POMEN LESNE BIOMASE IN NJENI VIRI

"Biomasa v najširšem pomenu besede pomeni vso organsko snov na nekem območju. V ožjem pomenu besede pa je biomasa vsa organska snov na nekem območju, ki jo lahko uporabimo kot vir energije (les in lesni ostanki - lesna biomasa, ostanki iz kmetijstva, nelesnate rastline uporabne za proizvodnjo energije, ostanki pri proizvodnji industrijskih rastlin, sortirani odpadki iz gospodinjstev...). Klasifikacija uvršča biomaso med obnovljive vire energije, uporabna je lahko v plinastem (bioplín), tekočem (biogoriva) ali trdnem stanju. V skupino trdne biomase spada lesna biomasa, ki pravzaprav predstavlja les uporaben v energetske namene" (Krajnc in Kovač, 2003). Zmotno je mišljenje, da pojem lesna biomasa označuje le sodobno uporabo sekancev in pelet. Ko govorimo o učinkoviti rabi lesne biomase v energetske namene, govorimo o učinkoviti in sodobni rabi vseh oblik lesa (Krajnc, 2003).

"Les je glavno prevodno in mehansko tkivo drevesa, nastaja z delitvijo celic na notranji strani kambija. Kambialni obroč tvori navznoter celice lesa (sekundarni ksilem), ki se razvijejo v traheide, traheje ter lesna vlakna in navzven sekundarni floem ali skorjo" (Sinkovič, 2000). "Les sestavljajo naslednji kemični elementi: ogljik (50 %), kisik (43 %), vodik (6 %) in dušik (1 %). Kemična sestava lesa pa je naslednja: celuloza (40 - 50 %), hemiceluloze (24 - 33 %), lignin (20 - 35 %) in spremljajoče snovi (škrob, sladkor, smola, čreslovina, barvila, strupi, 3 - 4 %). Kurilna vrednost posameznih sestavin ni enaka (na primer lignin ima višjo kurilno vrednost kot celuloza, zato je kurilna vrednost iglavcev, ki imajo več lignina, pri enaki masni enoti, višja kot pri listavcih)" (Lesna biomasa - les kot gorivo, 2005).

Viri lesne biomase, uporabne v energetske namene, so (Krajnc in Kovač, 2003):

1. Gozd:

- redni posek (sortimenti slabše kakovosti),
- sečni ostanki (vejevina in vrhači nad 5 cm premera),
- redčenja (drobni sortimenti),
- premene,
- sanitarne sečnje.

2. Kmetijske in urbane površine (zunaj gozdna lesna biomasa):

- krčitve grmišč,
- obnove sadovnjakov in vinogradov,
- vzdrževanje parkov in zelenic,
- čiščenje pašnikov,
- gradnja objektov (gradnja in vzdrževanje avtocest).

3. Lesni ostanki:

- primarna predelava lesa (krajniki, žamanje, očelki, žaganje),
- sekundarna predelava lesa (lesni prah, oblanci, lubje).

4. Odpadni in odslužen les:

- lesna embalaža,
- gradbeni les,
- pohištvo,
- odpadki na komunalnih odlagališčih.

2. 3 OBLIKE LESNE BIOMASE IN NJIHOVE LASTNOSTI

Oblike lesne biomase predstavljamo, da bi ponazorili osnovne razlike med njimi, ter razumeli njihovo sodobno uporabo in uporabnost. Z energijo iz lesa se namreč ogreva več kot 30 % slovenskih stanovanj (Krajnc s sod., 2007). Lesno biomaso kot kurivo lahko uporabimo v štirih različnih osnovnih oblikah (Krajnc in Kopše, 2005).

Polena so tradicionalna oblika lesnega kuriva, vendar še zmeraj zelo aktualna in priljubljena. Polena predstavljajo razžagani in razcepljeni kosi lesa, dolžine 30 - 100 cm, ki jih pridobivamo neposredno iz okroglega lesa slabše kakovosti ali iz predhodno izdelanih metrskih okroglic ali cepanic. Okroglice so en meter dolgi kosi okroglega lesa, pridobljeni iz drobnejšega lesa slabše kakovosti, s premerom pod 10 cm. Cepanice pa so meter dolgi kosi lesa, pridobljeni s cepljenjem okroglega lesa slabše kakovosti, premera nad 10 cm. Največkrat pa pod pojmom polena razumemo predhodno razcepljene in razžagane kose lesa, dolge 30 - 50 cm, primerne za takojšnjo rabo. Ročno izdelovanje polen je naporno, nevarno in zamudno opravilo, zato mehanizirana izdelava vse bolj nadomešča ročno cepljenje. V mislih imamo predvsem horizontalne in vertikalne klinaste cepilne stroje, ki jih priključimo na traktor. Svedrasti cepilni stroji pa se zaradi nizke stopnje varnosti pri delu umikajo iz tržišča. Za izdelavo so danes na voljo tudi rezilno - cepilne naprave oziroma stroji, ki omogočajo avtomatizacijo celotnega procesa izdelave polen.



Slika 3: Lesna biomasa v obliki polen (cepanice zložene v skladovnici)

Pravilno skladiščenje in sušenje lesa bistveno vplivata na vsebnost vode v lesu in ohranjenost lesa, kar pa odločilno vpliva na kurilno vrednost lesa.

Pri pripravi polen zato upoštevamo:

- pravočasnost poseka (zimski ali zgodnja spomladanska sečnja), pozimi ali zgodaj spomladi je vsebnost vode v lesu najmanjša,
- dejstvo, da se okroglice sušijo bistveno počasneje kot cepanice,
- naravno sušenje lesa na suhi in sončni legi je najugodnejše,
- dolžino sušenja (vsaj šest mesecev),
- pokritost in dvig skladovnic od tal.

Sekanci so kosi sesekanega lesa, veliki do 8 cm, težišče pa predstavljajo kosi velikosti od 3 - 5 cm. Običajno lesne sekance izdelujemo iz drobnega lesa, pridobljenega iz redčenj, lesa slabše kakovosti, vejevine in lesnih ostankov (žamanje, krajniki). Kakovost in velikost sekancev sta odvisni od kakovosti vhodne surovine in tehnologije drobljenja. Skladiščenje sekancev je ključno za ohranjanje njihove kakovosti, zato mora biti zalogovnik suh in zračen. Dobro je vedeti, da se sekanci v skladišču ne sušijo; za suhe sekance je potrebno zdrobiti zračno suh les (do 20 % vlažnosti). Surovino za visoko kakovostne sekance moramo posekati najkasneje pozimi.



Slika 4: Lesna biomasa v obliki sekancev (zdrobljeni koščki lesa)

Posekan les mora biti hranjen na zračnem in suhem prostoru čez vse poletje. Sekance izdelamo jeseni, vlažnost naj bi takrat bila od 25 - 30 %.

Za izdelavo sekancev potrebujemo sekalnike. Način polnjenja, pogon in mobilnost določajo izvedbo sekalnika. Sekalnik ima lahko lasten pogon ali pa ga poganja traktor preko kardanskega prenosa. Ročno polnjenje sekalnika je fizično naporno, zamudno in nevarno delo z nizkimi delovnimi učinki. Učinkovitejše in enostavnejše je polnjenje sekalnika z nakladalno napravo. Uporabnost sekalnika definirajo predvsem zmogljivost, maksimalni premer lesa, ki ga še lahko seseka, moč in cena.

Peleti so stisnjeni delci valjaste oblike, dolžine do 30 mm, premera 6 - 8 mm, narejeni iz čistega lesa. Osnovno surovino za izdelavo pelet sestavljajo lesni prah, žagovina ter drobni oblanci. V postopku izdelave se uporabljata visok tlak ter povišana temperatura, ki jo dosežemo v stiskalnicah (peletirkah). Rezultat stiskanja je homogeno kurivo z visoko kurilno vrednostjo na enoto.



Slika 5: Lesna biomasa v obliki pelet (stiskancev)

V postopku stiskanja se zmanjšata vsebnost vode in volumen, povečata pa se gostota in z njo povezana kurilna vrednost. Zato je lahko zalogovnik za pelete do štiri krat manjši, kot pri sekancih. Transport in pakiranje pelet sta enostavnejša, uporaba pa večnamenska.

Briketi so večji stiskanci, saj so narejeni s stiskanjem lubja, suhega lesnega prahu, žagovine, oblancev ter drugih lesnih ostankov. Briketi so lahko različnih oblik in velikosti, odvisno od briketirke. V postopku izdelave se uporabljata zgolj visok tlak in para. Primerni so za redko kurjena ognjišča, kot so kamini, savne, lončene peči idr.



Slika 6: Lesna biomasa v obliki briket

3 MATERIAL IN METODE DE LA

Da bi s snemanji in meritvami dosegli postavljene cilje, torej ugotovili učinkovitost sekalnikov v delovnem času, strukturo in izkoriščenost delovnega časa, gospodarnost sekalnikov, porabo goriva, težo in vlažnost sekancev, smo morali uporabiti različne delovne metode. Pravzaprav je šlo za proučevanje dela, časa, porabe, teže in vlažnosti, z namenom pridobiti zelene informacije. Sprva smo uporabili metodo merjenja teže sekancev vzporedno z njihovo vlažnostjo. Sledilo je merjenje strukture delovnega časa vzporedno z merjenjem porabe goriva. V nadaljevanju smo uporabili metodo merjenja učinkov z volumensko izmero lesnih sekancev in metodo vlažnosti, ob koncu pa še standardno metodo kalkulacije stroškov. Imeli smo seveda dve vhodni surovini in dva sekalnika.

3.1 VHODNA SUROVINA IN NJENE LASTNOSTI V LOKALNEM OKOLJU

Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karsten) je bila uporabljena pri pridobitvi podatkov o učinku, vlažnosti ter teži lesa v dveh oblikah, in sicer v obliki žamanja in goli. Za goli lahko rečemo, da predstavljajo droben okrogel les v dolgem (večinoma do 25 cm premera), žamanje pa predstavljajo ostanki rezanega lesa, zvezani v butare premera 0,70 metra (Kovač, 2006). Na splošno velja, da je smrekovina uporaben, lahek, mehek in svetel les primeren za predelavo in obdelavo (Kotar in Brus, 2003). Vendar je smrekovina zelo primerna tudi za drobljenje v lesne sekance. Uporabnost smrekovega lesa je v preteklosti povzročila prekomerno pospeševanje smreke na rastišča, kjer se smreka ne pojavlja v naravni zgradbi (Kotar in Brus, 2003). "Podoben scenarij se je odvijal tudi na gozdnogospodarskem območju Nazarje, prihajalo je do zasmrečevanj, zaraščanja novin, strmih kmetijskih površin itd. Po podatkih Zavoda za gozdove je tako na celotnem gozdnogospodarskem območju Nazarje največ smrekovih gozdov ter drugih pretežno iglastih gozdov. Smreka predstavlja 62,8 % lesne zaloge. Posledica velikopovršinske in hitre obnove sestojev v 70. in začetku 80. let je razmeroma visok delež drogovnjakov (tanjših in močnejših) ta znaša 22 %, kar predstavlja 10.657 hektarjev območja" (Gozdnogospodarski načrt območne enote Nazarje 2001 - 2010, 2003). Delež drogovnjakov omenjamo zaradi visokega deleža okrogle vhodne surovine, primerne za izdelavo lesnih sekancev. "Iz načrta je razvidno, da je načrtovana površina opravljanja negovalnih del mnogo manjša od celotne površine drogovnjakov. V letvenjaku je načrtovano opravljanje del na 1.530 hektarih, v drogovnjaku pa na 800 hektarjih, skupaj torej le na 2.330 hektarjih to predstavlja slabih 22 % površin, ki jih pokrivajo drogovnjaki. Jasno je, da je načrtovani obseg del glede na celotno površino drogovnjakov dokaj nizek. Razlog tiči predvsem v hitrem preraščanju razvojnih faz, deloma precenjenih načrtovanih negovalnih površinah, uvajanju malopovršinskega gospodarjenja v zadnjih 20. letih ter deloma v nezainteresiranosti lastnikov za opravljanje negovalnih del. Tudi smernice kažejo predvsem težnjo za indirektno nego, nego sestojev na dobrih rastiščih ter nego ogroženih sestojev. Trend negovalnih del je torej regresiven, kar pomeni manjšo količino okrogle vhodne surovine, primerne za izdelavo lesnih sekancev. Po drugi strani pa se lesna zaloga kopiči v razširjenem debelinskem razredu (30 - 49 cm), prirastek se povečuje (trenutno

znaša 6,30 m³/ha), večja se tudi največji možni posek (trenutno 4,23 m³/ha)" (Gozdnogospodarski načrt območne enote Nazarje 2001 - 2010, 2003).

Iz natančnih podatkov o površini negovalnih del, povprečni intenziteti redčenj, povprečni lesni zalogi v drogovnjakih, količini sanitarnega poseka, količini ostankov pri razrezu lesa (žamanje, krajniki), ki ga proizvedejo lesni obrati znotraj območja, in faktorjem izkoriščenosti tehničnega lesa, bi lahko natančno izračunali potencialno količino vhodne surovine za izdelavo lesnih sekancev. Obseg tega dela pa presega okvirje našega problema, zato izračuna v diplomski nalogi ne bomo zajeli.

Zagotoviti bo potrebno nadaljnje poglobljeno spodbujanje opravljanja negovalnih del ter lokalno predelavo okroglega lesa. S tem bodo zagotovljeni pogoji zadostne količine lesa za energetska oskrbo iz lokalnih obnovljivih virov.

3.1.1 Lokalna uporaba lesne biomase in njen potencial

"Za območje Zgornje Savinjske doline lahko rečemo, da se v zadnjih letih uporaba lesne biomase povečuje. Individualni uporabniki se poslužujejo lokalno dostopnega energetskega vira v obliki polen in sekancev, redkeje pa se odločajo za uporabo pelet. Lesne sekance, žagovino, lesni prah, oblance uporabljajo uporabniki z večjimi potrebami po oskrbi z energijo. Vendar tudi delež individualnih uporabnikov ni zanemarljiv. Lokalno lesne sekance izdelujemo predvsem iz lesa iglavcev, zlasti smreke, manj iz jelke. Med sekanci listavcev, katerih uporaba je razmeroma majhna, pa prevladuje uporaba bukve, ponekod gabra in drugih listavcev" (Suhodolnik, 2007).

