

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

Bruno KONDA

**POŠKODOVANOST GOZDNIH TAL PO STROJNI SEČNJI
V POMLAJENIH SESTOJIH NA OBMOČJU KOČEVSKEGA
ROGA**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2016

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

Bruno KONDA

**POŠKODOVANOST GOZDNIH TAL PO STROJNI SEČNJI V
POMLAJENIH SESTOJIH NA OBMOČJU KOČEVSKEGA ROGA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**SOIL DAMAGE CAUSED BY MECHANIZED CUTTING IN
REGENERATED STANDS IN THE KOČEVSKI ROG AREA**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Biotehniški fakulteti v Ljubljani, na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Za mentorja je bil imenovan prof. dr. Boštjan Košir, za recenzenta pa prof. dr. Janez Krč.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član: prof. dr. Boštjan Košir

Član: doc. dr. Jurij Marenče

Član: prof. dr. Janez Krč

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Bruno Konda

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 461:36(497.4KočevskiRog)(043.2)=163.6
KG	strojna sečnja/traktor/zgibni polprikoličar/stroj za sečnjo
AV	KONDA, Bruno
SA	KOŠIR, Boštjan (mentor)/MARENČE, Jurij (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2016
IN	POŠKODOVANOST GOZDNIH TAL PO STROJNI SEČNJI V POMLAJENIH SESTOJIH KOČEVSKEGA ROGA
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	VIII, 30 str., 3 pregl., 9 sl., 19 vir.
IJ	sl
JI	sl/en

AI Meritve za diplomsko nalogo so potekale avgusta, septembra in oktobra leta 2009 v kraju Podturn, krajevna enota Podturn, v gozdnogospodarski enoti Poljane. Namen naloge je bil analizirati in preučiti poškodbe tal na spravih poteh pri vožnji lesa z zgibnim polprikoličarjem, vlačanju lesa s traktorjem in sečnji s strojem za sečnjo ter podati oceno o primernosti izbire strojev na izbrani lokaciji. Raziskava je bila izvedena v dveh stratumih približno enake velikosti. V enem stratumu je bila izvedena sečnja s strojem za sečnjo John Deere 1470D ECO v kombinaciji z motorno žago, spravilo pa z zgibnim polprikoličarjem John Deere 1410 ECO III. Prečno na poti gibanja strojev je bilo postavljenih 34 profilov, na katerih smo spremljali spremembe oblike profila. V drugem stratumu pa je bil les posekan z motornimi žagami in izvlečen s prilagojenim kmetijskim traktorjem John Deere 6220. V tem stratumu je bilo postavljenih 21 profilov. V diplomskem delu so prikazani rezultati globine kolesnic za stroj za sečnjo, zgibni polprikoličar in traktor. Prikazane so tudi širine sečnih poti in motena površina na merjenih objektih. Ugotovili smo, da je bila pri večini merjenih profilov globina kolesnic nižja od 10 cm. Sečni ostanki so pri sečnji s strojem in spravilu ugodno vplivali na nosilnost gozdnih tal. Poškodbe tal so bile zaradi dobre nosilnosti tal zmerne. Stroj se je na izbrani lokaciji izkazal kot primeren.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dn
- DC FDC 461:36(497.4KočevskiRog)(043.2)=163.6
- CX mechanized cutting/tractor/forwarder/harvester
- AU KONDA, Bruno
- AA KOŠIR, Boštjan (supervisor)/MARENČE, Jurij (advisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
- PY 2016
- TI SOIL DAMAGE CAUSED BY MECHANIZED CUTTING IN REGENERATED STANDS IN THE AREA KOČEVSKI ROG AREA
- DT Graduation thesis (higer professional studis)
- NO VIII, 30 p., 3 tab., 9 fig., 19 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB Measurements for the thesis took place in August, September and October 2009 in Podturn, the county Podturn, the forest management unit Poljane. The purpose of the thesis was to analyze and examine the damage done to the soil on skidding routes when transporting wood with forwarder, pulling logs with a tractor and woodcutting with tree harvester machine, and to make an assessment of the appropriate choices for choosing the machinery in the given location. The survey was conducted in two stratum of approximately equal size. In one location logging was carried out with the harvester tractor John Deere 1470D ECO in combination with a chainsaw, skidding it by a forwarder John Deere 1410 ECO III. Crosswise to the skidding, 34 profiles have been positioned, that monitored the routes. In the second location, the timber was cut by chainsaws and logged with adapted agricultural tractor John Deere 6220. In this stratum there have been 21 profiles. The paper presents the results of the rut depth of the harvester, forwarder and tractor. It also shows the width of the skidding routes and its interrupted surface of the measured objects. We have found that in the majority of the measured profiles the rut depth of less than 10 cm. Woodcutting residue by logging machines and harvesting have shown a positive impact on the capacity of the forest soil. Soil damage, due to good soil, were moderate. The machine at the selected location has proved to be suitable.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
1 UVOD	1
2 NAMEN IN CILJI NALOGE	2
3 DELOVNE HIPOTEZE	3
4 PREGLED OBJAV	4
5 MATERIAL IN METODE	7
5.1 OPIS RAZISKOVALNEGA OBJEKTA	7
5.1.1 Opis oddelka 43	7
5.1.2 Opis gozdnogospodarske enote Poljane	8
5.1.3 Opis strojev v raziskavi	8
5.1.3.1 Opis stroja za sečnjo (harvester) John Deere 1470D ECO	8
5.1.3.2 Opis zgibnega polprikoličarja (forwarderja) John Deere 1410 ECO III	10
5.1.3.3 Opis prilagojenega kmetijskega traktorja John Deere 6220	11
5.1.4 Prometnice v revirju Rampoha	13
5.1.4.1 Primarne prometnice	13
5.1.4.2 Sekundarne prometnice	13
5.1.4.3 Spravilna sredstva	13
5.2 METODE DELA	14
5.2.1 Snemanje na raziskovalnem objektu	14
5.2.1.1 Snemanje profilov	14
6 REZULTATI	16
7 RAZPRAVA IN SKLEPI	22
8 POVZETEK (SUMMARY)	25
8.1 POVZETEK	25

8.2	SUMMARY	27
9	VIRI	29
	ZAHVALA	31

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Število meritev in globine kolesnic po posameznih strojih	16
Preglednica 2: Širine vlak in sečnih poti	18
Preglednica 3: Ocena motene površine	19

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Položaj gozdnogospodarske enote Poljane (Gozdnogospodarski načrt..., 2003)	7
Slika 2: Stroj za sečnjo John Deere 147D ECO (Foto: Gorišek B.)	9
Slika 3: Zgibni polprikoličar John Deere 1410 ECO III (Foto: Gorišek B.)	10
Slika 4: Prilagojen kmetijski traktor John Deere 6220 (Foto: Gorišek B.)	12
Slika 5: Način določanja profila vlake in globine kolesnic (Košir, 2010a)	15
Slika 6: Širina vlake pred spraviлом lesa s traktorjem in delom s strojem za sečnjo	17
Slika 7: Širina vlake po spraviлу lesa s strojem za sečnjo, zgibnim polprikoličarjem in traktorjem	18
Slika 8: Globina kolesnice po posameznih fazah	20
Slika 9: Globina kolesnic pri spraviлу s traktorjem in z zgibnim polprikoličarjem	20

1 UVOD

Strojna sečnja poteka danes v Sloveniji na traktorskih terenih s stroji za sečnjo, spravilo lesa pa opravljamo z zgibnimi polprikoličarji (Krč in Košir, 2004).

Razvoj strojne sečnje se je začel v skandinavskih deželah in Severni Ameriki, kjer so terenske in sestojne razmere najprimernejše za tovrsten način sečnje in spravila lesa. Prve stroje v Sloveniji smo sprejeli z dvomi o primernosti za naše gozdove. Najbolj pogosti pomisleki so, da novi stroji niso primerni za naše terenske in sestojne razmere, da povzročajo preveč poškodb na stoječem drevju in tleh, da bo potrebna gradnja novih prometnic, da so stroji predragi, oziroma da bo ekonomski učinek negativen (Kojek, 2005).

Traktorsko spravilo lesa je pri nas uveljavljeno že zelo dolgo, se pa v Sloveniji pojavlja vse več spravila lesa z zgibnim polprikoličarjem. Razlike med traktorskim spravilom in spravilom lesa z zgibnim polprikoličarjem so zelo velike. Traktor les za sabo vlači, polprikoličar pa les vozi. Zaradi svojih specifičnih lastnosti se stroj lahko giblje po brezpotju, kjer vlake niso grajene in premaguje naklone terena tudi nad 50 %. Zelo pomembno je izbrati pravilno velikost stroja glede na terenske in sestojne razmere. Ključen dejavnik pri izbiri stroja je nosilnost tal predvsem pri vožnji po negrajenih vlakah.

V diplomskem delu smo ugotavljali razliko v spremembi profila pred začetkom vožnje in po njenem koncu posebej za tri stroje; s strojem za sečnjo, zgibnim polprikoličarjem in traktorjem. Raziskava je potekala avgusta, septembra in oktobra 2009 v oddelku 43, v GGE Poljane, KE Podturn.

2 NAMEN IN CILJI NALOGE

Strojna sečnja se je v Sloveniji že dodobra uveljavila. Varnost pri delu je v gozdu najpomembnejši dejavnik, pomemben pa je tudi vpliv strojev na poškodbe drevja, mladja in gozdnih tal. Moramo se zavedati, da je naš končni cilj kakovosten in zdrav gozd. Ponudba strojev je na trgu vse večja, zato je zelo pomembno znanje o vplivu novodobnih strojev na gozd kot celoto.

