

Oxf. 302:307:375

ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI TRAKTORJEV ZA SPRAVILO LESA

dr. Marjan LIPOGLAVŠEK, dipl.inž.gozd.

izredni prof.

VTOZD za gozdarstvo, Biotehniška fakulteta univerze Edvarda Kardelja
v Ljubljani

61 000 Ljubljana, Večna pot 83, YU

Boštjan KOŠIR, dipl.inž.gozd.

asistent

VTOZD za gozdarstvo, Biotehniška fakulteta univerze Edvarda Kardelja
v Ljubljani

61 000 Ljubljana, Večna pot 83, YU

I Z V L E Č E K:

Lipoglavšek M., Košir B.: Ergonomske značilnosti traktorjev za spravilo lesa

Študija ugotavlja obremenitve delavcev z ropotom in vibracijami pri mehničnem spravilu lesa. Delovne razmere in časovno strukturo pri obsežnih snemanjih ropota in vibracij traktorjev primerja z obsegom in načinom mehaniziranega spravila v Sloveniji. Ugotovljeni ropot v mirovanju in obremenitev traktorista z njim presega z mednarodnim standardom dovoljene meje pri traktorju kolesniku IMT, pri goseničarju FIAT in zlasti močno pri zgibniku Timberjack.

Proučene so predvsem vertikalne vibracije na sedežu traktorjev. Največje so obremenitve traktorista z njimi pri spravilu lesa z goseničarjem. Celovita proučitev ergonomskih značilnosti treh traktorjev pokaže, da je zgibnik najbolj, goseničar pa najmanj prilagojen delavcu.

S Y N O P S I S:

Lipoglavšek M., Košir B.: Ergonomic properties of skidding tractors

The authors analyze the impact caused by noise and vibrations, experienced by workers at the mechanized wood skidding. Working conditions and time structure stated by means of extensive noise and vibration measurements are compared with the amount and kinds of skidding in Slovenia. The noise of tractors and the impact on the workers caused by it surpasses, in the cases of the caterpillar tractor FIAT, of the universal tractor IMT 558, and especially of the Timberjack the ISO standards.

A special emphasis is given to the research of vertical seat vibrations occurring at tractor skidding. The highest vibration impact has been stated for the caterpillar tractor FIAT. The general investigation of all ergonomic properties proves the best suitability of the Timberjack and the worst one of the caterpillar tractor.

VSEBINA

stran:

	PREDGOVOR	175
1.	NAČIN DELA IN OBSEG MEHANIZIRANEGA SPRAVILA LESA V SLOVENIJI	176
2.	ROPOT PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI	181
2.1	METODIKA RAZISKAVE	182
2.1.1	Uporabljeni merilni instrumenti	183
2.1.2	Snemanje časa, učinkov in delovnih razmer	186
2.1.3	Obdelava podatkov	187
2.2.	REZULTATI MERITEV ROPOTA	188
2.2.1	Frekvenčna analiza ropota	188
2.2.2	Ropot in število obratov motorja	193
2.2.3	Delovne razmere na deloviščih spravila lesa s traktorji	197
2.2.4	Obremenjenost traktorista z ropotom pri spravilu lesa s traktorjem	208
2.2.5	Porazdelitev jakosti ropota v delovnem času	213
2.2.6	Vplivi delovnih razmer na obremenitev traktorista z ropotom	222
2.3.	POVZETEK IN ZAKLJUČKI O ROPOTU TRAKTORJEV	233
3.	TRESENJE PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI	237
3.1	UVOD	237
3.2	VIBRACIJE V ODNOSU TRAKTOR - VOZNIK	238
3.3	DOSEDANJE RAZISKAVE	241
3.4	METODIKA RAZISKAVE	245
3.4.1	Inštrumenti	245
3.4.2	Merjenje vibracij	248
3.4.3	Vzporedne meritve	250
3.4.4	Priprava podatkov za obdelavo	252
3.4.5	Obdelava podatkov	253
3.5.	DELOVNE RAZMERE MED MERJENJEM VIBRACIJ	253
3.5.1	Izbrana delovišča	253
3.5.2	Struktura posnetih časov	257
3.5.3	Učinki spravila lesa s traktorji pri merjenju vibracij	260
3.6.	REZULTATI PREUČEVANJA TRESENJA	261
3.6.1	Standard ISO 2631	261



P R E D G O V O R

Pričujoče delo je zaključna študija raziskovalne naloge "Ergonomske značilnosti mehaničnih spravilnih sredstev v naših razmerah", ki jo je IGLG opravil v letih 1975 - 1979. Nalogo so financirale Raziskovalna skupnost Slovenije in gozdnogospodarske organizacije preko Splošnega združenja gozdarstva. Študija vključuje tudi rezultate nadaljnjih delnih raziskav v letu 1980 v okviru raziskovalne naloge "Ergonomske značilnosti delovnih sredstev in zahtevnost dela pri pridobivanju lesa".

Naloge so bile izvršene v odseku IGLG za pridobivanje lesa, ki ga vodi prof.dr. Amer Krivec.

Nosilec raziskovalne naloge je bil dr. Marjan Lipoglavšek, docent Biotehniške fakultete. Pri raziskavah so sodelovali:

- ing. Milan Jelušič, tehnični sodelavec BF
- ing. Edvard Goričan, tehnični sodelavec BF
- ing. Aleksander Golob, tehnični sodelavec BF
- ing. Boštjan Košir, asistent BF
- ing. Mladen Hladnik, tehnični sodelavec BF

Pri obdelavi podatkov terenskih snemanj sta poleg navedenih sodelavcev sodelovala še

- ing. Vlado Puhek, asistent BF in
- Iztok Koren, tehnični sodelavec BF

Pri organizaciji raziskav na terenu so pomagali številni strokovni delavci gozdnih gospodarstev Bled, Brežice, Celje, Kočevje, Kranj, Ljubljana, Novo mesto, Postojna in GŠC Postojna.

K uspehu raziskav so veliko prispevali tudi številni gozdarski traktoristi, ki so prizadevno sodelovali z raziskovalci ergonomske značilnosti strojev. Vsem sodelavcem za prizadevno delo iskrena hvala.

1. NAČIN DELA IN OBSEG MEHANIZIRANEGA SPRAVILA LESA V SLOVENIJI

Za mehanizirano spravilo lesa uporablja gozdarstvo Slovenije traktorje in žične žerjave. Uporablja vrsto strojev, ki se med seboj razlikujejo v tehničnih in ekonomskih lastnostih. Primernost posameznih strojev v različnih delovnih razmerah po teh dveh kriterijih so proučevale že številne raziskave. Učinkovitost dela ni odvisna samo od stroja, ampak predvsem od skladnosti delovanja celotnega sistema človek stroj. Mehanizacija pri pridobivanju lesa povzroča tudi poklicna obolenja gozdnih delavcev zlasti zato, ker razpoložljivi stroji ali način njihove uporabe ni dovolj prilagojen človekovim zmožnostim in sposobnostim. Za vsak stroj je torej treba poleg tehnoloških lastnosti proučiti tudi njegovo prilagojenost delavcu ali njegove ergonomske značilnosti ter na podlagi tega usmeriti način uporabe. Sodobna družba vedno bolj varuje človeka. Zato ergonomske značilnosti stroja tudi odločilno vplivajo na izbiro delovnega sredstva in načina njegove uporabe. Če je delo dobro prilagojeno človekovim sposobnostim in če ne ogroža njegovega zdravja, so tudi učinki dela s takim strojem, zlasti dolgoročno, znatno bolj-ši. Če ugotovimo pomanjkljivosti na stroju, ki ogrožajo delavčevo zdravje in varnost ter jih ne moremo odpraviti, moramo delavca zavarovati s primer-nimi ukrepi (tudi z osebno varstveno opremo), ki so odvisni od oblike in velikosti škodljivega vpliva na delavca.

Cilj te študije je ugotoviti ergonomske značilnosti traktorjev, ki se množično uporabljajo pri spravilu lesa v Sloveniji. Drugi morda še pomembnejši namen je ugotoviti v kolikšni meri so delavci med delom obremenjeni z naj-pomembnejšimi zdravju škodljivimi vplivi uporabljanih strojev.

Spravilo lesa je prvi premik lesa od mesta podiranja ali panja do najbližje prometnice in po njej do kamionske ceste ali pomožnega skladišča (KRIVEC). V Sloveniji je velik del spravila že mehaniziran. V družbenih gozdovih opravimo (REMIC 1978) s traktorji 62%, z motornimi vitli in žičnimi žerjavi pa le 4% ali skupaj 66% spravila oziroma 0,9 milijona m³ lesa. V zasebnih gozdovih je mehaniziranost spravila manjša. Obseg spravila s traktorji postopoma narašča, z žičnimi žerjavi pa še neznatno upada. Za spravilo s traktorji uporabljamo v Sloveniji tri vrste strojev: univerzalne za spravilo lesa adaptirane kolesnike, zgibne gozdarske traktorje in adaptirane kmetijske

goseničarje. Tabela 1 prikazuje njihovo številčno stanje in učinke v letu 1978.

TRAKTORJI V DRUŽBENIH GOZDOVIH SLOVENIJE 1978 (REMIC)

Tab. 1

Vrsta traktorja	Število traktorjev	Spravljena količina lesa	
	št.	skupaj 000 m ³	poprečno na 1 traktor m ³
Adaptirani kolesniki	230	521	2.265
Gozdarski zgibniki	43	236	5.488
Goseničarji	51	84	1.647
SKUPAJ	324	841	

Med temi traktorji močno prevladujejo tri znamke oz. tipi traktorjev - skupaj jih je 95% vseh traktorjev. To so adaptirani kolesnik IMT (67%), zgibnik Timberjack (12%) in goseničar FIAT (16%). Proučevali smo IMT 558 in Timberjack 208 in 209 D, ki ju uporabljajo vsa slovenska gozdna gospodarstva in FIAT 505 C, ki ga uporabljajo le nekatera gospodarstva v alpskih predelih. Iz relativno majhnega letnega učinka sklepamo, da so traktorji relativno malo dni v letu zaposleni s pravilom. Po isti anketi (REMIC - Stanje mehanizacije ... 1978) delajo poprečno letno kolesniki - univerzalni in zgibni 1300 delovnih (obratovalnih) ur - od tega 180 ur na drugih delih, goseničarji pa 1000 ur pri spravilu lesa. Poprečne pravilne razdalje so bile v letu 1978 pri spravilu z univerzalnimi kolesniki v družbenih gozdovih 607 m, z zgibniki 777 m in z goseničarji 448 m ali poprečno 605.

V začetku razvoja spravila lesa s traktorji, ki se je v Sloveniji začelo leta 1960, so traktorji spravljali predvsem kratko debelo oblovino oziroma gozdne lesne sortimente, predvsem hlode (do 4 m dolžine). Z uporabo močnejših, večjih traktorjev je bilo možno spravljati tudi daljšo oblovino. Sedaj s traktorji spravljamo pri iglavcih olupljene in neolupljene sortimente osnovnih dolžin, mnogokratnike ali drobna cela debla. Listavce spravljamo v lubju in sicer posamezne sortimente, kombinacije več sortimentov ali cela debla včasih še skupaj z deli krošnje. Drobni les tako pri iglavcih kot pri listavcih spravljamo v dolgem oblem stanju in ga kasneje dodelujemo. Tehno-

logija dela je taka, da poteka delo v ciklusih z več elementi dela v bolj ali manj pravilnem zaporedju. Ker traktor v naših gozdnogospodarskih razmerah ne more priti do vsakega kosa oblovine, sestavljata spravilo dve podfazi: zbiranje in vlačenje lesa. Traktorist začne delo ob kamionski cesti in gre po vlakni v gozd po les (prazna vožnja). Po obračanju razvleče vrv vitla (razvlačevanje), priveže z žičnimi ali verižnimi zankami kose lesa (vezanje) in jih privleče do traktorja (privlačevanje). Te tri delovne operacije zbiranja lesa se vsaj enkrat (dvobobenski vitli) ali večkrat ponove. Zbiranju sledi vlačenje (polna vožnja) po vlakni in nato odpenjanje lesa na ali ob kamionski cesti. Odpenja lahko les na več mestih skladišča, da tako sortira les. Privlečeni les je treba še odriniti v kupe ob cesti (rampanje). Tak pravilni potek dela v enem ciklusu motijo zastoji in kratki odmori med delom, ki časovno nepravilno nastopajo. Tega dodatnega časa pri spravilu lesa s traktorji je poprečno 18 - 24% produktivnega časa. Vožnje traktorja predstavljajo na poprečni pravilni razdalji 600 m okrog 50% delovnega časa, zbiranje lesa in dela na skladišču ob kamionski cesti pa 29 - 34%. Organizacijska oblika dela pri spravilu s traktorjem je lahko različna. Pri spravilu z univerzalnim kolesnikom je najpogosteje tako, da traktorist nima pomožnega delavca (1+0) in sam opravi vsa dela tudi pri zbiranju lesa. Ponekod pri spravilu z goseničarjem in redno pri zgibniku mu pomaga pomožni delavec pri zbiranju lesa (1+1). Ker je pomožni delavec le malo zaposlen, je ponekod smotrno, da eden pomaga dvema traktoristoma (1+1). Ugodno bi bilo, da bi bil tudi pomožni delavec usposobljen traktorist, da bi se lahko pri vožnji traktorja menjavala. Pri vezanju lesa lahko traktoristu pomagajo tudi sekači. Računamo, da je v Sloveniji zaposleno pri spravilu lesa okrog 300 traktoristov.

Tehnične in tehnološke lastnosti treh proučevanih traktorjev pri spravilu lesa so precej različne. Medtem ko sta univerzalni kolesnik in goseničar kmetijska traktorja in samo s številnimi dodatki prilagojena za spravilo lesa, pa je zgibnik narejen posebej za delo v gozdu. Konstruiran je bil tudi precej kasneje kot oba kmetijska traktorja. Večina proučevanih univerzalnih traktorjev kolesnikov IMT 558 je bila opremljena z varnostno kabinom RIKO, z Igland mehaničnim dvobobenskim vitlom 5000, na hidravliko traktorja obešeno zadnjo zaščitno desko z vodili vrvi in obtežitvijo na prednjem delu traktorja. Nekateri so imeli prednjo odrivno desko RIKO za rampanje lesa. Pogosto so uporabljali kolesne verige. Goseničar FIAT 505 C je

bil opremljen z dvobobenskim vitlom Igland 3000 ali 5000, s trdno pritrjeno zaščitno desko in s hidravlično RIKO odzivno desko. Kabine ni imel noben goseničar. Zgibnik Timberjack je imel enobobenski ali dvobobenski vitel Herkules s potezno silo okrog 9000 kp. Tehnične podatke traktorjev navajamo v pregledni tabeli 2.

Pri proučevanju ergonomskih značilnosti traktorjev smo skušali obravnavati vse njihove značilnosti s posebnim poudarkom na ropotu in vibracijah, ki najbolj ogrožata zdravje traktoristov.

O nevarnostih, škodljivostih in zahtevnosti dela pri spravilu lesa s traktorji smo v anketi (1976) povprašali za mnenje tudi varnostnike gozdnih gospodarstev. S pomočjo štiristopenjskih ocen so ugotovili, da v škodljivostih med posameznimi vrstami traktorjev ni velikih razlik. Med nevarnostmi poškodb je pri adaptiranem traktorju kolesniku zelo velika nevarnost poškodb zaradi prevračanja traktorja, sicer je ta nevarnost srednje velika. Srednje velika je tudi nevarnost poškodb ob ostrih delih stroja in ostrih predmetih (razen pri zgibniku), ob predmetih, ki se premikajo in zaradi padca delavca. Nevarnost požara in eksplozije je majhna. Med dejavniki delovnega okolja je po teh ocenah zelo škodljiv vpliv podnebja in vpliv vibracij pri traktorju goseničarju. Srednje škodljiv je ropot pri vseh treh vrstah traktorjev ter tresenje pri adaptiranem kolesniku in pri zgibniku. Naše meritve so pokazale, da ta ocena o ropotu in vibracijah ni bila popolnoma pravilna. Varnostniki so tudi ocenili, da je škodljivost izpušnih plinov in biotskih dejavnikov majhna. Ocenili so dalje, da je zahtevnost dela glede fizičnih obremenitev zelo velika pri adaptiranem kolesniku in goseničarju ter srednje velika pri zgibniku. Za psihofizične zahteve dela so bile ocene ravno nasprotno.

Z meritvami obremenitev delavcev med delom smo te ocene bolj ali manj potrdili. V nadaljevanju študije obravnavamo ropot in tresenje traktorjev in njihove ergonomske značilnosti v celoti. Predlagamo pri posameznih poglavjih tudi različne ukrepe za izboljšanje prilagojenosti dela človeku, za hu-manейše delo pri spravilu lesa.

TEHNIČNI PODATKI TRAKTORJEV PRI SPRAVILU LESA
(po prospektih)

Tab. 2

Traktor Tehnične lastnosti	IMT 558	TIMBERJACK 208 D 209 D		FIAT 505 C
tip motorja	4 taktni diesel M 34/T	2 taktni die- sel G.M.	4 taktni die- sel Perkins	4 taktni diesel FIAT 8035
prostornina valjev	3330 cm ³	2600 cm ³	3860 cm ³	2592 cm ³
moč motorja	42,5 kW pri 2250 o/min	55 kW pri 2600 o/min	58,7 kW pri 2800 o/min	39,6 kW pri 2600 o/min
menjalnik z reduktorjem	6 prestav na- prej, 2 nazaj	8 prestav naprej 8 nazaj		6 prestav naprej 2 nazaj
hitrosti vožnje km/h	naprej 2,5-27,0 nazaj 3,4-13,5	po cesti 3,4-30,0 po terenu 2,0-12,8		naprej 1,8-11,2 nazaj 3,4-6,1
dimenzije gum in gosenic	prednje 7,5x16" zadnje 14x28"	16,9x30"		širina 310 mm površina dotjka: 8172 cm ²
specifični pri- tisk na tla	1,4 MPa	0,32 MPa		0,27 MPa
razmak koles	prednja 1,2 m zadnja 1,4 m	1,96 m	1,83 m	1,1 m
zunanje mere dolžina širina višina	adaptiran 3,75 m 1,88 m 2,25 m	5,25 m 2,39 m 2,56 m	5,16 m 2,25 m 2,34 m	adaptiran 3,30 m 1,44 m 1,65 m
klirens mm	430	483	450	270
medosna razdalja mm	2118	2819	2790	1318
masa kg	2500	5584	5530	2600

2. ROPOT PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI

Ropot, ki ga povzročajo mehanična pravilna sredstva, je zelo pomembna ergonomska značilnost teh strojev. Ropot pomeni delavcu zelo neugoden vpliv delovnega okolja, ki povzroča nevroze, motnje vegetativnega živčnega sistema in zdravstvene okvare. Mehanizacija spravila lesa, ki jo sedaj uporabljamo, je nastala v času, ko škodljivost ropota še ni bila dovolj znana ali ko pomembnost človeka pri delu ni bila dovolj spoznana. Človek ni izpostavljen hrupnemu okolju samo pri delu, ampak tudi sicer živi v vedno bolj s hrupom onesnaženem okolju. Zato je še bolj pomembno, da ga skušamo vsaj pri delu čim bolj zavarovati pred škodljivimi posledicami hrupa. Posledice izpostavljenosti hrupu so lahko šumenje v ušesih, izguba sluha, utrujenost, zmanjšanje telesne odpornosti, zmanjšanje pozornosti in sposobnosti koncentracije, motnje sna, zaspanost podnevi in depresija. Vse te spremembe seveda nujno zmanjšujejo delovno učinkovitost.

Izraz ropot uporabljamo za neugodno zvočno okolje pri delu, ki ga povzročajo stroji ali delovni postopki. Pri obratovanju strojev nastajajo mehanična nihanja, ki se po zraku širijo v prostor v obliki sprememb zračnega tlaka. Značilnosti teh nihanj so jakost, pogostnost ali frekvenca in trajanje ropota. Industrijski ropot so po jakosti in frekvenci časovno nepravilna slučajnostna (stohastična) nihanja. Izvirajo namreč od številnih virov - delov strojev, ki imajo zelo različna lastna nihanja in hkrati skupaj pridejo do človeka. Fizično merimo jakost zvoka z decibeli (dB). Decibel je definiran z razmerjem merjenega tlaka zvoka in mejnega zvočnega tlaka, ki ga ravno še zazna človekovo uho (pri 1000 Hz) po obrazcu

$$L_p = 10 \log \left(\frac{p^2}{p_0^2} \right) = 20 \log \left(\frac{p}{p_0} \right) \quad (\text{dB}) \quad \text{pri čemer pomeni}$$

L_p - jakost zvoka

p - izmerjeni zvočni tlak (Nm^{-2})

p_0 - mejni zvočni tlak ($2 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}^{-2}$)

Ker so nihanja stohastična, je mogoče izmeriti tlak le z verjetnostjo pojavljanja. Instrumenti za merjenje jakosti zvoka merijo amplitudo nihajev in izračunajo integral za krajše časovno razdobje. Občutljivost človekovega ušesa za isti zvočni tlak pa je močno odvisna od frekvence nihanja in poteka po frekvenčno nepravilnih "izobarah" na podlagi katerih je definirana enota fon - enota za zaznavo zvoka. Občutljivost ušesa je največja pri 4000 Hz, pri višjih zlasti pa pri nižjih frekvencah je manjša. Da bi jakost ropota lahko merili, prilagojeno občutljivosti ušesa, jo merijo s pomočjo fizikalno definiranih filtrov A, B, C in D. Za industrijski ropot se je uveljavila uporaba filtra A, ki daje najnižje vrednosti jakosti ropota. Tedaj jakost ropota na vsem frekvenčnem območju merimo v dB(A) vrednostih. Te so pri frekvenci zvoka 1000 Hz enake dejanskemu pritisku (dB) in zaznavi zvoka (fon), pri drugih frekvencah pa manjše (pri 20 Hz npr. za 50 dB).

Mehanizacija v gozdarstvu je prinesla delavcu zmanjšanje fizičnih naporov pri delu. Nastale pa so nove obremenitve in škodljivosti, med njimi tudi ropot. Ropot posameznih strojev je že precej raziskan, vendar pretežno le pri testiranju strojev v posebnih razmerah. Znane so tudi posamezne meritve ropota med delom. O obremenitvah delavca z ropotom v vsem delovnem dnevu pa razen pri sečnji in izdelavi z motoriko ni veliko znanega. Raziskovali smo ropot treh vrst traktorjev, ki se najpogosteje uporabljajo pri spravilu lesa v Sloveniji. To so univerzalni adaptirani kolesnik IMT-558, goseničar FIAT 505 C in zgibnik Timberjack 208 in 209.D. Obremenitev delavcev z ropotom lahko označimo s "količino ropota", ki jo delavec sprejme oz. ji je izpostavljen v kakem časovnem razdobju npr. delovnem dnevu. "Količino ropota" pa določajo vrsta, jakost, trajanje in časovna razporeditev ropota. Škodljivost ropota za posameznega delavca pa je odvisna še od njegove dovzetnosti ali občutljivosti za ropot.

2.1 METODIKA RAZISKAVE

Značilnosti ropota vsakega traktorja smo skušali opredeliti z merjenjem jakosti ropota ob ušesu strojnika, ko se stroj ni premikal. V prostem teku stroja in pri polnem plinu smo izvršili frekvenčno analizo ropota v oktavnih frekvenčnih pasovih. Prav tako ob ušesu smo merili jakost ropota pri različnem številu obratov motorja. Oboje smo naredili pri neobremenjenem

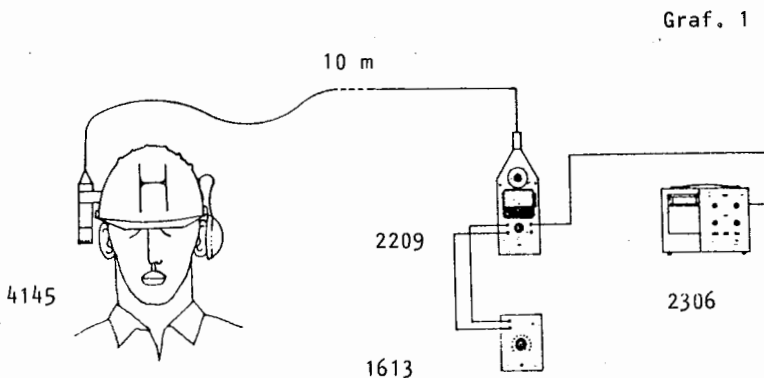
motorju. Te meritve smo izvršili na skladišču v gozdu ob kamionski cesti ali v enem primeru na prostranem dvorišču delavnice. Obremenitev strojnika z ropotom smo ugotavljali z merjenjem in zapisovanjem jakosti ropota ob njegovem ušesu med več celotnimi cikli del. Jakost ropota smo merili ločeno za posamezne elemente dela in posamezne cikle dela. V odmorih med cikli smo meritve v splošnem prekinili. Da bi lahko določili obremenitev za posamezne elemente dela, smo hkrati z merjenjem ropota izvajali tudi časovne študije dela. Na pestro izbranih deloviščih smo zabeležili vse podatke o delovnih razmerah, stroju in strojniku. Pri določanju parametrov obremenjenosti strojnika z ropotom smo si pomagali tudi z računalniško obdelavo številnih zbranih podatkov.

2.1.1 Uporabljeni merilni instrumenti

Za merjenje in beleženje ropota smo uporabili naslednje instrumente:

- kondenzijski mikrofonski Brüel et Kjaer tip 4145
- natančni impulzni merilec jakosti zvoka B et K tip 2209
- oktavni filter B et K tip 1613
- grafični pisalec B et K tip 2306

Instrumenti so bili med seboj povezani s kablji kot prikazuje skica (graf.1).



Merilni instrumenti so bili nameščeni v posebno trdno kovinsko škatlo in obloženi s penasto gumo. Pri merjenju ropota traktorjev je bila kovinska škatla z gumijastimi trakovi pritrjena na blatnik ali v kabino traktorja.

Mikrofon B et K tip 4145, za katerega je bila izmerjena občutljivost 53,1 m V/Pa zaznava jakost zvoka v povezavi z uporabljenim merilcem na širokem frekvenčnem območju od 2 Hz do 18 kHz z natančnostjo ± 1 dB. Mikrofon je bil pritrjen na čelado tako, da je bila vtičnica kabla s kovinsko objemko pritrjena na čelado. Nanjo priviti mikrofon je bil nameščen ob desnem ušesu delavca v višini oči in obrnjen navzdol. Z 10 metrov dolgim kablom (B et K A0 0028) je bil mikrofon povezan z merilcem jakosti ropota (B et K 2209). Merilec ima razdelitev merne skale od -10 do +10 dB tako, da višje vrednosti meri natančneje. Glede na jakost ropota je treba s preklopnikom na merilcu izbrati ustrezno območje merjenja oziroma izbrati ničlo skale. Pri merjenjih ropota med delom je bila nastavljena na 90, 100 ali 110 dB. Pri nastavitvi 90 dB je bilo v povezavi s pisalcem mogoče z zadostno točnostjo zabeležiti jakost ropota med 75 in 101 dB. Ker je skala instrumenta taka, da se vrednosti pri vsaki nastavitvi asimptotično približujejo ničli, je mogoče zaznati tudi vsako nižjo jakost ropota, vendar je točnost manjša. Zato je moral biti preklopnik pri frekvenčnih analizah ropota in pri merjenju ropota okolice tudi na nižjih nastavitvah.

Jakost ropota smo merili skozi A filter, razen pri frekvenčni analizi, ko je bil merilec povezan preko dveh kratkih kablov z zunanjim oktavnim filtrom (B et K 1613). Ta ima devet frekvenčnih pasov s sredinami od 31,5 Hz do 31,5 kHz. Merilec je bil vedno nastavljen na "fast", kar pomeni, da je meril efektivno vrednost amplitude nihanja z intervalom 200 milisekund ali

$$A_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt} \quad T = 0,2 \text{ sek.}$$

Na tak način smo lahko beležili tudi vsa drobna nihanja jakosti ropota. Merilec je bil s kablom povezan s pisalcem (B et K 2306), ki je beležil jakost ropota na 5 cm širok papirni trak. Povezan je bil preko DC izstopa, pisalec pa je bil tudi vedno preklopljen na DC linearno. Tako smo dosegli na zapisu podobno gradacijo kot na skali merilca in to, da so bile višje

vrednosti ropota beležene natančneje kot nižje. Položaj izhodiščne točke na zapisu in občutljivost pisalca smo nastavili tako, da smo lahko izrabili vso širino papirja. Zapise smo beležili ob suhem vremenu na navaden papir, ob vlažnem pa na povoženi papir. Hitrost papirja je bila v večini primerov 0,3 mm/s ali pa tudi 1 mm/s. Dejanski pomik papirja je bil nekoliko počasnejši in smo ga redno kontrolirali. Hitrost pisanja peresa je bila 100 mm/s, da je lahko dovolj hitro sledil nihanjem jakosti ropota in da je bil zapis še dovolj jasen.

Pred vsakim merjenjem, pa tudi pogosto med merjenjem jakosti ropota, smo celoten sklop instrumentov kalibrirali s pomočjo pistonfona (B et K tip 4220). Pinstonfon daje zvok jakosti 124 dB in frekvence 250 Hz pri zračnem tlaku 1013 mbar. To vrednost je treba vedno popraviti glede na dejanski zračni tlak s pomočjo barometra (B et K UZ 0001), ki daje že vrednost korekture v dB. Posebej smo najprej kalibrirali mikrofona, kabel za povezavo in merilec. Nato smo na pisalcu zabeležili do 10 različnih stabilnih jakosti zvoka, ki smo ga proizvedli s pistonfonom, tako da smo spreminjali oddaljenost (nekaj mm) med mikrofonom in pistonfonom in območje merjenja na merilcu. Te jakosti smo okularno odčitali na skali merilca in jih napisali na zapis. Kasneje je računalnik za vsako kalibracijo izračunal korelacijsko odvisnost med višinami na zapisu (v mm) in odčitki na merilcu (dB).

Vsi instrumenti imajo baterijski pogon. Uporabljali smo zanesljive 1,2 voltne Ni-Cd baterije. Polnili smo jih v instrumentih za merjenje vibracij s pomočjo usmernikov B et K tip 2808 in ZG 0113.

Ker je bil mikrofona s kablom povezan z ostalimi instrumenti, je moral strojnik, če je med delom zapustil stroj, sneti in odložiti čelado. Tudi tedaj smo merili jakost ropota, ki ga je mikrofona sprejemal, vendar smo posebej zabeležili čas, ko strojnik ni imel čelade na glavi. Kasneje pri obdelavi podatkov tega časa nismo upoštevali pri izračunu obremenitve strojnika z ropotom oziroma smo upoštevali ta čas z jakostjo hrupa 40 dB(A), kar je bila najpogosteje izmerjena jakost hrupa okolice. Strojnik tedaj res ni bil obremenjen z ropotom, saj je motor tekkel pogosto v prostem teku ali pa je bil ugasnjen in strojnik se je oddaljil od vira ropota. Pri spravlilu s traktorji se je to pogosto dogajalo med zbiranjem in odpenjanjem lesa.

2.1.2 Snemanje časa, učinkov in delovnih razmer

Da bi lahko ugotovili jakost ropota med posameznimi elementi dela smo hkrati naredili tudi študij časa. Ločeno smo snemali po kontinuirni metodi s štoperico Heuer trajanje opisanih delovnih operacij (poglavje 1). Uporabljena je bila metodika časovnega snemanja IGLG. Zastojev med delom nismo podrobneje snemali, ampak smo ločili le objektivne in subjektivne zastoje, medtem ko zastojev in odmorov med ciklusi v splošnem nismo snemali, torej nismo posneli vsega dodatnega časa. Kontinuirno metodo snemanja smo izbrali zato, ker je za obremenitev delavca z ropotom pomembno zaporedje pojavljanja različnih jakosti ropota oz. zaporedje elementov dela. To je tudi nujno za kasnejšo usklajitev zapisa jakosti ropota in posnetega časa elementov dela. Za beleženje časa smo uporabljali snemalne liste IGLG ali pa smo elemente dela in čas samo zaporedoma zapisovali na poseben snemalni list, prilagojen nadaljnji obdelavi podatkov. Elemente dela, ki so bili krajši kot 10 stotink minute, nismo posebej snemali, ampak smo jih vključili v naslednji daljši element dela. Posebnost snemanja časa je bilo beleženje trenutkov, ko je strojnik snel čelado ali jo znova dal na glavo. To se je dogajalo med posameznimi elementi dela ali pogosteje ob koncu enega in začetku drugega elementa. Te trenutke smo posebej beležili na spodnjem robu snemalnega lista. Za kontrolo hitrosti papirja pisalca je bilo treba tudi zaznamovati trenutke, ko smo pognali ali ustavili pisalec. Običajno se je istočasno začelo oz. končalo tudi časovno snemanje dela.

Učinke dela smo ugotavljali z merjenjem premera in dolžine vseh spravljanih kosov lesa s premerko in metrom z običajnim zaokroževanjem na komercialne dimenzije lesa. Merili smo na skladiščih ob kamionski cesti ločeno za vsak ciklus dela. Pri spravlilu drobnega lesa s traktorjem na enem delovišču nismo merili vseh kosov lesa, ampak smo z vzorčenjem sicer homogenih tovorov ugotovili le poprečen volumen kosa in nato ugotavljali le število kosov v tovoru traktorja.

Na hrbtno stran snemalnih listov ali pa posebej smo beležili še podatke o delovišču, terenu oz. stanju vlake, o organizaciji dela, o strojniku in stroju, ki smo jih ugotovili z opazovanjem in v pogovoru s strojnikom. Beležili smo še podatke o razmerah v času snemanja, med njimi tudi o izmerjenem hrupu okolice.

Traktorskim vlakam smo z 25 metrskim merilnim trakom in padomerom izmerili podolžni profil z natančnostjo ± 1 m dolžine in $\pm 1\%$ naklona.

Celotna snemanja ropota in časa sta opravila najmanj dva snemalca. Eden je snemal čas v sečišču in delno spremljal spravilo po vlaki. Drugi je sledil delu na skladišču ob kamionski cesti in po radijski zvezi (walkie-talkie) sporočal prvemu mejne trenutke med elementi dela ter izmeril spravljene količine lesa. Oba sta skrbela za brezhibno delovanje merilnih instrumentov.

2.1.3. Obdelava podatkov

Zbrane podatke terenskih snemanj ropota in časa smo obdelali na različne načine. Meritve frekvenčnega spektra ropota in odvisnosti ropota od števila obratov smo samo zbrali z različnih delovišč in grafično ponazorili. Obremenjenost strojnika z ropotom pa smo lahko ugotovili le z zamudno in obsežno obdelavo v več stopnjah. Najprej je bilo treba časovna snemanja urediti in uskladiti z zapisom jakosti ropota med delom. Na papirni zapis smo vnesli trajanje posameznih elementov dela v zaporedju kot so se pojavljali. Za vsak element dela posebej smo v intervalih 10 sekund ali 3 mm na zapisu odčitavali višino zapisa jakosti ropota nad osnovno črto zapisa v milimetrih z zaokroževanjem na 1 milimeter. Odčitali smo vedno tudi minimalno in maksimalno vrednost jakosti. Te odčitke zapisa smo vpisovali v poseben obrazec prirejen za luknjanje kartic. Poleg odčitkov jakosti smo na kartice luknjali za vsak časovni interval še podatke o elementu dela, ki mu pripada. Računalnik (RRC preko terminala BF) je najprej vsak odčitek preko izračunane korelacijske enačbe kalibracije prevedel iz milimetrov v dB(A) vrednosti. Vse izračune smo vedno naredili iz vseh osnovnih vrednosti jakosti ropota za kak časovni interval in ne iz izračunanih sredin za tisti interval.

Računalniški izpis je bil sestavljen iz treh elementov. V prvem delu je zaporedje pojavljanja elementov dela na posameznih deloviščih in delovnih ciklih z izračuni trajanja, števila odčitkov, aritmetične in kvadratične sredine jakosti ropota, ekvivalentne jakosti ropota, standardnega odklona ter minimuma in maksimuma jakosti ropota za vsak posneti časovni interval. V drugem delu so seštevki istih vrednosti za delovne operacije, za cikle

in za ves dan snemanja ločeno za čas, ko je imel strojnik čelado na glavi in ločeno za čas, ko je bil brez nje, pa še za ves posneti čas skupaj. Tretji del izpisa pa vsebuje številski prikaz razporeditve jakosti ropota v posnetem času po jakostnih razredih širine 2,5 dB(A).

Najustreznejše merilo obremenjenosti človeka z ropotom spremenljive jakosti je ekvivalentna jakost ropota, ki smo jo iz posameznih odčitkov jakosti ropota izračunali z upoštevanjem razpolovnega faktorja $q=3$ po poenostavljenem obrazcu:

$$L_{ekv} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum 10^{0,1 L_i} \right)$$

N - število odčitkov jakosti ropota v časovnem intervalu za katerega računamo L_{ekv}

L_i - odčitana jakost ropota (dB-A vsakih 10 sek)

Ekvivalentna jakost ropota je srednja vrednost jakosti ropota, ki znatno bolj upošteva višje škodljivejše jakosti ropota kot obdobja tišine in je v splošnem višja od obeh sredin, ki smo ju tudi računali (\bar{x} in k). Tako izračunana obremenjenost človeka z ropotom je enakovredna obremenjenosti človeka, če bi bil ves čas izpostavljen enakomernemu ropotu iste jakosti. Ekvivalentna jakost ropota pa ne upošteva cikličnosti pojavljanja ropota, ki tudi vpliva na obremenjenost človeka. Cikličnost pojavljanja ropota smo zato posebej grafično ponazorili s posameznimi tipičnimi primeri.

Odvisnost obremenjenosti strojnikov z ropotom od delovnih razmer smo skušali analizirati tako, da smo uredili ali grupirali delovišča po posameznem dejavniku delovnih razmer in iskali značilne razlike in odvisnosti.

2.2 REZULTATI MERITEV ROPOTA

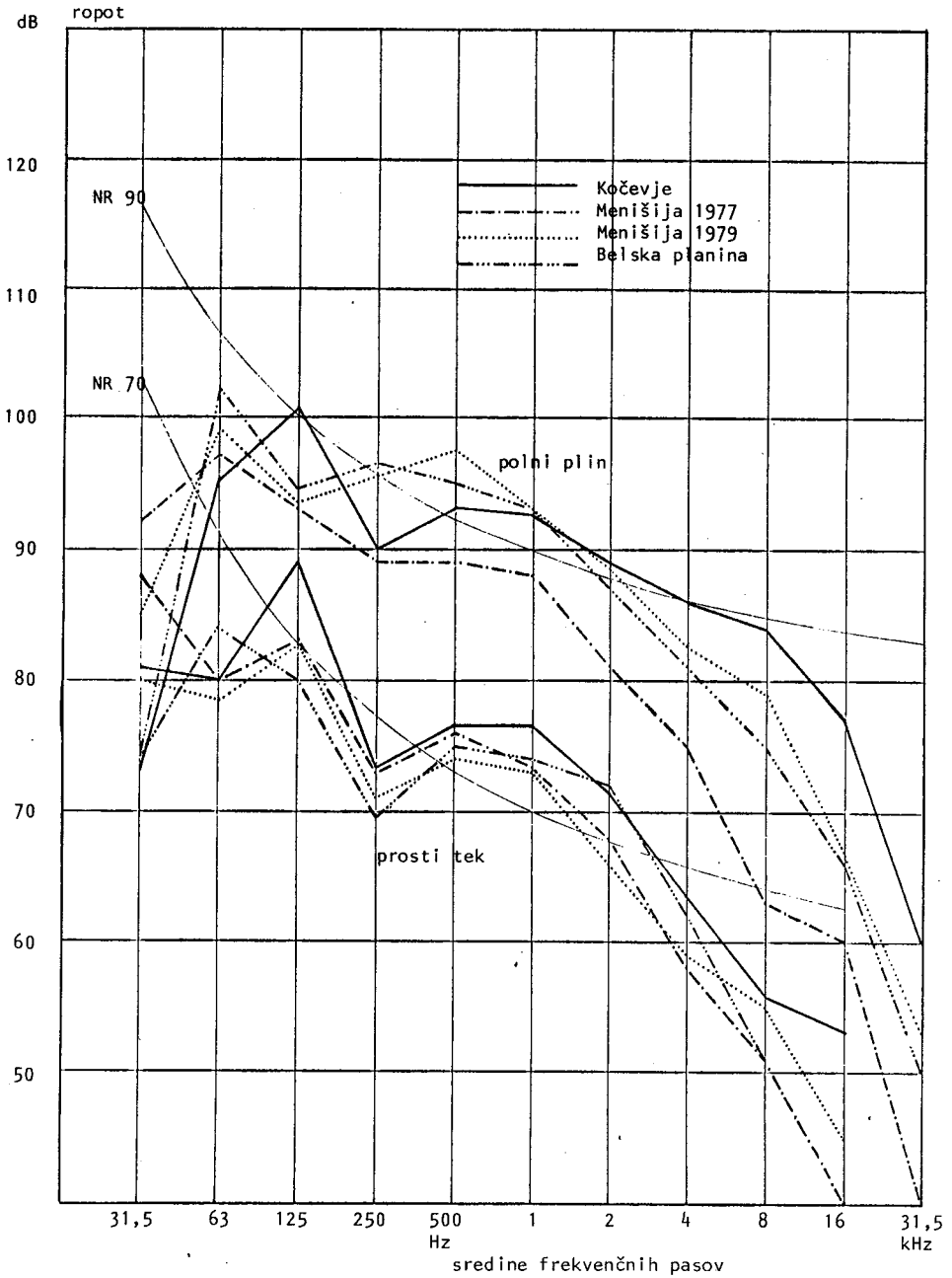
2.2.1 Frekvenčna analiza ropota

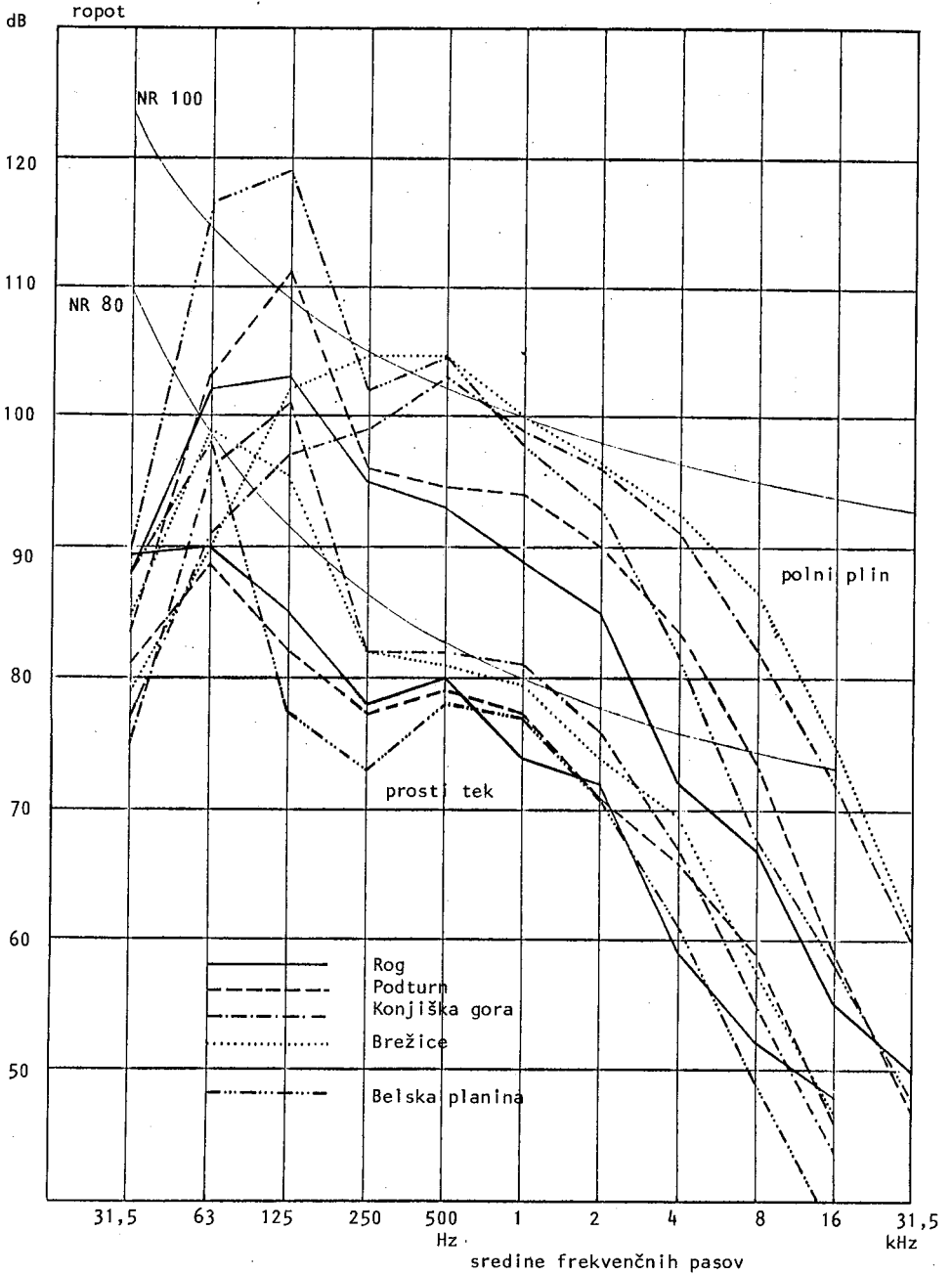
Jakost ropota med obratovanjem motorja lahko štejemo med ergonomske značilnosti stroja. Jakost je različna v posameznih frekvenčnih pasovih. Frekvenčna razporeditev je odvisna od virov ropota, izrabljenosti traktorja, vzdr-

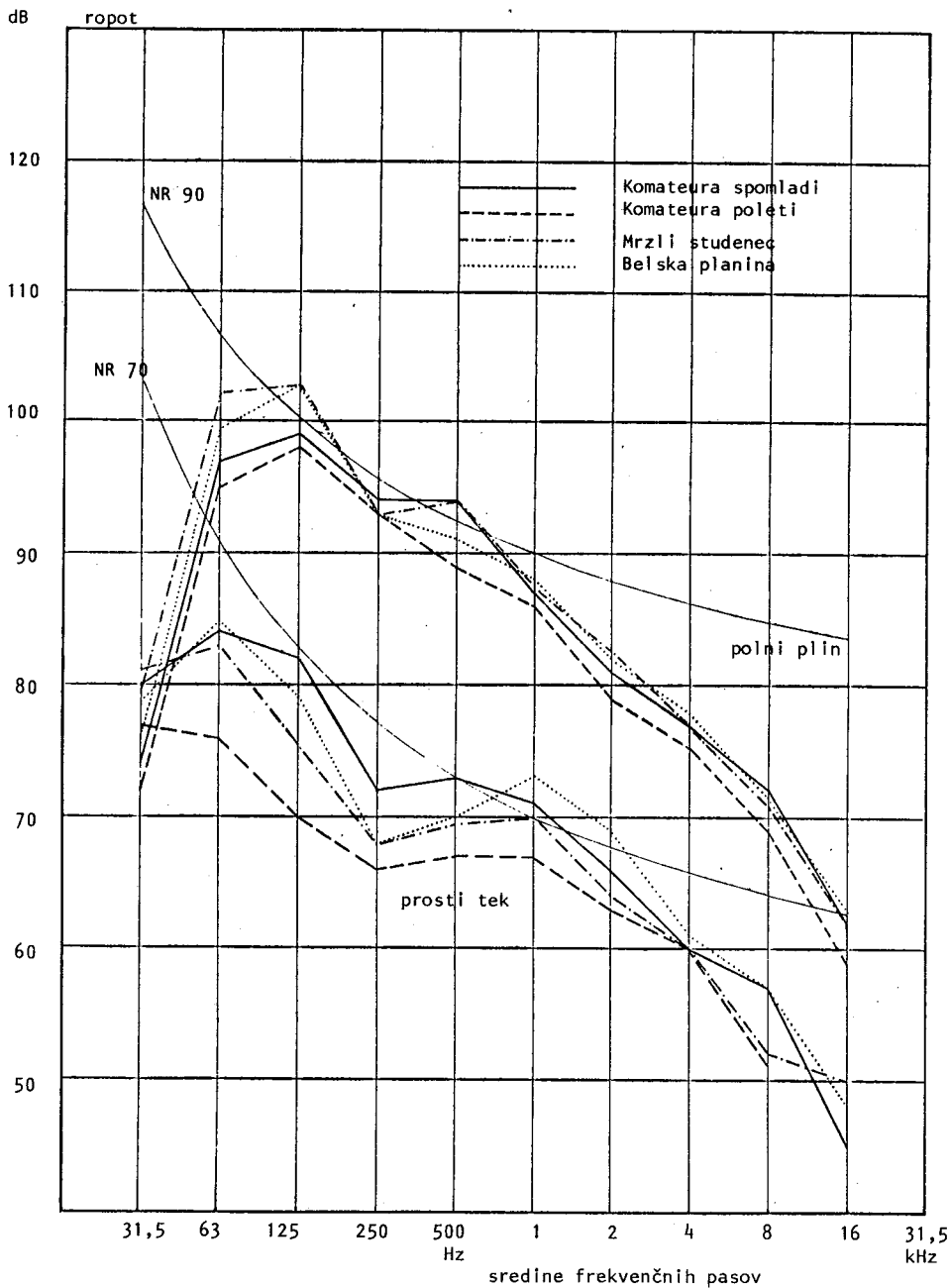
ževanja pa tudi od oblikovanosti delovnega prostora. Med delom se frekvenčna razporeditev podobno kot jakost nepravilno stohastično spreminja. Z razpoložljivo merilno tehniko smo analizirali frekvence ropota med mirovanjem stroja. Analizirali smo jo ob ušesu traktorista, ker nas zanima njen vpliv na obremenjenost delavca z ropotom. Frekvenčna analiza služi tudi za podlago odpravljanja virov ropota, ker iz nje lahko sklepamo na najglasnejše vire. Frekvenčne analize smo opravili med prostim tekom in polnim plinom traktorjev, katerih ropot med delom smo merili na različnih deloviščih. Frekvenčne analize prikazujemo po deloviščih na grafikonih 2-4.

Frekvenčna porazdelitev ropota ob ušesu traktorista univerzalnega kolesnika IMT-558 ima v prostem teku dva izrazita maksimuma. Prvi maksimum nastopi pri frekvencah 125 Hz ali 63 Hz. Drugi maksimum je izrazit, vendar nižji od prvega na širšem frekvenčnem območju od 500 - 2000 Hz. Pri teku motorja s polnim plinom sta oba maksimuma nekoliko premaknjena k nižjim frekvencam; prvi je pri 63 Hz ali 125 Hz, drugi pa na območju od 250 - 1000 Hz. Če frekvenčne porazdelitve primerjamo z občutljivostjo človekovega ušesa vidimo, da je drugi maksimum neugodnejši. Za merilo občutljivosti smo uporabili nonmativne krivulje (Noise rating curves). Grafikon 2 kaže, da pri polnem plinu ropot pri nizkih frekvencah (pri maksimumu) pri večini proučevanih traktorjev ne doseže normativne krivulje 90 NR, na frekvenčnem območju od 250 - 2000 Hz pa jo presega. Podobno je pri delovanju motorja v prostem teku, kjer nizke frekvence ropota ravno dosežejo 70 NR, na območju od 500 - 2000 Hz pa jo precej presežejo.

Frekvenčne porazdelitve ropota so bistveno različne pri obeh proučevanih tipih zgibnih traktorjev. V prostem teku ima Timberjack 209 D s štiritaktnim Perkinsonovim motorjem ropot z izrazitim maksimumom pri 63 Hz. Ta maksimum ropota ne presega normativne krivulje 80 NR. Drugi neizraziti maksimum pri 500 - 1000 Hz je tudi ne dosega. Pri polnem plinu ima ropot pri 125 Hz en izraziti maksimum, ki precej niha okrog normativne krivulje 100 NR. Ropot Timberjacka 208 D z dvotaktnim G.M. motorjem je v prostem teku najvišji med 63 in 125 Hz in presega normativno krivuljo 80 NR. Prav tako jo dosega pri frekvenci 1000 Hz, vendar je tam znatno manjše jakosti. Pri polnem plinu pa ima tip 208 D izrazit maksimum pri višjih, za uho neugodnejših frekvencah med 250 in 500 Hz. Jakost ropota je tedaj okrog 105 dB in nekoliko presega normativno krivuljo 100 NR. Po jakosti ropota je imel







najvišje vrednosti zgibni traktor Timberjack 209 D, posnet na delovišču Belska planina (lin 121 dB). Temu je lahko vzrok tudi s treh strani s steklom zaprta kabina pri tem traktorju, kjer prihaja do odboja ropota. Človekovemu ušesu enako škodljiv (105 dBA) pa je ropot traktorja Timberjack 208 D, ker nastopa na širokem višjem frekvenčnem območju.

Frekvenčna porazdelitev ropota goseničnega traktorja FIAT 505 C ima tudi samo en izrazit maksimum. V prostem teku je ta maksimum pri 63 Hz, pri polnem plinu pa pri 125 Hz. Pri prostem teku presega ropot normativno krivuljo 70 NR samo pri 1000 Hz. Pri polnem plinu ropot nekoliko presega normativno krivuljo 90 NR pri 125 in 500 Hz.

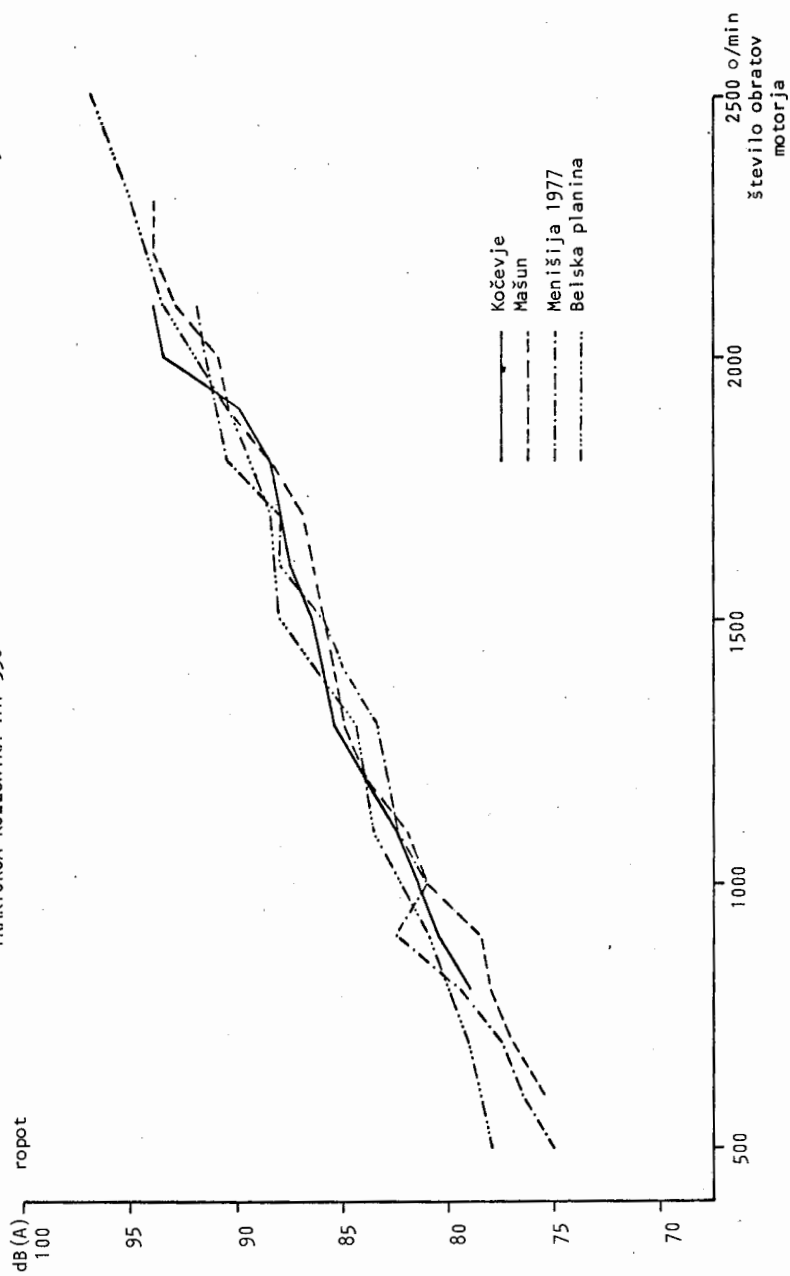
Če primerjamo frekvenčne porazdelitve vseh treh traktorjev med seboj, lahko ugotovimo, da ropot neobremenjenega motorja zavzema najširše frekvenčno območje pri univerzalnem kolesniku in najožje pri goseničarju. Jakost ropota je največja pri zgibniku, najmanjša pa pri goseničarju. Pri meritvah ropota med delom smo ugotovili višje jakosti ropota kot pri neobremenjenem motorju (maksimalni obrati) traktorja, ko je miroval. Ropota torej pri delu ne povzroča samo motor, pač pa še prenosni moči, podvozje in drugi deli stroja. Frekvenčne porazdelitve ropota med delom nismo mogli ugotoviti, vendar domnevamo, da je podobna opisanim, saj je motor vendarle glavni vir ropota.

2.2.2 Ropot in število obratov motorja

Ropot pri strojih je odvisen od režima obratovanja stroja. Običajno se z večanjem števila obratov motorjev z notranjim izgorevanjem ropot povečuje. Pri traktorjih smo na posameznih deloviščih izmerili jakost ropota pri različnem številu obratov neobremenjenega motorja od prostega teka do polnega plina. Število obratov smo odčitavali na merilcu obratov, ki je vgrajen na traktor. Pri zgibniku, ki takega merilca nima, pa smo merili le ropot pri enakomernem dodajanju plina v več stopnjah. Merili smo tudi ob ušesu traktorista, medtem ko je gledal naprej. Izmerjene jakosti ropota v dB(A) vrednostih so prikazane po deloviščih na grafikonih 5-7.

