

GDK: 621.74 : 461

Prispelo/Received: Junij/June 1998
Sprejeto/Accepted: Oktober/October 1998

Izvirni znanstveni članek
Original scientific paper

PRESOJA KONCEPTA ZGODNJIH REDČENJ Z VIDIKA PORABE ENERGIJE IN POŠKODB SESTOJEV

Boštjan KOŠIR*

Izvleček

Del sonaravnega pristopa temelji na negi gozda, ki jo opravljamo v kasnejših razvojnih fazah hkrati s sečnjo. Učinek negovalnih ukrepov v mlajših razvojnih fazah je največji, vendar je to načelo prav tu soočeno z ostrimi ekonomskimi omejitvami. Slednjim se pridružijo tudi naraščajoče poškodbe stoječega drevja, ki zmanjšujejo dolgoročne ekonomske učinke nege gozdov. Na primeru modelnega sestoja smo izračunali naraščanje deleža poškodb stoječega sestoja po redčenju ter porabo goriva pri sečnji, spravilu in prevozu lesa. S kasnejšimi in manj pogostimi redčenji bi lahko dobili več vredne sortimente z manjšo porabo goriva in boljšim ekonomskim rezultatom. Sedanje tehnologije pridobivanja lesa niso dovolj prilagojene intenzivnemu gospodarjenju na načelih sonaravnosti, trajnosti in večnamenske vloge gozda. Med razlogi za to trditev je visok delež poškodovanih dreves pri vsakokratni sečnji (okoli 20%). Kjer je mogoče, bi morali uporabiti tehnologije kratkega lesa. Priprava dela bi morala biti izpeljana bolj pazljivo.

Glavne besede: poškodbe, redčenja, pridobivanje lesa, smreka, model

CRITICAL EVALUATION OF FREQUENT THINNINGS FROM THE ASPECT OF ENERGY CONSUMPTION AND DAMAGE IN THE STANDS

Abstract

A part of co-natural approach is based on tending the stands, which is done repeatedly with the thinnings. The effect of tending is highest in young development phases but in these phases this principle is faced with strongest economical limitations. The consequences of the cuttings in younger phases are also damages of the standing trees which remain in the stands for a long time - until the end of the rotation period. Accumulated damages of the standing trees seriously endanger the positive effects of the tending. Evaluating the above statements, we used a mathematical model and simulations. With later and less frequent thinnings we could probably get higher value of wood with less energy consumption and with better economical result. Present technologies of felling trees and long wood extraction are not adapted to intensive forest management on the principle of co-natural, sustainable and multifunctional forest management. One of the reasons is a very large share of damaged remaining trees during every forest operation (around 20%). Where possible, the technologies should be changed to shortwood systems. Forest operations should be planned and done much more carefully.

Keywords: damages, forest operations, thinnings, spruce, model

* dr. gozd. zn., docent, Biotehniška fakulteta oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, SLO

VSEBINA CONTENTS

1	UVOD	
	INTRODUCTION.....	57
2	METODE	
	METHODS.....	57
2.1	MODEL RAZVOJA SMREKOVEGA SESTOJA	
	MODEL OF SPRUCE STAND DEVELOPMENT.....	57
2.2	PORABA ČASA PRI SEČNJI IN SPRAVILU LESA TER PORABA ENERGIJE	
	WORKING TIME AND ENERGY SPENT IN CUTTING AND WOOD EXTRACTION.....	58
2.3	VREDNOST SORTIMENTOV IN STROŠKI DELA	
	VALUE OF TIMBER AND OPERATIONAL COSTS.....	59
2.4	POŠKODBE SESTOJEV ZARADI SEČNJE IN SPRAVILA LESA	
	DAMAGES TO STANDING TREES.....	60
3	REZULTATI	
	RESULTS.....	60
3.1	MODEL RAZVOJA SESTOJA	
	MODEL OF STAND DEVELOPMENT.....	60
3.3	POŠKODBE SESTOJEV ZARADI PRIDOBIVANJA LESA	
	DAMAGES TO STANDING TREES BECAUSE OF HARVESTING.....	65
3.4	VREDNOST LESA IN PRIMERJAVA S STROŠKI	
	TIMBER VALUE AND OPERATIONAL COSTS.....	66
4	RAZPRAVA	
	DISCUSSION.....	68
	SUMMARY.....	69
	VIRI	
	REFERENCES.....	71

1 UVOD

INTRODUCTION

Gozdnogojitveni koncepti ravnanja z gozdovi so kljub razglašnim načelom trajnosti ter sonaravnosti in spoštovanju večnamenske vloge gozda v praksi pogostokrat v nasprotju z zmožnostmi človekovega ravnanja. Zato ostajajo slejkoprej želje. Razlika med zaželenim in uresničljivim pa ostaja predmet spora med gozdarji. V sporih se zdi, da imajo prav tako tisti, ki trdijo, da je današnja tehnika pridobivanja lesa premalo prilagojena delu v gozdu, kot tudi tisti, ki trdijo, da je predpisovanje sečenj v gozdovih sprto s trajnostno ekonomiko gospodarjenja z gozdovi in da predpisani ukrepi premalo upoštevajo zahteve tehnike. Enodobni in pretežno enomerni alpski smrekovi gozdovi v Sloveniji so za študij usklajenosti gojitvenih konceptov ter tehničnih zmožnosti še posebej primerni. Razlog, da smo jih izbrali za to primerjavo, je tudi v razmeroma dobri primerljivosti z razmerami drugod po Evropi, saj najdemo podobne sestoje in terene tudi drugod v Alpah kot tudi v Skandinaviji. S tem seveda ne odrekamo specifičnosti slovenskim alpskim gozdovom, temveč poskušamo primerjavo le poenostaviti. V sestavku nas zanima predvsem vprašanje, kakšne dolgoročne posledice ima uveljavljen koncept pogostih in razmeroma šibkih redčenj na racionalnost našega ravnanja v teh sestojih. Pri tem smo kot merila racionalnosti vzeli porabljeno energijo, stroške pridobivanja lesa, poškodbe v sestojih in vrednost posekanega lesa. Namen raziskave je bil, da na podlagi modela razvoja smrekovega sestoja in redčenj glede na starost in debelinsko strukturo ugotovimo porabo časa pri sečnji in spravilu glede na starost in debelinsko strukturo sestoja in s tem porabo energije glede na vrsto dela (machine, manual work), stroške sečnje in spravila lesa, vrednost sortimentov in razliko med stroški in vrednostjo sortimentov ter naraščanje deleža poškodb glede na starost kot tudi zmanjšanje vrednosti sortimentov zaradi poškodb drevja.

