

# USKLAJENA MERILA SPREJEMLJIVE POŠKODOVANOSTI GOZDNIH TAL - PREVERJANJE USTREZNOSTI MED GOZDARSKIMI STROKOVNJAKI HARMONISED CRITERIA FOR ACCEPTABLE FOREST SOIL DAMAGE - VERIFYING SUITABILITY AMONG FORESTRY PROFESSIONALS

Anton POJE<sup>1</sup>, Matevž MIHELIC<sup>2</sup>, Janez KRČ<sup>3</sup>, Vasja LEBAN<sup>4</sup>

(1) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Anton.Poje@bf.uni-lj.si

(2) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, matevz.mihelic@bf.uni-lj.si

(3) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, janez.krc@bf.uni-lj.si

(4) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, vasja.leban@bf.uni-lj.si

## IZVLEČEK

Splošno veljavna, predvsem pa v stroki sprejeta merila sprejemljive poškodovanosti tal po gozdni proizvodnji so predpogoj za učinkovito varovanje gozdnih tal in objektivni nadzor nad kakovostjo izvedbe gozdnih del. V raziskavi znotraj gozdarske stroke smo preverili sprejemljivost meril, ki so jih na osnovi dosedanjih raziskav predlagali Poje in sodelavci (2019). Anketiranje je bilo opravljeno na 35. Gozdarskih študijskih dnevih, kjer je na anketo odgovorilo 62 udeležencev iz različnih ustanov. Rezultati ankete so pokazali, da so usklajena merila strožja od predlaganih ter da se ocene po posameznih kazalnikih znotraj meril razlikujejo med deležniki. Po predlogu usklajenih meril je dopustna odprtost z vlakami 192 m/ha, s sečnimi potmi pa dodatnih 193 m/ha. Največja globina kolesnic na vlakah ne sme presežati 30 cm, na sečnih poteh pa 20 cm. Največja globina kolesnic na 90 % dolžine vseh sečnih poti na delovišču naj ne presega 10 cm. Tudi na osnovi rezultatov drugih študij se zdi predlog usklajenih meril smiseln in primeren s tehnološkega, ekonomskega in ekološkega vidika. Pred uvajanjem usklajenih meril v prakso je poleg njihovega preverjanja na terenu in morebitnega ponovnega usklajevanja treba nujno razviti metodo za ocenjevanje poškodovanosti.

**Ključne besede:** pridobivanje lesa, anketa, merila sprejemljive poškodovanosti tal, poškodba tal

## ABSTRACT

Generally applicable and professionally applied criteria for acceptable soil damage after forest operations are a prerequisite for efficient forest soil protection and objective control of the quality of forest operations. This research took the form of a survey conducted among forestry experts to examine the acceptability of the criteria proposed by Poje et al. (2019) on the basis of previous studies. The survey was conducted on the 35th Forestry Study Days Conference and involved 62 respondents from different institutions. The results of the survey showed that the harmonised criteria are stricter than the proposed criteria and that the assessments by individual indicators within the criteria vary between stakeholders. According to the proposed harmonised criteria, a density of 192 m/ha with skid trails and an additional 193 m/ha with harvester trails is allowed. The maximum rut depth in skid and harvester trails shall not exceed 30 cm and 20 cm, respectively. The maximum rut depth on 90% of the length of all harvester trails at the logging location shall not exceed 10 cm. Based on the results of other studies, the proposal for harmonised criteria also appears to be reasonable and appropriate from a technological, economic and environmental point of view. Before the harmonised criteria are introduced in practice, a method for assessing soil damage needs to be developed, in addition to on-site verification of the respective criteria and their possible reorientation.

**Key words:** questionnaire, forest operations, soil damage, criteria for acceptable soil damage

GDK 114.53:4621--014(045)=163.6

DOI 10.20315/ASetL.124.4

Prispelo / Received: 30. 10. 2020

Sprejeto / Accepted: 28. 1. 2021



## 1 UVOD

### 1 INTRODUCTION

Les je v Sloveniji opredeljen kot strateška surovina (MGRT, 2012), ki ga je treba pridobivati na način, da pri tem niso ogrožene druge funkcije gozda. Za zagotavljanje in ohranjanje ugodnega stanja ekosistemov morajo biti tako na primer dela v gozdu opravljena v ustreznem času in na način, da se najmanj ogroža ekosistem in da je pri tem zagotovljeno tako za varstvo

gozdov in varnost ljudi (Zakon o gozdovih, 1993). Eno izmed področij varstva gozdov je varstvo gozdnih tal, ki je na ravni EU in Slovenije vključeno v več področnih politik, pri čemer ima okoljska najpomembnejšo vlogo. Gozdarska zakonodaja varstvo gozdnih tal obravnava le posredno in ne predpisuje konkretnih omejitev in pravil pri rabi sodobnih in drugih tehnologij sečnje in spravila lesa in s tem ne omogoča učinkovitega varstva gozdnih tal (Pezdevšek Malovrh in sod., 2018).

Ohranjenost tal sodi med pomembna, a večkrat spregledana merila okoljske kakovosti gozdne proizvodnje. Med primarne in vidne posledice gozdne proizvodnje na gozdna tla tako uvrščamo kolesnice ter zbijanje, zablatenje in premeščanje tal (Picchio in sod., 2020). Med sekundarne in vidne poškodbe pa prištevamo žlebove in jarke, ki nastanejo zaradi erozije tal (Reeves in sod., 2011). Poleg vidnih posledic gozdne proizvodnje uvrščamo še nevidne posledice, in sicer fizične spremembe tal, kot je na primer spremenjena sposobnost tal za zadrževanje vode, zraka in hranil v tleh, ter kemične in biološke spremembe, ki vplivajo na talni ekosistem in produktivnost tal (Cambi in sod., 2015; Picchio in sod., 2020). Zbita tla na kolesnicah potrebujejo za povrnitev v prvotno stanje na biološko zelo aktivnih tleh z visoko vsebnostjo gline vsaj 10 do 20 let (Ebeling in sod., 2016), na tleh, kot so podzoli in izprana tla (luvisol), pa tudi od 50 do 70 let (Mohieddinne in sod., 2019).

V Sloveniji je evidentiran obseg nepravilnosti, povezanih s kršitvami obveznosti iz 3. odstavka 17. člena Zakona o gozdovih (1993), ki se med drugim nanašajo tudi na preprečevanje in odstranjevanje poškodb tal, zelo majhen. Tako so inšpektorji za gozdarstvo v letu 2018 pripravili le deset zapisnikov glede kršitev tega dela člena zakona, kar pomeni 0,4 % vseh zapisnikov, povezanih s kršitvami Zakona o gozdovih (Poročilo za leto ..., 2018). Podobno tudi Zavod za gozdove Slovenije (ZGS) v poročilih o pojavih škodljivih dejavnikov v gozdu beleži le posamične primere poškodb tal, predvsem pri uporabi strojne sečnje (Poročilo o pojavu ..., 2015). Majhno pojavnost evidentiranih poškodb tal bi lahko podpiralo dejstvo, da se večino spravila lesa v Sloveniji še vedno opravi s traktorji, kjer se vlake po izvedbi gozdnih del sme sanirati - v praksi pogosto kar s pravnimi sredstvi ali gradbenimi stroji. Nasprotno pa uporaba težke mehanizacije za sanacijo sečnih poti ni primerna, saj še dodatno poveča zbitost tal. Tako se na primer za sanacijo sečnih poti lahko opravi melioracija s pomočjo sajenja mehkih listavcev (Lüscher in sod., 2008). Ne glede na to, da uradno zabeleženi podatki kažejo na majhno problematičnost pridobivanja lesa z vidika poškodb tal, se zdi bolj verjetno, da se zaradi nejasnih meril poškodb tal ne zaznava. Ta teza temelji na dejstvu, da je dinamika gozdne proizvodnje največja ravno v spomladanskem in jesenskem času (WCM, 2021), torej takrat, ko so tla zaradi velike vlažnosti bolj občutljiva za zbijanje.

