

Prispelo / Received: 1990, oktober

GDK 323 + 375.4:305

## DREVESNA METODA SEČNJE IN SPRAVILA IN UČINKI PRI DELU

Edvard REBULA\*

### *Izvleček*

Študija prikazuje učinke pri sečnji po drevesni metodi in učinke spravila celih dreves s traktorji IMT 560, BELT GV-70 in LKT-81. Učinki so prikazani v odvisnosti od debeline drevja in spravilne razdalje. Podana je primerjava učinkov sečnje in spravila pri drevesni metodi z učinki dela pri običajni sortimentni metodi.

*Ključne besede: drevesna metoda, sečnja, spravilo, delovni učinek*

## FELLING AND SKIDDING ACCORDING TO FULL-TREE LOGGING METHOD AND OPERATIONAL EFFICIENCY

Edvard REBULA\*

### *Abstract*

The paper discusses operational efficiency in felling by the full-tree logging method and in the skidding of whole trees with IMT 560, BELT GV-70 and LKT-81 tractors, which is presented in correlation with tree diameter and skidding distance. Work results in felling and skidding achieved with the application of full-tree method are compared with those attained by conventional shortwood logging method.

*Key words: full-tree logging method, felling, skidding, operational efficiency*

---

\* dr. redni profesor, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo,  
61000 Ljubljana, Večna pot 83, YU

## 1 UVOD

Spomladi 1989 smo na Gozdarstvu Vitanje (GG Celje) preučevali delo pri sečnji, spravilu in dodelavi sortimentov s procesorjem KP-40.

Za obdelavo s procesorjem spravljajo iz gozda na cesto cela drevesa. Le najdebelejša in tista, ki bi cela pri spravilu povzročila preveč škode, prežagajo in jih spravljajo po delih. Zato je preučevanje sečnje in spravila pri obdelavi s procesorjem v bistvu preučevanje sečnje in spravila pri drevesni metodi izdelave.

Delo smo snemali v aprilu in maju 1989 v revirju Rakovec. Snemali so strokovnjaki Tozda Vitanje.

## 2 DELAVCI, ORODJE, NAČIN DELA IN SNEMANJA

S preučevanjem dela pri sečnji in spravilu naj bi pojasnili več vprašanj, kot so zlasti:

- učinki pri drevesni metodi
- vpliv raznih zunanjih dejavnikov na delovne učinke
- vpliv organizacije dela, velikosti in sestave delavske skupine na učinek pri sečnji in spravilu.

Sekali so poklicno usposobljeni sekači Tozda Vitanje. Sekač je delal sam ali sta delala skupaj po dva. Lahko je samo podiral drevje ali pa pomagal tudi zbirati les.

Drevo je podrl v smeri spravila. Debelejša drevesa (nad 35 do 40 cm prsnega premera) je prežagal tako, da je izmeril in odžagal 8 m dolg hlod. Glede na organizacijo dela je sekač ponekod tudi razvlačeval vrvi vitla in zapenjal drevje nanjo. Sekači so delali s srednje težkimi motornimi žagami Jonsereds 621.

Traktorist je delal sam ali s pomočnikom. Vozil je traktor, razvlačeval vrvi in vezal nanje. Če je bil brez pomočnika, mu je pri zbiranju pomagal sekač, če pa je pomočnika imel, sta vse opravila sama.

Traktorist je spravljal cela drevesa ali dele dreves do ceste in jih tam poravnal v kupe.

Snemali smo spravilo s traktorji IMT 560, LKT-81 in BELT GV-70 v različnih organizacijskih oblikah.

Za snemanje smo izdelali poseben snemalni list. Natančno smo posneli dogajanje (sečnjo in zbiranje) na sečišču in zapisovali čas vlačjenja in rampanja traktorja. To so zapisali kot razliko časa od trenutka, ko je traktor odpeljal z bremenom, pa do tedaj, ko se je vrnil prazen.

Snemala sta dva snemalca. Vodja snemanja je meril čas in ga vpisoval v snemalni list. Pomočnik je meril prsne premere dreves, označeval drevesa, ugotavljal število dreves in katera drevesa so v traktorskem bremenu ter meril razdalje.

Ker je delo potekalo hitro in so puščali cela drevesa, so lahko izmerili le prsne premere.

Pri sečnji smo ločili čas na produktivni in neproduktivni.

Produktivni čas smo ločili na:

- $y_1$  — sečnja, ki je zajemala prehod med drevesi, podiranje drevesa in morebitno prežagovanje drevesa.
- $y_2$  — čas za vzpostavljanje gozdnega reda.
- $y_3$  — drugo — sproščanje drevesa ipd.

Neproduktivni čas smo ločili le na:

- $y_4$  — neproduktivni čas zaradi delavca. Tu so vsi odmori, malice, fiziološke potrebe in drugi zastoji, ki nastanejo zaradi subjektivnih vzrokov.
- $y_5$  — neproduktivni čas zaradi stroja. To je čas vzdrževanja motorke in ročnega orodja.

Pri spravilu smo ločili čase na produktivne, in sicer:

- $y_1$  — zbiranje. Zapisovali smo čas zbiranja (stroja) ne glede na to, koliko delavcev in kateri delavci so pri tem sodelovali. Posebej smo zaznamovali čas sodelovanja sekača pri zbiranju.
- $y_2$  — vlačenje in rampanje.

Neproduktivni čas smo ločili po vzrokih nastanka na:

- $y_3$  — neproduktivni čas zaradi delavca.
- $y_4$  — neproduktivni čas zaradi stroja.
- $y_5$  — traktor stoji zaradi sekača — ponavadi ni bilo pripravljeno dovolj dreves.
- $y_6$  — traktor stoji zaradi strojnika.
- $y_7$  — traktor stoji iz drugih vzrokov.

Ker smo spravljali cela drevesa in bi merjenje kubature motilo delo, smo kubaturo dreves (debeljad) ugotavljali šele po obdelavi s procesorjem. Iz teh podatkov smo za vsak odsek izračunali regresijsko krivuljo med prsnim premerom drevesa in njegovo neto lesno maso (debeljad). Za vsak odsek smo sestavili nekako deblovnico. Iz teh deblovnice smo nato določali kubature dreves in jih pripisovali izmerjenim prsnim premerom pri sečnji. Tako smo določali tudi velikost bremena traktorja.

Sečnjo smo posneli pri 1162 drevesih. Vsa ta drevesa so tudi spravili. Spravilo smo posneli pri traktorjih:

IMT-560	36 vlačenj
BELT GV-70	30 vlačenj in pri
LKT-81	13 vlačenj

### 3 REZULTATI PREUČEVANJA

#### 3.1 Delavnik in njegova sestava

V preglednici 1 podajamo obseg in sestavo posnetega časa pri sečnji in spravilu. V njej ni zajet čas za glavni odmor — malico.

V preglednici vidimo, da smo snemali sečnjo (z zbiranjem pri spravilu) približno 61 ur, spravilo pa nekaj manj. Razlika nastaja, ker pri spravilu nismo obdelali vseh voženj.

Preglednica 1: Pregled posnetega časa in njegova sestava

Table 1: *A survey of the period recorded and of individual components*

Sečnja			Spravilo		
Opravo	Trajanje minut	Sestava %	Opravo	Trajanje minut	Sestava %
Sečnja	1477,01	40,4	Vlačenje in rampanje	1577,75	45,6
Vzpostava gozdnega reda	72,66	2,0	Zbiranje	1404,45	40,6
Zbiranje	1404,58	38,5	Skupaj produktivni čas	2982,33	86,2
Drugo	253,92	6,9	Neproduktivni čas		
Skupaj produktivni čas	3208,17	87,8	zaradi delavca	41,91	1,2
Neproduktivni čas			zaradi stroja	62,84	1,8
zaradi delavca	241,43	6,6	Stroj čaka sekača	359,74	10,4
zaradi stroja	203,22	5,6	Stroj stoji zaradi trakt.	13,82	0,4
Skupaj neproduktivni čas	444,65	12,2	Skupaj neproduktivni čas	478,31	13,8
VSE skupaj	3652,82	100	VSE skupaj	3460,64	100

Sekač dela pri sečnji povprečno toliko časa, kolikor pomaga pri zbiranju. To je ugodno. Za vzpostavljanje gozdnega reda potrebuje 2% časa, drugih pomožnih produktivnih opravil je skoraj 7%. Sem smo šteli sproščanje drevesa in daljše prehode, ko je prenašal tudi orodje. Tako dela sekač produktivno skoraj 88% časa, če ne upoštevamo glavnega odmora. Neproduktivnega časa je dobrih 12%.

Podobna je tudi sestava traktoristovega časa. Treba je poudariti, da znaša delež fiksnega časa (zbiranje in rampanje), ko dela traktor le z vitlom ali poravnalno desko, več kot 50%. To kaže, da delo s težkimi zgibniki tu ni smotrno, zlasti če je drevje bolj drobno.

Zanimiva je tudi ugotovitev, da je traktor več kot 10 % časa stal in čakal, da je sekač nasekal dovolj veliko breme. Ta čas je stal tudi traktorist.

Če upoštevamo še čas glavnih odmorov (okoli 9 % časa), se delež neproduktivnega časa poveča na 21 do 22 % — to bi za tako delo zadostovalo. V povprečju bi tako dosegli primerno sestavo delovnega časa in znosno raven obremenitve sekača.