2 METODE

METHODS

2.1 MODEL RAZVOJA SMREKOVEGA SESTOJA

MODEL OF SPRUCE STAND DEVELOPMENT

Model temelji na vhodnih podatkih o številu drevja v sestoju, naraščanju srednjega sestojnega premera, kubaturi drevja ter številu drevja iz redčenj (HALAJ in sod. 1987). Podatke smo transformirali tako, da je imela debelinska struktura drevja pri vsaki starosti normalno Gaussovo porazdelitev z aritmetično sredino, ki je bila enaka srednjemu

sestojnemu premeru po vhodnih tablicah ter standardnim odklonom, ki je bil 1/3 te vrednosti. Z modelom smo dobili razporeditev števila drevja in debeljadi glede na prsne premere dreves pri vsaki starosti sestoja vse do konca proizvodne dobe 160 let. Ti podatki so bili osnova za izračun učinkov sečnje z motorno žago in spravila lesa s prilagojenim kolesnim traktorjem. Model obravnava razvoj sestoja od končane dobe pomlajevanja do zadnjega redčenja pred pričetkom ponovnega pomlajevanja oz. končnih sečenj. Proizvodna doba 160 let, ki je za smrekove gozdove na splošno predolga, je bila izbrana zato, ker smo obravnavali gorske sestoje, kjer so zaradi možnosti pridelovanja višje kakovosti lesa dolge proizvodne dobe običajne.

2.2 PORABA ČASA PRI SEČNJI IN SPRAVILU LESA TER PORABA ENERGIJE

WORKING TIME AND ENERGY SPENT IN CUTTING AND WOOD EXTRACTION

Porabo časa pri sečnji z motorno žago smo izračunali s pomočjo regresijske krivulje, ki smo jo za podobne sestoje v Sloveniji izračunali iz podatkov o učinkih sečnje za dve leti. Enačba velja za sečnjo smreke na visokogorskih platojih, in sicer za pretežno metodo mnogokratnikov osnovnih dolžin brez lupljenja.

$$Nt \text{ sec} = 29.2 + 12.6 / v - 0.017 / v^3 + 124 \cdot v \quad (1)$$

v neto prostornina drevesa (m^3).

Normative za spravilo lesa s prilagojenimi kmetijskimi traktorji smo izračunali po enačbi:

$$Ntspr = 1.13 / v + 12.90 \quad (2)$$

v neto prostornina drevesa (m^3).

Porabo goriva za motorno žago (l/m^3) pri sečnji smo izračunali:

$$Ec \text{ sec} = 0.0092 \cdot Nt \text{ sec} \quad (3)$$

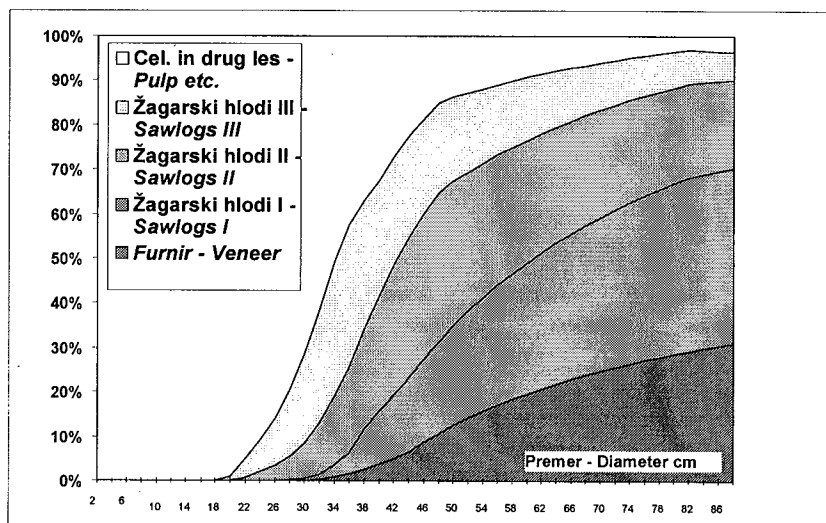
Porabo dieselskega goriva (l/m^3) pri spravilu smo izračunali:

$$Ecspr = 0.05 \cdot Ntspr \quad (4)$$

Porabo energije pri sečnji z motorno žago in spravilu s traktorjem smo vzeli za motorno žago 0,67 l/kWh, za traktor pa 0,31 l/kWh (SUNDBERG, SILVERSIDES 1991). Energijo sekača smo ocenili s porabo 29,3, traktorista pa 14,7 kJ/min.

2.3 VREDNOST SORTIMENTOV IN STROŠKI DELA VALUE OF TIMBER AND OPERATIONAL COSTS

Vrednost sortimentov smo izrazili z odvisnostjo strukture sortimentov glede na prsni premer drevesa in jo izračunali za vsako starost sestoja ter za teoretično porazdelitev premerov iz podatkov o jakosti redčenja ter prodajni ceni sortimentov (slika 1). Vzeli smo naslednje prodajne cene sortimentov: furnir 16.500SIT, hlodi za žago I - 12.000SIT, II - 9.500SIT, III - 6.500SIT in ostali tehnični in celulozni les 4.000SIT/m³ (podatki WINKLER, I. 1998).