Cilj naloge je ugotoviti vpliv strojne sečnje na gozdna tla v pomlajenih sestojih Kočevskega Roga.

Ob tem želimo kritično presoditi poškodbe tal in ugotoviti primernost izbire strojev na omenjeni lokaciji.

3 DELOVNE HIPOTEZE

- Kombinacija z motorno žago pri sečnji je nujna, predvsem zaradi predebelega drevja v izbranem sestoju.
- Širina vlake in gostota prometnic vplivata na moteno površino.
- Širina vlake se zaradi strojne sečnje poveča.

4 PREGLED OBJAV

Za sistem kratkega lesa s strojno sečnjo je značilno izdelovanje lesa pri panju. Sistem zahteva večje število prometnic, ki pa so pri vožnji lesa različno obremenjene. Sečne vlake predstavljajo več kot polovico vseh prometnic. Količina lesa na vsakem pasu sečne vlake pa je zelo majhna, zato so tudi najmanj obremenjene (Košir, 2002).

Model kratkega lesa s strojem za sečnjo predstavlja tehnologijo izdelovanja lesa pri panju s strojem za sečnjo ter vožnjo z zgibnim polprikoličarjem do kamionske ceste. Oba stroja se peljeta pretežno po istih prometnicah. Takšen model je primeren za terene, kjer je vožnja s stroji za sečnjo po brezpotju in grajenih vlakah mogoča. Povprečni maksimalni doseg dvigala z glavo za sečnjo znaša 10 m. Ta delovni doseg stroja določa gostoto prometnic. Obstajajo pa tudi stroji, pri katerih je doseg večji, pri manjših strojih je pa doseg nekoliko manjši. Tako se gostota sekundarnih prometnic giblje okoli 500 m/ha (Košir, 2002).

Večkrat je tehnologija kratkega lesa označena kot ekološko primernejša od tehnologij, ki so dlje časa prisotne na naših tleh. Znano je, da v deželah, kjer so bili sistemi gospodarjenja razviti, iz velikopovršinskega golosečnega gospodarjenja prehajajo na manjše površine. Prav tako v teh deželah narašča število redčenj. Pri nas prevečkrat povezujemo tehnologijo kratkega lesa z načinom gospodarjenja, kjer je bila tehnologija razvita. Razlika med našimi in njihovimi načini gospodarjenja je zelo velika in neprimerljiva. Pri golosečnem sistemu (pri nas je prepovedan) ne prihaja do poškodb sestoja, saj se vsa drevesa odstranijo iz gozda. Strojna sečnja se pojavlja tudi v deželah, kjer podobno gospodarijo kot pri nas, saj ni vezana na golosečni način gospodarjenja (Krč in Košir, 2003).

Pri strojni sečnji nastopajo stroji za (Košir, 1997):

- sečnjo in izdelavo (ang. *harvester*),
- sečnjo in spravilo (ang. *forvester oz. harwarder*),
- obdelavo (ang. *procesor*),
- podiranje in zbiranje (ang. *feller-buncher*),
- kleščenje (ang. *delimber*).

Stroj za sečnjo ponavadi deluje v sistemu s pravilnim strojem - zgibnim polprikoličarjem (*forwarder*). Stroj za sečnjo v kombinaciji z zgibnim polprikoličarjem ter *forvester* so vezani na sistem kratkega lesa (Pfajfar, 2006).

Gozdne prometnice so grajene in negrajene površine gozda po katerih se premika stroj ali del stroja z bremenom ali brez njega. Gostota primarnih prometnic je pomembna z vidika stroškov dela. Vpliv na stroške je večji pri tehnologiji izdelave sortimentov ob kamionski

cesti s strojem za izdelavo, medtem ko so tehnologije izdelave sortimentov ob panju (les vozimo z zgibnim polprikoličarjem) na gostoto cest manj občutljive. Gostota primarnih prometnic ni neposredno odvisna od tehnologije pridobivanja lesa. Sekundarne prometnice delimo na grajene ali negrajene. Njihova gostota mora zadoščati osnovnemu pogoju - ta je, da z njimi omogočimo transport s celotne površine. Gostota sekundarnih prometnic je zato bistveno odvisna od tehnologije pridobivanja lesa. Vlake lahko delimo tudi po obremenitvi s prometom na glavne in stranske, pri tehnologiji kratkega lesa pa še na sečne vlake, po katerih transport lesa skoraj ne poteka, pomembne pa so zaradi dostopa stroja za sečnjo do drevesa. Sečne vlake poznamo v sistemih kratkega lesa zlasti na razgibanem terenu, kjer se ne moremo približati modelnemu pristopu odpiranja sestojev (Košir, 2002).

Pri načrtovanju površin primernih za strojno sečnjo so pomembni naslednji podatki (Krč, 2002):

- naklon terena (povprečni naklon v odseku podan v %),
- mešanost sestojev (% iglavcev v lesni zalogi odseka),
- ovire na terenu (povprečna skalovitost v odseku),
- jakost sečnje (% možnega poseka glede na lesno zalogo v odseku),
- reliefne posebnosti (gladko, valovito, jarkasto, stopničasto, skokovito, vrtačasto, kotanjasto, čokasto, grebenasto).

Z naklonom terena se povečuje koeficient poškodovanosti tal. Poleg bremena, naklon torej dodatno vpliva na dinamični tlak, ta se pri polni vožnji povečuje z naklonom. Na bolj strmih terenih, še posebej tam kjer so tla slabo nosilna, lahko pričakujemo večje poškodbe tal (Mali in Košir, 2007).

Obstajajo razlike v nosilnosti tal med vrtačo, grebenom in ostalimi tlemi. Najmanjša nosilnost tal je v vrtači, največja pa na grebenu. Vzrok je v globini tal. V vrtači so tla po navadi globlja in mehkejša, na grebenu pa so po navadi tla plitvejša (Mali, 2006).

V raziskavi na območju Krasa sta Košir in Robek (2000) raziskovala značilnosti poškodb tal pri redčenju sestojev rdečega bora s tehnologijo strojne sečnje na primeru delovišča Žekanc. Najbolj izrazite poškodbe tal so ugotovili na primarnih vlakah.

Zgibni polprikoličar in stroj za sečnjo se gibljeta po grajenih vlakah in po brezpotju. Pri tem nastajajo v tleh različne motnje. Ocena motenj zaradi delovanja teh strojev je bistvenega pomena pri tveganju zaradi erozije, možnosti manjše produkcijske sposobnosti rastišč ter izgube estetske vrednosti. Ko se zaradi vožnje stroja fizično odrine površinska plast tal, govorimo o premeščanju tal. To se praviloma dogaja pri vseh globljih kolesnicah, kjer prihaja tudi do mešanja talnih horizontov in s tem do uničevanja naravne talne

strukture. Poškodbe tal so odvisne od lastnosti tal in od lastnosti strojev (Mali in Košir 2007).

Poškodbe gozdnih tal sodijo med pomembnejše negativne vplive na okolje. Nastanejo zaradi gradnje sekundarnih prometnic, premikanja delovnega stroja po brezpotju in premikanja bremena. Nevidne poškodbe na gozdnih tleh nastanejo zaradi zbivanja tal pri vožnji težkih delovnih strojev zunaj grajenih vlak. Sem spadajo poškodbe korenin in spremembe v talni strukturi. Vidne poškodbe vplivajo na estetsko funkcijo gozda, predstavljajo izgubo površine namenjene rasti sestoja in pripomorejo k nastanku žarišč z nepredvidljivimi posledicami (Košir, 1992).

Na skoraj vseh podlagah v gozdu nastanejo po premaganem kotalnem uporu gibanja kolesa po podlagi kolesnice. Po svoji globini razvrščajo poškodbe v tri razrede (Košir, 2010).

