

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE
VIRE

Urban ŠTUPICA

**PORABA GORIVA IN MAZIVA PRI SEČNJI IN
IZDELAVI GOZDNIH LESNIH SORTIMENTOV**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Urban ŠTUPICA

**PORABA GORIVA IN MAZIVA PRI SEČNJI IN IZDELAVI
GOZDNIH LESNIH SORTIMENTOV**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**FUEL AND LUBRICANT CONSUMPTION AT FLLING AND
PROCESSING TIMBER ASSORTMENT**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2014

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija gozdarstva na Biotehniški fakulteti, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire na Univerzi v Ljubljani. Delo je bilo opravljeno v študijskem letu 2012/13 na Katedri za gozdno tehniko in ekonomiko.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 10.6.2013 sprejela temo za diplomsko nalogo. Za mentorja diplomskega dela je imenovala doc. dr. Jurija Marenčeta in za recenzenta prof. dr. Janeza Krča.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Urban ŠTUPICA

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 323(043.2)=163.6
KG	Gorivo in mazivo/ poraba/ stihl MS 361
KK	
AV	ŠTUPICA Urban
SA	MARENČE, Jurij (mentor)
KZ	SI-1000Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2014
IN	PORABA GORIVA IN MAZIVA PRI SEČNJI IN IZDELAVI GOZDNIH LESNIH SORTIMENTOV
TD	Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
OP	IX, 45 str., 8 pregl., 19 sl., 2 pril., 20 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AL	

Meritve za diplomsko nalogo so opravljali na območju OE Kočevje, v občini Ribnica. Terensko delo in zbiranje podatkov je potekalo v dveh objektih. Na dveh drevesnih vrstah, smreki in bukvi, ki predstavljata najbolj pogosti drevesni vrsti, so izvedli celotne meritve. Na prvem objektu so opravili vse meritve na smreki, v drugem pa pri bukvi. Skupaj je bilo posekanih 30 dreves smreke in enako 30 dreves bukve. Pri meritvah je bila ugotovljena poraba goriva in maziva pri sečnji ločeno glede na drevesno vrsto in prostornino drevesa. Pri smreki je bila ugotovljena poraba goriva 197,18 ml in maziva 92,57 ml na m³, pri bukvi pa 142,83 ml in 54,63 ml maziva na m³.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dn
DC	FDC 323(043.2)=163.6
CX	Fuel and lubricant/ consumption/ stihl MS 361
CC	
AU	ŠTUPICA, Urban
AA	MARENČE, Jurij (supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of forestry and renewable forest resources
PY	2014
TI	FUEL AND LUBRICANT CONSUMPTION AT WOODCUTTING AND PRODUCING TIMBER ASSORTMENT
DT	Graduation Thesis (University studies)
NO	IX, 45 p., 8 tab., 19 fig., 2 ann., 20 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	

Measurements for the thesis were held in the area of OE Kočevje, area near Ribnica. The work was conducted in two areas. We focused on two tree species, which represent a major percentage of the growing stock in Slovenia. In one area we passed the felling of spruce, in another area felling beech. Altogether we cut down 30 spruce trees and 30 beech trees. We were measuring the consumption of fuel and lubricants in relation to tree species and volume of trees. The results of measurements showed that the average consumption per m³ for spruce was 197.18 ml of fuel and 92.57 ml of lubricant. For beech the consumption per cubic metre was 142.83 ml of fuel and 54.63 ml of lubricant.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	V
KEY WORDS DOCUMENTATION	VI
KAZALO SLIK	IX
KAZALO PREGLEDNIC	X
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	2
1.2 DOSEDANJE RAZISKAVE.....	3
1.3 NAMEN NALOGE	5
2 OPIS DELOVNIH STROJEV IN GLAVNE ZNAČILNOSTI DELA Z MOTORNO ŽAGO.....	6
2.1 RAZVOJ IN DELOVANJE MOTORNIH ŽAG Z VIDIKA PORABE GORIVA IN MAZIVA	6
2.1.1 Delovanje dvotaktnega motorja.....	6
2.1.2 Uplinjač pri motorni žagi.....	7
2.1.3 Mazalni sistem pri motorni žagi	7
2.2 NAJNOVEJŠE PRIDOBITVE PRI MOTORNIH ŽAGAH.....	9
2.2.1 Najnovejše dopolnitve in tehnične izboljšave pri novejših motornih žagah	9
2.3 OPIS STROJEV V POIZKUSU	10
2.4 OPIS DELOVNIH PRIPOMOČKOV SEKAČA PRI PODIRANJU DREVESA ...	11
2.5 TEHNIKA DELA Z MOTORNO ŽAGO	12
2.5.1 Zasek in podžaganje glede na različne dimenzije dreves	12
2.5.2 Tehnika dela pri kleščenju vej drevesa.....	13
3 METODA DELA	15
3.1 UPORABLJENI PRIPOMOČKI IN POTREBNA DODATNA OPREMA PRI PRIDOBIVANJU PODATKOV	16
3.2 OPIS OBJEKTOV.....	17
3.2.1 Pridobivanje podatkov	18
3.2.2 Snemalni list	18
3.3 ČASOVA ŠTUDIJA.....	20
4 REZULTATI IN ANALIZA.....	21
4.1 PORABA GORIVA PRI SEČNJI SMREKE.....	21
4.1.1 Razlika v porabi po posameznih debelinskih razredih	22
4.2 PORABA GORIVA PRI SEČNJI BUKVE	23
4.3 PORABA MAZIVA PRI SEČNJI SMREKE	26

4.4	PORABA MAZIVA PRI SEČNJI BUKVE.....	27
4.5	PRIMERJAVA REZULTATOV.....	28
4.5.1	Poraba goriva.....	28
4.5.2	Poraba maziva	29
4.6	ČASOVNA ŠTUDIJA.....	31
4.6.1	Časovna analiza pri smreki	33
4.6.2	Časovna analiza pri bukvi	34
4.6.3	Primerjava časovne analize obeh drevesnih vrst.....	34
4.7	KALKULACIJA STROŠKOV PRI MOTORNI ŽAGI	36
4.7.1	Kalkulacije stroškov z motorno žago STIHL MS 361 (bencin leta 2012).....	38
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	40
6	POVZETEK.....	43
7	VIRI.....	45