Grafikon 1: *Struktura sortimentov glede na premer nepoškodovanega drevesa*
Figure 1: *Structure of assortments in relation to breast height diameter of the tree*

Vrednost poškodovanih dreves smo izračunali s korekcijo vrednosti glede na starost poškodb. Poškodovana drevesa, ki so ostala v sestoji najdlje, so imela ob sečnji le še okrog 20% teoretične vrednosti.

Stroške sečnje smo ocenili na 2.406SIT/h, stroške spravila s traktorjem pa 4.332SIT/m³. Vzeli smo, da stane 1l diesel goriva 86,20 SIT, goriva za motorno pa 108,56 SIT/l.

Strošek KWh pri spravilu lesa je tako znašal 26,72 SIT, pri sečnji 72,74 SIT oz. ročnega dela pri spravilu lesa 588 SIT in pri sečnji 1175 SIT.

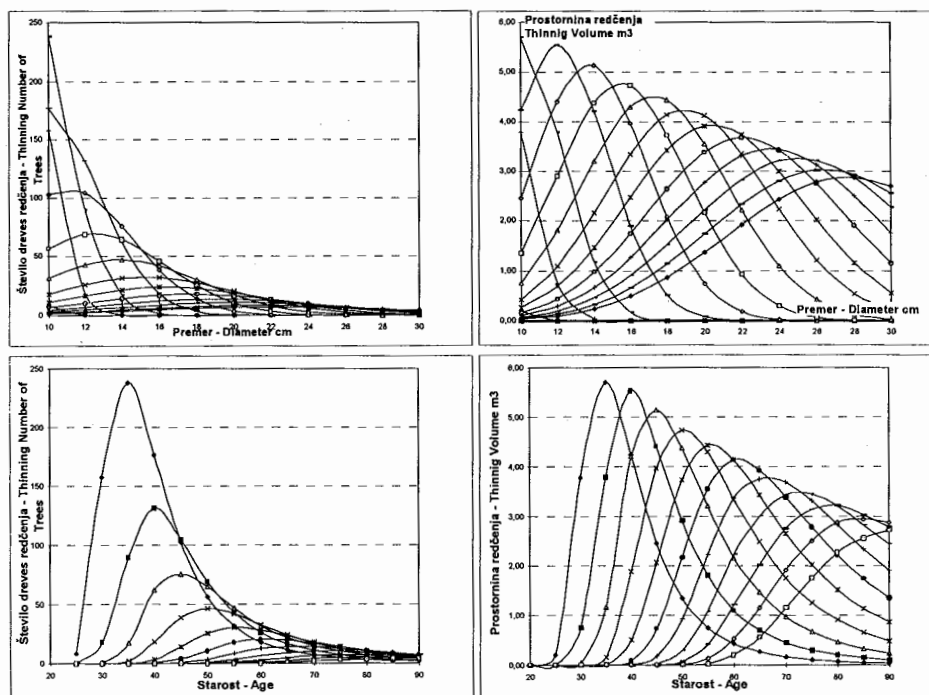
2.4 POŠKODBE SESTOJEV ZARADI SEČNJE IN SPRAVILA LESA **DAMAGES TO STANDING TREES**

Parametra, ki vplivata na delež poškodb glede na izhodiščno stanje sta: jakost sečnje in delež vsakokrat poškodovanih dreves; na končno poškodovanost sestoja, pa vpliva le delež vsakokrat poškodovanih dreves. Če sečnje ponavljamo, se bodo nove poškodbe pridružile prejšnjim in delež prizadetih osebkov bo naraščal ter se postopoma bližal 100% (KOŠIR, CEDILNIK 1996). V modelu smo delež poškodb postavili v soodvisnost od jakosti redčenja (KOŠIR 1996, 1998). Tako dobljeni rezultati so bili tudi dovolj skladni z nekaterimi terenskimi meritvami in dobro kažejo na dejansko stanje poškodovanosti sestojev zaradi pridobivanja lesa.

3 REZULTATI **RESULTS**

3.1 MODEL RAZVOJA SESTOJA **MODEL OF STAND DEVELOPMENT**

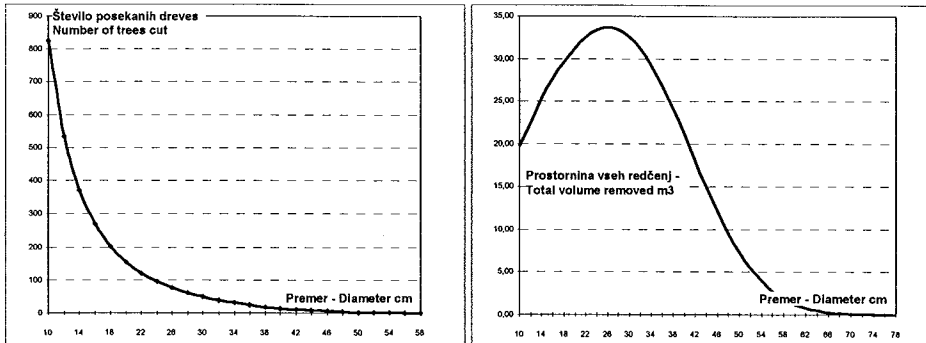
Model razvoja sestojev nam je dal po petletnih obdobjih debelinsko strukturo drevja v sestoji, iz katere smo nato izračunali tudi lesno zalogo sestoja pred redčenjem in po njem. Podobno smo z modelom dobili debelinsko strukturo drevja pri posameznem redčenju in njegovo prostornino. Porazdelitev debelinske strukture drevja je bila normalna, zato je bila porazdelitev drevja glede na prostornino rahlo asimetrična. Asimetrična je bila tudi porazdelitev premerov števila drevja in prostornine redčenja po posamezni starosti, v kateri se redčenje opravlja (slika 2). Večji premeri v sestoji nastopijo šele pri večjih starostih, zato je pri vseh redčenjih prevladovalo drobno drevje.



