

INŠTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO
PRI BIOTEHNIŠKI FAKULTETI V LJUBLJANI

ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI
MEHANIČNIH SREDSTEV ZA SPRAVILO
LESA

ELABORAT

LJUBLJANA 1980

Ox. 305/306 : 375 : (497.12)

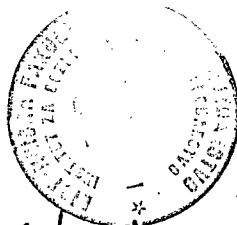
E 154

INŠTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO
PRI BIOTEHNIŠKI FAKULTETI V LJUBLJANI

ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI MEHANIČNIH SREDSTEV ZA SPRAVILO LESA

Elaborat

Ljubljana, 1980



E/154

UDK: 634.0.302:634.0.307:634.0.375

ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI MEHANIČNIH SREDSTEV ZA SPRAVILO LESA

S i n o p s i s

Študija ugotavlja obremenitve delavcev z ropotom in vibracijami pri mehničnem spravilu lesa. Delovne razmere in časovno strukturo pri obsežnih snemanjih ropota traktorjev in žičnih žerjavov ter 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. Največji je ropot pri spravilu lesa z žičnimi žerjavi navzdol, nekaj manjše pa so obremenitve žičničarjev z ropotom pri spravilu lesa navzgor.

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.

ERGONOMISCHE EIGENSCHAFTEN DER MECHANISCHEN HOLZRÜCKEMITTELN

S y n o p s i s

Es sind die Beanspruchungen der Arbeiter mit Lärm und Vibration bei mechanisierter Holzlückung untersucht. Die Arbeitsverhältnisse und Zeitstruktur bei umfangreichen Lärm- und Vibrations-Aufnahmen sind mit dem Umfang und Art der Rückung in Slowenien verglichen. Der Traktorlärm und die Belastung der Arbeiter mit ihm ist beim Raupentraktor FIAT, beim Universaltraktor IMT 558 und besonders beim Knickschlepper Timberjack grösser von dem, was ISO Standard erlaubt. Die grösste Lärm-Belastung ist bei der Holzlückung mit Seilkränen bergab, etwas niedriger bei Seilrückung bergauf.

Es sind vor allem die vertikale Sitzschwingungen bei der Schlepperrückung untersucht. Die grösste festgestellte Belastung des Arbeiters mit Vibration ist bei der Rückung mit Raupenschlepper FIAT. Die allgemeine Untersuchung von allen ergonomischen Eigenschaften zeigt, dass der Knickschlepper am besten, der Raupenschlepper aber schlecht dem Mensch angepasst ist.

V S E B I N A

	Str.
P R E D G O V O R	1
1. NAČIN DELA IN OBSEG MEHANIZIRANEGA SPRAVILA LESA V SLOVENIJI	3
Literatura	10
2. ROPOT PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI IN ŽIČNIMI ŽERJAVI	11
2.1 Metodika raziskave	13
2.1.1 Uporabljeni merilni inštrumenti	13
2.1.2 Snemanja časa, učinkov in delovnih razmer	16
2.1.3 Obdelava podatkov	18
2.2 Ropot traktorjev	20
2.2.1 Frekvenčna analiza ropota	20
2.2.2 Ropot in število obratov motorja	23
2.2.3 Delovne razmere na deloviščih spravila lesa s traktorji	26
2.2.4 Obremenjenost traktorista z ropotom pri spravilu lesa s traktorjem	37
2.2.5 Porazdelitev jakosti ropota v delovnem času	41
2.2.6 Vplivi delovnih razmer na obremenitev traktorista z ropotom	45
2.2.7 Povzetek in zaključki o ropotu traktorjev	54
2.3 Ropot pogonskih strojev žičnih žerjavov	58
2.3.1 Delovne razmere pri snemanju ropota žičnih žerjavov	58
2.3.2 Frekvenčne analize ropota žičnih žerjavov	61
2.3.3 Obremenjenost strojnika z ropotom med delom	65
2.3.4 Povzetek ugotovitev in zaključki o ropotu žičnih žerjavov	77
Literatura	82
3. TRESENJE PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI	85
3.1 Uvod	85
3.2 Vibracije v odnosu traktor - voznik	86
3.3 Dosedanje raziskave in hipoteza	89
3.4 Metodika	93

3.4.1	Inštrumenti	93
3.4.2	Merjenje vibracij	96
3.4.3	Vzporedne meritve	99
3.4.4	Priprava podatkov za obdelavo	101
3.4.5	Obdelava podatkov	102
3.5	Delovne razmere med snemanjem vibracij	104
3.5.1	Izbrana delovišča	104
3.5.2	Struktura posnetih časov	108
3.5.3	Učinki spravila lesa s traktorji pri merjenju vibracij	111
3.6	Rezultati raziskave	113
3.6.1	Standard ISO 2631	114
3.6.2	Frekvenčne analize	116
3.6.3	Obremenjenost traktorista z vibracijami po deloviščih	119
3.6.4	Primerjava traktorjev na istem delovišču	126
3.6.5	Gibanje jakosti vibracij v ciklusu in delovnem dnevu	129
3.6.6	Različnost jakosti vertikalnih vibracij med traktorji in operacijami	132
3.6.7	Vpliv organizacijske oblike dela in strukture produktivnega časa na obremenjenost traktorista z vertikalnimi vibracijami	137
3.6.8	Odvisnost jakosti vertikalnih vibracij od nekaterih delovnih razmer	140
3.6.9	Frekvenčne porazdelitve pospeškov vibracij v času, ko traktorist sedi na traktorju	158
3.7	Zaključki in sklepi	164
	Literatura	169
4.	ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI TRAKTORJEV	171
4.1	Opis, dimenzije in tehnični podatki traktorjev	172
4.2	Dimenzije vstopa na traktor	174
4.3	Velikost kabine in dimenzije sedeža	175
4.4	Razporeditev ročic in pedalov	176
4.5	Vidno polje	178

	Str.
4.6	
Celovitost ergonomskih značilnosti traktorjev	180
Literatura	187
SEZNAM TABEL	188
SEZNAM GRAFIKONOV	193
PRILOGE 1 - 3	

P R E D G O V O R

Pričujoči elaborat je zaključna študija raziskovalne naloge "Ergonomske značilnosti mehaničnih spravilnih sredstev v naših razmerah", ki jo je IGLG opravil v letih 1975 - 1979. Nalogo so finansirale 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 Pühek, 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, Tolmin in GŠC Postojna.

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

Pričujočo študijo je napisalo več avtorjev. Nosilec naloge M. Lipoglavšek je napisal uvodni del, poglavje o metodiki dela in o ropotu traktorjev ter poglavje o ergonomskih značilnostih traktorjev. Poglavje o tresljajih traktorjev je sestavil ing. B. Košir, poglavje o ropotu strojev žičnih žerjavov pa ing. M. Hladnik v obliki diplomske naloge pri študiju gozdarstva. V okviru teh raziskav je nastala tudi diplomska naloga ing. A. Goloba: "Izpostavljenost traktorista ropotu pri spravilu lesa z goseničarjem FIAT 505 C", iz katere vključuje ta študija tudi pomembne ugotovitve. Obe diplomski nalogi sta bili nagrajeni s Prešernovo nagrado za študente na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Skice in grafikone v študiji so risali B. Košir, M. Hladnik in I. Koren.

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 boljši. Če ugotovimo pomanjkljivosti na stroju, ki ogrožajo delavčevo zdravje in varnost ter jih ne moremo odpraviti, moramo delavca zavarovati s primernimi ukrepi (tudi z osebno varstveno opremo), ki so odvisni od oblike in velikosti škodljivega vpliva na delavca.

Cilj te naloge je ugotoviti ergonomske značilnosti mehaničnih pravilnih sredstev, 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 najpomembnejšimi 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 209D, 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 spravilne 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 m.

Razvoj spravila lesa s traktorji se je začel v Sloveniji leta 1960. Delovna sredstva in tehnologija dela sta doživela vrsto sprememb. Najprej so z adaptiranimi kolesniki (Ferguson 35) posnemali spravilo z živino. Na drog ali kasneje na jarem so obešali kratke sortimente z verigami, ki so bile s kvakami zabite v hlod. Prednji traktorski vitel je rabil za zbiranje lesa, za obtežitev in za pomoč traktorju pri premagovanju strmin. Uporabljali so tudi priključke, na katere je bilo treba les naložiti ali predhodno pripraviti tovor - traktorske sani, traktorski oplen in traktorske polprikolice. Kasneje so se uveljavili vitli na zadnjem delu traktorja, ko les med vožnjo visi na vrvi vitla. Tudi delo z goseničarji se je podobno spreminjalo. Najprej so z verigami vezali posamezne kose, ki so jih ka-

sneje naložili na nizko sankalno ploščo. Zadnji vitel je bil najprej pri tleh, sedaj pa je najvišje na traktorju, da je prednji del oblovine dvignjen od tal. Nazadnje so traktorju dodali fiksno zadnjo zaščitno desko in hidravlično prednjo odrivno desko. Z zgibnimi gozdarskimi traktorji se je pojavil poseben način vezanja oblovine - sistem naveze, ki ga sedaj uporabljajo vsi traktorji za spravilo.

V začetku so traktorji spravljali predvsem kratko debelo oblovino oziroma gozdné lesne sortimente, predvsem hlode (do 4 m dolžine). Z uporabo močnejših, večjih traktorjev je bilo možno spravljeti 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. Drogen les tako pri iglavcih kot pri listavcih spravljamo v dolgem obtem stanju in ga kasneje dodelujemo. Tehnologija 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 vlaki 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 vlaki 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 povprečno 18 - 24% produktivnega časa. Vožnje traktorja predstavljajo na povprečni 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.

Za spravilo z žičnimi žerjavi uporabljamo (REMIC 1978) okrog 40 motornih vitlov in vozičkov najrazličnejših znamk, tipov in moči. Uporabljajo jih predvsem štiri gozdna gospodarstva: Bled, Kranj, Nazarje in Tolmin. Poprečna dolžina nosilne vrvi žičnega žerjava znaša 540 m. Zaposleni so le poprečno 5 mesecev v letu in jih poprečno premaknejo z delovišča na delovišče 4,7 krat. Po podatkih SGG Tolmin (PAPIČ) delajo žičničarji samo 36% (1976) letnega delovnega časa pri konkretnem spravilu lesa. Z žičnimi žerjavi je bilo v letu 1978 spravljenega le okrog 52.000 m³ lesa ali okrog 1300 m³ na en žični žerjav.

Tehnologija dela z žičnimi žerjavi je zaradi tega, ker les potuje po žici, dvignjen od tal, obešen na voziček, vezana le na spravilo krajših kosov lesa ali sortimentov do največ 8 m dolžine. Spravilo lesa poteka navzgor do slemenskih cest ali po žični vrvi navzdol na ceste po dolinah. Zlasti pri montaži pa tudi pri delu se obe smeri spravila med seboj precej razlikujeta. Montaža in demontaža žerjava na vsaki trasi spravila je zahtevno delo in vzame tudi veliko delovnega časa. Pri spravilu lesa z žičnimi žerjavi se delo prav tako odvija v ciklusih. Štiri osnovne delovne operacije (prazna vožnja, zbiranje, polna vožnja, odpenjanje) lahko podrobno razdelimo na več elementov dela, ki se med seboj razlikujejo. Najprej dvignemo kljuko za pripenjanje tovora od tal do vozička, nato voziček potuje v sečišče in se zaustavi. Kljuko spuste do tal, kjer jo delavec prime in razvleče do sortimentov. Ko oblovino priveže, se elementi razvlačevanja vrvi ponove v obratnem zaporedju s tovorom obešenim na vrvi. Ko tovor pride na skladišče, ga delavec odpne in včasih še odvleče vstran ali sortira.

Pri delu z žičnimi žerjavi računamo, da znaša dodatni čas okrog 30% delovnega časa. Organizacija dela z žičnimi žerjavi je najpogosteje taka, da poleg strojnika sodelujejo še trije delavci (1+3). Dva razvlačujeta vrv v sečišču in veže ta les, eden pa les odpenja. Na nekaterih trasah je mogoče tudi, da les veže samo eden (1+2).

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 kp/cm ²	0,32 kp/cm ²		0,27 kp/cm ²
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

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 kabino RIKO, z Igländ 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 Igländ 3000 ali 5000, s trdno pritrjeno zaščitno desko in s hidravlično RIKO odrivno 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. Tehnični podatki proučevanih pogonskih strojev žičnih žerjavov pa so navedeni v poglavju o njihovem ropotu (poglavje 2.3).

Pri proučevanju ergonomskih značilnosti traktorjev smo skušali obravnavati vse njihove značilnosti s posebnim poudarkom na ropotu in vibracijah, ki najbolj ogrožata zdravje traktoristov. Pri žičnih žerjavih pa smo se zaradi velike pestrosti in relativno manjše uporabe odločili, da bomo najprej proučili le najškodljivejši ropot.

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 obratne.

Z meritvami obremenitev delavcev med delom smo te ocene bolj ali manj potrdili. V nadaljevanju študije obravnavamo ropot traktorjev, ropot pogonskih strojev žičnih žerjavov, tresenje traktorjev in ergonomske značilnosti traktorjev v celoti. Predlagamo pri posameznih poglavjih tudi različne ukrepe za izboljšanje prilagodjenosti dela človeku, za humanejše delo pri spravi lesa.

L I T E R A T U R A

Literaturo in vire navajamo ločeno po posameznih poglavjih pritistem poglavju, kjer je največ podatkov nekega dela. Vire, ki so bili uporabljeni pri več poglavjih, navajamo samo enkrat.

- ARH B.: Spravilo lesa s traktorji goseničarji v gorenjskih razmerah BF, Ljubljana 1974, seminarska naloga
- KOCIJANČIČ M.: Ocena zdravstvenega stanja traktoristov v gozdarstvu Slovenije na podlagi analize rezultatov periodičnih zdravstvenih pregledov IGLG, Ljubljana 1981, elaborat
- KRIVEC A.: Temelji znanstvene organizacije dela v gozdni proizvodnji BF, Ljubljana 1973, skripta
- KRIVEC A.: Preučevanje mehanizacije transporta lesa IGLG, Ljubljana 1967
- KUMER P.: Delovni in življenjski pogoji gozdarskih traktoristov Poškodbe gozdarskih traktoristov IGLG, Ljubljana 1981, elaborat
- LIPOGLAVŠEK M.: Opis dela, škodljivosti in zahtevnost dela pri spravilu lesa s traktorji IGLG, Ljubljana 1981, elaborat
- REMIC C.: Stanje mehanizacije v izkoriščanju gozdov SR Slovenije koncem leta 1978 IGLG, Strokovna in znanstvena dela št.63, Ljubljana 1979
- 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
- Prospekti za traktorje FIAT 505, IMT 558 in TIMBERJACK

2. ROPOT PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI IN ŽIČNIMI ŽERJAVI

Ropot, ki ga povzročajo mehanična pravilna sredstva, je zelo pomembna ergonom- ska 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. Fizi- kalno merimo jakost zvoka z decibeli (dB). Decibel je definiran z razmerjem merjenega tlaka zvoka in mejnega zvočnega tlaka, ki ga ravno še zazna človeko- vo 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, pa je manjša. Da bi jakost ropota lahko merili, prilagodimo 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. Pri žičnih žerjavih je bila ugotovljena najvišja jakost ropota v gozdarstvu (WENCL). O obremenitvah delavca z ropotom v vsem delovnem dnevu pa razen pri sečnji in izdelavi z motorko ni veliko znanega. Ravno ugotovitev obremenjenosti strojnikov z ropotom pri spravilu lesa s traktorji in žičnimi žerjavi je namen pričujoče raziskave. 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. Pri žičnih žerjavih smo tudi raziskali ropot treh vrst strojev: stroji s pogonskim motorjem Wachalowski, Lombardini in Urus. 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 ali pogonskega stroja žičnega žerjava 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. Pri traktorjih smo te meritve izvršili na skladišču v gozdu ob kamionski cesti ali v enem primeru na prostranem dvorišču delavnice, pri žičnih žerjavih pa tam, kjer so bili postavljeni: v gozdu ali ob kamionski cesti. Obremenitev strojnika z ropotom smo ugotavljali z merjenjem in zapisovanjem jakosti ropota ob njegovem ušesu med več celotnimi ciklusi dela. Jakost ropota smo merili ločeno za posamezne elemente dela in posamezne cikle dela. V odmorih med ciklusi 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

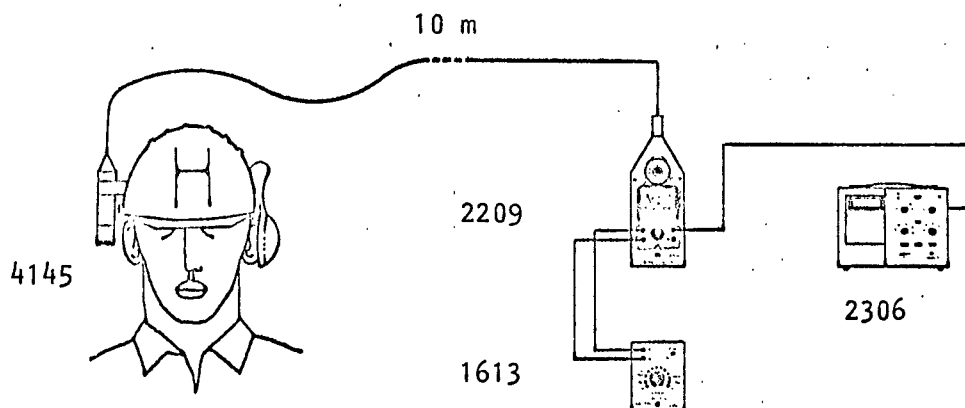
Za merjenje in beleženje ropota smo uporabili naslednje instrumente:

- kondenzijski mikrofoni 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 kabli kot prikazuje skica.

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. Pri strojih žičnih žerjavov je škatla stala na tleh ob stroju. Pri merjenjih ropota žičnih žerjavov pri spravi lesa navzdol so bili instrumenti zunaj škatle položeni na tla.

Graf. 1



Mikrofon B et K tip 4145, za katerega je bila izmerjena občutljivost 53,1 mV/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, 110 in redko na 120 dB. Pri nastavitvi 90 dB je bilo v povezavi s pisalцем 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 povoščen 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). Pistonfon 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 za beležili 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) po enačbi

$$y = b_0 + \frac{b_1}{x} + \frac{b_2}{x} + \frac{b_3}{x^2}$$

y = jakost ropota v dB

x = višina na zapisu

$b_0 - b_3$ = koeficienti enačbe

Odvisnost je korelacijska le zaradi netočnosti odčitavanja merilca in je bila vedno zelo blizu funkcijski odvisnosti ($r_{xy} = 0,99..$).

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 mikrofonski 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 mikrofonski 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 tekel pogosto v prostem teku ali pa je bil ugasnjen in strojnik se je oddaljil od vira ropota. Pri spravi s traktorji se je to pogosto dogajalo med zbiranjem in odpenjanjem lesa, pri spravi z žičnimi žerjavi pa le redko.

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 delovne operacije, ki jih vsebujeta oba priložena snemalna lista. Uporabljena je bila torej 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 omenjene snemalne liste ali pa smo elemente dela in čas samo

SNEMALNI LIST (za spravilo lesa s traktorji) Št.: _____

 Ime in priimek
snemalca: _____

 Datum snemanja: _____
Dan snemanja: _____

 Začetek snemanja: _____
Konec snemanja: _____

Zap. štev.	OPERACIJA	PRODUKTIVNI ČAS RAZDALJA IN NAKLONI						ZASTOJI NA DELU				
		I II III IV V VI						Okvare, popravila	Objektivni zastoji	Subjektivni zastoji	Odmori, oddih, fiziol. potrebe	Vzroki zastojev in okvar
		m										
1	2	3						4	5	6	7	8
1	Prazna vožnja traktorja											
2	Razvlačevanje prazne vrvi											
3	Vežanje oz. pripenjanje lesa											
4	Privlačenje lesa											
5	Vlačenje po vlakci											
6	Odvezovanje											
7	Rampanje											
8	Zastoji na delu med dvema ciklusoma											
9	Skupno trajanje 1 - 7											
10	Čas, ko motor ne dela											
11	Skupni obratovalni čas 1 - 7											

Vrste lesa in sortimentov

Dolžina (m)		
Premer (cm)		Skupaj kom:
Kubatura (m ³)		Skupaj m ³ :
Teža (t)		Skupaj t:

SNEMALNI LIST (za spravilo lesa z žičnimi žerjavji) Št.: _____

 Ime in priimek
snemalca: _____

 Datum snemanja: _____
Dan snemanja: _____

 Začetek snemanja: _____
Konec snemanja: _____

Zap. štev.	OPERACIJA	PRODUKTIVNI ČAS	ZASTOJI NA DELU				VZROKI zastojev in okvar
			Okvare in popravila na strojih	Drugi objektivni zastoji	Subjektivni zastoji	Odmori, oddih, fiziol. potrebe	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	SIDRANJE ALI MONTAŽA STROJA						
2	RAZVLAČEVANJE PRAZNE VRVI	od tal do vozička (m)					
		po nosilni vrvi (m)					
		od vozička do tal (m)					
		levo in desno od trase					
3	VEZANJE OBLOVINE						
4	VLAČENJE (VOŽNJA) BREMENA	od panja do trase (m)					
		od tal do vozička (m)					
		po nosilni vrvi (m)					
		od vozička do tal (m)					
5	ODVEZOVANJE IN ODLAGANJE SORTIMENTOV						
6	ZASTOJI MED DVEMA CIKLUSOMA						
7	SKUPNO TRAJANJE OPERACIJ	2 - 6					
8	ČAS KADAR MOTOR NE DELA	2 - 6					
9	SKUPNI OBRATOVALNI ČAS	2 - 6					

Dolžina spravila	(m)
Naklon terena	(%)
Vrsta lesa in sortimenta	

Dolžina posameznih komadov	(m)
Premer posameznih komadov	(cm)
Kubatura	(m ³)
Teža	(t)

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 cikel dela. Pri spravilu 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. Pri spravilu lesa z žičnimi žerjavi volumna kosov lesa nismo mogli ugotavljati, ker bi preveč motili potek dela, ampak smo le ugotavljali število kosov v posameznem tovoru.

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 okoliče.

Traktorskim vlakam smo z 25 metrskim merilnim trakom in padomerom izmerili podolžni profil z natančnostjo ± 1 m dolžine in $\pm 1\%$ naklona. Pri trasah žičnih žerjavov smo s padomerom izmerili naklon in ocenili dolžino trase.

Celotna snemanja ropota in časa sta opravila najmanj dva snemalca. Eden je snemal čas v sečišču in delno spremljal spravilo po vlaki oz. trasi. 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. Pri traktorjih sta oba skrbela za brezhibno delovanje merilnih instrumentov, pri žičnih žerjavih pa je oskrboval instrumente le eden, saj se niso premikali.

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 enačbe kalibracije (glej poglavje 2.1.1) 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 ciklikih 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 cikluse 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 jo izračunamo po obrazcu

$$L_{\text{ekv}} = \frac{q}{\log 2} \log \left(\frac{1}{T} \sum (t_i \cdot 10^{\frac{\log 2}{q} L_i}) \right) /$$

- L_{ekv} - ekvivalentna jakost ropota
- T - skupni čas izpostavljenosti ropotu
- t_i - trajanje ropota določene jakosti
- L_i - jakost ropota v časovnem intervalu t_i
- q - razpolovni faktor = 3

Pri obdelavi ropota pri spravilu lesa smo upoštevali $q = 3$ in računali ekvivalentno jakost ropota iz posameznih odčitkov po poenostavljenem obrazcu

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

- 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 Ropot traktorjev

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, vzdrževanja 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 med polnim plinom traktorjev, katerih ropot med delom smo merili na različnih deloviščih. Frekvenčne analize prikazujemo v tabelah⁴ in 5 in 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 normativne 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 do 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

FREKVENČNE ANALIZE ROPOTA TRAKTORJEV V PROSTEM TEKU MOTORJA

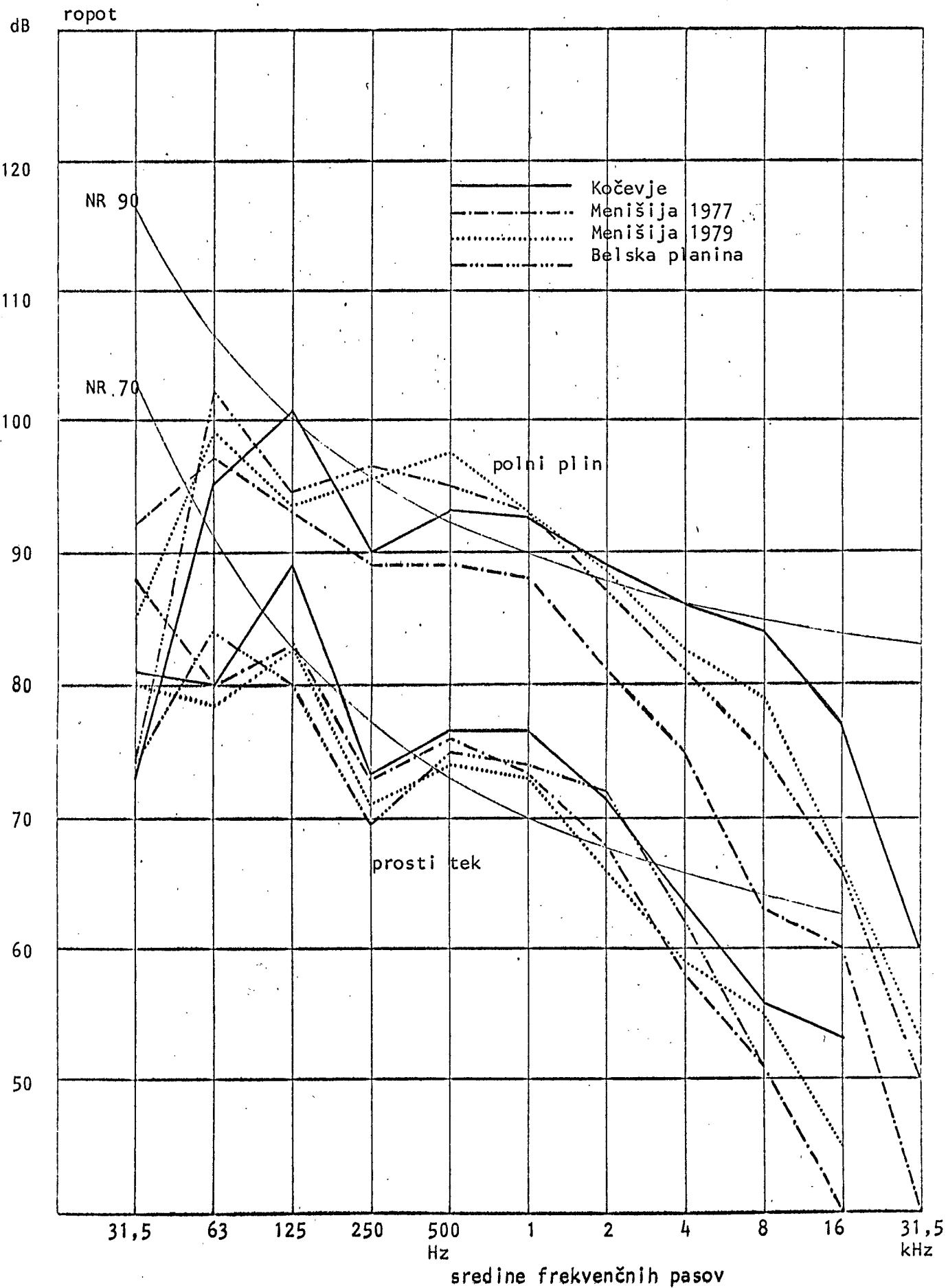
Tab.4

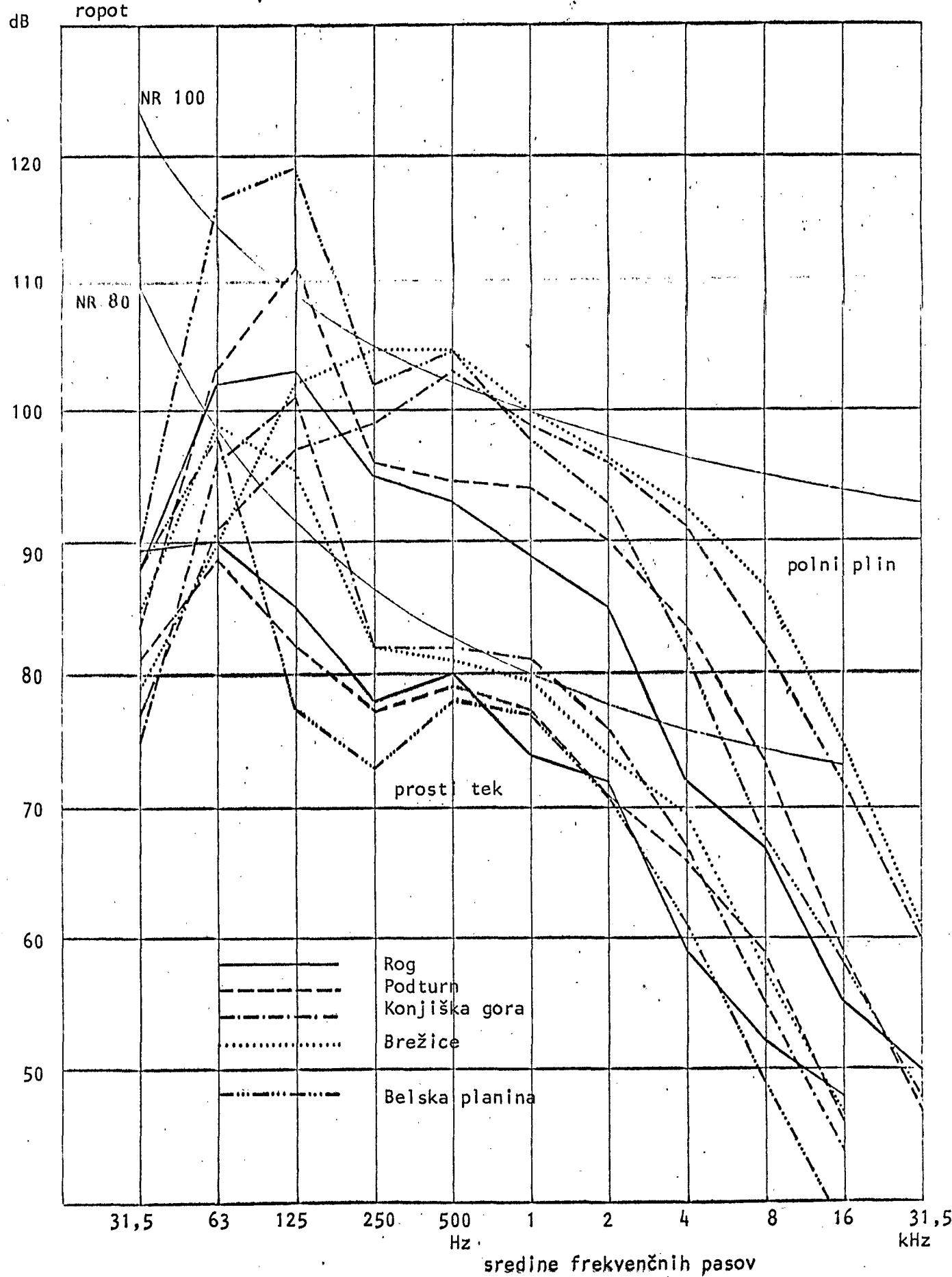
Traktor tip Delovišče	KOLESNIK IMT-558					ZGIBNIK TIMBERJACK					GOSENIČAR FIAT 505 C			
	Kočevje	Mašun	Menišija 1977	Menišija 1979	Belška planina	209D Rog	209D Podturn	208D Konjiška gora	208D Brežice	209D Belška planina	Komateura spomladi	Komateura poleti	Mrzli studeneč	Belška planina
Število obratov n/min	800	800	700		550							500	500	660
Sredina frekven- čnega pasu Hz	jakost ropota dB					jakost ropota dB					jakost ropota dB			
31,5	81	75	88	80	74	89,5	81	75	84,5	88	80	77	81	78,5
63	80	73	80	78,5	84	90	88,5	96	99	98	84	76	83	84,5
125	89	74	83	82,5	80	85	82	101	95,5	77,5	82	70	75,5	79
250	73,5	66	73	71	69,5	78	77,5	82	82	73	72	66	68	68
500	76,6	67	76	74	75	80	79	82	81	78	73	67	69,5	70
1000	76,5	64	73,5	73	74	74	77,5	81	79,5	77	71	67	70	73
2000	71,5	61	68	66	72	72	71	76	74	71	66	63	64	69
4000	63,5	54	58	59	62	59	66	67	69,5	61	60	60	60	61
8000	56	48	51	55	51	52	59	55	57,5	49	57	51	52	57
16000	53	41	40	45	40	48	46	44	46,5	38	45		50	48
linearno	90	88	91	86	87	104,5	91	102	101	99	88	81,5	86,5	88
filter A	79	78	77,5	77	78	85,5	82	90	83,5	80		71	72,5	76

FREKVENČNE ANALIZE ROPOTA TRAKTORJEV PRI POLNEM PLINU

Tab. 5

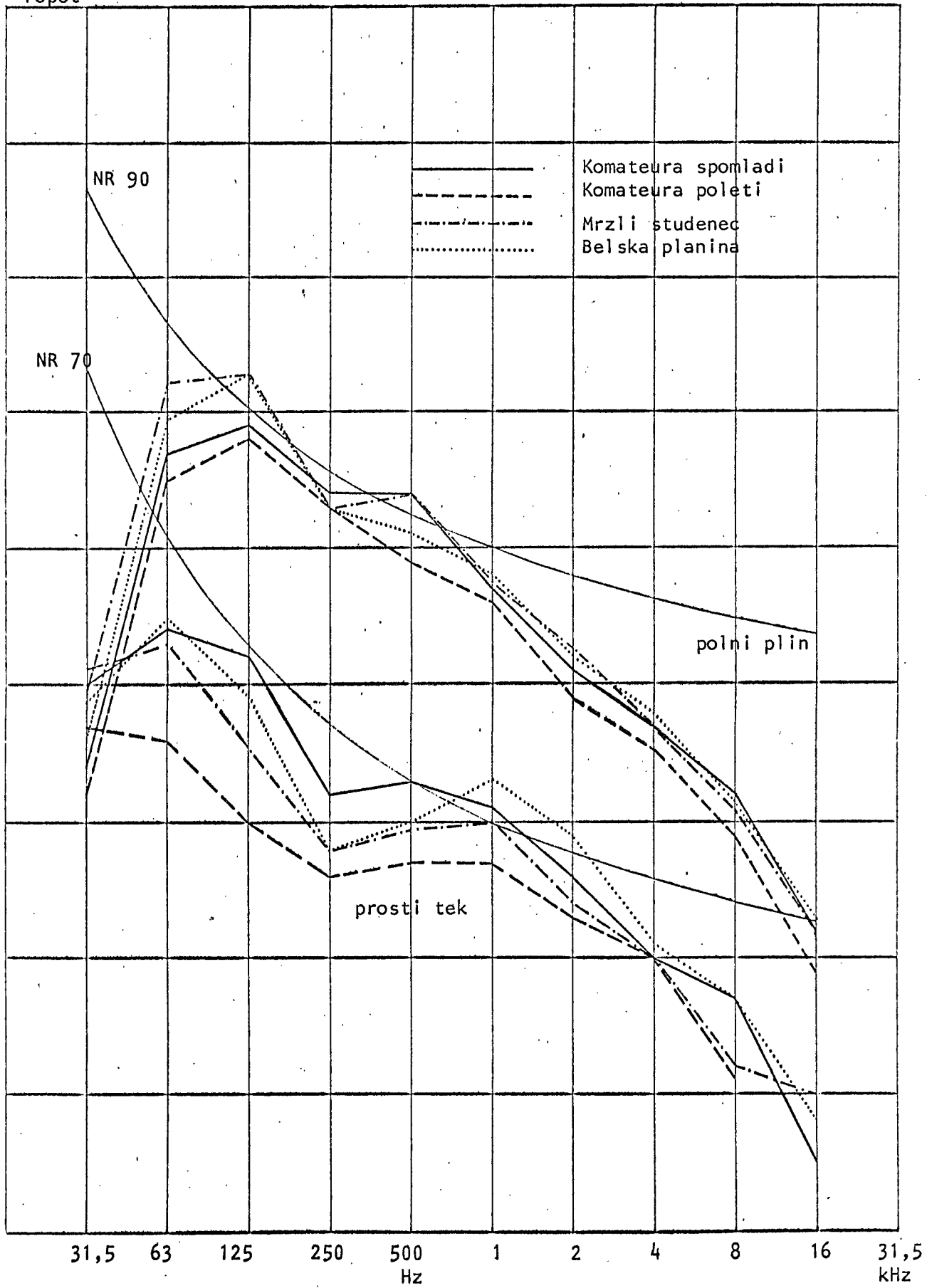
Traktor tip Delovišče	KOLESNIK IMT-558						ZGIBNIK TIMBERJACK					GOSENIČAR FIAT 505 C			
	Kočevje	Mašun	Menišija 1977	Selce	Menišija 1979	Belska planina	209D Rog	209D Podturn	208D Konjiška gora	208D Brežice	209D Belska planina	Komateura spomladi	Komateura poleti	Mrzli studenc	Belska planina
Število obratov n/min	2000	2000	2000	1800		2500						2680	2800	2640	
Sredina frekven- čnega pasu Hz	jakost ropota dB						jakost ropota dB					jakost ropota dB			
31,5	73	84	92	86	85	74	88	83,5	77	79	90	74	72	79,5	76
63	95	90	97	79	99	102	102	103	91	90	116,5	97	95	102	99,5
125	100,5	84	93	86	93,5	94,5	103	111	97	102	119	99	98	102,5	103
250	90	80	89	85	95,5	96,5	95	96	99	104,5	102	94	93	93	93
500	93	80	89	90	97,5	95	93	94,5	103	104,5	104,5	94	89	94	91
1000	92,5	77	88	88	93	93	89	94	99	100	98	87	86	87,5	88
2000	89	74	81	86	88,5	87	85	90	96	96,5	93	81	79	82,5	82
4000	86	69	75	79	82,5	81	72	83,5	91	92,5	81,5	77	75,5	77	78
8000	84	65	63	71	79	75	67	73,5	82	86,5	68	72	69	71	71,5
16000	77	56	60	58	67	66	55	59	72	75	58	62	59	62	63
31500	60	52	40	45	53	50	50	47	60	61	48				
linearno	102,5	101,5	101	95	102,5	104,5	116,5	111	107	109	121	102,5	101	106	105
filter A	94	91	91,5		96,5	97	103	99	102	105	104,5	93	92	95	93





dB

ropot



sredine frekvenčnih pasov

31,5
kHz

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 dvo-taktnim 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 izraziti 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 (in 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 škodljivo (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 izraziti 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 zavzame 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 števi-

lu 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, pasmo 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 v tabeli 6 in grafikonih 5-7.

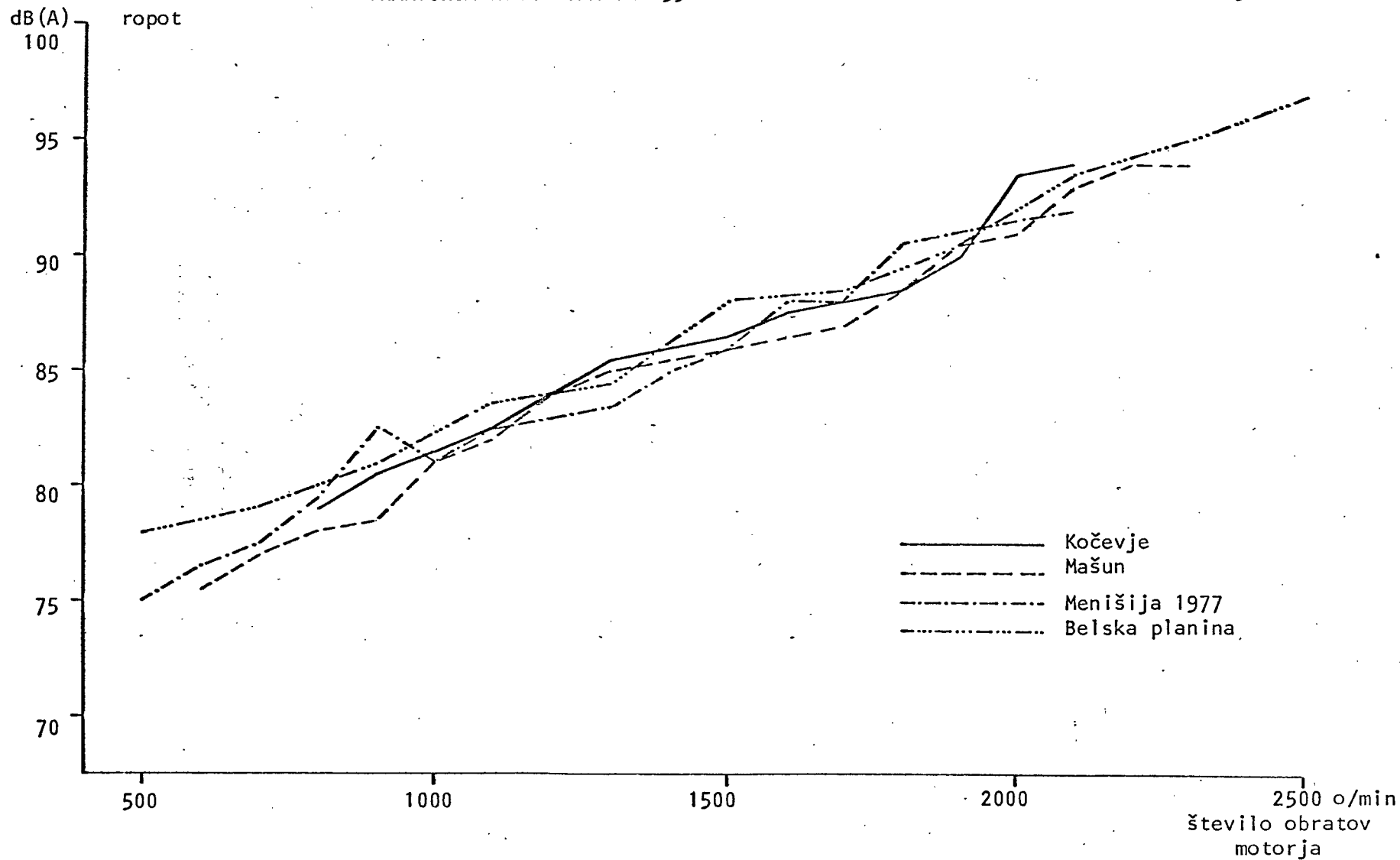
Ropot neobremenjenih traktorjev se s povečevanjem števila obratov povečuje pri večini traktorjev linearno. Pri posameznih traktorjih goseničarjih in posameznih zgibnikih (Mrzli studenec, Belska planina - FIAT, Rog, Konjiška gora) pa se ropot povečuje po blago upognjeni degresivni krivulji. To pomeni, 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.

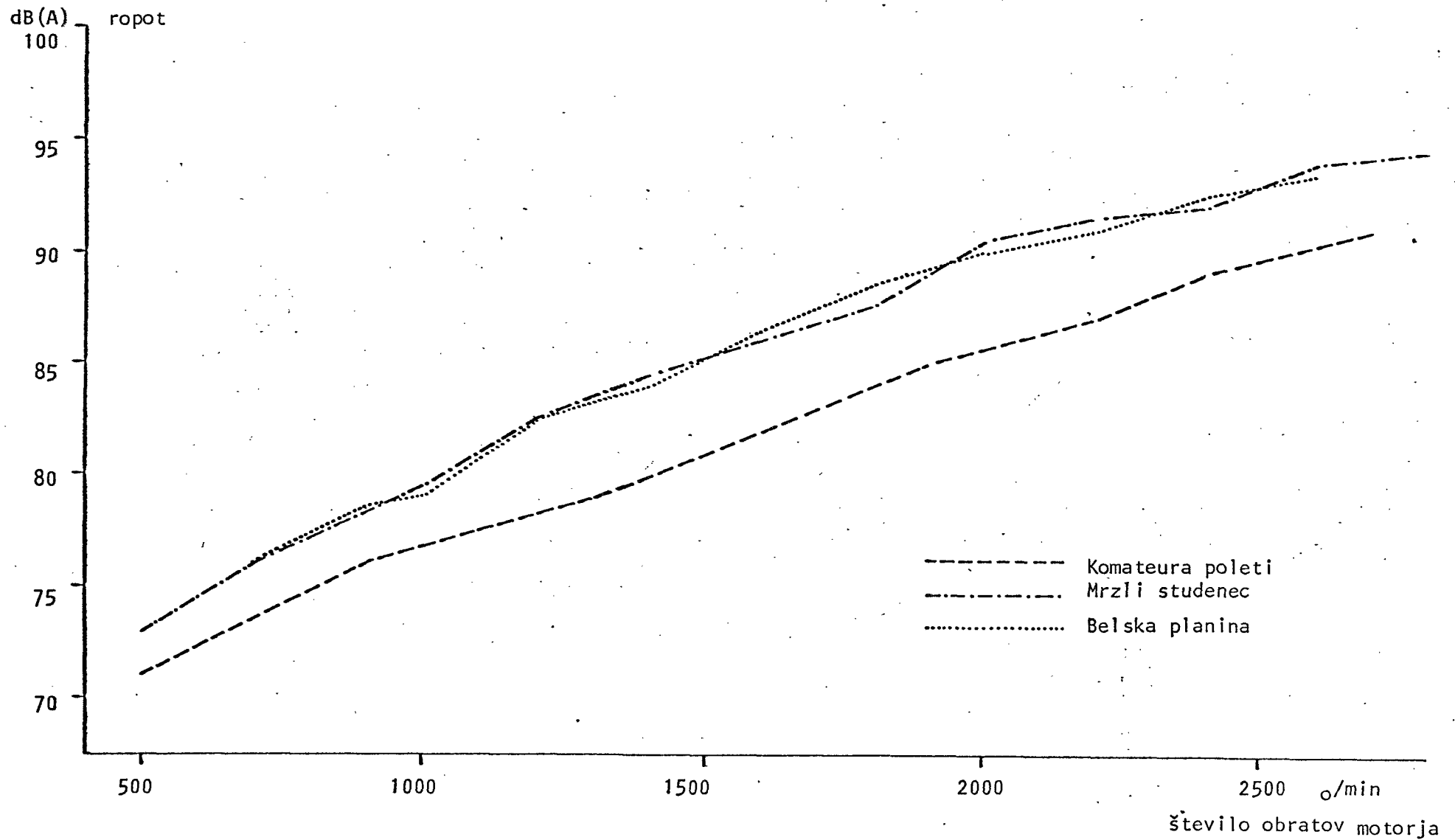
ODVISNOST JAKOSTI ROPOTA OD ŠTEVILA OBRATOV MOTORJA
TRAKTORJA KOLESNIKA IMT 558

Graf. 5



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

Graf. 6

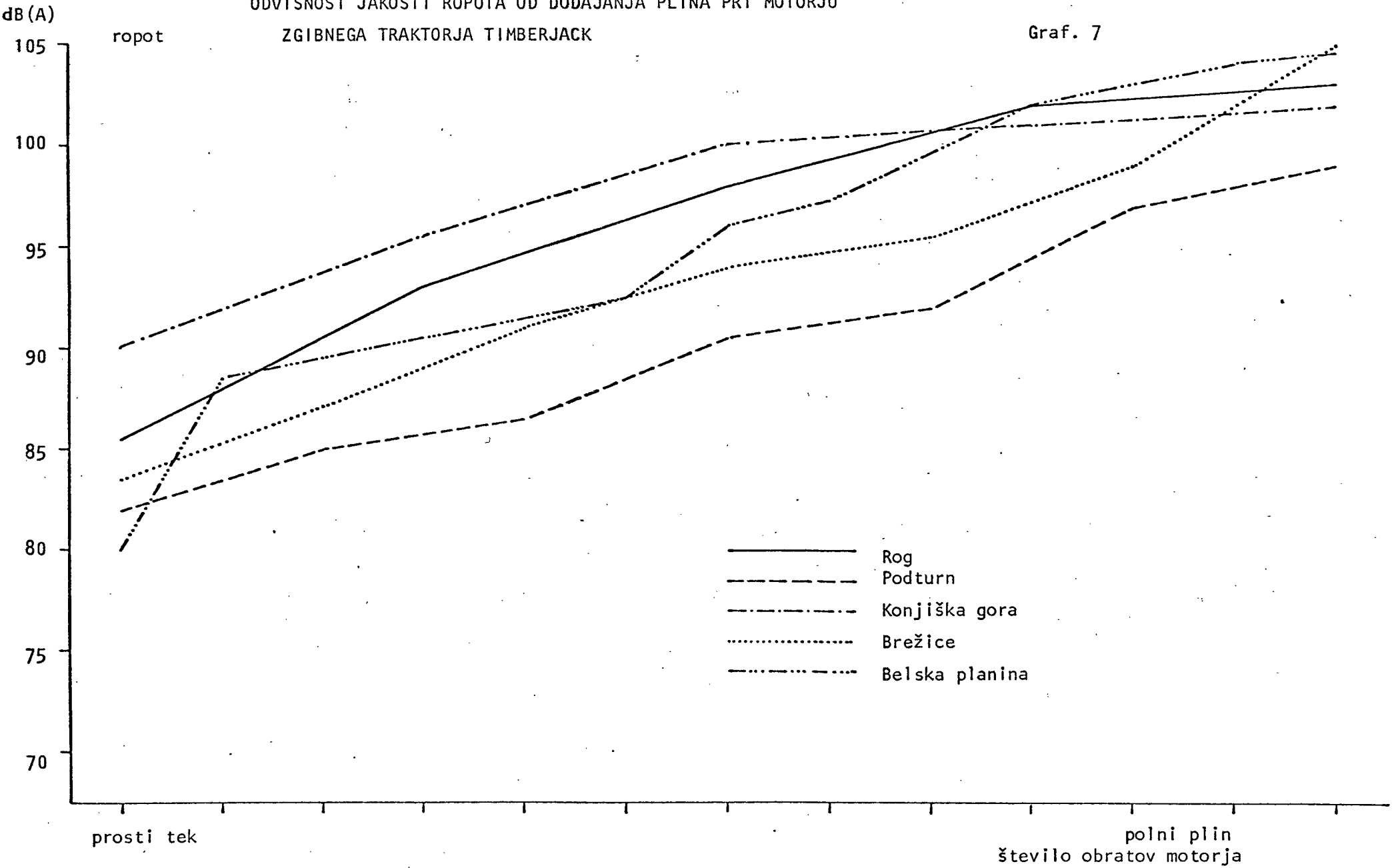


ODVISNOST JAKOSTI ROPOTA OD DODAJANJA PLINA PRI MOTORJU

Graf. 7

ropot

ZGIBNEGA TRAKTORJA TIMBERJACK



prosti tek

polni plin
število obratov motorja

ODVISNOST JAKOSTI ROPOTA TRAKTORJA OD ŠTEVILA OBRATOV MOTORJA

Tab. 6

Traktor Delovišče	KOLESNIK IMT-558					GOSENIČAR FIAT 505 C			ZGIBNIK TIMBERJACK 208 in 209D					
	Kočevje	Mašun (kabina)	Menišija 1977	Selce	Belska planina	Komateura poleti	Mrzli studenec	Belska planina	Rog	Podturn	Konjiška gora	Brežice	Belska planina	
Število obratov motorja n/min	jakost ropota dB(A)					jakost ropota dB(A)			jakost ropota dB(A)					
500			75			71	73							
600		75,5	76,5		78									
700		77	77,5		79		76	76	prosti	83,5	82	90	83	80
800	79	78	79,5						tek					
900	80,5	78,5	82,5	83	81	76		78,5						
1000	81,5	81	81				79,5	79			85		87	88,5
1100	82,5	82	82,5	84	83,5									
1200	84	84	83				82,5	82,5	93			95,5		90,5
1300	85,5	85	83,5	86	84,5	79								
1400	86	85,5	85				84,5	84			86,5		91	92,5
1500	86,5	86	86	92,5	88									
1600	87,5	86,5	88				86	86,5						
1700	88	87	88	92	88,5	83			98		90,5	100	94	96
1800	88,5	88,5	90,5				87,5	88,5						
1900	90	90,5	91	94	90,5	85								
2000	93,5	91	91,5				90,5	90			92		95,5	97
2100	94	93	92	97	93,5									
2200		94				87	91,5	91	102			101		102
2300		94		94,5	95									
2400				96		89	92	92,5			97		99	104
2500					97									
2600							94	93,5	polni					
2700						91			plin	103	99	102	105	104,5
2800							94,5							

2.2.3 Delovne razmere na deloviščih spravila lesa s traktorji

Za snemanja ropota traktorjev med delom oziroma ugotavljanje 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 cikle, 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 cikle snemanja ropota prikazujemo podatke o deloviščih, vlakah, organizacijski obliki dela, traktoristih in učinkih dela v tabeli 7. 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 bolje 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 spravilu drobnega lesa v Kočevju in pri spravilu 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 spravljen od 14 do 83 kosov ali skupaj

DELOVNE RAZMERE PRI SNEMANJU ROPOTA KOLESNIKA IMT 558

Tab. 7

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

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

Tab. 7a

Delovišče		Vlaka		Traktorist			Učinki spravila				
Krajevno ime	Število obdelanih ciklusov	Organizacijska oblika dela	Dolžina	Koeficient naklona	Začetnici	Starost	Delovna doba kot traktorist	Telesna višina	Vrsta lesa	Spravljena količina	
	št.		m	%		leta	leta	cm		št.	m ³
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	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
Belska 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. 7b

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

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 pravilna razdalja v Sloveniji (REMIC, 1978), namreč 777 m. Vlake so bile pretežno zemljate in suhe. Le del vlačke 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 spravljen 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 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 spravljen 15 do 109 kosov oziroma skupaj 223 ko-

PODATKI O POPREČNIH TOVORIH IN UČINKIH SPRAVILA LESA MED SNEMANJEM ROPOTA

Tab. 8

Traktor	KOLESNIK IMT 558							ZGIBNIK TIMBERJACK							GOSENIČAR FIAT 505 C								
	Kočevje	Mašin	Menišija 1977	Selce	Menišija 1979	Belska planina	Vsa delovišča	Širša snemanja	Rog	Podturn	Konjiška gora	Brežice	Belska planina	Vsa delovišča	Širša snemanja	Komateura spomladi	Komateura poleti	Mrzli studenec	Belska planina	Belska planina	Vsa delovišča	Širša snemanja	
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	0,76	0,60	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	6,1	6,2	7,1	7,8	21,8	5,0	3,6	9,3	10,5
Poprečna kuba- tura tovara	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	4,67	3,70	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	26,84
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	54,46	49,14	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	570	690	237	244	215	400	306

sov 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 8 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 s poprečji, ki so bila ugotovljena pri obsežnejših snemanjih (KRIVEC, MORI).

Kolesni traktor IMT-558 je spravljal les s poprečno kubaturo kosa 0,34 m³. 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 m³. Poprečna kubatura tovora se je gibala razen na izrednem delovišču v Selcah v ozkih okvirih od 2,26 do 2,86 m³. Dnevni učinki spravila so poprečno znašali 32 m³. 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 m³. Poprečni tovor je imel 6,1 kosov in kubaturo 4,67 m³. Po posameznih deloviščih je poprečna kubatura tovorov nihala med 3,44 in 5,94 m³. 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 m³ in v enem poprečnem tovoru je bilo 9,3 kosov lesa oziroma 1,62 m³ lesa. Tudi tu je poprečna kubatura tovora pri vlačanju lesa po posameznih deloviščih le malo nihala od 1,38 do 1,76 m³. 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 9.

PRIMERJAVA SNEMANJ ROPOTA S SNEMANJI UČINKOV

Tab. 9

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 spravilom 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 10-12 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 10-12 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 spravilu lesa z zgibniki

STRUKTURA ČASA PRI SNEMANJU ROPOTA
UNIVERZALNI KOLESNIK IMT-558

Tab. 10

Delovišča Elementi dela	Kočevje	Mašun	Menišija 1977	Selce	Menišija 1979	Belska 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
Vezanje	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. 11

Delovišča Elementi dela	Rog	Podturn	Konjiška gora	Brežice	Bel ska planina	Poprečno 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. 12

Delovišča Elementi dela	Komateura spomladi	Komateura poleti	Mrzli studenc	Bel ska planina	Bel ska planina primerjava	Poprečno 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

je bilo od 17-58% voženj, 19-46% zbiranja lesa in 3-16% del na skladišču ob kamionski cesti. Pri spravilu lesa z goseničarji je bilo potrebno za vožnje 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. Strukturo časa med snemanji ropota skušamo primerjati z drugod ugotovljeno strukturo časa na dva načina. V tabeli 13 jo enkrat primerjamo s poprečnimi podatki drugih časovnih snemanj v enakih delovnih razmerah in drugič s poprečno strukturo v poprečnih delovnih razmerah širših časovnih snemanj.

PRIMERJAVA ČASOVNE STRUKTURE

Tab. 13

Traktor	IMT 558			TIMBERJACK			FIAT 505 C		
	Snemanja ropota	Časovna snemanja enake popr. del.razmere (KRIVEC)		Snemanja ropota	Časovna snemanja enake popr. del.razmere (KRIVEC)		Snemanja ropota	Časovna snemanja enake popr. del.razmere (MORI)	
		% del.časa			% del.časa			% del.časa	
Prazna vožnja	18,2	22,9	25,0	23,5	30,1	26,6	28,3	19,7	16,8
Zbiranje lesa	26,7	18,4	15,3	25,4	12,7	17,7	20,5	28,4	31,2
Polna vožnja	20,4	22,5	25,3	23,9	30,8	26,6	22,8	20,2	18,7
Rampanje in odvezovanje	15,3	16,8	15,1	9,2	8,4	11,1	13,1	16,4	18,0
Produktivni čas	80,6%			82,0%			84,7%		
Trajanje ciklusa del.čas min	34,2	34,3	38,4	38,6	44,7	33,9	34,7	34,8	31,7
Spravilna razdalja m	400		545	700		463	400		306

Ta primerjava pokaže, da pomenijo pri snemanju ropota obeh kolesnikov vožnje manjši časovni delež, pri goseničarju pa večji delež kot pri drugih obsežnejših snemanjih. Na osnovi teh razlik lahko sklepamo iz ugotovljenih obremenitev traktorista z ropotom na obremenitve pri rednem vsakodnevem delu. Časovne strukture

se 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 14 - 16 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 poprečno v produktivnem pasu 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 spravilom 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. 17). Pri tem moramo upoštevati, da je v delovnem dnevu pri nas le 450 minut delovnega časa.

