

## Učinkovitost čiščenja podrasti z motorno žago in motorno koso

### *Efficiency of Undergrowth Cleaning with Chain Saw and Brush Saw*

Rok GORENC\* Janez KRČ\*\*

#### **Izvleček:**

Gorenc, R., Krč, J.: Učinkovitost čiščenja podrasti z motorno žago in motorno koso. *Gozdarski vestnik*, 69/2011, št. 2. V slovenščini, z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 11. Prevod Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Namen raziskave je predstavitev ter primerjava učinkovitosti dveh načinov dela pri čiščenju podrasti pod daljnovodi. Meritve so potekale v letu 2009 pod trasami daljnovodov na območju Novega mesta, Mirne Peči ter Krškega. Raziskavo smo izvedli na štirih objektih, ki so predstavljali različne, po naši oceni tipične pogoje za delo. Na vsakem objektu smo popisali drevesno vrsto, debelino in gostoto podrasti, delež ostankov drevja na tleh, skalovitost ter naklon terena. Znotraj objektov smo snemali način dela z motorno žago in motorno koso ter ju primerjali. Ugotovili smo, da je način dela z motorno koso učinkovitejši in cenejši. Povprečni učinek pri motorni žagi je znašal 357 m<sup>2</sup>/obratovalno uro, pri motorni kosi pa 488 m<sup>2</sup>/obratovalno uro. Povprečni stroški za čiščenje m<sup>2</sup> površine so pri motorni žagi znašali 0,071 €, pri motorni kosi pa 0,041 €.

**Ključne besede:** motorna kosa/motorna žaga/podrast/primerjava/učinki/stroški

#### **Abstract:**

Gorenc, R., Krč, J.: Efficiency of Undergrowth Cleaning with Chain Saw and Brush Saw. *Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry)*, 69/2011, vol. 1. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 11. Translated by Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

The aim of this study is to present and compare efficiency of two work manners in cleaning the undergrowth under the power lines. The measurements took place in 2009 under the power line routes in the areas of Novo mesto, Mirna peč and Krško. The research was performed on four objects representing diverse, according to our evaluation typical work conditions. Tree species, undergrowth diameter and density, share of tree remains on the ground, rockiness, and slope were recorded for each object. Within the objects we recorded the way of working with Chain Saw and Brush Saw and compared them. We found the work with a Brush Saw to be more efficient and cheaper. The average efficiency amounted to 357 m<sup>2</sup>/working hour for Chain Saw and to 488 m<sup>2</sup>/working hour for Brush Saw. Average costs of cleaning one m<sup>2</sup> of the surface amounted to 0,071 € for Chain Saw and 0,041 € for Brush Saw.

**Key words:** Brush Saw/Chain Saw/undergrowth/comparison/efficiency/costs

## 1 UVOD

V gozdarstvu poteka več vrst proizvodnih procesov, ki jih v grobem delimo (z vidika razvoja gozda kronološko) na tiste, ki potekajo v okviru biološke proizvodnje, na gojenje gozdov in se nanašajo na vzgojo, nego ter varstvo sestoja in pozneje (v življenjskem ciklu sestoja) na tehnološki del, katerega osrednji proces je pridobivanje lesa (okrogli les, lesni sekanci, gradnja in vzdrževanje prometnic) in postranskih gozdni proizvodov. V gozdu pa so poleg običajnih del tudi dela na površinah, ki so izvzeta iz redne proizvodnje. Takih površin je vse več in so po večini vezane na opravljanje ekoloških in socialnih vlog gozda

ter na njih potekajo prilagojene vrste gozdarskih del (oblikovanje robov, čiščenje, označevanje ...). Zagotovo v posebno kategorijo sodijo gozdne površine pod daljnovodi, kjer ne gre za površine s poudarjeno ekološko ali socialno vlogo, pač pa za površine s posebnim namenom, ki opravljajo vlogo prenosa energije. Tudi take površine terjajo posebno vrsto gospodarjenja, ki je prilagojena, podrejena glavni nalogi prenosa energije oz. vzpostavljanju in delovanju energetskega omrežja. Na

\* R. G., dipl. inž. gozd., Mali koren, 8274 Raka;

\*\* Prof. dr. J. K., univ. dipl. inž. gozd., Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana

takih površinah se v določenem obsegu gospodari načrtno prilagojeno – torej s prilagojenim naborem drevesnih in grmovnih vrst (npr. proizvodnja okrasnih in novoletnih dreves) –, največkrat pa so površine pod daljnovodi prepuščene naravnim sukcesijam in posledično zaraščanju. Zato je treba take površine občasno čistiti, kar pa je zaradi terenskih razmer ter z vidika specifičnih rastlinskih združb po večini zahtevno opravilo in predvsem težko fizično delo.

## 1.1 Opredelitev problema

Tako kot vse razvite države je tudi Slovenija prekrita z mrežo električnih vodov, katerih trase večinoma potekajo po kmetijskih ter gozdnih površinah. Na trasah, ki potekajo skozi gozdno površino, je treba redno čistiti podrast, s čimer preprečimo, da le-ta ne doseže razvodnega omrežja (žic). Ker je za Slovenijo značilno zaraščanje kmetijskih površin, se povečuje tudi površina daljnovodnih, tras na katerih se izvaja čiščenje podrasti. Podrast sestavljajo različne drevesne vrste z različnimi dimenzijami, ki skupaj s terenskimi in talnimi značilnostmi določajo pogoje za zahtevnost čiščenja. Trase daljnovodov od točke do točke potekajo v ravnih linijah, torej ne glede na terenske razmere. Zato so take površine večkrat težko dostopne in potekajo po zelo strmih terenih. Nakloni na trasah večkrat presegajo 50 %, ponekod so površine tudi zelo skalovite. Zaradi takih pogojev dela se večino podrasti očisti ročno z motorno žago ali z motorno koso. Težji stroji, kot so gozdarski mulčerji, so manj v rabi. Delno je to tudi posledica neugodnih terenskih razmer, velike razdrobljenosti sorazmerno majhnih površin ter slabe cestne infrastrukture, ki onemogoča dostop do posameznih delov trase. Na območju Elektra Ljubljana se tako ročno očisti približno 90 % podrasti. Velika večina izvajalcev za ročno čiščenje podrasti uporablja motorno žago, medtem ko jih motorno koso uporablja precej manj. Cilj raziskave je bil s študijo časa in dela ter analizo izkušenj pri sekačih, ki že več let delajo z motorno koso, ugotoviti, ali je način dela z motorno koso učinkovitejši ter posledično tudi cenejši. Predvidevali smo, da je delo z motorno koso tudi manj naporno. Delavci so namreč med delom z motorno žago večji del časa v prisilni drži,

kar znatno prispeva k njihovi stopnji utrujenosti. Domnevali smo, da je način dela z motorno koso pri čiščenju podrasti učinkovitejši, vendar smo želeli dodatno ugotoviti, v katerih razmerah dela je smotrno uporabiti posamezno orodje in z njim povezan način čiščenja podrasti. Če strnemo, je raziskava imela dva namena in sicer:

- študij značilnosti dela obeh načinov čiščenja podrasti (z motorno žago oz. z motorno koso) in
- ugotoviti kateri način dela je učinkovitejši ter posledično tudi cenejši.