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz verige Oilomatic in sistema potovanja maziva po letvi Rollomatic ter členih verige (Stihl Oilomatic, 2013).....	8
Slika 2: Motorna žaga Stihl MS 361	11
Slika 3: Prikaz sečnje analiziranih dreves po prsnih premerih.....	16
Slika 4: Uporaba merilnih valjev pri odčitavanju porabe goriva in maziva (Foto: Nejc Gorišek)	17
Slika 5: Prikaz nivoja polnjenja posode za gorivo pri motorni žagi STIHL MS 361 (Foto: Nejc Gorišek).....	19
Slika 6: Prikaz pridobivanja podatkov za izračun povprečnega premera prereza veje pri bukvi	20
Slika 7: Odvisnost površine prerezov od prsnega premera - smreka	21
Slika 8: Poraba goriva pri drevesu - smreka.....	22
Slika 9: Odvisnost površine prerezov od prsnega premera - bukev	24
Slika 10: Poraba goriva pri drevesu - bukev	25
Slika 11: Poraba maziva pri drevesu - smreka	26
Slika 12: Poraba maziva pri drevesu - bukev	27
Slika 13: Poraba goriva pri obeh drevesnih vrstah.	29
Slika 14: Poraba maziva pri obeh drevesnih vrstah.....	30
Slika 15: Površina prerezov po debelinskih razredih	31
Slika 16: Motorna žaga pri polnem plinu. (Foto: Nejc Gorišek).....	32
Slika 17: Prosti tek med prehodom do naslednje veje. (Foto: Nejc Gorišek)	32
Slika 18: Poraba časa glede na volumen drevesa	35
Slika 19: Cene goriv od leta 1997- 2012 (Surs, 2013)	36

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tehnični podatki motorne žage: Stihl MS 361 (Stihl MS 361, 2013).....	10
Preglednica 2: Povprečne vrednosti pri treh debelinskih razredih - smreka	22
Preglednica 3: Povprečne vrednosti pri treh debelinskih razredih - bukev	25
Preglednica 4: Poraba maziva po debelinskih razredih – bukev.....	28
Preglednica 5: Prikaz števila vej po debelinskih razredih in drevesnih vrstah	30
Preglednica 6: Poraba časa po debelinskih razredih - smreka	33
Preglednica 7: Poraba časa po debelinskih razredih - bukev	34
Preglednica 8: Kalkulacije stroškov z motorno žago STIHL MS 361	38

1 UVOD

Kljub vedno pogostejši novi tehnologiji strojne sečnje se v Sloveniji sečnja opravlja večinoma ročno oziroma pol mehanizirano z uporabo motorne žage. Prednost je predvsem v njeni vsestranski uporabi, saj lahko izvajamo dela v težjih terenskih razmerah, ne glede na prsni premer ali drevesno vrsto. Sečnjo izvajamo v vseh gozdovih s proizvodnjo funkcijo. Je gojitveni ukrep, s katerim pridobivamo gozdne lesne sortimente, posredno pa vplivamo na kvaliteto sestojev in dreves v prihodnosti.

Pri sečnji predstavljata gorivo in mazivo za verigo motorne žage pomemben strošek. Pri tem mora biti mazivo ekološko razgradljivo. Za pogon potrebujemo bencin, ki mu dodamo olje za dvotaktne pogonske agregate. Zmes goriva in olja imenujemo mešanica, katere zmes določata bencin in primešano olje. V mešanici je od 2-3 % olja, preostalo je bencin, najpogosteje se za motorne žage uporablja 95-oktanski bencin.

V diplomski nalogi smo ugotavljali porabo goriva (mešanice) in maziva (biorazgradljivo olje za mazanje verige). Pri tem smo uporabljali motorno žago STIHL MS 361 letnik 2010. Poraba je odvisna predvsem od drevesne vrste, debeline drevesa in njegove vejnatosti. Pomembno bo odgovoriti na vprašanje, kolikšen delež skupnih stroškov dela z motorno žago odpade na gorivo in mazivo.

Raziskavo smo opravljali maja 2012 v GGO Kočevje, KE Ribnica.

Meritve smo opravili v dveh oddelkih, v istem gospodarskem razredu, posebej za smreko in posebej za bukev.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Problem cene pogonskih goriv nastopa vedno ob podražitvah je vedno aktualen pogonske surovine in posledično tudi podraži samo sečnjo. Zanimalo nas je, kakšno je trenutno stanje v gozdarstvu oziroma kakšen strošek predstavlja mešanica in mazivo pri današnjem delu v gozdu. Poraba goriva in maziva je pri motorni žagi razmeroma majhna, a zato nič manj pomembna (Rebula, 1985). Pri analiziranju in raziskovanju problema želimo ugotoviti, kako se razlikuje poraba goriva pri sečnji debelega in pri sečnji drobnega lesa. Kakšno je to razmerje? Ali je razlika v porabi goriva in maziva pri različnih drevesnih vrstah?

Vsekakor se sečnja pri vsakem drevesu opravlja različno, saj so drevesa različnih oblik in dimenzij, različna je količina in struktura vej. Znano je, da imajo iglavci večje število vej kakor listavci. Metoda, tehnika in struktura dela je med drevesnimi vrstami prav tako različna. Na delo vplivajo tudi razmere na terenu, katere smo skušali z izbiro objektov čim bolj približati povprečju v tem gospodarskem razredu. Gospodarski razred je pri DN pomemben zaradi oblikovnega števila dreves in niza katerega potrebujemo za izračun normativa sečnje. Izbrana objekta sta si glede na pogoje dela med seboj podobna.

Številni viri navajajo, da je pri motorni žagi istega tipa pri enakih pogojih poraba lahko tudi bistveno različna. Takšne razlike so lahko tudi do 50 % (Rebula, 1985). Najverjetneje je tu ključna nastavitev uplinjača, saj se uplinjač nastavlja glede na letni čas in nadmorsko višino. Tehnika dela med delavci je tudi zelo različna. Ravno znanje in izkušnje lahko pri sečnji z motorno žago bistveno vplivajo na količino porabljenega goriva in maziva.

1.2 DOSEDANJE RAZISKAVE

Poraba oziroma raziskave o porabi goriva in maziva pri motornih žagah so v preteklosti že potekale. Ob izumu oziroma uvajanju motornih žag v gozdarska podjetja po Sloveniji so potekale različne raziskave. Nekatera gozdna gospodarstva so proučevala porabo goriva in maziva na svojem področju za lastno rabo. Kasneje so proučevali porabo goriva in maziva v zvezi z ugotavljanjem gospodarnosti raznih tehnologij sečnje in izdelave (Rebula, 1985).

Večinoma pa so gozdarska podjetja v preteklosti določila normative za porabo goriva in maziva tako, da so na podlagi ocen in podatkov v različni literaturi preračunavala dotedanje normative v nove – torej za novejša motorne žage in drugačne delovne pogoje (Rebula, 1985).