V tabelah 14-16 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

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

Tab. 14

Delovišča	Kočevje	Mašun	Menišija 1977	Selce	Menišija 1979	Belška planina	Poprečno 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	96,1	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. 15

Delovišča	Rog	Podturn	Konjiška gora	Brežice	Belška planina	Poprečno vsa delovišča
Elementi dela	L _{ekv} - dB(A)					
Prazna vožnja	101,1	100,2	99,8	102,6	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	100,8	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	99,2	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. 16

Delovišča	Belska planina primerjava					Poprečno vsa delovišča
Elementi dela	Komateura spomladi	Komateura poleti	Mrzli studenec L _{ekv}	Belska planina - dB(A)	Belska planina primerjava	Poprečno vsa delovišča
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. 18

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	101,1	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	90,6	100,0	97,1	100,0	89,0

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. 17

Največje dopustno dnevno trajanje ur	% del.časa	Jakost ropota	
		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 pravilu 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 pravilu s tem traktorjem lahko znašal le 114 minut ali manj kot dve uri. Tedaj traktorist ne bi bil preobremenjen z ropotom.

Pri pravilu lesa z zgibnikom so obremenitve med prazno in polno vožnjo na vseh deloviščih nad dopustnimi ISO mejami. Na posameznih deloviščih so obremenitve prevelike tudi med rampanjem lesa. V poprečju vseh snemanj 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 pravilu lesa z goseničarjem so obremenitve najmanjše in samo na posameznih deloviščih med vožnjama presegajo z ISO standardi dovoljene obremenitve. Obre-

menitve 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 spravilom lesa lahko bilo 35% ali 159 minut produktivnega časa, da obremenitev ne bi bila prevelika.

Iz teh primerjav vidimo, da pri spravilu lesa s traktorji obremenitve v vseh primerih presegajo človeku ugodnejše mednarodne meje obremenitev. Ker dnevnega produktivnega časa pri sedanji 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 18 primerjamo obremenitev traktoristov vseh treh vrst traktorjev med posameznimi operacijami, med produktivnim in med dnevnim delovnim časom.

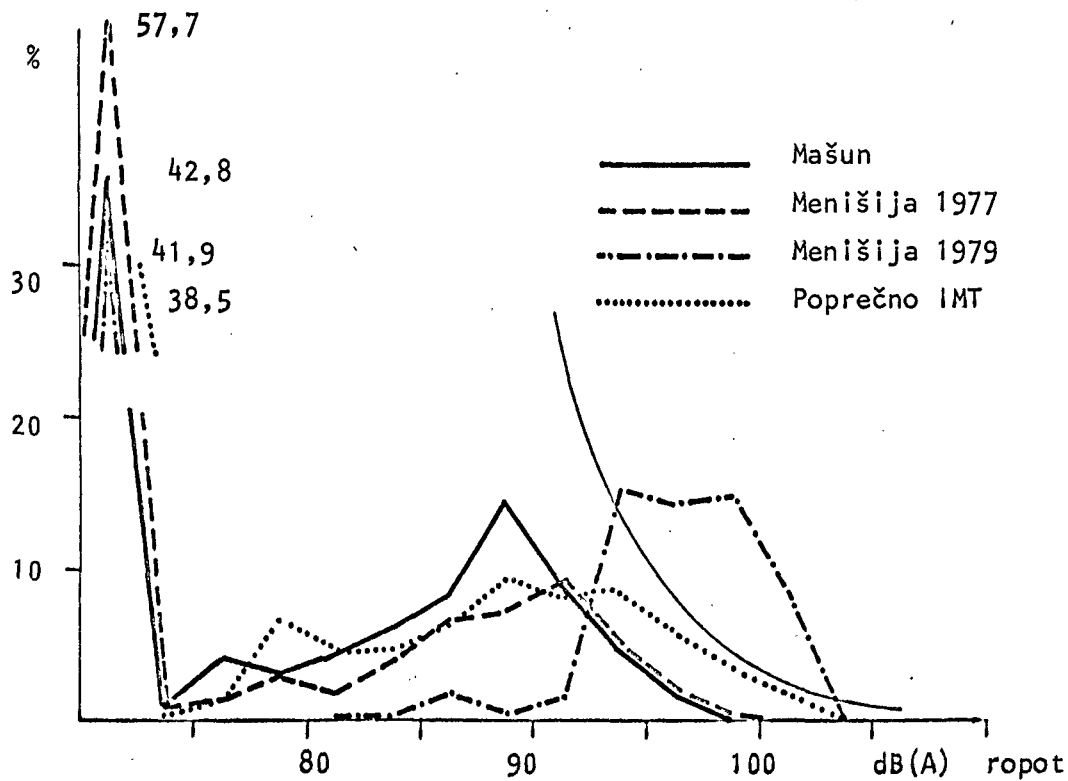
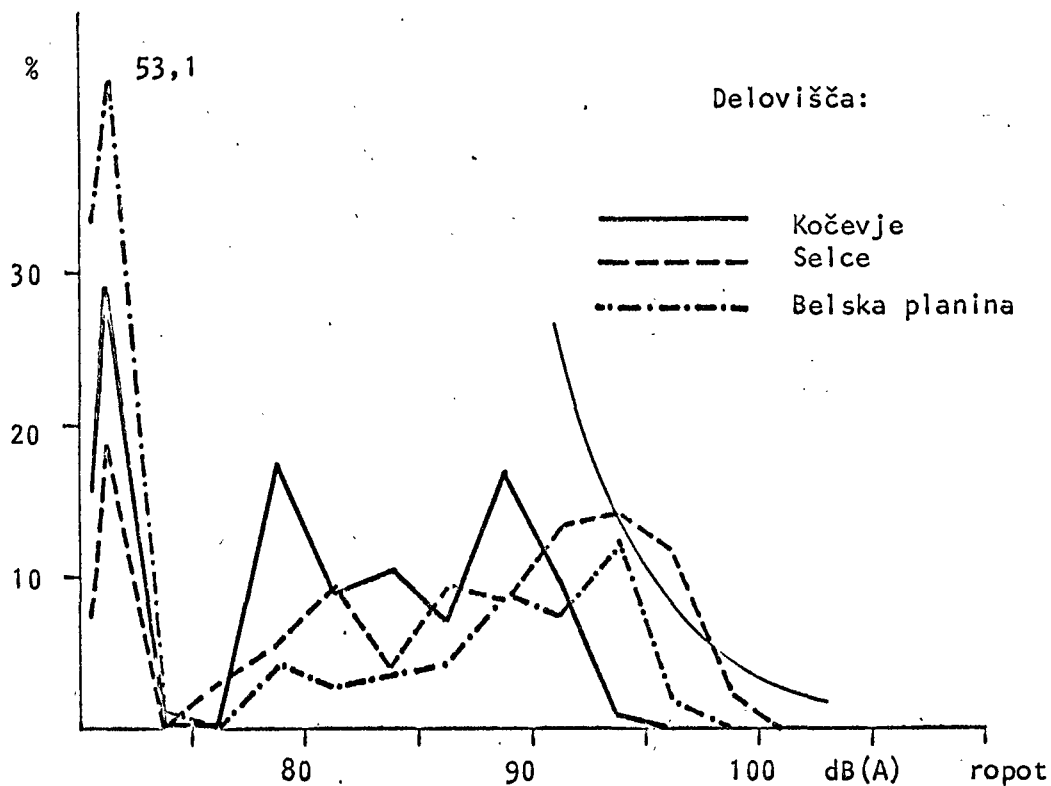
Izračun obremenjenosti traktorista z ropotom s pomočjo ekvivalentne jakosti ropota v delovnem času pove, da pri kolesniku IMT znaša obremenitev 90,6 dB(A) in presega dopustne meje, ki jih dovoljuje jugoslovanski pravilnik. Pri zgibniku znaša obremenitev v 8 urah 97,1 dB(A) in močno presega dopustne meje.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

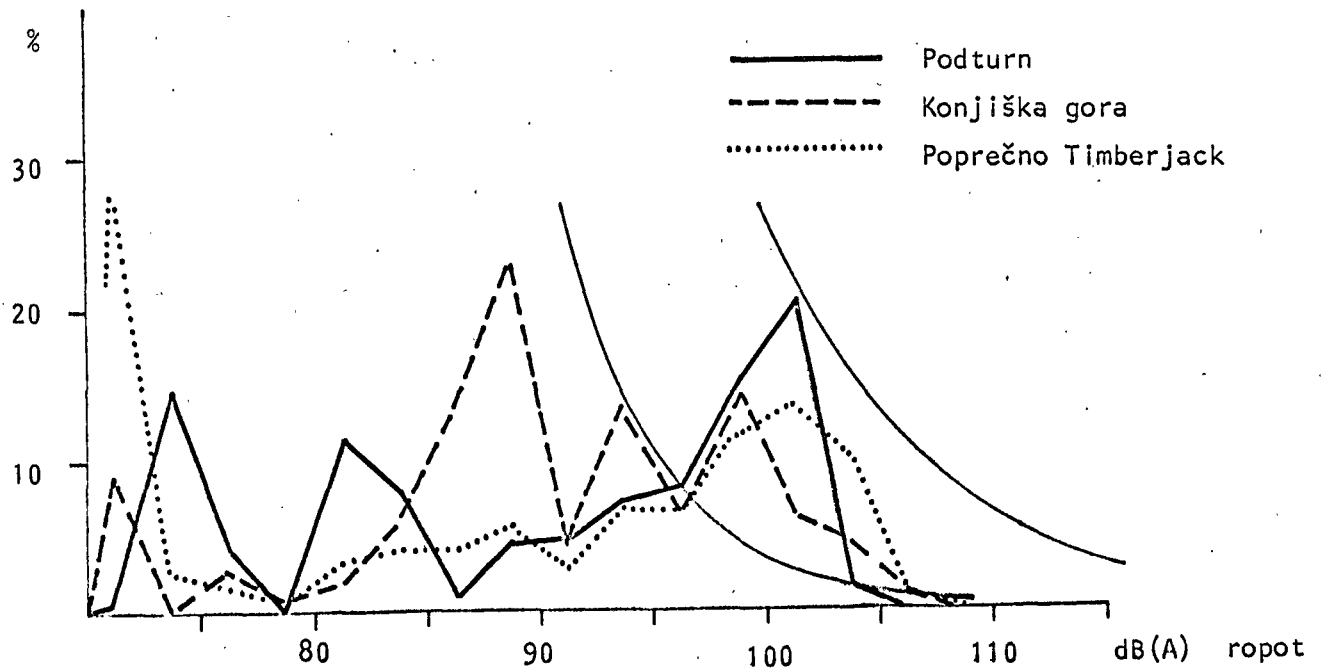
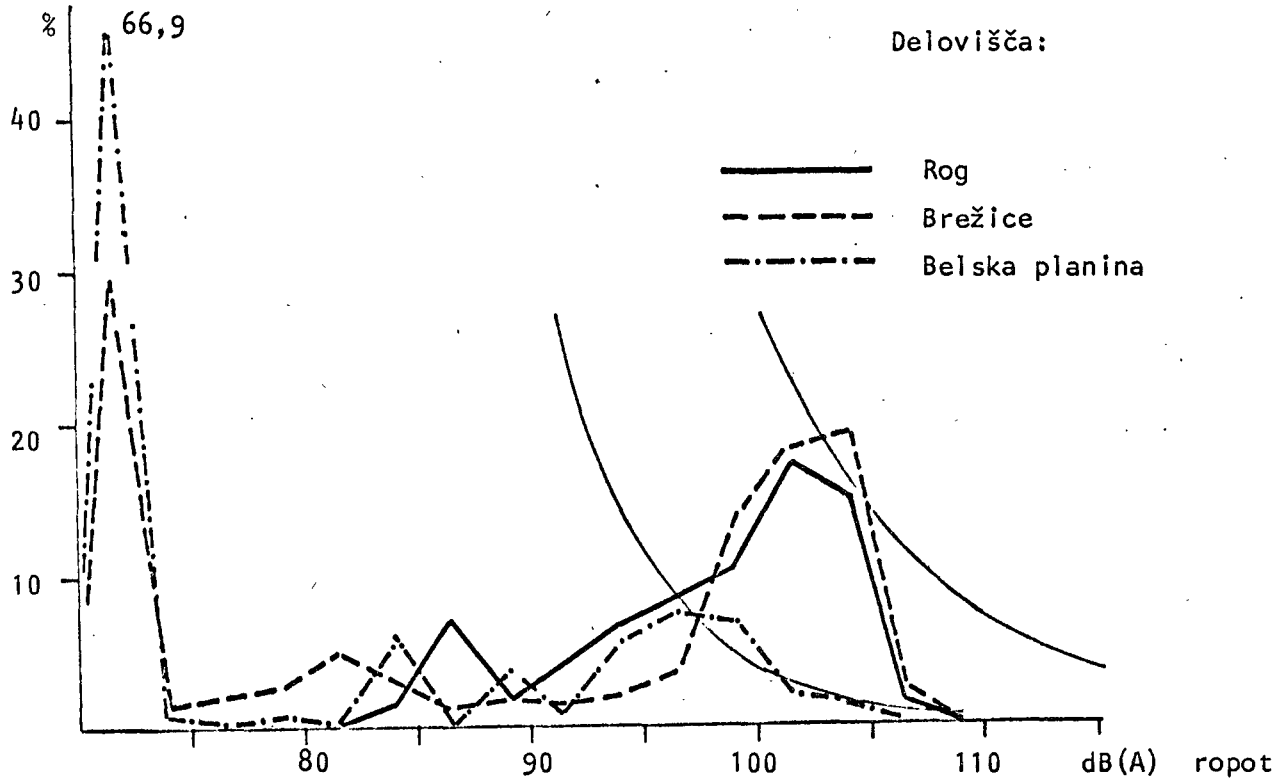
PORAZDELITEV JAKOSTI ĀOPOTA V DELOVNEM ĀASU PRI
 SPRAVILU LESA S TRAKTORJEM IMT 558

Graf. 8



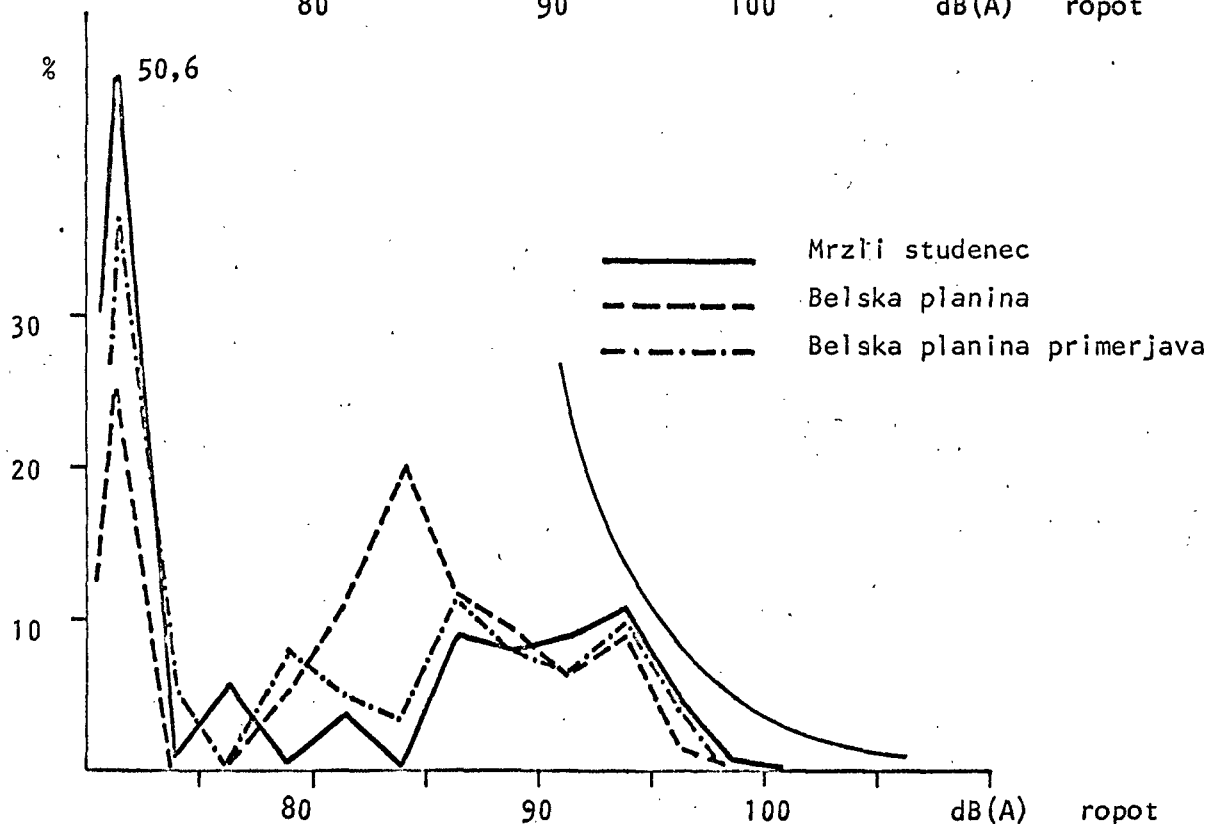
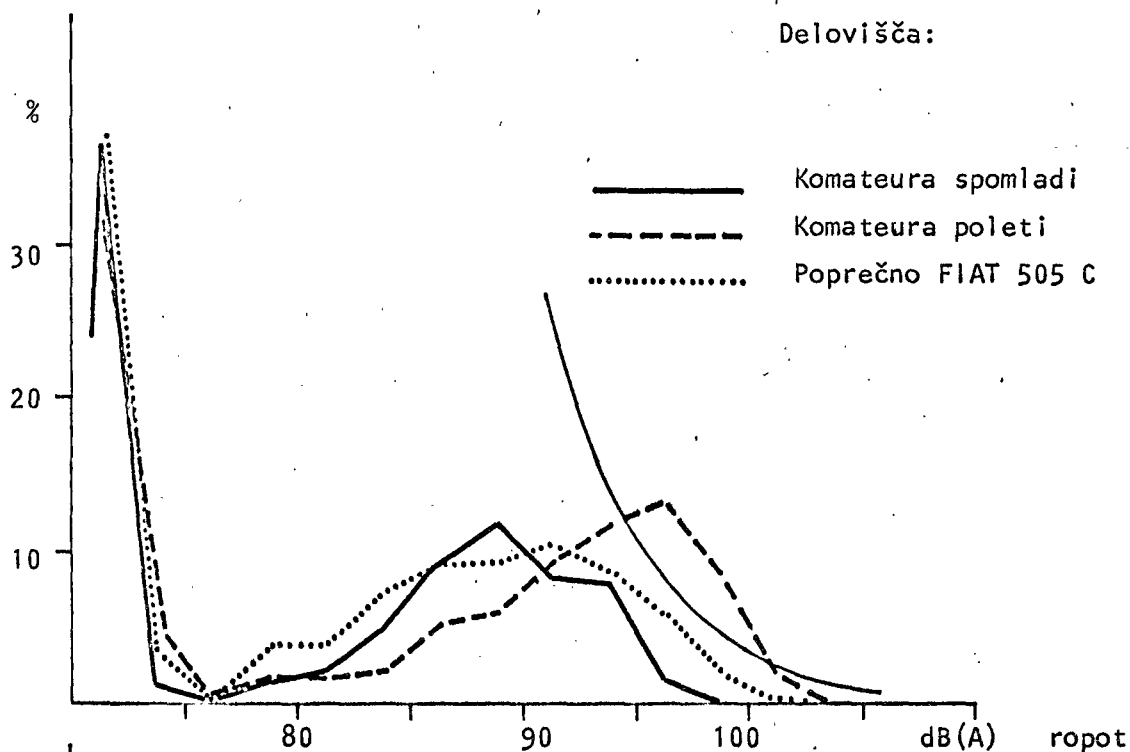
PORAZDELITEV JAKOSTI ROPOTA V DELOVNEM ČASU PRI
 SPRAVILU LESA Z ZGIBNIM TRAKTORJEM TIMBERJACK

Graf. 9



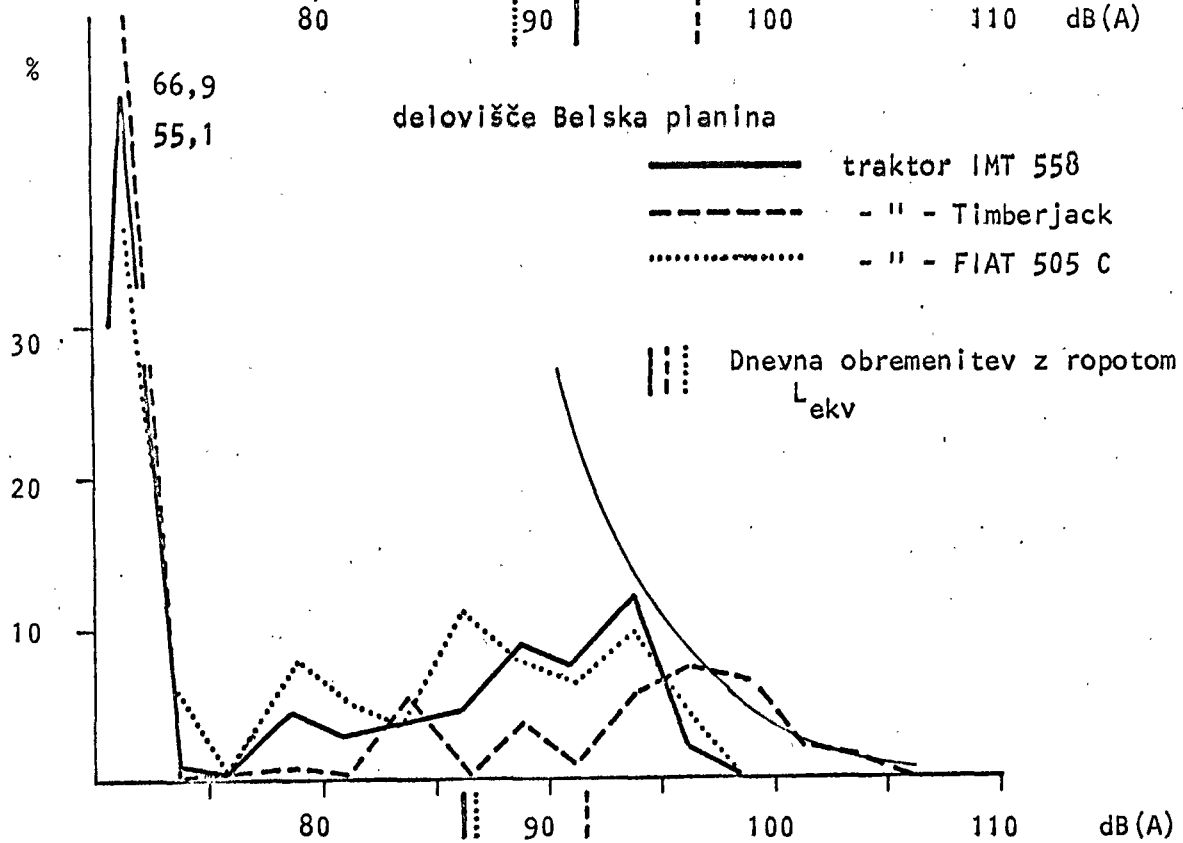
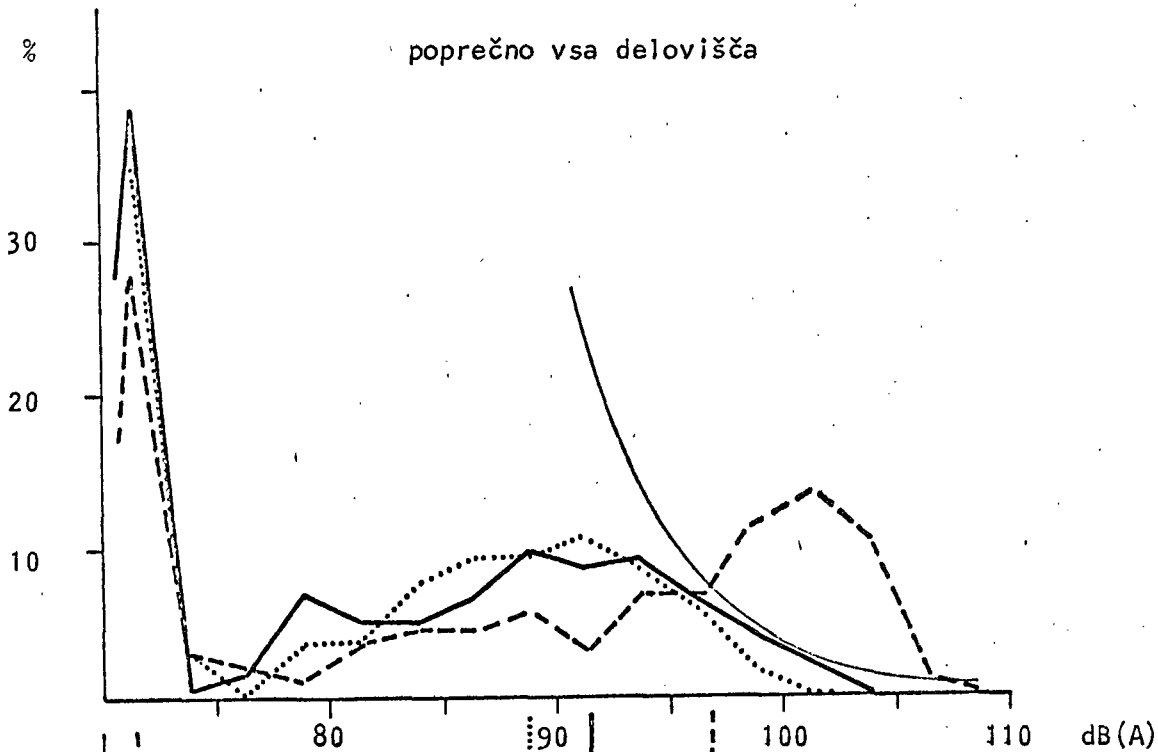
PORAZDELITEV JAKOSTI ROPOTA V DELOVNEM ČASU PRI
SPRAVILU LESA Z GOSENIČARJEM FIAT 505 C

Graf. 10



PORAZDELITEV JAKOSTI ROPOTA V DELOVNEM ČASU PRI
SPRAVILU LESA

Graf. 11



lovnem času prikazujejo grafikoni 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. Obdobje brez povečanega ropota ali obdobje 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 obdobje 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 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 porazdelitev 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

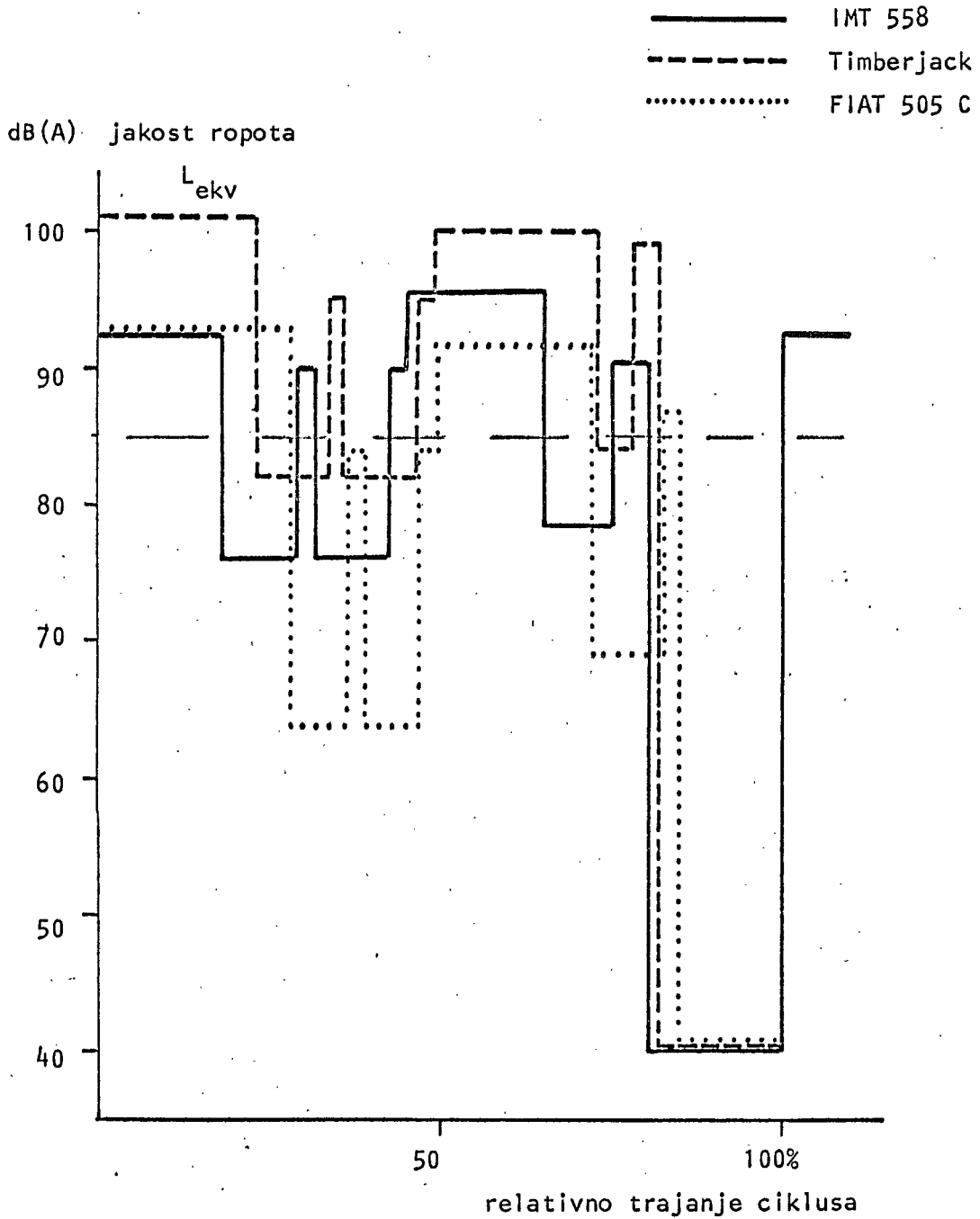
so lahko zgolj orientacijske, ker veljajo za srednje vrednost obremenitve delavca, za izračunano ekvivalentno jakost ropota (L_{ekv}) in ne za posamezne izmerjene vrednosti, katerih časovne deleže prikazujejo grafikoni. Izračunana ekvivalentna jakost ropota je namreč znatno večja vrednost kot npr. aritmetična 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 19. 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. Prekinitve 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.

NIHANJE JAKOSTI ROPOTA V DELOVNEM CIKLUSU SPRAVILA
LESA S TRAKTORJI

Graf. 12



VARIABILNOST JAKOSTI ROPOTA PRI SPRAVILU LESA

Tab. 19

Traktor Delovišča	IMT 558				TIMBERJACK				FIAT 505 C					
	Aritm. sredina	Stand. odklon	Min.	Maks.	Aritm. sredina	Stand. odklon	Min.	Maks.	Aritm. sredina	Stand. odklon	Min.	Maks.		
	dB(A)				dB(A)				dB(A)					
Kočevje	77	18	71	99					Komateura					
Mašun	69	24	71	105	Rog	88	23	75	108	spomladi	83	16	40	102
Menišija 1977	63	24	58	102	Podturn	92	9	74	104	Komat.poleti	79	23	62	102
Selce	86	13	57	104	Konj.gora	90	13	77	108	Mrzli stud.	66	24	58	99
Menišija 1979	80	26	62	104	Brežice	85	25	66	109	Bel.planina	75	20	66	100
Belska planina	66	25	69	99	Bel.planina	61	27	42	105	Bel.planina	73	22	67	102
Elementi dela														
Prazna vožnja	91	4,9	62	105		99	5,3	74	109		91	5,7	40	102
Razvlačevanje	51	18,3	76	93		56	20,7	74	101		48	12,8	46	92
Vezanje	52	18,4	70	98		57	21,4	74	103		50	13,8	46	93
Privlačevanje	85	9,2	62	101		89	10,9	74	106		76	15,5	62	102
Polna vožnja	92	6,0	62	104		98	5,4	66	109		90	4,9	62	102
Odvezovanje	51	18,8	57	99		50	19,5	78	104		43	9,9	65	95
Rampanje	88	5,5	65	103		96	6,4	77	109		86	4,3	58	98
Obremenitev v prod.času	75	23	57	105		84	24	42	109		78	21	40	102

Tako pravilno nihanje ropota prekinjajo zastoji in odmori ali dodatni čas in ponavljanja posameznih elementov dela (zlasti med zbiranjem lesa). Dodatni čas prikazujemo med cikli del, 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.

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.

Najprej smo proučili značilnost razlik v obremenitvah z ropotom med elementi dela. Na štirih deloviščih spravila lesa s traktorjem IMT in na treh deloviščih s traktorjem goseničarjem smo ugotovili različno število značilnih razlik med srednjimi vrednostmi obremenitev z ropotom. Tabeli 20 in 21 prikazujeta odstotke števila primerjav parov aritmetičnih sredin jakosti ropota, ki se po t-testu med seboj značilno razlikujejo s tveganjem, ki je manjše od 0,05. Manjše število pomeni torej podobnost med elementi dela po jakosti ropota, večje pa različnost.

Ugotovimo lahko, da se po jakosti ropota štirje 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. 18) 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 na po štirih (oziroma 5 pri zgibniku) deloviščih s štirimi (oziroma 6 pri IMT) ponovitvami (ciklusi) 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 jakostmi ropota po operacijah in po deloviščih. Značilnost razlik je bila ugotovljena v vseh primerih s tveganjem $\alpha < 0,01$. V analizi variance ugotovljene F- vrednosti in njihove ravni tveganja prikazuje tabela 22.

ANALIZA VARIANCE SREDNJIH EKVIVALENTNIH JAKOSTI ROPOTA

Tab. 22

Traktorji	Število podatkov N	F- vrednosti in njihova značilnost		
		Delovne operacije	Delovišča	Operacije x delovišča
Kolesnik IMT	96	17,44**	116,01***	2,65**
Zgibnik	80	5,95**	22,07***	3,64***
Goseničar	64	6,99**	10,78***	5,56***

** - $\alpha \leq 0,01$

*** - $\alpha \leq 0,001$

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 spravi lesa posebej. Za vsak snemanj delovni ciklus smo ugotovili spremenljivke, ki jih navajamo v tabeli 23. 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.

OZNAKE IN SREDNJE VREDNOSTI PROUČEVANIH SPREMENLJIVK

Tab. 23

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. 24

Traktor	Spremenljivka	IMT - 558 Obremenitev z ropotom					TIMBERJACK Obremenitev z ropotom					FIAT 505 C Obremenitev z ropotom				
		ciklus	prazna	polna	privl.	ramp.	ciklus	prazna	polna	privl.	ramp.	ciklus	prazna	polna	privl.	ramp.
		Y_0	Y_1	Y_3	Y_2	Y_4	Y_0	Y_1	Y_3	Y_2	Y_4	Y_0	Y_1	Y_3	Y_2	Y_4
Dolžina vlake	X_1	0,004	0,003 [*]	0,002							0,011 [*]	0,013 ^{**}	0,004			
Naklon	X_2	-0,732 ^{***}	-0,351 ^{***}	-0,761 ^{***}							0,523 ^{***}	0,486 ^{***}	0,242 ^{**}			
Trajanje prazna	X_{10}	0,719 ^{**}	0,426 ^{**}								0,179	0,086				
Trajanje polna	X_{11}	0,462 ^{**}		0,298 ^{**}							0,602 ^{**}		-0,008			
Hitrost prazna	X_3	0,395	0,369 ^o								1,580 ^{***}	2,177 ^{***}				
Hitrost polna	X_4	-0,353		-0,178							2,111 ^{***}		1,146 ^{***}			
Breme m ³	X_5	0,221		1,258	0,041	0,593	-0,471 ^o		0,046	-0,434	-0,400 ^o	2,099 ^o		1,011	5,278	0,734
Št. kosov	X_6	-0,425 ^{***}		-0,413 ^{***}	-0,407 ^{***}	0,432 ^{***}	-0,083		0,341 ^{**}	0,174	-0,020	-0,159 ^{**}		-0,124 ^{**}	-0,464 ^o	-0,026
Kos m ³	X_7	4,880 ^{**}		5,400 ^{**}	4,111 [*]	0,865 ^{**}	-0,290		-1,661 ^{**}	-1,433	-0,312	-1,110		1,693	9,548	0,778 ^{**}
Trajanje ciklusa	X_{12}	0,004					0,125 ^{**}					0,142 ^o				

^o $\alpha < 0,10$ * $\alpha < 0,05$ ** $\alpha < 0,01$ *** $\alpha < 0,001$ 

statistično značilne odvisnosti

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 spravilu lesa s posameznimi vrstami traktorjev odvisnosti niso vedno enake, lahko so celo nasprotni. Z našimi snemanji ropota nismo mogli ugotoviti, da bi bile obremenitve z ropotom vedno odvisne od istih značilnosti delovnih razmer. V tabeli 24 navajamo velikost regresijskega koeficienta B in stopnjo tveganja oz. njegovo značilnost za posamezne pare spremenljivk.

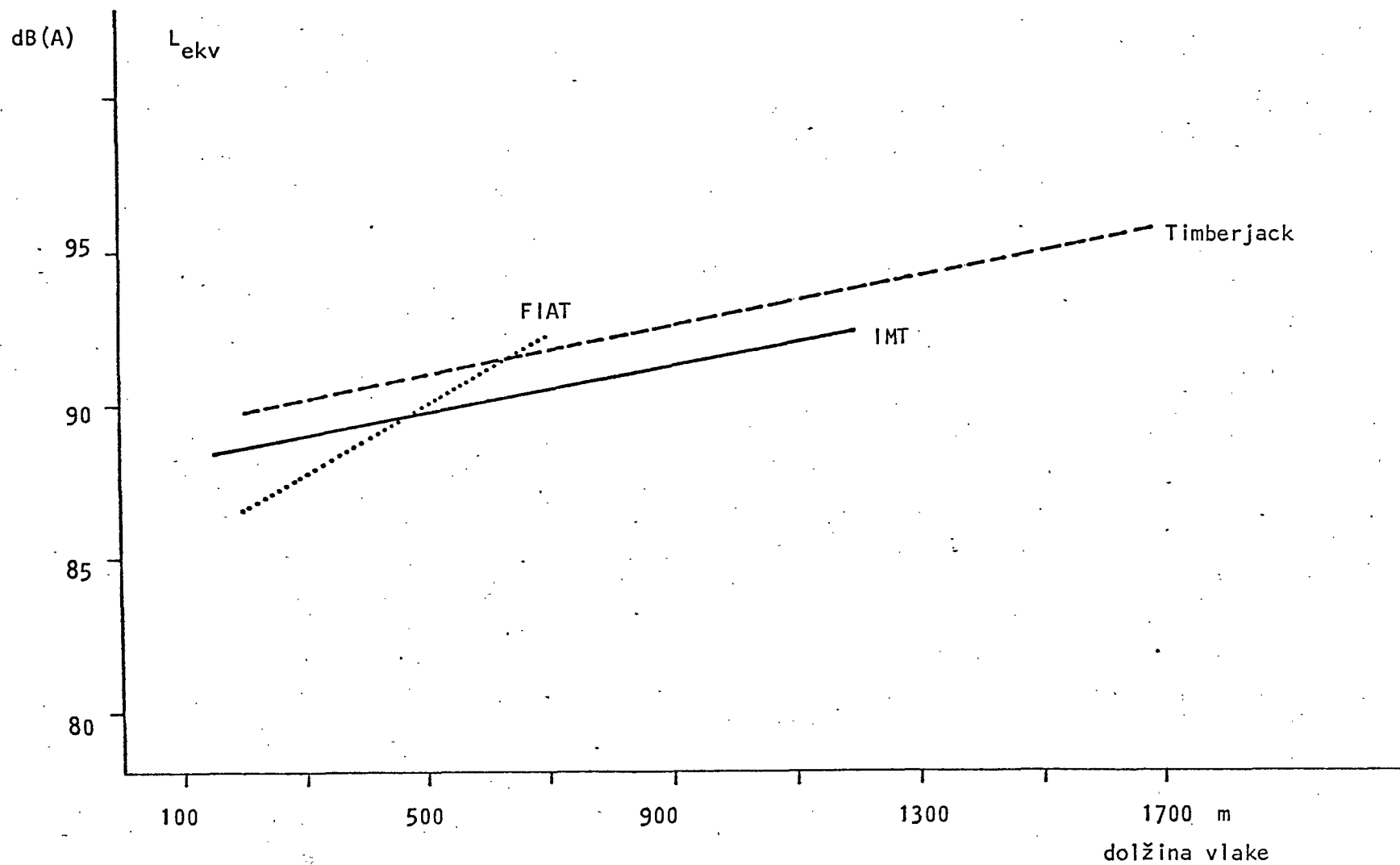
Obremenitev z ropotom v vsem produktivnem času spravila lesa je v večji meri odvisna od lastnosti vlake in načina vožnje kot od lastnosti bremen lesa. Pri vseh traktorjih je odvisna od dolžine vlake, koeficienta naklona vlake in trajanja polne vožnje. Pri spravilu s kolesnikom IMT smo ugotovili še odvisnost skupne obremenitve od trajanja prazne vožnje, števila kosov v tovoru in kubature kosa. Pri spravilu 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 spravilu z gošeničarjem 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 števila kosov v tovoru, pri nekaterih traktorjih pa še od trajanja in hitrosti voženj ter povprečne 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.

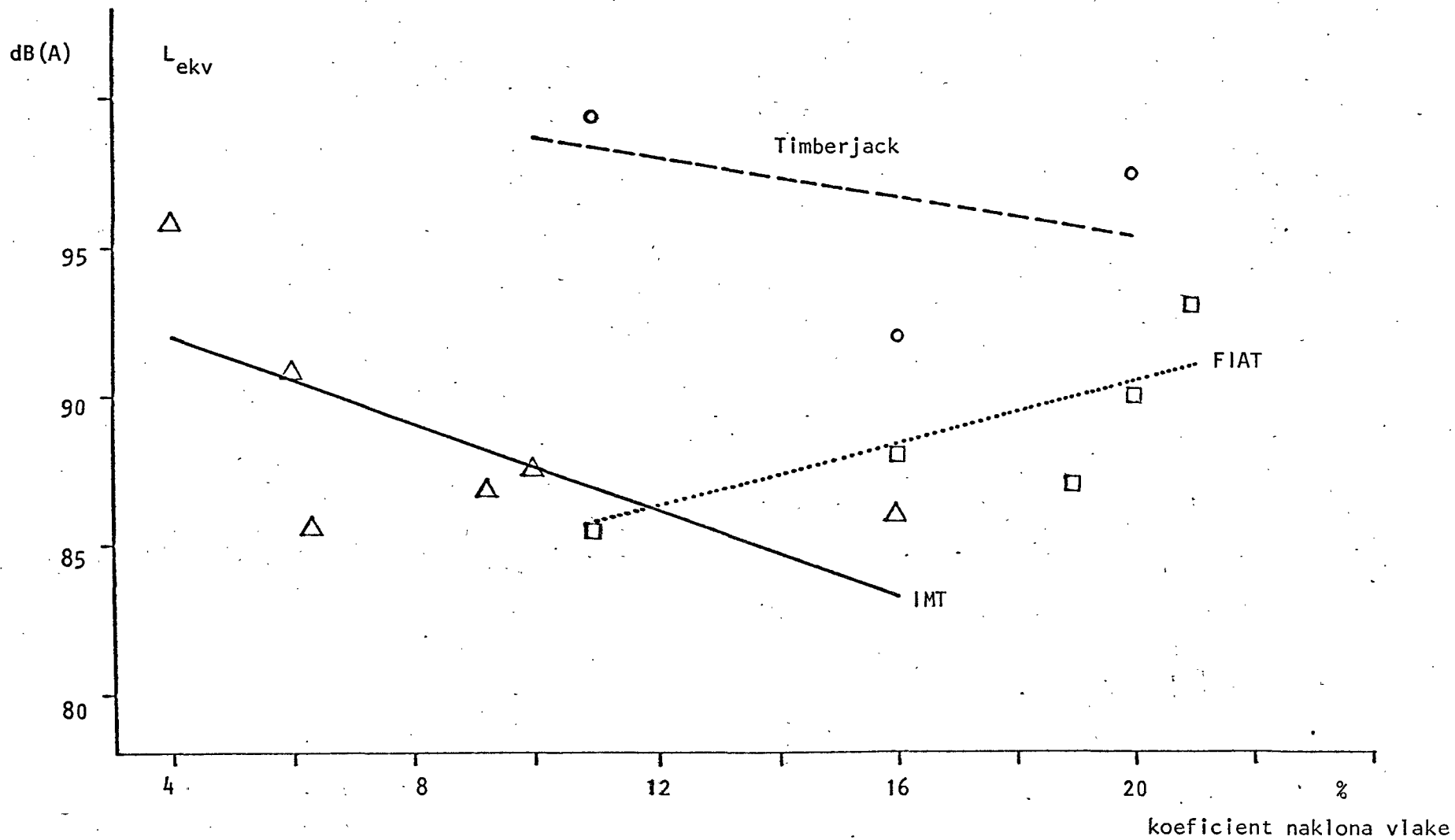
Za odvisnosti skupne obremenitve z ropotom od dolžine in naklona vlake ter števila kosov v tovoru povzemamo med seboj neodvisne linearne regresijske enačbe in jih grafično ponazarjamo.

KOEFICIENTI LINEARNIH REGRESIJ $Y_0 = A + BX_i$

Tab. 25

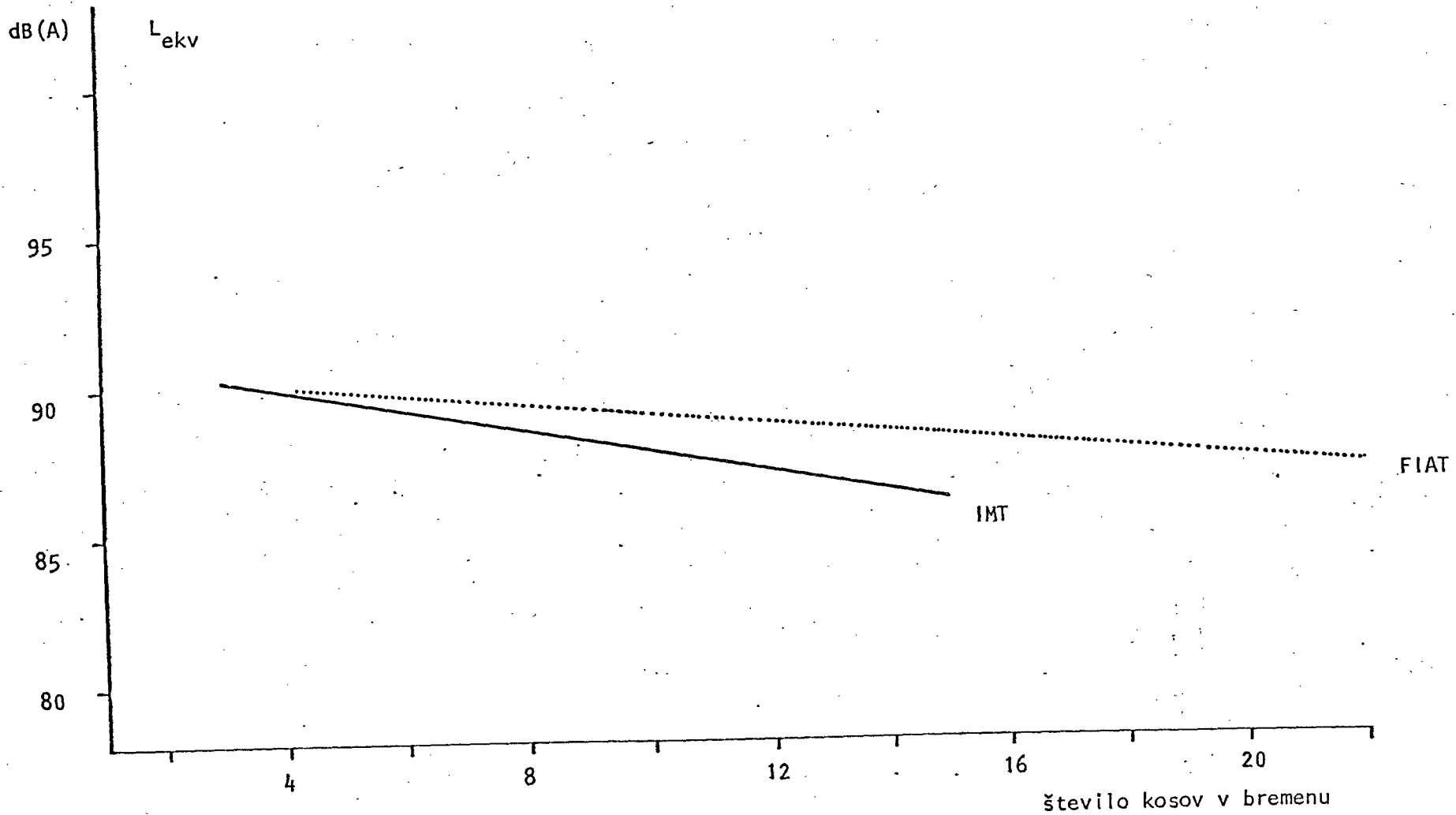
Traktor Neodvisna spremenlj.	IMT 558		TIMBERJACK		Fiat 505 C	
	Konst. A	Koef. B	Konst. A	Koef. B	Konst. A	Koef. B
Dolžina vlake X_1	87,8287	0,00384	89,0427	0,00396	84,4107	0,01124
Koef.naklona X_2	94,8839	-0,73255	101,9424	-0,32844	79,9656	0,52325
Štev. kosov X_6	92,4028	-0,42507			90,4578	-0,15959

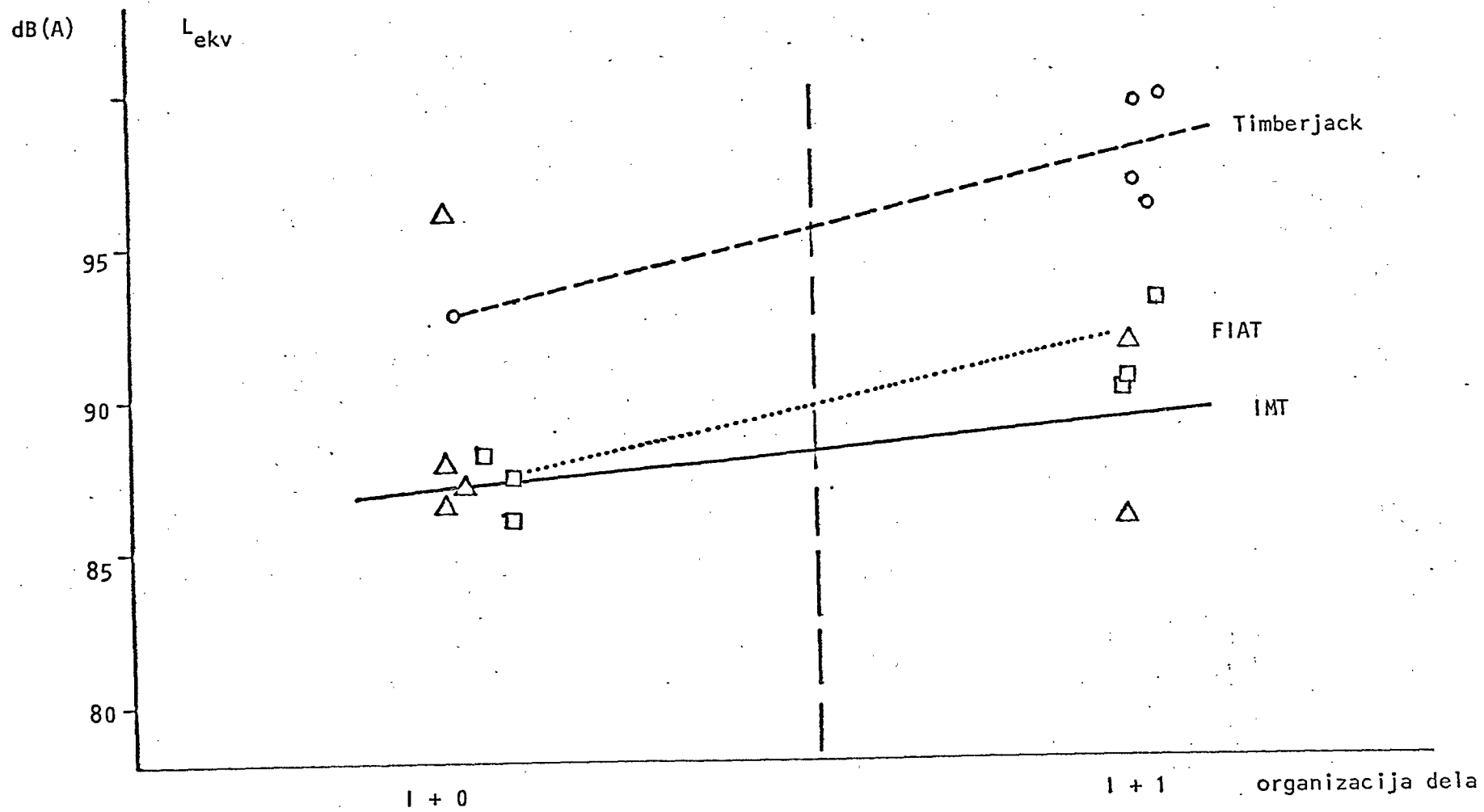




ODVISNOST OBREMNITVE Z ROPOTOM OD ŠTEVILA KOSOV V TOVORU

Graf. 15





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 I+1 je obremenitev pri spravi pri vseh traktorjih večja kot pri obliki I+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 26 prikazujemo parcialne in skupne korelacijske koeficiente za ugotovljene odvisnosti, postopno izračunane z multiplimi korelacijami ob izpuščanju neznanih spremenljivk.

Izračunane korelacijske enačbe so naslednje:

- za spravo 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 spravo lesa z zgibnikom Timberjack

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

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

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

KORELACIJSKI KOEFICIENTI MULTIPLIH ODVISNOSTI OBREMITVE Z ROPOTOM (R^2)

Tab. 26

Traktor	Spremenljivka	IMT -558 Obremenitev z ropotom					TIMBERJACK Obremenitev z ropotom					FIAT 505 C Obremenitev z ropotom				
		ciklus	prazna	polna	privl.	ramp.	ciklus	prazna	polna	privl.	ramp.	ciklus	prazna	polna	privl.	ramp.
		Y_0	Y_1	Y_3	Y_2	Y_4	Y_0	Y_1	Y_3	Y_2	Y_4	Y_0	Y_1	Y_3	Y_2	Y_4
Dolžina vlake	X_1	-0,423^o	0,091				0,286	0,724^{***}	-0,396 ^o			0,885^{***}	0,912^{***}	-0,329		
Naklon	X_2											-0,040	-0,120	-0,108		
Trajanje prazna	X_{10}	0,139	0,439[*]				0,561^{**}	0,107								
Trajanje polna	X_{11}	0,673^{***}		0,528^{***}			0,373^o		0,482[*]			0,399 ^o				
Hitrost prazna	X_3						0,299	-0,115				-0,186	0,417 [*]			
Hitrost polna	X_4						0,188		0,648[*]			0,333		0,648[*]		
Breme m^3	X_5															
Št. kosov	X_6	0,729^{***}		-0,254	-0,438^{**}	0,594^{**}			0,017			0,495[*]		0,492[*]		
Kos m^3	X_7	0,256		0,662^{***}	0,054	0,177			0,028							0,434^{**}
Trajanje ciklusa	X_{12}						0,642^{**}									
Multiple korelacije		0,812^{***}	0,439 [*]	0,648^{***}	0,430 [*]	0,594^{***}	0,879^{***}	0,724 ^{***}	0,797^{***}			0,908^{***}	0,912^{***}	0,753^{***}		0,434 [*]

^o $\alpha < 0,10$ * $\alpha < 0,05$ ** $\alpha < 0,01$ *** $\alpha < 0,001$ 

spremenljivke upoštevane v korelacijskih enačbah

- 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 spravilu lesa z goseničarjem je obremenitev traktorista odvisna od dolžine vlačanja in števila kosov v tovoru.

Zanimivo je, da za obremenitev z ropotom med kratkima delovnima operacijama - privlačevanjem 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.

V tabeli 27 prikazujemo F- vrednosti in njihovo značilnost iz dvofaktorskih analiz variance, v katere smo vključili še obremenitve glasnih elementov dela. Razlike v obremenitvah z ropotom med traktorji in med glasnimi produktivnimi delovnimi operacijami so v obeh primerih visoko značilne.

ANALIZA VARIANCE SREDNJE EKVIVALENTNIH JAKOSTI ROPOTA

Tab. 27

Obseg snemanj	n	F- vrednosti in njihova značilnost		
		Traktorji	Del.operacije	Traktorji x operacije
Vsa delovišča	192	1506,22***	517,83***	10,54*
Belska planina	48	303,17***	135,92***	13,92

2.2.7 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 spravo 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 izraziti 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 razvlačevanjem 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 spravilne razdalje in hitrostjo voženj. Obremenitev se zmanjšuje z večjim naklonom vlake do nekakega 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 ustreznjših 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.

2.3 Ropot pogonskih strojev žičnih žerjavov

Od vseh ergonomskih značilnosti dela pri spravilu lesa z žičnimi žerjavi je ropot pogonskih strojev eden najškodljivejših vplivov delovnega okolja. Namenili smo mu posebno raziskavo, v kateri smo proučili značilnosti ropota strojev in obremenitev strojnika žičnega žerjava z njim. Posebej smo obravnavali spravilo lesa z vitli s pogonskimi stroji Lombardini in Warchalowsky in spravilo z večbobenskim vitlom Urus. Ropot strojev žičnih žerjavov smo proučevali v letu 1979 na štirih trasah spravila lesa navzdol in na treh trasah spravila lesa navzgor. Ropot Urusa smo proučili na dveh deloviščih spravila lesa navzgor. Proučevanja smo tako grupirali zaradi razlik v načinih dela in višini obremenitev strojnika z ropotom.

2.3.1 Delovne razmere pri snemanju ropota žičnih žerjavov

Ropot smo snemali v raznolikih delovnih razmerah tako, da bi zajeli čim več za spravilo tipičnih delovnih razmer. Ropot smo merili v Sloveniji na območju dveh gozdnih gospodarstev, soškega in kranjskega. Tu je največ takih terenov, na katerih je za spravilo lesa potrebna uporaba žičnih žerjavov. Snemali smo devet delovnih dni; v vsakem dnevu smo posneli od pet do devet ciklusov, tako da so povprečja čimbolj zanesljiva in da smo izločili morebitne nepravilnosti v zakonitosti ciklusov. Delovišča so bila v mešanih sestojih; tovoril so bili večinoma sestavljeni iz hlodov jelke in bukve ter bukovih goli, le na GG Kranj smo snemali spravilo samih iglavcev.

Motorji Warchalowsky, posneti v naših raziskavah, so se med seboj razlikovali. Najšibkejši je pri 3000 vrtljajih lahko razvil 14,7 kW (20 KM), močnejši pa od 36,8 kW (50 KM) do 42 kW (57 KM). Žičničar upravlja stroj večinoma stoje ob njem. Na najmočnejši stroj je bil naknadno vgrajen tudi preprost sedež.