## 2 METODA DELA

Študijo smo izvedli na štirih različnih površinah, ki so bile pod daljnovodi. Na vsaki površini smo postavili objekt, znotraj katerega smo označili dve sosednji snemalni ploskvi s površino 100m<sup>2</sup>. Ena ploskev je bil namenjena snemanju časa in načina dela z motorno žago, druga pa snemanju časa in načinu dela z motorno koso. Zaradi težke prehodnosti smo robove ploskev označili tako, da smo jih izsekali. Vsak objekt je predstavljal različne pogoje za delo, ki smo jih izmerili oz. ocenili. Na posameznem objektu smo tako ocenili debelino drevja, gostoto drevja, delež trnatih rastlin in ovijalk, naklon terena, delež ostankov drevja na tleh ter delež skalovitosti. Vse našteje parametre smo nadalje razdelili v tri razrede.

Drevesno vrsto smo popisali tako, da smo upoštevali le prevladujoče drevesne vrste.

Povprečno debelino drevja smo ocenili tako, da smo s premerko izmerili premer debla posameznih osebkov. Debeline drevja nismo merili v prsni višini, ampak v višini 10 cm od tal, kjer ponavadi sekač odžaga drevo. V taki višini smo merili predvsem zato, ker nekatera podrast ne doseže prsne višine ali pa omenjena višina predstavlja krošnje drevesca. Ploskve smo glede na povprečno debelino drevja razdelili v:

- 1. razred: do 5 cm,
- 2. razred: od 5 do 10 cm ali
- 3. razred: od 10 do 15 cm.

Povprečno gostoto drevja smo ocenili tako, da smo prešteli število osebkov na enem m<sup>2</sup> v naključno izbranih vzorcih. Ploskve smo glede na število osebkov razdelili v:

- 1. razred: od 0 do 5 osebkov na m<sup>2</sup>,
- 2. razred: od 5 do 10 osebkov na m<sup>2</sup> ali
- 3. razred: več kot nad 10 osebkov na m<sup>2</sup>.

Predvidevali smo, da so trnate rastline in ovijalke tiste, ki zaradi svoje morfološke oblike in značilnosti otežujejo delo. To so rastline s trni in bodicami (črn trn, šipek, robida ...) ter ovijalke (srobot, bršljan ...). Te rastline bodo delavca ter prepletajo podrast. Delež trnatih rastlin in ovijalk smo popisali tako, da smo na posameznih ploskvah/objektih ocenili njihov delež glede na skupno število osebkov na ploskvi.

Ploskve smo glede na delež trnatih rastlin razdelili v:

- 1. razred: do 10 %,
- 2. razred: od 10 do 50 % ali
- 3. razred: več kot 50 %.

Ostanki drevja na tleh so tisti ostanki, ki so ostali od prejšnje sečnje ali pa drevesa iz okolice, ki so padla na podrast. Delež ostankov drevja na tleh smo določili tako, da smo ocenili delež ostankov drevja na tleh. Delež smo izračunali tako, da smo primerjali ostanke drevja s skupno maso drevja na ploskvah.

Ploskve smo glede na ostanke drevja razdelili v:

- 1. razred: do 10 %,
- 2. razred: od 10 do 30 % ali
- 3. razred: 30 % in več.

Na vsaki ploskvi smo naklon terena izmerili s pomočjo padomera. Ploskve smo glede na naklon terena razdelili v:

- 1. razred: do 20 %,
- 2. razred: od 20 do 50 % ali
- 3. razred: več kot 50 %.

Na vsaki ploskvi smo skalovitost določili tako, da smo ocenili odstotek tal, ki je pokrit s skalami. Ploskve smo glede na skalovitost razdelili v:

- 1. razred: gladko (0–20 %),
- 2. razred: srednje skalovito (20–50 %) ali
- 3. razred: zelo skalovito (več kot 50 %).

Na ploskvah smo za vsak način dela izmerili porabo časa ter goriva, pri načinu dela z motorno žago pa tudi porabo maziva. Porabo goriva in maziva smo izmerili s pomočjo merilne posode, iz katere smo v rezervoar dolili razliko goriva oz. maziva, ki ga je določen stroj porabil med delom.

## 2.1 Objekt raziskave

Prvi objekt smo postavili na daljnovidni trasi v okolici Krškega. Trasa na tamkajšnjem delu je potekala skozi manjši gozdič, ki ga obdajajo pretežno kmetijske površine. Na objektu so se v velikem deležu pojavljale agresivne drevesne vrste, še posebno robinija (*Robinia pseudoacacia*). Poleg robinije so v večjem deležu podrast sestavljali še češmin (*Berberis vulgaris*), leska (*Corylus avellana*), črni bezeg (*Sambucus nigra*) ter beli gaber (*Carpinus betulus*). Od trnatih rastlin je bila najpogostejša robida. Podrast je bila dokaj nizka, saj je povprečna debelina drevja znašala do največ 5 cm. Gostota drevja je bila velika in je štela več kot 10 osebkov na kvadratni meter. Podrast je bila srednje trnata, delež trnatih rastlin in ovijalk je predstavljal od 10 do 50 % vsega rastja. Na tleh ni bilo ostankov drevja, prav tako je bila površina gladka brez skal. Naklon terena je bil 26 %.

Drugi objekt smo postavili na daljnovidni trasi v okolici Mirne Peči. Trasa je potekala skozi strnjen gozd. Površino trase so v večjem delu poraščale: trepetlika (*Populus tremula*), breza (*Betula pendula*) in leska (*Corylus avellana*). Podrast je bila nekoliko višja, saj je povprečna debelina drevja znašala od 5 do 10 cm. Gostota drevja je bila dokaj velika glede na debelino in je znašala od 5 do 10 osebkov na m<sup>2</sup>. Delež trnatih rastlin in ovijalk je bil zaradi večje zastrtosti zelo majhen. Trnate rastline in ovijalke so predstavljale manj kot 10 % vsega rastja. Na tleh ni bilo ostankov drevja. Teren je bil gladek in položen z naklonom 18 %.

