

GDK: 36:306:331(045)

Prispelo / *Received*: 22. 11. 2004  
Sprejeto / *Accepted*: 21.1.2005

Izvirni znanstveni članek  
*Original scientific paper*

## STROŠKI DELA V RAZLIČICAH DELOVNIH POGOJEV IN IZKORIŠČENOSTI STROJEV ZA SEČNJO

Janez Krč \*, Boštjan Košir \*\*

### Izvleček

Sodobne tehnologije v procesu pridobivanja lesa zahtevajo skrbno analizo stroškov dela. V ta namen so analizirani nekateri tuji modeli računanja stroškov za strojno sečnjo. Predstavljamo program za analizo stroškov strojne sečnje, ki omogoča izdelavo kalkulacij za stroje za sečnjo in nadaljnjo analizo učinkov in stroškov pri različnih pogojih dela. Predvidene so različice za majhne in velike stroje ter za sestoje iglavcev in listavcev. Program omogoča analizo vplivnih dejavnikov na višino stroškov, med katerimi so najpomembnejši operativna stopnja izkoriščenosti strojev, analizirana v odvisnosti od učinkov in premikov stroja med delovišči, velikost delovišč, koncentracija sečenj in povprečno drevo poseka. Poleg navedenih vplivnih dejavnikov je mogoče analizirati tudi vpliv letne stopnje izkoriščenosti stroja na višino stroškov strojnega dela. Analize so pokazale, da se v splošnem pojavijo največje razlike v stroških dela pri kombinaciji koncentracije 30-40 m<sup>3</sup>/ha in 0,3 m<sup>3</sup> povprečnega drevesa poseka.

Ključne besede: strojna sečnja, kalkulacija stroškov, izkoriščenost strojev, delovne razmere, premiki, model

## LABOUR COSTS IN DIVERSE FOREST WORK CONDITIONS AND UTILIZATION OF WOOD HARVESTERS

### Abstract

In contemporary wood production technologies, there is an urgent demand for precise forest operation cost analyses. Some examples of cost calculation for mechanized cutting are analyzed. A new computer procedure for cost calculation is presented. The procedure enables forest operation cost calculation and analyses of productivity in different work conditions. Forest operation productivity for small and big harvesters in coniferous and deciduous stands can be selected. The program also enables analyses of influential factors which affect mechanized cutting costs. The most important influential factor is the operational degree of utilization, which is influenced by transfer of machines between work fields, size of work fields, cutting and tree volume. It is also possible to conduct sensitivity analyses of machine utilization expressed in working hours per year. Generally, sensitivity analyses showed that the labour cost differences are highest at the cutting volume of 40-50m<sup>3</sup>/ha and 0.3 m<sup>3</sup> mean tree volume.

Key words: mechanized cutting, cost calculation, utilization of machines, forest work conditions, machine transfer, model

\* doc.dr., univ. dipl. inž. gozd., BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, SLO  
\*\* prof.dr., univ. dipl. inž. gozd., BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, SLO

**VSEBINA**  
**CONTENTS**

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>107</b>
	INTRODUCTION	
<b>2</b>	<b>METODA DELA.....</b>	<b>108</b>
	METHOD OF WORK	
<b>3</b>	<b>REZULTATI.....</b>	<b>114</b>
	RESULTS	
<b>4</b>	<b>RAZPRAVA.....</b>	<b>118</b>
	DISCUSSION	
<b>5</b>	<b>SUMMARY.....</b>	<b>118</b>
<b>6</b>	<b>VIRI.....</b>	<b>120</b>
	REFERENCES	

## **1 UVOD**

### **INTRODUCTION**

Strojna sečnja je osvojila večino evropskih dežel. Pojavlja se v svoji najpopolnejši obliki s stroji za sečnjo. Izzivi, s katerimi se srečujejo raziskovalci v različnih deželah in praktiki, so podobni. Prvi koraki so bili povsod namenjeni opisu tehnologij (GUGLHOR, RIEHLE, 1999, THOR, 2002, ULRICH, SCHLAGHAMERSKY 2002, KOŠIR, 2002) in strojev (BODELSCHWINGH, 2003), delovnih razmer in pogojev (KRČ, KOŠIR, 2002, KRČ, 2002) ter posledic njihovega uvajanja (HOESCH, 2003), nato so sledila ugotavljanja učinkov in stroškov (npr. ELIASSON 1998 a, b, STAMPFER, 2001), ter vplivov na sestoj in gozdna tla (npr. FROHM, 1993, LAGESON, 1996, BOLLEHUUS, 1999, KOŠIR, 2002). Prve korake k spoznavanju strojne sečnje smo pri nas že opravili pa tudi več časovnih študij je že na voljo.