Rebula (1985) je eden prvih, ki je v svojo raziskavo uvedel pogoje dela. Proizvajalci motornih žag so že imeli podatke o porabi pri žagi, vendar pa so ti bili pridobljeni laboratorijsko. To pomeni, da so ugotovili porabo pri polnem plinu in v prostem teku. Iz teoretičnega vidika so podatki korektni. Vendar motorna žaga pri delu v gozdu deluje zelo različno, odvisno od pogojev dela, zato je posledično tudi poraba drugačna. To je bil povod, da je Rebula (1985) izdelal raziskavo o porabi goriva in maziva v različnih delovnih pogojih. Za pridobitev teh podatkov je izdelal časovno študijo, kjer so opravili snemanje sekača pri delu. Upoštevali so celoten delovnik, torej, tudi čas, ko je motorna žaga izključena (pripravljalno-zaključni čas, prehodi med drevesi, izvajanje gozdnega reda...).

V Bosni in Hercegovini je leta 2012 avtor Halilović (2012) raziskoval porabo goriva in maziva pri motorni žagi Husqvarna 372 xp. V raziskavi so s skupnim sodelovanjem Fakultete za Gozdarstvo, Univerze v Sarajevu in javnim podjetjem Gozd d.d. Sarajevo, opravili sečnjo in meritve na vzorcu 50-ih dreves. Od drevesnih vrst so v raziskavo vključili smreko in jelko, prsnega premera od 8 do 72 cm. Povprečni prsni premer je znašal 42 cm. Le-ta je bil ključni dejavnik, od katerega je bila odvisna poraba goriva in maziva pri motorni žagi.

V gozdarstvu ima z vidika stroškov poraba goriva in maziva posebno mesto. Najbolj pomembni parametri, kateri vplivajo na njuno porabo, so: prsni premer, število dreves, volumen sortimentov in volumen posameznega drevesa (Halilović, 2012).

IGRIČIĆ je prišel do ugotovitve, da se poraba pri motorni žagi nahaja med 300 in 440 ml/m³ (Igričić, 1983a).

REBULA je ugotavljal porabo goriva pri sečnji in obdelavi. Prišel je do rezultatov, za mehke listavce pri katerih poraba znašaja od 292 ml/m³ do 980 ml/m³. Pri lesni industriji je poraba od 129 ml/m³ do 244 ml/m³, kjer ima zmes mešanice 4 % olja za dvotaktne motorje in 96 % 95-oktanskega goriva (Rebula, 1985 A).

SEVER je raziskoval porabo goriva pri redčenjih. Ugotovil je, da je poraba goriva od 163 ml/m³ do 296 ml/m³ in poraba maziva od 85 ml/m³ do 150 ml/m³ (Sever, 1989).

MARTINIĆ in VONDRA (1989) sta dokazala, da je na Hrvaškem povprečna poraba goriva za sečnjo in obdelavo od 150 ml/m³ do 300 ml/m³ in poraba maziva od 80 ml/m³ do 150 ml/m³ (Martinić in Vondra, 1989).

BOJANIN in sodelavci so raziskovali problem porabe goriva in maziva pri motorni žagi STIHL 056, ki je namenjena za sečnjo in obdelavo dreves z uporabo določenih metod. Poraba goriva in maziva na podrto drevo na m³ podrtega povprečnega drevesa je bila od 119 ml/m³ do 319 ml/m³ (Bojanin, 1990).

GANIĆ (2008) je raziskoval porabo goriva in maziva pri motorni žagi Husqvarna 372 xp. Za sečnjo in izdelavo sortimentov je bila povprečna poraba goriva 150 ml/m³ in maziva 60 ml/m³ (Ganić, 2008).

HALILOVIĆ (2012) je prav tako delal raziskavo z motorno žago Husqvarna 372 xp. Ugotovil je povprečno porabo goriva 104 ml/m³ in maziva z 23 ml/m³ (Halilović, 2012)

1.3 NAMEN NALOGE

Pri sečnji in izdelavi se uporablja različne motorne žage, tako po znamkah kot tudi po dimenziji (moč, masa, dolžina meča...). S skupnim posvetovanjem je sekač v raziskavi izbral motorno žago, ki naj bi ustrezala profesionalnim pogojem po moči, ergonomskih značilnostih in znamki. V raziskavi je bila tako izbrana motorna žaga STIHL MS 361.

Raziskava je namenjena ugotavljanju porabe goriva in maziva v konkretnih delovnih razmerah. Poraba in posledično stroški so odvisni od debeline dreves, višine dreves, drevesne vrste in pogojev dela.

Namen raziskave in opravljenih meritev je:

- ugotoviti porabo goriva in maziva glede na različne debeline dreves,
- ugotoviti porabo goriva in maziva na enoto proizvoda,
- ugotoviti razlike v porabi glede na različne drevesne vrste,
- ugotoviti ključne dejavnike, ki vplivajo na porabo goriva in maziva,
- ugotoviti delež stroška, ki ga predstavlja postavka gorivo in mazivo v kalkulaciji dela z motorno žago.

Z vidika nekaterih dvomljivih trditev znotraj profesionalnih delavcev v gozdarstvu smo se odločili, da v naslednjih alinejah predpostavljamo nekatere hipoteze.

Hipoteze:

- poraba goriva in maziva je pri bukvi manjša,
- površina prereзов je pri smreki večja,
- poraba je odvisna od površine prereзов,
- poraba je odvisna od števila vej na posameznem drevesu.

2 OPIS DELOVNIH STROJEV IN GLAVNE ZNAČILNOSTI DELA Z MOTORNO ŽAGO

2.1 RAZVOJ IN DELOVANJE MOTORNIH ŽAG Z VIDIKA PORABE GORIVA IN MAZIVA

Prva motorna žaga je bila izdelana že leta 1890, na kateri je bil nameščen Ottov motor. Ottov motor je deloval na pogonsko gorivo, bencin. Takrat se še ni uporabljalo verige za prežagovanje lesa, temveč so bili na žagi nameščeni listi, podobni tistim enoročnim in dvoročnim žagam. Leta 1948 so izdelali prvo enoročno motorno verižno žago na svetu IEL Beaver (Bizjak, 2007). Motorna žaga se uporablja že več kot 120 let in do danes je bencin najbolj uporaben način pogona motornih žag. Seveda obstajajo tudi druge opcije in načini pogona motornih verižnih žag - predvsem, nafta in elektromotor. Kljub drugim opcijam je predvsem zaradi enostavnosti in majhne mase, dvotaktni motor, ki ga poganja bencin, ostal najbolj pogost način pogona motornih žag.