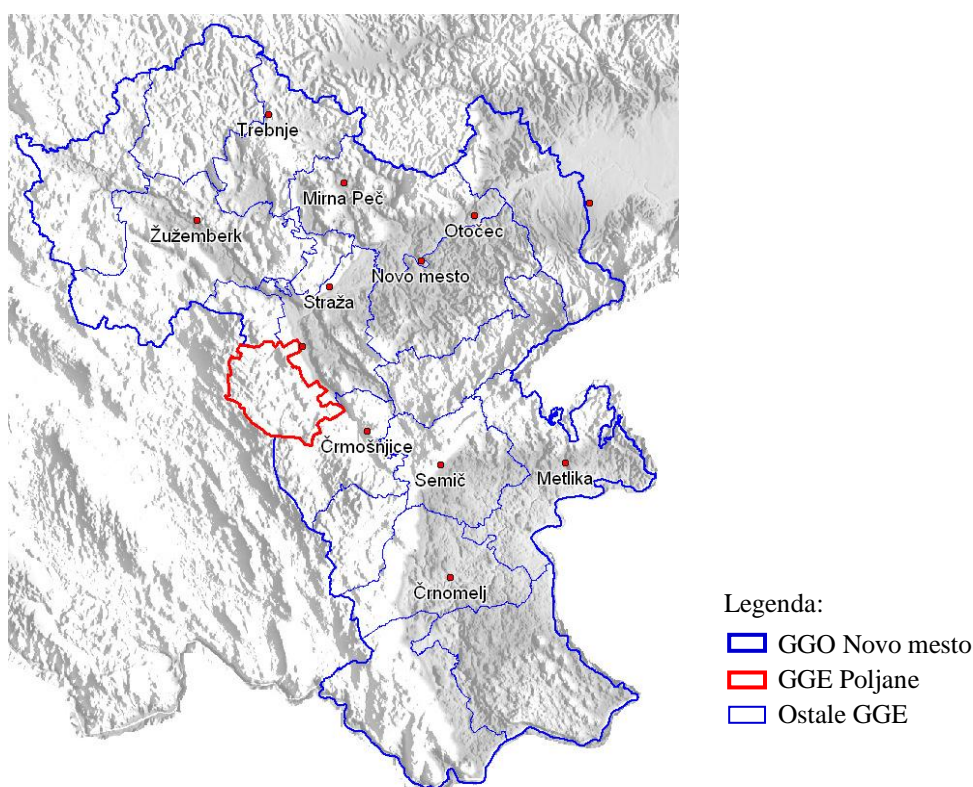
1. **Tip vlake 1: Plitva kolesnica**, je neizrazita in globoka ne več kot 10 cm, včasih je kolesnica komaj zaznavna. Tak tip poškodb nastane pri majhnem številu prehodov stroja, lažjih strojih oz. bolj nosilnih tleh. Globlji horizonti so praktično nepoškodovani, poroznost tal je zmanjšana v vrhnjem delu. V zgornjih horizontih so tla zbita, povečana je gostota tal, zmanjšan je volumen por v tleh.
2. **Tip vlake 2: Srednje globoka kolesnica**, pri kateri je vrhnji horizont zmešan oz. premaknjen. V ta tip spadajo kolesnice do globine 20 cm. Prevladujoča poškodba tal je zbitost. Vrhni sloj tal je plastično deformiran oz. na meji plastične deformacije, kar pomeni, da so globlji talni horizonti najbrž deformirani, a na svojem mestu. Poroznost tal je v vrhnjih horizontih močno zmanjšana.
3. **Tip vlake 3: Globoka kolesnica**, pri kateri prihaja do preloma tal. Tlak na tla in strižne sile so zmešale talne horizonte v viskozno (prašno) maso. Na območju prodiranja kolesa v podlago so tla porušena - sem štejemo kolesnice z globino med 20 in 30 cm.

Pri izgradnji prometnic v gozdu pride do izgube površin namenjenih rasti sestoja. Na površini, kjer poteka prometnica, je potrebno posekati vse drevje. Poleg tega se v neposredni bližini prometnice pri izgradnji vlake poškoduje tudi koreninski sistem bližnjih dreves. Narejene so bile posamezne raziskave, ki so pokazale izgubo površin za 55 ha ali 3 % površine revirja (Avguštin, 2000).

5 MATERIAL IN METODE

5.1 OPIS RAZISKOVALNEGA OBJEKTA

Raziskovalni objekt se nahaja v novomeškem gozdnogospodarskem območju (GGO), v krajevni enoti (KE) Podturn. Objekt leži v gozdnogospodarski enoti (GGE) Poljane, natančneje v revirju Rampoha. Snemanje smo opravili avgusta, septembra in oktobra leta 2009.



Slika 1: Položaj gozdnogospodarske enote Poljane (Gozdnogospodarski načrt..., 2003)

5.1.1 Opis oddelka 43

Oddelek 43 spada v Gospodarsko enoto (GE) Poljane, leži v severovzhodnem delu, na nadmorski višini od 610 do 680 m. Površina znaša 45,06 ha in je v celoti v državni lasti. Kamnitost terena znaša 35 %, skalovitost pa 45 % (Gozdnogospodarski načrt..., 2003).

Glede na gospodarski razred, gozdove uvrščamo v dinarsko jelovo-bukove na najboljših rastiščih. Prevladuje gozdna združba *Abieti-Fagetum typicum* (60 %), sledi *Abieti-Fagetum omphalodontosum* (30 %) in *Abieti-Fagetum scopolietosum* (10 %). Od drevesnih vrst prevladuje smreka z 51 %, sledi bukev z 21 %, jelka s 14 % in gorski javor s 13 % od lesne zaloge. Po razvojni fazi je debeljaka kar 70 %, zato je posledično tudi visoka lesna zaloga, ki znaša 426 m³/ha. Drogovnjaka je 1 %, mladovja 11 % in sestoja v obnovi 18 %.

V odseku je izpostavljena hidrološka funkcija, biotopska funkcija in varovanje naravne dediščine (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).

Odprtost z vlakami je 100 %, prevladuje traktorsko spravilo, povprečna pravilna razdalja pa znaša 250 m. Intenzivnost gospodarjenja je zelo velika. Možni desetletni posek za iglavce znaša 3366 m³ (27 % lesne zaloge) in za listavce 1101 m³ (17 % lesne zaloge). Pri gojitvenih in varstvenih delih je načrtovana površina nege mladja 2,26 ha, za nego gošče 13,83 ha, nega letvenjaka 3,50 ha in za drugo redčenje 1,50 ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).

5.1.2 Opis gozdnogospodarske enote Poljane

Gospodarska enota Poljane leži na zahodnem delu novomeškega gozdnogospodarskega območja, na območju štirih katastrskih občin: Podstenice, Stare žage, Poljane in Podturn. Površina gozdov v celi gospodarski enoti je 4.529,12 ha, gozdnatost pa je 99,5 %. Celotno območje je v državni lasti. Vzhodni del, kjer se nahaja naš objekt - oddelek 43, predstavljajo strma pobočja z apnenčasto podlago in malo kraškimi vrtačami. Najnižja točka je vas Obrh na nadmorski višini 190 m. Zahodni del je bolj izravnani in zelo razgiban. Prevladuje izrazit kraški svet s številnimi vrtačami, brezni in kopami. Višine, ki so po večini med 600 in 800 m nadmorske višine se na kratkih razdaljah hitro spreminjajo. Najnižja točka v zahodnem delu je Jelendol z nadmorsko višino 510 m. V enoti je več kot 101 km produktivnih cest, odprtost s cestami pa znaša 22,4 m/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).

5.1.3 Opis strojev v raziskavi

Na raziskovalni površini je sečnjo in spravilo lesa izvajalo podjetje GG Novo mesto d. d.. V prvem stratumu, na površini 2,60 ha, so sečnjo izvajali z motorno žago, spravilo pa s prilagojenim kmetijskim traktorjem John Deere 6220. V drugem stratumu s površino 2,50 ha pa je potekala kombinirana sečnja z motorno žago in strojem za sečnjo John Deere 1470D ECO III. Pred strojem za sečnjo so sekači podrli drevesa, katera stroj ne bi mogel, zato jih je samo oklestil in skrojil. Omenjeni stroji in sekači so izjemoma za ta projekt delali skupaj.

5.1.3.1 Opis stroja za sečnjo (harvester) John Deere 1470D ECO

Stroj za sečnjo je namenjen podiranju, kleščenju in prežagovanju dreves. Za razliko od zgibnega polprikoličarja, se mora stroj pripeljati do vsakega drevesa in zato potrebuje več prometnic in manevrskega prostora za gibanje. Posledično tudi gozdna tla bolj poškoduje. Zaradi manjšega pritiska in boljšega oprijema stroja na tla je sprednji del opremljen s goseničnimi verigami, zadnji pa z verigami.



Slika 2: Stroj za sečnjo John Deere 147D ECO (Foto: Gorišek B.)

Tehnični podatki stroja za sečnjo John Deere 1470D ECO (John Deere, forestry equipment, 2010)

Motor: John Deere 6090 HTJ

Moč: 180 kW/241 KM pri 2000 obr/min

Navor: 922 Nm pri 1400 obr/min

Masa: 19700 kg

Dolžina: 7,72 m

Širina: 2,96 m

Kliren: 71 cm

Medosna razdalja: 4,05 m

Pogon: hidromehanski - dvostopenjski 6 x 6

Dimenzija pnevmatik: zadaj – 700 x 34,14 PR TRS NK (verige); spredaj – 650 x 26.5, 20PR Forest King ELS NK (verige povezano), oboje polnjeno s tekočino

Hitrost: 1. Stopnja: 0 - 8 km/h; 2. Stopnja: 0 - 22 km/h

Kontrolni in upravljalni sistem: PC/Windows - based Timbermatic 300

Prostornina rezervoarja (gorivo): 480 l

Tlak na tla: 67 kPa (spredaj), 49 kPa (zadaj)

Doseg dvigala: 9,7 m

5.1.3.2 Opis zgibnega polprikoličarja (forwarderja) John Deere 1410 ECO III

Omenjeni stroj se največkrat uporablja pri metodi kratkega lesa v kombinaciji s strojem za sečnjo. Ta drevo podre, oklesti in razžaga na sortimente določene dolžine, zgibni polprikoličar pa sortimente naloži in odpelje na skladišče pri kamionski cesti (Mikec, 2011).