V procesu uvajanja nove tehnologije se je pokazala potreba, da izdelamo primerna orodja za ekonomsko-tehnološko presojo tehnologij in tudi posameznih vrst strojev. Prilagajanje delovnim razmeram je temelj uspešnega načrtovanja rabe razpoložljivih kapacitet – tako tehničnih kakor tudi vseh drugih (ekonomskih, kadrovskih, prostorskih, časovnih), ki aktivno nastopajo v procesu pridobivanja lesa. V času, ko v Slovenijo vstopajo sodobne tehnološke rešitve, ki so sorazmerno učinkovite na eni in drage na drugi strani, je potrebno skrbno pretehtati pogoje za uporabo kombinacij tehnologij, ki bodo kar v največji meri prilagojene našim proizvodnim razmeram.

Izkoriščenost tehničnih sredstev ima velik vpliv na ekonomičnost proizvodnega procesa. Osnova za primerjave med različnimi tehnološkimi rešitvami so podatki o ceni dela na enoto časa, učinkih pri delu in z njima neposredno povezano lastno ceno izdelka. V različnih delovnih razmerah je poraba časa na enoto proizvoda različna in od nje je odvisen obseg dela, ki ga lahko opravimo v predvideni življenjski dobi uporabljenega tehničnega sredstva.

V prispevku smo opisali računalniški program kot pripomoček, ki omogoča predvidevanje učinkovitosti izvedbe sečnje v različnih delovnih pogojih ob uporabi različno učinkovitih tehničnih sredstev pri strojni sečnji. Analiza omogoča številne primerjave učinka spremenljivk, ki so vključene v izračun kot vplivni dejavniki na učinkovitost strojne izvedbe sečnje in izdelave.

## **2 METODA DELA** **WORK METHODS**

V Sloveniji do sedaj nismo izdelali lastnih kalkulacij za delo z strojem za sečnjo. Zato smo najprej analizirali tuje postopke kalkuliranja stroškov in izkušnje. Za primer smo vzeli avstrijske zvezne kalkulacije FBVA (Forstliche Bundesversuchanstalt, Dunaj) iz leta 2003, ki imajo širok nabor kalkulacij za gozdarske stroje - in vsebujejo tudi različne stroje za sečnjo in spravilo lesa.

Stroške dela izračunavamo s kalkulacijami na standardni način (WINKLER s sod., 1994). Cene strojne ure se gibljejo v odvisnosti od velikosti (nabavne cene) strojev ter njihove izkoriščenosti. Stroški dela so zato odvisni predvsem od glavnih vplivnih dejavnikov, med katere štejemo: velikost drevesa oz. razvojno fazo sestoja, koncentracijo odkazila dreves, velikost drevesa, drevesno vrsto, velikost delovišča in izkoriščenost stroja.

Analitično orodje SSKALK je sestavljeno iz programov SSKONC in SSKALKU (KRČ, KOŠIR, 2003). V programu SSKONC simuliramo vplive različnih dejavnikov na izkoriščenost delovnega časa stroja, s programom SSKALKU pa izračunavamo stroške strojnega dela glede na izkoriščenost delovnega časa.

### **2.1 ANALIZA TUJIH KALKULACIJ** **ANALYSES OF FOREIGN COST CALCULATION**

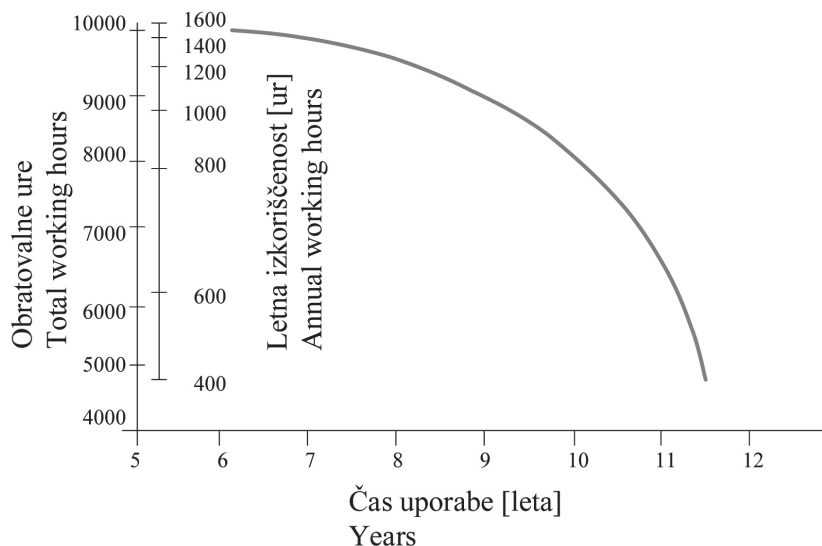
Avstrijske kalkulacije (FBVA 2003) imajo veliko podobnosti z dosedanjim modelom obračunavanja stroškov strojnega dela v Sloveniji. Računske postavke (s čimer mislimo na stroškovna mesta in stroškovne nosilce) so povsem primerljive z obračunom stroškov sečnje in spravila lesa (motorna žaga, traktor, žični žerjav, kamion). Zanje je značilna funkcionalna povezanost med največjo in dejansko dobo trajanja, ki je odvisna od letne izkoriščenosti stroja.