Tehnika dela z motorno žago, njena oblika, masa, žagalne lastnosti, ergonomija... so zelo napredovale, še posebej v zadnjih štiridesetih letih. Poudarek je bil predvsem na ropotu, tresenju, ergonomiji, količini izpušnih plinov in varnostnih elementih (kick back). Evropske žage so imele večje vibracije in manjši ropot kot motorne žage iz Amerike. Po letu 1980 je prišlo do številnih izboljšav, ki so prispevale k zmanjšanju vibracij (Bizjak, 2007).

V nadaljevanju opisujemo in navajamo nekaj bistvenih sestavnih delov motorne žage in njihov način delovanja – vse naštetu v povezavi s porabo goriva in maziva.

2.1.1 Delovanje dvotaktnega motorja

Že samo ime pove, da sta za delovanje tega tipa motorja potrebna samo dva takta oziroma en vrtljaj motorne gredi. Bat z batnimi obročki, kadar se premika navzdol, z vakuumom vsrka zmes zraka in goriva. Kadar potuje navzgor, najprej vsrkano zmes stisne v kompresijo, svečka odda iskro (z elektronskim vžigalnim sistemom) in nastane eksplozija. Po eksploziji bat zopet potuje navzdol. Medtem v izpušni kanal potujejo emisijski delci od opravljene eksplozije, saj je izpušni kanal postavljen nekoliko višje proti glavi valja,

sesalni kanal pa je postavljen nekoliko nižje. Ko je bat tako nizko, da odpre sesalni kanal, se postopek ponovi.

2.1.2 Uplinjač pri motorni žagi

Uplinjač je element v sestavi dvotaktnega motorja in pomembno vpliva na porabo goriva. Funkcija uplinjača je, da napravi zmes (oblak) goriva oziroma mešanice (dvotaktni motor) in zraka. Zmes potuje iz uplinjača naprej po sesalnem kanalu najprej do bata in valja s svečko, kjer ob kompresiji v določenem trenutku pride do eksplozije.

Uplinjač je bil v preteklosti vedno prisoten pri dvotaktnem bencinskem motorju, vendar je bil pri motorni žagi uporaben le pogojno. Pri starejših izvedbah motornih žag so uporabljali uplinjač s plovcem (Bizjak, 2007). Njegova slaba lastnost je bila, da je deloval samo v enem (pokončnem) položaju, zato je bila žaga omejeno uporabna.

Leta 1948 je podjetje Mcculloch v modelu 12-25A vgradilo membranski uplinjač. Membranski uplinjač je omogočal delovanje motorne žage v vseh položajih, zato so z leti, ko so znižali maso motorne žage, tovrstno motorno žago z membranskimi uplinjači uporabljali tudi pri kleščenju (Bizjak, 2007).

2.1.3 Mazalni sistem pri motorni žagi

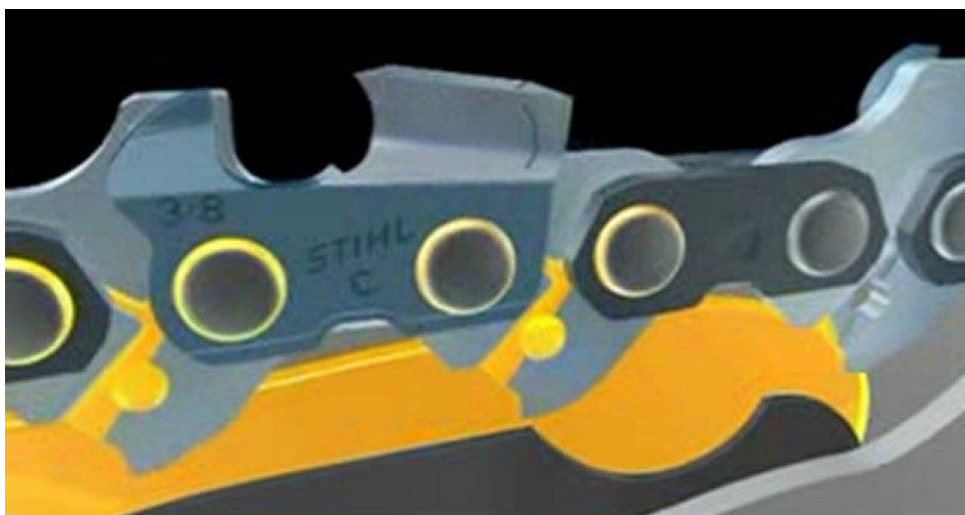
Leta 1952 je podjetje Reed-Prentice predstavilo verižno motorno žago Timberhog Bantam s prvim avtomatskim sistemom mazanja. Pred odkritjem avtomatskega mazalnega sistema pa so žagalne dele morali mazati ročno (Bizjak, 2007).

Mazalni sistem je pri žagalnih delih motorne žage pomemben dejavnik, saj olje omogoča lažje delovanje žage in manjše poškodbe na verigi, meču in prstanu ali pogonskem zobniku.

Motorne žaga ima poleg posode za gorivo tudi posodo za mazivo, kjer olje preko črpalke potuje do letve. V letev vstopi mazivo skozi odprtino na letvi. Olje po letvi potuje s pomočjo verige motorne žage, ko se le-ta vrti. V današnjem času je obvezna uporaba biorazgradljivega olja, ki se skoraj popolnoma razgradi v naravi in je manj škodljiv za okolje.

Avtomatski mazalni sistem deluje s pomočjo centrifugalne sklopke, saj se ob določenih obratih sklopka razširi in nasloni ob ohišje sklopke, vrteti se začne veriga. Ko se vrti

veriga, se porablja tudi olje za mazanje verige. Olje potuje iz posode za olje preko črpalk (polžaste oblike) in kanalov do letve, v kateri je odprtina, namenjena za mazalno olje. Žagalni deli se pri različnih tipih in znamkah žag spreminjajo. Pri podjetju Stihl so razvili tako imenovano Rollomatic letev, ki je sestavljena iz treh glavnih segmentov kakovostnega materiala. Letev ima tudi vodilno kolesce, ki omogoča lepši tek verige po letvi. Za potek olja po letvi je pomembna tudi veriga Oilomatic, ki skupaj z letvijo predstavlja tako imenovani Ematic sistem. To je eden izmed najbolj dovršenih mazalnih sistemov, ki lahko ob pravilni uporabi bistveno vpliva na količino porabljenega olja. Kljub bistveno manjši porabi olja so učinki žaganja enaki, življenjska doba posameznih delov pa zato nič manjša.