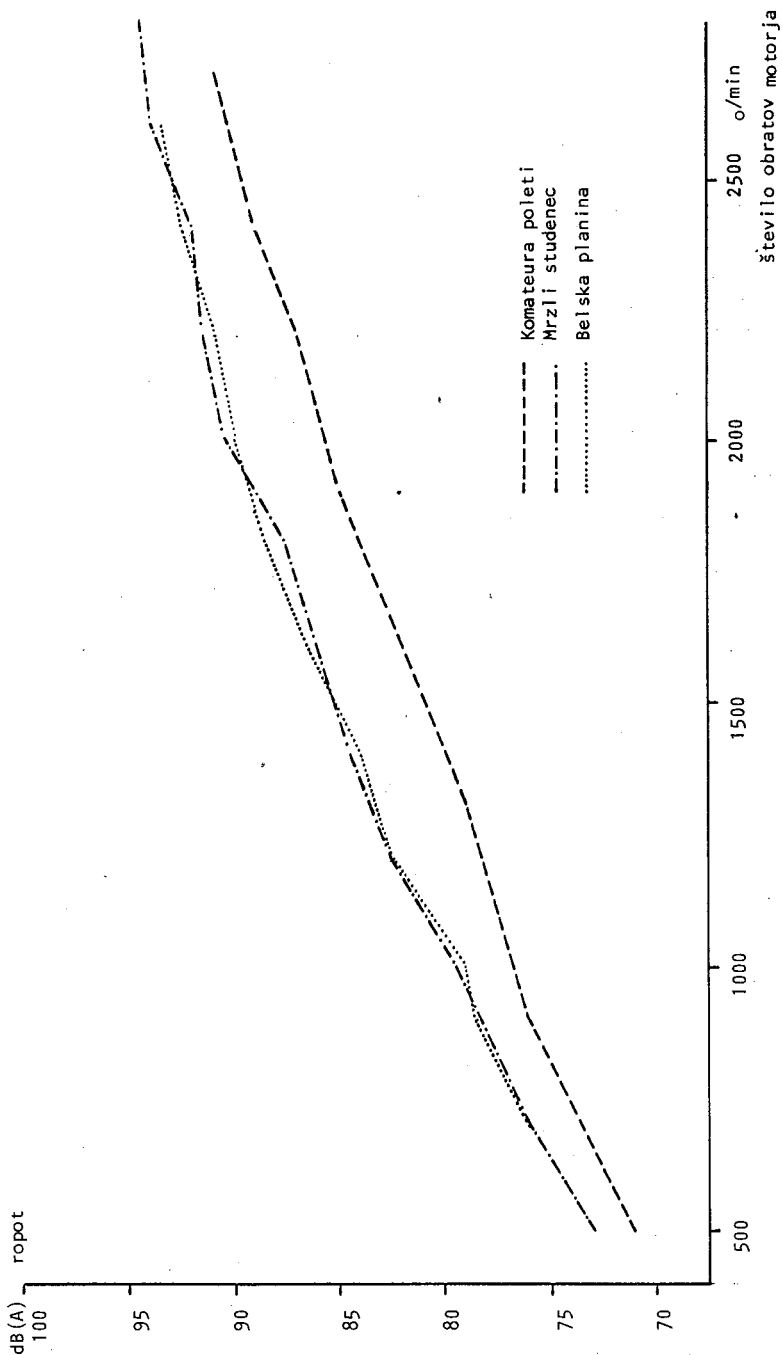
ODVISNOST JAKOSTI ROPOTA OD ŠTEVILA OBRATOV MOTORJA
 TRAKTORJA KOLESNIKA IMT 558

Graf. 5



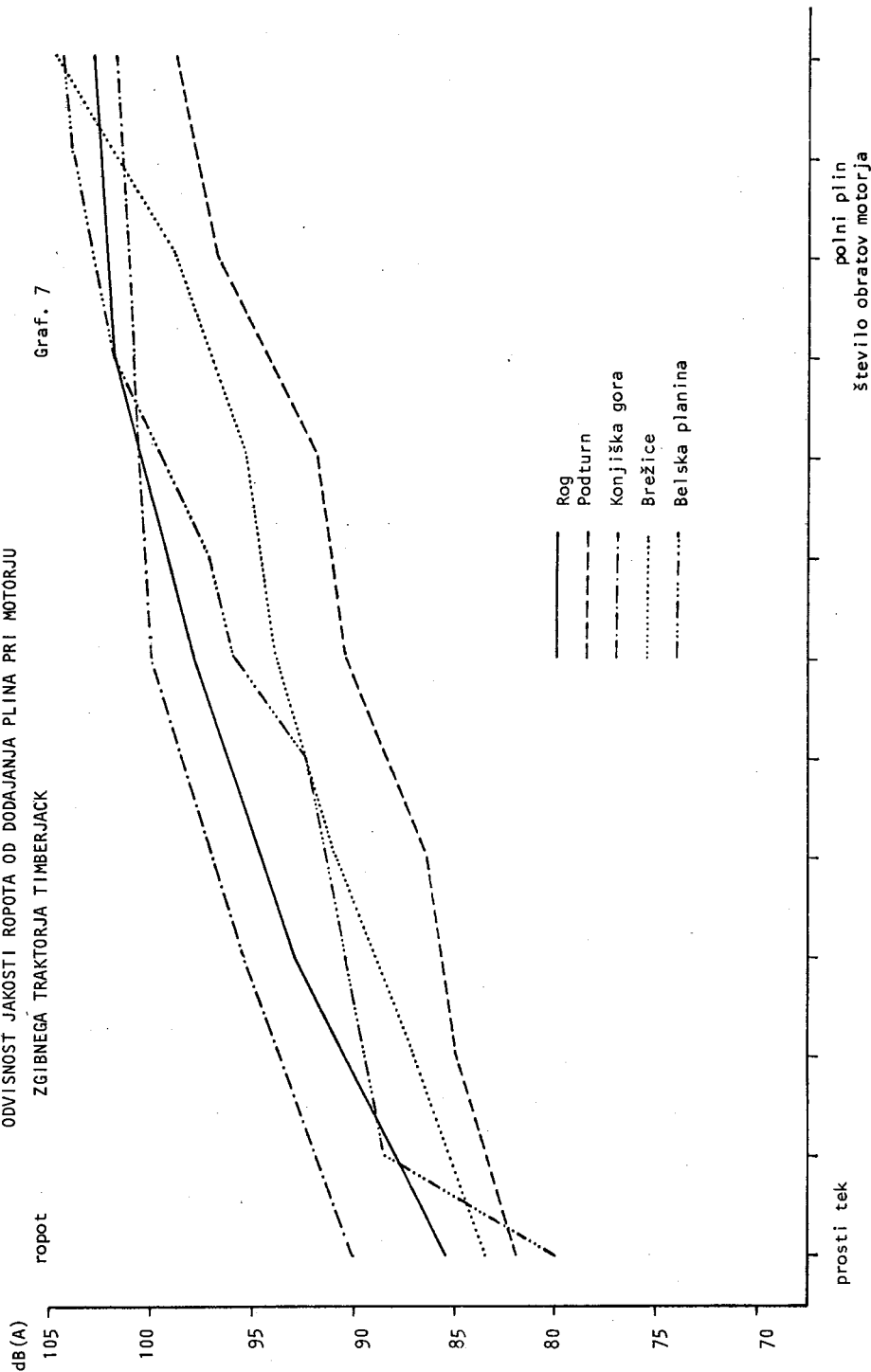
ODVISNOST JAKOSTI ROPOTA OD ŠTEVILA OBRATOV MOTORJA
TRAKTORJA GOSENIČARJA FIAT 505 C

Graf. 6



ODVISNOST JAKOSTI ROPOTA OD DODAJANJA PLINA PRI MOTORJU
ZGIBNEGA TRAKTORJA TIMBERJACK

Graf. 7



Ropot neobremenjenih traktorjev se s povečevanjem števila obratov povečuje pri večini traktorjev linearno. Pri posameznih traktorjih goseničarjih in posameznih zgibnikih (Mrzli studenec, Belska planina - FIAT, Rog, Konjiška gora) pa se ropot povečuje po blago upognjeni degresivni krivulji. To pomeni, da se ropot teh traktorjev pri manjših obratih hitreje, zlasti pri večjih obratih pa počasneje povečuje kot število obratov. Vzrok je lahko v napakah merjenja obratov motorja (traktorski merilec) ali v spremembah frekvenčnih porazdelitev ropota pri različnem številu obratov. Merili smo namreč dB(A) vrednosti jakosti ropota, ki nizke frekvence ropota upoštevajo manj od visokih. Razlike so majhne in lahko ugotovimo, da se ropot ob ušesu traktorista povečuje pri vseh treh traktorjih linearno s povečevanjem števila obratov.

Iz izmerjene jakosti ropota med posameznimi delovnimi operacijami bi lahko na podlagi opisanih meritev sklepali na poprečno število obratov, s katerimi stroj dela med delom. Vendar pa je to mogoče narediti le relativno, saj je ropot obremenjenega traktorja drugačen in večji, kot ropot neobremenjenega traktorja. Neposreden izračun števila obratov motorja med delom iz jakosti ropota med delom ni mogoč, čeprav gotovo velja, da pomeni večji ropot tudi večje število obratov motorja.

Pri vseh treh traktorjih opazimo povečevanje jakosti ropota z enako stopnjo (črte na grafikonih 5-7 so približno vzporedne) vendar na različnih nivojih. Najbolj ropota zgibnik, najmanj pa goseničar.

2.2.3 Delovne razmere na deloviščih spravila lesa s traktorji

Za snemanja ropota traktorjev med delom oziroma ugotavljanja obremenitev traktoristov smo izbirali zelo raznolika delovišča, da bi zajeli najrazličnejše delovne razmere. Ropot vseh treh traktorjev smo posneli tudi na enem delovišču v zelo podobnih razmerah na Pokljuki (Belska planina), da bi lažje primerjali traktorje med seboj. Ropot smo snemali na vsakem delovišču po en delovni dan oziroma 4-9 ciklusov. Pri obdelavi smo upoštevali samo cikluse, ki so bili brezhibno in v celoti posneti. Na večini delovišč smo snemali tudi vibracije traktorja na sedežu in na ohišju pod sedežem. Za vse obdelane

cikluse snemanja ropota prikazujemo podatke o deloviščih, vlakah, organizacijski obliki dela, traktoristih in učinkih dela v tabeli 3. Ropot smo snemali v letih 1977 do 1979 v družbenih gozdovih na območju gozdnih gospodarstev Bled, Brežice, Celje, Kranj, Kočevje, Novo mesto in Postojna.

Iz tabel povzemamo, da smo pri obdelavi ropota upoštevali od 3 do 7 ciklusov dela na posameznih deloviščih. Posneli smo po 5 delovišč pri zgibniku in goseničarju in 6 delovišč pri adaptiranem kolesniku. Skupno število obdelanih ciklusov dela je bilo pri IMT-558 32, pri zgibniku 27 in pri goseničarju 24.

Univerzalni traktor kolesnik je spravljal les na blago do srednje strmih, navzdol nagnjenih vlakah. Na vlakah so bili le blagi krajši protivzponi. Izračunali smo koeficient naklona, ki pove višinske razlike na vlaki ne glede na smer naklona in boljše označuje vlako kot poprečni naklon vlake. Pri traktorju IMT znašajo koeficienti naklona vlak od 2 - 16% ali v povprečju 7,5%. Razdalje vlačjenja so bile razen v Selcah kratke in so znašale od 150 do 1230 m ali v povprečju 400 m. To je manj kot znaša poprečna pravilna razdalja v Sloveniji (REMIC, 1978), namreč 607 m. Vlake so bile pretežno suhe in zemljate, v posameznih primerih tudi mokre in kamenite (Mašun, Menišija 1979). Organizacija dela je bila v večini primerov taka, da je traktorist delal brez pomožnega delavca. Pomožni delavci so delali pri zbiranju lesa samo pri spraviu drobnega lesa v Kočevju in pri spraviu borovine v Selcah, ko je tekel hkrati tudi tečaj GŠC za traktoriste. Razen v Selcah so bila vsa druga delovišča redna delovišča tekočega pridobivanja lesa. Les, ki ga je traktor vlačil, je bil dolg les (od 6 - 12 m) iglavcev s posameznimi krajšimi kosi (sortimenti). V večini primerov je bil les neolupljen. Tudi kubaturo tovorov lesa smo ugotavljali skupaj z lubjem in lubja nismo odštevali. Na posameznih deloviščih je bilo med snemanjem ropota spravljeno od 14 do 83 kosov ali skupaj 229 kosov s skupno kubaturo od 4,20 do 16,90 m³ oziroma skupaj 77,48 m³.

Zgibni traktor Timberjack je spravljal les tudi na navzdol nagnjenih vlakah, ki so bile bolj strme in znatno daljše kot pri adaptiranem kolesniku. Tudi na teh vlakah so bili krajši odseki po ravnem ali blagi protivzponi. Koeficienti naklona vlak so bili tu od 10-22% ali poprečno 15,5%. Razdalje vlačjenja so bile razen na Konjiški gori in Belski planini dolge in so znašale od 200 do 1720 m ali poprečno 700 m. To je nekaj manj kot znaša poprečna

DELOVNE RAZMERE PRI SNEMANJU ROPOTA KOLESNIKA IMT 558

Tab. 3

Krajevno ime	Delovišče		Vlaka		Traktorist			Učinki spravila			
	Št.	Število obdelanih cikl.	Organizacijska oblika dela	Dolžina	Koeficient naklona	Začetnici	Starost	Delovna doba kot traktorist	Telesna višina	Vrsta lesa	Spravljena količina število kùbatura kosov
	št.		m	%		leta	leta	cm	št.	m ³	
Kočevje	6	I+1	375	6,4	M.G.	48	9	168	83	15,16	
Mašun	3	I+0	200	15,9	R.U.			172	14	6,78	
Menišija 1977	6	I+0	215	9,4	M.	22		176	49	16,90	
Selce	4	II+2	1230	6,1	V.O.	23	0	180	33	4,20	
Menišija 1979	7	I+0	400	2,0					30	20,02	
Belska planina primerjava	6	I+0	150	10,1	S.L.	45	8	176	20	14,42	
Skupaj	32		400	7,5					229	77,48	

DELOVNE RAZMERE PRI SNEMANJU ROPOTA ZGIBNIKA TIMBERJACK 208 D in 209 D

Tab. 3a

Krajevno ime	Delovišče		Vlaka		Traktorist		Učinki spravila				
	Št.	Število obdelanih ciklusov	Organizacijska oblika dela	Dolžina m	Koeficient naklona %	Začetnici	Starost leta	Delovna doba kot traktorist leta	Telesna višina cm	Vrsta lesa	Spravljena količina število kubatura kosov
Rog (209 D)	7	I+sekač	1000	10,8	Z.Š.	7	bu dolg (je posam.) db	46	33,74		
Podturn (209 D)	4	I+I	700	21,5	D.H.	49	19	172	bu dolg iz debeljaka	18	21,82
Konjiška gora (208 D)	7	I+I	200	19,7	A.G.	6	6	175	je debla neol.db	19	27,10
Brežice	4	I+I+s	1720	10,6	M.M.	26	6	178	bu dolg (hr) db	37	13,75
Bejska planina primerjava 209 D)	5	I+0	215	15,9	A.P.	31	1	178	sm dolg neol.db	45	29,70
Skupaj	27		708	15,5						165	126,11

DELOVNE RAZMERE PRI SNEMANJU ROPOTA GOSENIČARJA FIAT 505 C

Tab. 3b

Delovišče	Vlaka		Traktorist		Učinki spravila						
	Število obdelanih cikl.	Organizacijska oblika dela	Dolžina	Koeficient naklona	Začetnici	Starost	Delovna doba kot traktorist	Telesna višina	Vrsta lesa	Spravljena količina število kosov	št.
Krajevno ime	št.	m	‰	leta	leta	cm					
Komateura-spomladi	7	1+1	570	20,0	F.č.	38	5	180	sm sort.neol.db	50	11,27
Komateura-poleti	4	1+1	690	21,1	J.K.	45	2		sm sort.olup.db.	31	7,21
Mrzli studenec	5	1+0	237	10,6	V.K.	22	2	176	sm debela neol.dg	109	6,92
Belska planina	3	1+0	244	19,0	J.M.	41	3	174	sm dolg neol.db	15	4,75
Belska planina primerjava	5	1+0	215	15,9	J.M.	41	3	174	sm dolg nel.db	18	8,80
Skupaj	24		400	17,2					sm	223	38,95

spravilna razdalja v Sloveniji (REMIC, 1978), namreč 777 m. Vlake so bile pretežno zemljate in suhe. Le del vlake na Rogu in vsa vlaka v Brežicah je bila blatna. Na Konjiški gori je bila vlaka zasnežena z nekaj centimetri svežega snega. Organizacijska oblika dela je bila taka, da je traktoristu vedno pomagal pomožni delavec ali pa sekač (v Brežicah oba). Samo pri primerjalnem snemanju na Belski planini smo namenoma snemali delo brez pomožnega delavca. Traktor je vlačil dolg les ali cela debela iz sestojev debeljaka. To je bil dolg bukov les, jelova debela (na Konjiški gori) in smrekov neolupljen dolg les (na Belski planini). Na posameznih deloviščih je bilo med snemanjem ropota spravljeno 18 do 37 kosov ali skupaj 165 kosov lesa s kubaturami od 13,75 do 33,74 m³ ali skupaj 126,11 m³ lesa.

Gosenični traktor FIAT 505 C je spravljal les v poprečju na najstrmejših vlakah. Spravilo je vedno teklo navzdol, na spodnjem delu vlake pred prihodom na kamionsko cesto je bil skoro na vseh vlakah kratek blag protivzpon. Strmino in protivzpone je traktor premagoval normalno npr. brez vzvratne vožnje ali postopnega privlačevanja tovora. Koeficienti naklona so znašali od 11-21% ali poprečno 17,2%. Razdalje vlačjenja so bile v relativno ozkem razponu od 215 do 690 m ali v poprečju 400 m. To je nekaj manj kot znaša poprečno pravilna razdalja s tem traktorjem v Sloveniji (448 m REMIC - 1978). Vlake so bile skoro povsod zemljate in suhe. Vlaka na Komateuri je bila v spodnjem delu močno kamnita, neravna in blatna, saj je potekala ob strugi hudournega potoka. Vlaka na Mrzlem studencu pa je imela precej ovir na vlaki - skale, panje, neravnosti, ki so zahtevale počasnejšo vožnjo. Organizacijsko je na območju GG Kranj traktoristu pri zbiranju pomagal pomočnik, na območju GG Bled pa je traktorist delal sam. Traktor je vlačil le smrekov les različnih dimenzij v večini primerov iz sestojev debeljaka (razen na Mrzlem studencu). Les je bil neolupljen (razen na Komateuri poleti) in med snemanji ropota je bilo spravljeno od 15 do 109 kosov oziroma skupaj 223 kosov ali 4,75 do 11,27 m³ oziroma skupaj 38,95 m³.

Učinki spravila lesa so močno odvisni od uporabljenega traktorja, razdalje spravila, vrste lesa, velikosti posameznega kosa in velikosti tovora v posameznem ciklusu dela. V tabeli 4 prikazujemo ločeno po deloviščih poprečne kubature tovorov, število in kubature kosov v tovoru. Hkrati smo izračunali tudi poprečni produktivni čas enega delovnega ciklusa in dnevni učinek med snemanji ropota. Vse poprečne podatke za posamezen traktor primerjamo

PODATKI O POPREČNIH TOVORIH IN UČINKIH SPRAVILA LEŠA MED SNEMANJEM ROPOTA

Tab.4

Traktor Delovišče	KOLESNIK IMT 558						ZGIBNIK TIMBERJACK						GOSENIČAR FIAT 505 C								
	Kočevje	Mašun	Menišija 1977	Selce	Menišija 1979	Belska planina	širša snemanja Vsa delovišča	Rog	Podturn	Konjiška gora	Brežice	Belska planina	širša snemanja Vsa delovišča	Komateura spomladi	Komateura poleti	Mrzli studenec	Belska planina	Belska planina	širša snemanja Vsa delovišča		
Poprečna kuba- tura kosa m ³	0,18	0,48	0,34	0,13	0,66	0,72	0,34	0,32	0,73	1,21	1,43	0,37	0,66	0,23	0,23	0,06	0,32	0,49	0,17	0,23	
Poprečno šte- vilo kosov št.	13,8	4,7	8,2	8,3	4,3	3,3	7,16	6,6	6,6	4,5	2,7	9,3	9,0	7,1	7,8	21,8	5,0	3,6	9,3	10,5	
Poprečna kuba- tura tovora m ³	2,53	2,26	2,82	1,05	2,86	2,40	2,42	2,14	4,82	5,46	3,87	3,44	5,94	1,61	1,8	1,38	1,58	1,76	1,62	2,38	
Produktivni čas 1 ciklusa min	36,12	23,15	25,72	42,15	26,71	14,52	27,60	30,96	35,95	30,07	20,68	52,46	25,49	31,63	27,77	30,93	32,91	25,61	36,40	24,25	29,45
Dnevni delovni učinek m ³	25,42	35,42	39,79	9,04	38,86	60,00	31,82	25,08	49,45	66,97	69,02	24,19	85,95	19,85	20,86	20,55	16,55	27,67	20,98	33,82	
Poprečna razda- lja spravila m	375	200	215	1230	400	150	400	545	1000	700	200	1720	215	708	463	237	244	215	400	306	

s poprečji, ki so bila ugotovljena pri obsežnejših snemanjih (KRIVEC, MORI).

Kolesni traktor IMT-558 je spravljal les s poprečno kubaturo kosa $0,34 \text{ m}^3$. Na dveh deloviščih (Kočevje in Selce) je bil les izrazito droben. Poprečni tovari traktorja pri vlačanju so vsebovali $7,2$ kosov s kubaturo $2,42 \text{ m}^3$. Poprečna kubatura tovora se je gibala razen na izrednem delovišču v Selcah v ozkih okvirih od $2,26$ do $2,86 \text{ m}^3$. Dnevni učinki spravila so poprečno znašali 32 m^3 . To je več kot pri širših snemanjih drugih, vendar je razumljivo, saj je bil pri snemanjih ropota poprečni tovor ciklusa nekaj večji, razdalja spravila pa krajša.

Zgibni traktor Timberjack je spravljal največje kose lesa, saj je poprečna kubatura kosa znašala $0,76 \text{ m}^3$. Poprečni tovor je imel $6,1$ kosov in kubaturo $4,67 \text{ m}^3$. Po posameznih deloviščih je poprečna kubatura tovorov nihala med $3,44$ in $5,94 \text{ m}^3$. Zaradi velikih kosov in velikih tovorov je bil med snemanji ropota dnevni učinek večji kot pri širših snemanjih, čeprav je bila pravilna razdalja znatno večja.

Traktor goseničar FIAT 505 C je spravljal najdrobnejši les. Poprečna kubatura kosa je bila le $0,17 \text{ m}^3$ in v enem poprečnem tovoru je bilo $9,3$ kosov lesa oziroma $1,62 \text{ m}^3$ lesa. Tudi tu je poprečna kubatura tovora pri vlačanju lesa po posameznih deloviščih le malo nihala od $1,38$ do $1,76 \text{ m}^3$. Učinki so bili med snemanjem ropota nižji kot pri drugih snemanjih, saj sta bili velikost kosov in velikost tovorov manjši, pravilna razdalja pa večja.

Lahko ugotovimo, da smo snemanja ropota opravili pri zelo podobnem načinu ali intenzivnosti dela, kot je to bilo pri obsežnejših časovnih študijah drugih. Primerjava potrebnega produktivnega časa pri snemanjih ropota in pri širših časovnih snemanjih v enakih poprečnih delovnih razmerah pokaže presenetljivo podobnost. Primerjavo časa in učinkov prikazuje tabela 5.

Traktor	IMT 558		TIMBERJACK		FIAT 505 C	
	Snemanja ropota	Snemanja učinkov (KRIVEC)	Snemanja ropota	Snemanja učinkov (KRIVEC)	Snemanja ropota	Snemanja učinkov (MORI)
Spravilna razdalja m	399	400	708	700	398	400
Kubatura kosa lesa m ³	0,34	0,34	0,76	0,76	0,17	0,23
Kubatura tovara lesa m ³	2,42	2,67	4,67	5,50	1,62	2,38
Produktivni čas 1 ciklusa min	27,6	27,7	31,6	36,6	29,5	29,5
Dnevni delovni učinek m ³ /8 ur	31,8	35,0	78,6	55,4	21,0	30,8

Ropot med pravilom lesa s traktorji močno niha. Tudi poprečna jakost ropota oziroma obremenitev traktorista z njim je različna med različnimi delovnimi operacijami. Za dnevno obremenitev traktorista z ropotom je prav gotovo pomembna časovna struktura delovnega časa oziroma delež posameznih elementov dela v delovnem času. Kadar poznamo jakost ropota med posameznimi elementi dela, lahko iz časovne strukture izračunamo dnevno obremenitev delavca z ropotom. V tabelah 6-8 prikazujemo strukturo delovnega časa med snemanji ropota po deloviščih in poprečno za vsako vrsto traktorjev. Ker dodatnega časa nismo snemali v celoti, smo ga povzeli po drugih obsežnejših snemanjih (KRIVEC, MORI) in sicer za univerzalni kolesnik IMT 558 v višini 24%, za zgibnik Timberjack 22% in za goseničar 18% produktivnega časa. Med snemanji ropota smo namreč posneli pri IMT 558 samo 11%, pri zgibniku in goseničarju pa 14% dodatnega časa, saj smo med odmori prekinili snemanje ropota.

Tabele 6-8 kažejo, da je med snemanjem ropota odpadlo pri traktorjih kolesnikih IMT 558 na prazno in polno vožnjo od 28-49%, na zbiranje lesa 18-34% in na odpenjanje ter rampanje lesa 12-19% delovnega časa. Pri pravilu lesa z zgibniki je bilo od 17-58% voženj, 19-46% zbiranja lesa in 3-16% del na

STRUKTURA ČASA PRI SNEMANJU ROPOTA
UNIVERZALNI KOLESNIK IMT-558

Tab. 6

Delovišča Elementi dela	Kočevje	Mašun	Menišija 1977	Selice	Menišija 1979	Belška planina	Povprečno vsa delovišča
	% delovnega časa						%
Prazna vožnja	14,2	22,6	16,1	19,8	23,4	14,5	18,2
Razvlačevanje	4,5	8,0	6,5	3,1	1,5	10,2	4,8
Vežanje	19,2	16,3	22,8	12,0	12,8	14,4	16,5
Privlačevanje	6,2	7,5	5,0	3,5	4,3	8,6	5,4
Polna vožnja	17,4	12,6	14,9	29,0	26,6	13,9	20,4
Odvezovanje	11,0	10,0	13,4	7,3	9,2	12,7	10,4
Rampanje	8,1	3,6	1,9	5,9	2,8	6,3	4,9
Produktivni čas	80,6						80,6
Dodatni čas	19,4						19,4
Delovni čas	100,0						100,0

STRUKTURA ČASA PRI SNEMANJU ROPOTA
ZGIBNI TRAKTOR TIMBERJACK

Tab. 7

Delovišča Elementi dela	Rog	Podturn	Konjiška gora	Brežice	Belška planina	Povprečno vsa delovišča
	% delovnega časa					%
Prazna vožnja	26,8	27,5	19,2	27,6	11,1	23,5
Razvlačevanje	5,4	9,6	7,4	4,5	15,1	7,5
Vežanje	9,8	5,6	14,8	13,5	25,5	13,4
Privlačevanje	3,4	6,4	6,1	2,9	5,7	4,5
Polna vožnja	30,7	29,5	18,9	25,0	8,9	23,9
Odvezovanje	3,8	1,6	3,3	5,7	10,6	4,8
Rampanje	2,1	1,8	12,4	2,8	5,1	4,4
Produktivni čas	82,0					82,0
Dodatni čas	18,0					18,0
Delovni čas	100,0					100,0

STRUKTURA ČASA PRI SNEMANJU ROPOTA
GOSENIČAR FIAT 505 C

Tab. 8

Delovišča Elementi dela	Komateura spomladi	Komateura poleti	Mrzli studenc	Belška planina	Belška planina primerjava	Povprečno vsa delovišča
	% delovnega časa					%
Prazna vožnja	26,6	29,4	19,6	36,7	31,7	28,3
Razvlačevanje	4,5	3,0	9,7	6,5	6,3	5,8
Vežanje	9,2	9,3	15,7	7,5	10,1	10,2
Privlačevanje	3,6	4,5	6,2	3,4	5,3	4,5
Polna vožnja	28,2	23,2	20,0	20,7	17,6	22,8
Odvezovanje	10,1	11,1	9,5	7,4	9,4	9,7
Rampanje	2,5	4,2	4,0	2,5	4,3	3,4
Produktivni čas	84,7					84,7
Dodatni čas	15,3					15,3
Delovni čas	100,0					100,0

skladišču ob kamionski cesti. Pri spravilu lesa z goseničarji je bilo potrebno za vožnjo 49-57%, za zbiranje 17-32% in za odpenjanje ter rampanje 10-15% delovnega časa. Relativno visok odstotek potrebnega časa za zbiranje lesa, zlasti pri zgibniku in univerzalnem kolesniku je lahko posledica krajših spravnih razdalj in drobnejšega lesa ali nedosledno izpeljane priprave dela. Priprava dela je bila namreč na deloviščih, kjer smo snemali ropot, zelo različno izvršena, ponekod zelo dobro, drugod pa je skoraj ni bilo. Primerjava povprečne strukture časa med snemanjem ropota s strukturo časa pri drugih obsežnejših snemanjih (KRIVEC, MORI) pokaže, da pomenijo pri snemanju ropota obeh kolesnikov vožnje nekaj manjši časovni delež kot pri drugih obsežnejših snemanjih, pri goseničarju pa večji delež. Obremenitev traktorista pri rednem vsakodnevem delu bi bila zato dejansko lahko pri obeh kolesnikih nekaj večja, pri goseničarju pa nekaj manjša od ugotovljene. Vendar se strukture časa med seboj ne razlikujejo bistveno, tako da lahko pričakujemo tudi podobne obremenitve z ropotom.

2.2.4 Obremenjenost traktorista z ropotom pri spravilu lesa s traktorjem

Obremenjenost traktorista smo izrazili z ekvivalentno jakostjo ropota po posameznih produktivnih elementih dela. Obdobja tišine in obdobja, ko traktorist zapusti traktor so upoštevana z vrednostjo 40 dB(A), kar je bila najpogosteje izmerjena hrupnost okolja v gozdu. Tabele 9-14 prikazujejo poleg obremenjenosti med produktivnim časom še izmerjeno ekvivalentno jakost ropota med objektivnimi in subjektivnimi zastoji.

Obremenjenost traktorista z ropotom je bila pri univerzalnem kolesniku in pri goseničarju podobna, pri delu z zgibnikom pa znatno večja. Pri spravilu s traktorjem IMT 558 je znašala obremenjenost v vsem produktivnem času po deloviščih od 85,8 do 96,1 dB(A), med posameznimi delovnimi operacijami v poprečju od 76 do 95,7 dB(A) ali skupaj poprečno 91,5 dB(A) v produktivnem času. Pri delu z goseničarjem je bila obremenjenost z ropotom še nekaj nižja, po deloviščih od 86 - 93 dB(A), po operacijah od 64 do 93 dB(A) ali skupaj 89,8 dB(A). Pri spravilu lesa z zgibnikom je bil ropot znatno večji, saj je znašala obremenjenost traktorista po posameznih deloviščih od 92,6 do 99,6 dB(A) oziroma po posameznih elementih dela od 82 - 101 dB(A) ali

OBREMENJENOST TRAKTORISTA Z ROPOTOM PRI SPRAVILU LESA
S TRAKTORJEM KOLESNIKOM IMT-558

Tab. 9

Delovišča	Kočevje	Mašun	Menišija 1977	Selce	Menišija 1979	Belška planina	Povprečno vsa delovišča
Elementi dela	$L_{ekv} - dB(A)$						
Prazna vožnja	88,8	90,5	90,3	93,8	94,8	90,8	92,6
Razvlačevanje	79,3	40,0	40,0	82,3	40,0	40,0	76,0
Vežanje	77,4	73,5	58,0	81,7	40,0	40,0	75,9
Privlačevanje	84,4	88,8	88,2	90,4	93,9	86,7	89,3
Polna vožnja	89,1	88,2	91,9	93,8	99,6	92,3	95,6
Odvezovanje	82,5	40,0	66,3	81,6	40,0	77,3	78,6
Rampanje	87,1	91,6	88,9	89,6	94,6	91,5	90,3
Produktivni čas	85,8	86,5	86,9	91,6	96,7	87,8	91,3
Zastoji objektivni	80,2	73,7	71,1	86,3	85,8	71,6	82,2
subjektivni	78,1	84,6	82,8	83,7		80,3	82,4

OBREMENJENOST TRAKTORISTA Z ROPOTOM PRI SPRAVILU LESA
Z ZGIBNIM TRAKTORJEM TIMBERJACK

Tab. 10

Delovišča	Rog	Podturn	Konjiška gora	Brežice	Belška planina	Povprečno vsa delovišča
Elementi dela	$L_{ekv} - dB(A)$					
Prazna vožnja	101,1	108,2	99,8	102,8	97,0	101,1
Razvlačevanje	79,2	83,4	88,2	70,7	40,0	82,2
Vežanje	82,6	80,2	87,0	76,5	40,0	81,8
Privlačevanje	97,2	87,8	94,6	95,0	94,9	94,8
Polna vožnja	108,8	97,6	96,6	101,1	98,8	100,0
Odvezovanje	40,0	85,6	88,6	86,6	74,0	83,9
Rampanje	99,2	96,4	99,4	100,7	95,3	98,9
Produktivni čas	99,3	96,8	96,1	99,6	92,6	98,0
Zastoji objektivni	86,0	80,8	88,5	82,1	40,0	85,7
subjektivni	87,9	86,0	92,8	92,9	81,6	90,3

OBREMENJENOST TRAKTORISTA Z ROPOTOM PRI SPRAVILU LESA
S TRAKTORJEM GOSENIČARJEM FIAT 505 C

Tab. 11

Delovišča	Komateura spomladi	Komateura poleti	Mrzli studenec	Beljska planina	Beljska planina primerjava	Povprečno vsa delovišča
Elementi dela	L _{ekv} - dB(A)					
Prazna vožnja	93,6	96,5	89,7	89,1	90,5	93,1
Razvlačevanje	70,1	61,0	59,9	40,0	40,0	64,4
Vezanje	69,3	40,0	58,9	40,0	40,0	64,1
Privlačevanje	86,5	83,1	80,4	84,1	82,5	83,7
Polna vožnja	90,3	93,9	89,3	90,9	91,6	91,4
Odvezovanje	65,3	70,4	70,0	68,1	72,0	69,4
Rampanje	87,2	86,2	86,7	86,8	86,9	86,7
Produktivni čas	90,2	93,0	86,0	87,2	88,1	89,8
Zastoji						
objektivni	82,0	75,0	72,0	40,0	76,5	77,1
subjektivni	73,6	71,5	70,4	80,9	63,8	79,2

OBREMENITEV TRAKTORISTOV Z ROPOTOM MED SPRAVILOM LESA

Tab. 13

Traktor	IMT-558		TIMBERJACK		FIAT 505 C	
	Struktura časa	Ropot	Struktura časa	Ropot	Struktura časa	Ropot
Elementi dela	%	dB(A)	%	dB(A)	%	dB(A)
Prazna vožnja	18,2	92,6	23,5	90,7	28,3	93,1
Razvlačevanje	4,8	76,0	7,5	82,2	5,8	64,4
Vezanje	16,5	75,9	13,4	81,8	10,2	64,1
Privlačevanje	5,4	89,3	4,5	94,8	4,5	83,7
Polna vožnja	20,4	95,6	23,9	100,0	22,8	91,4
Odvezovanje	10,4	78,6	4,8	83,9	9,7	69,4
Rampanje	4,9	90,3	4,4	98,9	3,4	86,7
Produktivni čas	80,6	91,3	82,0	98,0	84,7	89,8
Dodatni čas	19,4	40,0	18,0	40,0	15,3	40,0
delovni čas	100,0	98,6	100,0	97,1	100,0	89,0

poprečno v produktivnem času 98 dB(A). K skupni obremenjenosti traktorista največ prispevata polna in prazna vožnja, ki sta najhrupnejša elementa dela, pa tudi dalj časa trajata. Obremenitev traktorista med spraviom primerjamo z mednarodnim ISO standardom (ISO Draft Recommendation 2204) in z jugoslovanskim pravilnikom o maksimalno dopustnih obremenitvah (1971). Oba predpisujeta maksimalno dopustno trajanje ropota raznih jakosti v delovnem dnevu. Jugoslovanska merila so znatno tolerantnejša. Dopustno trajanje lahko preračunamo tudi v odstotke delovnega časa. Na tak način dopustne meje lahko primerjamo s strukturo časa po delovnih operacijah (tab. 12). Pri tem moramo upoštevati, da je v delovnem dnevu pri nas le 450 minut delovnega časa.

V tabelah 9-11 smo ekvivalentne jakosti ropota posameznih delovnih operacij ali vsega produktivnega časa, kadar ropot presega dopustne meje jakosti in trajanja po ISO standardu, obkrožili. Kadar je bila obremenitev celo večja, kot jo dopušča jugoslovanski tolerantni standard, smo vrednosti ekvivalentne jakosti ropota šrafirali. Te označbe povedo, da že ropot med posamezno delovno operacijo pomeni preobremenitev delavca z ropotom v delovnem dnevu.

DOPUSTNO TRAJANJE OBREMENITEV Z ROPOTOM

Tab. 12

Največje dopustno dnevno trajanje		Jakost ropota	
ur	% del.časa	ISO standard dB(A)	jug.standard dB(A)
8	106,7	85	90
4	53,3	88	95
2	26,7	91	100
1	13,3	94	105
0,5	6,7	97	110
0,25	3,3	100	115
0,125	1,7	103	120

Pri spravi z univerzalnim kolesnikom tako ropot (jakost, trajanje) med prazno in polno vožnjo na posameznih deloviščih, pa tudi v skupnem poprečju presega dovoljene meje po mednarodnem ISO standardu. Na večini delovišč je obremenitev v produktivnem času prevelika, na enem delovišču presega celo jugoslovanski standard. V poprečju je obremenitev tolikšna, da bi po ISO standardu dnevni produktivni čas pri spravi s tem traktorjem lahko znašal le 114 minut ali manj kot dve uri. Tedaj traktorist ne bi bil preobremenjen z ropotom.

Pri spravi lesa z zgibnikom so obremenitve med prazno in polno vožnjo na vseh deloviščih nad dopustnimi ISO mejami. Na posameznih deloviščih so obremenitve prevelike med prazno vožnjo, polno vožnjo in rampanjem. Na nekaterih deloviščih presega ropot posameznih operacij tudi dovoljene meje po jugoslovanskem pravilniku. Obremenitve v vsem produktivnem času vedno presegajo tudi meje po jugoslovanskem standardu in so v poprečju tolikšne, da bi smel dnevni produktivni čas znašati po ISO standardu le 29 minut, po jugoslovanskem standardu pa 169 minut. Tedaj obremenitev traktorista z ropotom ne bi presegala dovoljenih mej.

Pri spravi lesa z goseničarjem so obremenitve najmanjše in samo na posameznih deloviščih med vožnjama presegajo z ISO standardi dovoljene obremenitve. Obremenitve med vsem produktivnim časom pa na vseh deloviščih presegajo ISO standarde. Poprečna obremenitev ne dosega 90 dB(A) in po ISO standardu bi dnevno med spravi lesa lahko bilo 35% ali 159 minut produktivnega časa, da obremenitev ne bi bila prevelika.

Iz teh primerjav vidimo, da pri spravi lesa s traktorji obremenitve v vseh primerih presegajo človeku ugodnejše mednarodne meje obremenitev. Ker dnevnega produktivnega časa pri sedanjí organizaciji dela ni mogoče toliko skrajšati, je treba zavarovati sluh traktoristov z glušniki. Izračunali smo tudi obremenitev traktoristov v 8 urnem delovnem dnevu, tako da smo za dodatni čas upoštevali ropot 40 dB(A). Predpostavili smo, da med dodatnim časom stroj ne ropota, kar za večino dodatnega časa tudi drži. V tabeli 13 primerjamo obremenitev traktoristov vseh treh vrst traktorjev med posameznimi operacijami, med produktivnim in med dnevnim delovnim časom.

Izračun obremenjenosti traktorista z ropotom s pomočjo ekvivalentne jakosti ropota v delovnem času pove, da pri kolesniku IMT znaša obremenitev 90,6 dB(A) in presega dopustne meje, ki jih dovoljuje jugoslovanski pravilnik. Pri zgibniku znaša obremenitev v 8 urah 97,1 dB(A) in močno presega dopustne meje. Pri goseničarju znaša obremenitev 89 dB(A) in presega le mednarodne ISO standarde obremenitev v delovnem dnevu.

2.2.5 Porazdelitev jakosti ropota v delovnem času

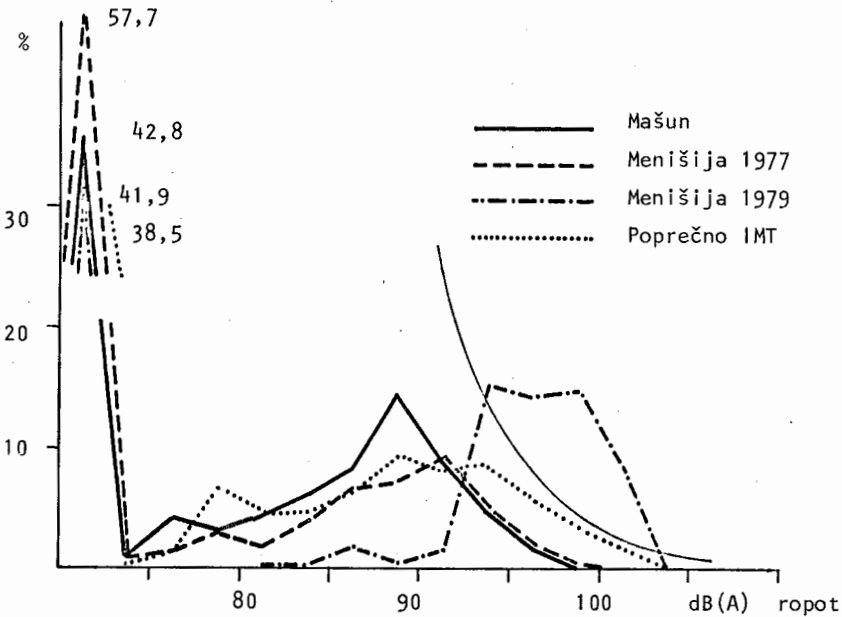
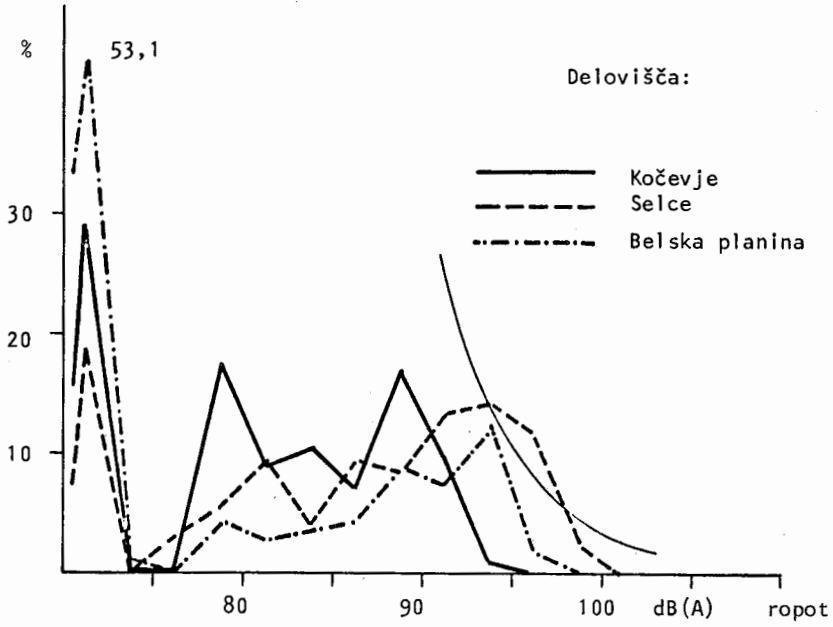
Obremenitev traktorista z ropotom v delovnem dnevu je odvisna od trajanja ropota različnih jakosti in od trajanja obdobj brez ropota ali obdobj tišine. Časovni deleži raznih jakosti ropota in tišine so značilni za vrsto traktorja in način dela. Prikazujemo jih z razporeditvijo jakosti ropota po razredih širokih 2,5 dB(A). Vse na papirnem zapisu odčitane vrednosti jakosti ropota v snemanem času dela (vsakih 10 sekund), je računalnik grupiral po razredih od 72,5 - 115 dB(A). Pri izračunu časovnega deleža smo v obdobjih tišine - pod 72,5 dB(A) upoštevali (sešteli) posneta obdobja ropota pod 72,5 dB(A), obdobja, ko traktorist zapusti traktor in ves dodatni čas. Dodatni čas smo posneli po drugih obsežnih časovnih snemanjih. Relativne frekvenčne porazdelitve jakosti ropota v vsem delovnem času prikazujejo grafikon 8-11.

Tudi pri teh razporeditvah jakosti ropota se pokaže velika raznolikost posameznih delovišč pri spravilu lesa. Najbolj nepravilno je pojavljanje raznih jakosti ropota pri spravilu lesa z univerzalnim kolesnim traktorjem. Ropot IMT 558 ima med delom v splošnem tudi najširše območje po jakosti. Jakost ropota se ne grupira ozko okrog neke vrednosti, čeprav običajno en jakostni razred prevlada. Največ ropota je na večini delovišč v območju od 85 - 95 dB(A). Le na posameznih deloviščih se ropot grupira okrog dveh vrednosti. Obdobj brez povečanega ropota ali obdobj tišine je bistveno manj, kadar ima traktorist pomožnega delavca.

Pri spravilu lesa z zgibnikom izrazito prevladujejo visoke jakosti ropota med 95 in 105 dB(A). Ti maksimumi so izraziti, zato pa so druge jakosti manj zastopane v obremenitvi delavca, pa tudi obdobj tišine je manj. Traktorist ima namreč vedno pomožnega delavca in ne zapušča tako pogosto traktorja. Razporeditev jakosti ropota je pri spravilu z goseničarjem podobna oni pri delu

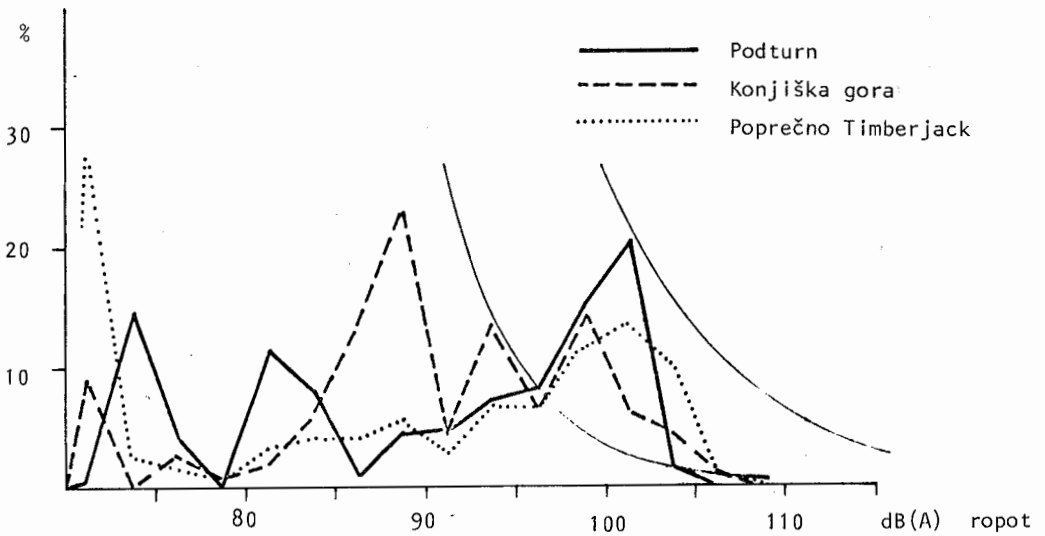
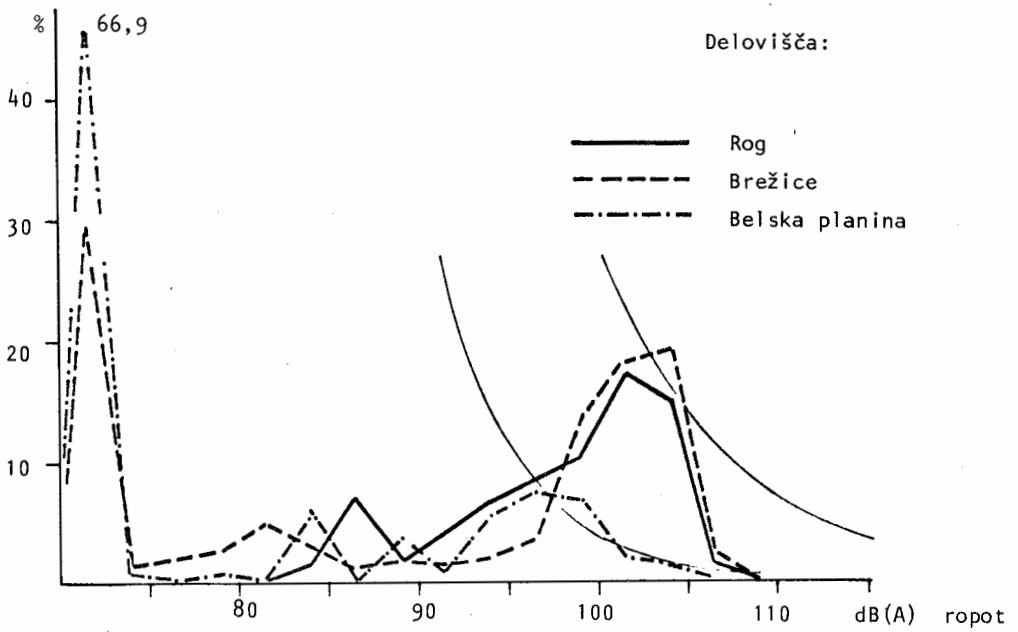
PORAZDELITEV JAKOSTI ROPOTA V DELOVNEM ČASU PRI
SPRAVILU LEŠA S TRAKTORJEM IMT 558

Graf. 8



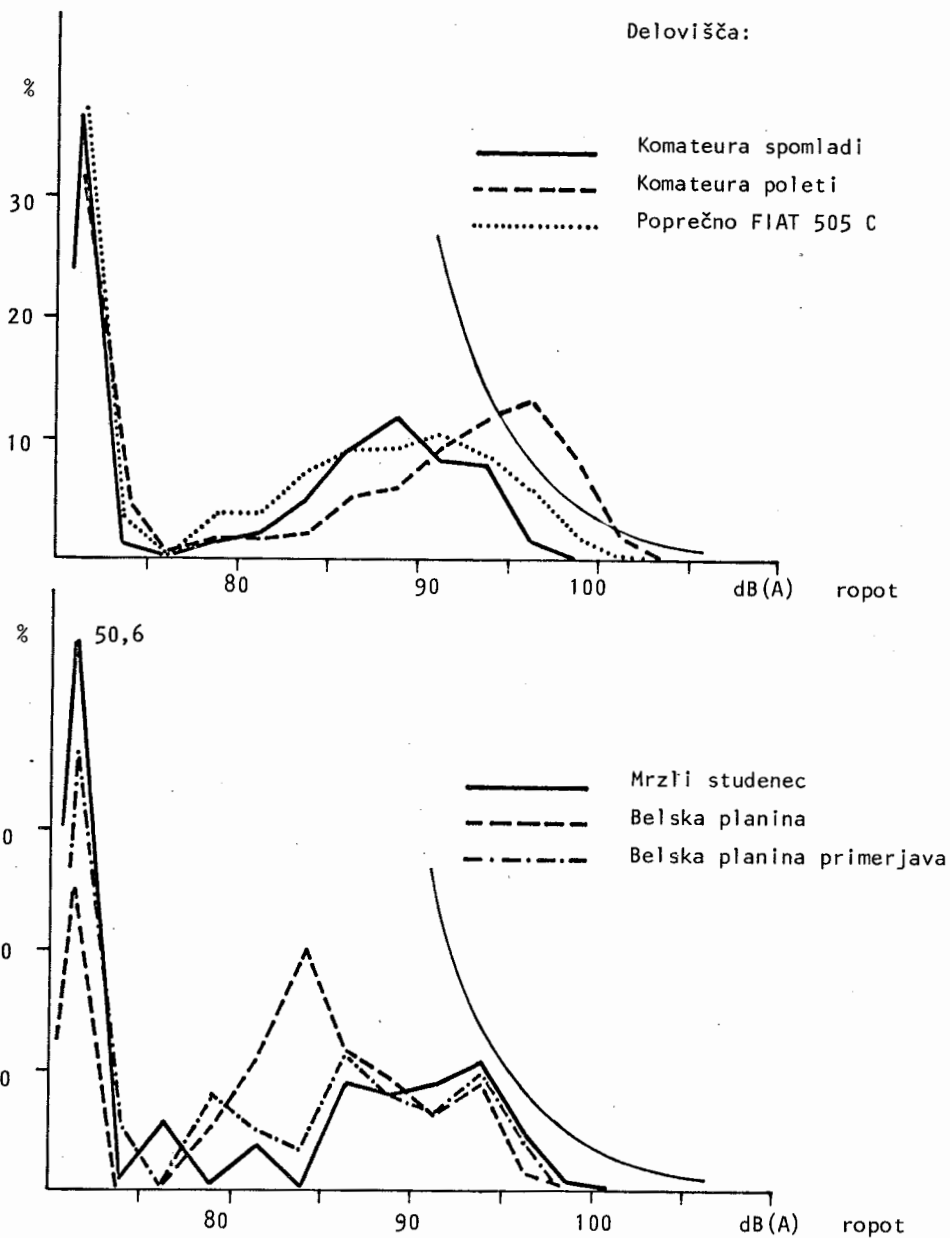
PORAZDELITEV JAKOSTI ROPOTA V DELOVNEM ČASU PRI
 SPRAVILU LESA Z ZGIBNIM TRAKTORJEM TIMBERJACK

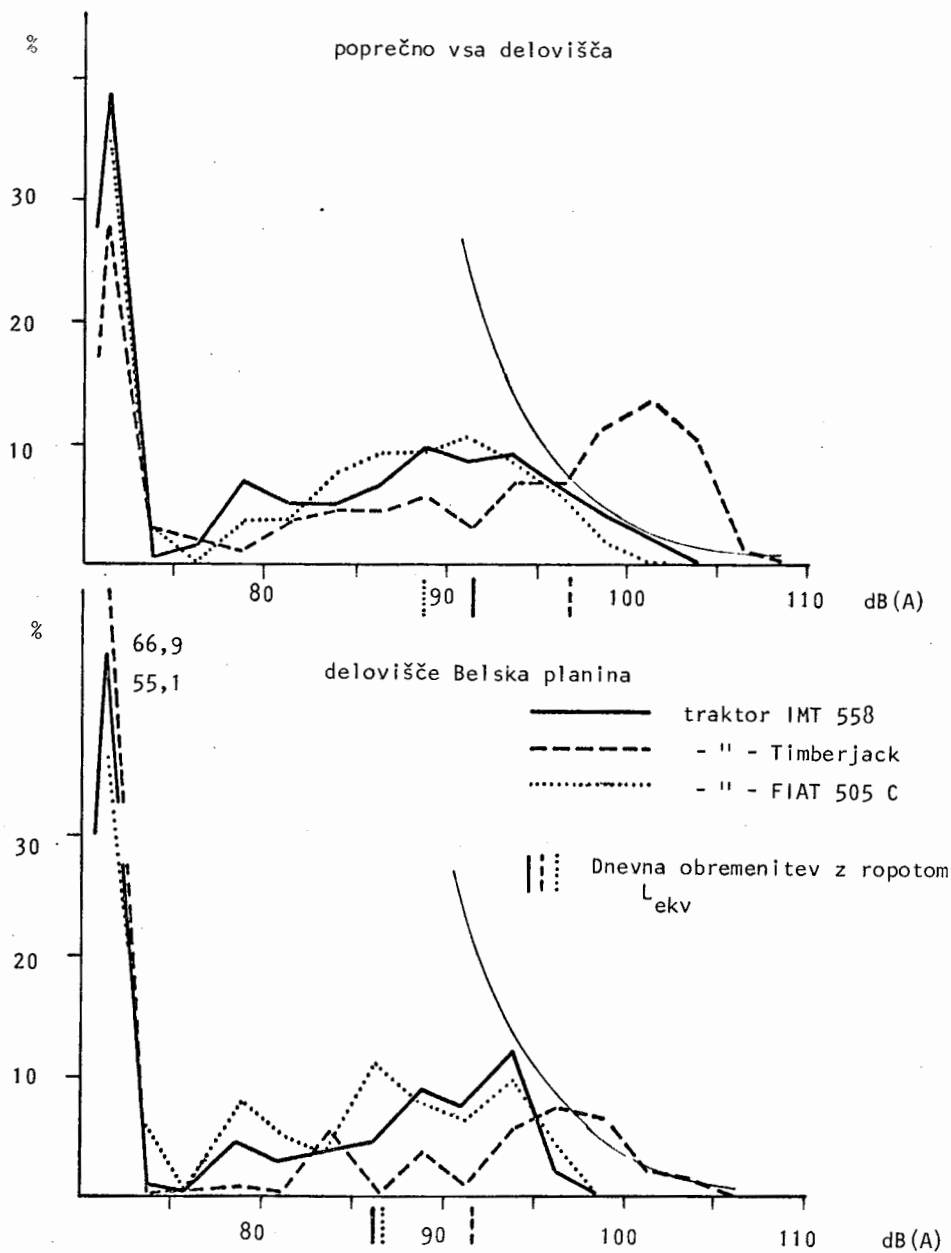
Graf. 9



PORAZDELITEV JAKOSTI ROPOTA V DELOVNEM ČASU PRI
 SPRAVILU LESA Z GOSENIČARJEM FIAT 505 C

Graf. 10





z univerzalnim kolesnikom. Območje najpogostejše jakosti ropota je raztegnjeno, razlike med delovišči so očitne. Največ ropota je v območju od 85 - 95 dB(A).

Tako pestre slike razporeditev jakosti ropota v delovnem času so razumljive, saj delo vsebuje raznovrstne delovne operacije, med katerimi je jakost ropota zelo različna. Primerjava poprečnih časovnih razporeditev jakosti ropota za vsa delovišča (graf. 11) pokaže, da je pri obeh adaptiranih kmetijskih traktorjih (IMT 558 in FIAT 505 C) najpogostejši ropot okrog 90 dB(A). Porazdelitvi jakosti sta zelo podobni z neizrazitim maksimumom. Jakosti ropota pri goseničarju so nekoliko manjše kot pri kolesniku. Nasprotno pa je ropot pri spravilu lesa z zgibnikom razporejen v ozkem izrazitem jakostnem območju z najpogostejšo vrednostjo okrog 101 dB(A). Podobna je slika tudi pri primerjavi vseh treh traktorjev na istem delovišču - Belska planina, ko sta porazdelitvi ropota traktorjev IMT in FIAT podobni, porazdelitev ropota Timberjacka pa je drugačna.