Pri različici kalkuliranja stroškov po FVBA 2000 so nekatere posebnosti:

1. Pri stroških amortizacije ne obračunavajo likvidacijske vrednosti, ker jo je v naprej težko oceniti in ni nujno neposredno povezana z nabavno vrednostjo.
2. Stroške vzdrževanja prilagajajo letni izkoriščenosti stroja. Ti padajo v odvisnosti od razmerja med maksimalno letno izkoriščenostjo (preračunano iz življenjske dobe), pri kateri izkustveno ugotavljajo koeficient vzdrževanja (glede na nabavno vrednost) in

dejansko letno izkoriščenostjo stroja - ponavadi manjša od največje možne izkoriščenosti.

3. Posebnost je tudi režim rabe stroja v življenjski dobi - gre za domnevo, da z leti oz. manjšanjem ostanka razpoložljivih obratovalnih ur predvidijo nižjo letno izkoriščenost stroja (slika 1).



Slika 1: Model predvidene izkoriščenosti gozdarskega traktorja v dobi trajanja  
Figure 1: Model for estimation of expected utilization for forest tractor in its life time

Slika 1 kaže na funkcijsko povezavo med letno izkoriščenostjo stroja in ostankom življenjske dobe oz. obratovalnih ur. Če vzamemo primer osem let starega stroja, za katerega se predvodi v dosedanji rabi 9.600 obratovalnih ur, se njegova trenutna letna izkoriščenost zniža iz začetno predvidenih 1.600 na 1.220 obratovalnih ur. Le ta v nadaljnjih letih eksponentno pada in se v dvanajstem letu ustavi pri 400 urah letno. Pri starejšem stroju se predvideva zmanjšan obseg letnega dela zaradi večjega časa vzdrževanja in s tem povezane izrabe stroja. Sčasoma stroj tudi tehnološko zastara in njegova konkurenčnost je majhna (ni več tako velika) v primerjavi s sodobnimi tehničnimi sredstvi. Iz slike sledi, da predvidevajo tak režim rabe, da stoj v prvih letih obratovanja povrne večino stroškov nabave.

Analizirali smo tudi strojne kalkulacije podjetja TIMBERJACK (PluCalc 1995), za katero je postopek izdelala univerza Tampere na Finskem. Posebnost analiziranih skandinavskih kalkulacij v primerjavi z avstrijskimi je predvsem v podrobnem zajemanju materialnih stroškov in izkoriščenosti stroja. Najznačilnejše so naslednje razlike:

- Upoštevanje tehnične stopnje izkoriščenosti stroja, ki odraža zanesljivost stroja v normalnih razmerah delovanja: nanjo vpliva razmerje med letnimi delovnimi dnevi oz. letnim fondom delovnih ur in časom, ko stroj dejansko dela (odšteti so časi, ko je stroj na popravilu v delavnici (angl. *time in repairshop*) in neproduktivni časi stroja na delovišču (angl. *machine downtime*).
- Upoštevanje operativne stopnje izkoriščenosti stroja, ki odraža stopnjo organizacije dela in je odvisna od izkoriščenosti delovnega dne (poleg odšteti časov pri tehnični stopnji izkoriščenosti so v tem primeru upoštevani še neproduktivni časi, ki nastanejo iz organizacijskih razlogov in zaradi delavca (načrtovanje dela, odmor za kosilo, kavo in drugi manjši odmori)

Glede na avstrijske kalkulacije imajo tudi naslednje posebnosti:

- povračilo prevoznih stroškov delavcem (kilometrine);
- pri nadomestnih delih posebej obračunavajo stroške verige in meča ter različnih olj (posebej hidravličnih, olj za mazanje verige motorne žage in olj za delovanje strojnega agregata).

Kalkulacije v skandinavskih državah (PlusCalc 1995) omogočajo natančnejše, diferencirano zajemanje in opredelitev podatkov o izkoriščenem času stroja, ki bistveno vpliva na ceno stroškov dela. Za delo v naših razmerah imamo teh podatkov do sedaj sorazmerno malo - pa še ti so povezani po večini z opazovanji posameznih primerov strojne sečnje (KRC, KOŠIR, 2002, več diplomskih del) ali opazovanji dela strojnikov s pomanjkljivimi izkušnjami pri delu.

## **2.2 POSTOPEK KALKULACIJE ZA STROJNO SEČNJO – SSKALKU**

### **PROCEDURE FOR COST CALCULATION BY MECHANIZED CUTTING – SSKALKU**

Pri izračunu smo upoštevali osnovno shemo kalkulacij, in sicer prvega dela, ki vsebuje materialne stroške dela. Po znanem postopku (KRC, KOŠIR 2003) smo obračunali ceno goriva in maziva ter nadomestnih delov. Pri tem smo uporabili avstrijski model, ki predvideva posebno izračunavanje stroškov gum, drugi nadomestni deli pa so obračunani v stroških popravil in vzdrževanja. Stroški le teh rastejo z letnim obsegom izkoriščenosti stroja. Letni obseg izkoriščenosti stroja pa določi tudi dobo trajanja, ki se zmanjša v primeru, da vsota letnih izkoriščenosti v predvideni največji dobi trajanja presega predviden obseg obratovalnih ur, torej preden se mu izteče z leti določena življenjska doba. V nasprotnem primeru pa stroj prej tehnološko zastari in ne izkoristi predvidenega največje-

ga obsega obratovalnih ur. V kalkulaciji se torej upošteva manjša izmed obeh vrednosti - med vnaprej določeno največjo dobo trajanja (zaradi vpliva tehnološkega razvoja smo jo ocenili na 9 let) in izračunanim trajanjem na osnovi izkoriščenega fonda predvidenih obratovalnih ur stroja.