O sami energetska oskrbi Zgornje Savinjske doline in vzporedno tudi o uporabi lesne biomase govori energetska koncept Zgornje Savinjske doline iz leta 1995, katerega nosilca sta bila občina Mozirje ter ministrstvo za gospodarstvo. "V njem je podjetje IBE d.d. iz Ljubljane na podlagi obstoječega stanja, analize šibkih točk, izbora možnih ukrepov po občinah in prognoze za bodočnost, izdelalo študijo o energetska oskrbi občin Mozirje, Nazarje, Gornji Grad, Ljubno in Luče. Obsežna študija je na podlagi mnogih kriterijev, od gostote odvzema energije, lokacije in porabe velikih porabnikov, ekološke obremenjenosti

področja, verjetnosti priključitve obstoječih porabnikov na nove sisteme, do razpoložljivih obstoječih primarnih virov, vključno z investicijskimi ter obratovalnimi stroški, predvidela možne ukrepe po občinah. Med sabo so primerjali različne vrste energentov na podlagi cen ter škodljivih emisij po enoti končne energije. Na podlagi teh dveh meril je bila lesna biomasa v prednosti pred premogom, mazutom, kurilnim oljem in zemeljskim plinom. Prednost je dobila lesna biomasa povsod, kjer je na razpolago. Premog pa so ocenili kot nezaželen. Za oskrbo območja s toplotno energijo so predvideli tri mogoče načine:

- centralna proizvodnja toplote ter njena porazdelitev na odjemalce preko toplovodov,
- plinarniški sistem z zemeljskim plinom ali tekočim naftnim plinom,
- individualna proizvodnja toplote, s prosto izbiro goriva" (Študija Energetski koncept občine Mozirje, 1995).

Leta 2007 se je pomen biomase, obnovljivega ter lokalno dostopnega vira na območju Savinjske doline, močno okrepil. Od konca 90. let prejšnjega stoletja je k temu veliko pripomoglo podjetje Biomasa d.o.o, ki je s svojim ambicioznim in samoiniciativnim razvojem vzporedno z naraščajočo ekološko ozaveščenostjo ter ugodno ceno lesne biomase doseglo odobravanje lokalnih skupnosti o uporabi lesa kot obnovljivega vira. "Tako se je dovršen del Luč ter Solčave povezal na centralno proizvodnjo toplote preko toplovodnega omrežja ter toplotnih postaj. Tudi v Mozirju je prišlo do uresničitve dveh idej o centralni proizvodnji toplote iz leta 1995; tako sta zaživela dva večja mikro sistema s koriščenjem lesnih sekancev. Veliko individualnih uporabnikov ter malih podjetij se je prav tako odločilo za ogrevanje z alternativnim obnovljivim virom - lesno biomaso" (Program Biomasa d.o.o, 2007). Kljub temu pa je predvsem v Mozirju in Nazarjah ponovno aktualna ideja o plinifikaciji, ki bi prišla iz spodnje Savinjske doline preko Šmartnega.

Doseženi uspehi torej še vedno niso zagotovilo za napredek v oskrbi z obnovljivimi viri. Vse večje potrebe po oskrbi z energijo ter cena močno vplivata na izbiro vira energije, ki ga bodo uporabniki uporabljali. Potrebno bo še veliko naporov, da bo promocija lesnih

obnovljivih virov uspešna, njihova uporaba pa obsežnejša, seveda v okviru lokalnih zmožnosti.

"Potencial lesne biomase je količina lesa, ki je na nekem območju trajno razpoložljiva v energetske namene. Pri tem moramo ločevati med teoretičnim in dejansko razpoložljivim potencialom. Teoretični potencial lesne biomase iz gozdov je vsa lesna biomasa, ki jo teoretično lahko pridobimo iz gozdov. Teoretični potencial lesne biomase gozdov je najvišji dovoljen posek lesa. Dejanski razpoložljivi potencial pa je manjši od teoretičnega zaradi naslednjih dejavnikov:

- načel gospodarjenja z gozdovi - upoštevamo smernice, cilje in ukrepe, predvidene v gozdnogospodarskih načrtih,
- tehnologij pridobivanja in rabe lesne biomase - opremljenost in usposobljenost lastnikov gozdov in gozdarskih podjetji za pridobivanje lesne biomase,
- trga gozdnih lesnih proizvodov - razmerje med stroški pridobivanja in ceno lesne biomase oz. posameznih gozdnih lesnih sortimentov na trgu,
- socialno - ekonomskih razmer lastnikov gozdov - značilnosti posameznih socialno - ekonomskih kategorij lastnikov gozdov in iz tega izhajajoč odnos do gozda.

Kot dejanski potencial lesne biomase iz gozdov tako obravnavamo:

- del realiziranega letnega poseka,
- lesno biomaso iz gojitvenih in varstvenih del v gozdovih,
- lesno biomaso iz melioracij grmišč,
- lesno biomaso iz novogradenj ali vzdrževanja infrastrukture v gozdnem prostoru (krčitve zaradi gradnje vlak ali gozdnih cest, vzdrževanje elektrovodov, avtocest itd.)

Pri analizi dejanskih potencialov nas ne zanima le sedanje stanje temveč tudi njihova trajnost. Predvsem večji sistemi (daljinski sistemi ogrevanja) morajo imeti zagotovljeno oskrbo z lesno biomaso tudi v prihodnosti. Podobna zahteva se poraja tudi v gospodinjstvu, ki se oziroma se bo ogrevalo z lesom" (Lesna biomasa, potenciali po občinah, 2005). V nadaljevanju predstavljamo nekatere splošne podatke in strokovne ocene o potencialih lesne biomase po Zgornje savinjskih občinah iz let 2002, 2003, 2004 in 2005.

Preglednica 1: Splošni podatki o občinah in gozdovih Zgornje savinjske doline

Splošni podatki, kazalci	Občine					
	Luče	Ljubno	Gornji Grad	Solčava	Nazarje	Mozirje
Največji možni posek (m ³ /leto):	25.988	22.343	37.931	23.701	19.824	16.893
Realizacija največjega možnega poseka (m ³ /leto):	10.546	9.005	14.721	8.430	8.060	6.404
Realizacija poseka (%):	40,6	40,3	38,8	35,6	40,7	37,9
Površina gozdov (ha):	9.151	6.000	6.853	8.244	3.203	3.503
Število prebivalcev:	1.608	2.701	2.600	550	2698	3.947
Delež gozda (%):	83,6	76,0	76,1	80,2	73,8	65,4
Delež stanovanj ogrevanih z lesom (%):	75	70	65	84	52	48
Delež zasebnega gozda (%):	48,9	80,5	67,6	53,8	58,3	92,3
Gozd na prebivalca (ha):	5,7	2,2	2,6	15,0	1,2	0,9
Demografski kazalci:	5	4	4	5	3	5
Socialno-ekonomski kazalci:	4	4	4	4	3	4
Gozdnogospodarski kazalci:	5	5	5	5	5	5
Sinteza kazalcev:	5	5	5	5	5	5

Podatki so iz Statističnega urada republike Slovenije ter Zavoda za Gozdove Slovenije (podatki iz baze SWEIS). Strokovne ocene potencialov lesne biomase po občinah so pripravili strokovnjaki Gozdarskega inštituta in Zavoda za gozdove Slovenije v okviru delovne skupine (Lesna biomasa, sinteza kazalcev, 2005). Na potencial oziroma na rabo lesne biomase na ravni občin vplivajo tri skupine kazalcev (Lesna biomasa, sinteza kazalcev, 2005):

- demografski kazalci: v to skupino so uvrstili delež zasebne gozdne posesti, površino gozda na prebivalca in delež stanovanj, kjer za ogrevanje uporabljajo les kot glavni oziroma edini vir energije,
- socialno-ekonomski kazalci: v to skupino so uvrstili delež gozda, realizacijo najvišjega možnega poseka in ocenjen delež lesa primerne za energetsko rabo,
- gozdnogospodarski kazalci: sem so uvrstili povprečno velikost gozdne posesti, delež težje dostopnih in manj odprtih gozdov ter delež mlajših razvojnih faz gozda.

Vidimo, da so v vsaki skupini kazalcev občine razvrstili v pet stopenj, ki so poleg splošnih podatkov in podatkov o gozdovih prikazani v preglednici 1 (Lesna biomasa, potenciali po občinah, 2005). Iz preglednice je razvidno, da vse občine dosegajo najvišjo skupno strokovno oceno po stopnjah (5) o potencialih lesne biomase v občinah. Jasno je razvidno tudi, da je bil dejanski posek nižji od največjega možnega poseka, in da je delež stanovanj ogrevanih z lesom dokaj visok.

"Predstavljena skupna ocena je le eden izmed možnih načinov izračuna in prikaza potencialov lesne biomase na ravni občin. V predstavljenem izračunu so predpostavljali, da so vsi kazalci enako pomembni: Dejansko pa je njihov pomen lahko zelo različen. Razmere v občinah so zelo heterogene, kar v celoti ne moremo trditi za pet zgornje savinjskih občin. Poleg tega ne smemo spregledati dejstva, da so občinske meje le administrativne meje in ne pomenijo nikakršne ovire pri pretoku lesne biomase in ne vplivajo na oblikovanje trga" (Lesna biomasa, potenciali po občinah, 2005).

3.2 IZDELOVALEC IN DISTRIBUTER LESNE BIOMASE

Podjetje Biomasa d.o.o se je s svojo prisotnostjo, opremljenostjo, zainteresiranostjo ter razumevanjem resno lotilo uresničitve ideje o primerjavi dveh sekalnikov za izdelavo lesnih sekancev. Vse meritve in snemanja so bila opravljena na njihovih sekalnikih z njihovim strojnikom.

"Gre namreč za mlado, visoko produktivno, ambiciozno ter hitrorastoče podjetje, ki je lahko zgled mnogim podjetjem lokalnega ter tudi nacionalnega pomena na področju promoviranja ter rabe lesa kot obnovljivega vira energije. V razmeroma kratkem času so postali vodilno podjetje na področju lesne biomase v Sloveniji. Podjetje se ukvarja s prodajo, montažo ter servisiranjem vrhunskih kotlov podjetja Fröling, ki velja za enega izmed vodilnih proizvajalcev kotlov in opreme za ogrevanje z lesno biomaso" (O podjetju Biomasa d.o.o, 2007). "Dejavnost podjetja Biomasa d.o.o pa je usmerjena tudi v pripravo ter izdelavo sekancev na centralnem skladišču ter njihovo dobavo na dom in pa tudi izdelavo na domu. Za potrebe drobljenja so se ob koncu leta 2006 opremili z mobilnim visokozmogljivim sekalnikom Holzmatic BHM 1000, dobavo pa opravljajo z veliko ali malo prostorninsko prikolico Fliegl. Za manjše potrebe načrtujejo še nakup enega mobilnega sekalnika podjetja Eschlböck" (Storitve Biomasa d.o.o, 2007). Iz vsega naštetega lahko rečemo, da je podjetje izredno uspešno, prilagodljivo in zanesljivo ter usmerjeno k potrebam uporabnikov.

3.3 METODA MERJENJA TEŽE

Merjenje teže sekancev smo izvedli na sekancih pridobljenih iz goli ter na sekancih pridobljenih iz žamanja. Želeli smo pridobiti podatke o teži nasutega kubičnega metra (nm^3) sekancev iz posamezne vhodne surovine. Zanimiva bi bila že sama primerjava podatkov, ker pa smo težo uporabili tudi pri izračunu delovnega učinka, je podatek o teži še toliko bolj uporaben.

Za merjenje smo potrebovali lesen zaboj, mobilnega viličarja, zmogljivejšo tehniko, sekalnik, vhodno surovino, vlagomer ter snemalne liste. Idealno bi bilo, če bi bil volumen

lesene posode čim večji, ker bi lahko potem z večjo gotovostjo verjeli v pravilnost izmerjenih rezultatov. Zato smo uporabili večji lesen zaboj, ki smo mu predhodno izmerili volumen ter težo na tehtnici v Lučah. Sledilo je ločeno drobljenje posamezne vhodne surovine, merjenje vlažnosti s petimi merjenji, ravnanje viškov sekancev v zgornji višini zaboja ter tehtanje polnega zaboja na tehtnici (tehtali smo na kilogram natančno). Izračun je zajemal razliko med maso polnega in maso praznega zaboja ter upoštevanje korekcijskega faktorja. S korekcijskim faktorjem smo zaokrožili rezultat o teži sekancev na nasuti kubični meter sekancev (kg/nm^3).

S slučajnostnim vzorčenjem smo sekancem v zaboju povsem naključno izmerili vlažnost za vhodni surovini s petimi vzorci. Meritev vlažnosti smo izvedli vzporedno z merjenjem teže. Tako smo ugotovili povprečno vlažnost posamezne vhodne surovine ob merjenju teže.

3.4 METODA PROUČEVANJA ČASA

Za ponazoritev proučevanja strukture delovnega časa, bomo zaradi lažjega razumevanja posameznih delovnih postopkov predstavili posamezne primere, vzete iz naše snemalne tehnike. Delovni čas je v osnovni razdelitvi sestavljen iz produktivnega ter neproduktivnega časa.

Produktivni čas je čas, v katerem sekalnik dejansko obratuje in v katerem nastajajo delovni učinki. Nadaljnja delitev ga loči na glavni produktivni čas in pomožni produktivni čas. Čas, ki je potreben za postopke, s katerimi neposredno vplivamo na spremembo oblike, položaj ali lastnosti materiala, ki ga obdelujemo, imenujemo *glavni produktivni čas* (Winkler, 1997). V našem primeru je to čas, v katerem sekalnik opravlja osnovno nalogo izdelovanja lesnih sekancev. To je čas, ko lesni sekanci letijo iz izhodne odprtine.

Pomožni produktivni čas je čas, ki je potreben za izvajanje glavnega produktivnega časa; sestoji se iz pomožnih del (Winkler, 1997). Naša snemanja so pod pomožnim produktivnim časom zajemala morebitno premikanje sekalnika po skladišču ter pripravo vhodne surovine s hidravlično nakladalno napravo.