Na vseh grafikonih porazdelitev jakosti ropota smo vrisali tudi dopustno časovno mejo obremenitev delavca z ropotom v delovnem času po mednarodnih ISO standardih. Pri zgibniku smo vnesli tudi dopustno mejo po jugoslovanskem pravilniku. Te meje so lahko zgolj orientacijske, ker veljajo za srednje vrednosti obremenitve delavca, za izračunano ekvivalentno jakost ropota (L_{ekv}) in ne za posamezne izmerjene vrednosti, katerih časovne deleže prikazujejo grafikoni. Izračunana ekvivalentna jakost ropota je namreč znatno večja vrednost kot npr. aritmetična sredina izmerjenih jakosti ropota, ker je prilagojena občutljivosti človekovega ušesa. Pri snemanjih ropota so npr. znašale aritmetične sredine ropota v skupnem produktivnem času le 61 - 92 dB(A), ekvivalentne jakosti ropota pa 86 - 100 dB(A). Razlika med obema srednjima vrednostima je odvisna od variabilnosti ropota med posameznimi delovnimi operacijami in med vsem delovnim ciklusom. Tudi variabilnost izmerjenih jakosti ropota je bila različna po posameznih deloviščih. Variabilnost je zelo velika in razlik statistično nismo preverjali. S precejšnjo gotovostjo pa lahko domnevamo, da je variabilnost jakosti ropota značilna za posamezne delovne operacije.

Poleg vzorčnega odčitavanja jakosti ropota npr. vsakih 10 sekund smo za vsako časovno obdobje elementov dela na zapisu odčitali tudi maksimalno in minimalno zabeleženo jakost ropota. Največje zabeležene jakosti ropota so večje od vrednosti ugotovljenih z vzorčenjem in znatno večje od tistih, ki so bile ugotovljene pri maksimalnem številu obratov motorja med mirovanjem traktorja (poglavje 2.2.1). Prikazujemo jih v tabeli 14. Zraven so prikazane še aritmetične sredine jakosti ropota in standardni odkloni po produktivnih elementih dela in deloviščih.

Srednja jakost ropota ali obremenitev delavca bolj ali manj pravilno niha med dnevnim delovnim časom. Skladno z delovnimi cikli periodično niha tudi jakost ropota. To nihanje je precej pravilno saj se omejene raziskave snemanj ropota v večini primerov med seboj značilno ne razlikujejo. Periodičnost nihanja je odvisna od trajanja delovnega ciklusa. Pri krajših ciklikih so tako obdobja velike jakosti ropota, kot tudi obdobja manjšega ropota oziroma tišine krajša. Domnevamo, da je fiziološka obremenitev delavcev pri krajših ciklikih, torej na krajših spravih razdaljah, manjša tudi zaradi periodičnega nihanja ropota. Prekinitev ropota so običajno že tako dolge (daljše od 2 minut), da se uho lahko odpočije oziroma regenerira. Znotraj posameznega ciklusa niha jakost ropota tako, da začetnemu maksimumu med prazno vožnjo sledi minimum med razvlačevanjem vrvi in vezanjem lesa. Med privlačevanjem se ropot spet poveča in med polno vožnjo doseže drugi maksimum. Med odpenjanjem lesa pade jakost ropota in se med rampanjem spet dvigne. To nihanje jakosti ropota v ciklusu prikazuje grafikon 12.

Tako pravilno nihanje ropota prekinjajo zastoji in odmori ali dodatni čas in ponavljanja posameznih elementov dela (zlasti med zbiranjem lesa). Dodatni čas prikazujemo med cikliki dela, ko ga je običajno tudi dejansko največ. V sredini delovnega dneva vedno nastane tudi daljša prekinitev ropota med malico, ki tudi ugodno vpliva na obremenitev traktorista z ropotom. Za koliko se obremenitev delavca zmanjša zaradi prekinitev ropota ne moremo oceniti, ker še ni mednarodno priznanih meril (standardov) za upoštevanje teh prekinitev.

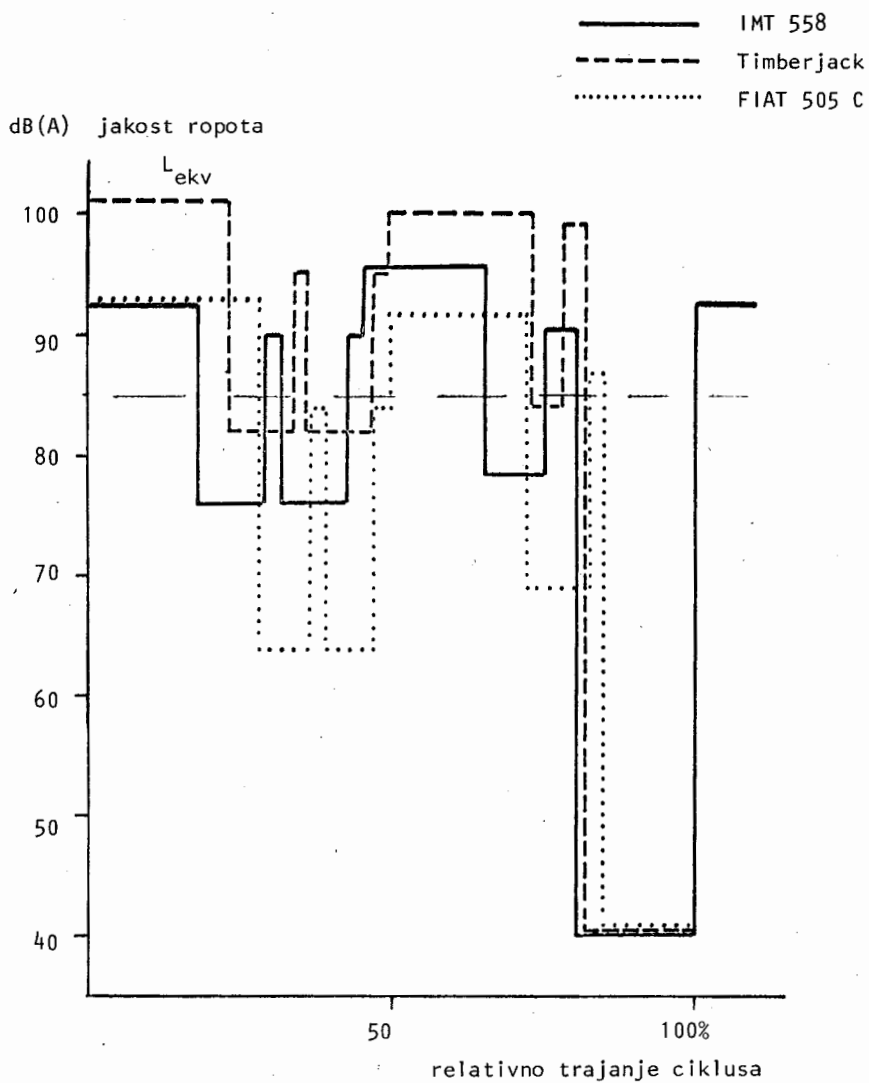
VARIABILNOST JAKOSTI ROPOTA PRI SPRAVILU LESA

Tab. 14

Traktor Delovišča	IMT 558		TIMBERJACK		FIAT 505 C	
	Aritm. sredina odklon	Stand. Min. Maks.	Aritm. sredina odklon	Stand. Min. Maks.	Aritm. sredina odklon	Stand. Min. Maks.
	dB(A)		dB(A)		dB(A)	
Kočevje	77	71 99				
Mašun	69	71 105	Rog	88 23 75	Komateura	83 16 40
Menišija 1977	63	58 102	Podturn	92 9 74	spomladi	23 62 102
Selce	86	57 104	Konj.gora	90 13 77	Komat.poleti	79 24 58
Menišija 1979	80	62 104	Brežice	85 25 66	Mrzli stud.	66 20 66
Bel'ska planina	66	25 69 99	Bel.planina	61 27 42	Bel.planina	75 22 67
Elementi dela						
Prazna vožnja	91	4,9 62 105				
Razvlačevanje	51	18,3 76 93				
Vežanje	52	18,4 70 98				
Privlačevanje	85	9,2 62 101				
Polna vožnja	92	6,0 62 104				
Odvezovanje	51	18,8 57 99				
Rampanje	88	5,5 65 103				
Obremenitev v prod.času	75	23 57 105				
				84 24 42		78 21 40
						109 102 98

NIHANJE JAKOSTI ROPOTA V DELOVNEM CIKLUSU SPRAVILA
LESA S TRAKTORJI

Graf. 12



2.2.6 Vplivi delovnih razmer na obremenitev traktorista z ropotom

Delovne razmere pri spravilu lesa odločilno vplivajo na časovno strukturo elementov dela. Ker je jakost ropota oziroma obremenitev delavca med posameznimi elementi dela različna, struktura časa in s tem tudi delovne razmere vplivajo na skupno obremenitev traktorista z ropotom med spravilom lesa. Te vplive smo podrobneje proučili s statistično analizo. Podlaga za proučevanje so bile izračunane srednje obremenitve med elementi dela in delovnimi cikli in ne več izmerjene osnovne jakosti ropota.

S proučevanjem značilnosti razlik v obremenitvah z ropotom med elementi dela na različnih deloviščih spravila lesa s traktorjem smo ugotovili, da se po jakosti ropota štiri elementi dela - prazna vožnja, polna vožnja, privlačenje in rampanje v veliki večini primerov značilno razlikujejo od drugih elementov. Tudi po ekvivalentni jakosti ropota (obremenitev - Tab. 13) se ti glasni elementi ločijo od drugih tihih. Pri obeh kmetijskih traktorjih (IMT in FIAT) je meja med njimi 80 dB(A), pri zgibniku pa 90 dB(A).

Ugotovljena obremenitev traktorista z ropotom (L_{ekv}) tudi med tihimi produktivnimi elementi dela presega pri goseničarju 60, pri univerzalnem kolesniku 70 in pri zgibniku 80 dB(A). Tedaj sicer ropot ne povzroča okvar sluha, ampak ima druge psihične neugodne vplive na človeka.

Ker omenjene štiri delovne operacije pomenijo velik časovni delež in veliko prispevajo k dnevni obremenitvi traktorista, smo proučili ali se po ekvivalentni jakosti ropota med seboj razlikujejo. Z dvofaktorsko analizo variance ločeno za tri vrste traktorjev smo ugotovili, da se operacije značilno razlikujejo med seboj. Tudi po posameznih deloviščih je poprečna ekvivalentna jakost ropota ali obremenitev traktorista z ropotom v štirih glasnih operacijah značilno različna. Značilna je tudi interakcija med jakostjo ropota po operacijah in po deloviščih. Značilnost razlik je bila ugotovljena v vseh primerih s tveganjem $> 0,01$.

Da bi ugotovili odvisnosti obremenitve traktorista z ropotom, smo iskali najprej linearne regresijske odvisnosti smiselno povezanih parov odvisnih in neodvisnih spremenljivk za vsako vrsto traktorjev pri spravilu lesa posebej. Za vsak snemani delovni cikel smo ugotovili spremenljivke, ki jih

navajamo v tabeli 15. Odvisne spremenljivke označujejo obremenitev z ropotom (L_{ekv}) v produktivnem času ciklusa in med štirimi glasnimi operacijami, neodvisne pa so značilnosti vlake, vožnje in bremena traktorjev.

Izračuni linearnih regresij oblike $Y = A + BX$ za smiselne pare spremenljivk so pokazali samo nekatere značilne odvisnosti obremenitev z ropotom od značilnosti vlake in bremena. Pri spravi lesa s posameznimi vrstami traktorjev odvisnosti niso vedno enake, lahko so celo nasprotno. Z našimi snemanji ropota nismo mogli ugotoviti, da bi bile obremenitve z ropotom vedno odvisne od istih značilnosti delovnih razmer. V tabeli 16 navajamo velikost regresijskega koeficienta B in stopnjo tveganja oz. njegovo značilnost za posamezne pare spremenljivk.

Obremenitev z ropotom v vsem produktivnem času spravila lesa je v večji meri odvisna od lastnosti vlake in načina vožnje kot od lastnosti bremen lesa. Pri vseh traktorjih je odvisna od dolžine vlake, koeficienta naklona vlake in trajanja polne vožnje. Pri spravi s kolesnikom IMT smo ugotovili še odvisnost skupne obremenitve od trajanja prazne vožnje, števila kosov v tovoru in kubature kosa. Pri spravi z zgibnikom nismo mogli ugotoviti nikakršne odvisnosti skupne obremenitve z ropotom od lastnosti bremen, pač pa smo ugotovili odvisnosti od trajanja in hitrosti voženj. Obremenitev pri spravi z goseničarjem je odvisna tudi od hitrosti voženj in od števila kosov lesa v tovoru. Obremenitev z ropotom med obema vožnjama je odvisna od dolžine in naklona vlake ter od števila kosov v tovoru, pri nekaterih traktorjih pa še od trajanja in hitrosti voženj ter poprečne kubature kosa lesa v tovoru. Zanimivo je, da za obremenitve med privlačenjem in rampanjem v splošnem nismo mogli ugotoviti odvisnosti od lastnosti bremen lesa. Prav tako nobena od primerjanih obremenitev ni odvisna od kubature bremena traktorjev.

Za odvisnosti skupne obremenitve z ropotom od dolžine in naklona vlake ter števila kosov v tovoru povzemamo med seboj neodvisne linearne regresijske enačbe in jih grafično ponazarjamo.

Spremenljivke Opis	Oznaka	Srednje vrednosti spremenljivk		
		Traktor kolesnik IMT	Zgibni traktor Timber- jack	Traktor goseničar FIAT
O D V I S N E				
Obremenjenost z ropotom v prod.času del.ciklusa $L_{ekv} - dB(A)$	Y_0	91,26	98,04	89,75
Obremenjenost z ropotom med prazno vožnjo $L_{ekv} - dB(A)$	Y_1	92,61	101,13	93,05
Obremenjenost z ropotom med polno vožnjo $L_{ekv} - dB(A)$	Y_3	95,63	99,78	91,40
Obremenjenost z ropotom med privlačevanjem $L_{ekv} - dB(A)$	Y_2	89,33	94,78	83,73
Obremenjenost z ropotom med rampanjem lesa $L_{ekv} - dB(A)$	Y_4	90,29	98,91	86,74
N E O D V I S N E				
Dolžina vlake (m)	X_1	399	708	398
Koeficient naklona vlake (%)	X_2	7,5	15,5	17,2
Trajanje prazne vožnje (min)	X_{10}	6,25	9,04	9,86
Trajanje polne vožnje (min)	X_{11}	6,98	9,19	7,95
Hitrost prazne vožnje (km/h)	X_3	3,830	4,699	2,422
Hitrost polne vožnje (km/h)	X_4	3,430	4,622	3,004
Kubatura bremena (m^3)	X_5	2,42	4,67	1,62
Število kosov v bremenu (št.)	X_6	7,2	6,1	9,3
Kubatura kosa lesa (m^3)	X_7	0,34	0,76	0,17
Produktivni čas ciklusa (min)	X_{12}	27,59	31,63	29,42

REGRESIJSKI KOEFICIENTI MED PARI SPREMENLJIVK PRI ROPOTU

Tab.16

Traktor	IMT - 558				TIMBERJACK				FIAT 505 C			
	Obremenitev z ropotom				Obremenitev z ropotom				Obremenitev z ropotom			
Spremenljivka	Y ₀	Y ₁	Y ₃	Y ₄	Y ₀	Y ₁	Y ₃	Y ₄	Y ₀	Y ₁	Y ₃	Y ₄
Dolžina vlake	0,004	0,003	0,002		0,004	0,003	0,003		0,011	0,013	0,004	
Naklon	-0,732	-0,351	-0,761		-0,328	-0,198	0,397		0,523	0,486	0,242	
Trajanje prazna	0,719	0,426			0,419	0,301			0,179	0,086		
Trajanje polna	0,482		0,298		0,423		0,255		0,602		-0,008	
Hitrost prazna	0,395	0,369 ^o			1,243	0,464			1,586	2,173		
Hitrost polna	-0,353		-0,178		0,732		1,124		2,111		1,148	
Breme m ³	0,221		1,258	0,041	0,593		0,046	-0,434	2,099 ^o		1,011	5,278
Št. kosov	-0,425		-0,443	-0,532	-0,083		0,344	0,174	-0,159		-0,124	-0,464 ^o
Kos m ³	4,880		5,400	4,141	0,865		1,661	-1,433	-1,110		1,693	9,548
Trajanje ciklusa	0,004				0,125				0,142 ^o			

^o α < 0,10

* α < 0,05

*** α < 0,01

**** α < 0,001

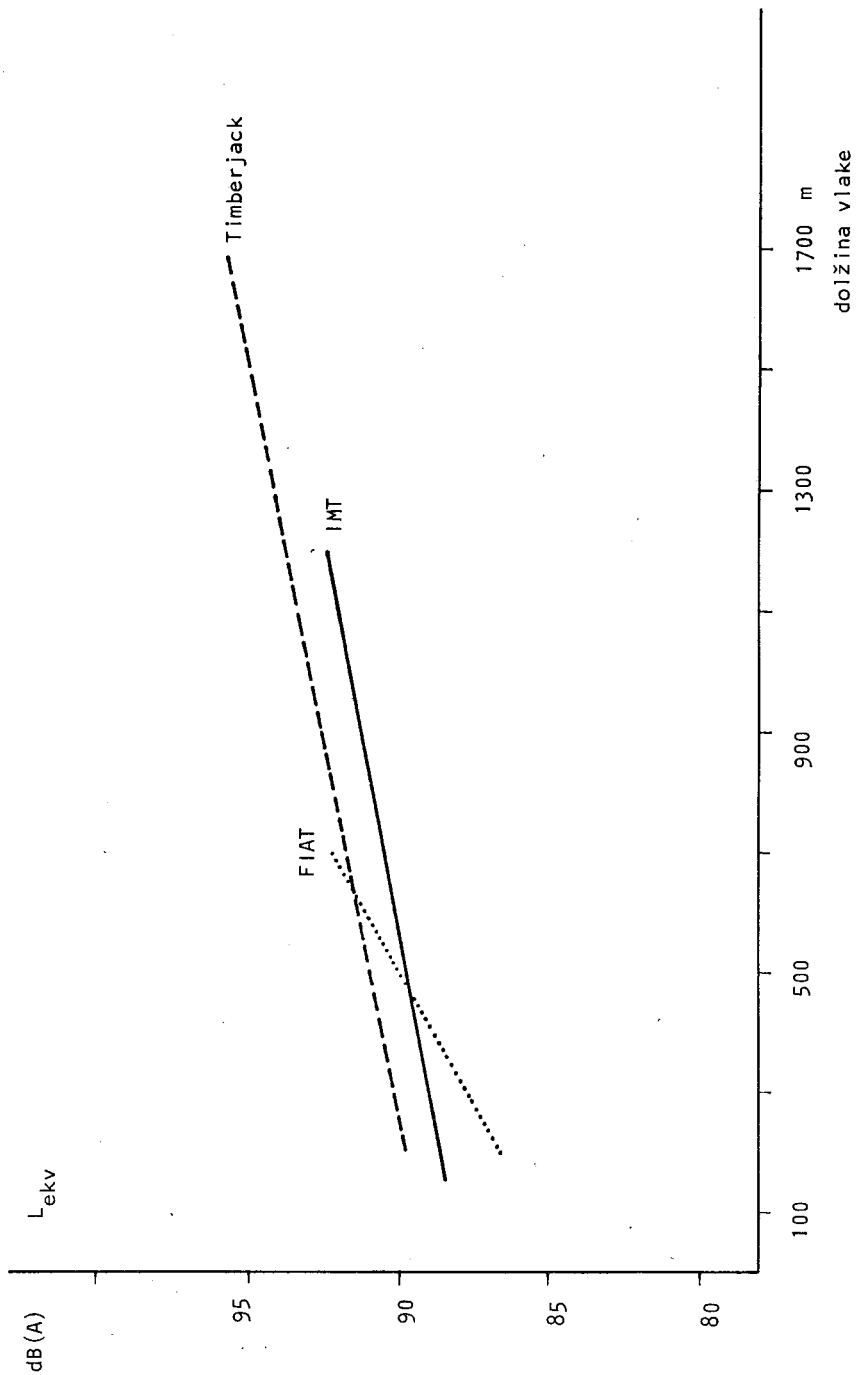


statistično značilne odvisnosti

Traktor Neodvisna spremenlj.	IMT 558		TIMBERJACK		Fiat 505 C	
	Konst. A	Koef. B	Konst. A	Koef. B	Konst. A	Koef. B
Dolžina vlake X_1	87,8287	0,00384	89,0427	0,00396	84,4107	0,01124
Koef.naklnoa X_2	94,8839	-0,73255	101,9424	-0,32844	79,9656	0,52325
Štev. kosov X_6	92,4028	-0,42507			90,4578	-0,15959

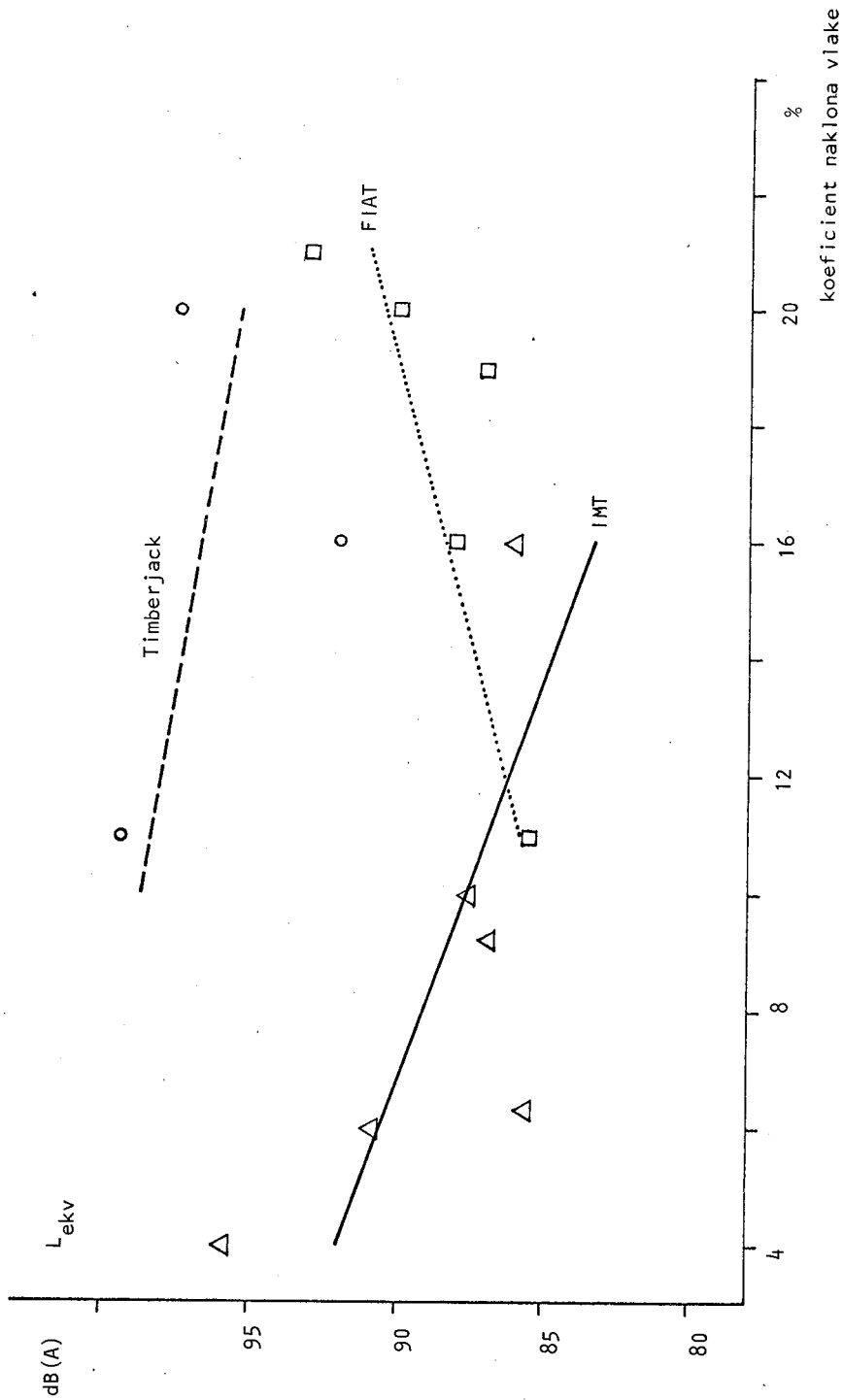
Obremenitev traktorista z ropotom z večanjem pravilne razdalje torej linearno narašča približno enako hitro pri kolesnikih in hitreje pri goseničarju (graf. 13). Za odvisnost obremenitev od naklona vlake linearna predstavitev verjetno ni ustrezna. Po razporeditvi posameznih vrednosti lahko sklepamo, da obremenitev z ropotom z naraščanjem koeficienta naklona vlake najprej pada do določenega minimuma, nato pa z nadaljnjim povečevanjem naklona naraste (graf. 14). Število kosov v tovoru vpliva na obremenitev tako, da se z večanjem števila kosov rahlo zmanjšuje, vendar odvisnosti niso tesne oziroma ne pojasnjujejo velik del variabilnosti (graf. 15). Obremenitev traktorista z ropotom je tudi odvisna od tega, kako pogosto zapusti traktor. Zato je drugačna, kadar ima pomožnega delavca kot tedaj, kadar je sam. Ta odnos skušamo prikazati na grafikonu 16. Pri organizacijski obliki 1+1 je obremenitev pri spravi pri vseh traktorjih večja kot pri obliki 1+0.

Tiste neodvisne spremenljivke, ki po primerjavi parov vplivajo na obremenitve z ropotom, smo vključili v izračun multiplih korelacijskih odvisnosti. Število neodvisnih spremenljivk, ki značilno vplivajo na obremenitev z ropotom, se je znova zmanjšalo na največ tri spremenljivke za posamezno odvisnost. Z njimi so v povezavi (interakciji) še nekatere druge neodvisne spremenljivke, vendar zanje in še za druge nismo mogli dokazati značilnega vpliva na obremenitev z ropotom. V tabeli 18 prikazujemo parcialne in skupne korelacijske koeficiente za ugotovljene odvisnosti, postopno izračunane z multiplimi korelacijami ob izpuščanju neznačilnih spremenljivk.



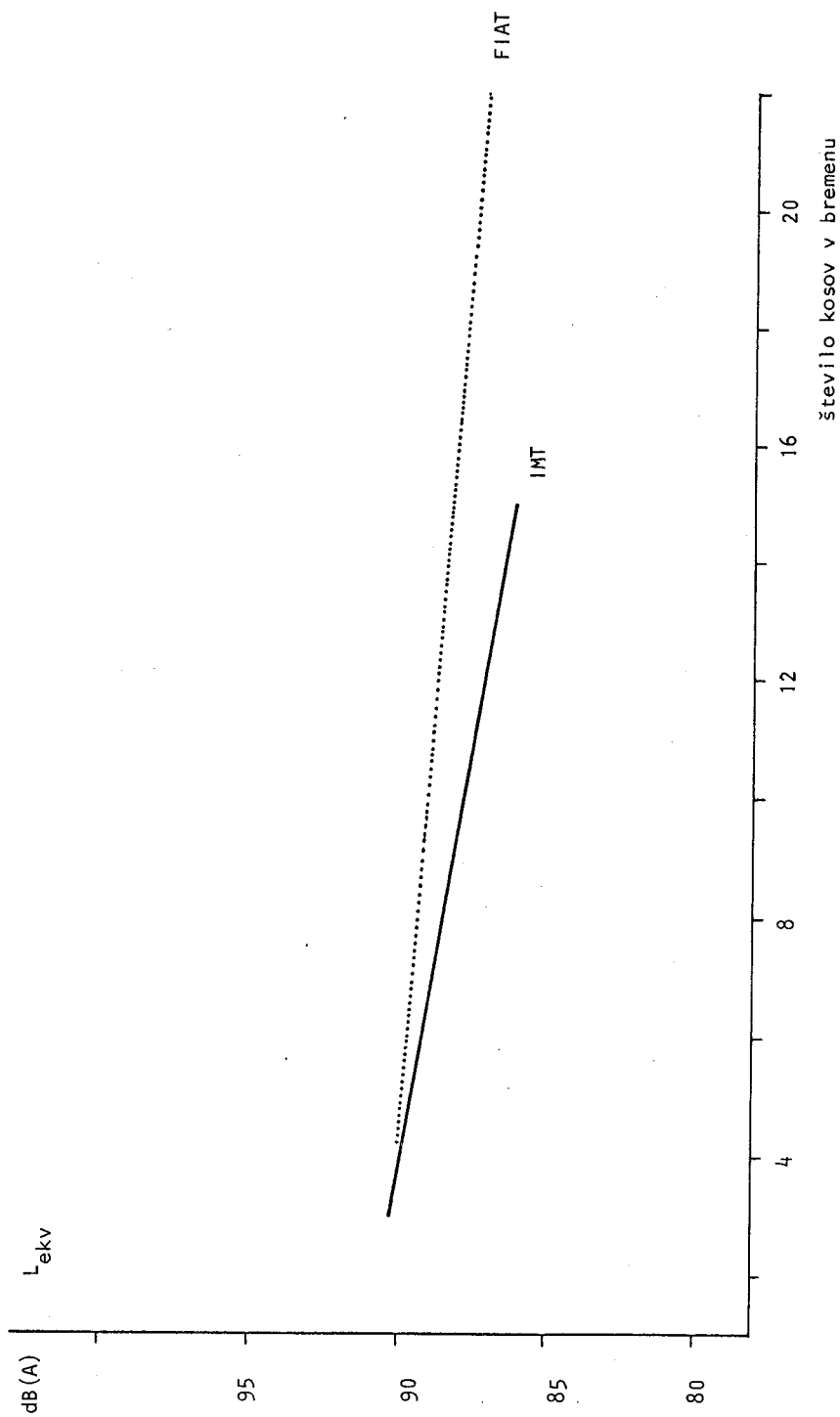
ODVISNOST OBREMNITVE Z ROPOTOM OD NAKLONA VLAKE

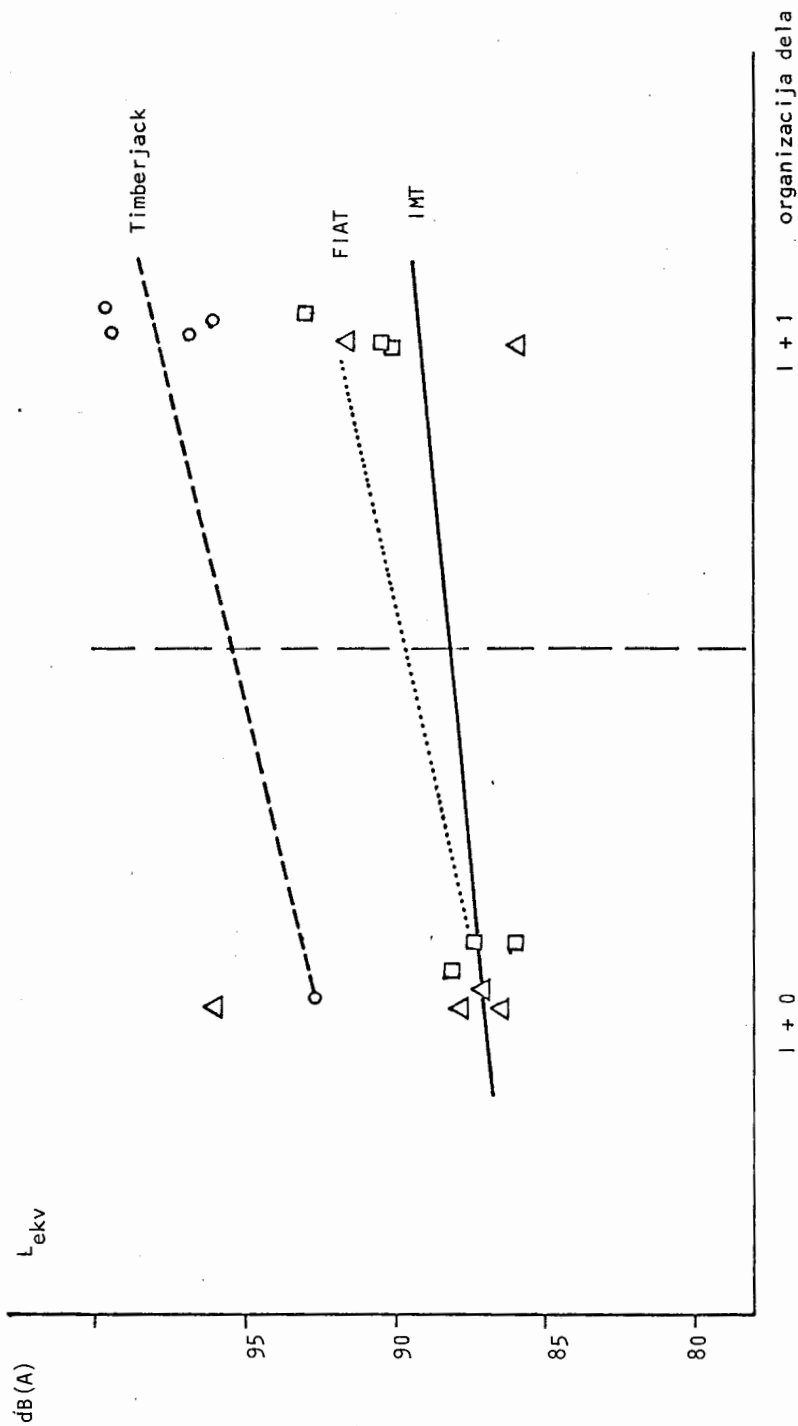
Graf. 14



ODVISNOST OBREHENITVE Z ROPOTOM OD ŠTEVILA KOŠOV V TOVORU

Graf. 15





KORELACIJSKI KOEFICIENTI MULTIPLIH ODVISNOSTI OBREMNITVE Z ROPOTOM (R^2) Tab. 18

Traktor	IMT -558				TIMBERJACK				FIAT 505 C			
	Obremenitev z ropotom				Obremenitev z ropotom				Obremenitev z ropotom			
Spremenljivka	Y ₀	Y ₁	Y ₃	Y ₄	Y ₀	Y ₁	Y ₃	Y ₄	Y ₀	Y ₁	Y ₃	Y ₄
Dolžina vlake	-0,423	0,091			0,286	0,171	-0,396°		0,385	0,912	-0,329	
Naklon									-0,040	-0,120	-0,108	
Trajanje prazna	0,139	0,139			0,561	0,107						
Trajanje polna	0,673		0,558		0,330		0,483		0,399°			
Hitrost prazna					0,299	-0,115			-0,186	0,417		
Hitrost polna					0,188		0,648		0,333		0,618	
Št. kosov	0,729											
Kos m ³	0,256		-0,254	0,430			0,017		-0,405		-0,432	
Trajanje ciklusa			0,602	0,054	0,177		0,028					
Multiple korelacije	0,812	0,439	0,648	0,430	0,879	0,724	0,797		0,908	0,912	0,753	0,434

0 $\alpha < 0,10$

* $\alpha < 0,05$

** $\alpha < 0,01$

*** $\alpha < 0,001$



spremenljivke upoštevane v korelacijskih enačbah

Izračunane korelacijske enačbe so naslednje:

- za spravilo lesa z univerzalnim kolesnikom IMT 558

$$Y_0 = 88,6024 - 0,0071 X_1 + 0,1301 X_{11} - 0,6007 X_6$$

$$Y_1 = 88,7501 + 0,4265 X_{10}$$

$$Y_2 = 91,1821 - 0,4068 X_6$$

$$Y_3 = 85,8393 + 0,4994 X_{11} + 7,4309 X_7$$

$$Y_4 = 93,3015 - 0,4319 X_6$$

- za spravilo lesa z zgibnikom Timberjack

$$Y_0 = 95,8813 + 0,6470 X_{10} + 0,2815 X_{11} - 0,2363 X_{12}$$

$$Y_1 = 97,9675 + 0,00287 X_1$$

$$Y_3 = 93,5849 + 0,1565 X_{11} + 0,8811 X_4$$

- za spravilo lesa z goseničarjem FIAT 505 C

$$Y_0 = 85,5432 + 0,0105 X_1 - 0,0905 X_6$$

$$Y_1 = 86,6301 + 0,01316 X_1$$

$$Y_3 = 88,8967 + 1,0024 X_4 - 0,0937 X_6$$

$$Y_4 = 85,920 + 2,778 X_7$$

pri tem pomenijo

Y_0	- Obremenitev z ropotom v produktivnem času delovnega ciklusa
Y_1	- Obremenitev z ropotom med prazno vožnjo
Y_2	- Obremenitev z ropotom med privlačevanjem
Y_3	- Obremenitev z ropotom med polno vožnjo
Y_4	- Obremenitev z ropotom med rampanjem - Db(A)
X_1	- Dolžina vlake (m)
X_{10}	- Trajanje prazne vožnje (min)
X_{11}	- Trajanje polne vožnje (min)
X_4	- Hitrost polne vožnje (km/h)
X_6	- Število kosov v tovoru (št.)
X_7	- Kubatura kosa (m^3)
X_{12}	- Produktivni čas ciklusa (min)

Skupna obremenitev z ropotom je pri kolesniku IMT odvisna od pravilne razdalje in z njo povezane hitrosti polne vožnje ter od števila kosov v tovoru. Pri zgibniku je obremenitev odvisna le od trajanja voženj in vsega delovnega ciklusa. Pri spravi lesa z goseničarjem je obremenitev traktorista odvisna od dolžine vlačjenja in števila kosov v tovoru.

Zanimivo je, da za obremenitev z ropotom med kratkima delovnima operacijama - privlačenjem in rampanjem lesa - v splošnem nismo mogli ugotoviti značilnih odvisnosti od kateregakoli izbranega dejavnika. Za neodvisne spremenljivke: naklon vlake, hitrost prazne vožnje in kubatura bremena v splošnem nismo ugotovili, da bi vplivale na obremenitev traktorista z ropotom.

Obremenitev lahko izračunamo po navedenih enačbah za Y_0 , kadar je časovna struktura podobna, kot je bila med našimi snemanji ropota. Če bi bila struktura drugačna, je možno iz obremenitev med posameznimi elementi dela ($Y_1 - Y_4$) izračunati skupno obremenitev v delovnem dnevu (L_{ekv}).

Že vse prikazane meritve in izračuni kažejo na to, da so obremenitve z ropotom značilno različne pri spravi lesa z različnimi vrstami traktorjev. Značilne razlike med traktorji potrjuje tudi analiza variance srednjih vrednosti vseh ciklusov spravi ne glede na izbrano delovišče in analiza variance na istem delovišču za vse tri traktorje - na Belski planini.

2.3 POVZETEK IN ZAKLJUČKI O ROPOTU TRAKTORJEV

- Ropot je pomembna ergonomska značilnost traktorjev pri spravi lesa. Metodika ugotavljanja ropota je bila zastavljena tako, da smo ob ušesu traktorista merili jakost ropota traktorjev med mirovanjem in ves čas med spravi lesa. Hkrati smo beležili na papirni zapis jakost ropota med delom in opravili časovno proučevanje dela. S tem smo lahko ugotovili obremenitev traktorista med delom tudi ločeno za vse elemente dela.

- Frekvenčne analize ropota med prostim tekom in pri polnem plinu motorja traktorja med mirovanjem pokažejo pri univerzalnem kolesnem traktorju IMT-558 dva maksimuma in sicer ob polnem plinu pri 63 ali 125 Hz in na območju med 250 in 1000 Hz. Drugi maksimum presega normativno krivuljo

ropota 90 NR. Frekvenčna porazdelitev ropota dveh tipov zgibnih traktorjev Timberjack je različna. Ob polnem plinu pri tipu 209 D je izrazit maksimum pri 125 Hz in niha okrog normativne krivulje 100 NR. Pri tipu traktorja 208 D je maksimum ob polnem plinu izrazit in pri višjih, za uho neugodnejših frekvencah, med 250 in 500 Hz, kjer presega normativno krivuljo 100 NR. Frekvenčna porazdelitev ropota goseničnega traktorja FIAT 505 C ima tudi samo en izrazit maksimum, ki pri polnem plinu nastopa v frekvenčnem pasu 125 Hz, normativno krivuljo 90 NR pa presega pri 125 in 500 Hz.

- Ropot traktorjev v mirovanju približno linearno narašča s povečevanjem števila obratov motorja. Če se število obratov poveča za 500 obratov, ropot naraste za okrog 5 - 6 dB(A). Tudi pri najvišjem številu obratov neobremenjenega motorja je ropot manjši, kot znašajo izmerjene maksimalne jakosti ropota ob ušesu traktorista med delom.

- Obremenitev traktoristov z ropotom smo ugotavljali v letih 1977-1979 pri spravilu lesa v družbenih gozdovih sedmih gozdnih gospodarstev v Sloveniji. Obdelali smo 83 delovnih ciklusov dela na 12 različnih deloviščih. Primerjavo treh vrst traktorjev smo opravili tudi na istem delovišču. Delovne razmere, pravilne razdalje, delovni učinki in struktura časa pri snemanju ropota so bile podobne poprečnim delovnim razmeram v Sloveniji in podobne poprečjem drugih obsežnih časovnih snemanj spravila lesa s traktorji.

- Ugotovljena obremenitev traktoristov izražena z ekvivalentno jakostjo ropota v produktivnem času je bila najmanjša pri delu z goseničarjem (89,8 dBA), nekaj večja pri delu z univerzalnim kolesnikom IMT-558 (91,3 dBA) in znatno večja pri delu z zgibnikom Timberjack (98 dBA). Obremenitve so značilno različne pri posameznih vrstah traktorjev in na posameznih deloviščih.

- Ropot na vseh deloviščih presega mednarodno dovoljene trajne meje obremenitev, na nekaterih pa tudi toleranten jugoslovanski standard. Brez uporabe zaščitnih sredstev sluha bi lahko znašal dnevni produktivni čas spravila z IMT-558 le slabi dve uri, z zgibnikom pol ure in z goseničarjem slabi dve uri in pol. Ker dela ni mogoče tako organizirati, je treba obvezno traktoriste zavarovati z glušniki.

- Izračunana obremenitev traktorista z ropotom v delovnem času znaša pri kolesniku IMT-558 90,6 dB(A), pri zgibniku 97,1 dB(A) in pri goseničarju 89,0 dB(A). Obremenitev pri obeh kolesnikih, zlasti pri zgibniku presega tudi z jugoslovanskim pravilnikom dovoljeni ropot 90 dB(A).

- Ropot med posameznimi elementi dela je različno močan. Ločimo lahko glasne in tihe delovne operacije. Jakost ropota je tudi med glasnimi operacijami: prazna in polna vožnja, privlačenje in rampanje lesa, značilno različna med posameznimi operacijami. K dnevni obremenitvi traktorista z ropotom največ prispevata obe vožnji, ki dolgo trajata in med katerima je ekvivalentna jakost ropota največja. Ropot med vožnjo traktorja v večini primerov pomeni že sam zase preobremenitev traktorista v delovnem dnevu.

- Jakost ropota med delovnim časom, pa tudi med posameznimi elementi dela, močno niha. Porazdelitve jakosti ropota po časovnih deležih kažejo pri kolesniku IMT 558 in pri goseničarju podobno pogostnost pojavljanja jakosti ropota v delovnem času. Pri obeh je ropot na širokem jakostnem območju, največ pa med 85 in 95 dB(A) jakosti. Pri zgibniku je ropot po jakosti na ožjem višjem območju med 97 in 107 dB(A).

- Variabilnost jakosti ropota med delom je zelo velika. Standardni odklon posameznih vzorčnih vrednosti doseže tudi 26 dB(A). Variabilnost je manjša pri "glasnih" elementih dela (5 - 6 dBA) in velika pri "tihih" elementih dela (10-20 dBA). Izmerjene maksimalne jakosti ropota med spravilom lesa s traktorji so bile pri kolesniku IMT 105 dB(A), pri zgibniku 109 dB(A) in pri goseničarju 102 dB(A). Ker so te vrednosti večje kot znaša ropot neobremenjenega motorja pri mirovanju stroja, sklepamo, da obremenjenost motorja, resonanca in gibanje drugih delov ter prenosi povzročajo dodaten ropot.

- Značilno za ropot traktorjev pri spravilu lesa je periodično nihanje skladno s ponavljanjem delovnih ciklusov. V delovnem ciklusu sledi dolgemu maksimalnemu ropotu med prazno vožnjo nižji ropot med razvlačenjem in vezanjem. Nato se ropot poveča med privlačenjem in polno vožnjo, za krajši čas pade med odvezovanjem in spet naraste med rampanjem.

- Obremenitev traktorista z ropotom je odvisna od delovnih razmer in strukture časa. Obremenitev narašča s povečevanjem pravilne razdalje in hitrostjo voženj. Obremenitev se zmanjšuje z večjim naklonom vlake do nekega optimu-

ma, nato pa spet narašča. Čim več kosov je v tovoru traktorja, ali tudi čim drobnejši je les, tem manjša je verjetno obremenitev traktorista z ropotom. Obremenitev je večja, kadar ima traktorist pomožnega delavca. Za velikost bremena nismo ugotovili, da bi značilno vplivala na obremenitev delavca z ropotom.

- Samo za nekatere značilnosti vlake, vožnje in bremena traktorja smo ugotovili korelacijsko povezanost z obremenitvijo traktorista z ropotom. Če poznamo časovno strukturo elementov dela v sedanji pa tudi v bodočih tehnologijah spravlja lesa, lahko na podlagi te raziskave vedno izračunamo pričakovano obremenitev traktoristov z ropotom. Če je obremenitev tolikšna, da presega dopustne zdravju neškodljive meje, jo je treba z izbiro ustrežnejših strojev, z varstvenimi ali z organizacijskimi ukrepi zmanjšati.

- Obremenitev traktoristov z ropotom je mogoče zmanjšati s skrajševanjem pravih razdalj. Uvajanje tehnično izpopolnjenih novejših traktorjev in zvočno izoliranih kabin bi pomenilo velik korak humanizacije dela. Organizacija dela brez pomožnih delavcev pomeni manjšo obremenitev. Če bi se pri delu lahko izmenjavala dva traktorista, ki bila škodljivost ropota znatno manjša. Dokler niso izvedeni drugi tehnični varstveni ukrepi, morajo traktoristi vsaj med vožnjo traktorja nositi glušnike, ki najbolje varujejo sluh. Redni zdravstveni pregledi sluha (audiometriiranje) traktoristov bi bili za uspešno zdravstveno varstvo tudi potrebni, še zlasti tedaj, kadar je bil traktorist prej gozdni delavec sekač.

3. TRESENJE PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI

3.1. UVOD

Razvoj mehanizacije in njena uporaba sta v mnogočem olajšala naporno fizično delo gozdnih delavcev. Določena opravila, ki so v preteklosti terjala izredno veliko delovnega časa ob velikih naporih, so danes razmeroma enostavna ob uporabi ustrezne mehanizacije. Spremenjen način pridobivanja lesa pa je poleg večjih učinkov in različnih organizacijskih sprememb prinesel s seboj tudi mnogo neugodnih vplivov na gozd in človeka. Tresenje, ki vpliva na delavca, je le ena izmed številnih neugodnih posledic kontakta med človekom in delujočim strojem v proizvodnem procesu.

Vibracija je v splošnem smislu vsako premikanje delcev ali telesa, ki nastane z nihanjem okrog referenčnega nivoja ali položaja. To premikanje je lahko periodično (harmonično, neharmonično), slučajnostno (stohastično) in kratkotrajno v obliki sunkov. Vibracije, ki jih povzročajo samohodni stroji - vozila, pri premikanju po tleh, so vedno slučajnostne. Statistični parametri teh vibracij se s časom spreminjajo, zato bi za njihov opis potrebovali neskončno mnogo meritev.

Z nekaterimi predpostavkami pa vendar lahko ob bolj ali manj določenih pogojih in načinu dela ovrednotimo njihovo velikost in poskušamo ugotoviti njihov vpliv na človeka.

Človeški organizem predstavlja kompleks linearnih in nelinearnih sistemov s številnimi stopinjami prostosti. Mehanične lastnosti posameznih elementov teh sistemov so precej labilne in se močno razlikujejo od človeka do človeka. Poleg čisto mehaničnih lastnosti je, biološko gledano, potrebno vključiti tudi psihološki element, s čimer postane problem izvrednotenja vpliva vibracij na človeka še težji.

Posledice premočnega tresenja na človeka so v osnovnih črtah znane že dalj časa. Pri ugotavljanju škodljivosti vibracij na človeka pri določenem delu pa se še vedno srečamo s številnimi težavami. V odnosu traktor - voznik vplivajo vibracije na različne načine glede na trajanje, jakost, frekvenco in čas na stroj in na voznika. Dokazano je npr., da imajo vibracije direktno zvezo z okvarami, ki nastanejo zaradi utrujenosti materiala. Na vozniku pa lahko štejemo kot posledice vibracij npr.: naraščanje kroničnih bolezni v želodcu, motnje v vidu,

motenje ravnotežja, okvare na hrbtenici, porast nezadovoljstva in utrujanje, zmanjšanje koncentracije in dojemanja, zmanjšanje motiviranosti do dela, zmanjšanje delovne zmogljivosti in s tem tudi učinkov.

3.2. VIBRACIJE V ODNOSU TRAKTOR - VOZNIK

V telo voznika traktorja vstopajo vibracije preko sedala (sedeža z naslonjalom) in preko rok in nog (ročice, volan in pedali) in podlage. Vibracije, ki vstopajo v telo voznika preko sedeža, so po svoji intenziteti neprimerno višje, zato smo jim posvetili vso pozornost.

Vibracije, ki nastanejo na traktorju, nastanejo zaradi delovanja stroja in zaradi gibanja vozila po neravni podlagi. Prve nastopajo nad približno mejo 10-20 Hz, druge pa v frekvenčnem območju od 0 do 10-20 Hz. V tem nizkem frekvenčnem območju zasledimo tudi vpliv kvalitete in konstrukcije traktorskega sedeža. Intenziteta vibracij, ki doseže voznika, je poleg sedeža močno odvisna tudi od celotne konstrukcije vozila, predvsem načina, kako je urejeno vzmetenje na vozilu, načina prenosov, velikosti in oblike gum (gosenic) itd. Vibracije, ki so odvisne od omenjenih lastnosti vozila, zasledimo praviloma v frekvencah nad 10 Hz.

Pri vrednotenju vpliva vibracij na voznika imajo odločilno vlogo sledeči dejavniki:

- jakost vibracij
- frekvenca
- smer
- trajanje

Jakost vibracij lahko izražamo na tri načine:

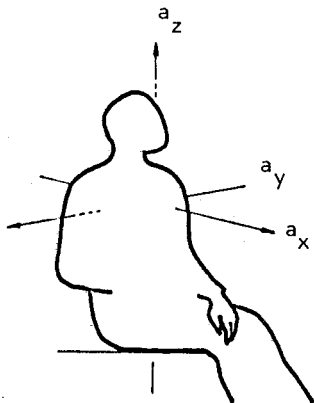
- z merjenjem odmika v m
- z merjenjem hitrosti v $m s^{-1}$
- z merjenjem pospeška v $m s^{-2}$

Velikost pospeška se je izkazala kot najbolj primerna za izražanje jakosti vibracij, zato smo tudi v naši nalogi izmerili pospešek.

Frekvenca, kot drugi odločilni dejavnik, je dosegljiv za vrednotenje preko frekvenčne analize vibracij. V naši nalogi zaradi pomanjkanja ustreznih instrumentov nismo mogli opraviti frekvenčne analize med samim delom traktorja, zato so bile frekvenčne analize opravljene posebej.

Smer vibracij ima pomembno vlogo pri občutljivosti človeka na vibracije. Doslej so bolj ali manj proučene le linearne (pravokotne) vibracije, medtem ko o učinku kotnih vibracij na človeka še ne vemo dovolj, zato so analize na tem področju še nemogoče. Linearne vibracije nastopajo v treh smereh glede na človeško telo. Merimo jih v treh smereh v koordinatnem sistemu, ki ima izhodišče v srcu. Poimenovanje posamezne smeri je po avtorjih različno. V naši nalogi se držimo poimenovanja, kot je razvidno iz grafikona 17.

Graf.17 KOORDINATNI SISTEM PRI MERJENJU LINEARNIH VIBRACIJ



TRANSVERZALNE VIBRACIJE:

a_x : horizontalne vibracije

a_y : aksialne vibracije

LONGITUDINALNE VIBRACIJE:

a_z : vertikalne vibracije

Merili smo vse tri smeri linearnih vibracij. Občutljivost človeka je različna, če govorimo o transverzalnih ali longitudinalnih vibracijah. Tako je npr. območje največje občutljivosti v horizontalni smeri med 1 in 2 Hz, pri vertikalnih vibracijah pa med 4 in 8 Hz.

Pri izrednotenju rezultatov ima čas izpostavljenosti pomemben vpliv za izračun jakosti vibracij. Posebno vlogo imajo tukaj določene prekinitve in odmori, ki nujno nastopajo v delovnem dnevu.

Največja občutljivost nekega sistema na vibracije je v frekvenčnem območju, kjer prihaja do tako imenovane resonance. Resonanca se pojavlja pri lastnih frekvencah posameznih delov sistema, to je pri tistih frekvencah, kjer povzroči vzbujevalno nihanje največji odziv. Največje nihanje posameznih delov telesa pomeni tudi za človeka največjo občutljivost na vibracije. Lastne frekvence človeškega telesa so v sedečem položaju pri vertikalnih vibracijah pri 4 in 30 Hz, vendar najmočneje nihajo posamezni deli (organi) tudi pri drugih frekvencah (očesna zrkla pri 60-90 Hz, spodnja čeljust 100-200 Hz itd.). Ugotovljeno je, da nižje frekvence, pri katerih je v resonanci celo telo, povzročijo poškodbe večjega kompleksa organov, višje frekvence pa kvarno vplivajo na posamezne organe. Dovoljene meje največjega časa izpostavljenosti (standardi ISO) so prirejene tako, da so najstrožje zahteve v območju največjega nihanja celoga človeškega telesa.

Za ovrednotenje vpliva vibracij na voznika je torej nujno poznati frekvenčno analizo - spekter vibracij konkretnega vozila pri določenih pogojih in opravilih. Frekvenčni spekter sicer ni enak glede na različne vrste vozil, pogoje dela in delovna opravila, vendar velja za večino traktorjev in podobnih terenskih vozil, da so najvišje vibracije ugotovljene prav v območju ali blizu območja največje občutljivosti človeka.

Oblike frekvenčnih porazdelitev so različne, tudi po smereh vibracij. Največje vibracije nastopijo pri transverzalnih vibracijah (horizontalne, aksialne vibracije) pri nižjih frekvencah kot pri longitudinalnih (vertikalne vibracije), vendar spet opazimo, da je človek prav v teh območjih najbolj dovzeten za njihov kvarni učinek.

3.3. DOSEDANJE RAZISKAVE

Dosedanje raziskave na tem področju so večinoma opravljene v laboratorijih ali na umetnih stezah ob standardnih pogojih, z zelo točnimi merilnimi instrumenti. Poročil o merjenju vozil med delom v pravih delovnih pogojih je precej manj, vendar je možno sklepati, da so obremenitve voznika pogosto prevelike.

Uporaba traktorjev v gozdarstvu je skoraj izključno spravilo lesa. Pri spravilu lesa s traktorji pomeni vožnja traktorja po gozdnih tleh daleč največji delež produktivnega časa. Nekateri rezultati dosedanjih raziskav so podani v spodnji tabeli.

POSPEŠKI VIBRACIJ NA SEDEŽIH TRAKTORJEV PRI SPRAVILU LESA

Tab. 19

avtor	traktor	operacija	pospeški v smeri vibracij ($m s^{-2}$)		
			vertikalna	aksialna	horizontalna
SUŠNIK	kolesnik	prazna vožnja	2,2-3,6	2,5	-
	IMT-558	polna vožnja	2,5-5,7	-	-
	goseničar	prazna vožnja	1,55	-	-
	FIAT				
DUPUIS	kolesnik	polna vožnja	2,9	1,9	1,4
	FE 35				
	Unimog	polna vožnja	1,9	-	-
		vožnja po poti	1,2-1,4	1,9-3,1	1,1-1,5
KWF	kolesnik	vožnja po poti	3,6	-	-
	Schilter				
	40 KS				
	kolesnik	vožnja po cesti	1,5	-	-
	MB-TRAC				
SJØFLOT	kolesnik	polna vožnja	2,89	1,90	1,38
	MF 35				
	kolesnik	vožnja po cesti	1,40	1,35	1,40
	Deutz D40L				
	Unimog	polna vožnja	1,78	2,76	1,70
	U32	vožnja po cesti	1,15	3,10	1,45

Nekateri avtorji (SJØFLOT, AHO & KÄTTÖ) so posvetili veliko pozornost frekvenčni analizi vibracij pri delu s traktorji. Večkrat so bile potrjene domneve o škodljivosti vibracij pri delu s traktorji v gozdarstvu. Študija avtorjev AHO & KÄTTÖ je pokazala, da so vertikalne vibracije v intervalu 2-4 Hz izredno visoke ($3,8 \text{ m s}^{-2}$) pri hitrosti 6 km/h. Čas izpostavljenosti pri tako visoki jakosti vibracij ne bi smel biti daljši od 2,5 ure na dan (ISO 2631).

V nekaterih raziskavah so avtorji ugotavljali odvisnost jakosti vibracij in frekvenčnega spektra od hitrosti vožnje, velikosti (teže) vozila, teže voznika in kvalitete traktorskega sedeža. Večja hitrost vožnje povečuje tudi skupno jakost vibracij, kot kaže tabela 20.

ODVISNOST JAKOSTI POSPEŠKOV VIBRACIJ NA SEDEŽU TRAKTORJA
KOLESNIKA GÜLDNER 640 PRI VOZNIJI PO CESTI (SJØFLOT):

Tab. 20

hitrost vožnje (km/h)	pospeški v smeri vibracij (m s^{-2})		
	vertikalni	aksialni	horizontalni
8	0,86	1,17	1,09
12	1,08	2,27	1,10
16	1,31	1,81	1,70

Do podobnih zaključkov sta prišla tudi AHO in KÄTTÖ pri merjenju vibracij na gozdarskem traktorju Valmet BK-LM, ki je z različnimi hitrostmi vozil po testni stezi:

VERTIKALNE VIBRACIJE NA HRBTU VOZNIKA (AHO, KÄTTÖ):

Tab. 21

hitrost vožnje (km/h)	maks. pospešek (m s^{-2})
3,60	1,8
4,32	1,9
4,68	3,2
5,76	3,9

V tej študiji je primerjava z ISO standardi pokazala, da vse upoštevane hitrosti traktorja povzročajo vibracije, ki so nad dopustno mejo pri času izpostavljenosti 4 ure na dan, višje hitrosti (nad 4,3 km/h) pa močno presega-jo tudi dovoljene meje obremenitve 2,5 ure na dan.

V primerjavi s traktorji pri delu v kmetijstvu kažejo gozdarski traktorji skokovito naraščanje jakosti vibracij s povečanjem hitrosti vožnje, ki v vertikalni smeri močno presega jakosti vibracij na traktorjih v kmetijstvu. Ista avtorja sta tudi ugotovila, da neravnine podlage ne vplivajo nujno na jakost vibracij, ker so na boljših podlagah možne višje hitrosti kot na slabših podlagah.

