

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

Andrej ŠMAJDEK

**VLAČENJE LESA NAVZGOR S PRILAGOJENIM
KMETIJSKIM TRAKTORJEM IN GOZDARSKIM
ZGIBNIM TRAKTORJEM NA MEHKI PODLAGI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2011

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

Andrej ŠMAJDEK

**VLAČENJE LESA NAVZGOR S PRILAGOJENIM KMETIJSKIM
TRAKTORJEM IN GOZDARSKIM ZGIBNIM TRAKTORJEM NA
MEHKI PODLAGI**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**SKIDDING TIMBER UP WITH THE ADAPTED AGRICULTURAL
TRACTOR AND SKIDDER ON SOFT GROUND**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2011

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za gozdno tehniko in ekonomiko Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Meritve so bile opravljene v GE Bohor.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je 24. 5. 2011 sprejela obravnavano temo in za mentorja imenovala prof. dr. Boštjana Koširja, za recenzenta pa prof. dr. Janeza Krča.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Andrej Šmajdek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 37:461(043.2)=163.6
KG	vlačenje lesa/zdrs koles/poškodbe tal/kolesnice
AV	ŠMAJDEK, Andrej
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	2011
IN	VLAČENJE LESA NAVZGOR S PRILAGOJENIM KMETIJSKIM TRAKTORJEM IN GOZDARSKIM ZGIBNIM TRAKTORJEM NA MEHKI PODLAGI
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	VIII, 44 str., 3 pregl., 18 sl., 8 pril., 28 vir.
IJ	sl
Jl	sl/an
AI	V aprilu 2010 se je na območju GE Bohor izvedlo spravo navzgor s prilagojenim kmetijskim traktorjem Landini Vision 105 in z gozdarskim zgibnim traktorjem Woody 110. Raziskavo se je izvedla z namenom, da se ugotovi poškodbe grajenih prometnic po spravi lesa in zdrs koles med spravo lesa. Meritve so se izvajale pri vsakem traktorju posebej z različno velikima tovoroma ($\sim 2 \text{ m}^3$ in $\sim 4 \text{ m}^3$). Ugotavljale so se razlike med uporabo in neuporabo kolesnih verig ter tlakom v pnevmatikah. Pri izmeri globine kolesnic se je ugotovilo, da so globine kolesnic pri prilagojenem kmetijskem traktorju manjše kot pri gozdarskem zgibnem traktorju. Zdrs koles je v tesni povezavi z velikostjo bremena, pri večjem bremenu je večji zdrs koles. Uporaba kolesnih verig zmanjšuje zdrs na kolesu, posledično pa povzročajo večje poškodbe gozdnih prometnic. Pri gozdarskem zgibnem traktorju je bil zdrs pri uporabi kolesnih verig pri obeh bremenih za 5 % manjši, kot pa pri neuporabi verig in pri zmanjšanem tlaku v pnevmatikah.

KEY WORD DOCUMENTATION

DN Dn

DC FDC 37:461(043.2)=163.6

CX skidding/wheel slip/soil damage/rut

AU ŠMAJDEK, Andrej

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 2011

TI Skidding timer up with the adapted agricultural tractor and skidder on soft ground

DT Graduation thesis (University studies)

NO VIII, 44 p., 3 tab., 18 fig., 8 ann., 28 ref.

LA sl

AL sl/en

AB In the area of GE Bohor in April 2010, skidding up was conducted with adapted agricultural tractor Landini Vision 105 and the skidder Woody 110. The research was conducted in order to determine wheel slip and damage to roads after the harvest of timber. Measurements were performed separately for each tractor load ($\sim 2 \text{ m}^3$ and $\sim 4 \text{ m}^3$). We assessed the difference between use and non-use of wheel chains and for different tire pressure. Measurements showed, that the rut depths of the adapted agricultural tractor were lower than those of skidder. Wheel slip is closely related to the size of the load, greater load results in increased wheel slip. The use of wheel chains reduces wheel slip but on the contrary causes greater damage to forest roads. Wheel slip was 5% lower for both loads with skidder and the use of wheel chains in comparison to reduced tire pressure and non-use of wheel chains.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORD DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII

1	UVOD	1
2	OPREDELITEV PROBLEMA	2
3	PREGLED OBJAV	4
4	HIPOTEZE	11
5	CILJ RAZISKOVANJA	12
6	METODE	13
6.1	OPIS OBJEKTOV RAZISKAVE.....	14
6.1.1	Raziskovalni objekt v GE Bohor oddelek 52	15
6.1.2	Raziskovalni objekt v GE Bohor oddelek 51	15
6.2	OPIS STROJEV V RAZISKAVI.....	16
6.2.1	Tehnične značilnosti Woody 110	16
6.2.2	Tehnične značilnosti Landini Vision 105	18
6.3	METODA DELA.....	20
6.3.1	Snemanje poškodb tal na prečnih profilih po sečnji.....	20
6.3.2	Merjenje naklona	21
6.3.3	Merjenje števila obratov koles.....	22
6.3.4	Snemanje poškodb vlake med in po pravilu lesa	22
6.3.5	Merjenje vlage v tleh	22
6.4	OBDELAVA PRIDOBMLJENIH PODATKOV	23
6.4.1	Izračun zdrsa koles	23
6.4.2	Analiza globine kolesnic	24
7	REZULTATI.....	25
7.1	PREGLED STANJA NA OBJEKTIH	25
7.1.1	Vlažnost tal	25

7.1.2	Naklon terena.....	25
7.2	GOZDARSKI ZGIBNI TRAKTOR WOODY 110	26
7.2.1	Zdrs koles pri tlaku 2 bara in uporabi kolesnih verig	26
7.2.2	Zdrs kolesa pri tlaku 1 bar, brez kolesnih verig	27
7.2.3	Poškodovanost vlake po pravilu	28
7.3	PRILAGOJENI KMETIJSKI TRAKTOR LANDINI VISION 105	30
7.3.1	Zdrs koles pri tlaku 2 bara in uporabi kolesnih verig.....	30
7.3.2	Zdrs koles pri tlaku 1 bar, brez kolesnih verig	31
7.3.3	Poškodovanost vlake po pravilu	32
7.4	PRIMERJAVA ZDRSA GLEDE NA VELIKOST BREMENA	34
7.4.1	Landini Vision 105	34
7.4.2	Woody 110	35
8	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	36
9	POVZETEK.....	40
10	VIR.....	42

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vlažnost tal na vlaki v %	25
Preglednica 2: Vlažnost tal na raščenih tleh zraven vlake v %	25
Preglednica 3: Naklon terena na objektih v %	25

KAZALO SLIK

Slika 1: Vlaka po pravilu lesa (foto: Andrej Šmajdek).....	2
Slika 2: Vlaka (raziskovalni objekt odd. 51) (foto: Matevž Mihelič)	12
Slika 3: Gozdarski zgibni traktor Woody 110 (foto: Matevž Mihelič)	18
Slika 4: Prilagojeni kmetijski traktor Landini Vision 105 (foto: Matevž Mihelič).....	19
Slika 5: Merjenje prečnih profilov (Mali, 2006)	20
Slika 6: Karakteristične točke na prečnem profilu	21
Slika 7: Mestu zaustavitve na vzdolžnem profilu vlake (Woody 110, verige, tlak 2 bara). 26	
Slika 8: Zablatene verige na traktorju Woody 110 (foto: Matevž Mihelič)	27
Slika 9: Mesto zaustavitve na vzdolžnem profilu vlake (Woody 110, brez verig, tlak 1 bar)	28
Slika 10: Traktor Woody 110 na mestu zaustavitve, brez verig, tlak 1 bar, naklon 28 % (foto: Matevž Mihelič).....	28
Slika 11: Delež kolesnic po posameznih tipih (Woody 110)	29
Slika 12: Delež poškodovanost osi vlake po tipih (Woody 110)	30
Slika 13: Mesto zaustavitve na vzdolžnem profilu vlake (Landini Vision 105, verige, tlak 2 bara).....	31
Slika 14: Mesto zaustavitve na vzdolžnem profilu vlake (Landini Vision 105, brez verig, tlak 1 bar).....	32
Slika 15: Delež kolesnic po posameznih tipih (Landini Vision 105).....	33
Slika 16: Delež poškodovanosti osi vlake po posameznih tipih (Landini Vision 105).....	34
Slika 17: Odvisnost deleža zdrsa od velikosti bremena (Landini Vision 105).....	34
Slika 18: Odvisnost deleža zdrsa od velikosti bremena (Woody 110).....	35

1 UVOD

V Sloveniji večina spravila lesa poteka s prilagojenim kmetijskim traktorjem ali z gozdarskim zgibnim traktorjem. To spravilo poteka na takšen način, da traktor les vleče po grajenih sekundarnih prometnicah. Pri spravilu se držimo načela, da vozimo po grajenih oziroma označenih in negrajenih vlakah (Košir, 1997).

Ob vsakem posegu v gozd se pojavi tudi vprašanje škode, ki jo povzročimo s samim spravilom lesa od panja do začasnega skladišča na kamionski cesti. Bolj intenzivno kot se gospodari z gozdovi večkrat prihajamo v gozd, večja je intenziteta prehodov strojev skozi gozd, posledično s tem prihaja tudi do večjega povzročanja škode na gozdnih sestojih in gozdnih prometnicah. V zadnjem času vse bolj pridobiva na pomenu sonaravno, trajnostno in mnogonamensko gospodarjenje z gozdom. Zato si prizadevamo, da bi bili naši posegi v gozd čim manj opazni in škodljivi. S tem namenom se na kritičnih območjih, kje so okoljske razmere takšne, da lahko ob nepremišljenih potezah in dejanjih prihaja do velikih poškodb na gozdnih tleh, skrbno načrtuje s čim, kako in kdaj se bo odvijalo spravilo. Posebej problematične so mehkejšje podlage, kjer se pojavljajo poškodbe grajenih vlak v obliki kolesnic. S tem povezana je tudi učinkovitost, ki se zmanjšuje ob poslabšanju delovnih razmer na grajeni prometnici. Kot poglobitni problem se pojavlja zdrs koles pri spravilu lesa, ko prihaja do nedopustnega vrtenja koles, pri čemer se zmanjšuje izkoristek vlečne sile traktorja in povečujejo se poškodbe tal.

Kljub vsemu se pa moramo zavedati, da so poškodbe tal in stoječega drevja neizogibne ob današnjem načinu sečnje in spravila lesa. Vendar moramo strmeti k čim večji ublažitvi le teh. Pri izbiri delovnih sredstev se odločamo za novejšje, tehnološko bolj dovršene in okolju bolj prijazna delovna sredstva. Razvoj sodobnih traktorjev se odvija v smeri, ki ustreza prilagoditvi na težje delovne razmere, pri čemer bi radi še vedno dosegali velike učinke pri čim manjših negativnih posledicah na okolje.

2 OPREDELITEV PROBLEMA

Kljub temu, da na območju Slovenije večina spravila lesa poteka s traktorjem, ne vemo koliko stroj konkretno obremeniti in v kakšnih delovnih pogojih naj stroj dela, da ga dejansko uporabljamo na njegovih skrajnih mejah zmogljivosti. Poznavanje mej zmogljivosti stroja je pomembna z vidika gospodarnosti. Tako se pri spravilu lesa s traktorjem v osnovi pojavi dilema pri izbiranju delovnega sredstva glede na potrebe in konfiguracijo terena. Na mehkih podlagah, kakršne so na območju Bohorja, kjer se je izvajala raziskava, prihaja do dileme pri izbiri traktorjev. Na eni strani je pomembna gospodarnost in na drugi strani vpliv na gozdna tla.



Slika 1: Vlaka po spravilu lesa (foto: Andrej Šmajdek)

Z vidika gospodarnosti se v gozdarstvu odločamo na podlagi doseženih učinkov v določenih delovnih pogojih. Strmimo k uporabi specialnih gozdarskih strojev, ki imajo velike učinke. Kot rešitev se nam ponuja velika izbira strojev različnih proizvajalcev, ki imajo različne tehnične značilnosti in s tem povezano tudi različni spekter obvladljivosti terenov. Na območju Bohorja spravilo poteka na grajenih vlakah, ki na večini površin potekajo po mehki podlagi. Kot vpliven dejavnik se še pojavlja spomladansko oziroma jesensko deževje, ki ustvarja zelo neugodne delovne razmere. Kot odraz teh razmer se pojavijo manjši učinki, kar privede do večjih stroškov in predvsem negativen vpliv na gozdna tla in posledično na stanje grajenih sekundarnih prometnic. Ob združitvi vseh vplivnih dejavnikov narave in naših pričakovanj se pojavlja vprašanje izbire strojev za spravilo lesa v povezavi s podlago.

Kot rešitev in združenje nastale problematike se nam ponujajo rešitve v novejših tehnologijah, ki so okolju prijaznejše in še vedno gospodarne. Novejši modeli in variante specialnih gozdarskih traktorjev (npr.: Woody 110) imajo računalniško nastavljeno zaustavitev zdrsa, kar onemogoča prekomeren zdrs pri preobremenitvi in s tem zmanjšuje poškodovanost vlak. Traktor se pri preobremenitvi enostavno ustavi. Ti traktorji uporabljajo hidrostatsko mehanski prenos za razliko od prilagojenih kmetijskih traktorjev, ki uporabljajo klasični mehanski prenos. Kot rešitev za to vrsto problemov se pojavi tudi zmanjšanje tlaka v pnevmatikah, kar omogoča boljšo adhezijo med kolesom in podlago. Tako se pojavi ideja o uporabi in ne uporabi verig na mehki podlagi z vidika poškodb, ki nastajajo na vlakah in z vidik zdrsa do katerega prihaja pri spravila navzgor.

3 PREGLED OBJAV

Prenos sil na podlago je problem, s katerim se gozdarji srečujemo od začetka uvajanja traktorskega spravila. Učinkovit prenos vlečnih sil na podlago je močno odvisen od podlage ter od porazdelitve mase traktorja in bremena na pogonske osi, od ureditve transmisije na traktorju, vrste pnevmatik in vrste pogona. Največje sile, ki jih razvijemo pri spravilu lesa, so na ravni podlagi odvisne od obtežitve osi traktorja in koeficienta adhezije, slednji pa je odvisen od pogona, hitrosti vlačjenja in lastnosti podlage. Zato se predvsem osredotočamo na to, da imamo pri majhnih hitrostih na kolesih velike vlečne sile, ki nam omogočajo premik traktorja in bremena iz mirujočega položaja. Ko je traktor v gibanju so te sile lahko manjše ampak še vedno tako velike, da se traktor in breme premikata. Pri vseh hitrostih se izogibamo zdrs, ki povzroča izgubo energije in uničevanje gornje plasti zemlje. Tem naštetim pogoji se najbolj prilagaja in jih zajema gozdarski zgibni traktor. Večina razlik v voznih lastnostih med posameznimi traktorji prihaja v prenosu moči oz. prenosu moči od motorja do koles. Poznamo mehanski in hidravlični prenos sil, pri zadnjem pa ločimo hidrodinamične in hidrostatske sisteme. Obstajajo pa različne kombinacije prenosov, ki so odvisne od posamezne izvedbe. Pri nas je najbolj znan gozdarski zgibni traktor s hidrostatskim pogonom Woody 110. Kot prednosti hidrostatskega pogona avtor članka navaja ugodno ravnotežje med vlečnimi silami in hitrostjo vožnje, preprosto brezstopenjsko upravljanje stroja, preprosta izbira smeri vožnje, hidravlično zaviranje, možnosti računalniškega krmiljenja motorja glede na delovne razmere in popolnega daljinskega upravljanja (Košir, 2000).