Slika 1: Prikaz verige Oilomatic in sistema potovanja maziva po letvi Rollomatic ter členih verige (Stihl Oilomatic, 2013)

Za porabo maziva so proizvajalci motornih žag izumili tudi vijak za nastavljanje pretoka olja skozi črpalko. Vijak, s katerim nastavljamo pretok pri oljni črpalki, je nameščen na spodnjem delu žage in je zato težje opazen, še posebej pri neočiščeni motorni žagi. Mazalni sistem naj bi bil po navodilih proizvajalca nastavljen tako, da je poraba maziva manjša kot poraba goriva. To je pogoj ob predpostavki, da se uporablja ustrezne, za uporabljen tip motorne žage predpisane žagalne dele. Če imamo meč in verigo daljšo od predpisanega, moramo dovod maziva povečati in obratno. Pravilna nastavitve je takrat, ko je poraba goriva hitrejša kot poraba maziva. V primeru, da mazivo porabimo pred mešanico, pride do obrabe žagalnih delov, kar vpliva na večjo obrabo in krajšo življenjsko dobo žagalnih delov.

2.2 NAJNOVEJŠE PRIDOBITVE PRI MOTORNIH ŽAGAH

2.2.1 Najnovejše dopolnitve in tehnične izboljšave pri novejših motornih žagah

X TorqTM

Podjetje Husqvarna nas je v zadnjem obdobju seznanilo z novim sistemom X TorqTM. Novost, ki nam jo predstavljajo, je specifična v delovanju motorja pri motorni žagi in pomembno vpliva na porabo goriva in količino emisij izpušnih plinov. Za delovanje uporablja dva dovodna kanala, enega za dovod čistega zraka in drugega za dovod zmesi zraka in mešanice (Husqvarnachainsaw, 2013).

Tako kot običajno pri dvotaktnih motorjih zrak/gorivo, mešanica vstopi skozi dovodni kanal. Pomen takšne izvedbe je v tem, da s pomočjo čistega zraka izpodrinemo v prejšnjem taktu nastale izpušne pline (Husqvarnachainsaw, 2013).

Brez te pridobitve se to ne zgodi s čistim zrakom ampak z zmesjo goriva in zraka, kar pomeni tudi večjo porabo goriva. Sistem omogoča zmanjšanje emisij za kar 75 %. Poraba goriva oziroma mešanice pa naj bi se s tem sistemom delovanja zmanjšala za 20 % (Husqvarnachainsaw, 2013).

AutoTune

Sistem pri Husqvarni zagotavlja optimalno delovanje motorjev v celoletnem obdobju, saj zagotavlja samodejno nastavitvev motorja oziroma uplinjača. Prihrani nam čas, porabljen za prilagoditev uplinjača. Je nadomestilo za različne situacije, na katere vplivajo različna oktanska goriva, nadmorska višina, vlažnost, temperatura in neočiščen zračni filter. Optimalno delovanje motorja hkrati pomeni tudi racionalno porabo goriva. (Husqvarnachainsaw, 2013).

IntelliCarbTM

Pridobljeni IntelliCarbTM uplinjač je zasnovan tako, da samodejno prilagodi razmerje zrak/gorivo. Če filter zraka oziroma dovod zraka postane omejen ali delno zamašen, naprava ohranja pravilno delovanje motorja. IntelliCarbTM uporablja zrak iz čiste strani zračnega filtra za nadzorovanje mešanice zraka in goriva. Ko je zračni filter umazan in je na voljo premalo zraka za optimalno mešanico zrak/gorivo, IntelliCarbTM, sistem prilagaja

pretok goriva kot nadomestilo za zmanjšanje pretoka zraka. To je v nasprotju z osnovnimi tipi uplinjačev, ki uporabljajo zrak iz "umazane" strani zračnega filtra (Stihl MS 362, 2013).

2.3 OPIS STROJEV V POIZKUSU

Pri sečnji smo v naši raziskavi uporabljali motorno žago STIHL MS 361.

Navajamo njene tehnične značilnosti:

Preglednica 1: Tehnični podatki motorne žage: Stihl MS 361 (Stihl MS 361, 2013)

Delovna prostornina (cm ³)	59,0
Moč kW	3,4
Moč KM	4,6
Masa (kg)	5,6
Razmerje med maso in močjo (kg/kW)	1,6
Nivo zvokovnega tlaka (dB[A])	101,0
Nivo zvokovne moči (dB[A])	113,0
Nivo vibracij levo/desno (m/s ²)	2,9/3,6
Veriga STIHL Oilomatic Korak	3/8" 1,6
Veriga STIHL Oilomatic Tip	RSC (Rapid Super Comfort)
Rollomatic meč (cm)	45
Nastavljiva oljna črpalka	Da
Stransko napenjanje verige	Serijsko
Sistem hitrega napenjanja verige (B)	Ni možno
QuickStop Super zavora verige (Q)	Ni možno
Dekompresijski ventil	Serijsko
STIHL ElastoStart	Serijsko
Kompenzator	Serijsko
Pokrovi rezervoarjev brez uporabe orodja	Serijsko
Katalizator	Ni možno
Električno ogrevanje ročaja (W)	Ni možno
Električno ogrevanje uplinjača (V)	Ni možno



Slika 2: Motorna žaga Stihl MS 361

2.4 OPIS DELOVNIH PRIPOMOČKOV SEKAČA PRI PODIRANJU DREVEŠA

Poleg motorne žage sekač pri svojem delu v gozdu potrebuje dodatno opremo in pripomočke, ki mu omogočajo strokovno pravilno, predvsem pa varno delo. V nadaljevanju navajamo najpomembnejše dele opreme.

Sekaška sekira:

Je orodje, ki omogoča sekaču boljše in učinkovitejše naganjanje drevesa k padcu. Poleg klinov in sekaškega metra predstavlja nepogrešljiv del opreme sekača pri gozdnem delu. Uporabljamo jo na več področjih, kot je čiščenje okolice drevesa, naganjanje, beljenje panjev in druga potrebna dela. Običajno sekači uporabljajo dvoročne sekire, težke 1,5 do 1,8 kg s toporiščem, dolgim več kot 50 cm.

Sekaški klin (zagozda):

Klin je pripomoček, ki sekaču pomaga pri postopku podiranja drevesa. Z njegovo pomočjo skuša sekač drevo nagniti oziroma dvigniti v želeno smer padca, skratka njena funkcija je razdvojitev dveh teles. Običajno je v obliki tristrane prizme, vendar različnih dimenzij in materialov (Medved in Košir, 1995). Najbolj pomembna sta seveda kot in dolžina klina,

kajti z manjšim kotom in z daljšim klinom lažje naganjamo drevo. Drugačne dimenzije in število klinov uporabljamo različno glede na dimenzije in nagnjenost drevesa.