Iz podobne študije je vzet tudi primer vpliva teže voznika in kvalitete sedeža na jakost vibracij:

JAKOSTI POSPEŠKOV VERTIKALNIH VIBRACIJ PRI VOŽNJI PO SLABI
CESTI (HITROST VOŽNJE 12 km/h) GLEDE NA TEŽO VOZNIKA IN
KVALITETO SEDEŽA (SLØFLOT):

Tab. 22

teža voznika	najslabši sedež		najboljši sedež	
	maks.posp. ($m\ s^{-2}$)	pri frek- venci (Hz)	maks.posp. ($m\ s^{-2}$)	pri frek- venci (Hz)
60	1,60	2,9	0,60	3,0
95	1,42	3,0	0,45	1,3 in 3,0
na ohišju traktorja	1,33	3,0	1,33	3,0

Lastna frekvenca slabšega sedeža je bila v tem primeru 2,4 Hz, dobrega sedeža pa pri 1,4 Hz.

Nekaj študij, ki so bile opravljene na traktorjih pri delu v kmetijstvu, so s pridržki uporabne tudi za orientacijo pri delu v gozdarstvu. Zanimiv je primer goseničarja pri brananju po zorani zemlji, kjer so bile transverzalne vibracije bistveno višje od vertikalnih.

JAKOSTI POSPEŠKOV VIBRACIJ NA SEDEŽU GOSENIČNEGA TRAKTORJA
 HANOMAG K 50 PRI BRANANJU PO ZORANI ZEMLJI (HITROST VOŽNJE
 7,4 km/h, SJØFLOT):

Tab. 23

	smer vibracij		
	vertikalne	aksialne	horizontalne
pospeški (RMS) ($m\ s^{-2}$)	1,55	5,18	2,53
maksimum v frekvencah (Hz)	4-8-10 in 12	8-10 in 12	1-2,8-10 in 12

Škodljivost vibracij, ki se pogosto ugotavlja s primerjavo izmerjenih vrednosti pospeškov v frekvenčnem spektru s standardi (ISO 2631) so različni avtorji ugotavljali tudi tako, da so primerjali jakost vibracij po frekvencah s K- vrednostmi. Primerjava s tabelo in krivuljami K vrednosti je pogosto pokazala preveliko obremenjenost traktorista. Čas izpostavljenosti bi smel biti npr. pri nekaterih kolesnikih manjši od 3 ur na dan. Trditev seveda velja za opisane pogoje dela in v tem primeru ne jemlje v poštev dejanske strukture časa pri delu traktorista v gozdu.

Enake analize kot pri navadnih gozdarskih traktorjih kažejo za moderne procesorje in zgibne polprikolice včasih podobno sliko. Študija, ki je vzela v poštev 6 zgibnih polprikolic in 4 procesorje (HANSSON & WICKSTRÖM) je pokazala manjše vibracije kot sta jih ugotovila AHO in KÄTTÖ. Primerjava jakosti vibracij s K-vrednostmi (odgovarja primerjavi s standardom ISO 2631), ki jo je opravil LÜNZMANN, pa je pri nekaterih tipih procesorjev in strojev pri gradnji cest pokazala previsoke vibracije tudi za čas izpostavljenosti 4 ure na dan.

Nobena od omenjenih študij, ki dajejo sicer dober vpogled v naravo vibracij na traktorjih, ne da odgovora na vprašanje obremenitev traktorista v dejanskih pogojih v gozdu. Prav tako je na dlani, da tujih ugotovitev ni možno v vsem prenašati v naše razmere. Dejstvo je tudi, da v našem prostoru za potrebe gozdarstva še ni odgovora na zastavljena vprašanja. Delež mehaniziranega spravila v gozdarstvu pa kaže, da tudi ta naloga prihaja z zamudo.

Glede na dosedanje raziskave in praktične izkušnje lahko domnevamo, da je učinek vibracij na človeka pri delu s traktorjem v gozdu škodljiv za njegovo

zdravje in negativno vpliva na delovno zmogljivost, zadovoljstvo pri delu in s tem na produktivnost dela. V nalogi obravnavamo tri traktorje, s katerimi opravimo v Sloveniji največ mehaniziranega spravila lesa. Delovno hipotezo bomo skušali čim bolj objektivno dokazati tudi v različnih delovnih pogojih in različni organizaciji dela.

3.4. METODIKA RAZISKAVE

Merjenje vibracij je zahtevna naloga, ki terja poleg natančnih in dragih inštrumentov tudi izredno mnogo časa za obdelavo zbranih podatkov in analizo dobljenih rezultatov. Pot do rezultatov je zapletena in jo lahko opišemo v najbolj grobih črtah tako, kot kaže grafikon 18.

V vsakem delovnem postopku, ki je prikazan na shemi, nastopa niz časovnih, prostorskih in materialnih faktorjev, ki jih bomo opisali v nadaljevanju. Kabinetne priprave meritev ne bomo obravnavali posebej, ker se v grobem ne razlikuje od priprave drugačnih meritev. Posebnost so le uporabljeni inštrumenti, ki jih opisujemo posebej.

3.4.1. Inštrumenti

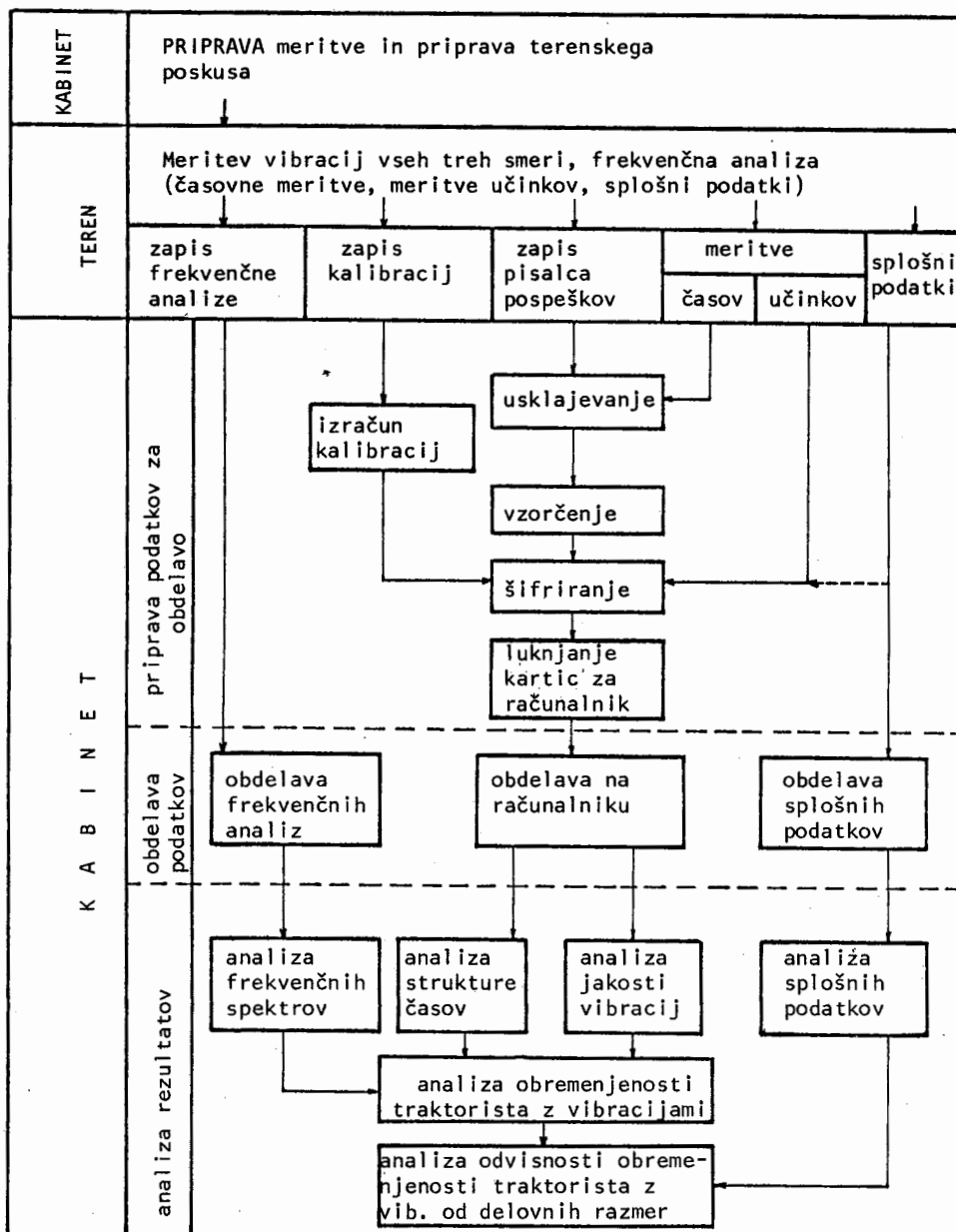
Meritve vibracij na terenu so zahtevale inštrumente na baterijski pogon. Osnovni inštrumenti, ki smo jih uporabili so:

- akcelerometer Brüel & Kjaer tip 4338 S
- merilec vibracij B & K tip 2511
- frekvenčni filter B & K tip 1621
- pisalec B & K tip 2306

Za polnjenje baterij in preverjanje instrumentov v kabinetu pa sta služila polnilca baterij B & K tip 2808 in ZG 0113.

Piezoelektrični akcelerometer je elektromehanični pretvornik, ki oddaja električne impulze. Ti so sorazmerni pospešku, ki se pojavi pri premikanju piezoelektričnega kristala v njegovi konstrukciji, zaradi delovanja zunanje sile.

Tip 4338 ima resonančni maksimum pri 10 000 Hz.



Pritrditev akcelerometra na predmet (traktor), ki ga merimo, je pomembna predvsem zaradi velike spremembe frekvenčnega odziva akcelerometra pri različnih pritrditvah. Občutljivost za visoke frekvence hitro upada z bolj ohlapno pritrditvijo. Pri meritvah vibracij na sedežu traktorista smo akcelerometer pritrdili z vijakom med dve togo zvezani vezani plošči. Konstrukcija t.im. deske je bila zelo lahka in dovolj udobna, da ni motila voznika pri njegovem delu. V primerih ko smo merili vibracije na ohišju traktorja, pa smo akcelerometer pritrdili na ohišje pod voznikovim sedežem s pomočjo magneta. Pri takšni pričvrstitvi lahko pričakujemo zanesljive rezultate do okrog 2500 Hz.

Posebno pozornost smo posvetili tudi vodniku impulzov. Zvijanje, stiskanje ali nategovanje vodnika lahko povzroči občutne motnje zlasti pri nizkih frekvencah, zato smo pri pritrditvi instrumentov na traktor poskrbeli, da je vodnik čim bolj miroval.

Prenosni merilec vibracij B & K 2511 ima že vgrajen predojačevalnik električnih impulzov akcelerometra, kar precej poenostavi celotno merjenje. Merilec in akcelerometer sta tako direktno zvezana z vodnikom. Merilec vibracij, ki je bil uporabljen, služi tako za merjenje celotne vrednosti pospeškov (linearno) kot za merjenje pospeškov po posameznih frekvenčnih pasovih - odvisno od frekvenčnega filtra. Pri uporabi filtra je potrebno za vsak frekvenčni pas posebej izmeriti jakost pospeška.

Merilec je možno nastaviti tako, da meri frekvence od 0,3 ali 3,0 Hz do 1 ali do 15 kHz. Pri uporabi akcelerometra 4338 smo merili pospeške od 0,3 do 1 kHz, tako da resonanca akcelerometra (pri 10 kHz) ni imela vpliva na vrednosti izmerjenih pospeškov.

V kombinaciji z akcelerometrom 4338 lahko merimo pospeške od 0,01 do 100 m s^{-2} . Nastavitev merilca vibracij je možno hitro spreminjati in smo jo tekom meritev menjavali po potrebi.

Merilec vibracij je impulze pospeškov integriral v časovnem obdobju 1 sek. Merili smo tako imenovano RMS vrednost, ki je definirana kot:

$$x_{\text{RMS}} = \frac{1}{T} \sqrt{\int_0^T x^2(t) dt}$$

kjer je T čas integracije impulzov x. Izmerjene vrednosti RMS smo zapisali na papirnat trak na pisalcu B & K 2306.

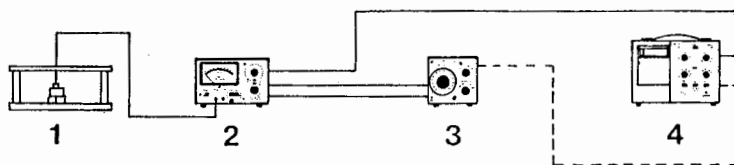
Frekvenčno analizo smo naredili z uporabo 1/3 oktavnega filtra B & K 1621 po frekvenčnih pasovih od 0,2 do okrog 2000 Hz. Stalna odstotna širina 1/3 oktavnega filtra je 23,1% pasovne širine. Način merjenja v frekvenčni analizi je s tem frekvenčnim filtrom sicer zelo preprost, izključuje pa možnost merjenja med delom.

Pisalec B & K 2306 je zadnji člen v sklopu osnovnih merilnih instrumentov. Hitrost pomika papirja je bila večinoma 0,3 ali 1 mm/sek, hitrost pisanja peresa pa 100 ali 250 mm/s. Način zapisovanja je bil linearen (DC lin).

3.4.2. Merjenje vibracij

Opisane instrumente smo povezali v verigo kot je prikazano na grafikonu 19.

Graf. 19 SHEMA POVEZAVE INSTRUMENTOV PRI MERJENJU VIBRACIJ
NA SEDEŽU TRAKTORISTA



1 akcelerometer 4338 na "deski"

2 merilec vibracij 2511

3 frekvenčni filter 1621

4 pisalec 2306

Vsi instrumenti so izdelani v tovarni Brüel & Kjaer

Merilec vibracij, filter in pisalec so bili pritrjeni v močni kovinski škatli in obloženi s penasto gobo, da so bile vibracije na instrumentih čim bolj ublažene. Kovinsko škatlo smo pritrjili na blatnik ali v kabino traktorja z močnimi elastikami in varnostno jekleno vrvjo. Voznik traktorja se je vsedel na "desko" v kateri je bil postavljen akcelerometer v željenem položaju.

Pred začetkom meritev in po končanem merjenju smo instrumente kalibrirali glede na željeno obliko zapisa. Kalibracijo je bilo potrebno ponoviti tudi v primerih, če je prišlo med merjenjem do motenj v delovanju instrumentov.

Na vsakem delovišču smo merili pospeške vseh treh smeri vibracij. Razpoložljivi instrumenti niso dopuščali istočasnega merjenja vseh treh smeri, zato smo meritve opravili zaporedoma tako, da smo v posamezni smeri izmerili vsaj dva ciklusa. Pri tem smo predpostavili, da je jakost vibracij v posamezni smeri med ciklusi enaka. Ta predpostavka, ki je teoretično neresnična nikakor ne zmanjšuje vrednosti posnetih jakosti vibracij v posamezni smeri, temveč postavi pod vprašaj edino izračunano vrednost vektorja vibracij. Računati pa je treba, da poleg delovanja stroja in podlage vpliva na velikost vibracij še cel niz drugih faktorjev, ki so po večini slučajnostni in torej nedoločljivi. Njihov pomen lahko zaznamo šele s ponovno analizo vseh delovnih pogojev in načina dela. Gornja predpostavka kaže tako majhno tveganje večje napake, omogoča pa, da dobimo vsaj približno sliko o velikostih pospeškov linearnih vibracij, ki delujejo na voznika.

Frekvenčna analiza vibracij je pravzaprav najbolj pomemben rezultat, preko katerega lahko sklepamo na obremenjenost traktorista. Zanesljive podatke frekvenčne analize bi lahko dobili le z merjenjem med delom, vendar uporabljeni instrumenti tega niso dopuščali. Iz dosegljive literature je razvidno, da se frekvenčni spektri močno razlikujejo med posameznimi stroji, v okviru enega stroja pa prihaja do sprejemljivih razlik na primer pri različnih hitrostih vožnje. Poveča se sicer jakost pospeškov v posameznem frekvenčnem pasu, splošna oblika spektra pa ostane približno enaka. Na tem temelji tudi predpostavka, da se frekvenčni spekter neznatno spreminja v okviru podobnih operacij kot sta prazna in polna vožnja (okrog 60% produktivnega časa).

Frekvenčno analizo smo opravili vsakič ob čim bolj izenačenih pogojih. Na trdi podlagi smo pritrčili 10 cm visoko oviro (tanek okrogel les), preko katere je vozil traktor s prednjim in zadnjim kolesom (tudi na vlakih sta običajno neenakomerno obremenjeni ena in druga stran traktorja) s čim bolj enakomerno hitrostjo ves čas meritve. Pri vsakem "preskoku" preko ovire smo merili jakosti pospeškov v enem frekvenčnem pasu. Izmerili smo tudi linearno vrednost pospeškov, ki je bila nato osnova za vrednotenje frekvenčne analize. Druga predpostavka, ki sledi iz prve je bila, da je frekvenčni spekter dobljen pri vožnji preko standardne ovire podoben tistemu, ki se pojavi pri vožnji traktorja po gozdni vlakih, vendar v sorazmerju kot je izmerjena linearna vrednost v teku frekvenčne analize z linearno vrednostjo pospeškov, izmerjenih med delom.

Poseben poudarek je dan v nalogi vertikalnim vibracijam. Te so tudi v največji meri odvisne od konstrukcije in kvalitete uporabljenih traktorskih sedežev. V literaturi zasledimo znatne razlike med frekvenčnim spektrom vertikalnih in transverzalnih vibracij. Značilna pa je ugotovitev, da imajo druge izrazit maksimum v frekvencah do 3 Hz (največja človekova občutljivost). Frekvenčno analizo smo opravili na vseh deloviščih samo na sedežu v vertikalni smeri.

Poleg vibracij na sedežu traktorista smo na vseh deloviščih izmerili tudi velikost pospeškov na ohišju traktorja, pod traktorskim sedežem - prav tako vse tri smeri linearnih vibracij. Dobljeni podatki nam bodo služili za kasnejše analize učinkovitosti dušenja vibracij na traktorskih sedežih.

3.4.3. Vzoredne meritve

Istočasno z meritvami vibracij je potekalo tudi časovno merjenje vseh merjenih delovnih operacij, merjenje učinkov spravila, merjenje elementov traktorske vlake in zapis drugih splošnih podatkov o delovišču, traktoristu in drugo.

Časovna merjenja smo opravili s kronometrom Heuer (razdelitev 1/100 minute) po kontinuirani metodi s povprečno napako do 2%.

Razdelitev delovnega procesa na operacije smo povzeli po že uveljavljenem načinu snemanja traktorskega spravila (KRIVEC). Snemalni list je bil prilagojen za snemanje delovnega časa po ničelni metodi, zato nam je služil le za orientacijo pri določitvi posameznih delovnih operacij in zbiranju podatkov o učinkih, vlaki in splošnih podatkov.

Časovno snemanje delovnega procesa ob merjenju vibracij ima povsem drug namen kot obsežna snemanja za katera je namenjen snemalni list. Z našimi časovnimi snemanji smo dosegli predvsem naslednje:

- vsebinsko ovrednotenje zapisa vibracij
- kontrola delovanja instrumentov (zlasti pisalca)
- strukturo časa, ki jo lahko primerjamo s širšimi snemanji
- ugotovitev učinkovitosti dela zaradi primerjave z bolj obsežnimi snemanji
- dobili smo splošne podatke o delovišču, elemente vlake itd., brez katerih ni možno primerjati med seboj različnih delovišč
- posebej smo snemali čas, ko traktorist sedi na sedežu in čas, ko traktorist ni na sedežu, ne glede na meje med operacijami. S tem smo dobili točne časovne vrednosti obremenitve traktorista z vibracijami.

Na vsakem delovišču smo izmerili točno dolžino vlake in njen naklon. Posamezno vlako smo tudi opisali. Število snemanih vlak je bilo mnogo premajhno, da bi lahko na podlagi ugotovljenih jakosti vibracij sklepali na obremenjenost traktorista glede na lastnosti vlake.

Dejavniki, ki v kombinaciji z vlako močno vplivajo na trenje kompozicije traktor-tovora in s tem tudi na povzročene vibracije, so lastnosti tovora kot: olupljen ali neolupljen les, oblika debla (les iglavcev - listavcev), teža tovora, število kosov v tovoru (srednji premer kosa), dolžina sortimentov. Znano je, da nekateri od teh dejavnikov izredno močno vplivajo na povečanje potrebne vlečne sile traktorja za premikanje 1 tone lesa. V določenih pogojih na vlaki pomeni to povečevanje števila obratov in s tem jakosti vibracij, predvsem v višjih frekvenčnih območjih - nad 20 Hz. Obratno je delovanje teh faktorjev, kadar njihova kombinacija ne zahteva velikih vlečnih sil traktorja. Traktorist lahko razvije večjo hitrost, kar v odvisnosti od

vlake povzroči povečanje jakosti vibracij predvsem v nižjih frekvenčnih območjih - do 20 Hz. V praksi teh sprememb nismo mogli zaznati, ker frekvenčne analize ni bilo možno opraviti med delom.

3.4.4. Priprava podatkov za obdelavo

V tej fazi raziskave je bilo potrebno več delovnih postopkov, da smo raznovrstne podatke, ki so bili izmerjeni ali ugotovljeni na terenu, prevedli v takšno obliko, da je lahko glavna obdelava potekala na računalniku.

Najprej je bilo potrebno vskladiti zapis na papirnatem traku s posneto časovno skalo. Na ta način smo dobili točen začetek in konec vsake delovne operacije v merjenem delovnem času in smo lahko pristopili k vzorčenju. Pri večini obdelav smo uporabili enak časovni razmak 10 sek (pri hitrosti pomika papirja na pisalcu 0,3 mm/sek) in 3 sek (pri hitrosti pomika papirja 1 mm/sek). Odčitke v mm (točnost odčitavanja je bila 0,1 mm) smo vpisali v ustrezen obrazec.

Pred šifriranjem je bilo potrebno preveriti in izračunati vse terenske kalibracije instrumentov. Izračun kalibracij je obsegal določitev parametrov linearne regresije, kajti ob uporabljeni nastavitvi instrumentov je bil pri merjenju vibracij odnos med višino zapisa na papirju v mm in med zapisanimi pospeški v $m s^{-2}$, linearen.

Šifriranje zbranih podatkov je potekalo na ustreznih obrazcih. Za računalniško obdelavo smo pripravili sledeče podatke:

- smer vibracije
- datum merjenja
- številka ciklusa
- šifra kalibracije
- operacije
- sedež da ali ne (ali je, ali ni na sedežu)
- čas trajanja operacije
- število odčitkov
- minimum
- maksimum v operaciji
- podatki o učinku ciklusa

Z luknjanjem kartic je bila končana priprava podatkov za obdelavo.

3.4.5. Obdelava podatkov

Največji del obračuna posnetih jakosti vibracij je potekal na računalniku po posebnem programu. Frekvenčne analize pa smo ugotovili brez pomoči računalnika. V zapisu frekvenčne analize je dobro viden sunek, ki ga je pri prehodu traktorja povzročila ovira. S pomočjo kalibracij smo ugotovili velikost pospeška pri prehodu čez oviro za frekvenčne pasove od 0,2 do okrog 2000 Hz in narisali iz dobljenih vrednosti sliko frekvenčnega spektra v logaritemskem merilu.

Iz snemalnih listov in drugih terenskih zapiskov smo na tej stopnji raziskave zbrali tudi vse zanimive splošne podatke, zlasti pa podatke o delovnih pogojih, pri katerih smo merili vibracije na posameznem delovišču. S tem je bilo možno preiti na analizo dobljenih rezultatov.

3.5 DELOVNE RAZMERE MED MERJENJEM VIBRACIJ

Meritve vibracij smo opravili na treh traktorjih, ki so danes v najširši uporabi v Sloveniji - IMT 558, Timberjack 208 D in 209 D ter FIAT 505 C. Tehnični podatki merjenih traktorjev so zbrani v prvem delu študije.

3.5.1. Izbrana delovišča

Meritve vibracij smo opravili praviloma istočasno kot meritve ropota. Obremenjenost traktoristov smo merili na različnih deloviščih v območjih GG Postojna, GG Kočevje, GG Kranj, GG Novo mesto, GG Celje, GG Bled in GG Brežice.

Prve poskusne meritve so bile opravljene že v letu 1976. Adaptirani kolesnik IMT 558 smo merili v letu 1977 in 1979, ko smo primerjali vse tri traktorje na istem delovišču. Timberjack 208 D in 209 D smo snemali v letih 1977, 1978 in primerjalno v letu 1979; vibracije na goseničarju pa so bile izmerjene leta 1978 ter v primerjavi še leta 1979. Za vsako vrsto traktorja smo izmerili vibracije na več, med seboj močno različnih deloviščih. Poskusili pa smo tudi primerjati vse tri traktorje v čim bolj podobnih delovnih pogojih, zato smo merili jakosti vibracij tudi na istem delovišču (tabela 24).

PREGLED ŠTEVILA POSNETIH CIKLUSOV, ORGANIZACIJSKA OBLIKA DELA
IN VRSTA LESA PRI SPRAVILU, PO VRSTI TRAKTORJA IN DELOVIŠČIH

Tab. 24

Traktor	Delovišče	število posnetih ciklusov				organiz. dela	Vrsta lesa
		verti- kalne	hori- zontalne	aksi- alne	skupaj		
IMT 558	Selce	3	2	2	7	l + 2	bo,neol.
	Menišija spoml.	2	1	2	5	l + 0	je,neol.
	Menišija poleti	2	2	2	6	l + 0	je,neol.(bu)
	Mašun	2	2	2	6	l + 0	bu,je neol.
	Kočevje	2	2	2	6	l + 1	sm,olup.
	Belska planina (primerjava)	3	2	2	7	l + 0	sm,neol.
	SKUPAJ	14	11	12	37		
TIMBERJACK	209 D Rog	2	2	2	6	l + s	bu (je)
	209 D Podturn	2	2	2	6	l + 1	bu
	208 D Brežice	2	1	2	5	l+1+s	bu,hr
	208 D Belska planina (primer.)	2	2	2	6	l + 0	sm,neol.
	SKUPAJ	8	7	8	23		
FIAT 505 C	Komateura spoml.	2	2	2	6	l + 1	sm,neol.
	Komateura poleti	3	1	2	6	l + 1	sm,olup.
	Mrzli studenec	2	2	2	6	l + 0	sm,neol.
	Belska planina pozimi	1	2	2	5	l + 0	sm,neol.
	Belska planina (primerjava)	2	2	2	6	l + 0	sm,je neol.
SKUPAJ	10	9	10	29			
VSE SKUPAJ		32	27	30	89		

Pri analizi podatkov se je kasneje pokazalo, da iz različnih vzrokov na nekaterih deloviščih nismo dobili zanesljivih podatkov o eni izmed smeri vibracij. Tista delovišča (ponekod samo nekaj ciklusov) smo zato v primerjavah izpustili in študija ne vsebuje podatkov o teh merjenjih.

Lastnosti vlak so se pri delu enega traktorja in med traktorji precej razlikovale, tako da je bilo izmerjeno precej široko območje delovanja enega traktorja. Polovica vseh vlak je imela večje ali manjše protivzpone. Povprečna razdalja vlačjenja je bila med delovišči in traktorji zelo različna in je največja pri Timberjacku (čez 800 m), sledi goseničar (okrog 250 m) in univerzalni kolesnik (blizu 300 m). Povprečne razdalje vlačjenja za te tri traktorje v Sloveniji so za zgibnik nekaj krajše (777 m), za goseničarja in IMT 558 pa daljše (448 in 607 m).

Organizacijska oblika dela je bila v večini delovišč brez pomožnega delavca (1+0), razen pri zgibniku. Število posnetih ciklusov na posameznem delovišču je bilo 5-7. Največ smo posneli adaptirani kolesnik IMT 558 (37 ciklusov), nato goseničarja (29 ciklusov), najmanj pa zgibnik (23 ciklusov).

Kolesnik IMT 558 je v povprečju pripel 6,0 kom debel s kubaturo 2,27 m³. V večini ciklusov, ki so bili izmerjeni, je vlačil neolupljen les iglavcev. Goseničar FIAT 505 C je pripenjal povprečno 8,3 kom s kubaturo 2,14 m³. Tudi goseničar je povečini vlačil neolupljen les iglavcev. Zgibnik je v povprečnem ciklusu zapel 6,1 kom s kubaturo 4,41 m³. Vlačil je bukovino in neolupljen les iglavcev.

Za vsako vlako smo izračunali koeficient naklona, ki pove koliko metrov višinske razlike je povprečno na 100 m horizontalne dolžine, ne glede na vzpone ali padce. Povprečni podolžni naklon namreč ne bi dal primerljivih vrednosti, ker so imele nekatere vlake protivzpone, druge pa ne. Koeficient naklona smo izračunali po obrazcu:

$$E = \frac{\text{vsota višinskih razlik}}{\text{horizontalna razdalja}} \times 100\%$$

Delovišče	Dolžina vlake (m)	Koefficient naklona (%)	Maks. naklon (%)		
			+	-	
IMT 558	Selce	6,22	12	19	
	Menišija spomladi	275-415	8,82	15	20
	Menišija poleti	150	8,95	-	18
	Mašun	376	11,62	4	31
	Kočevje	320	6,56	20	13
	Belska planina primerjava	140-150	11,38	-	30
Timberjack	Rog	1000	10,74	11	36
	Podturn	772	22,89	6	39
	Brežice	1655	10,88	-	31
	Belska planina primerjava	165-233	16,33	-	32
		118-133	13,94	18	25
Fiat 505 C	Komateura spomladi	420	17,91	-	30
	Komateura poleti	690	21,14	-	38
	Mrzli studenec	146-287	10,75	6	24
		155-180	12,64	2	25
		185	11,39	2	21
	Belska planina pozimi	117	4,56	-	11
	Belska planina primerjava	117-157	22,83	-	51
	233	16,33	-	32	

Osnovni parametri vlak po deloviščih so naštetih v tabeli 25. Očitno je, da je delal zgibnik na najtežjih vlakah z velikim koeficientom naklona, visokimi ekstremnimi nagibi in veliko dolžino spravila. Goseničar po težavnosti vlak pravzaprav ne zaostaja razen pri spravljeni razdalji, ki je precej krajša. IMT 558 je deloval na najkrajših razdaljah s koeficienti naklona do okrog 11%. Prav tako so tudi ekstremni nakloni na njegovih vlakah v povprečju nižji. Izjema sta dva izredno težka protivzpona.

Če pogledamo dolžine vlačjenja pri merjenju različnih smeri vibracij vidimo, da v povprečju ni prevelikih razlik (tabela 26).

POVPREČNE SPRAVILNE RAZDALJE PRI MERJENJU
RAZLIČNIH SMERI VIBRACIJ

Tab. 26

Traktor	smer vibracij			povprečno (m)
	vertikalno (m)	horizontalno (m)	aksialno (m)	
IMT 558	310,5	308,8	321,0	313,4
Timberjack	906,5	886,3	780,7	861,2
FIAT 505 C	396,7	306,0	337,0	348,0
povprečno (m)	486,44	472,90	437,48	466,24

Vlake so bile večinoma zemljate in suhe, vendar v posameznih primerih tudi mokre in kamnite (Komateura, Mašun), blatne (Rog, Brežice, Menišija spomladi) ali zasnežene (Belska planina pozimi). Vsa delovišča so bila redna delovišča razen pri Selcah (GG Postojna), kjer je tekkel tečaj za traktoriste GŠC Postojna.

3.5.2 Struktura posnetih časov

Snemanja vseh treh smeri vibracij so zajela po vrsti traktorja okrog 16 ur delovnega časa. V povprečju je bila ena smer vibracij snemana okrog 5 ur po posameznem tipu traktorja. Povprečna trajanja ciklusov, če upoštevamo neprečiščen delovni čas, so bila med traktorji močno različna. Razlike med povprečnim trajanjem ciklusa pri merjenju različnih smeri vibracij pa so slučajne in kažejo na variabilnost v trajanju ciklusa enega traktorja.

Dosegljivi viri (KRIVEC, MORI) detajlno opisujejo vpliv delovnih razmer na trajanje posameznih operacij. Iz teh virov smo poskušali izračunati trajanje posameznih operacij pri takšnih delovnih pogojih, kot so bili povprečno pri naših snemanjih in primerjati dobljeno strukturo produktivnega časa s prečiščeno strukturo produktivnega časa iz naših snemanj. Rezultati primerjave so podani v tabeli 27.

Absolutni časi povprečnega ciklusa se razlikujejo pri adaptiranem kolesniku za 6,1%, pri zgibniku za 20,2% in pri goseničarju za 5,5% od vrednosti, ki so jih ugotovili pri širših snemanjih. Oba kolesna traktorja sta bila hitrejša, goseničar pa je bil počasnejši od širšega povprečja. Relativna struktura delovnega časa pokaže, da so pri adaptiranem kolesniku in goseničarju razlike sprejemljive, medtem ko je bila struktura časa pri zgibniku precej drugačna od pričakovane. Polna in prazna vožnja zgibnikov, ki smo jih snemali, predstavljata precej manjši delež delovnega časa, zbiranje lesa pa bistveno večji delež od predvidenega. Deleže dodatnega časa smo vzeli iz literature (KRIVEC, MORI) in sicer za univerzalni kolesnik 24%, zgibnik 22% in za goseničar 19% produktivnega časa.

V kolikšni meri pa smo zajeli povprečne delovne razmere, pri katerih delajo opisani traktorji v Sloveniji, pa kaže primerjava s strukturo produktivnega časa za povprečne delovne razmere (tabela 28).

STRUKTURA PRODUKTIVNEGA ČASA (%) OB POVPREČNIH DELOVNIH
RAZMERAH V SLOVENIJI IN PRI SNEMANJU VIBRACIJ

Tab. 28

Operacije	IMT 558		Timberjack		FIAT 505 C	
	povprečne razmere	snemanja vibracij	povprečne razmere	snemanja vibracij	povprečne razmere	snemanja vibracij
prazna vožnja	31,5	23,0	30,9	28,8	28,1	28,7
zbiranje lesa	18,5	29,3	23,0	28,4	19,8	28,5
polna vožnja	32,1	30,0	28,7	31,8	33,9	25,8
odvezovanje in rampanje	17,9	17,7	17,4	11,0	18,2	17,0

TRAJANJE IN STRUKTURA DELOVNEGA ČASA POVPREČNEGA CIKLUSA PRI
SNEMANJU VIBRACIJ IN PO UGOTOVITVAH DRUGIH AVTORJEV

Tab. 27

Element dela	IMT 558 (KRIVEC)		snemanje vibracij		Timberjack (KRIVEC)		snemanje vibracij		Fiat 505 C (MORI)		snemanje vibracij	
	min	%	min	%	min	%	min	%	min	%	min	%
prazna vožnja	6,95	21,75	5,56	18,53	16,91	31,54	10,09	23,60	6,01	18,25	8,38	24,11
zbiranje lesa	7,65	23,94	7,10	23,67	5,72	10,67	9,95	23,27	9,54	28,95	8,32	23,94
polna vožnja	6,74	21,10	7,26	24,20	17,54	32,72	11,14	26,05	6,42	19,48	7,55	21,72
odvezovanje in rampanje	4,43	13,87	4,27	14,23	3,77	7,03	3,87	9,05	5,72	17,36	4,96	14,27
produktivni čas	25,77	80,66	24,19	80,66	43,94	81,96	35,05	81,97	27,69	84,04	29,21	84,04
dodatni čas	6,18	19,34	5,81	19,34	9,67	18,04	7,71	18,03	5,26	15,96	5,55	15,96
delovni čas	31,95	100,00	30,00	100,00	53,61	100,00	42,76	100,00	32,95	100,00	34,76	100,00

Nesorazmerja med posneto in povprečno strukturo produktivnega časa so sprejemljiva ob upoštevanju različne spravlne razdalje, ki ob povprečnih pogojih zbiranja najmočneje vpliva na strukturo produktivnega časa.

3.5.3 Učinki spravila lesa s traktorji pri merjenju vibracij

Za ovrednotenje rezultatov je potrebno vedeti v kolikšni meri so traktoristi pri merjenju vibracij dosegli tiste učinke, ki so normalni za posamezno vrsto traktorja. V času snemanja vibracij je adaptirani kmetijski traktor spravlil od panja do ceste 83,89 m³, zgibnik 101,33 m³ in goseničar 62,04 m³ lesa. Razlike med IMT 558 in goseničarjem na eni ter zgibnikom na drugi strani so očitne in pričakovane.

Primerjali smo povprečne učinke pri merjenju vibracij z ugotovitvami drugih snemanj. Za vhod v primerjavo smo vzeli povprečen kos v bremenu traktorja. Rezultati so prikazani v tabeli 29.

PRIMERJAVA UČINKOV SPRAVILA LESA S TRAKTORJI PRI MERJENJU VIBRACIJ Z UGOTOVITVAMI DRUGIH AVTORJEV

Tab. 29

Kriterij	IMT 558 (KRIVEC) merjenja vibracij		Timberjack (KRIVEC) merjenja vibracij		FIAT 505 C (MORI) merjenja vibracij	
	povprečna kubatura kosa m ³ /kom	0,38	0,38	0,72	0,72	0,23
povprečno breme (m ³)	2,67	2,27	5,43	4,41	2,38	2,14
učinek v delovnem dnevu (m ³ /8 ur)	37,61	34,05	45,58	46,41	32,50	27,70

Primerjava ne pokaže bistvenih razlik med enimi in drugimi opazovanji. Ugotovimo lahko, da je imel navadni kolesnik pri naših meritvah nekoliko manjše učinke, čeprav je bil na vlaki hitrejši, predvsem zaradi manjšega povprečnega tovora. Zgibnik je imel približno enake učinke predvsem zato, ker je bil v povprečnem ciklusu precej urnejši - z manjšim bremenom. Nižje učinke je imel tudi goseničar, saj je bil počasnejši ob manjšem bremenu.

V splošnem učinki spravila lesa s traktorji pri menjanju vibracij ne odstopajo od pričakovanega okvira. Istočasno kažejo računi tudi na to, da dajo dosedanja široka snemanja posameznih traktorjev dobro napoved trajanja in učinkov ob znanih delovnih razmerah.

3.6 REZULTATI PREUČEVANJA TRESENJA

Analiza obdelave podatkov naj bi dala v prvi vrsti odgovor na vprašanje, v kolikšni meri je bil obremenjen traktorist pri konkretnih primerih snemanja vibracij. Kljub temu, da je iz analize delovnih razmer pri naših snemanjih razvidno, da je do neke mere možno primerjati delovne razmere pri snemanju vibracij s povprečnimi delovnimi razmerami pri katerih deluje posamezen stroj, lahko ugotovimo, da so takšne primerjave približne. Iz tega razloga naj odgovorijo rezultati raziskave delno tudi na ključno vprašanje - kakšne so obremenitve z vibracijami pri drugačnih - vsakdanjih delovnih razmerah.

Omenjeno je že bilo, da nam jakosti vibracij, ki so izmerjene v linearni smeri med delom traktorja, povedo prav malo ali nič o obremenitvi voznika, če ne poznamo frekvenčnega spektra in odnosa do ustrezne dovoljene jakosti in odnosa ISO 2631. Zato bomo pred našimi ugotovitvami na kratko obravnavali standard, ki je predstavljal osnovo za naše primerjave in nato frekvenčne analize.

3.6.1 Standard ISO 2631

Možnosti za izvedenotenje dobljenih podatkov s primerjavo z mednarodno uveljavljenimi normami je pravzaprav več. Za ugotavljanje dovoljenih obremenitev delavca z vibracijami, je najbolj v uporabi standard ISO 2631, ki so mu tudi nekatere druge organizacije (VDI) prilagodile svoje standarde.

Standard ISO 2631 odgovarja pogoju, da vstopajo vibracije v človeško telo preko nog stoječega človeka in preko stegen in hrbta človeka v sedečem položaju. Časovne meje vpliva vibracij na človeka so definirane v frekvenčnem območju od 1 do 80 Hz. Časovne meje so podane glede na tri osnovne kriterije:

- ohranitev udobnosti (meja zmanjšane udobnosti)
- ohranitev delovne sposobnosti (meja zmanjšane delovne sposobnosti)
- ohranitev zdravja delavca (zgornja meja izpostavljenosti).

Oblike krivulj vseh treh časovnih mej so enake s tem, da so na različnih nivojih. Najstrožje so zahteve pri meji zmanjšane udobnosti, zgornja meja izpostavljenosti pa dopušča najvišje jakosti vibracij. Meja zmanjšane delovne sposobnosti, s katero smo primerjali naše rezultate, pa leži nekje vmes.

Razmerja med različnimi mejami glede na našete kriterije so sledeča:

$$\left| \begin{array}{l} \text{meja zmanjšane} \\ \text{udobnosti (m s}^{-2}\text{)} \end{array} \right| = \frac{\left| \text{meja zmanjšane delovne sposobnosti (m s}^{-2}\text{)} \right|}{3,15}$$

$$\left| \begin{array}{l} \text{zgornja meja izpo-} \\ \text{stavljenosti (m s}^{-2}\text{)} \end{array} \right| = 2 \times \left| \begin{array}{l} \text{meja zmanjšane delovne} \\ \text{sposobnosti (m s}^{-2}\text{)} \end{array} \right|$$

Ugotovljeno je bilo, da predstavlja izpostavljenost vibracijam, ki je večja od meje zmanjšane delovne sposobnosti tveganje, da se poruši labilni fiziološko-psihološki kompleks človeškega organizma. Prikazana metoda ugotavljanja škodljivosti vibracij velja samo za tiste delavce, ki so več let zaporedoma podvrženi njihovem delovanju. Kratkotrajne jakosti vibracij, ki dosežejo delavca, so lahko precej višje od navedenih vrednosti. Prav tako še vedno ni znan učinek odmorov v teku delovnega dne, ko se človeško telo do neke mere odpočije.

Maksimalne časovne meje ohranitve delovne sposobnosti so predstavljene v tabelah in grafikonih. Vhodi za njihovo določitev so: frekvenca vibracij, velikost pospeška, čas njihovega delovanja in smer vibracij z ozirom na človeško telo. V tabeli 30 je povzetek standarda ISO 2631 za vertikalne vibracije v terčnih frekvenčnih pasovih od 1 do 20 Hz, za nekaj različnih časov izpostavljenosti.

Obremenitev traktorista z vibracijami smo ugotovili po standardu ISO 2631 tako, da smo s standardom primerjali ustrezno preračunano (glede na primerjano jakost vibracij) frekvenčno analizo pospeškov. Vse primerjave smo opravili grafično - zaradi velike nazornosti in zadostne natančnosti.

MEJNE VREDNOSTI POSPEŠKOV VERTIKALNIH VIBRACIJ PO STANDARDU ISO 2631

(SEDEČI POLOŽAJ) ZA ČASE IZPOSTAVLJENOSTI 2,5, 4, 6 IN 8 UR

Tab. 30

sredina frekvenčnega pasu (Hz)	pospešek ($m\ s^{-2}$)			
	čas izpostavljenosti (ur)			
	2,5	4	6*	8
1	1,40	1,06	0,77	0,63
1,25	1,26	0,95	0,70	0,56
1,6	1,12	0,85	0,62	0,50
2	1,00	0,75	0,56	0,45
2,5	0,90	0,67	0,49	0,40
3,15	0,80	0,60	0,43	0,36
4	0,71	0,53	0,39	0,32
5	0,71	0,53	0,39	0,32
6,3	0,71	0,53	0,39	0,32
8	0,71	0,53	0,39	0,32
10	0,90	0,67	0,49	0,40
12,5	1,12	0,85	0,62	0,50
16	1,40	1,06	0,77	0,63
20	1,80	1,32	0,95	0,80

* Vrednosti vertikalnih pospeškov za 6 ur izpostavljenosti smo dobili s pomočjo krivuljne interpolacije, ker jih originalni standard ISO 2631 ne navaja.

3.6.2 Frekvenčne analize vertikalnih vibracij na sedežu traktorja

Na vsakem delovišču je bila ugotovljena frekvenčna analiza po postopku, kot je opisan v poglavju 3.4.2. Pri analizi rezultatov frekvenčnih analiz pa smo izločili nekatere, ki iz različnih vzrokov niso bile zanesljive. Pri analizi frekvenčnih spektrov nas je najprej zanimalo, kakšne so razlike med traktorji istega tipa. Oblika frekvenčnega spektra je namreč v največji meri odvisna od:

- delovanja motorja traktorja
- gibljivih delov konstrukcije

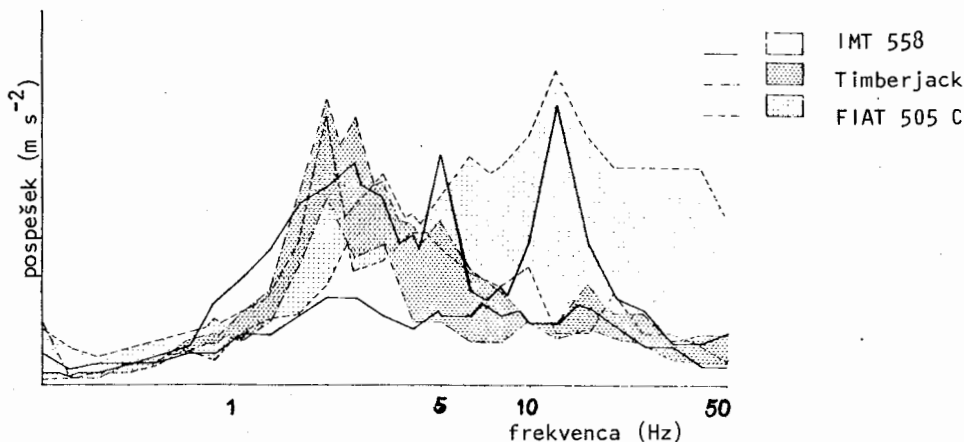
- prenosov moči motorja na kolesa in priključke
- vzmetenja traktorja
- vzmetenja in konstrukcije sedeža

Običajno mislimo, da so zgornje značilnosti pri enem tipu traktorja stalne, vendar je iz opazovanj in iz rezultatov frekvenčnih analiz razvidno, da se traktorji istega tipa pogosto močno razlikujejo med seboj. Na spremembe v frekvenčnem spektru pri ugotavljanju frekvenčne analize namreč vplivajo dodatno še sledeči dejavniki:

- traktorske verige
- obrabljenost gum
- obraba posameznih gibljivih delov konstrukcije in prenosov
- neenakomerno delovanje motorja
- napačna nastavitve ali dotrajanost sedeža
- razmere pri ugotavljanju frekvenčne analize.

Razumljivo je tudi, da kompakten stroj z dobrim vzmetenjem in majhnim številom gibljivih priključkov in drugih dodatnih delov, ne bo imel velikih odstopanj od neke, sebi lastne srednje vrednosti. Konstrukcije z večjim deležem togih gibljivih delov, priključkov in dodatkov, brez dobrega vzmetenja in medsebojne povezave, pa dopuščajo veliko večje razlike v okviru istega tipa traktorja. Te so posledica starosti, razmer v katerih je deloval stroj, vzdrževanja in servisiranja.

Graf. 20 PRIKAZ OBMOČJA VARIABILNOSTI OBLIKE FREKVENČNEGA SPEKTRA TREH TRAKTORJEV PRI PRESKOKU ČEZ OVIRO



Na grafikonu 20 so prikazana polja, v katerih se gibljejo vrednosti pospeškov po frekvenčnih pasovih za vse tri traktorje. Meje pričakovane variabilnosti pospeškov po frekvenčnih pasovih smo dobili tako, da smo ne glede na delovišče, kjer je bila izmerjena frekvenčna analiza, upoštevali samo spodnje in samo zgornje ugotovljene vrednosti. Iz slike povzamemo več ugotovitev:

- Do približno 1 Hz je potek frekvenčnih spektrov enak za vse tri traktorje.
- Prvi, zelo izrazit maksimum imata Timberjack in FIAT 505 C pri 2 Hz, IMT 558 pa pri 2,5 Hz.

- Pri vseh treh traktorjih lahko nato sledimo stopničast padec velikosti pospeškov po frekvenčnih pasovih. Pri Timberjacku se vrednosti pospeškov manjšajo vse do okrog 16 Hz, ko je opazen manjši maksimum, nakar se padec krivulje nadaljuje. Adaptirani kolesnik kaže podobno sliko, vendar ima pri okrog 5 in 12 Hz dva izrazita viška. Težko je reči, kaj je povzročilo tako izrazite maksimume. SJØFLOT na primer ugotavlja, da so maksimumi okrog 4 Hz povzročeni od delovnih razmer (ovire pri vožnji, način vožnje, delovna operacija), okrog 17 Hz vpliva najmočneje profil traktorskih gum (verig). Viški pri 30 Hz pa so posledica prenosov in delovanja motorja. Isti avtor tudi ugotavlja, da je variabilnost pospeškov po frekvenčnih pasovih izredno velika in dosega 2-3 kratne vrednosti srednje jakosti pospeška v frekvenčnem pasu. Če sprejmemo ugotovitve tega avtorja, lahko predvidevamo, da sta oba maksimuma, ki nastopita pri kolesnih traktorjih nad 12 Hz rezultat različnih profilov gum in traktorskih verig.

- FIAT 505 C kaže v frekvenčnem območju nad 4 Hz drugačno sliko kot oba kolesnika. Močno se poveča variabilnost ugotovljenih podatkov. Padec vrednosti pospeškov po frekvenčnih pasovih je počasnejši, zato najdemo razmeroma visoke vrednosti pospeškov tudi nad 20 Hz. Konstrukcija goseničarja povzroči zelo visoke vibracije (SJØFLOT) nad 8-12 Hz. Maximum pri 12 Hz je posledica resonance členov gosenic in njihovih vezi.

- Porazdelitve pospeškov po frekvenčnih pasovih se med posameznimi delovišči razlikujejo najmanj pri zgibniku, nato pri adaptiranem kolesniku, največje razlike pa ugotovimo pri goseničarju.

Frekvenčni analizi bo potrebno v bodoče posvetiti še več pozornosti, saj je edino preko nje možno ugotavljati obremenitve delavca.

3.6.3 Obremenjenost traktorista z vibracijami po deloviščih

Delovne razmere so bile pri merjenju vibracij med delovišči močno različne, zato se razlikujejo tudi jakosti vibracij ter obremenjenost traktorista. Prikazali smo (tabele 31, 32 in 33) kakšne so bile izmerjene jakosti vibracij v snemanih delovnih operacijah po deloviščih, glede na tip traktorja. Upoštevali smo le iste jakosti vibracij, ko je traktorist sedel na sedežu traktorja. Jakosti vibracij po operacijah so izračunane iz izmerjenih jakosti s pomočjo kvadratične sredine. Podobno je ugotovljena obremenjenost traktorista v povprečnem ciklusu, ki je ponderirana kvadratična sredina iz jakosti vibracij po operacijah in trajanja operacij. Podatki v tabelah ne omogočajo medsebojne primerjave med različnimi razmerami in načini dela, pač pa dajejo osnovno informacijo o obremenjenosti traktorista v okoliščinah, ki so bile pri snemanju vibracij.

Primerjava vektorskih velikosti pospeškov pokaže, da sta imela oba kolesna traktorja približno enako velike vibracije ($1,65 - 2,77 \text{ m s}^{-2}$), medtem ko precej izstopa goseničar z veliko vektorsko velikostjo pospeškov ($4,29 \text{ m s}^{-2}$). Delež, ki ga prispeva posamezna komponenta k vrednosti vektorja vibracij, je med delovišči in med traktorji različen, vendar je velikost pospeškov v vertikalni smeri (a_z) pri vseh traktorjih in na večini delovišč najmanjša. Med traktorji je vertikalna komponenta najmanjša pri univerzalnem kolesniku, sledi zgibnik, FIAT 505 C pa ima tudi v tej smeri največje vibracije. Med transverzalnimi vibracijami prevladuje v povprečju pri navadnem kolesniku horizontalna smer, pri zgibniku in goseničarju pa so aksialne vibracije večje od horizontalnih.

Produktivni čas je sestavljen iz časa, ko je voznik izpostavljen vibracijam in časa, ko je traktorist izven vozila, zaposlen z drugimi deli. Delež časa izpostavljenosti traktorista z vibracijami je različen po deloviščih in je odvisen največ od organizacijske oblike dela, pa tudi od dolžine vlake in drugih delovnih razmer. Pri adaptiranem kolesniku se je ta delež gibal pri organizacijski obliki I+0 med 49 in 66%, pri zgibniku okrog 43%, pri goseničarju pa med 49 in 72% delovnega časa. Pri načinu dela s pomočnikom (lahko eden ali dva) pa so bili ti deleži ustrezno višji in sicer pri adaptiranem kolesniku med 84% in 89%, pri zgibniku med 62% in 76% in pri goseničarju med 71% in 81% delovnega časa. V času izpostavljenosti voznika z vibracijami, posamezne delovne operacije zelo različno obremenjujejo voznika glede na njihovo trajanje in jakost vibracij. Na prvem mestu je v

VIBRACIJE NA SEDEŽU TRAKTORJA KOLESNIKA IMT 558 PRI SPRAVILU LESA PO DELOVISOČIH

Tab. 31

Element dela	S E L C E			M E N I Š I J A - s p o m l a d i			M E N I Š I J A - p o l e t i			M A Š U N		
	Struktura a _g (%)	smer pospeška (m s ⁻²) a _z a _x a _y	vektor (m s ⁻²) a _z a _x a _y	Struktura a _g (%)	smer pospeška (m s ⁻²) a _z a _x a _y	vektor (m s ⁻²) a _z a _x a _y	Struktura a _g (%)	smer pospeška (m s ⁻²) a _z a _x a _y	vektor (m s ⁻²) a _z a _x a _y	Struktura a _g (%)	smer pospeška (m s ⁻²) a _z a _x a _y	vektor (m s ⁻²) a _z a _x a _y
Prazna vožnja	28,3	2,25 4,03 2,90	5,45	23,5	2,75 1,54 0,93	3,29	18,9	1,42 1,74 1,21	2,55	23,9	1,12 1,26 1,49	2,25
Razvlačevanje	3,2	0,56 1,39 0,66	1,64	7,2	0,00 0,00 0,00	0	8,0	0,00 0,00 0,00	0	7,8	0,00 0,00 0,00	0
Vežanje	11,2	0,51 1,20 0,00	1,30	13,0	0,00 0,00 0,00	0	24,2	0,00 0,00 0,00	0	16,6	0,00 0,00 0,00	0
Privlačevanje	7,0	0,71 2,28 1,23	2,69	5,0	1,45 0,66 0,65	1,72	5,7	1,11 1,55 0,68	2,02	5,0	0,48 0,69 0,85	1,20
Poina vožnja	41,3	1,39 4,09 3,24	5,40	39,4	1,85 1,48 1,03	2,58	23,2	1,25 2,22 1,29	2,86	27,8	1,29 1,50 1,41	2,43
Odvezovanje	9,0	0,51 0,00 1,93	2,00	9,2	0,00 0,00 0,00	0	10,8	0,00 0,00 0,00	0	12,9	0,00 0,00 0,54	0,54
Rampanje	-	0,63 0,00 0,00	0,63	2,7	2,00 1,59 0,00	2,56	9,2	1,23 1,75 1,35	2,53	6,0	1,58 1,55 2,21	3,13
Produktivni čas	100,0	1,58 3,47 2,65	4,64	100,0	1,78 1,28 0,81	2,34	100,0	0,92 1,41 1,00	1,96	100,0	0,96 1,12 1,16	1,88
Objektivni zastoji		0,82 0,00 0,00	0,82		0,00 0,00 0,00	0		0,00 0,00 0,00	0		0,46 0,00 0,00	0,46
Subjektivni zastoji		0,95 0,00 0,00	0,95		0,00 0,00 0,00	0		0,00 0,00 0,00	0		0,00 0,00 0,28	0,28
Posneti prod. čas (min)		89 47 43	179		52 23 51	126		41 42 52	135		58 71 79	208
Traktorist izver traktorja (%)	11			34			51			41		
Organizacija dela		1 + 2			1 + 0			1 + 0			1 + 0	

Tab. 31 - str.2

K O Č E V J E				BELSKA PLANINA - primerjava				VSA DELOVIŠČA					
Struktura (%)	smer pospeška (m s ⁻²)			Struktura (%)	smer pospeška (m s ⁻²)			Struktura (%)	smer pospeška (m s ⁻²)				
	a _z	a _x	a _y		a _z	a _x	a _y		a _z	a _x	a _y		
19,5	1,01	1,24	2,02	21,5	1,25	3,53	1,91	3,65	23,0	1,41	2,42	1,70	3,28
6,2	0,40	0,48	0,54	11,5	0,00	0,00	0,00	0	7,0	0,08	0,46	0,30	0,55
16,0	0,30	0,41	0,06	15,5	0,00	0,00	0,00	0	15,9	0,11	0,50	0,02	0,51
7,3	0,50	0,92	0,97	9,1	0,93	1,10	0,00	1,44	6,4	0,72	1,36	0,86	1,76
25,4	1,02	1,35	1,26	18,9	1,64	3,77	1,74	4,46	30,0	1,24	2,75	1,83	3,53
17,3	0,53	0,55	1,01	14,2	0,41	0,64	0,34	0,83	12,1	0,19	0,36	0,81	0,91
8,3	0,88	1,13	0,88	9,3	1,58	4,17	1,33	4,65	5,6	1,23	1,94	1,62	2,81
100,0	0,76	1,09	1,02	100,0	1,14	2,47	1,21	2,98	100,0	1,02	2,00	1,40	2,65
	0,48	1,02	0,56		0,35	0,00	0,00	0,35		0,21	0,65	0,16	0,70
	0,48	0,73	0,00		0,11	0,60	0,27	0,67		0,43	0,54	0,21	0,72
	47	39	53		47	33	29	108		334	255	307	896
16				49					26				
	I + I				I + 0								

VIBRACIJE NA SEDEŽU ZGIBNEGA TRAKTORJA TIMBERJACK 208 D IN 209 D PRI SPRAVILU LESA PO DELOVIŠČIH

Tab. 32

Element dela	R O G			P O D T U R N			B R E Ž I C E			BELSKA PLANINA - primerjava		
	eg (%) Struktura	smer pospeška (m s ⁻²) a _z a _x a _y	vektor (m s ⁻²)	eg (%) Struktura	smer pospeška (m s ⁻²) a _z a _x a _y	vektor (m s ⁻²)	eg (%) Struktura	smer pospeška (m s ⁻²) a _z a _x a _y	vektor (m s ⁻²)	eg (%) Struktura	smer pospeška (m s ⁻²) a _z a _x a _y	vektor (m s ⁻²)
Prazna vožnja	31,3	1,61 1,87 1,78	3,04	35,1	1,75 1,10 1,37	2,48	28,3	2,23 2,58 3,04	4,57	16,1	1,35 1,62 1,34	2,50
Razvlačevanje	9,0	0,01 0,42 0,13	0,44	8,1	0,14 0,00 0,00	0,14	4,1	0,00 0,00 0,00	0	11,1	0,00 0,00 0,00	0
Vežanje	10,1	0,14 0,18 0,00	0,23	4,5	0,00 0,00 0,24	0,24	15,1	0,08 0,00 0,00	0,08	33,6	0,14 0,00 0,00	0,14
Privlačevanje	6,6	1,13 1,68 1,06	2,28	8,0	0,35 0,38 0,58	0,78	4,8	1,12 1,79 2,25	3,08	7,6	0,95 1,10 1,12	1,83
Polna vožnja	35,8	1,38 1,65 1,60	2,68	35,8	1,39 0,95 1,29	2,12	34,4	2,37 2,54 2,93	4,54	13,8	1,35 1,36 1,41	2,38
Odvězovanje	3,5	0,00 0,00 0,00	0	3,9	0,00 0,35 0,19	0,40	4,8	0,21 0,81 0,45	0,95	11,8	0,00 0,00 0,00	0
Rampanje	3,7	1,10 1,80 1,37	2,51	4,6	1,31 1,15 1,04	2,03	8,5	1,31 2,31 2,39	3,57	6,0	1,69 1,39 1,22	2,50
Produktivni čas	100,0	1,27 1,54 1,46	2,47	100,0	1,33 0,90 1,21	2,01	100,0	1,83 2,28 2,60	3,91	100,0	0,88 0,97 0,89	1,58
Objektivni zastož	0,59	0,81 0,54 1,14		0,32	0,11 0,52 0,62		0,38	0,82 1,10 1,42		0,41	0,00 0,00 0,00	0,41
Subjektivni zastož	0,00	0,95 0,43 1,04		0,18	0,56 0,69 0,91		0,64	0,51 0,56 0,99		0,42	0,00 0,00 0,00	0,42
Posneti prod. čas (min)	83	89 83 255		70	62 50 182		108	41 88 237		57	35 39 131	
Traktorist izven traktorja (%)	24			38			37			57		
Organizacija dela		i + s			i + i			i + i + s			i + o	

Tab. 32 - str. 2

Struktura (%)	VSA DELOVIŠČA			vektor (m s ⁻²)
	smerni pospeška (m s ⁻²)	a _x	a _y	
28,8	1,88	1,83	2,22	3,44
7,7	0,07	0,28	0,09	0,30
14,2	0,11	0,10	0,05	0,16
6,5	0,87	1,33	1,55	2,22
31,8	1,77	1,70	2,19	3,29
5,3	0,13	0,31	0,22	0,40
5,7	1,34	1,81	2,00	3,01
100,0	1,47	1,48	1,83	2,77
	0,38	0,54	0,87	1,09
	0,51	0,59	0,57	0,97
	318	227	260	805
31				

VIBRACIJE NA SEDEŽU TRAKTORJA GOSENČARJA FIAT 505 C PRI SPRAVILU LESA PO DELOVIŠEIH

Tab. 33

Element dela	KOMATEURA - spomladi			KOMATEURA - poletti			MRZLI STUDENEC			BELSKA PLANINA - pozimi									
	čas (s)	smr pospeška (m s ⁻²)	vektor (m s ⁻²)	čas (s)	smr pospeška (m s ⁻²)	vektor (m s ⁻²)	čas (s)	smr pospeška (m s ⁻²)	vektor (m s ⁻²)	čas (s)	smr pospeška (m s ⁻²)	vektor (m s ⁻²)							
	a _z	a _x	a _y	a _z	a _x	a _y	a _z	a _x	a _y	a _z	a _x	a _y							
Prazna vožnja	26,9	1,49	2,23	3,67	35,1	2,73	5,90	3,90	7,58	23,0	1,19	1,40	1,99	2,71	32,1	1,22	1,01	1,07	1,91
Razvlačevanje	7,3	0,27	0,65	0,33	0,78	3,1	0,12	0,32	0,35	0,49	11,3	0,00	0,00	0,00	0	6,7	0,00	0,00	0,00
Vežanje	18,9	0,45	0,58	0,35	0,81	12,8	0,07	0,00	0,17	0,18	18,3	0,24	0,13	0,00	0,27	11,0	0,00	0,00	0,00
Privlačevanje	5,6	0,74	0,88	1,04	1,55	4,7	0,84	1,24	0,98	1,79	8,1	0,94	0,64	0,63	1,30	7,6	1,08	0,39	0,79
Polna vožnja	23,4	1,73	2,78	3,09	4,50	28,0	2,94	5,16	6,80	9,03	24,8	1,29	1,22	1,79	2,84	21,7	1,43	1,04	1,44
Odvezovanje	14,1	0,00	0,24	0,23	0,33	12,1	0,13	0,45	0,36	0,59	10,6	0,28	0,23	0,28	0,46	10,2	0,00	0,00	0,00
Rampanje	3,8	0,91	1,58	1,10	2,13	4,2	1,35	2,62	1,67	3,39	3,9	1,10	1,10	1,49	2,15	10,7	0,64	0,79	0,68
Produktivni čas	100,0	1,23	1,90	1,87	2,93	100,0	2,31	4,65	3,99	6,55	100,0	0,98	0,97	1,34	1,92	100,0	0,93	0,79	0,99
Objektivni zastož		0,79	0,46	0,48	1,03		0,40	0,00	1,14	1,21		0,36	0,34	0,11	0,51		0,00	0,00	0,00
Subjektivni zastož		0,73	0,56	0,56	1,08		0,38	0,68	0,96	1,24		0,83	0,28	0,36	0,95		0,00	0,15	0,75
Posneti prod. čas (min)		63	70	73	206		106	31	69	206		60	63	55	178		18	33	51
Traktorist izven traktorja (%)	19					29					51					30			
Organizacija dela																			

BELSKA PLANINA - primerjava				VSA DELOVIŠČA					
Struktura (%)	smer pospeška vektor (m s ⁻²)			Struktura (%)	smer pospeška vektor (m s ⁻²)				
	a _z	a _x	a _y		a _z	a _x	a _y		
26,9	1,35	1,25	1,41	2,32	28,7	2,19	3,84	2,84	5,25
7,0	0,00	0,00	0,00	0	7,0	0,12	0,33	0,24	0,43
12,0	0,06	0,00	0,00	0,06	15,1	0,23	0,35	0,20	0,46
7,0	0,60	0,57	0,89	1,22	6,4	0,85	0,80	0,90	1,47
30,0	1,66	1,46	2,42	3,28	25,8	2,39	3,39	4,61	6,20
10,4	0,14	0,07	0,24	0,29	11,7	0,15	0,27	0,30	0,43
6,7	0,89	1,32	1,62	2,27	5,3	1,06	1,93	1,34	2,58
100,0	1,14	1,14	1,61	2,28	100,0	1,72	2,73	2,82	4,29
	0,22	0,00	0,51	0,56		0,42	0,37	0,41	0,69
	0,00	0,33	0,60	0,68		0,51	0,51	0,72	1,04
	53	50	52	155		300	247	300	847
28					28				
	1 + 0								

povprečju polna vožnja, nato sledi prazna vožnja ter rampanje in privlačenje. Čeprav je zlasti rampanje pogosto po jakosti vibracij višje od prazne ali polne vožnje, je čas trajanja te operacije bistveno krajši, kar pomeni manjši vpliv na obremenjenost voznika. Razvlačevanje in vezanje sta operaciji z najnižjimi vibracijami.