Preglednica 2: Sestava časa (%) sečnje in spravila na nekaterih sečiščih  
Table 2: Schedules for felling and skidding operations (in %) in some cutting places

Sečnja					Spravilo				
Opravilo	Sečišče				Opravilo	Sečišče			
	Odd 11	Odd 21/4	Odd 21/6	Odd 21/6		Odd 11	Odd 21/4	Odd 21/6	Odd 21/6
Sečnja z gozdnim redom in drugim	54,9	46,5	67,4	50,0		I+1	I+2		
Zbiranje	22,8	46,9	—	40,9	Vlačenje in rampanje	72,2	32,9	24,2	53,9
Skupaj produktivni čas	77,7	93,4	67,4	90,9	Zbiranje	20,5	47,7	57,8	38,0
Neproduktivni čas					Skupaj produktivni čas	92,7	80,6	82,0	91,9
— zaradi delavcev	9,6	3,6	25,0	6,0	Neproduktivni čas zaradi delavcev in stroja	3,8	1,1	7,9	4,3
— zaradi stroja	12,7	3,0	7,6	3,1	Stroj čaka	3,5	-18,3	10,1	3,8
Skupaj neproduktivni čas	22,3	6,6	32,6	9,1	Skupaj neproduktivni čas	7,3	19,4	18,0	7,1
VSE skupaj	100	100	100	100	VSE skupaj	100	100	100	100
Povprečno drevo	0,14	0,09	0,15	0,09	Povprečna razdalja m	1200	330	57	336
Organizacijska oblika	I+1	I+1	I+2	I+1	Uporabljen traktor	IMT 560	BELT GV 70	IMT 560	

Pri sečnji nismo snemali posebej obratovalnega in efektivnega časa motorke. Ceni- mo, da je v času "sečnje" okoli 80 % obratovalnega časa in zanesljivo manj kot 40 % efektivnega. Če to upoštevamo in štejemo v delovnik (480 min.) še 40 min. za glavni odmor, lahko ugotovimo, da traja obratovalni čas motorke okoli 30 % delovnega časa ali na dan okoli 145 min. Efektivni čas motorke pa ne presega 15 % delovnega časa ali 70 min./dan. Vse te obremenitve so nižje od najstrožjih dopustnih sekačevih obremenitev. Zato je taka povprečna sestava delavnika ugodna.

Drugačno, manj ugodno sliko pa dobimo, če razčlenimo sestavo na sečiščih s kratko ali zelo dolgo spravilno razdaljo ali sečišča z zelo debelim ali drobnim drevjem. V takšnih primerih se spreminja razmerje potrebnega dela za sečnjo in spravilo. V prvem primeru čaka traktorist, v drugem pa sekač. To vidimo v preglednici 2; v njej smo prikazali sestavo časa pri sečnji in spravilu s traktorjem IMT 560 v odd. 11, s spravilno razdaljo 1200 m in povprečnim posekanim drevsom 0,14 m<sup>3</sup> ter v odd. 21/6, kjer je povprečno drevo 0,09 m<sup>3</sup> in razdalja 336 m. V odd. 21/4 so spravljali z zgibnikom BELT GV-70 v dveh organizacijskih oblikah. Prvič je bila organizacija I + 1 (traktorist in sekač). Tu je bilo povprečno drevo veliko 0,09 m<sup>3</sup> in razdalja

spravila 330 m. Drugič je bila organizacija I + 2 (traktorist, pomočnik zapenjalec in sekač). Tu je bila razdalja spravila 20 do 100 m (povprečno 57 m) in povprečno drevo 0,15 m<sup>3</sup>. Sestava časov v preglednici 2 ne zajema glavnega odmora.

V preglednici 2 vidimo, da je sekač na sečiščih, kjer je bila dolga pravilna razdalja (odd. 11), debelejšje drevje ali drugačna organizacija (I + 2 v odd. 21/4), imel veliko neproduktivnega časa. Kljub temu je bil v obeh primerih zelo obremenjen s škodljivimi vplivi motorke in v odd. 21/4 (I + 2) celo preobremenjen. Nasprotno je v drugih dveh primerih delal preveč zavzeto, imel premalo časa za rekreacijo in dosegel zelo velik delež produktivnega časa. Kljub temu ni bil preobremenjen z vplivom motorke.

Podobno je pri traktoristih. Tam, kjer sekač lahko pravočasno poseka dovolj dreves za breme, je delež produktivnega časa visok (odd. 11 in 21/6) in stroj skoraj ne čaka. V drugem primeru, ko je sekač v minimumu (ozko grlo), odd. 21/4, pa je delež produktivnega časa nizek. Zelo veliko je čakanja. To se dogaja tudi tam, kjer dosega sekač zelo nizek delež produktivnega časa in je kljub temu preobremenjen z vplivom motorke (organizacija I + 2 pri spravilo z BELT-om GV 70). Tu čaka sekač pri zbiranju in zapenjalec pri vlačanju.

Obravnavana problematika je zelo pomembna, ker zadeva obe ključni področji gozdnega dela:

- ergonomsko: preobremenitev sekača — fizično in z vplivom motorke,
- gospodarsko: delež produktivnega časa, čakanje traktorja in traktorista.

Iz obravnavanega lahko ugotovimo:

1. Pri sečnji drevja po drevesni metodi mora sekač delati še kaj drugega. Sicer je preobremenjen s škodljivimi vplivi motorke. Najustreznejša je zaposlitev pri zbiranju.
2. Na kratkih pravilnih razdaljah ali pri drobnem drevju sekač težko poseka dovolj dreves. Zato se pojavlja delovna (fiziološka) preobremenitev. Delavec ima premalo časa za rekreacijo med delom.
3. Če sekač premalo poseka, morata traktor in traktorist čakati. Zaradi tega so stroji slabo izrabljeni.
4. Iz podatkov lahko sklepamo, da se skoraj ne more zgoditi, da bi v obravnavanih okoliščinah (redčenje, drobno drevje) sekač lahko posekal več kot spravi en traktor. Zelo hitro pa se zgodi, da sekač ne more posekati dovolj dreves.

Reševanje navedenih problemov spada v organizacijo dela; pri tem bodo ugotovitve te raziskave prvi objektivni pripomoček. Kažejo pa se v temle:

1. Izbira traktorja.
2. Organizacijska oblika dela in organizacija dela na sečišču.
3. Sekanje na zalogo. Ta zaloga bi morala biti vsaj 0,5—1 breme in bi delovala kot nekak pufer.
4. Delo v skupini, kjer seka tudi traktorist, če je potrebno. To naj bi bilo le izjemoma.
5. Načelo in vodilo pri organizaciji sečnje in spravila po drevesni metodi (pa tudi sicer) je zahteva, da delavec priganja stroj, in ne nasprotno. Ne bi se smelo dogajati, da postane ozko grlo sekač.

Če upoštevamo te ugotovitve, lahko po podatkih v preglednici 1 sestavimo delavnik, ki naj bi veljal pri sečnji in spravilu po drevesni metodi v redčenjih. To bomo naredili tako, da bomo dodali primeren čas za glavni odmor (malico) in pri traktoristu izločili čas čakanja. Postopek prikazuje preglednica 3.

Za razumevanje preglednice 3 so potrebna tale pojasnila:

1. Sekačev delavnik smo sestavili tako, da smo dodali časom v preglednici 1 332,07 min. odmorov in nato vsoto časa delili z 8,3020, kolikor celih (480 minut) delavnikov je v tem času (3984,9 minut).
2. Sestava sekačevega delovnega časa kaže le 19,5 % neproduktivnega časa. To je precej manj, kot smo bili vajeni pri dozdajšnjih preučevanjih. Za to sta dva vzroka:
  - a) Drugačen delavnik ali opravilo. Sekač porabi skoraj prav toliko časa za sečnjo kot za zbiranje. Njegovo delo se "širi", postaja bolj raznoliko, opravila so drugačna in se prepletajo, tako da so sama po sebi nekakšna rekreacija. Zato je objektivno zmanjšana potreba po odmorih.
  - b) Drugačna tehnika obračuna. Pokaže se v zadnjem stolpcu, ko je dodatnega časa na sečnjo skoraj 52 %. Tu smo neproduktivne čase, ki odpadejo na sečnjo (v sorazmerju skupnega časa sečnje in zbiranja — to je 56,22 % neproduktivnega časa), in pomožne čase (gozdni red in drugo) preračunali na sečnjo. Ostali neproduktivni čas (43,78 %) smo preračunali kot sekačevo delo pri spravilu (zadnji stolpec pri spravilu). Tako izračunani delež sekačevega dodatnega časa ustreza za primerjave z drugimi raziskavami.
3. Za računanje delovnih normativov: ti naj kažejo, koliko sekač v resnici poseka. Pri takšni organizaciji je nujno upoštevati dodatne čase, kot so prikazani v predzadnjem stolpcu. Upoštevati je treba, da sekač sodeluje pri zbiranju lesa in zato porabi dobro tretjino delavnika. Zaradi tehnike snemanja in računanja regresij, ko so regresije računane le za čas sečnje, je ves dodatni čas računan na sečnjo. Faktor dodatnega časa je tako  $F = 2,6980$ .
4. Če pa računamo stroške sečnje, moramo upoštevati le porabo časa za sečnjo in učinke pri tem opravilu. To je prikazano v zadnjem stolpcu. Faktor dodatnega časa je tu "le"  $F = 1,5167$ .