Vsi snemani motorji Lombardini so imeli enake karakteristike. Trije valji z 2019 cm³ delovne prostornine lahko razvijejo 30 000 N (3000 kp) vlečne sile pri 3000 obratih na minuto. Vitli niso imeli vgrajenih sedežev, zato so morali žičničarji ves čas stati ob strojih, ki so jih upravljali.

Priključke za oba tipa motorjev je naredila Žičnica Ljubljana.

Žični žerjav Urus je bil montiran na kamionet Unimog. Žerjav je bil star trinajst let, pred tremi leti pa je bil prenovljen. Žičničar je sede upravljal z vitlom, ki ga je poganjal isti motor kot kamionet. Hrup motorja je bil dušen pod pokrovom, daleč proč od strojnika pa je bil tudi izpuh.

S snemanji spravila lesa navzdol smo zajeli skoraj vse možne kombinacije, saj so delavci spravljali les po kratkih in dolgih trasah, z velikim in majhnim naklonom. Trase so bile dolge od 200 do 760 m, nakloni pa so bili med 16,5 in 70%. Težavnost terenov nakazujejo poleg strmin še podporni stebri, saj so bili na trasi v Tržiču (Bela peč) kar trije, na Krekovšah in v Trenti po dva, le na trasi, snemani maja na Vojskem, ni bilo nobenega.

Spravilo lesa navzgor smo snemali na zelo kratki trasi (70 m) z naklonom 20% ter dvakrat na razdaljah od 400 - 500 m pri naklonih od 71 do 75%. Na dveh trasah sta bili nosilki podprti s po eno podporo.

Stroj Urus, sneman junija in avgusta, je spravljal les navzgor. Na trasah, dolgih od 100 do 200 m je bil naklon enkrat 78%, drugič pa 37%. Vsaka nosilka je imela eno vmesno podporo.

Poleg opisanih prikazuje tabela 28 še druge podatke o snemanih deloviščih in strojnikih žičnih žerjavov.

Žičničarji niso uporabljali predpisanih osebnih zaščitnih sredstev (čelada, glušniki, čepi). Žičničar ponavadi stoji ali sedi ob stroju. Nositi bi moral slušalke, izdelane iz glušnikov. Ker pa te še niso bile brezhibne, so pogosto raje uporabljali radiofon, ki je trenutno med najboljšimi sredstvi za sporazumevanje pri spravilu lesa z žičnimi žerjavi, ne omogoča pa nošenja glušnikov. Le redki strojniki so nosili vato v ušesih.

	Spravilo lesa navzdol				Spravilo lesa navzgor			Spravilo lesa navzgor s strojem tipa URUS	
Kraj	Bela peč	Trenta	Krekovše	Vojsko	Vojsko avg.	Vojsko jun.	Trohov vrh	Vojsko avg.	Vojsko jun.
Datum	28.6.79	17.8.79	8.8.79	17.5.79	15.8.79	23.6.79	9.8.79	15.8.79	23.6.79
GG	Kranj	Tolmin	Tolmin	Tolmin	Tolmin	Tolmin	Tolmin	Tolmin	Tolmin
Zapored. št.obdel.	3	8	5	1	7	4	6	9	2
Žični žerjav	Warchalow. Baco	Lombard. Baco	Warchalow. Baco	Lombardini Baco	Lombardini Gravimat	Lombardini Baco	Warchalow. Baco	Urus	Urus
Razdalja sprasila	760	600	350	200	400-500	400	70	100 in 200	100
Naklon	39%	35%+65%	16,5%+50%	70%	71%	75%	20%	37%	78%
Trajanje snemanj v 8.urah	30%	40%	24%	21%	17%	16%	16%	13%	13%
Št.upošt. ciklusov	5	8	9	9	9	6	9	8	7
Žičničar	Ponjavič Živko	Kravanja Alojz	Ipavec Alojz	Hvala Franc	Bolčina Marjan	Vončina Jože	Vončina Jože	Bolčina Marjan	Likar Alojz
Starost	-	53 let	-	47 let	39 let	44 let	44 let	39 let	40 let
Čas dela z žičnim žerjavom	14 let	15 let	-	staž 4 leta	18 let	13 let	13 let	18 let	staž 5 let

109

2.3.2 Frekvenčne analize ropota žičnih žerjavov

Značilnost vsakega ropota je njegova jakost in frekvenca, v kateri nastopa. Med delovanjem stroja se obe vrednosti časovno nepravilno spreminjata. Med posameznimi elementi dela lahko krajši čas potekata relativno konstantno. Tedaj smo opravili frekvenčne analize ropota, ki so lahko značilne za posamezen stroj in posamezen način dela.

Naredili smo frekvenčno analizo prostega teka, polne ter prazne vožnje, da bi ugotovili, v katerih frekvencah je največji ropot. V tabelah 29 in 30 so prikazane jakosti ropota, ki so bile neposredno odčitane z merilca ropota v posamezni frekvenci.

V prostem teku sta si motorja Lombardini in Warchalowsky zelo podobna. Na grafikonu 17 lahko vidimo, da imajo poligoni frekvenčnih porazdelitev dva maksimuma, pri 63 in pri 1000 Hz. Čeprav je drugi ekstrem nižji od prvega, skoraj doseže krivuljo NR 80, ki nakazuje enako obremenjenost sluha.

Enako obremenjenost sluha nakazujejo normativne krivulje (Noise Rating curves-NR). Ker so visoke frekvence za človeško uho veliko bolj nevarne od nizkih, se te krivulje v nizkofrekvenčnem območju strmo vzpenjo, dovoljujejo višji ropot, pri naraščanju frekvenc pa se izravnavajo. Krivulja NR 85 npr. pomeni obremenjenost s 85 dB samo pri 1000 Hz, enaka obremenitev ima v nižjih frekvencah ustrezno višje vrednosti, v višjih frekvencah pa nižje.

Med polno vožnjo pri spravi po nosilki navzdol smo naredili frekvenčno analizo pri strojih, ki so jih poganjali motorji Lombardini na Vojskem in v Trenti (grafikon 18). Čeprav je bil naklon v prvem primeru nekoliko večji, so bile vrednosti, posnete v drugem, precej višje. Najvišje absolutne vrednosti dosežata stroja v nizkofrekvenčnem območju med 125 in 250 Hz. Če pa primerjamo jakost ropota z NR krivuljami, vidimo, da je maksimum v resnici še širši, razpotegnjen na širokem frekvenčnem območju med 200 in 4000 Hz.

Pri prazni vožnji vozička po nosilki navzgor (grafikon 19), pride do maksimalnega ropotanja med 500 in 1000 Hz. Poligon frekvenčne porazdelitve, posnet na Vojskem, je zopet veliko nižji od poligonov, posnetih na Krekovšah in v Trenti.

FREKVENČNA ANALIZA ROPOTA POGONSKIH STROJEV
ŽIČNIH ŽERJAVOV MED PROSTIM TEKOM

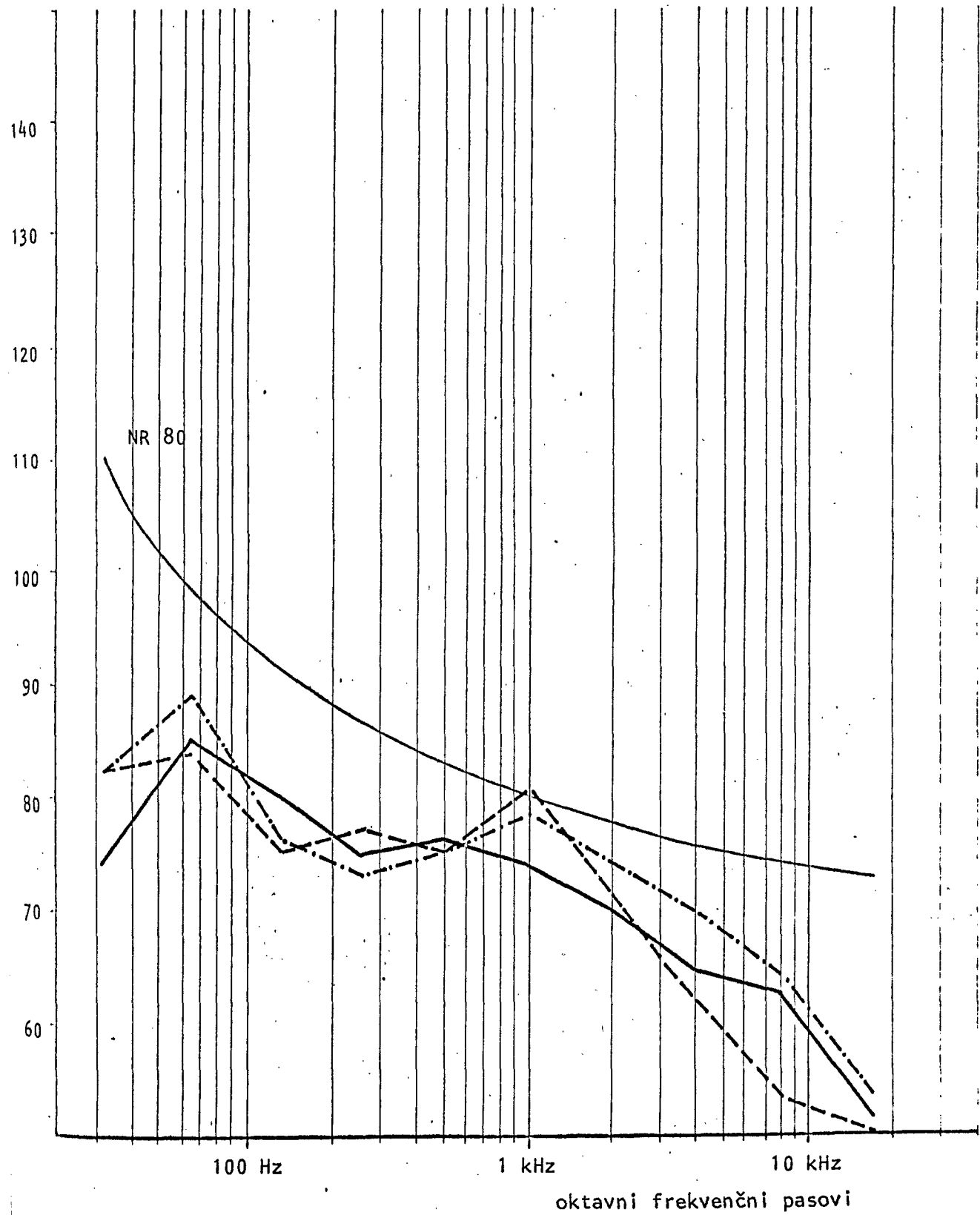
Graf. 17

Delovišče:

- Trohov vrh
- - - - - Vojsko maja
- · - · - Vojsko junija

dB(A)

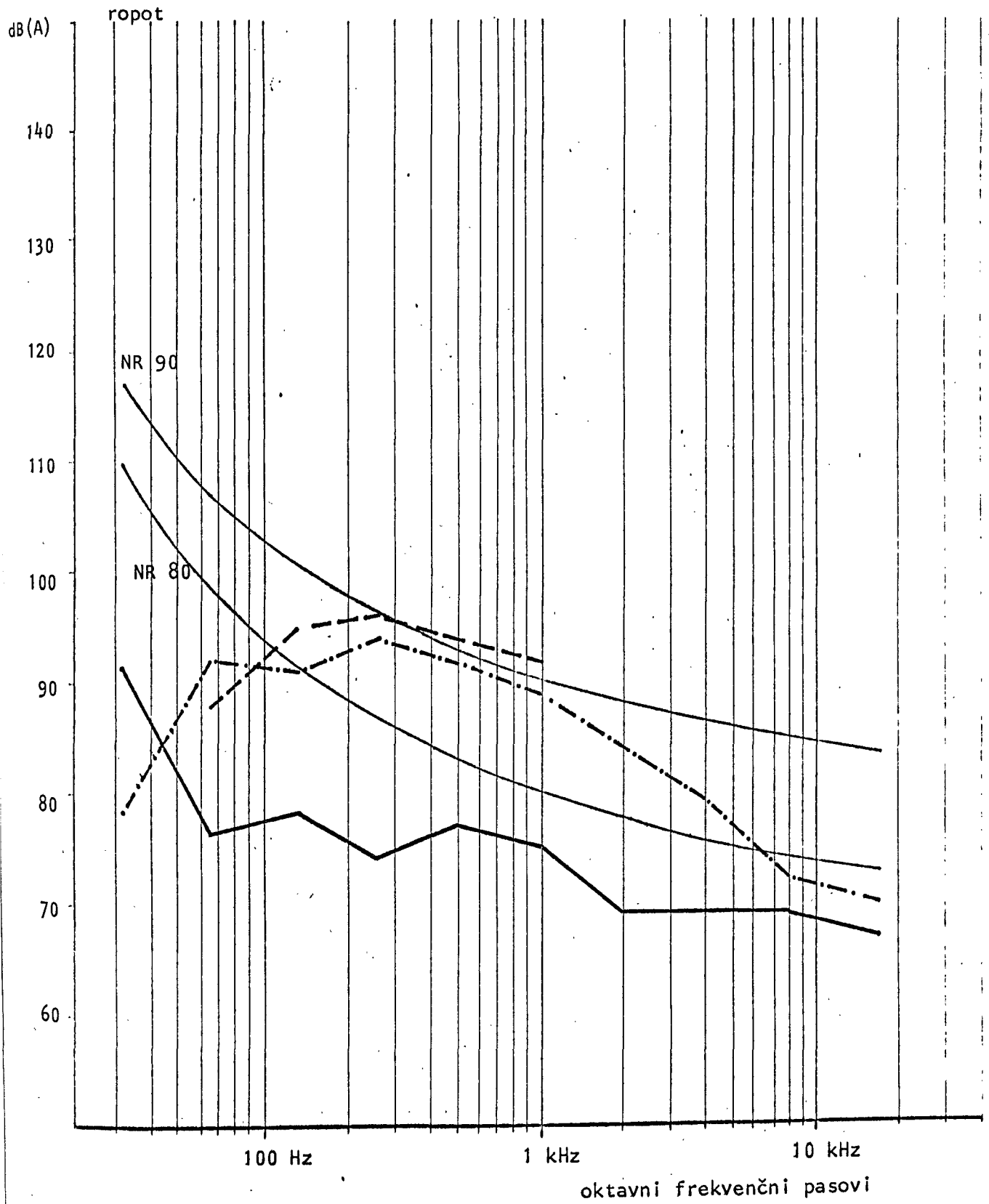
ropot



FREKVENČNA ANALIZA ROPOTA POGONSKEGA STROJA
 ŽIČNEGA ŽERJAVA URUS

Graf. 18

Način obratovanja: Delovišča:
 Prosti tek Vojsko junija
 Polna vožnja Vojsko avgusta
 - " - Vojsko junija



FREKVENČNA ANALIZA ROPOTA POGONSKIH STROJEV ŽIČNIH ŽERJAVOV
MED POLNO VOŽNJO PRI SPRAVILU LESA NAVZDOL

Graf. 19

Delovišča:

————— Trenta
- - - - - Vojsko maja

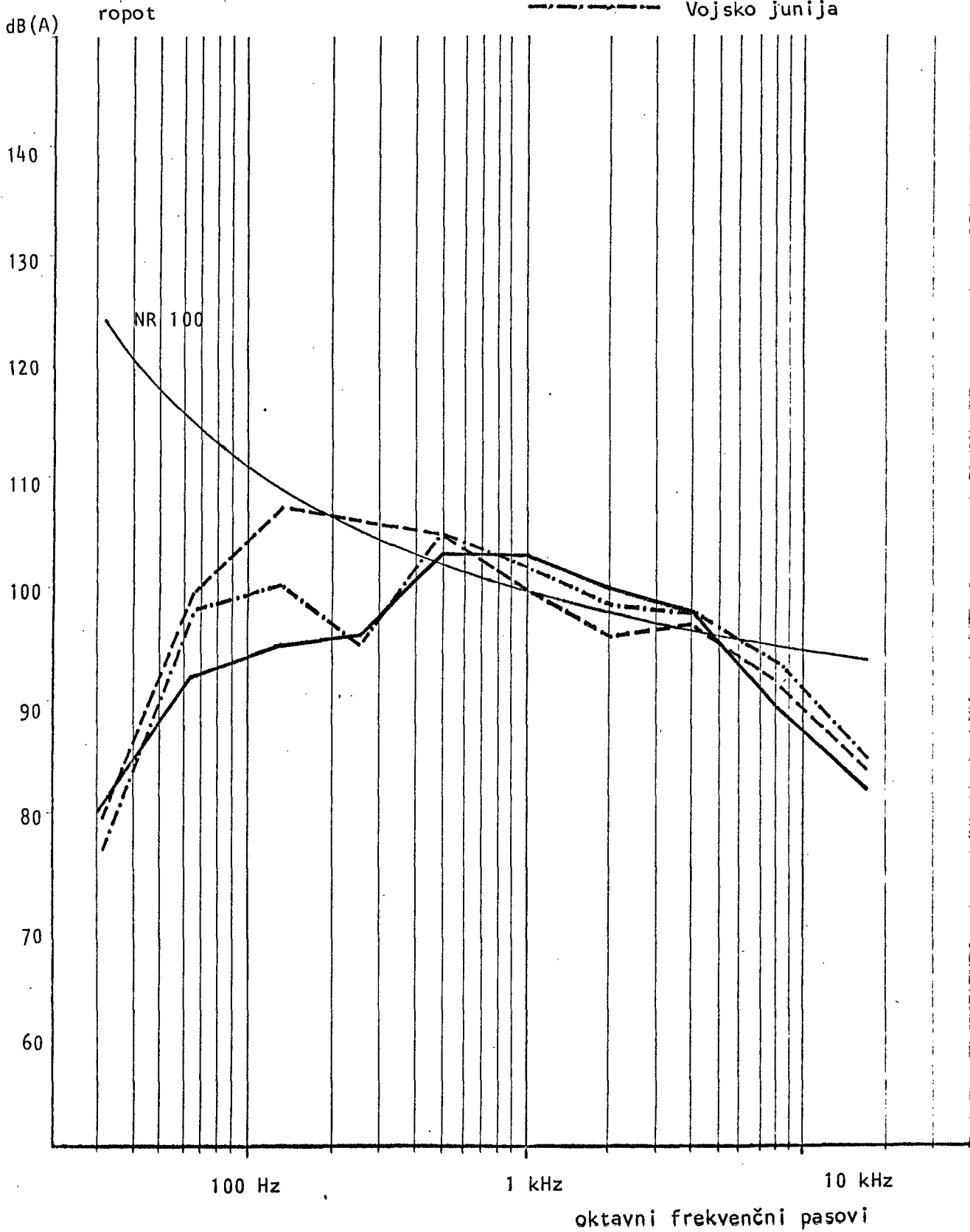


FREKVENČNA ANALIZA ROPOTA POGONSKIH STROJEV ŽIČNIH ŽERJAVOV
MED POLNO VOŽNJO PRI SPRAVILU LESA NAVZGOR

Graf. 20

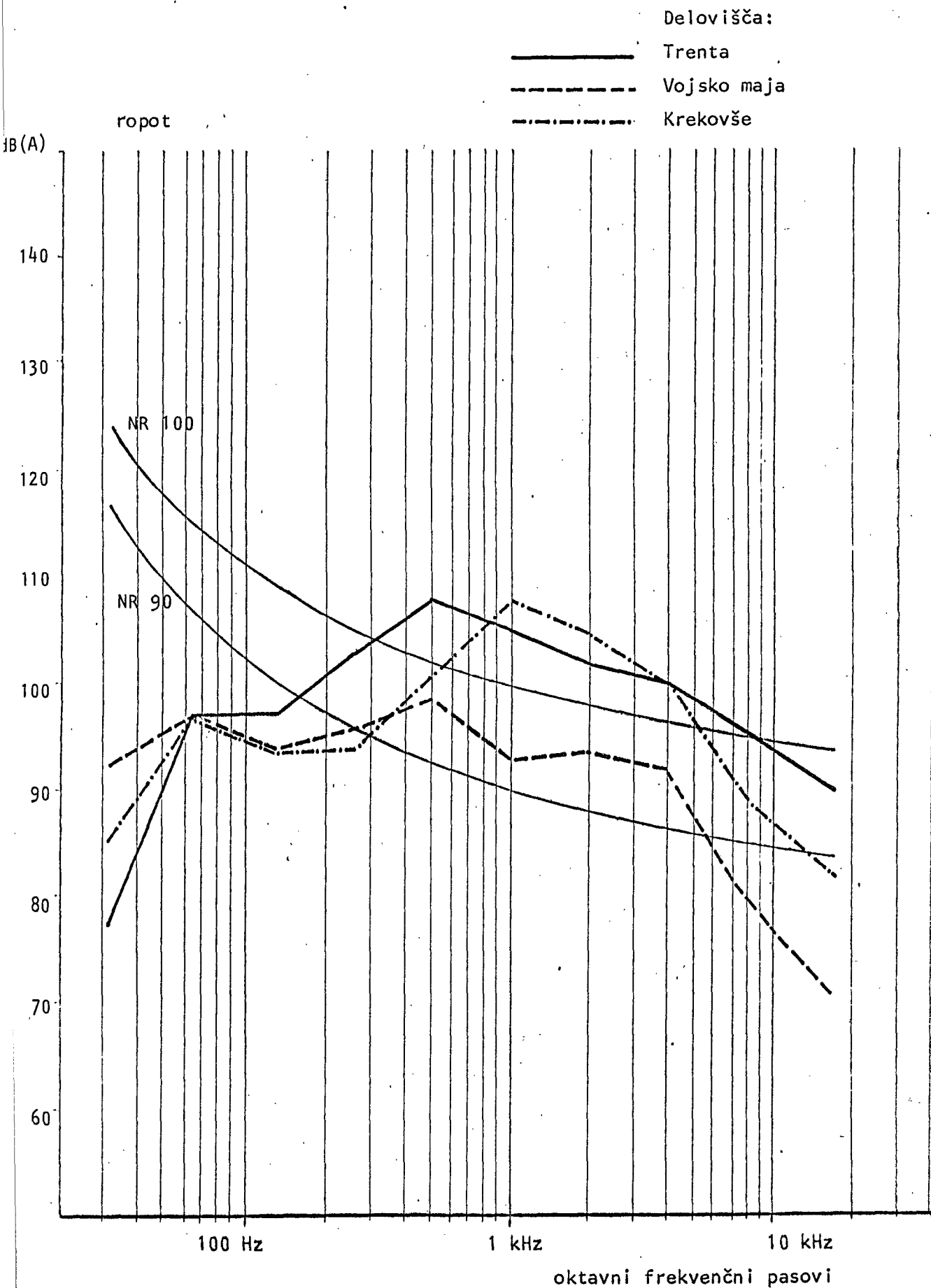
Delovišča:

- Trohov vrh
- - - - - Vojsko avgusta
- · - · - · - Vojsko junija



FREKVENČNA ANALIZA ROPOTA POGONSKIH STROJEV ŽIČNIH ŽERJAVOV
 MED PRAZNO VOŽNJO PRI SPRAVILU LESA NAVZDOL.

Graf. 21



JAKOST ROPOTA V OKTAVNIH FREKVENČNIH PASOVIH
PRI SPRAVILU LESA Z ŽIČNIMI ŽERJAVI

Tab. 29

Kraj Frekv. pas Hz	STROJ MED OBREMENITVIJO									
	Spravilo navzgor					Spravilo navzdol				
	WARCZHALOWSKY IN LOMBARDINI			URUS		WARCZHALOWSKY IN LOMBARDINI				
	Polna vožnja					Prazna vožnja				
	Vojsko junija	Trohov vrh	Vojsko avgusta	Vojsko junija	Vojsko avgusta	Vojsko Trenta	Trenta	Vojsko Krekovše	Trenta	
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
31,5	76	80	79	-	78	90	90	92	85	77
63	98	92	99	88	92	92	95	97	97	97
125	100	95	107	95	91	110	111	94	94	97
250	95	96	106	96	94	99	120	96	94	103
500	105	103	105	94	92	104	116	99	100	108
1000	102	103	100	92	89	104	113	93	108	105
2000	99	100	96	-	84	97	105	94	105	102
4000	98	98	97	-	79	96	104	92	100	100
8000	94	90	92	-	72	93	98	79	89	95
16000	85	82	84	-	70	82	91	71	82	90
31500	63	-	-	-	-	60	73	55	68	74
lin	109	105	112	-	-	106	127	102	110	111

- 62 -

JAKOST ROPOTA V OKTAVNIH FREKVENČNIH PASOVIH PRI SPRAVILU
LESA Z ŽIČNIMI ŽERJAVI

Tab. 30

Kraj Frekv. pas Hz	Stroj v prostem teku			
	WARCHALOWSKY IN LOMBARDINI		URUS	
	Vojsko junija dB	Trohov vrh dB	Vojsko maja dB	Vojsko junija dB
31,5	82	74	82	91
63	89	85	84	76
125	76	80	75	78
250	73	75	77	74
500	75	76	75	77
1000	78	74	81	75
2000	74	70	71	69
4000	70	64	62	69
8000	64	(62)	53	69
16000	53	(51)	50	67
31500	-	(32)	(28)	52
lin	88	88	100	92

Najvišje vrednosti dosegaajo v območju od 500 do 4000 Hz. V tem območju imata poligona frekvenčnih porazdelitev, posneta na Krekovšah in v Trenti, približno enak potek kot krivulja NR 105, frekvenčna porazdelitev, narejena na Vojskem, pa kot NR 95.

Frekvenčne analize posameznih dni se med seboj razlikujejo po jakosti, ker so bile posnete v različnih delovnih razmerah. Meritve po frekvenčnih pasovih so bile izvedene tudi med polno vožnjo pri spraviu navzgor (grafikon 20). Poligoni frekvenčnih porazdelitev, posneti na Vojskem junija, na Trohovem vrhu ter na Vojskem avgusta, se v nizkofrekvenčnem območju razlikujejo med seboj. Skupno jim je, da maksimume dosežejo pri približno 500 Hz, od tam do 4000 Hz pa potekajo v pasu med NR 100 in NR 105.

Pomembna je ugotovitev, da ropot ne dosega maksimumov samo pri neki ozko omejeni frekvenci (kar bi se verjetno z manjšim tehničnim posegom hitro dalo odpraviti), pač pa na širokem spektru frekvenc od nekako 500 do 4000 Hz. Če bi hoteli zaščititi sluh, bi morali uvesti zaščitna sredstva (glušnike), ki bi dušila zvok v frekvenčnem območju od približno 125 do 16000 Hz. V tem frekvenčnem območju je namreč hrup nad krivuljo NR 85.

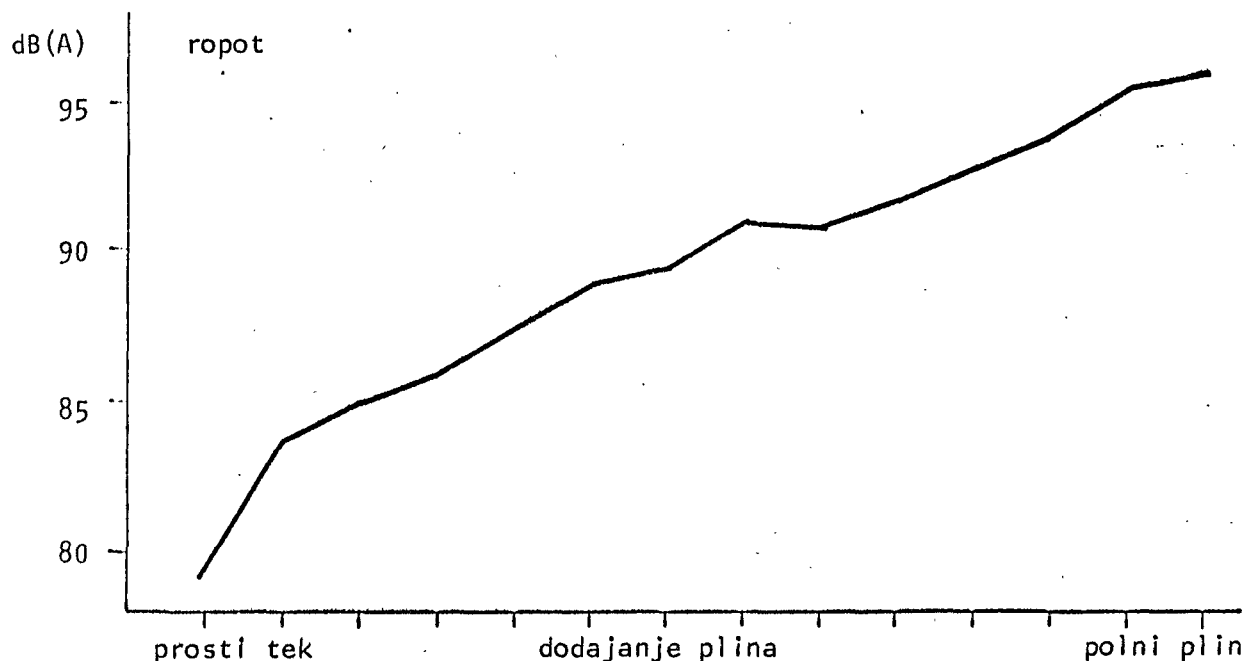
Frekvenčne analize potrjujejo, da so pogonski stroji stari in tehnično nedovršeni. Za trenutne razmere je verjetno bolj pametno razmišljati o prepotrebni osebni zaščitni sredstvih, ki so cenejša, kot pa o zamenjavi starih pogonskih strojev z novimi.

Povsem drugačne rezultate nam pokaže oktavna frekvenčna analiza stroja Urus (grafikon 21). Že absolutne vrednosti ropota pri maksimalni obremenjenosti stroja niso večje od 96 dB pri 250 Hz. Ropot, posnet na Vojskem junija, je bil kljub večjemu naklonu trase nižji od ropota, ki je bil posnet na Vojskem avgusta. Ko primerjamo trajanje posameznih elementov dela v vsakem snemanju vidimo, da so časi na enako dolgi trasi in pri enakem tovoru v drugem snemanju tega stroja skoraj za polovico krajši. Torej je vzrok višjih obremenitev večja hitrost vožnje. Ropot, posnet med polno vožnjo, v frekvenčnem območju od 125 do 4000 Hz presega normativno krivuljo NR 85. Zanimivo je, da se poligon frekvenčne porazdelitve, posnet v prostem teku, skoraj ne razlikuje od poligonov, posnetih ob enakih pogojih pri drugih strojih. Takoj lahko ugotovimo, da je motor pri Unimogu tehnično popolnejši od drugih in človeku manj škodljiv. Poleg tega je ropot dušen še z avtomobilskim pokrovom.

Med našim prvim snemanjem na Vojskem smo naredili tudi preprost poizkus. Motor žerjava nima merilca vrtljajev, zato je strojnik po svojem najboljšem občutku enakomerno dodajal plin od prostega teka do polnega plina. Na grafikonu 22 je prikazano, da ropot ob ušesu strojnika z dodajanjem plina ves čas narašča. Zanimivo pri tem je, da je maksimalni izmerjeni ropot le 96 dB(A). Med delom, čeprav ni uporabljal zračne zavore, pa je dosegel tudi 112 dB(A). Obremenjen stroj torej ropota veliko močneje kot neobremenjen pri enaki stopnji dodanega plina. Prenosi, boben, menjalnik in drugi deli vitla tudi veliko prispevajo k ropotanju.

ODVISNOST JAKOSTI ROPOTA OD DODAJANJA PLINA PRI
NEOBREMENJENEM POGONSKEM STROJU ŽIČNEGA ŽERJAVA

Graf. 22



2.3.3 Obremenjenost strojnika z ropotom med delom

Da bi ugotovili obremenjenost strojnika žičnega žerjava z ropotom med delom, smo ob ušesu strojnika merili jakost ropota v več zaporednih delovnih ciklih. Jakost ropota smo ugotavljali ločeno v vseh glavnih in pomožnih operacijah tako, da smo s pomočjo hkratnega časovnega snemanja pripisali posneto jakost ropota posameznim delovnim operacijam. Delovni cikel je pri spravlilu lesa z žičnimi žerjavi sestavljen iz desetih produktivnih elementov dela: dviga prazne kljuke od tal do vozička, prazne vožnje vozička po nosilki, spusta prazne kljuke od vozička do tal, razvlačevanja vrvi levo ali desno od trase, vezanja sortimentov, privlačevanja tovora od panja do trase, dviga tovora od tal do vozička, polne vožnje vozička po nosilki, spusta bremena od vozička do tal in odvezovanja. Snemali smo tudi ropot med objektivnimi in subjektivnimi zastoji, vendar je bilo

EKVIVALENTNI NIVOJI ROPOTA IN ČASOVNI DELEŽI POSAMEZNIH DELOVNIH OPERACIJ PRI
SPRAVILU LESA NAVZDOL

Tab. 31

Kraj Operacija	Bela peč		Trenta		Krekovše		Vojsko maja		SKUPAJ	
	L _{ekv}	% časa	L _{ekv}	% časa	L _{ekv}	% časa	L _{ekv}	% časa	L _{ekv}	% časa
Razvlač.prazne vrvi										
tla - voziček	100,7	2,0	95,4	4,5	95,9	6,0	96,6	4,2	96,9	4,1
po nosilki	100,9	27,2	106,8	15,0	108,7	11,0	101,7	7,8	105,2	16,0
voziček - tla	94,8	1,4	94,1	1,5	93,6	2,8	93,7	3,5	94,0	2,1
levo - desno	90,6	2,8	90,7	3,7	88,5	6,4	94,9	4,5	91,5	4,2
Vezanje	91,9	8,1	88,9	12,4	87,8	10,4	85,2	15,6	88,9	11,4
Vožnja bremena										
panj - trasa	99,8	1,4	98,3	2,4	97,8	5,8	97,6	7,2	98,1	3,7
tla - voziček	102,0	2,6	99,5	1,0	93,8	5,1	101,8	5,3	100,1	3,0
po nosilki	110,1	16,1	106,9	15,4	92,0	10,6	104,1	6,9	107,5	13,0
voziček - tla	111,3	2,8	106,5	2,4	114,8	2,9	103,6	1,6	111,2	2,5
Odvezovanje	96,2	5,6	89,0	12,3	92,2	9,0	87,0	13,3	91,4	10,0
Objektivni zastoji	95,3	11,5	82,8	0	94,8	10,4	93,8	11,8	94,7	7,4
Subjektivni zastoji	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T _{dej}	105,0	81,4	103,7	70,2	103,7	80,4	98,2	81,9	103,4	77,4
T _{prod}	104,9	70,0	103,7	70,0	103,6	70,0	97,9	70,0	103,8	70,0
T _{del}	103,3	100,0	102,2	100,0	102,0	100,0	96,4	100,0	102,3	100,0
Skupno trajanje (T _{del})	144,09 min		191,83 min		114,36 min		101,61 min		553,31 min	

EKVIVALENTNI NIVOJI ROPOTA IN ČASOVNI DELEŽI POSAMEZNIH DELOVNIH OPERACIJ
PRI SPRAVILU LESA NAVZGOR

Tab. 32

Kraj Operacija	Vojsko avgusta		Vojsko junija		Trohov vrh		Skupaj	
	L _{ekv}	% časa	L _{ekv}	% časa	L _{ekv}	% časa	L _{ekv}	% časa
Razvlač.prazne vrvi								
tla - voziček	86,3	2,1	86,2	1,7	88,4	3,0	87,3	2,3
po nosilki	87,2	8,3	87,8	4,7	82,7	9,7	86,0	7,5
voziček - tla	84,2	2,1	86,2	2,6	79,9	2,2	84,4	2,3
levo - desno	84,7	4,9	83,8	6,9	81,9	2,3	83,9	4,7
Vezanje	84,8	10,5	83,9	16,9	82,9	17,4	83,8	14,5
Vožnja bremena								
panj - trasa	95,4	5,9	100,7	4,6	98,5	2,1	98,5	4,2
tla - voziček	99,5	6,8	103,4	6,4	98,3	2,6	101,4	5,3
po nosilki	106,2	23,2	104,8	16,1	104,6	15,3	105,2	18,3
voziček - tla	93,1	2,1	98,8	2,4	98,4	3,0	97,6	2,5
Odvezovanje	86,2	4,0	84,0	7,7	84,9	12,5	84,9	8,0
Objektivni zastoji	88,7	11,0	83,1	1,0	82,4	11,3	86,6	7,6
Subjektivni zastoji	84,9	1,0	-	-	-	-	84,9	0,3
T _{dej}	101,1	82,0	99,8	70,6	97,9	81,3	99,9	78,0
T _{prod}	101,0	70,0	99,8	70,0	97,9	70,0	100,2	70,0
T _{del}	99,5	100,0	98,3	100,0	96,2	100,0	98,8	100,0
Skupno trajanje (T _{del})	80,99 min		78,13 min		75,51 min		234,63 min	

- 67 -

EKVIVALENTNI NIVOJI ROPOTA IN ČASOVNI DELEŽI POSAMEZNIH DELOVNIH OPERACIJ
PRI SPRAVILU LESA NAVZGOR S STROJEM URUS

Tab. 33

Kraj Operacija	Vojsko avgusta		Vojsko junija		Skupaj	
	L _{ekv}	% časa	L _{ekv}	% časa	L _{ekv}	% časa
Razvlač.prazne vrvi						
tla - voziček	81,1	1,0	80,5	0,2	81,0	0,5
po nosilki	81,3	8,6	79,1	4,5	80,7	6,6
voziček - tla	78,6	1,4	72,5	2,9	75,5	2,1
levo - desno	78,4	4,5	79,0	7,6	78,8	6,0
Vezanje	77,6	16,3	74,3	17,6	76,2	16,9
Vožnja bremena						
panj - trasa	92,0	12,9	87,0	10,8	90,4	11,9
tla - voziček	89,5	2,5	89,1	7,8	89,2	5,1
po nosilki	85,7	17,2	93,6	11,9	85,8	14,6
voziček - tla	87,2	1,2	77,9	1,4	84,5	1,3
Odvezovanje	83,8	4,5	77,2	5,3	81,5	4,9
Objektivni zastoj	86,4	5,7	81,8	5,7	84,7	5,7
Subjektivni zastoj	84,0	10,3	-	-	84,0	5,2
T _{dej}	80,4	86,0	87,3	75,7	89,3	80,9
T _{prod}	80,2	70,0	87,3	70,0	89,8	70,0
T _{del}	88,6	100,0	85,7	100,0	88,7	100,0
Skupno trajanje (T _{del})	62,50 min		61,74 min		124,24 min	

tega posnetega dodatnega časa le 10%. Iz drugih obsežnih časovnih snemanj spravi-
vila z žičnimi žerjavi (BONČINA, CESAR) vemo, da znaša okrog 30% produktivnega
časa.

Pri izračunu obremenjenosti strojnika z ropotom v delovnem času smo upoštevali
posneti ropot med produktivnim časom in neproduktivni čas. (30% prod.) brez ropo-
ta oziroma s hrupom okolice 40 dB(A).

Pri analiziranju ropota žerjavov in določanju obremenitev delavcev smo izračuna-
li ekvivalentno jakost ropota, ki pomeni enako obremenitev, kot če bi bil dela-
vec izpostavljen ves čas ropotu enakomerne jakosti. Tabele 31-33 prikazujejo
obremenjenost delavca s takim ropotom med posameznimi elementi dela. Na koncu
tabel so dodane še obremenitve z ropotom, kakršnega smo zajeli v naših snemanjih
(T_{dej}). Pod šifro T_{prod} so prikazane obremenitve samo v produktivnem času. Naj-
bolj pomembni podatki o obremenitvah so podani v vrsti pod šifro T_{del} . To so
obremenitve v delovnem času, ki jih izračunamo iz obremenitev v produktivnem
času in v dodatnem času, dodan pa je še polurni odmor. V stolpcih je tudi pri-
kazano, kolikšen delež delovnega časa traja posamezen element dela.

Ropot žerjavov iz teh tabel lahko primerjamo s standardom ISO, ki določa, koliko
časa največ lahko določena jakost ropota traja (tabela 34):

DOPUSTNO TRAJANJE OBREMENITEV PO ISO IN JU STANDARDU

Tab. 34

Največje dopustno trajanje ure	Dopustna jakost ropota	
	ISO standard dB(A)	JU standard dB(A)
8	85	90
4	88	95
2	91	100
1	94	105
0,5	97	110
0,25	100	115

Vrednosti, ki so v tabelah šrafirane, presegajo tako glede jakosti kot tudi trajanja ropota v posameznih delovnih operacijah normative, ki jih določa ISO standard.

Žerjavi, ki so les spravljali navzdol (tabela 31), so v osmih urah obremenjevali žičničarje z ropotom jakosti 102,3 dB(A). Po ISO normativih bi tako visoka obremenitev smela trajati le dobrih 10 minut na dan. Ropot je mnogo previsok tudi za veliko bolj popustljiv jugoslovanski standard, ki dopušča obremenjenost z 90 dB(A) v osmih urah. Veliko previsoka obremenjenost z ropotom je bila zabeležena tudi v produktivnem času.

Žerjavi v tabeli so razvrščeni po dolžinah tras. Vidimo, da obremenitve z dolžino trase naraščajo in dosežajo vrednosti od 96,4 do 103,3 dB(A). Celo na najkrajši trasi je žičničar veliko preveč obremenjen s hrupom, ki ga dovoljujeta jugoslovanski, posebno pa še ISO standard. Največjo težo v skupnem izračunu ima žerjav, posnet v Trenti, kjer so naša snemanja trajala najdlje.

Ekvivalentni nivo ropota, preračunan na osem delovnih ur, tudi pri spravi lesa navzgor (tabela 32) močno presega dovoljene nivoje obremenitev. Obremenitev znaša 98,8 dB(A). Pri taki jakosti ropota bi strojnik smel delati le 20 minut na dan, da bi se izognil možnim okvaram sluha.

Že iz porazdelitve ropota po frekvenčnih pasovih lahko vidimo, da je strojnik, ki dela s strojem Urus, manj obremenjen kot žičničarji, ki delajo z drugimi stroji. To lahko potrdijo tudi izračunane ekvivalentne jakosti ropota v tabeli 33.

V povprečju je strojnik pri stroju Urus obremenjen z 88,2 dB(A) v osmih urah. Pri taki obremenitvi bi smel delati le slabe štiri ure na dan. Preveliki obremenjenosti bi se lahko izognili tudi tako, da bi se med delom menjavali pri stroju; vsi trije delavci so bili namreč žičničarji.

Rezultati v tabeli nam pokažejo, da je bila obremenitev v avgustu enkrat večja od obremenitve v juniju, kjer je ropot v osmih urah presegel ISO normative le za malenkostnih 0,7 dB(A).

Lahko ugotovimo, da je strojnik najbolj obremenjen z ropotom takrat, ko les spravlja z žerjavom, ki ga poganja motor Warchalowsky ali Lombardini, po nosilni vrvi navzdol, najmanj pa pri spravi navzgor s strojem Urus. Strojnik, ki les spravlja navzgor z vitlom s pogonskim strojem Warchalowsky ali Lombardini, je v delovnem dnevu enkrat manj obremenjen s hrupom kot strojnik, ki les z enakima strojema spušča. Razlika v ropotu v delovnem dnevu med obema smerema spravi-
la je namreč 3 dB(A). Med strojem Urus in drugimi stroji, ki so tovor spravlja-
li navzgor, je bila razlika v ropotanju kar 11 decibelov, kar bi lahko pomenilo,
da so delavci pri drugih strojih dvanajstkrat bolj obremenjeni kot delavci pri
stroju Urus. Še večja razlika je med strojem Urus in stroji, ki so tovor spušč-
čali /14 dB(A)/.

2.3.3.1 Ropot med posameznimi delovnimi operacijami

Hrup v vsakem elementu dela ne prispeva enakega deleža k skupni obremenjenosti žičničarja z ropotom. Delež določenega elementa dela v ekvivalentni jakosti ropota, ki prispeva k osemurni obremenjenosti strojnika, lahko izračunamo s formulo, ki upošteva čas trajanja in jakost ropota.

Pri spravi lesa navzdol je časovni delež prazne vožnje v osmih urah 16%, delež v ekvivalentni jakosti ropota v delovnem dnevu pa je 31%. Časovni delež polne vožnje je tudi majhen (13%), medtem ko je njen delež v ekvivalentni jakosti ropota kar 43%. Največja razlika je pri spuščanju tovora od nosilke do tal. Časovni delež operacije je 2,5%, delež v ekvivalentni jakosti ropota pa znaša 19,2%. Te tri operacije, ki so tudi šrafirane v tabeli 31, trajajo v delovnem dnevu le slabo tretjino časa (31,5%), medtem ko s svojim ropotanjem prispevajo kar 93% k celotni obremenitvi strojnika. Na meji dovoljenih obremenitev je tudi hrup, ki nastaja pri dviganju tovora od nosilke do tal. Vsi ostali elementi dela so precej manj nevarni za sluh, saj predstavljajo le 7% vseh obremenitev. V tej skupini strojev, ki je les spravljala navzdol, smo tudi testirali značilnost razlik med aritmetičnimi sredinami ropota v posameznih elementih dela. Te vrednosti so bile ponavadi nižje od ekvivalentnih jakosti ropota. Aritmetične sredine ropota v elementih dela se v glavnem značilno razlikujejo (s stopnjo tveganja $\alpha \leq 0,001$) druga od druge. Značilnih razlik ni bilo med dviganjem praznega kavlja in dviga-

njem tovora od tal do vozička; med prazno in polno vožnjo ter med prazno vožnjo in spustom tovora od nosilke do tal. Vzrok je verjetno v tem, da so žičničarji stroje enako močno obremenjevali, ne glede na to ali so imeli na vrvi obešen tovor ali ne. Prav tako ni značilnih razlik v hrupu med odvezovanjem in razvlačevanjem, med polno vožnjo in spustom tovora od nosilke do tal, kar je razumljivo.

Pri spravi lesa z žerjavi navzgor prihaja do najhujšega ropota med polno vožnjo pri dviganju tovora od tal do vozička. V teh dveh operacijah ekvivalentna raven ropota močno presega dovoljene normative. Ropot prihaja na mejo dovoljenega tudi v operaciji, kjer so tovor vlačili po tleh od panja do trase. Polna vožnja traja najdlje - 18% delovnega časa, prispeva pa kar 83% k celodnevni obremenjenosti strojnika s hrupom. Deset procentov obremenjenosti prispeva dviganje tovora do nosilke, po trajanju le 5%. Vse ostale operacije dvignejo dnevno obremenitev z ropotom za 7%. Lahko rečemo, da spravo lesa navzgor sestavljajo "tíhi" in "glasni" elementi dela. Test t' ni pokazal značilnih razlik med aritmetičnimi sredinami ropota v tihih elementih dela, v katerih se gibajo obremenitve od 79 do 83 dB(A). Razlike so bile značilne (s stopnjo tveganja = 0,001) med vsemi glasnimi elementi dela, kjer se obremenitve gibajo od 94 do 104 dB(A).

Pri spravi lesa navzgor s strojem Urus le obremenitev strojnika med polno vožnjo presega dovoljene ISO normative. Ta operacija, ki traja 15% celotnega delovnega časa, predstavlja 68% celotnega ropotanja. Dokaj visok delež hrupa daje tudi privlačevanje tovora od panja do trase - 19%, medtem ko je njegov časovni delež 12%. Preostale operacije prispevajo 13% ropota k celodnevnim obremenitvam strojnika. Če pa pogledamo aritmetične sredine višin ropota v vsakem elementu dela, vidimo, da ima poleg teh dveh operacij visok ropot še operacija, v kateri so dvigali tovor od tal do nosilke. Ropot je pri privlačevanju tovora od panja do trase podoben ropotu, ki nastaja pri dviganju tovora od tal do nosilke, zato ni značilnih razlik med njima, obe pa se razlikujeta od polne vožnje, kjer je motor ropotal še močneje. Ropot v ostalih elementih dela ne preseže vrednosti 81 dB(A), tako da jih lahko štejemo med tihe elemente.

Razlike v obremenjenosti žičničarjev med posameznimi cikli smo testirali tako, da smo izbrali pri vsakem načinu en dan snemanj.

Pri spravi lu lesa navzdol smo izbrali žerjav, ki je delal v Beli peči. Na visoko raven ropota (tabela 31) je vplivala dolžina trase (delež prazne in polne vožnje je zelo velik - 27% in 16%). Velik ropot je tudi pri spuščanju tovora z zračno zavoro s petnajstih metrov od vozička do tal. Na ropot pa verjetno precej vpliva tudi način dela strojnika s strojem in samo stanje motorja.

Med ciklusi tega dneva izstopa samo prvi ciklus, ki je najtišji, vendar njegova srednja vrednost ropota presega 97 dB(A), ostali štiri ciklusi pa se med seboj ne razlikujejo. Prvi ciklus je verjetno najtišji zato, ker so takrat spuščali lažji tovor.

Pri spravi lu lesa navzgor so bile najvišje ekvivalentne vrednosti ropota zabeležene na Vojskem avgusta (tabela 32). Od petih ciklusov sta si značilno podobna prvi in četrti ciklus. Od ostalih imata nižjo srednjo vrednost ropota, to pa zato, ker je v prvem ciklusu vezanje trajalo zelo dolgo, v četrtem ciklusu pa je nivo ropota zmanjšal dolg zastoj. Najvišji ropot je bil v tretjem ciklusu, podobna sta mu bila še drugi in peti. V teh primerih so vlačili zelo težka bremena.

Urus je bil najhrupnejši na Vojskem avgusta (tabela 33). Srednje vrednosti ropota se med seboj niso značilno razlikovale z izjemo zadnjega ciklusa, ki se je razlikoval od vseh, samo od predzadnjega ne. Srednja vrednost ropota v teh dveh ciklusih je bila nižja kot v ostalih, to pa zato, ker so vlačili tovor na krajši, stometrski razdalji, v tovoru pa je bilo tudi manj kosov.

Menimo, da se ob normalnem poteku dela obremenjenost strojnika med posameznimi ciklusi ne spreminja. Zaradi tega lahko vzamemo pri proučevanju cikličnosti obremenitve za model en povprečni ciklus iz vsakega načina dela in preko njega sklepamo na obremenitev, kakršni je delavec izpostavljen v celotnem delovnem dnevu.

2.3.3.2 Porazdelitev jakosti ropota

Zanimalo nas je, kako je ropot posameznih jakosti porazdeljen v delovnem času. Zato je računalnik porazdelil posnete vrednosti po posameznih jakostnih razredih, širokih 2,5 dB(A). Po teh posnetih vrednostih so narejeni histogrami za naš snemani delovni čas. Z njimi smo hoteli prikazati spremenljivost in nihanje ropota,

ropot, ki prevladuje v posnetem času, ter ropot, ki največ prispeva k obremenjenosti žičničarjev.

V naših snemanjih smo zajeli okrog 10% dodatnega časa (v histogramih je vključen tudi ropot v tem času), predpostavili pa smo, da ga je v delovnem dnevu 30%. Da bi v histogramih dobili realno porazdelitev ropota po frekvencah v delovnem dnevu, bi morali dodati še kakih 20% dodatnega časa z ropotom okrog 40 dB(A). S tem bi se vsi stolpci za dobrih 20% znižali, nov stolpec pa bi nastal pri 40 decibelih.

Krivulja, ki seka histograme, je normativ ISO priporočil, ki nakazuje v določenem času najvišji, še dovoljeni ropot. Tu je torej grafično prikazano, koliko in pri kateri višini ropota je delavec preobremenjen s hrupom (stolpci, ki ležijo desno od krivulje).

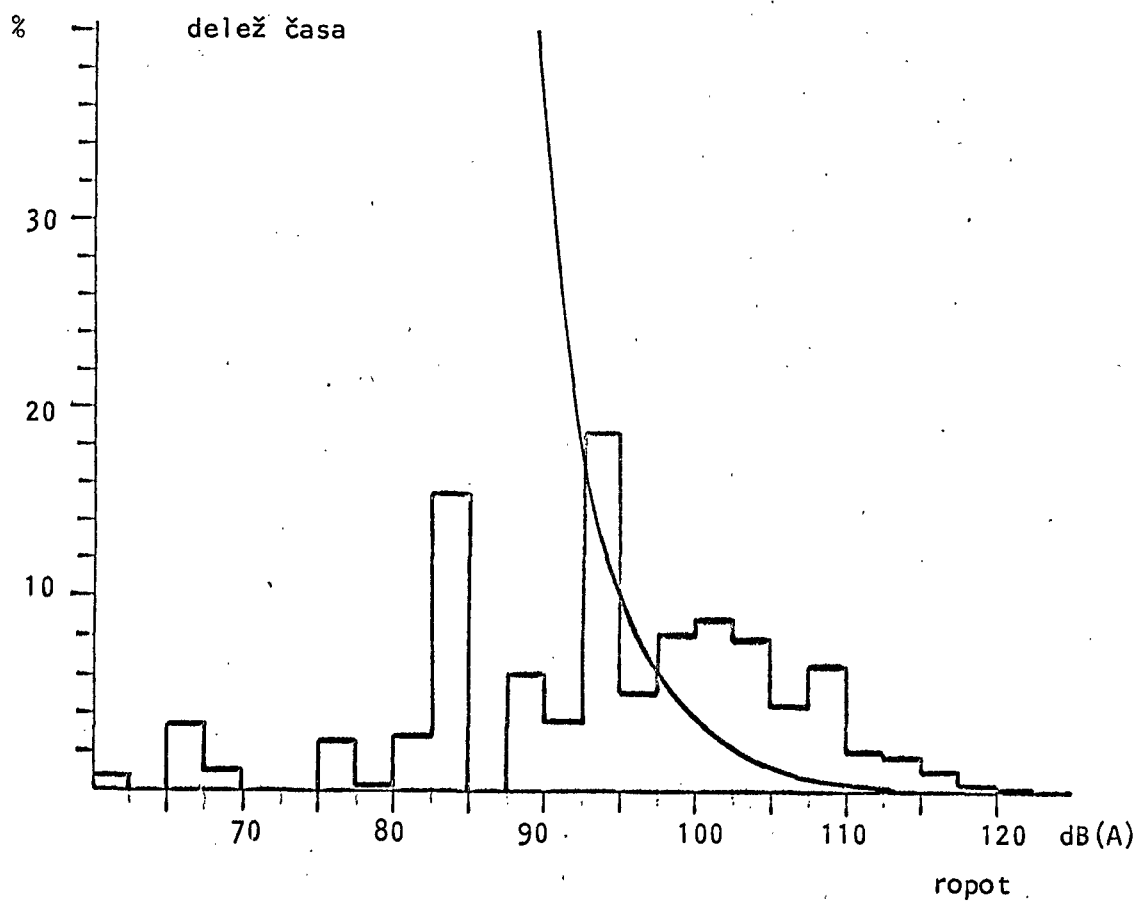
Histograma pri obeh smereh spravila s stroji, ki so imeli motorje Warchalowsky in Lombardini, nakazujeta, da se pojavljajo trije maksimumi ropotanja. Prva dva sta dokaj ozko omejena (nastopata pri nižjem ropotu) in ne predstavljata posebnih obremenitev. Zadnji ekstrem je razpotegnjen na širokem spektru ropota z maksimalnim deležem okrog 105 dB(A). Nastopa ravno v območju, kjer krivulja dopustnih obremenitev močno pade. Obdobje tišine skoraj ni, saj je ropot tudi v nizkih jakostih zastopan z določenim deležem časa.

Pri spravi lesa navzdol (grafikon 23) v razredu od 92,5 do 95 dB(A) stroji ropotajo najdlje - 18% delovnega časa. Ta razred je že v območju zadnjega maksimuma, kjer se standard že zelo zmanjša. Ploščina stolpcev, ki ležijo desno od te normativne krivulje, nam pokaže, da je 36% vsega ropota nad dovoljenim nivojem. Če naredimo še izračun za predpostavljeni delovnik, nam ta pokaže, da je še vedno kar četrtnina ropota nad dovoljeno količino.

Pri spravi lesa navzgor (grafikon 24) je območje ropota nekoliko ožje, stroji ne presegajo 110 dB(A). Najdlje v delovnem času (42%) proizvajajo stroji ropot od 82,5 do 85 dB(A), kar pa je še vedno levo od normativne krivulje, torej v dovoljenem območju. V naših snemanjih je bilo 22% vsega ropota nad dovoljenim nivojem, če pa upoštevamo realno količino dodatnega časa, je nad normativom še 16% ropota.