Jakosti vertikalnih vibracij med prazno vožnjo dosegajo pri različnih traktorjih vrednosti med 1,41 (IMT 558) in 2,19 m s^{-2} (FIAT 505 C), med polno vožnjo pa pospeške od 1,24 (IMT 558) in 2,39 m s^{-2} (FIAT 505 C). Jakosti pospeškov za obe operaciji pri zgibniku pa so nekje vmes. Jakosti vertikalnih vibracij pri rampanju so med 1,06 (goseničar) in 1,34 m s^{-2} (zglobnik). Tudi privlačenje ima pri zgibniku v vertikalni smeri najvišje pospeške. Razlike med traktorji so nekoliko manjše in sicer od 0,72 (IMT 558) do 0,87 m s^{-2} (Timberjack).

V horizontalni smeri se gibljejo pospeški pri prazni vožnji med 1,83 (zglobnik) in 3,84 m s^{-2} (goseničar) in pri polni vožnji med 1,70 (zglobnik) in 3,39 m s^{-2} (goseničar). Vrednosti pospeškov med rampanjem so pri horizontalnih vibracijah najvišje pri adaptiranem traktorju (1,94 m s^{-2}) in najmanjše pri zgibniku (1,81 m s^{-2}). Podobno je tudi s privlačenjem, kjer najbolj trese traktorista na univerzalnem kolesniku (1,36 m s^{-2}), najmanj pa voznika goseničarja (0,80 m s^{-2}).

Pospeški pri prazni vožnji so v aksialni smeri najvišji pri goseničarju (2,84 m s^{-2}) in najnižji pri univerzalnem kolesniku (1,70 m s^{-2}). Polna vožnja pri zgibniku in goseničarju dosega v aksialni smeri od vseh komponent najvišji vrednosti (zglobnik 2,19 in goseničar 4,61 m s^{-2}). Jakost pospeškov pri rampanju se giblje med 1,34 (goseničar) in 2,00 m s^{-2} (zglobnik). Privlačenje pri zgibnem traktorju in goseničarju najmočneje obremenjuje traktorista v aksialni smeri (Timberjack 1,55, FIAT 505 C 0,90 m s^{-2}), pri adaptiranem traktorju pa je ta smer pospeškov nekoliko nižja (0,86 m s^{-2}) od horizontalne.

Pri goseničarju FIAT 505 C smo torej ugotovili v povprečju najvišje vibracije, vendar ne v vseh operacijah. Privlačenje in rampanje je pri goseničarju najnižje od vseh primerjanih traktorjev. Visoke vrednosti pospeškov pri prazni in polni vožnji pa v primerjavi dvignejo povprečje na prvo mesto.

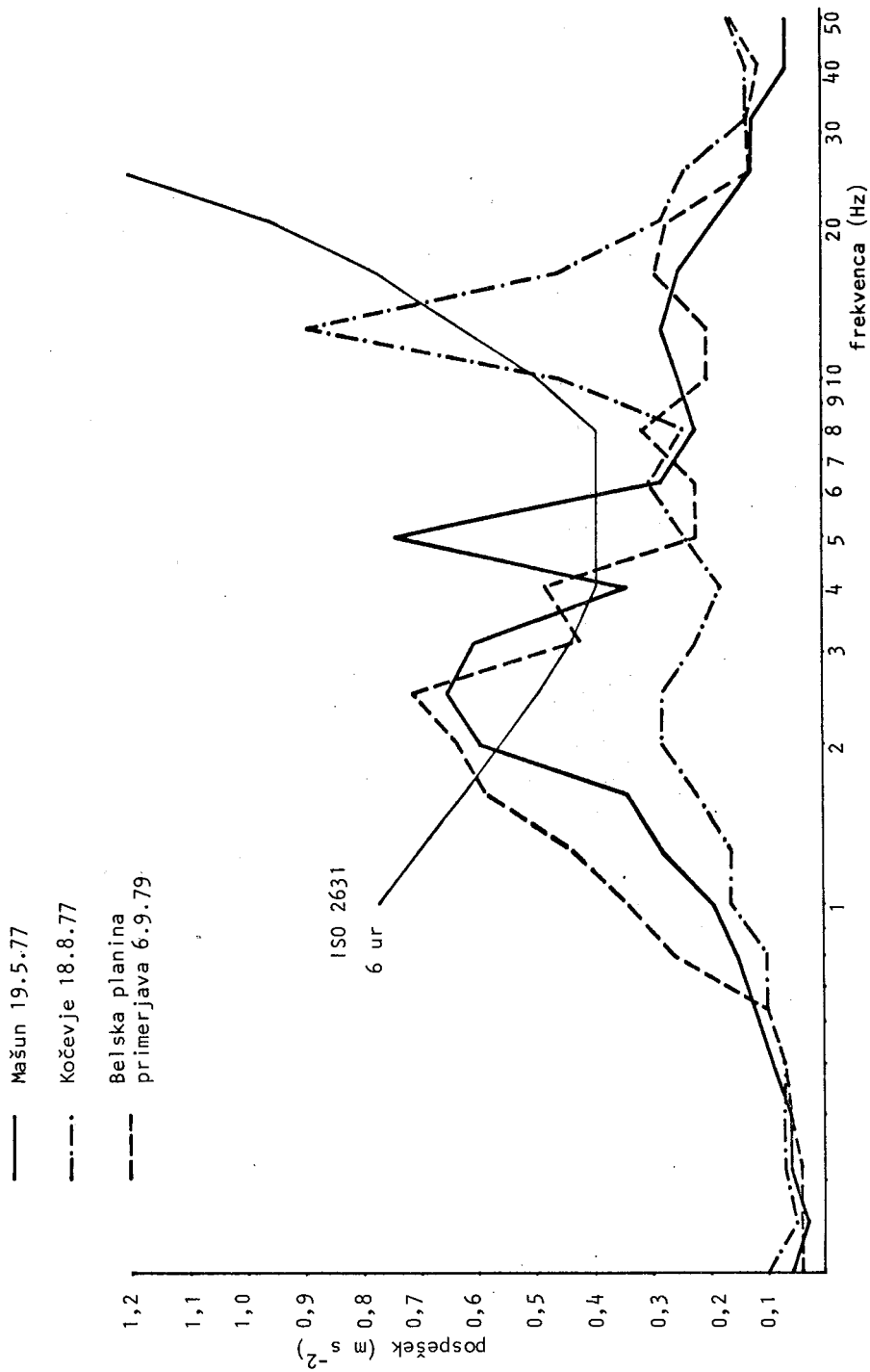
Škodljivost vibracij ugotovimo tako, da primerjamo ugotovljene jakosti vibracij najprej s frekvenčnim spektrom, nato pa s standardom ISO 2631. Porazdelitev pospeškov po frekvenčnih pasovih določimo s ključem, ki je dan z razmerjem med izmerjeno vrednostjo linearnega pospeška pri frekvenčni analizi in jakostjo primerjanih vertikalnih vibracij. Na ta način prilagodimo frekvenčni spekter izmerjeni jakosti vibracij med delom in lahko dobljene vrednosti pospeškov po frekvenčnih pasovih primerjamo z vrednostmi, ki jih dopušča standard ISO 2631 za različne čase izpostavljenosti.

Primerjamo lahko samo tista delovišča, kjer smo ugotovili zanesljive frekvenčne analize. Pri IMT 558 ne moremo natančno ugotoviti obremenitev na deloviščih Selce in Menišija - spomladi, pri zgibniku pa izpade delovišče Brežice. Na grafikonih 21, 22 in 23 so v pravilnem merilu narisane frekvenčne analize pospeškov, ki predstavljajo linearne jakosti vertikalnih vibracij v produktivnem času.

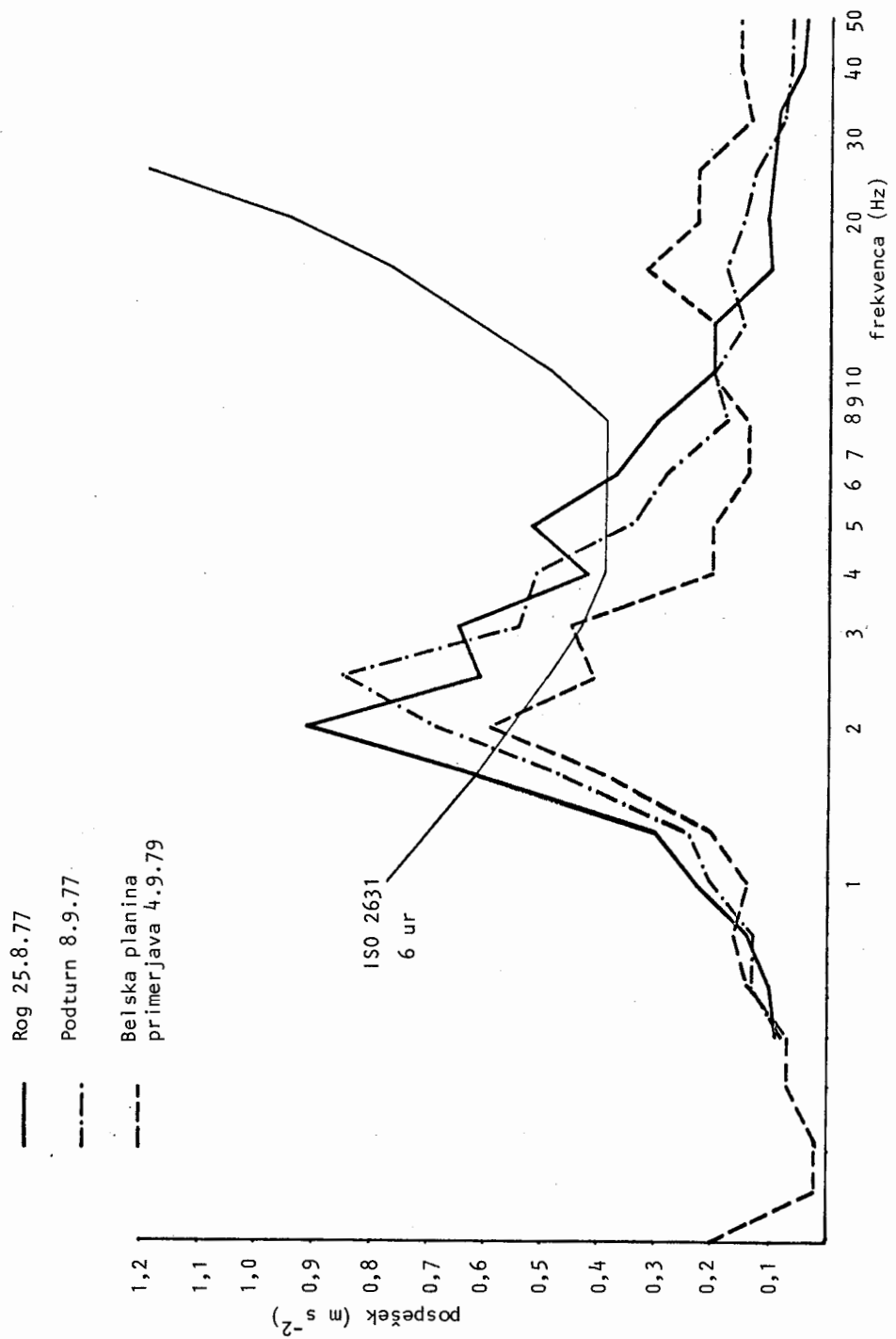
Predvidevamo, da je v delovnem dnevu okrog 6 ur produktivnega časa (okrog 80% produktivnega časa v delovnem času), zato smo dobljene jakosti pospeškov v produktivnem času po frekvenčnih pasovih primerjali z ISO standardom 2631 za 6 ur izpostavljenosti na dan. Originalni ISO standard 2631 ne vsebuje vrednosti za 6 ur izpostavljenosti, zato smo te maksimalne pospeške po frekvenčnih pasovih dobili z grafično (krivuljčno) interpolacijo med vrednostmi maksimalnih pospeškov za 4 in 8 ur izpostavljenosti vibracijam. Kriterij za ugotavljanje obremenitev traktorista je bila meja zmanjšane delovne sposobnosti.

Primerjava s standardom pokaže, da je bil voznik traktorja IMT 558 preveč obremenjen z vertikalnimi vibracijami na Mašunu, v Kočevju in na Belski planini. Dovoljene jakosti vertikalnih vibracij smo pri spravi lesa z IMT 558 ugotovili samo na Menišiji - poleti. Na istih deloviščih presegajo vertikalne vibracije tudi maksimalne vrednosti za čas ekspozicije 4 ure. Šele primerjava z mejnimi vrednostmi za 2,5 ur časa izpostavljenosti vibracijam pokaže, da razen delovišča na Mašunu vse ostale frekvenčne analize ne dosega dopustnih meja. S precejšnjo zanesljivostjo lahko zato trdimo, da čas izpostavljenosti ne bi smel trajati več kot 4 ure na dan (samo 4 ure produktivnega časa pri takšnih delovnih razmerah na dan!). Pri IMT 558 je največje preseganje dovoljenih vrednosti v območju med

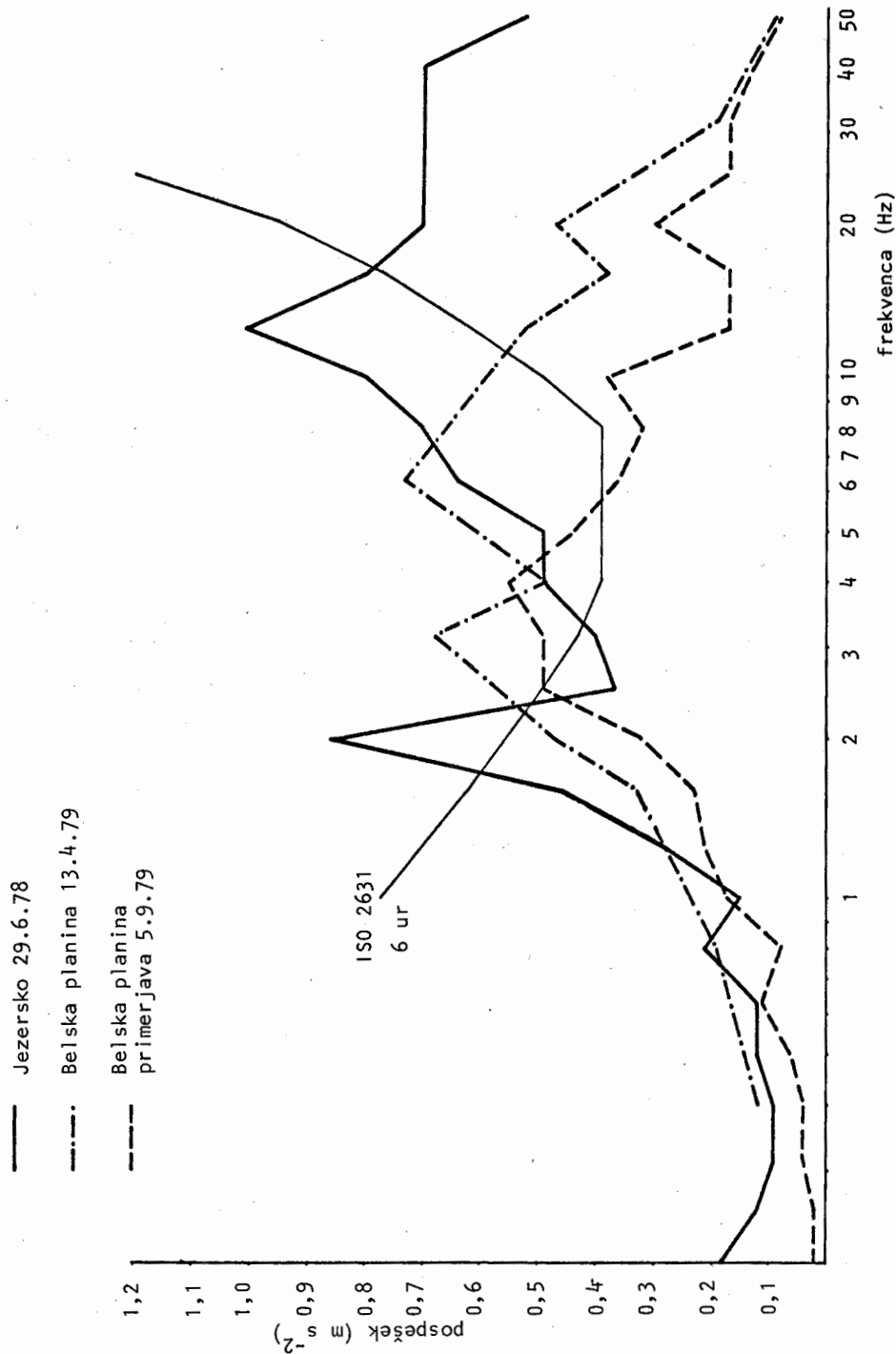
Graf. 21 FREKVENČNI SPEKTER VERTIKALNIH VIBRACIJ NA SEDEŽU TRAKTORISTA V PRODUKTIVNEM ČASU
 PRI ADAPTIRANEM TRAKTORJU IMT 558 V PRIMERJAVI S STANDARDOM ISO 2631



Graf. 22 FREKVENČNI SPEKTER VERTIKALNIH VIBRACIJ NA SEDEŽU TRAKTORISTA V PRODUKTIVNEM ČASU
 PRI ZGIBNEM TRAKTORJU TIMBERJACK V PRIMERJAVI S STANDARDOM ISO 2631



Graf. 23 FREKVENČNI SPEKTER VERTIKALNIH VIBRACIJ NA SEDEŽU TRAKTORISTA V PRODUKTIVNEM ČASU
 PRI GOSENIČNEM TRAKTORJU FIAT 505 C V PRIMERJAVI S STANDARDOM ISO 2631



1,6 in 6 Hz z dvema izrazitima vrhovoma pri 2,5 in 5 Hz. V enem primeru pa smo ugotovili izrazit maksimum pri 12,5 Hz, ki presega po svoji velikosti celo dovoljeno vrednost za 4 ure ekspozicije.

Analiza obremenitev pri zgibniku pokaže, da vertikalne vibracije na vseh treh primerjanih deloviščih presegajo vrednosti standarda za 6 ur, na dveh deloviščih (Podturn, Rog) pa tudi maksimalne dovoljene vrednosti pospeškov za 4 ure izpostavljenosti. Pri Timberjacku v vseh treh analiziranih primerih presegajo dovoljene meje samo pospeški med 1,6 in 6 Hz z izrazitim maksimumom pri 2 - 2,5 Hz. Vrednosti pospeškov izven tega območja pa so globoko pod dovoljeno mejo.

Pri goseničarju smo pri frekvenčni analizi ugotovili izredno veliko variabilnost. Podobno kot pri adaptiranem kolesniku, se pokaže, da samo na enem delovišču (Mrzli studenec) vrednosti vertikalnih pospeškov ne presegajo dovoljenih mej za 6 ur izpostavljenosti. Neugodna je tudi primerjava z mejno vrednostjo za 4 ure produktivnega časa na dan, ki jo presegajo vsa delovišča razen delovišča na Mrzlem studencu. Manj kot 2,5 ure dovoljene dnevne izpostavljenosti smo pri goseničarju ugotovili na dveh deloviščih (Komateura - spomladi in Belska planina - pozimi). Najbolj izrazito je preseganje dovoljenih vrednosti v frekvenčnem območju med 2 in 7 Hz, sledi pa še izrazit maksimum pri 12,5 Hz (Komateura - poleti).

Vpliv dolžine in kvalitete vlake se odraža v jakosti vibracij pri vožnji traktorja in v strukturi produktivnega časa. Oboje povzroči višanje povprečne jakosti vibracij v produktivnem času in s tem obremenitve traktorista, pri večanju pravilne razdalje in slabšanju kvalitete vlake. Delovišči, kjer smo ugotovili dopustne jakosti vertikalnih pospeškov v 6 urah produktivnega časa (Menišija - poleti pri IMT 558 in Mrzli studenec pri FIAT 505 C) sta imeli podpovprečno dolžino vlake (IMT 558 je vlačil na 150 m, goseničar pa med 146 in 287 m). Kvaliteta vlake je bila v obeh primerih ugodna glede na tresenje (mehkejša podlaga). Struktura produktivnega časa pokaže na teh deloviščih najnižji delež vožnje.

Čeprav nimamo zanesljivih frekvenčnih analiz, lahko iz dobljenih izkušenj sklepamo, da bi jakosti pospeškov tudi na deloviščih pri Selcah, Menišiji - spomladi in Brežicah, presegale dopustne meje izpostavljenosti. Na vseh teh deloviščih so bile namreč ugotovljene prav najvišje jakosti vertikalnih vibracij.

Glede škodljivosti horizontalnih in aksialnih vibracij lahko podobno sklepamo, da z ozirom na velike pospeške prav tako presegajo dovoljene vrednosti pospeškov za 6 in 4 ure produktivnega časa na dan. Če je frekvenčni spekter transverzalnih vibracij podoben spektru, ki smo ga ugotovili za vertikalne vibracije, presegajo transverzalne vibracije v vseh primerih dopustne meje standarda za 6 ur izpostavljenosti na dan. V kolikor pa je frekvenčni spekter transverzalnih vibracij pomaknjen v nižje frekvenčno območje, kar je bolj verjetno (SJØFLOT), pa je preseganje dopustnih mej še bolj drastično, saj je standard za transverzalne vibracije najostrejši prav v območju med 1 in 2 Hz.

3.6.4 Primerjava traktorjev na istem delovišču

V rednem delovnem procesu pridobivanja lesa deluje vsako pravilno sredstvo v tistih razmerah, kjer je njegova učinkovitost in ekonomičnost največja. Med posameznimi pravilnimi sredstvi obstaja večje ali manjše prekrivanje območij dela, kjer lahko uporabimo eno ali drugo pravilno sredstvo in šele iz primerjave lahko ugotovimo optimalno rešitev. Ista ugotovitev velja tudi za traktorje, ki so obravnavani v tej študiji. Med njimi smo želeli narediti primerjavo ob istih ali čim bolj podobnih delovnih razmerah. Pri tem ne bi smeli pozabiti, da so optimalne delovne razmere posameznega stroja različne od tistih iz primerjave.

Primerjava med tremi traktorji je potekala na Pokljuki v oddelku 36 b v revirju Mrzli studenec (1250 m n.v.). Iz sečišča, ki je bilo v obliki odprte kotanje, obkroženo z izrazitim grebenom, nagnjeno proti bližnji cesti, so traktorji vlačili svežo smrekovo hlodovino v lubju s posameznimi drobnejšimi kosi. Vlaka v sečišču je bila mehka in zemljata, skoraj brez izrazitih ovir. Nekaj splošnih podatkov kaže tabela 34.

SPLOŠNI PODATKI O TRAKTORISTIH IN TRAKTORJIH NA
DELOVIŠČU BELSKA PLANINA - PRIMERJAVA

Tab. 34

Traktor	Starost traktorista (let)	Stož na tem traktorju (let)	Višina traktorista (cm)	Teža traktorista (kg)	Vitel Sedež	Starost traktorja (let)
IMT 558	38	3	174	84	Igland Bremshey 5000 (2 bobna)	2
Timberjack 209 D	31	1	176	78	Hercules orig. 4784 (1 boben)	7
FIAT 505 C	41	5	174	70	Igland Bremshey 3000 (2 bobna)	3

Kvaliteta vlake in podnebne razmere se ves čas snemanja niso spreminjale (suho in hladno). Pri vsakem traktorju smo v posamezni smeri izmerili vsaj dva ciklusa. Primerjava v tabeli 35 kaže, da so bile razmere pri vlačanju lesa precej izenačene. Učinki so bili pri IMT 558 in FIAT 505 C precej nad povprečjem, pri zgibniku pa pod povprečjem traktorja.

NEKATERE DELOVNE RAZMERE IN UČINKI SPRAVILA LESA S
TRAKTORJI NA DELOVIŠČU BELSKA PLANINA - PRIMERJAVA

Tab. 35

Traktor	Dolžina vlake (m)	Koeficient naklona (%)	Povpr. št. komadov v bremenu	Povprečen kos v bremenu (m^3/kom)	Povprečno breme (m^3)	Učinek v času snem. (m^3)
IMT 558	140-150	11,38	5,43	0,50	2,74	19,21
Timberjack 209 D	165-233 118-133	16,33 13,94	8,83	0,43	3,83	22,98
FIAT 505 C	233	16,33	3,33	0,96	3,15	18,90

Organizacijska oblika je bila ves čas snemanja I+0, kar ni ustrezalo traktoristu zgibnika, ki normalno dela s pomočnikom (1 boben - naporno razvlačevanje in vezanje lesa). Struktura produktivnega časa kaže zaradi tega nekaj razlik med traktorji v primerjavi (tabela 36).

STRUKTURA PRODUKTIVNEGA ČASA PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI NA DELOVIŠČU BELSKA PLANINA - PRIMERJAVA

Tab. 36

Operacija	IMT 558 (%)	Timberjack 209 D (%)	FIAT 505 C (%)
prazna vožnja	21,5	16,1	26,9
razvlačevanje	11,5	11,1	7,0
vezanje	15,5	33,6	12,0
privlačevanje	9,1	7,6	7,0
polna vožnja	18,9	13,8	30,0
odvezovanje	14,2	11,8	10,4
rampanje	9,3	6,0	6,7
prod.čas	100,0	100,0	100,0

Izstopa zlasti visok delež vezanja pri zgibniku in majhen delež polne vožnje pri istem traktorju. Pokaže se, da je FIAT 505 C porabil visok delež časa za vožnjo, kar ni le posledica daljše vlake, temveč tudi doseženih povprečnih hitrosti vožnje (tabela 37).

HITROSTI VOŽNJE PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI NA DELOVIŠČU BELSKA PLANINA - PRIMERJAVA

Tab. 37

Operacija	Hitrosti vožnje v km /uro		
	IMT 558	Timberjack 209 D	FIAT 505 C
prazna vožnja	2,56	2,56	2,02
polna vožnja	2,99	2,91	1,81

Hitrost vožnje je bila pri obeh kolesnih traktorjih približno enaka, pri goseničarju pa nekoliko nižja. Oba kolesnika sta porabila precej časa za

obračanje v delovišču, zato so povprečne hitrosti pri prazni vožnji morda nekoliko nižje od dejanskih.

Vektorske jakosti pospeškov (tabela 38) kažejo, da je najbolj neugoden za traktorista v tem primeru adaptirani kolesnik IMT 558 ($2,98 \text{ m s}^{-2}$), najbolj ugoden pa Timberjack ($1,58 \text{ m s}^{-2}$). V primerjavi z drugimi delovišči so izmerjene vektorske vrednosti vibracij pri IMT 558 in FIAT 505 C nekje v sredini, pri zgibniku pa najnižje od vseh delovišč.

VEKTORSKE JAKOSTI POSPEŠKOV NA SEDÉŽU TRAKTORISTA PRI SPRAVILU
LESA S TRAKTORJI NA DELOVIŠČU BELSKA PLANINA - PRIMERJAVA

Tab. 38

Operacija	Vektor (m s^{-2})		
	IMT 558	Timberjack 209 D	FIAT 505 C
prazna vožnja	3,65	2,50	2,32
razvlačevanje	-	-	-
vezanje	-	0,14	0,06
privlačevanje	1,44	1,83	1,22
polna vožnja	4,46	2,38	3,28
odvezovanje	0,83	-	0,29
rampanje	4,65	2,50	2,27
produktivni čas	2,98	1,58	2,28

V 6 urah produktivnega časa so bili vsi trije vozniki preobremenjeni z vertikalnimi vibracijami (grafikoni 21,22,23). Dopustne meje izpostavljenosti za 4 ure presegata oba traktorja, ki sta adaptirana za delo v gozdarstvu. Timberjack pokaže v primerjavi s standardom najbolj ugodne rezultate. Preseganje dopustnih mej pri IMT 558 je najmočnejše pri 2,5 Hz, pri zgibniku pri 2 Hz in pri goseničarju pri 4 Hz.

3.6.5 Gibanje jakosti vibracij v ciklusu in delovnem dnevu

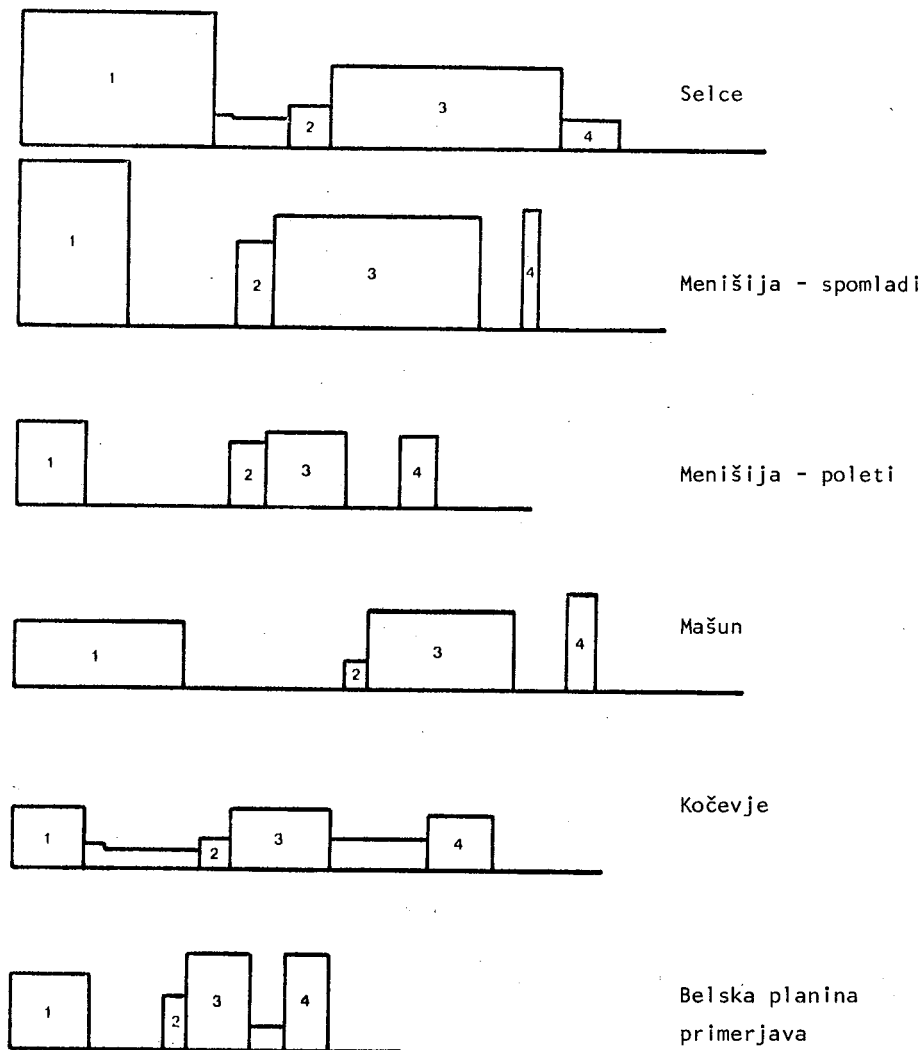
Povprečni ciklusi na različnih deloviščih se razlikujejo v dolžini trajanja in v jakosti vibracij po operacijah. Ugotovimo lahko, da je dolžina trajanja ciklusa najtesneje povezana z dolžino vlake.

Primerjava povprečnih ciklusov po deloviščih enega traktorja tako pokaže, da je bila dolžina ciklusa pri IMT 558 najmanjša glede na ostala dva traktorja, Timberjack pa je imel najdaljše cikle. Če ocenimo prispevek posamezne operacije k povprečni obremenitvi v ciklusu, opazimo da predstavljata prazna in polna vožnja največji del obremenitev. Pri adaptiranem kolesniku predstavljata obe vožnji v nekem primeru od 45 do 71% vsega produktivnega časa, pri tem pa se giblje njun prispevek k skupni obremenitvi v ciklusu med 61 in 95%. Relativni prispevek privlačenja in rampanja je razmeroma majhen in se giblje med 1 in 30% - odvisno od časovne strukture ciklusa. Na grafikonih 24, 25 in 26 so predstavljeni povprečni ciklusi treh traktorjev po posameznih deloviščih pri snemanju vertikalnih vibracij na sedežu traktorista. Pri vzporejanju jakosti vibracij prazne in polne vožnje zgibnika in goseničarja pri kratkih in dolgih ciklikih opazimo, da so jakosti večje pri dolgih ciklikih. Ugotovitev ne velja za adaptirani kolesnik, kjer je ta povezava neizrazita. Vožnja na daljših vlakah predstavlja večjo obremenitev kot na kratkih spraviilnih razdaljah, zato se ustrezno poveča tudi velikost vektorja vibracij. Na grafikonu 27 je vektorska velikost pospeškov na vsakem delovišču predstavljena s točko. Na voljo imamo zelo majhno število podatkov, vendar je variabilnost zelo majhna. Velikost vektorja pospeškov vibracij progresivno narašča z razdaljo. Primerjava med zgibnikom in goseničarjem pokaže podoben trend obeh krivulj s tem, da se vektorska velikost vibracij pri goseničarju z dolžino vlake hitreje povečuje kot pri zgibniku (grafikon 27).

Graf. 24 TRAJANJA IN JAKOSTI VERTIKALNIH VIBRACIJ V DELOVNEM ČASU
POVPREČNIH CIKLUSOV PO DELOVIŠČIH ZA IMT 558

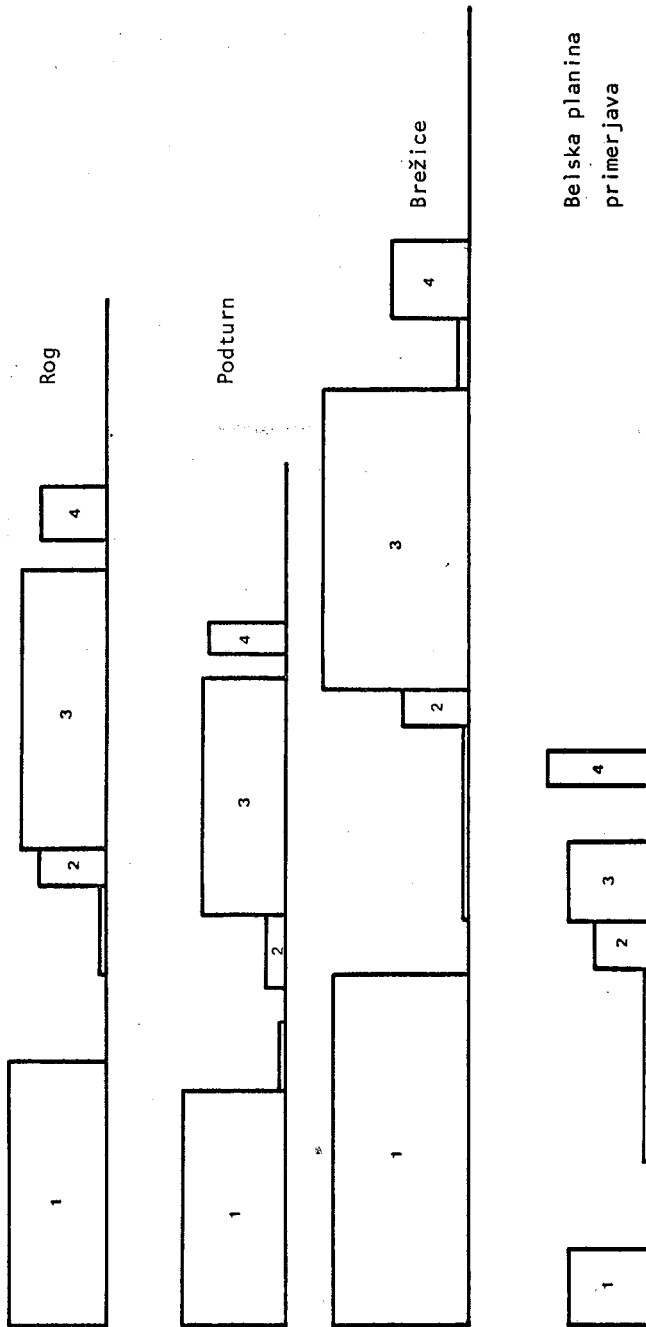
1 prazna vožnja
2 privlačenje

3 polna vožnja
4 rampanje



Graf. 25 TRAJANJA IN JAKOSTI VERTIKALNIH VIBRACIJ V DELOVNEM ČASU POVPREČNIH CIKLUSOV PO DELOVIŠČIH ZA TIMBERJACK

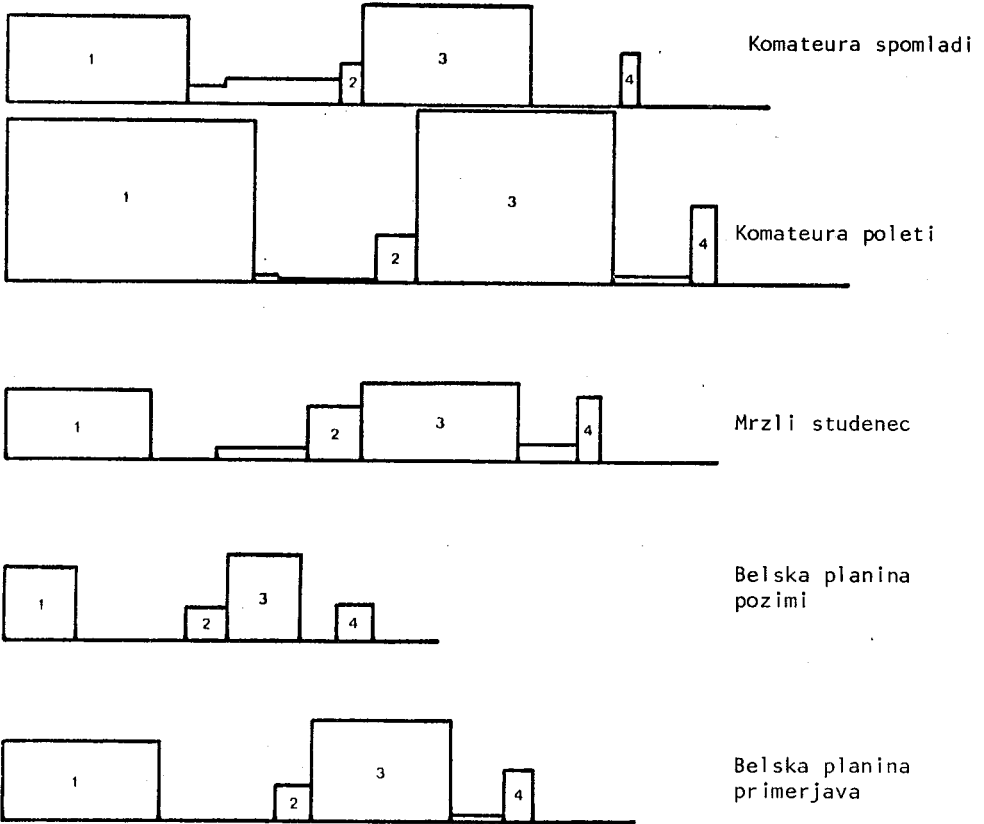
- 1 prazna vožnja
- 2 privlačenje
- 3 polna vožnja
- 4 rampanje



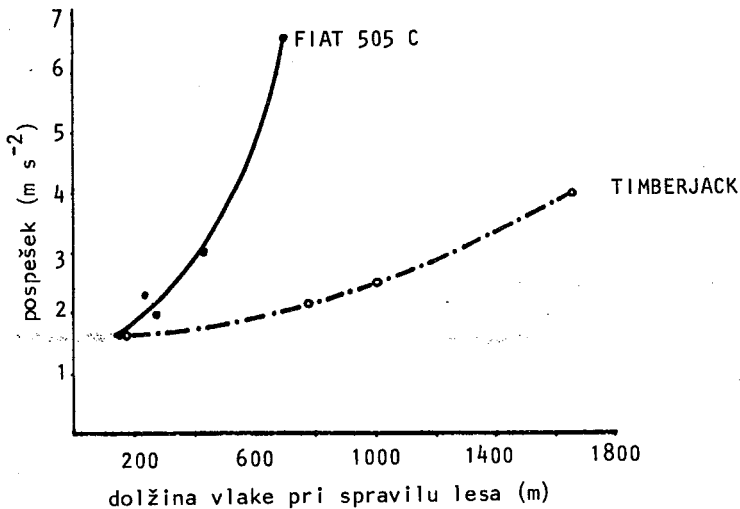
Graf. 26 TRAJANJA IN JAKOSTI VERTIKALNIH VIBRACIJ V DELOVNEM ČASU
POVPREČNIH CIKLUSOV PO DELOVIŠČIH ZA FIAT 505 C

1 prazna vožnja
2 privlačevanje

3 polna vožnja
4 rampanje



Graf. 27 VELIKOST VEKTORJA VIBRACIJ V ODVISNOSTI OD DOLŽINE VLAKE
PRI TRAKTORJIH TIMBERJACK IN FIAT 505 C.



Prikazanim točkam smo prilagodili enostavno regresijsko krivuljo. Naraščanju vektorja vibracij pri zgibniku se je najboljše prilagala kvadratna parabola:

$$Y = 1,5512571 + 0,8640192 X^2 \quad r_{xy} = 0,9980$$

Pri goseničarju pa je podatkom boljše ustrezala parabola tretje stopnje:

$$A = 1,7897385 + 14,555084 X^3 \quad r_{xy} = 0,9892$$

V gornji regresijski enačbi pomeni:

Y = vektor vibracij (m s⁻²)

X = dolžina vlake (m)

Zanimiva je tudi ugotovitev, da se vektorja vibracij pri kratkih spravičnih razdaljah (150 m) ne razlikujeta. Šele na daljših vlakah pride do izraza razlika med traktorjema, ki je lahko posledica konstrukcije, delno pa tudi različnih delovnih razmer, v katerih se uporablja posamezen tip traktorja.

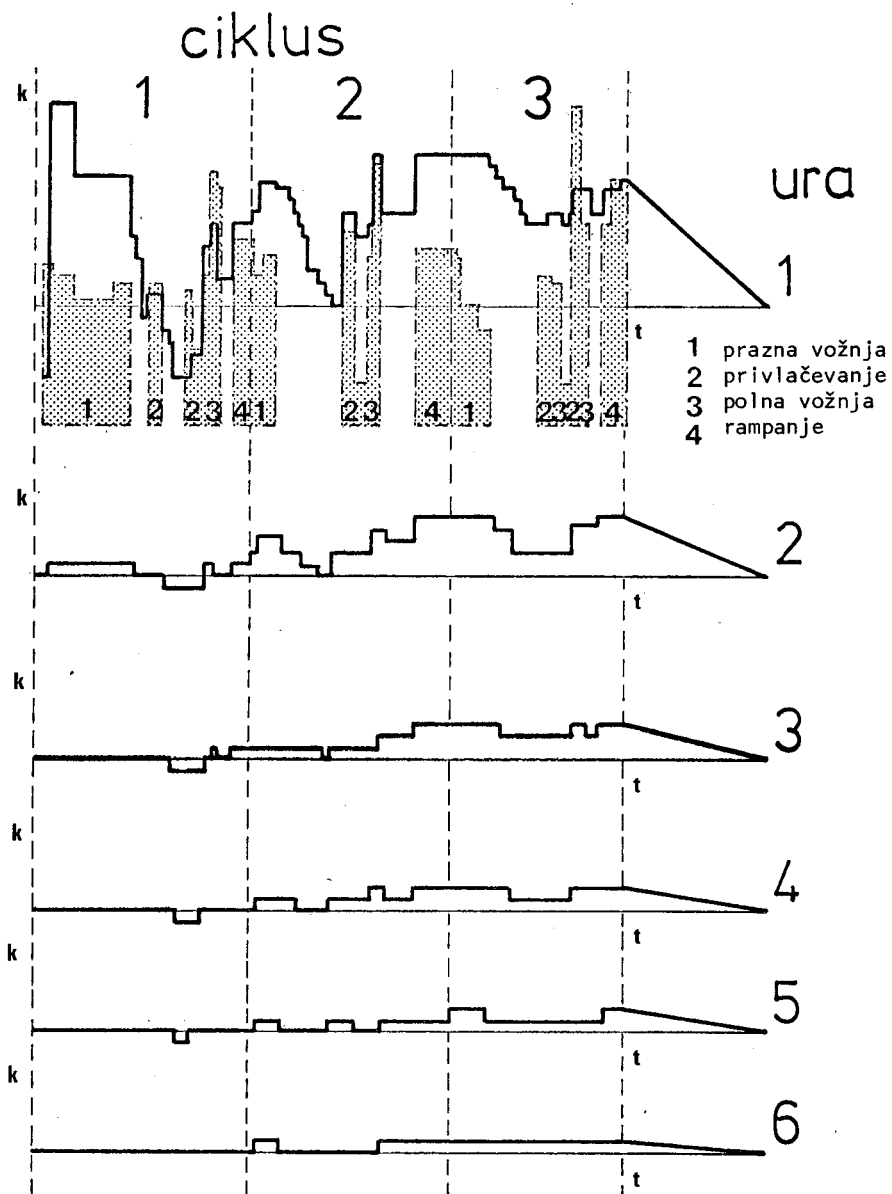
Vektor, ki je izračunan iz pospeškov vibracij vseh treh smeri, najbolje ponazarja dejanske obremenitve traktorista, čeprav nimamo standarda, po katerem bi lahko določili dopustne meje izpostavljenosti. Na daljših vlakah je traktorist dalj časa izpostavljen vibracijam, zato se poveča tudi verjetnost, da pride do ekstremnih vibracij in s tem obremenitev.

Srednja jakost vibracij v povprečnem ciklusu je tista vrednost, s katero moramo primerjati dopustne meje izpostavljenosti, da lahko ugotovimo: koliko časa je traktorist lahko izpostavljen določenemu vplivu vibracij in tako tudi število povprečnih ciklusov v delovnem dnevu. Posamezne delovne operacije različno prispevajo k srednji jakosti vibracij v ciklusu. V začetku delovnega dneva so ti prispevki močno poudarjeni. Tekoča srednja jakost vibracij (kvadratična sredina) močno niha okrog neke srednje jakosti, ki ostaja ob nespremenjenih delovnih razmerah ves dan bolj ali manj enaka. Tako se na primer pri vožnji traktorja tekoča srednja jakost vibracij močno poveča, ob prekinitev pa se postopno zmanjšuje. Vpliv posamezne operacije na gibanje srednje jakosti vibracij tekom delovnega dne upada, ker sorazmerno raste vpliv vibracij v preteklih operacijah.

Na graf. 28 so prikazana ta nihanja za tri resnične cikle, za katere smo predpostavili, da se ponavljajo skozi cel delovni dan. Skupaj z dodatnim časom je trajanje treh modelnih ciklusov eno uro delovnega časa. Na sliki so shematično prikazane tekoče kvadratične sredine predhodnih jakosti vibracij za šest ur delovnega dne. V prvi delovni uri so shematično vrísane tudi absolutne vrednosti vertikalnih pospeškov po operacijah. V tem primeru najmočneje povečuje srednjo jakost vibracij prazna vožnja traktorja, sledi polna vožnja ter rampanje in privlačevanje. Ciklusi, ki so prikazani v prvi delovni uri se ponovijo v naslednjih urah, zato ob koncu vsake delovne ure doseže srednja jakost vibracij isti nivo. Vpliv vibracij z velikimi pospeški, kakor prekinitev, je s časom čedalje manjši. Ugotovimo lahko, da bi prekinitev ali odmor, ki nastopi po prvi delovni uri, zmanjšal povprečno jakost vibracij relativno več kot odmor, ki bi nastopil proti

Graf. 28

GIBANJE OBREMENITEV (TEKOČIH KVADRATIČNIH SREDIN) TRAKTORISTA Z VERTIKALNIMI VIBRACIJAMI V DELOVNEM DNEVU - MODEL



koncu delovnega časa (tabela 39).

RELATIVNO ZMANJŠANJE SREDNJE JAKOSTI VIBRACIJ KOT
FUNKCIJA ČASA, PRI MODELNIH PODATKIH

Tab. 39

Dolžina odmora (min)	Zmanjšanje srednje jakosti vibracij v % po:			
	1. uri	3. urah	6. urah	7,5 urah
5	4,08	1,38	0,69	0,55
10	8,08	2,74	1,38	1,11
30	22,47	8,01	4,08	3,28

Vpliv odmora na obremenitev voznika je drugačen kot vpliv na izračunano srednjo jakost vibracij. Med odmorom se delavčevo telo do neke mere odpočije, zato se zmanjša tudi vpliv preživetih vibracij. V tabeli 39 navedene vrednosti so zato nekoliko višje, vendar ostane trend, ki kaže na regresivno upadajoč vpliv prekinitev oziroma odmorov na obremenitve traktorista tekom delovnega dne. Obremenitev voznika je v začetku delovnega dne enaka nič, nato pa narašča do meje zmanjšane delovne sposobnosti. V trenutku, ko je ta meja presežena, bi traktorist moral prenehati z delom ne glede na dolžino odmora, ki bi nato sledil. Funkcija odmora je torej zanimiva samo do trenutka, ko traktorist še ni preobremenjen z vibracijami, ali grobo rečeno v prvi polovici delovnega časa.

3.6.6 Razlika med traktorji in delovnimi operacijami v jakosti vertikalnih vibracij

Poskusno gradivo je bilo precej obsežno, zato nudi obilo možnosti za vrednotenje rezultatov. Način zbiranja poskusnega gradiva, ki je tesno vezan na značaj dela v gozdarstvu pa žal ni dopuščal, da bi s pristopom k načrtnemu usmerjanju poskusa izločili nepomembne dejavnike in različne motilne vplive. Z veliko zanesljivostjo smo na primer lahko ugotavljali razlike med operacijami, medtem ko razlike med traktorji iz objektivnih razlogov ni bilo mogoče zanesljivo dokazati.

Različnost jakosti vibracij med operacijami smo preverili z analizo variance po posameznem traktorju. Osnovni podatki so bile jakosti vibracij, ugotovljene po operacijah v posameznem ciklusu na določenem delovišču. Število podatkov smo glede na delovišče, operacije in traktor izenačili na slučajnostni način. Pri tej izenačitvi sta poleg posameznih ciklusov v celoti izpadla delovišči pri Selcah in v Kočevju (oboje IMT 558). V primerjavi smo upoštevali samo sledeče operacije:

- prazna vožnja
- privlačevanje
- polna vožnja
- rampanje.

Razlog za zmanjšanje števila operacij v primerjavi je predvsem v tem, da je pričakovati večjo homogenost variance ob upoštevanju operacij, na katere vpliva samo en del delovnih razmer. Organizacijska oblika dela, način vezanja in odpenjanja na primer nimajo vpliva na operacije, ki smo jih upoštevali v analizi variance. Poleg tega so to operacije, ki predstavljajo od 90 do 100% vseh obremenitev z vibracijami v produktivnem času. Z njihovo analizo si lahko obetamo uspešno predvidevanje obremenitev traktorista z vibracijami na deloviščih z drugačnimi delovnimi razmerami.

Analiza variance je pokazala, da se jakosti vibracij na deloviščih, kjer je delal posamezen traktor med seboj statistično značilno razlikujejo (pri tveganju 0,1%). Prav tako smo statistično potrdili razlike med operacijami (s tveganjem 1 do 5%).

Interakcija je statistično značilna (na nivoju od 1 do 0,1%) v analizi variance za zgibni in gosenični traktor. To je v skladu z ugotovitvijo, da delovne razmere močneje vplivajo na spremembe vibracij pri zgibniku in goseničarju.

Analiza razlik med aritmetičnimi sredinami jakosti vibracij po operacijah, ki so pri vseh treh traktorjih statistično značilne, pokaže, da razlike izvirajo iz različnosti samo nekaterih operacij (tabeli 40 in 41).

ARITMETIČNE SREDINE JAKOSTI VERTIKALNIH VIBRACIJ PO
OPERACIJAH IN TRAKTORJIH ($m s^{-2}$)

Tab. 40

Traktor	O p e r a c i j a			rampanje	SKUPAJ
	prazna vožnja	privlačevanje	polna vožnja		
IMT 558	1,62	1,00	1,46	1,62	1,43
Timberjack	1,73	0,88	1,63	1,33	1,86
FIAT 505 C	1,73	0,80	1,97	1,09	1,40
SKUPAJ	1,69	0,89	1,69	1,35	1,41

RAZLIKE MED ARITMETIČNIMI SREDINAMI JAKOSTI VERTIKALNIH
VIBRACIJ MED OPERACIJAMI ENEGA TRAKTORJA ($m s^{-2}$)

Tab. 41

Traktor	prazna v. privlač.	Razlike med operacijami				
		prazna v. polna v.	prazna v. rampanje	privlač. polna v.	privlač. rampanje	polna v. rampanje
IMT 558	0,62***	0,20	0,00	-0,46**	-0,62***	-0,16
Timberjack	0,85***	0,10	0,40**	-0,75***	-0,45***	0,30**
FIAT 505 C	0,93***	-0,24**	0,64***	-1,17***	-0,29**	0,88***

Opomba: NZR 5% (IMT 558) = $0,29 m s^{-2}$

NZR 5% (Timberjack) = $0,22 m s^{-2}$

NZR 5% (FIAT 505 C) = $0,16 m s^{-2}$

Razlike med aritmetičnimi sredinami jakosti vertikalnih vibracij smo primerjali z najmanjšo značilno razliko (NZR) za stopnjo tveganja 5%, 1% in 0,1%. Statistično visoko značilne so razlike med prazno vožnjo in privlačenjem pri vseh treh traktorjih. Značilne razlike med prazno in polno vožnjo traktorja pa je test odkril samo pri goseničarju, kjer ima polna vožnja višje vertikalne vibracije od prazne vožnje. Sledi ugotovitev, da se značilno razlikujeta tudi privlačenje in polna vožnja.