Tako kot vsi družbeni dogovori tudi merila o sprejemljivem obsegu poškodovanosti gozdnih tal temeljijo na dogovoru med deležniki, ki sodelujejo pri načrtovanju in izvedbi pridobivanja lesa, in so zaradi različnih

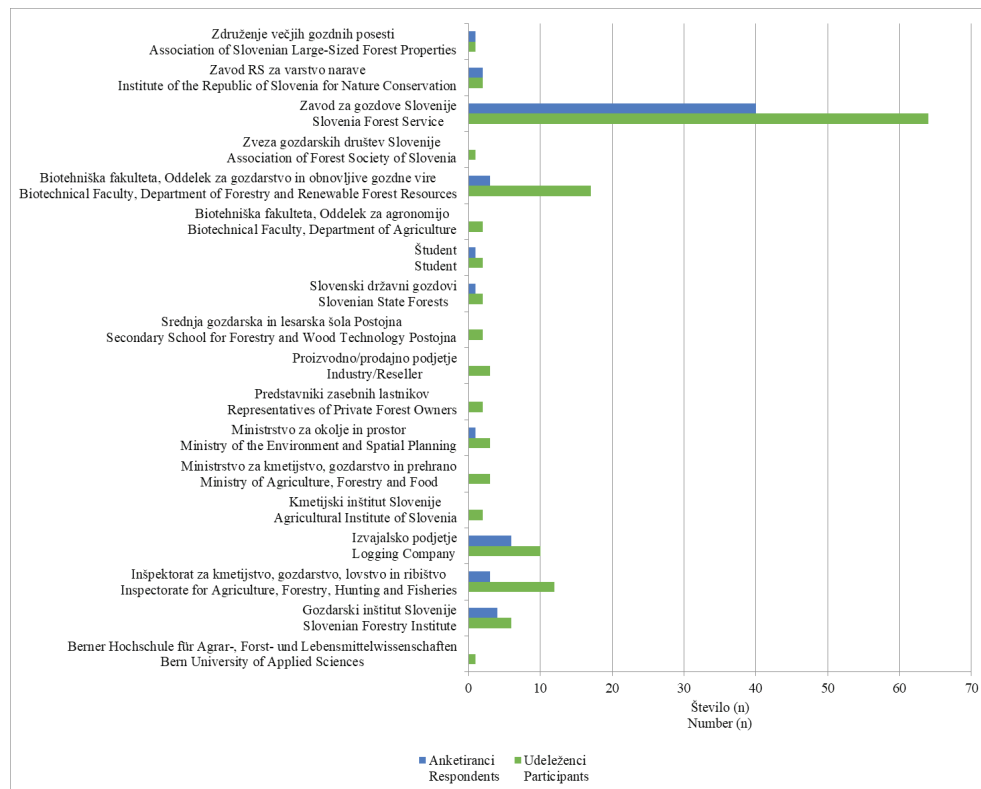
vidikov in interesov deležnikov ter večnamenske vloge gozdov izrazito interdisciplinarna (Owende in sod., 2002; Nordlund in sod., 2013). Poškodbe tal so v gozdarski praksi opredeljene z različnimi kazalniki. Tako so, na primer, v ameriškem gozdarstvu škodljivi vplivi na gozdna tla določeni z zbitostjo tal, globino kolesnic, površino premeščenih talnih horizontov, stopnjo izgorelosti tal, stopnjo vsebnosti organske snovi, pojavom erozijskih procesov in premeščanjem zemeljskih mas (Page-Dumroese in sod., 2000; Napper in sod., 2009; Reeves in sod., 2011). Kolesnica se kot nedopustna poškodba gozdnih tal najpogosteje določi z globino, lahko pa tudi s širino in dolžino (Curran in sod., 2008; Duckert in sod., 2009). Dolžina kolesnic znaša od nič pa tudi do 15 metrov (Poje in sod., 2019). V Sloveniji so se na podlagi raziskav poškodovanosti gozdnih tal v zadnjih treh desetletjih oblikovali predlogi meril sprejemljive poškodovanosti gozdnih tal pri strojni sečnji (Košir, 2010; Krč in sod., 2014) in pri pridobivanju lesne biomase (Simončič in sod., 2013). Zadnji predlog meril, ki je nastal kot rezultat analize strokovnega ocenjevanja poškodovanosti gozdnih tal, predvideva, da se ne glede na uporabljeno tehnologijo in tip sestaja na omrežju vlak globine kolesnic omeji na 40 cm (Poje in sod., 2019), kar ustreza višini prehoda povprečnega pravnega sredstva. Skupna relativna površina omrežja vlak sme znašati 10 % (gostota vlak 250 m/ha) celotne površine delovišča. Na sečnih poteh je poškodovanost tal omejena z globino kolesnic, ki na 90 % dolžine sečne poti ne presega 10 cm, hkrati pa ne presega 30 cm na kateremkoli odseku poti. Relativna površina vseh sečnih poti in vlak ne sme presegati 20 % površine delovišča. Predlog temelji na filozofiji t.i. »žrtvovanega« prostora, kjer del gozdne površine namenimo intenzivnejši rabi, drugi del pa temeljiteje varujemo (Poje in sod., 2019).

Za zagotavljanje uporabnosti morajo biti merila sprejemljive poškodovanosti gozdnih tal, poleg nedvoumnosti in preprostosti, usklajena med različnimi uporabniki gozdnega prostora, predvsem pa znotraj stroke. Zato v članku na podlagi ankete preverjamo merila sprejemljive poškodovanosti, ki so jih predlagali Poje in sodelavci (2019), med gozdarskimi strokovnjaki. Glede na to, da predlagana merila predstavljajo sintezo dosedanjih domačih in tujih raziskav in izkušenj, smo postavili sledečo hipotezo: ocene anketirancev po posameznih kazalnikih se neznačilno razlikujejo od predlaganih vrednosti.

## 2 METODE

### 2 METHODS

Leta 2019 smo v okviru 35. Gozdarskih študijskih dni z naslovom Gozdna tla v trajnostnem gospodar-



**Slika 1:** Število udeležencev na 35. Gozdarskih študijskih dnevih in anketirancev po zaposlitvi

**Fig. 1:** Number of participants at the 35th Forestry Study Days and number of respondents according to occupation

jenju z gozdom opravili anketo, kjer je 135 udeležencev ocenjevalo vrednosti posameznih kazalnikov, ki so vključeni v predlog meril o sprejemljivi poškodovanosti gozdnih tal (Poje in sod., 2019). Neposredno povabilo za udeležbo na posvet so dobile vse glavne ustanove pa tudi večja podjetja, ki zastopajo lastnike gozdov ali se ukvarjajo z izobraževanjem in raziskovanjem na področju gozdarstva, z upravljanjem gozdov, z inšpekcijskim nadzorom in z neposredno gozdno proizvodnjo. Izbira udeležencev je bila nato prepuščena povabljenim ustanovam in podjetjem. Na posvet pa so se ustanove, podjetja ali posamezniki lahko prijavili tudi sami. Izpolnjevanje ankete je potekalo na dan psveta, dne 11. 4. 2019, prek spletnega vprašalnika *Google Obrazci* in z uporabo mobilnih telefonov. Vprašalnik je bil sestavljen iz skupno devetih vprašanj, od katerih se je šest vprašanj nanašalo na ocenjevane kazalnike. Ta vprašanja so bila zaprtega tipa z možnostjo izbire le enega odgovora. Ostala tri vprašanja so se nanašala na osebne podatke, in sicer starost, delovno mesto in podjetje ali ustanovo anketiranca.

Od vseh udeležencev je anketo izpolnilo 62 udeležencev ali 46 %. Povprečna starost je znašala 44 let. Največji delež anketirancev (65 %) je zaposlenih na ZGS, 13 % na raziskovalnih in izobraževalnih ustanovah in 11 % na izvajalskih podjetjih. Ostalih 11 % anketirancev je bilo predstavnikov ministrstev, zavodov,

lastnikov gozdov in študentov (slika 1).

Statistične obdelave smo opravili z računalniškima programoma MS Excel® 2010 in IBM® SPSS® Statistics 25. Poleg opisne statistike smo za preverjanje pogojev uporabe testov uporabili Levenov test homogenosti varianc. Za testiranje razlik med več in dvema skupinama dejavnikov smo uporabili analizo variance (ANOVA) oziroma *t*-test za homogene variance, za primerjavo znane sredine z vzorčno sredino pa *t*-test za en vzorec.