Preglednica 3: Povprečni delavnik in njegova sestava pri sečnji in spravilu po drevni metodi

Table 3: Average daily schedule and its constituent parts for felling and skidding operations according to the full-tree logging method

	Opravilo Vrsta časa	Minut na dan	Sestava %	Sestava na produktivni čas	Dodatni čas za računanje normativov	
					Delo v skupini	Stroškov sečnje in spravila
<b>SEČNJA</b>						
Produktivni čas	Sečnja	177,91	37,1	0,4604	1,0000	1,0000
	Gozdni red	8,75	1,8	0,0227	0,0492	0,0492
	Drugo	30,58	6,4	0,0791	0,1719	0,1719
	Skupaj sečnja	217,24	45,3	0,5622	1,2211	1,2211
	Zbiranje	169,19	35,2	0,4378	0,9510	—
	Skupaj prod. čas	386,43	80,5	1,00	2,1721	1,2211
Neprod. čas	Zaradi delavca	69,09	14,4	0,1788	0,3883	0,2183
	Zaradi stroja	24,48	5,1	0,0633	0,1376	0,0773
	Skupaj neprodukt. čas	93,57	19,5	0,2421	2,6980	1,5167
	Vse skupaj	480	100	1,2421	2,6980	1,5167
<b>SPRAVILO</b>						
Produktivni čas	Vlačenje in rampanje	198,87	41,4	5,5403	Traktorist	Sekač
	Zbiranje	169,19	35,2	0,4597		
	Skupaj produkt. čas	368,06	76,6	1,0000	1,0000	1,0000
Neprod. čas	Zaradi delavca	73,20	15,2	0,1989	0,1989	0,1788
	Zaradi stroja	38,74	8,1	0,1052	0,1052	0,0633
	Skupaj neprodukt. čas	111,94	23,3	0,3041	0,3041	0,2421
	Vse skupaj	480,00	100	1,3041	1,3041	1,2421

- Razlika med obema faktorjema kaže po svoje smotrnost in racionalnost dela v skupini. Zaradi škodljivih obremenitev dela z motorko in omejitvev, ki jih ta povzroča, sekač ne bo mogel posekati bistveno več, četudi ne bi pomagal pri zbiranju. To nazorno kažejo podatki v preglednici 2. Pri delu v skupini, kjer sekač sodeluje pri zbiranju, dela sekač dodatno (koristno) skoraj 3 ure. Prav bi bilo, če bi se to upoštevalo tudi pri sekačevi plači.
- Sestavo traktoristovega delavnika predstavlja "povprečni" delavnik treh uporabljenih traktorjev: IMT 560, BELT GV-70 in LKT 81.

V neproduktivni čas so všteti pripravljajno-zaključni čas in vsi neogibni minimalni časi čakanja, ki bodo nastali tudi ob dobri organizaciji. V ta čas niso všteti zastoji zaradi kakršnih koli okvar stroja pri delu.

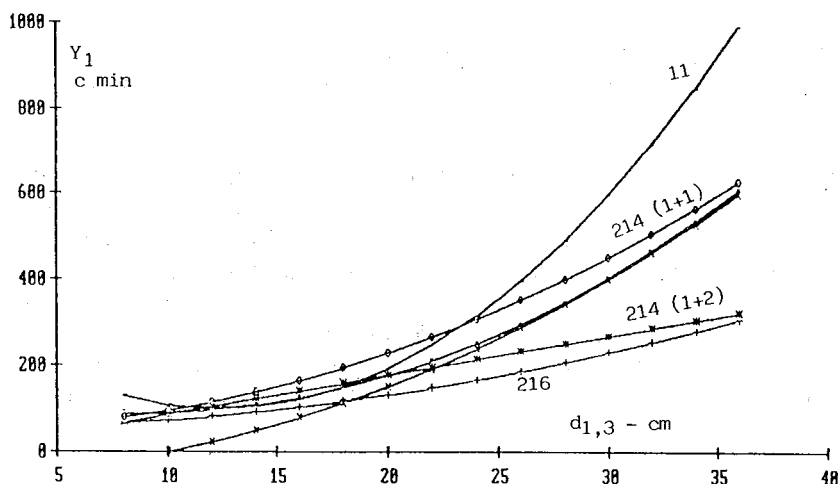


7. Zadnji stolpec pri spravilu je pripomoček za računanje sekačevega delovnega časa pri zbiranju. Faktor za njegov dodatni čas je  $F = 1,2421$ . Povprečni faktor za traktoristov dodatni čas (povprečje za zbiranje, vlačenje in rampanje) je  $F = 1,3041$ .

Vse navedene faktorje dodatnih časov bomo upoštevali pri računanju ustreznih časovnih in količinskih normativov dela.

### 3.2 Ugotovitve pri preučevanju sečnje

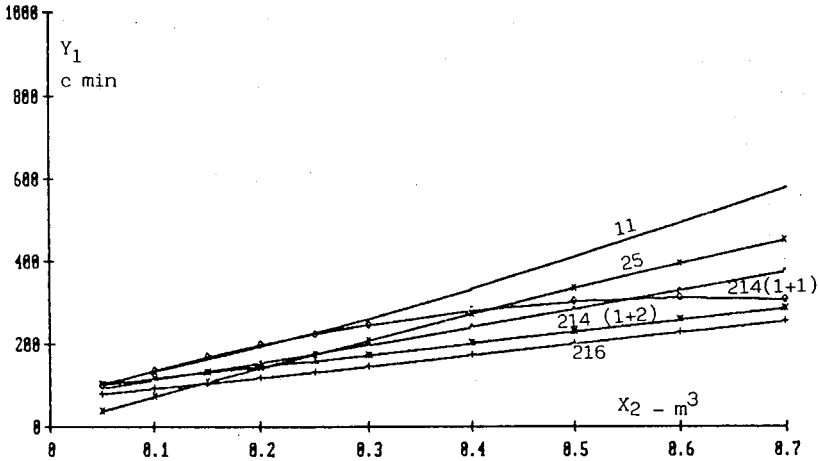
Na slikah 1 in 2 smo prikazali čas sečnje drevesa v odvisnosti od njegovega prsnega premera (slika 1) in njegove telesnine, debeljadi (slika 2). Na obeh je šop krivulj za vsa delovišča skupaj.



Slika 1: Produktivni čas sečnje za drevo v odvisnosti od njegovega prsnega premera  
 Figure 1: Productive use of time for felling a tree in correlation with its dbh

Produktivni čas sečnje obsega čas prehoda, podiranja drevesa in morebitnega prežagovanja ter obvejevanja 1 do 1,5 m dolžine debla ob mestu prežagovanja. Na sliki 1 vidimo, da čas sečnje z večjim premerom narašča progresivno.

Na sliki 2 pa vidimo, da čas sečnje raste z večjim volumnom linearno ali celo degresivno. Pri tem naj znova pojasnim, da debeljadi dreves nismo merili, ampak računali na podlagi prsnega premera. Tako je volumen drevesa čista funkcija njegovega prsnega premera.



Slika 2: Produktivni čas sečnje drevesa v odvisnosti od debeljadi  
 Figure 2: Productive use of time for felling a tree in correlation with stem wood

Na obeh slikah se časi sečnje precej razlikujejo med posameznimi sečišči. Razlike so v običajnih okvirih, kot jih najdemo pri preučevanju sečnje ( $\pm 10$  do  $15\%$  od povprečja). Vzrokov teh razlik nismo posebej preučevali. Zato o njih lahko le sklepamo na podlagi dozrajšnih izkušenj. Vzroki so objektivni, kot so razlike v značilnostih posekanih dreves — npr. čist ali korenovec z vejami, gosti ali manj gosti sestoji, gostota odkazila ipd. Med objektivne vzroke bi lahko šteli tudi ekstrapolacijo podatkov. Subjektivni vzroki so razlike v učinkih med posameznimi sekači in pa različen tempo (hitrost) dela pri istem sekaču kot posledica čakanja traktorja in drugih vzrokov.

Namen te študije ni natančneje preučevati vplive raznih dejavnikov na učinke pri sečnji po drevesni metodi. Ugotovili smo vpliv prsnega premera drevesa, ki ga na sečišču edinega lahko izmerimo brez težav. Ugotovili smo tudi vpliv debeljadi drevesa. Zato bomo vnaprej obravnavali le povprečno krivuljo (regresijo) za vsa sečišča skupaj.

Regresijski enačbi produktivnega časa sečnje po drevesni metodi in prsnega premera ali debeljadi sta:

Št. enačbe	Enačba	Korelacijski koeficient
1	$y_1 = 144,59 - 12,497 X_1 + 0,7039 X_1^2$	0,751
2	$y_1 = 73,76 + 399,45 X_2 + 47,0979 X_2^2$	0,742

Znaki pomenijo:

$y_1$  = produktivni čas sečnje v cmin (1/100 min),

$X_1$  = prsni premer drevesa v cm,

$X_2$  = debeljad drevesa v  $m^3$ .

Obe regresiji sta zanesljivi pri prsnih premerih 10 do 30 cm oziroma debeljadi 0,04 do 0,70  $m^3$ . Zunaj tega obsega sta manj zanesljivi; gre že za delno ekstrapolacijo.

Regresiji imata razmeroma nizko korelacijo. Z regresijo smo pojasnili le dobro polovico vse variance. Vendar je to razumljivo, če upoštevamo, da vsebuje čas sečnje tudi prehod med drevesi in da smo snemali sečnjo drobnega drevja, kjer so izdelovalni časi kratki in je relativni vpliv vsake motnje pri sečnji zelo velik. Zato je tudi varianca razmeroma velika.