Rampanje ima pri zgibniku in goseničarju značilno nižje vertikalne vibracije kot prazna ali polna vožnja, vendar je jakost vibracij pri vseh treh traktorjih višja od jakosti, ki so bile izmerjene pri privlačenju.

Razlike med traktorji smo poskusili preveriti z analizo variance jakosti vertikalnih vibracij, ki so bile ugotovljene na primerjalnem delovišču Belska planina. Osnovni podatki so bile spet vrednosti vertikalnih vibracij, ugotovljene za operacije v posameznih ciklikih. Delovišče samo ni bilo primeren reprezentant za povprečne delovne razmere v katerih delujejo primerjani traktorji, vendar kažejo rezultati analize variance zanimive podrobnosti (tabela 42).

ANALIZA VARIANCE JAKOSTI VERTIKALNIH VIBRACIJ UGOTOVLJENIH
NA DELOVIŠČU BELSKA PLANINA - PRIMERJAVA PRI SPRAVILU LESA

Tab. 42

Vir variabilnosti	Vsota kvadratov	Stopinje prostosti	Srednji kvadrat	F
operacija (o)	1,4763	3	0,4921	3,29 ^o
traktor (t)	0,2659	2	0,1329	17,04**
o x t	0,8986	6	0,1498	19,21**
napaka	0,0933	12	0,0078	
SKUPAJ	2,7341	23		

V tej primerjavi ugotovimo visoko značilne razlike med traktorji (na nivoju 1%), medtem ko so razlike med operacijami značilne le z 10% tveganja. Analiza razlik med aritmetičnimi sredinami pa pokaže, da test ni odkril razlik med navadnim kolesnikom in zgibnim traktorjem. Visoko pa sta značilni razliki v jakostih vibracij med IMT 558 in FIAT 505 C ter Timberjackom in FIAT 505 C.

Podroben pregled razlik v jakostih vibracij po operacijah pa pokaže tudi značilne razlike med polno vožnjo in privlačenjem ter privlačenjem in rampanjem (tabela 43).

ARITMETIČNE SREDINE JAKOSTI VERTIKALNIH VIBRACIJ PO OPERACIJAH IN
TRAKTORJIH UGOTOVLJENIH NA DELOVIŠČU BELSKA PLANINA - PRIMERJANA ($m s^{-2}$)

Tab. 43

Traktor	O p e r a c i j a				SKUPAJ
	prazna vožnja	privlačenje	polna vožnja	rampanje	
IMT 558	1,22	1,05	1,50	1,69	1,36
Timberjack	1,35	0,94	1,36	1,69	1,33
FIAT 505 C	1,35	0,60	1,66	0,90	1,13
SKUPAJ	1,30	0,86	1,51	1,42	1,27

Delovišče na Belski planini je bilo vsestransko bolj ugodno od ostalih delovišč, kjer so bile merjene vibracije na traktorjih. Delovne razmere se kažejo v tem, da so bile skoraj vse operacije (izjema je le rampanje pri IMT 558 in Timberjacku) z jakostjo vibracij nekoliko nižje od povprečja enega traktorja. Zgornja analiza kaže tako bolj na to, da obstajajo značilne razlike med traktorji (ob izenačenih razmerah) kot na absolutne razlike med njimi. Pričakujemo lahko, da so razlike ob neizenačenih delovnih razmerah večje. Pripomniti je treba, da vrednosti iz tabel 41 in 43 predstavljajo aritmetične sredine vertikalnih vibracij in ne kvadratičnih sredin, ki so uporabne za izračun obremenitev traktorista.

Analiza variance je torej pokazala, da so delovišča pri merjenju vibracij, s svojimi lastnostmi imela pomemben vpliv na ugotovljene jakosti vertikalnih vibracij. Prav tako so bile potrjene razlike med jakostmi vibracij po operacijah. V vseh primerih so jakosti vertikalnih vibracij pri prazni in polni vožnji traktorja ter rampanju lesa, večje od jakosti vibracij pri privlačevanju. Pri zgibniku in goseničarju so vertikalne vibracije pri prazni in polni vožnji večje od vibracij pri rampanju lesa. Vertikalne vibracije pri prazni vožnji pa se razlikujejo od jakosti vibracij pri polni vožnji traktorja samo pri goseničarju, kjer dosegajo vibracije med polno vožnjo precej višjo jakost pospeškov. Na koncu smo ugotovili, da na istem delovišču obstajajo razlike med traktorji, zato pričakujemo, da so razlike v jakostih vibracij med traktorji še večje ob različnih delovnih razmerah.

3.6.7 Vpliv organizacijske oblike dela in strukture produktivnega časa na obremenjenost traktorista z vertikalnimi vibracijami

Organizacijska oblika dela vpliva predvsem na čas, ki ga traktorist prebije na sedežu traktorja. Z daljšanjem časa izpostavljenosti v delovnem ciklusu pa se poveča tudi število operacij, ki s svojim tresenjem vplivajo na traktorista. Pri organizacijski obliki 1+0 lahko zanemarimo vibracije, ki nastanejo pri razvlačevanju, vezanju in odvezovanju lesa, kajti v tem času dela traktorist pretežno izven traktorja. Drugače je pri organizacijskih oblikah 1+1 ali 1+1+s, ko del časa, ki ga zajemajo naštetе operacije, traktorist sedi na traktorju, deloma pa pomaga pomožnemu delavcu. Poskušali smo ugotoviti kakšne so razlike med obliko dela s pomočnikom (enim ali dvema) in organizacijsko obliko dela brez pomočnika (tabela 44).

VPLIV ORGANIZACIJSKE OBLIKE DELA NA JAKOST VERTIKALNIH VIBRACIJ
 NA SEDEŽU TRAKTORJA PRI SPRAVILU LESA OB UGOTOVLJENI STRUKTURI ČASA Tab. 44

Operacije	IMT 558		Timberjack		FIAT 505 C	
	I+0	I+1	I+0	I+1+(S)	I+0	I+1
	j a k o s t i v i b r a c i j				m s ⁻²	
prazna vožnja	1,41	1,41	1,88	1,88	2,19	2,19
razvlačevanje	0	0,49	0	0,10	0	0,21
vezanje	0	0,42	0	0,12	0	0,26
privlačevanje	0,72	0,72	0,87	0,87	0,85	0,85
polna vožnja	1,24	1,24	1,77	1,77	2,93	2,93
odvezovanje	0	0,49	0	0,21	0	0,20
rampanje	1,23	1,23	1,34	1,34	1,06	1,06
produktivni čas	1,02	1,05	1,47	1,47	1,92	1,93

Razlika med obremenitvami traktorista pri različnih organizacijskih oblikah je neznatna ob upoštevanju iste strukture produktivnega časa. V tem primeru zavzemajo operacije, pri katerih je traktorist izven traktorja, v povprečju pri IMT 558 35,08%, pri Timberjacku 27,2% in pri goseničarju 33,8% produktivnega časa.

Struktura produktivnega časa se ob enakih delovnih razmerah močno spremeni, če traktorist dela s pomočnikom. Te spremembe iz naših snemanj nismo mogli zanesljivo dognati. Vemo, da je razmerje med glavnim in pomožnim produktivnim časom močno odvisno tudi od dolžine vlačevanja, kvalitete vlake in bremena. Pri izračunu obremenitev traktorista za neko novo delovišče je potrebno poznati samo strukturo časa in jakosti vertikalnih vibracij v posamezni operaciji. Delež prazne in polne vožnje se bo pri organizaciji dela brez pomožnega delavca zmanjšal pri isti dolžini vlake. Iz literature (KRIVEC, MORI) smo povzeli nekaj različnih primerov strukture produktivnega časa in izračunali obremenitve traktorista z vertikalnimi vibracijami (ugotovljene strukture produktivnega časa veljajo za organizacijsko obliko I+1). Razvlačevanje prazne vrvi, vezanje lesa in privlačevanje smo združili v podfazo zbiranje lesa, za katero smo ob povprečni strukturi izračunali povprečne jakosti vibracij. Podobno smo za pomožni produktivni čas odvezovanja in rampanja izračunali povprečno (konstantno) jakost vertikalnih vibracij. Jakost vibracij, ki smo jih upoštevali pri izračunu obremenitev, kaže tabela 45.

KVADRATIČNE SREDINE JAKOSTI VERTIKALNIH VIBRACIJ NA SEDEŽU
TRAKTORJA PRI SPRAVILU LESA

Tab. 45

Element dela	IMT 558	Timberjack	FIAT 505 C
	jakosti vertikalnih vibracij $m s^{-2}$		
prazna vožnja	1,41	1,88	2,19
zbiranje lesa	0,52	0,52	0,47
polna vožnja	1,24	1,77	2,39
odvezovanje in rampanje	0,94	0,96	0,75

Ker je struktura produktivnega časa močno odvisna od pravilne razdalje, smo vzeli razdaljo spravila kot dejavnik, ki določa strukturo produktivnega časa. V tej primerjavi nas zanima samo vpliv strukture časa na obremenjenost traktorista, zato smo predpostavili, da se jakost vibracij glede na dolžino vlake ne spreminja. V tabeli 46 so prikazane obremenitve traktorista pri različnih strukturah (spravilnih razdaljah) produktivnega časa ob upoštevanju jakosti vertikalnih vibracij iz tabele 46. Pri izračunu smo predpostavili, da je jakost vibracij v dodatnem času enaka 0.

OBREMNITVE TRAKTORISTA Z VERTIKALNIMI VIBRACIJAMI PRI
RAZLIČNI STRUKTURI PRODUKTIVNEGA ČASA

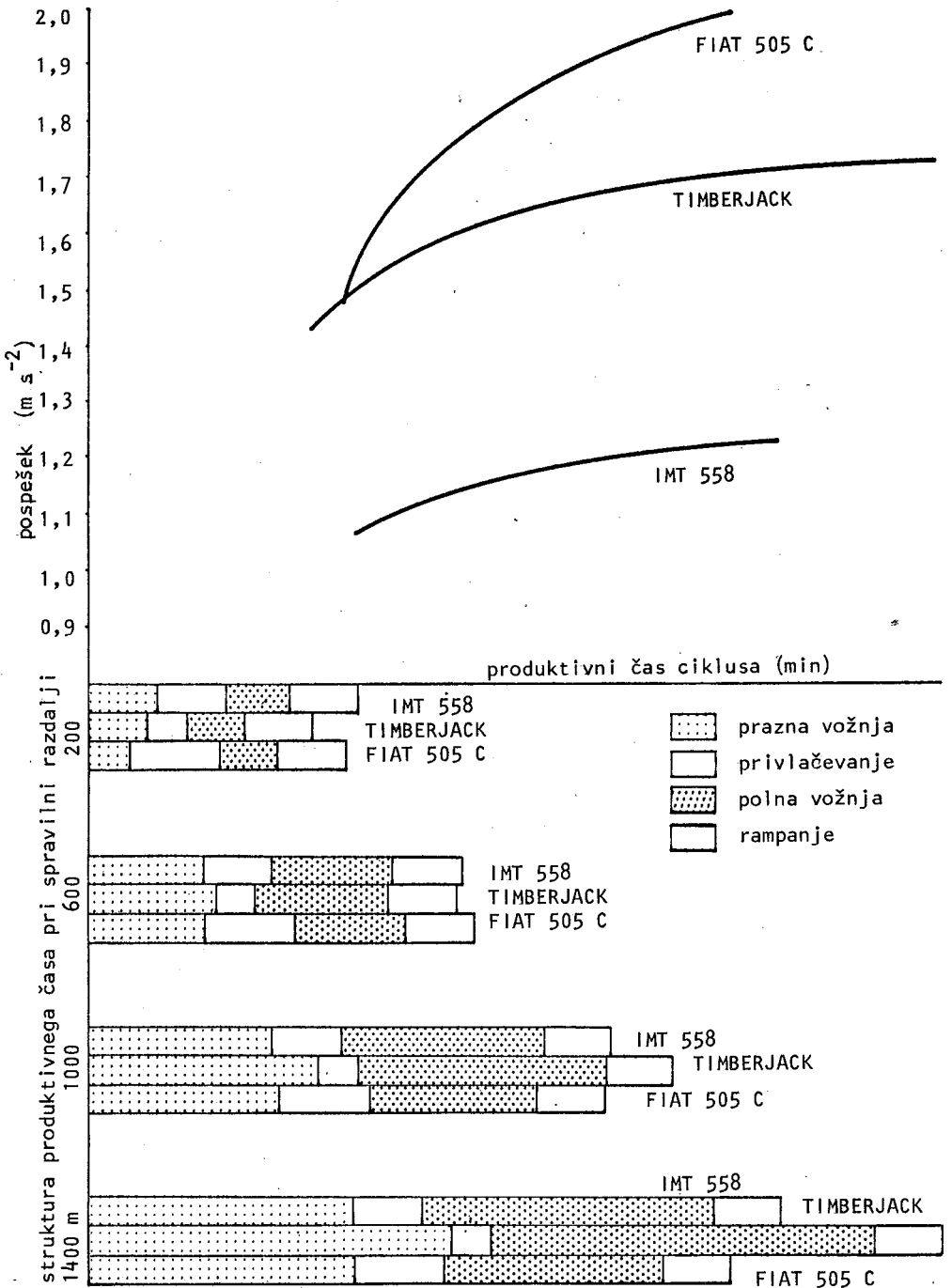
Tab. 46

Traktor	čas	Struktura produktivnega časa pri pravilni razdalji (m):			
		200	600	1000	1400
		obremenitve traktorista ($m s^{-2}$)			
IMT 558	prod.	1,07	1,15	1,20	1,23
	delov.	0,96	1,03	1,08	1,10
Timberjack	prod.	1,43	1,60	1,69	1,73
	delov.	1,30	1,45	1,53	1,57
FIAT 505 C	prod.	1,48	1,79	1,93	2,00
	delov.	1,36	1,64	1,77	1,83

Vrednosti iz tabele 46 so nazorno prikazane na grafikonu 29 v odvisnosti od pripadajoče strukture produktivnega časa. Pri adaptiranem kolesniku smo

Graf. 29

VPLIV STRUKTURE PRODUKTIVNEGA ČASA NA OBREMENITVE TRAKTORISTA Z VERTIKALNIMI VIBRACIJAMI PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI



ugotovili najnižje obremenitve z vertikalnimi vibracijami in najmanjšo stopnjo odvisnosti obremenitev glede na razdaljo vlačjenja, oziroma strukturo časa. Gosenični traktor FIAT 505 C ima v tej primerjavi najbolj neugodne obremenitve, ki sicer degresivno, vendar najhitreje od vseh treh traktorjev naraščajo z večanjem deleža vožnje. Obremenitve pri zgibniku se bolj približujejo obremenitvam pri goseničarju, vendar na nekoliko nižjem nivoju.

Iz slike tudi povzamemo, da traktorji povzročajo pri istih spravičnih razdaljah različne obremenitve z vertikalnimi vibracijami ob različni strukturi in različnem trajanju produktivnega časa.

3.6.8 Odvisnost jakosti vertikalnih vibracij od nekaterih delovnih razmer

Jakosti vertikalnih vibracij na sedežu traktorja niso ergonomsko nespremenljiva konstanta za delovno operacijo in tip traktorja. Spreminjajo se v bolj ali manj izraženih odvisnostih od delovnih razmer, ki jih predstavlja dolg seznam spremenljivk. Te so pogosto v zapletenih medsebojnih korelacijah.

Uporaba konkretnih metod multiple regresije omogoča bolj določeno predstavitev odnosov v pojavu, saj upošteva le statistično značilne odvisnosti med manjšim številom odvisnih in neodvisnih spremenljivk. Izračun multiple regresije smo opravili na računalniku (SPSS, podprogram REGRESSION) po postopični metodi.

Iz skupine spremenljivk, ki je opisana v tabeli 47, smo za izračun multiple regresije izbrali samo tiste, ki imajo logično povezavo z določeno odvisno spremenljivko. Pri izboru neodvisnih spremenljivk smo pazili tudi na to, ali dve neodvisni spremenljivki ne pojasnujeta isti dejavnik, kar je v nekaterih primerih nepraktično. Tako se je na primer maksimalni (+) naklon v nekaterih izračunih pokazal kot spremenljivka s statistično značilnim vplivom na jakosti vibracij, vendar je bolj praktično, da to nekoliko premalo definirano spremenljivko zamenjamo s koeficientom naklona, ki upošteva naklone vzdolž cele vlake. Nadalje smo izpustili iz vrste osnovnih spremenljivk tudi časa prazne in polne vožnje, ker sta 1.) v linearni odvisnosti od dolžine vlake in hitrosti vožnje in 2.) ju upoštevamo kasneje pri ugotavljanju obremenitev traktorista z vertikalnimi vibracijami, preko strukture delovnega časa.

Številka	Ime spremenljivke	Znak	Merska enota	IMT 558		Timberjack		Fiat 505 C	
				Aritmetična sredina	Standardni odklon	Aritmetična sredina	Standardni odklon	Aritmetična sredina	Standardni odklon
1	srednja jakost vertikalnih vibracij pri prazni vožnji	Y 1	m s ⁻²	1,6386	0,8548	1,7325	0,3681	1,7660	0,7250
2	srednja jakost vertikalnih vibracij pri privlačevanju	Y 2	m s ⁻²	0,8679	0,3342	0,8813	0,3490	0,8190	0,1912
3	srednja jakost vertikalnih vibracij pri polni vožnji	Y 3	m s ⁻²	1,4693	0,5740	1,6250	0,4866	1,9990	0,7683
4	srednja jakost vertikalnih vibracij pri rampanju	Y 4	m s ⁻²	1,2950	0,5019	1,3312	0,3151	1,0800	0,3161
5	dolžina vlake	X 1	m	310,5000	148,7469	906,5000	557,7498	396,5000	221,7698
6	koeficient naklona	X 2	%	8,9071	2,2492	15,2100	5,3175	15,7960	5,5011
7	hitrost prazne vožnje	X 3	km/h	3,4346	1,2959	4,4139	1,0043	2,5295	0,7041
8	hitrost polne vožnje	X 4	km/h	3,0486	1,0343	4,5026	1,4240	2,7890	1,0188
9	kubatura bremena	X 5	m ³	2,2171	0,9055	4,5775	1,6666	2,0510	0,5896
10	število kosov v bremenu	X 6	kom	6,1429	2,8516	6,5000	3,2971	9,0000	8,2597
11	kubatura povprečnega kosa v bremenu	X 7	m ³ /kom	0,5171	0,3969	1,0162	0,8379	0,3710	0,2397
12	maksimalni (+) naklon v smeri polne vožnje	X 8	%	8,1429	7,7743	4,2500	4,9208	1,2000	2,5298
13	maksimalni (-) naklon v smeri polne vožnje	X 9	%	22,2143	6,6930	34,5000	3,4226	29,7000	8,3805
14	čas prazne vožnje	X 10	min/100	585,9286	314,3285	1151,5000	537,6451	882,8000	288,2517
15	čas polne vožnje	X 11	min/100	672,2857	397,2258	1117,6250	481,0545	805,2000	208,5494

Izbrani nizi spremenljivk so bili tako sledeči:

jakosti vertikalnih vibracij pri prazni vožnji: dolžina vlake, koeficient
naklona, hitrost prazne vožnje

jakosti vertikalnih vibracij pri privlačenju: kubatura bremena, število
kosov, kubatura povprečnega kosa v bremenu

jakosti vertikalnih vibracij pri polni vožnji: dolžina vlake, koeficient na-
klona, hitrost polne vožnje, kubatura bremena, število kosov,
kubatura povprečnega kosa

jakost vertikalnih vibracij pri rampanju: kubatura bremena, število kosov,
kubatura povprečnega kosa v bremenu

Število osnovnih podatkov smo izenačili po deloviščih (2 podatka) ter med
tipi traktorjev (po 8 podatkov za spremenljivko). Prav zaradi sorazmerno
majhnega števila podatkov smo upoštevali samo linearne odvisnosti.

Posamezne odvisnosti bomo obravnavali ločeno po delovnih operacijah za vse
tri traktorje skupaj, ker želimo istočasno poudariti nekatere razlike, ki
smo jih odkrili med traktorji. Določene odvisnosti, ki so se izkazale za sta-
tistično premalo zanesljive, pa bomo kasneje, pri izračunu obremenjenosti
traktorista z vertikalnimi vibracijami, nadomestili s kvadratičnimi sredina-
mi dotične odvisne spremenljivke (tabela 47).

Odvisnost jakosti vertikalnih vibracij pri prazni vožnji od dolžine vlake

Na jakosti vibracij v prazni vožnji vplivajo predvsem dejavniki, ki pred-
stavljajo traktorsko vlako, način vožnje in druge individualne lastnosti
voznika traktorja. Pri izračunu odvisnosti smo upoštevali le tri spremen-
ljivke (dolžino vlake, naklon in hitrost vožnje), vendar se je izkazalo,
da je le dolžina vlake dejavnik, ki v zahtevani meri pojasni spremembe v
jakostih vertikalnih vibracij pri zgibniku in goseničarju. Pri adaptiranem
kolesniku pa se pokaže korelacija med jakostmi vibracij pri prazni vožnji
in koeficientom naklona na stopnji tveganja 7,8% (kar je preveč za statisti-
čno potrditev korelacije). V drugih dveh primerih torej ne obstoji stati-

stično značilna odvisnost jakosti vibracij prazne vožnje od naklona vlake in hitrosti vožnje. Deleži pojasnjene variance so pri obeh značilnih regresijah visoki (76% - 90%). V tabeli 48 najdemo regresijske koeficiente (B_p), multiple R, ter stopnjo značilnosti regresije.

REGRESIJSKI KOEFICIENTI, R^2 IN ZNAČILNOST REGRESIJE MED JAKOSTMI VERTIKALNIH VIBRACIJ PRAZNE VOŽNJE TER DOLŽINO TRAKTORSKE VLAKE

Tab. 48

Neodvisna spremenljivka	IMT 558	Timberjack	FIAT 505 C
	regresijski koeficienti (značilnost)		
dolžina vlake (X 1)	-	0,000574**	0,003485**
konstanta	-	1,21216 ***	0,355299
R^2	-	0,75657 **	0,90320 ***

Z uporabo zgornjih regresijskih koeficientov v linearni enačbi dobimo zadovoljive rezultate pri Timberjacku za dolžine vlake od 200 do 1600 m in pri goseničarju za razdalje od 120 do 690 m. V obeh primerih z večanjem pravilne razdalje narašča tudi jakost vertikalnih vibracij, ki smo jo ugotovili pri prazni vožnji traktorja.

Pri IMT 558 nismo našli dovolj zanesljive odvisnosti med jakostjo vertikalnih vibracij pri prazni vožnji in vključenimi neodvisnimi spremenljivkami, zato upoštevamo, da so jakosti vertikalnih vibracij pri prazni vožnji konstantne s srednjim pospeškom $1,64 \text{ m s}^{-2}$.

Odvisnost jakosti vertikalnih vibracij pri polni vožnji od nekaterih lastnosti bremena in hitrosti vožnje

Pomemben vpliv na jakosti vibracij polne vožnje imajo spremenljivke, ki opisujejo lastnosti bremena ter načina vožnje. Dolžina vlake in koeficient naklona nimata statistično dokazanega značilnega vpliva na spremembe v jakostih vertikalnih vibracij za polno vožnjo traktorja. Tako smo ugotovili,

da na jakosti vibracij pri IMT 558 pri polni vožnji značilno vpliva kubatura bremena in število kosov v bremenu. Z večanjem bremena in števila kosov v bremenu naraščajo tudi vibracije na traktorju pri vlačanju lesa po vlakih. Pri tem je vpliv kubature bremena na spremembe jakosti vibracij precej večji od vpliva števila kosov v bremenu (tabela 49).

Pri zgibniku so jakosti vibracij med polno vožnjo traktorja značilno odvisne od hitrosti vožnje, števila kosov v bremenu in velikosti povprečnega kosa v bremenu. Vse tri spremenljivke s svojim povečevanjem vplivajo na večanje vertikalnih vibracij med polno vožnjo. Primerjava standardiziranih regresijskih koeficientov pa je pokazala, da je njihov vpliv močno različen. Najmočnejše vpliva hitrost vožnje, nato število kosov v bremenu (okrog 10x manjši vpliv) in kubatura povprečnega kosa v bremenu (okrog 5x manjši vpliv od števila kosov v bremenu).

Jakosti vertikalnih vibracij med polno vožnjo so pri goseničarju v statistično značilni korelaciji edino z hitrostjo vožnje traktorja. Z večanjem hitrosti vožnje se jakosti vibracij hitro povečujejo (pri povečanju hitrosti za 0,5 km/h se poveča jakost vibracij za 0,35 mm s⁻²).

REGRESIJSKI KOEFICIENTI, R² IN ZNAČILNOST REGRESIJ MED JAKOSTMI VERTIKALNIH VIBRACIJ POLNE VOŽNJE TER HITROSTJO VOŽNJE IN NEKATERIMI LASTNOSTMI BREMENA

Tab. 49

Neodvisna spremenljivka	IMT 558	Timberjack	FIAT 505 C
		regresijski koeficienti (značilnost)	
hitrost polne vožnje (X 4)	-	0,338391***	0,700661***
kubatura bremena (X 5)	0,484978***	-	-
število kosov v bremenu (X 6)	-0,069552*	0,081776***	
kubatura povprečnega kosa (X 7)	-	0,146466*	-
konstanta	-0,026993	-0,579038**	0,024376
R ²	0,89940**	0,99537***	0,87956***

Deleži z regresijo pojasnjene variance odvisne spremenljivke so zelo visoki (88 - 99%). Zgornje regresije so uporabne v okvirih vrednosti, ki so bile upoštevane pri izračunu posamezne regresije.

Odvisnost jakosti vertikalnih vibracij pri privlačevanju in rampanju od nekaterih lastnosti bremena

Privlačevanje bremena in rampanje sta operaciji s krajšim trajanjem in zato tudi manjšim vplivom na obremenitve traktorista z vibracijami. Na jakosti vibracij v času njihovega trajanja razen velikosti bremena vpliva več drugih dejavnikov, kot so razmere v delovišču (razdalja privlačevanja, naklon terena, prehodnost terena) in na cesti (kvaliteta podlage na pomožnem skladišču, velikost prostora). Od naštetih spremenljivk smo upoštevali samo lastnosti bremena. Ugotovili smo, da obstoja značilna korelacija samo pri adaptiranem kolesniku IMT 558 med lastnostmi bremena in jakostjo vertikalnih vibracij pri privlačevanju. Pri zgibniku je korelacija značilna s tveganjem 5,8%, kar je že preko dogovorjene meje, vendar vsebuje tabela 50 tudi te regresijske koeficiente. Velikost bremena pri IMT 558 povečuje jakost vibracij, vendar vpliva naraščanje kubature povprečnega kosa v bremenu v obratni smeri (tabela 50). Pri zgibniku deluje (na meji značilnosti) kubatura bremena v smeri zmanjševanja jakosti vibracij. Deleža z regresijo pojasnjene variance sta sorazmerno nizka (48% in 87%).

REGRESIJSKI KOEFICIENTI, R^2 IN ZNAČILNOST REGRESIJE MED JAKOSTMI VERTIKALNIH VIBRACIJ PRI PRIVLAČEVANJU TER LASTNOSTMI BREMENA Tab. 50

Neodvisna spremenljivka	regresijski koeficienti (značilnost)		
	IMT 558	Timberjack	FIAT 505 C
kubatura bremena (X 5)	0,439005*	-0,144496 ^o	-
kubatura povpr. kosa v bremenu (X 7)	-0,941598**	-	-
konstanta	0,590856 ^o	1,542682**	-
R^2	0,8657**	0,4761 ^o	

Pri ugotavljanju obremenjenosti voznika z vertikalnimi vibracijami pri FIAT 505 C, vzamemo velikost pospeškov pri privlačevanju kot konstantno veličino in sicer $0,80 \text{ m s}^{-2}$. Našteti odnosi veljajo za privlačevanje bremena navzdol na povprečni razdalji 20 m, pri velikosti naveze za IMT 558 $1,22 \text{ m}^3$ in za zgibnik $2,28 \text{ m}^3$.

Izračun obremenjenosti traktorista z vertikalnimi vibracijami pri spravilu lesa

Obremenitve traktorista z vertikalnimi vibracijami med delom so funkcije jakosti vibracij po posameznih operacijah, strukture delovnega časa ter dogovorjenih (povprečnih) mej škodljivosti vibracij na človeški organizem. Pri tem ne upoštevamo individualnih razlik med občutljivostmi traktoristov na vibracije, ki so lahko zelo različne, vendar neznane.

Ugotovili smo, da na jakosti vibracij pri posameznih operacijah vpliva več dejavnikov delovnih razmer, ki niso isti za vse tri primerjane traktorje. Za izračun obremenitev traktorista z vibracijami pri IMT 558 zadošča, da poznamo nekatere lastnosti bremena, pri zgibniku moramo poznati tudi dolžino vlake in hitrost vožnje pri polni vožnji, za ugotovitev obremenitev traktorista pri goseničarju pa zadošča, če poznamo samo dolžino vlake in hitrost med polno vožnjo. V tabeli 51 je dan kratek pregled ugotovljenih odvisnosti, ki jih lahko upoštevamo pri izračunu obremenjenosti traktorista z vertikalnimi vibracijami.

PREGLED UGOTOVLJENIH ZNAČILNIH ODVISNOSTI MED JAKOSTMI VERTIKALNIH VIBRACIJ PO DELOVNIH OPERACIJAH IN NEKATERIMI DEJAVNIKI DELOVNIH RAZMER

Tab. 51

Odvisna spremenljivka	IMT 558	Timberjack	FIAT 505 C
jakost vertikalnih vibracij pri prazni vožnji	konstanta	dolžina vlake	dolžina vlake
jakost vertikalnih vibracij pri privlačevanju	kubatura povpr. kosa, kubatura bremena	kubatura bremena	konstanta
jakost vertikalnih vibracij pri polni vožnji	kubatura bremena, število kosov v bremenu	hitrost vožnje, število kosov v bremenu, kubatura povprečnega kosa	hitrost vožnje
jakost vertikalnih vibracij pri rampanju	konstanta	konstanta	konstanta

Izračunali bomo obremenitve traktorista z vertikalnimi vibracijami pri spravilu lesa s Timberjackom, ker nastopa tu največ dejavnikov delovnih razmer. Predpostavili bomo, da vlačí traktor hlodovino na razdalji 800 m. Velikost povprečnega tovora naj bo $5,70 \text{ m}^3$, povprečna kubatura kosa $0,89 \text{ m}^3/\text{kom}$ ob povprečno 6,40 kosov v bremenu. Strukturo delovnega časa smo ob nekaterih predpostavkah (zbiranje lesa) izračunali iz podatkov širših snemanj (KRIVEC) in jo kaže tabela 52. Iz časa polne vožnje traktorja in dolžine vlake smo izračunali hitrost polne vožnje.

Izračun obremenitve z vibracijami nato poteka na sledeč način:

A. Izračun jakosti vertikalnih vibracij pri posameznih operacijah:

a) med prazno vožnjo (tabela 48):

$$Y_1 = 0,000574 \cdot (800 \text{ m}) + 1,212160$$

$$Y_1 = 1,67 \text{ m s}^{-2}$$

b) med polno vožnjo (tabela 49):

$$Y_3 = 0,338391 \cdot (3,006 \text{ km/h}) + 0,081776 \cdot (6,40 \text{ kom}) + \\ + 0,146466 (0,89 \text{ m}^3/\text{kom}) - 0,579038$$

$$Y_3 = 1,09 \text{ m s}^{-2}$$

c) pri privlačevanju in rampanju (konstanta, tabela 47):

$$Y_2 = 0,88 \text{ m s}^{-2}$$

$$Y_4 = 1,33 \text{ m s}^{-2}$$

B. Izračun obremenitev traktorista z vibracijami:

Obremenjenost traktorista z vibracijami izračunamo s ponderirano kvadratično sredino po obrazcu

$$a_r = \sqrt{\frac{1}{\sum t_i} \sum (a_{ri}^2 t_i)}$$

pri čemer so a_i jakosti vibracij med delovnimi operacijami in t_i trajanje teh delovnih operacij.

Iz parov a_i in t_i v tabeli 51 smo izračunali obremenitve traktorista z vibracijami v produktivnem in delovnem času, ki znaša 1,34, oziroma 1,21 $m s^{-2}$.

STRUKTURA DELOVNEGA ČASA IN JAKOSTI VIBRACIJ PO DELOVNIH OPERACIJAH
ZA PRIMER IZRAČUNA OBREMENITEV TRAKTORISTA Z VERTIKALNIMI VIBRACIJAMI
PRI SPRAVILU LESA S TIMBERJACKOM Tab. 52

Element dela	Jakosti vertikalnih vibracij ($m s^{-2}$)	Trajanje (min/100)	Obremenitev traktorista ($m s^{-2}$)
prazna vožnja	1,67	1547	
razvlačevanje in vezanje	0	102	
privlačevanje	0,88	67	
polna vožnja	1,09	1597	
odvezovanje	0	175	
rampanje	1,33	202	
produktivni čas		36,90	1,34
dodatni čas	0	8,12	
delovni čas		45,02	1,21

C. Primerjava izračunane obremenitve traktorista z vertikalnimi vibracijami s standardom

V poglavju 3.6.2 smo omenili, da so se ugotovljene frekvenčne analize pri Timberjacku med seboj malo razlikovale, zato lahko z veliko gotovostjo trdimo, da se pospeški vertikalnih vibracij podobno razporejajo tudi v drugačnih delovnih razmerah. Najvišje vrednosti dosegajo pospeški vertikalnih vibracij pri 2 - 2,5 Hz, torej v zelo ozkem intervalu. Razmerje med izmerjenimi linearnimi velikostmi vertikalnih vibracij pri frekvenčni analizi s prispevkom frekvenčnega pasu s sredino pri 2 oziroma 2,5 Hz je približno 1 : 0,65. Če upoštevamo to razmerje, lahko izračunamo, da bi v našem primeru dosegali pospeški vertikalnih vibracij med delovnim časom v tem frekvenčnem pasu okrog 0,70 $m s^{-2}$. Primerjava s standardom ISO 2631 pokaže (tabela 30),

da se v frekvenčnem intervalu med 2 - 2,5 Hz uvrsti naša kalkulirana velikost vertikalnih pospeškov med dopustne vrednosti za 4 in 2,5 ur izpostavljenosti vertikalnim vibracijam. Sklepali bi torej, da je traktorist Timberjacka ob upoštevanih delovnih razmerah preobremenjen z vertikalnimi vibracijami, če je izpostavljen njihovemu vplivu več kot 4 ure na delovni dan, kar pomeni nekaj več kot 5 ciklusov.

Podobno pot bi izbrali tudi v primeru, če bi želeli ugotoviti obremenjenost voznika traktorja z vertikalnimi vibracijami pri spravilu lesa z IMT 558 ali FIAT 505 C. Večja variabilnost porazdelitev pospeškov vibracij po frekvenčnem spektru pomeni, da moramo pri izračunu upoštevati nekoliko širši interval, v katerem je največja verjetnost, da pospeški vibracij presegajo dopustne meje. Primerjamo pa lahko tudi izračunano obremenitev z vertikalnimi vibracijami z obremenitvami, ki smo jih izmerili na posameznih deloviščih. V kolikor je razlika majhna, lahko s pridržkom povzamemo ugotovitve, ki veljajo za primerjano delovišče.

Razumljivo je, da prikazana metoda izračuna obremenitev voznika traktorja z vertikalnimi vibracijami ne more dati uporabnih rezultatov v kolikor se delovne razmere v konkretnem primeru bistveno razlikujejo od tistih, pri katerih so bile ugotavljane vertikalne vibracije. To velja ločeno za vsak posamezen dejavnik, ki nastopa v računu obremenitev z vibracijami.

3.6.9 Frekvenčne porazdelitve pospeškov vibracij v času, ko traktorist sedi na traktorju

Doslej smo ugotavljali razlike med delovišči, na katerih je delal posamezen traktor in odvisnosti med jakostjo vibracij med delovnimi operacijami in nekaterimi spremenljivkami, ki so nam predočale različne delovne razmere. Osnova za preučevanje naštetih razmerij so bile srednje jakosti vibracij po operacijah, ki pa so samo ena izmed pomembnih lastnosti pojava vibracij. Druga takšna lastnost je prav gotovo variabilnost izmerjenih jakosti vibracij med delom. Variabilnost smo izrazili z oceno variance oziroma z oceno standardnega odklona jakosti vibracij, ki ustrezajo osnovnim odčitkom iz papirnega zapisa. Velikost standardnega odklona nam kaže v kako širokem intervalu se pojavljajo pospeški vibracij med delom traktorja. Ugotovili smo, da se ve-

čina izmerjenih pospeškov nahaja v intervalu od 0 do 10 m s^{-2} . Intervale smo razdelili na 20 enakih razredov s širino $0,5 \text{ m s}^{-2}$ in s pomočjo računalnika ugotovili frekvenčne porazdelitve pospeškov vibracij po deloviščih za vse tri traktorje in za vse tri smeri vibracij. Pri razvrščanju osnovnih podatkov v frekvenčne porazdelitve smo upoštevali samo tisti čas v ciklusu, ko je traktorist sedel na sedežu traktorja. Tako dobljene frekvenčne porazdelitve nam predstavljajo način pojavljanja pospeškov vibracij med delom traktorja in tako posredno osvetljujejo do zdaj ugotovljene odvisnosti.

Frekvenčne porazdelitve pospeškov se med delovišči in med traktorji razlikujejo v sorazmerju z drugimi, že ugotovljenimi razlikami, vendar pa kažejo tudi nekaj skupnih potez. Vse frekvenčne porazdelitve so močno desno aritmetične, zaradi česar velja, da je modus (mesto največje zgostitve pospeškov) manjši od aritmetične sredine frekvenčne porazdelitve.

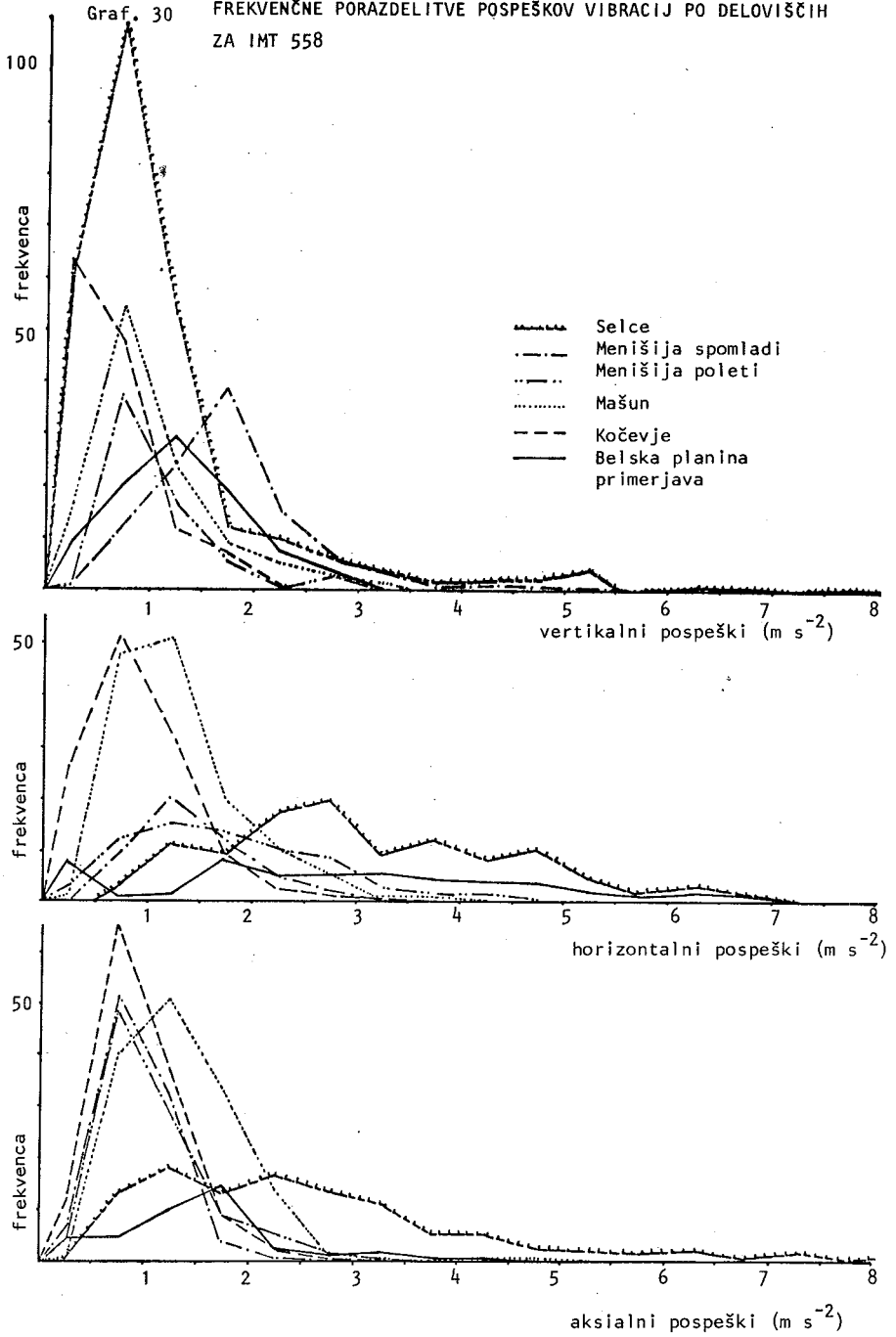
Druga ugotovitev, ki velja za vse frekvenčne porazdelitve je, da imajo spodnjo mejo prvega razreda enako 0 m s^{-2} , nato se frekvence po razredih hitro večajo do modusa, nakar sledi nekoliko počasnejše pojevanje frekvence po razredih in s tem postopno približevanje k abscisni osi. Z večanjem števila razredov se porazdelitev pospeškov vibracij pomika v desno in postaja čedalje bolj podobna normalni porazdelitvi. Večina frekvenčnih porazdelitev pospeškov, ki imajo majhno aritmetično sredino, ima tudi manjše število razredov, izrazito unimodalnost in izrazito desno asimetrijo. Frekvenčne porazdelitve z večjo aritmetično sredino pospeškov, pa so pomaknjene v desno, zavzemajo na abscisi večji interval, njihova asimetrija je bolj zmerena, nekatere pa so celo večmodalne (grafikoni 30, 31 in 32).

Med vsemi tremi tipi traktorjev kažejo frekvenčne porazdelitve pospeškov pri IMT 558 najmanjše razlike med delovišči. Velika večina frekvenčnih porazdelitev je unimodalna in ležijo pretežno v prvih štirih razredih (od 0 do 2 m s^{-2}). Jasno se razlikujeta edino frekvenčni porazdelitvi, ki smo ju izmerili na delovišču pri Selcah v aksialni in horizontalni smeri, ki imata zelo širok interval in neizrazit modus.

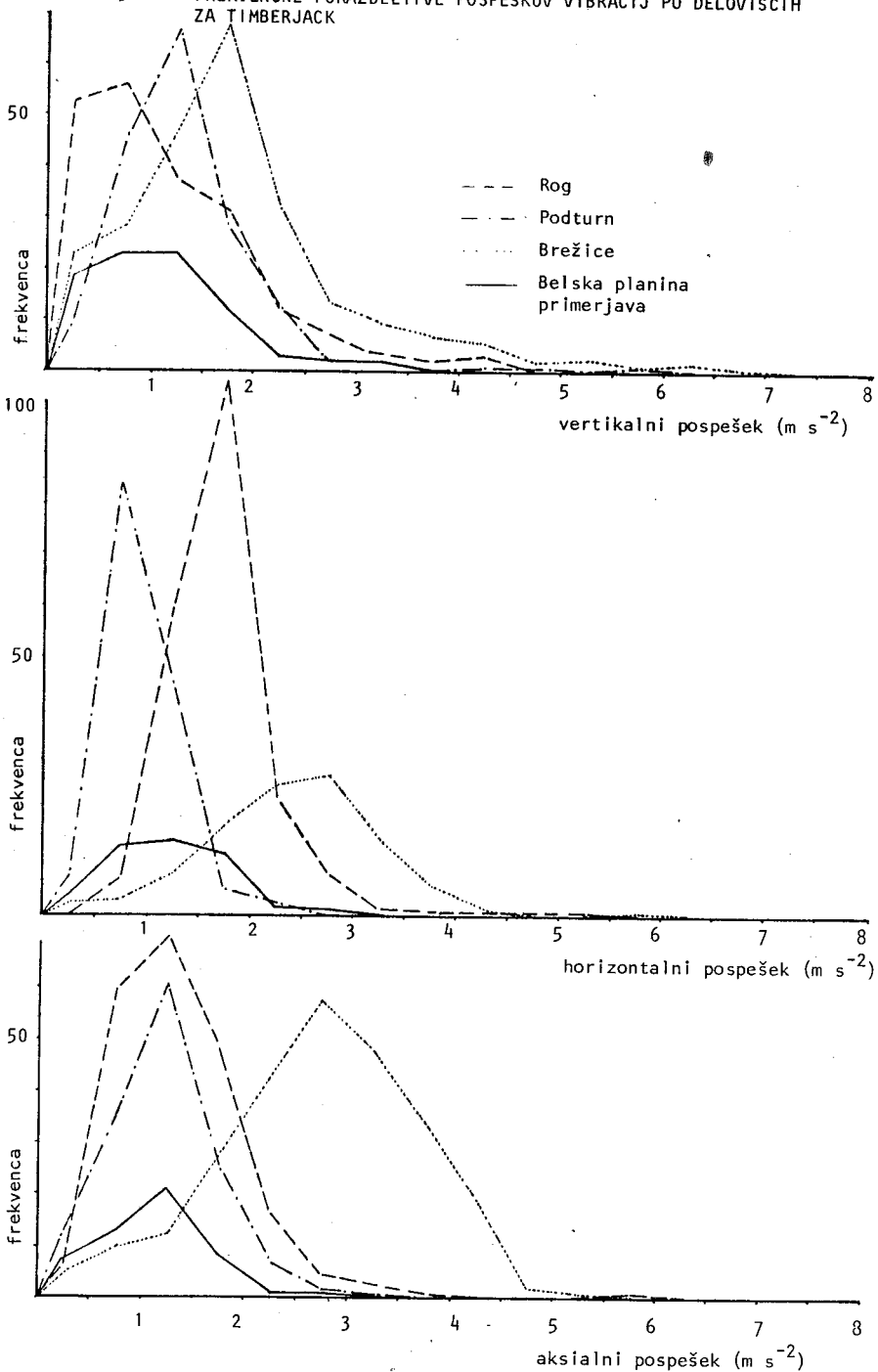
Frekvenčne porazdelitve pospeškov pri Timberjacku so vse izrazito unimodalne, vendar zavzemajo različno širok interval. Projekcije njihovih modusov na abscisno os kažejo pričakovano zaporedje. Največjo vrednost pospeškov

Graf. 30

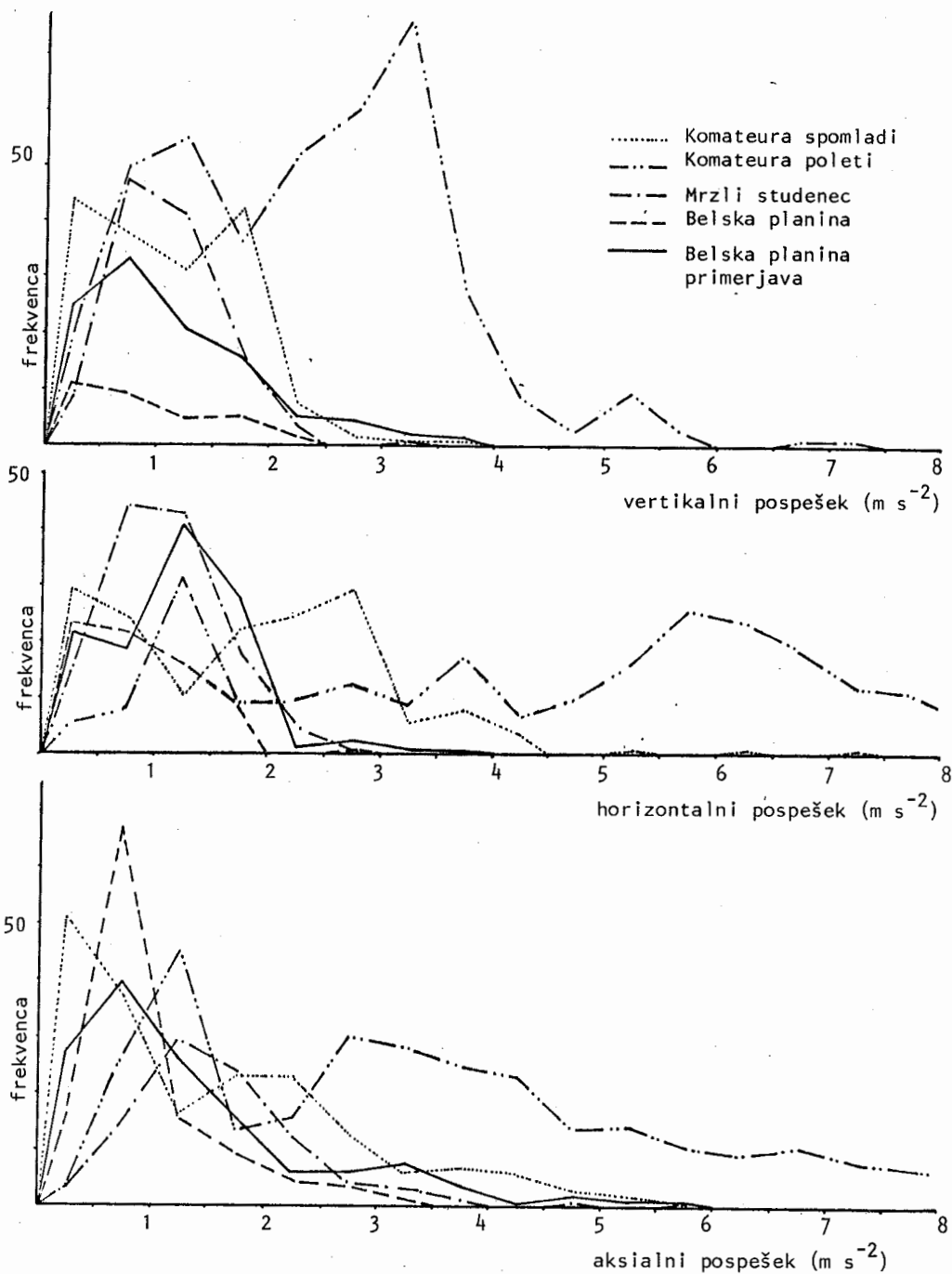
FREKVENČNE PORAZDELITVE POSPEŠKOV VIBRACIJ PO DELOVIŠČIH
ZA IMT 558



Graf. 31 FREKVENČNE PORAZDELITVE POSPEŠKOV VIBRACIJ PO DELOVIŠČIH ZA TIMBERJACK



Graf. 32 FREKVENČNE PORAZDELITVE POSPEŠKOV VIBRACIJ PO DELOVIŠČIH ZA FIAT 505 C



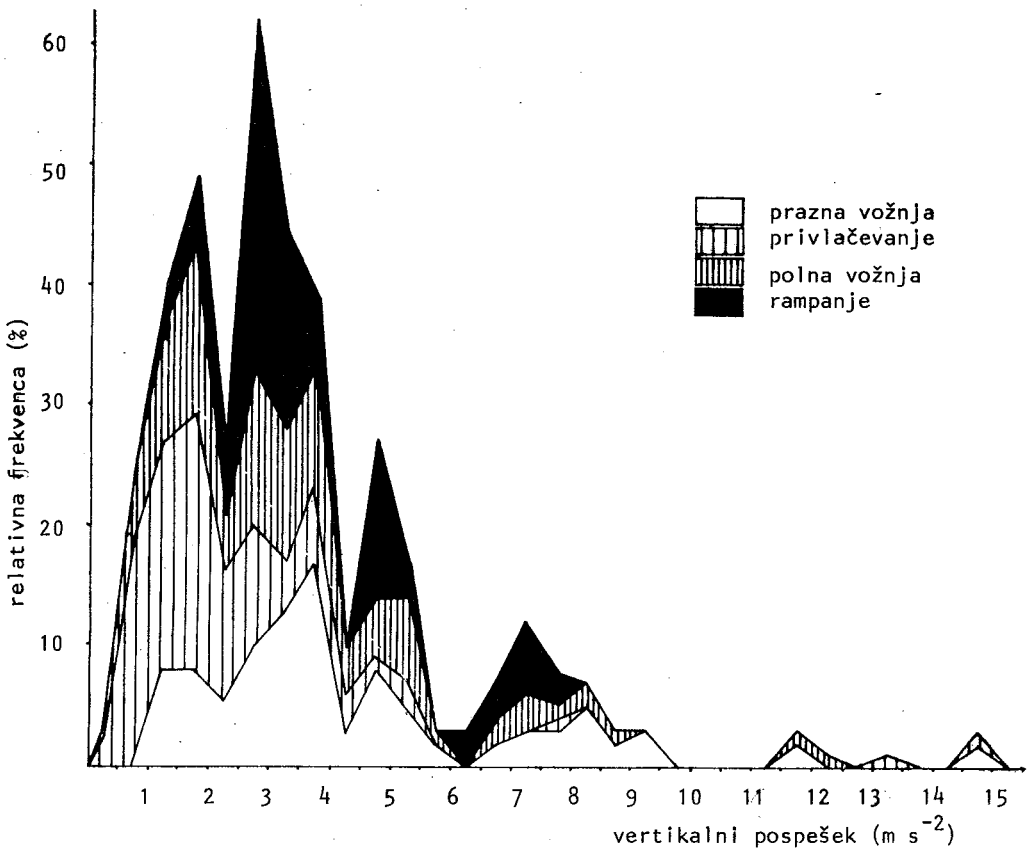
ima modus na delovišču pri Brežicah, nato sledi delovišče pri Podturnu (izjema so horizontalne vibracije) in Rogu, ter na koncu delovišče na Belski planini. Očitno je, da so na daljših vlakah frekvenčne porazdelitve pomaknjene v desno in so zato nekoliko manj asimetrične. Dejstvo je tudi, da je na daljših vlakah traktorist dalj časa izpostavljen vibracijam med vožnjo. Verjetnost, da pride do večjih vibracij in sunkov se zato poveča.

Še bolj izrazita je odvisnost oblike frekvenčne porazdelitve od dolžine vlake pri FIAT 505 C, kjer je frekvenčna porazdelitev na delovišču Komateura - poleti povsem drugačna od drugih. Pri vseh treh smereh ima ta porazdelitev dva izrazita modusa, od katerih je eden v območju zgostitve ostalih frekvenčnih porazdelitev, drugi pa je pomaknjen močno v desno. Druga najdaljša vlaka, na kateri smo merili vibracije, je bila prav tako na Komateuri (spomladi). Frekvenčna porazdelitev pospeškov vseh treh smeri vibracij je bimodalna, vendar leži v intervalu, ki je bližji ostalim frekvenčnim porazdelitvam. Bimodalnost se popači in izgine pri frekvenčnih porazdelitvah pospeškov, ki so bili izmerjeni na krajših vlakah. Sklepamo, da je bimodalnost posledica kombiniranega vpliva različnih delovnih operacij v ciklusu. V tem primeru lahko pričakujemo, da je vrh frekvenčne porazdelitve, ki se nahaja v razredih z večjimi pospeški, nastal zaradi visokih vibracij pri polni vožnji, ki so v tem primeru tudi značilno različne od vibracij pri prazni vožnji (dokazano za vertikalne vibracije).

Frekvenčne porazdelitve pospeškov so med operacijami različne ne le po absolutni velikosti frekvenc, temveč se razlikujejo tudi po modusu in aritmetični sredini ter standardnemu odklonu pospeškov. To pomeni, da na končno obliko frekvenčne porazdelitve pospeškov v času izpostavljenosti enega ciklusa, vpliva višina in variabilnost vibracij med vsako posamezno delovno operacijo. Vpliv porazdelitve pospeškov med delovnimi operacijami smo opazovali posredno, s pomočjo frekvenčne porazdelitve maksimalnih jakosti vertikalnih vibracij. Za vse tri traktorje smo ugotovili skupno frekvenčno porazdelitev pospeškov vibracij med prazno in polno vožnjo traktorja ter privlačenjem in rampanjem. Če izhajamo iz predpostavke, da je verjetnost maksimalnih vrednosti pospeškov v sorazmerju s srednjo jakostjo vibracij med delovno operacijo, lahko iz porazdelitve maksimalnih vrednosti sklepamo na delež ali pomen posamezne operacije na skupno jakost vibracij med delom (graf. 33). Del

frekvenčne porazdelitve maksimalnih vertikalnih pospeškov, ki leži v prvih razredih, je sestavljen pretežno iz vrednosti vibracij, ki izvirajo iz privlačenja. Jakosti maksimalnih pospeškov med prazno in polno vožnjo pa tvorijo osrednji in podaljšani del frekvenčne porazdelitve. Podoben vpliv imajo tudi vibracije med rampanjem, ki se v frekvenčni porazdelitvi kopičijo v bližini pričakovane aritmetične sredine.

Graf. 33 RELATIVNA FREKVENČNA PORAZDELITEV MAKSIMALNIH POSPEŠKOV PO OPERACIJAH ZA VSE TRI TIPE TRAKTORJEV



Frekvenčna porazdelitev maksimalnih pospeškov ima večjo aritmetično sredino in večji standardni odklon od frekvenčne porazdelitve osnovnih izmerjenih jakosti vibracij. Po pričakovanju je oblika te porazdelitve podobna frekvenčnim porazdelitvam velikosti pospeškov, ki smo jih dobili z vzorčenjem - unimodalna in močno desno asimetrična. Odnos obeh frekvenčnih porazdelitev smo opazovali pri vertikalnih vibracijah s primerjavo skupnih frekvenčnih porazdelitev za vse tri traktorje (grafikon 34). Skupni frekvenčni porazdelitvi vertikalnih pospeškov smo prostoročno izravnali v dve frekvenčni krivulji, ki predstavljata pričakovana gibanja frekvenc po razredih, širine $0,5 \text{ m s}^{-2}$. Ugotovimo lahko zelo veliko disperzijo maksimalnih pospeškov, katerih vrednosti so tudi 15-krat večje od srednje jakosti vibracij v neki delovni operaciji (tabela 53).

