

GDK 31/32

Prispelo / Received: 05.09.2002

Šprejeto / Accepted: 23.12.2002

Izvorni znanstveni članek

Original scientific paper

VPLIV PREHODNOSTI SVETA, VEJNATOSTI DREVJA IN IZKORISTKA LESA NA ČAS SEČNJE TER IZDELAVE DREVJA LISTAVCEV

Edvard REBULA*

[zvilleček

Št. proučevanjem sečnje listavcev v osmih gozdnogospodarskih območjih v alpskem in kraškem svetu Slovenije smo ugotavljali vpliv prehodnosti sveta, vejnatosti drevja ter izkoristka lesa na čas sečnje drevesa in na čas izdelave 1 m³ sortimentov. Za izračunavanje časa prehoda med drevesi in časa sečnje smo izračunali regresijske enačbe. Zaradi različne vejnatosti dreves in prehodnosti sveta se časi prehoda oziroma sečnje razlikujejo za več kot 100 %. Večji izkoristek lesa podaljšuje čas sečnje.

ključne besede: listavci, sečnja, prehodnost sveta, vejnatost drevja, izkoristek lesa

THE EFFECTS OF FOREST ACCESSIBILITY, THE TREE BRANCH QUANTITY AND YIELDS OF WOOD ON THE TIME TAKEN TO FELL AND PROCESS DECIDUOUS TREES

Abstract

By studying the felling of deciduous trees in eight forest management regions in the Alpine and Karst areas of Slovenia the effects of forest accessibility, tree branch quantity and yield of wood on the time taken to fell and process one cubic metre of product was ascertained. A regression equation was used to calculate the time to move from tree to tree and fell them. Due to the tree branch quantity and the forest's accessibility this time varies by more than 100%. A larger yield of wood extends the time taken to fell trees.

Keywords: *deciduous trees, felling, forest accessibility, tree branch quantity, wood yield*

**VSEBINA
CONTENTS**

1	UVOD	
	INTRODUCTION	217
2	IZVOR PODATKOV IN NAČIN DELA	
	ORIGIN OF DATA AND METHODS	217
3	UGOTOVITVE	
	FINDINGS	219
4	ZAKLJUČKI	
	CONCLUSIONS.....	230
5	SUMMARY	231
6	VIRI	
	REFERENCES	233

1 UVOD

INTRODUCTION

V slovenskih gozdovih bodo še dolgo sekali drevje. Večino ga bodo posekali z motornimi žagami, zato je proučevanje take sečnje še vedno potrebno in smotrno. Še vedno so namreč potrebni standardizirani časi (normativi) za določanje akordnih cen pri delu. Normativi vedno bolj dobivajo pomen in veljavo tudi kot primerjalna vrednost za ugotavljanje gospodarnosti oziroma donosnosti novih postopkov in tehnologij sečnje ter izdelave in organizacije dela. Na tem področju je bilo v preteklosti opravljenih precej raziskav (npr. BOJANIN 1978, BOJANIN / KR PAN 1991, BOJANIN / KR PAN 1996, 1997, ZEČIĆ 1999) in drugi.

Pred približno dvajsetimi leti smo na skoraj vseh gozdnih gospodarstvih v Sloveniji izvedli obsežno proučevanje sečnje listavcev in iglavcev. Podatki snemanj so bili obdelani le delno, in sicer za izdelavo normativov sečnje za potrebe takratnega panožnega sporazuma (Samoupravni sporazum... 1984). Podatkov nismo izrabili za ugotavljanje pomembnih prvin dela in vplivov raznih dejavnikov na delovni proces, kot so npr. vplivi vejnatosi dreves, prehodnosti sveta in izrabe lesa dreves na potek ter trajanje dela; te vplive še vedno premalo poznamo. Velika množica podatkov omogoča tudi podrobnejše proučevanje razmeroma kratkih delovnih postopkov in ugotavljanje drugih prvin, ki niso ozko vezane na proučevanje dela. Pozneje so panožne normative predelali v državne; pri tem so ohranili vse pomanjkljivosti (glej REBULA 2000a,b), ki jih je potrebno odpraviti.

Namen prispevka je proučiti navedene podatke in odkriti vse možne zakonitosti, ki so kakorkoli pomembne za delo v gozdu – predstavljamo predvsem vpliv prehodnosti sveta ter vejnatosi drevja na izdelovalne čase. Neposredni cilj našega dela je pripraviti potrebne osnove za izboljšanje normativov dela. V prispevku obravnavamo le listavce.

2 IZVOR PODATKOV IN NAČIN DELA

ORIGIN OF DATA AND METHODS

Podatki izvirajo iz proučevanj sečnje z motorno žago v letih 1982 – 1984. Kljub starosti so podatki še vedno aktualni, saj se značilnosti sečnje z motoriko do danes niso bistveno

spremenile. Za naš namen (proučevanje relativnih razmerij) so popolnoma uporabni. Skupno 849 podatkov snemanja sečne listavcev je bilo zbranih na gozdnih gospodarstvih Bled, Kranj, Ljubljana, Postojna, Novo mesto, Celje, Nazarje in Slovenj Gradec. Podrobnejša razporeditev podatkov po stopnjah prehodnosti sveta in vejnatosti krošnje je podana v preglednici 1.

Preglednica 1: Razporeditev proučevanih dreves listavcev po kategorijah prehodnosti sveta in vejnatosti dreves

Table 1: Distribution of the studied deciduous trees according to the forest accessibility and branch quantity categories

Prehodnost sveta / Forest accessibility	Vejnatost dreves / Branch quantity			Skupaj Total
	(01) Majhna / Low	(02) srednja / Medium	(03) velika High	
(1) Lahka / Easy	165	131	26	322
(2) Srednja / Medium	134	199	111	444
(3) Težka / Difficult	10	30	43	83
Skupaj / Total	309	360	180	849

Metodika snemanja je v literaturi že dovolj opisana (REBULA 1984, REBULA 1987), zato v nadaljevanju navajamo le bistvene stvari, ki so pomembne za razumevanje in ocenjevanje te študije.