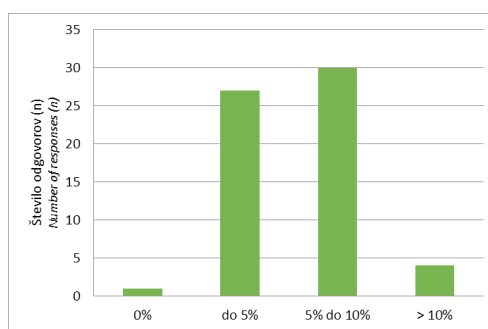
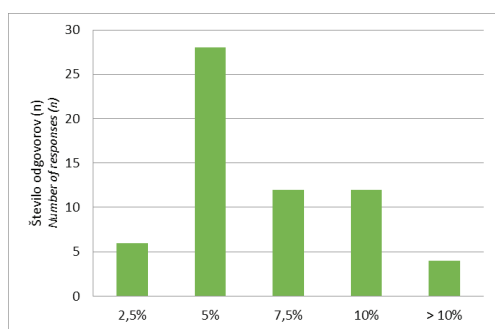
### 3 REZULTATI

### 3 RESULTS

#### 3.1 Delež površine gozda, namenjen vlakam in sečnim potem

#### 3.1 Share of forest area used for skid and harvester trails

Največji delež anketirancev (45 %) je na vprašanje »Kolikšen največji delež površine gozda naj se pri spravilu po tleh (vlačenje ali izvoz lesa) nameni vlakam?« odgovorilo, da se za ta namen lahko nameni največ 5 % površine gozda (slika 2, levo). Da naj bo ta delež manjši, je odgovorilo 10 % anketirancev, 45 % anketirancev pa meni, da je največji delež namenjen vlakam lahko večji od 5 %. Povprečni delež površine gozda, namenjenega vlakam, je 6,7 %, kar pri 3,9 m širokih vlakah (Cerjak, 2011; Južnič, 2012; Levičnik, 2019) pomeni 172 m/ha



**Slika 2:** Mnenje anketirancev o največjem deležu površine gozda, namenjenega vlakam (levo) in dodatnim sečnim potem (desno)

**Fig. 2:** Respondent opinions on the maximum share of forest area for skid trails (left) and additional harvester trails (right)

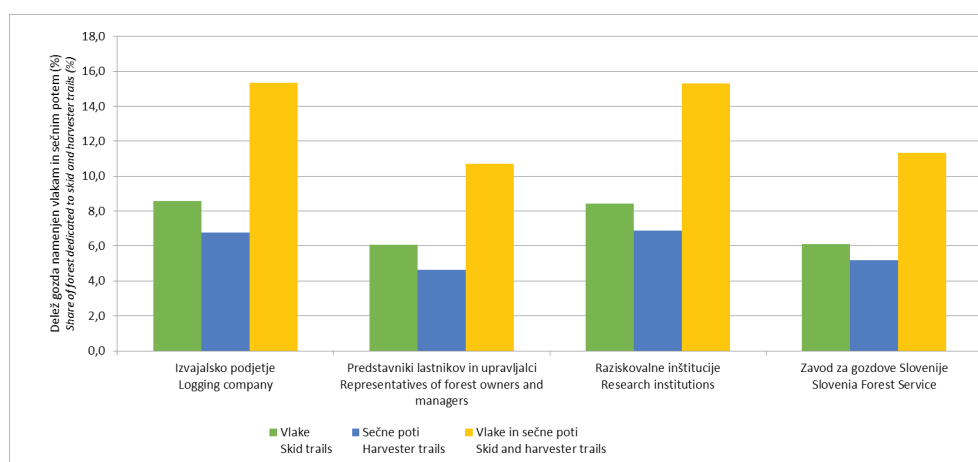
gostoto vlak ter v povprečju 58 metrov dolgo razdaljo med vlakami (preglednica 1). V izračunih upoštevana širina vlak je večja od največje dopustne širine planuma v premi (3,5 m), ki ga dovoljuje zakonodaja (Pravilnik o gozdnih prometnicah, 2009), vendar pa manjša od povprečne širine trajnih, grajenih vlak, kjer je širina ocenjena na 5 m (Simončič in sod., 2013).

rancev skupna gostota vlak in sečnih poti znašala med 250 m/ha in 377 m/ha, razdalje med njimi pa od 27 m do 40 m (preglednica 1).

Na vprašanje »Kolikšen največji delež površine gozda naj se poleg omrežja vlak dodatno nameni sečnim potem za izvedbo strojne sečnje?« je 44 % anketirancev odgovorilo, da se za namen sečnih poti dodatno nameni največ do 5 % površine gozda, 48 % pa je odgovorilo, da se za ta namen dodatno nameni od 5 % do 10 % površine gozda (slika 2, desno). Povprečni delež površine gozda, ki je poleg vlak namenjen sečnim potem, znaša 5,5 %, zgornja in spodnja intervalna ocena deleža površine gozda za ta namen pa je za 2,5 % nižja oziroma višja. Delež površine gozda, namenjenega samo sečnim potem, bi glede na ocene anketirancev znašal med 79 m/ha in 205 m/ha (preglednica 1).

Pri primerjavi srednjih intervalnih ocen deležev površine gozda, namenjenega sečnji in spravilu lesa (slika 3), ugotovimo, da so ocene deležev anketirancev, zaposlenih na gozdarskih izvajalskih podjetjih in raziskovalnih ustanovah skupaj, višje od anketirancev iz ostalih dveh skupin zaposlitev ne glede na kategorijo prometnice. Tako je po oceni anketirancev iz izvajalskih in raziskovalnih ustanov delež površine gozda, namenjenega vlakam, za 2,4 % višji kot po oceni anketirancev iz drugih ustanov. Podobno velja za oceno deleža površine gozda, namenjena sečnim potem, ter deleža površine gozda, namenjenega obema kategorijama prometnic, ki sta za 1,7 % oziroma 4,1 % višja. Te ocene deležev so statistično značilno različne pri ocenah deležev vlak ter sečnih poti in vlak skupaj, ne značilne pa pri ocenah deleža sečnih poti ( $t_{\text{vlake}} = 3,131$ ,  $df = 60$ ,  $p = 0,003$ ;  $t_{\text{poti}} = 1,914$ ,  $df = 60$ ,  $p = 0,060$ ;  $t_{\text{vlake+poti}} = 3,025$ ,  $df = 60$ ,  $p = 0,004$ ). Omenjene razlike v ocenah deležev površine gozda pomenijo za 61,1 m/ha

Glede na to, da se pri strojni sečnji poleg sečnih poti uporabljajo tudi vlake, bi glede na ocene anketi-



**Slika 3:** Mnenje anketirancev o povprečnem deležu gozda, namenjenega vlakam in sečnim potem glede na zaposlitev anketiranca

**Fig. 3:** Respondent opinions on the average share of forest for skid and harvester trails according to occupation

**Preglednica 1:** Izvedeni kazalniki odprtosti gozdov z vlakami in sečnimi potmi glede na ocenjeni delež površine gozdov, namenjen vlakam in sečnim potem

**Table 1:** Derived indicators of forest accessibility according to respondent opinions on the share of forest area for skid and harvester trails

	Vlake*	Sečne poti**			Skupaj vlake in sečne poti		
	Skid trails*	Harvester trails**			Skid and harvester trails together		
	Srednja intervalna ocena Mean interval assessment	Spodnja intervalna ocena Lower interval assessment	Srednja intervalna ocena Mean interval assessment	Zgornja intervalna ocena Upper interval assessment	Spodnja intervalna ocena Lower interval assessment	Srednja intervalna ocena Mean interval assessment	Zgornja intervalna ocena Upper interval assessment
<b>Povprečna vrednost (%)</b> Average value (%)	6,7	3,1	5,5	8,0	9,8	12,2	14,7
<b>Standardni odklon (%)</b> Standard deviation (%)	2,7	3,0	3,1	3,2	4,8	4,8	4,9
<b>Površina vlak in sečnih poti (m<sup>2</sup>/ha)</b> Skid and/or harvester trail surface (m <sup>2</sup> /ha)	669,4	306,5	552,4	798,4	975,8	1.221,8	1.467,7
<b>Gostota prometnic pri 3,9 m*** širokih vlakah in sečnih poteh (m/ha)</b> Skid and/or harvester trail density with 3.9 m*** wide skid and harvester trails (m/ha)	171,6	78,6	141,6	204,7	250,2	313,3	376,3
<b>Povprečna razdalja med vlakami in/ali sečnimi potmi (m)</b> Average distance between skid and/or harvester trails (m)	58	127	71	49	40	32	27

Legenda: \* pri najvišji oceni odprtosti z vlakami (»več kot 10 %«) je v izračunu upoštevana vrednost 12,5 %, \*\* pri najvišji oceni odprtosti s sečnimi potmi (»več kot 10%«) je v izračunu spodnje intervalne ocene upoštevana vrednost 10 %, pri izračunu srednje intervalne ocene 12,5 % in pri izračunu zgornje intervalne ocene 15 %, \*\*\* povprečna vrednost širine sečne poti pri izvozu lesa, izračunana iz diplomskih nalog (Cerjak, 2011; Južnič, 2012; Levičnik, 2019)

Legend: \* the value of 12.5 % is taken into account when assessing the upper value of skid trail density ("more than 10 %"); \*\* values of 10 %, 12.5 % and 15 % are taken into account when assessing the lower, mean and upper value of harvester trail density, respectively ("more than 10 %"); \*\*\* average harvester trail width when forwarding is calculated as an average of the work of Cerjak (2011), Južnič (2012) and Levičnik (2019)

različno gostoto vlak, za 44,3 m/ha različno gostoto sečnih poti ter za 105,4 m/ha različno gostoto vlak in sečnih poti skupaj.