MAKSIMALNE JAKOSTI VERTIKALNIH POSPEŠKOV NA SEDEŽU TRAKTORISTA PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI

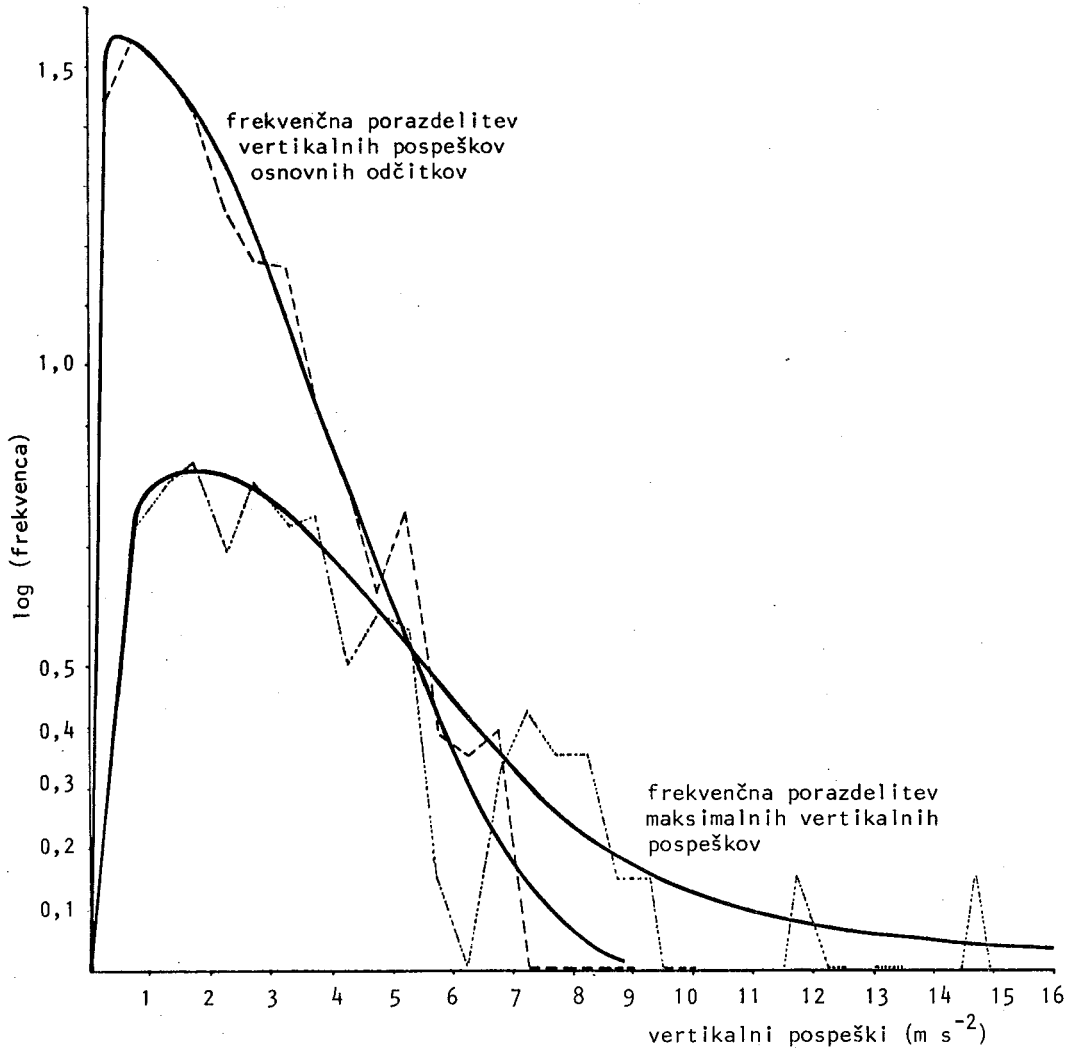
Tab. 53

Operacija	IMT 558 (m s^{-2})	Timberjack (m s^{-2})	FIAT 505 C (m s^{-2})
prazna vožnja	14,77	9,02	11,57
privlačevanje	14,77	5,14	4,42
polna vožnja	12,49	8,34	13,12
rampanje	7,86	7,08	4,75

V tabeli 53 so upoštewane samo štiri operacije, ki predstavljajo iz vidika obremenjenosti traktorista z vibracijami največji delež teh obremenitev. Največje maksimalne vertikalne pospeške smo izmerili pri IMT 558. Pri prazni in polni vožnji traktorja smo pri spravilu lesa z goseničarjem izmerili večje maksimalne vertikalne pospeške kot pri zgibniku, pri privlačevanju in rampanju pa je obratno zgibnik dosegel večje jakosti maksimalnih vertikalnih vibracij. Ugotovili smo že, da so vertikalne vibracije pri privlačevanju odvisne od velikosti bremena, vemo pa tudi, da imamo pri privlačevanju bremena pri Timberjacku največjo povprečno kubaturo kosa v bremenu. Ob enaki konstrukciji traktorja bi tako pričakovali pri večjem povprečnem kosu v bremenu tudi večje maksimalne pospeške, ki so pri privlačevanju predvsem posledica udar-

Graf. 34

PRIMERJAVA RELATIVNE FREKVENČNE PORAZDELITVE JAKOSTI
VIBRACIJ OSNOVNIH ODČITKOV S FREKVENČNO PORAZDELITVIJO
MAKSIMALNIH VERTIKALNIH POSPEŠKOV



cev hlodov ob zaščitno desko. Dejstvo, da smo pri zgibniku izmerili sorazmerno majhne vertikalne pospeške kaže na precej ugodno konstrukcijo traktorja glede na prenašanje velikih sunkov od zaščitne deske preko zgiba na sedež traktorista. Tudi pri prazni in polni vožnji traktorja je traktorist na zgibnem traktorju manj obremenjen z vertikalnimi sunki kot pri adaptiranem kolesniku in goseničarju. Maksimalnih vrednosti pospeškov pri transversalnih vibracijah nismo posebej preučevali, vendar predvidevamo, da so precej večje zlasti pri privlačevanju in rampanju (zaradi močnih bočnih udarcev), zato so tudi obremenitve s sunki primerno močnejše.

Oblika frekvenčnih porazdelitev pospeškov vibracij se močno spremeni, če bi upoštevali delovni čas enega ciklusa. Aritmetična, unimodalna frekvenčna porazdelitev preide v padajočo J-porazdelitev. Glavnino odčitkov v prvem frekvenčnem razredu prispevajo delovne operacije, ko traktorist ni obremenjen z vibracijami, ali pa so te zelo nizke - kadar pri delovni operaciji razvlačevanje vrvi in vezanje bremena sedi na sedežu mirujočega traktorja (organizacijska oblika dela 1+1). V naslednjih frekvenčnih razredih se oblika porazdelitve pospeškov ne spremeni. Večji del obremenitev traktorista z vibracijami še vedno povzročajo vibracije med prazno in polno vožnjo. Iztegnjena in le počasi padajoča frekvenčna krivulja pospeškov kaže na obremenjenost traktorista s sunki, ki prav tako kot neka srednja jakost vibracij škodljivo vplivajo na človeško telo v obliki šokov. Takšno obliko frekvenčne krivulje, ki nam poleg frekvenc v posameznih razredih kaže tudi na verjetnost ponavljajanja sunkov določene velikosti, povzroča predvsem gibanje traktorja po vlaki - vožnja preko številnih ovir, zaletavanje v različne ovire (hlodi, drevje) ter nalet težkih hlodov na zaščitno desko traktorja. Sklepamo lahko, da je voznik traktorja pri vlačanju lesa obremenjen predvsem s številnimi sunki, od katerih dosežejo nekateri sicer kratkotrajno, vendar izredno visoko jakost pospeškov (tudi do 3x višjo jakost vertikalnih pospeškov, kot so dopustni za čas izpostavljenosti 1 min).

Obremenjenost traktorista s sunki (kratkotrajnimi in zelo visokimi pospeški) je vprašanje, ki še ni razčiščeno. Potrebno bo opraviti še več meritev in uporabiti še bolj točne vzorčne metode za ocenjevanje jakosti vibracij, katerim je izpostavljen traktorist pri svojem vsakdanjem gozdnem delu. Doslej

smo namreč primerjali srednje jakosti vertikalnih vibracij med delom z ustreznim standardom. Vemo pa, da obstoja še neraziskana možnost, da je traktorist preobremenjen z visokimi vibracijami ne samo v celem delovnem dnevu, temveč tudi v krajših časovnih intervalih (1 do 10 min) v primerih, kadar dela pri spravilu lesa v ekstremnih delovnih razmerah. Frekvenčne porazdelitve pospeškov nam to možnost ne dokazujejo, vendar kažejo na dejstvo, da tudi v primeru, ko bi bila srednja jakost vibracij v mejah dopustnega, prihaja do kratkotrajnih in visokih obremenitev delavca, katerih vpliv in posledice so nam še neznane. Tveganje, ki ga prevzemamo pri ocenah obremenjenosti gozdarskega traktorista, pa je njegovo zdravje.

3.7 ZAKLJUČKI IN SKLEPI O VIBRACIJAH

Vibracije, ki nastajajo pri delu z gozdarskimi traktorji, se pojavljajo zaradi delovnega stroja in dela, ki ga opravlja traktor pod delavčevim nadzorom. S svojo jakostjo vplivajo v času na delavca najprej z zmanjšanjem občutka udobnosti pri delu, nato z zmanjšanjem njegove delovne sposobnosti in končno - s povzročanjem različnih trajnih okvar zdravja. Z veliko gotovostjo lahko trdimo, da pri današnjih oblikah dela pri vseh treh primerjanih tipih traktorja presegajo vibracije s standardom dopustne meje zmanjšane delovne sposobnosti.

Frekvenčne analize vertikalnih pospeškov vibracij smo opravili pri merjenju na sedežu traktorista. Največji pospeški so bili izmerjeni skoraj brez izjeme v tistih frekvenčnih pasovih, kjer je človeško telo najbolj občutljivo na vpliv vibracij. Pri frekvenčnih analizah smo odkrili najmanjšo variabilnost pospeškov po frekvenčnih pasovih pri Timberjacku, največjo variabilnost po frekvenčnih pasovih pa kažejo vertikalne vibracije pri goseničarju.

Na konkretnih deloviščih smo izmerili vertikalne vibracije, ki so s svojo jakostjo presegale dopustne obremenitve za 4 in 2,5 ur produktivnega časa na dan. V povprečju smo izmerili najmanjše vertikalne vibracije na deloviščih, kjer je delal IMT 558, največje pospeške pa smo izmerili na deloviščih, kjer so spravljali les z goseničarjem FIAT 505 C.

Pri vseh meritvah smo izmerili najmanjše velikosti pospeškov vibracij v vertikalni smeri, zato sklepamo, da so obremenitve traktorista s transverzalnimi vibracijami še večje ter da presegajo celo mejo zdravstvene škodljivosti vibracij. Traktorski sedeži so bili narejeni tako, da so dušili vertikalne vibracije, vendar z različno uspešnostjo. Vpliv različne stopnje dušenja vertikalnih vibracij na velikost transverzalnih pospeškov nam še ni znan, zato predvidevamo, da je izračunana vektorska velikost vibracij med delom najboljši kazalec obremenjenosti traktorista z vibracijami po različnih tipih traktorjev. Razmerje med vektorskimi velikostmi vibracij v produktivnem času povprečnega ciklusa je med traktorji sledeče:

IMT 558 : Timberjack : FIAT 505 C = 1 : 1.05 : 1.62

Oba kolesna traktorja imata približno enake velikosti pospeškov vibracij. Močno pa se razlikujejo jakosti vibracij pri goseničarju, ki so za 54-62% večje od povprečja za oba kolesnika.

Ugotovili smo, da obstajajo pomembne odvisnosti med dejavniki delovnih razmer in obremenjenostjo traktorista z vibracijami. Vektorska velikost pospeškov vibracij je pri zgibniku in goseničarju v izredno tesni odvisnosti od dolžine vlake. Pri IMT 558 takšne povezave nismo odkrili, zato sklepamo, da na velikost pospeškov aksialnih in horizontalnih vibracij vplivajo drugi dejavniki kot na jakost vertikalnih vibracij, ki smo jih detajlneje preučili. Vektorska velikost pospeškov vibracij narašča z razdaljo spravila pri goseničarju veliko hitreje kot pri zgibniku. Analiza vertikalne komponente vibracij v odvisnosti od strukture produktivnega časa je podobno pokazala, da pri vseh treh tipih traktorjev srednji pospeški vibracij v produktivnem času naraščajo z večanjem deleža vožnje.

Tudi v tej primerjavi kaže goseničar najbolj neugodne rezultate iz vidika obremenjenosti traktorista z vibracijami. Pri IMT 558 smo ugotovili najnižjo stopnjo spremembe vertikalnih pospeškov v odvisnosti od strukture produktivnega časa, potek odvisnosti pri zgibniku pa se nekoliko približuje ugotovitvam za FIAT 505 C.

Posebej smo obravnavali in ugotovili razlike med štirimi operacijami, ki v največji meri prispevajo k skupni obremenitvi traktorista z vibracijami -

prazna in polna vožnja ter privlačenje in rampanje. Vibracij v tako imenovanih mirnih operacijah kot so razvlačenje vrvi, vezanje bremena, odvezovanje ter med dodatnim časom, nismo posebej preučevali, ker s svojimi majhnimi srednjimi jakostmi vibracij, zelo malo vplivajo na skupno obremenitev traktorista z vibracijami. V primerjavi med traktorji na istem delovišču pa smo dokazali tudi razlike v jakosti vertikalnih vibracij med različnimi tipi traktorjev. Jakosti vertikalnih vibracij pri prazni vožnji traktorja pri IMT 558 in zgibniku največ prispevajo k skupni obremenitvi z vibracijami v ciklusu, pri goseničarju pa so pomembnejše vibracije pri polni vožnji traktorja. Pri vseh treh tipih traktorja so bile izmerjene najmanjše jakosti vertikalnih vibracij pri privlačenju bremena.

Z metodo multiple regresije smo ugotovili, da na jakosti vertikalnih vibracij po operacijah vpliva več dejavnikov delovnih razmer, ki niso isti za vse tri primerjane tipe traktorjev. Za ugotovitev obremenitev traktorista z vertikalnimi vibracijami pri IMT 558 zadošča, če poznamo kubaturo bremena, število kosov v bremenu in kubaturo povprečnega kosa v bremenu. Izračun obremenjenosti traktorista z vertikalnimi vibracijami pri Timberjacku pa poleg lastnosti bremena upošteva tudi dolžino vlake in hitrost polne vožnje traktorja. Pri ugotavljanju obremenitev z vibracijami, ki nastopijo pri spravilu lesa z goseničnim traktorjem, pa zadošča poznavanje dolžine vlake in hitrosti polne vožnje. Za ugotovitev dnevne obremenjenosti z vibracijami pa je nujno upoštevati še strukturo produktivnega časa v ciklusu. Prikazana metoda izračuna obremenitev traktorista z vertikalnimi vibracijami daje uporabne rezultate v okviru delovnih razmer, ki so bile pri merjenju vibracij.

Analiza frekvenčnih porazdelitev pospeškov nam je dodatno pojasnila razlike med traktorji in nekatere odvisnosti, ki smo jih že ugotovili z različnimi metodami. Poleg tega lahko na podlagi frekvenčnih porazdelitev pospeškov, zlasti če upoštevamo njihove maksimalne vrednosti, do neke mere sklepamo kakšne so obremenitve voznika traktorja s sunki, ki dosegajo tudi 15 krat večje velikosti pospeškov od srednje jakosti vibracij za neko delovno operacijo (npr. privlačenje lesa). Pri opazovanju frekvenčnih porazdelitev pospeškov najdemo tudi glavni vir vibracij, ki vpliva na traktorista - vožnjo preko terenskih ovir.

V bodočih raziskavah bo potrebno na prvem mestu posvetiti pozornost obremenitvam traktorista s transverzalnimi vibracijami in ugotoviti odvisnosti teh vibracij od delovnih razmer. Zato bo nujno ugotavljanje čimbolj točnih frekvenčnih analiz transverzalnih vibracij ob istočasnem preučevanju odvisnosti frekvenčnih analiz od nekaterih zunanjih vplivov, kot so teža voznika, kvaliteta vlake in drugih dejavnikov delovnih razmer.

Nadalje bi dala obdelava že posnetih ciklusov spravila lesa s traktorji z dodatnimi meritvami, dragocene podatke o razmerju med velikostjo pospeškov na ohišju traktorja in na traktorskem sedežu. Tako bi lahko neposredno ocenili kvaliteto traktorskih sedežev, ki se uporabljajo pri spravilu lesa s traktorji. Ugotavljanje kvalitete traktorskega sedeža glede na uspešnost dušenja vibracij, bi presegalo meje dosedanjih raziskav, vendar se kaže kot nujni del prihodnjega raziskovanja na tem področju.

Vibracijam pri delu z gozdarskimi traktorji se ni mogoče izogniti. Njihov kvarni vpliv na traktorista pa lahko nekoliko omilimo, čeprav nimamo na voljo takšnih sredstev kot pri preprečevanju kvarnih posledic ropota, vlage, mraza in podobno. Človeško telo nima čutila za zaznavanje vibracij, zato ne moremo zaščititi človeka pred njihovim vstopom v telo, temveč jih moramo preprečevati ali zmanjševati pri njihovem nastanku oziroma mestu kjer vstopajo v telo traktorista. Pri delu z gozdarskimi traktorji deluje glavna škodljivih vibracij na traktorista preko sedeža in naslonjala, zato je izbor pravih traktorskega sedeža najpomembnejši korak za preprečevanje kvarnega vpliva vibracij na delavca. Traktorski sedeži, na katerih smo merili vibracije, so delno dušili vertikalne vibracije. Razmerja med velikostjo povprečnih vertikalnih pospeškov in aksialno, oziroma horizontalno komponento vibracij, so bila po tipih traktorja sledeča:

IMT 558:

vertikalni posp. : horizontalni : aksialni = 1 : 1,96 : 1,37

Timberjack:

vertikalni posp. : horizontalni : aksialni = 1 : 1,01 : 1,24

FIAT 505 C:

vertikalni posp. : horizontalni : aksialni = 1 : 1,59 : 1,64

Pričakujemo lahko, da se v približno takšnih razmerjih gibljejo tudi obremenitve traktorista z vertikalnimi oziroma transverzalnimi vibracijami. Lahko povzamemo, da je prva in najbolj nujna naloga, zamenjava obstoječih traktorskih sedežev s sedeži, ki bodo:

- vzmeteni v vseh treh smereh z nastavljivim vzmetenjem glede na težo voznika;
- zmanjšali velikost pospeškov pri IMT 558 vsaj na 45%, pri Timberjacku na 40% in pri FIAT 505 C na okrog 45% današnje velikosti povprečnih vertikalnih pospeškov.

Na ta način bi traktorist lahko delal pri spravilu lesa, ne da bi bil po šestih urah produktivnega časa preobremenjen z vibracijami. Druga možnost je zmanjšanje časa izpostavljenosti traktorista z vibracijami. Skrajšanje delovnega časa do dopustnih mej obremenjenosti z vibracijami bi bil brez dvoma pretiran ukrep, ki bi resno ogrozil današnje učinke pri spravilu lesa. Organizacija dela bo gotovo našla načine, kako doseži zmanjšanje kvarnih vplivov vibracij na gozdarskega traktorista. Drugače bi bilo, če bi pri spravilu lesa z istim traktorjem delala dva traktorista, ki bi se tekom delovnega dne menjavala pri delu s traktorjem in na ta način tudi delila obremenitve z vibracijami, pa tudi z drugimi kvarnimi vplivi dela pri spravilu lesa s traktorji.

Ob današnji organizaciji dela lahko namreč pričakujemo, da se bodo pri traktoristih, ki delajo s traktorji IMT 558, Timberjack in še posebej FIAT 505 C, pojavile zdravstvene motnje, ki bodo po svoje terjale davek na račun produktivnosti dela pri spravilu lesa s traktorji v gozdarstvu.

4. ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI TRAKTORJEV

Za celovito oceno vseh ergonomskih značilnosti delovnih sredstev uporabimo vprašalne pole (check lists). Sestavljene so iz vrste vprašanj o ergonomskih lastnostih strojev. Posebej za gozdarske delovne stroje je bila v Zahodni Nemčiji sestavljena vprašalna pola, ki smo se je pri oceni traktorjev tudi mi poslužili. Izdelal jo je Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik, Buchschlag. Po večkratnih tudi mednarodnih preizkusih je bila izdana končna verzija 1977. leta. Doživela je tudi mednarodno priznanje in bila 1979 prevedena v angleščino. Sestavljena je iz treh delov. Prvi del vsebuje podatke o ocenjevanju in tehnične podatke stroja, drugi osrednji del vsebuje ergonomska vprašanja, na katera ocenjevalec odgovarja. Tretji del je namenjen celoviti oceni posameznih področij ergonomske presoje in vsega delovnega sredstva ter predlogom za izboljšave. Poslužili smo se le prvih dveh delov te vprašalne pole, kompleksno oceno vseh treh traktorjev in predloge izboljšav pa posebej obravnavamo. Ergonomska vprašanja, združena v 11 poglavij (področij) ergonomske presoje so postavljena tako, da nanje odgovarjamo le s tremi odgovori: da, delno in ne. Postavljena so tako, da vsak pritrdilen odgovor pomeni nekaj ergonomsko ugodnega. Da bi na vprašanja lahko objektivno odgovorili, so poleg vprašanj izdelana tudi merila, kaj je ergonomsko ugodno oziroma še dopustno, da lahko neko lastnost ocenimo kot ugodno. Pogosto so za presojo ergonomskih značilnosti potrebne obsežne meritve. Tudi pri odgovorih na vprašanja smo se poslužili kriterijev, ki jih je izdelal KWF. Za številna vprašanja pa še ni izdelanih objektivnih meril in so odgovori prepuščeni subjektivni oceni. Tedaj vsebujejo izdelani kriteriji navodila in primere kaj in kako presojamo. Ker je vprašalna pola izdelana za vse vrste delovnih strojev (razen ročnih prenosnih in orodij), so nekatera vprašanja pri konkretnem delu (spravilu lesa s traktorji) tudi neumestna. Če presodimo, da je vprašanje tako, nanj pač ne odgovarjamo.

Celotna vprašalna pola ima 92 vprašanj o naslednjih enajstih elementih stroja: vstop in izstop, delovni prostor, sedež, kontrolni instrumenti, elementi za upravljanje, vidljivost, škodljivi vplivi, obremenjenost, varnost, navodila za upravljanje, nega in popravila. Zamisljeno je tudi, da bi na koncu seštevek pozitivnih oz. negativnih odgovorov dal končno tudi številsko oceno ugodnosti ergonomskih značilnosti stroja. Tak način ocenjevanja predpostavlja, da imajo vsa

obravnavana poglavja oziroma vsa vprašanja enako pomembnost oz. težo pri oceni ergonomске ugodnosti oziroma prilagojenosti stroja človeku. Čeprav so pri izdelavi vprašalne pole tudi k temu težili, pa prav gotovo niso vsa vprašanja enakovredna, zato je poleg številske ocene posameznih elementov stroja potrebna tudi opisna ocena, ki naj obravnava tudi pomembnost posameznih pomanjkljivosti stroja.

Po več predhodnih poizkusnih ocenjevanjih vseh treh traktorjev pri spravilu lesa smo v dveh zaporednih dneh odgovorili znova na vprašalne pole za vse tri traktorje. Traktor IMT 558 smo ocenjevali na dvorišču gozdnega obrata Logatec na Ravniku, goseničar FIAT 505 C v mehanični delavnici GG Bled na Rečici, zgibni traktor Timberjack pa na Mrzlem studencu na Pokljuki. V časovnem zaporedju dveh dni smo ocenjevali zato, da bi bile ocene čim bolj enotne oz. homogene, saj želimo traktorje ergonomsko med seboj primerjati. Da bi zmanjšali subjektivnost ocene smo pri izpolnjevanju vprašalnih pol sodelovali trije gozdarji: Lipoglavšek, Košir in Hladnik. Žal nismo mogli k ocenjevanju pritegniti še traktoristov, vendar smo njihov način dela, pa tudi posamezna mnenja spoznali pri obsežnih predhodnih snemanjih ropota in tresenja traktorjev. Na vsako vprašanje smo skušali pozitivno ali negativno odgovoriti; izogibali smo se odgovoru "delno ustrezno", vendar smo ga tudi uporabljali. Na nekatera vprašanja nismo mogli odgovoriti takoj, pač pa šele kasneje, ko smo v kabinetu primerjali rezultate meritev na terenu s postavljenimi kriteriji.

Poleg predhodnih obsežnih meritev obremenjenosti traktoristov z ropotom in vibracijami smo morali za izpolnitev vprašalnih pol proučiti oz. izmeriti dimenzije traktorjev, dimenzije vstopa na traktor, velikost delovnega prostora oz. kabine traktorja, dimenzije in položaj traktorskih sedežev, razporeditev ročic in pedalov, potrebne sile za rokovanje z njimi ter vidno polje traktorista.

4.1 OPIS, DIMENZIJE IN TEHNIČNI PODATKI TRAKTORJEV

Ocenjevani so bili univerzalni kolesni traktor IMT 558, traktor goseničar FIAT 505 C in gozdarski zgibnik Timberjack 225 D. Univerzalni kolesni kmetijski traktor je bil za delo pri spravilu lesa adaptiran tako, da mu je bila dodana varnostna kabina RIKO, dvobobenski vitel Igland 5000 in na hidravliko obešena zadnja

zaščitna deska z vodili vrvi vitla. Prednje rampalne odrivne deske (RIKO), ki se tudi uporablja pri spravilu lesa, ta traktor ni imel. Na prednjem delu je imel obešeno le obtežitev. Bil je relativno slabo vzdrževan stroj. Ocenjevali smo ga, ko je čakal na popravilo.

Traktor goseničar je za spravilo lesa adaptiran tako, da mu je dodana posebna šasija, ki nosi spredaj hidravlično odrivno desko (RIKO), zadaj pa dvobobenski vitel Igland 3000 in fiksno zadnjo zaščitno desko z vodili vrvi. Originalna klopa za traktorista je zamenjana z vzmetenim sedežem. Traktor smo ocenjevali med popravilom, vendar je bil še nerazstavljen. Bil je samo nekoliko dvignjen od tal.

Zgibni traktor Timberjack je bil nekaj drugačen tip traktorja, kot se največ uporablja pri spravilu. Namesto tipa 209 oz. 208 D smo ocenjevali tip 225 D, ki pa se po velikosti oz. tehničnih podatkih le nebitveno razlikuje od omenjenih dveh tipov traktorjev. Ocenjevani traktor je imel večjo in ojačano zadnjo zaščitno desko ter naknadno s plastičnimi stekli delno zaprto kabino. Ocenjevali smo ga po opravljenem delu tistega dne na prostornem skladišču lesa ob kamionski cesti.

Velikost traktorja vpliva na njegovo okretnost pri delu v gozdu, pa tudi na velikost delovnega prostora, na možnosti ustrezne pritrditve sedeža in na velikost vidnega polja traktorista. Najmanjši med ocenjevanimi traktorji je goseničar (dolžina 330 cm, širina 144 cm). Kolesnik IMT-558 je dolg 375 cm in širok 188 cm. Z rampalno desko bi bil še nekaj daljši. Kolesne verige nekoliko povečajo njegovo širino. Zgibnik je bil dolg 568 cm in širok 233 cm. Dimenzije so nekaj večje zaradi večje zaščitne deske in kolesnih verig. Velikost traktorja je prikazana tudi na skicah št.

Tudi klirens (prostor od najnižjega dela traktorja do tal) je deloma v skladu z velikostjo in znaša pri goseničarju 270 mm, pri IMT 558 468 in pri zgibniku 470 mm. Tudi po moči motorja se traktorji močno razlikujejo. Imajo diesel motorje različnih izvedb. Pri goseničarju je moč motorja 39,6 kW (54 KS), pri IMT 558 je 42,5 kW (58 KS) in pri zgibniku 69 kW (92 KS). Nominalno število obratov motorja je 2600 obr/min pri goseničarju in zgibniku in 2250 pri adaptiranem univerzalnem kolesniku IMT 558. Na jermenici je število obratov 3-4 krat manjše. Vsi traktorji imajo reduktor in tako imata FIAT 505 C in IMT 558 6 prestav naprej in 2 nazaj, zgibnik pa po 8 prestav naprej in nazaj. Hitrosti vožnje pri

nominalnem številu obratov znašajo pri goseničarju 3,3 do 11,2 km/h in z reduktorjem od 1,8 do 8,2 km/h, pri IMT 558 od 3,7 do 27,0 km/h in z reduktorjem od 2,5 do 14,9 km/h ter pri zgibniku od 3,4 - 30,0 km/h in z reduktorjem od 2,0 - 12,7 km/h. Goseničar je bistveno počasnejši od obeh kolesnikov. IMT 558 in FIAT 505 C imata pogon na eno os, zgibnik pa na obe vertikalno gibljivi osi. Med vožnjo upravljamo IMT 558 z volanom, goseničar in zgibnik pa z ročicami.

4.2 DIMENZIJE VSTOPA NA TRAKTOR

Pri spravilu lesa s traktorjem mora traktorist pogosto zlasti med zbiranjem lesa zapustiti traktor in se znova vzpenjati nanj. Zato je udobnost vstopanja in izstopanja pomembna. Določa jo zlasti višina prve stopnice od tal, oblika stopnic, ustrezni ročaji, pa tudi širina vstopa. Višina stopnic in širina vstopa sta prikazani na grafikonih 35-37. Medtem ko goseničar nima pravega vstopa na traktor, saj mora traktorist preko gosenic, blatnikov in sedeža plezati na svoj sedež, je vstop pri obeh kolesnikih visoko od tal in ozek. Pri IMT mora traktorist tudi dvigovati nogo preko ogrodja in ročic, da lahko sede na sedež. Dimenzije vstopa primerjamo v tabeli 54.

DIMENZIJE VSTOPA NA TRAKTOR

Tabela 54

	Priporočljive mere	IMT 558 cm	FIAT 505C cm	TIMBERJACK cm
Višina prve stopnice od tal	max. 50 cm	55	37 (zasilna)	58
Širina vstopa na pragu kabine	min. 15 cm	32	0	37,5
" v višini bokov	min. 45 cm	26	55	29
" v višini ramen	min. 47 cm	72		44
" nad glavo	min. 25 cm	57		44

Izdelani kriteriji za udobnost vstopa zahtevajo naj bi ne bila prva stopnica višja od 50 cm in širina vstopa v višini bokov najmanj 45, v višini ramen pa 47 cm. Pri traktorju IMT močno zmanjša širino vstopa na vsega 26 cm akumulator, montiran sprédaj ob vstopu, pri zgibniku pa rob sedeža (na 29 cm). Vstop oz. izstop je najugodnejše oblikovan pri zgibniku.

4.3 VELIKOST KABINE IN DIMENZIJE SEDEŽA

Prostornost kabine oz. delovnega mesta ocenjujemo po oddaljenosti robov oz. sten od referenčne točke sedeža (SRT). Referenčna točka leži v simetrični sedežu na stičišču horizontale sedala in vertikalne tangente na naslonjalo, kadar je sedež v središčnem položaju po vertikali in v skrajnem zadnjem položaju po horizontali. Ugotovili smo dimenzije kabine kot jih prikazuje tabela 55 in tudi grafiki 35-37.

Delovni prostor oz. kabina je najprostornejša pri zgibnem traktorju. Sedež pa je pri njem postavljen asimetrično na tisti strani kabine, kjer je vstop. Tako je na eni strani traktorist med delom nekoliko preblizu stene kabine, sicer pa so vse mere kabine večje od minimalnih zahtevanih mer za udobno delo.

Kabina kolesnika IMT 558 je tudi dovolj prostorna, le prednji rob volana je bližje prednjega roba kabine. Dolžina kabine je omejena s postavitvijo vitla za privlačenje lesa. Neugodno za traktorista je to, da kabina nima pravih tal in delavec nekako jaha na stroju, ki ima v sredini visoko ogrodje.

Goseničar nima nikakršne kabine, pa tudi delovni prostor traktorista je premajhen. Zlasti je prekratek, pa tudi prostor za noge je preozek. Spet je vitel, ki ga ni mogoče postaviti bolj nazaj tisti, ki močno skrajšuje delovni prostor traktorista.

DIMENZIJE KABINE IN SEDEŽA TRAKTORJA

Tabela 55

	Príporečljive mere cm	IMT 558 cm	FIAT 505 C cm	TIMBERJACK cm
Višina kabine				
od tal do stropa		174		165
od SRT do stropa	min. 100	109		113
Širina kabine	min. 70	86	78	103
Dolžina kabine				
od SRT do sredine ročic	62,5 ± 5	62	55	66
od SRT do zadnje stene	min. 15	18	6	28
od ročic do prednjega roba	min. 10	9	6	20
Globina sedeža	40 ± 5	38	41	46
Širina sedeža	min. 45	47	45	50
Širina naslonjala	min. 45	53	41	46
Višina naslonjala	min. 26	18	32,5	35
Višina SRT nad tlemi kabine	26,5-48,5	65	29	51
Oddaljenost SRT od sredine pedal (horizontalno)	98,5-72,5	51	80	88

Dimenzije sedežev večinoma ustrezajo minimalnim zahtevam. Najslabši je sedež kolesnika IMT 558, ki ima majhno globino sedala in odločno prenizko naslonjalo. Tudi gibljiva blazina na kovinskem ogrodju sedeža ni primerna. Postavitev sedeža je glede razporeditve pedalov preveč naprej in previsoko. Sedež na goseničarju je tudi preveč naprej in ima preozko naslonjalo. Sedež zgibnika ima pravilne dimenzije, vendar je premalo anatomsko oblikovan in nekoliko previsok glede na tla kabine.

4.4 RAZPOREDITEV ROČIC IN PEDALOV

Razporeditev ročic in pedalov v kabini smo analizirali tako, da smo izmerili horizontalno in vertikalno oddaljenost sredine prijema na ročicah in pedalih od sedežne referenčne točke. Položaj ročic smo vnesli v sliko traktorja glede na SRT, kar prikazujejo grafikon 35-37. Položaj ročic in pedalov primerjamo z horizontalnim in vertikalnim gibalnim poljem človeka pri delu sede. Pri ugodno oblikovanem delovnem mestu morajo biti pogosto uporabljane ročice oz. pedali v optimalnem gibalnem polju (črtkano), ostale pa v maksimalnem gibalnem polju okončin. Redko uporabljane ročice so lahko dosegljive tudi tako, da se mora delavec nekoliko prikloniti naprej.

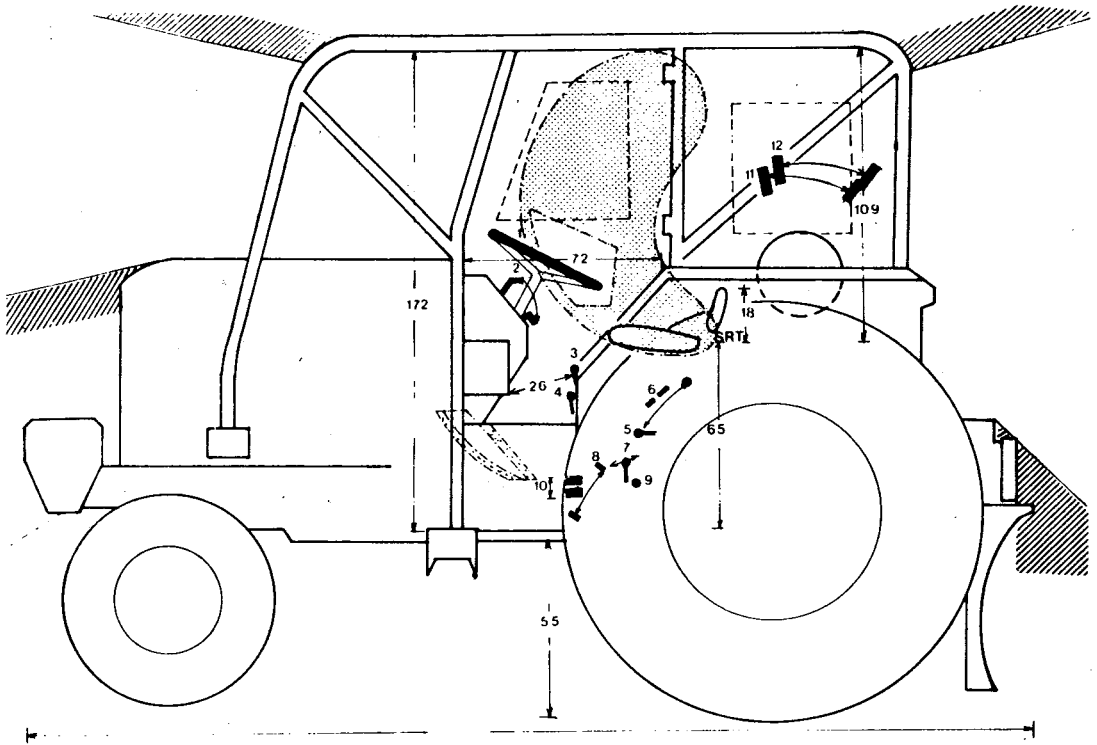
Zahteva v razporeditvi ročic in pedalov v gibalnem polju je v celoti izpolnjena le pri zgibnem traktorju Timberjack. Praktično vse ročice se premikajo v optimalnem horizontalnem gibalnem polju rok, le redko ali nikdar uporabljana ročica za ročni plin je v svoji skrajni legi nekaj centimetrov izven maksimalnega gibalnega polja.




Prestavna ročica je tudi le v skrajni legi nekoliko izven optimuma, nekaj bliže telesa traktorista, vendar v središču maksimalnega gibalnega polja. Povertikali so pogosto uporabljane ročice v optimalnem gibalnem polju. Le redko rabljene ročice reduktorja, ročnega plina in ročne zavore so izven maksimalnega vertikalnega gibalnega polja in dosegljive z rahlim predklonom traktorista. Pedali so vsi v maksimalnem gibalnem polju nog. Le pedal zavore je izven optimuma horizontalnega gibalnega polja.

Pri traktorju goseničarju FIAT 505 C je razporeditev ročic slabša, saj od pogosto uporabljanih ročic za vožnjo traktorja le prestave niso v optimalnem verti-

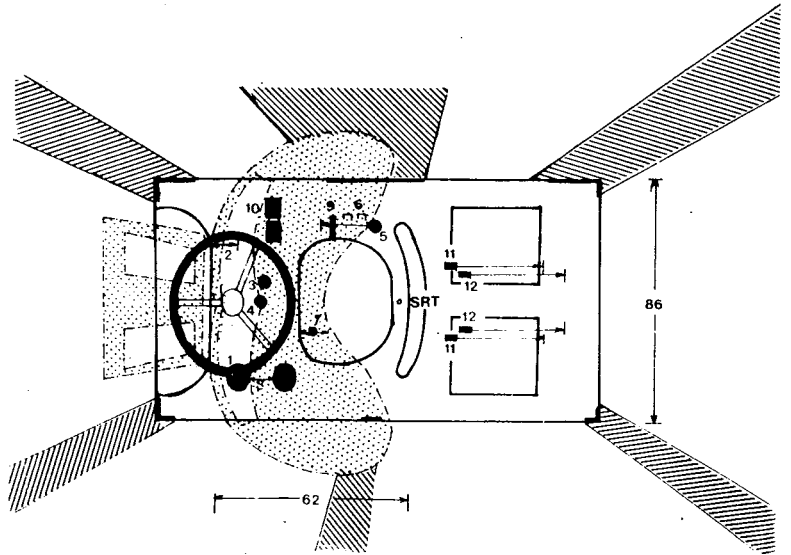
RAZPOREDITEV ROČIC IN PEDALOV, DELOVNI PROSTOR IN VIDNO POLJE
 PRI TRAKTORJU KOLESNIKU IMT-558

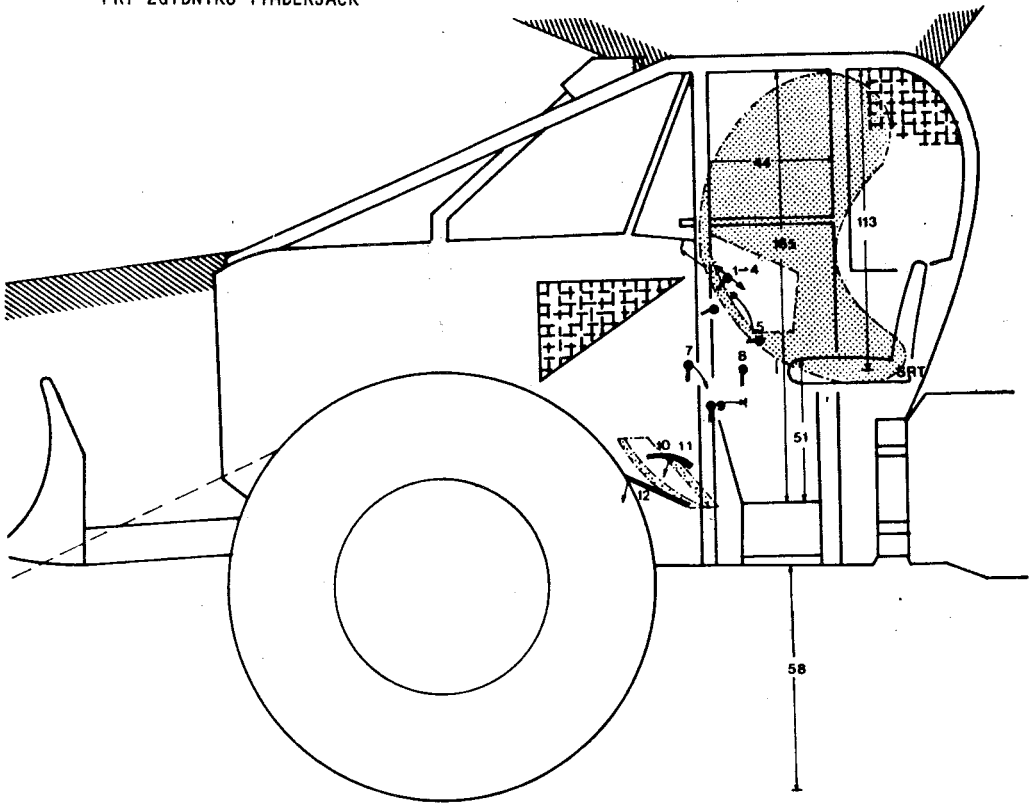
Graf. 35






-  nevidni prostor
-  maksimalno gibalno polje
-  optimalno gibalno polje

- 1 volan
- 2 plin
- 3 prestave
- 4 reduktor
- 5 vklop hidravlike
- 6 zapora hidravlike
- 7 vklop vrvenice
- 8 sklopka
- 9 zapora diferenciala
- 10 zavori koles
- 11 zavora vitla
- 12 sklopka vitla

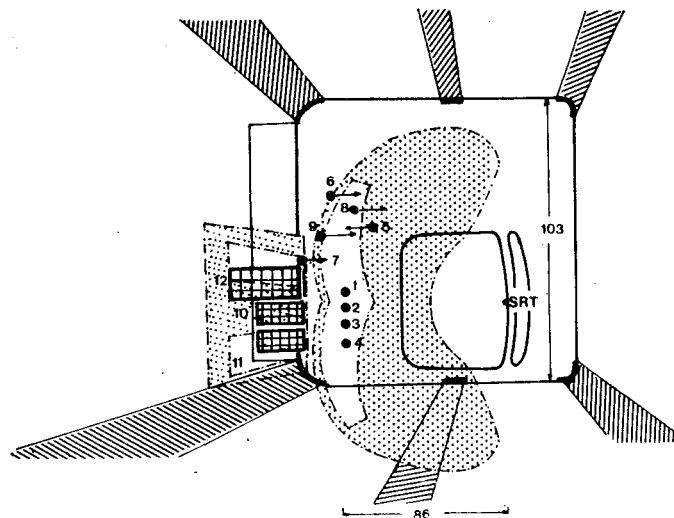




568

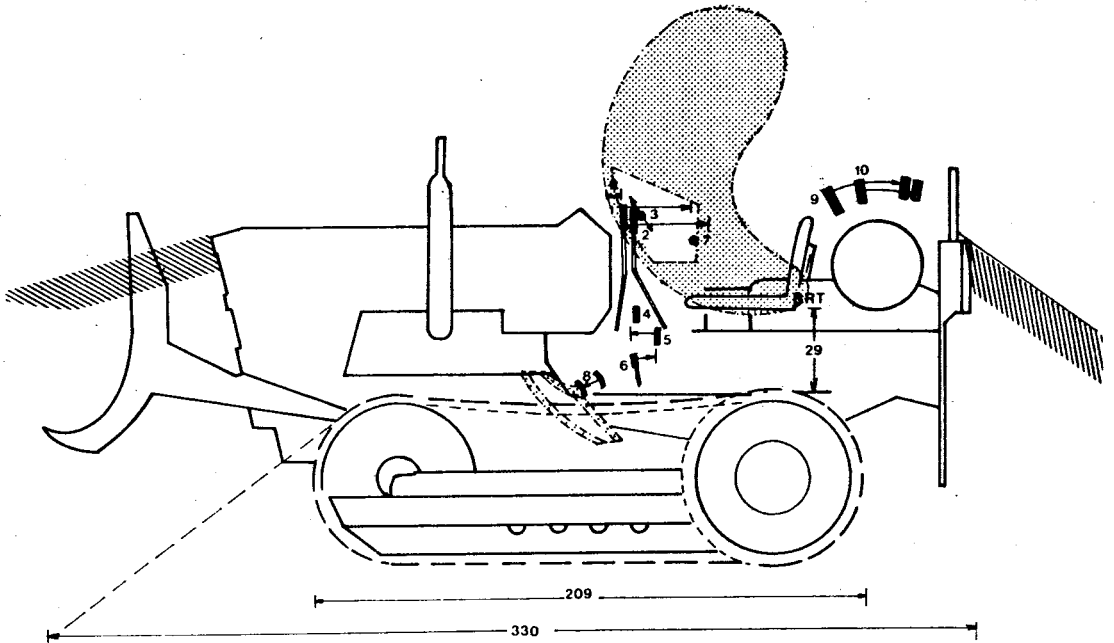
-  nevidni prostor
-  maksimalno gibalno polje
-  optimalno gibalno polje




- 1 vitel
- 2 vitel
- 3 zgib
- 4 odzivna deska
- 5 prestave
- 6 naprej-nazaj
- 7 ročni plin
- 8 reduktor
- 9 ročna zavora
- 10 nožna zavora
- 11 sklopka
- 12 nožni plin



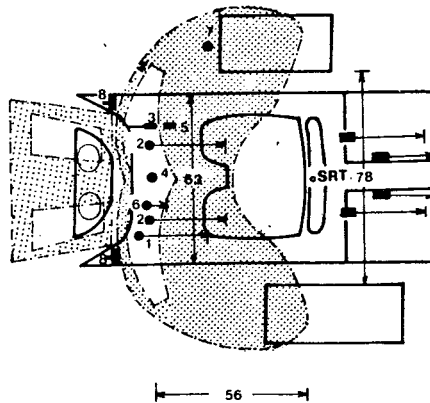
RAZPOREDITEV ROČIC IN PEDALOV, DELOVNI PROSTOR IN VIDNO POLJE
 PRI TRAKTORJU GOSENIČARJU FIAT 505 C

Graf. 37



-  nevidni prostor
-  maksimalno gibalno polje
-  optimalno gibalno polje

- 1 sklopka
- 2 sklopka gosenic
- 3 plin
- 4 prestave
- 5 ročna zavora
- 6 reduktor
- 7 hidravlika
- 8 zavora gosenic
- 9 zavora vitla
- 10 sklopka vitla



kalnem gibalnem polju. Poleg prestavne ročice je izven vertikalnega maksimalnega polja še redkeje uporabljana ročica reduktorja in ročne zavore. Vse tri so dosegljive s predklonom delavca. Pri doseganju posameznih ročic traktorista ovirajo druge ročice. Pri spravi lesa mora traktorist z veliko uporabljene sile rokovati tudi z ročicami vitla, ki pa so za njegovim hrbtom in izven maksimalnega gibalnega polja. Brez neugodnega zasukanega položaja telesa s sedeža niso dosegljive. Pedali so na robu zunaj maksimalnega gibalnega polja nog, postavljeni preveč vstran in preblizu sedeža.

Pri kolesnem traktorju IMT je razporeditev ročic zelo slaba. Samo spodnja polovica obroča volana je v optimalnem gibalnem polju rok, vse ostale ročice in pedali pa so izven maksimalnega gibalnega polja rok oz. nog. Z manjšim predklonom je možno doseči ročice za plin, prestave in reduktor, z vsemi drugimi pa je možno rokovati le v neugodnih zasukanih ali močno priklonjenih položajih telesa. Zlasti neugodne so spet pogosto rabljene ročice vitla, ki so za hrbtom traktorista. Pedali so pregloboko pod sedežem traktorista in ker so za premikanje pedalov potrebne tudi precejšnje sile, jih je mogoče upravljati le napol stoje.

Merili smo tudi nekatere sile, ki so potrebne za premik ročic in pedalov. Meritve so nepopolne in le orientacijske, ker smo merili le z vzmetnimi dinamometri za nateg. Druge opreme za merjenje sil namreč nimamo. Merili tudi nismo med delom, ampak med mirovanjem motorja in stroja. Kljub temu navajamo nekatere izmerjene sile v tabeli 56.

Zlasti močno odstopajo od priporočljivih sil potrebne sile za rokovanje z mehničnim lgland vitlom pri kolesniku IMT in goseničarju. To dejstvo še povečuje slabo stran njihovega neugodnega položaja. Tudi ročica sklopke pri goseničarju je veliko pretrda, prav tako pedal sklopke pri zgibniku.

POTREBNE SILE ZA UPRAVLJANJE ROČIC IN PEDALOV
TRAKTORJEV PRI SPRAVILU LESA

Tabela 56

Element za upravljanje	Priporočljiva maksimalna sila	IMT 558	FIAT 505 C	TIMBERJACK
	Newton	N	N	N
ročica plina	50	5	20	50-70
prestavna ročica	50			25
ročica reduktorja	200	55	50	80-90
ročica hidravlike	50	35		45
sklopka vitla	50	310	> 150	30-40
zavora vitla	50	> 250	> 225	
ročica sklopke	50		450	
ročna zavora	400		130	10
krmilne ročice	50			35-40
pedal zavore	600	310	100	
pedal sklopke	300	300		250

4.5 VIDNO POLJE

Vidno polje je pri spravi lesa s traktorji zelo pomembno zlasti za delo brez zastojev in za varnost dela. Pri spravi mora traktorist pri zbiranju lesa od začetka do konca privlačenja videti tovor in žično vrv, na katero je tovor privezan. Pri vožnji mora dobro videti vlako pred seboj (pri obračanju tudi za seboj) in ovire na tleh in ob traktorju, da ne bi prišlo do prevračanja traktorja. Ker so hitrosti gibanja relativno majhne, naj bi bil neviden prostor na tleh okrog traktorja čim manjši. Vidljivost navzgor ni toliko pomembna. Vidljivost je pomembna še pri rampanju lesa, kjer mora traktorist videti čim več lesa, ki ga premika.

Vidljivost prikazujemo na grafikonih 35-37 s sencami oz. nevidnim prostorom v dveh pogledih na traktor. Pri tem je ponekod prikazano več mejnih črt, ker je z

manjšim nagibom telesa oz. glave pogosto mogoče vidno polje precej povečati. Vidno polje je prikazano za povprečno velikega traktorista, ko smo računali, da je višina očesa v simetrali sedeža 75 cm nad sedežno referenčno točko.

Pri traktorju goseničarju je zastrtega najmanj vidnega polja saj traktor nima kabine in sedež je postavljen relativno visoko. Pogled naprej na tla omejuje okrov motorja, ki pa je relativno ozek, tako da traktorist z rahlim nagibom vstran lahko vidi tla že zelo blizu traktorja. Pogled naprej omejuje še odzivna rampalna deska, ki pa je gibljiva. Pogled nazaj omejuje rob zaščitne deske, vendar je relativno nizka, tako da traktorist dobro vidi tovor za traktorjem. Pogled vstran na tla omejujeta blatnika, vendar ne pokrivata vse gosenice, tako da je mogoče videti tla že zelo blizu spredaj ob gosenici.

Podobno je pri univerzalnem kolesniku IMT 558, kjer je zastrtost naprej nekaj manjša, nazaj pa nekaj večja kot pri goseničarju. Močno pa se zmanjša vidno polje kadar je traktorska kabina opremljena s platnenimi stranskimi stenami in vrati. Tedaj ni mogoče s pogledom ob okrovu motorja oz. ob kolesih povečati vidnega polja. Tudi prosojnost oken iz plastike je slaba, tako da je pogled skozi zelo zameglen.

Pri zgibniku je postavljen sedež asimetrično in tudi vidno polje je asimetrično. Tako traktorist zelo dobro vidi okolico na levi strani traktorja, precej slabše pa na desni strani. Sedež je postavljen relativno nizko tako, da je pogled traktorista naprej precej zastrt z okrovom motorja in rampalno desko. Tudi pogled nazaj je močno zastrt z zadnjo zaščitno desko, tako da traktorist med privlačenjem tovora ne vidi na vsej poti premikanja. Ravno asimetričnost vidnega polja to zasledovanje tovora nekoliko olajša. Za vse tri traktorje povzemamo oddaljenost robov nevidnega prostora ob traktorju od sedežne referenčne točke v tabeli 57. Številke so približne, ker smo merili na terenu le z merilnim trakom brez posebej na ravna tla vrisane koordinatne mreže.

Smern pogleda	Oddaljenost robov		
	IMT 558 cm	FIAT 505 C cm	TIMBERJACK cm
Spredaj nad okrovom	500	700	1335
ob okrovu motorja	335	213	510
Zadaj nad zaščitno desko	280	215	800
Ob strani nad blatnikom	230	118	360
ob kolesih	30	109	40

Velikost traktorja močno vpliva na velikost nevidnega prostora okrog njega. Za vse traktorje velja, da je za zasledovanje tovora pri privlačenju do traktorja tudi potrebno obračanje glave ali vsega telesa, v neugoden zasukan položaj, ker sedeži niso vrtljivi. Zaradi tega se pogosto tudi gibajoči se deli stroja (žična vrv) nahajajo na robu traktoristovega horizontalnega vidnega polja, kjer gledanje ni več dovolj ostro.

4.6 CELOVITOST ERGONOMSKIH ZNAČILNOSTI TRAKTORJEV

(Odgovori na vprašanja ergonomskih pol)

Na osnovi vseh doslej opisanih meritev lahko na številna vprašanja ergonomskih vprašalnih pol objektivno odgovorimo. Manjše število odgovorov je še vedno prepuščeno subjektivni oceni. Če vse ergonomske odgovore strnemo, lahko za posamezen traktor pri spravlilu lesa opišemo njihove ergonomske značilnosti in ocenimo ugodnost oziroma ergonomsko prilagojenost stroja delavcu.

Vprašalne pole, ki smo jih izpolnjevali, vsebujejo ob vprašanjih odgovore in razlage zanje.

Navedeni so tudi rezultati nekaterih meritev. Seštevanje pozitivnih in negativnih odgovorov da pravilno sliko le ob predpostavki, da so vsa vprašanja enakovredna. Tabela 58 prikazuje koliko od postavljenih vprašanj smo pri posameznih traktorjih lahko pozitivno (ugodno) odgovorili, koliko negativno

in koliko le delno pozitivno. Prikazuje tudi število vprašanj, na katera zaradi njihove neustreznosti nismo odgovorili. Tabela prikazuje število štirih skupin odgovorov ločeno za 11 področij ergonomske presoje stroja in skupaj za vsa področja.

ŠTEVILO RAZLIČNIH ODGOVOROV IZ VPRAŠALNIH POL

Tabela 58

Traktor Ergonomsko področje	število vprašanj	IMT 558 število odgovorov				FIAT 505 C število odgovorov				TIMBERJACK število odgovorov			
		+	0	-	odp.	+	0	-	odp.	+	0	-	odp.
1 Vstop in izstop	8	3	2	3	0	1	1	6	0	5	2	1	0
2 Delovni prostor	6	4	0	2	0	1	0	4	1	4	0	2	0
3 Sedež	9	1	1	6	1	5	0	3	1	3	2	3	1
4 Kontrolni instr.	9	6	1	2	0	9	0	0	0	5	1	3	0
5 Elementi za upravljanje	11	4	4	2	1	2	5	3	1	9	1	0	1
6 Vidljivost	8	3	1	0	4	0	2	1	5	2	1	1	4
7 Škodljivi vplivi	7	3	0	4	0	2	0	5	0	3	1	3	0
8 Obremenjenost	8	4	2	2	0	4	1	3	0	5	1	2	0
9 Varnost	12	5	1	4	2	2	0	7	3	10	0	1	1
10 Navodila za upravljanje	3	0	0	3	0	0	0	3	0	2	0	1	0
11 Nega in popra- vila	11	4	0	5	2	4	0	5	2	0	2	9	0
SKUPAJ	92	37	12	33	10	30	9	40	13	48	11	26	7

+ ergonomsko ugodno 0- delno ugodno - neugodno
odp.- vprašanje odpade, ker je neustrezno

Če po številu različnih odgovorov presojamo ergonomsko ustreznost stroja, vidimo, da je bilo največ pozitivnih odgovorov pri gozdarskem zgibnem traktorju. Na 85 ustreznih vprašanj smo lahko pozitivno odgovorili na 48 in delno pozitivno na 11 vprašanj ali skupaj na 69% vprašanj. Razumljivo je, da je gozdarski zgibnik najustreznejši, saj je posebej konstruiran za spravilo lesa, medtem ko sta druga dva traktorja le adaptirana kmetijska traktorja. Tako smo pri univerzalnem kolesniku

IMT 558 na 82 ustreznih vprašanj odgovorili pozitivno na 37 in delno pozitivno na 12 vprašanj ali skupaj na 60% vprašanj. Pri goseničarju je bilo na 79 ustreznih vprašanj, 30 pozitivnih in 9 delno pozitivnih odgovorov ali skupaj 49%.