Grafikon 2: Porazdelitev dreves glede na starost in premer (kot primer je vzet razpon med 10 in 30cm)

Figure 2: Distributions of trees according to age and diameter (range 10 to 30cm as an example)

Takšna porazdelitev dreves je odločilno vplivala na vse rezultate. Po vhodnih podatkih smo imeli opraviti z velikim številom redčenj, kot je to običaj pri intenzivnem gospodarjenju z gozdovi, pri čemer so bile jakosti redčenj glede na število dreves razmeroma majhne. Število odstranjenih dreves je zelo hitro upadalo s starostjo pri čemer se je prostornina posekanega lesa manj spreminjala. Porazdelitev prostornine vseh redčenj v proizvodni dobi 160 let ima zato glede na premer drevja izrazito asimetrično porazdelitev z modusom pri okrog 26cm (slika 3).



Grafikon 3: Število dreves in prostornina redčenj v proizvodni dobi

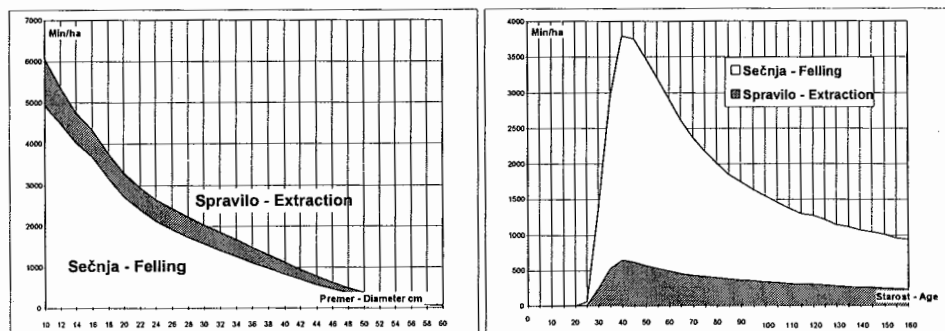
Figure 3: Number of trees and volume removed during the rotation period

Primerjava z redčenji, ki so jih za podobne račune uporabili drugod po Sloveniji (KRAJČIČ 1996), kjer je šlo za smrekove gozdove sredogorja, kažejo, da je bistvena razlika v daljši proizvodni dobi in šibkejših redčenjih, ki smo jih uporabili v našem primeru (manjša prostornina in manjši povprečni premer drevesa). To razliko lahko razložimo z različnim gozdnogojitvenim pristopom v alpskih smrekovih sestojih.

3.2 Poraba časa in energije ter stroški dela

Working time spent, consumption of energy and operational costs

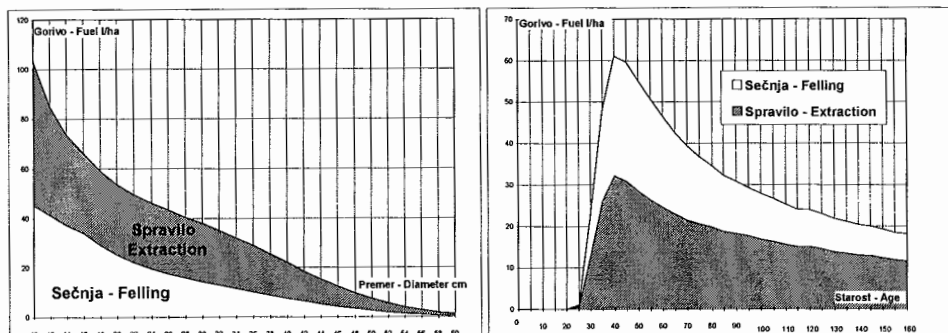
Debelinska struktura drevja neposredno vpliva na porabo časa in energije pri sečnji in spravilu lesa. Poraba časa glede na premer drevesa je določena z normativi in degresivno upada s premerom drevesa. V proizvodni dobi je poraba časa za sečnjo in spravilo lesa v novem sestoju v začetnem obdobju enaka nič, saj v tem času opravljamo le gozdnogojitvena dela pri negi mladja, gošče in letvenjaka, kar v modelu nismo upoštevali. Po petindvajsetem letu pričnemo s prvimi redčenji, ki pa so z vidika porabe časa zelo zamudna. Glavnina dela je v tem času pri sečnji. Delež časa, ki je namenjen spravilu lesa, se kasneje postopoma večja (slika 4).



Grafikon 4: Delovni čas sečnje in spravila lesa min/ha

Figure 4: Working time of felling and wood extraction min/ha

Poraba goriva ima zelo podoben potek kot poraba časa, le da je razmerje med porabo goriva pri sečnji in spravilu lesa nekoliko spremenjeno v korist sečnje, ker je poraba pri sečnji pač nekaj manjša (slika 5). Glavnino goriva porabimo v začetnih redčenjih tja do starosti 80-90 let, kasneje pa se poraba goriva umiri. Če povežemo porabo goriva z emisijami v okolje in pomislimo še na obremenitev okolja z mazalnimi olji pri sečnji, vidimo, da je v času najbolj intenzivnih zgodnjih redčenj, kjer z vidika gojivnih ciljev opravljamo pomembno selekcijo osebkov, tudi obremenjenost okolja z negativnimi vplivi izgorevanja fosilnih goriv največja.