Vsako drevo so snemalci temeljito premerili (zlasti velikost in sestavo krošnje oziroma vejnatost drevesa). Dolžino krošnje so merili od njenega dna (oz. mesta, kjer se začne strnjena krošnja – strnjene suhe ali žive veje) do vrha drevesa. Vejnatost dreves smo za potrebe te študije podali z relativno dolžino krošnje, in sicer:

1. *majhna vejnatost*: krošnja je dolga manj od polovice višine drevesa;
2. *srednja vejnatost*: krošnja je dolga nad polovico in manj kot 2/3 (0,67) krošnje;
3. *velika vejnatost*: krošnja je dolga nad 2/3 dolžine drevesa.

Tudi prehodnost sveta smo razvrstili v 3 stopnje. Ocenili smo jo za vsako drevo posebej:

1. *lahka prehodnost*: nagib do 40 %, nezaraščen svet, malo podrasti, trda tla, gladko površje in majhna skalovitost;
2. *srednja prehodnost*: (a) nagib 40 – 80 %, nezaraščeno, malo podrasti, trda tla, gladko površje, majhna skalovitost; (b) nagib 20 – 40 %, zaraščen svet z obilo podrasti, razgibano površje (konte, vrtače), mehka tla, srednja kamenitost in/ali srednja skalovitost;

3. *težka prehodnost*: (a) nagib nad 80 %, nezaraščen svet z malo podrasti, trda tla, srednja kamenitost in skalovitost; (b) nagib 40 – 80 %, zaraščen svet s podrastjo, velika kamenitost in skalovitost; (c) zelo razgiban, zelo kamnit ali skalovit in vrtačast kraški svet.

Z računalniško obdelavo smo poskušali ugotoviti vpliv prehodnosti sveta in vejnatosti dreves na čase sečnje ter na čase prehoda med drevesi in ugotoviti razlike med posameznimi stopnjami. Ugotavljali smo tudi izkoristek lesa in vpliv stopnje izkoristka lesa na izdelovalne čase.

3 UGOTOVITVE FINDINGS

Posnete čase smo združili v čas prehoda od drevesa do naslednjega drevesa (Y_1) in čas sečnje ter izdelave (Ts). Čas sečnje in izdelave zajema čas podiranja ter kleščanje drevesa in čas krojenja ter prežagovanja debla.

3.1 ČAS PREHODA TIME OF MOVEMENT BETWEEN TREES

Čas prehoda je čas, ki ga sekač porabi, da od posekanega in izdelanega drevesa pride do naslednjega ter s seboj prinese vse potrebno orodje, gorivo in mazivo za motorko. Ta čas je gotovo najbolj odvisen od razdalje med drevesoma, ki je pri proučevanju sečnje v gozdu običajno ne merimo (tudi pri tej raziskavi je nismo); zato smo poizkusili ugotavljati vplive drugih merjenih ali opisanih dejavnikov na čas prehoda. Ti dejavniki so podani v preglednici 2, kjer smo poleg indeksov korelacije prikazali še povprečja nekaterih značilnosti drevja po posameznih prehodnostih sveta.

V preglednici 2 vidimo, da so visoko značilne pozitivne korelacije med časom prehoda in vsemi merami drevesa. Z večjimi merami (velikostjo) drevesa raste čas prehoda. Večje nere praktično pomenijo redkejša drevesa, zaradi česar je razdalja med njimi večja, čas prehoda pa daljši. Na čas prehoda gotovo vpliva tudi prehodnost sveta, zato smo raziskali

njen vpliv. Kažejo ga navedena povprečja časov prehoda. Vidimo, da je v primerjavi s časom prehoda pri lahki prehodnosti ta čas v svetu srednje prehodnosti večji za 27 %, v težko prehodnem svetu pa celo za 145 %. Povprečni čas vseh snemanj je praktično enak kot v srednji prehodnosti; v lahki prehodnosti je manjši za 22 %, v težki prehodnosti pa večji za 91 %. Pri tem ne gre samo za vpliv prehodnosti, ampak je v navedenih razmerjih zajet tudi vpliv nekoliko večje razdalje med drevesi, ki izhaja iz večjih dreves v razmerah težje prehodnosti. Tako je dejanska razlika med prehodnostjo nekoliko nižja. Natančneje smo jo ugotovili z izračunom regresijskih funkcij.

Preglednica 2: Vpliv nekaterih značilnosti drevja na čas prehoda

Table 2: Influence of some tree characteristics on the time of movement between trees

Kazalec – vplivni dejavnik Indicator – factor of influence	Vse / All		Prehodnost / Accessibility		
	Povp. / Aver.	I	Lahka / Easy	Srednja / Medium	Težka / Difficult
Čas prehoda (min) / Time of movement (min)	0,809	/	0,630	0,801	1,542
Prsni premer (cm) / DBH (cm)	23,8	0,2546	20,4	25,2	29,5
Dolžina izrabljenega debla (m) / Length of usable trunk (m)	12,3	0,1972	11,0	12,9	14,2
Višina drevesa (m) / Tree height (m)	15,8	0,2608	14,5	16,3	18,6
Debeljad drevesa (m ³) / Timber (m ³)	0,56	0,2362	0,47	0,59	0,75
Tržna mera drevesa (m ³) / Marketable size of tree (m ³)	0,52	0,2229	0,44	0,56	0,64
Izkoristek lesa (%) / Yield (%)	92,9	-0,317	93,6	94,9	0,85