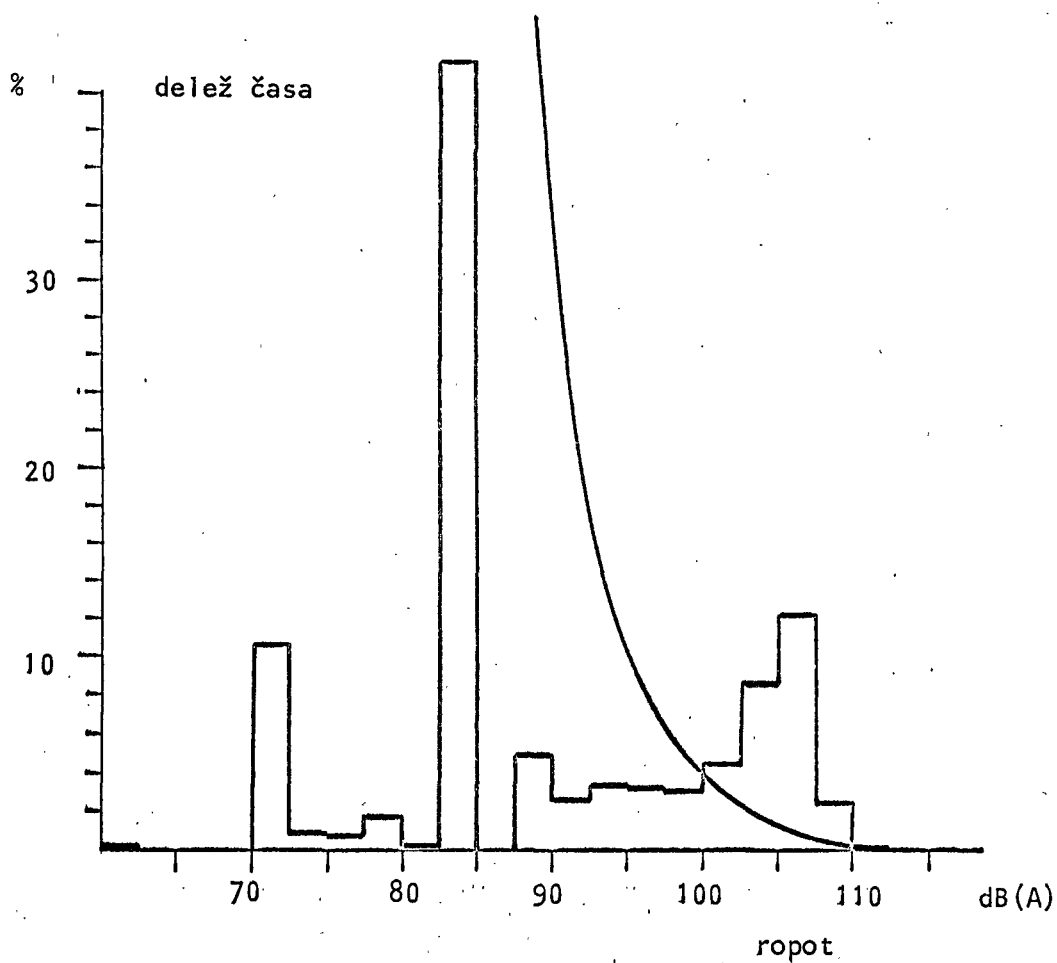
PORAZDELITEV JAKOSTI ROPOTA V POSNETEM ČASU
SPRAVILA LESA Z ŽIČNIMI ŽERJAVI NAVZDOL

Graf. 23



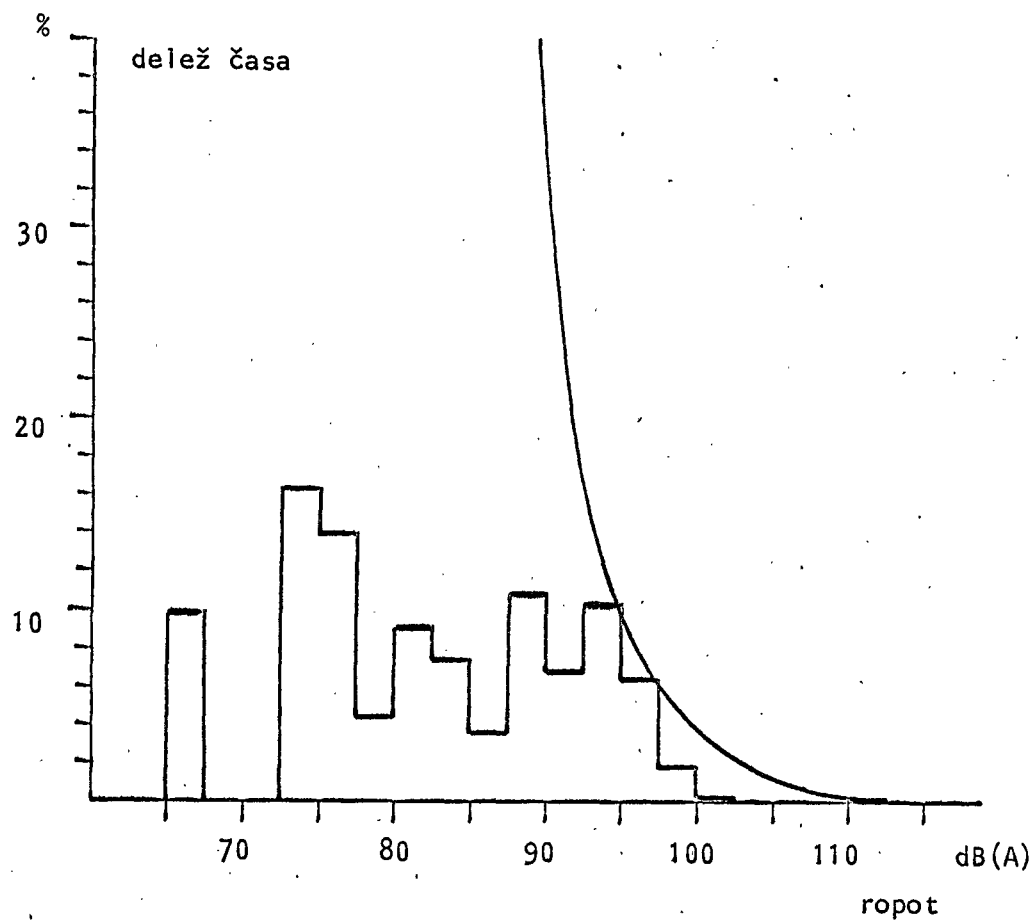
PORAZDELITEV JAKOSTI ROPOTA V POSNETEM ČASU
SPRAVIŁA LESA Z ŽIČNIMI ŽERJAVI NAVZGOR

Graf. 24



PORAZDELITEV JAKOSTI ROPOTA V POSNETEM
ČASU SPRAVILA LESA Z ŽIČNIM ŽERJAVOM URUS

Graf. 25



Pri spravi s strojem Urus (grafikon 25) je histogram povsem drugačen. Skoraj ves ropot je po jakosti in trajanju v dovoljenih mejah. Kakšnih izrazitih ekstremnih deležev jakosti ropota ni videti, pač pa je prisotnost ropota stalna in zastopana z razmeroma enakomernim deležem od 65 do 97 dB(A).

2.3.3.3 Zaporedje pojavljanja ropota med spravi

Ropot se pri delu z žičnimi žerjavi pojavlja ciklično, v skladu z njim tudi obremenitve. Pri tem sta nas zanimali dve stvari:

1. cikličnost pojavljanja obremenitev znotraj ciklusov in
2. cikličnost v delovnem času - odvisno od trajanja ciklusov.

Ker smo že ugotovili, da se ciklusi značilno ne razlikujejo drug od drugega, smo v teh raziskavah upoštevali povprečja. Na relativno časovno skalo smo narisali histograme ekvivalentnih nivojev ropota, ki jih v enem ciklusu povzročajo produktivne operacije. Na vsak grafikon smo poleg povprečnega ciklusa narisali še oba ekstremna ciklusa, tako da vidimo, v kakšnih mejah so se gibale obremenitve z ropotom tudi v vsaki operaciji.

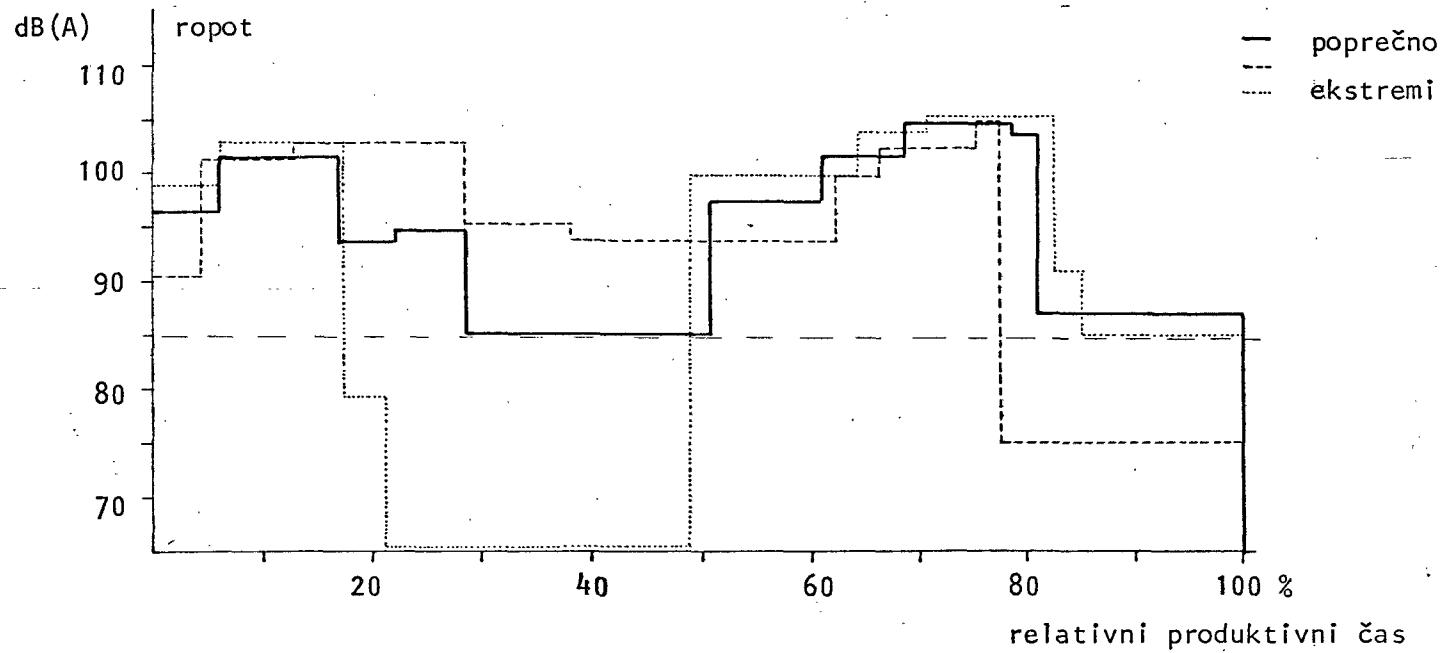
Pri spravi lesa navzdol smo ugotovili, da se povprečni relativni ciklus glede na različno dolžino trase bistveno ne spremeni (grafikona 26 in 27).

Podobno se med seboj po relativni dolžini operacij in celotni obliki ciklusa ne razlikujejo povprečja, nastala na kratkih in dolгих trasah pri spravi lesa navzgor (grafikona 28 in 29). Histogram pri stroju Urus (grafikon 30) se od ostalih strojev, ki so les vlačili navzgor, loči samo po tem, da so stolpci nekoliko nižji. Oblika je ostala enaka.

Iz histogramov lahko vidimo, da se pojavljata dva značilna tipa ciklusov. Pri spravi navzdol je ciklus obremenitev sestavljen iz dveh maksimumov in enega minimuma med njima. Drugi maksimum (tovor je takrat pripet na vrvi) je nekoliko višji od prvega (premikanje praznega vozička). Minimum ropota stroja nastopa pri razvlačevanju vrvi in vezanju tovora, ko je stroj v prostem teku ali pa ugasjen. Povprečja tega ropotanja so na meji dovoljenega (85 dB(A)), trajajo pa približno četrtno celotnega ciklusa. Za zadnjim maksimumom ropot spet pade (odvezovanje), toda v povprečju nikdar pod dovoljeno mejo. Traja le dobrih 10% časa ciklusa.

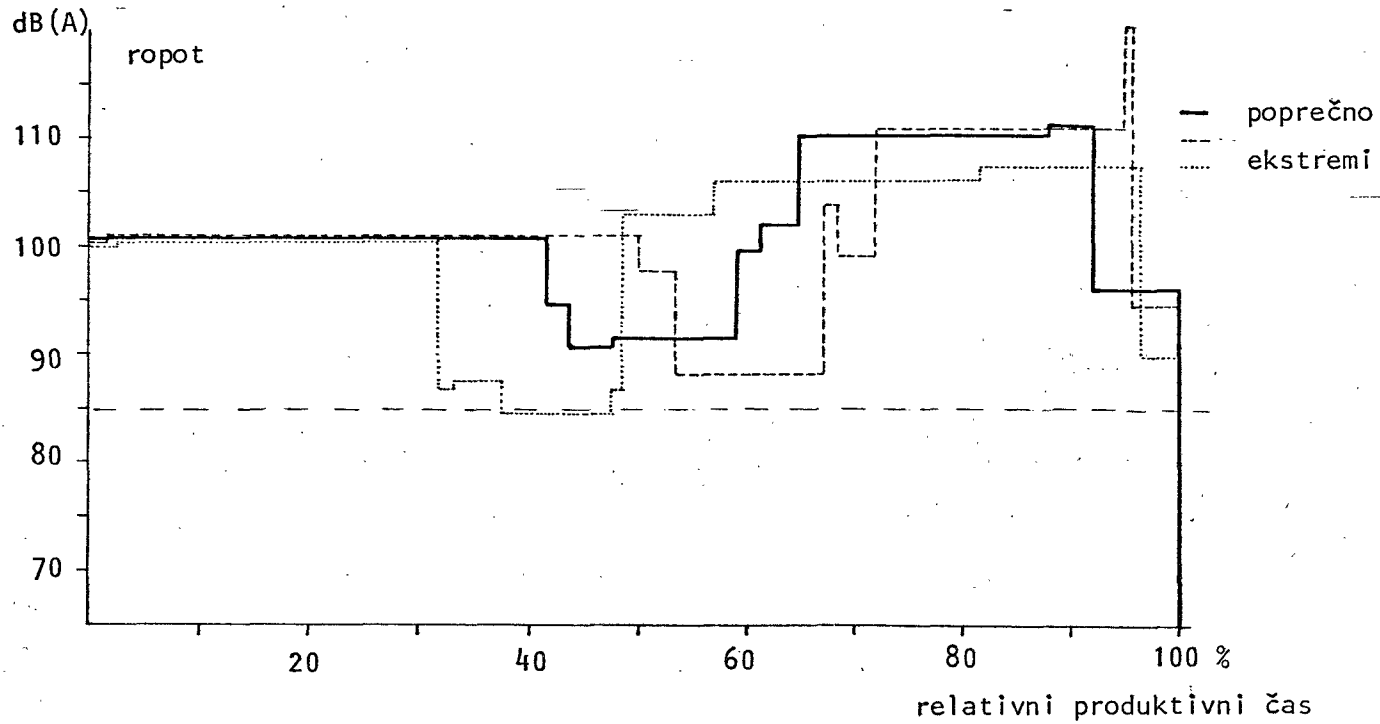
NIHANJE JAKOSTI ROPOTA V DELOVNEM CIKLUSU
PRI SPRAVILU LESA NAVZDOL PO KRATKI TRASI

Graf. 26



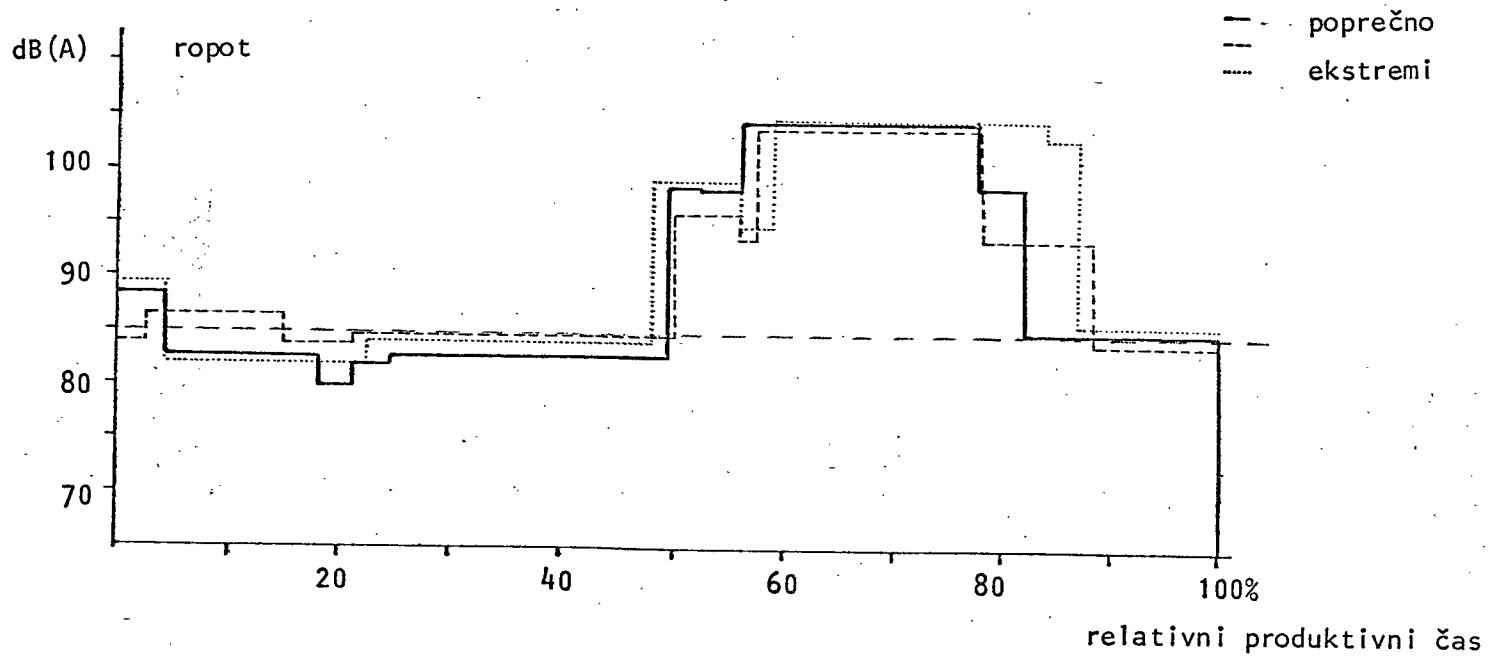
NIHANJE JAKOSTI ROPOTA V DELOVNEM CIKLUSU
PRI SPRAVILU LESA NAVZDOL PO DOLGI TRASI

Graf. 27



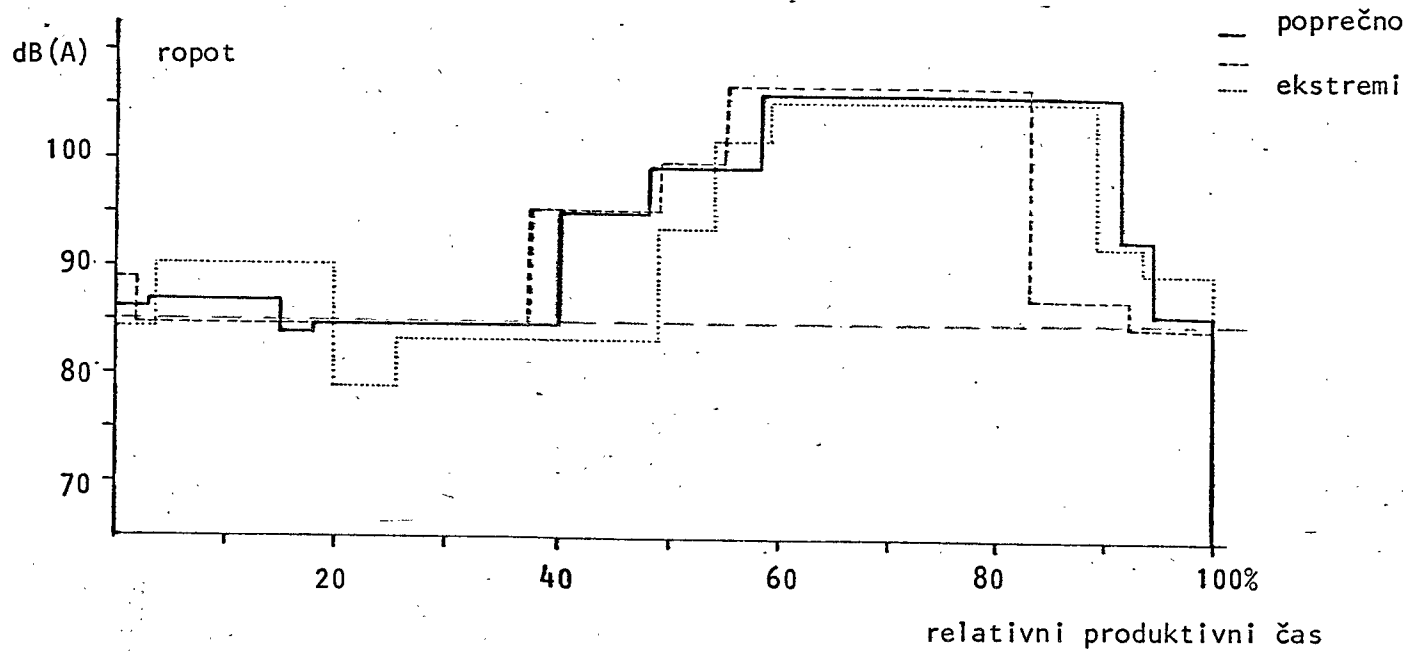
NIHANJE JAKOSTI ROPOTA V DELOVNEM CIKLUSU
PRI SPRAVILU LESA NAVZGOR PO KRATKI TRASI

Graf. 28



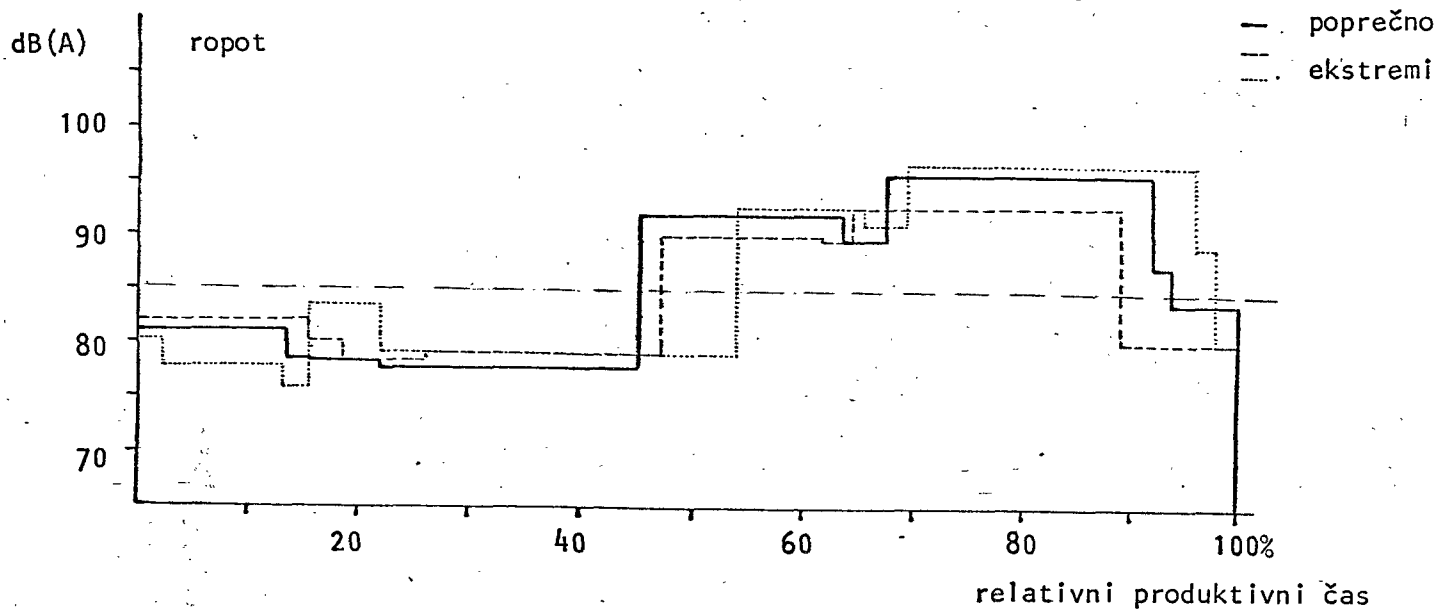
NIHANJE JAKOSTI ROPOTA V DELOVNEM CIKLUSU
PRI SPRAVILU LESA NAVZGOR PO DOLGI TRASI

Graf. 29



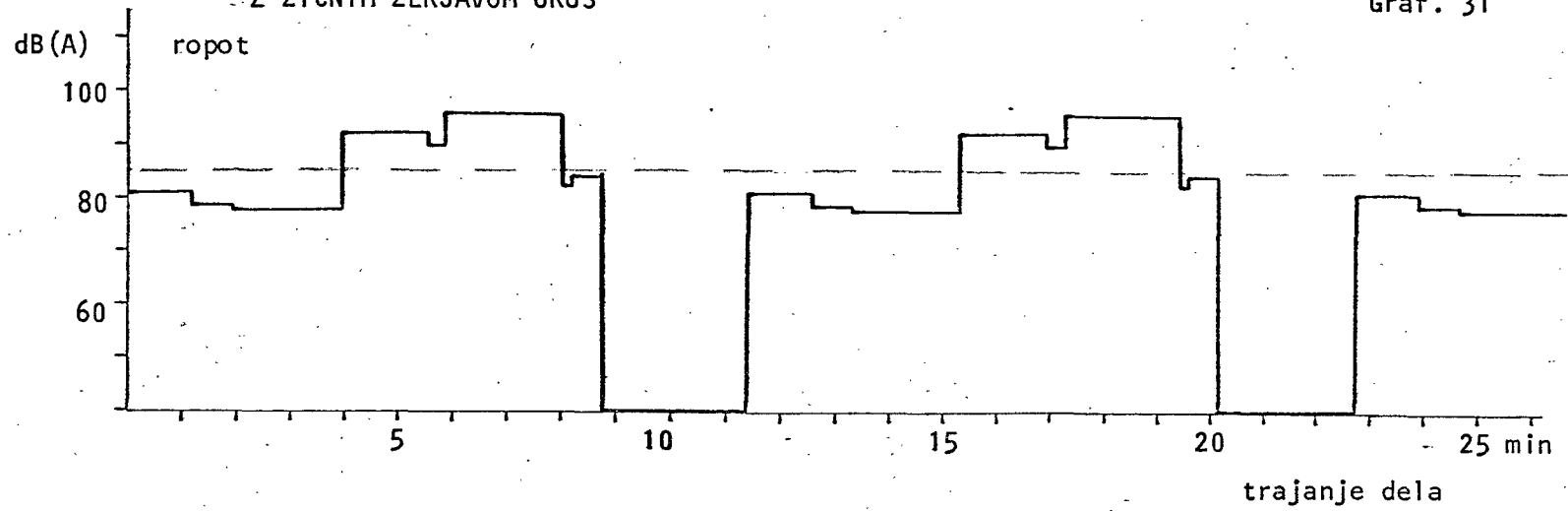
NIHANJE JAKOSTI ROPOTA V DELOVNEM CIKLUSU
PRI SPRAVILU LESA Z ŽIČNIM ŽERJAVOM URUS

Graf. 30



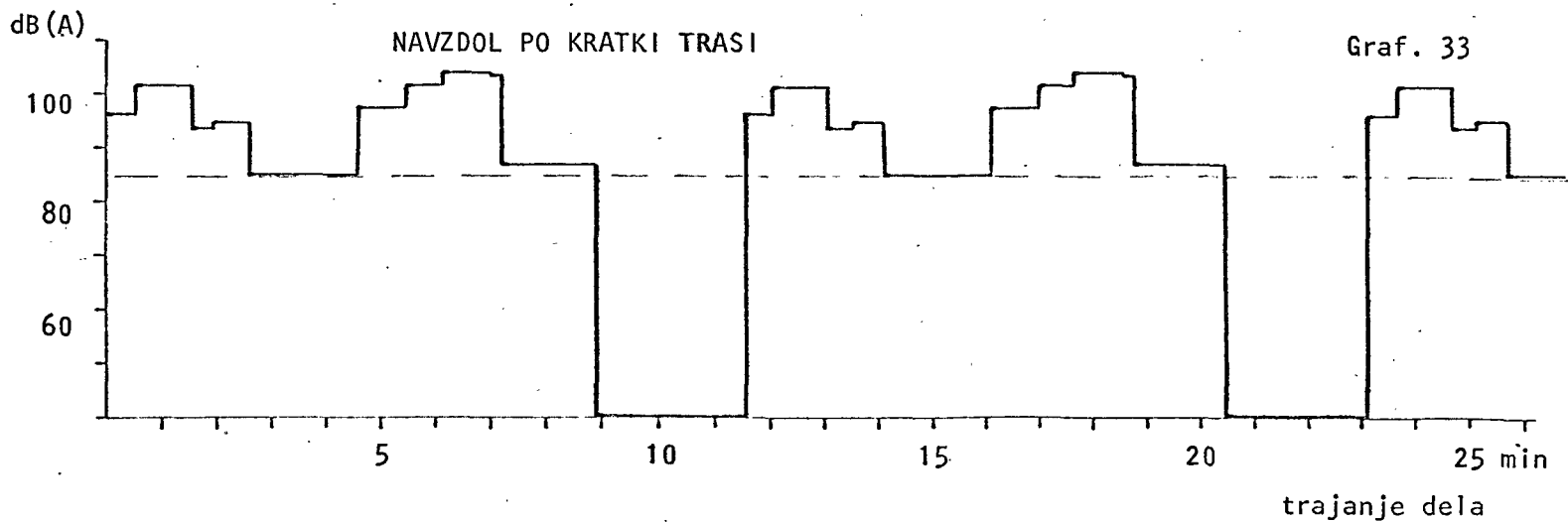
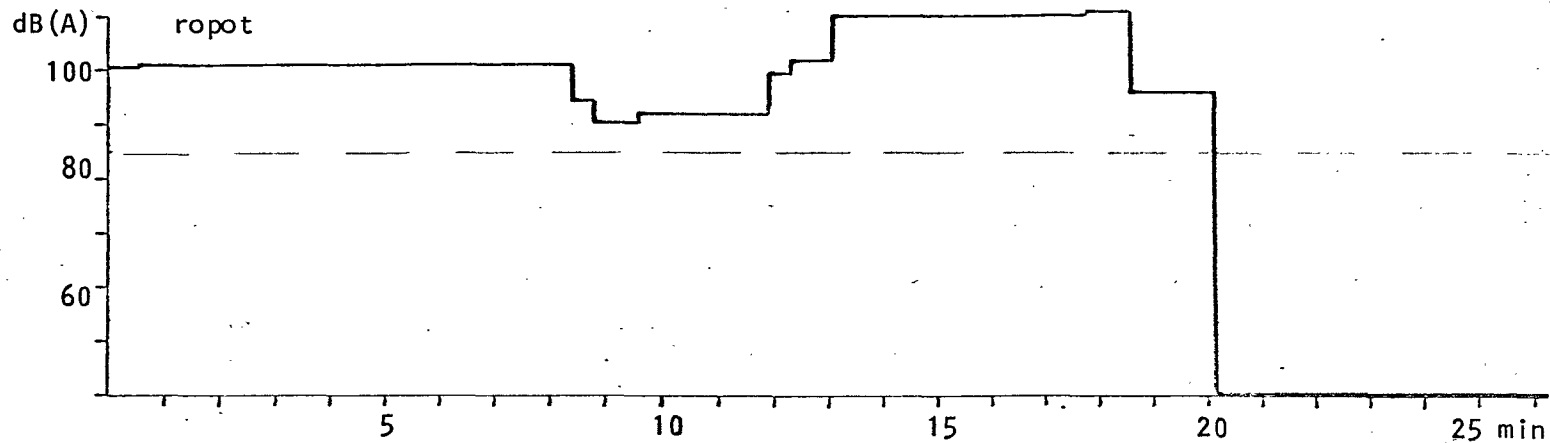
PERIODIČNO NIHANJE ROPOTA PRI SPRAVILU LESA NAVZGOR
Z ŽIČNIM ŽERJAVOM URUS

Graf. 31



PERIODIČNO NIHANJE ROPOTA PRI SPRAVILU LESA Z ŽIČNIM
ŽERJAVOM NAVZDOL PO DOLGI TRASI

Graf. 32

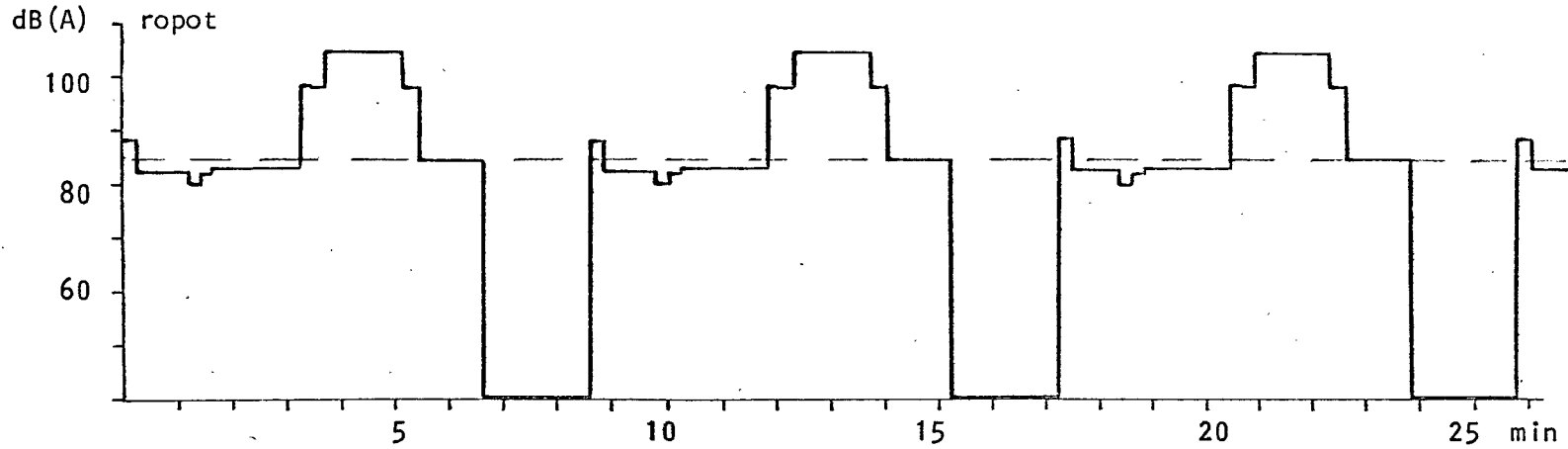


Graf. 33

trajanje dela

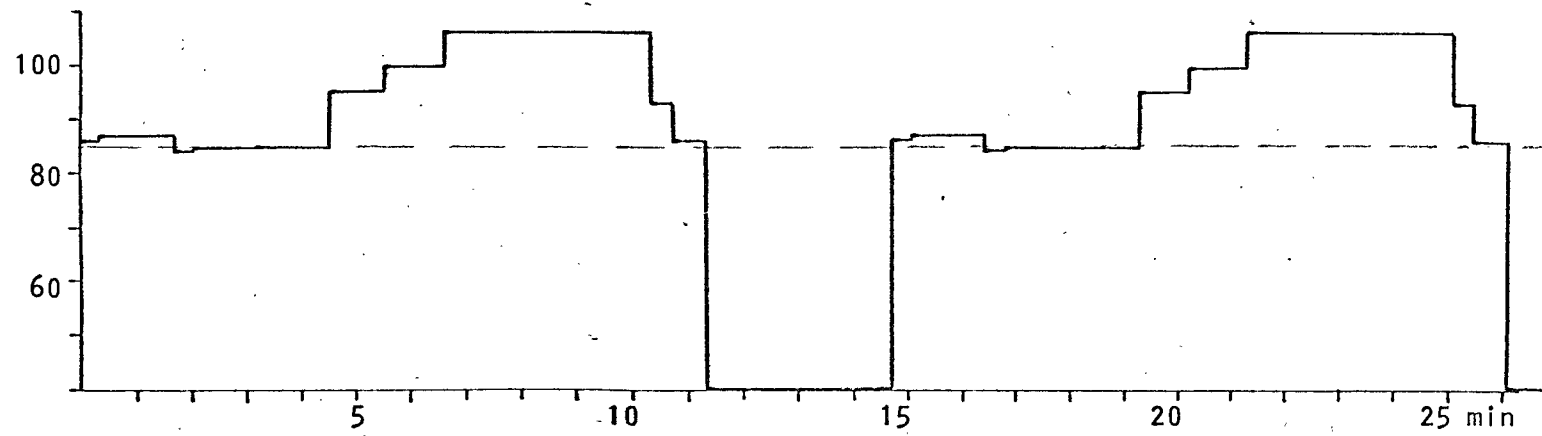
PERIODIČNO NIHANJE ROPOTA PRI SPRAVILU LESA Z ŽIČNIM
ŽERJAVOM NAVZGOR PO KRATKI TRASI

Graf. 34



NAVZGOR PO DOLGI TRASI

Graf. 35



trajanje dela

Pri spravi navzgor se v ciklusu pojavlja samo en maksimum, in sicer v času, ko je tovor pripet na vrvi. Prvih 45% ciklusa je ropot razmeroma konstanten in razen pri stroju tipa Urus, kjer je nižji, zavzema nivo 85 dB(A). Enak nivo zavzema tudi ropot med odvezovanjem na koncu ciklusa.

V delovnem času se taki ciklusi neprestano ponavljajo. Število ponovitev je odvisno od dolžine trase. V sledečih primerjavah smo za osnovo vzeli najdaljši ciklus, to je ciklus pri spravi lesa navzdol v Beli peči (grafikon 32). Produktivnemu času, ki je trajal dobrih dvajset minut, smo na koncu dodali še predpostavljenih 30% dodatnega časa, tako da je celotni teoretični ciklus trajal dobrih šestindvajset minut. Dodatni čas ponavadi res nastopa na koncu ciklusa, ne pa vedno.

Pri spravi lesa navzgor na dolgi trasi (grafikon 35) delavci v enakem času naredijo skoraj dva (1,8) ciklusa. Maksimalne jakosti ropota se pojavljajo na vsakih 15 minut dela in trajajo 6,5 minute, vmes pa je približno 9 minut dolg ropot jakosti okrog 85 decibelov, ki sluha ne obremenjuje veliko. V teh devetih minutah je 3,5 minute višina ropota le 40 dB(A). Taka dolžina relativno šibkega ropotanja omogoča vsaj delno regeneracijo sluha. Po mnenju nekaterih strokovnjakov že tišina, daljša od dveh minut, omogoča delno obnovo porabljene energije v slušnih celicah.

V šestindvajsetih minutah so tako pri spravi lesa po kratki trasi navzdol (grafikon 33) kot pri spravi lesa navzgor s strojem Urus (grafikon 31) naredili po 2,3 ciklusa. Kljub temu se med seboj periodičnosti obremenitev precej razlikujeta. V prvem primeru se maksimalna jakost ropota, ki traja 3 minute, pojavlja vsakih 5 minut, v drugem primeru pa vsakih 11 minut in traja 4 minute. Podobno je s cikličnostjo obdobj z nizkimi obremenitvami. Pri spravi navzdol se med maksimalnimi obremenitvami izmenično pojavljata 2- in 4,5- minutno obdobje z ropotom pod 85 dB(A). Pri spravi navzgor s strojem Urus se ciklično med maksimalnimi vrednostmi pojavljajo 7,5- minutna obdobja z nižjim ropotom. V obeh primerih traja ropot jakosti 40 dB(A) med ciklusi samo 2,5 minute.

Največ ciklusov (3) so v šestindvajsetih minutah naredili pri spravi lesa navzgor po kratki trasi (grafikon 34). Vsakih 8 minut se pojavljajo maksimalne vrednosti ropota in trajajo po 2 minuti. Vmes so 6,5- minutna obdobja z jakostjo

ropota pod 85 dB(A). Dodatni čas nastopa sicer pogosto, toda traja le 2 minuti.

Na dolgi trasi pri spravi luca navzdol so delavci najbolj obremenjeni. Kar 20 minut v ciklusu so obremenjeni z visokim ropotom, sledi pa jim 6- minutni odmor.

Iz tega prikaza lahko povzamemo, da ni bistvenih razlik v dolžini obdobij z nizkim ropotom na kratkih in dolgih trasah. Dolžina teh odmorov oz. obdobij z nižjim ropotom je taka, da bi lahko sklepali na njihovo koristnost pri zniževanju dnevnih obremenitev. Velike razlike na kratkih in dolgih trasah pa so v cikličnosti in dolžinah obdobij z visokim ropotom. Za strojnika so veliko bolj ugodne kratke trase, kjer se cikličnost z visokimi obremenitvami sicer pojavlja pogosteje, zato pa tudi traja krajši čas. Stroj Urus je s tega stališča precej boljši. Cikličnost visokih obremenitev se pojavlja v še daljših obdobjih, ropot v tihih elementih dela je najnižji med vsemi stroji, njegovo nepretrgano trajanje med maksimumi pa je med najdaljšimi.

2.3.4 Povzetek ugotovitev in zaključki o ropotu žičnih žerjavov

Ugotavljali smo ropot in obremenitev žičničarja z njim pri treh tipih pogonskih strojev, ki jih v Sloveniji največ uporabljamo. To sta vitla s pogonskima motorjema Warchalowsky in Lombardini, ki sta montirana na sankah ter stroj Urus, ki je vgrajen na kamionet Unimog. Delo strojev smo posneli v vseh uporabljenih kombinacijah: pri spravi navzgor, navzdol, na kratkih in na dolgih trasah. Ropot in obremenitev žičničarja z njim smo analizirali podrobno, to je v delovnem dnevu, v ciklusu in v delovni operaciji. Meritve in analize ropota so dale naslednje pomembnejše ugotovitve:

- Frekvenčne analize ropota vseh strojev so pokazale, da so si v prostem teku po hrupnosti dokaj podobni. Urus se loči od ostalih strojev le po tem, da nima dveh maksimalnih vrednosti pri frekvencah 63 in 1000 Hz. Frekvenčne analize so bile narejene tudi med polno vožnjo pri spravi navzgor in navzdol ter med prazno vožnjo navzdol. Krivulje dosegaajo najvišje absolutne vrednosti spet v območju okrog 1000 Hz, največ pa pri spuščanju tovora po nosilki navzdol, tudi do 122 dB(A). Če primerjamo frekvenčne porazdelitve ropota z normativnimi krivuljami obremenjenosti žičničarja, vidimo, da se ozko omejeni maksimumi jakosti ropota razširijo. Ves ropot v frekvenčnem spektru od 125 do 16000 Hz pred-

stavlja visok greben ropota nad NR 85. To je pomemben podatek za varnostnike, ki bi morali poskrbeti za take glušnike, ki bi strojnikom najboljše dušili zvok v tem frekvenčnem območju. Stroj Urus ima absolutne vrednosti ropota, pri frekvenčni analizi narejeni med polno vožnjo pri spravi lesa navzgor, veliko nižje kot ostali stroji. Izmerjene vrednosti so v frekvenčnem območju od 250 do 1000 Hz približno enake normativni krivulji NR 90, v nižjih in višjih frekvencah pa kmalu padejo tudi pod krivuljo NR 85. Frekvence, ki največ prispevajo h glasnosti, so pri tem stroju pomaknjene precej bolj v levo, torej v nižje frekvenčno območje, ki ni tako nevarno za človeka. Ropotanje pa ni odvisno samo od stroja, pač pa tudi od človeka, od njegovega načina ravnanja s plinom.

- Pri motorju Lombardini je poizkus pokazal, da ropot pri dodajanju plina stalno narašča. Maksimalni izmerjeni ropot neobremenjenega stroja je bil precej nižji od maksimalnega ropota, izmerjenega med delom. To dokazuje, da motor, ko je polno obremenjen, ropota še močneje; ropotajo še boben, prenosilnik in menjalnik.

- Meritve so pokazale, da je ropot najhujši med delom, kjer za kratek čas lahko presega 120 dB(A). Predpostavili smo, da je v dodatnem času obdobje tišine, zanj pa smo vzeli vrednost 40 dB(A).

- Pri spravi lesa navzdol smo snemali štiri žerjave. Pokazalo se je, da obremenitev z ropotom narašča z dolžino trase. Gibala se je od 96,4 do 103,3 dB(A). Te vrednosti močno presegajo dovoljenih 85 dB(A) v osmih urah, ki jih predpisuje ISO standard, precej pa presegajo tudi veliko milejši jugoslovanski standard, ki dovoljuje 90 dB(A) v osmih urah. Povprečje ropota za vse štiri žerjave v osmih urah znaša 102,3 dB(A). Po ISO normativih bi delavec smel biti izpostavljen takemu ropotu le 10 minut na dan.

K obremenjenosti žičničarja z ropotom, izračunani po metodi ekvivalentne jakosti ropota, prispevajo največ prazna in polna vožnja ter spuščanje tovora od nosilke do tal (93%). Če hočemo delavca zaščititi, bi morali uvesti obvezno uporabo glušnikov, ki bi si jih delavec nadel vsaj v teh treh operacijah.

- Pri spravi lesa navzgor smo merili tri žerjave. Tudi tu obremenitev narašča z dolžino trase (od 96 do 99,5 dB(A)). Vse te obremenitve, kot tudi povprečna obremenitev (98,9 dB(A)), močno presegajo ISO in jugoslovanske normative. Strojnik bi smel delati pri takem hrupu samo 20 minut na dan.

Najbolj kritični sta dve operaciji: polna vožnja in dviganje tovora od tal do vozička. Časovno trajata skupaj 23%, k celodnevni obremenitvi delavca pa prispevata kar 93% ropota.

- Snemali smo tudi dvakrat isti stroj tipa Urus, ki je les spravljajal po nosilki navzgor. V enem primeru je stroj le za malenkostnih 0,7 dB(A) presegel osemurne dovoljene obremenitve (po ISO standardu). V drugem primeru je bil isti stroj hrupnejši, še vedno pa v dovoljenih mejah, če jih postavimo po dokaj milem jugoslovanskem standardu. V povprečju je delavec pri tem stroju obremenjen z 88,2 dB(A) dnevno. Največji ropot je med polno vožnjo, ki predstavlja 68% celotnega ropotanja stroja.

Vidimo, da so bili delavci pri tem stroju z ropotom veliko manj obremenjeni od delavcev, ki so delali pri drugih strojih. Obremenitve posameznika bi bile lahko še manjše, kajti vsi trije delavci pri stroju so bili tudi žičničarji in bi se lahko med delom menjavali med seboj.

- Pri raziskavah nismo ugotovili predvidevane zakonitosti, da se z večanjem naklona zvišuje obremenitev s hrupom. Veliko večjo težo pri višini ropota ima način strojnikovega ravnanja s plinom. Opazili smo, da ropot v operacijah, ko na vrvi ni bilo obešenega bremena, včasih dosega skoraj enake nivoje kot pri polnih obremenitvah.

Opazno vpliva na ropot tudi breme. Večje ko je, večji je ropot. Zakon o kosovnem volumnu in nanj prirejeni normativi pa vzpodbujajo delavce, da na vrv obešajo čim večje breme.

- Pri spravlilu lesa navzgor se operacije lahko razdelijo na glasne in tihe. Slednje se med seboj po jakosti ropota niso razlikovale, med glasnimi operacijami pa so bile v večini primerov značilne razlike.

Pri spravlilu lesa navzdol se aritmetične sredine ropota v operacijah v glavnem značilno razlikujejo druga od druge. Vzrok je verjetno zopet v hitrosti vožnje polnega in praznega vozička.

Pri spravlilu lesa s strojem Urus lahko razdelimo operacije na glasne in tihe, med njimi pa še kot posebnost dvig prazne kljuge do vozička in spust tovora od vozička do tal, ki imata srednji vrednosti ropota nekako med obema ekstremoma.

- Ropot v posameznih ciklikih je lahko različen. Višje ali nižje obremenitve z ropotom od povprečnih nastajajo samo v primerih, če npr. nastopijo med ciklusom daljše prekinitve, če vozijo izjemno lahke ali težke tovore, če se spremeni razdalja spravila, torej vedno, kadar se spremeni običajen potek dela.

Menimo, da take spremembe ne nastopajo prepogosto, torej se obremenjenost strojnika med posameznimi ciklii bistveno ne spreminja.

- V snemanem delovnem času kaže porazdelitev jakosti ropota tri maksimume. Prva dva sta majhna in nepomembna, ker sta levo od krivulje, ki nakuže dovoljeno količino ropota posamezne jakosti. Tretji maksimum nastopa pri precej visokem ropotu (okrog 105 dB(A)), to je ravno v območju, kjer krivulja dovoljenih obremenitev močno pade. Pri histogramu za realni delovni dan je pri spraviu lesa navzgor 16%, pri spraviu lesa navzdol pa kar 24% ropota nad dovoljenimi normativi. Stroj tipa Urus je povsem drugačen. Skoraj ves ropot je v dovoljenih mejah, razporejen pa je dokaj enakomerno po vseh jakostih.

- Ciklusi, narisani na relativno časovno skalo, se pri spraviu lesa navzdol na različno dolgih trasah ne razlikujejo bistveno med seboj. Sestavljeni so iz treh ekstremov, dveh maksimumov ropota in minimuma med njima. Prvi maksimum (premikanje praznega vozička) je nižji od drugega (tovor je obešen na vrvi). Minimum nastopa med razvlačevanjem vrvi in vezanjem tovora, ko je stroj v prostem teku ali pa je ugasnjen. Ne ve se še povsem, koliko ta minimum prispeva k zniževanju ekvivalentne vrednosti ropota, saj je ropot ves čas na meji dovoljenega (85 dB(A)). Na koncu ciklusa je še odvezovanje, katerega ropot je precej nižji od obeh maksimumov, nikoli pa ne pade pod dovoljeno mejo. Vsi ciklusi, v katerih se je tovor spravljal navzgor, so si tudi podobni med seboj. Le nivoji ropota v ciklusih pri spraviu lesa s strojem Urus so nekoliko nižji. Povprečni ciklus ima samo en maksimum, to je takrat, ko je na vrvi obešen tovor. Prvih 45% ciklusa je stroj v prostem teku, ko potuje prazen voziček po nosilki navzdol in ko delavci v delovišču pripenjajo tovor. Ropot je takrat vedno okrog 85 dB(A). Enak nivo ropota zavzema tudi ropot med odvezovanjem na koncu ciklusa.

- Najbolj so delavci obremenjeni z ropotom na dolgih trasah pri spraviu lesa navzdol, ko traja polna in prazna vožnja zelo dolgo (65% celotnega ciklusa), odmori pri vezanju bremena in odvezovanju pa so enako dolgi kot pri kratkih trasah. Na trasah, dolgih okrog 200 m se dokaj enakomerno izmenjujeta ropot in tišina, ki trajata od dveh do treh minut. Pri delu s strojem Urus je to razmerje še bolj ugodno. Na štiri minute ropota pride več kot sedem minut tihih faz dela.

- Raziskave so pokazale, da je ropot pri delu žičnih žerjavov zelo velik. Ropot nima značilnosti konstantnega industrijskega ropota, pač pa se časovno ekstremne vrednosti tihih in glasnih elementov dela pogosto menjavajo.

Tudi izpostavljenost žičničarjev ropotu med letom ni enakomerno razporejena. Šele preiskave sluha žičničarjev bi pokazale, koliko vse te prekinitve dela prispevajo, da ne prihaja do zgodnjih in pogostih okvar sluha oziroma do poklicne naglušnosti. Ne glede na te ugotovitve, je treba zagotoviti, da bodo žičničarji uporabljali osebna varovalna sredstva sluha.

L I T E R A T U R A

METODIKA RAZISKAVE

- BROCH J.T.: Acoustic Noise Measurements
Application of the Brüel et Kjaer Equipment
Soborg 1971
- LIPOGLAVŠEK M.: Ergonomija
BF, Ljubljana 1979, skripta
- LIPOGLAVŠEK M.: Dnevna obremenitev sekača z ropotom motorne žage
Zbornik gozdarstva in lesarstva L.14 št.1
Ljubljana 1976
- Agricultural and Forestry Equipment
General Testing Requirements
Noise Measurements at the Workplace
Staatsverlag der DDR, Berlin 1975
- Hrup, ki škoduje sluhu
Zakon o varstvu pred hrupom
Delo in varnost, Ljubljana 1976
- Katalogi in publikacije o uporabi merilnih inštrumentov
Brüel et Kjaer
- Methods in Ergonomic Research in Forestry
IUFRO Division II
Norwegian Forest Research Institut
Hurdaal 1971
- Osnovni kurs o merenju buke
Brüel et Kjaer Copenhagen
- Standards, Formulae and Charts
Brüel et Kjaer

OPIS DELOVNIH RAZMER

- KRIVEC A.: Proučevanje traktorskega spravila lesa
IGLG, Ljubljana, Strokovna in znanstvena dela št.65
Ljubljana 1979
- MORI L.: Uporabnost goseničnega traktorja pri spravilu lesa
v primerjavi z univerzalnimi kolesniki
BF, Ljubljana 1977, diplomsko delo

ROPOT TRAKTORJEV

- AKERVOLD M.: Ergonomic Studies of Three Forest Tractors
Driftsteknick Rapport No 6/1967
Norsk Institut for Skogforskning Vollebakk
- 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
- LISLAND T.: Noise Measuring on Forest Tractors
Driftsteknick Rapport No 6/1967
Norsk Institut for Skogforskning, Vollebakk
- SIMONOVIC M.: Oštećenje sluha i procena radne sposobnosti
Ergonomija, G.IV b.6, Beograd 1977
- Draft ISO Recommendation 2204
- Pravilnik o splošnih ukrepih in normativih za varstvo pri
delu pred ropotom v delovnih prostorih
Uradni list SFRJ, št.29/1971
- WENCL J.: Lärmbelastung bei der Holzernte in Österreich
XVI. IUFRO Division III. Norway 1976

ROPOT ŽIČNIH ŽERJAVOV

- BONČINA L.: Analiza potrebnega časa za spravilo lesa z žičnim žerjavom
URUS-400
BF, Ljubljana, diplomsko delo
- CESAR Z.: Hinteregger Gravimat
Bohinjska Bistrica 1979, strokovni izdelek
- PAPIČ F.: Poprečna struktura uporabe žičnih žerjavov na Tolminskem
Tolmin 1980
- STÖHR G.: Erste Ergebnisse der Untersuchungen mit URUS-Mobilseilkran
in Schwachholz
Forstwissenschaftliches Centralblatt, Dezember 73/6
- VIK T.: Work load during erection of radio controlled cable crane
K-1200
Driftsteknisk Rapport No 17/1978
Norsk Institut for Skogforskning, Vollebakk
- WENCL J.: Lärmuntersuchungen an der Luftflügelbremse einer Seilwinde
Allgemeine Forstzeitung, Mai 1963
- Pravilnik o normativih za vlačenje in spuščanje gozdnih sor-
timentov
SGG Tolmin

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 dožemanja, 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:

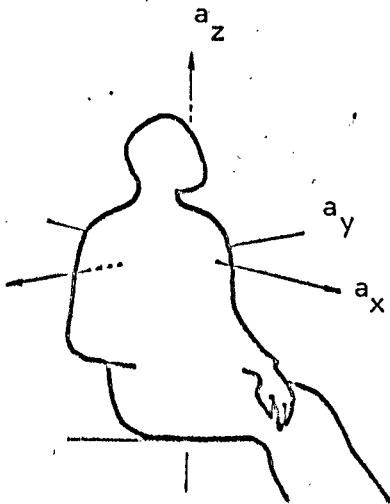
- z merjenjem odmika v m
- z merjenjem hitrosti v $m s^{-1}$
- z merjenjem pospeška v $m s^{-2}$

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 slike 1.

Slika 1 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 iz vrednotenju 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 najmočnejše 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 celga 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 IN HIPOTEZA

Dosedanje raziskave na tem področju so večinoma opravljene v laboratorijih ali na umetnih stezah ob standardnih pogojih, z zelo točnimi merilnimi inštrumenti. 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.

TABELA 1

avtor	traktor	operacija	pospeški v smeri vibracij ($m s^{-2}$)		
			vertikalna	aksialna	horizontalna
SUŠNIK	kolesnik IMT 558	prazna vožnja	2,2-3,6	2,5	-
		polna - " -	2,5-5,7	-	-
	goseničar FIAT	prazna vožnja	1,55	-	-
DUPUIS	kolesnik FE 35	polna vožnja	2,9	1,9	1,4
	UNIMOG	polna vožnja vožnja po poti	1,9 1,2-1,4	- 1,9-3,1	- 1,1-1,5
KWF	kolesnik SCHILTER 40 KS	vožnja po poti	3,6	-	-
	kolesnik MB-TRAC	vožnja po cesti	1,5	-	-
SJØFLOT	kolesnik MF 35	polna vožnja	2,89	1,90	1,38
	kolesnik Deutz D40L	vožnja po cesti	1,40	1,35	1,40
	UNIMOG U 32	polna vožnja vožnja po cesti	1,78 1,15	2,76 3,10	1,70 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 2 (SJØFLOT):

Odvisnost jakosti pospeškov vibracij na sedežu traktorja kolesnika GÜLDNER 640 pri vožnji po cesti:

TABELA 2

hitrost vožnje (km/h)	pospeški v smeri vibracij		
	vertikalne	aksialne	(m s^{-2}) horizontalne
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

TABELA 3

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 presegajo 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 (SJØFLOT) 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:

TABELA 4

teža voznika	najslabši sedež		najboljši sedež	
	maks.posp. ($m s^{-2}$)	pri frekvenci (Hz)	maks.posp. ($m s^{-2}$)	pri frekvenci (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 (SJØFLOT):

Jakosti pospeškov vibracij na sedežu goseničnega traktorja HANOMAG K 50 pri brananju po zorani zemlji (hitrost vožnje 7,4 km/h):

TABELA 5

	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 R 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 & WIKSTRÖM) 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

Merjenje vibracij je zahtevna naloga, ki terja poleg natančnih in dragih inštrumentov tudi izredno mnogo časa za obdelavo zbranih podatkov in analize dobljenih rezultatov. Pot do rezultatov je zapletena in jo lahko opišemo v najbolj grobih črtah tako, kot kaže slika 2.

Celotni postopek od priprave naloge do končnih rezultatov je v grobem razdeljen v tri dele:

- kabinetna priprava
- delo na terenu
- kabinetne obdelave in analize.

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.

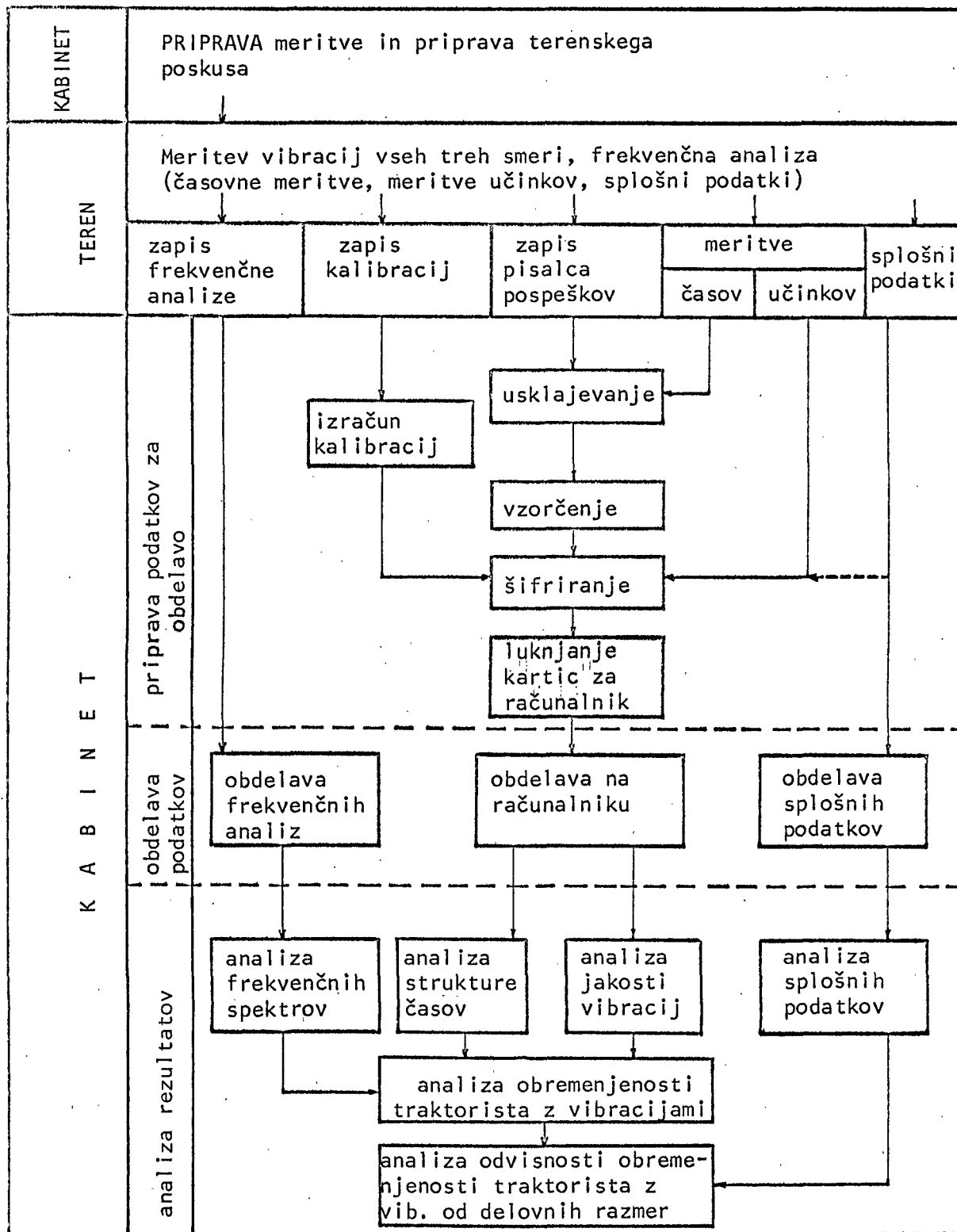
3.4.1. Inštrumenti

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

Slika 2

SHEMATSKI PRIKAZ METODIKE UGOTAVLJANJA ŠKODLJIVOSTI
VIBRACIJ PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJEM



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

3.4.1.1. Akcelerometer

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. Lastnosti piezoelektričnega materiala glede na spremembe temperature so precej konstantne in se v splošnem spreminjajo manj kot ± 1 dB v območju -200 do +100°C (maksimalna temperatura 260°C). Območje v katerem je zanesljivost merjenja zadovoljiva, je zelo široko in sega od 0,3 do približno 5000 Hz (pri maksimalni napaki 1 dB).