Slika 3: Zgibni polprikoličar John Deere 1410 ECO III (Foto: Gorišek B)

Tehnični podatki zgibnega polprikoličarja John Deere 1410 ECO III (John Deere, forwarders, 2010)

Motor: John Deere 6068 HTJ

Moč: 136 kW/185 KM pri 1900 obr/min

Navor: 779 Nm pri 1400 obr/min

Masa: 16.900 kg (prazen), 30.900 kg (polno naložen)

Nosilnost: 14.000 kg

Dolžina: 9.295 mm

Širina: 2.906 mm

Klirens: 605 mm

Pogon: hidromehanski - dvostopenjski 8 x 8

Dimenzija pnevmatik: zadaj – 600 x 65 x 26,5 TRS (povezano gosenično); spredaj - 600 x 65 x 26,5 TRS (verige povezano) oboje polnjeno s tekočino

Hitrost: 1. Stopnja: 0 - 8 km/h; 2. Stopnja: 0 - 22 km/h

Kontrolni in upravljalni sistem: TMC 2000

Prostornina rezervoarja (gorivo): 165 l

Tlak na tla: prazen - 59 kPa (spredaj), 40 kPa (zadaj); prazen z goseničnimi verigami - 39 kPa (spredaj), 29 kPa (zadaj); naložen - 65 kPa (spredaj), 118 kPa (zadaj); naložen z goseničnimi verigami: 41 kPa (spredaj), 68 kPa (zadaj)

Dvigalo: Waratah CH 7

Doseg: 7,2 m

Dvižni moment: 125 kNm/1250 kg (na 4 m - 2370 kg, na 7,2 m - 1250 kg)

Največji problem pri tovrstnem spravilu lesa predstavlja teža polno naloženega stroja. Pri večkratnih prehodih stroja prihaja do zbijanja, narivanja in premeščanja zemeljskega materiala na gozdnih tleh in vlakah. Zaradi zmanjševanja poškodb gozdnih tal ima stroj nameščene kolesne verige, ki omogočajo boljši oprijem na tla, zmanjšujejo zdrse, zmanjša pa se tudi specifični pritisk stroja na tla.

5.1.3.3 Opis prilagojenega kmetijskega traktorja John Deere 6220

Prilagojeni kmetijski traktorji so pogonski stroji, ki so namenjeni za vsa dela v kmetijstvu, vendar pa se zaradi svoje prilagodljivosti že pol stoletja uporabljajo tudi za spravilo lesa iz gozda. Dandanes se s svojimi lastnostmi bistveno razlikujejo od tistih, ki so se uporabljali v preteklosti in lahko bi rekli, da so po tehnični plati v samem vrhu uporabnosti (Mikec, 2011).



Slika 4: Prilagojen kmetijski traktor John Deere 6220 (Foto: Gorišek B.)

Tehnični podatki prilagojenega kmetijskega traktorja John Deere 6220

Masa traktorja z gozdarsko nadgradnjo in verigami: 6216 kg

Dolžina: 5,15 m

Višina: 2,7 m

Širina: 2,15 m

Klirens: 469 mm

Tip motorja: John Deere Power Tech 4045 TL071, Tier I (standard glede okoljskih zahtev). Štiri - valjni, vodno hlajen s turbo polnilnikom

Moč motorja: 66 kW (90 KM) pri 2200 obr/min

Navor: 374 Nm pri 1200 obr/min

Menjalnik: Power Shuttle 16/16

Sklopka: hidravlična

Zavore: nožne - hidravlične disk zavore, v oljni kopeli, pri zaviranju se samodejno vklopi prednji pogon; ročna - deluje na vsa štiri kolesa. Če menjalnik prestavimo v »P« so blokirana vsa štiri kolesa preko motorja

Prostornina rezervoarja: 165 l

Dimenzije pnevmatik: zadaj - 16,9 R30, spredaj - 320/70 R24

Zaradi večje storilnosti in učinkov stroja je traktor opremljen z kolesnimi verigami. Njihov glavni namen je večji oprijem koles s podlago, obenem pa varuje pnevmatiko pred poškodbami. Slaba stran so poškodbe tal na mehkih podlagah in pri vožnji po večjih naklonih terena (Mikec, 2011).

5.1.4 Prometnice v revirju Rampoha

Revir Rampoha ima gozdove, ki so v 98 % namenjeni intenzivnemu gospodarjenju. Pogoji za intenzivno gospodarjenje je razvit sistem gozdnih prometnic, ki je bil v ta namen tudi zgrajen. V ostalih gozdovih (2 %) je sečnja omejena zaradi varovalne, socialne in zgodovinske funkcije.

5.1.4.1 Primarne prometnice

Prve ceste so nastale iz kolovoznih poti z njihovo razširitvijo. Kasneje je nastal sistem gozdnih cest, ki so bile načrtno zgrajene. Z ustreznim sistemom gozdnih cest so se bistveno zmanjšale pravilne razdalje in s tem tudi stroški spravila. V revirju je 46 km cest, povprečna gostota znaša 21,89 m/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).

5.1.4.2 Sekundarne prometnice

Revir Rampoha je zelo razgiban s številnimi vrtačami in skalovitimi pobočji. Predvsem skalovitost je v preteklosti močno vplivala na izgradnjo vlak. Večino vlak so gradili ročno, zato je bilo težko zgraditi ustrezen sistem vlak. Prve vlake so se gradile za konjsko spravilo. V prehodu na traktorsko spravilo se je povečala potreba po širših vlakah. Pri gradnji vlak so se prilagajali terenu in skalovitosti, zaradi tega veliko vlak kljub veliki gostoti ne odprejo površine optimalno. Danes večino vlak gradijo strojno. Kljub temu skalovitost vseeno močno vpliva na zbiranje lesa, zato je tudi potrebna večja gostota vlak na kraškem terenu (Gozdnogospodarski načrt ..., 2003).

5.1.4.3 Spravilna sredstva

Spravilo lesa iz gozda se je na tem področju začelo s konji, leta 1962 so začeli uvajati gosenične traktorje, traktorske vitle so uvedli leta 1964. V letu 1971 so pričeli uporabljati zgibne traktorje. Zgibni traktor je bil namenjen za najtežje terene v enoti Poljane, del tudi v revirju Rampoha. Uvajanje prilagojenih kmetijskih traktorjev se je začelo v obdobju 1972 - 1973. Traktorje so stalno izpopolnjevali. Prvi traktorji z močjo 35 KM so bili opremljeni z enobobenskim vitlom s 30 kN vlečne sile nameščenim spredaj, kasneje pa z dvobobenskim vitlom s 50 kN vlečne sile nameščenim zadaj za voznikom. Ta traktor je zamenjal močnejši IMT 558, kasneje pa IMT 560, IMT 565 in 567. Zgibnik je bil v uporabi do 90-tih, nato pa so nadaljnjo uporabo zaradi velikih stroškov vzdrževanja in zaradi prihoda prilagojenih traktorjev s pogonom na vsa štiri kolesa ustavili. Kljub uvedbi traktorskega

spravila, del lesa še vedno spravljajo s konji. Predvsem v mlajših razvojnih fazah in na težje dostopnih terenih nameravajo ta način spravila ohraniti tudi v prihodnje.

5.2 METODE DELA

V raziskovalnem objektu, oddelek 43, so potekala snemanja avgusta, septembra in oktobra, leta 2009. Pred začetkom del je odkazilo dreves opravil revirni gozdar Zavoda za gozdove Slovenije. V projekt in potrebne meritve je bilo vključenih pet posameznikov, ki so med seboj smiselno sodelovali. Eden je meril z laserjem, drugi je vlekel meter na drugo stran vlake, tretji je bral podatke iz merske skale na trasirki, četri je bil zapisnikar, peti pa je meril razdaljo do naslednjega profila. Za lažjo orientacijo na terenu, smo oddelek razdelili na 6 stratumov (A1, A2 in A3, ter B1, B2 in B3). Na razmejitev stratumov je vplivala obstoječa mreža prometnic. Pri izbiri tehnologije v določenem stratumu smo odločali z metom kovanca.

5.2.1 Snemanje na raziskovalnem objektu

5.2.1.1 Snemanje profilov

Celoten oddelek 43 je bil razdeljen na 6 stratumov, za našo raziskavo sta zadostovala dva. V stratumu B1 je potekala klasična sečnja dreves z motorno žago in pravilom s prilagojenim kmetijskim traktorjem. Strojna sečnja s kombinacijo klasične sečnje z motorno žago in spravilo z zgibnim polprikoličarjem pa je bila opravljena v stratumu A2.

V stratumu B1 je bila opravljena pomladitvena sečnja na površini 2,60 ha. Odkazanih je bilo 164 dreves z bruto volumnom 355,77 m³. Stratum A2 je imel površino 2,50 ha, odkazanih je bilo 139 dreves pomladitvene sečnje. Za dodatne vlake je bilo odkazano 11 m³ lesa, bruto 309,28 m³ lesa.

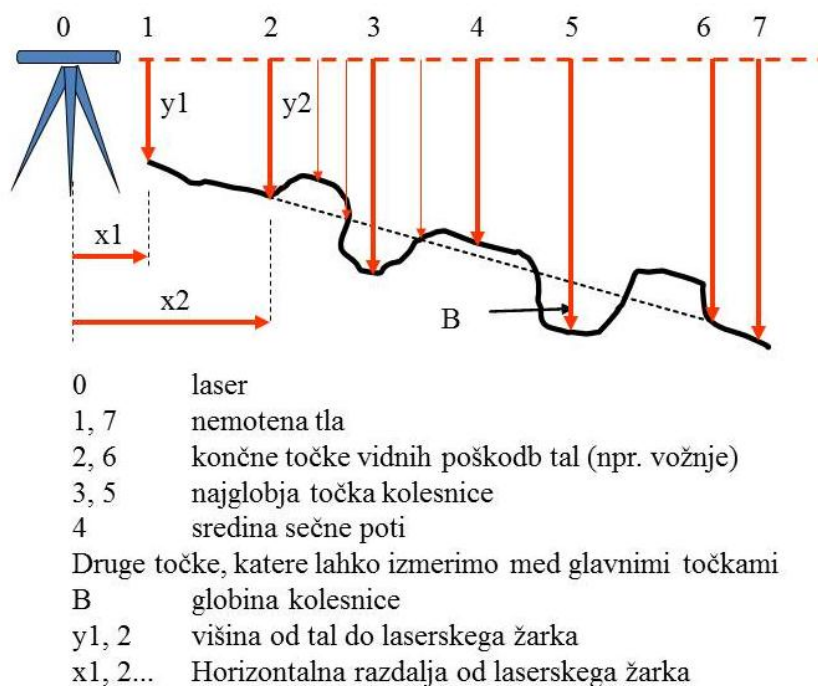
Dolžina sečnih poti v stratumu B1 je znašala 736 metrov, v stratumu A2 pa 695 metrov. Vse vlake smo pred izvedbo spravila izmerili z 20-metrskim tračnim metrom in jih zarisali v karto. Vsakih 30 metrov smo ob vlako zabili pobarvan količek, ki je služil za označevanje dolžine vlak in kasneje za merjenje profilov. Predvideli smo tudi nenačrtovane sekundarne prometnice, koder bi se stroj lahko gibal in jih označili s količki.