### 3.2 Globina kolesnic na vlakah in sečnih poteh

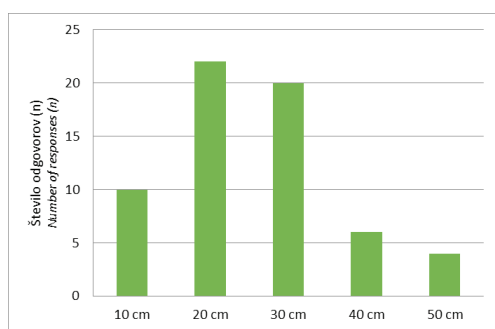
#### 3.2 Rut depth on skid and harvester trails

Največji delež anketirancev (68 %) je na vprašanje »Kolikšne smejo biti največje globine kolesnic (v cm) na vlakah?« odgovoril, da sme globina kolesnic na vlakah doseči največ 20 cm ali 30 cm (slika 4, levo). Šestnajst procentov jih je menilo, da je ta globina največ 10 cm, enak delež anketirancev pa, da je največja globina ko-

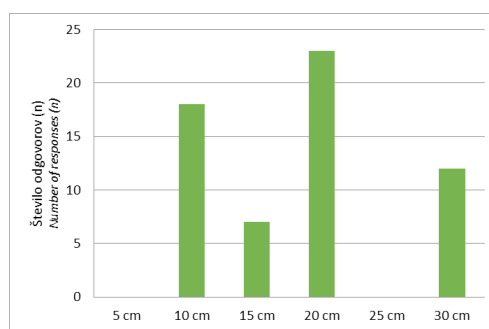
lesnic lahko doseže 40 ali 50 cm. Povprečna največja globina kolesnic na vlakah naj bi po njihovih ocenah znašala 25,5 cm.

»Kolikšne smejo biti največje globine kolesnic (v cm) na sečnih poteh?« je bilo vprašanje, na katero je največ (37 %) anketirancev odgovorilo, da sme biti globina kolesnic na sečni poti največ 20 cm, 29 % jih je bilo mnenja, da sme ta globina biti največ 10 cm, 19 % pa, da je največja dopustna globina na sečni poti 30 cm (slika 4, desno). V povprečju naj največja globina kolesnic na sečnih poteh ne presega 19,1 cm. Če primerjamo ocene največjih globin na vlakah in sečnih poteh po posameznih anketirancih, ugotovimo, da jih je 29 %





**Slika 4:** Mnenje anketirancev o največji globini kolesnic na vlakah (levo) in sečnih poteh (desno)



**Fig. 4:** Respondent opinions on the maximum rut depth on skid trails (left) and harvester trails (right)

menilo, da morajo biti te globine na vlakah in sečnih poteh enake, kar 8 % pa jih meni, da bi bile največje globine na sečnih poteh večje kot na vlakah.

Na četrto vprašanje, in sicer »Kolikšne smejo biti največje globine kolesnic na 90 % dolžine sečnih poti?«, je 42 % anketirancev odgovorilo, da največja globina kolesnic na 90 % skupne dolžine sečnih poti ne sme presegati 10 cm, 39 % jih ocenjuje, da je ta globina lahko večja, 19 % pa manjša (slika 5). V povprečju naj bi globina kolesnic na 90 % skupne dolžine sečnih poti ne presegala 12,2 cm.

Podobno kot pri oceni potrebne površine gozdov, namenjene pridobivanju lesa, se je tudi v primeru ocenjevanja globin kolesnic izkazalo, da med ocenami obstajajo razlike glede na zaposlitev anketiranca. Razlike med ocenami so bile manjše in statistično neznačilne ( $F = 0,415$ ,  $df_1 = 3$ ,  $df_2 = 58$ ,  $p = 0,743$ ) pri ocenjevanju največjih globin kolesnic na 90 % dolžine sečnih poti, večje pa pri ocenjevanju največje globine kolesnic na vlakah in na celotni dolžini sečnih poti (slika 6). V primerjavi z zaposlenimi na drugih ustanovah (23,8 cm) bi značilno globlje kolesnice (38,6 cm) na vlakah dopustili zaposleni v izvajalskih podjetjih ( $t = 3,744$ ,  $df = 60$ ,

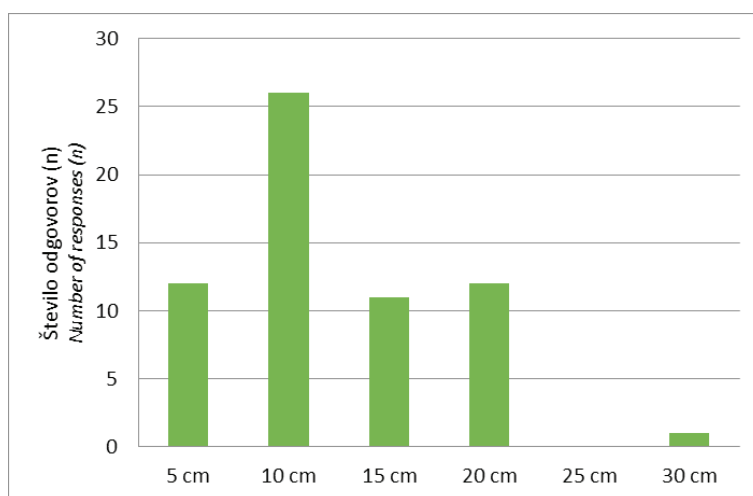
$p < 0,000$ ). Podobno se je pri ocenjevanju največje globine kolesnic na celotni dolžini sečnih poti izkazalo, da so anketiranci iz izvajalskih podjetij in raziskovalnih ustanov ocenili v povprečju večje dopustne globine kolesnic (24,0 cm) kot od ostalih dveh skupin zaposlitve anketirancev (17,6 cm).  $t$ -test je potrdil, da so te razlike v ocenah povprečnih globin kolesnic statistično značilne ( $t = 2,865$ ,  $df = 60$ ,  $p = 0,006$ ).

Na zadnje vprašanje v anketi »Ali se strinjate, da bi kot kriterij za poškodovanost tal poleg globine kolesnic vključili tudi dolžino poškodbe?« je 94 % anketirancev odgovorilo pritrdilno (slika 7), ostali pa se niso strinjali, da bi dolžino poškodbe upoštevali kot dodaten kriterij pri ocenjevanju poškodovanosti gozdnih tal.