Tip 4338 ima resonančni maksimum pri 10 000 Hz. V celoti uporabljamo pri meritvah okrog 1/3 resonančnega frekvenčnega področja. Pri izbiri akcelerometra je važna tudi njegova občutljivost na vlago in druge negativne vplive okolice. Izbrani tip akcelerometra je zadovoljeval zahtevanim pogojem.

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 pritrditvi 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.

3.4.1.2. Merilec vibracij

Prenosni merilec vibracij B & K 2511 ima že vgrajen predojačevalnik električnih impulzov akcelometra, kar precej poenostavi celotno merjenje. Merilec in akcelometer 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. Frekvenčno območje, v katerem se lahko meri jakost pospeška, je od 0,3 Hz do 15 kHz.

Merilec je možno nastaviti tako, da meri frekvence do 1 ali do 15 kHz. Pri uporabi akcelometra 4338 smo merili pospeške do 1 kHz, tako da resonanca akcelometra (pri 10 kHz) ni imela vpliva na vrednosti izmerjenih pospeškov. Spodnja meja frekvence od katere navzgor želimo meriti vibracije, je prav tako nastavljiva. Izbrali smo najnižjo možno spodnjo mejo (0,3 Hz), ker so prav nizke frekvence najbolj škodljive človeškemu telesu.

V kombinaciji z akcelometrom 4338 lahko merimo pospeške od 0,01 do 100 m s⁻² (10 g). 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:

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

kjer je T čas integracije impulzov x. Pri stohastičnih vibracijah, kjer se njihovi statistični parametri spreminjajo s časom, bi čas integracije moral biti teoretično neskončen. Praktično pomeni ta zahteva le to, da vrednosti RMS nihajo v času merjenja vibracij, ki je mnogo večji od časa integracije. Izmerjene vrednosti RMS smo zapisali na papirnati trak na pisalcu B & K 2306.

3.4.1.3. Frekvenčni filter

Če želimo analizirati signal, ki vsebuje več frekvenc moramo takšen signal s pomočjo frekvenčnega filtra izmeriti po določenih frekvencah, oziroma frekvenčnih pasovih. Poznamo dve vrsti filtrov, ki uporabljajo stalne pasovne širine in takšne, ki imajo stalne odstotne pasovne širine. V zadnjo kategorijo spadajo oktavni in 1/3 oktavni filtri (kot tudi naš B & K 1621), ki so definirani z odnosom:

$$\text{oktavni:} \quad f_2 = 2 f_1$$

$$\text{1/3 oktavni:} \quad f_2 = 2^{1/3} f_1$$

Frekvenčno analizo smo naredili z uporabo 1/3 oktavnega filtra 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.

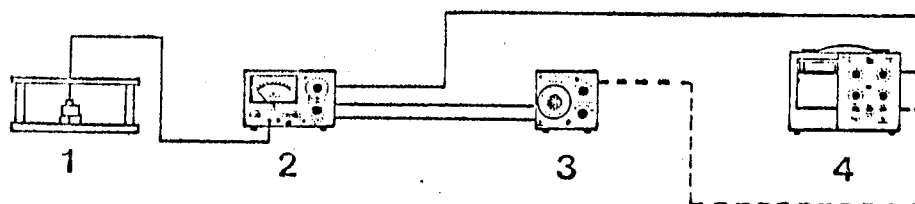
3.4.1.4. Pisalec

Pisalec B & K 2306 je zadnji člen v sklopu osnovnih merilnih instrumentov. Uporabljali smo papir, ki je dovoljeval širino zapisa 50 mm. Hitrost pomika papirja je bila večinoma 0,3 ali 1 mm/sek, hitrost pisanja peresa pa 100 ali 250 mm/sek. Način zapisovanja je bil linearen (DC lin). V primerih, kadar smo merili vibracije po slabem vremenu, je bilo možno uporabiti poseben poveščen papir, ki je dobro ohranil zapis.

3.4.2. Merjenje vibracij

Opisane instrumente smo povezali v verigo kot je prikazano na sliki 3.

Slika 3 SHEMA POVEZAVE INŠTRUMENTOV PRI MERJENJU
VIBRACIJ NA SEDEŽU TRAKTORISTA



1 akcelrometer 4338 na "deski"

2 merilec vibracij 2511

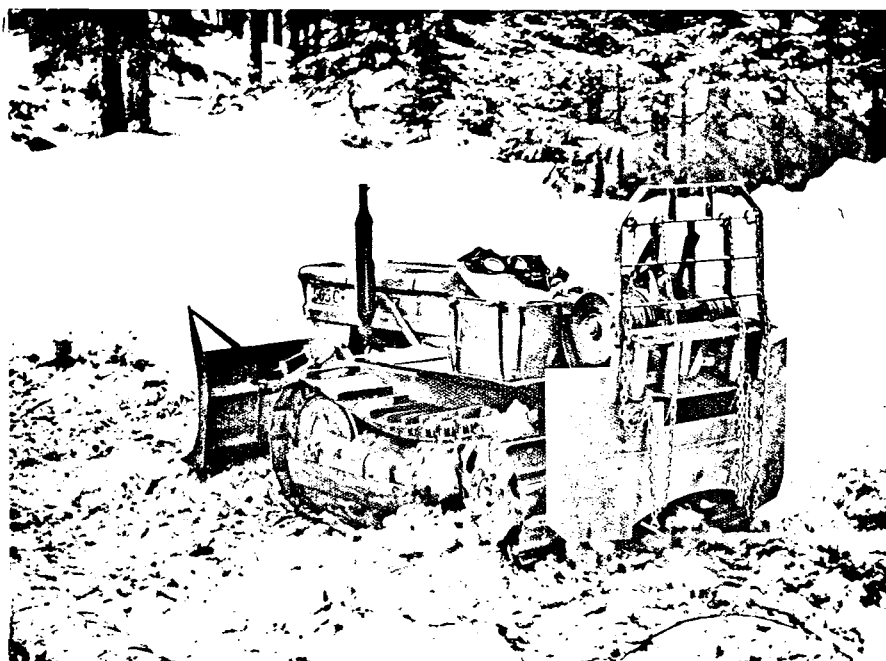
3 frekvenčni filter 1621

4 pisalec 2306

Vsi inštrumenti 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 blatniku ali v kabino traktorja z močnimi elastikami in varnostno jekleno vrvjo. Voznik traktorja se je vsedel na "desko" v kateri je bil postavljen akcelrometer v željenem položaju (slika 4).

Slika 4 POLOŽAJ INŠTRUMENTOV PRI MERJENJU VIBRACIJ
NA SEDEŽU TRAKTORJA (Foto: B.Košir).



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 pritrdili 10 cm visoko oviro (tanek okrogel les), preko katere je vozil traktor s sprednjim in zadnjim kolesom (tudi na vlaki 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 po-

speškov 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 vlaki, 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. Vzporedne 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). Prikazani snemalni list (slika 5) je 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.

Slika 5 SNEMALNI LIST ZA SNEMANJE SPRAVILA LESA S TRAKTORJI PO NIČELNI METODI

SNEMALNI LIST (za spravilo lesa s traktorji) Št.: ____

Ime in priimek
snemalca: _____

Datum snemanja: _____
Dan snemanja: _____

Začetek snemanja: _____
Konec snemanja: _____

Zap. št.	OPERACIJA	PRODUKTIVNI ČAS RAZDALJA IN HAKLONI						ZASTOJI NA DELU				
		I	II	III	IV	V	VI	Okvare, popravila	Objektivni zastoji	Subjektivni zastoji	Odmori, odloži, fiziol. potrebe	Vzroki zastojev in okvar
		m										
1	2	3						4	5	6	7	8
1	Prazna vožnja traktorja											
2	Razvlačevanje prazne vrvi											
3	Vežanje oz. pripenjanje lesa											
4	Privlačenje lesa											
5	Vlačenje po vlaki											
6	Odvezovanje											
7	Rampanje											
8	Zastoji na delu med dvema ciklusoma											
9	Skupna trajanje 1 - 7											
10	Čas, ko motor ne dela											
11	Skupni obratovalni čas 1 - 7											

Vrste lesa in sortimentov:

Dolžina (m)		Skupaj kom:
Primer (cm)		Skupaj m ³ :
Premer (m ³)		Skupaj t:
teža (t)		

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

- vsebinsko ovrednotenje zapisa vibracij
- kontrola delovanja instrumentov (zlasti pisalca)
- struktura 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 različna delovišča
- posebej smo snemali čas, ko traktorist sedi na sedežu in čas, ko traktorista ni na sedežu, ne glede na meje med operacijami. S tem smo dobili točne časovne vrednosti obremenitve traktorista z vibracijami.

Lastnosti traktorske vlake in lastnosti tovora so prav gotovo med važnejšimi dejavniki, ki vplivajo na jakost vibracij. 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-tovor 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 število 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.

34.4. 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 vpisovali 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 vibracij
- 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 6).

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 350 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).

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

Tabela 6

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

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:

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

Osnovni parametri vlak po deloviščih so naštetih v tabeli 7. 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 pravilni 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 8).

DOLŽINE IN NAKLONI POSNETIH TRAKTORSKIH VLAK

Tabela 7

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	16,23	-	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
		117-157	22,83	-	51
Belska planina primerjava	233	16,33	-	32	

POVPREČNE SPRAVILNE RAZDALJE PRI MERJENJU RAZLIČNIH
SMERI VIBRACIJ

Tabela 8

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 tekel 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. Tabela 9 kaže posnete časa glede na smer vibracij in vrsto traktorja.

POSNETI ČASI SPRAVILA LESA S TRAKTORJI PRI MERJENJU RAZLIČNIH
SMERI VIBRACIJ

Tabela 9

Traktor	smer vibracij			skupaj (min)
	vertikalno (min)	horizontalno (min)	aksialno (min)	
IMT 558	360	275	342	977
Timberjack	418	252	314	984
Fiat 505 C	333	265	335	933
skupaj (min)	1111	792	991	2894

Povprečna trajanja ciklusov, če upoštevamo neprečiščen delovni čas, so bila kot kaže tabela 10, 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.

POVPREČNA TRAJANJA CIKLUSOV PRI MERJENJU RAZLIČNIH SMERI VIBRACIJ Tabela 10

Traktor	smer vibracij			povprečno (min)
	vertikalno (min)	horizontalno (min)	aksialno (min)	
IMT 558	25,71	24,96	28,47	26,38
Timberjack	52,20	31,55	44,79	42,76
Fiat 505 C	33,32	29,45	33,50	32,18
povprečno (min)	34,72	28,29	34,17	32,52

Trajanja povprečnih ciklusov v zgornji tabeli imajo bolj orientacijski pomen, ker ne povedo dovolj o skladnosti posnetih časov pri snemanju vibracij s širšimi časovnimi meritvami posameznih tipov traktorjev. 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 11.

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. Delež dodatnega časa smo vzeli iz literature (KRIVEC, MORI) in sicer za univerzalni kolesnik 24%, zgibnik 22% in za goseničar 19% produktivnega časa.

TRAJANJE IN STRUKTURA OPERACIJ V POVPREČNEM CIKLUSU

Tabela 11

Element dela	IMT 558				Timberjack				Fiat 505 C			
	(KRIVEC)		snemanje vibracij		(KRIVEC)		snemanje vibracij		(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

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 12).

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

Tabela 12

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

Primerjava obeh struktur ni enostavna, vendar lahko pojasnimo nekatera neskladja. Povprečna pravilna razdalja je pri IMT 558 v Sloveniji precej večja od tiste, kjer smo merili vibracije. Razumljivo je, da je s tem delež vožnje večji. Pri zgibniku, kjer je povprečna pravilna razdalja v naših snemanjih nekoliko večja od slovenskega povprečja, pa je delež obeh voženj približno enak. Ponekod nastopijo neskladja pri zbiranju lesa ter odvezovanju in rampanju lesa. Skupni delež časa, ki ga porabi traktor za vožnjo po vlaki, je tudi pri goseničarju nekoliko nižji od povprečja za Slovenijo, vendar smo tudi tukaj imeli pri snemanju vibracij nekoliko krajše vlake.

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

3.5.3 Učinki spravila lesa s traktorji pri merjenju vibracij

Za iz vrednotenje 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 spravil od panja do ceste 83,89 m³, zgibnik 101,33 m³ in goseničar 62,04 m³ lesa. Povprečni učinki v ciklusu po smereh vibracij in vrsti traktorja so izračunani v naslednji tabeli:

UČINKI SPRAVILA LESA S TRAKTORJI PRI MERJENJU VIBRACIJ

Tabela 13

Traktor	smer vibracij			povprečno (m ³)
	vertikalno (m ³)	horizontalno (m ³)	aksialno (m ³)	
IMT 558	2,22	2,35	2,25	2,27
Timberjack	4,58	3,47	5,28	4,41
Fiat 505 C	2,05	2,14	2,23	2,14
povprečno (m ³)	2,76	2,60	2,97	2,78

Razlike med IMT 558 in goseničarjem na eni ter zgibnikom na drugi strani so očitne in pričakovane. Naslednja tabela pojasni še nekatere razlike v učinkih traktorjev ob merjenju različnih smeri vibracij.

VELIKOST POVPREČNEGA KOSA V BREMENU PRI SPRAVILU LESA OB SNEMANJU VIBRACIJ

Tabela 14

Traktor	smer vibracij			povprečno (m ³ /kom)
	vertikalno (m ³ /kom)	horizontalno (m ³ /kom)	aksialno (m ³ /kom)	
IMT 558	0,37	0,42	0,36	0,38
Timberjack	0,70	0,65	0,80	0,72
Fiat 505 C	0,23	0,26	0,29	0,26
povprečno (m ³ /kom)	0,39	0,41	0,43	0,41

Pri merjenju vertikalnih vibracij nastopi slučajno nekoliko manjša povprečna kubatura kosa v bremenu, vendar je bilo v teh bremenih v povprečju večje število kosov. V smeri manjših učinkov izstopajo le meritve horizontalnih vibracij pri zgibniku.

Potrebna je še primerjava povprečnih učinkov pri merjenju vibracij z ugotovitvami drugih snemanj. Za vhod v primerjavo smo vzeli povprečen kos v bremenu traktorja. Rezultati so prikazani v tabeli 15.

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

Tabela 15

Kriterij	IMT 558		Timberjack		Fiat 505 C	
	(KRIVEC)	merjenja vibracij	(KRIVEC)	merjenja vibracij	(MORI)	merjenja vibracij
povprečna kubatura kosa m ³ /kom	0,38	0,38	0,72	0,72	0,23	0,26
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 merjenju 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 raziskave

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 iz vrednotenje dobljenih podatkov s primerjavo z mednarodno uveljavljenimi normami, je pravzaprav več (IEC, VDI, ISO, SAE). 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:

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

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

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 16 je povzetek standarda ISO 2631 za vertikalne vibracije v terčnih frekvenčnih pasovih od 1 do 20 Hz, za nekaj različnih časov izpostavljenosti.

MEJNE VREDNOSTI POSPEŠKOV VERTIKALNIH VIBRACIJ po standardu ISO 2631 (sedeči položaj) za čase izpostavljenosti 2,5, 4, 6 in 8 ur Tabela 16

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

Obremenitve 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.

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 spektrumov nas je najprej zanimalo, kakšne so razlike med traktorji istega tipa. Oblika frekvenčnega spektra je namreč v največji meri odvisna od:

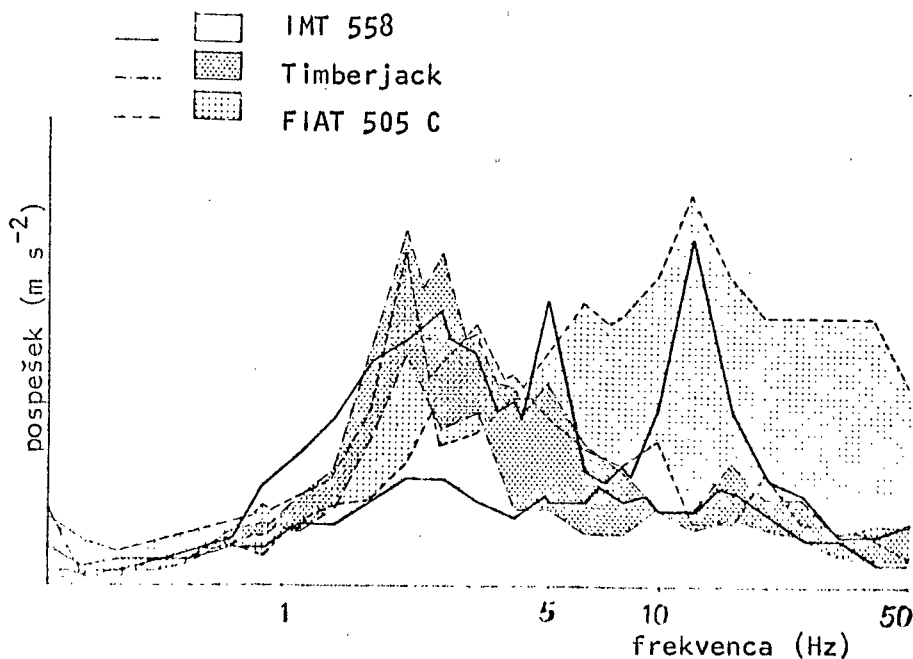
- delovanja motorja traktorja
- gibljivih delov konstrukcije
- prenosov moči motorja na kolesa in priključke
- vzmetenja traktorja
- vzmetenja in konstrukcije sedeža

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 nastavitvev 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.

Slika 6 PRIKAZ OBMOČJA VARIABILNOSTI OBLIKE FREKVENČNEGA SPEKTRA TREH TRAKTORJEV PRI PRESKOKU ČEZ OVIRO



Na sliki 6 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 nazmeroma visoke vrednosti pospeškov tudi nad 20 Hz. Konstrukcija goseničarja povzroči zelo visoke vibracije (SJØFLOT) nad 8-12 Hz. Maksimum pri 12Hz 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 17, 18 in 19) kakšne so bile izmerjene jakosti vibracij v snemanih delovnih operacijah po deloviščih, glede na tip traktorja. Upoštevali smo le tiste 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 1+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

Element dela	Struktura (%) časa	S E L C E					Struktura (%) časa	M E N I Š I J A - spomladi					Struktura (%) časa	M E N I Š I J A - poleti					Struktura (%) časa	M A Š U N						
		smer pospeška (m s ⁻²)			vektor (m s ⁻²)			smer pospeška (m s ⁻²)			vektor (m s ⁻²)			smer pospeška (m s ⁻²)			vektor (m s ⁻²)			smer 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			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						
Polna 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 zastoj		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 zastoj		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 izven traktorja (%)	11					34					51					41										
Organizacija dela		I + 2						I + 0						I + 0						I + 0						

Tab. 17 - str.2

Struktura (%) časa	K O Č E V J E				vektor (m s ⁻²)	Struktura (%) časa	BELSKA PLANINA - primerjava				vektor (m s ⁻²)	Struktura (%) časa	VSA DELOVIŠČA			vektor (m s ⁻²)
	smer pospeška (m s ⁻²)			a _y			smer pospeška (m s ⁻²)			a _y			smer pospeška (m s ⁻²)		a _y	
	a _z	a _x	a _y			a _z	a _x	a _y			a _z	a _x	a _y			a _z
19,5	1,01	1,24	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	0,83	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	0,51	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	1,43	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	2,11	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	1,27	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	1,68	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	1,68	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	1,26		0,35	0,00	0,00	0,35		0,21	0,65	0,16	0,70		
	0,48	0,73	0,00	0,87		0,11	0,60	0,27	0,67		0,43	0,54	0,21	0,72		
	47	39	53	139		47	33	29	108		334	255	307	896		
16					49					26						
	1 + 1					1 + 0										

Element dela	R O G					P O D T U R N					B R E Ž I C E					BELSKA PLANINA - primerjava				
	Struktura (%) časa	smer pospeška (m s ⁻²)			vektor (m s ⁻²)	Struktura (%) časa	smer pospeška (m s ⁻²)			vektor (m s ⁻²)	Struktura (%) časa	smer pospeška (m s ⁻²)			vektor (m s ⁻²)	Struktura (%) časa	smer 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	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
Odvezovanje	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 zastoj		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	0,41
Subjektivni zastoj		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	0,42
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 + 0			

Tab. 18

Struktura (%) časa	VSA DELOVIŠČA			vektor (m s ⁻²)
	smer pospeška (m s ⁻²)			
	a _z	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				

Element dela	KOMATEURA - spomladi					KOMATEURA - poleti					MRZLI STUDENEC					BELSKA PLANINA - pozimi				
	Struktura (%) časa	smer pospeška ($m s^{-2}$)			vektor ($m s^{-2}$)	Struktura (%) časa	smer pospeška ($m s^{-2}$)			vektor ($m s^{-2}$)	Struktura (%) časa	smer pospeška ($m s^{-2}$)			vektor ($m s^{-2}$)	Struktura (%) časa	smer 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	2,51	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	0
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	0
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	1,39
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	2,28
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	0
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	1,22
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	1,57
Objektivni zastoj		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	0
Subjektivni zastoj		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	0,76
Posneti prod. čas (min)		63	70	73	206		106	31	69	206		60	63	55	178		18	33	51	102
Traktorist izven traktorja (%)	19					29					51					30				
Organizacija dela		I + 1					I + 1					I + 0					I + 0			

povprečju polna vožnja, nato sledi prazna vožnja ter rampanje in privlačevanje. 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} (zgibnik). Tudi privlačevanje 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 (zgibnik) in 3,84 m s^{-2} (goseničar) in pri polni vožnji med 1,70 (zgibnik) 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 privlačevanjem, 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 (zgibnik 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} (zgibnik). Privlačevanje 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. Privlačevanje 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.

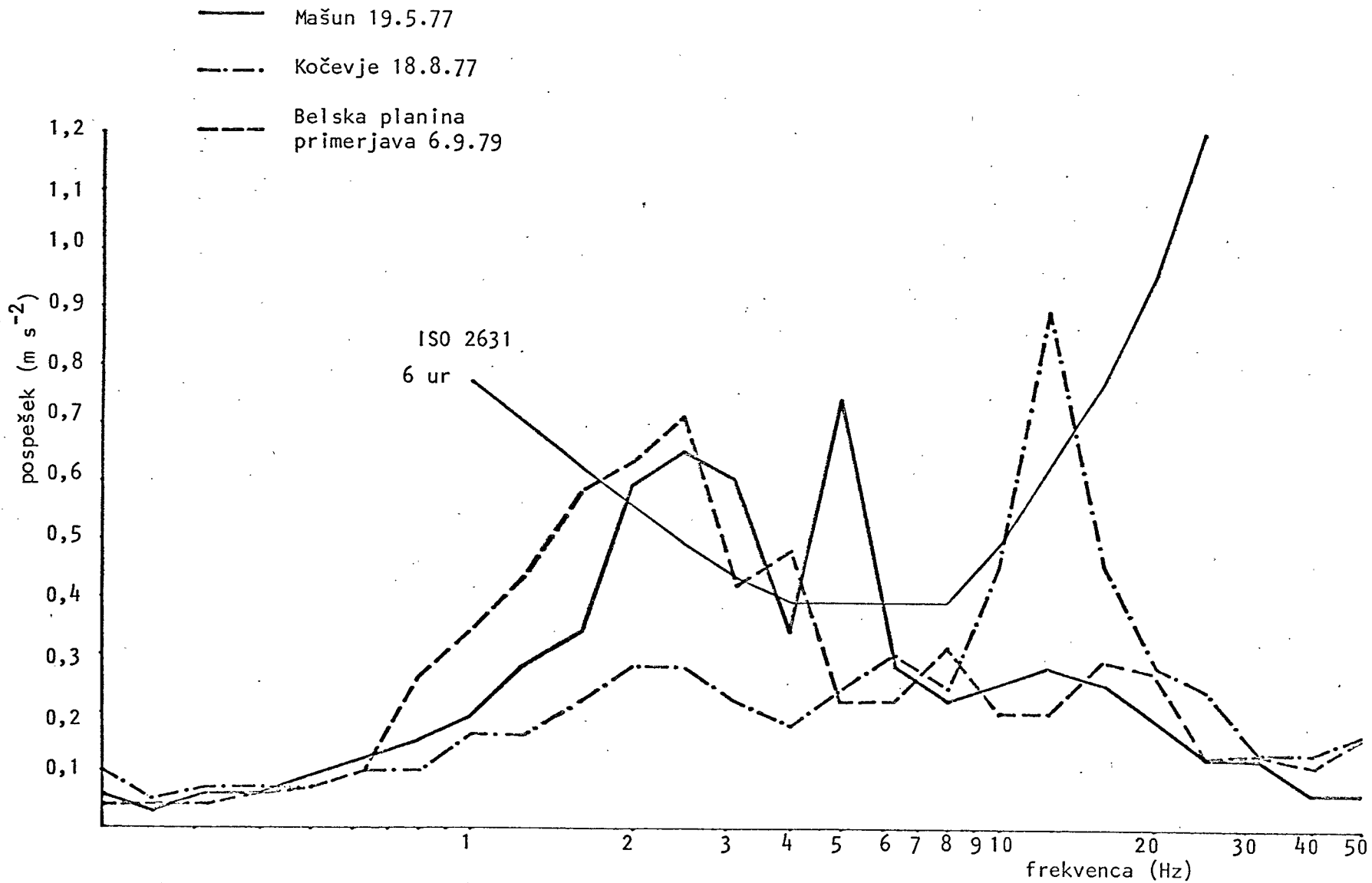
Škodljivost vibracij ugotovimo tako, da primerjamo ugotovljene jakosti vibracij najprej s frekvenčnim spektrom, nato pa s standardom ISO 2631. Porazdelitev pospeškov po frekvenčnih pasovih določimo s ključem, ki je dan z razmerjem med izmerjeno vrednostjo linearnega pospeška pri frekvenčni analizi in 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 slikah 7, 8 in 9 so v pravilnem merilu narisane frekvenčne analize pospeškov, ki predstavljajo linearne jakosti vertikalnih vibracij v produktivnem času.

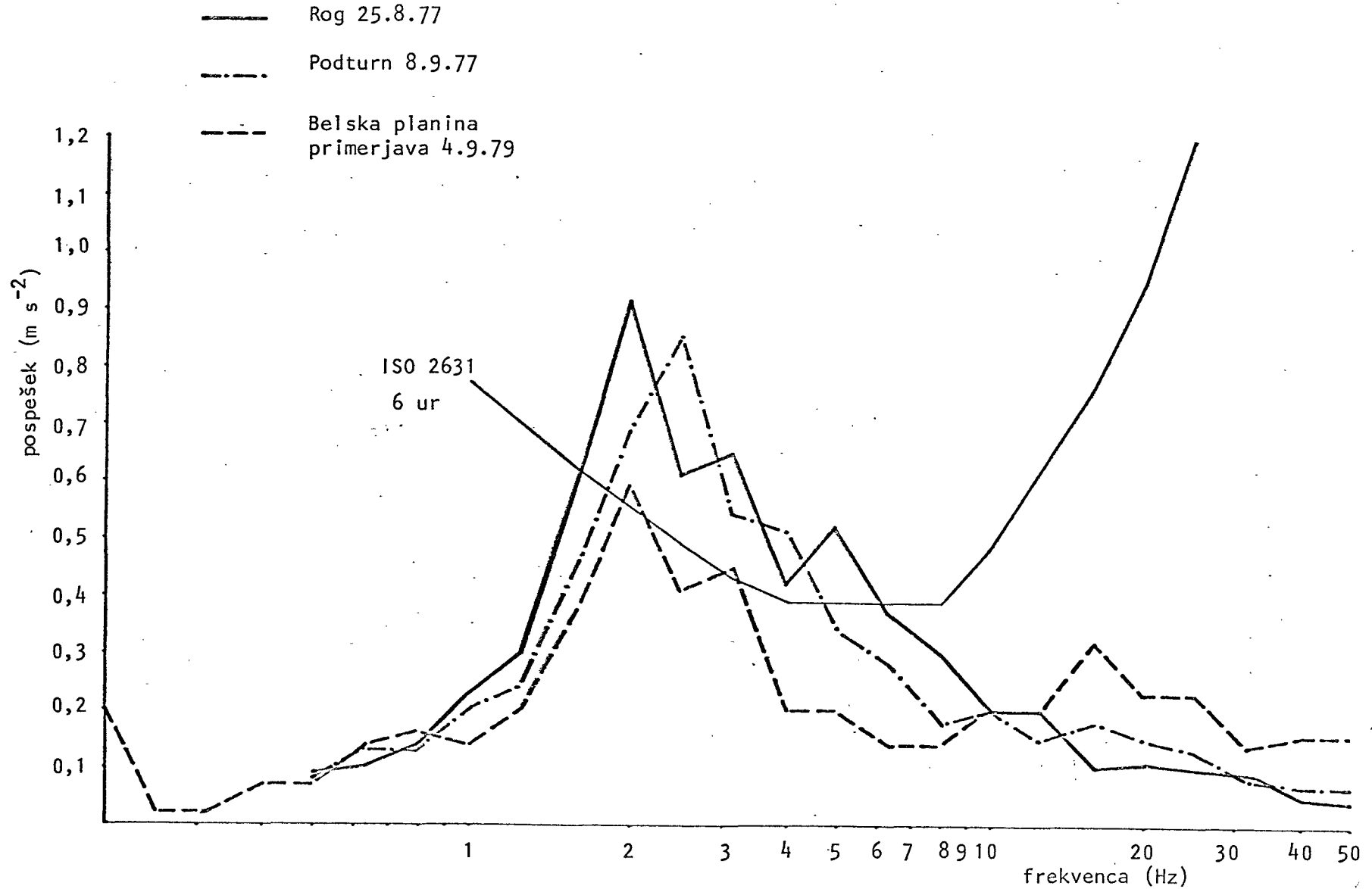
Predvidevamo, da je v delovnem dnevu okrog 6 ur produktivnega časa (okrog 80% produktivnega časa v delovnem času), zato smo dobljene jakosti pospeškov v produktivnem času po frekvenčnih pasovih primerjali z ISO standardom 2631 za 6 ur izpostavljenosti na dan. Originalni ISO standard 2631 ne vsebuje vrednosti za 6 ur izpostavljenosti, zato smo te maksimalne pospeške po frekvenčnih pasovih dobili z grafično (krivuljno) 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 dosegajo 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

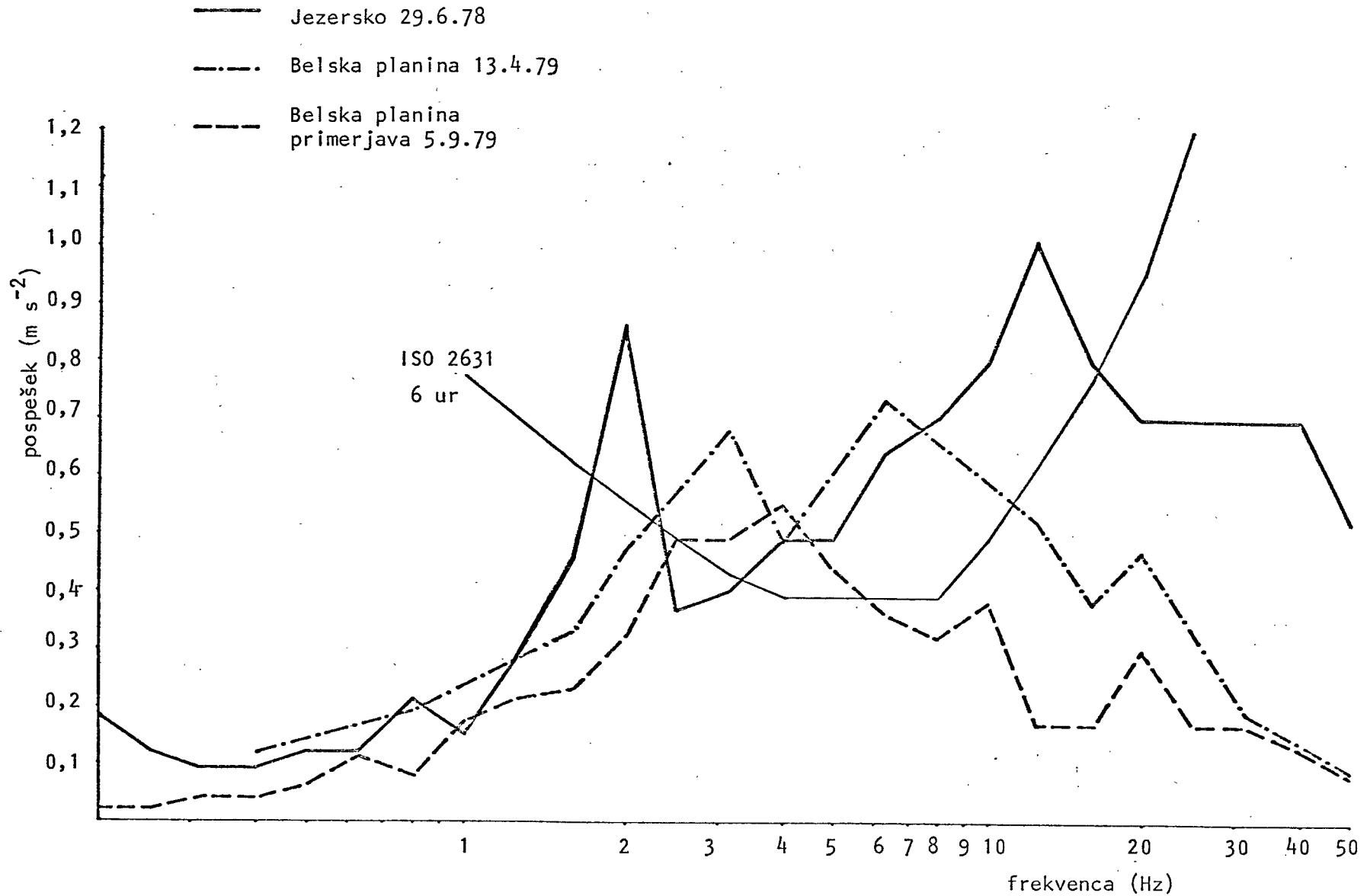
Slika 7 FREKVENČNI SPEKTER VERTIKALNIH VIBRACIJ NA SEDEŽU TRAKTORISTA V PRODUKTIVNEM ČASU PRI ADAPTIRANEM TRAKTORJU IMT 558 V PRIMERJAVI S STANDARDOM ISO 2631



Slika 8 FREKVENČNI SPEKTER VERTIKALNIH VIBRACIJ NA SEDEŽU TRAKTORISTA V PRODUKTIVNEM ČASU
PRI ZGIBNEM TRAKTORJU TIMBERJACK V PRIMERJAVI S STANDARDOM ISO 2631



Slika 9 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 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. Želeli smo narediti med njimi 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 36b v revirju Mrzli studenec (1250 m n.v.). Iz sečišča, ki je bilo v obliki odprte kotanje 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 20.

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

Tabela 20

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

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 21 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

Tabela 21

Traktor	Dolžina vlake (m)	Koeficient naklona (%)	Povpr.št. komadov v (kom)	Povprečen kos v bremenu (m^3 /kom)	Povprečno breme (m^3)	Učinek v času snemanja (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 22).

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

Tabela 22

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 23).

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

Tabela 23

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 24) 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 SEDEŽU TRAKTORISTA PRI SPRAVILU
LESA S TRAKTORJI NA DELOVIŠČU BELSKA PLANINA - PRIMERJAVA

Tabela 24

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 (slike 7,8,9). Dopustne meje izpostavljenosti za 4 ure presega ta 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

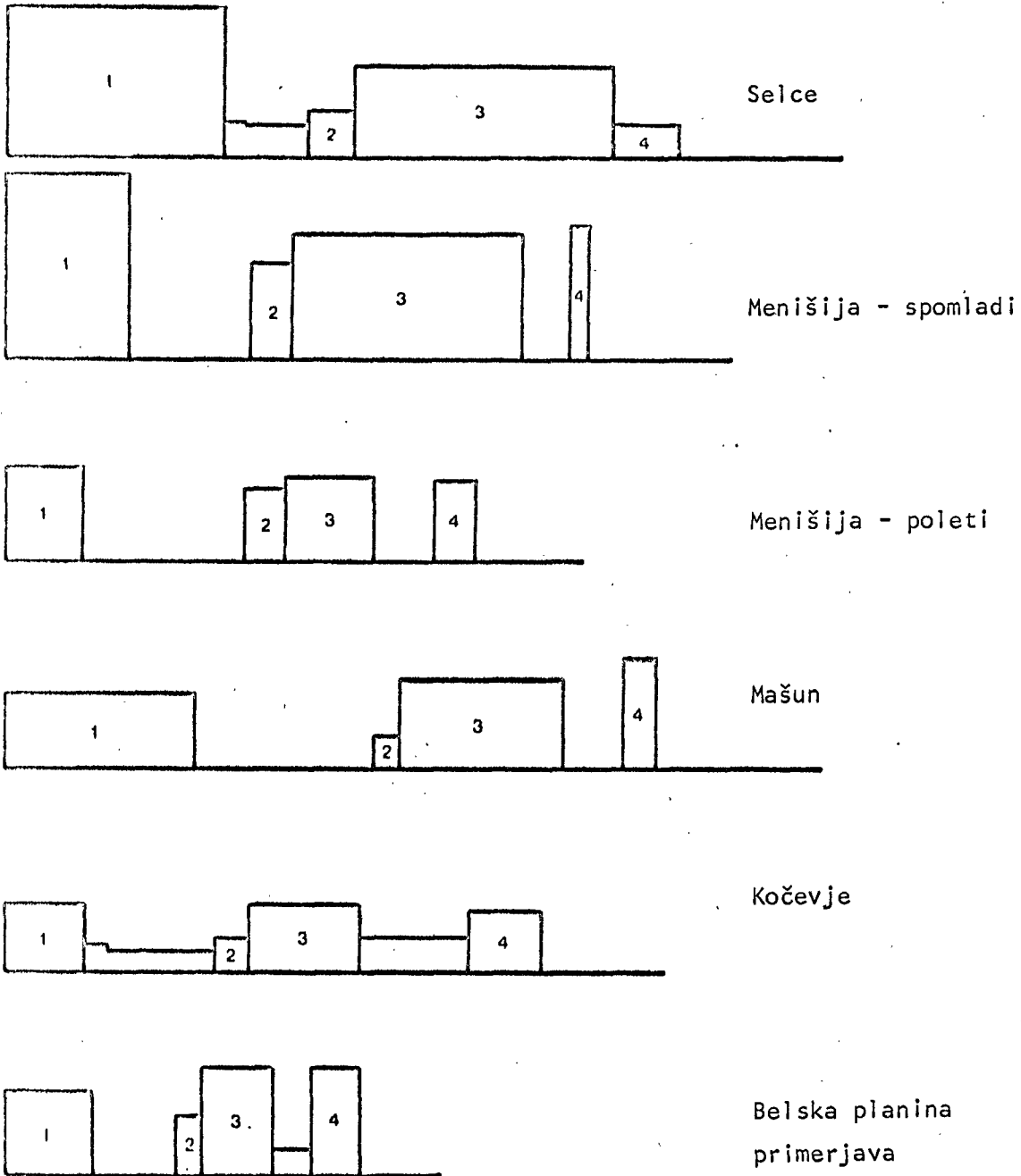
Povprečni ciklusi na različnih deloviščih se razlikujejo v dolžini trajanja in v jakosti vibracij po operacijah. Ugotovimo lahko, da je dolžina trajanja ciklusa najtesneje povezana z dolžino vlake.

Primerjava povprečnih ciklusov po deloviščih enega traktorjataka 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 na primer 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 privlačevanja in rampanja je razmeroma majhen in se giblje med 1 in 30% - odvisno od časovne strukture ciklusa. Na slikah 10, 11 in 12 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 pravih razdaljah, zato se ustrezno poveča tudi velikost vektorja vibracij. Na sliki 13 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 (slika 13).

Slika 10 TRAJANJA IN JAKOSTI VERTIKALNIH VIBRACIJ V DELOVNEM ČASU
POVPREČNIH CIKLUSOV PO DELOVIŠČIH ZA IMT 558

1 prazna vožnja
2 privlačenje

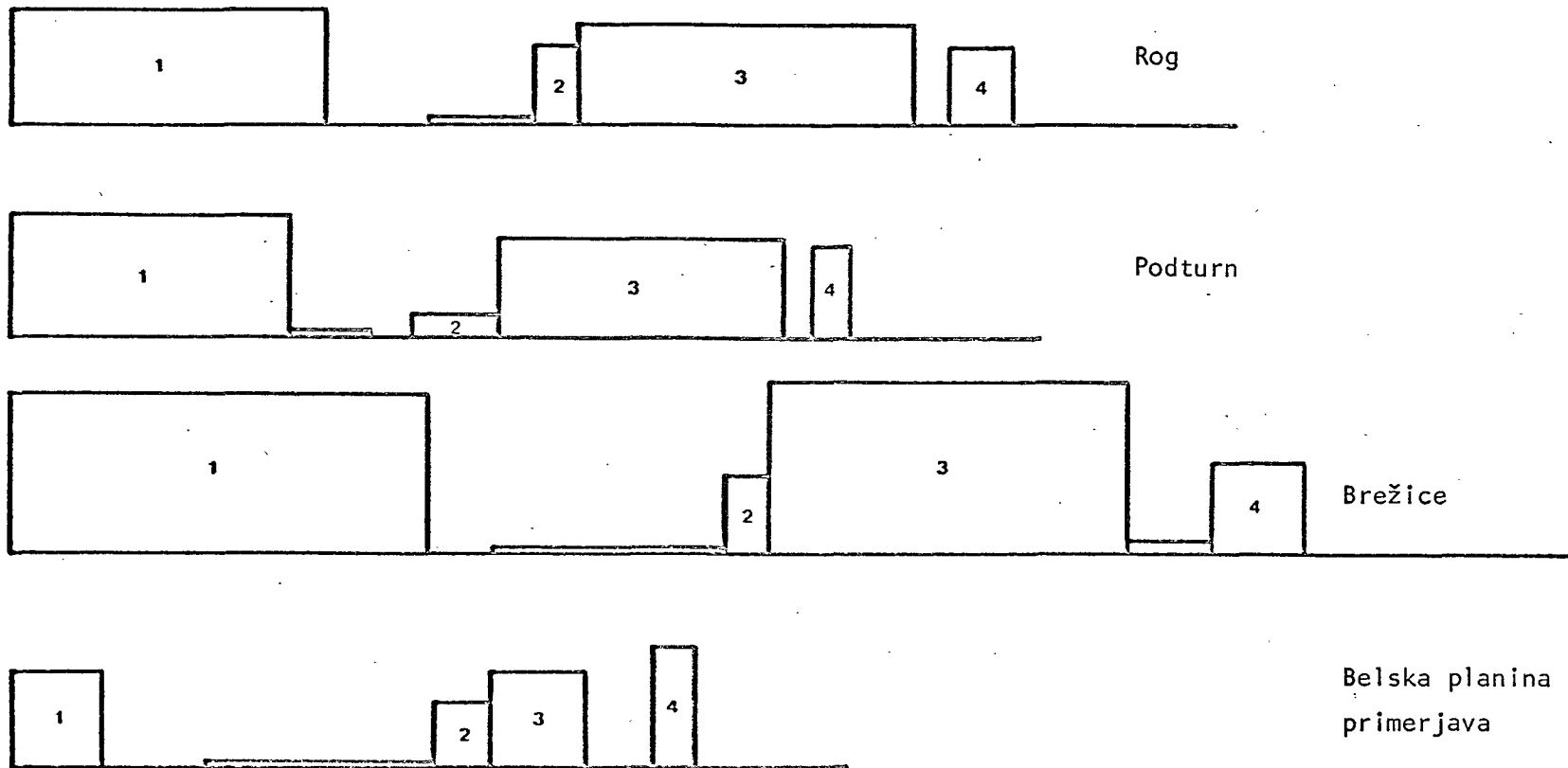
3 polna vožnja
4 rampanje



Slika 11 TRAJANJA IN JAKOSTI VERTIKALNIH VIBRACIJ V DELOVNEM ČASU POVPREČNIH CIKLUSOV PO DELOVIŠČIH ZA TIMBERJACK

1 prazna vožnja
2 privlačevanje

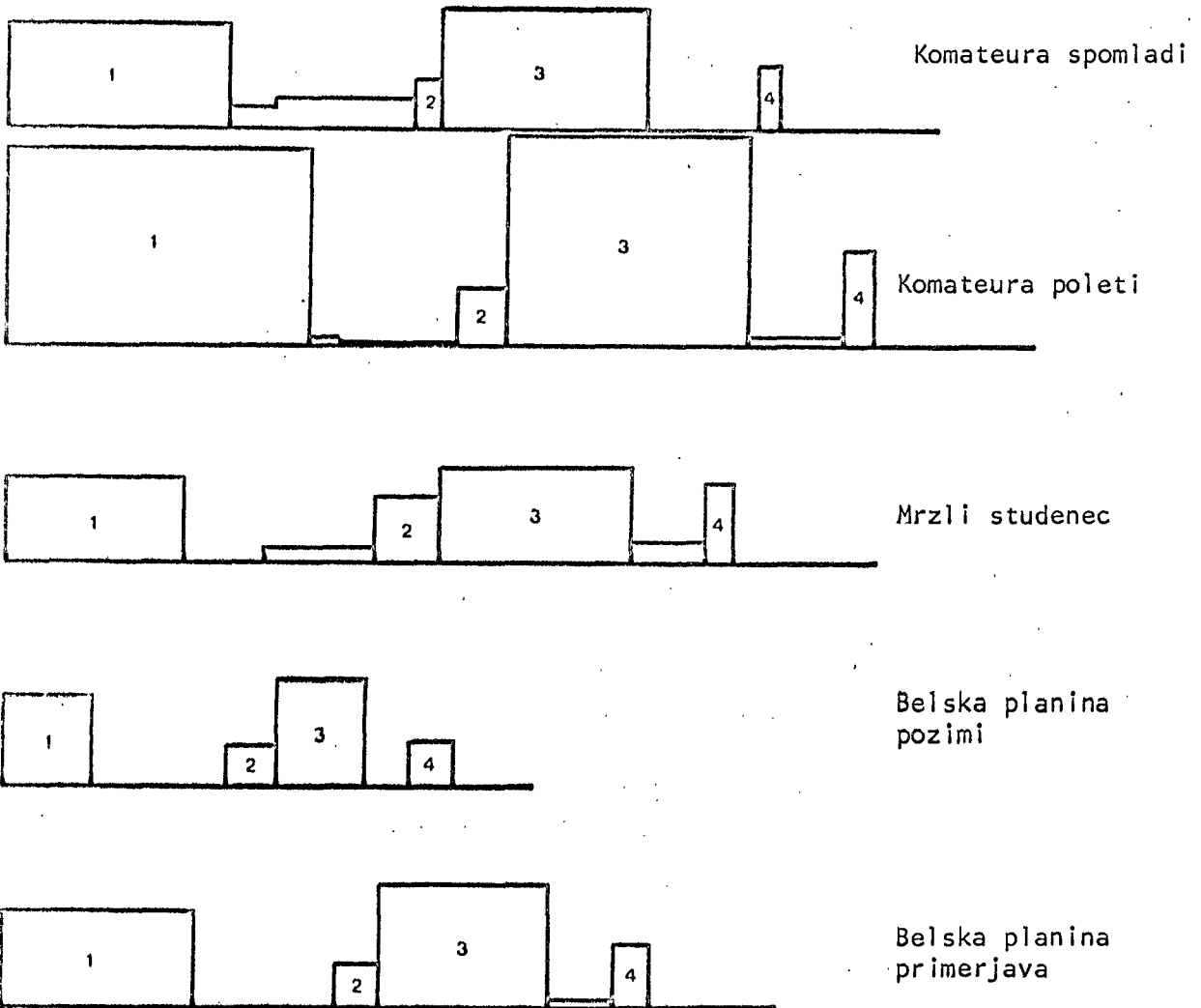
3 polna vožnja
4 rampanje



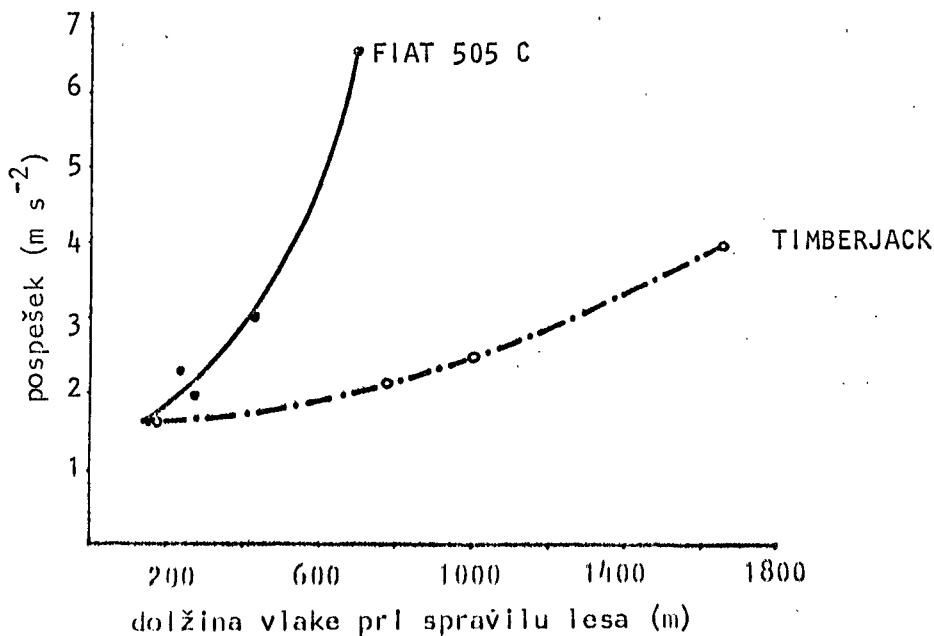
Slika 12 TRAJANJA IN JAKOSTI VERTIKALNIH VIBRACIJ V DELOVNEM ČASU
POVPREČNIH CIKLUSOV PO DELOVIŠČIH ZA FIAT 505 C

1 prazna vožnja
2 privlačenje

3 polna vožnja
4 rampanje



Slika 13 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 prilegala kvadratna parabola:

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

Pri goseničarju pa je podatkom boljše ustrezala parabola tretje stopnje:

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

V gornji regresijski enačbi pomeni:

Y = vektor vibracij ($m s^{-2}$)

X = dolžina vlake (km)

Zanimiva je tudi ugotovitev, da se vektorja vibracij pri kratkih pravilnih 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.

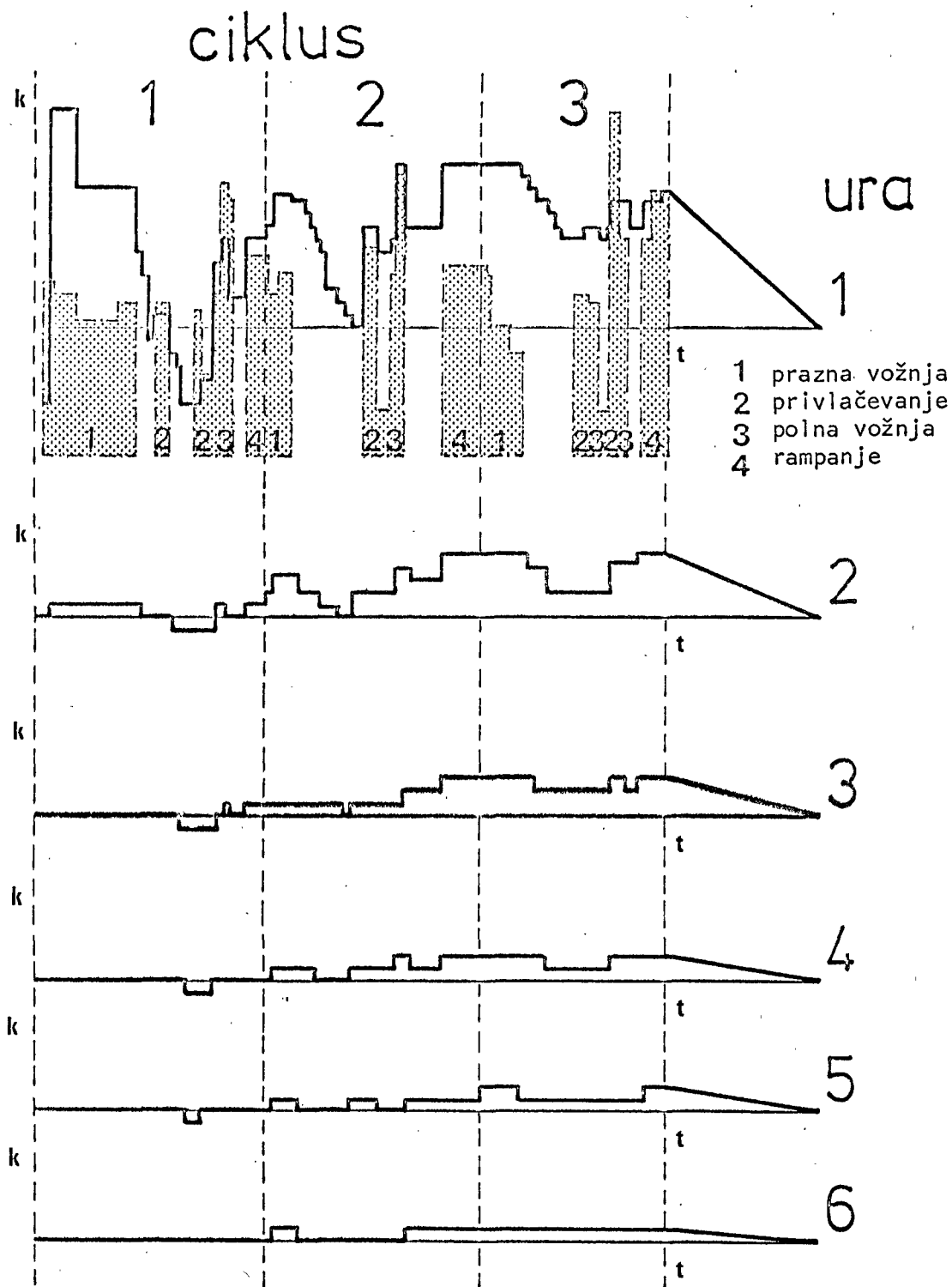
Vektor, ki je izračunan iz pospeškov vibracij vseh treh smeri, najboljše ponazarja dejanske obremenitve traktorista, čeprav nimamo standarda, po katerem bi lahko določili dopustne meje izpostavljenosti. Na daljših vlakah je traktorist dalj časa izpostavljen vibracijam, zato se poveča tudi verjetnost, 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 prekinitvah 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 sliki 14 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 vrisane tudi absolutne vrednosti vertikalnih pospeškov po operacijah. V tem primeru najmočneje povečuje srednjo jakost vibracij prazna vožnja traktorja, sledi polna vožnja ter rampanje in privlačenje. 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 prekinitve, je s časom čedalje manjši. Ugotovimo lahko, da bi prekinitve ali odmor, ki nastopi po prvi delovni uri, zmanjšal povprečno jakost vibracij relativno več kot odmor, ki bi nastopil proti

Slika 14

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



koncu delovnega časa (tabela 25).

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

Tabela 25

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 25 navedene vrednosti so zato nekoliko višje, vendar ostane trend, ki kaže na degresivno 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.

Tabela 26 kaže rezultate analize variance, ločeno za vse tri traktorje. Ugotovimo lahko, da se jakosti vibracij na deloviščih kjer je delal posamezen traktor, med seboj značilno razlikujejo. Rezultat je pričakovan, saj smo težili k temu, da bi v analizo zajeli čim bolj pestre razmere, v katerih deluje posamezen traktor.

Interakcija je statistično značilna pri analizi variance za zgibni in gosenični traktor. V prejšnjih poglavjih je bilo že omenjeno, da pri IMT 558 nismo ugotovili odvisnosti jakosti vibracij od dolžine vlake, ki sicer odločilno vpliva na jakost vibracij pri zgibniku in goseničarju. Neznačilna interakcija pri navadnem kolesniku to ugotovitev potrjuje. Odvisnost jakosti vibracij od delovnih razmer bomo podrobneje proučili v naslednjih poglavjih.

ANALIZA VARIANCE JAKOSTI VERTIKALNIH VIBRACIJ
TREH TRAKTORJEV PRI SPRAVILU LESA

Tabela 26

Traktor	Vir variabilnosti	Vsota kvadratov	Stopinja prostosti	Srednji kvadrat	F
IMT 558	operacija (o)	2,0725	3	0,6908	3,95*
	delovišča (d)	3,5099	3	1,1700	15,85****
	o x d	1,5757	9	0,1751	2,37
	napaka	1,1802	16	0,0738	
	SKUPAJ	8,3383	31		
Timberjack	operacija (o)	3,4783	3	1,1594	5,30*
	delovišča (d)	1,4853	3	0,4951	11,36****
	o x d	1,9705	9	0,2189	5,02**
	napaka	0,6973	16	0,0436	
	SKUPAJ	7,6314	31		
Fiat 505 C	operacija (o)	7,1974	3	2,3991	7,74**
	delovišča (d)	5,7635	3	1,9212	85,77****
	o x d	2,7907	9	0,3101	13,84****
	napaka	0,3585	16	0,0224	
	SKUPAJ	16,1101	31		

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 27 in 28).