Opomba: Povp. = povprečne vrednosti posameznih znakov za vse podatke; I = indeks korelacije med navedenim kazalcem in časom prehoda (vsi so značilni s stopnjo tveganja $p < 0,001$); izkoristek lesa (I) = razmerje med tržno mero debla (V) in debeljadjo (Vd): $I = V/Vd$; tržna mera debla = vsota iz debla izdelanih in po predpisih izmerjenih sortimentov; debeljad = bruto volumen drevesa, izračunana s Puhkovo enačbo (PUHEK 2001) / Note: Aver. = average values of individual characteristics for all data; I = index of correlation between the stated indicator and the time of movement between trees (all at sign. $p < 0,001$); Yield (I) = ratio between the marketable size of trunk (V) and timber (Vd): $I = V/Vd$; marketable size of trunk = sum of products from timber measured according to standards; timber = gross tree volume as calculated after PUHEK (2001)

Zanimiva je zveza med časom prehoda in izkoristkom lesa drevesa. Tu je korelacija najmočnejša in negativna. Kaže, da je pri večjih izkoristkih krajši čas prehoda; negativna soodvisnost nastaja zaradi visokih izkoristkov pri drobnem drevju, kjer so časi prehodov najnižji. Zadevo lahko pojasnimo takole: v težko prehodnem svetu, kjer so časi prehoda daljši, so izkoristki nižji. Gre za posredno korelacijo, za kolinearnost.

Za produktivni čas prehoda smo izračunali ustrezne regresijske enačbe, ki kažejo čas prehoda v minutah. Izračunali smo jih za vse podatke skupaj in za vsako prehodnost posebej. Za vse podatke skupaj sta enačbi:

$$\text{enačba 1: } Y_1 = 0,478 + 0,5373 \cdot V_d^{0,5} \quad R = 0,2619 \quad se = \pm 0,84 \text{ min}$$

$$\text{enačba 2: } Y_1 = 0,192 + 0,0255 \cdot h \cdot d \quad R = 0,2710 \quad se = \pm 0,84 \text{ min}$$

Vidimo, da imata enačbi šibko korelacijo in zelo veliko standardno napako. Vzrok za to je velika variabilnost prehoda, na katerega vpliva veliko dejavnikov, ki jih nismo merili. Kljub temu sta uporabni, saj dobro kažeta trend. Podobno je tudi pri enačbah za vsako stopnjo prehodnosti. Nekoliko večja korelacija in manjša napaka je le pri srednji prehodnosti.

Preglednica 3: Povprečen čas prehoda v odvisnosti od količine debeljadi drevesa in razmerja za lahko, srednjo in težko prehodnost

Table 3: Average time of movement between trees with respect to the quantity of timber and the ratio for easy, medium and difficult accessibility

Debeljad drevesa / Timber (m^3)	Prehodnost / Accessibility				
	Vse / All		Lahka / Easy	Srednja / Medium	Težka / Difficult
	min.	min./ m^3	Razmerje / Ratio		
0,1	0,65	6,50	0,908	0,885	2,117
0,3	0,77	2,57	0,824	0,945	1,844
0,5	0,86	1,72	0,781	0,976	1,721
0,7	0,93	1,33	0,751	0,998	1,648
1	1,02	1,02	0,720	1,020	1,582
1,3	1,09	0,84	0,697	1,036	1,545
1,5	1,14	0,76	0,684	1,045	1,529
2	1,24	0,62	0,660	1,063	1,508
2,5	1,33	0,53	0,642	1,076	1,505
3	1,41	0,47	0,627	1,086	1,511
3,5	1,48	0,42	0,615	1,095	1,523
4	1,55	0,39	0,605	1,102	1,538

V preglednici 3 smo podali povprečen čas prehoda (za vse podatke) in razmerje časov prehoda posamezne stopnje prehodnosti v primerjavi s povprečjem. Vidimo, da čas prehoda hitro narašča z velikostjo drevesa in s težjo prehodnostjo. Čas prehoda na svetu

srednje prehodnosti je zelo podoben povprečju. V lahki prehodnosti je čas prehoda za 20 – 40 % krajši, v težki prehodnosti pa za 60 – 100 % daljši. Razlike so tako velike, da jih je pri računanju standardnih časov (normativov) nujno upoštevati.

3.2 PRODUKTIVNI ČAS SEČNJE IN IZDELAVE PRODUCTIVE TIME FOR FELLING AND FINALISATION

Čas sečnje in izdelave drevesa (Ts) zajema čase podiranja in kleščanja drevesa ter krojenja in prežagovanja debla. Izmerili smo ga za drevo in preračunali na 1 m³ izdelanih sortimentov (T) oziroma 1 m³ debeljadi (Tb). Vsi omenjeni časi so v zelo tesnih korelacijah z merami drevesa. Indekse linearne korelacije med časi in posameznimi merami drevesa za vse podatke skupaj smo prikazali v preglednici 4.

Preglednica 4: Indeksi korelacije med časi sečnje in izdelave ter posameznimi znaki drevesa

Table 4: Indices of correlation between times for felling and finalisation and individual tree characteristics

Kazalec (vplivni dejavnik) / Indicator (factor of influence)	Vrsta časa / Time		
	za drevo / for tree	za debeljad / for timber	za sortimente / for products
Prsni premer / DBH	0,8319	0,7226	0,6157
Dolžina izrabljenega debla / Length of used trunk	0,6565	-0,5894	-0,5369
Višina drevesa / Tree height	0,7122	0,6781	0,6197
Debeljad drevesa / Timber	0,8864	-0,4373	-0,3751
Tržna mera drevesa / Marketable tree size	0,8910	-0,4282	-0,3894
Izkoristek drevesa / Yield	-0,2014	0,2271	-0,1496

V preglednici 4 vidimo, da so linearne korelacije med posameznimi znaki zelo tesne. Ker zveze niso premosorazmerne, so dejanske korelacije še tesnejše. Najtesnejše zveze z obravnavanimi vplivnimi dejavniki so za čas sečnje za drevo (prvi stolpec). Zveze s časi za 1 m³ debeljadi (2. stolpec) ali sortimentov (zadnji stolpec) se kažejo kot mnogo manj tesne. Dejansko pa temu ni tako. Te zveze so namreč obratno-sorazmerne; če jih kot take preračunamo (upoštevaje prsni premer in višino drevesa), so znatno tesnejše. Drugi vzrok, je dejstvo, da so časi sečnje za 1 m³ izdelkov pri drobnem drevju lahko do 100-krat daljši kot za drevo. Zaradi tega se že tako velika variabilnost časov še multiplicira, kar je

posledica majhne količine izdelkov (okoli 0,01 do 0,05 m³) iz drobnih drevesc. Tako so dejanske zveze med merami drevesa in časi za 1 m³ izdelkov manj tesne; posledično so regresijske enačbe za izračun izdelovalnih časov manj zanesljive.