### 3.3 Primerjava ocen z vrednostmi kazalnikov predlaganih meril sprejemljive poškodovanosti gozdnih tal

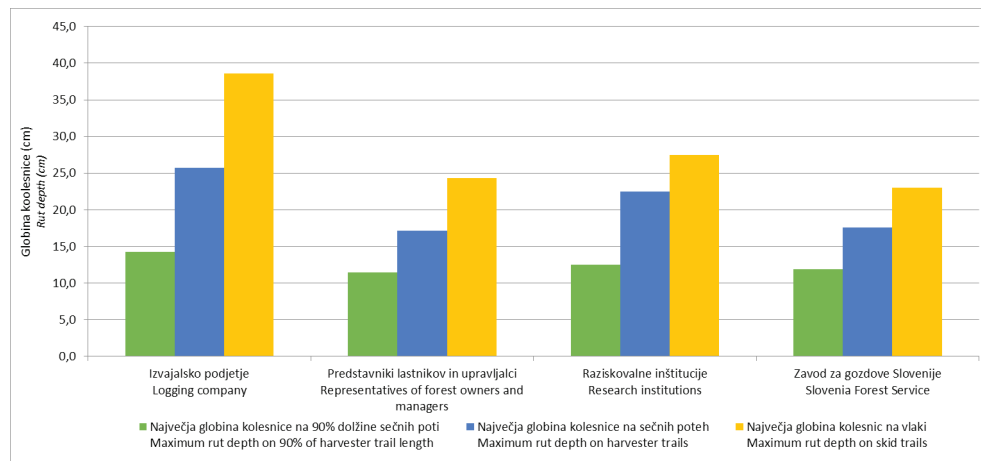
#### 3.3 Comparison of assessed values with proposed values of acceptable forest soil damage

Statistična analiza, kjer smo primerjali vrednosti kazalnikov iz predlaganih meril sprejemljive poškodovanosti gozdnih tal.



**Slika 5:** Mnenje anketirancev o največji globini kolesnic na 90 % dolžine sečnih poti

**Fig. 5:** Respondent opinions on the maximum rut depth on 90 % of the length of harvester trails



**Slika 6:** Mnenje anketirancev o največji globini kolesnic glede na zaposlitev anketiranca

**Fig. 6:** The surface area of clumps in relation to the gravimetric water content in the soil

vanosti gozdnih tal (Poje in sod., 2019) z ocenami iz ankete, je pokazala, da se skoraj vse vrednosti po kazalnikih značilno razlikujejo (preglednica 2). Z upoštevanjem vseh odgovorov so srednje intervalne ocene po kazalnikih za 33,1 % do 52,2 % nižje od predlaganih. Edini kazalnik iz ankete, katerega ocena je višja od predlagane vrednosti v merilih, je največja globina kolesnic na 90 % dolžine sečnih poti, kjer ocena za 21,8 % presega predlagano vrednost. Ocene, kjer smo upoštevali samo odgovore anketirancev zaposlenih na izvajalskih in raziskovalnih ustanovah, se od predlaganih vrednosti v merilih razlikujejo za 3,6 % do 23,3 %.

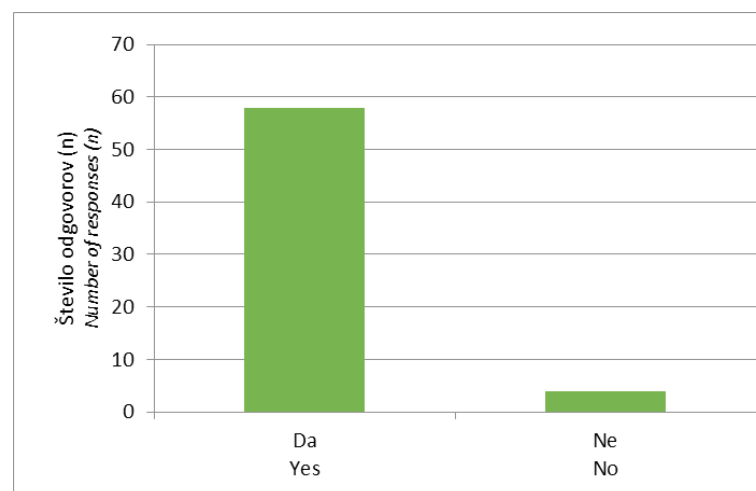
Ker so povprečne ocene po kazalnikih značilno različne med anketiranci različnih zaposlitev, smo za primerjavo s predlogom meril izračunali še tehtano povprečje ocen, kjer so nam uteži predstavljale recipročne vrednosti števila anketirancev po skupinah ustanov in podjetij. Tako izračunane tehtane sredine ocen so za 24 % do 32 % nižje od predloga meril. Zaradi preprostosti in praktičnosti smo tehtane sredine ocen zaokrožili

tako, da dopustne globine kolesnic na vlakah in sečnih poteh predstavljajo mnogokratnik števila 10, dopusten delež površine gozda namenjen vlakam in sečnim poteh pa mnogokratnik števila 7,5 (preglednica 3).

#### 4 RAZPRAVA

#### 4 DISCUSSION

Poškodba (gozdnih) tal je škodljiva sprememba lastnosti tal, ki nastane zaradi delovanja zunanje sile (prirejeno po Fran - slovarji ..., 2014). Beseda »škodljivost« v kontekstu te definicije pomeni poslabšanje stanja tal z vidika rodovitnosti ali ravnega potenciala in sposobnosti za opravljanje svojih funkcij. Spremembe lastnosti tal se nanašajo na fizične spremembe (npr. struktura, tekstura), kemične spremembe (npr. pH, vsebnost hranil) ali spremembe procesov v tleh (npr. razgradnja organske snovi). Med zunanje sile pa uvrščamo predvsem neposredno delovanje človeka (npr. onesnaževanje, steljarjenje, vožnja) ter tudi delovanje naravnih dejavnikov (npr. plazovi) (Vrščaj, 2017). Poškodbe goz-



**Slika 7:** Mnenje anketirancev o dolžini poškodbe kot dodaten kriterij pri ocenjevanju poškodovanosti tal

**Fig. 7:** Respondent opinions on the length of soil damage as an additional criterion for soil damage assessment

**Preglednica 2:** Statistična primerjava med ocenami anketirancev in predlogom meril po izbranih kazalnikih**Table 2:** Statistical comparison of respondent assessment and proposed criteria according to selected indicators

Kazalnik Indicator	Intervalna ocena Interval assessment	Skupina podjetij/ustanov Company/Institution group	Predlog meril Proposed criteria value	Ocena anketirancev Respondent assessment	t	df	p
<b>Delež površine gozda, namenjen vlakam (%)</b> <i>Share of forests dedicated to skid trails (%)</i>	Srednja Mean	Vsi / All	10	6,7	-9,484	61	0,000
		Izvajalska podjetja + raziskovalne ustanove <i>Logging companies + research institutions</i>	10	8,5	-2,201	14	0,045
<b>Delež površine gozda, namenjen vlakam in sečnim potem (%)</b> <i>Share of forest dedicated to skid and harvester trails (%)</i>	Srednja Mean	Vsi / All	20	12,2	-12,563	61	0,000
		Izvajalska podjetja + raziskovalne ustanove <i>Logging companies + research institutions</i>	20	15,3	-4,961	14	0,000
	Zgornja Upper	Vsi / All	20	14,7	-8,435	61	0,000
		Izvajalska podjetja + raziskovalne ustanove <i>Logging companies + research institutions</i>	20	17,8	-2,303	14	0,037
<b>Največja globina kolesnic na vlakah (cm)</b> <i>Maximum rut depth on skid trails (cm)</i>	Srednja Mean	Vsi / All	40	19,1	-20,500	61	0,000
		Izvajalska podjetja <i>Logging companies</i>	40	38,6	-0,420	6	0,689
<b>Največja globina kolesnic na 90 % dolžine sečnih poti (cm)</b> <i>Maximum rut depth on 90 % of the length of harvester trails (cm)</i>	Srednja Mean	Vsi / All	10	12,2	3,087	61	0,003
<b>Največja globina kolesnic na sečnih poteh (cm)</b> <i>Maximum rut depth on harvester trails (cm)</i>	Srednja Mean	Vsi / All	30	19,1	-10,685	61	0,000
		Izvajalska podjetja + raziskovalne ustanove <i>Logging companies + research institutions</i>	30	24,0	-2,806	14	0,014

dnih tal so lahko vidne (npr. kolesnice) ali nevidne (npr. zmanjšana sposobnost zadrževanja vode), pogosto pa med njimi obstajajo vzročne povezave.