Za snemanje prečnih profilov smo uporabljali križni linijski laser znamke Bosch s samodejnim niveliranjem, ki je bil pritrjen na trinožno stojalo, sekaški meter, trasirko s centimetrsko merilno skalo, lesene količke in sekuro.

Za postavitev prvega količka smo določili naključno razdaljo od ceste in tam postavili prvi profil. Za merjenje razdalj med količki smo uporabili 50-metrski meter. Vsak naslednji profil je bil oddaljen 30 m, vendar pa ta razdalja ni bila fiksna in je bila lahko zaradi terenskih razmer krajša ali daljša. Sama lokacija količka je morala biti pravilno odmaknjena od sečne poti ali vlake, da jo stroj ne bi povozil ali zametal s sortimenti ali

sečnimi ostanki. Ker je metoda zahtevala meritev nepoškodovanih tal ob vlaki, je moral biti količek dovolj odmaknjen od sečne poti. Količke smo zabijali ob vlaki že pred začetkom obratovanja stroja, saj je bilo na terenu jasno razvidno, kje bodo potekale sečne poti. V enem primeru se je zgodilo, da zaradi konfiguracije terena profila nismo mogli posneti – v tem primeru smo količek zabili na drugo stran vlake.

Najprej je bilo potrebno ob vseh vlakah postaviti količke in jih označiti z zaporednimi številkami. Ker smo količke postavili ob vlaki, smo predvidevali, da bo kateri od količkov povožen ali zasut. Da ne bi izgubili položaja količka smo izmerili razdaljo in smer do drevesa in zapisali zaporedno številko količka. Meritve profilov smo na vseh objektih opravljali pred sečnjo, po sečnji in po opravljenem spravilu. Meritve profilov smo izvajali tako, da smo nad količek najprej postavili stojalo z vodno tehtnico, prižgali laser in žarek linijskega laserja usmerili pravokotno na sečno pot. Nato smo pod žarkom laserja od količka proti drugi strani sečne poti potegnili sekaški meter. Horizontalno razdaljo od količka do želene razdalje na vlaki smo odčitavali iz sekaškega metra na 1 cm natančno. Vertikalne razdalje od tal do laserskega žarka smo odčitavali s pomočjo trasirke. Karakteristike, ki so nas zanimale so bile naslednje: višina ob količku, raščena tla levo, rob kolesnice levo, leva kolesnica, os poti, desna kolesnica, rob kolesnice desno in raščena tla desno. Po končanih meritvah smo izmerili še višino preproge vej in ocenili pokrovnost na osi in obeh kolesnicah. Ugotovili smo še globino zablatenja, erozijo in skalovitost med in na kolesnicah.



Slika 5: Način določanja profila vlake in globine kolesnic (Košir, 2010a)

6 REZULTATI

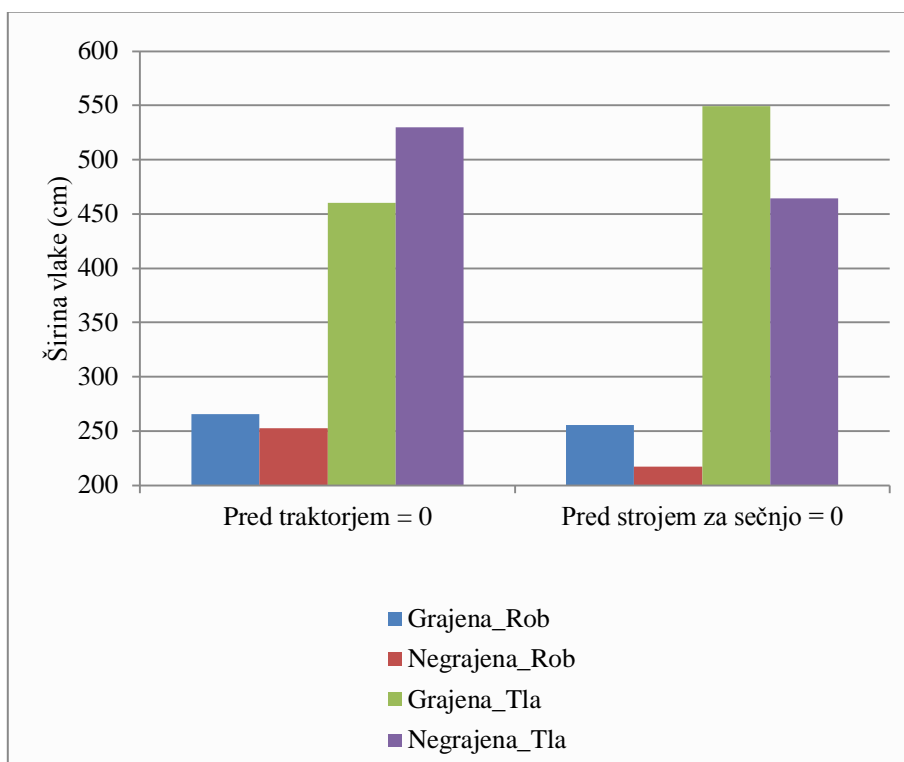
Na raziskovalnem objektu smo na obeh raziskovalnih ploskvah postavili 56 prečnih profilov, na katerih smo izvedli meritve in popise. Vseh meritev na objektih je bilo izvedenih 137. En profil je bil tekom raziskave izruvan, zato je bilo na koncu raziskave upoštevanih in veljavnih 55 profilov, meritev pa 136.

Preglednica 1: Število meritev in globine kolesnic po posameznih strojih

Tip kolesnice	Faza					Skupna vsota
	Pred traktorjem	Pred strojem za sečnjo	Po traktorju	Po stroju za sečnjo	Po zgibnem polprikoličarju	
Narinjeno	1	4	2	6	12	25
Do 10cm	16	22	17	27	18	100
Do 20cm	4	1	1	1	3	10
Nedovoljeno	-	-	-	-	1	1
Skupna vsota	21	27	20	34	34	136

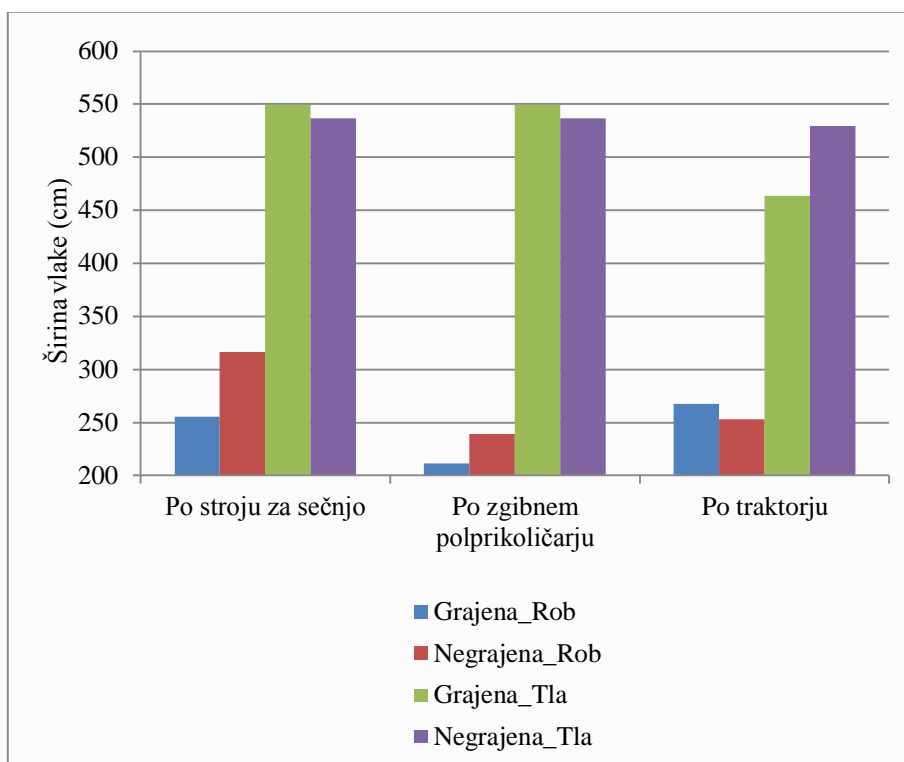
Iz preglednice 1 je razvidno, da je po sečnji s strojem za sečnjo več profilov kot pred sečnjo. Zaradi dostopa stroja do dreves so bile narejene nove sečne poti, ki niso bile načrtovane. Po sečnji s strojem smo zato dodatno postavili 7 profilov in opravili meritve. Vidimo, da se je po vožnji z zgibnim polprikoličarjem globina kolesnic do 10 cm znižala in spremenila v kategorijo narinjenega materiala. Pred vlačjenjem lesa s traktorjem je bilo več kolesnic do globine 20 cm kot po vlačanju. Iz teh podatkov sklepamo, da so pri prejšnji sečnji na tem območju nastale po vlačanju lesa s traktorjem velike poškodbe na gozdnih tleh. Če primerjamo traktor in zgibni polprikoličar vidimo, da je po vožnji in vlačanju pri slednjem večji delež kolesnic z narinjenim materialom. V preglednici 1 vidimo tudi, da v večini primerov globina kolesnic ni presegala 10 cm. Iz takšnega rezultata lahko sklepamo tudi na primernost izbire tehnologij na objektih raziskave.