Na ekonomičnost močno vpliva tudi dejanska izkoriščenost stroja v delovnem dnevu. Predvideli smo sorazmerno nizko stopnjo tehnične izkoriščenosti stroja, ki izraža razmerje med obratovalnimi in delovnimi urami (odšteta vsota vseh neproduktivnih časov znotraj delavnika, kamor sodijo vse prekinitve delovnega procesa krajše od 15min, pripravljalo-zaključni čas). Koeficient neproduktivnega časa v kalkulacijah je 1,3, kar je enako 70% izkoriščenosti delavnika za dejansko delo oz. njegov delež produktivnega časa. Nekateri avtorji uporabljajo višje odstotke izkoriščenosti delovnega časa strojev (npr. BODELSCHWINGH, 2003).

Naslednji korak je bil postavitve stroja v prostor in čas - seveda s pomočjo modela (slika 2), ki povezuje kalkulacije stroškov z učinki v različnih sestojnih razmerah, strukturi delovišč in velikosti strojev.

**DELOVIŠČA**

Vnos podatkov

Število delovnih ur letno: 2500 VAR

Površina gozdov [ha]: 10000

Možni posek [m3/ha/leto]: 5

Velikost delovišča [ha]: 5 VAR

Srednje neto drevo [m3/NTO]: 0.5 VAR

Koncentracija sečnje [m3/ha]: 30 VAR

STROJ: TIMBERJACK 1270 B\_SLO

STROJ/SESTOJ

Rezultat

Ure za PREMİK stroja: 1266 VELIKI

Ure za delo, sečnjo: 1233 IGLAWCI

Letni učinki [m3/leto]: 18942

Materialni stroški [SIT / URO]: 12.696,71

SIT / m3: 1.675,74

NIZ

Letno UR	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
SIT / m3	3632	3340	3104	2908	2743	2602	2480	2373	2279	2194	2119	2051	1989	1932	1881	1833	1889	1749	1711	1675

Delež ČASA za PREMİK [%]: 50,6

Slika 2: Vnosna maska programa za analizo učinkov dela stroja v odvisnosti od delovnih razmer

Figure 2: Input mask of a program for analyzing the efficiency of the chosen harvester in different work conditions related to tree species, cutting and tree volume, cutting unit area and moving time.

Vsakemu stroju smo priredili potencialne učinke, pridobljene na osnovi tujih raziskav in domačih snemanj glede na velikost stroja in vrsto sestoja. V postopku vrednotenja delovnih učinkov imamo možnost izbire med uporabo naslednjih kombinacij ugotovljenih učinkov, izraženih v  $m^3/uro$ :

- veliki in mali stroji ter delo v
- sestojih iglavcev ali listavcev.

Določili smo funkcijske povezave med površino primernih gozdov za strojno sečnjo, možnim posekom oz. obsegom del, izraženim v  $m^3/ha$ , velikostjo delovišč, srednjim neto drevesom in koncentracijo sečenj. Spreminjamo lahko velikost površine, na kateri načrtujemo delo z izbranim strojem ter določimo predvideni obseg dela v obliki možnih sečenj na enoto površine.

### **2.3 IZKORIŠČENOST STROJA IN PREMIKI MED DELOVIŠČI – SSKONC** OPERATIONAL DEGREE OF UTILIZATION AND SHIFTING - SSKONC

Znotraj izbrane površine imamo možnost opredeliti povprečno velikost delovišča oz. gozdnega predela, za katerega predvidevamo, da bomo oblikovali primerna delovna polja. Manjša velikost delovnih polj pomeni večji delež časa za premikanje stroja in s tem slabšo izkoriščenost predvidenega obsega letne izkoriščenosti stroja. Na letno izkoriščenost poleg obsega dela v največji meri vpliva organizacija delovnega dne (osnova je že eno ali več izmensko delo) in zanesljivost delovanja stroja in ekipe. Glede na izbrane vhodne podatke smo nato izračunali delež časa za delo oz. premik stroja med delovišči, letno količino izdelanih sortimentov ter porazdelili stroške dela na delovne ure oz. učinek, izražen v  $m^3$ .

Najpomembnejša je primerjava med stroški, ki so povezani z različnim letnim obsegom izkoriščenosti stroja pri danih sestojnih razmerah oz. strukturi delovišč. Program omogoča spreminjanje oz. simulacijo izračuna stroškov pri različnem letnem obsegu izkoriščenosti stroja za sečnjo.