"Času, v katerem pa učinki ne nastajajo, pravimo **neproduktivni čas**. Sestavljen je iz glavnega odmora, pripravljajno-zaključnega časa ter dodatnega časa. *Glavni odmor* je dolg 30 minut, pripada delavcu (strojniku) v delovnem dnevu in je namenjen malici" (Winkler, 1997). *Pripravljajno - zaključni čas* je v našem primeru dolg 20 minut delovnega dneva, njegove sestavine pa so: preverjanje ostrine rezil, preverjanje privitja vijakov, mazanje vrtečih se delov, namestitev sekalnika na skladišču, spuščanje namestitvenih ročic, prehod delavca za komandni pult, kalibriranje (umerjanje) sekalnika, dviganje namestitvenih ročic ter po koncu sekanja še čiščenje morebitnih ostankov sekancev s sekalnika in brušenje rezil. Pripravljajno - zaključni čas je povprečje ocenjenih dolžin celotnih pripravljajno-zaključnih delovnih postopkov. Pripravljajno - zaključne delovne postopke je potrebno ali priporočljivo opraviti pred pričetkom delovnega dneva in ob koncu, vendar vsi delovni postopki ne potekajo vsak dan; temveč dekadno po potrebi in prioriteti. Dimenziji glavnega odmora in pripravljajno - zaključnega časa pa sta, kot vidimo, fiksni, kar pomeni, da se znotraj delovnega dneva ne spreminjata.

Dodatni čas je podkategorija neproduktivnega časa. Ločimo dodatni čas zaradi delavca, zaradi delovnega sredstva (sekalnika) in zaradi organizacije dela (Winkler, 1997). Dodatni čas, ki nastane zaradi delavca, tvorijo krajši odmori ali oddihi kot posledica utrujenosti ob umsko zahtevnem delu za komandnim pultom ter osebne potrebe. Sekalnik povzroča dodatni čas ob manjših vzdrževalnih delih, na primer ob zamažitvi izletne odprtine, napenjanju jermenskih prenosov itd. Delo ob odvozu lesnih sekancev (menjavanje, manevriranje prikolic) in na drugi strani snemanje delovnega časa povzročata dodatni čas zaradi organizacije.

Znotraj snemalnega časa nismo upoštevali dimenzij glavnega odmora ter pripravljajno - zaključnega časa. Zato smo ob koncu proučevanja časa celotni posneti delovni čas pomnožili s faktorjem neproduktivnega časa, ki ni nič drugega kot razmerje med neproduktivnim in produktivnim časom znotraj delovnega dneva. Tako smo posneti delovni čas sorazmerno obremenili s fiksnima dimenzijama glavnega odmora ter pripravljajno - zaključnega časa, ter dobili dejansko dolžino posnetega delovnega časa obremenjeno s fiksnim neproduktivnim časom delovnega dne. Dolžino posnetega

delovnega časa smo sorazmerno podaljšali. Uporabili pa smo ga kasneje pri izračunavanju porabe časa za izdelavo nm^3 lesnih sekancev.

V snemanje nismo zajeli neproduktivnih časov, ki so nastali med delovnim postopkom in so bili daljši od 15 minut. Razlog je v premalo korektni predstavitvi delovnega časa, ki bi vseboval nadpovprečno veliko neproduktivnega časa. Hoteli smo namreč zajeti čim bolj reprezentativen vzorec delovnega časa, ki temelji na srednje ugodnih razmerah ob izdelavi lesnih sekancev. Naš namen ni bil pridobiti maksimalno ali minimalno ekstremnih vrednosti, ki nam v praksi dajo premajhno uporabnost ob kakršnih koli kalkulacijah, temveč vrednosti znotraj normalne porazdelitve.

3.4.1 Ničelna kronometrična metoda

Snemanje delovnega časa smo izvedli z uporabo ničelne kronometrične metode. Celotna metodologija je natančneje razložena v knjigi Organizacija gozdarskih del, avtorja Iztoka Winklerja.

"Dobre strani metode:

- takoj dobimo in vpišemo dokončno izmerjene čase,
- snemanje ne moti dela pri različnem zaporedju delovnih postopkov,
- možno je snemati zelo kratke elemente dela.

Slabe strani metode:

- za natančna snemanja je potreben daljši čas uvajanja snemalca,
- snemanje je za snemalca zahtevno,
- potrebna je kontrolna ura,
- prihaja do določenih izgub časa zaradi vračanja kazalca v ničelni položaj.

Bistvo metode je, da po vsakem izmerjenem delovnem postopku kazalec štoparice vračamo v izhodiščni (ničelni) položaj. Tako vsak delovni postopek vedno znova začnemo meriti iz ničelnega položaja. Časi posameznih delovnih postopkov so takoj razvidni in jih beležimo na snemalne liste. Zaradi prekinjenega merjenja lahko nastanejo napake, zato

moramo meriti še kontrolni čas, ki ga merimo od začetka do konca snemanja. Kontrolni čas neodvisno od snemanja posameznih postopkov merimo z drugo štoparico. Razmerje med razliko seštevka izmerjenih delnih časov in kontrolnim časom ter kontrolnim časom ne sme presegati 1,5 % zaradi opravljanja zahtevnega merjenja v raziskovalne namene. Za časovne meritve delovnih procesov so najprimernejše štoparice s stotinsko razdelitvijo številčnice" (Winkler, 1997). Podobno smo v postopku snemanj in meritev delovnega časa sekalnikov uporabili tudi mi.

S snemanjem delovnega ciklusa smo začeli, ko so lesni sekanci začeli izletavati iz izletne odprtine, snemanje smo nato nadaljevali med posameznimi delovnimi operacijami ter ga zaključili s koncem izletanja sekancev iz izletne odprtine. Minimalna dolžina posameznega delovnega postopka, ki smo ga še posneli, je znašala 7 sekund.

3.5 METODA MERJENJA PORABE GORIVA

Zaradi izčrpnjšega prikaza problema ter uporabnosti samih rezultatov meritev pri kalkulaciji stroškov smo se odločili meriti tudi porabo goriva. Cilj merjenja porabe energenta je bila izmerjena količina goriva, ki jo posamezen sekalnik porabi za izdelavo lesnih sekancev, ob uporabi posamezne vhodne surovine v določeni časovni enoti.

Pri merjenju porabe goriva na pogonskem agregatu MAN TGA 26.480, ki poganja sekalnik BHM 1000, nam je bil v veliko pomoč elektronski števec porabe goriva. Števec meri dosedanjo porabo goriva v litrih, ki se beleži na zaslonu na armaturni plošči. Tako smo pred pričetkom drobljenja natančno zabeležili trenutno stanje porabe goriva na števcu, po koncu drobljenja pa ponovno odčitali vrednost. Razlika med stanjem števca na koncu ter začetku snemanja nam pove porabo goriva (l) v delovnem ciklu. Z vsoto porabe goriva v posameznih delovnih ciklih smo dobili skupno porabo goriva v posnetem času.

Merjenje porabe goriva za sekalnik Eschlböck Biber 70 in pogonski traktor JCB Fastrac 3220 pa je potekalo na nekoliko drugačen način, in sicer z metodo dolivanja goriva. Pred pričetkom drobljenja smo natočili maksimalno količino goriva, po koncu snemanja pa smo porabljeno količino goriva nadomestili z dolivanjem goriva ob koncu snemanja. Tako smo

dobili podatek o porabi goriva za posamezno vhodno surovino v posnetem času. Da bi dobili podatek o porabi goriva za obe vhodni surovini in posamezen sekalnik v delovni uri, smo morali najprej izračunati časovne koeficiente. Ti pravzaprav predstavljajo razmerje med posnetim časom in delovno uro. S pomočjo teh koeficientov smo v naslednjem koraku lahko izračunali porabo goriva v delovni uri za posamezen sekalnik, ločeno po vhodnih surovinah (l/h). V nadaljevanju pa smo izračunali tudi porabo goriva v delovnem dnevu (l/dan) ter povprečno porabo goriva pri drobljenju obeh vhodnih surovin v delovni uri in delovnem dnevu. Na koncu smo s količnikom med povprečno porabo goriva (l/dan) in povprečnim delovnim učinkom (nm^3/dan) dobili porabo za izdelavo nm^3 lesnih sekancev.

3.6 METODA MERJENJA VLAGE

Voda v lesu je lahko prosta, kar pomeni, da ni vezana na lesno snov, ali pa je vezana v celičnih stenah. Les začne oddajati vodo takoj po poseku. Najprej izhlapeva prosta voda in s tem postaja les lažji. Ko izhlapi vsa prosta voda (v povprečju ima les takrat 30 % vlažnost), začne izhlapevati tudi vezana voda. Pri tem postane les higroskopski in začne spreminjati volumen in dimenzijo (Lesna biomasa - les kot gorivo, 2005).

Osredotočili smo se na merjenje vlažnosti lesa, ki pravzaprav predstavlja razmerje med maso vode in absolutno maso suhe lesne snovi v %. Treba je namreč jasno ločiti vlažnost lesa od vsebnosti vode v lesu, ki pa pomeni razmerje med maso vode in skupno maso lesa in vode v % (Krajnc in Kopše, 2005). Za ponazoritev problema navajamo nekaj primerov, podanih v naslednji preglednici.

Preglednica 2: Razmerje med vsebnostjo vode in vlažnostjo v lesu

Vsebnost vode (%)	10	15	20	25	35	40	50	60
Vlažnost lesa (%)	11,1	17,6	25,0	33,3	42,9	53,8	100,0	150,0

Naraščajoče razmerje je posledica uporabe različnih imenovalcev v postopku izračunavanja. Večja količina vode v lesu pomeni večjo razliko med imenovalcema, ta pa v končni fazi povzroči naraščajoče razmerje med vlažnostjo ter vsebnostjo vode v lesu.

Ločimo štiri stopnje vlažnosti lesa (Kopše in Krajnc, 2005):

- svež les - les takoj po poseku, ki ima vlažnost nad 40 %,
- gozdno suh les - les približno pol leta po poseku v primeru zimske sečnje oziroma približno 4 mesece po poseku v primeru poletne sečnje, ki ima vlažnost od 20 do 40 %,
- zračno suh les - les, ki se je sušil vsaj 6 mesecev na zračnem in pokritem mestu in ima vlažnost do 20 %,
- tehnično suh les - (umetno sušenje), ki ima vlažnost od 6 do 15 %.

Merjenje razmerja med maso vode in maso suhe lesne snovi smo izvedli na lesnih sekancih iz goli in žamanj. Meritev vlažnosti v lesu smo izvedli z elektronskim merilcem vlage Gann Hydromette Compact. Gre za ergonomsko oblikovan elektronski merilec vlažnosti v lesu, ki ima na merilni strani nameščeni dve kovinski konici. Merilna naprava omogoča merjenje vlažnosti v intervalu od 10 - 50 % na raznih lesenih površinah od okroglega lesa, desk, pohištva do lesnih sekancev. Pred merjenjem vlažnosti v lesu je potrebno izbrati med dvema položajema gumba, ki predstavljata dve skupini dreves, katerim določamo vlažnost (Gann Hydromette Compact A, 1996). Klasifikacija priložena navodilom za uporabo, je neizkušenemu merilcu in v primeru merjenja vlažnosti redkih drevesnih vrst v veliko pomoč. Vlažnost smo izmerili tako, da smo v les potisnili kovinski konici, in pritisnili gumb za prikaz lesne vlažnosti. Na prikazovalniku s tekočimi kristali (LCD zaslon) smo odčitali vsebnost vlage lesnih sekancev v odstotkih na eno decimalno mesto natančno. Optimalna temperatura za merjenje vlažnosti je v razkoraku med 15 in 25 °C.



Slika 7: Gannov elektronski merilec vlažnosti v lesu (slika proizvajalca)

Vlažnost sekancev smo izmerili po principu slučajnostnega vzorčenja, kar pomeni, da smo izmerili vlažnost petim naključno izbranim vzorcem lesnih sekancev na prikolici. Za celotno količino sekancev (85 nm^3), to pomeni 10 vzorcev za vsako izhodno surovino, tu imamo v mislih goli ali žamanje. Iz vzorcev o vlažnosti smo nato pridobili podatek o intervalu vlažnosti ter povprečno vlažnost lesnih sekancev z aritmetično sredino. Sočasno smo uporabili metodo merjenja vlažnosti ter metodo merjenja učinkov.

3.7 METODA MERJENJA UČINKOV

Za merjenje učinkov izdelanih lesnih sekancev smo uporabili metodo merjenja učinkov na prikolici, z volumensko izmero nasutih sekancev. Za snemanje, smo uporabili prikolico Fliegl, ki smo ji predhodno izmerili prostornino. Skupno prostornino sekancev za izvedbo snemanj in meritev smo predhodno določili. Znašala je 85 nm^3 . Za to količino smo morali posneti dva snemalna cikla, če štejemo za cikel polnjenje prikolice volumna $42,5 \text{ nm}^3$ lesnih sekancev. Za polno prikolico velja količina sekancev, ki je enakomerno razprostrta po celotni dolžini prikolice v njeni maksimalni višini. Morebitne viške lesnih sekancev na prikolici smo po končanem drobljenju in napolnitvi prikolice odstranili ter nasuto količino sekancev zravnali z njeno maksimalno višino.

Zaradi težke izmere volumna vhodne surovine ter neenotnih pretvornikov smo se odločili za izmero izhodnega proizvoda. To so nasuti kubični metri lesnih sekancev, ki so v našem raziskovalnem primeru najbolj primerna enota.



Slika 8: Flieglovi prikolici za volumensko izmero lesnih sekancev

Snemanje razdelitve delovnega časa posameznega cikla s pomočjo ničelne kronometrične metode nam je po seštevanju dolžin posameznih delovnih postopkov ter upoštevanju faktorja neproduktivnega časa prikazalo celotno dolžino posameznega delovnega cikla. Dolžini delovnih ciklov smo nato sešteli ter dobili dolžino posnetega časa v minutah, ločeno po posamezni vhodni surovini ter uporabljenemu sekalniku. S količnikom med dolžino posnetega časa in določeno količino nasutih sekancev smo izračunali porabo časa za izdelavo posameznega kubičnega metra nasutih sekancev (min/nm^3). Ta podatek je bil ključen za pridobitev informacije o učinkih sekalnikov v delovnem dnevu. Dolžino delovnega dneva smo namreč delili s porabo časa za nm^3 ter dobili učinek sekalnika v delovnem dnevu (nm^3/dan).