Dosedanji predlog meril sprejemljive poškodovanosti gozdnih tal (Poje in sod., 2019) je sinteza znanja, pridobljenega s pregledom tujih in domačih raziskav, ter praktičnih izkušenj s terenskih snemanj in terenskega pouka. V raziskavi na podlagi ocen anketiranih gozdarskih strokovnjakov ugotavljamo, da so vse postavljene vrednosti po kazalnikih previsoke. Z drugimi besedami, merila bi morala biti - po mnenju večine anketiranih - strožja. Dejstvo je, da so odmiki v ocenah posledica različnih osebnih in institucionalnih pričakovanj, prepričanj in usmeritev, različne izkušnosti ocenjevalcev in njihovih položajev ter vlog znotraj podjetij in ustanov. Nezanemarljivo in v širšem družbenem kontekstu pa na različna mnenja pomembno vpliva tudi družbeno okolje, v katerem deluje stroka. Če primerjamo dva vidika, ekonomskega in ekološkega, njuna različna obtežitev neposredno vpliva na go-

spodarjenje z gozdovi (Eggers in sod., 2020). Da so pogledi deležnikov na merila sprejemljive poškodovanosti gozdnih tal različni, se je pokazalo pri ocenah skoraj vseh kazalnikov poškodovanosti tal, kjer so bile ocene anketirancev iz gozdarskih izvajalskih podjetij in raziskovalnih ustanov praviloma višje oz. manj stroge od ocen drugih anketirancev.

Poleg strožjih meril so anketiranci večinskega mnenja (94 %), da se v definicijo nedopustne poškodbe tal poleg globine kolesnic vključi tudi dolžina kolesnice. Takšna definicija bi dopuščala globlje kolesnice na kratkih odsekih (tj. krajših od predlagane dopustne mejne dolžine), vsota takšnih odsekov pa bi lahko presegala vrednosti usklajenega predloga meril. Spremenjena definicija bi poleg potrebe po prilagoditvi meril vplivala tudi na metodo popisa poškodb tal in zahtevala točkovni popis, ki pa je zaradi upoštevanja drsečega povprečja popisa poškodb vzdolž prometnic težaven.

Nov, z ocenami deležnikov usklajen predlog meril zagotavlja zadostno gostoto vlak za spravilo lesa s trak-



**Preglednica 3:** Predlog usklajenih meril po izbranih kazalnikih

Kazalnik Indicator	Predlog meril Proposed criteria value	Tehtane sredine ocen* Weighted mean values*	Usklajena merila Harmonised criteria value	Gostota vlak in/ali sečnih poti širine 3,9 m (m/ha) v usklajenih merilih Skid and harvester trail density with 3.9 m width (m/ha) in the harmonised criteria
<b>Delež površine gozda, namenjen vlakam (%)</b> <i>Share of forest area dedicated to skid trails (%)</i>	10	7,6	7,5	192 (≈ 200)
<b>Delež površine gozda, namenjen vlakam in sečnim potem (%)</b> <i>Share of forest area dedicated to skid and harvester trails (%)</i>	20	13,6	15	385 (≈ 400)
<b>Največja globina kolesnic na vlakah (cm)</b> <i>Maximum rut depth on skid trails (cm)</i>	40	29,8	30	
<b>Največja globina kolesnic na 90 % dolžine sečnih poti (cm)</b> <i>Maximum rut depth on 90 % of the length of harvester trails (cm)</i>	10	12,7	10	
<b>Največja globina kolesnic na sečnih poteh (cm)</b> <i>Maximum rut depth on harvester trails (cm)</i>	30	21,5	20	

Legenda: \* vrednosti, izračunane kot tehtane sredine z utežmi enake recipročni vrednosti števila anketirancev po skupinah ustanov in podjetij

Legend: \* values were calculated as weighted average values with weights that correspond to the reciprocal number of respondents according to Company/Institution group

torji s tehnološkega vidika (Gumus in Turk, 2016). Pri gostoti vlak 192 m/ha je povprečna teoretična razdalja med vlakami 52,1 metra, povprečna razdalja zbiranja pa 18,2 metra (izračunano po Normativi gozdnih del, 2013). Predlagana gostota vlak tako resda presega najvišjo dovoljeno gostoto grajenih vlak (130–180 m/ha) glede na pravilnik (Pravilnik o gozdnih prometnicah, 2009), vendar je primerljiva z gostoto vlak, upoštevajoč ne-grajene pa tudi nenačrtovane vlake (Klun in Poje, 2001). Usklajen predlog meril zagotavlja zadostno gostoto vlak in sečnih poti v primeru strojne sečnje, kjer teoretična razdalja med vlakami in sečnimi potmi znaša 385 m/ha, povprečna razdalja zbiranja pa 26 metrov, kar še omogoča delo z velikimi stroji za sečnjo (Krč in sod., 2014). Največja globina kolesnic na vlakah dosega 30 cm in omogoča prehodnost za vse običajne gozdarske stroje, ki so namenjeni sečnji in spravilu lesa. Največja dopustna globina na sečnih poteh pa znaša 20 cm, kar omogoča neprekinjeno delo tudi v razmerah, kjer zaradi nehomogenih terenskih in talnih okoliščin tu in tam prihaja do zdrsa koles ali globljih kolesnic. Pri zadostni nosilnosti tal glede na tlak stroja na tla (razmerje ali t.i. *indeks kolesa*, vsaj 7 ali več) pa do 10 cm globoke kolesnice dopuščajo vsaj do 5 prehodov strojev (Košir, 2010).

Poleg tehnološkega vidika, ki omogoča izvedbo gozdne proizvodnje, sta pomembna vidika gozdne proizvodnje tudi produktivnost dela in stroški dela. Na produktivnost dela pri gozdni proizvodnji najbolj vpliva odprtost gozdov s prometnicami, pri tem pa od-

**Table 3:** Proposal of harmonised criteria according to selected indicators

Kazalnik Indicator	Predlog meril Proposed criteria value	Tehtane sredine ocen* Weighted mean values*	Usklajena merila Harmonised criteria value	Gostota vlak in/ali sečnih poti širine 3,9 m (m/ha) v usklajenih merilih Skid and harvester trail density with 3.9 m width (m/ha) in the harmonised criteria
<b>Delež površine gozda, namenjen vlakam (%)</b> <i>Share of forest area dedicated to skid trails (%)</i>	10	7,6	7,5	192 (≈ 200)
<b>Delež površine gozda, namenjen vlakam in sečnim potem (%)</b> <i>Share of forest area dedicated to skid and harvester trails (%)</i>	20	13,6	15	385 (≈ 400)
<b>Največja globina kolesnic na vlakah (cm)</b> <i>Maximum rut depth on skid trails (cm)</i>	40	29,8	30	
<b>Največja globina kolesnic na 90 % dolžine sečnih poti (cm)</b> <i>Maximum rut depth on 90 % of the length of harvester trails (cm)</i>	10	12,7	10	
<b>Največja globina kolesnic na sečnih poteh (cm)</b> <i>Maximum rut depth on harvester trails (cm)</i>	30	21,5	20	

prtost z vlakami in sečnimi potmi vpliva predvsem na razdaljo zbiranja lesa ter razdaljo med sečnimi potmi. Nekatere starejše študije kažejo, da je pri spravilu lesa z manjšimi zgibnimi polprikoličarji optimum med stroški spravila lesa in stroški odpiranja gozdov z grajenimi vlakami dosežen pri 40-metrski razdalji med vlakami (Shishiuchi, 1993). Na drugi strani pa so pri spravilu lesa z velikimi zgibnimi polprikoličarji in 20-metrski razdalji med sečnimi potmi omejujoč dejavnik skupni stroški spravila in stroški gradnje cest, ne pa dopustna 10-centimetrski globina kolesnic na sečnih poteh (Akay in sod., 2007). Produktivnost in stroški dela so odvisni tudi od celoletne izkoriščenosti strojev (Krč in Košir, 2004), na katero poleg mehanske zanesljivosti in razpoložljivosti (Mellgren, 1989) vplivajo tudi zastoji, ki nastanejo zaradi neprimernih vremenskih razmer (Greene in sod., 2004; Egan in sod., 2006; Conrad in sod., 2017). Zaradi vremenskih razmer je v Sloveniji najmanj 6 % vseh koledarskih dni neprimernih za spravilo lesa s traktorji in žičnicami (Medved in sod., 2005; Zupančič, 2008). Del teh dni gozdna proizvodnja ne poteka zaradi stanja vremena, del pa zaradi povečane vlažnosti tal, ki prek zmanjšane nosilnosti tal povečuje tveganje za prekomerne poškodbe tal. Stopnja tveganja pa je neposredno povezana z dogovorjenimi merili dopustne poškodovanosti gozdnih tal. Z ekološkega vidika je predlog usklajenih meril skladen z dosedanjimi raziskavami, kjer pri kolesnicah do 10 cm praviloma ne prihaja do plastičnih deformacij in mešanja talnih horizontov (Lüscher in sod., 2016). Po-

leg preprečevanja preglobokih kolesnic pa je na vseh prometnicah nujno preprečevanje erozije, predvsem zaradi ohranjanja gozdnih tal. Obseg dopustne površine, namenjen prometnicam, je manjši kot v Severni Ameriki (MFRC, 1999; Duckert in sod., 2009), vendar je skladen z domačimi raziskavami in predlogi (Košir, 2010; Simončič in sod., 2013). Ker že en prehod strojev na gozdnih tleh povzroči relativno veliko poškodbo tal, se priporoča, da so tudi sečne poti čim bolj stalne in se jih v največji meri uporablja tudi v prihodnosti (Horn in sod., 2004; Vossbrink in Horn, 2004; von Wilpert in Schäffer, 2006; Horn in sod., 2007).