Vzmetni sekaški meter:

Naprava ima funkcijo merjenja dolžine drevesa, saj z njim natančneje in učinkoviteje zmerimo dolžino sortimenta oziroma drevesa. Nekateri ga uporabljajo tudi za merjenje debeline oziroma premera sortimenta ali drevesa. Največkrat je dolžina vzmetnega metra dolga med 15-20 m (Medved in Košir, 1995).

2.5 TEHNIKA DELA Z MOTORNO ŽAGO

Tehnika dela z motorno žago pri sečnji je zelo obširen pojem, zato v nadaljevanju navajamo zgolj tehniko dela, ki smo jo večinoma uporabljali v naši raziskavi. To pomeni, da ne bomo obravnavali poseka dreves, katerih debelina presega dve dolžini letve, kjer je potreben srčni vbodni rez. Večja debelina odkazanih dreves in njihova nagnjenost zahtevata drugačen pristop in tehniko podiranja – to pa seveda vpliva tudi na količino porabljenega goriva.

2.5.1 Zasek in podžagovanje glede na različne dimenzije dreves

1. Zasek je sestavljen iz dveh rezov (*vodoravni in poševni rez*), ki se morata skladno ujemati v vrhu zaseka po celotni dolžini reza. Najprej opravimo *vodoravni rez*. Ta določa padec drevesa, in sicer pravokotno na vodoravni rez. Nato izdelamo *poševni rez*, ki poteka do *vodoravnega reza*. *Poševni in vodoravni rez* se morata skladno ujemati v *vrhu zaseka*. Globina zaseka se giblje med $1/3$ in $1/4$ premera panja. Kot zaseka je najbolj optimalen pri 45^0 (Medved in Košir, 1995). Večji kot je izjemoma pri sečnji dreves večjih dimenzij, kjer opravljamo srčni vbodni rez. V našem primeru te tehnike nismo uporabljali.
2. Podžagovanje in oblikovanje ščetine je naslednji element, ki ga pri podiranju opravljamo. Podžagujemo nekoliko višje od dna zaseka, od 2-5 cm ali $1/10$ premera drevesa. Ščetina je neprežagan del lesnih vlaken pri podiranju drevesa. Neprežagan del lesnih vlaken nam omogoča varen in usmerjen padec drevesa. Debelina ščetine naj bi bila $1/10$ premera drevesa na panju. Oblikujemo različne oblike ščetin v

odvisnosti od nagnjenosti drevesa, lahko je vzporedna ali trikotna oblika ščetine. (Medved in Košir, 1995).

2.5.2 Tehnika dela pri kleščanju vej drevesa

Pri kleščanju oziroma odstranjevanju vej z debla dreves uporabljamo različne tehnike dela, saj so veje različnih dimenzij in oblik, ob padcu drevesa pa so pogosto napete in upognjene. Poznamo *skandinavsko*, *slemensko* in *nihajno* tehniko dela pri kleščanju z motorno žago. Te tehnike so odvisne od debeline vej in od drevesne vrste, saj imajo iglavci in listavci različno razporeditev vej, bistveno drugačna je tudi njihova debelina.

Skandinavska tehnika kleščanja je zelo uporabna, saj je teža motorne žage po večini na osi podrtega drevesa in sekač ne nosi celotne teže žage v rokah. Ta tehnika razbremeni sekača, omogoča počitek rok in mišice hrbtne dela telesa. Skandinavska tehnika je sestavljena iz šest ritmično ponavljajočih se gibov. Primerna je za veje, debele od 1-3 cm. Pri tej tehniki kleščanja ne upoštevamo napetih vlaken v veji (Medved in Košir, 1995).

Slemenska tehnika je metoda, pri kateri motorna žaga ves čas drsi po deblu (slemenu). Veje odžagujemo levo in desno s trebušnim delom letve. Posebej pozorni moramo biti pri zelo debelih ali napetih vejah. Te je najbolje odžagati nekoliko stran od debla, sprostiti napetosti v njih in šele nato odžagati preostali štrcelj tik ob deblu (Medved in Košir, 1995).

Nihajna tehnika je primerna za drevesa in veje tanjših dimenzij, ker prav tako ne upošteva napetosti vlaken v veji. Tak način dela je nastal zaradi večjega učinka in hitrejšega kleščanja. Delavec ima motorno žago ves čas v rokah (izjema je prehod naprej) in z motorno žago niha naprej in nazaj po deblu. Pri takem načinu je bolj smotrno uporabljati lažje motorne žage, saj sekamo tanjša drevesa in s tem zmanjšamo obremenitve rok in hrbtne dela telesa.

Kleščanje posebej obravnavamo, ker je le to lahko pomemben faktor z vidika porabe goriva in maziva. Pri kleščanju lahko opravimo veliko »dodatnih prereзов«. Ti prerezi so odvisni od sekača in njegove spretnosti. S temi prerezi sekač oblikuje pot ob deblu. Nekateri sekači si izdelajo temeljito in lahko prehodno pot, posledično pa imajo veliko več prereзов, kar vpliva na količino prerezane površine, poraba goriva in maziva je zato večja.

Pri kleščanju je velikokrat opazna sposobnost in spretnost sekača – bolj kot je pri tem delu učinkovit, manjša bo poraba goriva, dnevni učinki pa tudi večji. Pri diplomski nalogi je sekač uporabljal vse omenjene tehnike kleščanja. Pri iglavcih smo v prvem debelinskem razredu delali po principu nihajne (suhe veje) in skandinavske (zelene veje) tehnike kleščanja. Pri drevesih večjih volumnov so tudi premeri vej večji, zato smo tam uporabljali skandinavsko ali slemensko tehniko kleščanja. Pri smreki je bil največji premer veje 7 cm. Bukev ima drugačno razporeditev vej tudi premeri vej so večji, največji 25 cm. Posledično delujejo v debelejših vejah močnejše sile, zato smo pri bukvi uporabljali slemensko tehniko kleščanja ne glede na premer oziroma volumen drevesa.