Ker pa smo razpolagali tudi s podatkom o teži nm^3 posamezne vhodne surovine, smo izračunali tudi skupno določeno težo, ki naj bi jo sekalnik izdelal za čas snemanja. Produkt potrebne merjene količine nm^3 sekancev ter teže posameznega nasutega kubičnega metra nam je izluščil dodatni informaciji. Tako smo imeli izhodiščni podatek, izražen tudi v kilogramih (kg) in tonah (t). Učinek sekalnikov v delovnem dnevu smo lahko po podobnem postopku kot v prvem primeru izračunali tudi tokrat. Količnik med dolžino posnetega delovnega časa ter celotno posneto maso posamezne izhodne surovine izraža

porabo časa za enoto mase (min/kg, min/t). S količnikom med dolžino delovnega dneva ter porabo časa za izdelavo kg ali t sekancev pa smo izračunali delovni učinek (kg/dan, t/dan). Iz podatkov o učinkih v delovnem dnevu smo v nadaljevanju zaradi boljše predstavljenosti problema izračunali še učinke v delovni uri (nm^3/h , kg/h, t/h).

3.8 KALKULACIJA STROŠKOV PO STANDARDNI METODI

Da bi naš problem predstavili tudi z ekonomskega vidika, je bilo nujno potrebno izvesti tudi kalkulacijo stroškov, kar smo storili po standardni metodi. "Poznavanje stroškov nam namreč pomaga določiti ali sprejeti obstoječe cene, načrtovati proizvodnjo in ugotavljati kratkoročne rezultate. Hkrati pa nam poznavanje stroškov omogoča tudi nadzor nad uspešnostjo gospodarjenja in doseganjem postavljenih ciljev" (Šinko, 1994). Cilj naše kalkulacije stroškov je bil predvsem določiti lastno ceno izdelave lesnih sekancev ob uporabi različnih sekalnikov.

Naša kalkulacija je bila pri obeh sekalnikih enaka. Upoštevala je materialne stroške, stroške delovnih sredstev, stroške tujih storitev, stroške kapitala in stroške dela. Pri kalkulaciji materialnih stroškov smo upoštevali stroške goriva in maziva in stroške nadomestnih delov. Stroški delovnih sredstev pravzaprav predstavljajo izračun stroška amortizacije. Pod stroške tujih storitev smo uvrstili stroške zavarovanj ter stroške popravil in vzdrževanja. "Stroški kapitala predstavljajo obresti na vložen kapital in smo ga vezali na čas proizvodnje. Stroški dela so vsi stroški neposredno ali posredno vezani s človekovim delom. Mednje uvrščamo delo v neposredni proizvodnji - stroški dela in porabljen čas, da delo organiziramo - splošni stroški (Šinko, 1994). Kalkulacijo vseh teh stroškov smo vezali na letno raven, tako da smo ob koncu dobili celotne stroške na letni ravni (€/leto).

Pri kalkulaciji stroškov smo za oba sekalnika upoštevali letno izkoriščenost posameznih sekalnikov. Ta vpliva predvsem na variabilne stroške ter predviden letni učinek, in na lastno ceno izdelave lesnih sekancev. Za pridobitev podatka o izkoriščenosti posameznih sekalnikov smo v prvi fazi pridobili podatke o sedanjem stanju obratovalnih ur na posameznem sekalniku ter podatke o starosti delovnih sredstev. Tako smo izračunali število povprečno opravljenih obratovalnih ur v letu v dosedanjem času delovanja

sekalnikov. Nato smo iz podatka o številu dosedanjih opravljenih obratovalnih ur na letni ravni izračunali število delovnih dni letno, v katerih je sekalnik deloval. V nadaljevanju smo jih primerjali z možnim številom delovnih dni na letni ravni (182).

Z izračunanim številom delovnih dni na letni ravni smo operirali ob izračunu stroškov goriva in maziva, predvidenem letnem učinku ter posredno pri lastni ceni enote izdelanih lesnih sekancev. Za izračun lastne cene izdelave nm^3 smo potrebovali še en podatek, in sicer povprečni učinek sekalnika na letni ravni. Dobili smo ga z izračunom aritmetične sredine med učinkom žamanja in učinkom goli. Po izračunu količnika med celotnimi stroški in povprečnim učinkom na letni ravni smo dobili lastno ceno za izdelavo nasutega kubičnega metra lesnih sekancev (€/nm^3).

3.9 OBJEKT RAZISKAVE

Za izvedbo naših meritev in snemanj sta bila potrebna dva sodobna visoko produktivna sekalnika v kombinaciji s pogonskima agregatoma. Snemanja smo razdelili v štiri snemalne dni tako, da smo vsak posamezen dan pridobivali zahtevane podatke za posamezen sekalnik ter izhodno surovino. Snemanja in meritve smo opravili na centralnem skladišču lesne biomase v Lučah, spomladi 2007.

3.9.1 Sekalnik Eschlböck Biber 70 in pogonski traktor JCB Fastrac 3220

Pogonski agregat (traktor) je za samo delovanje sekalnika Biber 70 izjemnega pomena. Sekalnik je nanj pripet, hkrati pa od njega prek kardanskega prenosa dobiva tudi vso potrebno energijo za opravljanje funkcije sekanja. Sekalnik ter pogonski agregat sta neločljivo povezana.

"Podjetje JCB se ponaša s široko paleto kompaktnih produktov v svetu, razvija raznovrstne rešitve v industriji, gradbeništvu, kmetijstvu, gozdarstvu, vojski, krajinskem urejanju in veliko drugih specialnih področjih. Skozi več kot 60 letno zgodovino so zmeraj veliko vlagali v raziskave in razvoj, z namenom obdržati ostro mejo inovativnosti pri svojih produktih" (O podjetju JCB, 1999). "Dokaz dolgoročnega vlaganja v razvoj ter raziskave je

tudi njihova serija traktorjev Fastrac 3220, ki združuje moč, estetiko, mnogonamensko uporabnost ter inovativnost. Maksimalno zmogljivost motorja omogoča zmogljiva serija 24 ventilskih elektronsko vodenih, vodno hlajenih šestvaljnih motorjev s turbinskim polnjenjem zraka. Sposoben diagnostični sistem pred motorjem omogoča takojšnjo identifikacijo kakršnih koli problemov, ki se pojavijo kot opozorilni signali na armaturni plošči" (Produkti podjetja JCB - serija 3200, 1999). "Veliko število prestavnih razmerij (54 naprej, 18 nazaj) ter največja hitrost 80 km/h omogočajo raznovrstno, mobilno vožnjo po lokalnih, javnih cestah ter tudi po prometnicah znotraj gozda (Jejčič, 2005).



Slika 9: Pogonski agregat traktor JCB Fastrac 3220 (slika proizvajalca)

"Transmisija znotraj treh hitrostnih polj omogoča hitro menjavanje prestav navzgor ali navzdol, brez uporabe sklopke. Avtomatsko menjavanje prestavnega razmerja znotraj teh treh hitrostih polj pogojuje obremenjenost motorja. Za varno ustavljanje skrbijo na vseh štirih kolesih nameščene diskaste hidravlične zavore z odličnim hlajenjem za učinkovito zaviranje. Kabina je prostorna in obsežna, obdana je z zaokroženim steklom, ki omogoča vrhunsko vidljivost. Notranjost vsebuje dva udobna sedeža za voznika in sopotnika. Vse kontrolne funkcije so lahko dostopne in uporabne, saj so nameščene v neposredni bližini upravljalca" (Produkti podjetja JCB - serija 3200, 1999).

Lahko rečemo, da je pogonski traktor tehnološko dovršen in primeren za poganjanje sekalnika. Poudariti pa je vendarle potrebno, da pogonski agregat pri poganjanju sekalnika deluje na področju blizu maksimalnega (2400 min^{-1}) števila vrtljajev, nekje na 2200 vrtljajev v minuti. Da je trenje med vhodno surovino in vrtečim se bobnom veliko, kaže znaten padec vrtenja motorja, ob konicah obremenitve tudi za 500 - 1000 vrtljajev v minuti. Traktor JCB Fastrac 3220 je z močjo motorja 162 KW oziroma 220 KM za poganjanje sekalnika Biber 70 dovolj močan, da ta lahko opravlja primarno funkcijo. Za optimalno delovanje pa bi potrebovali še nekoliko močnejši pogonski agregat, ki bi z večjim vrtilnim momentom motorja lahko deloval pri nekoliko nižjem številu vrtljajev, z manjšimi nihanjem ob konicah. Sprememba oblike vhodne surovine iz goli ali žamanja v lesne sekance zahteva veliko moči pogonskega agregata, kvaliteten sekalnik ter vzajemno dovršenost delovanja tako pogonskega agregata kot sekalnika.

"Eschlböck je družinsko podjetje sredi Zgornje Avstrije, kjer imata drobljenje oziroma sekanje lesa ter izdelava sekalnikov že desetletja dolgo tradicijo. Eschlböck sekalniki so zasnovani s pomočjo računalniške podpore (3D) in serijsko izdelani v moderni, računalniško krmiljeni proizvodnji, ki omogoča veliko prilagodljivost pri proizvodnji različnih modelov sekalnikov" (Sekalniki Eschlböck Biber, 2006).

Sekalnik Biber 70 je okreten, kompakten stroj gnan, s traktorsko priključno gredjo. Omogoča sekanje srednje debelih goli, vejevine, grmičevja, žamanja, krajnikov itd. Skupna teža pogonskega agregata ter sekalnika z hidravlično nakladalno napravo znaša 17,5 ton (Suhodolnik, 2007).

"Polnjenje sekalnika poteka od strani, s hidravlično nakladalno napravo preko hidravlično vertikalno gibljivega dovajalnega korita, verižnega dovajalnega dna (0,8 m), vstopne odprtine velikosti 40 x 84 cm, pogonskih valjev do sekalnega bobna. Sekalni boben - rotor sestavlja 12 nožev, ki so po trije nameščeni na štirih letvah po obodu rotorja" (Sekalniki za les, 2005).



Slika 10: Pogled na Eschlböckov sekalnik za izdelavo lesnih sekancev Biber 70

"Sekalni boben z veliko obodno hitrostjo v kombinaciji z verižnim dovajalnim dnom povzroča izdelavo večjih ali manjših koščkov lesa. Koščki lesa padajo pod vrteči se boben na dimenzijsko definirano izmenljivo mrežo. Izmenljiva mreža s svojo dimenzijo prehodnih odprtin v veliki meri določa velikost lesnih sekancev. Prevelike koščke lesa boben s pomočjo stabilno nameščenega nasprotnega noža ter izmenljive mreže dodatno zdrobi do te mere, da padejo skozi mrežo na vzdolžni polžasti transporter, ki skrbi za njihov transport do izletnega ventilatorja. Ventilator z loputami potiska lesne sekance preko hidravlično vodene cevi ter skozi izletno odprtino na potrebno mesto (prikolica, skladišče lesnih sekancev, tla ipd.) (Suhodolnik, 2007). S tem je proces spremembe oblike vhodne surovine končan.



Slika 11: Sekalnik Eschlböck Biber s pogonskim traktorjem JCB Fastrac 3220 med opravljanjem delovnega procesa

3.9.2 Sekalnik Holzmatic BHM 1000 na kamionu MAN TGA 26.480

Nadgradnja kamiona MAN TGA 26.480 s sekalnikom BHM 1000 je prva kombinacija, ki se je v takšni obliki pojavila na slovenskih tleh. To je trenutno največji in najzmogljivejši mobilni sekalnik v naši domovini. Delno je bil sekalnik razvit v Sloveniji, to delo je opravil Rok Suhodolnik. Zahvaljujoč kakovosti, inovativni tehnologiji, usmerjenosti k strankam ter prilagojenostjo izdelkov glede na panogo je postal MAN TGA 26.480 pogonska osnova za nadgradnjo.



Slika 12: Osnovna različica kamiona MAN brez nadgradnje in sekalnika

"Pogonski agregat sekalnika predstavlja MAN s svojim močnim motorjem z 355 KW oziroma 480 KM. Optimalni proces izgorovanja omogoča motor s skupnim vodom v povezavi z večtočkovnim sistemom vbrizgavanja goriva, ki skrbi za nižji nivo glasnosti izgorovanja in manjše vrednosti emisij v izpušnih plinih (v skladu s standardi za izpušne pline Evro 5). Motor kamiona s prostornino 12800 cm³ in 10 valji je v osnovi zasnovan za daljinski promet, kjer se pojavljajo težki topografski pogoji in visoke obremenitve. Vendar morajo podobno težke delovne in transportne pogoje prenašati tudi motorji in transmisije ob izdelavi lesnih sekancev ter transportu sekalnika. Zato je Manov motor z veliko moči, kolesnim pogonom 6 x 6 ter menjalnikom z 8 hitrimi, 8 počasnimi prestavami naprej ter po eno hitro in počasno prestavo nazaj, z možnostjo uporabe polovičnega prestavnega razmerja, primeren za transport in posredovanje mehanske energije sekalniku pri izdelavi lesnih sekancev. Skupna teža kamiona, sekalnika in hidravličnega dvigala znaša 33 ton. Visoka osna obremenitev ter zahteve po dobri stabilnosti ter vzmetenju narekujejo uporabo kvalitetnega robustnega listnatega vzmetenja grobe konstrukcije (MAN Nutzfahrzeuge, 2006).

Delovno mesto voznika oziroma strojnika poteka v prostorni, udobni in dvofunkcionalni kabini. Njena prva funkcija je opravljanje vožnje, torej premik sekalnika na delovni prostor, druga funkcija pa je upravljanje sekalnika med delovnim procesom na delovnem prostoru. Kabina je v ta namen ustrezno nadgrajena in sicer z vgrajenim komandnim pultom, preurejeno zadnjo steno kabine ter premičnim mehanizmom sedeža.



Slika 13: Adaptirana kabina s prozorno zadnjo steno, komandnim pultom in sedežem

Komandni pult je nameščen za sedežem, če se ta nahaja v položaju za vožnjo. Sestavljajo ga komandne ročice, gumbi in opozorilne lučke, s pomočjo katerih se opravljajo tako funkcije pogonskega motorja kot tudi upravlja sekalnik. Upravljanje sekalnika in motorja kamiona prek komandnega pulta zagotavljajo elektro povezave z motorjem in hidravličnimi ventili sekalnika. Za upravljanje komandnega pulta v ergonomsko ugodnem položaju upravljalca je bil razvit poseben premični mehanizem, ki je nameščen pod sedežem. Iz stabilnega položaja pri vožnji sedež pred pričetkom upravljanja s sekalnikom destabiliziramo, ga zapeljemo po nameščenih vodilih proti komandnemu pultu ter zavrtimo za 180 stopinj. Sedež je tako nameščen za komandni pult, strojnik pa lahko prične pripravljati in delovni proces v sedečem položaju.