Kot smo ugotovili že v dosedanjih proučevanjih sečnje (npr. REBULA 1977a,b) so najtesnejše zveze med časi in količino iz drevesa izdelanih sortimentov. Ugotovitev potrjuje tudi ta raziskava. Nekoliko manj tesne so zveze s prsnim premerom in višino drevesa, ki pa so za prakso (kljub manjši natančnosti) bolj uporabne, saj teh mer ni potrebno posebej ugotavljati. Podatke o njih imamo pridobljene že z odkazilom, medtem ko lahko podatke o količini izdelanih sortimentov dobimo šele z njihovo izmero.

Zanimiva je zveza med časi sečnje in izkoristkom lesa. Dejansko in logično povezavo kaže le debeljad, za katero je zveza pozitivna. Z intenzivnejšim izkoriščanjem lesa (z izrabo drobnejših vej in vrhov) se izdelovalni čas poveča. Pri zvezi med časi za izdelavo 1 m³ sortimentov in tržno mero drevesa je korelacija negativna. Razložimo jo lahko tako, da raste čas izdelave 1 m³ sortimentov zaradi intenzivnejše izrabe hitreje, kot narašča količina sortimentov. To nam potrjuje že poznano dejstvo, da izraba drobnih vej in vrhov povečuje stroške sečnje (BOJANIN 1978).

Poudariti moramo, da uporaba dveh mer drevesa (npr. poleg premera še višine) znatno poveča zanesljivost izračunov časa. Korelacija se sicer poveča le neznatno, zato pa se bistveno zniža povprečna napaka ocene. To velja tudi za tržno mero drevesa in za lebeljad.

Spodaj navajamo regresijske enačbe za izračun produktivnih časov sečnje in izdelave. Navedene so enačbe z različnimi vhodi, da bi lahko ocenili njihovo uporabnost.

načba 3: $T_s = 0,01265 * d^{1,8233}$	$R = 0,9086$	$se = \pm 54,37 \%$
načba 4: $T_s = 8,44614 * V_d^{0,66038}$	$R = 0,9138$	$se = \pm 52,52 \%$
načba 5: $T_s = 0,006703 * d^{1,47275} h^{0,62962}$	$R = 0,9170$	$se = \pm 51,41 \%$
načba 6: $T_s = 1,51586 * d^{0,4828} V_d^{0,4886}$	$R = 0,9146$	$se = \pm 52,29 \%$

enačba 7: $T_s = 0,0059715 * I^{0,2238} * d^{1,52786} * h^{0,61025}$	R = 0,9182	se = ± 51,02 %
enačba 8: $T_s = 26,3003 * Ld^{-0,21045} * V^{0,76106}$	R = 0,9106	se = ± 53,70 %
enačba 9: $T = 26,304 * Ld^{-0,21048} * V^{-0,23894}$	R = 0,6939	se = ± 53,70 %
enačba 10: $T_b = 353,3115 * d^{-0,67619} * h^{-0,43825}$	R = 0,7513	se = ± 53,17 %

V enačbah pomenijo: T_s = produktivni čas sečnje in izdelave drevesa; T = produktivni čas sečnje in izdelave 1 m³ sortimentov; T_b = produktivni čas sečnje in izdelave 1 m³ debeljadi; V_d = debeljad drevesa; d = prsni premer drevesa v cm; h = višina drevesa v m; I = izkoristek lesa; Ld = dolžina iz drevesa izdelanih sortimentov (vsota dolžin sortimentov iz debla in glavnega vrha); V = količina iz debla izdelanih sortimentov v m³; R = regresijski koeficient; se = povprečna napaka regresije.

Iz gornjega pregleda enačb lahko povzamemo:

1. Enačbe se odlikujejo z zelo tesno korelacijo. Kljub temu je napaka ocene produktivnega časa sečnje posameznega drevesa zelo tvegana. Napake so relativne, zato lahko pri kratkih časih sečnje drobnih drevesc razlika 0,50 min predstavlja že 50 odstotno napako. Napako ocene pomembno zniža vključitev druge neodvisne spremenljivke (mere drevesa). Vključevanje nadaljnjih mer dreves poveča zanesljivost enačbe, omeji pa njeno uporabnost. Tako vključitev debeljadi ali obličnice poleg debeline in višine drevesa zniža povprečno napako za okoli 3 %. Mere drevesa so med seboj v tesnih zvezah, zato je upoštevanje treh mer možno samo v zelo ozkih okvirjih. Izpolnjen mora biti namreč logični pogoj, da višina in debelina drevesa ustrezata njegovi kubaturi.
2. Izračun produktivnega časa sečnje iz mer debla in količine sortimentov (enačbi 8 in 9) ni nič natančnejši (oziroma je celo manj natančen) od izračuna z merami drevesa.
3. Vključevanje druge mere drevesa (višine poleg debeline) v izračun (enačbo) ni pomembno le zaradi nekoliko povečane natančnosti izračunov. Vpliv višine drevesa na čas sečnje je velik, zato vključitev druge mere v enačbo omogoča upoštevanje (zajetje) tega vpliva. Vključitev omogoča dovolj natančne izračune tudi za robne