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

Tabela 27

Traktor	O p e r a c i j a			rampanje	SKUPAJ
	prazna vožnja	privlačenje	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 ($m s^{-2}$)

Tabela 28

Traktor	Razlike med operacijami					
	prazna v. privlačev.	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 zanimive podrobnosti (tabela 29).

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

Tabela 29

Vir variabilnosti	Vsota kvadratov	Stopinje prostosti	Srednji kvadrat	F
operacija (o)	1,4763	3	0,4921	3,29°
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, 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 Fiatom 505 C ter Timberjackom in Fiatom 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 30).

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

Tabela 30

Traktor	O p e r a c i j a			rampanje	SKUPAJ
	prazna vožnja	privlačenje	polna vožnja		
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 alhko, da so razlike ob neizenačenih delovnih razmerah večje. Pripomniti je treba, da vrednosti iz tabel 28 in 30 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 vižnji 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 po-

močnikom (enim ali dvema) in organizacijsko obliko dela brez pomočnika (tabela 31).

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

Tabela 31

Operacije	IMT 558		Timberjack		Fiat 505 C	
	l+0	l+1	l+0	l+1+(s)	l+0	l+1
	j a k o s t i		v i b r a c i j		m s ⁻²	
prazna v.	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 v.	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 35,0%, 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 vlačanja, 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 l+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. Jakosti vibracij, ki smo jih upoštevali pri izračunu obremenitev, kaže tabela 32.

KVADRATIČNE SREDINE JAKOSTI VERTIKALNIH VIBRACIJ NA SEDEŽU TRAKTORJA PRI SPRAVILU LESA

Tabela 32

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 33 so prikazane obremenitve traktorista pri različnih strukturah (spravilnih razdaljah) produktivnega časa ob upoštevanju jakosti vertikalnih vibracij iz tabele 32. Pri izračunu smo predpostavili, da je jakost vibracij v dodatnem času enaka 0.

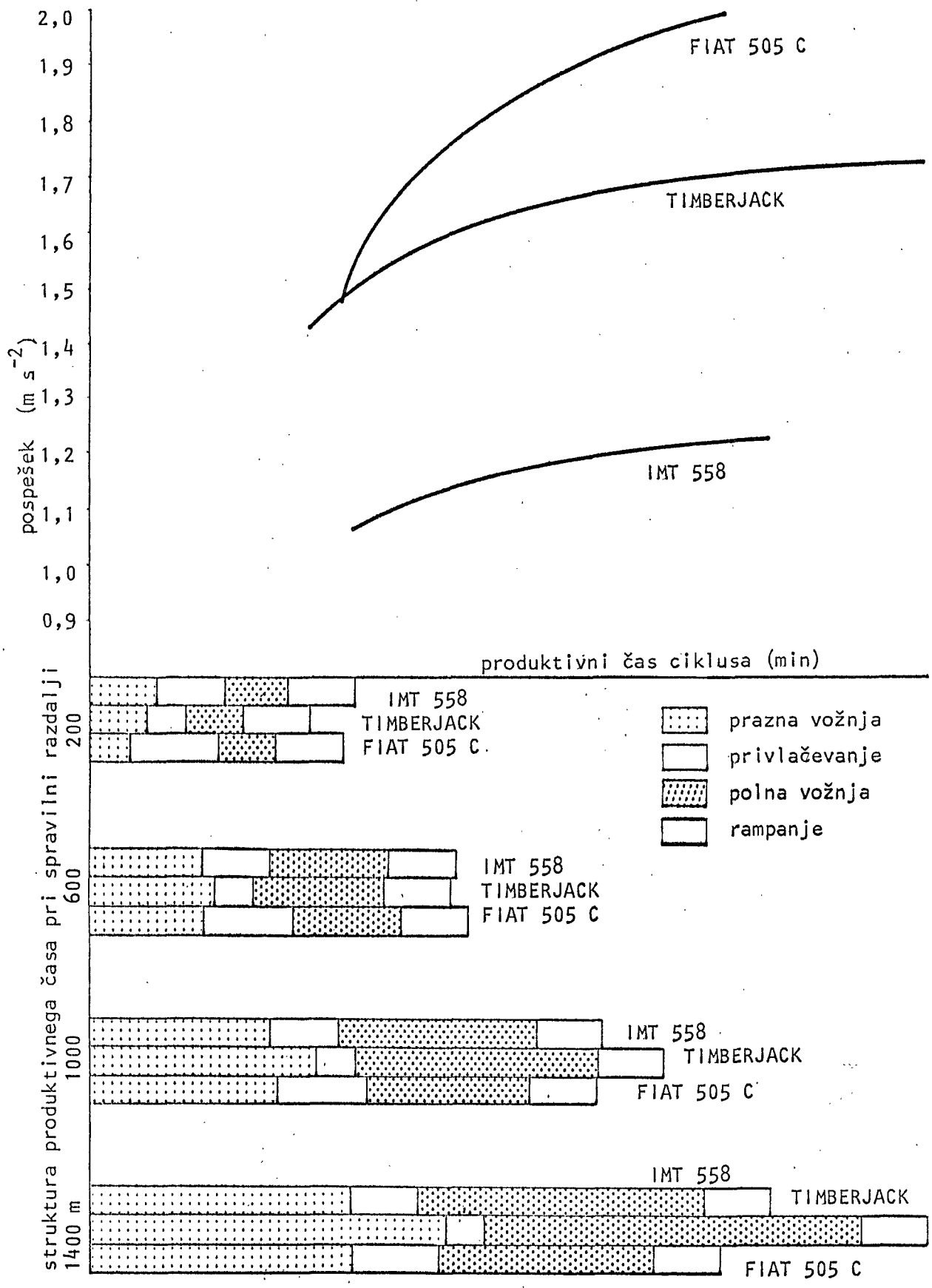
OBREMENITVE TRAKTORISTA Z VERTIKALNIMI VIBRACIJAMI PRI RAZLIČNI STRUKTURI PRODUKTIVNEGA ČASA

Tabela 33

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

Slika 15

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



Vrednosti iz tabele 33 so nazorno prikazane na sliki 15 v odvisnosti od pripadajoče strukture produktivnega časa. Pri adaptiranem kolesniku smo 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 regresivno, 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 pravilnih 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. Za zanesljivo analizo medsebojnih odnosov vseh izmerjenih spremenljivk bi potrebovali izjemno veliko število meritev, zato smo v okviru možnosti izbrali takšno pot, ki nam z analizo relativnih razmerij med upoštevanimi spremenljivkami namigne na možne korelacije in vplive v kompleksu analizirane grupe spremenljivk.

V drugem koraku pa smo skušali z bolj konkretno metodo multiple regresije na poenostavljen način prikazati samo tiste odvisnosti, ki zadoščajo običajnim statističnim kriterijem zanesljivosti.

3.6.8.1 Razmerje med jakostmi vertikalnih vibracij in dejavniki nekaterih delovnih razmer pri spravi lesa s traktorji

Delovne razmere so konkretno težko opredeljiv in zamotan pojem. Prav gotovo sodijo sem lastnosti traktorske vlake, lastnosti bremena, razmere na sečišču in ob kamionski cesti. Na velikost izmerjenih vibracij pa vpliva še organizacija dela, način vožnje in izurjenost ter delovne navade traktorista (in pomožnega delavca).

Dejavnikov delovnih razmer in njihovih kombinacij je neskončno mnogo, zato smo z izborom nekaterih poskusili zajeti nekaj osnovnih skupin spremenljivk, ki povzročajo spremembe vertikalnih vibracij. V tabeli 34 so našteje vse analizirane spremenljivke z njihovimi aritmetičnimi sredinami in standardnimi odkloni. Razmerja med tolikšnim številom spremenljivk smo preučili z analizo primarnih komponent na računalniku (SPSS, podprogram FACTOR - PA 1).

Osnovna zamisel analize primarnih komponent je, da iz niza osnovnih spremenljivk s kombinacijo linearnih transformacij, ki so med seboj neodvisne, umetno sestavimo novi niz sestavljenih spremenljivk ali primarnih (osnovnih) komponent, ki jih imenujemo tudi hipotetični faktorji. Vsaka primarna komponenta pojasnjuje zaporedoma maksimalen delež variabilnosti v osnovnih podatkih, ki še ni pojasnjena s kakšno drugo, predhodno linearno kombinacijo. V opisani analizi smo zahtevali, da primarne komponente pojasnijo skupaj okrog 95% celotne variabilnosti v osnovnih podatkih.

Analizo primarnih komponent smo naredili ločeno za vse tri tipe traktorjev. Število podatkov je bilo različno in sicer pri IMT 558 14, pri zgibniku 8 in pri Fiatu 505 C 10 primerov.

Analiza je iz 15 vključenih osnovnih spremenljivk izločila pri IMT 558 5 primarnih komponent, pri zgibniku 4 in pri goseničarju 3 primarne komponente. Iz tega že lahko sklepamo, da je največja povezava med osnovnimi spremenljivkami pri goseničarju, medtem ko je zapletenost pojava največja pri IMT 558. Delež, ki jih izračunane primarne komponente pojasnijo glede na skupno varianco v pojavu, so pri vseh treh analizah podobni in sicer pri IMT 558 93,8%, pri zgibniku 96,2% in pri Fiatu 505 C 91,3% celotne variabilnosti (vsota D_1 v tabeli 35). Bolj pomembni za nadaljnje sklepanje so deleži, ki jih posamezna primarna komponenta prispeva k pojasnjeni variabilnosti (D_2). V analizi za adaptirani kolesnik prve tri primarne komponente skupaj pojasnijo kar 79,9% variabilnosti, v analizi za Timberjack pojasnijo te tri komponente 89,1% in pri goseničarju 100% variabilnosti, ki je pojasnjena z vsemi izračunanimi komponentami (tabela 35).

SEZNAM SPREMENLJIVK V ANALIZI RAZMERIJ MED JAKOSTMI VERTIKALNIH VIBRACIJ IN DEJAVNIKI DELOVNIH RAZMER

Tab. 34

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	koefficient 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	3,2071	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

DELEŽI POJASNJENE VARIABILNOSTI PRIMARNIH KOMPONENT (%) V ANALIZAH
ZA IMT 558, Timberjack in Fiat 505 C

Tab. 35

Primarna komponenta	IMT 558		Timberjack		Fiat 505 C	
	D ₁	D ₂	D ₁	D ₂	D ₁	D ₂
F ₁	40,3	43,0	46,3	48,1	58,0	63,5
F ₂	18,4	19,6	26,2	27,3	23,3	25,6
F ₃	16,2	17,3	13,2	13,7	10,0	10,9
F ₄	10,5	11,2	10,5	10,9		
F ₅	8,4	8,9				
SKUPAJ	93,8	100,0	96,2	100,0	91,3	100,0

V tabeli 35 pomeni D₁ delež variabilnosti, ki jo pojasni posamezna primarna komponenta od celotne variabilnosti v pojavu, D₂ pa pomeni delež, ki ga prispeva posamezna primarna komponenta k variabilnosti, ki jo pojasnijo skupaj vse izločene primarne komponente.

Ugotovimo lahko, da četrta in peta primarna komponenta pri IMT 558 in četrta komponenta pri zgibniku zelo malo prispevajo k pojasnitvi celotne variabilnosti. Tudi v analizi za gosenični traktor je delež tretje primarne komponente majhen, saj prvi dve komponenti pojasnita že skoraj 90% v analizi pojasnjene variabilnosti pojava.

Primarne komponente z različnim uspehom pojasnijo variabilnost posamezne osnovne spremenljivke (D₃ v tabeli 36). Z deleži pojasnjene variabilnosti v osnovnih spremenljivkah lahko ocenimo stopnjo povezave neke vhodne spremenljivke z drugimi v analizo vključenimi spremenljivkami. Uspešnost analize primarnih komponent je v vseh treh primerih dokaj velika, saj je stopnja povezave med primarnimi komponentami in osnovnimi spremenljivkami skoraj povsod zelo visoka (tabela 36).

DELEŽI VARIANCE OSNOVNIH SPREMENLJIVK, KI JE POJASNJENA S PRIMARNIMI
KOMPONENTAMI

Tab. 36

Osnovna spremenljivka	Znak	IMT 558 D ₃	Timberjack D ₃	Fiat 505 C D ₃
srednja jakost vertikalnih vi-bracij pri prazni vožnji	Y 1	94,8	93,0	94,7
srednja jakost vertikalnih vi-bracij pri pri-vlačevanju	Y 2	93,3	95,0	75,2
srednja jakost vertikalnih vi-bracij pri polni vožnji	Y 3	94,3	99,3	93,5
srednja jakost vertikalnih vi-bracij pri rampanju	Y 4	85,7	94,0	79,3
dolžina vlake	X 1	98,5	99,7	99,0
koeficient naklona	X 2	99,4	98,5	97,6
hitrost prazne vožnje	X 3	93,7	87,2	85,9
hitrost polne vožnje	X 4	86,6	98,0	95,0
kubatura bremena	X 5	88,7	92,0	80,3
št.kosov v brem.	X 6	93,2	97,4	95,7
kubatura povprečnega kosa	X 7	97,4	99,2	89,1
maksimalni (+) naklon	X 8	93,1	96,8	95,2
maksimalni (-) naklon	X 9	94,4	98,4	98,0
čas prazne vožnje	X 10	95,4	96,7	95,9
čas polne vožnje	X 11	99,3	97,1	95,6

V analizi za IMT 558 so v šibki povezavi z drugimi spremenljivkami srednja jakost vertikalnih vibracij pri rampanju, hitrost polne vožnje in kubatura bremena. Hitrost prazne vožnje kaže v analizi za Timberjack najmanjšo povezavo z ostalimi spremenljivkami, medtem ko so ostali dejavniki v dobri medsebojni povezavi. Analiza primarnih komponent za gosenični traktor je pokazala, da so spremembe vibracij pri privlačevanju in rampanju manj uspešno pojasnjene s spremembami drugih vključenih spremenljivk. Podobno je tudi variabilnost hitrosti prazne vožnje, kubature bremena in kubature povprečnega kosa v bremenu sorazmerno slabo pojasnjena z izračunanimi primarnimi komponentami za Fiat 505 C.

Potrebno je pogledati še strukturo primarnih komponent - hipotetičnih faktorjev, da bi razjasnili nekaj osnovnih rezultatov. Tabela 37 predstavlja povzetek strukture primarnih komponent v katerem so upoštevani samo tisti deleži pojasnjene variabilnosti spremenljivke, ki pojasnijo več kot 10% njene variabilnosti.

Prav gotovo so v središču pozornosti spremenljivke, ki kažejo na obremenitve traktorista z vertikalnimi vibracijami, še posebno pa srednja jakost vibracij pri prazni in polni vožnji. Pri IMT 558 je večina teh spremenljivk pomembna za četrto primarno komponento in kažejo potemtakem na precej samosvoje obnašanje v odnosu na ostale vključene spremenljivke. V analizi za Timberjack in Fiat je obratno pomen jakosti vertikalnih vibracij pri spravlilu lesa v celotnem pojavu precej večji, saj so srednje jakosti vibracij pri prazni in polni vožnji v obeh analizah prisotne skoraj izključno v prvi primarni komponenti, ki pojasni pri Timberjacku 48,1% in pri goseničarju 63,5% pojasnjene variabilnosti pojava. Med neodvisnimi spremenljivkami so pri IMT 558 najpomembnejše lastnosti bremena in nakloni na vlaki, ki s medsebojnimi korelacijami pojasnijo največji delež pojava. Tudi tu sta si zgibnik in goseničar bolj podobna, če opazimo, da so v prvi primarni komponenti važnejše dolžina vlake, hitrosti vožnje in časi vožnje; lastnosti bremena pa prispevajo pomembnejši delež šele v tretji, oziroma drugi primarni komponenti.

Opazujmo zdaj tabelo 37 skupaj s slikami 16, 17 in 18, ki ilustrativno dopolnjujejo strukturo primarnih komponent v posamezni analizi. Slike predstavljajo primerjave med vključenimi osnovnimi spremenljivkami (zapisane so njihove tekoče številke iz tabele 34) ter tremi najpomembnejšimi primarnimi komponentami. Delež skupne variance, ki jo pojasnijo upoštewane komponente, je za vsak traktor raz-

STRUKTURA PRIMARNIH KOMONENT GLEDE NA DELEŽE VARIANCE, KI JO V SPREMENLJIVKAH POJASNI POSAMEZNA PRIMARNA KOMONENTA

Tab. 37

Osnovna spremenljivka	Znak	primarne komponente za: IMT 558					Timberjack				Fiat 505 C			
		F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₁	F ₂	F ₃	
srednja jakost vertikalnih vibracij pri prazni vožnji	Y 1				83,3		92,7					83,8		
srednja jakost vertikalnih vibracij pri privlačevanju	Y 2		19,1		41,3	28,7		92,1						74,1
srednja jakost vertikalnih vibracij pri polni vožnji	Y 3				84,5		82,5					80,0		
srednja jakost vertikalnih vibracij pri rampanju	Y 4	52,1	15,6			14,3	22,6			65,1		72,3		
dolžina vlake	X 1		78,1	11,8			83,6					96,2		
koeficient naklona	X 2	66,2		22,4				87,4				79,1		14,4
hitrost prazne vožnje	X 3			62,5		18,8	79,9					79,0		
hitrost polne vožnje	X 4					81,4	89,5					81,9		
kubatura bremena	X 5	45,1	29,6					55,8	35,6			27,9	50,1	
število kosov v bremenu	X 6	78,4		11,5					83,7	11,2		90,3		
kubatura povprečnega kosa v bremenu	X 7	96,5							89,7			63,0	24,1	
maksimalni (+) naklon	X 8	10,5		74,5						88,0		87,3		
maksimalni (-) naklon	X 9	63,8		28,3				43,3		46,7		77,6		19,4
čas prazne vožnje	X 10		89,3				67,9		17,6			94,5		
čas polne vožnje	X 11		71,0			20,6	50,5		20,6	25,3		85,3		

ličen (tabela 35). Prav tako so različna merila, v katerih so računalniško narisane posamezne spremenljivke. Ne spremeni pa se relativni pomen spremenljivk (skupin) glede na posamezno komponento in s tem njihov medsebojni položaj, ki ga zavzemajo v analizi. Med traktorji je zato možna primerjava pomena posamezne spremenljivke ali skupine, pri pojasnitvi variabilnosti pojava ter njihov relativni medsebojni odnos.




Sorodne grupacije neodvisnih spremenljivk opazimo v prvi primerjavi (F_1, F_2) pri Timberjacku in Fiatu 505 C, kjer se podobno razporejajo časi prazne in polne vožnje, dolžina vlake in hitrost pri prazni in polni vožnji. Istočasno lahko v tej veliki skupini najdemo tudi jakosti vertikalnih vibracij pri prazni in polni vožnji. Nasploh so razlike v grupacijah osnovnih spremenljivk najmanjše v odnosu na prvo primarno komponento (slika 16).

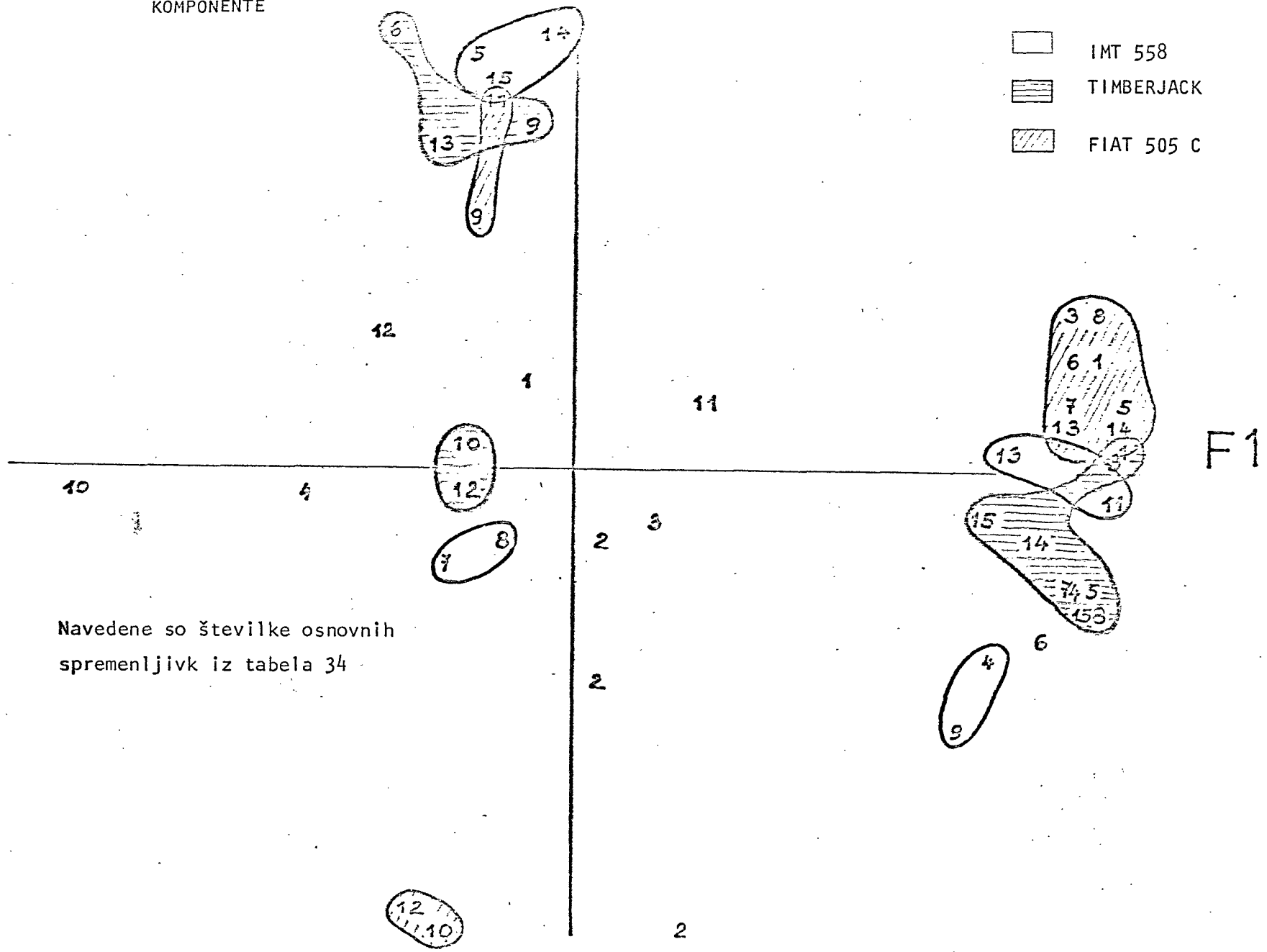
Podobno sliko kaže tudi druga najpomembnejša primerjava (F_1, F_3), kjer se v prvi komponenti na enak način združujejo spremenljivke, ki predočajo obremenitve traktorista z vertikalnimi vibracijami. Takšne sorodnosti ni opaziti v tretji primarni komponenti (slika 17).

Zadnja primerjava (F_2, F_3) pokaže, da se večina osnovnih spremenljivk nahaja v bližini izhodišča, ker so pač pomembnejše za prvo primarno komponento. Edina izjema je kombinacija kubature bremena pri Timberjacku in Fiatu 505 C, ki kaže v vseh treh primerjavah sorodnost glede pomembnosti za posamezno primarno komponento (slika 18).

Na jakosti vibracij, ki smo jih ugotovili na deloviščih, vpliva precejšnje število dejavnikov. V naši analizi smo upoštevali le nekateri. Tako je na primer izpadla teža voznika, faktor kvalitete vlake, razmere v delovišču in na pomožnem skladišču, nekatere lastnosti bremena - kot so vrsta lesa in dolžina sortimentov. Za upoštevanje vseh spremenljivk ni bilo na voljo dovolj podatkov, kar je tudi v veliki meri vplivalo na zanesljivost, s katero so podane posamezne ugotovitve. Ne glede na to, pa lahko iz prikazane analize sklepamo, da obstoje spremenljivke z velikim vplivom na spremembe jakosti vertikalnih vibracij kot so na primer:

- dolžina vlake (pri Timberjacku in Fiatu 505 C)
- nakloni na vlaki (pri vseh treh traktorjih)
- hitrost prazne in polne vožnje (Timberjack in Fiat 505 C)
- čas prazne in polne vožnje (Timberjack in Fiat 505 C).

-  IMT 558
-  TIMBERJACK
-  FIAT 505 C






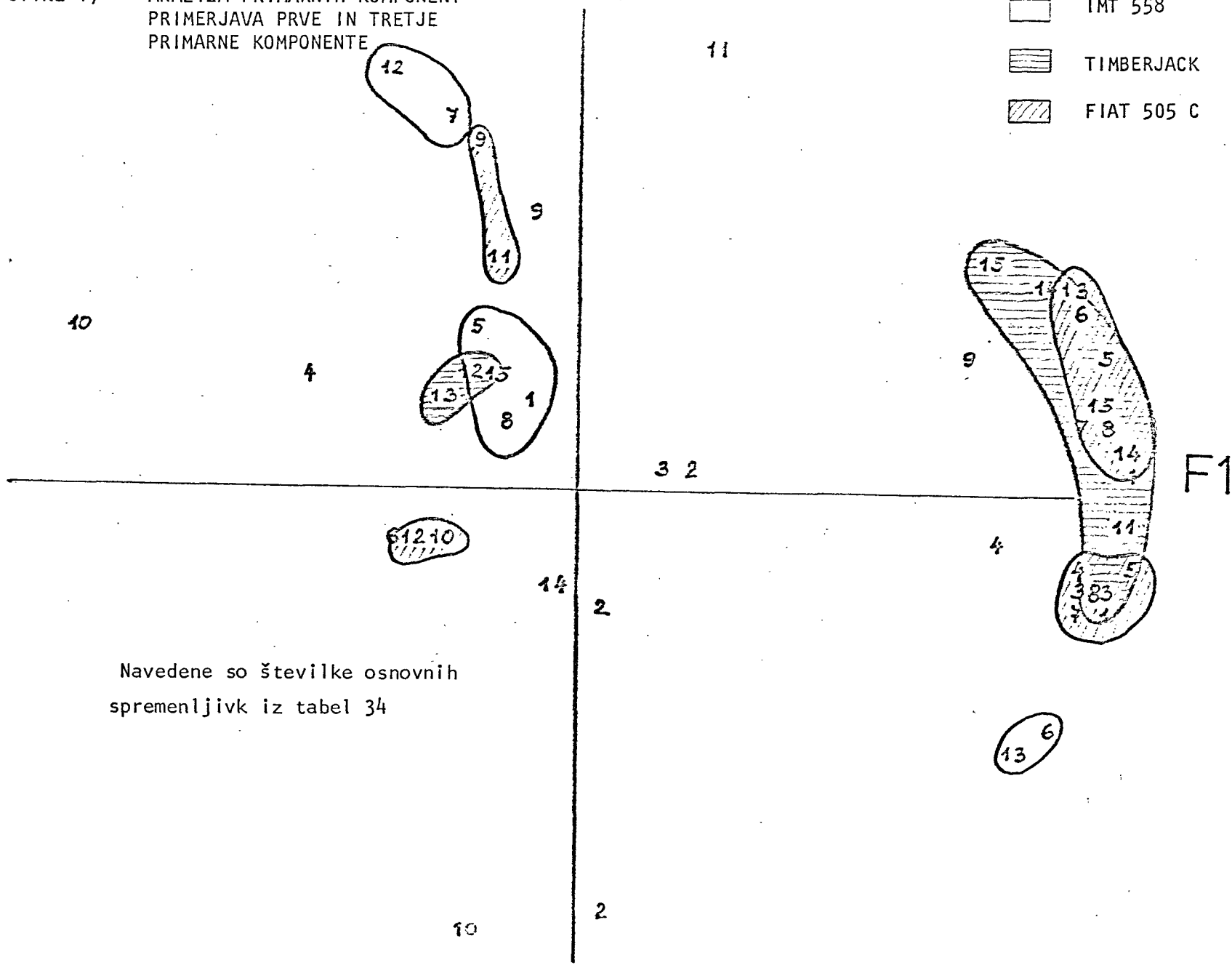
Navedene so številke osnovnih
spremenljivk iz tabela 34

Slika 17

ANALIZA PRIMARNIH KOMPONENT
PRIMERJAVA PRVE IN TRETJE
PRIMARNE KOMPONENTE

F3

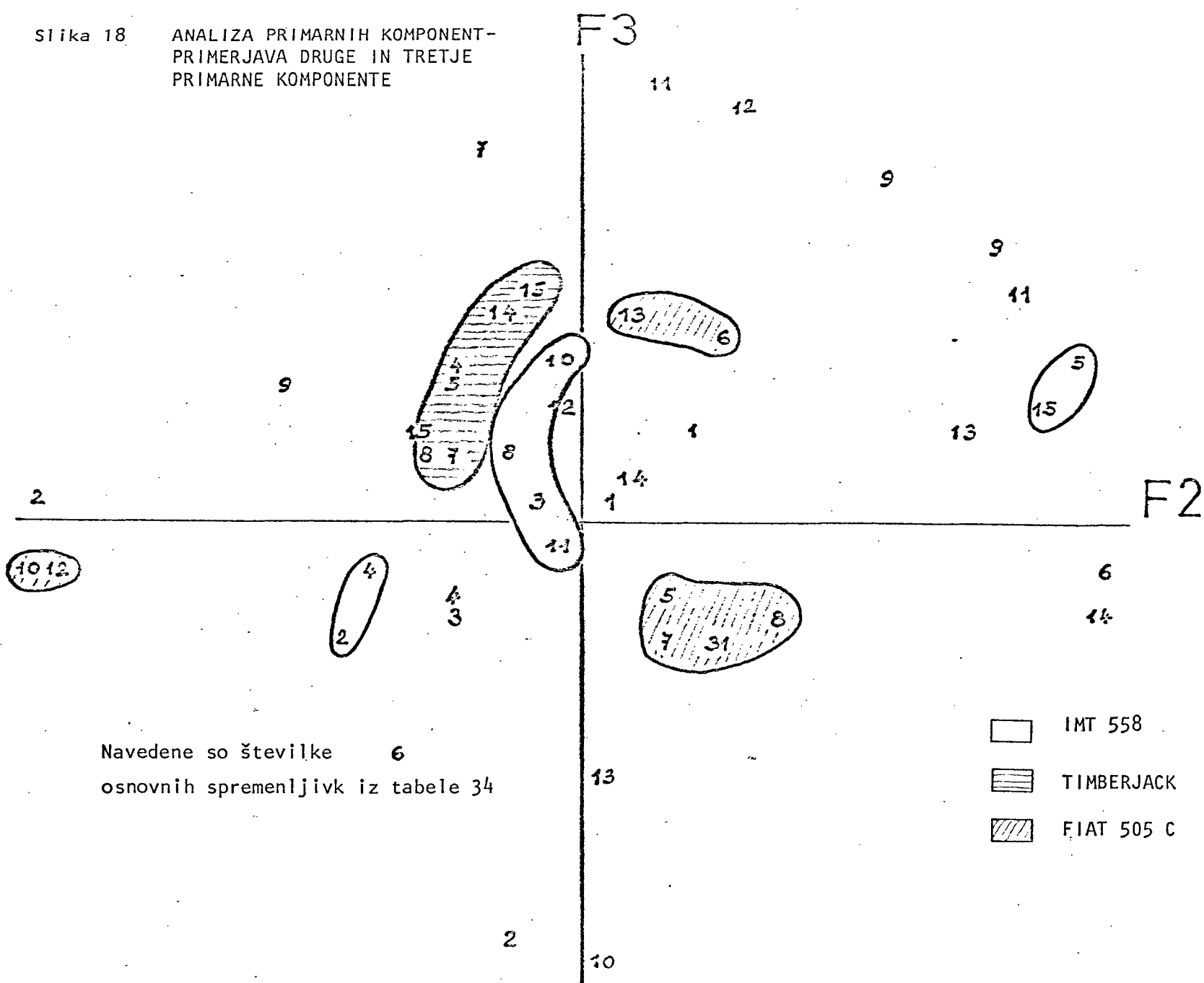
-  IMT 558
-  TIMBERJACK
-  FIAT 505 C



Navedene so številke osnovnih
spremenljivk iz tabel 34

Slika 18

ANALIZA PRIMARNIH KOMPONENT-
PRIMERJAVA DRUGE IN TRETJE
PRIMARNE KOMPONENTE



Lastnosti bremena imajo različen pomen v celotnem pojavu pri posameznem tipu traktorja. Pri IMT 558 so vse tri upoštevane lastnosti bremena med pomembnejšimi spremenljivkami, ki nastopajo v povezavi z jakostjo vibracij pri rampanju ter nakloni na vlaki. Pri zgibniku in goseničarju ima podoben pomen kubatura bremena, ki se v primerjavah izkaže važna za sestavo druge in tretje primarne komponente. V analizah vseh treh traktorjev pa lahko tudi opazimo, da je število kosov v bremenu pomembna spremenljivka, ki pa vpliva vedno z nasprotnim predznakom na določeno primarno komponento. Sledi ugotovitev, da drugi dve upoštevani spremenljivki traktorskega bremena (kubatura bremena in povprečnega koesa) pojasnjujeta isti del variabilnosti osnovnih podatkov.

Iz rezultatov analize primarnih komponent tudi povzamemo, da kažeta Timberjack in Fiat 505 C veliko mero podobnosti, če upoštevamo razmerje med osnovnimi spremenljivkami. Odnosi med osnovnimi spremenljivkami v analizi primarnih komponent za IMT 558 pa nakazujejo na bolj zapletene medsebojne povezave, ki bi jih lahko odkrili in analizirali le z upoštevanjem večjega števila podatkov.

3.6.8.2 Odvinosti jakosti vertikalnih vibracij od nekaterih dejavnikov delovnih razmer

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 niza vhodnih spremenljivk je v prvem koraku računalnik izbral tisto, ki je v največji meri v korelaciji z odvisno spremenljivko. V naslednjem koraku je bila izbrana spremenljivka, ki v največji meri pojasni spremembe v preostalem, nepojasnjem delu variance. Računalnik je izračunal toliko korakov, kolikor je bilo neodvisnih spremenljivk, mi pa smo upoštevali izračun regresije v tistem koraku, ki je upošteval ob 5% tveganju (test regresijskih koeficientov) največje število neodvisnih spremenljivk.

Iz skupine spremenljivk, ki je opisana v predhodnem poglavju (tabela 34), 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.

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 naklona, 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, ker ni bilo osnove za sum, da vplivajo neodvisne spremenljivke nelinearno. Osnovni model multiple regresije je torej:

$$Y = A + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + \dots$$

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 statistično

premalo zanesljive, pa bomo kasneje, pri izračunu obremenjenosti traktorista z vertikalnimi vibracijami, nadomestili z aritmetičnimi sredinami dotične odvisne spremenljivke (tabela 34).

Odvisnost jakosti vertikalnih vibracij pri prazni vožnji od dolžine vlake

Na jakosti vibracij v prazni vožnji vplivajo predvsem dejavniki, ki predstavljajo traktorsko vlako, način vožnje in druge individualne lastnosti voznika traktorja. Pri izračunu odvisnosti smo upoštevali le tri spremenljivke (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 statistično potrditev korelacije). V drugih dveh primerih torej ne obstoji statistično značilna odvisnost jakosti vibracij prazne vožnje od naklona vlake in hitrosti vožnje. Delež pojasnjene variance so pri obeh značilnih regresijah zelo visoki (76% - 90%). V tabeli 38 najdemo regresijske koeficiente (B_p), multiple R, ter stopnjo značilnosti regresije.

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

Tab. 38

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 velike 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 $1,64 \text{ m s}^{-2}$.

Odvisnosti 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 vlaki. Pri tem je vpliv kubature bremena precej večji od vpliva števila kosov v bremenu, na spremembe jakosti vibracij (tabela 39).

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 $0,5 \text{ km/h}$ se poveča jakost vibracij za $0,35 \text{ m s}^{-2}$).

REGRESIJSKI KOEFICIENTI, R^2 IN ZNAČILNOST REGRESIJ MED JAKOSTMI VERTIKALNIH VIBRACIJ POLNE VOŽNJE TER HITROSTJO VOŽNJE IN NEKATERIMI LASTNOSTMI BREMENA

Tab. 39

Neodvisna spremenljivka	regresijski koeficienti (značilnost)		
	IMT 558	Timberjack	Fiat 505 C
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 visoki (88 - 99%). Zgornje regresije so uporabne v okvirih vrednosti, ki so bile upoštevane pri izračunu posamezne regresije.

Odvisnosti 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 40 tudi te regresijske koeficiente. Velikost bremena pri IMT 558 povečuje jakost vibracij, vendar vpliva naraščanje kubature povprečnega kosa v bremenu v obratni smeri (tabela 40). Pri zgibniku deluje (na meji značilnosti) kubatura bremena v smeri zmanjševanja jakosti vibracij. Deleža z regresijo pojasnjene variance sta sorazmerno nizka (48% in 87%).

Jakosti vertikalnih vibracij pri rampanju niso (v mejah dogovorjenega tveganja) odvisne od lastnosti bremena traktorja, zato jih pri izračunu obremenitev traktorista z vertikalnimi vibracijami upoštevamo kot konstanto za posamezen traktor in sicer za IMT 558 $1,30 \text{ m s}^{-2}$, Timberjack $1,33 \text{ m s}^{-2}$ in Fiat 505 C $1,08 \text{ m s}^{-2}$ (tabela 34).

REGRESIJSKI KOEFICIENTI, R^2 IN ZNAČILNOSTI REGRESIJE MED JAKOSTMI VERTIKALNIH VIBRACIJ PRI PRIVLAČEVANJU TER LASTNOSTMI BREMENA

Tabela 40

Neodvisna spremenljivka	IMT 558	Timberjack	Fiat 505 C
	regresijski koeficienti (značilnost)		
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 Fiatu 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 $2,28 \text{ m}^3$.

3.6.8.3 Izračun obremenjenosti traktorista z vertikalnimi vibracijami pri spravi 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 41 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. 41

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 povprečnega 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 povprečne- ga 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 (zbira- nje lesa) izračunali iz podatkov širših snemanj (KRIVEC) in jo kaže tabela 42. Iz časa polne vožnje traktorja in dolžine vlake smo izračunali hitrost polne vož- nje.

Izračun obremenitve z vibracijami nato poteka na sledeč način:

A. Izračun jakosti vertikalnih vibracij pri posameznih operacijah:

a) med prazno vožnjo (tabela 38):

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

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

b) med polno vožnjo (tabela 39):

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

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

c) pri privlačevanju in rampanju (konstanta, tabela 34):

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

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

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 41 smo izračunali obremenitve traktorista z vibraci- jami v produktivnem in delovnem času, ki znaša 1,34, oziroma $1,21 \text{ m s}^{-2}$.

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

Tab. 42

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 je bilo omenjeno, da so se ugotovljene frekvenčne analize pri Timberjacku med seboj malo razlikovale, zato lahko z veliko gotovostjo trdimo, da ^{sp}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 $0,79 m s^{-2}$. Primerjava s standardom ISO 2631 pokaže (tabela 16), 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 njihovu 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 spravi lesa z IMT 558 ali Fiatom 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 v tej nalogi. 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 večina 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 pojemanje frekvence po razredih in s tem postopno približevanje k abscisni osi. Tip teoretične frekvenčne porazdelitve, ki bi lahko ustrezal našim ugotovitvam, je gama porazdelitev. Z večanjem števila razredov se porazdelitev pomika v desno in postaja čedalje bolj podobna normalni porazdelitvi. Nekaj podobnega opazimo tudi pri naših podatkih. 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, zavze-

majo na abscisi večji interval, njihova asimetrija je bolj zmerna, nekatere pa so celo večmodalne (slike 19, 20 in 21).

Med vsemi tremi tipi traktorjev kažejo frekvenčne porazdelitve pospeškov pri IMT 558 najmanjše razlike med delovišči. Velika večina frekvenčnih porazdelitev je unimodalna in leže 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.

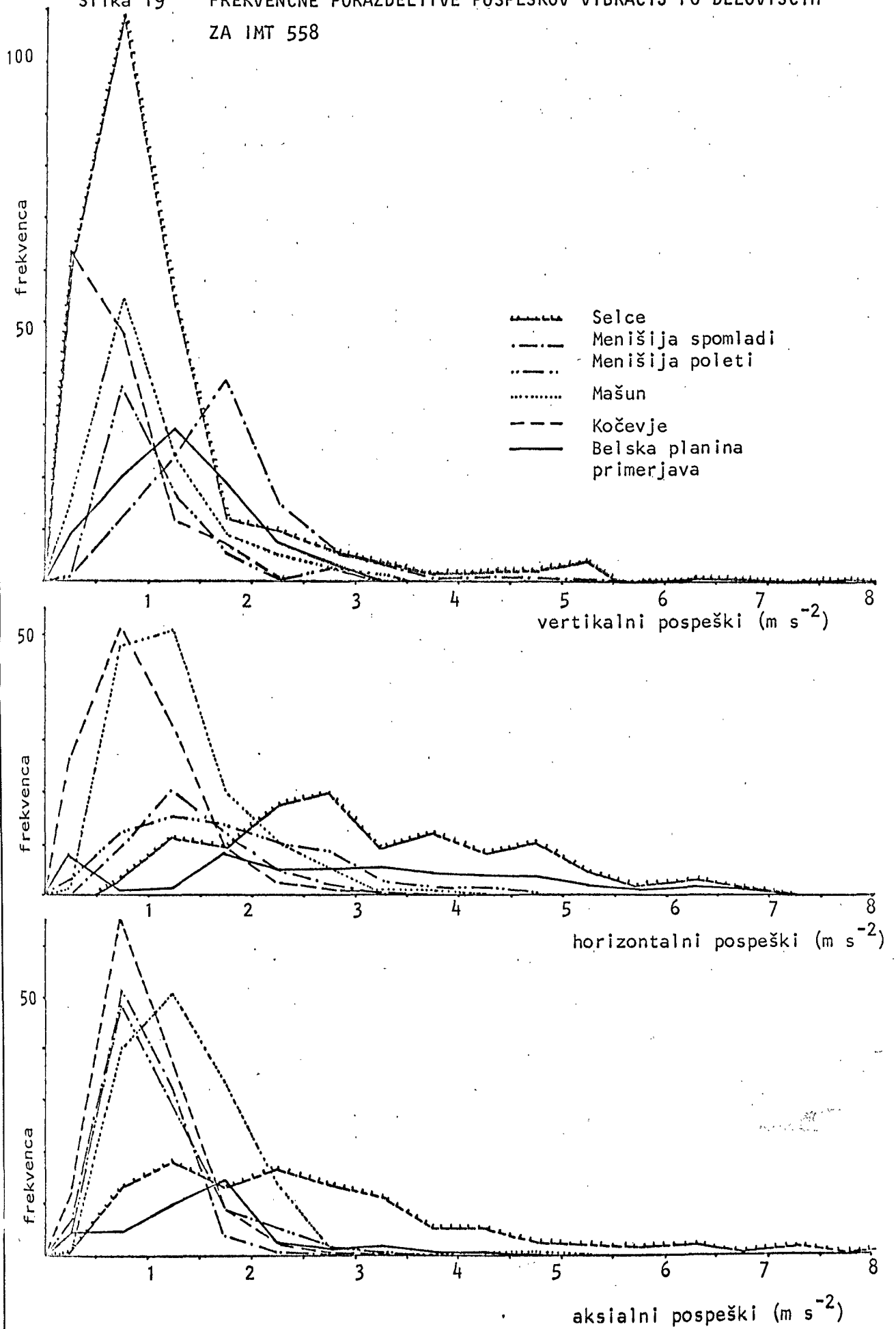
Frekvenčne porazdelitve pospeškov pri Timberjacku so vse izrazito unimodalne, vendar zavzemajo različno širok interval. Projekcije njihovih modusov na abscisno os kažejo pričakovano zaporedje. Največjo vrednost pospeškov ima modus na delovišču pri Brežicah, nato sledi delovišče pri Podturnu (izjema so 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 Fiatu 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

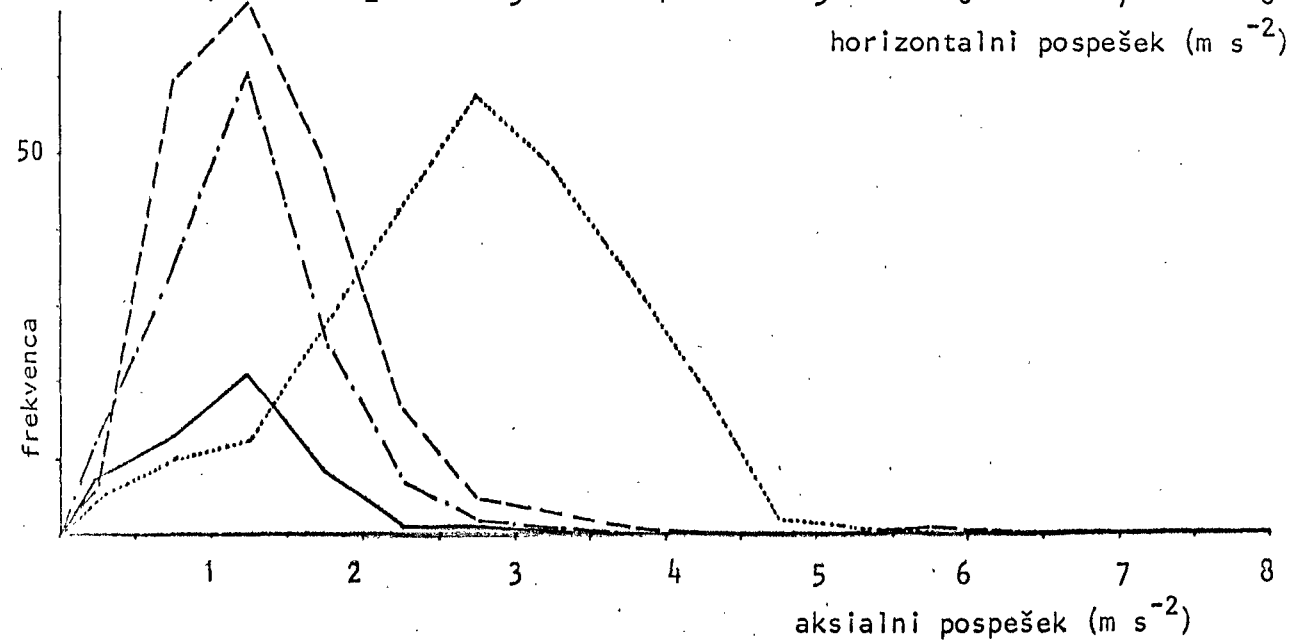
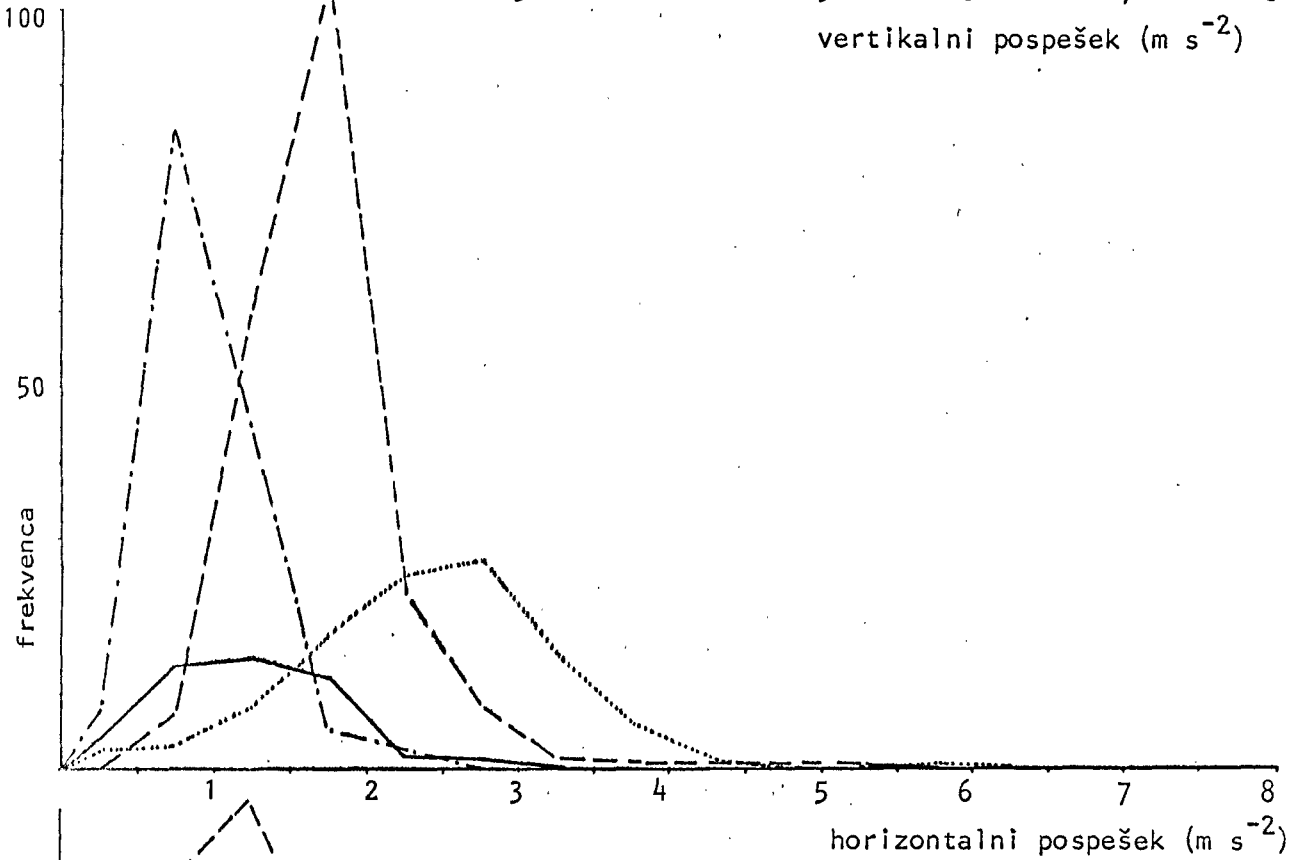
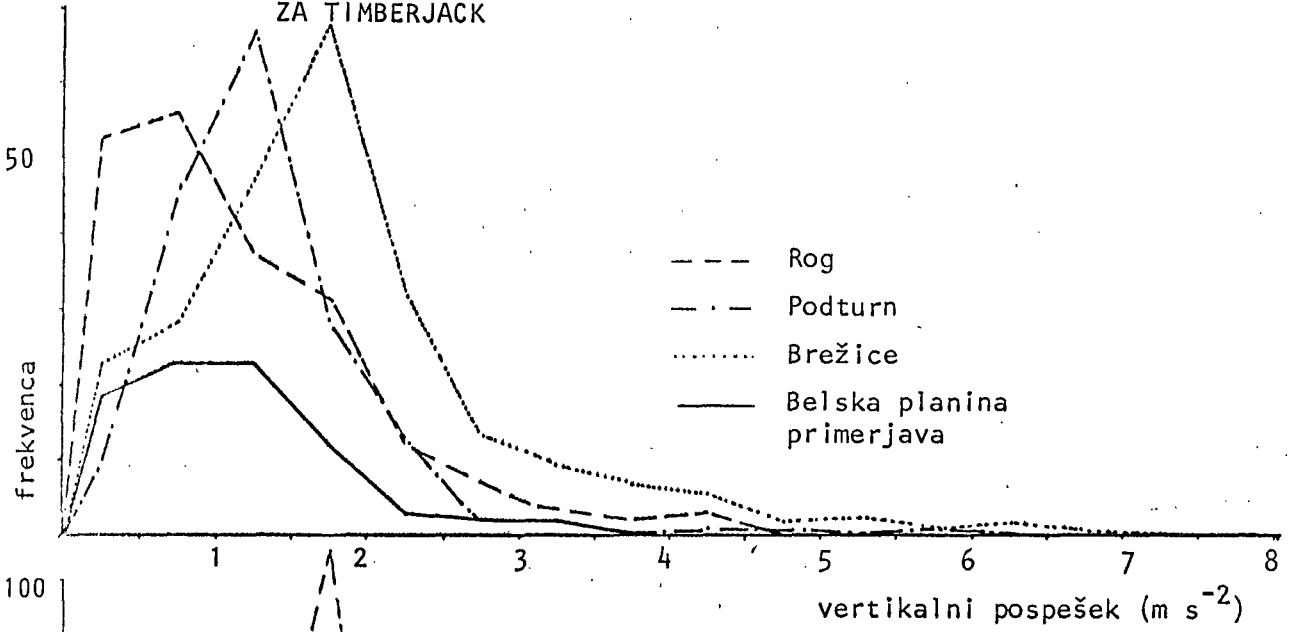
Slika 19

FREKVENČNE PORAZDELITVE POSPEŠKOV VIBRACIJ PO DELOVIŠČIH ZA IMT 558

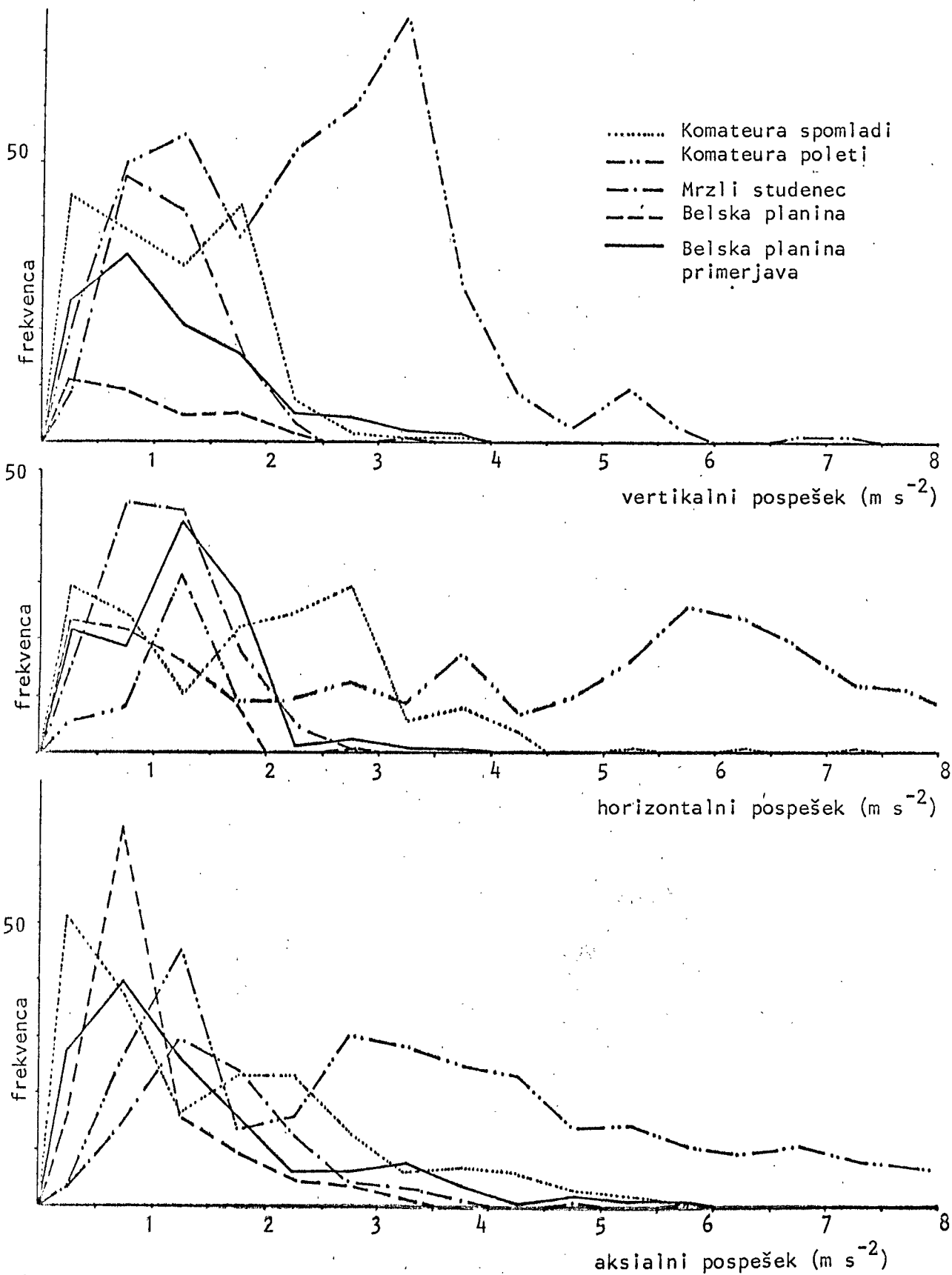


Slika 20

FREKVENČNE PORAZDELITVE POSPEŠKOV VIBRACIJ PO DELOVIŠČIH ZA TIMBERJACK

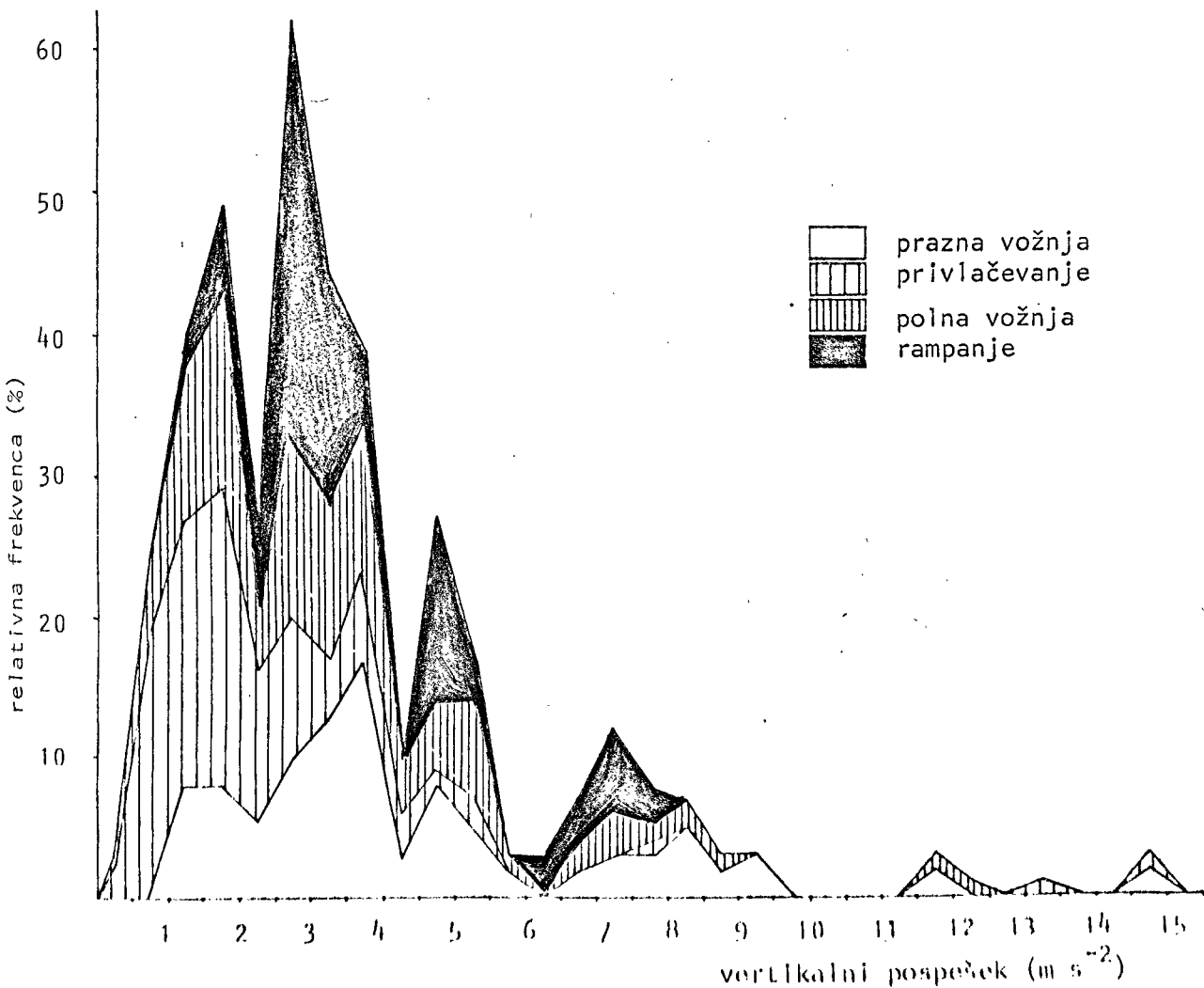


Slika 21 FREKVENČNE PORAZDELITVE POSPEŠKOV VIBRACIJ PO DELOVIŠČIH ZA FIAT 505 C



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 (slika 22). Del frekvenčne porazdelitve maksimalnih vertikalnih pospeškov, ki leži v prvih razredih, je sestavljen pretežno iz vrednosti vibracij, ki izvirajo iz privlačenjanja. 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.