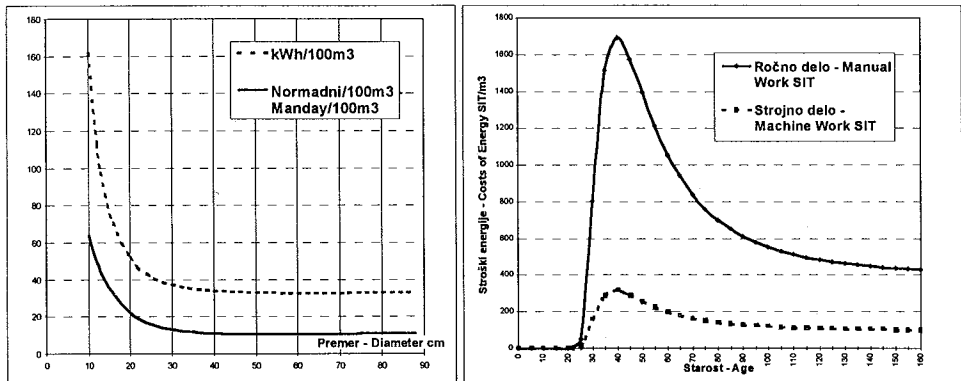


Grafikon 5: Poraba goriva pri sečnji in spravilu lesa l/ha

Figure 5: Fuel consumption of felling and wood extraction l/ha

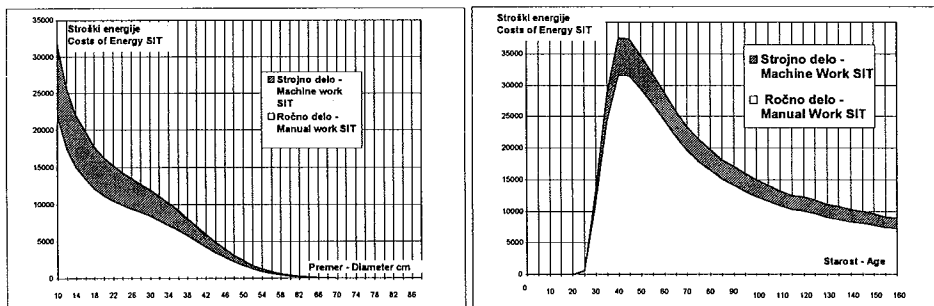
V stroških delovne ure stroja predstavlja strošek energije znaten delež, saj predstavlja vsoto neposrednih stroškov porabe goriva kot tudi strošek delovne sile (slika 7). V kalkulaciji stroškov delovne ure so seveda tudi drugi stroški, ki zamegljujejo odvisnost med porabo energije in skupnimi stroški delovne ure, vendar so pomembni za primerjavo z vrednostjo lesa. Strožno in ročno delo, ki se razlikujeta po količini vložene energije na

enoto proizvodna, dobro kažeta na stanje tehnologije v nekem času. Če pri spravilu lesa ne upoštevamo raznolikosti spravljenih razmer, vpliva na količino vložene energije in s tem na stroške le velikost drevesa, v času proizvodne dobe pa še število in jakost redčenj. Poraba energije ročnega dela je pri obstoječi tehnologiji spravila lesa pri vseh premerih drevja manjša od strojne in se pri drevju, ki je debelejšje od 30cm ustali pri okrog 10 -12 manday/100m³. Pri teh debelinah je vložek strojnega dela okrog 33-35 kWday/100 m³ (slika 5 in 6). Te vrednosti seveda ne predstavljajo povprečij porabe energije, saj veljajo predvsem za debelejši les. Za modus premerov (26cm oz. 0,46 m³/tree) bi bil vložek človeške energije 15 manday/100 m³, strojne energije pa 41 kWdni/100 m³.



Grafikon 6: Poraba človeške in strojne energije ter stroški energije na enoto proizvodnje

Figure 6: Manual and machine work energy and the costs of energy

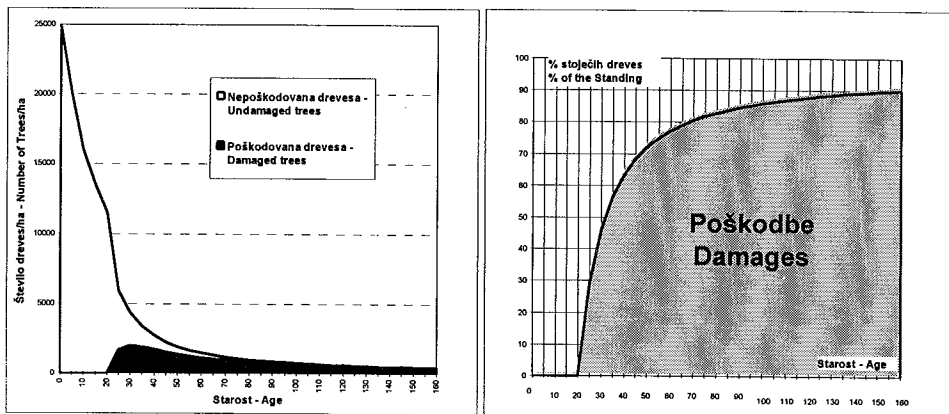


Grafikon 7: Stroški človeške in strojne energije glede na premer drevesa ter starost sestaja

Figure 7: Energy costs of manual and machine work in relation to tree diameter and age of the stand

3.3 POŠKODBE SESTOJEV ZARADI PRIDOBIVANJA LESA DAMAGES TO STANDING TREES BECAUSE OF HARVESTING

Pri sečnji in spravilu lesa nastajajo poškodbe drevja, ki se v času akumulirajo, čeprav jih pri vsakem redčenju nekaj odstranimo. Terenska opazovanja so pokazala, da znaten delež poškodb povzročimo že v času pomlajevanja, ko skozi mladje premikamo težka debela starega sestoja. V našem modelu teh poškodb nismo upoštevali in smo domnevali, da je sestoj tja do starosti 25 let, ko pričnemo s prvimi redčenji, še nepoškodovan. Delež poškodb v začetku zelo hitro narašča in že po prvih nekaj redčenjih doseže 50% poškodovanosti drevja v sestoju (slika 8). V času največjega vložka energije in v času najvišjih stroškov povzročimo tudi največ škode v okolju (emisije) in v sestoju. Z vidika trajnostnega gospodarjenja se kažejo zgodnja redčenja - kljub ugodnim gozdnogojitvenim posledicam - zelo dvomljiva in kritična. Pri tem moramo opozoriti, da so mnoga terenska merjenja potrdila visoko poškodovanost sestojev, v katerih je bilo že mnogokrat redčeno (KOŠIR 1998).