Tretji objekt smo postavili na daljnovidni trasi v bližini Novega mesta. Tudi ta trasa je potekala skozi gozd. Na površini je podrast sestavljal čisti sestoj robinije (*Robinia pseudoacacia*). Objekt je predstavljal površino, kjer je bilo drevje najdebelejše in s tem tudi najvišje. Povprečna debelina drevja je merila od 10 do 15 cm. Pod daljnovodi se podrast nad to debelino pojavlja izjemno redko. Povprečna gostota drevja je znašala do 5 osebkov na m<sup>2</sup>. Delež trnatih rastlin je bil majhen in je predstavljal manj kot 10 % vsega rastja. Na tleh ni bilo ostankov drevja. Tla so bila gladka in rahlo strma. Naklon terena je znašal 34 %.

Četrti objekt smo spet postavili pod daljnovidno traso na Sremiču, vendar je ta objekt predstavljal izrazito trnato površino. Površina je bila poraščena pretežno z robido (*Rubus sp.*), ki je

prepletala kostanj (*Castanea sativa*) in grme leske (*Corylus avellana*) ter bezeg (*Sambucus nigra*). Povprečna debelina drevja je bila majhna in je merila manj kot 5 cm. Gostota podrasti je bila zelo visoka in je znašala več kot 10 osebkov na m<sup>2</sup>. Delež trnatih rastlin in ovijalk je bil visok in je znašal več kot 50 %. Na omenjeni površini so se pojavili tudi ostanki drevja, ki so se ohranili od nedavne sečnje. Ostanki so predstavljali od 10 do 30 % lesne mase. Tla so bila gladka in ravna.

### 3 REZULTATI

#### 3.1 Analiza učinkov čiščenja

S snemanjem posameznega načina dela smo ugotovili čas, ki je bil potreben za čiščenje ploskve. S pomočjo izmerjenega časa smo izračunali učinke čiščenja površine pod daljnovodi. Učinki so predstavljali površino tal v m<sup>2</sup>, ki jih delavec s posameznim načinom dela in v določenih pogojih očisti v obratovalni uri (ou) (slika 1).

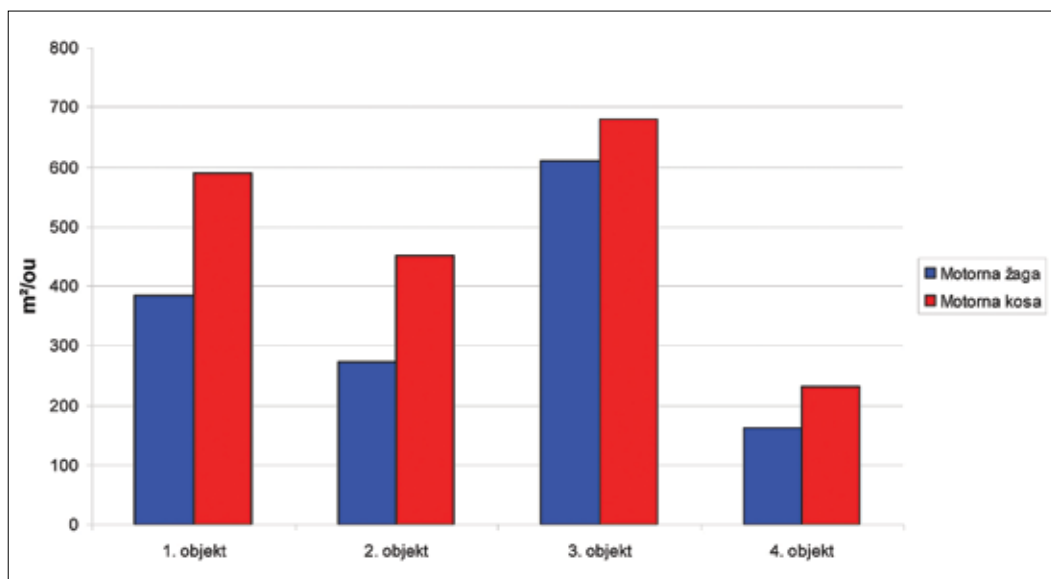
Iz slike je razvidno, da je bil način dela z motorno koso učinkovitejši na vseh štirih površinah. Povprečni učinek motorne žage je bil 357 m<sup>2</sup>/ou., motorne kose pa 488 m<sup>2</sup>/ou. Največji učinek pri obeh načinih dela je bil na tretjem objektu, ki je predstavljal površino, poraščeno z debelejším drevjem (10–15cm), majhno gostoto (do 5 osebkov na m<sup>2</sup>) ter ni vseboval trnatih rastlin in ovijalk.

Najmanjši učinki dela pri obeh načinih so bili na četrtem objektu. Za ta objekt je bila značilna velika gostota drevja (več kot 10 osebkov na m<sup>2</sup>) ter velik delež trnatih rastlin in ovijalk (več kot 50 %).

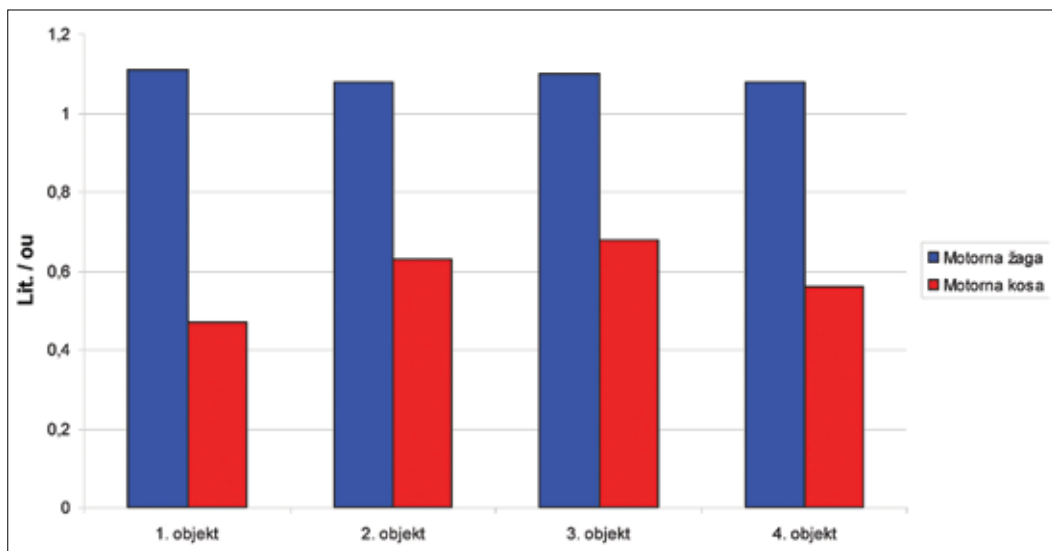
#### 3.2 Analiza porabe goriva in maziva

Pri merjenju porabe goriva in maziva smo izmerjeno količino goriva in maziva, porabljena na ploskvi, preračunali v ekvivalente na obratovalno uro (slika 2).