Če enačbama dodamo dodatni čas, dobimo enačbe delovnega časa sečnje dreves po drevesni metodi. Te so:

Štev. enačbe	Enačba
1a	$T_S = 3,90 - 0,3372 X_1 + 0,01899 X_1^2$
1b	$T_R = 2,19 - 0,1895 X_1 + 0,01068 X_1^2$
2a	$T_S = 1,99 + 10,7772 X_2 + 1,2707 X_2^2$
2b	$T_R = 1,12 + 6,0585 X_2 + 0,7143 X_2^2$

Znaki pomenijo:

$T_S$  = delovni čas sečnje (min/drevo) v skupini, kjer sekač sodeluje tudi pri zbiranju dreves pri spravilu,

$T_R$  = delovni čas sečnje (min/drevo) za računanje stroškov sečnje.

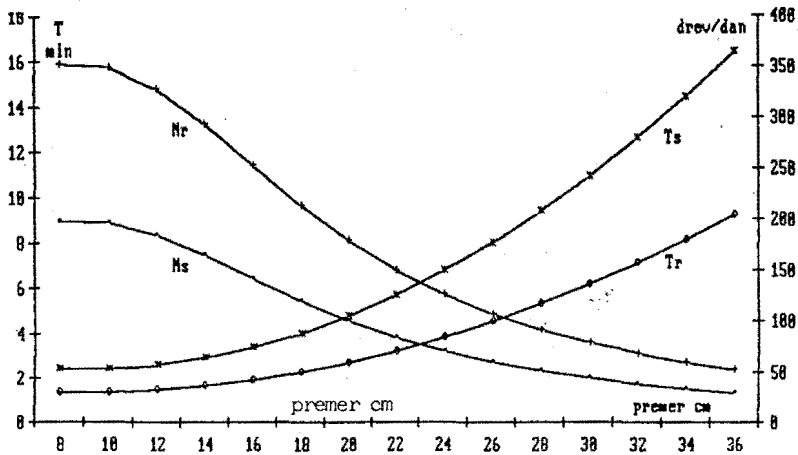
Enačbi 1a in 2a nam dajeta delovni čas (min/drevo) pri organizaciji dela v skupini, ko sekač sodeluje tudi pri zbiranju dreves pri spravilu. Ta čas vsebuje v bistvu čas sečnje in zbiranja drevja. Enačbi 1b in 2b pa dajeta delovni čas sečnje drevesa. Tu ni upoštevano zbiranje. Ti enačbi je mogoče uporabljati le za računanje časov kot osnovo za račun stroškov sečnje po tej metodi.

Sekač, ki bi delal po teh normativih (enačbi 1b in 2b), bi bil izpostavljen preveliki obremenitvi škodljivih vplivov motorke.

Enačbi 2a in 2b lahko preračunamo tudi tako, da nam dajeta delovni čas za 1  $m^3$  posekane debeljadi v odvisnosti od debeljadi drevesa.

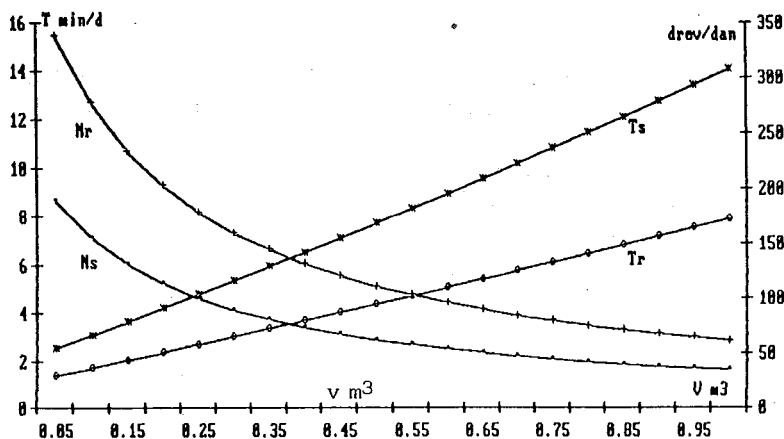
Št. enačbe	Enačba
3	$T_{sm^3} = 10,78 + 1,2707 X_2 + 1,99/X_2$
4	$T_{rm^3} = 6,06 + 0,7143 X_2 + 1,1187/X_2$

Na slikah 3 in 4 sta prikazana čas sečnje drevesa in število posekanih dreves na dan, prvič v odvisnosti od njihovega prsnega premera, drugič pa od debeljadi.



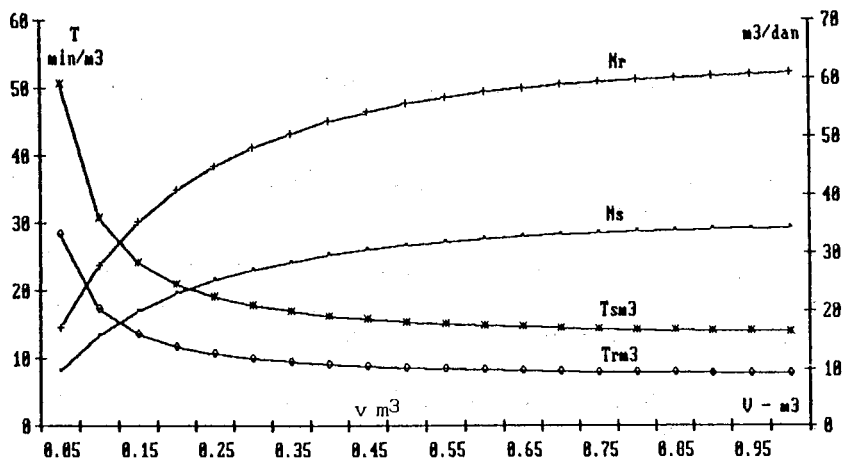
Slika 3: Delovni čas za sečnjo ( $T_s$ ) in število posekanih dreves na dan v odvisnosti od prsnega premera

Figure 3: Working time required for fellings ( $T_s$ ) and the number of trees cut daily in correlation with dbh



Slika 4: Delovni čas za sečnjo drevesa in število posekanih dreves (N) na dan v odvisnosti od debeljadi

Figure 4: Working time required for felling a tree and the number of trees cut daily in correlation with stem wood



Slika 5: Delovni čas za sečnjo 1 m³ debeljadi in količina posekane debeljadi na dan v odvisnosti od debeljadi drevesa

Figure 5: Working time required for the felling of 1 m³ of stem wood and the quantity of stem wood cut daily in correlation with the stem wood of a tree

## 3.3 Ugotovitve pri preučevanju spravila

Preučevali smo spravilo s traktorji IMT 560, BELT GV 70 in LKT 81. Pregled spravljenih količin in nekatere značilnosti spravila so podane v preglednici 4.

Preglenica 4: Spravljena deblovina in nekatere značilnosti spravila

Table 4: *Stem wood which was skidded away and some characteristic features of the of the skidding process*

Opis	Vrsta traktorja		
	IMT 560	BELT GV 70	LKT 81
Spravljena masa m <sup>3</sup>	57,83	61,63	25,96
kosov	512	525	98
povprečno drevo	0,113	0,117	0,265
Število voženj	36	30	13
povprečna razdalja m	557	239	138
Povprečno breme m <sup>3</sup>	1,606	2,054	1,997
dreves	14,2	17,50	7,54
Povprečni učinki min/m <sup>3</sup>	31,1	25,6	12,4
m <sup>3</sup> /dan	15,4	18,7	38,8
Povprečni deleži			
zbiranja	36	62	44
vlačenja in rampanja	64	38	56

Spravljali so navzdol. Izjema je le spravilo z BELTOM, kjer so vlekli nekoliko navzgor.

Bremena so razmeroma majhna zaradi spravila celih dreves in zelo drobnega drevja. Zaradi majhnih bremen so majhni tudi učinki.

Omenili smo že, da smo pri spravilu nadrobneje snemali zbiranje. Čase vlačjenja in rampanja smo zaznamovali le kot odsotnost traktorja na delovišču. Zato so v tem času lahko tudi kratki odmori ali kaj podobnega.

Pri zbiranju je sodeloval zmeraj tudi sekač. Zapisovali so strojni čas, zato se ta čas nanaša na dva delavca.

Pri preučevanju zbiranja smo izračunali tele regresijske enačbe:

Regressijska enačba za produktivni čas zbiranja ( $y_1 = v$  minutah/ $m^3$ )

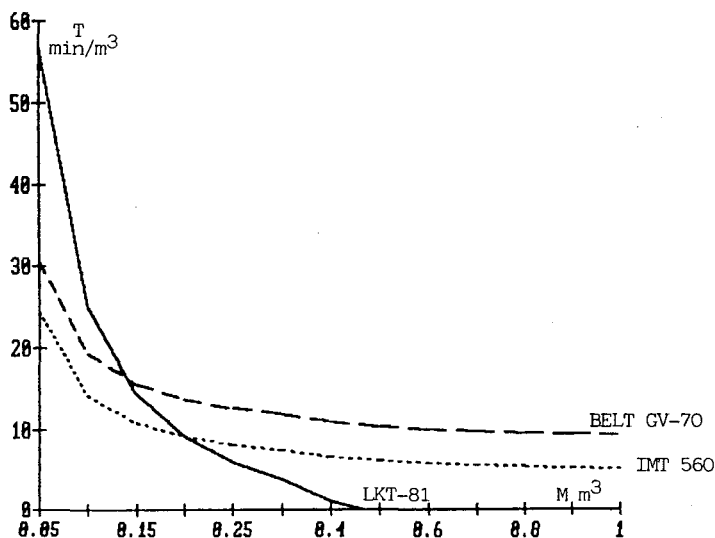
Št. enačbe	Vrsta traktorja	Enačba	Korelacijski koeficient
5	IMT 560	$y_1 = 3,13 + 0,7749/M$	0,66
6	BELT GV 70	$y_1 = 6,23 + 0,8566/M$	0,42
7	LKT 81	$y_1 = -5,28 + 2,4386/M$	0,87

M = povprečno drevo (kos) v bremenu v  $m^3$ .