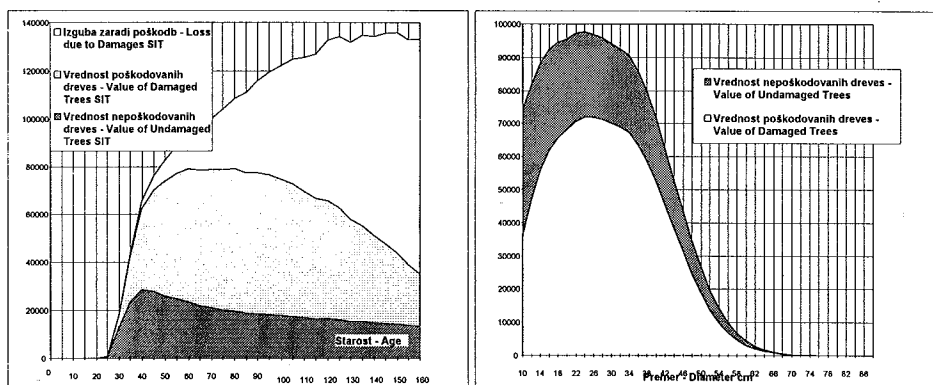


Grafikon 8: Poškodovano in nepoškodovano drevje v modelnih sestojih
Figure 8: Damaged and undamaged trees in a model stand

Poškodbe nastajajo ves čas človekove dejavnosti v gozdu in nekatere ostanejo v sestoju od nastanka pa do konca proizvodne dobe. Vpliv teh je na vrednost sortimentov največji. Med poškodovanimi drevesi se delež novih poškodb v času zmanjšuje in je pri zadnjih redčenjih že neznaten, narašča pa delež starih poškodb.

3.4 VREDNOST LESA IN PRIMERJAVA S STROŠKI TIMBER VALUE AND OPERATIONAL COSTS

Izračunali smo modelno vrednost sortimentov, ki temelji na oceni strukture sortimentov glede na debelino drevesa, ki jo dobimo iz zdravega debla. Poleg te vrednosti smo na podoben način ugotovili tudi vrednost poškodovanega sestoja, pri čemer smo upoštevali, da se vpliv poškodovanosti dreves povečuje s starostjo sestoja oz. s časom, ki je minil od posameznega redčenja. Pri tem delujeta dva dejavnika: starost poškodbe, ki vpliva na razvoj trohnobe ter premer drevesa, ko se je poškodba zgodila, ki vpliva na prostornino s trohnobo prizadetega lesa. Znano je, da s svojo rastjo drevo prepreči širjenje trohnobe na les, ki je poškodbo sčasoma zarastel (ALLEN, WHITE 1997). Zmanjšanje vrednosti poškodovanih dreves nastaja ne le zaradi slabše strukture sortimentov, temveč tudi zaradi povečanja sečnih ostankov. Vse te vplive smo zajeli v faktorju, s katerim smo glede čas redčenja zmanjšali vrednost poškodovanih dreves (grafikon 9).

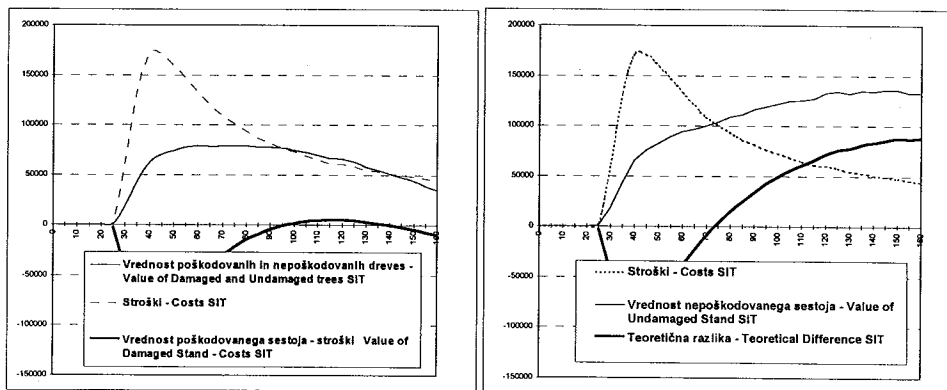


Grafikon 9: Vrednost lesa iz nepoškodovanega in poškodovanega sestoja

Figure 9: Value of damaged and undamaged part of the stand

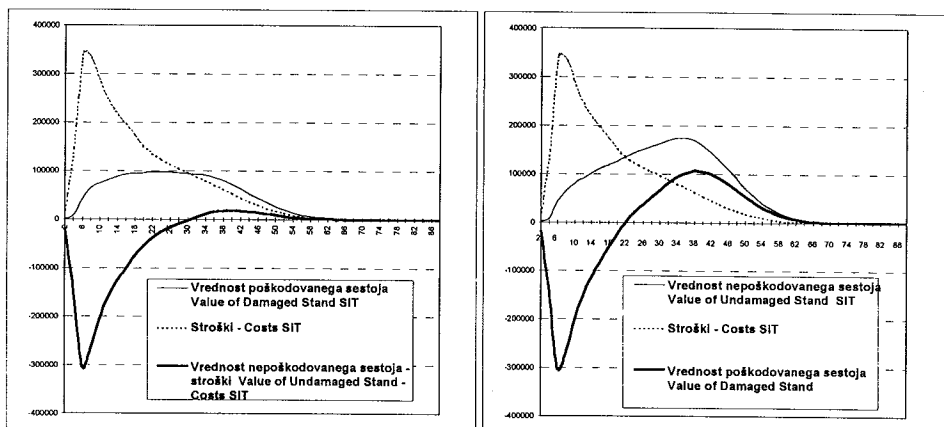
Stroški sečnje in spravila lesa v nepoškodovanem in poškodovanem sestoju so približno enaki, zato jih lahko neposredno primerjamo z vrednostjo sortimentov in dobimo odgovor, v katerih starostih sestoja je delo bolj oz. manj racionalno (slika 10 in 11). Vpliv poškodb na vrednost sortimentov in s tem na donos gozda je zelo velik. V modelnem sestoju, kjer ni nobenih poškodb, so stroški pridobivanja lesa večji od vrednosti sortimentov vse do starosti 75 let, nato pa razlika degresivno narašča do konca proizvodne dobe oz. pričetka pomlajevalnih sečenj. V poškodovanem sestoju vrednost sortimentov z leti upada, zato je razlika med stroški in vrednostjo le krajše obdobje pozitivna. Šele po starosti 95 let so stroški pridobivanja lesa manjši od vrednosti