V stratumu namenjenemu traktorskemu spravi smo pred spravi postavili 22 količkov in popisali profile vlak. Pri ponovnem popisu profila je bilo mesto količka prikrito s skalo, količek pa izruvan. Profil smo zaradi zametanega mesta količka s skalo izvzeli iz merjenja.



Slika 6: Širina vlake pred spraviлом lesa s traktorjem in delom s strojem za sečnjo

Točko do katere so bile vidne poškodbe tal po vožnji s stroji smo poimenovali rob. Območje od vidnih poškodb vožnje s stroji do laserja pa smo poimenovali tla. V sliki 6 vidimo, da se vrednosti za širino vlake začne malo nad 200 cm. Že sami stroji namenjeni gradnji gozdnih prometnic so širši od dveh metrov in od tukaj izvira začetna vrednost za širino vlake. Iz slike 6 lahko razberemo širine grajenih in negrajenih vlak pred začetkom dela s traktorjem in strojem za sečnjo. Širina grajenih vlak je pri obeh strojih zelo podobna in znaša približno 2,6 m. Pri negrajenih vlakah merjenih na robu kolesnic vidimo, da so bile razlike med ploskvama večje.



Slika 7: Širina vlake po spraviu lesa s strojem za sečnjo, zgibnim polprikoličarjem in traktorjem

Iz slike 7 je vidna majhna širina grajenih in negrajenih vlak po spraviu lesa z zgibnim polprikoličarjem. Ta pri vožnji ne potrebuje manevrskega prostora za obračanje, saj lahko strojnik z obratom sedeža upravlja stroj na isti način v nasprotno smer. Nasprotno velja pri traktorju, saj potrebuje za premike in obračanje več prostora. Posledično pride do večjih poškodb ob robu in na vlakah. Vzrok za manjšo širino vlak po spraviu lesa z zgibnim polprikoličarjem je verjetno elastična, humozna podlaga, ki se hitro vrne v začetni položaj.

Preglednica 2: Širine vlak in sečnih poti

Raščena tla levo: raščena tla desno (cm)						
	Grajena vlaka			Negrajena vlaka		
Tehnologija	Pred začetkom	Po stroju za sečnjo	Po traktorju, zgibnem polprikoličarju	Pred začetkom	Po stroju za sečnjo	Po traktorju, zgibnem polprikoličarju
Klasična	460,10		463,89	529,64		529,64
Strojna sečnja	549,42	549,42	549,42	464,33	536,40	536,40
Rob kolesnice levo: rob kolesnice desno (cm)						
	Grajena vlaka			Negrajena vlaka		
Tehnologija	Pred začetkom	Po stroju za sečnjo	Po traktorju, zgibnem polprikoličarju	Pred začetkom	Po stroju za sečnjo	Po traktorju, zgibnem polprikoličarju
Klasična	265,60		267,78	252,82		252,82
Strojna sečnja	255,50	255,50	211,21	217,33	316,70	239,30

V preglednici 2 so prikazane širine vlak in sečnih poti za obe tehnologiji. Kar je najbolj zanimivo, je velika širina negrajene vlake po sečnji s strojem za sečnjo. Pred sečnjo je bila

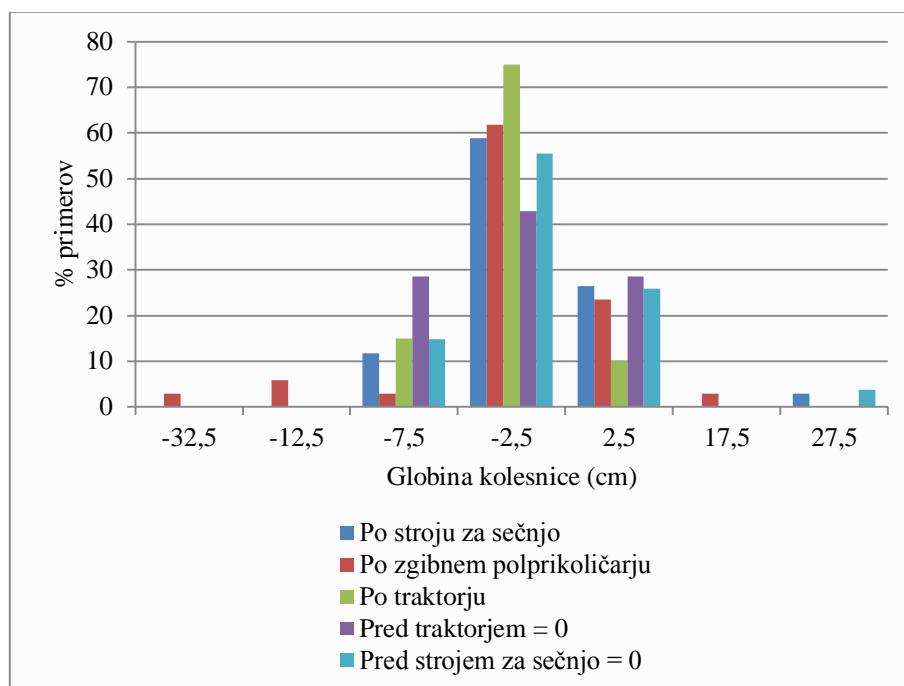
široka 217,33 cm, po sečnji pa je širina narasla za skoraj en meter, na 316,70 cm. Podatki za raščena tla v raziskavi niso ključnega pomena, ker na njih ni prišlo do sprememb in poškodb profila.

Na moteno površino vpliva način gospodarjenja (pri golosečnih sistemih je ponavadi motena površina večja), intenziteta posegov in uporabljena tehnologija. Zelo pomemben je tudi način dela, priprava dela, izkušnost in motivacija delavca (Mihelič, 2014). Moteno površino smo izračunali v obeh delovnih poljih za vsak stroj posebej (stroj za sečnjo, zgibni polprikoličar in traktor) in jih primerjali med seboj. Za izračun smo potrebovali podatke o največji širini sečne poti na objektu, skupni dolžini prometnic (gozdne ceste niso bile zajete) in površino objekta.

Preglednica 3: Ocena motene površine

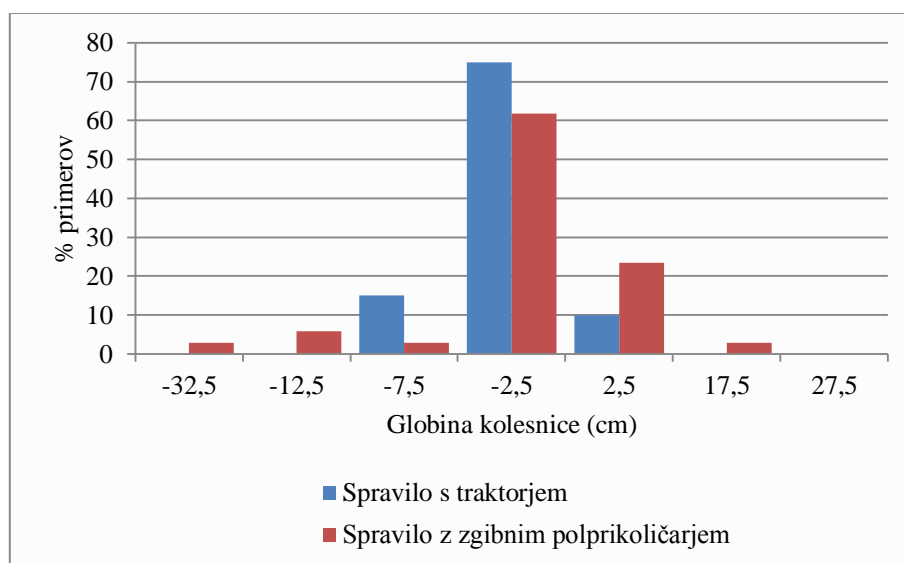
Tehnologija	Stroj za sečnjo	Zgibni polprikoličar	Traktor
Širina sečne poti [m]	3,17	2,39	2,68
Dolžina prometnice [m]	548	548	459
Motena površina [m ²]	1737	1310	1230
Motena površina [m ² /ha]	695	524	473
Površina [%/ha]	6,95	5,24	4,73

Iz preglednice 3 vidimo, da je največ motene površine po sečnji s strojem za sečnjo. Izmerili smo skoraj 7 % površine objekta. Zanimivo je, da je po vožnji lesa z zgibnim polprikoličarjem odstotek motene površine nižji in znaša 5,24 %. Od strojnika je odvisen način vožnje stroja in temu pripisujemo takšno razliko v primerjavi s strojem za sečnjo. Na objektu, kjer je vlačil traktor znaša motena površina 4,73 %. Če po tem kriteriju primerjamo strojno in klasično sečnjo, ugotovimo razliko v prid klasične sečnje.