Korelacije niso prav visoke, vendar so približno tolikšne kot pri drugih preučevanjih spravila.

Na sliki 6 je prikazan delovni čas zbiranja  $1 m^3$  debeljadi v odvisnosti od velikosti povprečnega drevesa (kosa) v bremenu.

Iz diagrama vidimo, da se čas zbiranja  $1 m^3$  debeljadi zelo hitro zmanjšuje z naraščajočo debeljadjo povprečnega drevesa.



Slika 6: Delovni čas zbiranja  $1 m^3$  debeljadi glede na debeljad drevesa

Figure 6: Working time required for the bunching of  $1 m^3$  of stem wood in correlation with the size of the stem wood of a tree

Nadrobnejša analiza enačb 5, 6 in 7 in primerjava podatkov na sliki 6 nam pokažeta nekaj pomembnosti:

- Časi zbiranja s traktorjem BELT GV 70 so pri vseh debelinah, pri traktorju LKT 81 pa pri drobnejšem drevju precej daljši kot pri zbiranju s traktorjem IMT 560.
- Podatki (regresija) za traktor LKT 81 so čudni. Kljub visoki korelaciji niso uporabni. Gre za to, da so izračunani časi zbiranja za srednje debeline (okoli povprečnega drevesa 0,20 m<sup>3</sup>) natančni in uporabni. Z odmikom od sredine pa izračunani časi niso več uporabni. Gre za ekstrapolacijo, ker smo snemali razmeroma malo voženj in še tudi je bilo drevje enakih dimenzij.

Za prvo ugotovitev sta vsaj dva vzroka:

1. objektivni, to je da ima traktor IMT 560 verižne zanke, druga dva pa vrvne. Pri drobnem drevju so verižice boljše, bolj priročne kot pa vrvne zanke;
2. snemalci ugotavljajo, da sta delavca pri traktorju BELT GV 70 delala bolj počasi od drugih.

Iz navedenega lahko sklepamo, da težki zgibniki s svojo običajno opremo niso primerni za spravilo zelo drobnega drevja. Menimo, da bi zgibniki s primerno opremo in organizacijo dela hitreje zbirali les kot pa prilagojeni traktorji. Samo tedaj bi jih bilo za to delo tudi smotrno in upravičeno uporabiti. Zato bomo v nadaljevanju pri računanju predpostavljali, da je zbiranje z zgibniki enako hitro kot pri traktorju IMT 560.

Pri računanju stroškov zbiranja je treba poleg časa traktorja in traktorista upoštevati še sekačev čas pri zbiranju. Ta znaša 95,25 % traktoristovega časa.

Za čas vlačanja in rampanja dreves smo ugotovili značilno korelacijo z razdaljo (X) le za traktorje IMT 560 in BELT GV 70. Pri LKT 81 je bilo snemanj malo in še ta so bila skoraj vsa na isti razdalji. Zato tu nismo ugotovili korelacije.

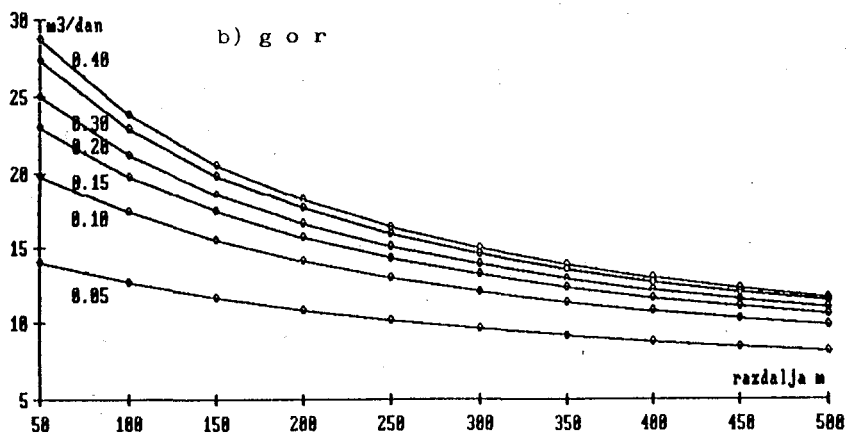
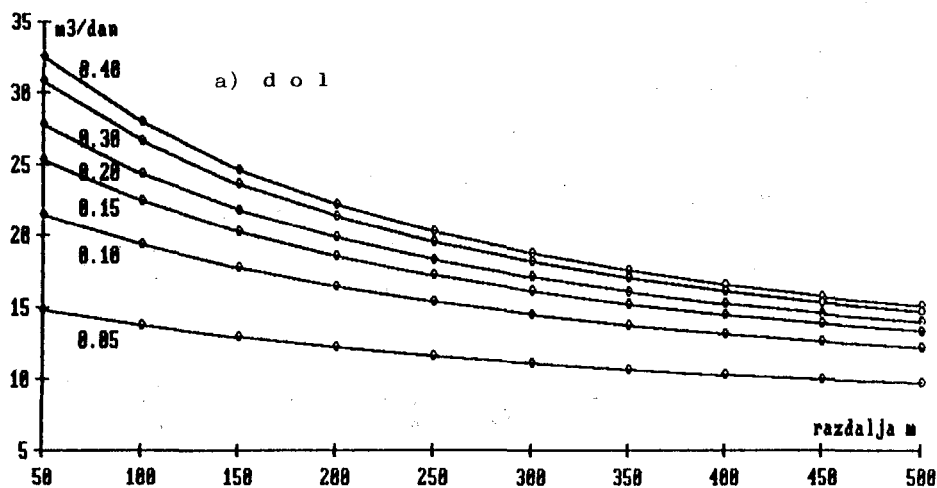
Regresijski enačbi za čas vlačanja in rampanja ( $y_2$  — min/breme) sta:

Štev. enačbe	Vrsta traktorja	Enačba	Korelacijski koeficient
8	BELT GV 70	$y_2 = 6,7268 + 0,0001141 X^2$	0,70
9	IMT 560	$y_2 = 6,8911 + 0,0644X - 0,000032 X^2$	0,77

Obe enačbi imata razmeroma visoko korelacijo.

Če upoštevamo velikosti povprečnega bremena, lahko enačbi 8 in 9 preračunamo, da nam dajeta čas vlačanja in rampanja za 1 m<sup>3</sup>.

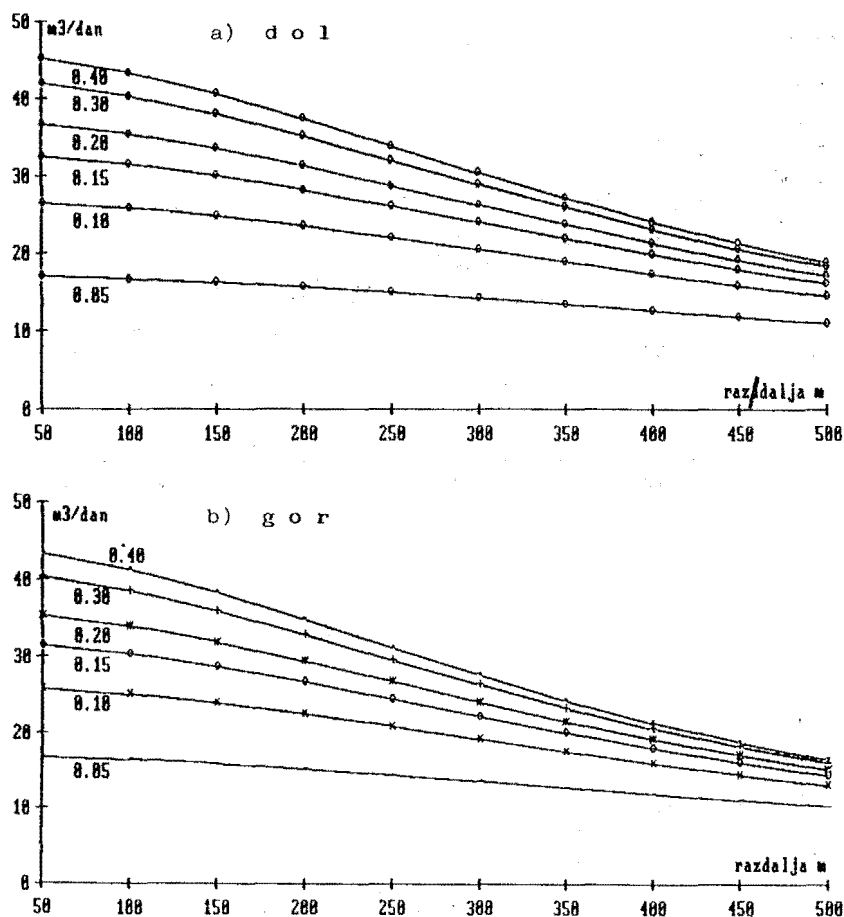




Slika 7: Količinski normativi spravila dreves s traktorjem IMT-560

Figure 7: Quantitative norms for the skidding of trees with IMT-560 tractor

Če seštejemo enačbi za zbiranje in vlačenje z rampanjem za 1 m<sup>3</sup> debeljadi in dodamo dodatni čas, dobimo enačbe, ki nam dajejo delovni čas za spravilo 1 m<sup>3</sup> debeljadi v odvisnosti od razdalje spravila (X) in velikosti povprečnega drevesa (debeljadi) v bremenu (M).