Gozdarski zgibni traktor, ki ima velika kolesa z balonskimi pnevmatikami, katere mu omogočajo manjši specifični pritisk na tla, ima povečano tudi koristno trenje med kolesi in podlago. To mu omogoča boljše izkoriščanje vlečne moči in sile traktorja. Gozdarski zgibni traktor opremljen z novimi pnevmatikami zaradi zdrsa koles, ne zmora majhnih vzponov na zelo spolzkem terenu. Nasprotno traktor, ki je opremljen s kolesnimi verigami, lažje premaguje takšno podlago. Torej verige na splošno izboljšujejo vozne sposobnosti traktorja. Verige morajo biti na pnevmatiko nameščene ohlapno. Kolo ki je opremljeno z verigo, naredi večji specifični tlak na tla, kot pnevmatika brez verige, čeprav se tudi profil pnevmatike zarije v podlago. Do velikih razlik pri uporabi in ne uporabi verig prihaja na

mokrih oziroma spolzkih tleh, kjer je dosti boljši oprijem pri uporabi verig. Na suhih tleh pa ne prihaja do bistvenih razlik. Kot prednosti uporabe verig avtor navaja naslednje trditve:

- uporaba traktorskih verig v hribovitih in gorskih predelih;
- uporaba verig v zimskem, spomladanskem in jesenskem času;
- uporaba verig na vseh terenih, pri katerih je prišlo do povečane spolzkosti ne glede na letni čas in stanje podlage. Le v izjemno razmočenem terenu se delo popolnoma ustavi, zaradi prevelikih poškodb prometnic;
- uporaba verig izboljšuje koristno trenje in pripomore k boljšemu izkoristku moči motorja.

Kot odločujoč dejavnik pri izbiri tehničnega sredstva in z njim povezano tehnologijo dela se pojavlja v veliki meri adhezija ali koristno trenje med kolesom in podlago. Verige povečajo adhezijo in povečajo vlečno silo, v nekaterih primerih pa je delo brez njih nemogoče (Krivec, 1979).

Na nekaterih strmih pobočjih ne moremo s traktorji neposredno vlačiti lesa navzgor. Že pri naklonih od 20 do 25 % vlači gozdarski zgibni traktor navzgor komaj eno tretjino nazivne kapacitete, kar je seveda največkrat neekonomično. Zato taka pobočja presekamo z vlakami, ki so grajene tako, da so znotraj optimalnega delovanja izbranega delovnega sredstva (Krivec, 1978).

Zmanjšanje tlaka v pnevmatikah brez verig na kolesih povzroči zmanjšanje upora pri vožnji in poveča bruto in neto oprijem zaradi večje stikalne površine med kolesi in tlemi. Opremljenost gozdarskega zgibnega traktorja s širšimi pnevmatikami in nižjim tlakom v njih poveča dotikalno površino kolesa in tal, zmanjša se zdrs kolesa, zmanjša se zbitost tal, zmanjšuje se verjetnost nastajanja globokih kolesnic in izboljša se vlečna sila vozila. Če traktor opremimo s kolesnimi verigami se prav tako poveča vlečna sila traktorja, zmanjša se zdrs, spremeni se tudi poraba goriva in dolžina poti, ki jo traktor porabi za zaustavljanje. Uporaba verig na mehki podlagi in v visokem snegu omogoča večjo vodljivost traktorja in večjo vlečno silo brez zdrsa koles. Kar se odraža kot večji učinek in hitrost dela, tako povečamo produktivnost (Stoilov, 2007).

Če hočemo povečati vlečno silo traktorja moramo povečati maso traktorja, kar pa pomeni povečanje nosilnosti pnevmatik. To je možno samo s povečanjem dimenzij pnevmatik, povečanjem števila platen in tlaka v njih. Avtor ugotavlja tudi vrednosti vlečnih sil in njihov vpliv na vlačenje lesa na delu pomožnega skladišča lesa v gozdu. Isti avtor je naredil tudi raziskavo, kjer so izmerili tehnične parametre traktorja ob različnem bremenu in naklonu vlake (Sever, 1990).

Bekker v svojem delu prav gotovo podaja temeljno teoretično podlago in kompleksno informacijo vsem, ki se ukvarjajo z odnosi na relaciji stroj – tla, predvsem pri premikanju po brezpotju. V obeh delih daje bogato teoretično podlago v fizikalnih lastnostih tal in koles, različnih vlečnih vozil, nosilnosti tal v povezavi z vozili, ki se pomikajo po različni podlagi. Obe deli bistveno pripomoreta k boljšemu razumevanju odnosov, odvisnosti in mnogih težav, ki nastajajo pri delu z različnimi stroji na neutrjenih tleh. Delo s stroji v gozdu na utrjenih vlakah in brezpotju je eno takšnih značilnih zgledov (Bekker, 1956, 1960. cit. po Marenče 2005).

Na splošno velja, da pri vlačanju navzgor z večanjem težavnosti vlačanja (večji naklon in breme) pričakovano naraščajo tudi vrednosti zdrs. Zdrs je na splošno odvisen predvsem od vzdolžnega naklona vlake, velikosti bremena in njegove orientacije. Pri traktorju Woody 110 se zdrs med prvo in zadnjo osjo bistveno ne razlikuje. Zdrs koles pri najbolj strmih terenih dosega vrednosti do 21 %. Vrednosti zdrs so praviloma večje pri orientaciji bremena s tanjšim delom naprej (Marenče, 2005).

Do razlik pri zdrs prihaja tudi v izvedbi traktorja, tako je razlika med traktorjem za spravilo lesa z mehansko in hidrostatsko-mehansko transmisijo. Poudarek je na spravilu lesa navzgor, kjer je bil ugotovljen tudi večji zdrs kot pri vožnji navzdol. Narejena je primerjava med mehansko in hidrostatsko transmisijo traktorja pri enaki obremenitvi. Hidrostatski pogon povzroča večje negativne obremenitve pri spravilu navzdol, in tudi nekaj večji zdrs. Pri spravilu navzgor je zdrs pri hidrostatski izvedbi znatno manjši. Naklon terena z večanjem progresivno vpliva na večanje zdrs. Zdrs pri vožnji traktorjev navzgor pomeni izgubo energije, zato je meritev zdrs pomembna za določanje optimalnih razmer posameznih tipov traktorjev (Marenče in Košir, 2007).

Članek obravnava vlačenje lesa z zgibnim traktorjem WOODY 110 navzgor, in sicer spremembe tehničnih parametrov: zdrsa, navora, vlečne sile in razporeditve teže traktorja z bremenom v zadnjih treh metrih vlačanja, ki smo ga imenovali območje ustavljanja zaradi preobremenitve. Poskus je potekal na konkavni vlaki, kjer se je traktor, ki je bil obremenjen s štirimi osemmetrskimi jelovimi hlodi, zaustavil pri naklonu 32 %, ko je vlačil les z debelim koncem naprej, in nekaj prej, ko je vlačil les s tankim koncem naprej. Pri nekaterih tehničnih parametrih prav tako skoraj do konca zaustavitve ne prihaja do bistvenih sprememb. Izjema je zdrs, ki v območju ustavljanja naraste, in navor spredaj, ki v tem območju upade. Rezultati kažejo, da je hidrostatski prenos učinkovit, saj z razmeroma dobro kontroliranim zdrsom (vrednosti zdrsa narastejo šele v zadnjih treh metrih, kar je enako približno polovici dolžine traktorja) prispevajo k manjšim poškodbam tal (Marenče in Košir, 2008).

V zadnjem času srečujemo vedno več traktorjev s hidrostatsko transmisijo. Zelo učinkovita je uporaba le te pri traktorjih, kjer je potrebno pogosto spreminjati hitrost in smer gibanja le tega. Boljša je zato, ker se pri vožnji ko naletimo na oviro (blato) še vedno vsa kolesa vrtijo z enako hitrostjo. Pri klasični transmisiji se v tem primeru začne eno kolo vrteti z dvakratno hitrostjo, kar pa povzroči upočasnitev traktorja, manjšo učinkovitost in posledično večje poškodbe na tleh. Slaba stran hidrostatske transmisije je slabši izkoristek in dražja izvedba celotne transmisije (Jejčič, 2000). Na področju gozdarske traktorske tehnike slovensko podjetje VILPO že od konca 80. let izdeluje gozdarski zglobni traktor Woody. Vsi traktorji tega tipa so opremljeni s hidrostatsko transmisijo (Jejčič, 2000).

Največja možna vlečna sila se zmanjšuje zaradi zdrsa, ki nastaja pri vseh gibanjih in omejuje vlečne sile, s katerimi razpolaga stroj. Traktorske pnevmatike so zato opremljene z rebri, ki povzročajo adhezijo in s tem večjo vlečno silo. Zdrs nastopi, kadar je vlečna sila večja od strižnih sil, ki trgajo zemljo. To je pomembno zlasti na slabo nosilnih tleh, kjer se traktor ugrezne, dokler ne najde ravnotežja v globljih slojih zemlje, če so ti bolj nosilni oz. zaradi povečane dotikalne površine in s tem manjšega tlaka. Zdrs se izraža: kot razmerje med dejansko in teoretično potjo, kot razmerje med dejanskim in teoretičnim številom obratov kolesa pri določeni poti, kot razmerje med dejansko in teoretično kotno hitrostjo ali kot razmerje med dejansko in teoretično hitrostjo gibanja (Košir, 1997).

Košir (2010) omenja, da izkušnje in meritve nakazujejo, da je zdrs v povezavi s kotalnim uporom resen ekonomski in ekološki problem. Ekonomski zato, ker se pri prevelikem zdsu zmanjšajo učinki, poveča se poraba goriva, zato se povečajo stroški. Ekološki vpliv pa zdrs povzroča zato, ker deluje takrat, ko nosilnost tal glede na strižne sile popusti pod momentom kolesa, s čemer je povezana pomembna deformacija tal. Pri večjem zdsu lahko zato pričakujemo tudi globlje kolesnice ne glede na statični tlak stroja na tla. Z vidika okoljske prijaznosti nekega stroja se pri tem postavlja vrsta dilem in vprašanj (Košir, 2010).

Poškodbe tal pri spravilu lesa se delijo v tri skupine (Šušnjar in sod., 2006), predvsem na zbijanje tal, nastanek kolesnic in premeščanje prsti.

Poršinsky navaja za ocenjevanje primernosti uporabe strojev na mehkih podlagah dva pristopa. Prvi temelji na usklajenosti tal in Atterbergovim indeksom. Drugi pa temelji na meritvah s penetrometrom in trdnosti tal na osnovi EcoWoodove klasifikacije tal. V okviru raziskave v nižinskih gozdovih sta bila oba pristopa primerna za ocenjevanje primernosti tal za uporabo določene tehnologije (Prošinsky in sod., 2006).

Pri vsaki grajeni prometnici, ne glede na njeno kakovost izgradnje, z gradbenimi posegi prilagajamo naravno okolje možnostim gibanja ciljnega transportnega sredstva. Transportna sredstva povzročajo na prometnicah statične in dinamične obremenitve, ki se kopičijo predvsem na cestišču. Premikanje lastne mase in mase bremena zahteva prenos obodne sile na tla. Z večanjem obodne sile narašča delež drsenja, katerega neposredna posledica je kopanje tal. Podoben učinek daje tudi pospeševanje in zaviranje, vožnja v krivinah in vožnja po strmini. Vsako vožnjo spremljajo vibracije stroja in sunki vozila, ki se prenašajo v tla. Posledica tega je, da se statični pritiski v času in prostoru močno spreminjajo. Obremenitvam zaradi transportnega sredstva se pridružujejo še obremenitve zaradi gibanja bremena, ki imajo izrazito dinamičen značaj. Za poškodovanost gozdnih tal je potrebno zelo malo število prehodov, preučevala se je predvsem zbitost tal (Robek, 1994).

Pri uporabi težkih strojev za delo v gozdu se pojavijo številne težave. Najbolj pogoste poškodbe ki nastanejo so predvsem stiskanje zgornje plasti zemlje, mešanje vrhnjih plasti

zemlje in podzemno uničevanje strukture tal. Resnost poškodb je odvisna od načina spravila lesa in pogostosti. Zbitost gozdnih tal nastopa kot dolgotrajno poškodovanost, ki lahko traja tudi več kot 50 let. Številne in dolgotrajne motnje pa zmanjšujejo produktivnost gozdov. Tako se je razvila metoda za ocenjevanje škode, ki je zasnovana na osnovi vizualnih znakov, je hitra in uporabna. Nagibajo se k temu, da se večina prometa odvija na čim manjši površini in s tem zmanjšajo poškodovanost. Dela se izvajajo v suhem vremenu in vse je narejeno premišljeno (Whitford, 2009).

K boljši ohranjenosti in varovanju gozdnih tal pripomore tudi količina sečnih ostankov na poteh po katerih se gibljejo stroji za spravilo lesa. Vendar pa je še vedno odločilni vplivni dejavnik za poškodovanost gozdnih tal število prehodov skozi posamezne profile (Akay in sod., 2007).

Luscher poškodbe na vlakih nastale ob spravilu lesa iz gozda razdeli v tri skupine. V prvo skupino spadajo plitve kolesnice, kjer je stisnjena organska plast, je neizrazita in globoka ne več kot 10 cm, včasih je kolesnica komaj zaznavna, prevladujejo elastične deformacije. V drugo skupino spadajo srednje globoke kolesnice, kjer so kolesnice znatno poglobljene a še vedno manj kot 10 cm, prične se mešanje horizontov med sabo, tako da so možne tudi izbokline tal. V tretjo skupino spadajo globoke kolesnice, kjer so kolesnice globlje od 10 cm, bočne izbokline so jasno vidne. Tlak na tla in strižne sile so zmešale talne horizonte v viskozno (prašno) maso. Na območju prodiranja kolesa v podlago so tla porušena. Zmanjšanje poškodb se lahko doseže pri strojni sečnji, kjer sečne ostanke namenoma odlagamo na sečne poti s čimer dosežemo porazdelitev teže strojev ob prehodu na večjo površino (Luscher in sod., 2009).

Kramer (2007) omenja v članku praktičen test za preverjanje primernosti delovnih razmer v gozdu. S tal kjer poteka spravilo lesa vzamemo prst in jo zgnetemo v kepo, ko imamo kepo oblikovano jo vržemo iz razdalje parih metrov v ravno površino delovnega stroja. Na podlagi oblike vržene kepe prsti se odločimo ali je primerno v takšnih razmerah izvajati spravilo ali je preveč tvegano zaradi ogrožanja naravnega okolja. Eno od rešitev navaja zmanjšanje tlaka v pnevmatikah s čimer dosežemo enak efekt kot z zamenjavo pnevmatik s širšimi. S tem dosežemo da kolesa z večjo površino nalegajo na tla, tako težo razporedimo

na večjo površino, poškodbe tal se zmanjšajo. Poveča se učinkovitost, dosežemo večje učinke in zmanjša se poraba goriva (Kramer in sod., 2007).

4 HIPOTEZE

Po pregledu in preučitvi dosedanjih raziskav smo postavili tri poglobitne hipoteze, ki jih bomo preverjali.

Kot prva hipotezo smo si postavili, da na vrednosti izmerjenih parametrov (zdrs, poškodbe tal) najbolj vplivata vzdolžni naklon vlake in velikost izbranega bremena.

Druga hipoteza se glasi, da se z naraščanjem vzdolžnega naklona vlake večja vrednost zdrsna na kolesu.