Če tri traktorje primerjamo po posameznih ergonomskih kriterijih, lahko ugotovimo, da je vstop in izstop ergonomsko najugodnejši pri zgibniku, pri kolesniku sprejemljiv, pri goseničarju pa zelo neugoden saj se mora traktorist vzpenjati preko gosenic in blatnikov. Delovni prostor je pri obeh kolesnikih kar ugodno oblikovan in dovolj prostoren, medtem ko je pri goseničarju odločno premajhen. Sedež je najustreznejši pri goseničarju, zadovoljiv pri zgibniku in slab pri kolesniku IMT. Kontrolni instrumenti so pri vseh traktorjih ustrezni (najbolj pri goseničarju) saj počasno delo pri spravlilu lesa tudi ne zahteva posebnih kontrolnih instrumentov. Elementi za upravljanje so najbolj oblikovani pri zgibniku, kjer tudi leže v optimalnem gibalnem polju okončin. Pri obeh adaptiranih traktorjih je zlasti težko upravljanje z vitlom, saj so ročice postavljene za hrbtom nevrtiljivega sedeža in za njihovo premikanje so potrebne tudi prevelike sile. Vidljivost smo z odgovori ocenili najbolj pri IMT-558 in najslabše pri FIAT-u, vendar pa analiza nevidnega prostora okrog traktorja (poglavje 4.5) daje ravno obratno sliko. Vprašanja so namreč zastavljena tako, da jih je veliko neustreznih in odpadejo; tistih, ki ostanejo, je pa premalo za pravilno oceno. Škodljivih vplivov na zdravje delavcev je pri vseh traktorjih veliko, vendar je treba posebej poudariti pri FIAT-u neugodne vplive klime, saj je brez kabine in visoke tresljaje na sedežu, pri zgibniku pa zelo visok ropot ob ušesu traktorista. Obremenjenost traktoristov ni pretirana, ker je mogoče med delom vgraditi dovolj odmorov. Zdi se, da je delo najzahtevnejše z zgibnikom in najmanj zahtevno z goseničarjem, vendar razlike niso velike.

Za varnost traktorista je najbolj poskrbljeno pri zgibniku in zelo slabo pri goseničarju saj nima varnostne kabine. Navodila za upravljanje so nazorno prikazana le pri zgibniku, pri drugih dveh traktorjih jih ni. Dnevno nego in popravila je mogoče opraviti zadovoljivo pri obeh adaptiranih traktorjih, ker ju opravljamo s tal. Pri zgibniku, ki ima sicer osrednje mazalno mesto, pa se je treba vzpenjati po gladkih delih traktorja in dvigovati težke pokrove.

Za posamezne traktorje pri spravlilu lesa lahko na podlagi odgovorov na vprašalne pole (glej priloge) ugotovimo, kaj je za človeka na traktorju najbolj neugodno in predlogi za tehniške izboljšave se pogosto že sami ponujajo. Tehnična izvedba pa

seveda ni vedno enostavna, kajti spravilo s traktorjem zahteva tudi ugodne tehnološke lastnosti traktorja. Na račun prilagojenosti traktorja delavcu, bi se bilo morda treba sprijazniti tudi z manjšimi spremembami tehnoloških lastnosti, kar pa v večini primerov niti ni nujno.

Pri univerzalnem adaptiranem kolesniku IMT 558 lahko brez pridržkov ugodno ocenimo oblikovanost delovnega prostora, kontrolne instrumente, vidljivost in znosno obremenjenost traktorista. Vstop oz. izstop na traktor je le delno primerno oblikovan. Širino vstopa močno zožuje akumulator postavljen spredaj ob vstopu. Preden traktorist sede na sedež mora nogo dvigovati preko ogrodja traktorja in ročic na njem. Stopnica oz. tla kabine drse in so nekoliko previsoko od tal. Vstop ima precej ostrih robov in štrlečih delov, ki ovirajo traktorista pri pogostem vstopanju in izstopanju in ga tudi lahko poškodujejo. Sedež pri traktorju IMT 558 je, čeprav vzmeten, slabo oblikovan. Sedež je postavljen preveč naprej nad pedale, ima prenizko naslonjalo in preplitvo sedalo ter ni nastavljiv. Blazina sedeža drsi po kovinski podlagi, nima bočnih robov in se hitro obrabi. Elementi za upravljanje so razporejeni skoro vsi izven maksimalnega gibalnega polja okončin in za rokovanje z nekaterimi je potrebno veliko moči. Nekatere, zlasti ročice vitla, je mogoče upravljati le v neugodnem zasukanem ali pripognjenem položaju telesa. Od škodljivih vplivov je traktorist izpostavljen neugodnim klimatskim dejavnikom, saj klime v kabini ni mogoče uravnavati in vanjo prodira vlaga in umazanija. Kabina je namreč spodaj in zadaj odprta, precej časa pa dela traktorist tudi izven kabine. Izpostavljenost traktorista ropotu in vibracijam je med delom večja od zdravju neškodljivih mej. Pri oblikovanju dela se nismo zadosti izognili statičnim obremenitvam v zasukanih in pripognjenih položajih telesa. Varnost pri delu je z varnostno kabino zagotovljena, zmanjšuje jo le neprimeren sedež in pogosta neopremljenost z gasilnim aparatom in materialom za nudenje prve pomoči. Navodil za upravljanje niti na stroju, niti v pisani obliki ni. Nego in vzdrževanje tudi otežkoča pogosta neopremljenost traktorja z zaboji za orodje, orodjem in rezervnimi deli ter navodili za vzdrževanje.

Pri traktorju goseničarju FIAT 505 C lahko zelo ugodno ocenimo manj pomembne kontrolne instrumente kot delno ugoden sedež in obremenjenost traktorista z delovnimi zahtevami, pri vseh drugih ergonomskih področjih pa prevladujejo negativni odgovori na ergonomska vprašanja. Tako je že vstopanje na traktor zelo slabo, saj se mora traktorist vzpenjati preko gladkih gosenic in blatnika na sedež ter pri

tem dvigovati nogo preko sedeža in ročic. Delovni prostor je prekratek in ni varen, ker traktor nima varnostne kabine ali vsaj varnostnega okvira. Sedež je sicer pravilno oblikovan, vendar zaradi vitla postavljen preveč naprej. Je tudi vertikalno vzmeten in vzmetenje je nastavljivo. Horizontalno je sedež mogoče z vijaki postaviti še bolj naprej, vendar je že itak premalo prostora, vertikalno pa ni nastavljiv. Nekatere pogosto uporabljane ročice so sicer ugodno razporejene v optimalno gibalno polje, vendar ostajajo prestave in ročice vitla izven maksimalnega gibalnega polja. Preveč je ročnih elementov za upravljanje in preblizu skupaj so. Podobno kot pri adaptiranem kolesniku so zelo neugodne ročice za hrbtom sedeža, ker zahtevajo tudi veliko moč pri rokovanju. Vidljivost je dobra, ker pač ni kabine, vendar traktorist ne vidi premikajočih se delov stroja na vsej njihovi poti. Med škodljivimi vplivi je zelo neugodna izpostavljenost klimatskim vplivom in vibracijam. Sedež duši vertikalne vibracije, ostajajo pa zelo močne transverzalne komponente vibracij. Ropot ob ušesu traktorista je nižji od ropota ostalih dveh traktorjev, pa še vedno nad dopustnimi zdravju neškodljivimi mejami. Pri delu z goseničarjem se nismo izognili statičnim obremenitvam v pripognjenih in zasukanih položajih telesa, pa tudi pri delu s trdimi ročicami. Fizične obremenitve so tako kot pri drugih traktorjih tudi visoke, če traktorist sam opravlja delovne operacije zbiranja lesa: težavno razvlačevanje vrvi in nenehno neugodno vzpenjanje na traktor. Varnost delavca je nezadostna saj ni kabine, ni gasilnega aparata, ni opreme za prvo pomoč pa tudi olje hidravlike nenehno teče iz rezervoarja. Do prevrnitve goseničarja sicer res ne pride tako pogosto, vendar ta nevarnost očitno obstoji in zato bi bilo tudi treba poskrbeti za varnost traktorista. Žal številni poizkusi izdelave varnostne kabine doslej niso uspeli, ker jō je težko pritrčiti na ozko šasijo traktorja. Navodil za delo na stroju in v pisani obliki ni. Nego in vzdrževanje stroja opravljamo s tal, vendar se lahko poškodujemo na ostrih robovih in močno umažemo. Pogosto zaboji za orodje in rezervne dele niso na pravem mestu in so prazni. Tudi navodil za nego ni na stroju.

Pri zgibnem traktorju Timberjack lahko ergonomsko ugodno skoraj brez pridržkov ocenimo vstop in izstop, delovni prostor, elemente za upravljanje in varnost dela. Vstop in izstop le nekoliko zožuje blazina sedeža in stopnica za vzpon je nekaj previsoko. Delovni prostor je dovolj prostoren, le tla kabine so zdrsljiva. Sedež ni vzmeten, ni nastavljiv, ni vrtljiv in počno ni najbolj oblikovan. Kontrolni

instrumenti so v centralnem vidnem polju, vendar imajo predrobne označbe in so brez svarilnih znakov. Elementi za upravljanje so vsi ugodno razporejeni v gibalnem polju rok in nog, so dobro oblikovani in za rokovanje z njimi ni potrebno veliko moči. Vidljivost je zadovoljiva, vendar je zaradi nizko postavljenega sedeža in velikosti stroja nevidni prostor okrog stroja velik. Tudi ni mogoče zasledovati gibljivih delov stroja na vsej njihovi poti. Klime v kabini ne moremo uravnati, saj je odprta. Ropot, ki mu je delavec med spravirom lesa izpostavljen, je zelo visok. Vibracije kljub nevzmetenemu sedežu niso zelo močne, ker ima traktor velike mehke gume in poseben način premikanja. Kljub temu med delom presegajo zdravju neškodljive meje. Fizična obremenjenost traktorista ni tako velika saj ima pogosto pomočnika, psihične obremenitve pa so večje kot pri drugih traktorjih zaradi večje hitrosti dela in večjih tovorov. Varnost dela je skoro popolno zagotovljena. Navodila za delo so natisnjena na vidnih mestih na traktorju, so dovolj obsežna in nazorna, vendar v tujem jeziku. Nego in popravila pa opravljamo ergonomsko neugodno. Treba se je vzpenjati na traktor, kjer ni varnih stojišč, dvigovati je treba težke pokrove pa tudi navodil, orodja in rezervnih delov pogosto ni dovolj na traktorju.

Na podlagi ugotovitev o ergonomskih neugodnostih traktorjev predlagamo nekatere tehniške izboljšave, ki bi bile po našem mnenju možne in relativno lahko izvedljive in bi izboljšale ergonomske lastnosti ocenjevanih traktorjev.

Pri adaptiranem traktorju kolesniku bi bilo treba akumulator in instrument za pritisk olja postaviti drugam, kjer ne bi ovirala vstopa in izstopa. Nekatere pogosto uporabljane ročice bi lahko podaljšali, da bi ne bilo treba toliko pripogibanja. Kabino bi bilo mogoče tudi zadaj zapreti ali uporabiti novejše zaprte varnostne kabine, ki na drugih traktorjih že obstoje. Traktor bi morali opremiti z boljšim vzmetenim in nastavljivim sedežem. Mehanični dvobobenski vitel bi bilo treba zamenjati s hidravličnim in ga montirati nekoliko bolj zadaj, da bi dobili dovolj prostora za boljšo namestitev sedeža.

Goseničar je treba opremiti z varnostno kabino ali vsaj z zaščitno kabino in varnostnim okvirom. Najti je treba način, da bi jo pritrdili na sicer že ojačano nosilno ogrodje vitla, zaščitne in rampalne deske. Tudi tu bi bilo treba mehanični vitel zamenjati s hidravličnim in ga pomakniti nekoliko bolj nazaj, kar bi pri

fiksni zaščitni deski bilo mogoče. Tako bi pridobili nekaj prostora za namestitev sedeža, ki bi moral poleg vertikalnih dušiti tudi transverzalne vibracije in biti nastavljiv vertikalno in horizontalno. Sedež mora imeti poleg vzmeti tudi dušilec.

Pri zgibniku je treba zamenjati nevzmeten sedež z vzmetenim in dušenim sedežem, zapreti in morebiti obložiti kabino ter na žično vrv obesiti še eno stopnico za vzpon.

Predlagane spremembe predstavljajo sicer dodatno delo in stroške, pa tudi manjše spremembe tehnoloških lastnosti strojev. Moramo pa se zavedati, da le delavcu ergonomsko prilagojen stroj omogoča trajno visoke delovne učinke in ohranja zdravje delavca. Tudi zaradi pomanjkanja gozdnih delavcev moramo delo v gozdu olajšati, humanizirati in tako narediti privlačnejše.

Raziskava ergonomskih značilnosti treh vrst najbolj uporabljenih traktorjev pri spravilu lesa v Sloveniji pa zlasti za najštevilnejše adaptirane traktorje kolesnike in goseničarje ni dala najugodnejših rezultatov, zato moramo stremeti, da vsaj z manjšimi spremembami izboljšamo ergonomske značilnosti traktorjev, kolikor je to mogoče.

1. NAČIN DELA IN OBSEG MEHANIZIRANEGA SPRAVILA LESA V SLOVENIJI

Št.	N a s l o v	
1	Traktorji v družbenih gozdovih Slovenije	177
2	Tehnični podatki traktorjev pri spravilu lesa	180
2. ROPOT PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI		
3	Delovne razmere pri snemanju ropota	199,200,201
4	Podatki o poprečnih tovorih in učinkih spravila lesa med snemanjem ropota	203
5	Primerjava snemanj ropota s snemanji učinkov	205
6	Struktura časa pri snemanju ropota Univerzalni kolesnik IMT 558	206
7	Struktura časa pri snemanju ropota Zgibni traktor Timberjack	207
8	Struktura časa pri snemanju ropota Goseničar FIAT 505 C	207
9	Obremenjenost traktorista z ropotom pri spravilu lesa s traktorjem kolesnikom IMT-558	209
10	Obremenjenost traktorista z ropotom pri spravilu lesa z zgibnim traktorjem Timberjack	209
11	Obremenjenost traktorista z ropotom pri spravilu lesa s traktorjem goseničarjem FIAT 505 C	210
12	Dopustno trajanje obremenitev z ropotom	211
13	Obremenitev traktoristov z ropotom med pravilom lesa	210
14	Variabilnost jakosti ropota pri spravilu lesa	220
15	Oznake in srednje vrednosti proučevanih spremenljivk	224
16	Regresijski koeficienti med pari spremenljivk pri ropotu	225
17	Koeficienti linearnih regresij $Y_0 = A + B X_i$	226
18	Korelacijski koeficienti multiplih odvisnosti obremenitve z ropotom	231
3. TRESENJE PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI		
19	Pospeški vibracij na sedežih traktorjev pri spravilu lesa	241
20	Odvisnost jakosti pospeškov vibracij na sedežu traktorja kolesnika GÜLDNER 640 pri vožnji po cesti	242

21	Vertikalne vibracije na hrbtu voznika (AHO, KÄTTÖ)	242
22	Jakosti pospeškov vertikalnih vibracij pri vožnji po slabi cesti (hitrost vožnje 12 km/h) glede na težo voznika in kvaliteto sedeža (SJØFLOT)	243
23	Jakosti pospeškov vibracij na sedežu goseničnega traktorja HANOMAG K50 pri brananju po zorani zemlji (hitrost vožnje 7,4 km/h, SJØFLOT)	244
24	Pregled števila posnetih ciklusov, organizacijska oblika dela in vrsta lesa pri spravlilu po vrsti traktorja in deloviščih	254
25	Dolžine in nakloni posnetih traktorskih vlak	256
26	Povprečne spravlilne razdalje pri merjenju različnih smeri vibracij	257
27	Trajanje in struktura delovnega časa povprečnega ciklusa pri snemanju vibracij in po ugotovitvah drugih avtorjev	259
28	Struktura produktivnega časa (%) ob povprečnih delovnih razmerah v Sloveniji in pri snemanju vibracij	258
29	Primerjava učinkov spravlila lesa s traktorji pri merjenju vibracij z ugotovitvami drugih avtorjev	260
30	Mejne vrednosti pospeškov vertikalnih vibracij po standardu ISO 2631 (sedeči položaj) za čase izpostavljenosti 2,5, 4, 6 in 8 ur	263
31	Vibracije na sedežu traktorja kolesnika IMT 558 pri spravlilu lesa po deloviščih	267,268
32	Vibracije na sedežu zgibnega traktorja Timberjack 208 D in 209 D pri spravlilu lesa po deloviščih	269,270
33	Vibracije na sedežu traktorja goseničarja FIAT 505 C pri spravlilu lesa po deloviščih	271,272
34	Splošni podatki o traktoristih in traktorjih na delovišču Belska planina - primerjava	280
35	Nekatere delovne razmere in učinki spravlila lesa s traktorji na delovišču Belska planina - primerjava	280
36	Struktura produktivnega časa pri spravlilu lesa s traktorji na delovišču Belska planina - primerjava	281
37	Hitrosti vožnje pri spravlilu lesa s traktorji na delovišču Belska planina - primerjava	281
38	Vektorske jakosti pospeškov na sedežu traktorista pri spravlilu lesa s traktorji na delovišču Belska planina - primerjava	282
39	Relativno zmanjšanje srednje jakosti vibracij kot funkcija časa, pri modelnih podatkih	290
40	Aritmetične sredine jakosti vertikalnih vibracij po operacijah in traktorjih ($m s^{-2}$)	291

41	Razlike med aritmetičnimi sredinami jakosti vertikalnih vibracij med operacijami enega traktorja ($m s^{-2}$)	292
42	Analiza variance jakosti vertikalnih vibracij ugotovljenih na delovišču Belska planina - primerjava pri spravilu lesa	293
43	Aritmetične sredine jakosti vertikalnih vibracij po operacijah in traktorjih, ugotovljenih na delovišču Belska planina - primerjava ($m s^{-2}$)	293
44	Vpliv organizacijske oblike dela na jakost vertikalnih vibracij na sedežu traktorja pri spravilu lesa ob ugotovljeni strukturi časa	295
45	Kvadratične sredine jakosti vertikalnih vibracij na sedežu traktorja pri spravilu lesa	296
46	Obremenitve traktorista z vertikalnimi vibracijami pri različni strukturi produktivnega časa	296
47	Seznam spremenljivk v analizi razmerij med jakostmi vertikalnih vibracij in dejavniki delovnih razmer	299
48	Regresijski koeficienti, R^2 in značilnost regresije med jakostmi vertikalnih vibracij prazne vožnje ter dolžino traktorške vlake	301
49	Regresijski koeficienti, R^2 in značilnost regresije med jakostmi vertikalnih vibracij polne vožnje ter hitrostjo vožnje in nekaterimi lastnostmi bremena	302
50	Regresijski koeficienti, R^2 in značilnost regresije med jakostmi vertikalnih vibracij pri privlačevanju ter lastnostmi bremena	303
51	Pregled ugotovljenih značilnih odvisnosti med jakostmi vertikalnih vibracij po delovnih operacijah in nekaterimi dejavniki delovnih razmer	304
52	Struktura delovnega časa in jakosti vibracij po delovnih operacijah za primer izračuna obremenitev traktorista z vertikalnimi vibracijami pri spravilu lesa s Timberjackom	306
53	Maksimalne jakosti vertikalnih pospeškov na sedežu traktorista pri spravilu lesa s traktorji	314
 4. ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI TRAKTORJEV		
54	Dimenzije vstopa na traktor	325
55	Dimenzije kabine in sedeža traktorja	326
56	Potrebne sile za upravljanje ročic in pedalov traktorjev pri spravilu lesa	332
57	Oddaljenost robov nevidnega prostora na tleh ob traktorju od projekcije SRT na tla	334
58	Število različnih odgovorov iz vprašalnih polj	335

SEZNAM GRAFIKONOV

Št.	N a s l o v	stran:
2. ROPOT PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI		
1	Uporabljeni merilni inštrumenti	183
2	Frekvenčne analize ropota traktorja kolesnika IMT 558	190
3	- " - z gibnega traktorja Timberjack	191
4	- " - traktorja goseničarja FIAT 505 C	192
5	Odvisnost jakosti ropota od števila obratov motorja traktorja kolesnika IMT 558	194
6	Odvisnost jakosti ropota od števila obratov motorja traktorja goseničarja FIAT 505 C	195
7	Odvisnost jakosti ropota od dodajanja plina pri motorju z gibnega traktorja Timberjack	196
8	Porazdelitev jakosti ropota v delovnem času pri spravilu lesa s traktorjem IMT 558	214
9	Porazdelitev jakosti ropota v delovnem času pri spravilu lesa z z gibnim traktorjem Timberjack	215
10	Porazdelitev jakosti ropota v delovnem času pri spravilu lesa z goseničarjem FIAT 505 C	216
11	Porazdelitev jakosti ropota v delovnem času pri spravilu lesa (poprečno. in delovišče Belska planina)	217
12	Nihanje jakosti ropota v delovnem ciklusu spravila lesa s traktorji	221
13	Odvisnost obremenitve z ropotom od pravilne razdalje	227
14	- " - od naklona vlake	228
15	- " - od števila kosov v tovoru	229
16	- " - od organizacije dela	230
3. TRESENJE PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI		
17	Koordinatni sistem pri merjenju linearnih vibracij	239
18	Shematski prikaz metodike ugotavljanja škodljivosti vibracij pri spravilu lesa s traktorjem	246
19	Shema povezave osnovnih instrumentov pri merjenju vibracij na sedežu traktorja	248
20	Prikaz območja variabilnosti oblike frekvenčnega spektra treh traktorjev pri preskoku čez oviro	264

21	Frekvenčni spekter vertikalnih vibracij na sedežu traktorista v produktivnem času pri adaptiranem traktorju IMT 558 v primerjavi s standardom ISO 2631	275
22	Frekvenčni spekter vertikalnih vibracij na sedežu traktorista v produktivnem času pri zgibnem traktorju Timberjack v primerjavi s standardom ISO 2631	376
23	Frekvenčni spekter vertikalnih vibracij na sedežu traktorista v produktivnem času pri goseničnem traktorju FIAT 505 C v primerjavi s standardom ISO 2631	277
24	Trajanja in jakosti vertikalnih vibracij v delovnem času povprečnih ciklusov po deloviščih za IMT 558	284
25	- " - za Timberjack	285
26	- " - za FIAT 505 C	286
27	Velikost vektorja vibracij v odvisnosti od dolžine vlake pri traktorjih Timberjack in FIAT 505 C	287
28	Gibanje obremenitev (tekočih kvadratičnih sredin) traktorista z vertikalnimi vibracijami v delovnem dnevu - model	289
29	Vpliv strukture produktivnega časa na obremenjenost voznika z vertikalnimi vibracijami pri spravilu lesa	297
30	Frekvenčne porazdelitve pospeškov vibracij po deloviščih za IMT 558	309
31	Frekvenčne porazdelitve pospeškov vibracij po deloviščih za Timberjack	310
32	Frekvenčne porazdelitve pospeškov vibracij po deloviščih za FIAT 505 C	311
33	Relativna frekvenčna porazdelitev maksimalnih pospeškov po operacijah za vse tri tipe traktorjev	313
34	Primerjava frekvenčne porazdelitve jakosti vibracij osnovnih odčitkov z frekvenčno porazdelitvijo maksimalnih vertikalnih pospeškov	315
4. ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI TRAKTORJEV		
35	Delovni prostor, razporeditev ročic in pedal ter vidljivost pri traktorju kolesniku IMT 558	328
36	Delovni prostor, razporeditev ročic in pedal ter vidljivost pri zgibnem traktorju Timberjack 225	329
37	Delovni prostor, razporeditev ročic in pedal ter vidljivost pri traktorju goseničarju FIAT 505 C	330

L I T E R A T U R A

- AHO K. J. : About Judging of Jolting of Terrain Tractors
Driftsteknisk Rapport Nr.9 Det Norske Skogfors-
søksvesen, Vollebekk 1970
- AHO K.J., KÄTTÖ: Utvikling av en metode for a male ag rundere ri-
sting under kjøring med skogstraktorer
Driftsteknisk Rapport No.14 Det Norske Skogfor-
søksvesen, Vollebekk 1976
- AKERVOLD M.: Ergonomic Studies of Three Forest Tractors
Driftsteknick Rapport No 6/1967
Norsk Institut for Skogforskning Vollebekk
- ARH B.: Spravilo lesa s traktorji goseničarji v gorenj-
skih razmerah
BF, Ljubljana 1974, seminarska naloga
- BROCH J.T.: Acoustic Noise Measurements
Application of the Brüel et Kjaer Equipment
Soborg 1971
- BROCH J.T.: Non-linear Systems and Random Vibration
Selected Reprints from Technical Review, 1975
- BROCH J.T.: Mechanical Vibration and Shock Measurement
Brüel & Kjaer, 1976
- DUPUIS H.: Über die Beanspruchung der Fahrer von Forstschlep-
pern durch mechanische Schwingungen
Forstarchiv 39/7 (1968)
- DUPUIS H.: The Measurement and Interpretation of Vibration
in Workplace in Terms of Medicine at Work
Papers I, Mednarodni simpozij: Analize in zdrav-
stvena ocena delovnega mesta, Portorož 1980,
Klinični center v Ljubljani, Ljubljana 1980
- GOLOB A.: Izpostavljenost traktorista ropotu pri spravilu
lesa z goseničarjem
BF, Ljubljana 1979, diplomsko delo
- GOLOB A.: Obremenjenost traktorista z ropotom pri spravilu
lesa z goseničarjem
Gozd.vestnik št. 7-8/1979
- HANSSON, PETERSSON: Ergonomisk ckecklista för transport-och hanterings-
maskiner
Arbetsmedicinska Institutet, Byggnadsindustrins
Arbetsforskningsstiftelse, Forskningsstiftelsen
Skogsarbeten, Skogshögskolan
Stockholm 1969

- HANSSON J.E.,
SUGGS C.W.: The Effect of Seat Vibration on Vehicle Operator's Lever and Pedal Control Capabilities
Institutionen för Skogsteknik Rapp. No 63,
Stockholm 1973
- HANSSON in drugi: Ergonomic evaluation of logging machines 1977
Skogsarbeten redogörelse No 6 1978
- HARTOG D.: Vibracije u mašinstvu
Gradjevinska knjiga, Beograd 1972
- HENICH D.: Smjernice za procenu izvrgavanja vibracijama čitavog ljudskog tela
Mehanizacija šumarstva No 9-10, Zagreb 1978
- KOCIJANČIČ M.: Ocena zdravstvenega stanja traktoristov v gozdarstvu Slovenije na podlagi analize rezultatov periodičnih zdravstvenih pregledov
IGLG, Ljubljana 1981, elaborat
- KRIVEC A.: Preučevanje mehanizacije transporta lesa
IGLG, Ljubljana 1967
- KRIVEC A.: Temelji znanstvene organizacije dela v gozdni proizvodnji
BF, Ljubljana 1973, skripta
- KRIVEC A.: Proučevanje traktorskega spravila lesa
IGLG, Ljubljana, Stokovna in znanstvena dela št. 65, Ljubljana 1979
- KUMER P.: Delovni in življenjski pogoji gozdarskih traktoristov. Poškodbe gozdarskih traktoristov.
IGLG, Ljubljana 1981, elaborat
- LIPOGLAVŠEK M.: Dnevna obremenitev sekača z ropotom motorne žage
Zbornik gozdarstva in lesarstva L.14 št.1
Ljubljana 1976
- LIPOGLAVŠEK M.: Ergonomija
BF, Ljubljana 1979, skripta
- LIPOGLAVŠEK M.: Opis dela, škodljivosti in zahtevnosti dela pri spravilu lesa s traktorji
IGLG, Ljubljana 1981, elaborat
- LISLAND T.: Noise Measuring on Forest Tractors
Driftsteknick Rapport No 6/1967
Norsk Institut for Skogforskning Vollebakk
- LÜNZMANN K.: Die Belastung des Maschinenführers durch mechanische Schwingungen
Forstarchiv 48 (1977) 12, p.267-268

- LÜNZMANN K.: Die Belastung der Fahrer von Grossmaschinen bei der Holzernte durch mechanische Schwingungen
Forstarchiv, 50 (1979) 11, p.246-248
- LÜNZMANN K.: Die Belastung der Maschinenführer durch mechanische Schwingungen bei Kulturarbeiten mit Grossmaschinen
Forstarchiv 51 (1980) 5, p.98-100
- MILOSAVLJEVIĆ Ž.,
PETROVIĆ D.: Physiological Reactions Induced by General Vibrations Effects
Papers II, Mednarodni simpozij: Analiza in zdravstvena ocena delovnega mesta, Portorož 1980, Klinični center v Ljubljani, Ljubljana 1980
- MORI L.: Uporabnost goseničnega traktorja pri spravilu lesa v primerjavi z univerzalnimi kolesniki
BF, Ljubljana 1977, diplomsko delo
- MUFTIĆ O.: Biomechanics in Work Place Analysis
Papers I, Mednarodni simpozij: Analiza in zdravstvena ocena delovnega mesta, Portorož 1980, Klinični center v Ljubljani, Ljubljana 1980
- RANDALL R.B.: Frequency Analysis
Brüel & Kjaer 1977
- REHSCHUH, TSCHÖCKEL: Checkliste für die ergonomische Beurteilung von Forstmaschinen
Mitteilungen des KWF Band XIX, 1977
Buchschatz
- REMIC C.: Stanje mehanizacije v izkoriščanju gozdov SR Slovenije koncem leta 1978
IGLG, Strokovna in znanstvena dela št.63, Ljubljana 1979
- SIMONOVIC M.: Oštećenje sluha i procena radne sposobnosti
Ergonomija, G.IV b.6, Beograd 1977
- SJØFLOT L.: Measuring and Evaluating Low Frequency Vibrations (0,3-110 Hz) Acting on Machine Operators in Agriculture and Forestry
Landbruksteknisk Institutt, Research report No 19, Vollebekk 1970
- SJØFLOT L.: Some Methods and Results from Tractor Vibration Studies IUFRO Division No.3, Methods in Ergonomic Research in Forestry, Publication No 2, 1971

- VIK T.: A short review of ergonomic research in forest operations carried out in the Nordic countries in the years 1969-1973
Norwegian Forest Research Institute
Research Notes No 83, Garpenberg 1975
- WENCL J.: Lärmbelastung bei der Holzernte in Österreich XVI. IUFRO Division III. Norway 1976
- Methods in Ergonomic Research in Forestry IUFRO Division II
Norwegian Forest Research Institut
Hurdal 1971
 - Hrup, ki škoduje sluhu
Zakon o varstvu pred hrupom
Delo in varnost, Ljubljana 1976
 - Pravilnik o splošnih ukrepih in normativih za varstvo pri delu pred ropotom v delovnih prostorih
Uradni list SFRJ, št.29/1971
 - Prospekti za traktorje FIAT 505, IMT 558 in
TIMBERJACK

ERGONOMISCHE EIGENSCHAFTEN DER HOLZRÜCKESCHLEPPERN

Z u s a m m e n f a s s u n g

In der Forstwirtschaft Sloweniens sind beim Holzurücken die Schlepper meist angewendete Ruckenmittel. In Staatswäldern rückt man mit Schleppern über 60% des Holzes. Man verwendet drei Arten von Schlepper: univerzelle adaptierte Radschlepper, forstliche Knickschlepper und adaptierte landwirtschaftliche Raupenschlepper. Nach der Zahl sind univerzelle Schlepper meist, die Knickschlepper wenigstens vertreten. (Tab. 1) Wir haben die drei meist verbreitete Schleppertypen untersucht und zwar den heimischen Radschlepper IMT-558, den Knickschlepper Timberjack 208 und 209 D und den Raupenschlepper FIAT 505 C.

Mit den Schleppern rückt man in Slowenien die Holzsortimente (Kurzholz), das Langholz und die ganze Stämme. In dieser Technologie läuft die Arbeit in Zyklen mit Wiederholung der Verrichtungen ab. Leer- und Lastfahrten dauern ungefähr 50%, das Vorrücken und Lagerarbeiten (Lösen, Poltern und Sortieren) 29 - 34% der Arbeitszeit. Zugabezeit beim gesamten Rücken beträgt 18 - 24 Prozent der reinen produktiven Arbeitszeit. Die Arbeit ist meistens so organisiert, dass der Schlepperfahrer ohne Hilfsarbeiter arbeitet (1 + 0), beim Raupenschlepper hat er dann und wann, beim Knickschlepper aber immer einen Hilfsarbeiter (1+1). Technische und technologische Eigenschaften aller Schlepper sind verschieden. Von ergonomischen Eigenschaften haben wir ausführlich die Beanspruchung des Schlepperfahrers mit Lärm und Schwingungen untersucht. Die andere ergonomische Eigenschaften haben wir mit Hilfe ergonomischer Checklisten vollständig geschätzt.

Der Lärm ist bei der Schlepperrückung des Holzes bedeutende ergonomische Tatsache. Nach eigener Methodik haben wir am Ohr des Fahrers den Lärmpegel, den der Schlepper während der Rückearbeiten und auch ohne Belastung verursacht, gemessen. Während der Arbeit haben wir den Lärmpegel, ausgedrückt in dB(A), auf ein Papierband ständig registriert und gleichzeitig auch die Zeitstudie durchgeführt. Damit konnten wir die Lärmbeanspruchung des Fahrers auch getrennt für jeden Arbeitselement feststellen.

Die Frequenzanalysen des Lärms während des Leerlaufs und beim Vollgas der Schleppermaschine zeigen beim Radschlepper IMT-558 zwei Höchstwerten. Die liegen während des Vollgasses um 63 oder 125 Hz und im Bereich zwischen 250 und 1000 Hz. Das zweite Maximum übersteigt die normative Kurve 90 NR. Die Frequenzverteilung des Lärms ist bei beiden Typen des Knickschleppers Timberjack verschieden. Der Typ 209 D zeigt beim Vollgas einen ausgesprochenen Höchstwert bei 125 Hz, der um die Kurve 100 NR pendelt. Der Typ 208 D hat einen Höchstwert bei höheren Frequenzen zwischen 250 und 500 Hz. Er übersteigt die normative Kurve 100 NR und ist für das Gehör unangenehm. Die Frequenzverteilung des Raupenschlepperslärms hat auch nur einen Höchstwert, der beim Vollgas im Frequenzband von 125 Hz liegt. Die normative Kurve 90 NR übersteigt der Lärm bei 125 und auch bei 500 Hz.

Der Lärmpegel der Schlepper ausser Arbeit steigt annähernd linear mit der wachsenden Maschinenumdrehungszahl. Wenn die Umdrehungszahl um 500 Umdrehungen steigt, steigt der Lärmpegel ungefähr um 5 - 6 dB(A). Auch bei der höchsten Umdrehungszahl des unbelasteten Schleppers liegt der Lärmpegel niedriger als während der Arbeit gemessene Höchstwerte am Ohr des Fahrers.

Die Lärmbelastungen des Schlepperfahrers wurden in Jahren 1977 - 1979 beim Holzrücken in sieben Forstgebieten (Forstunternehmen) der Staatswälder Sloweniens untersucht. Wir haben 83 Arbeitszyklen an 12 verschiedenen Arbeitsplätzen bearbeitet. Wir haben auch einen Vergleich der drei Schlepper an demselben Arbeitsplatz gemacht. Arbeitsverhältnisse, Rückentfernungen, Arbeitsleistung und Zeitstruktur waren ähnlich den durchschnittlichen Verhältnissen in Slowenien und ähnlich, als in anderen umfangreichen Zeitaufnahmen der Schlepperrückung festgestellt wurde.

Die gemessene durchschnittliche Beanspruchung des Schlepperfahrers, ausgedrückt mit dem äquivalenten Lärmpegel in reiner Arbeitszeit, hatte bei der Arbeit mit dem Raupenschlepper den niedrigsten Wert (89,9 dBA), lag beim Radschlepper IMT-558 etwas höher (91,3 dBA) und beim Knickschlepper wesentlich höher (98 dBA). Die Unterschiede in der Lärmbeanspruchung zwischen Schleppern und zwischen Arbeitsplätzen wurden statistisch bewiesen.

Der Lärmpegel an allen Arbeitsplätzen überstieg die internationale Toleranzdauergrößen der Lärmbeanspruchung. An einigen Arbeitsplätzen überstieg die Beanspruchung auch die relativ toleranten Grenzen aus den jugoslawischen

Standarden. Ohne Gehörschutzmitteln dürfte die tägliche reine Arbeitszeit mit dem adaptierten Radschlepper nur knapp zwei Stunden, mit dem Knickschlepper eine halbe Stunde und mit den Raupenschlepper zwei und halb Stunden dauern. Weil eine solche Arbeitsorganisation nicht möglich ist, muss man das Gehör der Fahrer obligat mit den Gehörschutzkapseln schützen.

Die berechnete Lärmbeanspruchung in der Arbeitszeit beträgt beim Radschlepper IMT-558 90,6 dB(A), beim Knickschlepper 97,1 dB(A) und beim Raupenschlepper 89,0 dB(A). Bei beiden Radschleppern, besonders beim Timberjack übersteigt sie auch mit den jugoslawischen Vorschriften erlaubten Lärmpegel von 90 dB(A).

Der Lärmpegel ist während der verschiedenen Arbeitselementen auch verschieden. Man kann laute und stille Arbeitsoperationen unterscheiden. Laute Operationen: Leer- und Lastfahrt, Vorrücken und Poltern unterscheiden sich nach dem Lärmpegel auch zwischeneinander. Zur Fahrersbeanspruchung tragen meist die Fahrten bei. Sie dauern nämlich lange und equivalenter Lärmpegel ist dann auch sehr hoch. Meistenst bedeutet schon der Lärm während der Fahrten eine Übersteigerung der täglich erlaubten Beanspruchungsgrenzen.

Der Lärmpegel variiert stark während der Arbeitszeit und auch während der einzelnen Arbeitselementen. Pegelverteilungen, in zeitlichen Anteilen ausgedrückt, sind beim Radschlepper IMT-558 und beim Raupenschlepper ähnlich. Der Lärmpegel ist breit verteilt und liegt am öftesten zwischen 85 und 95 dB(A). Beim Knickschlepper sind die Verteilungen enger und haben Spitzen in höherem Bereich zwischen 97 und 107 dB(A).

Die maximal gemessene Einzelwerte des Lärmpegels während der Arbeit beim Holzrücken mit dem Radschlepper IMT-558 betragen 105 dB(A), beim Knickschlepper 109 dB(A) und beim Raupenschlepper 102 dB(A). Diese Werte sind grösser als maximaler Lärmpegel des Schleppers ohne Belastung. Daraus schliessen wir, dass Motorbelastung, Resonanz und Bewegung der Schlepperteilen und Kraftübertragung den zusätzlichen Lärm verursachen.

Für den Lärm beim Holzrücken mit Schleppern ist eine periodische mit den Arbeitszyklen übereinstimmende Schwingung charakteristisch. Nach einem lange dauernden Höchstwert des Lärmpegels während der Leerfahrt folgt ein niedriger Pegel während des Seilausziehens und des Bindens. Danach steigt der Lärm-

pegel während des Zuziehens und der Lastfahrt, fällt für kürzere Zeit während des Abbindens und steigt wieder während des Polterns.

Die Beanspruchung des Fahrers mit dem Lärm ist von Arbeitsverhältnissen und von Zeitstruktur abhängig. Sie steigt mit längerer Rückeentfernung und mit höherer Fahrtgeschwindigkeit. Die Beanspruchung sinkt bis einem gewissen Punkt mit steigender Rückegasseneigung und ist dann bei höher Neigung wieder grösser. Je mehr Stücke sich in der Schlepperlast befinden oder je schwächer ist das Holz, desto kleinere ist die Lärmbeanspruchung. Sie ist grösser, wenn der Fahrer den Hilfsarbeiter hat. Für die Lastgrösse könnten wir aber keinen Einfluss auf die Beanspruchung beweisen.

Für einige Eigenschaften der Rückegassen, des Fahrens und der Last haben wir die Korelation mit Lärmbeanspruchung festgestellt. Wenn die Zeitstruktur der Arbeitselemente in jetziger und auch ⁱⁿ künftiger Technologie bekannt ist, kann man auf Grund dieser Untersuchung die erwartete Beanspruchung des Schlepperfahrers immer ausrechnen. Wenn die Beanspruchung die gesundheitsschädliche Grenzen übersteigt, muss man sie mit dem Schutz- oder Organisationsmassnahmen vermindern.

Die Lärmbeanspruchung des Schlepperfahrers kann man auch mit der Kürzung der Rückeentfernungen vermindern. Einführung der technisch vervollkommenen Schlepper mit lärmisolierten Kabinen würde einen grossen Schritt zur Humanisierung der Arbeit bedeuten. Die Arbeitsorganisation ohne Hilfsarbeitern bedeutet eine niedrigere Lärmbelastung. Die schädliche Einflüsse des Lärms würden wesentlich kleiner, wenn sich zwei Schlepperfahrer bei der Arbeit auswechseln. So lange bis die andere technische Massnahmen noch nicht ausgeführt sind, müssen die Fahrer wenigstens während der Fahrten die Gehörschutzkapseln verwenden. Die regelmässige ärztliche Untersuchungen (Audiometrie) der Schlepperfahrer würden für den erfolgreichen Gesundheitsschutz notwendig, besonders dann, wenn der Schlepperfahrer früher als Huarbeiter mit der EMS gearbeitet hat.

Wegen der Rückearbeiten und wegen des Schleppers entstehen Schwingungen, die auf den Fahrer übertragen werden. Zuerst einflüssen sie die Bequemlichkeit bei der Arbeit, danach verkleinern sie die Arbeitsfähigkeit des Fahrers und am Ende verursachen die verschiedene dauernde Gesundheitsschäden. Mit grosser

Sicherheit können wir behaupten, dass bei heutiger Arbeitsweise alle drei untersuchte Schlepper die Schwingungen, deren Stärke die Grenzen der verminderten Arbeitsfähigkeit überschreitet, verursachen.

Die Frequenzanalysen der vertikalen Schwingungsbeschleunigungen wurden fast ohne Ausnahme in der Frequenzbänden, wo der Menschenkörper auf Schwingungen meist empfindlich ist, gemessen. Wir haben die kleinste Variabilität in Frequenzbänden bei dem Knickschlepper und die grösste beim Raupenschlepper gefunden.

An konkreten Arbeitsplätzen haben wir die vertikale Schwingungen, deren Beschleunigungen die erlaubte Beanspruchungsgrenzen (Arbeit gestört - ISO 2631) für 4 oder sogar 2,5 Stunden der reinen Arbeitszeit übersteigen, gemessen. Im Durchschnitt hatten die Beschleunigungen in vertikaler Richtung an Arbeitsplätzen des Radschleppers IMT-558 den kleinsten, an Arbeitsplätzen des Raupenschleppers FIAT 505 C aber den höchsten Wert.

Bei allen Schwingungsmessungen haben wir die kleinste Beschleunigungen in vertikaler Richtung gefunden. Darum schliessen wir, dass die Beanspruchungen des Fahrers mit den horizontalen Schwingungen noch grösser sind und auch die Grenzen der Gesundheitgefährdung überschreiten. Die verwendete Schleppersitzen dämpften verschieden erfolgreich vor allen die vertikale Schwingungen. Den Einfluss dieser Dämpfung auf die Grösse der horizontalen Schwingungen kennen wir noch nicht. Darum setzen wir vor, dass die ausgerechnete Vektorwert (quadratische Mittel der drei Richtungen) der Schwingungen während der Arbeit das beste Mass für die Beanspruchung des Fahrers darstellt. In reiner Arbeitszeit liegt dieser Wert im Durchschnitt bei beiden Radschlepper ähnlich hoch, beim Raupenschlepper liegt er aber um 54 - 62% höher.

Wir haben bedeutende Abhängigkeit der Schwingungsbeanspruchung von Arbeitsverhältnissen festgestellt. Beim Knickschlepper und beim Raupenschlepper hängt die Vektorgrösse sehr eng von der Rückeentfernung ab. Beim Radschlepper konnten wir diese Abhängigkeit nicht finden. Daraus schliessen wir, dass die Schwingungsgrösse in horizontalen Richtungen andere Faktoren als die vertikale Schwingungen beeinflussen. Die Vektorgrösse steigt mit längerer Entfernung viel schneller beim Raupenschlepper als beim Knickschlepper. Bei der Analyse nur vertikaler Schwingungen konnten wir feststellen, dass bei allen

drei Schleppern die Mittelbeschleunigungen höher sind, wenn der Fahrtenanteil in der Zeitstruktur grösser ist. Auch in diesem Vergleich verursacht der Raupenschlepper die schlimmste Beanspruchung, beim Radschlepper IMT sind aber die Durchschnittsbeschleunigungen von der Zeitstruktur weniger abhängig. Der Knickschlepper liegt inzwischen der beiden anderen Schlepper bzw. ist dem Raupenschlepper näher.

Die Schwingungen während einigen Arbeitsoperationen tragen zur gesamten Beanspruchung viel mehr als die andere bei. Das sind die Leer- und Lastfahrten, das Zuziehen und das Poltern. Die vertikale Schwingungen während dieser Operationen haben wir besonders untersucht und die Unterschiede zwischen drei Schlepper-typen an jeweiligen Arbeitsplätzen bewiesen. Bei beiden Radschleppern tragen die Schwingungen während der Leerfahrt den grössten Teil zur gesamten Beanspruchung bei. Beim Raupenschlepper hat dieselbe Rolle die Lastfahrt. Bei allen Schleppern haben die Schwingungen aus dieser Operationsgruppe während des Zuziehens den kleinsten Wert. Die Schwingungen während des Seilausziehens, Bindens, Abbindens der Last und der Zugabezeiten haben fast keinen Einfluss auf die gesamte Beanspruchung des Fahrers.

Weitere Untersuchungen der Beanspruchung mit vertikalen Schwingungen während der schwingungsreichen Operationen haben gezeigt, dass sie bei verschiedenen Schleppern von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird. Im Rahmen der Arbeitsverhältnissen, die bei Schwingungsausnahmen aufgetreten sind, können wir die Beanspruchung mit vertikalen Schwingungen auch im voraus ausrechnen. Dabei müssen wir neben der Zeitstruktur noch folgende Einflüsse einbeziehen:

- beim Radschlepper IMT-558 Lastgrösse, Stückzahl und Stückmasse
- beim Knickschlepper Timberjack dazu noch Rückeentfernung und Geschwindigkeit der Lastfahrt
- beim Raupenschlepper nur Rückeentfernung und Geschwindigkeit der Lastfahrt.

Die Verteilung der Schwingungsdauer nach der Stärkeklassen kann zusätzlich die Unterschiede zwischen Schleppern und einige Einflüsse erklären. Aus dieser Verteilung, besonders wenn wir noch die Höchstwerte kennen, können wir auf die Beanspruchung des Fahrers mit Stössen schliessen. Die Stösse können Beschleunigungen haben, die 15- mal stärker als Durchschnittswert in einer gewissen Arbeitsoperation sind. Die Verteilung der Beschleunigungsgrösse zeigt uns auch deutlich die Hauptursache der Schwingungen an - die Fahrt

über Bodenhindernisse.

Die zukünftige Untersuchungen sollten vor allem die Beanspruchungen des Schlepperfahrers mit horizontaler Schwingungen und deren Abhängigkeit von Arbeitsverhältnissen erklären. Dafür müsste man die genauen Frequenzanalysen durchführen und deren Abhängigkeit von äusseren Einflüssen wie Fahrersgewicht, Rückegassezustand und andere Arbeitsverhältnisse, feststellen. Der Vergleich der Schwingungen auf dem Fahrersitz mit denen auf dem Schleppergehäuse (schon aufgenommen) würde uns die Eignung der verwendeten Sitze für Rückeschlepper zeigen. Das Feststellen des Dämpfungserfolges der Sitzen überschreitet den Rahmen jetziger Untersuchungen, wird aber der notwendige Teil der zukünftigen Untersuchungen sein.

Man kann die Schwingungen beim Holzrücken mit Schleppern nicht ausweichen. Mit richtiger Auswahl des Schleppersitzes kann man den grössten Schritt zur Senkung der schädlichen Einflüssen der Schwingungen auf die Gesundheit des Fahrers tun. Die bisher verwendete Sitze haben teilweise Schwingungen in vertikaler Richtung gedämpft. Die Beziehungen der gemessenen durchschnittlichen Schwingungen in drei Richtungen zeigt folgende Tabelle.

Schleppertyp	Beschleunigungsbeziehungen		
	vertikal	horizontal vor-u.rückwärts	quer
IMT -558	1	1,96	1,37
Timberjack	1	1,01	1,24
FIAT 505 C	1	1,59	1,64

Wir vermuten, dass auch die Beanspruchungen des Fahrers mit Schwingungen in ähnlichen Beziehungen sind. Die erste Aufgabe ist das Auswechseln der jetzigen Sitze mit Schleppersitzen, die gewichtseinstellbare Federung für alle drei Schwingungsrichtungen haben und die Schwingungsgrösse auf jetzigen Sitzen um die Hälfte senken werden. Damit würde der Schlepperfahrer auch nach sechs Stunden seiner Arbeitszeit nicht überbeansprucht sein. Die Verkürzung der Aussetzungszeit ist die zweite Möglichkeit für die Senkung der Beanspruchung mit den Schwingungen. Damit wird sich sicher die Arbeitsorganisation mit Erfolg

beschäftigen. Eine Möglichkeit wäre es, dass sich zwei Schlepperfahrer bei der Arbeit an einem Schlepper auswechseln und damit alle Beanspruchungen hälften. Bei heutiger Arbeitsorganisation können wir nämlich erwarten, dass bei den Fahrern an Radschleppern IMT-558, an Knickschleppern Timberjack und besonders an Raupenschleppern FIAT 505 C die Gesundheitschäden auftreten werden, die die Produktivität des Holzrückens vermindern werden.

Die gesammte Bewertung der ergonomischen Eigenschaften der drei Schleppertypen haben wir mittels ergonomischen Checklisten (KWF - 1977) durchgeführt. Nach elf Kriterien der ergonomischen Schätzung haben wir jeweils 92 Fragen beantwortet. Dazu haben wir noch besonders den Schleppereintritt, den Arbeitsraum, die Lage und Abmessungen des Sitzes, die Lage der Handhebel und Pedale und auch das Sichtfeld untersucht (Graphikonen 35-37).

Wenn man nur die Zahl der ergonomisch günstigen Antworten als Mass der Bewertung von der Eignung des Schleppers annimmt, hat der Knickschlepper die grösste Zahl der günstigen Antworten gesammelt. Von 85 entsprechenden Fragen konnten wir positiv 48 und teilweise positiv 11 oder insgesamt 69% der Fragen beantworten. Beim Radschlepper IMT-558 waren es nur noch 60% und beim Raupenschlepper nur 49%.

Im Vergleich der drei Schleppern nach einzelnen ergonomischen Kriterien können wir folgendes feststellen:

Ein- und Ausstieg ist beim Knickschlepper am besten ausgeführt, beim Radschlepper IMT annehmbar und beim Raupenschlepper ungeeignet, weil der Schlepperfahrer über Raupen und Kotflügen einsteigen muss. Der Arbeitsraum ist bei beiden Radschleppern geradezu günstig gebildet und genügend gross, beim Raupenschlepper ist er aber entscheidend zu klein. Der Schleppersitz ist entsprechend beim Raupenschlepper, zufriedenstellend beim Knickschlepper und schlecht beim Radschlepper IMT. Die Kontrollinstrumenten sind bei allen Schleppern entsprechend. Die langsame Arbeit beim Holzrücken erfordert nämlich keine besondere Instrumente. Die Bedienungselemente sind am besten gestaltet beim Knickschlepper, wo sie auch in optimalem Betätigungsraum liegen. Bei beiden adaptierten Schleppern ist das Gebrauch der Handhebel der Winde besonders schwer, weil sie hinter dem Rücken liegen und für ihre Betätigung auch zu grosse Kräfte notwendig sind. Für die Beurteilung der Sichtbarkeit sind die Fragen der Checkliste weniger geeignet. Aus dem unsichtbaren Raum neben dem

Schlepper schliessen wir, dass der Raupenschlepper die beste, der Radschlepper IMT-558 aber die schlimmste Sichtbarkeit hat. Die gesundheitsschädliche Einflüsse der Arbeitsumgebung sind bei allen Schleppern gross, wir müssen doch beim Raupenschlepper ohne Kabine die ungünstige klimatische Verhältnisse und hohe Schwingungen, beim Knickschlepper aber den hohen Lärmpegel besonders betonen. Die Arbeitsbeanspruchung der Fahrer ist nicht übertrieben, weil sie während der Arbeit genügende Arbeitspausen nehmen können. Es ist wahrscheinlich, dass die körperlich anspruchsvollste Arbeit beim Knickschlepper und relativ leichteste Holzrücken mit Raupenschlepper ist. Die Arbeitssicherheit ist am besten gesichert beim Knickschlepper und sehr schlecht beim Raupenschlepper, der keine Sicherheitskabine hat. Die Arbeitsanweisungen sind nur an dem Knickschlepper vorhanden. Die tägliche Wartung und Reparaturen kann man relativ einfach bei beiden adaptierten Schleppern ausführen, weil man alles vom Boden machen kann. Beim Knickschlepper muss man auf glatte Oberflächen aufsteigen und schwere Lasten heben. Insgesamt können wir sagen, dass der Knickschlepper am besten dem Arbeiter und seinen Fähigkeiten, der Raupenschlepper aber am schlechtesten angepasst ist.

Für einzelnen Schlepper stellen wir mit Hilfe der Checkliste fest, was für den Mensch auf dem Schlepper am wenigsten günstig ist. Die Vorschläge für technische Ausbesserungen kommen manchmal schon von selber vor. Die technische Ausführung ist nicht immer einfach, weil das Holzrücken auch geeignete technologische Eigenschaften des Schleppers verlangt. Man müsste sich vielleicht auch mit kleinen Verschlechterungen der technologischen Eigenschaften zu Gunsten der besseren Anpassung dem Arbeiter abzufinden, was aber meistens nicht notwendig ist.

Aksialne vibracije	239,241,242,244,267,279
Bremena lesa pri spravilu	198,199,200,201,202,204,223,229,232, 260,299
Cikličnost obremenitev	219,221,282,284
Delovišča spravila lesa s traktorji	197,213,218,253,267
Delovne razmere	186,197,222,253,280,298,299,304
Dimenzija sedeža traktorja	326
Ekvivalentna jakost ropota	187,188,208
Ergonomske vprašalne pole	322
Ergonomske značilnosti	176,322,334,335,340
Frekvenčna analiza ropota	181,187,189,190,191,192
Frekvenčna analiza vibracij	238,240,263,264,275,282
Frekvenčne porazdelitve jakosti ropota	213
Frekvenčne porazdelitve jakosti vibracij	307
Gibalno polje	327-330
Hitrost vibracij	238
Hitrost vožnje	223,232,281,299
Horizontalne vibracije	241,242,244,267,279,294
Hrup okolice	185,186
Izboljšave ergonomskih značilnosti	339
Jakost ropota	181,187
Jakost vibracij	238
Koeficient naklona vlak	198,199,200,201,223,228,232,255
Kontrolni instrumenti	333
K- vrednosti	244
Lastna frekvenca	240
Longitudinalne vibracije	239
Maksimalni pospeški	314
Meja zmanjšane delovne sposobnosti	264
Meja zmanjšane udobnosti	264
Merilni instrumenti ropota	183,184
Merilni instrumenti vibracij	245,247,248
Meritve ropota	183,184,185
Meritve vibracij	246,248
Navodila za upravljanje	335

s t r a n :

Nega in popravila	335
Obdelava podatkov	187,253
Obrati motorja	187,193,194,195,196
Obremenitev z ropotom	183,205,208,209,210,212,218,222, 224,232
Obremenitev z vibracijami	262,266,289,294,296
Obseg spravila s traktorji	176
Odmik vibracij	238
Organizacija dela	178,198,199,200,201,226,230, 254,294
Pospešek vibracij	238
Razporeditev ročic in pedalov	327-330
Ropot traktorjev	181
Sile za premik ročic in pedalov	331,332
Smer vibracij	238
Snemanja časa in učinka	186,202,205,250,260
Spravilne razdalje	198,199,200,201,223,227,232
Standardi dopustnih meja obremenitev	209,210,211,213,214,215,216,217, 218,244,319,263
Struktura delovnega časa	205,206,207,257,281
Sunki	316
Škodljivost vibracij	244
Tehnične lastnosti traktorjev	178,180,323
Tehnologija dela, delovne operacije	177,208,223,232,267,281
Trajanje izpostavljenosti	181,187,213,238
Traktorji za spravilo lesa	177
Traktorska kabina	326,328-330
Traktorske vlake	322,331,256
Transverzalne vibracije	239
Variabilnost izmerjenih vrednosti	218,220,281,293
Varnost	179,335,336
Vektor vibracij	267,282,287
Vertikalne vibracije	239,241,242,243,244,263,267,291,294
Vidno polje	328-330,332,335
Vstop na traktor	325,328-330
Zahtevnost dela	179
Zgornja meja izpostavljenosti	262

POPRAVEK :

Dr. Milan Piskernik:

PLEVELNA VEGETACIJA GOZDNIH IN NJIVSKIH OKOPAVIN V NIŽINSKIH
PREDELIH SLOVENIJE

Zaradi nečitljivosti te fitocenotske tabele v Zborniku gozdarstva in
lesarstva L.20, št.1, str. 89 - 91, Ljubljana 1982, jo objavljamo
ponovno v ustreznejši obliki.

Oxř : 302:307:375

izvırno znanstveno delo

dr. Marjan LIPOGLAVŠEK, dipl. inř. gozd.
VTOZD za gozdarstvo BF, Univerze E. Kardelja
v Ljubljani, Večna pot 83

Bořtjan KOŠIR, dipl. inř. gozd.
VTOZD za gozdarstvo BF, Univerze E. Kardelja
v Ljubljani, Večna pot 83

ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI TRAKTORJEV ZA SPRAVILO LESA

Študija ugotavlja obremenitve delavcev z ropotom in vibracijami pri mehaničnem spravilu lesa. Delovne razmere in časovno strukturo pri obsežnih slemenjih ropota in vibracij traktorjev primerja z obsegom in načinom mehaniziranega spravila v Sloveniji. Ugotovljeni ropot v mirovanju in obremenitev traktorista z njim pressaga z mednarodnim standardom dovoljene meje pri traktorju kolesniku IMT, pri goseničarju FIAT in zlasti močno pri zgibniku Timberjack.

Proučene so predvsem vertikalne vibracije na sedežu traktorjev. Naj večje so obremenitve traktorista z njimi pri spravilu lesa z goseničarjem. Celovita proučitev ergonomskih značilnosti tren traktorjev pokaže, da je zgibnik najbolj, goseničar pa najmanj prilagojen delavcu.

Avtorjev izveček

Zbornik gozdarstva in lesarstva 20/82

Oxf.: 302:307:375

Original scientific paper

Dr. Marjan LIPOGLAVŠEK, dipl. ing.
VT0ZD za gozdarstvo BF, Univerze E. Kardelja
61000 Ljubljana, Večna pot 83, YU

Boštjan KOŠIČ, dipl. ing.
VT0ZD za gozdarstvo BF, Univerze E. Kardelja
61000 Ljubljana, Večna pot 83, YU

ERGONOMIC PROPERTIES OF SKIDDING TRACTORS

The authors analyze the impact caused by noise and vibrations, experienced by workers at the mechanized wood skidding. Working conditions and time structure stated by means of extensive noise and vibration measurements are compared with the amount and kinds of skidding in Slovenia. The noise of tractors and the impact on the workers caused by it surpasses, in the cases of the caterpillar tractor FIAT, of the universal tractor IMT 556, and especially of the Timberjack the ISO standards.

A special emphasis is given to the research of vertical seat vibrations occurring at tractor skidding. The highest vibration impact has been stated for the caterpillar tractor FIAT. The general investigation of all ergonomic properties proves the best suitability of the Timberjack and the worstest one of the caterpillar tractor.

Author's abstract