Slika 8: Količinski normativi spravila dreves s traktorjem BELT GV-70  
 Figure 8: Quantitative norms for the skidding of trees with BELT GV-70 tractor

Enačbe za delovni čas spravila 1 m<sup>3</sup> debeljadi v celih drevesih

Št. enačbe	Vrsta traktorja	Enačba	Nagib spravi
10	IMT 560	$T = 9,68 + 0,0523X - 0,000026X^2 + 1,0105/M$	dol
10a	IMT 560	$T = 10,52 + 0,0747X - 0,0000371X^2 + 1,0105/M$	gor
11	BELT GV-70	$T = 7,93 + 0,000058X^2 + 1,0105/M$	dol
11a	BELT GV-70	$T = 8,36 + 0,0000724X^2 + 1,0105/M$	gor

V enačbi pomenijo:

T = delovni čas traktorista in traktorja v min/m<sup>3</sup>

X = razdalja spravila v m

M = velikost povprečnega drevesa (kosa) v m<sup>3</sup> neto

Izračunani delovni čas za spravilo 1 m<sup>3</sup> debeljadi z različnimi traktorji je podan v slikah 7 in 8.

#### 4 PRIMERJAVA UGOTOVLJENIH UČINKOV Z DRUGIMI PREUČEVANJI

Pričujoča študija je prva pri nas, ki obravnava učinke sečnje in spravila po drevesni metodi. Zato je zanimivo ugotoviti, kakšni so delovni učinki te metode v primerjavi z učinki ob uporabi druge metode. Ta primerjava je del presoje o gospodarnosti drevesne metode pri nas.

##### 4.1 Primerjava učinkov sečnje

Leta 1984 je POGORELČNIK (1984) preučeval sečnjo in pripravo za spravilo v mladem gozdu. Snemal je sečnjo in izdelavo pri redčenjih v smrekovih letvenjakih gozdnega gospodarstva Nazarje. Sestoji so bili po sestavi in debelini podobni tistim, v katerih so sekali po drevesni metodi. Posekano drevje je bilo v Nazarjah nekoliko drobnejše.

Iz Pogorelčnikove raziskave smo izračunali enačbe za računanje delovnega časa:

##### 1. Enačbe za klešččenje, krojenje in prežagovanje drevesa

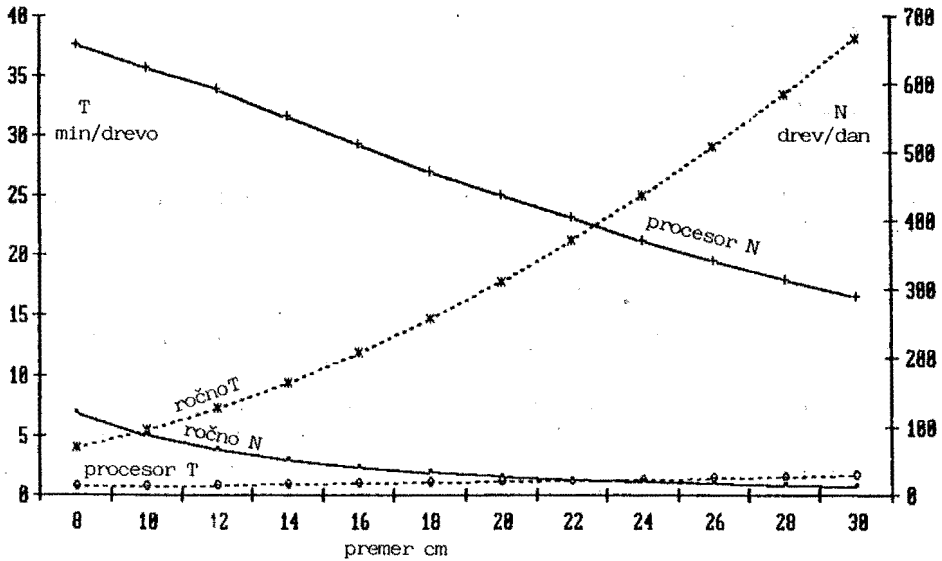
$$T_k = 1,3669 + 0,0408 d^2$$

$$T_k = 2,3658 + 90,585 M - 102,755 M^2$$

$$T_{m^3} = 90,585 - 102,75 M + 2,3658/M$$

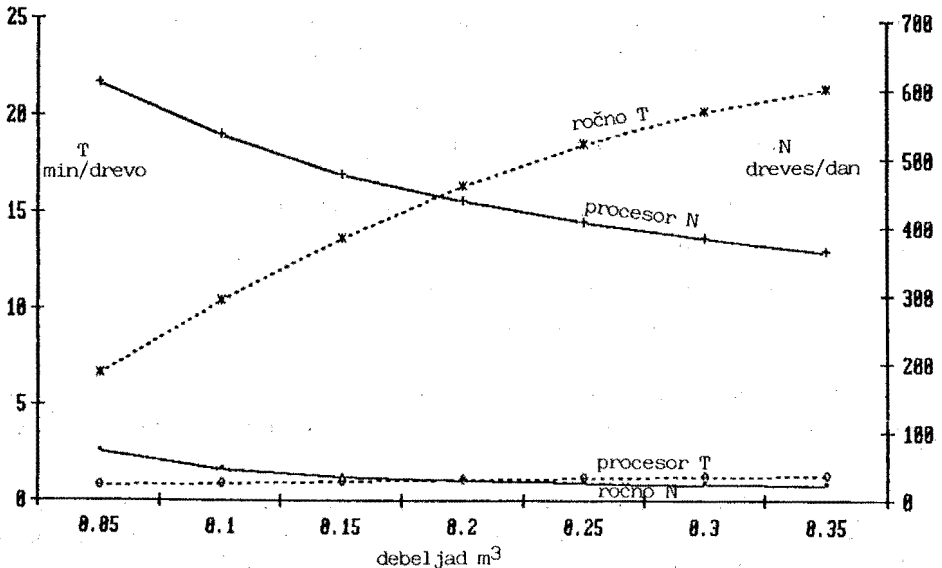
Prvi enačbi nam dajeta delovni čas (min) za drevo, iz druge pa smo izpeljali tretjo, ki daje delovni čas za klešččenje, krojenje in prežagovanje 1 m<sup>3</sup> debeljadi glede na debeljad drevesa (M).

2. Za sečnjo in izdelavo. Semkaj so všteti vsi postopki (prehod, podiranje, klešččenje, krojenje in prežagovanje), ki so ponavadi zajeti pri sečnji in izdelavi. Ker je bilo drevje drobno, so največkrat ostala cela debbla. Odžagali so le vrh. Zato bomo to metodo označili za "debelno".



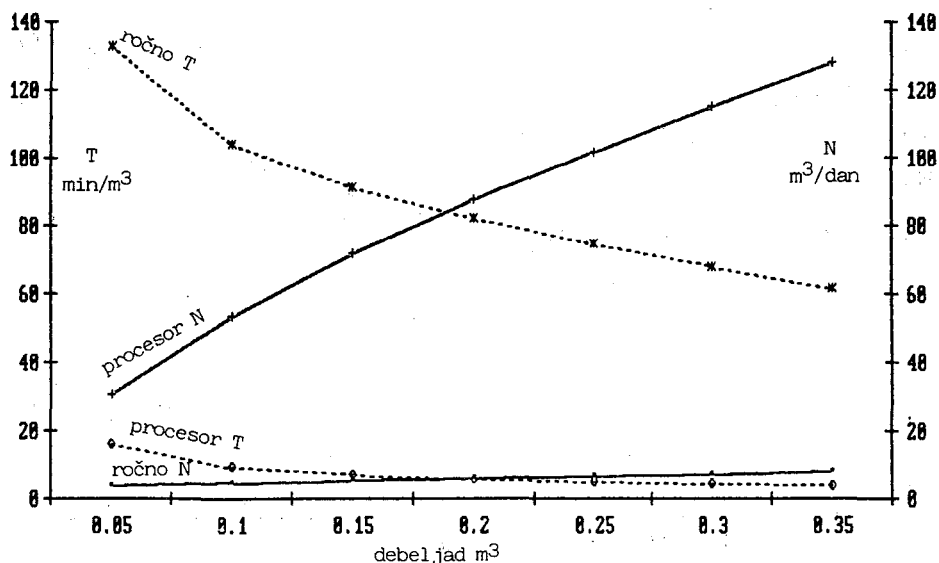
Slika 9: Primerjava učinkov ročne in strojne dodelave

Figure 9: A comparison of efficiency attained by motor manual procedure with that achieved by mechanized procedure



Slika 10: Primerjava učinkov ročne in strojne dodelave

Figure 10: A comparison of efficiency attained by motor manual procedure with that achieved by mechanized procedure



Slika 11: Primerjava ročne in strojne dodelave

Figure 11: A comparison of efficiency attained by motor manual procedure with that achieved by mechanized procedure

$$T = -1,306 + 0,6744 d + 0,0331 d^2$$

$$T = 3,8167 + 140,069 M - 190,3545 M^2$$

$$T_{m^3} = 140,07 - 190,35 M + 3,8167/M$$

V enačbah pomenijo:

T oz.  $T_k$  = delovni čas za 1 drevo

$T_{m^3}$  = delovni čas za 1 m³ debeljadi

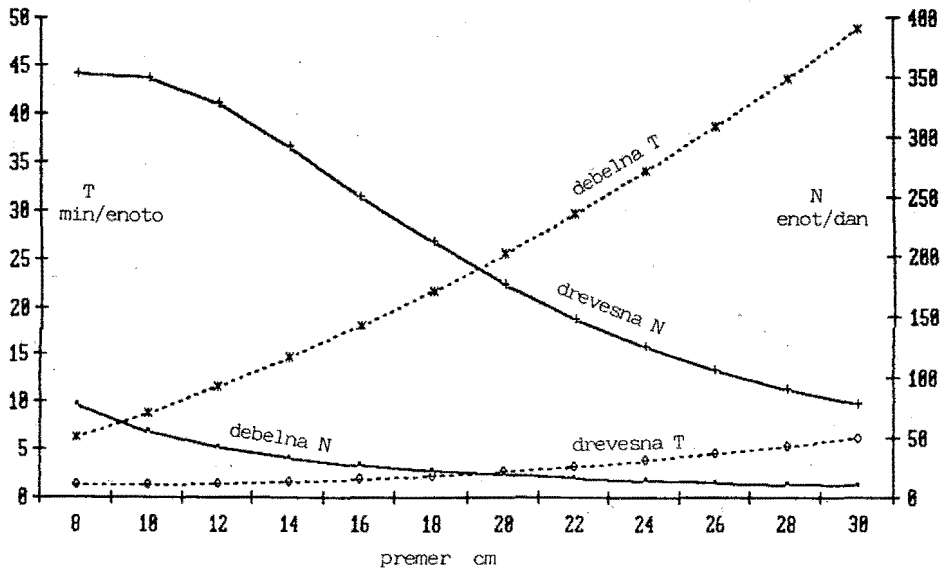
d = prsni premer drevesa

M = debeljad (telesnina) drevesa.

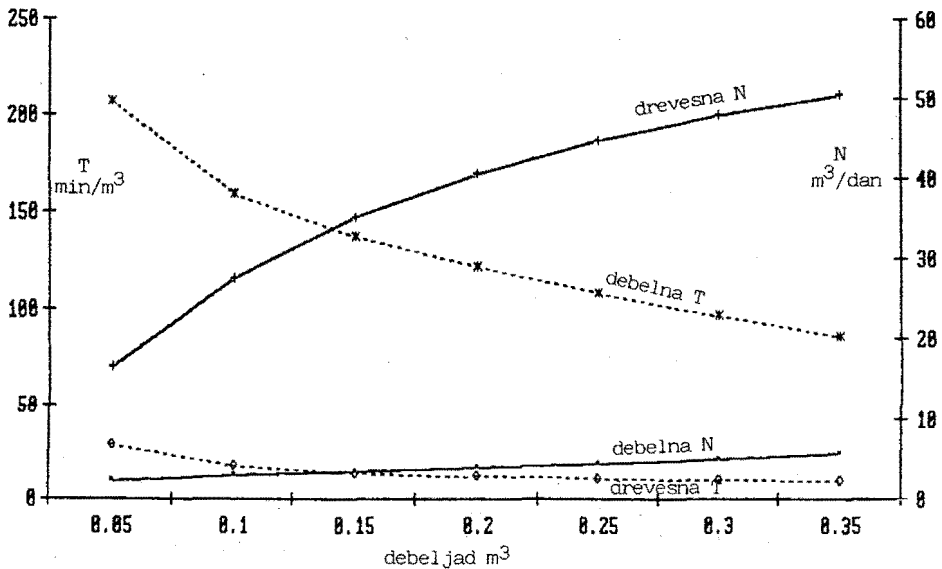
Enačbe dajejo uporabne rezultate za debeline drevja od 8 do 30 cm, za debeljad pa od 0,03 do 0,40 m³.

Na slikah 9, 10 in 11 so podani delovni časi in dnevni učinki ročnega dela (kleščanja in krojenja s prežagovanjem), izračunani iz enačb pod 1. Tu so podani tudi delovni časi in dnevni učinki enakih opravil, če jih opravimo strojno — s procesorjem KP 40. Ti podatki izhajajo iz preučevanj dela navedenega procesorja v Vitanju (REBULA 1990).

Primerjava kaže, da traja ročno delo pri drobnem drevju 5- do 8-krat, pri debelejšem (okoli 30 cm prsnega premera) pa celo 22-krat dalj časa kot strojno. Sorazmer-



Slika 12: Primerjava učinkov pri sečnji po debelni in drevesni metodi  
 Figure 12: A comparison of efficiency in felling according to tree-length method with that attained by full-tree method



Slika 13: Primerjava učinkov sečnje (v m³) pri debelni in drevesni metodi  
 Figure 13: A comparison of efficiency in felling (in m³) according to tree-length method with that attained by full-tree method

no temu so delovni učinki dodelave s procesorjem 5- do 22-krat večji kot pri ročnem delu.

Uporaba procesorja je torej bolj smotrna pri debelejšem drevju.

Na slikah 12 in 13 pa je podana primerjava učinkov pri sečnji pri debelni metodi (enačb pod 2 iz raziskave Pogorelčnika — 1984) in pri drevesni metodi iz te raziskave — enačbe 1b, 2b in 4. Upoštevali smo čase in učinke, kot bi jih sekač dosegel, če bi samo sekal.

Primerjave kažejo, da sekač pri drevesni metodi poseka 7- do 10-krat več drevja (debeljadi) kot po metodah, kjer drevesa tudi oklesti, in če je potrebno, prežaga. Največje so razlike pri debelinah okoli 20 cm oziroma pri debeljadi 0,15 do 0,25 m<sup>3</sup>/drevo.

#### 4.2 Primerjava učinkov pri spravilu

V Sloveniji so preučevali spravilo s traktorji številni strokovnjaki. Znana so razmerja učinkov raznih traktorjev, toda vse so preučevali bolj ali manj v debeljkih — pri rednih sečnjah in ponavadi pri sortimentni metodi ali metodi mnogokratnikov. Debelno metodo je preučeval le AJDIČ (1977), REBULA (1976) in JUŽNIČ (1984) pa sta preučevala spravilo drobnih listavcev. Zato ne moremo vzporejati učinkov spravila drobnih iglavcev po drevesni metodi, z nekim drugim pravilom tako natančno, kot smo to naredili pri sečnji. Lahko le presodimo, koliko so učinki spravila pri drevesni metodi manjši od učinkov običajnega spravila v podobnih razmerah.

Primerjava časov in učinkov zbiranja s traktorjem IMT 560 in normiranimi učinki v "panožnem sporazumu" (tu so normativi za zbiranje in rampanje skupaj; računamo, da je 60 % časa potrebnega za zbiranje) kaže, da zbiranje dreves pri tem preučevanju traja približno 10 do 20 % več časa, kot določajo normativi. Če pa upoštevamo, da normativi v "panožnem sporazumu" za traktor IMT 560 veljajo za organizacijo I + O, se razlike povečajo na okoli 60 do 70 %. Približno take so razlike tudi, če upoštevamo normative za vrvne linije in računamo, da je sekač (pomočnik) pomagal pri zbiranju. Podobno ugotovimo tudi, če primerjamo učinke zbiranja drugih traktorjev v tej raziskavi (BELT GV 70 in LKT 81) z dognanji drugih preučevanj spravila s temi traktorji (KRIVEC 1979, JENČIČ 1984, TREBEC 1985, REBULA 1984).

Pri tem pa moramo upoštevati, da vsi podatki drugih raziskav izhajajo iz sečenj debelejšega drevja. Zato podatki za zelo drobno drevje niso najzanesljivejši in so verjetno prenizki. Lahko torej sklepamo, da je čas zbiranja 1 m<sup>3</sup> debeljadi pri drevesni metodi za približno 40 do 60 % (povprečno 50 %) daljši kot pri sečnjah in spravilu pri drugih metodah, kjer drevje oklestijo in obvršijo. Za toliko so večji tudi stroški

zbiranja. Učinki zbiranja pa so tako povprečno za tretjino manjši. Ugotavljamo, da je podobno tudi pri rampanju.

Pri vlačanju je nekoliko drugače. Raziskave kažejo (AJDIČ 1977, KRIVEC, 1979, REBULA 1984 idr.), da je hitrost gibanja traktorjev bolj ali manj enaka, le da traktorist prilagaja velikost bremena okoliščinam spravila. V težjih razmerah je breme manjše. Tako je lahko zaradi strmine in tudi pri drobnem lesu. (KRIVEC, 1979, REBULA 1984).

V naši raziskavi pa na učinke vlačanja poleg zelo drobnega drevja vplivata še masa in volumen krošnje, ki jo vlačí traktor. Masa krošnje je večje (težje) breme, volumen pa povečuje obseg bremena in tako (verjetno še bolj od mase) omejuje velikost bremena.

Primerjava velikosti bremena pri drevesni metodi z bremeni pri drugih preučevanih spravila v podobnih okoliščinah (KRIVEC 1979, JENČIČ 1984, TREBEC 1984, REBULA 1984 idr.) kaže, da je količina debeljadi v bremenu pri drevesni metodi pri lahkih traktorjih (IMT 560) okoli 20 % nižja, pri težkih zgibnikih pa je za 35 do 50 % nižja od bremena pri spravilu po drugih metodah. Za toliko je tudi nižji učinek spravila v časovni enoti (npr. dnevno). Stroški spravila po drevesni metodi so torej višji v povprečju za okoli 25 % pri velikoserijskih prilagojenih traktorjih (IMZ 560) in za 50 do 100 % višji pri težkih zgibnikih. Spravilo drobnih sortimentov in še na kratke razdalje, s težkimi zgibniki in drugimi traktorji je itak veliko dražje kot spravilo s prilagojenimi traktorji (REBULA, KOŠIR 1988). Zato jih tudi pri spravilu drobnega drevja pri drevesni metodi ni smotrno uporabljati.