Kot zadnjo hipotezo smo navedli, da uporaba kolesnih verig pri traktorju zmanjšuje zdrs na kolesu.

5 CILJ RAZISKOVANJA

V raziskavo smo namenoma vključili izbrane raziskovalne objekte, ki so bili čim bolj podobni resničnim delovnim razmeram. S tem dosežemo uporabnost pridobljenih podatkov, ki jih lahko kasneje uporabimo kot reprezentativne pri izbiri delovnih sredstev za določene delovne razmere. Poglavitni cilj raziskave je prikaz razlik med zmogljivostmi prilagojenega kmetijskega traktorja in gozdarskega zgibnega traktorja. Kako se odraža v praksi uporabnost in učinkovitost gozdarskega zgibnega traktorja, ki ima hidrostatsko – mehanski prenos sil na podlago (brezstopenjski prenos) v primerjavi s prilagojenim kmetijskim traktorjem. Skozi raziskavo smo želeli prikazati razliko med uporabo (tlak v pnevmatikah 2 bara) in ne uporabo kolesnih verig (tlak v pnevmatikah 1 bar) pri vlačanju lesa na grajenih vlakah na mehkejši podlagi.



Slika 2: Vlaka (raziskovalni objekt odd. 51) (foto: Matevž Mihelič)

6 METODE

Novembra leta 2009 smo pričeli z iskanjem in izbiro primernih objektov za izvedbo same raziskave. Pri iskanju objektov smo se osredotočili predvsem na parametre, ki so bili pomembni za izvedbo raziskave. Na terenu smo izbirali grajene vlake s primernim naklonom (se začnejo z blagim naklonom in se nadaljujejo z enakomerno naraščajočim naklonom). Osredotočali smo se na vlake, ki se nahajajo na mehkejših podlagah. Na začetku smo izločili štiri objekte, kasneje smo izmed teh izbrali le dva. Vzrok takšne odločitve je v sami logistiki in s tem povezanimi stroški izvedbe. Na območju izbranih objektov v času meritev ni potekala redna sečnja in spravilo, tako je bilo potrebno oba traktorja pripeljati iz sosednjega delovišča, tako kot tudi bremena.

Del podatkov smo že zbrali v istem mesecu (snemanje podolžnih in prečnih profilov vlak). Poizkus in ostale meritve so potekale v aprilu 2010, takoj po spomladanskem deževju, s čimer smo zagotovili dovolj veliko vlago v tleh in s tem ustvarili razmere, v katerih se je odvijal poizkus.

Diplomsko delo obravnava ugotovitve glede uporabe oziroma ne uporabe kolesnih verig in tlaka v pnevmatikah na mehkejših podlagah in s tem povezanim zdrsom in poškodbami vlak. Metode dela in zbiranje podatkov je bilo na obeh objektih enako, zato jih v nadaljevanju pišemo skupaj.

Pri delu obeh traktorjev smo uporabili enaka bremena. Manjše breme je znašalo $2,22\text{ m}^3$, večje breme je znašalo $4,11\text{ m}^3$. Oba bremena sta bila sestavljena iz štirih hlodov smrekovine v lubju, ki so bili dolgi 8 m.

Spravilo smo izvajali z vsakem traktorjem posebej (vsak na svoji vlaki) v različnih kombinacijah. Spravilo je v vseh primerih potekalo navzgor. Izvedli smo naslednje kombinacije:

LANDINI: - kolesne verige (samo zadnja os), tlak v pnevmatikah 2 bar, breme $2,22\text{ m}^3$,

- kolesne verige (samo zadnja os), tlak v pnevmatikah 2 bar, breme 4,11 m³,
- brez verig, tlak v pnevmatikah 1 bar, breme 2,22 m³,
- brez verig, tlak v pnevmatikah 1 bar, breme 4,11 m³.

WOODY: - kolesne verige (obe osi), tlak v pnevmatikah 2 bar, breme 2,22 m³,
- kolesne verige (obe osi), tlak v pnevmatikah 2 bar, breme 4,11 m³,
- brez verig, tlak v pnevmatikah 1 bar, breme 2,22 m³,
- brez verig, tlak v pnevmatikah 1 bar, breme 4,11 m³.

6.1 OPIS OBJEKTOV RAZISKAVE

Raziskava je potekala na območju gozdnogospodarske enote (GGE) Bohor. GGE Bohor spada v krajevno enoto (KE) Senovo, ki je del območne enote (OE) Brežice. Masiv Bohor je pogorje, ki predstavlja južno mejo pokrajine Kozjansko. Poteka v smeri zahod-vzhod. Predstavlja širše obrobje Panonske kotline, kjer še prihaja do izraza vpliv subpanonskega podnebja, ki je v vegetacijski dobi toplo in suho. Rast gozda je tu zelo bujna predvsem na severnem pobočju Bohorja, zaradi ugodnih lokalnih klimatskih in talnih razmer, kar zmanjšuje izrazitost panonskega podnebja, ki ni posebej ugodno za rast gozdne vegetacije. Geološko podlago Bohorja gradijo dolomiti in apnenci, ki se jim zlasti na severnem pobočju pridružijo werfenske plasti iz alpske spodnje triade.

Severno pobočje najprej počasi, kasneje pa zelo strmo pada; posebno izraziti so ostri grebeni in jarki, po katerih tečejo številni potoki. Ti prihajajo v severnem pobočju na dan zaradi lege skladov in manj prepustne podlage, kar pa je vzrok za precejšno vlažnost celotnega severnega pobočja Bohorja. Vzhodno pobočje se enakomerno znižuje, potem pa zelo strmo spusti v Bistri graben, ki to pobočje razdeli na dva dela. Južno pobočje Bohorja je bolj položno in se stopničasto spušča proti savski in senovski dolini.

Naklon terena je v razponu od 4 do 25°, povprečna letna temperatura v intervalu med 6 in 7,5° C. Povprečna letna količina padavin je od 1400 do 1600 mm, pokritost s snežno odejo traja od 60 do 100 dni. Območje Bohorja spada v poudarjen kontinentalni klimatski vpliv, ker je del obrobja Panonske kotline. Matična podlaga je sestavljena predvsem iz Wengenskih skladov (ladinske stopnje), temno-sivih apnencev z gomolji roženca. Tla so

srednje globoka, površinsko skalnata skeletna rjava karbonatna tla. Mestoma je močno razvit B-horizont. Organska snov se počasi razkraja, vendar ne prihaja do nastajanja surovega humusa. Tla, ki so dobro produktivna, so zaradi površinske kamnitosti neenakomerno globoka, struktura je obstojna.

Večji del GGE Bohor zavzemajo rastišča bukovih gozdov na karbonatni podlagi, saj zavzemajo skoraj dve tretjini gozdne površine oziroma 63,3 %. Med njimi zavzema največji delež, to je kar 14,2 %, visokogorska klimatska gozdna združba bukve z zasavsko mlajo (*Cardamini savensi-Fagetum*). Najdemo jo na vseh višjih vrhovih Bohorja, na pretežno nagnjenih pobočjih hladnih leg, mestoma z ravnici in jarki; na severnih legah se ponekod spusti v gorski pas, zaradi ugodnih klimatskih, edafskih in orografskih razmer (Accetto 1972).

6.1.1 Raziskovalni objekt v GE Bohor oddelek 52

Raziskovalni objekt se nahaja v GGE Bohor, oddelek 51, krajevno ime Debeli hrib. Oddelek se razprostira na severnem rahlo valovitem pobočju, ki dosega naklon do 25°, na nadmorski višini od 760 m do 925 m. Matično podlago predstavlja apnenec z roženci, tla so globoka rjava evtrična. Kamnitost je 5 % in skalovitost je 10 %. V oddelku so ohranjeni gorski bukov gozdovi, prevladuje gozdna združba *Savensi-Fagetum* (80 %), preostali del pa poraščata gozdni združbi *Enneaphyllo-Fagetum* (10 %) in *Ulmo-Aceretum* (10 %). Sestoj je kvaliteten bukov (38 % od LZ) s posamezno in šopasto primesjo jelke (26 % od LZ) in plemenitih listavcev (32 % od LZ), ostali delež predstavlja smreka (4 % od LZ). Sestoj je ohranjen v 30%. Lesna zaloga znaša 336 m³/ha. Na pretežnem delu površine se dobro pomlajuje jelka, ki je dobrih zasnov. Površina je 100 % odprta z gozdnimi vlakami, spravilo poteka s traktorjem, pri čemer znaša pravilna razdalja 600 m (Gozdnogospodarski načrt GE Bohor 2008-2017).

6.1.2 Raziskovalni objekt v GE Bohor oddelek 51

Raziskovalni objekt se nahaja v GGE Bohor, oddelek 52, krajevno ime Kračice. Oddelek se razprostira na severno-zahodnem, rahlo valovitem pobočju, ki dosega naklon do 25°, na nadmorski višini od 520 m do 820 m. Matično podlago sestavlja apnenec z roženci, tla so

globoka rjava evtrična. Kamnitost je 2 % in skalovitost je 5 %. V oddelku so gorski bukovi gozdovi spremenjeni z iglavci, prevladuje gozdna združba *Dryopterido-Abietetum* (60 %), preostali del pa poraščata gozdni združbi *Enneaphyllo-Fagetum* (20 %) in *Luzulo-Fagetum* (20 %). Sestoj sestavlja kultura smreke (57 % od LZ) z redko posamično primesjo bukve (5 % od LZ), gorskega javorja (9 % od LZ) in jelke (29 % od LZ). Sestoj je močno spremenjen, kar znaša od 71 do 90 %. Lesna zaloga znaša 281 m³/ha. Na zahodnem in južnem delu oddelka so sestoji v razvojni fazi debeljaka, ter na vzhodnem delu v fazi pomlajenca. Mestoma nasadi plemenitih listavcev. Površina je 80 % odprta z gozdnimi vlakami, spravilo poteka s traktorjem, pri čemer znaša pravilna razdalja 250 m (Gozdnogospodarski načrt GE Bohor 2008-2017).

6.2 OPIS STROJEV V RAZISKAVI

V času raziskave smo za spravilo lesa uporabljali dva različna tipa traktorja. Na raziskovalnem objektu GGE Bohor oddelek 51 smo uporabili prilagojeni kmetijski traktor LANDINI VISION 105 z gozdarsko nadgradnjo. Na raziskovalnem objektu GGE Bohor oddelek 52 smo uporabili profesionalni zgibni gozdarski traktor WOODY 110.

6.2.1 Tehnične značilnosti Woody 110

DIMENZIJE:	Masa:	5500 kg
	Dolžina:	5400 mm
	Širina:	2100 mm
	Višina:	2860 mm
	Rezervoar za gorivo:	90 l
	Razdalja do tal:	520 mm
	Dimenzija gum:	500/60-26,5
ZMOGLJIVOST:	Hitrost:	0-30 km/h
	Min. obračalni krog:	8,8 m (zunanja stran kolesa)
PRENOSI MOČI:	-	pogon 4 x 4

- hidrostatski - SAUER-SUNDSTRAND hidravlika, krmilo DANFOSS, pogon na vsa kolesa z elektrohidravličnem krmiljenjem, upravljanje s procesorjem;
- na zadnjo os prek dvostopenjskega gonila in preko kardanske gredi, premanentno na prednjo os
- 2 prestavi (0-17 km/h in 0-30 km/h).

OSI: CLARK-HURTH s samodejnimi diferencialnimi zapirachi, lamelnimi zavorami v olju, parkirno zavoro z zavornim cilindrom z vzmetjo;

ŠASIJA dvodelna, varjena konstrukcija, z zglobom in vrliščem med sprednjim in zadnjim delom

MOTOR: Vodno hlajen PERKINS Typ 1004-40T 4-valjni turbo dieselski motor

Nazivna moč: 76,5 kW (104KM), PS pri 2.200

obr/min

VITEL: elektro-hidravlično voden, hidrostatski pogon, daljinsko vodeni, dvobobenski vitel Schlang & Reichart Typ SW 270

Vlečna sila vrvi (prazen boben): 2 x 60 kN

Vlečna sila vrvi (polni boben): 2 x 38 kN

Dolžina žične vrvi: 110 m / □ 12 mm

Povprečna hitrost navijanja: 0,60 m/s

KOLESNE VERIGE: zadaj Krpan GSE 14 500/60 (proizvajalec: Veriga KF d.o.o.)
spredaj Grizzly STV 500-60-2 (proizvajalec: Pewag)



Slika 3: Gozdarski zgibni traktor Woody 110 (foto: Matevž Mihelič)

6.2.2 Tehnične značilnosti Landini Vision 105

DIMENZIJE (brez nadgradnje):	Masa:	4160 kg
	Dolžina:	4440 mm
	Širina:	1850 mm
	Višina:	2680 mm
	Rezervoar za gorivo:	120 l
	Razdalja do tal:	450 mm
	Dimenzija gum:	12,4 R 24 in 18,4 R 30
PRENOS MOČI:	-	pogon 4 x 4
	-	20 sinhroniziranih prestav naprej in nazaj
	-	pred menjalnikom je dodana enota za spremembo smeri vožnje
MOTOR:	Vodno hlajen PERKINS 1104C-44T 4-valjni turbo dieselski motor z delano prostornino 4,4 l	

Nazivna moč: 72,5 kW (98,6 KM)

Navor: 384 kN

VITEL: IGLAND 6002, hidravlično krmiljen, daljinsko voden

Vlečna sila vrvi (prazen boben): 60 kN

Vlečna sila vrvi (polni boben): 32,4 kN

Hitrost navijanja: 0,60 – 1,11 m/s

Zavorna moč: 75 kN

Teža (brez vrvi): 683 kg

Žična vrv (zmogljivost): 97 m 12 mm, 80 m 13 mm

KOLESNE VERIGE: Grizzly STV 18,4-30 (proizvajalec: Pewag)

Prednja kolesa brez verig

GOZDARSKA NADGRADNJA (izvedba): Sestavljanje in montaža kovinskih konstrukcij Božo Petrič s.p.