Iz slike 2 je razvidno, da je bila poraba goriva pri načinu dela z motorno žago precej večja v primerjavi s porabo pri motorni kosi. Povprečna poraba goriva pri motorni žagi je znašala 1,09 l na obratovalno uro in je bila skoraj enaka na vseh štirih površinah. Pri motorni kosi je bila povprečna poraba goriva na obratovalno uro 0,59 l. Na sliki 2 tudi vidimo, da se je pri načinu dela z motorno koso poraba po objektih spreminjala z večjo dinamiko. Poraba pri motorni kosi doseže najnižjo vrednost na prvem objektu (0,47 l/ou), najvišjo (0,68 l/ou) pa na tretjem. Če primerjamo pogoje dela na omenjenih objektih, vidimo, da je v tretjem objektu drevje najdebelejše, v prvem pa najtanjše. Pri motorni žagi smo poleg goriva izračunali tudi porabo maziva, ki je v povprečju znašala 0,49 l/ou. Pri načinu dela z motorno koso se maziva ne uporablja.



Slika 1: Primerjava učinkov čiščenja podrasti med analiziranimi načinoma dela po objektih



Slika 2: Primerjava porabe goriva med analiziranimi načinoma dela po objektih

### 3.3 Analiza stroškov čiščenja podrasti

Za ugotavljanje stroškov smo za vsak stroj posebej izračunali kalkulacije ekonomičnosti (Winkler in sod., 1994). Zaradi ciljev raziskave, ki je terjala, da smo poskuse opravljali na različnih lokacijah s pomočjo različnih podjetij, smo imeli na voljo motorni žagi dveh različnih vrst. Ker se tehnične značilnosti, nabavna cena ter cena delov med žagama znatneje ne razlikujejo, smo za potrebe kalkulacij izračunali povprečne vrednosti med njima.

Pri kalkulacijah za motorno koso smo izračunali lastno ceno na obratovalno uro za vsak objekt posebej. To smo naredili zaradi razlik pri porabi goriva na obratovalno uro na posameznem objektu.

Lastna cena dela pri motorni žagi je znašala 20,07 €/obr. uro

V kalkulaciji stroškov za motorno žago neposredni materialni stroški predstavljajo 19,59 % lastne cene, stroški delavca pa 47,38 %. Preostali delež so splošni stroški podjetja.

Lastna cena dela pri motorni kosi znaša 17,54 €/obr. uro

V kalkulaciji stroškov za motorno koso neposredni materialni stroški v povprečju predstavljajo 7,87 % lastne cene, stroški delavca pa 54,05 %. Preostali delež so splošni stroški podjetja.

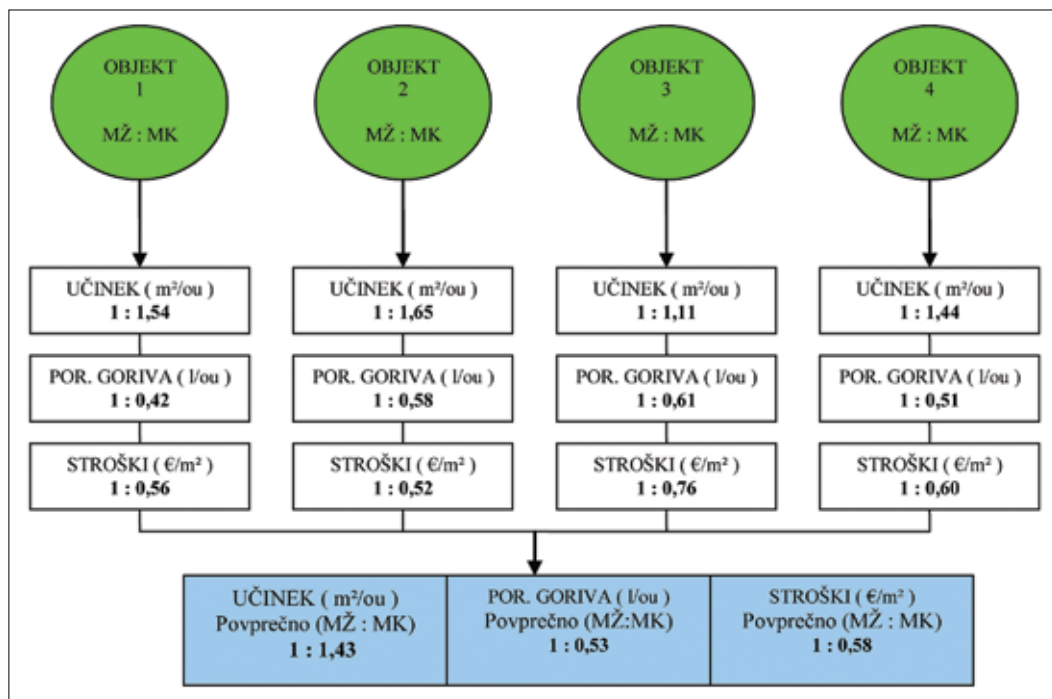
Kalkulacija stroškov dela z motorno koso je v povprečju cenejša od kalkulacije stroškov dela z motorno žago za 2,54 € na obratovalno uro. Pri kalkulaciji stroškov dela z motorno žago je delež neposrednih materialnih stroškov bistveno večji kot pri tehniki dela z motorno koso.

S kalkulacijami smo ugotovili, da je način dela na enoto časa z motorno koso cenejši na vseh izbranih površinah. Dodatno smo analizirali učinke obeh načinov dela po enoti časa, saj smo predvidevali, da so zelo različni. Na posameznem objektu (preglednica 3) smo za vsak način dela izračunali višino stroškov za čiščenje  $m^2$  površine.

Pri načinu dela z motorno žago so povprečni stroški znašali 0,071 €/m<sup>2</sup>, pri motorni kosi pa

Preglednica 3: Primerjava stroškov med načinoma čiščenja po objektih raziskave

	Motorna žaga(stroški dela v €/m <sup>2</sup> )	Motorna kosa(stroški dela v €/m <sup>2</sup> )
Objekt 1	0,052	0,029
Objekt 2	0,074	0,039
Objekt 3	0,033	0,025
Objekt 4	0,125	0,075



Slika 4: Prikaz razmerij med analiziranimi količinami po objektih

0,041 €/m<sup>2</sup>. Pri obeh načinih dela so bili največji stroški na četrtem objektu, najmanjši pa na tretjem.