## 5 SUMMARY AND CONCLUSIONS

The present study is the first in Slovenia to deal with operational efficiency in felling and skidding with the use of IMT 560, BELT GV-70 and LKT-81 tractors for full-tree logging.

The project was carried out at the Rakovec Division of the Vitanje Forestry (The Forestry Management of Celje) and was concerned with the thinning of Norway spruce pole stands and timber stands at a height of about 1,100 m above sea level.

The aim of the study was to determine operational efficiency attained by full-tree logging method, to identify factors that affect this efficiency and to compare efficiency attained by using full-tree method with that achieved by other methods such as tree-length and shortwood logging methods.



The structure of work groups varied so as to consist of either a feller and a tractor operator, or two feller and a tractor operator, or alternatively a feller a tractor operator and a choker setter (assistant). The feller would assist the tractor operator in bunching, and the tractor operator would also handle trees caught in the branches of adjacent trees with the aid of a jack. The research method of this study was adjusted to the operational organization and method, and, accordingly, an adequate recording chart was designed.

The main findings of the study are as follows:

- (1) The felling and skidding operations were recorded for 61 and 58 hours, respectively, with no major breaks during this period. On an average, the feller worked, without a major break, for 88% of the above period, of which 40% was used for felling, 2% for setting up the work procedure, 38% for his assistance in skidding, i.e. bunching, and 8% for other tasks. The tractor operator also attained a high level of productivity, namely 86%, of which 53% was used for hauling and levelling, and 47% for bunching. In the organization of work mentioned above the tractor operator would wait for the feller to crosscut the trees for 10% of the time on an average.

Daily schedules vary to a great extent with skidding distance and tree diameter. Short skidding distances and small-size trees make the tractor operator wait whereas longer distances and larger trees keep the tractor operator occupied so that the feller can easily cut as much wood as the tractor operator is able to skid away. These are the factors that determine the relationship between individual tasks and productive and non-productive use of time.

- (2) If the main break is added to the working time, the feller and the tractor operator achieve a time productivity rate of 80.5% and 76.5%, respectively.

Such a high percent of productively used time achieved by the feller in particular results from team work in which the feller assists in the skidding process as well as carries out his own job. In this way the scope of his work has been extended and so-called "active breaks" have been created during which muscle areas particularly prone to strain in the course of felling are relieved through job alternation.

Despite the high percentage of productive work attained by the feller he is not overexposed to harmful effects of power saw operation.

- (3) The time required for felling if full-tree logging method is used is very short. It takes from 2 to 8 minutes to cut down a tree depending on the diameter of a tree or stem wood.

Accordingly, the daily norm of a feller is between 50 and 350 trees per day or, depending on the tree diameter, between 15 m<sup>3</sup>/day at a dbh of about 13 cm and

60 m<sup>3</sup>/day at a dbh of about 35 cm. Such efficiency would be achieved by the feller if he did nothing else but fell trees. In practice, because he assists in bunching, he fells trees only slightly more than half of his working time, his actual efficiency is about 47% lower.

The efficiency in felling depends mainly on tree size. Thus the correlation between the time required for felling and the dbh of a tree is  $R = 0,75$ , and whereas the correlation between felling time and the stem wood of a tree is  $R = 0,74$ .

Felling time also differs with cutting places. The reasons for these discrepancies, which result from a variety in the abundance of branches and tree size, were not outlined in this present study. The felling time of more slender trees, i.e., taller and relatively less branchy, seems to be shorter than the felling of sturdier and more thickly covered trees.

(4) Trees were skidded mainly downhill. The average loads were as follows:

- 1.61 m<sup>3</sup> of stem wood or 14.2 trees for IMT-560 tractor,
- 2.05 m<sup>3</sup> of stem wood or 17.5 trees for BELT GV-70 tractor, and
- 2.00 m<sup>3</sup> of stem wood or 7.54 trees for LKT-81 tractor.

Loads were relatively small on account of small-size trees and full-tree skidding method. Therefore, daily efficiency was relatively low as well. It was, on an average,

- 15.4 m<sup>3</sup> for IMT-560 tractor at the skidding distance of 560 m,
- 18.7 m<sup>3</sup> for BELT GV-70 tractor at the skidding distance of 239 m, and
- 38.8 m<sup>3</sup> for LKT-81 tractor at the skidding distance of 138 m.

The skidder (with its wire rope slings) does not appear to be adequate for the skidding of a high number of small-size trees. Because of relatively low operational efficiency of skidders the economic benefits of their application in this kind of work are questionable.

The bunching time required for 1 m<sup>3</sup> of stem wood depends to a great extent on tree size, for it decreases quickly with an increase in tree size, whilst the hauling time for 1 m<sup>3</sup> of stem wood depends mainly on load size and hauling distance.

(5) A comparison of the time required for motor manual disbranching and cross-cutting (using a chain saw) with that for delimiting and bucking (using a KP-40 processor) indicates that manual work is much more time-consuming. It takes from 5 to 23 times longer at the dbh of 8 cm and 30 cm, respectively. The difference increases progressively with tree size.

The same comparison for processing time of 1 m<sup>3</sup> of assortment shows that manual work takes 8—16 times longer. For large trees (stem wood above 0.30 m<sup>3</sup>/tree) the ratio is about 16 to 1. Consequently, it is more economical to use a processor.

- (6) A comparison of efficiency in felling according to tree-length method (with disbranching) with that attained by full-tree method indicates that the latter is 5—10 times faster. The most favourable ratio is attained at the dbh of 18—22 cm, or for stem wood of 0.15—0.25 m<sup>3</sup>/tree. In this case the felling process by tree-length method takes 9—10 times longer than by full-tree method. Above and below this diameter the ratio changes and the differences are smaller, changing faster upwards and more slowly downwards.
- (7) A comparison of operational efficiency in the skidding of whole trees with that attained in skidding according to tree-length and shortwood logging methods is made difficult due to the lack of data on efficiency achieved by the latter methods under the same conditions, i.e., the thinning of conifers and team work. It may be estimated though that the bunching of 1 m<sup>3</sup> of stem wood by using the full-tree method would take about 50 % (i.e., 40—60 %) longer than by the conventional felling method under the same conditions. Operational efficiency in the hauling of whole trees with adapted (light-weight) tractors is estimated at about 80 % of the efficiency attained by tree-length or shortwood methods. If heavy-weight skidders are used, the differences are expected to be higher. Thus the efficiency in the skidding of whole trees with adapted tractors is about 25—30 % lower and even as much as 35—45 % lower if forestry skidders are used than in the skidding of stem wood or assortment. Accordingly, operational costs for full-tree skidding with adapted tractors are 35—45 % higher, and with skidders even as much as 53—82 % higher than for skidding by conventional felling methods.

## 6 REFERENCE

- AJDIČ, J., 1977: Gospodarnost spravila lesa iglavcev z zgibnimi traktorji na Pohorju, Maribor 1977, magistrska naloga.
- BOJANIN, S., 1975: Izvlačenje tanje tehničke oblovine pomoću traktora, *Drvena industrija* 26 (1975) 11—12, s. 263.
- BOJANIN, S., 1982: Sakupljanje trupaca vitlom, *Mehanizacija šumarstva* 7 (1982) 10—12, Zagreb.
- BOJANIN, S., 1985: Das Rücken von Lagnutzholz mit einem Rückezug bei unterschiedlichen Arbeitsbedingungen. Mitteilungen, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holz., Hamburg 1985.
- JENČIČ, S., VIDMAR, I., 1984: Primernost uporabe zgibnika LKT-81 v pohorskih razmcrh, diplomska naloga, VTOZD za gozdarstvo, Ljubljana 1984.
- JUŽNIČ, B., 1984: Poškodbe pri sečnji in spravilu lesa v bukovih drogovnjakih, Ljubljana 1984.
- KRIVEC, A., 1979: Proučevanje traktorskega spravila lesa, Ljubljana 1979.
- POGORELČNIK, M., 1984: Sečnja in priprava za spravilo v mladem gozdu, diplomska naloga VTOZD za gozdarstvo, Ljubljana 1984.

- REBULA, E., 1979: Tehnologija in gospodarnost pridobivanja drobnih sortimentov listavcev iz redčenj, Zbirka referatov: Perspektiva proizvodnje in porabe drobnega lesa listavcev, Ljubljana 1979.
- REBULA, E., 1984: Spravilo z zgibniki LKT-81 v Sloveniji, Zbornik gozdarstva in lesarstva 24 (1984) s. 3.
- REBULA, E., 1985: Der Arbeitszeitbedarf für Fällung und Aufarbeitung von Nadelbäumen in Abhängigkeit vom Standort. Mitteilungen 151 (1985) s. 75, Bundes-Versuchsanstalt für Forst-und Holzw., Hamburg.
- REBULA, E., 1989: Proučevanje dela s procesorjem KP-40, Postojna 1989 (rokopis).
- TREBEC, A., 1984: Spravilo lesa z zgibnim traktorjem LKT-81 v snežniških gozdovih, diplomska naloga, VTOZD za gozdarstvo, Ljubljana 1984.