Vsaka kombinacija delovnih razmer je povezana tudi z različno stopnjo izkoriščenosti delovnega časa zaradi izgub pri neproduktivnem premikanju stroja in se posebej izračuna kot delež časa, ki je potreben za premik stroja v delovišču in med delovišči. Čas za premike smo izračunali kot seštevek konstantnih časov (pripravljajno - zaključni čas) in variabilnih časov, odvisnih od gostote označenih dreves in razdalje med delovišči. V modelu smo uporabili vrsto spremenljivk, ki nastopajo kot vplivni dejavniki na učinkovitost pri strojni sečnji (preglednica 1).



Preglednica 1 : Seznam spremenljivk v programu SSKONC

Table 1: List of variables of SSKONC program

Opis spremenljivke Variable description	Enota Unit	Razpon vrednosti Value interval
<b>Vhodne spremenljivke/ Input variables</b>		
Srednje neto drevo	neto m <sup>3</sup> /drevo	0,1 - 1,5 korak: 0,1
Velikost delovišča ha	ha	1 - 50, korak: 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 50
Koncentracija m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	10 - 200, korak 10
Število delovnih ur letno	ur/leto	Poljubno
Površina gozdov ha	ha	600 - 2500
Etat m <sup>3</sup> /leto	m <sup>3</sup> /ha	3 - 8, Slučajnostni izbor
Fiksni izgubljeni čas za potovanje h	h	4
Število dreves, ki jih stroj poseka na en premik v sestoju	dreves/premik	Funkcija odvisna od dosega sečne glave in jakosti sečnje
Koeficient vijuganja	-	Funkcija odvisna od razdalje med delovišči
Hitrost premika po brezpotju (med drevesi)	km/h	Funkcija odvisna od razdalje premika
Hitrost premika (potovanja) po vlaki oz. cesti (med delovišči)	km/h	Funkcija odvisna od razdalje premika
Učinek sečnje	m <sup>3</sup> /h	Funkcija odvisna od velikosti drevesa
<b>Izračunane spremenljivke/ Calculated variables</b>		
Število delovišč na leto	delovišč/leto	Vrednosti, odvisne od vhodnih spremenljivk
Razdalja med delovišči	km	
Čas potovanja h/leto	h/leto	
Trajanje potovanj med delovišči	h/delovišče	
Število dreves na 1 ha	dreves/ha	
Razdalja med drevesi	m	
Trajanje premikov v sestoju	min/ha	
Trajanje premikov v sestoju na 1 m <sup>3</sup>	min/m <sup>3</sup>	
Trajanje premikov in sečnje	min/m <sup>3</sup>	
Učinki sečnje s premiki	m <sup>3</sup> /h	
Trajanje premikov in sečnje	h/ha	
Trajanje premikov in sečnje na delovišče	h/delovišče	
Trajanje premikov, sečnje in potovanja na delovišče	h/delovišče	
Število delovišč na leto	delovišč/stroj	
Izgubljene ure zaradi potovanja	h	
Razpoložljive ure za sečnjo	h	
Letni učinki stroja za sečnjo	m <sup>3</sup> /leto	
Število harvesterjev za letni etat	stroj/leto/etat	

### 3 REZULTATI RESULTS

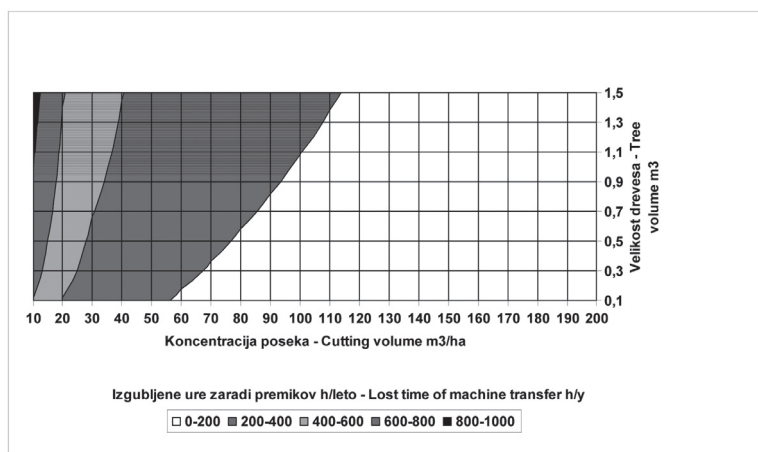
Model je na tej razvojni stopnji namenjen kot orodje za analizo in zasnovan kot sistem za podporo odločanju (KRČ, KOŠIR, 2003). Uporabnik lahko presoja različice vrednosti vplivnih dejavnikov, ki so pomembne v konkretnih razmerah, ali pa ga uporablja kot pripomoček pri raziskovalnem ali svetovalnem delu pri razvoju različnih tehnoloških rešitev.

Kot primer prikazujemo za izkoriščenost stroja 2.000 delovnih ur na leto nekaj značilnih rezultatov programa SSKONC. Domnevali smo, da je površina, na kateri načrtujemo strojno sečnjo 10.000 ha s povprečnim posekom  $5 \text{ m}^3/\text{ha}$  (povprečje redčenj in končnih posekov). Povprečno delovišče je v našem primeru veliko 10ha. Ta površina je lahko sestavljena iz več delovišč, ki se držijo skupaj, tako da med njimi ni potrebnih premikov stroja po cesti. Delo opravljamo z velikimi stroji za sečnjo (npr. Timberjack 1270B).