### 3.4 Primerjava analiziranih načinov čiščenja podrasti

Analiza razlik v učinkih, stroških in porabi goriva med obema načinoma dela ne omogoča kompleksne primerjave, če ne strukturiramo medsebojnih razmerij posameznih vplivnih dejavnikov. Zato smo za vsak objekt posebej izračunali razmerje učinkov, stroškov in porabe goriva med obema načinoma čiščenja podrasti. Na sliki 3 je prikazano razmerje v učinkih, porabi goriva ter stroških med obema načinoma dela za vsak objekt posebej in njihova skupna povprečja.

Pri učinkih, je bilo največje odstopanje med načinoma dela na drugem objektu, najmanjše pa na tretjem. Največja razlika v porabi goriva je na prvem objektu, najmanjša pa na tretjem. Pri stroških je podobno kot pri učinkih – največja razlika je na drugem objektu, najmanjša pa na tretjem. V povprečju najbolj izstopajo stroški ter poraba goriva. Stroški so pri načinu dela z

motorno koso skoraj dvakrat manjši kot pri načinu z motorno žago.

## 4 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 4.1 Vplivi na učinke

**Objekt 1:** Na tem objektu je bil učinek sečnje pri obeh tehnikah malenkost boljši od povprečja. Pri tehniki dela z motorno žago je bil učinek sečnje 383 m<sup>2</sup>/ou, pri tehniki dela z motorno koso pa 590 m<sup>2</sup>/ou. Učinki tehnike dela z motorno koso so bili v tem objektu boljši od učinkov tehnike z motorno žago za 54 %. To je druga največja razlika učinkov med analiziranimi načinoma čiščenja. Za ta objekt je značilna tanka podrast z veliko gostoto (več kot 10 osebkov na m<sup>2</sup>) in srednjim deležem trnatih rastlin in ovijalk (10–50 %). Velika gostota drevja vpliva tudi na večji učinek trnatih rastlin in ovijalk, ki imajo večjo možnost, da prepletejo drevesca med sabo. Zaradi prepletenosti podrasti je bilo pri sečnji potrebno sproščanje posameznih drevesc ali večjih šopov. V takih razmerah sečnja terja več zamahov z rezilom kose oz. z letvijo motorne žage. Študija dela, ki je temeljila na praktičnih izkušnjah snemalca ter izvjalcev

del, je pokazala prednosti in slabosti posameznih načinov dela. Ugotovili smo več razlogov za večji učinek motorne kose. Prvi razlog je v tem, da ima motorna kosa večji radij reza pri enem zamahu. Tako lahko z enega stojišča delavec z motorno koso očisti večjo površino kot delavec z motorno žago. Tudi hitrost reza je večja pri kosi kot pri žagi. Hitrost zamaha pri motorni žagi, še posebno zaradi goste podrasti, je bila bistveno manjša. V podrasti so se pojavljale trnate rastline ter ovijalke, ki so ovirale sečnjo. Pri tem je imel delavec s koso zaradi njene konstrukcije manj neposrednih stikov s trnatimi rastlinami kot delavec z motorno žago. Še posebno se je to izkazalo pri sproščanju drevja, kjer je moral delavec odrezane šope ali posamezna drevesca odrivati v smer padca. Ovijalke, trnje ter tanjše drevje se je delavcu z motorno žago rado izmikalo ter mu ustavljalo verigo. Delavec z motorno koso ni imel takih težav. Na prvem objektu je bila največja razlika v porabi goriva med obema načinoma dela.

Objekt 2: V drugem objektu so bile razmere z vidika zahtevnosti dela druge po vrsti. Učinek sečnje z motorno žago je bil  $272 \text{ m}^2/\text{ou}$ , učinek sečnje z motorno koso pa  $450 \text{ m}^2/\text{ou}$  površine. V tem objektu je bila največja razlika v učinku med analiziranimi načinoma dela. Učinki tehnike dela z motorno koso so bili večji za 65 % od učinkov dela z motorno žago. V tem objektu je bila podrast srednje gosta ( $5\text{--}10$  osebkov/ $\text{m}^2$ ), tudi debelina drevja je bila v srednjem debelinskem razredu ( $5$  do  $10$  cm). Trnatih rastlin in ovijalk je bilo zelo malo (prvi razred). Čeprav je bil delež trnatih rastlin in ovijalk majhen, je bilo drevje dokaj prepleteno. V tem objektu smo ugotovili, da imata pri tej debelini drevja gostota in trnatost zelo velik vpliv. V drugem debelinskem razredu je drevje že precej visoko, krošnje se stikajo precej višje od višine delavca, gostota pa zelo vpliva na njihovo prepletenost. Tudi večji delež trnatih rastlin in ovijalk je v tem debelinskem razredu zelo problematičen, vendar je bil v našem primeru minimalen. Ugotovili smo, da ima drevje v tem debelinskem razredu še vedno majhen učinek zastornosti, kar omogoča dokaj veliko gostoto ter pojavljanje trnatih rastlin in ovijalk. V takih razmerah je najbolj zahtevno sproščanje dreves. Če

drugi objekt primerjamo s prvim, ugotovimo, da je bil v prvem objektu učinek sečnje večji, čeprav sta bila trnatost in gostota drevja za en razred višja. Razlog je v tem, da so v prvem objektu delavci zaradi manjšega rastja pri sproščanju drevesc lahko posegali v njihove krošnje, kar je v drugem objektu nemogoče. V drugem objektu je bil eden od problemov predvsem sproščanje drevja ter naganjanje drevja v smer podiranja. Na tem objektu je bila manjša možnost sečnje več dreves v šopih in odiranje le-teh v zeleno smer z letvijo motorne žage oz. kosiščem kose. Večkrat se je moral sekač ukvarjati s posameznimi drevesom, ga naganjati z rokami ter ga krajšati. Na tem objektu je bila pogosta tehnika sproščanja dreves skrajševanje. To pomeni, da je drevo, ki ima prepleteno krošnjo, najlažje sprostiti tako, da ga skrajšamo oz. odžagamo v prsni višini. Tako drevo pade na tla, nato požagamo prepletene veje v krošnji, ki si jih na tak način približamo. Če drevo obvisi na drugem drevesu, skrajšamo še njega. Razloge za tolikšno razliko v učinku med obema načinoma čiščenja smo na drugem objektu pripisali postopku sproščanja ter naganjanja drevja. Konstrukcija motorne kose namreč sekaču omogoča, da drevo lahko naganja že med žaganjem. Pri tem koso, ki je pritrjena na oprtnik, krmili le z eno roko, med tem ko z drugo roko potiska drevo v zeleno smer. Pri motorni žagi to ni mogoče. Tudi dolžina kosišča na motorni kosi omogoča sekaču, da doseže bolj oddaljene in višje točke drevesa. Drevje v tem debelinskem razredu je še dovolj tanko, da ga sekač z motorno koso lahko odžaga s hitrim zamahom ter ga v istem trenutku s kosiščem potisne v zeleno smer. Zaradi hitrega reza lahko sekač z motorno koso odreže rahlo viseče drevo iz poljubne smeri brez strahu, da bi mu stisnilo rezilno ploščo. Po naših ugotovitvah so to glavni razlogi, zaradi katerih je v tem objektu učinek sečnje z motorno koso za 65 % večji od učinka sečnje z motorno žago.