Slika 14: Sedež s spodaj nameščenim premičnim mehanizmom

Pogled na sekalnik omogoča prozorno steklo, nameščeno namesto zadnje stene kabine. Upravljanje sekalnika iz kabine kamiona je z domiselnimi inovativnimi idejami nadgradnje ergonomsko, pregledno, učinkovito in varno.



Slika 15: Komandni pult in sedež v delovnem položaju

Preden pričnemo s sekanjem, je potrebno izvesti pripravljalne postopke. Upravljalec s pomočjo komandnega pulta preklopi delovanje transmisije v nevtralni položaj tako, da je

onemogočen premik vozila, moč pa se prenese preko kardanskega prenosa do pomožnega menjalnika in od njega preko jermenskega prenosa na sekalni boben.

"Izvedba sekalnega bobna je zaprta, kar pomeni, da boben dobiva pogon preko zobniških prenosov od znotraj. Ker je maksimalno vrtenje sekalnega bobna pogojeno s prestavnim razmerjem znotraj glavne transmisije, z menjavanjem prestavnega razmerja dejansko spreminjamo hitrost vrtenja bobna. Za najbolj ugodno delovanje sekalnika je najboljše prestavno razmerje tik pod najvišjim, kjer ima sekalni boben ob veliki hitrosti optimalni vrtilni moment. Po preklopu transmisije in izbiri ustreznega prestavnega razmerja sledi vklop hidravlične črpalke, vklop oljnega hladilnika, spuščanje namestitvenih ročic, spuščanje verižnega dovajalnega dna, vklop polžastih transporterjev, nato pa povečanje števila vrtljajev motorja na optimalno raven nekje 1800 min^{-1} (maksimalno polje leži na 2200 min^{-1}) ter vklop verižnega dovajalnega dna, dvižnega pogonskega valja in izletnega ventilatorja.

Krmilna enota omogoča delovanje omenjenih komponent v treh stopnjah in sicer v položaju „izklopljeno“, položaju „neprestano delovanje“ in v položaju „avtomatsko delovanje“. Strojnik uporablja med samim delovnim postopkom izdelave lesnih sekancev pozicije avtomatskega delovanja. Ko je sekalnik ustrezno nameščen, kalibriran ter pripravljen, lahko preko komandnega pulta pričnemo upravljati hidravlično dvigalo, s katerim pripravljamo ter dovajamo vhodno surovino s pomočjo verižnega dovajalnega dna ter pogonskega valja do sekalnega bobna. Maksimalni doseg hidravličnega dvigala znaša 8,8 m, dimenzije vstopne odprtine pa znašajo 70 x 120 cm. Sekalni boben zaprtega tipa, premera 100 cm, ima na obodu nameščene štiri nože, dva na posamezni letvi. Lastnost sekalnega bobna je ekscentričnost njegove obodne poti, saj se ob prečkanju mimo nasprotnega noža slednjemu močno približa (na 0,5 mm) nato pa oddalji. Ta lastnost sekalnemu bobnu omogoča dokončno oblikovanje velikih koščkov lesa pred nasprotnim rezilom in tako omogoči prehod sekancev preko dimenzijsko definirane izmenljive mreže do polžastih transporterjev. Transportiranje sekancev poteka preko treh manjših prečnih ter dveh večjih vzdolžnih polžastih transporterjev do izletnega ventilatorja.



Slika 16: Izdelava lesnih sekancev na centralnem skladišču

Sekanci izletavajo preko ventilatorja ter hidravlično vodene teleskopske izhodne cevi na ustrezno mesto. Ta hidravlično vodena teleskopska cev omogoča, nastavljanje izleta sekancev v višino do 6,20 m in v dolžino 5,80 m. Polnjenje sekancev na prikolico ali ustrezno mesto je tako močno olajšano. (Suhodolnik, 2007).



Slika 17: Masovno izletavanje sekancev iz izletne odprtine na prikolico

Ob ustrezni nabrušenosti rezil se včasih zgodi, da je potrebna količina sekancev za dokončno transportiranje z ventilatorjem prevelika, zato se v tlačnem ventilu, na izletnem ventilatorju močno, poveča tlak zaradi obremenitve. Povečan tlak zazna krmilna enota, ki začasno ustavi delovanje dovajalne mize ter valja. Nedelovanje dovajalnega ustja je le začasno in traja le nekaj sekund, in sicer tako dolgo, da ventilator ne odvede prekomerne količine sekancev skozi izletno odprtino. Tlak v tlačnem ventilu se medtem dvigne nad postavljeno mejo, ki je potrebna za delovanje izletnega ventilatorja, delovni proces pa se nemoteno nadaljuje. Začasno ustavitev delovanja dovajalnega ustja povzročijo tudi padli vrtljaji sekalnega bobna pod določeno mejo, kar je posledica toposti rezil ali prevelike potisne sile hidravličnega dvigala na vhodni surovini v smeri proti bobnu.

4 REZULTATI MERITEV

V nadaljevanju bomo kvantitativno prikazali najpomembnejše rezultate, ki smo jih pridobili na obeh sekalnikih s snemanji in meritvami.

4.1 REZULTATI MERJENJA TEŽE

Za izračun teže nasutega kubičnega metra lesnih sekancev smo potrebovali leseno posodo, v našem primeru lesen zaboj. Po opravljenem tehtanju praznega in polnega zaboja smo dobili podatke o teži, ki smo jih korigirali na nm^3 lesnih sekancev. Pri tem izračunu smo uporabili korekcijski faktor. Za obe vhodni surovini smo pridobili tudi podatke o povprečni vlažnosti lesnih sekancev ob merjenju teže.

Rezultati merjenja teže nasutega kubičnega metra lesnih sekancev v našem primeru kažejo izjemno majhno razliko med težo sekancev, pridobljenih iz različnih vhodnih surovin. Iz naših meritev je razvidna le 2,36 % razlika med težo sekancev, pridobljenih iz goli in težo sekancev, pridobljenih iz žamanja. Pri teži kubičnega metra nasutih sekancev je teža sekancev, pridobljenih iz goli bila le za 7,77 kg višja kot teža sekancev pridobljenih, iz žamanja.

Preglednica 3: Izmerjena ter korigirana teža lesnih sekancev za nm³

Vhodna surovina	Žamanje	Goli
Teža polne posode (kg)	458	467
Teža prazne posode (kg)	87	87
Teža sekancev (kg)	371	380
Korigirana teža (kg/nm ³)	320,38	328,15
Povprečna vlažnost (%)	43	31

Vzroki za tako majhno razliko v teži tičijo v dokaj veliki razliki (12 %) med vlažnostjo sekancev posameznih vhodnih surovin ter različni gostoti lesa vhodnih surovin.

4.2 REZULTATI MERJENJA STRUKTURE DELOVNEGA ČASA

Strukturo delovnega časa posameznega sekalnika ob izdelavi lesnih sekancev iz različnih vhodnih surovin smo prikazali v naslednji tabeli.

Preglednica 4: Primerjava strukture delovnega časa

Struktura delovnega časa (%)	Eschlböck Biber 70		Holzmatic BHM 1000	
	Žamanje	Goli	Žamanje	Goli
Produktivni čas	81,95	87,97	75,51	80,38
Glavni produktivni čas	79,43	75,91	73,12	77,95
Pomožni produktivni čas	2,52	12,06	2,39	2,43
Neproduktivni čas	18,05	12,03	24,49	19,62
Pripravljalno zaključni čas	4,17	4,17	4,17	4,17
Glavni odmor	6,25	6,25	6,25	6,25
Dodatni čas	7,63	1,61	14,07	9,22
Σ Produktivni in neproduktivni	100	100	100	100

Iz posnetega časa smo izračunali strukturo delovnega časa za posamezen sekalnik. Iz rezultatov lahko ugotovimo, da sta imela sekalnika ob snemanjih visok delež produktivnega časa (od 75,51 do 87,97 %). Nasprotno lahko vidimo nizek delež neproduktivnega časa (od 12,03 do 24,49 %) pri posameznem sekalniku. Več produktivnega časa smo ugotovili pri sekalniku, ki je bil pripet na traktor. Pri sekanju žamanja za, 6,44 % pri sekanju goli pa za 7,59 %. Višji delež produktivnega časa je bil pri obeh sekalnikih izmerjen pri sekanju vhodne surovine goli. Pri Eschlböcku Biber 70 za 6,02 %, pri Holzmaticu BHM 1000 pa za 4,90 %. Za neproduktivni čas smo ugotovili ravno nasprotno. Več neproduktivnega časa smo izmerili pri drobljenju žamanja in pri sekanju sekalnika na kamionu.

4.3 REZULTATI MERJENJA VLAŽNOSTI LESNIH SEKANCEV

Na rezultat merjenja vlažnosti močno vplivajo mesto prvotne lege koščkov lesa v okroglem lesu ali v lesnih ostankih primarne predelave lesa. Vplivni faktorji so tudi pretečeni čas od poseka drevesa, lega goli ali žamanja na centralnem skladišču, letni čas drobljenja, ekspozicija skladišča, lokacija skladišča, vitalnost drevesa... Vidimo torej veliko vplivnih in stalno prisotnih naravnih dejavnikov, ki so medsebojno povezani ter vplivajo na vlažnost izhodne surovine. Z navedenimi vplivnimi dejavniki lahko tudi pojasnimo širok interval izmerjenih vlažnosti v naslednji preglednici.

Preglednica 5: Izmerjena vlažnost lesnih sekancev

Vhodna surovina	Interval vlažnosti sekancev (%)	Povprečna vlažnost (%)
Žamanje	31 - 50	38
Goli	25 - 45	33

Merjenja vlažnosti lesnih sekancev z vzorci so pokazala izjemno velik razkorak oziroma interval vlažnosti. Če pogledamo interval merjenja vlažnosti sekancev, ki izhajajo iz žamanja, vidimo med obema ekstremnima vrednostima 19 % razliko. Pri intervalu vlažnosti sekancev iz goli pa razlika med ekstremnima vrednostima meritev znaša 20 %. Rezultati meritev kažejo na drobljenje gozdno suhega lesa, katerega vlažnost se giblje od

20 - 40 %, deloma pa tudi svežega lesa, katerega vlažnost znaša več kot 40 %. Povprečna vlažnost lesnih sekancev pa izkazuje drobljenje gozdno suhega lesa pri obeh vhodnih surovinah.

Navajanje rezultatov o merjenju vlažnosti lesa je pomembno zlasti z vidika drobljenja lesa in odjemalcev lesne biomase v obliki lesnih sekancev. Drobljenje oziroma izdelava lesnih sekancev je v primeru drobljenja svežega ali gozdno suhega lesa lažja, saj višja vlažnost omogoča manjše mehansko trenje med vhodno surovino in rezilom pri izdelavi lesnih sekancev, kar posledično omogoči višji učinek sekalnika. V primeru drobljenja zračno suhega lesa (do 20 % vlažnosti) pa je trenje večje, učinki manjši, pojavljata pa se tudi neprijeten prah ter ropot. Zato je drobljenje zračno suhega lesa predvsem v strnjenih naseljih s tega vidika lahko tudi nezaželeno. Kupci lesnih sekancev na drugi strani pa težijo k čim nižji vlažnosti lesnih sekancev, kar je povsem razumljivo. "V procesu izgorevanja lesa namreč voda izhlapeva, pri tem pa se porablja energija. Torej, več kot je vode v lesu, več energije se porabi za njeno izhlapevanje, manj pa je ostane za naše ogrevanje. V primeru kurjenja gozdno suhega lesa porabimo četrtno energije, uskladiščene v lesu, za izparevanje vode" (Kopše in Kranjc 2005).

Pri metodologiji merjenja vlažnosti s pomočjo slučajnostnega vzorčenja nastajajo določene napake. Težko je namreč naključno izbrati koščke lesa, ki izhajajo iz iste lokacije na vhodni surovini, zato so intervali, v katerih variira vlažnost lesa, dokaj široki. Hipoteza, da je vlažnost na različnih delih vhodne surovine različna (skorja, obod, jedro) drži, vpliv pa ima prav gotovo tudi gostota lesa (širina branik), drevesna vrsta, starost poseka, vitalnost drevesa, zato je povprečno vlažnost v lesu na tak način težko ugotoviti. Ker pa smo vlažnost merili z namenom, da bi podkrepili predstavo o teži kubičnega metra lesnih sekancev z dodatno informacijo o stopnji vlažnosti, je ta podatek kljub veliki variabilnosti reprezentativen za potrebe naših raziskovalnih namenov.

4.4 REZULTATI MERJENJA UČINKOV SEKALNIKOV

V nadaljevanju bomo prikazali rezultate, ki smo jih pridobili z ničelno kronometrično metodo o porabi časa za izdelavo volumenske enote lesnih sekancev ter o porabi časa za izdelavo masne enote lesnih sekancev. Rezultate o porabi časa za izdelavo posameznega kubičnega metra nasutih sekancev in tone lesnih sekancev smo pridobili na osnovi dolžine posnetega delovnega časa ter vnaprej določene količine nasutih sekancev oziroma njihove izmerjene teže. Seveda upoštevajoč uporabljeno vhodno surovino ter uporabljen sekalnik. Rezultati o porabi časa ter učinkih so prikazani v naslednjih preglednicah.

Preglednica 6: Poraba časa za izdelavo kubičnega metra nasutih sekancev (min/nm³)

Vhodna surovina	Poraba časa (min/nm ³)	
	Eschlböck Biber 70	Holzmatic BHM 1000
Žamanje	1,55	0,69
Goli	1,68	0,79

Z analizo snemanj smo ugotovili, da je poraba časa za izdelavo nm³ lesnih sekancev pri obeh sekalnikih večja pri uporabi vhodne surovine goli. Pri sekalniku, priključenem na traktor, je poraba časa daljša za 7,70 %, medtem ko je pri sekalniku na kamionu poraba časa daljša za 12,70 % v primerjavi s porabo časa pri vhodni surovini žamanje. Ugotovili smo tudi, da Eschlböck porabi za izdelavo nm³ lesnih sekancev pri žamanju 2,25 krat več, pri goleh pa 2,13 krat več časa kot Holzmatic.