Posebno vprašanje se postavlja tudi glede ukrepov za preprečevanje nastanka prekomernih poškodb gozdnih tal med pridobivanjem lesa. S tem v zvezi je vse bolj očitna potreba po enotnem in jasnem zaporedju postopkov, ki se opravijo, da se gozdna tla pri pridobivanju lesa ustrezno zavarujejo. Najpomembnejše pri tem je prepoznavanje lastnosti in stanja tal pred in med procesom gozdne proizvodnje. V primeru neugodnih talnih razmer (npr. povečanje vlažnosti tal), ki so najpogosteje posledica padavin, je treba izbrati med alternativnima ukrepoma, in sicer med prekinitvijo del in prilagoditvijo izvedbe del. Pri prekinitvi moramo poskrbeti za posledice, ki jih prekinitve dela povzroča, kot npr. nadomeščanje izpada dohodka, premik proizvodnje na druge lokacije. Pri prilagajanju izvedbe del pa je treba med različnimi možnostmi izbrati tisto, ki še omogoča izvedbo del v danih razmerah, kot npr. lažji stroj, podlaganje sečnih ostankov, montaža goseničnih verig, omejitve količine tovora, zmanjšanje tlaka v pnevmatikah. Veljavna merila sprejemljive poškodovanosti gozdnih tal so tako ključno orodje v fazi načrtovanja gozdne proizvodnje pred samim pričetkom del, med izvajanjem del ter za namen nadzora in ocene kakovosti izvedenih del tudi po zaključku del.

## 5 ZAKLJUČEK

### 5 CONCLUSION

Sprejemljiva poškodovanost gozdnih tal je rezultat konsenza in se lahko v času in prostoru spreminja. Pri določanju sprejemljivih poškodb ima velik pomen razvitost stroke in znanosti, predvsem pa dogovor med upravljavci in uporabniki gozdnega prostora, ki upošteva ekološke, tehnološke, ekonomske in socialne aspekte gozdne proizvodnje. Predlagamo, da se splošna definicija sprejemljive poškodbe gozdnih tal glasi: *»poškodba gozdnih tal, ki še omogoča trajnostno rabo in delovanje gozda«*. Z definicijo nedopustnih poškodb so med splošne definirane tudi nedopustne poškodbe, ki kršijo enega od naštetih vidikov. Nedopustne poškodbe so glede na stopnjo poškodovanosti gozdnih tal ve-

čje od dopustnih poškodb, glede na trajnost pa lahko za več desetletij ali trajno zmanjšajo rodovitnost tal.

Za nadaljnji razvoj meril poškodovanosti gozdnih tal in njihov prenos v prakso ter morebiti tudi v zakonodajo je naprej treba jasno definirati kategorije prometnic, in sicer vlak in sečnih poti (Poje in sod., 2019). Poleg tega je nujno obnoviti evidence vlak, saj so kriteriji za vrednotenje poškodb različni za obe kategoriji. Preverjanje usklajenih meril v praksi (npr. primerjava ocen poškodovanosti gozdnih tal na prevzetih deloviščih) nam bo dalo odgovor, ali so merila usklajena z vizualno predstavo o stanju prometnic po izvedbi gozdne proizvodnje. Na razkorak med merili in pričakovanji nam pokaže uporaba usklajenih meril pri oceni ploskev iz delavnice na Pokljuki (Poje in sod., 2019), kjer bi bile poškodbe tal na prvi ploskvi tudi po usklajenih merilih nesprejemljive, in to kljub temu, da je 76,9 % anketirancev poškodbe ocenilo kot sprejemljive. V primeru večjih odmikov med usklajenimi merili in prakso bi bilo smiselno usklajena merila preveriti na večjem vzorcu anketirancev, v vsakem primeru pa kaže za upravljavce in lastnike gozdov pripraviti terenska izobraževanja (Lüscher in sod., 2016). Za oceno poškodovanosti gozdnih tal na terenu je ključen tudi razvoj metod za ocenjevanje poškodovanosti, brez katerih ne bo mogoča kontrola kakovosti izvedbe gozdarskih del v praksi.

## 6 POVZETEK

### 6 SUMMARY

The criteria for the acceptable level of soil damage are mainly based on agreement between the stakeholders involved in the planning and implementation of forest operations. In this context science must provide stakeholders with objective and scientifically sound bases for decision-making. In 2019 in Slovenia, criteria for the acceptable level of soil damage were proposed on the basis of previous research by Poje et al. (2019), yet they were not closely coordinated with other forestry experts. For this reason, and with the aim of harmonising the proposed criteria with the various stakeholders, a survey was conducted among the participants of the annual scientific and professional Forestry Study Days conference with the theme of Forest Soil in Sustainable Forest Management. We hypothesised that the values of the assessed indicators are statistically not different from the values suggested by Poje et al. (2019). Of the 135 participants, 62 responded to the survey, which included 9 questions. According to the harmonised criteria established on the basis of respondent opinions, the allowed skid and harvester trail density in the logging area is 385 m/ha, half of which

(192 m/ha) is dedicated to skid trails. The maximum rut depth on skid and harvester trails shall not exceed 30 cm and 20 cm, respectively. The maximum rut depth on 90 % of the length of all harvester trails at the logging location shall not exceed 10 cm. The harmonised criteria are generally stricter and allow for less soil damage compared to the original proposed criteria. The study also revealed a different understanding of the soil protection aspect between groups of respondents; for example, the assessments of respondents from logging companies were significantly stricter compared to the those of respondents from research institutions and direct providers of forest operations. On the basis of the studies carried out so far, the proposal of harmonised criteria seems appropriate from an environmental, technological and economic point of view. In the light of respondent opinions, the definition of unacceptable soil damage must also take into account trail length, which is likely to have an impact on the criteria for soil damage. Before the harmonised criteria are introduced in practice, in addition to the necessary adaptation of ruts to the actual situation, the harmonised criteria must be compared with the assessment of soil damage used in current practice and then re-oriented if there are significant differences. Before the criteria are put into practice, a method for assessing soil damage must also be developed, as this is the only way to ensure uniform and unambiguous assessment.

## 7 ZAHVALA

### 7 ACKNOWLEDGEMENTS

Zahvalujemo se Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije za financiranje Ciljnega raziskovalnega projekta št. V4-1624 z naslovom Vpliv strojne sečnje na gozd in določitev meril za njeno uporabo. Anonimnima recenzentoma smo hvaležni za pregled in pripombe na prvo različico besedila.