Priprava motorne žage

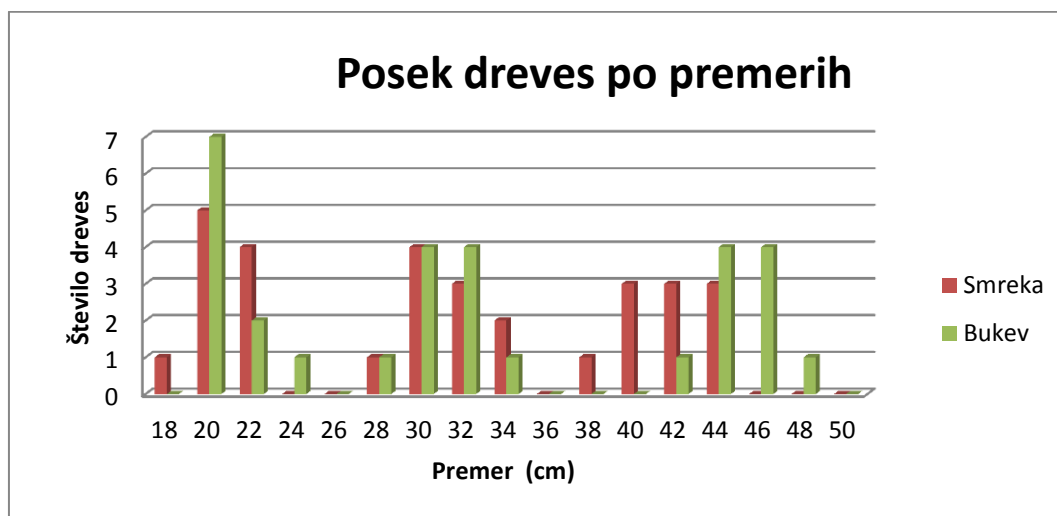
Tudi priprava motorne žage je zelo pomembna. V gozd gremo vedno z brežhibno, čisto in nabrušeno motorno žago. Nabrušena motorna žaga je ključnega pomena pri hitrosti in natančnosti reza ter je ergonomsko bolj primerna za delo sekača. Tudi poraba goriva in maziva ob tako pripravljeni motorni žagi je manjša.

3 METODA DELA

Pri izboru načina dela smo imeli veliko težav, saj smo se vsaj deloma naslanjali na predhodne raziskave, v katerih je bila metoda dela drugačna. Odločili smo se za metodo, s katero smo lahko prišli do primernih in zanesljivih rezultatov. Raziskavo smo izvedli na dveh objektih. V vsakem objektu smo izvedli sečnjo različnih drevesnih vrst. V oddelku 3 in v oddelku 24 KE Grčarice smo opravili sečnjo dreves treh debelinskih razredov. Okvirna vrednost premera v prvem razredu je znašala 20 cm, v drugem 30 cm in v tretjem 40 cm. Ti premeri v tem gospodarskem razredu po tarifnih razredih predstavljajo približne volumne, in sicer.

- $0,20\text{m}^3$ - $0,30\text{m}^3$ (primer za redčenje, drogovnjak),
- $0,70\text{m}^3$ - $0,90\text{m}^3$ (volumen povprečno odkazanega drevesa v Sloveniji v zadnjem obdobju),
- in cca $2,00\text{m}^3$ (nadpovprečno debelo drevo, pomlajenec, debeljad).

Oddelka sta bila že predhodno odkazana, zato smo vzorčna drevesa izbrali med že odkazanimi. Pri obeh objektih je bil določen enak tarifni razred, kljub temu pa je prišlo do odstopanj med premerom in volumnom drevesa. Smreke in bukve z istimi premeri imajo drugačne volumne, kar pomeni, da bi morali uporabiti različne tarifne razrede. Pri smreki so bili rezultati izračunanih volumnov podobni izmerjenim, podatki so bili primerljivi. Pri bukvi pa so bili tarifni razredi napačni, saj se izračunani in izmerjeni volumni niso ujemali. Volumenske vrednosti posekanih dreves so odstopale od želene volumenske postavke v posameznem debelinskem razredu.



Slika 3: Prikaz sečnje analiziranih dreves po prsnih premerih

Za raziskavo smo izbrali dve najpogostejši drevesni vrsti na rastiščih OE Kočevje. Bukev (*Fagus sylvatica*) predstavlja 37 % ter smreka (*Picea abies*) 27 % lesne zaloge v sestoji (Zavod za gozdove Slovenije, 2013).

Izbor dreves smo opravili na terenu. Predhodno smo s pomočjo odkazilnega manuala pregledali, ali je na objektu zadostno število odkazanih dreves določene dimenzije in določene drevesne vrste. Nato smo prehodili objekt in z gozdarsko klupo odčitala prsne premere dreves ter določili drevesa, ki so bila primerna za našo raziskavo. Vsekakor se tudi pri enakem premeru drevesa razlikuje oblika (vejnatost, dvovrhatost in višina) debla in krošnje, ki sta največkrat odvisna od interakcij med osebkami in količino dnevne svetlobe. Zato sva bila s pomočnikom pozorna tudi na te elemente in sva izbrala najbolj pogoste in primerne primerke.

3.1 UPORABLJENI PRIPOMOČKI IN POTREBNA DODATNA OPREMA PRI PRIDOBIVANJU PODATKOV

Menzurni valj:

Pri pridobivanju podatkov smo uporabljali dva menzurna valja, enega za gorivo in enega za mazivo. Enote za odčitavanje količine goriva in olja so bile na menzurnih valjih in podane v mililitrih na 10 ml natančno.



Slika 4: Uporaba merilnih valjev pri odčitavanju porabe goriva in maziva (Foto: Nejc Gorišek)

Gozdarska klupa:

Je pripomoček za merjenje premerov dreves. Odkazana drevesa smo s pomočjo klupe natančno izmerili – za kasnejšo analizo smo posneli podatke o premerih sortimentov.

Kamera:

V raziskavo smo kot pripomoček za pridobivanje podatkov vključili tudi video kamero. Snemali smo od začetka dela (vžiga motorne žage) do njegovega konca (izključitve motorne žage). Na podlagi posnetkov s kamere smo opravili časovno študijo sečnje dreves na vzorcu vseh 60-ih dreves. S kamero smo posneli vsako posekano drevo, kar nam bo koristilo pri morebitnih popravkih, kot so določevanje števila dodatnih prereзов in izdelava časovne študije pri obratovanju motorne žage.

3.2 OPIS OBJEKTOV

Čeprav ni namen raziskave iskati razlike med objekti, smo iz osnovnih normativov popisali lego, vejnatost, naklon terena, kamnitost površja in skalovitost površja (Medved, 1997).

Objekt 1 se je nahajal v oddelku 3 KE Grčarice. Površina oddelka je 35,02 ha. Objekt se nahaja v državnem gozdu. Ekspozicija objekta je vzhodna. Predel je pretežno poraščen z jelko, smreko in bukviyo vseh dimenzij in starosti (Gozdnogospodarski načrt ..., 2006a).