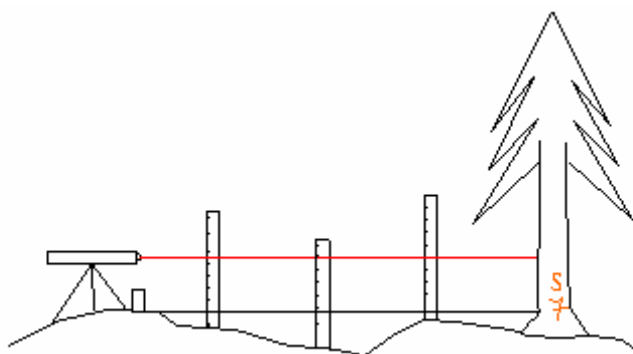
Slika 4: Prilagojeni kmetijski traktor Landini Vision 105 (foto: Matevž Mihelič)

6.3 METODA DELA

6.3.1 Snemanje poškodb tal na prečnih profilih po sečnji

V nekaj dneh po končni izbiri objektov, smo dejansko stanje vlak in postavitev profilov opravili že v jesenskem času. Za zbiranje podatkov smo uporabljali klasične snemalne liste, kamor smo vpisovali podatke. Pri snemanju prečnih profilov smo si pomagali z naslednjo opremo:

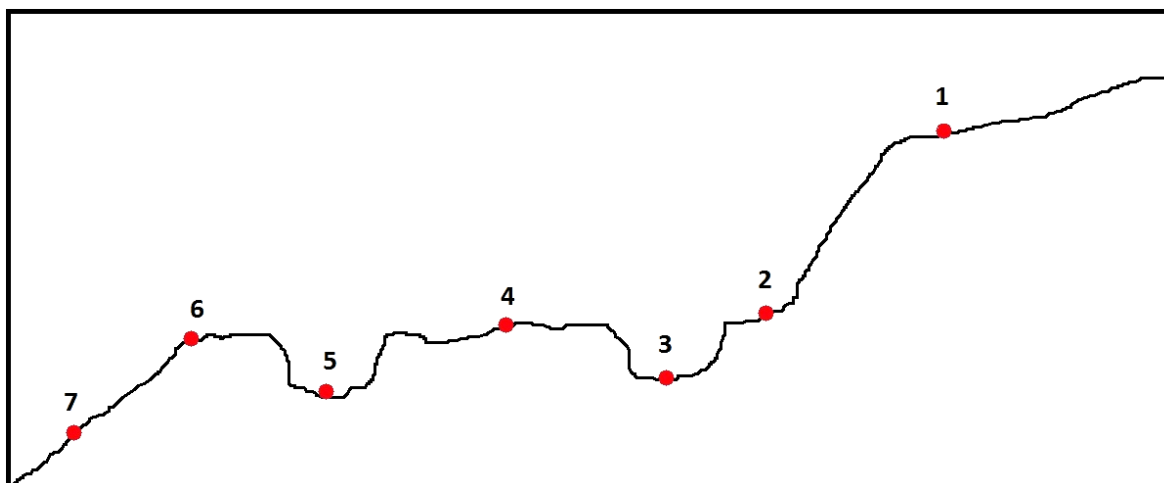
- križni linijski laser znamke Bosch s samodejnim niveliranjem, pritrjen na trinožno stojalo,
- sekaški meter,
- trasirko, s centimetrsko merilno skalo,
- snemalni list,
- lesene količke, dolžine cca 30 cm,
- kladivo.



Slika 5: Merjenje prečnih profilov (Mali, 2006)

Prečne profile smo označevali s količki, ki so bili oštevilčeni in z barvo za označevanje pobarvani zaradi kasnejše večje vidljivosti. Razmik med posameznimi profili je bil v večini primerov enak in je znašal 10 m. V kolikor niso terenske razmere dopuščale (večje vertikalne in horizontalne krivine), da bi bila razdalja med profili znašala 10 m, smo razdaljo med profili prilagodili terenskim razmeram. Količke smo zabijali s kladivom na raščena tla zraven vlake. Izbirali smo takšna mesta, da so bili količki na varnem pred povozom in da so nam omogočali lažje zbiranje podatkov.

Ko smo označili profil s količkom, smo nad zabiti količek postavili linijski laser (Slika 5), katerega žarek je moral potekati pravokotno na vlako. S trinožnim stojalom smo laser poravnali in ga nastavili najnižje kolikor so le dopuščale terenske razmere. Začetek sekaškega metra smo pritrdili na količek in ga potegnili pravokotno na os vlake čez njo. Merili smo horizontalne (x os) in vertikalne (y os) razdalje na 1 cm natančno. Za odčitavanje horizontalnih razdalj nam je bil v pomoč sekaški meter, kar je predstavljalo razdaljo od količka do karakteristične točke. Za odčitavanje vertikalne razdalje nam je bila v pomoč tasirka, razdalja od tal do laserskega žarka. Točke, ki smo jih izmerili (Slika 6), so si sledile po naslednje vrstnem redu: raščena tla desno (1), rob desno (2), kolesnica desno (3), os vlake (4), kolesnica levo (5), rob levo (6) in raščena tla levo (7). Pri vseh točkah smo izmerili razdalje na obeh oseh. Pridobljene podatke smo sproti beležili na snemalni list (Mali, 2006).



Slika 6: Karakteristične točke na prečnem profilu

Na vlaki v oddelku 51 smo prvotno postavili 16 prečnih profilov. Na vlaki v oddelku 52 je bilo prvotno postavljenih 15 profilov.

6.3.2 Merjenje naklona

Na obeh vlakah smo izmerili podolžni naklon vlake. Pri merjenju naklona smo si pomagali s padomerom znamke Suunto na razdalji od enega do drugega prečnega profila. Določili smo vertikalno razdaljo med tlemi in očmi ter na tej razdalji vizirali na naslednji profil,

kjer smo imeli palico enake višine. Na padomeru smo nato odčitali vrednost v odstotkih in jo zabeležili na snemalni list. Naklon vlake je pomemben zaradi prikaza podolžnega profila vlake.

6.3.3 Merjenje števila obratov koles

Število obratov kolesa med spravilom smo ugotavljali na takšnem način, da smo šteli število obratov kolesa od prvega profila in do točke kjer se je traktor ustavil. V pomoč nam je služila oznaka na kolesu, ki smo jo naredili s sprejem za označevanje dreves. Izbrali smo ga zaradi večje vidljivosti. Pri vsaki vožnji smo tudi izmerili s pomočjo štoparice čas, ki ga je traktor porabil za prevoženo pot. Enak postopek smo uporabili pri obeh traktorjih.

6.3.4 Snemanje poškodb vlake med in po spravilu lesa

Spomladi smo po izvedbi dela poizkusa ponovno posneli prečne profile, enako smo storili še po končanem poizkusu. Prečne profile smo posneli z enako metodo in opremo kot prvič. Ob ponovnih meritvah smo merili karakteristične razdalje na enakih razdaljah kot prvič, kar so nam omogočali zabeleženi podatki iz prvih meritev. Novo pridobljene podatke smo vpisovali na nov snemalni list.

Na vlaki v oddelku 51 smo izvedbi prvega dela poizkusa ponovno izmerili vseh 16 profilov, po končanem poizkusom smo jih pa še enkrat izmerili le 14.

Na vlaki v oddelku 52 smo pa izvedbi prvega dela poizkusa ponovno izmerili le 9 profilov, in tudi enako število po končanem poizkusu

6.3.5 Merjenje vlage v tleh

Vzorci za kasnejše ugotavljanje vlažnosti tal smo jemal na dan meritve po končanih meritvah. Vzorce smo pobirali na naključnih profilih na vlaki, jemali smo jih na vlaki tik ob kolesnici, vzeli smo pa tudi vzorec iz raščenih tal za primerjavo. Enak postopek smo uporabljali na obeh objektih.

Talni vzorec smo jemali na površini cca 2 dm² in do globine 10 cm. Vzorce smo nabirali v PVC-vrečke in jih označili, nato smo vrečko neprodušno zaprli. Vzorce smo obdelali v laboratoriju na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Vzorce smo stresli v ALU-posodo z znano maso, vzorec smo čim bolj razdrobili in razporedili po posodi. Vzorce smo sušili 48 ur v sušilniku pri 105 stopinjah C ter jih v peči ohlajali 2 uri. Po končanem sušenju in ohlajanju smo vzorce ponovno stekali in izračunali trenutno vlažnost.

Trenutna vlažnost je tista količina vode, ki jo odda vzorec, če ga sušimo pri zgoraj navedenih pogojih. Po opravljenem postopku ostane v vzorcu le kemijsko vezana voda, voda v porah in adhezijsko vezana voda pa izpari.

Na vlaki v oddelku 51 smo vzeli 4 vzorce, kjer so bili trije iz roba kolesnice in eden iz raščenih tal za primerjavo. Na vlaki v oddelku 52 smo vzeli 3 vzorcev tal, kjer so bili trije odvzeti iz roba kolesnice in trije iz raščenih tal za primerjavo.

6.4 OBDELAVA PRIDOBLENIH PODATKOV

6.4.1 Izračun zdrsa koles

Ob prenosu sil s kolesa na tla običajno prihaja do določene količine zdrsa. Do tega prihaja večinoma pri kolesnih traktorjih, ki se gibljejo po brezpotjih in na nestabilnih tleh. Košir (Košir, 1997) zdrs definira kot:

$$Zdrs = st / (st - ss),$$

pri tem je:

st – teoretična prevožena pot (m),

ss – dejanska prevožena pot (m).

Zdrs navadno izražamo v odstotkih.

Teoretično prevoženo pot smo dobili tako, da smo pomnožili število obratov kolesa med spravilo z izmerjenim obsegom pnevmatike. Obseg pnevmatik smo izmerili pri obeh

traktorjih na zadnji osi na trdi horizontalni podlagi. Obseg pnevmatike pri gozdarskem zgibnem traktorju Woody 110 je znašala 360 cm. Obseg pnevmatike pri prilagojenem kmetijskem traktorju Landini Vision 105 je znašal 464 cm. Dejansko prevoženo pot smo pa na terenu izmerili in je enaka razdalji, ki jo je traktor prevozil v času posameznega poizkusa.

6.4.2 Analiza globine kolesnic

Način pridobitve podatkov je opisan v poglavjih 6.3.1. in 6.3.4.. Pridobljene podatke smo po posameznih opravljenih ciklih med sabo odšteli, da smo dobili spremembe globine kolesnic in osi vlake. Zaradi lažjega prikaza in interpretacije podatkov smo jih razporedili v več razredov z razponom 5 centimetrov. Vsi podatki ki so imeli vrednost 0 ali pozitivno vrednost smo smatrali kot narinjen material.

7 REZULTATI

V tem poglavju prikazujemo pridobljene podatke tekom meritev. Vsak sklop meritev je predstavljen kot samostojen zaradi lažje predstavitve in boljšega razumevanja. Vsak sklop posebej prikazuje tehnične zmožnosti stroja v konkretnih delovnih razmerah.

7.1 PREGLED STANJA NA OBJEKTIH

7.1.1 Vlažnost tal

Vlažnost tal nam nazorno prikazuje razmere na raziskovalnih objektih. Na podlagi nabranih vzorcev smo določili trenutno vlažnost.

Preglednica 1: Vlažnost tal na vlaki v %

Objekt	N	Aritmet. sredina	Min. vrednost	Maks. Vrednost
Odd. 51	3	39,8	32,1	45,1
Odd. 52	3	29,9	26,5	31,7

Preglednica 2: Vlažnost tal na raščenih tleh zraven vlake v %

Objekt	N	Aritmet. sredina	Min. vrednost	Maks. Vrednost
Odd. 51	1	54,7	54,7	54,7
Odd. 52	3	31,4	29,2	34,4

7.1.2 Naklon terena

Preglednica 3: Naklon terena na objektih v %

Objekt	N	Aritmet. sredina	Min. vrednost	Maks. Vrednost
Odd. 51	15	22	10	36
Odd. 52	8	14	7	28

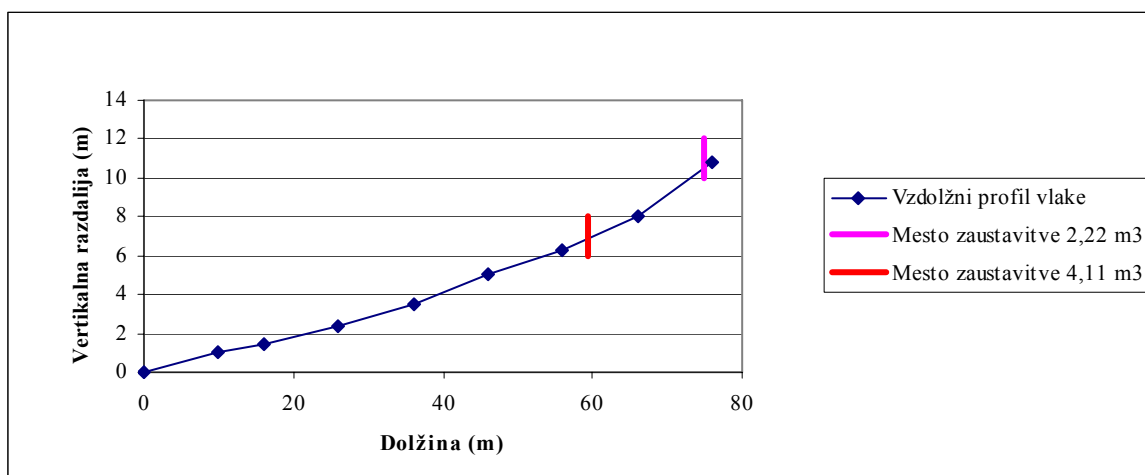
Pri primerjavi naklonov terena prihaja do manjših razhajanj med objektoma, zaradi različne konfiguracije terena.

7.2 GOZDARSKI ZGIBNI TRAKTOR WOODY 110

7.2.1 Zdrs koles pri tlaku 2 bara in uporabi kolesnih verig

Traktor Woody 110 pri vožnji navzgor z bremenom $2,22 \text{ m}^3$ ob uporabi kolesnih verig in tlaku v pnevmatikah 2 bara. Traktor je prevozil vlako do profila številka 8 + 9 m, za prevoženo pot je potreboval $1'21''35$. Traktor je opravil 75 m poti, pri tem je preračunana teoretična pot znašala 85,5 m. Iz česar sledi, da je bilo na prevoženem odseku izmerjenega 12,28 % zdrs koles. Traktor se je zaustavil pri 28 % naklona. Povprečna vlažnost pridobljena iz pobranih vzorcev prsti na vlaki je znašala 29,93 %.

Traktor Woody 110 pri vožnji navzgor z bremenom $4,11 \text{ m}^3$ ob uporabi kolesnih verig in tlaku v pnevmatikah 2 bara. Traktor je prevozil vlako do profila številka 7 + 3,3 m, za prevoženo pot je potreboval $1'11''14$. Traktor je opravil 59,3m poti, pri tem je preračunana teoretična pot znašala 74,7 m. Iz česar sledi, da je bilo na prevoženem odseku izmerjenega 20,62 % zdrs koles. Traktor se je zaustavil pri naklonu 18 %. Povprečna vlažnost pridobljena iz pobranih vzorcev prsti na vlaki je znašala 29,93 %.



Slika 7: Mestu zaustavitve na vzdolžnem profilu vlake (Woody 110, verige, tlak 2 bara)

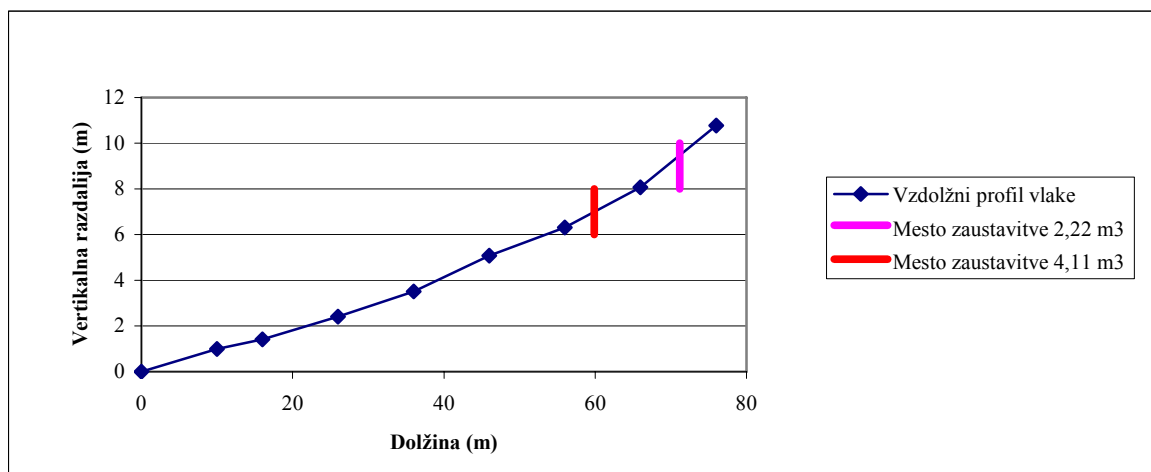


Slika 8: Zablatene verige na traktorju Woody 110 (foto: Matevž Mihelič)

7.2.2 Zdrs kolesa pri tlaku 1 bar, brez kolesnih verig

Traktor Woody 110 pri vožnji navzgor z bremenom $2,22 \text{ m}^3$, brez kolesnih verig in pri tlaku 1 bar v pnevmatikah. Traktor je prevozil vlako do profila številka 8 + 5,2 m, za prevoženo pot je potreboval 1'21"54. Traktor je opravil 71,2 m poti, pri tem je preračunana teoretična pot znašala 85,5 m. Iz česar sledi, da je bilo na prevoženem odseku izmerjenega 16,73 % zdrs koles. Traktor se je zaustavil pri naklonu 28 %. Povprečna vlažnost pridobljena iz pobranih vzorcev prsti na vlaki je znašala 29,93 %.