- (ekstremne) razmere, kar je lepo vidno v preglednici 5, v kateri smo z enačbo 5 izračunali produktivne čase sečnje za drevo.
4. Enačbi za računanje časov za 1 m³ sortimentov ali debeljadi (9 in 10) imata precej nižjo korelacijo, povprečna napaka ocene pa je enaka kot pri enačbah za računanje časa za drevo. Čas za 1 m³ lahko izračunamo tudi iz enačb za drevo, če te delimo s količino debeljadi ali s tržno mero drevesa. Enačbi sta skoraj enaki, kar kaže primer enačb 8 in 9, ki sta obe izračunani z osnovnimi podatki. Enačbo 9 dobimo, če enačbo 8 delimo s količino iz debla izdelanih sortimentov (V). Razlike so zanemarljive, zato tudi ne navajamo drugih podobnih enačb.
 5. Pri obdelavi podatkov smo izluščili tudi vpliv obličnice drevesa. Čas sečnje je obratnosorazmeren z velikostjo obličnice. Povprečna obličnica za naše podatke znaša $f = 0,48$ in se nahaja v intervalu med 0,45 in 0,55. Račun kaže, da so časi sečnje polnolesnih (najbrž tudi malovejnatih, t. j. z dolgim čistim deblom) dreves z obličnico $f = 0,55$ za 40 % krajši kot pri drevesih z obličnico $f = 0,45$.
 5. V enačbi 7 vidimo tudi vpliv izrabe lesa (izkoristek I). Čas sečnje narašča z intenzivnejšo izrabo lesa v drevesu. V povprečju se čas sečnje pri izkoristku $I = 0,90$ poveča za 3 % v primerjavi z izkoristkom $I = 0,80$. Vpliv ni ravno velik, je pa pri velikih razlikah v izkoristkih lahko znaten.

Preglednica 5: Produktivni časi sečnje in izdelave drevesa (v minutah) v odvisnosti od debeline ter višine drevesa

Table 5: Productive times of felling and finalisation per tree (in minutes) with respect to tree diameter class and height

Deb. st. / Diam. cl.	Višina drevesa / Tree height (m)					
	8	14	20	26	32	38
3	1,02	1,46	1,82			
4	1,68	2,39	2,99			
5		3,46	4,33	5,11		
6		4,65	5,82	6,87		
7		5,95	7,45	8,79		
8		7,35	9,20	10,85		
9			11,06	13,04	14,86	
10			13,02	15,36	17,51	
11			15,09	17,80	20,29	22,61
12			17,26	20,36	23,20	25,85
13			19,51	23,02	26,232	29,23
14			21,85	25,78	29,38	32,74

3.3 VPLIV PREHODNOSTI SVETA NA ČAS SEČNJE IN IZDELAVE THE INFLUENCE OF FOREST ACCESSIBILITY ON THE TIME FOR FELLING AND FINALISATION

Vpliv prehodnosti sveta na čas sečnje in izdelave listavcev smo prikazali v preglednicah 6 in 7. V preglednici 6 je predstavljeno razmerje časov na terenih lahke in srednje prehodnosti, ki nam kaže, kolikšen delež od časov sečnje v razmerah srednje prehodnosti dosežejo časi v pogojih lahke prehodnosti. Vidimo, da traja sečnja drevesa na svetu lahke prehodnosti znatno manj (v povprečju za 15 – 25 %) kot v razmerah srednje prehodnosti. Razlike so pri tanjšem in krajšem drevju manjše, pri debelem ter dolgem drevju pa večje. Največje so pri vitkem drevju. Ekstremne razlike dejansko niso tako velike, ker so tudi odraz pomanjkljivosti regresijskih enačb; pri rabi enačb kaže zato te ekstreme ublažiti. Razlike v preglednici so nekoliko večje tudi zato, ker odražajo razlike v kakovosti drevja (npr. razlike v vitkosti in vejnatosti) med tereni različne prehodnosti.

Preglednica 6: Primerjava (indeks) časov sečnje in izdelave med lahko ter srednjo prehodnostjo sveta

Table 6: Comparison (index) of times for felling and finalisation between easy and medium accessibility

Deb. st. / Diam. cl.	Višina drevesa / Tree height (m)							
	8	12	16	20	24	28	32	36
3	1,24	1,05	0,93	0,85				
4	1,21	1,02	0,91	0,83				
5		1,00	0,89	0,81	0,75			
6		0,99	0,88	0,80	0,74			
7			0,86	0,79	0,73	0,69		
8			0,85	0,78	0,72	0,68		
9				0,77	0,72	0,67	0,64	
10				0,77	0,71	0,67	0,63	
11					0,70	0,66	0,63	0,60
12					0,70	0,66	0,62	0,59
13					0,69	0,65	0,62	0,59

V preglednici 7 smo prikazali razlike med časi sečnje srednje vejnatega drevja na svetu težke in srednje prehodnosti. Vidimo, da traja sečnja enako vejnatega drevja listavcev na težko prehodnem svetu v splošnem za 10 – 25 % dlje od sečnje na svetu srednje prehodnosti. Velikost razlik je odvisna od debeline in višine drevja. Največje razlike

(okoli 30 %) so pri vitkem drobnejšem drevju, najmanjše pa pri tršatem drevju (okoli 10 %).

Preglednica 7: Primerjava (indeks) časov sečnje in izdelave med težko ter srednjo prehodnostjo sveta pri srednji vejnatosi drevesa

Table 7: Comparison (index) of times for felling and finalisation between difficult and medium accessibility at medium quantity of branches

Deb. st. / Diam. cl.	Višina drevesa / Tree height (m)								
	8	11	14	17	20	23	26	29	32
3	1,07	1,15	1,21	1,27	1,31	1,36			
4	1,06	1,13	1,19	1,24	1,28	1,32			
5		1,11	1,16	1,21	1,25	1,28	1,32		
6		1,08	1,13	1,17	1,21	1,25	1,28		
7			1,10	1,15	1,18	1,22	1,25	1,28	
8			1,08	1,12	1,16	1,19	1,22	1,25	
9				1,10	1,14	1,17	1,20	1,22	1,25
10				1,08	1,12	1,15	1,17	1,20	1,22
11					1,10	1,13	1,15	1,18	1,20
12					1,08	1,11	1,13	1,16	1,18
13						1,09	1,12	1,14	1,16
14						1,08	1,10	1,12	1,14

Ugotovimo lahko, da prehodnost sveta močno vpliva na čas sečnje in izdelave drevja. Vpliv se razlikuje pri različnih debelinah in višinah drevja, zato pri določanju standardiziranih časov sečnje ni korektno (pošteno, dovolj natančno) upoštevati zgolj vpliv v povprečnih vrednostih.