## 8 VIRI

### 8 REFERENCES

- Akay A.E., Sessions J., Aruga K. 2007. Designing a forwarder operation considering tolerable soil disturbance and minimum total cost. *Journal of Terramechanics*, 44, 2: 187–195.
- Cambi M., Certini G., Neri F., Marchi E. 2015. The impact of heavy traffic on forest soils: a review. *Forest Ecology and Management*, 338: 124–138.
- Cerjak B. 2011. Poškodbe tal po strojni sečnji in spravi lesa v redčelnih: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 72 str.
- Conrad J.L., Vokoun M.M., Pringle S.P., Bolding M.C. 2017. Barriers to logging production and efficiency in Wisconsin. *International Journal of Forest Engineering*, 28, 1: 57–65.
- Curran M., Maynard D., Heninger R., Terry T., Howes S. in sod. 2008. Elements and rationale for a common approach to assess and report soil disturbance. *The Forestry Chronicles*, 83, 6: 852–866.
- Duckert D.R., Morris D.M., Deugo D., Duckett S., McPherson S. 2009. Developing site disturbance standards in Ontario: linking science to forest policy within an adaptive management framework. *Canadian Journal of Soil Science*, 89, 1: 13–23.
- Ebeling C., Lang F., Gaertig T. 2016. Structural recovery in three selected forest soils after compaction by forest machines in Lower Saxony, Germany. *Forest Ecology and Management*, 359: 74–82.
- Egan A., Annis I., Greene W.D., de Hoop C., Mayo J. 2006. Unused logging production capacity in Northern New England, USA. *International Journal of Forest Engineering*, 17, 1: 31–38.
- Eggers J., Rätty M., Öhman K., Snäll T. 2020. How well do stakeholder-defined forest management scenarios balance economic and ecological forest values? *Forests*, 11, 1, 86: 24 str.
- Greene W.D., Mayo J.H., deHoop C.F., Egan A.F. 2004. Causes and costs of unused logging production capacity in the southern United States and Maine. *Forest Products Journal*, 54: 29–37.
- Gumus S., Turk Y. 2016. A new skid trail pattern design for farm tractors using linear programming and geographical information systems. *Forests*, 7, 12, 306: 11 str.
- Horn R., Vossbrink J., Becker S. 2004. Modern forestry vehicles and their impacts on soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 79, 2: 207–219.
- Horn R., Vossbrink J., Peth S., Becker S. 2007. Impact of modern forest vehicles on soil physical properties. *Forest Ecology and Management*, 248, 1: 56–63.
- Južnič D. 2012. Poškodbe tal pri strojni sečnji in spravi lesa na objektu Mozelski Šahen: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 35 str.
- Poročilo za leto 2018. 2018. Ljubljana, Inšpektorat Republike Slovenije za kmetijstvo, gozdarstvo, lovstvo in ribištvo: 139 str.
- Klun J., Poje A. 2001. Mehanske poškodbe sestoj in gozdnih prometnic na visokem krasu pri sečnji in spravi lesa s traktorjem IWA FUJI T-41. *Gozdarski vestnik*, 59, 3: 115–127.
- Košir B. 2010. Gozdna tla kot usmerjevalec tehnologij pridobivanja lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta pri Univerzi v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 80 str.
- Krč J., Beguš J., Primožič J., Levstek J., Papler-Lampe V., Klun J., Mihelič M. 2014. Vodila dobrega ravnanja pri strojni sečnji. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 38 str.
- Krč J., Košir B. 2004. Stroški dela v različnih delovnih pogojih in izkoriščenosti strojev za sečnjo. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 75: 105–120.
- Levičnik E. 2019. Poškodovanost tal po strojni sečnji in spravi lesa v oddelku GGE Vrbovec: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 41 str.
- Lüscher P., Sciacca S., Halter M. 2008. Regeneration von Wurzelraumfunktionen nach mechanischer Belastung. *Neue Wege beim Bodenschutz. LWF aktuell*, 67: 11–12.
- Lüscher P., Frutig F., Thees O. 2016. Physikalischer Bodenschutz im Wald. *Waldbewirtschaftung im Spannungsfeld zwischen Wirtschaftlichkeit und Erhaltung der physikalischen Bodeneigenschaften. Umwelt-Wissen. Bundesamt für Umwelt, Bern*: 159 str.
- Medved M., Ogris N., Klun J., Košir B., Vončina R. 2005. Koledarski čas in učinki dela z žičnimi napravami syncrofalke na tolminskem. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 77: 113–143.
- Mellgren P.G. 1989. More reliable multi-function wood-harvesting machines in the future? *Journal of Forest Engineering*, 1, 1: 17–22.

- MGRT. 2012. Akcijski načrt za povečanje konkurenčnosti gozdnolesne verige v Sloveniji do leta 2020. Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, Ljubljana: 38 str.
- MFRC. 1999. Sustaining Minnesota Forest Resources: voluntary site-level forest management guidelines for landowners, loggers and resource managers. Minnesota Forest Resources Council, St. Paul, Minnesota: 615 str.
- Mohieddinne H., Brasseur B., Spicher F., Gallet-Moron E., Buridant J., Kobaissi A., Horen H. 2019. Physical recovery of forest soil after compaction by heavy machines, revealed by penetration resistance over multiple decades. *Forest Ecology and Management*, 449: 117472.
- Napper C., Howes S., Page-Dumroese D. 2009. Soil-disturbance field guide. San Dimas, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, San Dimas Technology and Development Center: 103 str.
- Nordlund A., Ring E., Högbom L., Bergkvist I. 2013. Beliefs among formal actors in the Swedish forestry related to rutting caused by logging operations. *Arbetsrapport*, Uppsala, 807: 20 str.
- Normativi gozdnih del. 2013. Ur. l. RS. <http://pisrs.si/Pis.web/npb/2013-01-3943-2010-01-5089-npb4-p2.pdf> (24. 9. 2020).
- Owende P.M.O., Lyons J., Haarlaa R., Peltola A., Spinelli R., Molano J., Ward S.M. 2002. Operations protocol for eco-efficient harvesting on sensitive sites. *ECOWOOD Partnership*: 74 str.
- Page-Dumroese D., Jurgensen M., Elliot W., Rice T., Nesser J. in sod. 2000. Soil quality standards and guidelines for forest sustainability in northwestern North America. *Forest Ecology and Management*, 138, 1: 445–462.
- Pezdevšek Malovrh Š., Mihelič M., Krč J. 2018. Varstvo gozdnih tal z vidika zakonodaje. *Acta Silvae et Ligni*, 115: 43–56.
- Picchio R., Mederski P.S., Tavankar F. 2020. How and how much, do harvesting activities affect forest soil, regeneration and stands? *Current Forestry Reports*, 6, 2: 115–128.
- Poje A., Mihelič M., Leban V. 2019. Analiza strokovnega ocenjevanja poškodovanosti gozdnih tal. *Gozdarski vestnik*, 77, 1: 3–20.
- Poročilo o pojavu škodljivih dejavnikov žive in nežive narave v gozdu. 2015. Poročevalska, prognostično-diagnostična služba za gozdove, Gozdarski inštitut Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije: 15 str. [https://www.zdravgozd.si/dat/letna\\_porocila/2015/skodljivi\\_dejavniki/bl.pdf](https://www.zdravgozd.si/dat/letna_porocila/2015/skodljivi_dejavniki/bl.pdf) (20. 1. 2021).
- Pravilnik o gozdnih prometnicah. 2009. Ur. l. RS, št. 4/09.
- Reeves D., Page-Dumroese D., Coleman M. 2011. Detrimental soil disturbance associated with timber harvest systems on National Forests in the Northern Region. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO: 12 str.
- Shishiuchi M. 1993. Optimal skid trail spacing for small vehicles in thinning. *Journal of Forest Engineering*, 5, 1: 29–34.
- Simončič P., Eler K., Kobal M., Triplat M., Sinjur I., Žlindra D., Mihelič M., Robek R., Piškur M., Klun J., Premrl T., Krajnc N. 2013. Možnosti in omejitve pridobivanja biomase iz gozdov - Zaključno poročilo projekta V2-1126. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana: 180 str.
- von Wilpert K., Schäffer J. 2006. Ecological effects of soil compaction and initial recovery dynamics: a preliminary study. *European Journal of Forest Research*, 125, 2: 129–138.
- Vossbrink J., Horn R. 2004. Modern forestry vehicles and their impact on soil physical properties. *European Journal of Forest Research*, 123: 259–267.
- Vrščaj B. 2017. Tla v okolju - lastnosti, pestrost in ekosistemske storitve tal. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Kmetijski inštitut Slovenije: 58 str.
- WCM. 2021. Gozdno lesni proizvodi. Gozdarski inštitut Slovenije. <http://wcm.gozdis.si/gozdno-lesni-proizvodi> (21. 1. 2021).
- Zakon o gozdovih. 1993. Ur. l. RS, št. 30/93, 67/02, 110/07, 106/10, 63/13, 17/14, 24/15, 77/16
- Fran - slovarji Inštituta za slovenski jezik Frana Ramovša ZRC SAZU - različica 7. 1. 2014. Ljubljana, Inštitut za slovenski jezik Frana Ramovša ZRC SAZU. <https://www.fran.si> (11. 9. 2020).
- Zupančič M. 2008. Časovna študija spravila lesa s traktorjem John Deere 6220: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 67 str.