sortimentov, pa tudi po tem času je razlika zelo majhna, po 140. letu pa stroški ponovno presežejo vrednost sortimentov.



Grafikon 10: Vrednost poškodovanega in nepoškodovanega sestoja ter stroški v proizvodni dobi
Figure 10: Value of damaged and model stand in comparison with costs during the rotation period

Enako razmerje lahko opazujemo tudi v odvisnosti od prsnega premera drevja v vsej proizvodni dobi. Razlika med vrednostjo sortimentov in stroški je v modelnem, nepoškodovanem sestoju pozitivna od premera drevesa 22cm dalje, v poškodovanem sestoju pa šele od 30cm dalje. Seveda je razlika v poškodovanem sestoju bistveno manjša kot v nepoškodovanem.



Grafikon 11: Vrednost poškodovanega in nepoškodovanega sestoja ter stroški v odvisnosti od drevesnega premera
Figure 11: Value of damaged and model stand in comparison with costs depending on tree diameter

Izgube na vrednosti sortimentov zaradi poškodb pri redčenjih so zelo visoke in postavljajo pod vprašaj kakršnokoli ukrepanje v proizvodni dobi sestoja. Trajnostno gospodarjenje ima več parametrov in le nekateri med njimi so upoštevani v zakonodaji in v praksi. Večina gozdnogojitvenih konceptov kot tudi praksa pri pridobivanju lesa ni prilagojena težnjam h kompleksnemu, okolju prijaznemu ravnanju, ki se razvija v zadnjih letih. Odgovor ni v opuščanju gospodarjenja na velikih površinah ali v togih omejitvah, ki jih ni moč nadzirati, temveč v spreminjanju konceptov na osnovi kompleksnih spoznanj uporabnih raziskav.

4 RAZPRAVA DISCUSSION

Model naj bi opravil nalogo, ki je zaupana modelom: poenostaviti resničnost do takšne mere, da se izgubijo ne bistvene podrobnosti, ki zamegljujejo zakonitosti, ki nas zanimajo. Glede na to, da nam manjka vrsta natančnih vhodnih podatkov, ki bi počivali na opazovanjih, je bilo potrebno narediti nekatere približke in sprejeti določene domneve. Podatki, ki bi lahko pomembno izboljšali vrednost rezultatov so zlasti zanesljivejša sortimentna struktura v odvisnosti od velikosti drevesa ter zanesljivejši podatki o izgubi vrednosti lesa zaradi različne starosti in velikosti poškodb. Sam model razvoja sestoja bi bilo mogoče izboljšati z upoštevanjem rastnih funkcij za domače drevesne vrste, vendar tako, da bi bila upoštevana tudi potrebna redčenja.

Model je zgrajen na primeru razvoja smrekovega sestoja in bi dal drugačne rezultate v čistih bukovih sestojih. V vsakem primeru pa rezultati kažejo, da je koncept pogostih in malo intenzivnih redčenj v dolgih proizvodnih dobah, kjer poškodbe ostajajo v sestoju zelo dolgo, ob upoštevanju današnje tehnologije pridobivanja lesa zelo neracionalen. Energijsko in stroškovno ugodnejše rezultate bi dobili pri strojni sečnji v redčenjih do okrog 26cm premera drevja in če bi vlačenje nadomestili z vožnjo lesa. Rezultate modela bo potrebno preveriti tudi z dodatnimi terenskimi opazovanji, čeprav mnogi znaki kažejo, da je v posameznih primerih dejansko stanje blizu modelnega.

V modelu smo upoštevali le nekatere dejavnike, ki izvirajo iz gozda (količine lesa in struktura) in tehnologije (poraba časa in energije) ter upoštevali še ekonomsko dimenzijo inputa (stroški) in izločka (vrednost proizvodov). Nismo se dotaknili kompleksa človeka in njegovih zelo različnih potreb, vendar to tudi ni bil namen tega sestavka. Interakcija

med povsem gozdarskimi vidiki gospodarjenja z gozdom ter njegovo večnamensko vlogo ostane tako še naprej predmet nadaljnega raziskovanja.

SUMMARY

Despite proclaimed principles of sustainability, co-natural and multifunctional management is in practice many times contrary to possibilities of man's capabilities. For estimating the rationality we took in account the performed energy, harvesting costs, damages of remaining standing trees and the value of annual volume cut. The goal of research was to build a model of spruce stand development and to find relations between age and tree diameter distribution on one side and harvesting time, energy consumption (machine and manual work), harvesting costs and the value of timber from undamaged and damaged trees when they are cut.