3.4 VPLIV VEJNATOSI DREVJA NA ČAS SEČNJE IN IZDELAVE

THE INFLUENCE OF QUANTITY OF BRANCHES ON TIME FOR FELLING AND FINALISATION

Vpliv vejnatosi drevja na čas sečnje in izdelave drevja ali sortimentov smo ugotavljali s primerjavo produktivnih časov za ta opravila. Primerjavo med majhno in srednjo vejnatosjo smo prikazali v preglednici 8. Vidimo, da so časi sečnje pri malo vejnatem drevju za 15 – 25 % krajši kot pri srednje vejnatem drevju. Razlike so najmanjše pri drobnem drevju in naraščajo z debelino ter višino drevja. Višina drevja vpliva na razlike

v večji meri kot debelina. Tudi tu lahko ugotovimo, da se razlike spreminjajo v širokem razponu, zato je nekorektno ta razpon zajeti le s povprečjem.

Preglednica 8: Primerjava (indeks) časov sečnje in izdelave med majhno ter srednjo vejnatostjo drevja

Table 8: Comparison (index) of times for felling and finalisation between low and medium quantity of branches

Deb. st. / Diam. cl.	Višina drevesa / Tree height (m)							
	8	12	16	20	24	28	32	36
3	0,89	0,85	0,82	0,80				
4	0,88	0,84	0,81	0,79				
5		0,83	0,81	0,79	0,77			
6		0,83	0,80	0,78	0,77			
7			0,80	0,78	0,76	0,75		
8			0,80	0,78	0,76	0,75		
9				0,77	0,76	0,75	0,74	
10				0,77	0,76	0,74	0,73	
11					0,75	0,74	0,73	0,72
12					0,75	0,74	0,73	0,72
13					0,75	0,74	0,73	0,72

Primerjava med veliko in srednjo vejnatostjo je prikazana v preglednici 9. Vidimo, da traja sečnja zelo vejnatega drevja v splošnem za 20 – 50 % dlje kot sečnja srednje vejnatega drevja. Ekstremne razlike so še večje. Najmanjše so pri tršatem drevju, največje pa pri zelo visokem vitkem drevju.

Popoln vpliv vejnatosti drevja na čas sečnje kaže primerjava časov sečnje zelo in malo vejnatega drevja. Taka primerjava kaže, da so produktivni časi sečnje zelo vejnatega drevja za 25 – >100 % daljši od časov sečnje malo vejnatega drevja. Razlike so najmanjše pri tršatem drevju, največje pa pri drobnem, zelo dolgem in vitkem drevju.

Tudi tu velja omeniti, da vpliv vejnatosti zajema nekoliko tudi vpliv prehodnosti sveta, kot smo že omenili pri obravnavi prehodnosti. Interakcija nastaja zaradi zelo šibke, toda značilne korelacije med prehodnostjo sveta in vejnatostjo drevja. Na težko prehodnem svetu ima drevje običajno relativno večje krošnje oziroma je bolj vejnato.

Preglednica 9: Primerjava (indeks) časov sečnje in izdelave med veliko ter srednjo vejnastostjo drevja

Table 9: Comparison (index) of times for felling and finalisation between high and medium quantity of branches

Deb. st. / Diam. cl.	Višina drevesa / Tree height (m)							
	8	12	16	20	24	28	32	36
3	1,08	1,44	1,76	2,05				
4		1,25	1,53	1,78				
5		1,12	1,37	1,60	1,82			
6			1,26	1,47	1,67			
7			1,18	1,37	1,56	1,74		
8				1,29	1,47	1,64		
9				1,23	1,39	1,55	1,70	
10				1,17	1,33	1,48	1,63	
11					1,28	1,42	1,56	1,69
12					1,23	1,37	1,50	1,63
13					1,19	1,32	1,45	1,57

3.5 VPLIV IZKORISTKA LESA NA PRODUKTIVNI ČAS SEČNJE THE INFLUENCE OF YIELD OF WOOD ON THE PRODUCTIVE TIME FOR FELLING

Vpliv izkoristka lesa smo prikazali v preglednici 10; iz nje je razvidno, s kakšnim faktorjem za določen izkoristek lesa (prva vrstica) moramo pomnožiti čas sečnje in izdelave, da vračunamo vpliv izkoristka lesa.

Velikost relativnega vpliva izkoristka lesa je podana v zadnji vrstici preglednice 10. Če označimo faktor pri povprečnem ugotovljenem izkoristku (okrog 0,90; REBULA 2003) z 1, vidimo, da je pri najnižjih izkoristkih čas sečnje in izdelave krajši za okoli 10 %, pri najvišjih pa daljši za okoli 3 %. Za orientacijo lahko ugotovimo, da za 5 % večji izkoristek podaljša čas sečnje za nekaj manj kot 1,5 %. Tu kaže upoštevati, da so ugotovljeni izkoristki lesa (*ibid.*) pri drobnem drevju znatno večji (okoli 0,95) kot pri debelem drevju (okoli 0,85). Iz preglednice vidimo, da je razlika v časih zaradi izkoristka lesa med tema stopnjama okoli 3 %. To je že toliko, da bi pri sestavi normativov razliko lahko upoštevali; zlasti še zato, ker je doseganje normativov pri drobnem drevju običajno težje.

Preglednica 10: Vpliv izkoristka lesa na čas sečnje in izdelave.