Slika 8: Globina kolesnice po posameznih fazah

Na sliki 8 so vidni primeri globine kolesnic pri vsaki merjeni fazi. Negativne vrednosti globin kolesnic na x osi predstavljajo kolesnice, pozitivne vrednosti pa predstavljajo narinjen material. Vidimo, da je večina kolesnic in narinjenega materiala v razponu od -10 cm do 5 cm. Pri vožnji lesa z zgibnim polprikoličarjem je prišlo do skrajne globine kolesnic. V treh primerih so bile kolesnice globlje od 30 cm. Največja globina kolesnic je odvisna od dimenzij koles, saj so v skrajnostih lahko kolesnice globoke do globine, ko stroj nasede (Košir, 2010). Iz slike 8 lahko razberemo, da so ugreznjene kolesnice nižje od narinjenih.



Slika 9: Globina kolesnic pri spravilu s traktorjem in z zgibnim polprikoličarjem

S primerjavo traktorskega spravila in spravila z zgibnim polprikoličarjem vidimo, da je razpon v globini kolesnic pri traktorju manjši kot pri zgibnem polprikoličarju. Pri traktorju so poškodbe v zelo ozkem območju, med -10 in 5 cm. Ugotavljamo, da je pri zgibnem polprikoličarju v nekaj primerih prišlo do velikih ekstremov v globini kolesnic in narivu materiala. Ker je na območju kraški teren, je do teh pojavov prišlo v vrtačah, v katerih je več zemlje in posledično je tudi nosilnost tal manjša.

7 RAZPRAVA IN SKLEPI

Pri terenskem snemanju smo porabili Koširjevo (Košir, 2010) prilagojeno metodo ugotavljanja poškodb drevja in sprememb na vlakah po sečnji in spravi lesa. Za snemanje prečnih profilov smo uporabili vodno tehtnico z laserjem, sekaški meter, trasirko, snemalne liste ter lesene količke s katerimi smo označevali profile. Pri snemanju profilov so sodelovali 4 merilci, eden je uporabljal laser, drugi je vlekel sekaški meter, tretji je delal s trasirko in četrti je zapisoval podatke. Na tak način smo popisali 56 profilov, od katerih je po sečnji in spravi kasneje eden izpadel.

Pri tej metodi je pri postavitvi količkov pomembno natančno predvidevanje, kje se bo po sečni vlaki peljal stroj. Zaradi slabega predvidevanja smo nekaj profilov morali postaviti naknadno. Pri takšnem delu so potrebne izkušnje in občutek. Na nekaj profilih je bilo nametanih zelo veliko sečnih ostankov, zato je bilo zelo težko določiti globino kolesnic.

Ker smo snemanja opravljali v jutranjih urah, so žarki pod določenim kotom svetili v trasirko, v katero je bil usmerjen žarek laserja. Žarek laserja je bil premalo močan in zaradi tega smo imeli nekaj težav z odčitavanjem podatkov iz trasirke. Za samo metodo pa sicer lahko zaključimo, da je za ta namen primerna.

Košir je v raziskavi leta 2010 razvrstil poškodbe, ki nastanejo pri premaganem kotalnem uporju gibanja kolesa po podlagi kolesnice na tri stopnje. V prvi tip vlake spada plitva kolesnica, ki je neizrazita in je globoka do 10 cm. Srednje globoka kolesnica spada v drugi tip vlake. Pri tej kategoriji je vrhnji horizont zmešan oz. premaknjen in globina kolesnice ne presega 20 cm. Tretji tip je globoka kolesnica, pri kateri so tlak na tla in strižne sile zmešale talne horizonte v prašno maso. Na območju, kjer prodirajo kolesa v podlago so tla porušena. Sem štejemo kolesnice z globino med 20 in 30 cm.

Večina kolesnic v naši raziskavi spada v območje od globine 10 cm do 5 cm narinjenih kolesnic. V nekaj primerih je prišlo do skrajnih globin in nariva materiala. Po isti poti kot je vozil stroj za sečnjo je vozil tudi zgibni polprikoličar. Sklepamo, da stroj za sečnjo na merjenem delu ni polagal sečnih ostankov, zato je prišlo do tako velike globine kolesnic pri vožnji lesa. Kot smo domnevali, so največje poškodbe na vlakah nastale po vožnji lesa z zgibnim polprikoličarjem. Najmanj ekstremnih globin in narivov je bilo po traktorskem spravi.

Povprečne širine vlak, izmerjene pred vlačanjem lesa s traktorjem so znašale 259,21 cm, po vlačanju pa so se razširile na 260,30 cm. Pred sečnjo lesa s strojem za sečnjo so bile vlake široke 236,42 cm, po opravljeni sečnji pa 286,10 cm. Po vožnji lesa z zgibnim polprikoličarjem so bile široke 225,26 cm. Zgibni polprikoličar je z naloženim bremenom od vseh strojev najtežji. Po vožnji lesa z njim so nastale najgloblje kolesnice in najžje vlake. Vzrok za tak rezultat je verjetno v zelo elastični, humozni podlagi.

Pri traktorskem spravilu se širina vlak skoraj ni spremenila. Veliko poškodb na vlakah je odvisnih od načina vožnje traktorista. Pri opazovanju dela traktorista je bilo zaznati veliko znanja, preišljeno manevriranje s traktorjem in umirjena prazna ter polna vožnja. Delo je potekalo tekoče. Pri sečnji dreves s strojem za sečnjo se je širina vlak povečala za en meter. Domnevamo, da je to lahko tudi posledica premajhne sečne glave na stroju. V sestoji je bilo namreč odkazanih veliko debelih dreves, ki pa jih z enim prijemom sečne glave ni mogel objeti. Posledično je moral zapeljati tudi v sestoj in drevo prerezati še z druge strani. Pri tem je prišlo do razširitve in poškodb na vlaki. Da bi zmanjšali poškodbe na vlaki bi morali sekači podreti več debelejših dreves. Tukaj lahko potrdimo hipotezo, da je kombinacija z motorno žago zaradi predebelega drevja nujna.

V raziskavi smo na naših objektih za strojno sečnjo izmerili moteno površino v intervalu od 4,73 do 6,95 % površine na hektar. Povprečna površina motenih tal znaša 5,84 % na hektar. Najmanjši delež smo izračunali po spravilu lesa z traktorjem. Ugotovili smo, da širina vlake in gostota prometnic vplivata na moteno površino.

V raziskavi (Mihelič, 2014) je bila računana motena površina na objektih Osankarica, Bukovje, Mozelski Šahen, Trije križi in Vetrih. Interval motene površine je bil od 14,6 do 21,0 %, povprečno 18,7 % na hektar. Ugotovimo lahko, da je naša motena površina v primerjavi z Miheličevo nižja.

Če primerjamo naše podatke o izmerjeni moteni površini 5,84 % s podatki raziskave na delovišču Žekanc, kjer je bilo spremenjenih 17,3 % površine tal (Košir in Robek, 2000), ugotovimo, da je v naši raziskavi spremenjenih za 11,46 % manj površine na hektar.

Mihelič (2014) v svoji doktorski disertaciji ugotavlja, da v slovenskih razmerah sodobna tehnologija popolne strojne sečnje in spravila lesa s srednje velikimi stroji za sečnjo in spravilo za delo potrebuje med 12 in 25 % površine sestoja v naklonih do 20 %. Na koncu lahko ugotovimo, da podatki iz naše raziskave spadajo pod omenjeno območje in da so izbrani stroji primerni za delovišče, kjer se je strojna sečnja izvajala.

Bistvenega pomena za zmanjševanje negativnih vplivov strojev na tla so sečni ostanki, vendar le če so položeni na kolesnice in znaša potlačena debelina vsaj 10 - 15 cm (Košir in Robek, 2000).

Mali (2006) je v diplomski nalogi na objektu v Radečah primerjal povprečne globine kolesnic na treh različnih vlakah. Na drugi vlaki so bili položeni sečni ostanki, na prvi in tretji pa ne. Globine kolesnic je razvrstil v tri razrede; pod 10 cm, od 10 do 20 cm in nad 20 cm. Na prvi vlaki je imelo skoraj 60 % profilov globino kolesnic globljo od 20 cm, na drugi vlaki 27 %, ter na tretji skoraj 80 %. Na vlaki s sečnimi ostanki je imelo več kot polovica profilov globino kolesnic manjšo od 10 cm. S tem je dokazal, da se s polaganjem sečnih ostankov poveča nosilnost tal.

Zaradi sečnih ostankov so se poškodbe tal zmanjšale. Problem so bili predeli, kjer ni bilo dreves od katerih bi stroj veje polagal pod sebe. Pri takšnih primerih bi bilo potrebno veje iz predelov skalovitosti prepeljati na mesta, kjer sečnih ostankov ni. Pri opazovanju sečnih poti je bilo opaziti zelo visoke kupe vej na vlakah. Poškodbe bi lahko zmanjšali s primerno razporeditvijo vej in sečnih ostankov po vlakah.

8 POVZETEK (SUMMARY)

8.1 POVZETEK

V avgustu, septembru in oktobru 2009 smo v revirju Rampoha opravili terenske meritve, pri katerih smo merili poškodbe tal pri sečnji s strojem za sečnjo oziroma motorno žago, vožnji lesa z zgibnim polprikoličarjem in spravilu lesa s traktorjem. Na tem območju je spravilo lesa doslej potekalo z različnimi prilagojenimi kmetijskimi traktorji, leta 2009 pa je bila prvič na tem območju izvedena sečnja s strojem John Deere 1470D ECO in vožnja z zgibnim polprikoličarjem John Deere 1410 ECO III.