Traktor Woody 110 pri vožnji navzgor z bremenom $4,11 \text{ m}^3$, brez verig kolesnih verig in pri tlaku 1 bar v pnevmatikah. Traktor je prevozil vlako do profila številka 7 + 3,9 m, za prevoženo pot je potreboval 1'18"86. Traktor je opravil 59,9 m poti, pri tem je preračunana teoretična pot znašala 80,1 m. Iz česar sledi, da je bilo na prevoženem odseku izmerjenega 25,22 % zdrs koles. Traktor se je zaustavil pri naklonu 18 %. Povprečna vlažnost pridobljena iz pobranih vzorcev prsti na vlaki je znašala 29,93 %.



Slika 9: Mesto zaustavitve na vzdolžnem profilu vlake (Woody 110, brez verig, tlak 1 bar)

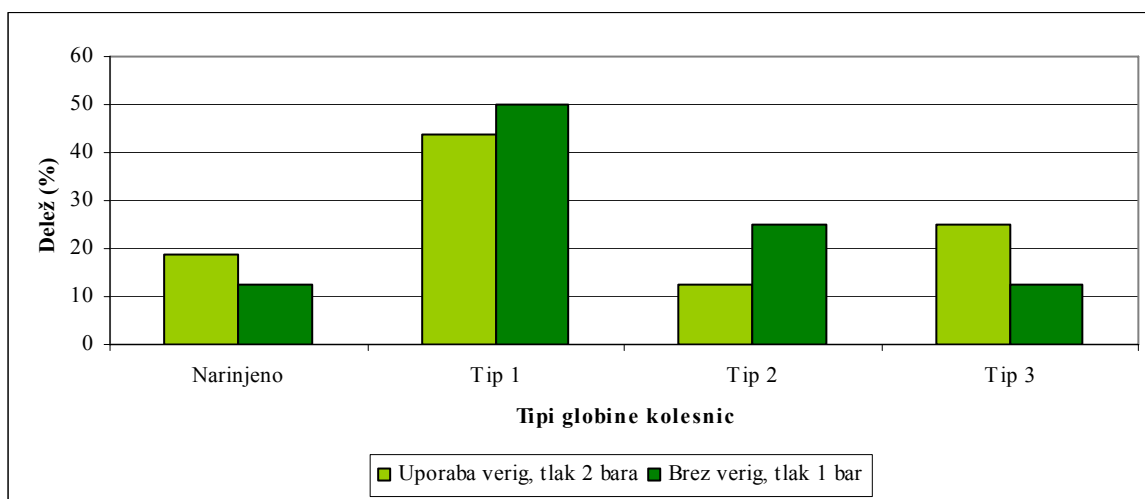


Slika 10: Traktor Woody 110 na mestu zaustavitve, brez verig, tlak 1 bar, naklon 28 %
(foto: Matevž Mihelič)

7.2.3 Poškodovanost vlake po pravilu

V poizkusu smo najprej opravili dva ciklusa na vlaki s traktorjem Woody 110, pri čemer je imel kolesne verige in tlak v pnevmatikah 2 bara. Nato smo poizkus ponovili še enkrat, ampak tokrat brez kolesnih verig in s tlakom 1 bar v pnevmatikah. Izmerjene poškodbe vlake smo predstavili v razširjenih razredih. Razpon enega razreda znaša 5 cm. Vse

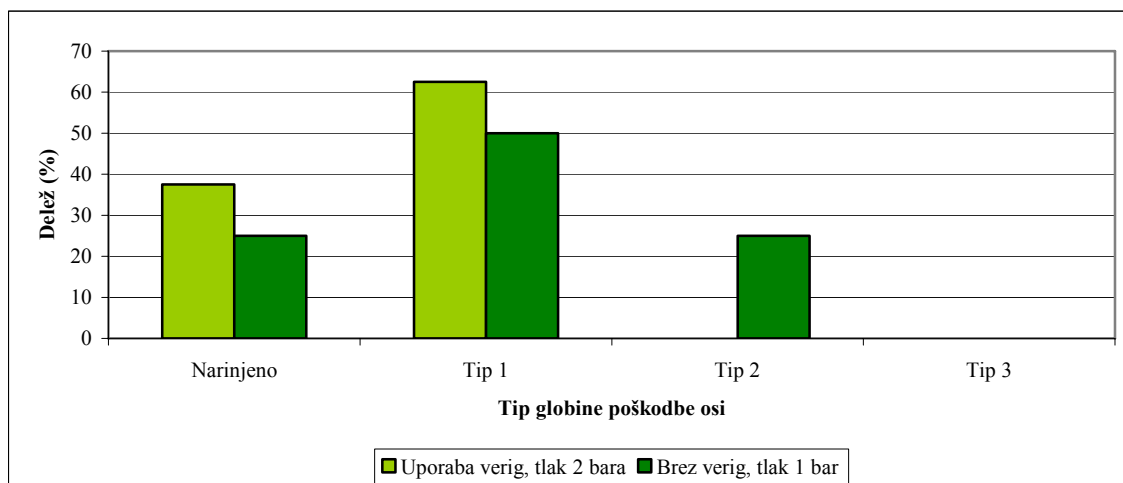
kolesnice pri katerih je bila izračunana vrednost enaka nič ali pozitivna smo označili s kategorijo narinjeno. V tip 1 spadajo kolesnice v intervalu od vključno 1 do vključno 5 cm, v tip 2 spadajo kolesnice v intervalu od vključno 6 do vključno 10 cm in v tip 3 spadajo kolesnice v intervalu od vključno 11 do vključno 15 cm.



Slika 11: Delež kolesnic po posameznih tipih (Woody 110)

Pri obeh ciklih (z verigami, tlak 2 bara in brez verig, tlak 1 bar) prevladujejo kolesnice globine od vključno 1 do vključno 5 cm. Vendar se pri uporabi verig poveča delež kolesnic ki sodijo v tip 3, kjer so kolesnice v intervalu od vključno 11 do vključno 15 cm. V primeru uporabe verig in tlaku 2 bara pa dosežejo narinjene kolesnice skoraj 20 % in pri ne uporabi verig in tlaku 1 bar je ta delež manjši in znaša 12,5 %.

Posebej smo obravnavali spremembe na osi vlake in vrednosti razvrstili v enake razrede kot pri kolesnicah.



Slika 12: Delež poškodovanost osi vlake po tipih (Woody 110)

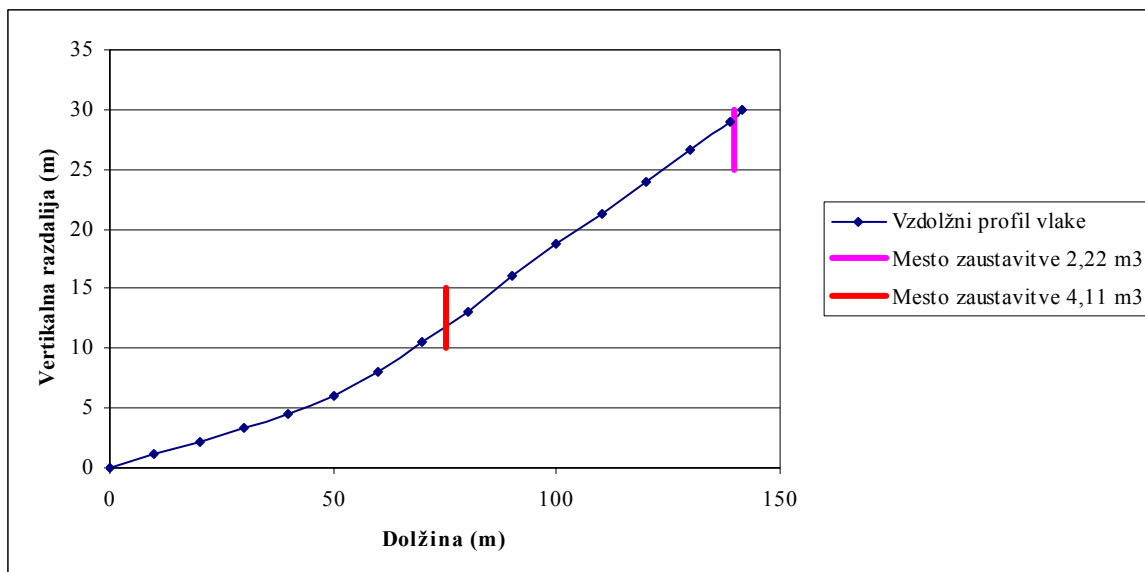
Večina poškodb na osi vlake se odraža kot narinjen material ali kot manjša poglobitev profila, ki v večini primerov dosega globino do vključno 5 cm. Iz dobljenih meritev ni razvidne, bistvene razlike na poškodovanosti osi vlake, med obema poizkusoma.

7.3 PRILAGOJENI KMETIJSKI TRAKTOR LANDINI VISION 105

7.3.1 Zdrs koles pri tlaku 2 bara in uporabi kolesnih verig

Traktor Landini Vision 105 pri vožnji navzgor z bremenom $2,22 \text{ m}^3$ ob uporabi kolesnih verig in tlaku v pnevmatikah 2 bara. Traktor je prevozil vlako do profila številka 15 + 0,5 m, za prevoženo pot je potreboval 2'27"44. Traktor je opravil 139,5 m poti, pri tem je preračunana teoretična pot znašala 170,52 m. Iz česar sledi, da je bilo na prevoženem odseku izmerjenega 18,19 % zdrs koles. Traktor se je zaustavil pri 36 % naklona. Povprečna vlažnost pridobljena iz pobranih vzorcev prsti na vlaki je znašala 39,8 %.

Traktor Landini Vision 105 pri vožnji navzgor z bremenom $4,11 \text{ m}^3$, brez kolesnih verig in tlaku v pnevmatikah 2 bara. Traktor je prevozil vlako do profila številka 7 + 4,7 m, za prevoženo pot je potreboval 55"59. Traktor je opravil 64,7 m poti, pri tem je preračunana teoretična pot znašala 71,92 m. Iz česar sledi, da je bilo na prevoženem odseku izmerjenega 10,04 % zdrs koles. Traktor se je zaustavil pri 26 % naklona. Povprečna vlažnost pridobljena iz pobranih vzorcev prsti na vlaki je znašala 39,8 %.

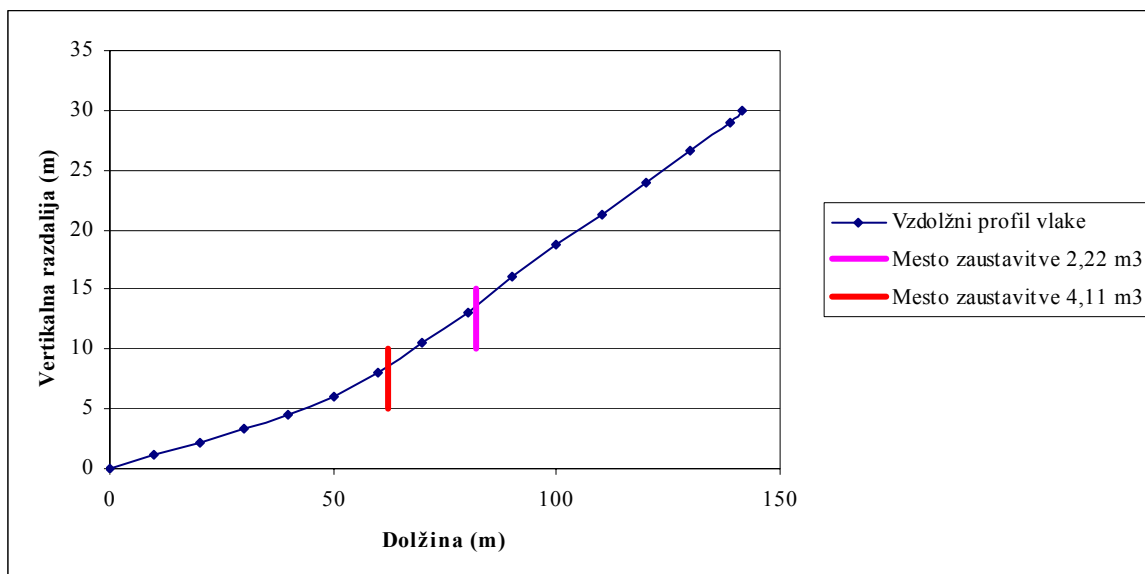


Slika 13: Mesto zaustavitve na vzdolžnem profilu vlake (Landini Vision 105, verige, tlak 2 bara)

7.3.2 Zdrs koles pri tlaku 1 bar, brez kolesnih verig

Traktor Landini Vision 105 pri vožnji navzgor z bremenom $2,22 \text{ m}^3$, brez kolesnih verig in tlaku v pnevmatikah 1 bar. Traktor je prevozil vlako do profila številka 9 + 2 m, za prevoženo pot je potreboval 1'23"59. Traktor je opravil 82 m poti, pri tem je preračunana teoretična pot znašala 89,32 m. Iz česar sledi, da je bilo na prevoženem odseku izmerjenega 8,2 % zdrs koles. Traktor se je zaustavil pri 33 % naklona. Povprečna vlažnost pridobljena iz pobranih vzorcev prsti na vlaki je znašala 39,8 %.

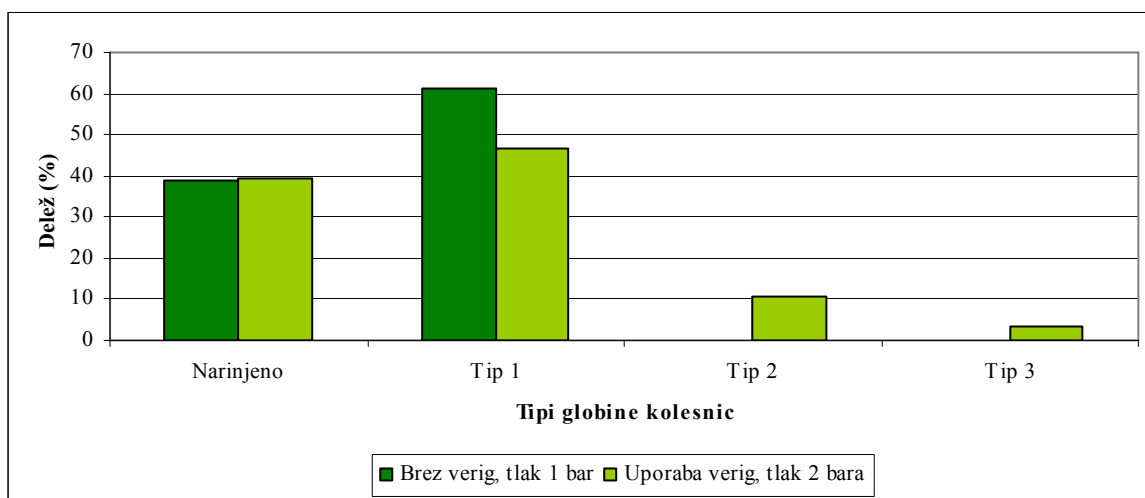
Traktor Landini Vision 105 pri vožnji navzgor z bremenom $4,11 \text{ m}^3$, brez kolesnih verig in tlaku v pnevmatikah 1 bar. Traktor je prevozil vlako do profila številka 7 + 2,3 m, za prevoženo pot je potreboval 1'05"22. Traktor je opravil 62,3 m poti, pri tem je preračunana teoretična pot znašala 75,4 m. Iz česar sledi, da je bilo na prevoženem odseku izmerjenega 17,37 % zdrs koles. Traktor se je zaustavil pri 26 % naklona. Povprečna vlažnost pridobljena iz pobranih vzorcev prsti na vlaki je znašala 39,8 %.