Table 10: The influence of yield of wood on time for felling and finalisation

Znak / Character	Izkoristek lesa / Yield of wood								
	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,1
Faktor / Factor	0,89	0,92	0,94	0,95	0,96	0,98	0,99	1,00	1,02
Pimerjava / Comparison	0,913	0,945	0,96	0,974	0,987	1,000	1,012	1,024	1,046

4 ZAKLJUČKI CONCLUSIONS

V Sloveniji bodo z motorno žago sekali še dolgo časa, zato je še vedno aktualno proučevanje take sečnje.

V raziskavi smo obdelovali podatke snemanja sečnje 849 pretežno bukovih dreves; primešana so bila posamezna drevesa javorja, bresta in ostalih listavcev. Podatki izvirajo iz osmih gozdnogospodarskih območij Slovenije iz alpskega in kraškega sveta. Raziskovali smo predvsem vpliv prehodnosti sveta in vejnatosti dreves na čas prehoda med drevesi ter na čas sečnje drevesa. Raziskali smo tudi vpliv izkoristka lesa. Posebej nas je zanimalo, ali so ti vplivi enaki pri vseh drevesih in jih lahko zajamemo v povprečju, ali pa se pri različno debelih in visokih drevesih tako razlikujejo, da jih ni dopustno zajeti v povprečje. Raziskava je omogočila naslednje najpomembnejše ugotovitve:

1. Čas prehoda med posekanimi drevesi se zelo razlikuje med kategorijami prehodnosti sveta in debelinami drevja; je v razponu skoraj 1 : 2,5. Povprečen produktivni čas prehoda je na svetu lahke prehodnosti 0,63 min., v razmerah težke prehodnosti pa 1,54 min. Na čas prehoda vpliva razdalja med drevesi, ki se odraža v velikosti (debelini, kubaturi in višini) dreves; zaradi tega čas prehoda narašča z velikostjo dreves. Navedene so enačbe (1, 2) za izračun časa prehoda v odvisnosti od mer dreves.
2. Čase opravi podiranja, kleščanja, krojenja in prežagovanja drevesa smo združili v čas sečnje in izdelave. Ta čas je odvisen od velikosti drevesa, njegove vejnatosti, prehodnosti sveta in izkoristka lesa.

3. Vse dimenzije drevesa so v zelo tesnih korelacijah s časi sečnje. Zaradi velike variabilnosti časov sečnje so povprečne ocene obremenjene z veliko napako – okoli 50 %. Za natančnejše določanje izdelovalnih časov je nujno potrebno upoštevati dve dimenziji drevesa. To velja tudi za kubaturo drevesa. Določanje izdelovalnih časov je zanesljivejše z merami drevesa (premer, višina, količina debeljadi) kot s podatki o izdelanih sortimentih (količina sortimentov, dolžina izdelanega debla). Z enačbami 3 – 10 lahko izračunamo povprečni (za povprečno prehodnost in vejnatosi) produktivni čas sečnje v odvisnosti od mer drevesa.
4. Na trajanje izdelovalnih časov zelo vpliva prehodnost sveta. V primerjavi s srednjo prehodnostjo so izdelovalni časi na lahko prehodnem svetu krajši za 20 – 30 %, na težko prehodnem svetu pa daljši za 15 – 25 %. Na težko prehodnem svetu so izdelovalni časi za 40 – 60 % daljši kot na lahko prehodnem terenu. Razlike so manjše pri tršatem drevju in večje pri vitkem. Največje so pri drobnejšem zelo visokem drevju. V splošnem so razlike večje pri drobnejšem kot pri debelejšem drevju. Vpliv prehodnosti sveta je pri različnih dimenzijah drevja tako različen, da ga ni mogoče zajeti z nekim povprečnim faktorjem za vse sestoje.
5. Tudi vejnatosi dreves zelo vpliva na izdelovalni čas. V primerjavi s srednjo vejnatosijo so izdelovalni časi pri malo vejnatih drevesih krajši za 20 – 25 %, pri zelo vejnatem drevju pa daljši za 30 – 50 %. Sečnja in izdelava zelo vejnatega drevja traja 40 – >100 % dlje kot malo vejnatega drevja. Tudi tu so razlike manjše pri tršatem drevju in večje pri vitkem. Največje so pri debelem in visokem drevju. Tudi teh razlik ni možno zajeti z enotnim faktorjem za vse okoliščine. Vpliv vejnatosi kaže nekoliko tudi na vpliv prehodnosti sveta. Drži tudi obratno, da vpliv prehodnosti kaže na vpliv vejnatosi. Interakcija nastaja zaradi kolinearnosti. Na težko prehodnem svetu je drevje običajno bolj tršato in vejnato, na lahko prehodnem svetu pa je daljše, vitkejše in z manjšimi krošnjami.
6. Na izdelovalne čase vpliva tudi izkoristek lesa. Izdelovalni časi naraščajo z intenzivnostjo izrabe lesa drobnejših vej in vrhov.

SUMMARY

The chain saw will continue to be used in Slovenia for some time yet so it is still necessary to study such felling.

This study considers recorded data on felling 849 trees, mainly beech with some maple, elm and other deciduous trees. Data was taken from eight forest management regions in the Alpine and Karst areas of Slovenia. Principally we studied the effects of forest accessibility and tree branch quantity on the time to move from tree to tree and time to fell the trees. We also studied the effects of the wood yields. We were particularly interested in whether the effects were the same for all trees and a mean value could be ascertained or whether they varied for various tree thickness and height and a mean value could not be found. The following important conclusions were reached:

1. The time to move between felled trees varied to a large degree depending on the category of forest accessibility and thickness of trees. The range of values varied from 1 to 2.5. The mean productive time of passage in an area of easy accessibility is 0.63 minutes and of difficult accessibility 1.54 minutes. The time to move from tree to tree depends on the distance between trees shown by their size (thickness, volume of wood and height). The time of passage increased with the size of trees. Equations 1 and 2 calculating the time of passage depend on the dimensions of the trees.