Namen naloge je bil pridobiti podatke o posledicah na gozdnih vlakah, ki so jih za seboj pustili stroji pri sečnji, vožnji in vlačanju lesa. Podatke smo med seboj primerjali in ugotavljali primernost uporabe omenjenih strojev.

Objekt raziskovanja je bil razdeljen v dva stratuma s površino 2,50 in 2,60 ha. V prvem je sečnjo v kombinaciji s sekači izvajal stroj za sečnjo, vožnjo lesa pa zgibni polprikoličar. V drugem stratumu pa je bila izvedena klasična sečnja z motornimi žagami in traktorjem John Deere 6220.

Na raziskovalnem objektu smo na vlakah sistematično določili vzorčne ploskve vsakih trideset metrov, oziroma na sredini spravlne poti, če je bila ta krajša od tridesetih metrov. Na objektih je bilo postavljenih 56 profilov, od katerih je kasneje eden odpadel. Meritev je bilo izvedenih 136. Lastnosti profila smo ocenjevali na 1 m širokem pasu profila vlake. Pri vsaki vzorčni ploskvi ali profilu smo na list zapisali zaporedno številko ploskve, kategorijo vlake (glavna, stranska, sečna pot), načrtovanje vlake (načrtovana, nenačrtovana vlaka), ali je vlaka grajena, negrajena, delno grajena, določili smo smer spravila (gor, navzdol, ravno), zablatenost in pa debelino sečnih ostankov. Iz vzorčnih profilov smo dobili podatke o prehodnosti terena in povzročenih posledicah na tleh spravljenih poti. Iz pridobljenih podatkov smo poskušali primerjati posledice povzročene pri vožnji s strojem za sečnjo, zgibnim polprikoličarjem in traktorjem.

Ugotovili smo, da je bilo pri 100 merjenih profilih globina kolesnic nižja od 10 cm. Globina kolesnic do 20 cm je bila izmerjena na 10 profilih, pri 25 profilih je bil material narinjen, en profil pa je bil v nedovoljenem območju.

Širina grajenih vlak pred vlačanjem lesa s traktorjem je znašala 265,60 cm, po vlačanju pa 267,78 cm. Širina negrajenih vlak je po vlačanju ostala 252,82 cm. Pred sečnjo in po sečnji lesa s strojem za sečnjo je širina vlak ostala nespremenjena in je znašala 255,50 cm. Negrajene vlake so bile pred sečnjo s strojem široke 217,33 cm, po sečnji pa so se povečale na 316,70 cm. Po vožnji lesa z zgibnim polprikoličarjem so bile grajene vlake široke 211,21 cm, negrajene pa 239,30 cm.

Največji delež motene površine smo izračunali pri stroju za sečnjo, znašal je 6,95 % površine v poskusu. Pri zgibnem polprikoličarju je bila 5,24 %, pri traktorju pa 4,73 % na hektar. Pričakovali smo, da bo največja motena površina po vožnji s strojem za sečnjo.

Pri izbiri strojev za sečnjo je bistvena pomena njihova velikost. Na raziskovalnem območju je kraški svet z veliko skalovitostjo. Zaradi dobre nosilnosti tal so bile poškodbe tal majhne. Ker je bila večina kolesnic v območju do globine 10 cm, ocenjujemo, da so bili izbrani stroji na objektu v GE Poljane primerni.

8.2 SUMMARY

In August, September and October 2009, in the district of Rampoha, field measurements for the damage to the soil in skidding with a mechanized forest harvester, transporting wood with a forwarder and skidding with a tractor were carried out. In this area, the skidding so far was done with various adjusted agricultural tractors, in 2009 was the first time skidding here was carried out by a logging machine John Deere 1470D ECO and transporting with a forwarder John Deere 1410 ECO III.

The purpose of this thesis was to obtain data on the impact on the forest routes done by the skidding machines, transporting and pulling wood. Data were compared to determine to what extent the machines were most suitable for forestry.

The object of the research was divided into two strata with the surface of 2.50 and 2.60 ha. At first, skidding was done in combination with machinery for harvesting and transport with a forwarder. In the second stratum there was classic skidding using chainsaws and John Deere 6220 tractor.

At the research location, the sample surface every thirty meters was set, or it was set in the middle of the skidding route, if the later was shorter than thirty meters. At the location 56 profiles were set, one of them later came off. 136 measurements were made. Profile features were evaluated at 1 m wide profile route. For each sample location or profile, a serial number of the location, the category of route (primary, secondary, skidding route), the planning of skidding (scheduled, unscheduled) or constructed, not constructed or partially constructed route, the direction of harvesting (up, downhill, straight), the muddy soil and the thickness of skidding residues, were very carefully documented on a piece of paper. From sample profiles data was obtained on the permeability of the terrain and the consequences caused to the soil at skidding routes. From the data obtained, the impacts caused when driving a harvester, a forwarder and a tractor were studied.

The results showed at 100 measured profiles the rut depth of less than 10 cm. Rut depth of 20 cm was measured at 10 profiles, 25 profiles had additional soil material; one profile has been in an unauthorized location.

Width of the built routes before pulling the wood with a tractor was 265.60 cm, but after pulling 267.78 cm. Width of non-built routes after the pulling remained at 252.82 cm. Before and after harvesting with a harvester, the width of the route remained unchanged and amounted to 255.50 cm. Road routes before harvesting were 217.33 cm wide, after cutting they increased to 316.70 cm. After transporting wood with a forwarder, the built routes were 211.21 cm wide, but unbuilt 239.30 cm.

The largest share of the affected surface was calculated for the harvesting machine, as it is in excess of 22 % per hectare. In forwarder the percentage was 16.61 %, and tractor at

19.72 % per hectare. It was expected that the maximum surface damage would be done by driving the harvester.

In choosing a machine for harvesting the vital importance is their size. The research location is in the karst landscape with many rocks. Due to the good capacity of the soil, there was little damage to it. Since most of the routes in the area were to a depth of 10 cm, it is estimated that the selected machines at a facility in GE Poljane were suitable.

9 VIRI

- Avguštin A. 2000. Stanje odprtosti gozda z gozdnimi vlakami v revirju Rampoha: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 32 str.
- Gozdnogospodarski načrt za gospodarsko enoto Poljane za leto 2004-2013. 2003. Novo mesto, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Novo mesto, Krajevna enota Podturn
- John Deere, forestry equipment. 2010.
https://www.deere.com/en_US/docs/non_current/harvesters/DKA1070WH.pdf (15. avg. 2016)
- John Deere, forwarders. 2010.
https://www.deere.com/en_US/docs/non_current/forwarders/1010D_1110D_1410D_1710DForw.pdf (15. avg. 2016)
- Kojek B. 2005. Uporaba timberjack 1270D pri sanaciji žarišč smrekovih podlubnikov na Kočevskem: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 1 str.
- Košir B. 1992. Ekološki vidik priprave dela v gozdarstvu. *Gozdarski vestnik*, 50, 4: 207-214
- Košir B. 1997. Pridobivanje lesa: študijsko gradivo. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete v Ljubljani: 91 str.
- Košir B. 2002. Vpliv strojne sečnje na sestoj in gozdna tla. V: *Strojna sečnja v Sloveniji – zbornik ob posvetovanju*, Ljubljana, GZS, Združenje za gozdarstvo: 66-82 str.
- Košir B. 2010. Gozdna tla kot usmerjevalec tehnologij pridobivanja lesa. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete v Ljubljani: 20-21 str.
- Košir B., Robek R. 2000. Značilnosti poškodb drevja in tal pri redčenju sestojev s tehnologijo strojne sečnje na primeru delovišča Žekanc, *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 62: 87-115 str.
- Krč J., Košir B. 2003. Ekonomske možnosti strojne sečnje v Sloveniji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 6 str.
- Krč J., Košir B. 2004. Spravilo lesa po strojni sečnji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 3 str.
- Krč J. 2002. Sestojne in terenske možnosti za strojno sečnjo v Sloveniji. V: *Strojna sečnja v Sloveniji – zbornik ob posvetovanju*. Ljubljana, Gospodarska zbornica Slovenije, Združenje za gozdarstvo: 21-32 str.

- Mali B., Košir B. 2007. Poškodbe tal po strojni sečnji in spravilu lesa z zgibnim polprikoličarjem. *Gozdarski vestnik*, 65, 3: 131-142 str.
- Mali B. 2006. Poškodbe tal po sečnji s strojem za sečnjo in spravilo lesa z zgibnim polprikoličarjem: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 32 str.
- Mihelič M. 2014. Gospodarnost in okoljski vidiki tehnologij pridobivanja lesnih sekancev za energetske rabo: doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 208 str.
- Mikec S. 2011. Spravilo lesa iz pomlajenih sestojev na območju Novomeškega Roga: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 10 str.
- Pfajfar Š. 2006. Časovna študija priprave dela za strojno sečnjo: diplomska naloga. Kranj, samozaložba: 7-8 str.
- Žlogar J. 2007. Primernost traktorskih vlak za vožnjo z zgibnim polprikoličarjem: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 25-26 str.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju prof. dr. Boštjanu Koširju, ki si je kljub pokoju vzel čas in mi s svojim strokovnim znanjem, nasveti in spodbudami pomagal pri izdelavi diplomskega dela. Za pomoč sem mu neizmerno hvaležen. Zahvaljujem se tudi somentorju doc. prof. Juriju Marenčetu in recenzentu prof. Janezu Krču za hiter pregled in popravke diplomske naloge.

Hvala vsem, ki so mi kakorkoli pomagali pri izdelavi diplomske naloge, še posebej pa staršema, ki sta mi študij sploh omogočila.