Slika 14: Mesto zaustavitve na vzdolžnem profilu vlake (Landini Vision 105, brez verig, tlak 1 bar)

7.3.3 Poškodovanost vlake po pravilu

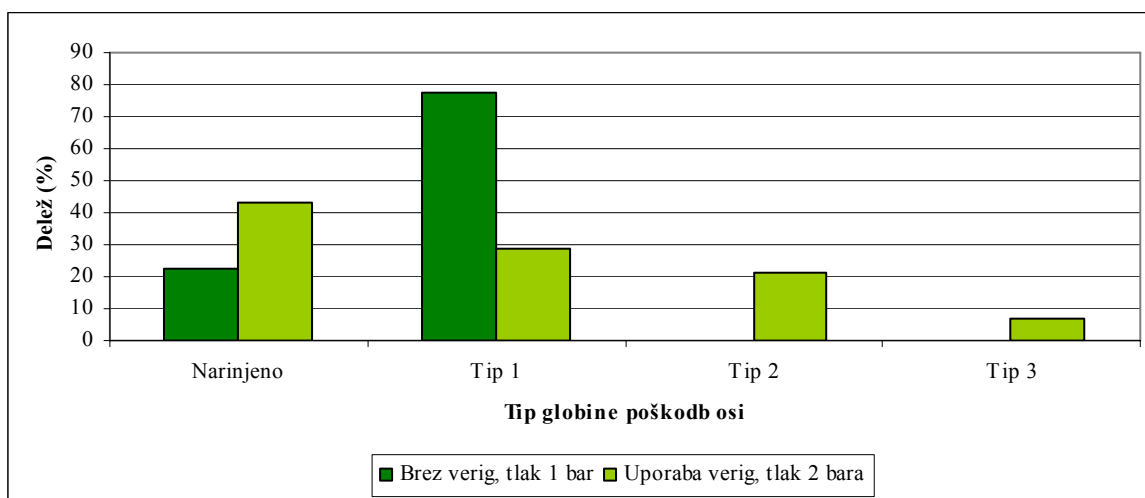
V poizkusu smo najprej opravili dva ciklusa na vlaki s traktorjem Landini Vision 105, pri čemer ni imel kolesne verige in tlak v pnevmatikah 1 bar. Nato smo poizkus ponovili še enkrat, ampak tokrat s kolesnimi verigami in s tlakom 2 bara v pnevmatikah. Izmerjene poškodbe vlake smo predstavili v razširjenih razredih. Razpon enega razreda znaša 5 cm. Vse kolesnice pri katerih je bila izračunana vrednost enaka nič ali pozitivna smo označili s kategorijo narinjeno. V tip 1 spadajo kolesnice v intervalu od vključno 1 do vključno 5 cm, v tip 2 spadajo kolesnice v intervalu od vključno 6 do vključno 10 cm in v tip 3 spadajo kolesnice v intervalu od vključno 11 do vključno 15 cm.



Slika 15: Delež kolesnic po posameznih tipih (Landini Vision 105)

Ob ne uporabi verig in zmanjšanem tlaku (1bar) so vse izmerjene vrednosti v razredu narinjeno in v tip 1. Kar pomeni da spremembe v globini kolesnic kolesnic ne presegajo globine 5 centimetrov. Velik delež kolesnic se nahaja v razredu Narinjeno, ki znaša skoraj 40 %. Ob uporabi verig in višjem tlaku se delež narinjenih kolesni bistveno ne spremeni, poveča se pa delež kolesnic tipa 2 in tipa 3 na račun zmanjšanja deleža kolesnic v razredu kolesnic tipa 1.

Pri analizi poglobitve profila na osi vlake smo ugotovili, da se podatki ujemajo z analizo poglobitve kolesnic. Do razlik prihaja predvsem med uporabo in ne uporabo kolesnih verig.

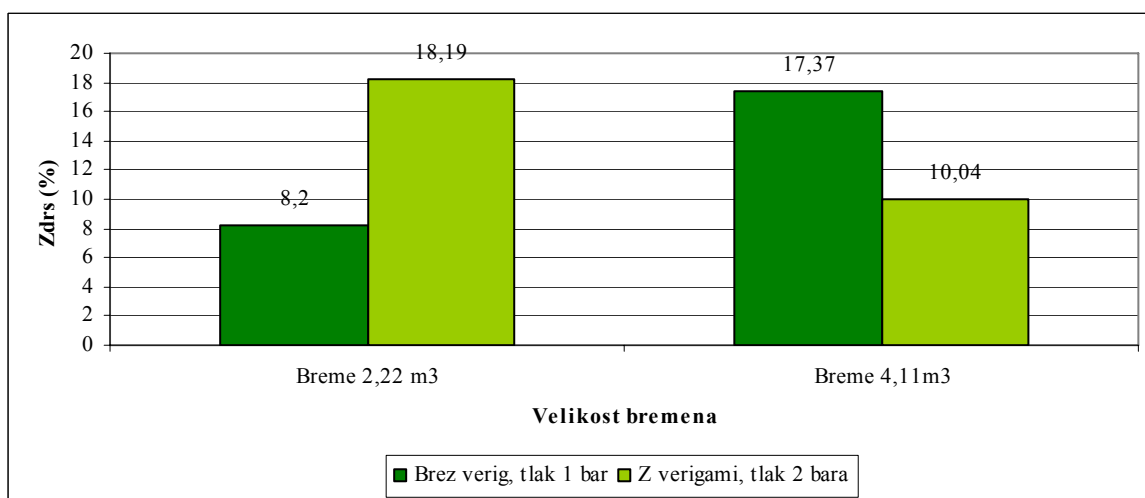


Slika 16: Delež poškodovanosti osi vlake po posameznih tipih (Landini Vision 105)

7.4 PRIMERJAVA ZDRSA GLEDE NA VELIKOST BREMENA

7.4.1 Landini Vision 105

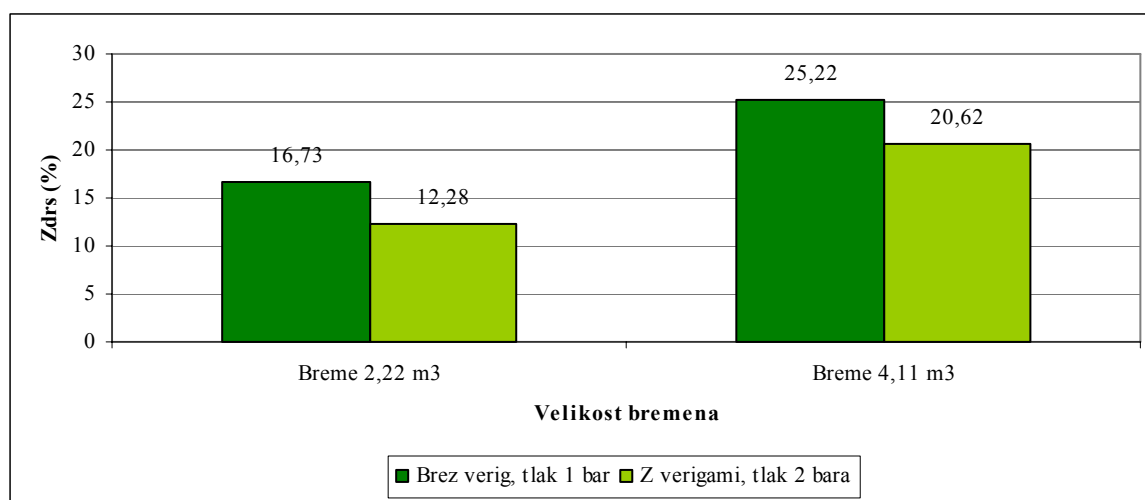
Pri spravlilu s traktorjem Landini Vision 105 je razvidno, da je spravilo manjšega bremena glede zdrsa dosti bolj ugodnejše ob ne uporabi verig in zmanjšanim tlakom v pnevmatikah (1 bar). Popolnoma drugačna slika se nam pokaže pri večjem bremenu, kjer je pa situacija obrnjena tako, da je glede zdrsa ugodnejše spravilo ob uporabi verig in normalnega tlaka pnevmatik.



Slika 17: Odvisnost deleža zdrsa od velikosti bremena (Landini Vision 105)

7.4.2 Woody 110

Pri spravilu s traktorjem Woody 110 je iz dobljenih rezultatov razvidno, da je ob uporabi verig tudi delež zdrsa manjši.



Slika 18: Odvisnost deleža zdrsa od velikosti bremena (Woody 110)

8 RAZPRAVA IN SKLEPI

Za izmero poškodovanosti vlak po pravilu lesa smo uporabili že preizkušeno metodo snemanja prečnih profilov (Mali, 2006), ki je še vedno v razvijanju. Metoda temelji na izmeri horizontalnih in vertikalnih razdalj karakterističnih točk na označenih profilih. Metoda omogoča natančno in hitro delo. Zaradi lažjega izračuna sprememb v globini kolesnic smo, pred izvedbo testiran z obema traktorjema, predhodno posneli prečne profile. Predhodna meritev nam je služila kot ničelna meritev iz katere smo v nadaljnji obdelavi podatkov tudi izhajali. Meritve prečnih profilov smo še kasneje dvakrat ponovili. Prvič po opravljeni polovici testiranj in drugič še po končanem testiranju. Posamezne profile smo označili z oštevilčenimi količki, ki so bili na takšnih mestih oziroma oddaljenosti od vlake, da jih med potekom spravlja traktorist ni mogel poškodovati z bremenom ali povoziti s traktorjem. Za izvajanje meritev sta potrebni dve osebi. Drugo meritev je potekala med tem, ko je voznik traktorja montiral oziroma demontiral kolesne verige, kar je omogočalo nemoten potek meritev. Zapisovanje podatkov je potekalo na klasičen način, zapisovanje na snemalni list. Takšen način dela je za kasnejšo obdelavo podatkov zamuden, ker je potrebno podatke pretipkati, da jih lahko računalniško obdelamo, zato bi bila smotrna uporaba dlančnika. S pomočjo dlančnika lahko kasneje podatke prenesemo na računalnik, kar nam pa prihrani nekaj dela in časa.

Slabost metode je v uporabi trasirke, ker zaradi konice včasih preide pregloboko v tla. S tem namenom bi bilo primerno uporabljati lato, ki ima na koncu večjo površino, s čimer bi preprečili ne želeno pogrezanje v tla. Malo težav se pojavi tudi ob sončnem vremenu in v bolj odprtih sestojih, kjer nas motijo sončni žarki, ki nam povzročajo ne jasno vidljivost laserskega žarka. Iskanje žarka je pa zamudno in naporno.

Kljub vsemu je uporabljena metoda dobra in se z njeno pomočjo da oceniti iskani parameter (poškodovanost vlake oz. globino kolesnic).

Izračunano poglobitev levih in desnih kolesnic smo upoštevali ločeno, ker bi računanje povprečja zabrisalo realne podatke in tako podatki ne bi bili točni.

Z izborom konkavnih, grajenih vlak na mehkejših podlagah smo skušali zagotoviti enakovredne delovne razmere, kar je pa v praksi do potankosti skoraj nemogoče. Vendar smo strmeli k izbiri enakovrednih razmer.

V oddelku 52 smo uporabili gozdarski zgibni traktor Woody 110, ki spada med sodobne gozdarske stroje. Bistvena razlika med traktorjem Woody 110 in ostalimi je v tem, da je ta traktor zasnovan na osnovi hidrostatičnega pogona. To pomeni, da se ob preobremenitvah enostavno ustavi in preprečuje vrtenje koles v prazno oziroma preprečuje prekomeren zdrs koles. Sila pri kateri se traktor ustavi je računalniško nastavljena. Med delom testiranja je imel traktor na vseh štirih kolesih verige.

V oddelku 51 smo uporabili prilagojeni kmetijski traktor Landini Vision 105, ki je posebej predelan in opremljen zgolj za gozdarsko rabo. Traktor ima klasično mehansko transmisijo, kjer prenos moči na kolesa poteka preko sklopke, menjalnika, diferenciala in bočnih reduktorjev. Kar pa omogoča obremenitve preko zmogljivosti traktorja, pri čemer prihaja posledično do vrtenja koles v prazno in prekomernega zdrsa. Med delom testiranja se imel traktor verige zgolj na zadnjih kolesih.

Po spravi lesa se je pojavilo do 40 % kolesnic, ki so bile uvrščene v kategorijo narinjenih. Pri gozdarskem zgibnem traktorju in pri prilagojenem kmetijskem traktorju se je pojavilo več narinjenih kolesnic ob uporabi kolesnih verig in tlaku 2 bara v pnevmatikah. Iz česar lahko sklepamo, da je posledica teh narinjenih kolesnic premeščanje materiala v vzdolžni in prečni smeri vlake. Večina kolesnic se giblje v intervalu globine od vključno 1 do vključno 5 cm. Pojavnost kolesnic tipa 2 (od vključno 6 do vključno 10 cm globine) ne presega deleža 30 % pri nobenem od obeh traktorjev. Pojavnost kolesnic tipa 3 (od vključno 11 do vključno 15 cm globine) zajema pri prilagojenem kmetijskem traktorju minimalni delež (<10 %), pri gozdarskem zgibnem traktorju pa delež tega tipa kolesnic dosega večje vrednosti (do 25 %). Dobljene rezultate lahko povezujemo z lastnostmi vlake. Vlaka na kateri smo preizkušali Woody 110 je bila po končanem spravi v preteklosti popravljena in poravnana. Vlaka je bila razrahljana iz česar lahko sklepamo da je to vzrok za nastale globlje kolesnice.

Pri obeh traktorjih se nakazuje večji delež globljih kolesnic pri uporabi kolesnih verig. Iz tega lahko zaključimo, da uporaba kolesnih verig pripomore k povečanju nastalih poškodb vlake. Vendar nikjer na merjenih vlakah ni prišlo do poglobitve kolesnic, ki bi presegale 15 cm globine.

Na osi vlake ne prihaja do bistvenih sprememb v poglobitvi profila, večina sprememb se odraža kot narinjen material ali kot minimalne poglobitve do vključno 5 cm. To je rezultat narivanja materiala iz kolesnic, na sredino vlake (narinjen tip kolesnic) ali pa minimalne poglobitve zaradi vlačjenja lesa po tleh.