Preglednica 7: Poraba časa za izdelavo kubičnega metra nasutih sekancev (s/nm³)

Vhodna surovina	Poraba časa (s/nm ³)	
	Eschlböck Biber 70	Holzmatic BHM 1000
Žamanje	93,0	41,4
Goli	100,8	47,4

Če zadnja dva primera predstavimo relativno, vidimo, da Eschlböck Biber 70 porabi 55,50 % več časa za izdelavo nm^3 lesnih sekancev iz žamanj ter 53 % več časa za izdelavo nm^3 iz goli.

Rezultatov tabele 7 ni potrebno posebej komentirati, saj so razmerja v primerjavi s porabo časa v prejšnji tabeli povsem identična. Povemo pa lahko, da sekalnik na kamionu za izdelavo nm^3 lesnih sekancev iz žamanja porabi dobrih 41 sekund. Enako volumensko enoto pa sekalnik, pripet na traktor, ob drobljenju goli izdela v slabih 102 sekundah. Razlika je očitna.

Preglednica 8: Poraba časa za izdelavo ene tone nasutih sekancev (min/t)

Vhodna surovina	Poraba časa (min/t)	
	Eschlböck Biber 70	Holzmatic BHM 1000
Žamanje	4,85	2,15
Goli	5,11	2,40

Če primerjamo podatke iz preglednic 6 in 8 vidimo, da je poraba časa za izdelavo ene tone lesnih sekancev s sekalnikom Eschlböck Biber 70 večja za 68,0 % pri žamanju in 67,10 % pri goleh v primerjavi z izdelavo enega nm^3 lesnih sekancev. Sicer pa je poraba časa za izdelavo tone lesnih sekancev iz žamanj s sekalnikom Holzmatic BHM 1000 večja za 67,90 %. Enako masno enoto iz goli pa izdelujemo 67,0 % dlje kot nasuti kubični meter lesnih sekancev. Izdelava tone nasutih lesnih sekancev iz goli in žamanj zahteva več časa. To je razvidno iz preglednice 8.

Naslednji dve preglednici prikazujeta rezultate meritev o učinkih sekalnikov v različnih enotah v delovnem dnevu oziroma delovni uri. Navedli smo več različnih podatkov o učinkih sekalnikov v kombinaciji z različnimi enotami.

Preglednica 9: Učinek sekalnikov v delovnem dnevu

Vhodna surovina	Učinek (nm ³ /dan)		Učinek (t/dan)		Učinek (kg/dan)	
	Eschlböck	Holzmatic	Eschlböck	Holzmatic	Eschlböck	Holzmatic
Žamanje	309,09	696,06	99,03	223,00	99.030	223.000
Goli	286,44	610,69	94,00	200,40	94.000	200.040

Največji učinek v delovnem času je bil izmerjen pri drobljenju žamanja s sekalnikom Holzmatic BHM 1000 in sicer 696,06 nm³. Najmanjši učinek v delovnem dnevu pa je bil izmerjen pri drobljenju goli s sekalnikom Eschlböck Biber 70, znašal je 286,44 nm³. Ostali rezultati o merjenju učinkov v enem delovnem dnevu so podobni, večji so pri sekalniku na kamionu. Pri uporabi vhodne surovine žamanje ima produktivnejši sekalnik Holzmatic BHM 1000 55,6 % višji delovni učinek v delovnem dnevu. Pri drobljenju vhodne surovine goli pa je delovni učinek višji za 53,1 %. Če pogledamo delovni učinek sekalnika Eschlböck, vidimo višjo učinkovitost pri izdelavi nm³ lesnih sekancev iz žamanja. Sekalnik, priključen na traktor izdelava iz žamanja 7,3 % več lesnih sekancev. Pri sekalniku Holzmatic je delovni učinek prav tako večji pri drobljenju žamanja. Razlika je še večja, in sicer je delovni učinek večji za 12,4 % v primerjavi z učinkom pri sekanju vhodne surovine goli. Če podrobneje pogledamo še učinke v enotah teže na delovni dan, vidimo, da je dnevno potrebno odvesti od 94,0 do 99,03 tone lesnih sekancev pri sekalniku Eschlböck Biber 70. Pri Holzmaticu BHM 1000 pa se teža potrebnega odvoznega materiala povzpne na 200 do 223 ton.

Preglednica 10: Učinek sekalnikov v delovni uri

Vhodna surovina	Učinek (nm ³ /h)		Učinek (t/h)		Učinek (kg/h)	
	Eschlböck	Holzmatic	Eschlböck	Holzmatic	Eschlböck	Holzmatic
Žamanje	38,64	87,01	12,38	27,88	12.380	27.880
Goli	35,81	76,34	11,75	25,05	11.750	25.050

Precej zanimivi so tudi rezultati o merjenju delovnih učinkov, ki se navezujejo le na delovno uro. Najprej lahko vidimo jasno razliko o učinkih sekalnikov na vseh ravneh. Večji učinek ne glede na enoto dosega sekalnik na kamionu. Vidimo, da so delovni učinki še vedno visoki, od minimalnega ($35,81 \text{ nm}^3/\text{h}$) pri sekalniku, pripetem na traktor (sekanje goli) do največjega ($87,0 \text{ nm}^3/\text{h}$) pri sekalniku na kamionu (sekanje žamanja). Pri drobljenju s sekalnikom Eschlböck Biber 70 je potrebno odpeljati ali uskladiščiti 11,75 do 12,38 ton v delovni uri, pri Holzmaticu BHM 1000 pa od 25,05 do 27,88 tone lesnih sekancev v delovni uri. Razvidni sta ogromna količina in teža lesnih sekancev, ki jih moramo v delovni uri ali delovnem dnevu transportirati do zelenega cilja.

Za podjetja, ki se ukvarjajo z izdelavo lesnih sekancev ter kupce energije v lesu, so pomembni pretvorniki med posameznimi volumenskimi enotami. Za ponazoritev navajamo dva primera: 1 m^3 goli oziroma lesa v dolgem pomeni 2,50 - 2,70 nm^3 lesnih sekancev. Iz 1 prm (prostorninskega metra) žamanja ali krajnikov, pri čemer je prm 0,65 m^3 , pa pridobimo 1,65 nm^3 sekancev (Borzen in Jonas s sod., 2005). Če izvedemo enostavno kalkulacijo pridemo do rezultata, da 1 m^3 žamanja predstavlja 2,54 nm^3 lesnih sekancev. Vidimo, da je težko pridobiti fiksne pretvornike za pretvarjanje volumenskih enot, zato imajo z odkupom težave kupci, ker ne vedo prav natančno, kaj kupujejo. Prav tako imajo težave izdelovalci oziroma ponudniki lesnih sekancev ob pojasnjevanju, kaj prodajajo. Zato je zelo pomemben individualni dogovor med proizvajalci in kupci o enotnih pretvornikih volumenskih enot, ki ustrezajo obema stranema. Zlasti to velja za masovno prodajo ali nakup lesnih sekancev. V praksi pa največkrat srečujemo prodajo ali nakup v volumenskih enotah vhodne surovine (m^3) ali volumenskih enotah izhodne surovine (nm^3).

4.5 REZULTATI MERJENJA PORABE GORIVA

Iz preglednice 11 je razvidna poraba goriva pogonskih agregatov za poganjanje sekalnikov med drobljenjem v posnetem času. Ker so snemanja pri posameznem sekalniku ob uporabi določene vhodne surovine trajala različno dolgo, dokler nismo izdelali predvidene količine lesnih sekancev, rezultati o porabi goriva v tej obliki povedo premalo.

Preglednica 11: Poraba goriva v posnetem času

Sekalnik	Poraba goriva (l/snemanje)		Posneti čas (min)	
	Žamanje	Goli	Žamanje	Goli
Eschlböck	70	78	132,00	142,44
Holzmatic	45	53	58,62	66,81

Za prikaz porabe goriva (l) v standardni enoti časa (h) je bil potreben izračun časovnih koeficientov med posnetim časom in delovno uro. V naslednji preglednici so prikazani podrobni podatki o porabi goriva pogonskih agregatov v delovni uri ter delovnem dnevu. Poraba goriva je prikazana tudi kot povprečje porabe v delovni uri ob uporabi različnih vhodnih surovin in sekalnikov.

Preglednica 12: Poraba goriva v delovni uri in delovnem dnevu

Sekalnik	Poraba goriva (l/h)		Poraba goriva (l/dan)		Povprečna poraba (l/h)
	Žamanje	Goli	Žamanje	Goli	
Eschlböck	31,82	32,86	254,55	262,85	32,34
Holzmatic	46,06	47,60	368,47	380,78	46,83

Rezultati snemanja porabe goriva so pokazali, da oba sekalnika porabita več goriva pri drobljenju goli. Sekalnik Eschlböck Biber 70 za 3,17 %, Holzmatic BHM 1000 pa za 3,23 %. Sekalnik na kamionu porabi absolutno več goriva kot sekalnik, pripet na traktor.

Pri drobljenju žamanja porabi Holzmatic BHM 1000 dnevno 113,92 l več, pri drobljenju goli pa 117,93 l več goriva kot sekalnik, pripet na traktor. Izračun povprečne porabe goriva v delovni uri pri sekanju goli in povprečne porabe goriva pri sekanju žamanja je pokazal 14,49 l višjo absolutno porabo pri sekalniku na kamionu. To pomeni relativno 30,9 % višjo porabo. Naslednja preglednica kaže izračun povprečne porabe goriva glede na povprečni delovni učinek.

Preglednica 13: Povprečna poraba goriva glede na povprečni učinek sekalnikov

Sekalnik	Povprečna poraba (l/dan)	Povprečni učinek (nm³/dan)	Poraba (l/nm³)
Eschlböck	258,70	297,8	0,87
Holzmatic	374,63	653,4	0,57

Izračun je pokazal višji povprečni učinek in višjo povprečno porabo goriva pri sekalniku na kamionu. Razmerje med povprečno dnevno porabo goriva in povprečnim dnevnim delovnim učinkom pa je pokazala višjo povprečno porabo goriva na nasuti kubični meter pri sekalniku Eschlböck Biber 70. Absolutno za 0,30 l/nm³, relativno pa za 34, 5%.

4.6 IZKORIŠČENOST SEKALNIKOV IN REZULTATI KALKULACIJE STROŠKOV

Zaradi pomembnosti podatkov bomo najprej predstavili izkoriščenost delovnih sredstev na letni ravni in ločeno po sekalnikih. Sekalnik Holzmatic BHM 1000 je imel po zabeleženih podatkih digitalnega števca do sedaj opravljenih 1250 obratovalnih ur. Do sedaj je obratoval 18 mesecev. Sekalnik Eschlböck Biber 70 pa je imel ob pregledu stanja na števcu 3000 delovnih ur v treh letih obratovanja. Pri tem moramo poudariti dejstvo, da je težko pridobiti realno število obratovalnih ur, ki jih sekalnik opravi za izdelavo lesnih sekancev. Obratovalne ure se namreč navezujejo tudi na obdobja, v katerih je pogonski motor prižgan, sekalnik pa ne izdeluje lesnih sekancev. Takšni primeri so: vožnja med delovišči, k servisni službi na tehnični pregled itd. Zato je dejansko število obratovalnih ur, ki jih sekalnik opravi ob izdelavi lesnih sekancev na skladišču, nekoliko manjše. Ker pa je za opravljanje celotnega delovnega procesa potrebno tudi premikanje delovnega sredstva med skladišči, opraviti tehnične preglede, servise, smo upoštevali celotno število obratovalnih ur, ki jih je zabeležil števec. Število obratovalnih ur, ki sta jih sekalnika do sedaj opravila, smo preračunali kot povprečje na letno raven, rezultati pa so podani v naslednji preglednici.

Preglednica 14: Izkoriščenost sekalnikov na letni ravni

Sekalnik	Delovnih ur/leto	Delovnih dni/leto	Letna izkoriščenost (%)
Eschlböck	1000	125	68,7
Holzmatic	850	106	58,2

Iz preglednice je razvidna tudi izkoriščenost sekalnikov na letni ravni glede na razpoložljivo število delovnih dni na letni ravni (182). Pri Eschlböcku je letna izkoriščenost sekalnika za 10,5 % višja kot pri Holzmaticu. Od vseh razpoložljivih delovnih dni je Eschlböck Biber 70 deloval 125 dni letno, kar predstavlja 68,7 % izkoriščenost delovnih dni. Holzmatic BHM 1000 pa je glede na letno število opravljenih ur deloval 106 dni, kar pa predstavlja 58,2 % izkoriščenost delovnih dni. Oba sekalnika imata torej še nekaj rezerve, saj nista izkoriščena 100 %. Vendar moramo ob tem upoštevati zelo pomemben vplivni faktor, to je sezonsko delo. V začetku jeseni pa tja do pozne pomladi sta sekalnika prekomerno obremenjena, zaradi potreb odjemalcev, v vmesnem obdobju pa prihaja tudi do nedelovnih dni.

Preglednica 15: Kalkulacija stroškov za oba sekalnika

Kalkulacija stroškov	Eschlböck Biber 70 (€/leto)	Holzmatic BHM 1000 (€/leto)
Gorivo in mazivo	39.441	46.796
Nadomestni deli	3.170	5.016
Amortizacija	40.633	38.017
Popravila in vzdrževanje	38.400	36.800
Obresti na kapital	5.040	4.830
Zavarovanje	20.160	19.320
Stroški delavca	11.364	11.364
Splošni stroški	6.982	6.982
Celotni stroški	165.190	169.125

Prikazali smo rezultate kalkulacije stroškov na letni ravni po standardni metodi, ločeno po sekalnikih. Pri izračunu smo upoštevali naslednji predpostavki: dolžina amortizacijske dobe znaša 6 let, menjanje rezil opravimo pri sekalniku na kamionu tri krat letno, pri sekalniku, pripetem k traktorju, pa dva krat letno.