Slika 22 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 (slika 23). 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 43).

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

Tab. 43

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 43 so upoštevane 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 udarcev hlodov ob zaščitno desko. Dejstvo, da smo pri zgibniku izmerili sorazmerno majhne vertikalne pospeške kaže na precej ugodno kon-

strukcijo 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.

Iz razmerja obeh izravnanih frekvenčnih krivulj (slika 23) lahko delno ocenimo tudi točnost uporabljene vzorčne metode. Razlika frekvenčnih porazdelitev po presečišču obeh krivulj, ki je predstavljena na sliki kot zasenčeno polje, predstavlja napako vzorčenja. Točnost ugotovljenih jakosti vibracij lahko izračunamo z razmerjem:

$$e = \frac{\sum_{i=j}^p f_{X_{i,max}} - \sum_{i=j}^p f_{X_i}}{\sum_{i=j}^p f_{X_{i,max}}}$$

p = število razredov,

j = razred v katerem se sekata obe frekvenčni porazdelitvi,

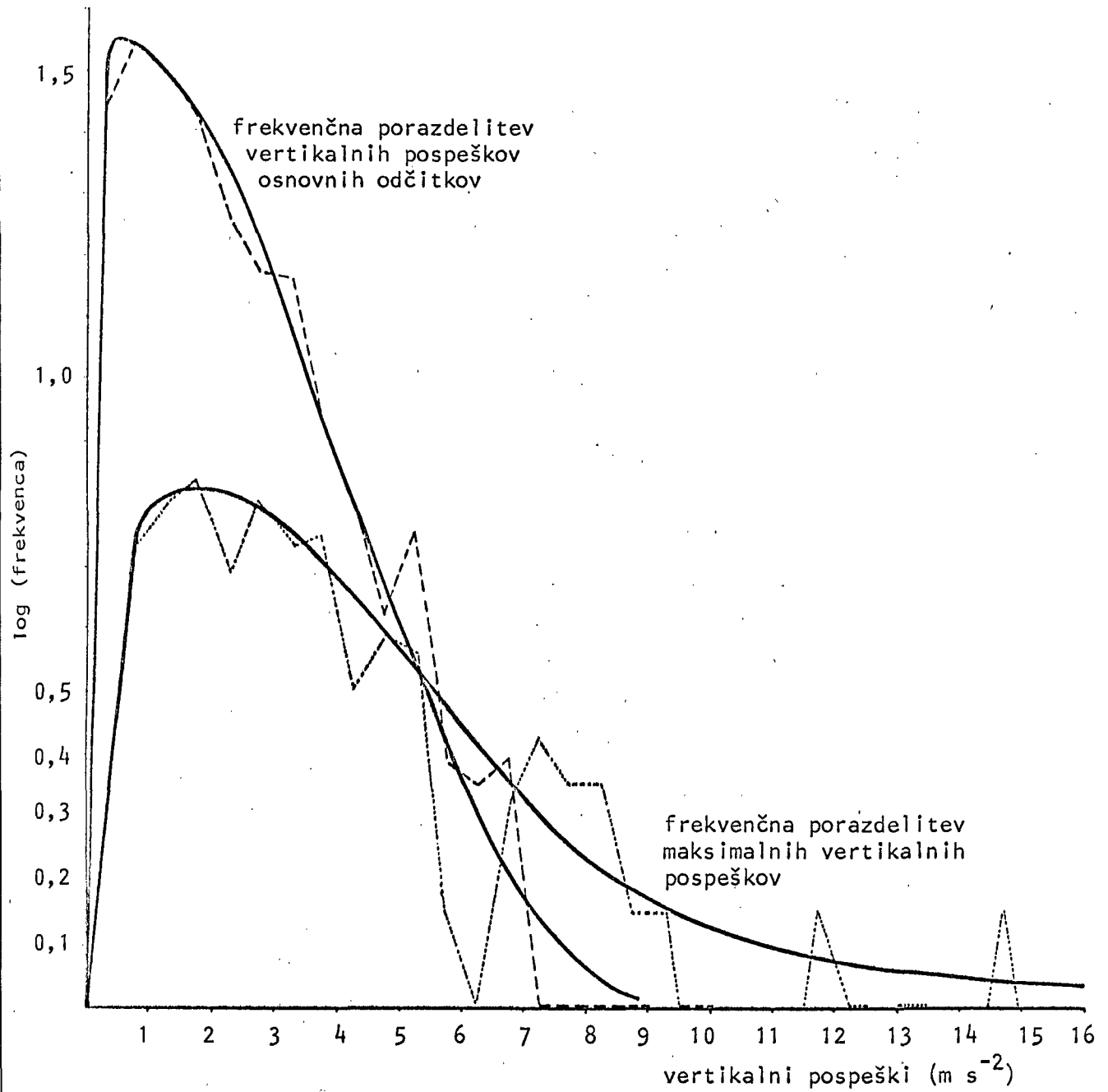
$f_{X_{i,max}}$ = frekvence maksimalnih pospeškov,

f_{X_i} = frekvence pospeškov osnovnih odčitkov.

Na ta način smo ocenili napako vzorčenja, ki je pri ugotavljanju jakosti vertikalnih vibracij znašala 9%. To oceno je potrebno jemati bolj kot orientacijo, ker je izračunana na podlagi skupnih frekvenčnih porazdelitev pospeškov, v katerih so skrite tudi razlike med traktorji.

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

Slika 23 PRIMERJAVA RELATIVNE FREKVENČNE PORAZDELITVE JAKOSTI VIBRACIJ OSNOVNIH ODČITKOV S FREKVENČNO PORAZDELITVIJO MAKSIMALNIH VERTIKALNIH POSPEŠKOV



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 ponavljanja 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

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 povzročenjem 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 najmočnejše 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 meje 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:

$$\text{IMT 558} : \text{Timberjack} : \text{Fiat 505 C} = 1 : 1,05 : 1,62$$

Oba kolésna 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.

V analizi razmerij in odvisnosti smo predpostavili, da izbrani dejavniki v celoti opisujejo dogodke pri spravilu lesa s traktorji iz vidika obremenjenosti traktorista z vertikalnimi vibracijami. Največjo kompleksnost v pojavu smo odkrili pri sptavilu lesa z IMT 558, najbolj tesne povezave med vključenimi spremenljivkami pa smo ugotovili pri goseničarju. Pri vseh treh traktorjih so se pokazale pomembne povezave med jakostmi vertikalnih vibracij po delovnih operacijah ter dolžino vlake, nakloni na vlaki, hitrostjo vožnje, časom vožnje in delno lastnostmi bre-

mena. Ugotovili smo, da kažeta Timberjack in Fiat 505 C zelo veliko mero sličnosti, če upoštevamo razmerja med upoštevanimi dejavniki.

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 kvali-

tete 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 glavnina škodljivih vibracij na traktorista preko sedeža in naslonjala, zato je izbor pravilnega traktorskega sedeža najpomembnejši korak za preprečevanju 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 nastavljenim vzmetenjem glede na težo voznika;
- zmanjšali velikost pospeškov pri IMT 558 vsaj na 45%, pri Timberjacku na 40% in pri Fiatu 505 C na okrog 45% današnje velikosti povprečnih vertikalnih pospeškov.

Na ta način bi traktorist lahko delal pri spravi 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 doseči zmanjšanje kvarnih vplivov vibracij na gozdarskega traktorista, vendar moramo zapisati, da organizacijska oblika dela (1+0 ali 1+1) pri naših meritvah in po izračunih, ne vpliva bistveno na zmanjšanje obremenjenosti traktorista z vibracijami, če dela s traktorjem ves čas isti delavec. 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.

L I T E R A T U R A

- AHO K.J.: About Judging of Jolting of Terrain Tractors
Driftsteknick Rapport Nr.9 Det Norske Skogforsøksvesen,
Vollebekk 1970
- AHO K.J., KÄTTÖ: Utvikling av en metode for a male ag rundere risting under
kjøring med skogstraktorer
Driftsteknick Rapport No.14 Det Norske Skogforsøksvesen,
Vollebekk 1976
- 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.: The Measurement and Interpretation of Vibration in Workplace
in Terms of Medicine at Work
Papers I, Mednarodni simpozij: Analize in zdravstvena ocena
delovnega mesta, Portorož 1980, Klinični center v Ljubljani,
Ljubljana 1980
- DUPUIS H.: Über die Beanspruchung der Fahrer von Forstschleppern durch
mechanische Schwingungen
Forstarchiv 39/7 (1968)
- 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
- 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
- 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 Schwingun-
gen bei Kulturarbeiten mit Grossmaschinen
Forstarchiv 51 (1980) 5, p.98 - 100

- 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
- MILOSAVLJEVIĆ Ž.,
PETROVIĆ D.: Physiological Reactions Induced by General Vibrations Effect
Papers II, Mednarodni simpozij: Analiza in zdravstvena ocena delovnega mesta, Portorož 1980, Klinični center v Ljubljani, Ljubljana 1980
- RANDALL R.B.: Frequency Analysis
Brüel & Kjaer 1977
- SJØFLOT L.: Some Methods and Results from Tractor Vibration Studies
IUFRO Division No.3, Methods in Ergonomic Research in Forestry, Publication No 2, 1971
- SJØFLOT L.: Measuring and Evaluating Low Frequency Vibrations (0,3-110 Hz) Acting on Mashine Operators in Agriculture and Forestry
Landbrucksteknisk Institutt, Research report No 19, Vollebakk 1970
- Technical Course, Vibration Course
Brüel & Kjaer, Copenhagen 1975

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 pritrديلen 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. Zamišljeno je tudi, da bi na koncu seštevke 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 Igländ 3000 in fiksno zadnjo zaščitno desko z vodili vrvi. Originalna klop 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 ne bistveno 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 gosenici 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 spravlilu 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 1 - 3. 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 1.

DIMENZIJE VSTOPA NA TRAKTOR

Tabela 1

	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 spredaj ob vstopu, pri zgibniku pa rob sedeža (na 29 cm). Vstop oz. izstop je najugodneje 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 simetriali sedeža 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 2 in tudi grafiki 1 - 3.

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 blizu 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 2

	Prípomočljive 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 grafikoni 1 - 3 . 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 bližje telesa traktorista, vendar v središču maksimalnega gibalnega polja. Po vertikali 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-

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 spravlilu 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 v stran 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 3.

Zlasti močno odstopajo od priporočljivih sil potrebne sile za rokovanje z mehničnim igland 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 3

Element za upravljanje	Priporočljiva maksimalna sila Newton	IMT 558	FIAT 505 C	TIMBERJACK
		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 privlačevanja 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 1 - 3 s sencami oz. nevidnim prostorom v treh 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 omeujeta 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 4. Številke so približne, ker smo merili na terenu le z merilnim trakom brez posebej na ravna tla vrisane koordinatne mreže.

ODDALJENOST ROBOV NEVIDNEGA PROSTORA NA TLEH OB
TRAKTORJU OD PROJEKCIJE SRT NA TLA

Tabela 4

Smer 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 privlačevanju 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 spravi lesa opišemo njihove ergonomske značilnosti in ocenimo ugodnost oziroma ergonomsko prilagojenost stroja delavcu.

Podrobno so odgovori z razlogi zanje navedeni v izpolnjenih vprašalnih polah v prilogah 1-3. Navedeni so tudi rezultati nekaterih meritev. Seštevanje pozitivnih in negativnih odgovorov da pravilno sliko le ob predpostavki, da so vsa vprašanja enakovredna. Tabela 5 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 5

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 ergonomske 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 spravi luča 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 spravi luča 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. Nekateri, 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 jo je težko pritrditi 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 bočno 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 spravilom 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 novejša zaprta varnostne kabine, ki na drugih traktorjih že obstoje. Traktor bi morali opremiti z boljšim vzmetenim in nastavljamim 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 namestitvev sedeža, ki bi moral poleg vertikalnih dušiti tudi transverzalne vibracije in biti nastavljen 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.

L I T E R A T U R A

- HANSSON, PETERSSON: Ergonomisk ckecklista för transport-och haueringsmackiner
Arbetsmedicinska Institutet, Byggnadsindustriens
Arbetsforskningsstiftelse, Forskningsstiftelsen
Skogsarbeten, Skogshögskolan
Stockholm 1969
- HANSSON in drugi: Ergonomic evaluation of logging machines 1977
Skogsarbeten redogörelse No 6 1978
- REHSCHUH, TSCHÖCKEL: Checkliste für die ergonomische Beurteilung von Forstmaschinen
Mitteilungen des KWF Band XIX, 1977
Buchschiag

S E Z N A M T A B E L

1. NAČIN DELA IN OBSEG MEHANIZIRANEGA SPRAVILA LESA V SLOVENIJI

Št.	Naslov
1	Traktorji v družbenih gozdovih Slovenije
2	Tehnični podatki traktorjev pri spravilu lesa
2. ROPOT PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI IN ŽIČNIMI ŽERJAVI	
3	Snemalni listi za časovna snemanja
4	Frekvenčne analize ropota traktorjev v prostem teku motorja
5	Frekvenčne analize ropota traktorjev pri polnem plinu
6	Odvisnost jakosti ropota traktorja od števila obratov motorja
7	Delovne razmere pri snemanju ropota
8	Podatki o poprečnih tovorih in učinkih spravila lesa med snemanjem ropota
9	Primerjava snemanj ropota s snemanji učinkov
10	Struktura časa pri snemanju ropota Univerzalni kolesnik IMT 558
11	Struktura časa pri snemanju ropota Zgibni traktor Timberjack
12	Struktura časa pri snemanju ropota Goseničar FIAT 505 C
13	Primerjava časovne strukture
14	Obremenjenost traktorista z ropotom pri spravilu lesa s traktorjem kolesnikom IMT-558
15	Obremenjenost traktorista z ropotom pri spravilu lesa z zgibnim traktorjem Timberjack
16	Obremenjenost traktorista z ropotom pri spravilu lesa s traktorjem goseničarjem FIAT 505 C

Št.	Naslov
17	Dopustno trajanje obremenitev z ropotom
18	Obremenitev traktoristov z ropotom med pravilom lesa
19	Variabilnost jakosti ropota pri pravilu lesa
20	Odstotek značilnih razlik med elementi dela po jakosti ropota pri kolesniku IMT 558
21	Odstotek značilnih razlik med elementi dela po jakosti ropota pri goseničarju FIAT 505 C
22	Analiza variance srednjih ekvivalentnih jakosti ropota
23	Oznake in srednje vrednosti proučevanih spremenljivk
24	Regresijski koeficienti med pari spremenljivk pri ropotu
25	Koeficienti linearnih regresij $Y_0 = A + B X_i$
26	Korelacijski koeficienti multiplih odvisnosti obremenitve z ropotom
27	Analiza variance srednjih ekvivalentnih jakosti ropota
28	Podatki o snemanjih ropota
29	Jakost ropota v oktavnih frekvenčnih pasovih pri pravilu lesa z žičnimi žerjavi
30	Jakost ropota v oktavnih frekvenčnih pasovih pri pravilu lesa z žičnimi žerjavi
31	Ekvivalentni nivoji ropota in časovni deleži delovnih operacij pri pravilu lesa navzdol
32	Ekvivalentni nivoji ropota in časovni deleži delovnih operacij pri pravilu lesa navzgor
33	Ekvivalentni nivoji ropota in časovni deleži delovnih operacij pri pravilu lesa navzgor s strojem URUS
34	Dopustno trajanje obremenitev po ISO in JU standardu

3. TRESENJE PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI

Št.	Naslov
1	Pospeški vibracij na sedežih traktorjev pri spravilu lesa
2	Odvisnost jakosti pospeškov vibracij na sedežu traktorja kolesnika GÜLDNER 640 pri vožnji po cesti
3	Vertikalne vibracije na hrbtu voznika
4	Jakosti pospeškov vertikalnih vibracij pri vožnji po slabi cesti (hitrost vožnje 12 km/h) glede na težo voznika in kvaliteto sedeža
5	Jakosti pospeškov vibracij na sedežu goseničnega traktorja HANOMAG K50 pri brananju po zorani zemlji (hitrost vožnje 7,4 km/h)
6	Pregled števila posnetih ciklusov, organizacijska oblika dela in vrsta lesa pri spravilu po vrsti traktorja in deloviščih
7	Dolžine in nakloni posnetih traktorskih vlak
8	Povprečne pravilne razdalje pri merjenju različnih smeri vibracij
9	Posneti časi spravila lesa s traktorji pri merjenju različnih smeri vibracij (min)
10	Povprečna trajanja ciklusov pri merjenju različnih smeri vibracij
11	Trajanje in struktura delovnega časa povprečnega ciklusa pri snemanju vibracij in po ugotovitvah drugih avtorjev
12	Struktura produktivnega časa (%) ob povprečnih pogojih v Sloveniji in pri snemanju vibracij
13	Učinki spravila lesa s traktorji pri merjenju vibracij (m^3)
14	Velikost povprečnega kosa v bremenu pri spravilu lesa ob merjenju vibracij
15	Primerjava učinkov spravila lesa s traktorji pri merjenju vibracij z ugotovitvami drugih avtorjev
16	Mejne vrednosti pospeškov po standardu ISO 2631 za čase izpostavljenosti 2,5, 4, 6 in 8 ur
17	Vibracije na sedežu traktorja kolesnika IMT 558 pri spravilu lesa

Št.	Naslov
18	Vibracije na sedežu zgibnega traktorja Timberjack 208 D in 209 D pri spravilu lesa
19	Vibracije na sedežu traktorja goseničarja Fiat 505 C pri spravilu lesa
20	Splošni podatki o traktoristih in traktorjih na delovišču Belska planina - primerjava
21	Nekatere delovne razmere in učinki spravila lesa s traktorji na delovišču Belska planina - primerjava
22	Struktura produktivnega časa pri spravilu lesa s traktorji na delovišču Belska planina - primerjava
23	Hitrosti vožnje pri spravilu lesa s traktorji na delovišču Belska planina - primerjava
24	Vektorske jakosti pospeškov na sedežu traktorista pri spravilu lesa s traktorji na delovišču Belska planina - primerjava
25	Relativno zmanjšanje srednje jakosti vibracij kot funkcija časa pri modelnih podatkih
26	Analiza variance jakosti vertikalnih vibracij treh traktorjev pri spravilu lesa
27	Aritmetične sredine jakosti vertikalnih vibracij po operacijah in traktorjih
28	Razlike med aritmetičnimi sredinami jakosti vertikalnih vibracij med operacijami enega traktorja ($m s^{-2}$)
29	Analiza variance jakosti vertikalnih vibracij ugotovljenih na delovišču Belska planina - primerjava pri spravilu lesa
30	Aritmetične sredine jakosti vertikalnih vibracij po operacijah in traktorjih, ugotovljenih na delovišču Belska planina - primerjava ($m s^{-2}$)
31	Vpliv organizacijske oblike dela na jakost vertikalnih vibracij na sedežu traktorja pri spravilu lesa ob ugotovljeni strukturi časa
32	Kvadratične sredine jakosti vertikalnih vibracij na sedežu traktorja pri spravilu lesa
33	Obremenitve traktorista z vertikalnimi vibracijami pri različni strukturi produktivnega časa

Št.	Naslov
34	Seznam spremenljivk v analizi razmerij med jakostmi vertikalnih vibracij in dejavniki delovnih razmer
35	Deleži pojasnjene variabilnosti primarnih komponent (%) v analizah za IMT 558, Timberjack in Fiat 505 C
36	Deleži variance osnovnih spremenljivk, ki je pojasnjena s primarnimi komponentami (%)
37	Struktura primarnih komponent glede na delež variance, ki jo v spremenljivkah pojasni posamezna primarna komponenta
38	Regresijski koeficienti, R^2 in značilnost regresije med jakostmi vertikalnih vibracij prazne vožnje ter dolžino traktorske vlake
39	Regresijski koeficienti, R^2 in značilnost regresije med jakostmi vertikalnih vibracij polne vožnje ter hitrostjo vožnje in nekaterimi lastnostmi bremena
40	Regresijski koeficienti, R^2 in značilnost regresije med jakostmi vertikalnih vibracij pri privlačevanju ter lastnostmi bremena
41	Pregled ugotovljenih značilnih odvisnosti med jakostmi vertikalnih vibracij po delovnih operacijah in nekaterimi dejavniki delovnih razmer
42	Struktura delovnega časa in jakosti vibracij po delovnih operacijah za primer izračuna obremenitev traktorista z vertikalnimi vibracijami pri spravilu lesa s Timberjackom
43	Maksimalne jakosti vertikalnih pospeškov na sedežu traktorista pri spravilu lesa s traktorji

4. ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI TRAKTORJEV

Št.	Naslov
1	Dimenzije vstopa na traktor
2	Dimenzije kabine in sedeža traktorja
3	Potrebne sile za upravljanje ročic in pedalov traktorjev pri spravilu lesa
4	Oddaljenost robov nevidnega prostora na tleh ob traktorju od projekcije SRT na tla
5	Število različnih odgovorov iz vprašalnih polj

S E Z N A M G R A F I K O N O V

2. ROPOT PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI IN ŽIČNIMI ŽERJAVI

Št.	Naslov
1	Uporabljeni merilni inštrumenti
2	Frekvenčne analize ropota traktorja kolesnika IMT 558
3	- " - zgibnega traktorja Timberjack
4	- " - traktorja goseničarja FIAT 505 C
5	Odvisnost jakosti ropota od števila obratov motorja traktorja kolesnika IMT 558
6	Odvisnost jakosti ropota od števila obratov motorja traktorja goseničarja FIAT 505 C
7	Odvisnost jakosti ropota od dodajanja plina pri motorju zgibnega traktorja Timberjack
8	Porazdelitev jakosti ropota v delovnem času pri spravilu lesa s traktorjem IMT 558
9	Porazdelitev jakosti ropota v delovnem času pri spravilu lesa z zgibnim traktorjem Timberjack
10	Porazdelitev jakosti ropota v delovnem času pri spravilu lesa z goseničarjem FIAT 505 C
11	Porazdelitev jakosti ropota v delovnem času pri spravilu lesa (poprečno in delovišče Belska planina)
12	Nihanje jakosti ropota v delovnem ciklusu spravila lesa s traktorji
13	Odvisnost obremenitve z ropotom od pravilne razdalje
14	- " - od naklona vlake
15	- " - od števila kosov v tovoru
16	- " - od organizacije dela
17	Frekvenčna analiza ropota pogonskih strojev žičnih žerjavov med prostim tekom
18	Frekvenčna analiza ropota pogonskih strojev žičnega žerjava URUS

- 19 Frekvenčna analiza ropota pogonskih strojev žičnih žerjavov med polno vožnjo pri spravilu lesa navzdol
- 20 Frekvenčna analiza ropota pogonskih strojev žičnih žerjavov med polno vožnjo pri spravilu lesa navzgor
- 21 Frekvenčna analiza ropota pogonskih strojev žičnih žerjavov med prazno vožnjo pri spravilu lesa navzdol
- 22 Odvisnost jakosti ropota od dodajanja plina pri neobremenjenem pogonskem stroju žičnega žerjava
- 23 Porazdelitev jakosti ropota v posnetem času spravila lesa z žičnimi žerjavi navzdol
- 24 Porazdelitev jakosti ropota v posnetem času spravila lesa z žičnimi žerjavi navzgor
- 25 Porazdelitev jakosti ropota v posnetem času spravila lesa z žičnim žerjavom URUS
- 26 Nihanje jakosti ropota v delovnem ciklusu pri spravilu lesa navzdol po kratki trasi
- 27 Nihanje jakosti ropota v delovnem ciklusu pri spravilu lesa navzdol po dolgi trasi
- 28 Nihanje jakosti ropota v delovnem ciklusu pri spravilu lesa navzgor po kratki trasi
- 29 Nihanje jakosti ropota v delovnem ciklusu pri spravilu lesa navzgor po dolgi trasi
- 30 Nihanje jakosti ropota v delovnem ciklusu pri spravilu lesa z žičnim žerjavom URUS
- 31 Periodično nihanje ropota pri spravilu lesa navzgor z žičnim žerjavom URUS
- 32 Periodično nihanje ropota pri spravilu lesa z žičnim žerjavom navzdol po dolgi trasi
- 33 Periodično nihanje ropota pri spravilu lesa z žičnim žerjavom navzdol po kratki trasi
- 34 Periodično nihanje ropota pri spravilu lesa z žičnim žerjavom navzgor po kratki trasi
- 35 Periodično nihanje ropota pri spravilu lesa z žičnim žerjavom navzgor po dolgi trasi

3. TRESENJE PRI SPRAVILU LESA S TRAKTORJI

Št.	Naslov
1	Koordinatni sistem pri merjenju linearnih vibracij
2	Shematski prikaz metodike ugotavljanja škodljivosti vibracij pri spravi lu lesa s traktorjem
3	Shema povezave osnovnih instrumentov pri merjenju vibracij na sedežu traktorja
4	Položaj instrumentov in voznika pri merjenju vibracij na sedežu traktorja
5	Snemalni list za snemanje spravi lu lesa s traktorji po ničelni metodi
6	Prikaz območja variabilnosti oblike frekvenčnega spektra treh traktorjev pri preskoku čez ovire
7	Frekvenčni spekter vertikalnih vibracij na sedežu traktorista v produktivnem času pri adaptiranem traktorju IMT 558 v primerjavi s standardom ISO 2631
8	Frekvenčni spekter vertikalnih vibracij na sedežu traktorista v produktivnem času pri zgibnem traktorju Timberjack v primerjavi s standardom ISO 2631
9	Frekvenčni spekter vertikalnih vibracij na sedežu traktorista v produktivnem času pri goseničnem traktorju Fiat 505 C v primerjavi s standardom ISO 2631
10	Trajanja in jakosti vertikalnih vibracij v delovnem času povprečnih ciklusov po deloviščih za IMT 558
11	- " - za Timberjack
12	- " - za Fiat 505 C
13	Velikost vektorja vibracij v odvisnosti od dolžine vlake pri traktorjih Timberjack in Fiat 505 C
14	Gibanje obremenitev (tekočih kvadratičnih sredin) traktorista z vertikalnimi vibracijami v delovnem dnevu - model

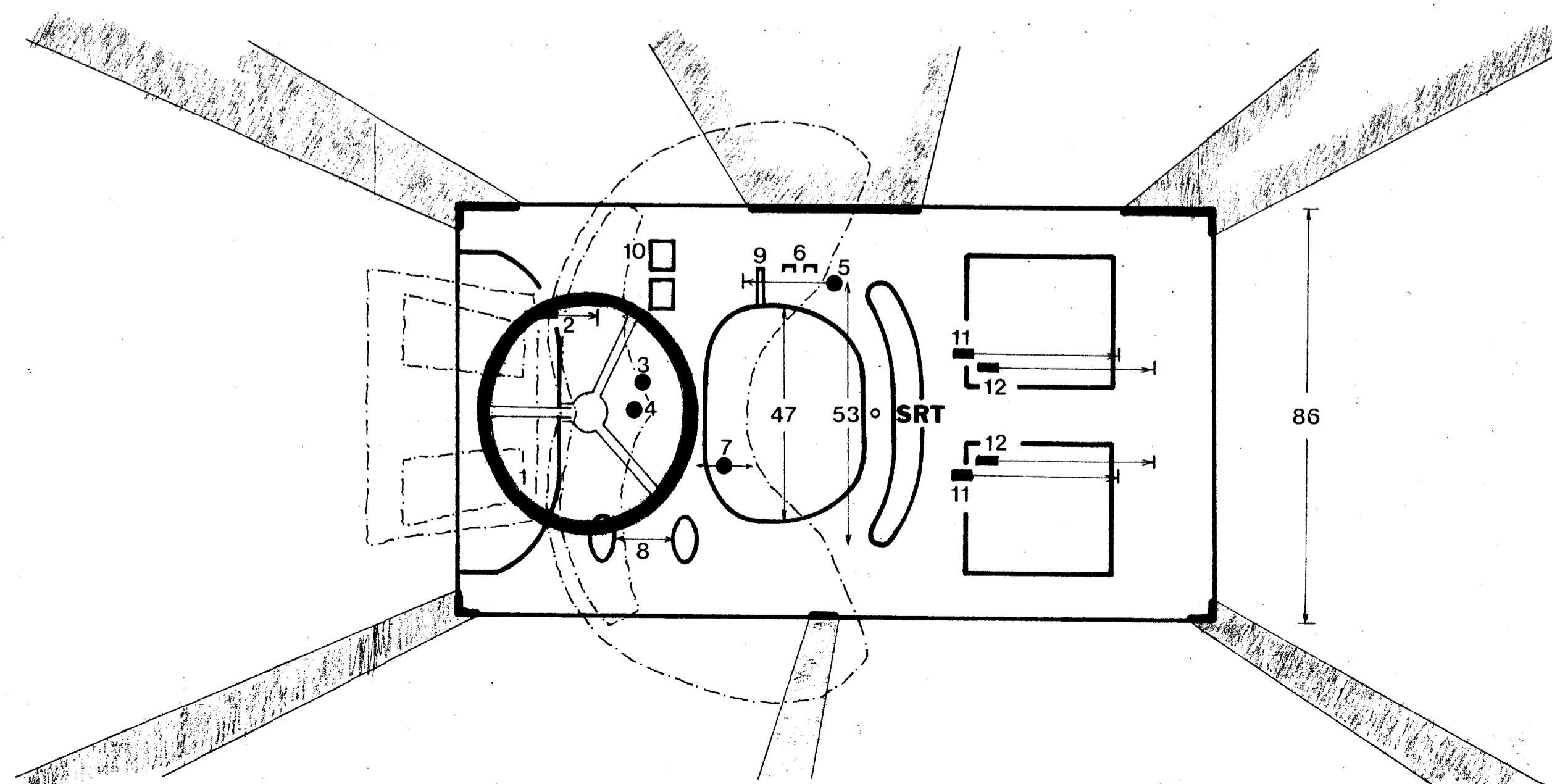
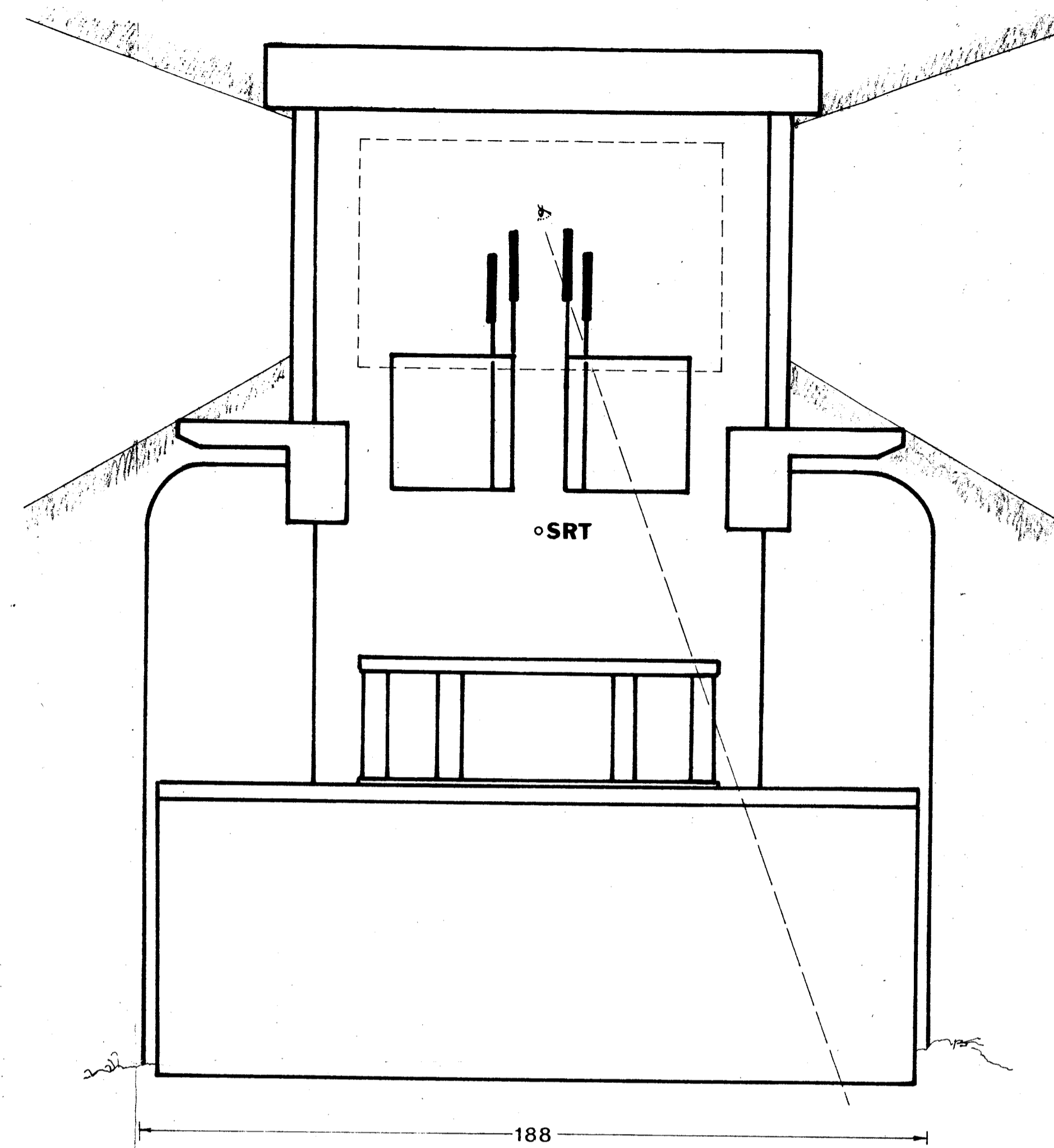
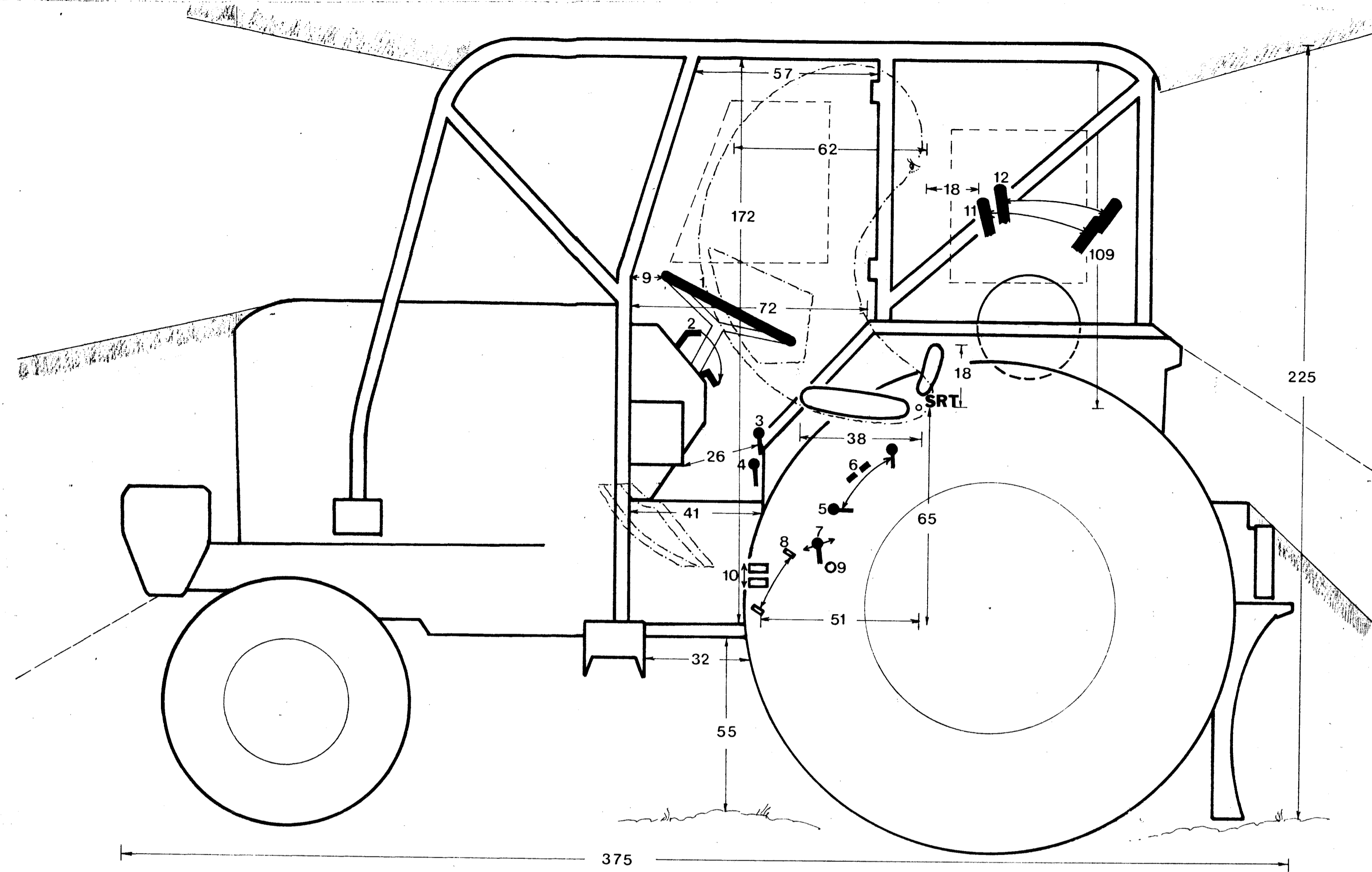
- 15 Vpliv strukture produktivnega časa na obremenjenost voznika z vertikalnimi vibracijami pri spravilu lesa
- 16 Analiza primarnih komponent - primerjava prve in druge primarne komponente
- 17 Analiza primarnih komponent - primerjava prve in tretje primarne komponente
- 18 Analiza primarnih komponent - primerjava druge in tretje primarne komponente
- 19 Frekvenčne porazdelitve pospeškov vibracij po deloviščih za IMT 558
- 20 Frekvenčne porazdelitve pospeškov vibracij po deloviščih za Timberjack
- 21 Frekvenčne porazdelitve pospeškov vibracij po deloviščih za Fiat 505 C
- 22 Relativna frekvenčna porazdelitev maksimalnih pospeškov po operacijah za vse tri tipe traktorjev
- 23 Primerjava frekvenčne porazdelitve jakosti vibracij osnovnih odčitkov z frekvenčno porazdelitvijo maksimalnih vertikalnih pospeškov

4. ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI TRAKTORJEV

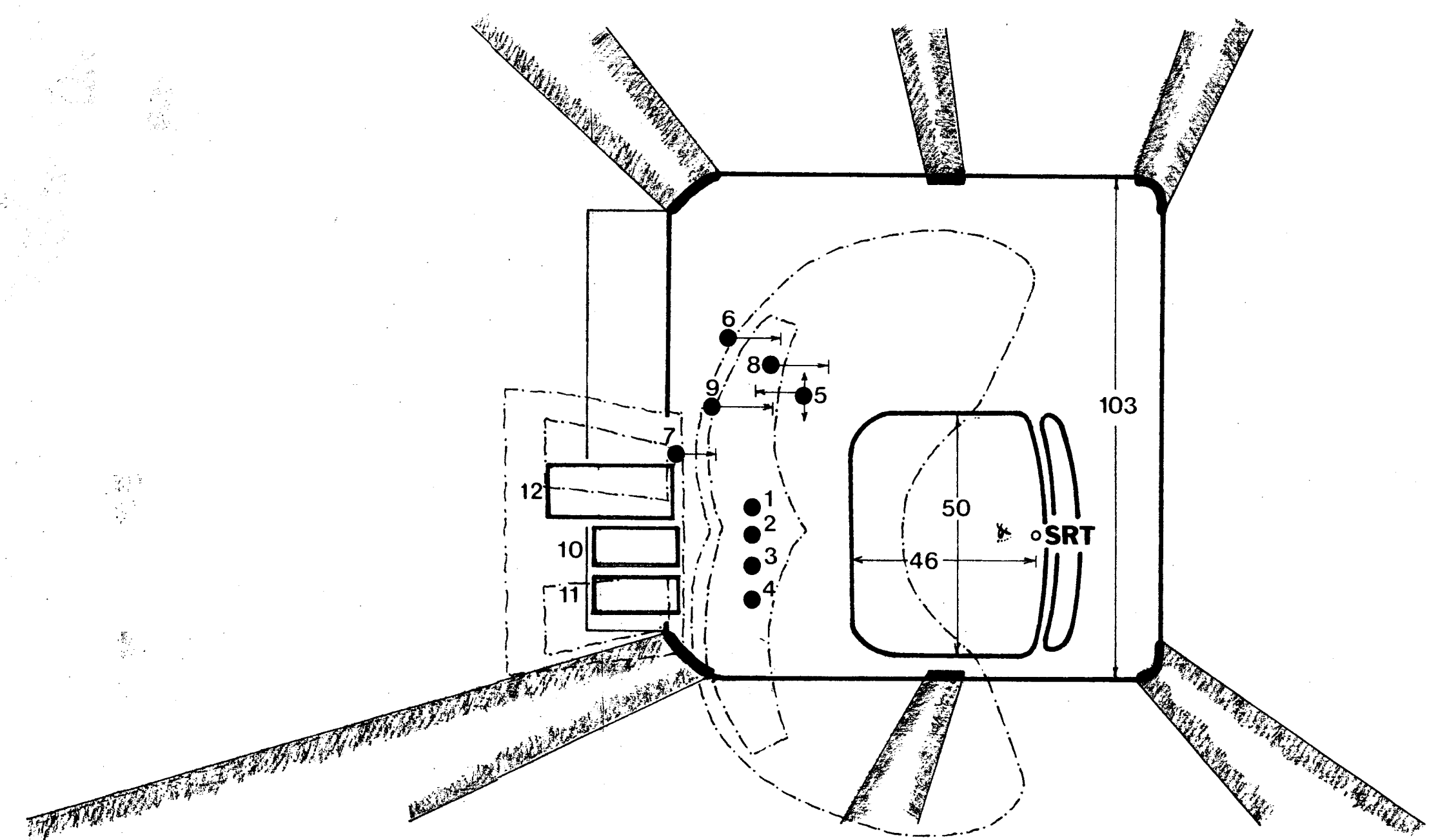
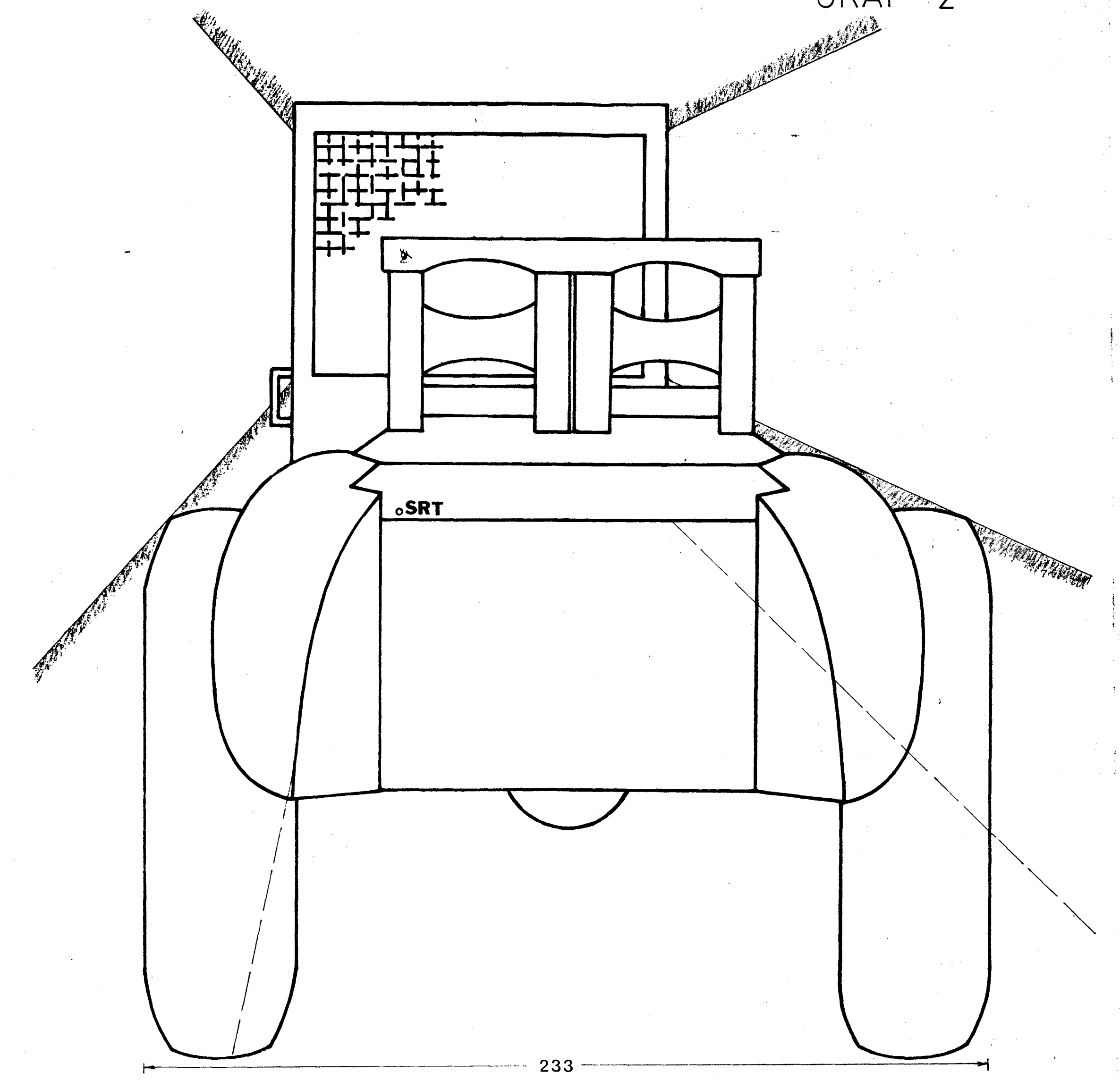
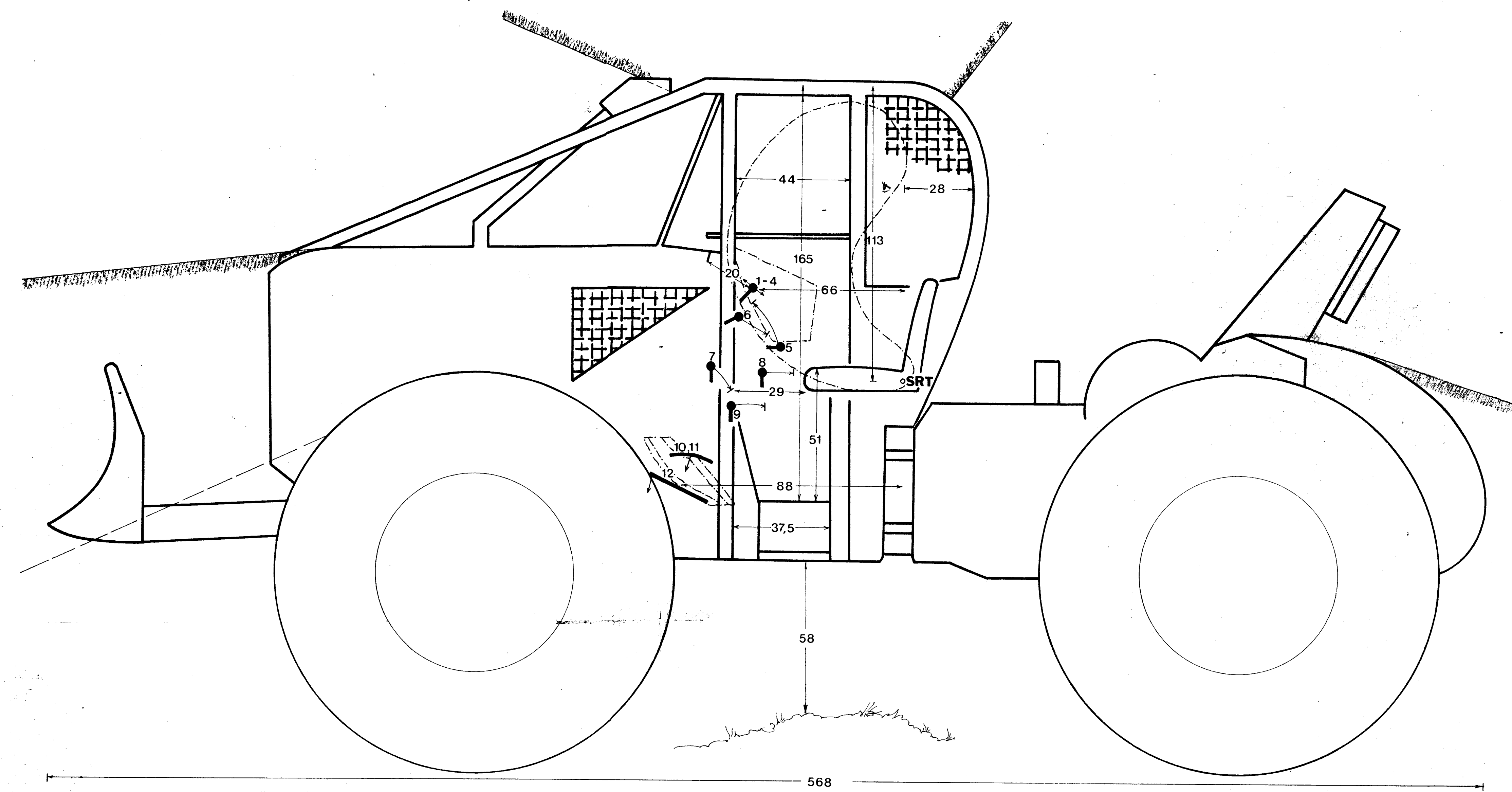
- | Št. | Naslov |
|-----|--|
| 1 | Delovni prostor, razporeditev ročic in pedal ter vidljivost pri traktorju kolesniku IMT 558 |
| 2 | Delovni prostor, razporeditev ročic in pedal ter vidljivost pri zgibnem traktorju Timberjack 225 |
| 3 | Delovni prostor, razporeditev ročic in pedal ter vidljivost pri traktorju goseničarju FIAT 505 C |

GRAFIKONI 1 - 3 K POGlavJU 4

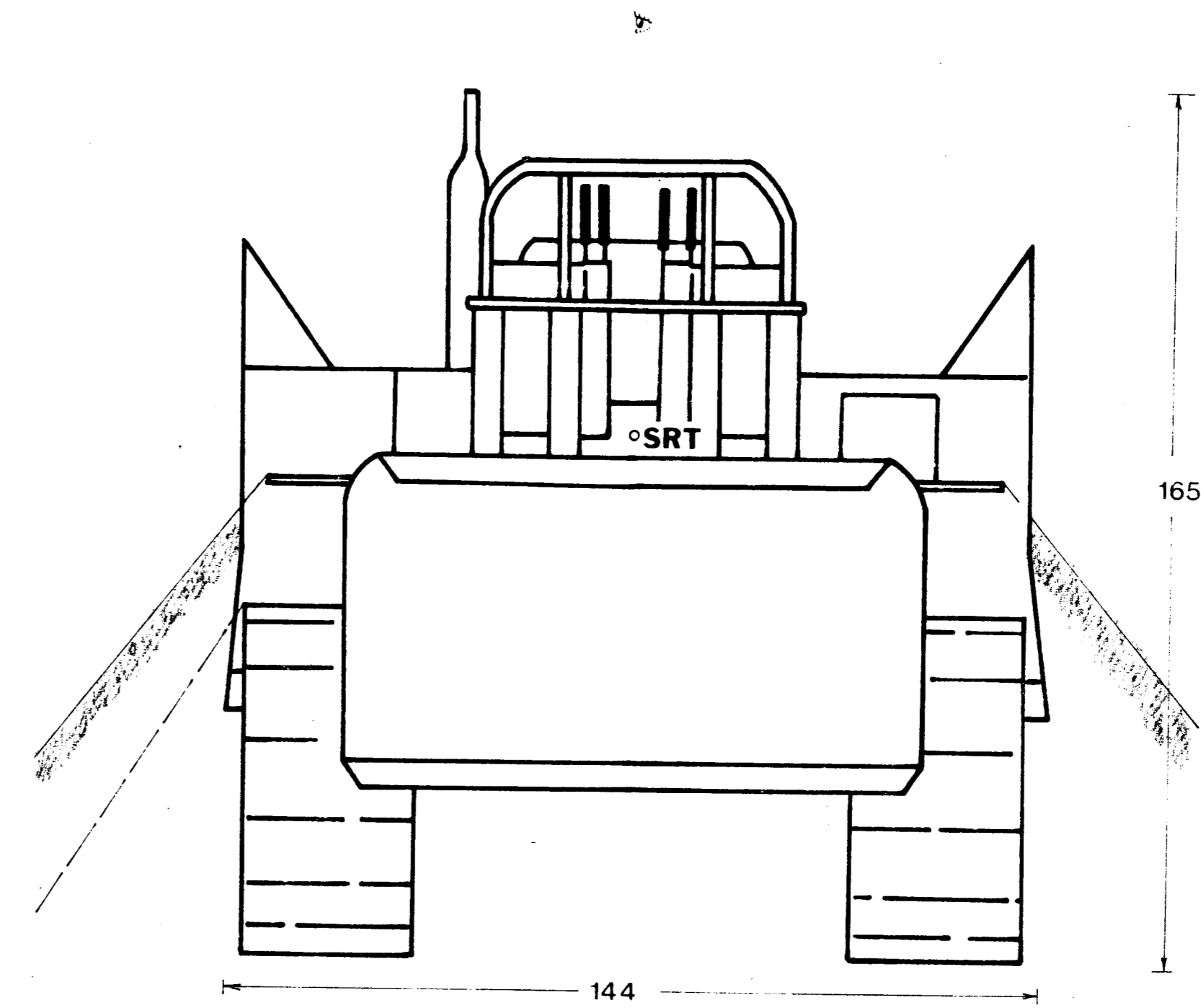
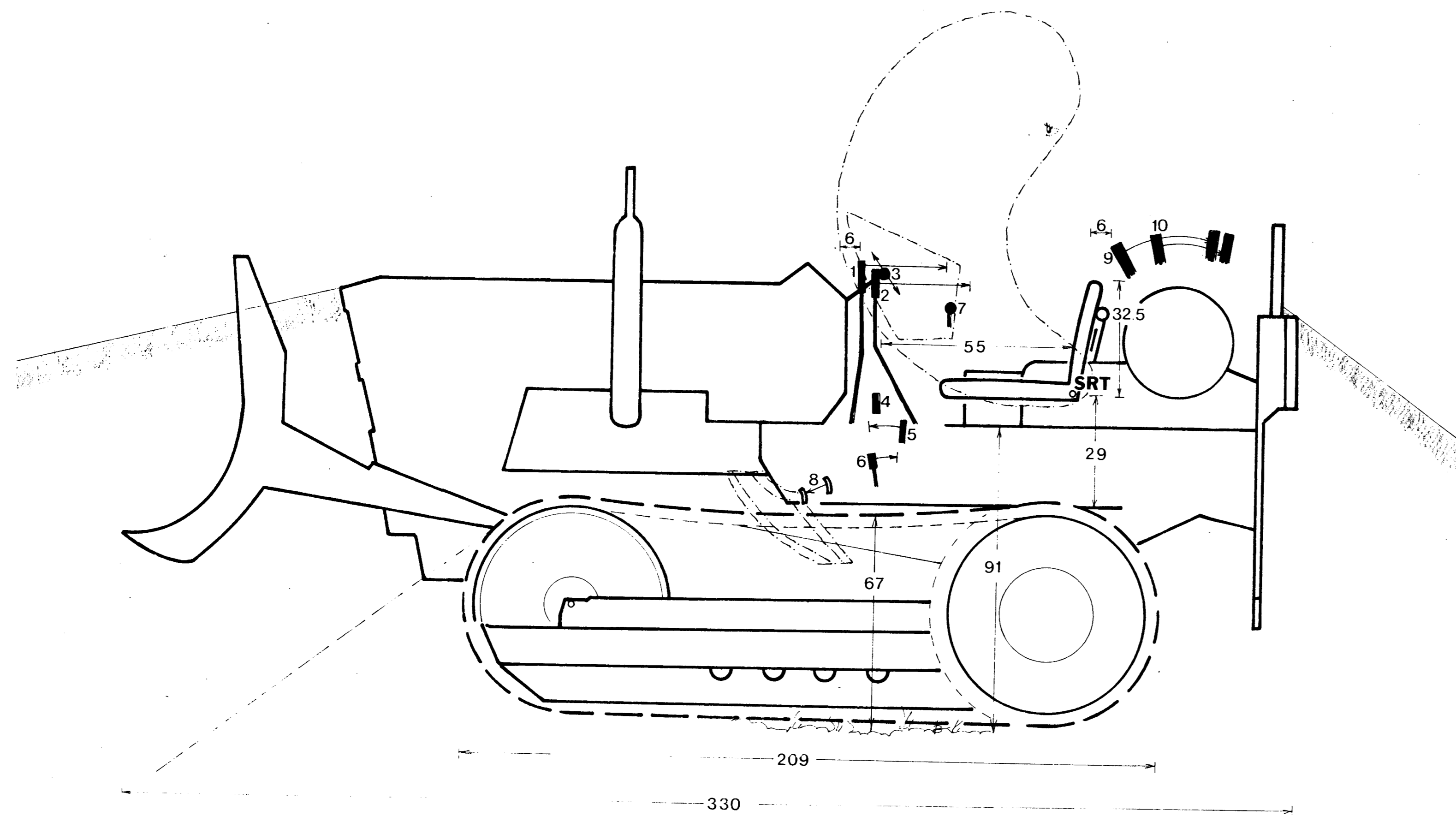
PRILOGE 1 - 3



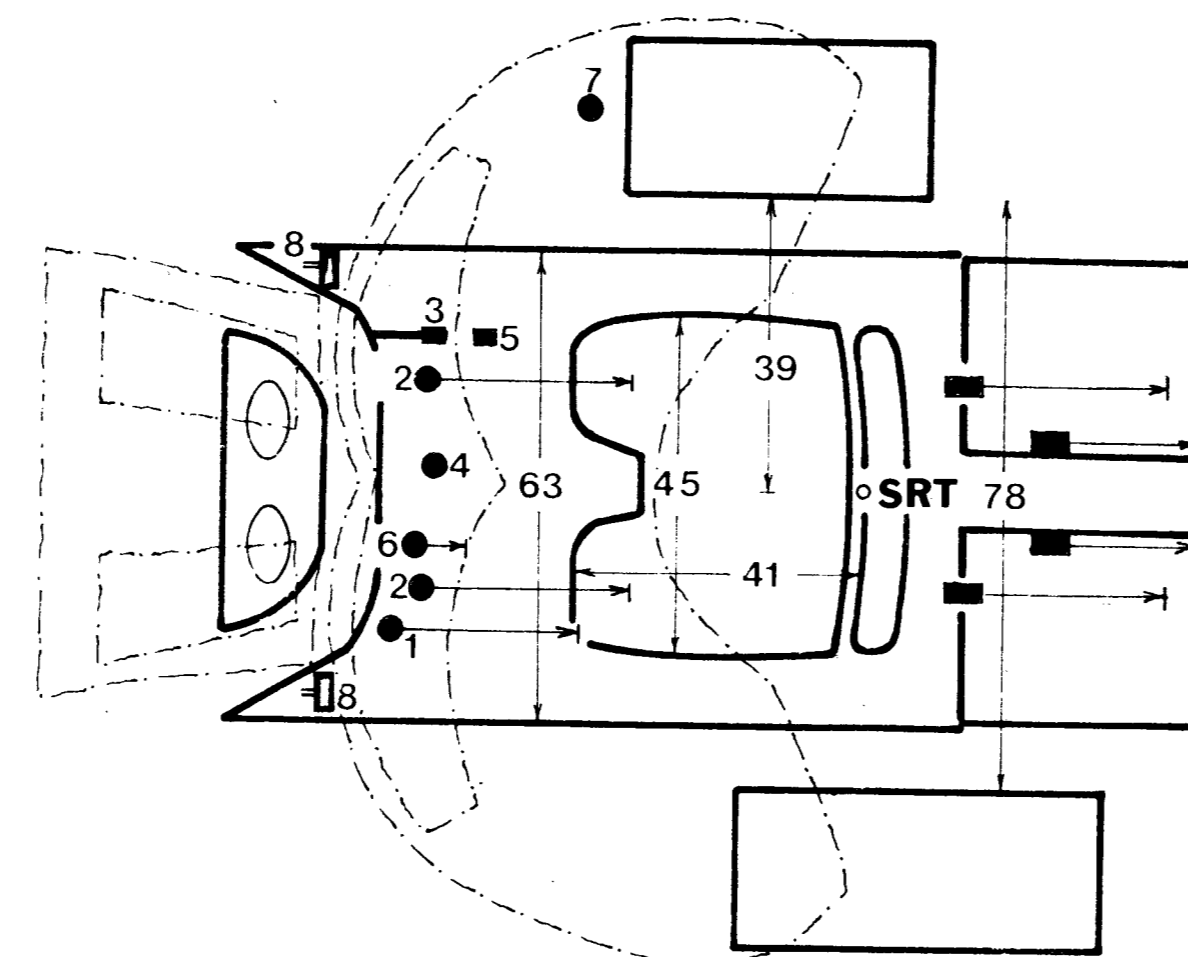
- 1 VOLAN
- 2 ROČICA ZA PLIN
- 3 PRESTAVA
- 4 REDUKTOR
- 5 VKLOP HIDRAVLIKE
- 6 ZAPORA HIDRAVLIKE
- 7 VKLOP VRVENICE
- 8 SKLOPKA
- 9 PEDALO ZAPORE DIFERENCIALA
- 10 ZAVORI KOLES
- 11 ZAVORI VITLA
- 12 SKLOPKI VITLA



- 1 VITEL
- 2 VITEL
- 3 ZGIB LEVO DESNO
- 4 ODRIVNA DESKA
- 5 PRESTAVE
- 6 NAPREJ-NAZAJ
- 7 ROČNI PLIN
- 8 REDUKTOR
- 9 ROČNA ZAVORA
- 10 NOŽNA ZAVORA
- 11 SKLOPKA
- 12 NOŽNI PLIN



- 1 SKLOPKA
- 2 SKLOPKA GOŠENIC
- 3 PLIN
- 4 PRESTAVE
- 5 ROČNA ZAVORA
- 6 REDUKTOR
- 7 HIDRAVLIKA
- 8 ZAVORA GOŠENIC, NUŽNA
- 9 ZAVORA VITLA
- 10 SKLOPKA VITLA



REHSCHUH, D.