Na sliki 3 so prikazane izgubljene ure zaradi premikov stroja. Premike smo razdelili na: premike v sestoji in premike med delovišči. Glavna vplivna dejavnika sta koncentracija poseka na hektar in velikost drevesa. Vidimo, da majhne koncentracije močno povečujejo število izgubljenih ur, saj se s hitro izvedbo sečnje na posameznem delovišču povečuje število premikov stroja. Velikost drevesa vpliva na učinke sečnje. Pri večjih drevesih so učinki večji, zato je delovišče hitreje obdelano, nakar je na vrsti spet premik na novo delovišče. Pri visokih učinkih sečnje bomo letno obdelali več delovišč in bomo za to potrebovali več premikov.

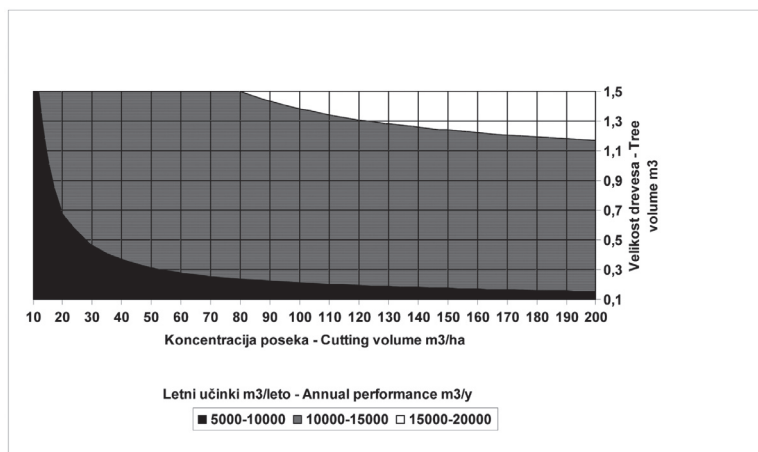
Razliko med razpoložljivimi in izgubljenimi urami predstavljajo letno izkoriščene ure, ki so na voljo za sečnjo. Od izkoriščenih delovnih ur ter učinkov stroja je odvisno, kakšni bodo letni učinki v posameznem primeru. Letni učinki (slika 4) so največji pri večjih koncentracijah poseka in sečnji večjih dreves. Koncentracije poseka pod okoli  $50 \text{ m}^3/\text{ha}$  močno zmanjšajo letne učinke (tudi pri debelem drevju), pri povprečnih koncentracijah nad  $50 - 60 \text{ m}^3/\text{ha}$  pa je vpliv velikosti drevesa močnejši.

S programom lahko izračunamo tudi število strojev za sečnjo, ki bi bili potrebni za predvideni letni posek (slika 5). V opisanem primeru bi potrebovali v najboljšem primeru (velika koncentracija poseka, veliko drevo) samo tri, v najmanj ugodnem primeru (majhno drevo, majhna koncentracija poseka) pa kar osem strojev za sečnjo. Tudi iz tega prikaza vidimo, da so posebej vplivne predvsem koncentracije poseka pod okoli  $50 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Povečevanje velikosti povprečnega posekanega drevesa pri koncentracijah nad  $50 \text{ m}^3/\text{ha}$  in nad  $0,5 \text{ m}^3/\text{drevo}$  vpliva vse manj.



Slika 3: Izgubljene ure zaradi premikov glede na koncentracijo poseka na delovišču in velikost drevesa

Figure 3: Lost time of machine transfer by different combination of cutting volume and tree volume

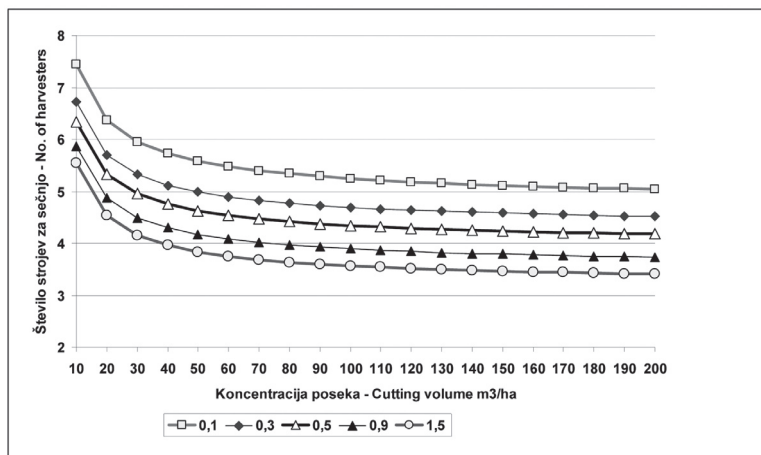


Slika 4: Letni učinki strojev za sečnjo glede na koncentracijo poseka na delovišču in velikost drevesa