Preglednica 15 kaže stroškovno primerjavo med obema sekalnikoma. Rezultati kažejo, da so stroški pri obeh sekalnikih dokaj identični in da v grobem ni velikih odstopanj. Še največja razlika v stroških je pri porabi goriva in maziva, kjer sekalnik na kamionu oziroma njegov pogonski agregat MAN TGA 26.480 zaradi višjega učinka in posledično višje absolutne porabe goriva in maziva dosega 15,8 % višje stroške. Ostali stroški se ne razlikujejo bistveno, tako da se rezultati kalkulacije celotnih stroškov absolutno med sabo razlikujejo na letni ravni za slabih 4000 €. Višji so pri sekalniku na kamionu. Pogonski agregat MAN TGA 26.480 in gnani sekalnik Holzmatic BHM 1000 dosejata relativno za 2,32 % višje celotne stroške na letni ravni, v primerjavi s pogonskim agregatom JCB Fastrac 3220 in sekalnikom Eschlböck Biber 70.

Da bi še bolj osvetlili pomen stroškov ter njihov vpliv na proizvodnjo lesnih sekancev, bomo v nadaljevanju prikazali še eno zanimivo primerjavo.

Preglednica 16: Stroški sekalnikov na nm^3 lesnih sekancev

Sekalnik	Celotni stroški (€/leto)	Povprečni učinek (nm^3/leto)	Lastna cena (€/nm^3)
Eschlböck	165.190	37.225	4,44
Holzmatic	169.125	69.260	2,44

Celotni absolutni stroški nam povedo premalo, da bi se lahko z vidika gospodarnosti ekonomsko orientirali med sekalnikoma. Zato smo teoretično izračunali predvideno količino izdelanih lesnih sekancev na letni ravni. Pomagali smo si z letno izkoriščenostjo delovnih dni ter povprečnim dnevnim učinkom. Tako smo dobili potencialno količino izdelanih lesnih sekancev na letni ravni. Opozarjamo, da so vsi ti stroškovni izračuni neke vrste simulacija, vezani na naša snemanja učinkov ter izračunane stroške. Izračuni so zato

obremenjeni z določeno vzorčno napako. Lastna cena je posledično neka okvirna vrednost, ki pa v praksi variira.

Rezultati naših izračunov so na podlagi celotnih stroškov ter povprečnega letnega delovnega učinka pokazali, da je bolj ekonomičen sekalnik Holzmatic BHM 1000 s pogonskim agregatom MAN TGA 26.480. Za izdelavo nm^3 lesnih sekancev dosega stroškovno ceno 2,44 €/nm³, medtem ko pogonski agregat JCB Fastrac 3220 in sekalnik Eschlböck Biber 70 dosejata stroškovno ceno 4,44 €/nm³ za izdelavo nasutega kubičnega metra lesnih sekancev. Razlika je torej očitna, znaša namreč 2 €/nm³, kar pomeni 45 % višjo stroškovno ceno za proizvodnjo lesnih sekancev pri sekalniku, pripetem na traktor. Ob upoštevanem 7 % čistem donosu pa ceni za izdelavo nm^3 lesnih sekancev dosejata 4,75 € pri sekalniku, pripetem na traktor, oziroma 2,61 € pri sekalniku na kamionu.

Preglednica 17: Stroški sekalnikov v časovnih enotah

Sekalnik	Celotni stroški (€/h)	Celotni stroški (€/dan)
Eschlböck	165,19	1321,52
Holzmatic	199,44	1595,52

Sekalnika sta, kot vidimo iz preglednic 15, 16 in 17, zelo dragi naložbi, ob premajhni izkoriščenosti delovnih dni postaneta visoko nerentabilna. Za primer navajamo hipotetično ceno izdelave lesnih sekancev ob 50 dnevnem delovanju na letni ravni. Lastna cena bi se pri sekalniku na kamionu povzpela na 5,18 €, pri sekalniku, pripetem na traktor, pa kar na 11,10 € za izdelavo nasutega kubičnega metra lesnih sekancev.

5 SKLEPNE UGOTOVITVE IN RAZPRAVA

Do rezultatov meritev smo prišli z drobljenjem gozdno suhega lesa, katerega vlažnost se giblje med 20 - 40 %, deloma pa tudi svežega lesa, katerega vlažnost znaša več kot 40 %. Povprečna vlažnost lesnih sekancev pridobljena ob snemanjih in meritvah, pa kaže na drobljenje vlažnega gozdno suhega lesa pri obeh vhodnih surovinah.

Sekalnik Holzmatic BHM 1000 na kamionu je učinkovitejši, saj izdela v enakem času 55,5 % več lesnih sekancev iz žamanja ter 53,1 % lesnih sekancev več iz goli v primerjavi s sekalnikom Eschlböck Biber 70. Hipotezo o večji učinkovitosti sekalnika na kamionu lahko sprejmemo. V enakem času namreč izdela večjo količino nasutih sekancev, obenem pa porabi manj časa. Iz rezultatov meritev so razvidni izredno visoki dnevni učinki sekalnikov, ne glede na to, v kakšni enoti jih prikažemo. Za tako velike količine lesnih sekancev je v praksi tehnično izredno težko zagotoviti odvoz. Večkrat se namreč zgodi, da je ciljna točka za odvoz predaleč, da bi lahko zagotovili kontinuiran odvoz. Zato sekalnik stoji in čaka na transportno kompozicijo, da bi lahko nadaljeval drobljenje. Dnevni učinek v takšnem primeru močno upade, po drugi strani pa povzroči znatno zvišanje stroškov na enoto učinka. Opozarjamo, da smo porabo časa, učinkovitost sekalnikov in kalkulacijo stroškov podprli z vzorčnimi snemanji, ki pa ne morejo biti povsem verodostojen pokazatelj dejanskega dogajanja na terenu, temveč le nek kazalec okvirnega stanja omenjenih dejavnikov obeh sekalnikov. Bolj natančne ter realne rezultate meritev bi verjetno dosegli, če bi snemali daljša časovna obdobja, na primer cel delovni dan drobljenja z istim sekalnikom in isto vhodno surovino.

V strukturi delovnega časa obeh sekalnikov smo ugotovili manj neproduktivnega časa pri sekalniku Eschlböck Biber 70, in sicer 6,44 % pri drobljenju žamanja ter 7,59 % pri sekanju goli. S tem pa hipotezo o večjem deležu neproduktivnega časa pri sekalniku, pripetem k traktorju, zavrnamo.

Rezultati meritev so pokazali, da je povprečna poraba goriva glede na povprečni učinek kar 34,5 % višja pri sekalniku Eschlböck Biber 70. To pomeni za 0,30 litra večjo porabo

plinskega olja za izdelavo nasutega kubičnega metra lesnih sekancev. Zato hipotezo o večji porabi goriva za sekalnik, pripet na traktor, sprejmemo.

Hipotezo o večji gospodarnosti oziroma ekonomičnosti sekalnika na kamionu lahko potrdimo. Stroškovna primerjava je pokazala le 2,32 % višje celotne stroške pri sekalniku na kamionu. Vendar so pri izdelavi bolj pomembni stroški, ki so potrebni za izdelavo enote, torej izdelave nasutega kubičnega metra lesnih sekancev. V tem primeru pa je Eschlböck Biber 70 kar za 55,6 % dražji na enoto izdelanih lesnih sekancev. Ob tem moramo dodati, da sta sekalnika namenjena predvsem profesionalni rabi, za masovno izdelavo lesnih sekancev. Za malo količinsko izdelavo lesnih sekancev sta oba sekalnika visoko nerentabilna.

Hipotezo o večji izkoriščenosti sekalnika na kamionu pa lahko zavrnamo. Analiza rezultatov meritev je namreč pokazala, da ima sekalnik na kamionu 58,2 % letno delovno izkoriščenost, sekalnik, pripet na traktor, pa 68,7 %. Delno se lahko navežemo na učinke obeh sekalnikov; Eschlböck Biber 70 ima namreč nižji učinek, za izdelavo enote pa potrebuje bistveno več časa. Hkrati pa struktura delovnega časa vsebuje manj neproduktivnega časa. Posledično lahko sklepamo, da je sekalnik enakomerneje obremenjen ter z vidika izkoriščenosti v končni fazi bolj izkoriščen.

Dejstvo je, da Slovenija spada med najbolj gozdnate države v Evropi, saj gozd pokriva kar 57,9 % njene površine. V teh gozdovih so shranjene ogromne količine lesne zaloge, od katerih po najnovejših podatkih Zavoda za gozdove izkoristimo 82 % največjega možnega poseka oziroma 48,6 % prirastka. Evropska energetska politika temelji na 20 % zmanjšanju izpustov emisij ogljikovega dioksida, 20 % zmanjšanju porabe primarne energije in 20 % povečanju deleža obnovljivih virov v celotni oskrbi v uniji. Danes je v Sloveniji delež uporabe obnovljivih virov v energetske namene 11 %, od tega 3,6 % predstavlja lesna biomasa. Če bomo hoteli te ambiciozne cilje doseči, bo potrebno na vseh področjih energetske oskrbe z obnovljivimi viri močno pospešiti njihovo uporabo. Povečati bo torej treba tudi uporabo lesne biomase vseh vrst. Upamo, da se bo trend povečevanja največjega možnega poseka nadaljeval tudi v prihodnjih letih. Vendar ne na račun kakovosti slovenskih gozdov. Za energetske namene je treba uporabiti predvsem les slabše kakovosti,

lesne ostanke, zunaj gozdno lesno biomaso, odslužen in odpadni les itd. Vse te vire lesne biomase lahko z ustreznimi sekalniki enostavno zdrobimo in jih pokurimo v sodobnih avtomatsko vodenih kotlih na lesno biomaso. Omenili smo sekalnike, ki jih potrebujemo za pripravo energenta za popolno avtomatizacijo energetske oskrbe z lesnimi sekanci kot obnovljivim virom. Dva sekalnika smo v tej nalogi tudi mi podrobneje opisali, predstavili in primerjali ter njuna medsebojna razmerja izčrpno prikazali z rezultati naših snemanj in meritev.

6 POVZETEK

Z analizo zbranih rezultatov smo ugotovili, da pogonski agregat JCB Fastrac 3220 s sekalnikom Eschlböck Biber 70 porabi za izdelavo volumske enote nasutih lesnih sekancev več časa, več goriva in ustvari višji strošek, obenem pa je manj učinkovit in manj gospodaren, a dosega višjo izkoriščenost delovnih dni ter ugodnejšo strukturo delovnega časa. Za sekalnik Holzmatic BHM 1000 na kamionu MAN TGA 26.480 pa smo ugotovili, da porabi za izdelavo volumenske enote lesnih sekancev manj časa, manj goriva in ustvari nižji strošek, obenem pa je bolj učinkovit, bolj gospodaren, a dosega nižjo izkoriščenost delovnih dni ter manj ugodno strukturo delovnega časa. Povprečna vlažnost lesnih sekancev, pridobljena ob snemanjih in meritvah, kaže na drobljenje vlažnega gozdno suhega lesa pri obeh vhodnih surovinah. Danes je v Sloveniji delež uporabe obnovljivih virov v energetske namene 11 %, od tega 3,6 % predstavlja lesna biomasa. Če bomo hoteli doseči ambiciozne evropske energetske cilje, bo potrebno na vseh področjih energetske oskrbe z obnovljivimi viri močno pospešiti njihovo uporabo. Povečati bo torej treba tudi uporabo lesne biomase vseh vrst. Upamo, da se bo trend povečevanja največjega možnega poseka nadaljeval tudi v prihodnjih letih. Vendar ne na račun kakovosti slovenskih gozdov.

7 VIRI IN LITERATURA

Gann Hydromete Compact

http://www.beseke.de/bestellung/messgeraete/gann_compact_a.html (5.6.2007)

Gozdnogospodarski načrt območne enote Nazarje, veljavnost (2001-2010). 2003.

Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 253 str.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Luče, veljavnost (2006-2015). 2007.

Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije: 154 str.

Jejčič V. 2005. Katalog traktorjev, Tehnika in narava, Let. 9. 1.: 60-61 str.

Katalog Eschlböck BIBER Holzhackmaschinenprogram 2001 Prambachkirchen,

Eschlböck: 15 str.

Kopše I., Krajnc N. 2005. Ogrevanje z lesom. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije

Agencija za učinkovito rabo in obnovljive vire energije, Gozdarski inštitut Slovenije: 37 str.

Košir B. 1999. Pridobivanje lesa. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne

vire: 325 str.

Kotar M., Brus R. 1999. Naše drevesne vrste. Ljubljana, Slovenska matica: 320 str.

Kovač Š. 2006. Les- od gozda do peči. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor RS: 43

str.

Krajnc N., Kopše I. 2005. Les- domač, obnovljiv in okolju prijazen vir energije. Ljubljana,

zavod za gozdove Slovenije, Agencija za učinkovito rabo in obnovljive vire energije, Gozdarski inštitut Slovenije: 21 str.

Krajnc N., Kovač Š. 2003. Lesna biomasa- okolju prijazen obnovljiv vir energije.

Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 23 str.

Krajnc N. s sod. 2007 LASTNIKI gozdov in prodaja toplote iz lesa. Ljubljana, Silva

Slovenica: 15 str.

Lesna biomasa - les kot gorivo. 2005. Ljubljana. Zavod za gozdove.

<http://www.biomasa.zgs.gov.si/index.php?p=les> (26.8 2007)

Lesna biomasa, potenciali po občinah. 2005. Ljubljana. Zavod za gozdove Slovenije.

<http://www.biomasa.zgs.gov.si/index.php?p=obcine> (8.7.2007)

Lesna biomasa, sinteza kazalcev. 2005. Ljubljana. Zavod za gozdove Slovenije.

http://www.biomasa.zgs.gov.si/index.php?p=obcine_so (8.7.2007)

Lesna zaloga, prirastek, posek v Sloveniji. 2005. Ljubljana. Zavod za gozdove Slovenije.

<http://www.zgs.gov.si/slo/gozdovi-slovenije/o-gozdovih-slovenije/lesna-zaloga/index.html> (14.7.2007)

MAN Nutzfahrzeuge - Posebna uporaba. 2006. Skupina MAN.

http://www.man-mn.si/si/Lkw_/TGA/Sondereinsatz.jsp (12.6.2007)

O območju OE Nazarje. 2005. Zavod za gozdove Slovenije.

<http://www.zgs.gov.si/?id=208> (20.7.2007)

O podjetju Biomasa d.o.o. 2007.

<http://www.biomasa-rs.si/podjetje.php> (14.7.2007)

O podjetju JCB. 1999. JCB.

<http://www.jcb.co.uk/aboutjcb/worldclass.aspx> (27.6.2007)

Produkti podjetja JCB – serija 3200. 1999. JCB.