Objekt 3: Za tretji objekt je značilno, da se zelo povečajo učinki sečnje pri obeh tehnologijah. V tem objektu so bile razmere za delo najmanj zahtevne. Učinek sečnje z motorno žago je znašal  $610 \text{ m}^2/\text{ou}$ , pri sečnji z motorno koso pa  $679 \text{ m}^2/\text{ou}$  površine. Tudi razlika med obema

učinkoma sečnje je bila v tem objektu najmanjša. V tem objektu je bil način dela z motorno koso učinkovitejši le še za 11 %. Od vseh objektov je bila v tem debelina drevja največja, gostota pa najmanjša. Le naklon terena je bil v tem objektu največji. Na velik učinek sečnje sta vplivala predvsem debelina in gostota drevja ter delno tudi naklon terena. V višjem debelinskem razredu drevje doseže že precejšen učinek zastornosti ter posledično poskrbi za manjšo gostoto ter delež trnatih rastlin in ovijalk. Tudi obstoječe trnate rastline ter ovijalke, ki prepletajo krošnje med sabo, izgubijo svojo moč. To se zgodi zaradi večje mase posameznega drevesa, ki s svojo težo in posledično momentom vztrajnosti potrga splet ovijalk ter se tako lažje sprosti. K temu delno pripomore tudi večji naklon, ki po izkušnjah delavcev do določene mere ter v posameznih razmerah ugodno vpliva na sečnjo. Večji naklon namreč povzroči, da je drevje zaradi težnosti ter iskanja svetlobe pogosto nagnjeno navzdol oz. v smer podiranja, kar delavcem olajša sproščanje ter naganjanje drevja. To pa seveda ne pomeni, da se z večanjem naklona lajša delo. Nakloni nad 50 % so za delo zelo zahtevni. Tudi v primeru, da je drevje tanjše, gosto in prepletano, nakloni niso ugodni. Slednjemu je vzrok v tem, da masa podžaganega drevja ni tolikšna, da bi se drevo sprostilo samo. Naklon terena povzroči, da je stojišče sekača večkrat nižje kot pa mesto, kjer je vraščeno drevje. V takem primeru sekač pri sproščanju težje poseže v višje dele drevesa. Posledično se zelo zmanjša razlika v učinkih med obema tehnikama. Razlog za nastalo razliko v učinkih je bil predvsem v debelini in manjši gostoti drevja. Prednost sečnje z motorno koso, ki omogoča sekaču, da z enega stojišča poseka več dreves, se v tem objektu izgubi zaradi majhne gostote drevja. Tudi število dreves, ki jih je bilo treba sproščati, se je zelo zmanjšalo. To je zelo olajšalo delo, še posebno pri delu z motorno žago. Pri delu z motorno koso se je zelo povečal čas rezanja enega drevesa. Z večjo debelino in gostoto drevja so se tako delno izgubile prednosti tehnike sečnje z motorno koso. V tem objektu se je vpliv debeline drevja izkazal kot najbolj omejujoč dejavnik pri sečnji z motorno koso. Po drugih rezultatih v poskusu ter izkušnjah

sekačev lahko sklepamo, da bi bili v naslednjem debelinskem razredu učinki sečnje z motorno koso manjši kot pa pri motorni žagi. Vendar pa se večje debeline drevja pod daljnovodi, kjer se najpogosteje izvaja čiščenje, pojavljajo zelo redko. Po naših ugotovitvah je tako povprečna debelina drevja od 10 do 15 cm tudi zadnja primerna debelina za uporabo motorne kose.

Objekt 4: Na četrtem objektu so bili izmed vseh objektov najtežje razmere za delo. Tod sta oba načina dela dosegla najslabše učinke. Na tem objektu je bila površina porasla z največjim deležem trnatih rastlin in ovijalk. Delež trnatih rastlin in ovijalk na objektu smo uvrstili v tretji razred (več kot 50 %). Gostota drevja je bila velika in je tudi ustrezala tretjemu razredu (več kot 10 osebkov/m<sup>2</sup>). Na tem objektu so se v večjem deležu pojavili tudi ostanki drevja na tleh; uvrstili smo jih v drugi razred (10 do 30 %). Sekač z motorno žago je dosegel učinek 161 m<sup>2</sup>/ou, sekač z motorno koso pa 232 m<sup>2</sup>/ou. Učinek tehnike dela z motorno koso je bil za 44 % večji od tehnike dela z motorno žago. Na tako majhen učinek obeh tehnik sečnje je zelo vplivala kombinacija velike gostote drevja ter velikega deleža trnatih rastlin in ovijalk. Poleg tega so sečnjo zelo ovirali še ostanki drevja na tleh. Zaradi tako velikega deleža trnatih rastlin ter velike gostote drevja smo pričakovali, da bo ravno v tem objektu največja razlika med učinkoma sečnje v korist motorne kose. Vendar se to ni izkazalo, ker so ostanki drevja na tleh bolj vplivali na učinek sečnje z motorno koso kot pa na sečnjo z motorno žago. Sekač, ki je uporabljal motorno žago, je bil v razmerah, ko so med drevjem ležali ostanki iz prejšnje sečnje, bolj gibljiv od sekača z motorno koso. Sekač, ki je uporabljal motorno koso, je imel zaradi njene konstrukcije več težav pri premikanju po površini. V takih razmerah so si morali sekači večkrat utirati pot tako, da so požagali vodoravno ležeče ostanke drevja pred sabo. Zaradi omenjenih ostankov drevja so morali sekači večkrat uporabiti vertikalni rez, vertikalno žaganje pa je eno od težjih postopkov tehnike dela z motorno koso.



## 4.2 Vplivi na porabo goriva

Analiza porabe goriva (slika 2) je pokazala, da se pri motorni žagi poraba skoraj ne spreminja, pri motorni kosi pa so vrednosti porabe goriva različne na vsakem objektu. Ugotovili smo, da je pri delu z motorno žago poraba goriva sorazmerno konstantna, ker žaga med delom obratuje s polnimi obrati.