TZSCHÖCKEL, D.

VPRAŠALNA POLA ZA ERGONOMSKO PRESOJO GOZDARSKIH STROJEV

Mitteilungen des KWF Band XIX 1977

Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik, Buchschlag

Prevod: A. Golob, M. Lipoglavšek, Ljubljana 1979

V S E B I N A

stran

A. Preskušanje in opis strojev	1
1. Preskušanje	1
2. Splošni opis stroja	2
3. Tehnični podatki	3
B. Ergonomska presoja	4
1. Vstop in izstop	4
2. Delovni prostor (kabina)	5
3. Sedež	6
4. Kontrolni instrumenti	7
5. Elementi za upravljanje	8
6. Vidljivost	9
7. Škodljivi vplivi	10
8. Fizična in psihična obremenjenost	11
9. Varnost	12
10. Navodila za upravljanje	13
11. Nega in popravila	13

V P R A Š A N J A I N O D G O V O R I

A. PRESKUŠANJE IN OPIS STROJA

1. Preskušanje Številka preskušanja 3

1.1. Namen preskušanja: *ocena traktorja v zvezi z raziskovalno nalogo
"Ergonomske značilnosti meh.spravilnih sredstev"*

1.2. Uporabljeni merilni instrumenti:
kovinski meter, vzmetni dinamometri

1.3. Delovne naloge ob času preskušanja:
v okvari, čakanje na popravilo

1.4. Razmere ob preskušanju: *traktor stoji na dvorišču gozdnega obrata,
deloma zasnežen, hladno, na tleh sneg*

1.5. Tehnični pregled opravljen dne:
kdo ga je opravil: /

1.6. Izjava o varnem delu s strojem izdana dne:
kdo jo je izdal: /

1.7. Preskušanje opravljeno:

Kraj: *Ravnik* Datum: *9.1.1980* Deli preskušanja: Preskuševalec:

*Lipoglavšek
Košir
Hladnik*

2. Splošni opis stroja

- 2.1 Stroj ali agregat *adaptirani univerzalni traktor kolesnik*
Proizvajalec (ime in naslov): *Industrija mašina i traktora Beograd*
šasija: 501011892
tip in oznaka stroja: serijska številka: motor: M 51696
IMT-558 leto izdelave: 1978 ?
- 2.2 Dodatna oprema (priključki, vrsta, tip in oznaka, proizvajalec)
varnostna kabina RIKO 0309 - 1978, vitel Igland 5000 Kompakt 5329-359
zaščitna zadnja deska, obtežitev spredaj
- 2.3 Naknadno vgrajeni deli ali naprave:
sneta zadnja mreža kabine, manjka zaščita pogonske verige
- 2.4 Način premikanja stroja:
pogon na zadnja kolesa, kolesa z verigami
- 2.5 Namen uporabe:
spravilo lesa
- 2.6 Meje uporabnosti stroja:
nakloni vlak od +10 do -25%, poprečni tovor 2 m³
- 2.7 Trajanje dosedanje uporabe stroja:
1082 obratovalnih ur na števcu (dvomljivo), več let
- 2.8 Zahteve za izkoriščenost stroja:
okrog 1300 obratovalnih ur letno
- 2.9 Drugo:
slabo vzdrževan stroj, izvršene spremembe pri kabini in ročicah

3. Tehnični podatki

3.1 Vozilo (stroj)

- 3.1.1 Vrsta izvedbe: univerzalni traktor kolesnik
3.1.2 Dopustna skupna teža (kg): 3200, teža neadaptiranega traktorja 2040 kg
3.1.3 Dopustne osne obremenitve (kg) spredaj: zadaj:
3.1.4 Dimenzije (mm): dolžina 375 cm, širina 188 cm, višina 225 cm
3.1.5 Rajdni krog (m): 4,785 m brez uporabe zavor

3.2 Motor (pogon)

- 3.2.1 : Vrsta izvedbe: M 34/T Perkins diesel štirivaljni
3.2.2 : Nominalno število obratov (min⁻¹): 2250 (1690, 450)
3.2.3 : Število obratov na jermenici (min⁻¹): 726 (540, 144)
3.2.4 : Moč kW: 42,5 kW (58 KS)

3.3 Prestave

- 3.3.1 : Vrsta izvedbe: mehanični z zobniki, reduktor
3.3.2 : Število prestav naprej: 2x3 nazaj: 2x1
3.3.3 : Pogon: preko diferenciala na zadnji kolesi

3.4 Vodenje: volan, ločene zavore

3.5 Zavore: diskaste na poloseh

3.6 Velikost gum spredaj: 7,5x16, Ø 74 cm zadaj: 14x28, Ø z verigami 144 cm

3.7 Drugi tehnični podatki:

Klirens: 468 mm

Prestava	Hitrost premikanja km/h pri	
	1500	2250 obr/min
I	1,66	2,5
II	2,46	3,7
III	4,58	6,8
IV	6,57	9,9
V	10,00	14,9
VI	17,90	27,0
Hitro nazaj	8,92	13,5
Počasi nazaj	2,26	3,4

3.8 Drugo:

2. Delovni prostor (kabina)	+	0	-
2.1 So notranje mere delovnega prostora (kabine) dovolj velike za udobno delo s strojem? <i>samo razdalja volana od prednjega roba ne ustreza popolnoma zahtevanim dimenzijam</i>	+		
2.2 Je oblikovanost delovnega prostora varna glede ostrih robov, konic ali štrlečih delov?	+		
2.3 Je celotna kabina pritrjena izolirano od karoserije? <i>samo gumijasti čepi na okviru kabine</i>			-
2.4 So vsa okna iz varnostnega stekla? <i>iz plastike, slaba vidljivost</i>	+		
2.5 Preprečujejo tla kabine zdrsljaje? <i>gladka pločevina</i>			-
2.6 Je celotni delovni prostor stabilen in varen? <i>varnostna kabina</i>	+		
2.7 Drugi vidiki			
		4	0 2

3.	Sedež		+	0	-
3.1	Je namestitev sedeža smotrna? <i>pedali so preveč pod sedežem, sedež preveč naprej</i>				-
3.2	Je sedež vrtljiv, če je potrebno? <i>potrebno zaradi ročic vitla</i>				-
3.3	Ima sedež smotrno naslonjalo? <i>samo 18 cm visoko</i>				-
3.4	Je sedež zadovoljivo vzmeten, duši tresljaje in je vzmetenje nastavljivo? <i>vertikalno vzmeten, brez dušenja netočno nastavljivo</i>			0	
3.5	So globina, širina, višina in nagib sedeža in naslonjala pravilni? <i>sedež previsoko, preblizu pedalom, preplitev, naslonjalo prenizko</i>				-
3.6	Je nagib sedeža in naslonjalo nastavljiv? <i>Ju lahko zaustavimo v vsakem zahtevanem položaju?</i>				-
3.7	Je oblika sedeža in naslonjala pravilna? <i>sedež brez bočnih robov, blazina drsi</i>				-
3.8	Sta sedež in naslonjalo zadovoljivo oblazinjena in iz primerne materiala?			+	
3.9	So opore za roke in noge primernih oblik na razpolago, če so potrebne? <i>roke slone na volanu</i>				odpade
3.10	Drugi vidiki:				
				1	1 6

4.	Kontrolni instrumenti	+	0	-
4.1	Ima stroj za izvajanje dela potrebne instrumente? <i>število obratov in hitrost pritisk olja v motorju, temperatura, zavorno olje</i>	+		
4.2.	Ali izbrani instrumenti ustrezajo svojemu namenu? <i>urni instrumenti s kazalci</i>	+		
4.3	Je razporeditev instrumentov smotrna? <i>instrument za pritisk olja prenizko, ovira noge</i>			-
4.4	Dajejo instrumenti jasne, nedvoumne in koristne informacije?	+		
4.5	So najpomembnejši in najpogosteje uporabljeni instrumenti v središčnem vidnem polju?	+		
4.6	So vsi instrumenti nameščeni v taki razdalji, da jih je mogoče hitro in zanesljivo razbrati? Je velikost črk, številčk in kazalcev zadostna? <i>instrument za število obratov ima nejasno skalo</i>			-
4.7	So razdelitve številčnic in označbe smotrno izbrane? <i>ostali dobri z barvnimi oznakami</i>		0	
4.8	Sta ničelni položaj in smer gibanja kazalcev smiselna? <i>smer urnega kazalca</i>	+		
4.9	Ali obstoje potrebni svarilni signali? Jih lahko zaznamo in ločimo med seboj? <i>2 neobarvani signalni lučki</i>	+		
4.10	Drugi vidiki:			
		6	1	2

5.	Elementi za upravljanje	+	0	-
5.1	So vsi elementi smotrno razporejeni? <i>razen dela volana vsi izven maks.gib.polja</i>			-
5.2	Ustrezajo izbrane vrste elementov svojemu namenu? <i>pri majhnih hitrostih volan ni primeren</i>		0	
5.3	So elementi dobro vidni in jih je mogoče zlahka med seboj razlikovati?	+		
5.4	Ali velikost, oblika, prijem in hrapavost (pedali) zagotavljajo varno ravnanje z elementi? <i>gladek pedal sklopke, manjkajo krogle na ročicah</i>		0	
5.5	Je smer premikanja elementov logična?		0	
5.6	Sta površina in okolica elementov brez ostrih robov?	+		
5.7	Je možna, če je potrebno, hkratna uporaba raznih elementov brez težav? <i>elementi daleč vsak sebi</i>		0	
5.8	So, če je smotrno, enaki elementi za enak postopek na različnih mestih na stroju?			odpade
5.9	Je upravljanje z elementi neoporečno pri uporabi rokavic in posebnih obuval?	+		
5.10	Lahko dosežemo in upravljamo vse elemente brez ovir?	+		
5.11	Je telesna obremenitev pri upravljanju elementov tako majhna, kot je le mogoče? <i>zasukani položaj pri rokovanju z vitlom</i>			-
5.12	Drugi vidiki:	4	4	2
	<i>Potrebne sile za premik elementov:</i>			
	<i>nožna zavora 310 N</i>			
	<i>ročica plina 5 N</i>			
	<i>zavora vitla 250 N</i>			
	<i>ročica reduktorja 55 N</i>			
	<i>ročica hidravlike 35 N</i>			
	<i>sklopka vitla 310 N</i>			
	<i>sklopka 300 N</i>			

6. Vidljivost	+	0	-
6.1 Lahko vidimo vozišče in predmet dela ne da bi morali obračati telo v neugodne položaje? <i>da</i> vozišče je , obračanje pri privlačevanju		0	
6.2 Lahko pri delu zasledujemo gibljive delovne priprave oz. strojne naprave od začetka do konca delovnega giba?	+		
6.3 So, če je potrebno, na stroju priključki (vtičnice) za delovne žaromete in ročne luči?			odpade
6.4 Zadovoljujejo žarometi, če so potrebni in na razpolago, zahteve glede števila, nastavljenosti in svetlosti?			odpade
6.5 So vsi žarometi opremljeni s stabilnimi varovalnimi mrežami?			odpade
6.6 Obstojata osvetlitev notranjosti?			odpade
6.7 So na razpolago smotrni brisalci stekel?	+		
6.8 Ima stroj, če je potrebno, napravo za sušenje in tajanje stekel?	+		
6.9 Drugi vidiki: <i>vidljivost je bistveno manjša, kadar so nataknjena vrata in stranska platna kabine</i>			
		3	1 0

7.	Škodljivi vplivi	+	0	-
7.1	Je delovni prostor zavarovan pred vremenskimi vplivi?	+		
7.2	Lahko klimo v delovnem prostoru zadovoljivo uravnavamo (gretje, zračenje)?			-
7.3	Je delovno mesto zadostno zavarovano pred umazanijo in vlago? <i>kabina zadaj in spodaj odprta</i>			-
7.4	So delavci zavarovani pred obremenjenostjo in ogroženostjo zaradi plinov in par?	+		
7.5	Je ropot, ki so mu delavci izpostavljeni pod mejo, pri kateri se je bati okvar sluha? <i>90,7 dB(A) v delovnem času poprečno</i>			-
7.6	Je ropot, ki dosega osebe v neposredni okolici stroja, pod mejo, pri kateri se je bati okvar sluha?	+		
7.7	So delavci zavarovani pred zdravju škodljivimi in nevarnimi vplivi tresenja? <i>1,1-1,8 m/s² komponente vibracij</i>			-
7.8	Drugi vidiki: <i>v delovnem času poprečno</i>			
			3	0 4

8. Fizična in psihična obremenjenost	+	0	-
8.1 Smo se izognili pogosti ekstremni zahtevnosti dela? <i>pri organizaciji dela I+0 samo deloma (zbiranje)</i>		0	
8.2 Smo se izognili pretežno statičnim obremenitvam pri delu? <i>upravljanje z vitlom, pripogibanje</i>			-
8.3 Lahko opravljamo delo s strojem brez zasukanih, pripognjenih ali drugače neugodnih položajev telesa?			-
8.4 Lahko domnevamo, da je telesna obremenitev med delom pod trajno dopustnimi mejami zmogljivosti? <i>svobodno oblikovanje odmorov, 33 delovnih pulzov poprečno v del.času</i>	+		
8.5 Smo se izognili prevelikim zahtevam za vid in sluh?	+		
8.6 Smo se pri izvajanju dela izognili preveliki duševni koncentraciji, pazljivosti in natančnosti?	+		
8.7 Je možnost, da pri napačnem vodenju pride do usodnih posledic, tako majhna kot je le mogoče? <i>prevračanje traktorja</i>		0	
8.8 Obstoja možnost menjavanja delovnih nalog?	+		
8.9 Drugi vidiki:	4	2	2

9.	Varnost	+	0	-
9.1	So delavci dovolj zavarovani pred padajočimi in vdirajočimi predmeti? <i>da, če je mreža na zadnjem delu kabine</i>	+		
9.2	Je dovolj smotrnih varovalnih in varnostnih naprav? <i>sedež slabo drži delavca, prijemov malo</i>			-
9.3	Je stroj, če je potrebno, opremljen z radijsko zvezo in klicem v sili?			-
9.4	So delavci pri poškodbah hidravličnih naprav zavarovani pred morebitnim brizganjem olja?	+		
9.5	So pri delu in predelavi zdravju škodljivih snovi tesnila in varovala proti iztekanju teh snovi zadovoljiva?	+		
9.6	Lahko, če jih potrebujemo, montiramo priklopnike in priključke enostavno in zanesljivo? <i>vedno montirano</i>			odpade
9.7	Je na razpolago material za nudenje prve pomoči?			-
9.8	So na razpolago varnostni pasovi, če so potrebni?			odpade
9.9	Je na razpolago primeren, lahko dostopen gasilni aparat?			-
9.10	So ventili kolesnih zračnic zavarovani pred poškodbami? <i>samo zadnjih koles</i>			0
9.11	Sta rezervoar in pokrov rezervoarja za gorivo na varnem delu stroja? <i>pod pokrovom motorja</i>	+		
9.12	Je stroj dovolj zavarovan pred zlorabo nepoklicanih? <i>kontaktni ključ</i>	+		
9.13	Drugi vidiki:	5	1	4

10. Navodila za upravljanje	+	0	-
10.1 Je na stroju dovolj navodil za upravljanje, varnost in vzdrževanje stroja?			-
10.2 So navodila nameščena na primernem mestu, so dovolj vidna, jasna in razumljiva?			-
10.3 Obstoja pisano navodilo za upravljanje, je stalno pri roki, v vseh pogledih uporabno in lahko razumljivo?			-
10.4 Drugi vidiki:	0	0	3
11. Nega in popravila			
11.1 So vsi deli stroja, ki jih je treba doseči pri tekočem vzdrževanju, lahko dosegljivi in vidni?	+		
11.2 Je zagotovljeno za vzdrževalna dela vedno varno stojišče? <i>vzdržujemo s tal</i>	+		
11.3 Je za vzpenjanje do varnih stojišč na razpolago dovolj stopnic, lestev in ročajev?			odpade
11.4 So za vzdrževanje potrebna stojišča in stopnice take, da preprečujejo zdrsljaje?			odpade
11.5 Lahko opravimo vzdrževalna dela brez nevarnosti poškodb ob koničastih, ostrih in štrlečih delih stroja?	+		

11.6 Lahko opravimo vzdrževalna dela brez dvigovanja ali premikanja težkih predmetov (pokrovov)?	+	0	-
11.7 Lahko opravimo vzdrževalna dela ne da bi se močno umazali z oljem ali mastjo?			-
11.8 Je na stroju dovolj orodja in rezervnih delov?			-
11.9 So zaboji za orodje in rezervne dele na primerinem delu stroja in jih moremo zapreti?			-
11.10 Vsebuje navodilo za upravljanje dovolj podatkov za nego in popravila?			-
11.11 Obstoji spisek rezervnih delov?			-
11.12 Drugi vidiki			
	4	0	5
Seštevek ocen:	37	12	33

Vseh vprašanj 92, odpadlih kot neustrezno 10

Ergonomska vprašalna pola ima tudi poseben del za celovito oceno posameznih ergonomskih zahtev (poglavja 1-11) in za skupno presojo celotnega stroja, pa tudi nekaterih vprašanj organizacije dela. Za večino vprašanj so ob vprašanjih ali v prilogi natančno opredeljeni kriteriji za presojo ali pa je s primeri obrazložen način ocenjevanja.

REHSCHUH, D.

TZSCHÖCKEL, D.

VPRAŠALNA POLA ZA ERGONOMSKO PRESOJO GOZDARSKIH STROJEV

Mitteilungen des KWF Band XIX 1977

Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik, Buchschlag

Prevod: A. Golob, M. Lipoglavšek, Ljubljana 1979

V S E B I N A

stran

A. Preskušanje in opis strojev	i
1. Preskušanje	1
2. Splošni opis stroja	2
3. Tehnični podatki	3
B. Ergonomska presoja	4
1. Vstop in izstop	4
2. Delovni prostor (kabina)	5
3. Sedež	6
4. Kontrolni instrumenti	7
5. Elementi za upravljanje	8
6. Vidljivost	9
7. Škodljivi vplivi	10
8. Fizična in psihična obremenjenost	11
9. Varnost	12
10. Navodila za upravljanje	13
11. Nega in popravila	13

V P R A Š A N J A I N O D G O V O R I

A. PRESKUŠANJE IN OPIS STROJA

1. Preskušanje Številka preskušanja 1

1.1 Namen preskušanja: *ocena traktorja v zvezi z raziskovalno nalogo*
"Ergonomske značilnosti meh.spravljenih sredstev"

1.2 Uporabljeni merilni instrumenti:
kovinski meter, vzmetni dinamometri

1.3 Delovne naloge ob času preskušanja:
popravilo v mehanični delavnici

1.4 Razmere ob preskušanju: *topla delavnica z glasbo*
traktor nekoliko dvignjen od tal

1.5 Tehnični pregled opravljen dne:
kdo ga je opravil: /

1.6 Izjava o varnem delu s strojem izdana dne:
kdo jo je izdal: /

1.7 Preskušanje opravljeno:

Kraj: *Rečica*

Datum: *8.1.1980*

Deli preskušanja:

Preskuševalec:

Lipoglavšek

Košir

Hladnik

2. Splošni opis stroja

- 2.1 Stroj ali agregat: *traktor goseničar*
Proizvajalec (ime in naslov): *FIAT Torino Štore*
šasijska številka: 614 693
tip in oznaka stroja: *505 C/1* serijska številka: *motor: 02-372-644113*
leto izdelave: 1979 ?
- 2.2 Dodatna oprema (priključki, vrsta, tip in oznaka, proizvajalec)
nosilna šasijska z blatniki, vitel Igland 3000 Kompakt,
prednja odzivna deska RIKO, zadnja zaščitna deska
- 2.3 Naknadno vgrajeni deli ali naprave:
zaščitna rešetka zadaj, sedež Bremshey, hidravlika
- 2.4 Način premikanja stroja:
pogon na gosenice
- 2.5 Namen uporabe:
spravilo lesa
- 2.6 Meje uporabnosti stroja:
poprečni tovor 1,8 m³ lesa
- 2.7 Trajanje dosedanje uporabe stroja:
1452 obr. ur
- 2.8 Zahteve za izkoriščenost stroja:
okrog 1000 obratov letno
- 2.9 Drugo:

3. Tehnični podatki

3.1 Vozilo (stroj)

- 3.1.1 Vrsta izvedbe: *kmetijski traktor goseničar (ozek vinogradniški)*
- 3.1.2 "Dopustna skupna teža (kg): *teža neadaptiranega traktorja 2500 kg*
- 3.1.3. Dopustne osne obremenitve (kg) spredaj: zadaj:
- 3.1.4 Dimenzije (mm): *dolžina 330 cm, širina 144 cm, višina 165 cm (izpuh)*
- 3.1.5 Rajdni krog (m): *obrača na mestu z gosenicami*

3.2 Motor (pogon)

- 3.2.1 : Vrsta izvedbe: *FIAT 8035 3 valjni diesel*
- 3.2.2 : Nominalno število obratov (min⁻¹): *2600*
- 3.2.3 : Število obratov na jermenici (min⁻¹): *540 obr. pri 2160 obr/min motorja*
- 3.2.4 : Moč kW: *39,6 kW (54 KS)*

3.3 Prestave

- 3.3.1 : Vrsta izvedbe: *mehanični z zobniki, reduktor*
- 3.3.2 : Število prestav naprej: *6 nazaj: 2*
- 3.3.3 : Pogon: *preko zobatih pogonskih koles na gosenice*

3.4 Vodenje: *dve ročici sklopk gosenic*

3.5 Zavore: *trakaste*

3.6 Velikost gum spredaj: zadaj:

razmak osi 132 cm, dolžina gosenic 208 cm, višina od tal 70 cm

3.7 Drugi tehnični podatki: *dotikalna površina 8172 cm² (širina gosenic 31 cm)*

Klirens: 270 mm

Hitrosti premikanja

	<i>Prestava</i>	<i>km/h</i>
	<i>naprej I</i>	<i>1,8</i>
	<i>II</i>	<i>3,3</i>
	<i>III</i>	<i>4,5</i>
	<i>IV</i>	<i>6,2</i>
	<i>V</i>	<i>8,2</i>
	<i>VI</i>	<i>11,2</i>
3.8 Drugo:	<i>nazaj I</i>	<i>3,4</i>
	<i>II</i>	<i>6,1</i>

2. Delovni prostor (kabina)	+	0	-
2.1 So notranje mere delovnega prostora (kabine) dovolj velike za udobno delo s strojem? <i>premalo prostora po dolžini za kolena ročice (sklopke, vitla) preblizu sedeža</i>			-
2.2 Je oblikovanost delovnega prostora varna glede ostrih robov, konic ali štrlečih delov? <i>samo ročice delno neugodne</i>	+		
2.3 Je celotna kabina pritrjena izolirano od karoserije? <i>kabine ni</i>			-
2.4 So vsa okna iz varnostnega stekla? <i>oken ni</i>			odpade
2.5 Preprečujejo tla kabine zdrsljaje? <i>premalo prostora za noge, drsi</i>			-
2.6 Je celotni delovni prostor stabilen in varen? <i>ni varnostnega okvira ali kabine</i>			-
2.7 Drugi vidiki			
	1	0	4

3. Sedež	+	0	-
3.1 Je namestitev sedeža smotrna? <i>sedež je preveč naprej (zaradi vitla)</i>			-
3.2 Je sedež vrtljiv, če je potrebno? <i>zaradi vitla bi bilo potrebno</i>			-
3.3 Ima sedež smotrno naslonjalo?	+		
3.4 Je sedež zadovoljivo vzmeten, duši tresljaje in je vzmetenje nastavljivo? <i>vertikalno vzmeten in nastavljiv</i>	+		
3.5 So globina, širina, višina in nagib sedeža in naslonjala pravilni? <i>nekaj preblizu pedal</i>	+		
3.6 Je nagib sedeža in naslonjalo nastavljivo? Ju lahko zaustavimo v vsakem zahtevanem položaju? <i>le horizontalno možno premakniti sedež za 7 cm naprej</i>			-
3.7 Je oblika sedeža in naslonjala pravilna? <i>naslonjalo vertikalno in izbočeno</i>	+		
3.8 Sta sedež in naslonjalo zadovoljivo oblazinjena in iz primerne materiala? <i>penasta guma, skaj, ne drsi</i>	+		
3.9 So opore za roke in noge primernih oblik na razpolago, če so potrebne?			odpade
3.10 Drugi vidiki:			
	5	0	3

4.	Kontrolni instrumenti	+	0	-
4.1	Ima stroj za izvajanje dela potrebne instrumente? <i>število obratov motorja in vrvenice, temperatura, vsebina rezervoarja</i>	+		
4.2.	Ali izbrani instrumenti ustrezajo svojemu namenu? <i>ura s kazalcem</i>	+		
4.3	Je razporeditev instrumentov smotrna?	+		
4.4	Dajejo instrumenti jasne, nedvoumne in koristne informacije? <i>za počasno spravilo informacije manj pomembne</i>	+		
4.5	So najpomembnejši in najpogosteje uporabljeni instrumenti v središčnem vidnem polju?	+		
4.6	So vsi instrumenti nameščeni v taki razdalji, da jih je mogoče hitro in zanesljivo razbrati? Je velikost črk, številčk in kazalcev zadostna?	+		
4.7	So razdelitve številčnic in označbe smotrno izbrane? <i>tudi barvne ponazoritve</i>	+		
4.8	Sta ničelni položaj in smer gibanja kazalcev smiselna?	+		
4.9	Ali obstoje potrebni svarilni signali? Jih lahko zaznamo in ločimo med seboj? <i>3 signalne lučke</i>	+		
4.10	Drugi vidiki: <i>ni instrumenta za pritisk olja hidravlike</i>	9	0	0

5.	Elementi za upravljanje	+	0	-
5.1	So vsi elementi smotrno razporejeni? <i>prestave in ročice vitla izven maks.gibalnega polja</i>		0	
5.2	Ustrezajo izbrane vrste elementov svojemu namenu? <i>preveč ročnih elementov</i>		0	
5.3	So elementi dobro vidni in jih je mogoče zlahka med seboj razlikovati?	+		
5.4	Ali velikost, oblika, prijem in hrapavost (pedali) zagotavljajo varno ravnanje z elementi? <i>dimenzije samo deloma ustrezne, drsijo</i>			-
5.5	Je smer premikanja elementov logična?		0	
5.6	Sta površina in okolica elementov brez ostrih robov? <i>ročice ovirajo delo s sosednjimi ročicami</i>		0	
5.7	Je možna, če je potrebno, hkratna uporaba različnih elementov brez težav? <i>plin: vitel predaleč</i>		0	
5.8	So, če je smotrno, enaki elementi za enak postopek na različnih mestih na stroju?			odpade
5.9	Je upravljanje z elementi neoporečno pri uporabi rokavic in posebnih obuval?	+		
5.10	Lahko dosežemo in upravljamo vse elemente brez ovir?			-
5.11	Je telesna obremenitev pri upravljanju elementov tako majhna, kot je le mogoče? <i>zasukani položaj pri ravnanju z vitlom</i>			-
5.12	Drugi vidiki:	2	5	3

Potrebne sile za premik elementov:

nožna zavora 100 N reduktor 50 N
 ročica nazaj 170 N sklopka vitla >150 N
 sklopke naprej 450 N zavora vitla >225 N
 plin 20 N
 ročna zavora 130 N

6. Vidljivost	+ 0 -
6.1 Lahko vidimo vozišče in predmet dela ne da bi morali obračati telo v neugodne položaje? <i>vozišče da, obračanje pri privlačevanju</i>	0
6.2 Lahko pri delu zasledujemo gibljive delovne priprave oz. strojne naprave od začetka do konca delovnega giba? <i>ne vidi ovir pred odzivno desko, vrvnih zank zadnji del poti ne vidi</i>	0
6.3 So, če je potrebno, na stroju priključki (vtičnice) za delovne žaromete in ročne luči?	odpade
6.4 Zadovoljujejo žarometi, če so potrebni in na razpolago, zahteve glede števila, nastavljenosti in svetlosti?	odpade
6.5 So vsi žarometi opremljeni s stabilnimi varovalnimi mrežami?	odpade
6.6 Obstoja osvetlitev notranjosti?	odpade
6.7 So na razpolago smotrni brisalci stekel? <i>ni stekel</i>	-
6.8 Ima stroj, če je potrebno, napravo za sušenje in tajanje stekel?	odpade
6.9 Drugi vidiki:	
<i>vidljivost okolice vlaže je odlična, ker ni kabine</i>	0 2 1

7.	Škodljivi vplivi	+	0	-
7.1	Je delovni prostor zavarovan pred vremenskimi vplivi? <i>zelo izpostavljen</i>			-
7.2	Lahko klimo v delovnem prostoru zadovoljivo uravnavamo (gretje, zračenje)? <i>ni kabine</i>			-
7.3	Je delovno mesto zadostno zavarovano pred umazanijo in vlago? <i>olje hidravlike pušča, padavine</i>			-
7.4	So delavci zavarovani pred obremenjenostjo in ogroženostjo zaradi plinov in par? <i>gibanje zraka odnese izpušne pline, čeprav je izpuh pred delavcem</i>	+		
7.5	Je ropot, ki so mu delavci izpostavljeni pod mejo, pri kateri se je bati okvar sluha? <i>89,1 dB(A) poprečno med delovnim časom</i>			-
7.6	Je ropot, ki dosega osebe v neposredni okolici stroja, pod mejo, pri kateri se je bati okvar sluha?			+
7.7	So delavci zavarovani pred zdravju škodljivimi in nevarnimi vplivi tresenja? <i>1,6 - 2,5 m/s² komponente vibracij v delovnem času poprečno</i>			-
7.8	Drugi vidiki:			
		2	0	5

8. Fizična in psihična obremenjenost	+	0	-
8.1 Smo se izognili pogosti ekstremni zahtevnosti dela? <i>pri organizaciji dela I+0 samo deloma (zbiranje)</i>		0	
8.2 Smo se izognili pretežno statičnim obremenitvam pri delu? <i>upravljanje z vitlom, pripogibanje</i>			-
8.3 Lahko opravljamo delo s strojem brez zasukanih, pripognjenih ali drugače neugodnih položajev telesa?			-
8.4 Lahko domnevamo, da je telesna obremenitev med delom pod trajno dopustnimi mejami zmogljivosti? <i>svobodno oblikovanje odmorov manjša kot pri delu z adaptiranim kolesnikom</i>	+		
8.5 Smo se izognili prevelikim zahtevam za vid in sluh?	+		
8.6 Smo se pri izvajanju dela izognili preveliki duševni koncentraciji, pazljivosti in natančnosti? <i>občasno potrebna velika pazljivost</i>	+		
8.7 Je možnost, da pri napačnem vodenju pride do usodnih posledic, tako majhna kot je le mogoče? <i>ni varnostne kabine, drsenje in prevračanje stroja, zelo velika</i>			-
8.8 Obstoja možnost menjavanja delovnih nalog? <i>s pomožnim delavcem, zbiranje lesa</i>	+		
8.9 Drugi vidiki:	4	1	3

9.	Varnost	+	0	-
9.1	So delavci dovolj zavarovani pred padajočimi in vdirajočimi predmeti? <i>ni kabine, rešetke zadaj premajhne</i>			-
9.2	Je dovolj smotrnih varovalnih in varnostnih naprav? <i>ni kabine</i>			-
9.3	Je stroj, če je potrebno, opremljen z radijsko zvezo in klicem v sili?			-
9.4	So delavci pri poškodbah hidravličnih naprav zavarovani pred morebitnim brizganjem olja?			-
9.5	So pri delu in predelavi zdravju škodljivih snovi tesnila in varovala proti iztekanju teh snovi zadovoljiva? <i>redno izteka olje hidravlike pri rezervoarju</i>			-
9.6	Lahko, če jih potrebujemo, montiramo priklopnike in priključke enostavno in zanesljivo? <i>vedno montirano</i>			odpade
9.7	Je na razpolago material za nudenje prve pomoči?			-
9.8	So na razpolago varnostni pasovi, če so potrebni?			odpade
9.9	Je na razpolago primeren, lahko dostopen gasilni aparat?			-
9.10	So ventili kolesnih zračnic zavarovani pred poškodbami? <i>ni zračnic</i>			odpade
9.11	Sta rezervoar in pokrov rezervoarja za gorivo na varnem delu stroja?	+		
9.12	Je stroj dovolj zavarovan pred zlorabo nepoklicanih? <i>kontaktni ključ</i>	+		
9.13	Drugi vidiki:			
		2	0	7

10. Navodila za upravljanje	+	0	-
10.1 Je na stroju dovolj navodil za upravljanje, varnost in vzdrževanje stroja? <i>nobnih napisov</i>			-
10.2 So navodila nameščena na primernem mestu, so dovolj vidna, jasna in razumljiva?			-
10.3 Obstoja pisano navodilo za upravljanje, je stalno pri roki, v vseh pogledih uporabno in lahko razumljivo?			-
10.4 Drugi vidiki:	0	0	3
11. Nega in popravila			
11.1 So vsi deli stroja, ki jih je treba doseči pri tekočem vzdrževanju, lahko dosegljivi in vidni?	+		
11.2 Je zagotovljeno za vzdrževalna dela vedno varno stojišče? <i>vse dosegljivo s tal</i>	+		
11.3 Je za vzpenjanje do varnih stojišč na razpolago dovolj stopnic, lestev in ročajev?			<i>odpade</i>
11.4 So za vzdrževanje potrebna stojišča in stopnice take, da preprečujejo zdrsljaje?			<i>odpade</i>
11.5 Lahko opravimo vzdrževalna dela brez nevarnosti poškodb ob koničastih, ostrih in štrlečih delih stroja?			-

11.6 Lahko opravimo vzdrževalna dela brez dvigovanja ali premikanja težkih predmetov (pokrovov)?	+	0	-
11.7 Lahko opravimo vzdrževalna dela ne da bi se močno umazali z oljem ali mastjo?			-
11.8 Je na stroju dovolj orodja in rezervnih delov?			-
11.9 So zaboji za orodje in rezervne dele na primernem delu stroja in jih moremo zapreti?	+		
11.10 Vsebuje navodilo za upravljanje dovolj podatkov za nego in popravila? <i>navodil ni</i>			-
11.11 Obstoji spisek rezervnih delov?			-
11.12 Drugi vidiki		4	0 5
Seštevek ocen:		30	9 40

Vseh vprašanj 92, odpadlih neustreznih 13

Ergonomska vprašalna pola ima tudi poseben del za celovito oceno posameznih ergonomskih zahtev (poglavja 1-11) in za skupno presojo celotnega stroja, pa tudi nekaterih vprašanj organizacije dela. Za večino vprašanj so ob vprašanjih ali v prilogi natančno opredeljeni kriteriji za presojo ali pa je s primeri obrazložen način ocenjevanja.

REHSCHUH, D.

TZSCHÖCKEL, D.

VPRAŠALNA POLA ZA ERGONOMSKO PRESOJO GOZDARSKIH STROJEV

Mitteilungen des KWF Band XIX 1977

Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik, Buchschlag

Prevod: A. Golob, M. Lipoglavšek, Ljubljana 1979

V S E B I N A

stran

A. Preskušanje in opis strojev	1
1. Preskušanje	1
2. Splošni opis stroja	2
3. Tehnični podatki	3
B. Ergonomska presoja	4
1. Vstop in izstop	4
2. Delovni prostor (kabina)	5
3. Sedež	6
4. Kontrolni instrumenti	7
5. Elementi za upravljanje	8
6. Vidljivost	9
7. Škodljivi vplivi	10
8. Fizična in psihična obremenjenost	11
9. Varnost	12
10. Navodila za upravljanje	13
11. Nega in popravila	13

V P R A Š A N J A I N O D G O V O R I

A. PRESKUŠANJE IN OPIS STROJA

1. Preskušanje Številka preskušanja 2

1.1 Namen preskušanja: *ocena traktorja v zvezi z raziskovalno nalogo "Ergonomske značilnosti meh.spravlilnih sredstev"*

1.2 Uporabljeni merilni instrumenti:
kovinski meter, vzmetni dinamometri

1.3 Delovne naloge ob času preskušanja:
spravilo dolgega smrekovega lesa v lubju

1.4 Razmere ob preskušanju: *ob kamionski cesti na prostornem skladišču, vreme jasno, mrzlo, 75 cm snega*

1.5 Tehnični pregled opravljen dne:
kdo ga je opravil: /

1.6 Izjava o varnem delu s strojem izdana dne:
kdo jo je izdal: /

1.7 Preskušanje opravljeno:

Kraj: *Mrzli studene* Datum: *8.1.1980*

Deli preskušanja:

Preskuševalac:
*Lipoglavšek
Košir
Hladnik*

2. Splošni opis stroja

2.1 Stroj ali agregat *gozdarski zbigni traktor*

Proizvajalec (ime in naslov): *TIMBERJACK, EATON Kanada*

tip in oznaka stroja:
225 D GS

serijska številka: *787 238 3117*

leto izdelave: *? motorja 5033-5001-3D-
118368*

2.2 Dodatna oprema (priključki, vrsta, tip in oznaka, proizvajalec)

prednja odrivna deska, dvobobenski vitel 200 205 T

2.3 Naknadno vgrajeni deli ali naprave:

kabina delno zaprta z varnostnimi stekli

2.4 Način premikanja stroja:

zgibni in vertikalno gibljivi dve osi, kolesne verige

2.5 Namen uporabe:

spravilo lesa

2.6 Meje uporabnosti stroja:

nakloni +15% do -50%, poprečni tovor 5 m³ (KRIVEC)

2.7 Trajanje dosedanje uporabe stroja:

2950 obratovalnih ur

2.8 Zahteve za izkoriščenost stroja:

okrog 1300 obratovalnih ur letno

2.9 Drugo:

3. Tehnični podatki

3.1 Vozilo (stroj)

3.1.1 Vrsta izvedbe: *gozdarski zgibni traktor*

3.1.2 "Dopustna skupna teža (kg): *5460 kg*

3.1.3 Dopustne osne obremenitve (kg) spredaj: *65%* zadaj: *35%*

3.1.4 Dimenzije (mm): *dolžina 568 cm, širina 233 cm, višina 264 cm*

3.1.5 Rajdni krog (m): *večja deska verige*
5,30 m

3.2 Motor (pogon)

3.2.1 : Vrsta izvedbe: *GM trivaljni diesel, dvotaktni*

3.2.2 : Nominalno število obratov (min^{-1}): *2600*

3.2.3 : Število obratov na jermenici (min^{-1}): *hitrost vrvi na vitlu 9-90 m/min*

3.2.4 : Moč kW: *69 kW (92 KS)*

3.3 Prestave

3.3.1 : Vrsta izvedbe: *mehanični z zobniki, predmenjalnik, reduktor*

3.3.2 : Število prestav naprej: *2x4* nazaj: *2x4*

3.3.3 : Pogon: *preko dveh diferencialov z zaporami na kolesa*

3.4 Vodenje: *hidravlično z ročicami*

3.5 Zavore: *hidravlične bobnaste - možno blokirati*

3.6 Velikost gum spredaj: \varnothing *145 cm* zadaj: \varnothing *145 cm* *16,9 x 30*

3.7 Drugi tehnični podatki:

medosna razdalja: 282 cm, klirens 470 mm

pritisk na tla $0,32 \text{ kg/cm}^2$, sila vitla 9 t

hitrost premikanja: po cesti 3,4-30,0 km/h, po terenu 2,0-12,7 km/h

3.8 Drugo:

Tehnični podatki so za traktor 208 oz. 209 D le malenkostno drugačni.

B. ERGONOMSKA PRESOJA

		+	0	-
1	Vstop in izstop			
1.1	Lahko stopnice udobno dosežemo? Ali so dovolj široke in globoke? <i>stopnica 58 cm od tal - previsoko</i>		0	
1.2	Preprečuje površina stopnic zdrsljaje?	+		
1.3	So stopnice tako oblikovane, da jih ovire s tal ne morejo poškodovati?	+		
1.4	Je za vstop in izstop na voljo dovolj ročajev? So smotrno nameščeni?	+		
1.5	Sta višina in širina vhoda dovolj veliki za udoben vstop in izstop? <i>v višini bokov in ramen nekoliko preozek vstop</i>		0	
1.6	Sta vstop in izstop brez ostrih robov in štrlečih delov?	+		
1.7	Je delovni prostor (sedež, stojišče) dosegljiv, ne da bi voznika pri tem ovirala vodila stroja ali drugo?	+		
1.8	Je v nujnem primeru mogoče nemudoma zapustiti stroj? <i>stran nasproti vhoda je zaprta naknadno, kabine ni mogoče zapustiti na obe strani</i>			-
1.9	Drugi vidiki:			
			5	2 1

+ ja

0 - deloma

- ne

o - odpade

2. Delovni prostor (kabina)	+	0	-
2.1 So notranje mere delovnega prostora (kabine) dovolj velike za udobno delo s strojem?	+		
2.2 Je oblikovanost delovnega prostora varna glede ostrih robov, konic ali štrlečih delov?	+		
2.3 Je celotna kabina pritrjena izolirano od karoserije?			-
2.4 So vsa okna iz varnostnega stekla? <i>naknadno vgrajena iz plastike</i>	+		
2.5 Preprečujejo tla kabine zdrsljaje? <i>zelo gladka</i>			-
2.6 Je celotni delovni prostor stabilen in varen?	+		
2.7 Drugi vidiki			
		4	0 2

3.	Sedež	+	0	-
3.1	Je namestitev sedeža smotrna? <i>izven osi traktorja, sedež je nizko glede vidljivosti in vidoko glede pedal</i>		0	
3.2	Je sedež vrtljiv, če je potrebno? <i>bi bilo potrebno pri privlačenju</i>			-
3.3	Ima sedež smotrno naslonjalo?	+		
3.4	Je sedež zadovoljivo vzmeten, duši tresljaje in je vzmetenje nastavljivo? <i>trdno pritrjen na ohišje</i>			-
3.5	So globina, širina, višina in nagib sedeža in naslonjala pravilni?	+		
3.6	Je nagib sedeža in naslonjalo nastavljivo? Ju lahko zaustavimo v vsakem zahtevanem položaju? <i>nobene nastavljivosti ni</i>			-
3.7	Je oblika sedeža in naslonjala pravilna? <i>bočno sedež in zlasti naslonjalo ne drži</i>		0	
3.8	Sta sedež in naslonjalo zadovoljivo oblazinjena in iz primerne materiala?	+		
3.9	So opore za roke in noge primernih oblik na razpolago, če so potrebne?			odpade
3.10	Drugi vidiki:			
		3	2	3

4.	Kontrolni instrumenti	+	0	-
4.1	Ima stroj za izvajanje dela potrebne instrumente? <i>temperatura, napetost baterije pritisk olja v motorju, število obratovalnih ur</i>	+		
4.2.	Ali izbrani instrumenti ustrezajo svojemu namenu? <i>urni instrumenti s kazalci</i>	+		
4.3	Je razporeditev instrumentov smotrna?	+		
4.4	Dajejo instrumenti jasne, nedvoumne in koristne informacije? <i>hitra informacija</i>	+		
4.5	So najpomembnejši in najpogosteje uporabljeni instrumenti v središčnem vidnem polju?	+		
4.6	So vsi instrumenti nameščeni v taki razdalji, da jih je mogoče hitro in zanesljivo razbrati? Je velikost črk, številčk in kazalcev zadostna? <i>številke premajhne, ni barvnih oznak</i>			-
4.7	So razdelitve številčnic in označbe smotrno izbrane?			-
4.8	Sta ničelni položaj in smer gibanja kazalcev smiselna? <i>termometer ima ničlo na vrhu, ostali levo</i>		0	
4.9	Ali obstoje potrebni svarilni signali? Jih lahko zaznamo in ločimo med seboj? <i>ni svarilnih signalov</i>			-
4.10	Drugi vidiki: <i>za delo pri pravilu instrumenti zadostujejo</i>			
			5	1 3

5. Elementi za upravljanje + 0 -
- 5.1 So vsi elementi smotrno razporejeni? +
vsi pogosto uporabljeni elementi so v optimalnem gibalnem polju razen zavornega pedala
- 5.2 Ustrežajo izbrane vrste elementov svojemu namenu? +
ročice z okroglimi ročaji, pedali
- 5.3 So elementi dobro vidni in jih je mogoče zlahka med seboj razlikovati? +
po položaju v prostoru
- 5.4 Ali velikost, oblika, prijem in hrapavost (pedali) zagotavljajo varno ravnanje z elementi? +
ne drsijo, pedali dovolj veliki
- 5.5 Je smer premikanja elementov logična? 0
zavora, ročica vitla
- 5.6 Sta površina in okolica elementov brez ostrih robov? +
- 5.7 Je možna, če je potrebno, hkratna uporaba raznih elementov brez težav? +
- 5.8 So, če je smotrno, enaki elementi za enak postopek na različnih mestih na stroju? odpade
nožni in ročni plin
- 5.9 Je upravljanje z elementi neoporečno pri uporabi rokavic in posebnih obuval? +
- 5.10 Lahko dosežemo in upravljamo vse elemente brez ovir? +
- 5.11 Je telesna obremenitev pri upravljanju elementov tako majhna, kot je le mogoče? +
razen zelo trde sklopke drugi elementi ne
- 5.12 Drugi vidiki: zahtevajo velikih sil 9 1 0
- Potrebne sile za premik elementov:*
- | | | | |
|----------------------------------|----------------|---------------------|-------------------|
| <i>krmilne ročice</i> | <i>35-40 N</i> | <i>ročna zavora</i> | <i>10 N</i> |
| <i>odrivna deska</i> | <i>45 N</i> | <i>ročni plin</i> | <i>50-70 N</i> |
| <i>vitel</i> | <i>30-40 N</i> | <i>reduktor</i> | <i>80-90 N</i> |
| <i>prestave</i> | <i>25 N</i> | <i>sklopka</i> | <i>> 250 N</i> |
| <i>predprestava naprej-nazaj</i> | <i>25 N</i> | | |

6. Vidljivost	+ 0 -
6.1 Lahko vidimo vozišče in predmet dela ne da bi morali obračati telo v neugodne položaje? <i>pri pogledu nazaj na tovor roke spredaj na ročici za vodenje vitla</i>	-
6.2 Lahko pri delu zasledujemo gibljive delovne priprave oz. strojne naprave od začetka do konca delovnega giba? <i>odrivne deske in zank tovara ne vidi</i>	0
6.3 So, če je potrebno, na stroju priključki (vtičnice) za delovne žaromete in ročne luči?	odpade
6.4 Zadovoljujejo žarometi, če so potrebni in na razpolago, zahteve glede števila, nastavljenosti in svetlosti?	odpade
6.5 So vsi žarometi opremljeni s stabilnimi varovalnimi mrežami?	odpade
6.6 Obstojajo osvetlitev notranjosti?	odpade
6.7 So na razpolago smotrni brisalci stekel?	+
6.8 Ima stroj, če je potrebno, napravo za sušenje in tajanje stekel?	+
6.9 Drugi vidiki: <i>ima vzvratno ogledalo</i>	2 1 1

7.	Škodljivi vplivi	+	0	-
7.1	Je delovni prostor zavarovan pred vremenskimi vplivi? <i>ena stran kabine odprta</i>	+		
7.2	Lahko klimo v delovnem prostoru zadovoljivo uravnavamo (gretje, zračenje)? <i>odprta kabina</i>			-
7.3	Je delovno mesto zadostno zavarovano pred umazanijo in vlago? <i>če je dodatno zaprta</i>		0	
7.4	So delavci zavarovani pred obremenjenostjo in ogroženostjo zaradi plinov in par?	+		
7.5	Je ropot, ki so mu delavci izpostavljeni pod mejo, pri kateri se je bati okvar sluha? <i>zelo visok ropot 97,2 dB(A) poprečno v delovnem času</i>			-
7.6	Je ropot, ki dosega osebe v neposredni okolici stroja, pod mejo, pri kateri se je bati okvar sluha? (208 oz. 209 D)	+		
7.7	So delavci zavarovani pred zdravju škodljivimi in nevarnimi vplivi tresenja? $1,2-1,7 \text{ m/s}^2$ komponente poprečnih dnevnih vibracij (208 oz. 209 D)			-
7.8	Drugi vidiki: <i>manj kot pri univerzalnem kolesniku</i>			
			3	1 3

8. Fizična in psihična obremenjenost	+	0	-
8.1 Smo se izognili pogosti ekstremni zahtevnosti dela? <i>pri organizaciji dela I+0 pri zbiranju ne</i>		0	
8.2 Smo se izognili pretežno statičnim obremenitvam pri delu? <i>ne upravlja ročic v zasukanem položaju</i>	+		
8.3 Lahko opravljamo delo s strojem brez zasukanih, pripognjenih ali drugače neugodnih položajev telesa? <i>mora gledati nazaj - vendar izven osi traktorja</i>	+		
8.4 Lahko domnevamo, da je telesna obremenitev med delom pod trajno dopustnimi mejami zmožljivosti? <i>svobodno oblikovanje odmorov ni meritev</i>	+		
8.5 Smo se izognili prevelikim zahtevam za vid in sluh?			-
8.6 Smo se pri izvajanju dela izognili preveliki duševni koncentraciji, pazljivosti in natančnosti?			-
8.7 Je možnost, da pri napačnem vodenju pride do usodnih posledic, tako majhna kot je le mogoče? <i>do prevračanja pride redkeje</i>	+		
8.8 Obstoja možnost menjavanja delovnih nalog? <i>s pomočnikom pri zbiranju lesa</i>	+		
8.9 Drugi vidiki:		5	1 2

9. Varnost	+	0	-
9.1 So delavci dovolj zavarovani pred padajočimi in vdirajočimi predmeti? <i>razen z vhodne strani (kolesa)</i>	+		
9.2 Je dovolj smotrnih varovalnih in varnostnih naprav? <i>dovolj prijemov, varnostni pas ne pride v poštev</i>	+		
9.3 Je stroj, če je potrebno, opremljen z radijsko zvezo in klicem v sili?			-
9.4 So delavci pri poškodbah hidravličnih naprav zavarovani pred morebitnim brizganjem olja?	+		
9.5 So pri delu in predelavi zdravju škodljivih snovi tesnila in varovala proti iztekanju teh snovi zadovoljiva?	+		
9.6 Lahko, če jih potrebujemo, montiramo priklopnike in priključke enostavno in zanesljivo? <i>ni priključkov.</i>			<i>odpade</i>
9.7 Je na razpolago material za nudenje prve pomoči?	+		
9.8 So na razpolago varnostni pasovi, če so potrebni? <i>občasno uporaba smotrna</i>	+		
9.9 Je na razpolago primeren, lahko dostopen gasilni aparat?	+		
9.10 So ventili kolesnih zračnic zavarovani pred poškodbami?	+		
9.11 Sta rezervoar in pokrov rezervoarja za gorivo na varnem delu stroja? <i>ob strani</i>	+		
9.12 Je stroj dovolj zavarovan pred zlorabo nepoklicanih? <i>traktorist prekinja tok na akumulatorju</i>	+		
9.13 Drugi vidiki:			
	10	0	1

10. Navodila za upravljanje	+	0	-
10.1 Je na stroju dovolj navodil za upravljanje, varnost in vzdrževanje stroja?	+		
10.2 So navodila nameščena na primernem mestu, so dovolj vidna, jasna in razumljiva? v tujem jeziku ob ponazoritvah			-
10.3 Obstoja pisano navodilo za upravljanje, je stalno pri roki, v vseh pogledih uporabno in lahko razumljivo?	+		
10.4 Drugi vidiki:			
	2	0	1
11. Nega in popravila			
11.1 So vsi deli stroja, ki jih je treba doseči pri tekočem vzdrževanju, lahko dosegljivi in vidni? lahko dosegljiv centralni mazalni sistem		0	
11.2 Je zagotovljeno za vzdrževalna dela vedno varno stojišče?			-
11.3 Je za vzpenjanje do varnih stojišč na razpolago dovolj stopnic, lestev in ročajev?			-
11.4 So za vzdrževanje potrebna stojišča in stopnice take, da preprečujejo zdrsljaje?			-
11.5 Lahko opravimo vzdrževalna dela brez nevarnosti poškodb ob koničastih, ostrih in štrlečih delih stroja?			-

11.6 Lahko opravimo vzdrževalna dela brez dvigovanja ali premikanja težkih predmetov (pokrovov)?	+	0	-
11.7 Lahko opravimo vzdrževalna dela ne da bi se močno umazali z oljem ali mastjo?			-
11.8 Je na stroju dovolj orodja in rezervnih delov?			-
11.9 So zaboji za orodje in rezervne dele na primernem delu stroja in jih moremo zapreti? <i>odprtina pod sedežem</i>			-
11.10 Vsebuje navodilo za upravljanje dovolj podatkov za nego in popravila?		0	
11.11 Obstoji spisec rezervnih delov?			-
11.12 Drugi vidiki		0	2 9
Seštevek ocen:		48	11 26

Vseh vprašanj 92, odpadlih kot neustrezna 7

Ergonomska vprašalna pola ima tudi poseben del za celovito oceno posameznih ergonomskih zahtev (poglavja 1-11) in za skupno presojo celotnega stroja, pa tudi nekaterih vprašanj organizacije dela. Za večino vprašanj so ob vprašanjih ali v prilogi natančno opredeljeni kriteriji za presojo ali pa je s primeri obrazložen način ocenjevanja.