Figure 4: Annual performance of harvesters by different combination of cutting volume and tree volume

Pomembno je načelo, da so vplivni dejavniki in rezultati izračuna v funkcijski povezavi. Načelo osnovnega algoritma je: kako vplivajo vhodni dejavniki na rezultat oz. kakšen rezultat dobimo pri vnaprej določenih pogojih. Če želimo, lahko problem izračuna tudi

obrnemo in se vprašamo, npr.: pri katerih pogojih bomo dosegli ciljno izkoriščenost strojev. Rezultati izračunov so podani v preglednicah, zato sta obe poti uporabe možni. V nadaljevanju raziskave bo mogoče narediti program, ki bo – uporabniku prijazno – podpiral obe smeri razmišljanja: od spodaj navzgor (znane so vrednosti vhodnih spremenljivk) in od zgoraj navzdol (znani so cilji, iščemo vrednosti vhodnih spremenljivk).

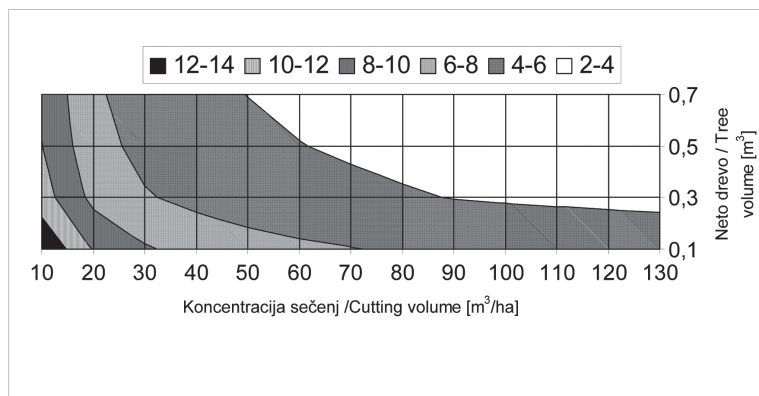


Slika 5: Število strojev za sečnjo, ki so potrebni za letni posek 50.000m<sup>3</sup>  
 Figure 5: Number of harvesters for annual cutting volume of 50,000 m<sup>3</sup>

V nadaljevanju so podane nekatere analize kalkulacij za primere konstantne izkoriščenosti določenih strojev in velikosti delovišč pri različnih sestojnih razmerah in koncentracijah sečenj. Sliki 6 in 7 podajata intervale vrednosti materialnih stroškov v lastni ceni strojne sečnje za m<sup>3</sup> pri različnih vrednostih vhodnih variabilnih vplivnih dejavnikov.

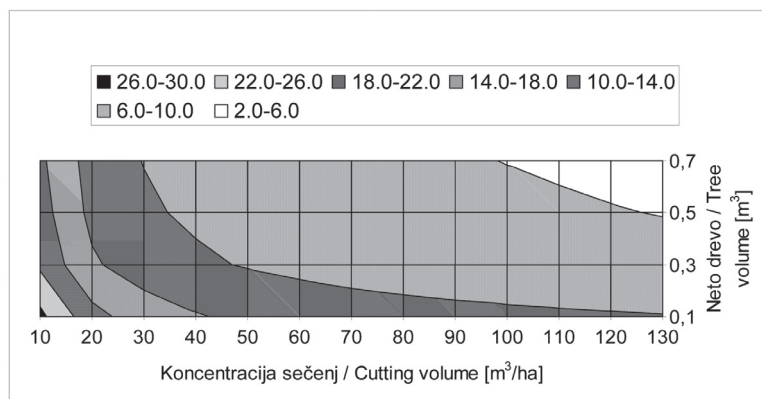
Kot skupno lastnost obeh analiz lahko povzamemo, da so posebej velike razlike v stroških sečnje in izdelave pri začetnem naraščanju koncentracij sečenj in tudi velikosti dreves, saj se stroški najbolj intenzivno spreminjajo pri kombinaciji nizkih koncentracij in manjših dimenzij drevja. Dogajanje je veliko manj pestro v smeri naraščanja obeh vhodnih spremenljivk, kjer so izračunani stroški pri visokih koncentracijah sečenj in večjih dimenzijah dreves.

Spreminjanje stroškov v obeh primerih kaže enake trende postopnega nižanja z naraščanjem koncentracij sečenj in dimenzij drevja. Pri nižji letni izkoriščenosti stroja oz. manjšem obsegu dela (slika 7) je razpon materialnih stroškov sečnje in izdelave bistveno večji.



Slika 6: Materialni stroški sečnje in izdelave v EUR/m<sup>3</sup> za različne kombinacije med koncentracijami sečenj in dimenzijami drevja pri majhnem stroju za sečnjo in delu v iglavcih ob letni izkoriščenosti 2.000 ur ter velikostjo delovišča 3 ha.

Figure 6: Machine cost for mechanized cutting [EUR/m<sup>3</sup>] for different combination of cutting volume and tree volume performed by small harvester in coniferous stands and 2000 working hours per year



Slika 7: Materialni stroški sečnje in izdelave v EUR/m<sup>3</sup> za različne kombinacije med koncentracijami sečenj in dimenzijami drevja pri majhnem stroju za sečnjo in delu v iglavcih ob letni izkoriščenosti 500 ur ter velikostjo delovišča 3 ha.