Analiza porabe goriva pri motorni kosi pokaže, da le-ta doseže dno v prvem objektu, vrh pa v tretjem. Za prvi objekt je značilno tanjše drevje, za tretji pa najdebelejše. Če primerjamo tudi značilnosti preostalih objektov ter porabo goriva, ugotovimo, da se poraba goriva veča z večanjem debeline drevja. Tako smo ugotovili, da delavec z motorno koso izkorišča vztrajnost rezilne plošče, ki mu omogoča, da odreže več tanjšega drevja, ne da bi znatneje dodal plin. Na tak način je delavec z motorno koso na prvem objektu porabil dobro polovico manj goriva (1 : 0,42) kot delavec z motorno žago. Med obema načinoma je bila najmanjša razlika v porabi goriva na tretjem objektu (1 : 0,61). Na tem objektu je bilo drevje najdebelejše in je upočasnilo hitrost reza pri motorni kosi, zaradi česar je moral delavec znatneje dodajati plin.

## 4.3 Vplivi na stroške

Izračunali smo, da je lastna cena dela z motorno koso za 2,54 €/ou cenejša od motorne žage. Vzrok je predvsem v daljši amortizacijski dobi motorne kose, daljši življenjski dobi nadomestnih delov ter prihranek pri mazivu. Zato neposredni materialni stroški pri motorni žagi predstavljajo 19,59 % lastne cene, pri motorni kosi pa le 7,87 %.

Primerjali smo tudi skupne stroške pri obeh načinih dela. Povprečno razmerje stroškov je 1 : 0,58 v korist motorne kose. Stroški dela med objekti sovpadajo z učinki. Tako je tudi razlika v stroških največja na drugem objektu, najmanjša pa na tretjem.

## 4.4 Sklepi

Pri primerjavi učinkovitosti obeh načinov čiščenja podrasti smo zajeli površine, ki so bile med seboj zelo različne in so predstavljale razrede čim bolj tipičnih razmer za čiščenje podrasti pod daljnovodi

v Sloveniji. Na vseh štirih površinah se je način dela z motorno koso izkazal za učinkovitejšega in cenejšega.

Na drugem objektu je bila največja razlika v učinkih med obema načinoma dela. Na tem objektu je k učinkovitosti motorne kose največ prispevalo lažje sproščanje prepletenih drevesc v podrasti z veliko gostoto. Med obema načinoma čiščenja je bila razlika v učinku najmanjša na površini z majhno gostoto ter največjo debelino drevja (10 do 15 cm). Zato lahko sklepamo, da bi se pri povprečni debelini drevja nad 15 cm učinkovitost prevesila v korist motorne žage. Pri tem moramo opozoriti, da je bila debelina drevje merjena 10 cm nad tlemi, kjer se po navadi reže podrast. Nasploh sta bila oba načina čiščenja učinkovitejša v debelejši podrasti z majhno gostoto ter trnatostjo.

Analiza porabe goriva pokaže, da je motorna kosa veliko učinkovitejša od motorne žage. K temu največ prispeva način delovanja motorne kose, ki sekaču omogoča izkoriščanje vztrajnosti rezilne plošče. Iz rezultatov raziskave je razvidno, da se poraba goriva pri motorni kosi povečuje z debelino drevja. Debelejše drevje podaljšuje čas reza, pri čemer rezilna plošča izgublja visoke obrate, ki se ustvarjajo v prostem teku. Pri motorni žagi, ki med delom obratuje s polnimi obrati, je poraba precej konstantna. Podobno kot pri učinkih lahko tudi pri porabi goriva sklepamo, da bi pri povprečni debelini drevja nad 15 cm motorna kosa porabila več goriva kot motorna žaga.

Kalkulacije ekonomičnosti so pokazale, da je pri motorni kosi delež neposrednih materialnih stroškov bistveno manjši kot pri motorni žagi. Razlog je predvsem v dolgi amortizacijski dobi motorne kose, ki doseže tudi do 6000 obratovanih ur, ter dolgi življenjski dobi rezervnih delov. Dodatno motorna žaga poleg goriva porablja tudi mazivo, kar dodatno poveča neposredne materialne stroške.

Ugotovili smo, da se večina izvajalcev izogiba uporabi motorne kose predvsem zaradi manjše možnosti njene uporabe pri drugih opravilih. Omejujoč dejavnik uporabe motorne kose je debelina drevja. Razlog je tudi nabavna cena, predvsem pa nepoznavanje tehnike dela z motorno koso pri sekačih.

Uporaba motorne kose je smotrna pri obžetvah in redčenjih ter pri vseh gozdarskih opravilih, kjer drevje v povprečju ne presega 15 cm, merjeno 10 cm od tal. Glede na to, da se v Sloveniji povečuje zaraščanje površin, bi bilo smiselno razmisliti o pogostejši uporabi motorne kose. Na tak način bi izboljšali učinkovitost, racionalnost ter zdravje delavcev pri čiščenju podrasti.

Glede na rezultate raziskave ter s pomočjo izkušenj in mnenj sekačev povzemamo naslednje prednosti in slabosti posameznih načinov čiščenja podrasti:

### **Motorna žaga**

#### **Prednosti:**

- lahko žagamo drevje večjih premerov,
- manjša teža in velikost omogočata lažje prenašanje ter transport,
- lahko žagamo tudi posamezne višje ležeče veje ob trasi daljnovoda,
- lažje prežagovanje drevja,
- lažje prenašanje po težko prehodnih terenih,
- manjša nevarnost pri padcu v primerjavi s koso,
- široka uporabnost stroja tudi v drugih dejavnostih,
- manjša nabavna cena stroja.

#### **Slabosti:**

- motorna žaga med delom v celoti sloni na sekačevih rokah,
- tehnika dela terja neprestano pripogibanje in gibanje v prisilnem položaju,
- zaradi oblike naprave ter način dela z njo je posledice večje izpostavljenost delov telesa. To je posebno izrazito pri delu v trnati podrasti ter pri padanju drevja. Posebno zelo so izpostavljene roke, glava in noge,
- drevja ne moremo s telesom naganjati med žaganjem,
- nevarnost urezov zaradi povratnega udarca žag; še posebno velika nevarnost je pri pogostem žaganju nad glavo ali v višini obraza,
- večja poraba goriva ter maziva,
- potrebno je večkratno ostrenje verige, značilno je pogosto padanje verige iz letve,
- pogosto menjavanje verige in letve zaradi obrabe.

### **Motorna kosa**

#### **Prednosti:**

- hitrejšo žaganje tanjše drevnine,
- konstrukcija motorne kose omogoča širše delovno območje z enega stojišča,
- drevje lahko naganjamo že med žaganjem,
- motorno koso nosimo z oprtnikom, roke niso obremenjene,
- pri delu je sekač lahko vzravnal,
- oblika naprave ter način dela z njo omogočata manjšo izpostavljenost telesnih delov v trnati podrasti in pri padanju drevja,
- manjša nevarnost ureza zaradi večje oddaljenosti držal od rezilne plošče,
- manjša poraba goriva, mazivo ni potrebno,
- manj pogosto brušenje zob,
- ena rezilna plošča lahko zdrži tudi več kot eno leto.