Input data for the model are the number of trees per hectare, average stand diameter, growing stock and the data of thinnings in certain age. The result was the distribution of stand diameters as well as volumes according to age for original stand and for each thinning during the rotation age of 160 years. These data were used for computing cutting time (motor-manual) and wood extraction (adapted tractor). Model covers the period from the end of previous regeneration period to the beginning of establishing next generation. The value of timber was calculated from the structure of assortments in dependance on breast height diameter of the tree. This value was calculated for every thinning in different ages and for every tree diameter in the stand. The value of timber that is bucked from damaged trees was calculated with correction of the value dependant on the age of the wounds in the stand. Parameters which influence the share of damaged standing trees (new and old damages) after each thinning are the intensity of thinning and the share of damaged trees in actual thinning. When we repeat thinnings the new damages join the previous ones, and the share of damaged trees is increasing and slowly approaching 100%. The final share depends on the number of thinnings and on the share of the damaged trees before the thinnings begin.

Model of stand development gave us diameter structure of the stand for each five-year period according to so frequent thinnings. According to the input data we had to handle with great number of thinnings - as it is built in the concept of intensive forestry - where intensities of removed trees in thinnings are very small. The number of removed trees decreased very fast with the age whereas the volume of the thinning stood on almost the

same level. The distribution of tree diameters in the whole rotation period has therefore a typical asymmetrical distribution with modus around 26cm. The working time spent in harvesting in the juvenile stage of the new stand equals zero. At this time we do in the young stand first silvicultural works which are not included in the model. After the age of 25 years we start with the first thinnings where the majority of work is devoted to cutting the trees with a motor saw. Most of the fuel we need in the whole rotation period is spent in thinnings up to 80 - 90 years. In later thinnings the demand for energy slowly decreases. Energy consumption of the manual work is within existing technology at every tree diameter smaller than machine work, and reaches the level of 10 - 12 manday/100 m³ at the trees larger than 30cm. Machine work energy input is at those tree dimensions around 33 - 35 kWdays/100 m³. This estimation is true mostly for larger trees, while for modus of tree diameters (26cm, 0.46 m³/tree) the input of manual work would be 15 manday/100 m³ and machine work 41 kWdays/100 m³. In our calculations the damages in young stand were not included, therefore we supposed that the stand at 25 years, when we start with the first thinning, is entirely undamaged. The share of damaged standing trees increases very quickly and after several first thinnings reaches 50% of remaining standing trees. At the time of greatest energy input we cause the most severe damages in the stand and in the environment through emissions. This practice is very dubious and critical if we have in mind sustainable forest management which includes the economics too, despite those thinnings should have good influence to the future stand from silvicultural point of view. The theoretical values of timber based on the estimation of assortment structure regarding the tree diameter were calculated for healthy and damaged trees. In calculation of timber value of damaged trees we supposed that beside tree diameter the main influence had the age of the damages. In the undamaged stand the operational costs would be higher than the timber value up to the age of 75 years, when the positive difference would degresively increase until the end of rotation period or the beginning of new regeneration period. In the damaged stand the value of timber removed in later thinnings is getting smaller. The difference between operational costs and this value is slightly positive only for a short period. Only after the age of 95 the operational costs are smaller than the timber value, and the difference is very small. After 140 years the operational costs again overtake the value of removed trees. Difference between operational costs and timber value in the undamaged stand is positive at trees larger than 22cm, while in damaged stand break-even tree diameter is 30cm. The difference in the damaged stand is also significantly smaller than in hypothetical undamaged stand. The loss in timber value due to damages in thinnings is very high and puts out the question of raitonality of any thinning in the rotation period.

Majority of silvicultural concepts, as well as forest operation practice, has not been adapted to the trends toward complex environmentally friendly behaviour that has developed recently. Forestry has to contribute its share in searching more sustainable way of living with nature and urban environment.

The model would show different results if it was applied to beech stand.

VIRI REFERENCES

- ALLEN, E./WHITE, T., 1997. Decay Associated with Logging Injuries in Western Larch, *Larix occidentalis*, and in Lodgepole Pine, *Pinus contorta*.- Natural Resources Canada, Technology Transfer Notes, Pacific Forestry Centre, No.7, Oct., s.4.
- HALAJ, J./ GRÉK, J./ PÁNEK,F./ PETRÁŠ, R./ ŘEHÁK, J., 1987. Rastové tabul'ky hlavných drevín ČSSR.- Příroda, Bratislava, s.362.
- KOŠIR, B., 1996, How to manage thinnings with low damages of standing trees: Experience from the model.-USDA Dep. Of Agriculture, Forest Service, NCFES, Gen. Tech. Report NC-186, Proc., COFE-IUFRO, St.Paul, MI, s.82-91.
- KOŠIR, B., 1992. Ekološki vidik priprave dela.-Gozdarski vestnik, 50, 4, Ljubljana, s.207-215.
- KOŠIR, B., 1998. Poškodbe gorskih gozdov zaradi pridobivanja lesa. - Proceedings, UL, BF, Dep. of For., Ljubljana, s.95-107.
- KOŠIR, B./CEDILNIK, A., 1996. Model naraščanja števila poškodb drevja pri redčenjih.-Res. Rep., Zb. Gozd. In les. UL, BF, Dep. of For., Ljubljana, s.135-151.
- KOTAR, M. 1995., Site Productivity on Sites Overgrown by Spruce and Beech Forests.- Lesnictvi, 41, 1995 (10), s. 449-462.
- KRAJČIČ, D., 1996. Vpliv vlaganj v gozdove na povečanje njihove vrednosti. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Magistrsko delo, Ljubljana, s.138.
- NEVILL, R.J., 1997. A Review of Tree Wounding.- Natural Resources Canada, Technology Transfer Notes, Pacific Forestry Centre, No.3, Sep., s.4.
- ROBEK, R./KOŠIR, B., 1996. Razvoj metode vzorčnega ocenjevanja motenj pri izkoriščanju gozdov.- Izzivi gozdne tehnike, zbornik mednarodnega posveta, UL, GIS, Ljubljana, s.73-81.
- ROBEK, R./KOŠIR, B., 1996. Razvoj metode vzorčnega ocenjevanja motenj pri izkoriščanju gozdov.- Proceedings, Challenges of For. Tech., UL, GIS,SZ, Ljubljana, s.73-81.