Figure 7: Machine cost for mechanized cutting [EUR/m<sup>3</sup>] for different combination of cutting volume and tree volume performed by small harvester in coniferous stands and 500 working hours per year

Na velikost stroškov poleg letne izkoriščenosti bistveno vpliva tudi struktura delovnega časa. Z naraščajočo koncentracijo del, ki ima za posledico manjši obseg dela na posameznem delovišču (privzeta konstantna velikost), narašča tudi delež delovnega časa, ki je potreben za premik stroja z delovišča na delovišče. K izkoriščenosti delovnega časa v isti

smeri pripomorejo tudi učinki, ki so v debelejših sestojih večji in zato je razpoložljivo delo na delovišču hitreje opravljeno. Z naraščanjem koncentracije sečenj in padanjem dimenzij drevja se izboljšuje izkoriščenost razpoložljivega delovnega časa, kar pomeni večji delež glavnega produktivnega časa, v katerem nastajajo učinki.

## **4 RAZPRAVA DISCUSSION**

Orodje omogoča številne analize pestrih različic pogojev dela, vključevanja tehnoloških rešitev in delovnih sredstev. Presoje izkoriščenosti delovnega časa, obremenjenosti delovnih sredstev, učinkov in stroškov omogočajo podporo v procesu sprejemanja odločitev. Pričakovani obsegi dela in delovni pogoji so v Slovenji izredno pestri. Uporabnik lahko simulira pričakovane okoliščine izvedbe del in na osnovi rezultatov odloča o najučinkovitejših tehničnih sredstvih, organizaciji dela in drugih dejavnikih, ki nastopajo v sodobnih tehnoloških rešitvah.

Za rabo strojne sečnje je izredno pomembna tudi primerjava s t.i. klasičnimi tehnologijami sečnje in izdelave dreves. V sedanjih proizvodnih razmerah nastopajo primeri, ko se ugotavlja učinkovitost rabe ene ali druge tehnologije. Znano je, da z rastjo dimenzij drevja pri določenem prsnem premeru strojna sečnja zaenkrat nima odločilne prednosti pred sečnjo in izdelavo z motorno žago. Sečnja izredno debelih dreves pa je poseben primer, ki zahteva prilagojene postopke s kombinacijo obeh tehnologij, kar izvedbo močno podraži. Tudi v takih primerih bi bila potrebna posebna predhodna snemanja, ki bi nato omogočila simulacijo učinkov in stroškov ter presajo primernosti različic izvedbe načrtovanje gozdne proizvodnje.

## **5 SUMMARY**

The paper presents the introduction of mechanized cutting in Slovenia, in particular as regards cost calculation depending on some essential influential factors. A computer software was developed which helps a potential analyst to calculate different costs, time utilization and productivity of a forest operation, taking into account the influence of certain factors on work organization in specific work conditions and on the utilization of harvesting machines.

The basic template for machine cost calculation applied in previous Slovenian forest work calculation was used. Inclusion of expensive machines in forest operation on the one and modern information technology on the other side demands new, enhanced algorithms which enable direct cost calculation by cubic meter ( $\text{m}^3$ ). Some foreign forest machine cost calculation (FVBA 2003, PlusCalc 1995) which includes mechanized cutting and forwarding was analyzed and own procedure for cost calculation was worked out. The procedure enables simulation of mechanized forest operations and relevant time analyses for different combinations of influential factors. The analyses of productivity and cost by different working time utilization for choosing a suitable harvesting machine (small, big) were simulated for defined stand conditions (coniferous, deciduous).

The influence of the cutting volume ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) and mean tree volume ( $\text{m}^3$ ) by fixed work field size and annual working time was analyzed. An increase in the cutting volume ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) leads to lower shifting and thus to better utilization of working time (Operational Degree of Utilization). Increased tree volume also influences the productivity; the efficiency of the machine rises because the machine spends less time than before for the same size of a work field and, consequently, the share of working time spend on shifting is reduced (Figure 3). One of the most important issues in cost calculation is the Operational Degree of Utilization. Other factors which influence productivity also have a direct effect on work speed as well as on total cost on hourly basis and annual basis as well as by cubic meter (Figure 4). Furthermore, the paper presents the analyses of processed cutting volume and he required number of harvesters in specific work conditions in relation to the defined forest area, potential cutting volume and cutting structure (Figure 5).

It is impossible to set an optimal combination of influential factors related to machine cost calculation. But it is possible to draw the conclusion that the differential point for a cost increase is defined at the cutting volume  $40\text{-}50\text{m}^3/\text{ha}$  and  $0.3\text{ m}^3$  of mean tree volume. The productivity used for various harvesters in deciduous stands is questionable due to lack of data. For more accurate analyses, further time studies related to the Operational Degree of Utilization for specific harvesters in conditions, prevailing in Slovenian forests, will have to be performed.