Iz meritev in izračunov zdrs je razvidno, da pri gozdarskem zgibnem traktorju uporaba kolesnih verig pripomore k manjšemu zdrs koles in k boljšemu premagovanju ovir na vlaki. Z uporabo verig smo prišli po vlaki dlje kot pa brez njih. Tako se je Woody 110 z bremenom $2,22 \text{ m}^3$ in z verigami na kolesih zaustavil pri prevoženih 75 m in pri enakem bremenu brez kolesnih verig (tlak v pnevmatikah 1 bar) pa pri 71,2 m. Razlika v zdrs je bila za $\sim 4 \%$ v korist uporabe verig. Pri bremenu $4,11 \text{ m}^3$ ni bilo bistvene razlike v prevoženi razdalji (verige; 59,3 m, brez verig; 59,9 m), bila pa je razlika v $\%$ zdrs, ki je znašal $\sim 4,5 \%$ v korist uporabe verig. S čimer smo potrdili predhodno postavljeno hipotezo, da uporaba verig zmanjšuje zdrs na kolesu.

Pri traktorju Landini Vision 105 smo pa prišli do ugotovitev, da je za spravilo manjših bremen ($\sim 2 \text{ m}^3$) glede zdrs bolj učinkovita varianta brez verig in z zmanjšanim tlakom v pnevmatikah. Ravno nasprotno smo spoznali pri večjem bremenu ($\sim 4 \text{ m}^3$), kjer pa je bil zdrs pri uporabi verig bistveno manjši kot pa pri ne uporabi verig in tlaku 1 bar v pnevmatikah. Iz tega sklepamo da je ob oblikovanju manjših bremen primernejša varianta brez verig, zaradi boljšega oprijema in v povezavi s tem tudi manjših poškodb na vlaki.

Iz dobljenih podatkov je tudi razvidno, da je zdrs odvisen tudi o velikosti bremena. Pri večjem bremenu ($\sim 4 \text{ m}^3$) ja skoraj v vseh primerih zdrs večji kot pri manjšem bremenu ($\sim 2 \text{ m}^3$) razen pri traktor Landini Vision 105 ob uporabi kolesnih verig. S tem lahko potrdimo še eno začetno hipotezo, ki pravi da se zdrs povečuje z večanjem bremena.

Zaradi same metode štetja obratov kolesa in kasnejšega izračuna nismo uspeli dokazati hipotezo ki pravi, da se z večanjem vzdolžnega profila vlake večja tudi vrednost zdrsa. Do tega pa je prišlo zaradi izmere in izračuna zdrsa za prevožen celoten odsek vlake in ne za posamezne odseke prevožene poti.

9 POVZETEK

V diplomskem delu smo obravnavali problematiko vlačjenja lesa navzgor s prilagojenim kmetijskim traktorjem in gozdarskim zgibnim traktorjem na mehki podlagi. Obravnavana problematika je pomembna z okoljskega vidika in učinkovitosti, ki jo lahko dosegamo v danih razmerah. Vožnja s stroji na mehki podlagi ni sprejemljiva z okoljskega vidika, ker že vsaka manjša poškodba tal pomeni spremembe v fizikalnih lastnostih tal. Vsakršne večje poškodbe v obliki kolesnic nikakor niso dopustne in opravičljive z potrebo po lesu.

Veliko dosedanjih raziskav je bilo posvečenih odnosu kolo – tla, vendar večina tovrstnih raziskav se v zadnjem času odvija na tematiko strojne sečnje. Za razliko od klasičnega spravila s traktorjem se les pri tem prevaža in ne vlači po tleh, poveča se število sekundarnih prometnic zaradi potreb obvladovanja celotne površine. Spravilo poteka na označenih sečnih poteh, ki niso grajene in so lahko samočasne.

Raziskavo smo naredili na območju Bohorja, ki je znan po mehkejši podlagi. Posebej kritični so spomladanski in jesenski meseci, ko je več deževja in so tla razmočena. Takrat prihaja tudi do največjih poškodb na gozdnih tleh in na grajenih prometnicah. Zato je nedopustna vožnja izven grajene oziroma označene prometnice, s čimer bi še dodatno obremenjevali gozdna tla.

V oddelku 51 kjer je potekalo spravilo s prilagojenim kmetijskim traktorjem Landini Vision 105 je bilo kar 78 % nastalih kolesnic plitvejših od vključno 5 cm. Na tem raziskovalnem objektu se je tudi lepo pokazala razlika v globini kolesnic med uporabo in ne uporabo verig. Pri uporabi verig so bile dobljene izmerjene kolesnice globlje, tako je bilo 15 % kolesnic globljih od vključno 6 cm. Ta vrednost se je pri ne uporabi verig in tlaku 1 bar spremenila tako, da v razredih v katere spadajo kolesnice globlje od vključno 6 cm nimamo nobene kolesnice, ki bi spadala v ta razred.

V oddelku 52 kjer je potekalo spravilo z gozdarskim zgibnim traktorjem Woody 110 je bil delež kolesnic do vključno 5 cm globine bistveno manjši in je znašal 56 %. Iz dobljenih podatkov ne moremo sklepati da uporaba verig povečuje globino kolesnic. Je pa veliko

večji delež kolesnic ki so globlje od vključno 6 cm in znaša več kot 30 %. Posledica takšnega rezultata je verjetno v drugačni vlaki, ki je bila pred kratkim obnovljena in je zato mehkejša, ter v teži traktorja.

Po meritvah poškodovanosti osi vlake je razvidno, da na osi ne prihaja do večjih deformacij. Posledica tega je samo vpliv zaradi vlečenja debel po tleh in ne vožnje stroja.

Meritve zdrsa so nam pokazale pri traktorju Woody 110, da je zdrs pri uporabi verig manjši okoli 5 %. Pri traktorju Landini Vision 105 ta razlika ni tako vidna. Je pa razvidno, da z večanjem bremena prihaja tudi do povečevanja zdrsa na kolesih.

Premagovanje vzdolžnih naklonov je pokazalo, da pri prilagojenem kmetijskem traktorju ob manjšem bremenu in uporabi verig prehodnost veliko boljša, tako da smo ob uporabi verig prišli dlje po vlaki navzgor. Pri gozdarskem zgibnem traktorju ni večjih razlik pri premagovanju vzdolžnega profila ob uporabi in neuporabi verig, prišli smo vedno do istega profila, razlika je bila samo v parih metrih, naklon je bil pa enak.

Namen naloge je bil, prikazati vrednosti zdrsa in globine kolesnic na mehki podlagi za oba tipa traktorja. Pri tem dopuščamo minimalne razlike pri izboru grajenih vlak na katerih so meritve potekale, ker izbor dveh popolnoma primerljivih vlak je skoraj nemogoč. Zaradi majhnega števila prehodov skozi posamezne profile nismo dobili zelo velikih poglobitev kolesnic (vse poglobitve so bile do vključno 15 cm). Za primerjavo je intenziteta prehodov skozi posamezne profile pri rednem spraviu dosti večja kot pa v našem primeru meritev. Lahko pa nazorno vidimo kaj se zgodi z vlako že po dveh oziroma štirih prehodih preko vsakega profila. Na podlagi tega lahko samo ugibamo kaj se bi dogajalo z vsakem nadaljnjem prehodom skozi profil. Čez čas bi verjetno popolnoma izločili profile kjer je sedaj prihajalo do narivanja materiala.

10 VIR

Accetto M. 1972. Gozdne združbe in rastiščno-gojitveni tipi v G.g.e. Bohor. Ljubljana, Biro za gozdarsko načrtovanje: 59 str.

Akay A.E., Yuksel A., Reis M., Tutus A. 2007. The Impacts of Ground-Based Logging Equipment on Forest Soil. Polish Journal of Environmental Studies, 16, 3: 371-376

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Bohor 2008-2017. 2008. Brežice, Zavod za gozdove Slovenije, OE Brežice

Igland: spletna stran podjetja

<http://www.igland-as.com> (9.2.2011)

Jejčič V. 2000. Hidrostatska transmisija. Tehnika in narava, 4, 3: 18-19

Jejčič V. 2000. Hidromehanska traktorska transmisija. Tehnika in narava, 4, 4: 19-22

Košir B. 1997. Pridobivanje lesa: študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 330 str.

Košir B. 2000. Lastnosti prenosa sil na podlago pri traktorju Woody 110. Gozdarski vestnik, 58, 3: 139-145

Košir B., Marenče J. 2008. Assessing maximum loads when skidding wood uphill with tractors. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 86: 21-31

Košir B. 2010. Gozdna tla kot usmerjevalec tehnologij pridobivanja lesa. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 80 str.

Kremer J., Schardt M., Borchert H., Matthies D., Ganter C. 2007b. Bogiebänder im Direktvergleich mit Reifen. Forst & Technik, 1: 6-11

Kremer J., Wolf B., Matthies D., Borchert H. 2007a. Bodenschutz beim Maschineneinsatz. LWF, Bayerische Forstverwaltung: 4 str.

Krivec A. 1978. Možnosti spravila lesa po strmih terenih navzgor. Gozdarski vestnik, 36, 7/8: 318-329

Krivec A. 1979. Preučevanje traktorskega spravila lesa. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti: 211 str.

Luscher P., Frutig F., Sciacca S., Spjevac S., Thees, O. 2009. Physikalischer Bodenschutz im Wald. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Merkblatt für die Praxis: 12 str.

Mali B. 2006. Poškodbe tal po strojni s strojem za sečnjo in spravilo lesa z zgibnim polprikoličarjem: diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Ljubljana, samozal.: 62 str.

Marenče J. 2005. Spreminjanje tehničnih parametrov traktorja pri vlačanju lesa-kriteriji pri izbiri delovnega sredstva. Doktorska disertacija (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 271 str.

Marenče J., Košir B., 2007. Wheel slip in skidding with the AGT 835 T adapted farm tractor. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 82: 25-31

Marenče J., Košir B. 2008. Technical parameters dynamics Woody 110 cable skidder within the range of stopping due to overload in uphill wood skidding. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 85: 39-48

Mccormick: spletna stran podjetja

<http://www.mccormick-intl.com> (9.2.2011)

Poršinsky T., Sraka M., Stankić I. 2006. Comparison of two approaches to soil strenght classifications. Croatian Journal of Forest Engineering, 27, 1: 17-26

Robek R. 1994. Vplivi transporta lesa na tla gozdnega predela Planina Vetrh. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 45: 55-114

Sever S. 1980. Istraživanja nekih eksploatacijskih parametara traktora kod privlačenja drva: doktorska disertacija (Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet). Zagreb, samozaložba: 301 str.

Sever S. 1990. Skidder traction factors. Journal of Forest Engineering. 1/2: 15-23
<http://www.lib.unb.ca/Texts/JFE/backissues/pdf/vol1-2/sever.pdf> (9.2.2011)

Stoilov S., 2007. Improvement of wheel skidder tractive performance by tire inflation pressure and tire chains. Croatian Journal of Forest Engineering, 28, 2: 137-144

Šušnjar M., Horvat D., Šešelj J. 2006. Soil compaction in timber skidding in winter conditions. Croatian Journal of Forest Engineering 27, 1: 3-15

Vilpo: spletna stran podjetja
<http://www.vilpo.si> (9.2.2011)

Whitford K. 2009. Reducing soil disturbance during timber harvesting. Department of Environment and Conservation, Western Australia, Science Division

ZAHVALA

Na koncu se bi rad zahvalil vsem, ki ste kakorkoli pripomogli k izdelavi diplomske naloge.

Zato iskrena zahvala mentorju moje diplomske naloge prof. dr. Boštjanu Koširju za vso strokovno pomoč in usmerjanje tekom izdelave diplomske naloge. Prof. dr. Janezu Krču za opravljeno recenzijo.

Posebna zahvala gre Matevžu Miheliču za pomoč pri terenskem delu, obdelavi podatkov in pri izdelavi foto in video materialu.

Velika zahvala gre Gozdnemu gospodarstvu Brežice, ki je s svojimi sredstvi omogočilo izpeljavo terenskih meritev.

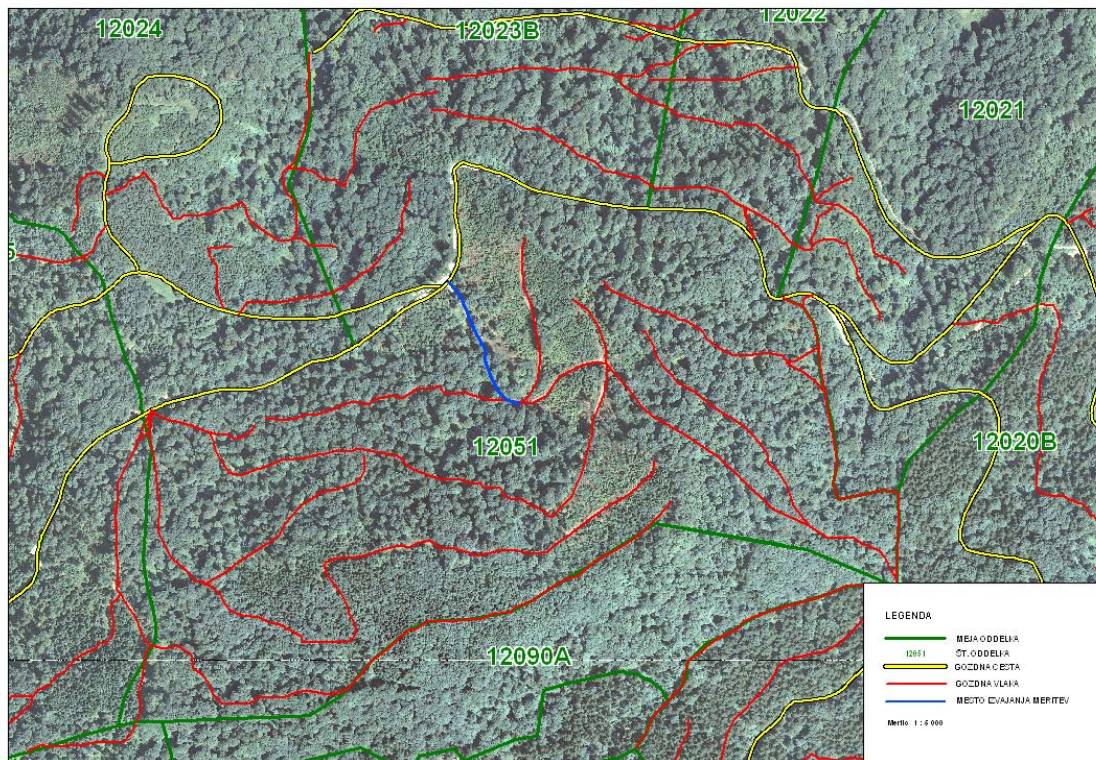
Zahvalil se bi tudi vsem sošolcem za spodbudo, pomoč in prijateljstvo v času študija.

Nazadnje bi se še zahvalil staršem, ki so mi omogočili študij in me v času študija podpirali.