#### **Slabosti:**

- debelina drevja je zelo omejujoč dejavnik uporabe,
- zaradi večje teže in velikosti sta zahtevnejša prenašanje in transport,
- težje vertikalno prežagovanje drevja,
- težje prenašanje po težko prehodnem terenu,
- večja nevarnost poškodb pri padcu (kosa je zataknjena na oprtnik),
- nevarnost udarca zaradi letečih odžaganih štrcljev,
- uporaba stroja je omejena le na košnjo trave ter sečnjo tanjše drevnine,
- višja nabavna cena.

## **5 POVZETEK**

Slovenija je prepletena s trasami električnih vodov. Pomemben del vzdrževanja tras je tudi čiščenje podrasti pod električnimi vodi. V Sloveniji zaradi terenskih razmer prevladuje ročno čiščenje podrasti z motorno žago in motorno koso. Najpogostejši način dela je čiščenje z motorno žago.

Študija obravnava dva načina čiščenja podrasti, in sicer način čiščenja z motorno žago ter z motorno koso. Predstavljena sta oba načina dela

in primerjava njune učinkovitosti. Raziskava je potekala v letu 2009 pod daljnovidnimi trasami v okolici Krškega ter na območju Novega mesta in Mirne Peči.

Raziskavo smo izvedli na štirih objektih, ki so predstavljali različne razmere za delo. V vsakem objektu smo izmerili debelino podrasti, gostoto podrasti, delež trnatih rastlin, delež ostankov drevja na tleh, skalovitost ter naklon terena. Znotraj objektov smo postavili dve vzporedni ploskvi velikosti 10 x 10 m. Na eni ploskvi smo snemali način čiščenja podrasti z motorno žago, na drugi pa z motorno koso. Za vsak način dela smo izmerili porabo časa in goriva.

Izračunali smo učinke posameznega stroja, kjer je bil povprečni učinek motorne žage 357 m<sup>2</sup>/ou, povprečni učinek motorne kose pa 488 m<sup>2</sup>/ou. Primerjava obeh načinov dela je podala povprečno razmerje učinkov 1 : 1,43 v korist motorne kose.

Povprečna poraba goriva je bila pri delu z motorno žago 1,09 l/ou, pri motorni kosi pa 0,59 l/ou. Poleg porabe goriva smo pri motorni žagi izmerili še porabo maziva, ki je znašala 0,49 l/ou. Povprečno razmerje v porabi goriva je bilo 1 : 0,53 v korist motorne kose.

Pri motorni žagi je lastna cena dela znašala 20,07 €/ou, pri motorni kosi pa 17,54 €/ou. Neposredni materialni stroški, so pri motorni žagi znašali 19,59 % lastne cene, pri motorni kosi pa 7,87 %.

## 6 SUMMARY

Slovenia is traversed by power line routes. An important part of maintaining these routes is also cleaning the undergrowth under the power lines. Due to the field conditions, manual cleaning with the use of a Chain Saw or Brush Saw prevails in Slovenia. The most often working manner is cleaning with the use of Chain Saw.

The study deals with two ways of undergrowth cleaning, namely cleaning with Chain Saw and cleaning with Brush Saw. Both manners and comparison of their efficiency are presented. The Research took place in 2009 on the power line routes in the surroundings of Krško and in the area of Novo mesto and Mirna peč.

We performed the research on four objects representing diverse working conditions. We measured undergrowth diameter, undergrowth density, share of thorny plants, share of tree remains on the ground, rockiness, and terrain slope for each object. We established two parallel plots 10 x 10 m in size inside the objects. We recorded the way of cleaning with the use of Chain Saw on one of them and with the use of Brush Saw on the other. We measured time and fuel consumption for both work manners.

We calculated the efficiency of an individual machine; average efficiency of a Chain Saw proved to be 357 m<sup>2</sup>/wh and average efficiency of a Brush Saw 488 m<sup>2</sup>/wh. The comparison of both work manners featured an average efficiency rate 1:1.43 in favor of Brush Saw.

Average fuel consumption amounted to 1.09 l/wh at work with Chain Saw and to 0.59 l/wh at Brush Saw. In addition to fuel consumption we also measured Chain Saw lubricant consumption which amounted to 0.49 l/wh. Average fuel consumption rate amounted to 1: 0.53 in favor of Brush Saw.

Cost price of the work amounted to 20.07 €/wh for Chain Saw and to 17.54 €/wh for Brush Saw. Direct material costs amounted to 19.59 % of the cost price for motor saw and to 7.87 % for Chain Saw.

## 7 VIRI

- IUFRO. 1995. Forest work study. Nomenclature. Test Edition valid 1995–2000. International Union of Forestry Research Organizations Working Party 3.04.02. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency, Garpenberg. 16 pp
- Ligné, D., Eliasson, L. In Nordfjell, T. 2005. Time consumption and damage to the remaining stock in mechanised and motor manual pre-commercial thinning. *Silva Fennica* 39(3):455–464.
- Vranešič U. 2008. Primerjava stroškov in učinkov dveh tehnologij pridobivanja lesa v listnatih sestojih : diplomsko delo – univerzitetni študij = Compare the effects and costs of two different technologies of wood logging in deciduous conopies : graduation thesis – university studies. Ljubljana: U. Vranešič, 2008. VIII, 81 str.

- WINKLER I. 1997. Organizacija gozdarskih del. Študijsko gradivo. BF. Oddelek za gozdarstvo.
- Winkler, I., Košir, B., Krč, J., Medved, M. 1994. Kalkulacije stroškov gozdarskih del. Strokovna in znanstvena dela 113, Oddelek za gozdarstvo BF, Ljubljana, 69 s.
- Elektro Ljubljana, d. d., 3. 3. 2010. "Odgovor na vprašanje – podrast posekana ročno."  
web.info@elektro-ljubljana.si (osebni vir, marec 2010)
- GERK. 2009. MKGP SLO. <http://rkg.gov.si/GERK/viewer.jsp> (12. maj. 2010) Husquarna 357XP <http://www.servistrgovina-geder.si/Default.asp?IDM=230> in N=4 (11. sep. 2009)
- SIDRO, d. o. o., Cenik 2010. 5. 3. 2010 Krško.
- Stihl FS 550  
<http://norwalkpower.com/index.asp?PageAction=VIEWPROD> in ProdID=1249 (11. 11. 2009)
- Stihl MS 280 [http://www.backyardboss.com/mfg\\_Stihl/MS280.aspx](http://www.backyardboss.com/mfg_Stihl/MS280.aspx) (11. sep. 2009)