2. The times for felling, trimming, bucking and sawing up trees were combined into the time for felling and processing. This time depends on the size of tree, its tree branch quantity, the forest accessibility and the wood yield.

3. All dimensions of trees are in close correlation with the time of felling. Due to the variability of the time of felling the mean deviations can be as great as +/-50 %. Two dimensions of trees should be used in calculating the processing time more accurately. This also applies to the cubic metres of wood. Processing times are more reliable using measurements of diameter, height and trunk-wood volume than data on processed product (product volume and length of processed trunk). Equations 3 to 10 are used to calculate the mean (for a mean accessibility and tree branch quantity) productive time of felling based on the measurement of the tree.

4. The forest accessibility greatly affects the processing time. Comparing accessibilities with mean accessibility, processing times in easy accessible areas are shorter by 20 to 30 % and in more difficult to access areas greater by 15 to 25 %. Processing times in more difficult to access areas are 40 to 60 % longer than those in easy to access areas. The

differences are less with stumpy tress and greater with thinner trees. The greatest differences appear with very thin, tall trees. The effects of forest accessibility with various tree dimensions are so various that it is impossible to give a mean factor for all stands.

5. The tree branch quantity also greatly affects processing time. Comparing tree branch quantities with mean tree branch quantity, processing times of low tree branch quantity are 20 to 25 % shorter and of high tree branch quantity 30 to 50 % longer. Felling and processing trees with very high branch quantity lasts from 40 to 100 % and over times for very low tree branch quantity. These differences are less with stumpy trees and greater with thin trees. The greatest is with thick and tall trees. It is also impossible here to provide a uniform factor for all circumstances.

The influence of tree branch quantity also affects the forest accessibility and vice versa. This exists due to colinearity In difficult to access areas trees are usually more stumpy and have greater branch quantity. In easy to access areas they are higher, thinner and with smaller crowns.

6. The wood yield also affects the processing time. Processing times increase with intensive utilisation of wood from small branches and peaks.

6 VIRI REFERENCES

- BOJANIN, S., 1978. Odnos utroška vremena i donje granice izrade sortimenata kod jelovih stabala.- Šum. list 102: 439-457.
- BOJANIN, S. / KR PAN, A. P. B., 1991. Holzernte in hiebreifen Buchenbeständen in Kroatien.- Barsia, Bolgarija, Sammelbuch 25. Symposium "Mechanisierung der Waldarbeit: 9-13.
- BOJANIN, S., / KR PAN, A. P. B. 1996. Mechanisierung der Holzerntearbeiten in Kroatien - Zustand und Entwicklung.- Zbornik 30. Medn. Gosp. Simp.: Mehanizacija ljesnih rabot, Moskva: s. 54 -75.

- KOŠIR, B. in sod. 1992: Uporaba časovnih normativov v gozdarstvu Republike Slovenije od leta 1985 do leta 1990. Strokovna in znanstvena dela 110, BF, IGLG, Ljubljana, 60 str.
- KOŠIR, B., 1999: Študij dela - pozabljen od vseh? *GozdV.* 57: 237- 244
- KOVAČ, J., / WINKLER, I., 1966: Ugotavljanje normativov za sečnjo in izdelavo sortimentov iglavcev.- *Zveza inž. in teh. gozd. in lesne ind.*, 60 str.
- KOVAČ, J., / WINKLER, I., 1968: Ugotavljanje normativov za sečnjo in izdelavo sortimentov listavcev.- *Inšt. za gozdno in lesno gospodarstvo SR Slovenije, Ljubljana*, 33 str.
- KRPAN, A. P. B. / BOJANIN, S., 1997. Mogučnost tzv. visokoga i potpunog mehaniziranja sječe i izrade te privlačenja drva u šumama Hrvatske.- *Šum. list* 121: 371- 381.
- PUHEK, V., 2001. Regresijske enačbe za volumen dreves po dvovhodnih deblovnica.- *Ljubljana, BF, Gozdarski oddelek (polikopija)*, 6 str.
- REBULA, E., 1974: Uporabnost različnih nakazovalcev pri določanju normativov sečnje listavcev.- *Mag. nal. BF, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana*,
- REBULA, E., 1977a. Odvisnost učinka sečnje in izdelave listavcev od prsnega premera.- *Ljubljana, IGLG, Strokovna in znanstvena dela* 54: 57 s.
- REBULA, E., 1977b. Ugotavljanje osnov potrebnega časa za sečnjo in izdelavo jelovine in smrekovine v postojnskem gozdnogospodarskem območju.- *Ljubljana, IGLG, Strokovna in znanstvena dela* 61: 170 s.
- REBULA, E., 1984. Obratovalni in efektivni čas motorke in trajanje obremenitev sekača.- *GozdV.* 42: 211-218.
- REBULA, E., 1987. Čas sečnje in obdelave iglavcev po rastiščih.- *GozdV.* 45: 381-388.
- REBULA, E., 2000a. Študij dela – nič boljše kot pred letom?- *GozdV.* 58: 316-321.
- REBULA, E., 2000b. Organizacijske težave pri vzpostavljanju gozdnega reda.- *GozdV.* 58: 451-455.
- REBULA, E., 2003. Izkoristek lesa pri sečnji bukovine.- *Zb. Gozd. Les.*, 69, 197 – 213.
- TOMANIĆ, S., 1974: Racionalizacija rada pri sječi, izradi i provlačenju drva.- *Šumarski fakultet, Zagreb*:478 str.
- Samoupravni sporazum o skupnih izhodiščih in nekaterih osnovah za usmerjanje pri razporejanju dohodka, čistega dohodka in delitvi sredstev za osebne dohodke in skupno porabo. Normativi za pridobivanje sortimentov, 1984.- *Ljubljana, Splošno združenje gozdarstva Slovenije.*

ZEČIĆ, Ž., 1999. Skupni rad pri proredama u sastojinama Požeškoga gorja s posebnim osvrtom na privlačenje drva traktorima.- Zagreb, Glas. šum. pokuse 36: 13-101.