PRILOGE

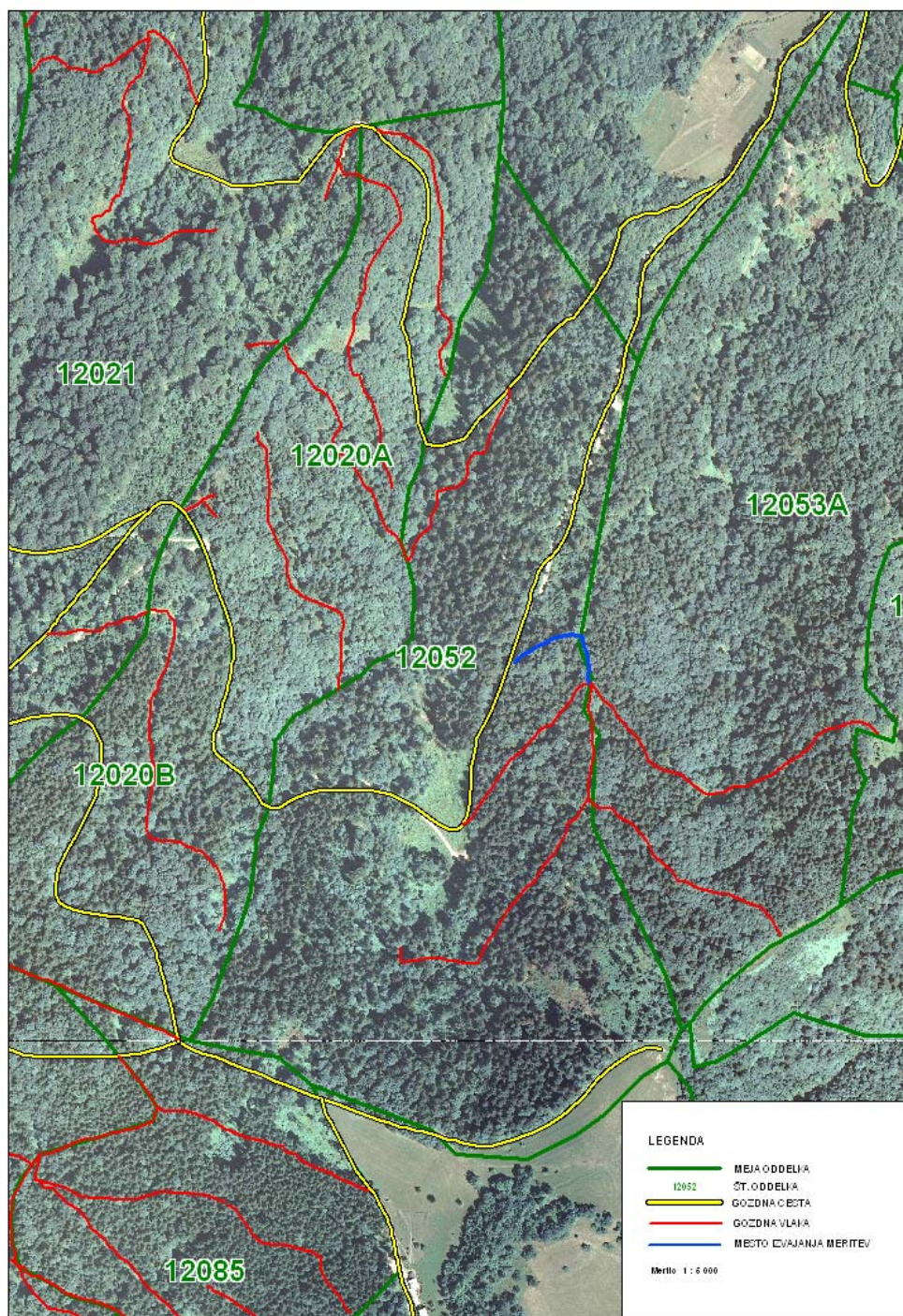
Priloga A

GE Bohor oddelek 51
Prikaz lokacije raziskovalnega objekta



Priloga B

GE Bohor oddelek 52 Prikaz lokacije raziskovalnega objekta



Priloga C

Prikaz časa, števila obratov, teoretične razdalje, dejanske razdalje in zdrs

Landini 1 bar - 2m ³					
Čas	Št. obratov	Teoretična razdalija (m)	Dejanska razdalija (m)	Zdrs (m)	Zdrs (%)
1'23"59	19,25	89,32	82	7,32	8,20
Landini 1 bar - 4m ³					
Čas	Št. obratov	Teoretična razdalija (m)	Dejanska razdalija (m)	Zdrs (m)	Zdrs (%)
1'05"22	16,25	75,4	62,3	13,1	17,37
Landini 2 bar, verige – 2m ³					
Čas	Št. obratov	Teoretična razdalija (m)	Dejanska razdalija (m)	Zdrs (m)	Zdrs (%)
2'27"44	36,75	170,52	139,5	31,02	18,19
Landini 2 bar, verige – 4m ³					
Čas	Št. obratov	Teoretična razdalija (m)	Dejanska razdalija (m)	Zdrs (m)	Zdrs (%)
0'55"59	15,5	71,92	64,7	7,22	10,04
Woody 2 bar, verige – 2m ³					
Čas	Št. obratov	Teoretična razdalija (m)	Dejanska razdalija (m)	Zdrs (m)	Zdrs (%)
1'21"35	23,75	85,5	75	10,5	12,28
Woody 2 bar, verige – 4m ³					
Čas	Št. obratov	Teoretična razdalija (m)	Dejanska razdalija (m)	Zdrs (m)	Zdrs (%)
1'11"14	20,75	74,7	59,3	15,4	20,62
Woody 1 bar - 2m ³					
Čas	Št. obratov	Teoretična razdalija (m)	Dejanska razdalija (m)	Zdrs (m)	Zdrs (%)
1'21"54	23,75	85,5	71,2	14,3	16,73
Woody 1 bar - 4m ³					
Čas	Št. obratov	Teoretična razdalija (m)	Dejanska razdalija (m)	Zdrs (m)	Zdrs (%)
1'18"86	22,25	80,1	59,9	20,2	25,22

Priloga D

Velikost bremena

Hlod	Dolžina (cm)	Premjer (cm)	Volumen (m ³)
1	822	29	0,54
2	827	28	0,51
3	823	31	0,62
4	821	29	0,54
			2,22

Hlod	Dolžina (cm)	Premjer (cm)	Volumen (m ³)
1	722	40	0,91
2	825	41	1,09
3	806	38	0,91
4	824	43	1,20
			4,11

Priloga E

Vzorci vlage oddelek 51

Št. profila	Mesto jemanja vzorca	Tara (g)	Mokro (g)	Suho (g)	Mokra brez tare (g)	Suha brez tare (g)	Voda (g)	% vode
2	ROB	11,42	547,47	388,34	536,05	376,92	159,13	42,2
5	ROB	11,42	642,21	488,98	630,79	477,56	153,23	32,1
5	RAŠČ	11,25	452,22	296,37	440,97	285,12	155,85	54,7
9	ROB	11,37	627,93	436,29	616,56	424,92	191,64	45,1

Vzorci vlage oddelek 52

Št. profila	Mesto jemanja vzorca	Tara (g)	Mokro (g)	Suho (g)	Mokra brez tare (g)	Suha brez tare (g)	Voda (g)	% vode
4	RAŠČ	11,32	446,76	335,29	435,44	323,97	111,47	34,4
4	VLA	11,52	621,28	474,97	609,76	463,45	146,31	31,6
7	RAŠČ	11,21	623,76	485,49	612,55	474,28	138,27	29,2
7	VLA	11,41	577,46	441,22	566,05	429,81	136,24	31,7
9	RAŠČ	11,36	396,19	305,71	384,83	294,35	90,48	30,7
10	VLA	11,36	801,08	635,66	789,72	624,3	165,42	26,5

Priloga F

Snemalni listi oddelek 51

Predstavitev horizontalnih in vertikalnih razdalj pred pravilom (cm)

št. profila	Raščena tla levo (x)	Raščena tla levo (y)	Rob levo (x)	Rob levo (y)	Kolesnica levo (x)	Kolesnica levo (y)	Os (x)	Os (y)	Kolesnica desno (x)	Kolesnica desno (y)	Rob desno (x)	Rob desno (y)	Raščena tla desno (x)	Raščena tla desno (y)
1	25	41	80	33	175	75	255	62	330	63	380	45	450	36
2	50	40	120	41	160	68	250	53	330	49	385	38	485	17
3	25	51	90	55	125	71	215	71	295	70	340	50	420	40
4	10	50	70	31	165	79	245	64	335	57	400	35	480	20
5	25	46	75	48	145	84	240	79	315	76	350	61	460	55
6	25	52	75	58	175	110	260	114	345	118	415	83	485	77
7	25	56	280	125	320	166	425	172	495	171	565	134	715	180
8	25	59	55	74	285	168	365	175	445	190	545	133	665	186
9	50	63	275	170	380	229	455	223	525	235	655	185	795	215
10	25	62	75	99	215	188	305	176	390	195	530	135	700	213
11	15	57	85	96	265	190	350	195	440	212	565	170	685	215
12	25	54	100	71	375	191	485	199	580	218	755	187	855	215
13	25	62	95	78	385	143	485	143	585	121	650	117	795	127
14	50	81	175	114	275	138	375	137	465	144	525	121	700	116
15	0	54	65	43	125	44	210	29	290	24	330	17	400	5
16	0	62	115	66	140	72	225	57	315	42	345	36	455	25

Predstavitev horizontalnih in vertikalnih razdalj po profilih po dvakratnem prehodu brez verig, tlak 1 bar (cm)

Št. profila	Raščena tla levo (x)	Raščena tla levo (y)	Rob levo (x)	Rob levo (y)	Kolesnica levo (x)	Kolesnica levo (y)	Os (x)	Os (y)	Kolesnica desno (x)	Kolesnica desno (y)	Rob desno (x)	Rob desno (y)	Raščena tla desno (x)	Raščena tla desno (y)
1	25	83	80	74	170	123	255	106	330	105	380	89	450	81
2	50	88	120	91	165	109	250	101	335	100	385	87	485	66
3	25	94	90	97	135	116	215	115	300	114	340	94	420	82
4	10	89	70	73	165	121	245	105	335	97	400	77	480	58
5	25	91	75	89	174	131	240	125	310	121	350	107	460	99
6	25	91	75	99	175	150	260	156	345	156	415	121	485	117
7	25	86	180	156	320	199	393	203	487	206	565	173	715	210
8	25	90	55	109	285	201	365	207	445	214	545	164	665	213
9	50	57	275	169	380	235	455	229	525	240	655	185	795	215

Predstavitev horizontalnih in vertikalnih razdalj po profilih po dvakratnem prehodu z verigami, tlak 2 bara (cm)

Št. profila	raščena tla levo (x)	Raščena tla levo (y)	Rob levo (x)	Rob levo (y)	Kolesnica levo (x)	Kolesnica levo (y)	Os (x)	Os (y)	Kolesnica desno (x)	Kolesnica desno (y)	Rob desno (x)	Rob desno (y)	Raščena tla desno (x)	Raščena tla desno (y)
1	25	34	80	31	166	78	255	64	325	64	380	44	750	35
2	50	45	120	49	170	65	250	61	340	56	385	44	485	21
3	25	54	90	61	130	73	215	77	310	74	340	60	420	43
4	10	48	70	32	170	81	250	64	335	59	370	45	480	21
5	25	49	75	52	160	95	240	85	305	84	375	66	460	61
6	25	48	75	57	175	111	260	110	345	109	405	79	485	64
7	25	49	280	141	315	155	400	160	485	162	560	121	715	175
8	25	60	250	163	285	174	360	184	450	192	545	142	665	198
9	50	60	275	163	385	225	460	216	545	224	645	177	795	203
10	25	65	175	156	215	182	300	170	390	190	440	154	700	204
11	15	53	240	149	270	178	350	183	445	193	565	141	685	172
12	25	49	280	181	480	201	565	205	650	210	750	195	855	228
13	25	51	230	117	415	142	485	136	580	115	640	103	795	115
14	50	85	235	121	300	137	385	136	745	136	525	113	700	91
15	0	54	65	43	125	44	210	29	290	24	330	17	400	5
16	0	62	115	66	140	72	225	57	315	42	345	36	455	25

Priloga G

Snemalni listi oddelek 52

Predstavitev horizontalnih in vertikalnih razdalj pred spraviom (cm)

Št. profila	Raščena tla levo (x)	Raščena tla levo (y)	Rob levo (x)	Rob levo (y)	Kolesnica levo (x)	Kolesnica levo (y)	Os (x)	Os (y)	Kolesnica desno (x)	Kolesnica desno (y)	Rob desno (x)	Rob desno (y)	Raščena tla desno (x)	Raščena tla desno (y)
1	5	74	70	100	140	164	285	184	385	185	430	182	568	214
2	10	79	50	83	126	131	225	134	305	137	355	129	484	143
3	20	68	68	79	170	122	253	125	337	131	425	118	580	165
4	50	80	80	82	195	131	305	130	425	124	525	106	710	172
5	20	78	50	89	125	134	206	138	387	131	463	135	600	150
6	50	71	114	72	199	84	315	93	443	98	490	69	645	94
7	20	75	68	88	147	122	300	126	425	135	510	158	655	173
8	20	75	60	78	165	158	260	167	373	165	480	58	530	57
9	20	75	85	104	243	154	360	161	490	175	650	139	777	98

Predstavitev horizontalnih in vertikalnih razdalj po profilih po dvakratnem prehodu z verigami, tlak 2 bara (cm)

Št. profila	Raščena tla levo (x)	Raščena tla levo (y)	Rob levo (x)	Rob levo (y)	Kolesnica levo (x)	Kolesnica levo (y)	Os (x)	Os (y)	Kolesnica desno (x)	Kolesnica desno (y)	Rob desno (x)	Rob desno (y)	Raščena tla desno (x)	Raščena tla desno (y)
1	5	59	70	84	190	162	285	168	370	170	440	167	568	199
2	10	60	50	68	136	119	205	120	305	121	380	106	484	138
3	20	52	68	69	170	111	276	110	358	119	425	108	580	155
4	50	72	80	74	195	125	305	124	375	120	525	101	710	157
5	20	63	50	68	131	125	240	120	314	131	463	119	600	137
6	50	71	148	71	222	86	315	95	443	95	490	71	645	97
7	20	69	68	77	147	110	300	117	425	140	610	134	900	145
8	20	78	60	90	175	163	260	175	330	180	480	63	530	59
9	25	67	55	80	115	120	360	166	560	149	730	97	777	87

Predstavitev horizontalnih in vertikalnih razdalj po profilih po dvakratnem prehodu brez verig, tlak 1 bar (cm)

Št. profila	Raščena tla levo (x)	Raščena tla levo (y)	Rob levo (x)	Rob levo (y)	Kolesnica levo (x)	Kolesnica levo (y)	Os (x)	Os (y)	Kolesnica desno (x)	Kolesnica desno (y)	Rob desno (x)	Rob desno (y)	Raščena tla desno (x)	Raščena tla desno (y)
1	5	54	70	78	220	161	285	166	390	173	440	164	568	198
2	10	54	50	66	135	114	205	116	300	119	350	109	484	118
3	20	50	68	66	170	111	270	116	360	118	425	108	580	141
4	50	46	80	50	195	105	305	96	375	102	525	75	710	138
5	20	54	50	69	145	125	240	117	315	135	463	116	600	134
6	50	68	148	70	220	88	315	86	390	97	490	64	645	92
7	20	58	68	73	200	115	30	109	400	133	610	153	900	174
8	20	73	60	89	175	165	260	173	330	182	480	69	530	65
9	25	67	55	80	115	120	360	166	560	149	730	97	777	87

Priloga H

Prikaz vzdolžnega profila vlake

Oddelek 51

Št. profila	Razdalja med profili (m)	Naklon med profili (%)
1 – 2	10	12
2 – 3	10	10
3 – 4	10	13
4 – 5	10	11
5 – 6	10	15
6 – 7	10	20
7 – 8	10	26
8 – 9	10	26
9 – 10	10	33
10 – 11	10	27
11 – 12	10	26
12 – 13	10	28
13 – 14	10	28
14 – 15	9	28
15 – 16	2,7	36

Oddelek 52

Št. profila	Razdalja med profili (m)	Naklon med profili (%)
1 – 2	10	10
2 – 3	6	7
3 – 4	10	10
4 – 5	10	11
5 – 6	10	16
6 – 7	10	13
7 – 8	10	18
8 - 9	10	28