<http://www.jcb.co.uk/products/Product.aspx?PID=138&RID=11> (27.6.2007)

Predlogi o prihodnosti Evropske energetske politike. 2007.

<http://evropa.gov.si/energetika/potencialni-ukrepi/> (22.9.2007)

Program Biomasa d.o.o. 2007.

<http://www.biomasa-rs.si/program.php> (14.7.2007)

Sekalniki Eschlböck Biber. 2006. Eschlböck Maschinenfabrik.

<http://www.eschlboeck.at/> (12.6.2007)

Sekalniki za les. Mehanizacija Miler. 2005.

http://www.mehanizacija-miler.si/eschblock/sekalniki_za_les/biber_70 (12.6.2007)

Sinkovič T. 2000. Uvod v botaniko. Ljubljana, Narodna in univerzitetna knjižnica: 176 str.

Splošni podatki in dejstva o gozdovih v Sloveniji. 2005. Ljubljana. Zavod za gozdove Slovenije.

<http://www.zgs.gov.si/slo/gozdovi-slovenije/o-gozdovih-slovenije/gozdnatost-in-pestrost/index.html> (6.6.2007)

Storitve Biomasa d.o.o. 2007.

<http://www.biomasa-rs.si/storitve.php> (14.7.2007)

Suhodolnik R. 2007. "Lokalna uporaba lesne biomase". (osebni vir, 18.7.2007)

Suhodolnik R. 2007. "Detajlno delovanje sekalnikov Holzmatic BHM 1000 in Eschlböck Biber 70". Luče. (osebni vir, 18.7.2007)

Suhodolnik R. 2007. "Praktične izkušnje ter prednosti in slabosti sekalnikov Holzmatic BHM 1000 in Eschlböck Biber 70. Luče". (osebni vir, 18.7.2007)

Suhodolnik R. 2007. "Nabavne cene sekalnikov". Luče. (osebni vir, 20.8.2007)

Šinko M. 1994. Ekonomika zasebnega gozdarskega obrata. Ljubljana, Kmečki glas. 124 str.

Študija Energetski koncept občine Mozirje. 1995, Ljubljana, Ministrstvo za gospodarstvo RS: 250 str.

Winkler I. 1997. Organizacija gozdarskih del. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete: 265 str.

ZAHVALA

Za uspešno dokončan študij z izdelavo te diplomske naloge se v prvi vrsti zahvaljujem svojim staršem, ki so mi omogočili študij ter me vseskozi spodbujali in mi stali ob strani.

Zahvaljujem se tudi celotnemu kolektivu podjetja Biomasa d.o.o, ki mi je tehnično omogočilo izdelavo te naloge.

Ob koncu pa bi se zahvalil mentorju dr. Boštjanu Koširju, recenzentu dr. Juriju Marenčetu in dr. Nike Krajnc za vse nasvete, ideje, pripombe, kritične ocene ter pomoč ob izdelavi diplomske naloge.

PRILOGE

Priloga A

Snemalni list za ugotavljanje strukture delovnega časa

Vrsta stroja: _____ Količina: _____

Vhodna surovina: _____

Začetek snemanja: _____ Konec snemanja: _____

	Posneti čas (min)
DELOVNI ČAS	
Produktivni čas	
<i>Glavni prod. čas</i>	
Doziranje in sekanje	
<i>Pomožni prod. čas</i>	
Premik po skladišču	
Priprava surovine	
Neproductivni čas	
<i>Pripravljalno-zaključni čas</i>	
<i>Glavni odmor</i>	
<i>Dodatni čas</i>	
Zaradi sekalnika	
Vzdrževanje stroja	
Zaradi delavca	
Odmor, osebne potrebe	
Zaradi organizacije	
Zaradi meritev	
Menjavanje prikolic	
Manevriranje prikolice	

Komentar, posebnosti:

Priloga B

Izračuni porabe goriva in izkoriščenosti sekalnikov

Sekalnik	Poraba goriva (l/snemanje)		Poraba časa (min)	
	Žamanje	Goli	Žamanje	Goli
Biber 70	70	78	132,00	142,44
Holzmatic	45	53	58,62	66,81

	Poraba goriva (l/h)		Povprečna poraba (l/h)
	Žamanje	Goli	
Biber 70	31,82	32,86	32,34
Holzmatic	46,06	47,60	46,83

	Poraba goriva (l/dan)		Povprečna poraba (l/dan)
	Žamanje	Goli	
Biber 70	254,55	262,85	258,70
Holzmatic	368,47	380,78	374,63

	Časovni koeficienti	
	Žamanje	Goli
Biber 70	2,20	2,37
Holzmatic	0,98	1,11

Izračun izkoriščenosti sekalnikov

Sekalnik	Stanje na števcu	Trajanje	Delovanje (h/leto)	Delovanje
	(h)	(let)		(dni/leto)
Biber 70	3.000	3,0	1000	125
Holzmatic	1.275	1,5	850	106
	Izkoriščenost (%)	Učinek (nm ³ /leto)	Učinek (nm ³ /dan)	
Biber 70	68,7	37.225	297,8	
Holzmatic	57,2	69.260	653,40	

Priloga C 1

Struktura delovnega časa za sekalnik Eschlböck Biber 70 ob drobljenju goli

	Posneti čas (min)	Relativno na dan (%)
DELOVNI ČAS	127,60	100
Produktivni čas	125,30	87,97
<i>Glavni produktivni čas</i>	108,13	75,91
Doziranje in sekanje	108,13	75,91
<i>Pomožni produktivni čas</i>	17,17	12,05
Premik po skladišču	10,10	7,09
Priprava surovine	7,07	4,96
Neproductivni čas	2,30	12,03
<i>Pripravljalno-zaključni čas</i>	/	4,17
<i>Glavni odmor</i>	/	6,25
<i>Dodatni čas</i>	2,30	1,61
Zaradi sekalnika	/	/
Vzdrževanje stroja	/	/
Zaradi delavca	2,30	1,61
Odmor, osebne potrebe	2,30	1,61
Zaradi organizacije	/	/
Zaradi meritev	/	/
Menjavanje prikolic	/	/
Manevriranje prikolice	/	/

Koeficient neproductivnega časa: 1,13

Posneti delovni čas, obremenjen s koeficientom neproductivnega časa: 142,44 min

Poraba časa			Delovni učinek					
min/nm ³	min/t	min/kg	nm ³ /dan	nm ³ /h	t/dan	kg/dan	t/h	kg/h
1,68	5,11	0,00511	268,44	35,81	94,00	93996	11,75	11749

Priloga C 2

Struktura delovnega časa za sekalnik Eschlböck Biber 70 ob drobljenju žamanja

	Posneti čas (min)	Relativno na dan (%)
DELOVNI ČAS	118,25	100
Produktivni čas	108,17	81,95
<i>Glavni produktivni čas</i>	104,85	79,43
Doziranje in sekanje	104,85	79,43
<i>Pomožni produktivni čas</i>	3,32	2,52
Premik po skladišču	/	/
Priprava surovine	3,32	2,52
Neproduktivni čas	10,08	18,05
<i>Pripravljalno-zaključni čas</i>	/	4,17
<i>Glavni odmor</i>	/	6,25
<i>Dodatni čas</i>	10,08	7,64
Zaradi sekalnika	/	/
Vzdrževanje stroja	/	/
Zaradi delavca	/	/
Odmor, osebne potrebe	/	/
Zaradi organizacije	10,08	7,64
Zaradi meritev	/	/
Menjavanje prikolic	/	/
Manevriranje prikolice	10,08	7,64

Koeficient neproduktivnega časa: 1,22

Posneti delovni čas, obremenjen s koeficientom neproduktivnega časa: 132,00 min

Poraba časa			Delovni učinek					
min/nm ³	min/t	min/kg	nm ³ /dan	nm ³ /h	t/dan	kg/dan	t/h	kg/h
1,55	4,85	0,00485	309,09	38,64	99,00	99027	12,38	12378

Priloga C 3

Struktura delovnega časa za sekalnik Holzmatic BHM 1000 ob drobljenju goli

	Posneti čas (min)	Relativno na dan (%)
DELOVNI ČAS	59,85	100
Produktivni čas	53,70	80,38
<i>Glavni produktivni čas</i>	52,08	77,95
Doziranje in sekanje	52,08	77,95
<i>Pomožni produktivni čas</i>	1,62	2,42
Premik po skladišču	/	/
Priprava surovine	1,62	2,42
Neproduktivni čas	6,15	19,62
<i>Pripravljalno-zaključni čas</i>	/	4,17
<i>Glavni odmor</i>	/	6,25
<i>Dodatni čas</i>	6,15	9,21
Zaradi sekalnika	/	/
Vzdrževanje stroja	/	/
Zaradi delavca	2,15	3,22
Odmor, osebne potrebe	2,15	3,22
Zaradi organizacije	4,00	5,99
Zaradi meritev	/	/
Menjavanje prikolic	4,00	5,99
Manevriranje prikolic	/	/

Koeficient neproduktivnega časa: 1,24

Posneti delovni čas, obremenjen s koeficientom neproduktivnega časa: 66,81 min

Poraba časa				Delovni učinek				
min/nm ³	min/t	min/kg	nm ³ /dan	nm ³ /h	t/dan	kg/dan	t/h	kg/h
0,79	2,40	0,0024	610,69	76,3	200,40	20399	25,05	25050

Priloga C 4

Struktura delovnega časa za sekalnik Holzmatic BHM 1000 ob drobljenju žamanja

	Posneti čas (min)	Relativno na dan (%)
DELOVNI ČAS	52,51	100
Produktivni čas	44,26	75,51
<i>Glavni produktivni čas</i>	42,86	73,12
Doziranje in sekanje	42,86	73,12
<i>Pomožni produktivni čas</i>	1,40	2,39
Premik po skladišču	/	/
Priprava surovine	1,40	2,39
Neproduktivni čas	8,25	24,49
<i>Pripravljalno-zaključni čas</i>	/	4,17
<i>Glavni odmor</i>	/	6,25
<i>Dodatni čas</i>	8,25	14,07
Zaradi sekalnika	/	/
Vzdrževanje stroja	/	/
Zaradi delavca	/	/
Odmor, osebne potrebe	/	/
Zaradi organizacije	8,25	14,07
Zaradi meritev	/	/
Menjavanje prikolic	5,58	9,52
Manevriranje prikolice	2,67	4,56

Koeficient neproduktivnega časa: 1,32

Posneti delovni čas, obremenjen s koeficientom neproduktivnega časa: 58,62 min

Poraba časa			Delovni učinek					
min/nm ³	min/t	min/kg	nm ³ /dan	nm ³ /h	t/dan	kg/dan	t/h	kg/h
0,69	2,15	0,00215	696,06	87,01	223,00	22.303	27,88	27875

Priloga D Kalkulacija stroškov za sekalnik Holzmatic BHM 1000 in pogonski agregat MAN TGA26.480

Trajanje delovnega sredstva: 6 let		
	Cena (€/enoto)	Stroški (€/leto)
1. Gorivo in mazivo		46.796
Gorivo	0,982	38.997
Mazivo	20 % cene goriva	7.799
2. Nadomestni deli		5.016
Gume	342	1.049
Rezila	350	3.967
3. Amortizacija		38.017
Nabavna vrednost kamion	90.000	15.000
Nabavna vrednost sekalnik	160.000	26.667
Nabavna vrednost nakl. naprava	26.000	4.333
Likvidacijska vrednost kamion	15 % kamiona	2.250
Likvidacijska vrednost sekalnik	15 % sekalnika	4.000
Likvidacijska vrednost nakl. naprava	40 % nakl. naprave	1.733
4. Popravila in vzdrževanje		36.800
Kamion	80 %* amortizacija	12.000
Sekalnik	80 %* amortizacija	21.333
Nakladalna naprava	80 %* amortizacija	3.467
5. Obresti na vložen kapital		4.830
Kamion	3 %	1.575
Sekalnik	3 %	2.800
Nakladalna naprava	3%	455
6. Zavarovanje		19.320
Kamion	7 % * A * t	6.300
Sekalnik	7 % * A * t	11.200

"se nadaljuje"

"nadaljevanje"

Nakladalna naprava	$7\% * A * t$	1.820
7. Splošni stroški	BPL * K 1	11.364
8. Splošni stroški	BPL * K2	6.982
9. Lastna cena		169.125
10. Teoretični dobiček	7 %	11.839
Skupaj		180.964

Priloga D 2

Kalkulacija stroškov za sekalnik Eschlböck Biber 70 in pogonski agregat JCB Fastrac 3220

Trajanje delovnega sredstva: 6 let		
	Cena (€/enoto)	Stroški (€/leto)
1. Gorivo in mazivo		39.441
Gorivo	0,982	32.868
Mazivo	20 % cene goriva	6.574
2. Nadomestni deli		3.170
Gume	1.140	1.520
Rezila	75	1.650
3. Amortizacija		40.633
Nabavna vrednost traktor	138.000	23.000
Nabavna vrednost sekalnik	146.000	24.333
Nabavna vrednost nakl. naprava	4.000	667
Likvidacijska vrednost traktor	15 % kamiona	3.450
Likvidacijska vrednost sekalnik	15 % sekalnika	3.650
Likvidacijska vrednost nakl. naprava	40 % nakl. naprave	267
4. Popravila in vzdrževanje		38.400
Traktor	80 %* amortizacija	18.400
Sekalnik	80 %* amortizacija	19.467
Nakladalna naprava	80 %* amortizacija	533
5. Obresti na vložen kapital		5.040
Traktor	3 %	2.415
Sekalnik	3 %	2.555
Nakladalna naprava	3%	70
6. Zavarovanje		20.160
Traktor	7 % * A * t	9.660
Sekalnik	7 % * A * t	10.220
Nakladalna naprava	7 % * A * t	280

"se nadaljuje"

"nadaljevanje"

7. Stroški delavca	BPL * K 1	11.364
8. Splošni stroški	BPL * K2	6.982
9. Lastna cena		165.190
10. Teoretični dobiček	7 %	11.563
Skupaj		176.753

Priloga D 3

Kalkulacija stroškov v časovnih enotah

Sekalnik	Strošek (€/h)	Strošek (€/dan)	Strošek (€/leto)
Biber 70	165,19	1.321,52	165.190
Holzmatic	199,44	1.595,52	169.125