Ocenili smo, da je v objektu srednja stopnja vejnatosti. To pomeni, da je debelina vej od 4 do 6 cm in da je število vencev na meter dolžine debla od 1,5 do 2. Teren je zmerno strm (od 21 do 35%), kamenitost je nizka (do 20% površja), skalovitost srednja (od 11 do 30 % površja) (Medved, 1997).

Objekt 2 se je nahajal v oddelku 24 KE Glažuta. Oddelek je sestavljen iz treh odsekov v skupni površini 32,93 ha. Analizo smo izvajali v odseku a, katerega površina je 5,9 ha in je od ostalih dveh odsekov najbolj primeren za primerjavo z objektom 1. Je državni gozd. Ekspozicija objekta je zahodna, struktura reliefa valovita in vrtačasta. Gozdno združbo predstavlja predvsem bukev, ki jo je po deležu v lesni zalogi največ. Sledita ji jelka in smreka (Gozdnogospodarski načrt ..., 2006b).

Drevesa v objektu imajo srednjo stopnja vejnatosti, teren je zmerno strm do strm. Skalovitost površja je nekoliko večja kot v Objektu 1 (od 21 do 50 % površine), saj je lega nekoliko višja, kamenitost površja je 30 % (Medved, 1997).

3.2.1 Pridobivanje podatkov

Podatke o odkazanem drevju in površini objektov smo povzeli iz odkazilnega manuala. Nato smo pripravili kamero za snemanje sečnje in izdelave gozdnih lesnih sortimentov. Odgovorni in predvsem pozorni smo morali biti pri postavitvi kamere pred podiranjem drevesa, saj je podiranje nevarno opravilo tudi za izkušene sekače. Zato smo morali biti še posebej pozorni na snemalca in na njegovo varnost.

3.2.2 Snemalni list

Pri pripravi snemalnega lista smo se odločili, katere podatke bomo beležili, kateri podatki so koristni in kateri bistveno vplivajo na porabo goriva in maziva pri sečnji.

Uporabljali smo dva, ki se med seboj ločita po različnih tipih podatkov. V »Snemalni list dela z motorno žago« smo zapisovali podatke o porabi goriva in maziva pri posameznem drevesu, število dodatnih prereзов ter povprečno debelino oziroma premer teh dodatnih prereзов. Iz pridobljenih podatkov smo izračunali površino dodatnih prereзов. Beležili

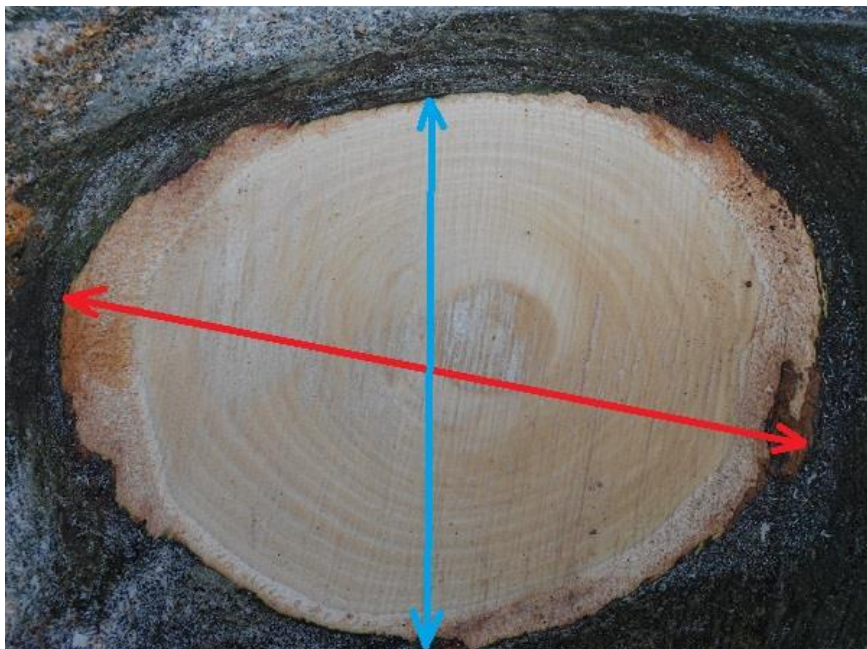
smo tudi obdelavo korenovca, saj takšno oblikovanje panja drevesa pripomore k lažji izdelavi zaseka ter k bolj varnemu in natančnejšemu podiranju drevesa. Ker tudi obdelava korenovca (kjer je potrebna) vpliva na porabo goriva in maziva, je bilo prav tako potrebno izračunati površino. Porabo smo izmerili tako, da smo pri poseku vsakega drevesa posebej začeli z delom s polno motorno žago, kar pomeni, da sta bili napolnjeni posoda za gorivo in posoda za mazivo. Ko pa smo končali z delom, smo posodi ponovno napolnili. Količini dodanega goriva in maziva sta nam direktno podali vrednost porabe goriva in maziva za posamezno drevo. Posodi za gorivo in mazivo v motorni žagi smo polnili vedno do istega nivoja, da ni prišlo do napak že pri odčitavanju porabljene količine.



Slika 5: Prikaz nivoja polnjenja posode za gorivo pri motorni žagi STIHL MS 361 (Foto: Nejc Gorišek)

Na delovni list »Snemalni list podatkov o podrtem gozdnem drevju« pa smo vpisovali vse prereze, ki smo jih opravili na drevesu. Torej vse prereze pri zaseku, podžagovanju in kleščanju ter označevanju in prerezu sortimentov. Kot je razvidno iz delovnega lista, smo vpisovali premer panja in premer prerezov, oboje se izraža s površino prereza. Pri kleščanju smo izmerili vsako vejo posebej in izračunali površino. Podatka o označevanju mesta prerezov nismo beležili, saj postopek opravljamo pri vseh drevesih. Trajanje

označevanja prereza pa ni daljše od dveh sekund, zato ta podatek ključno ne vpliva na rezultate.



Slika 6: Prikaz pridobivanja podatkov za izračun povprečnega premera prereza veje pri bukvi

Pri vseh merjenjih smo uporabili tračni meter in izmerili največji in najmanjši premer ter izračunali povprečje. $\text{Premer} = (\text{Višina1} + \text{Višina2}) / 2$. Vse enote so v centimetrih, ker je končen rezultat površine izražen v kvadratnih centimetrih.

3.3 ČASOVA ŠTUDIJA

Časovno študijo smo izpeljali tako, da smo z digitalno kamero posneli potek poseka in izdelave za vsako drevo posebej. Iz posnetkov smo s štoparico, s kontinuirano metodo dela, opravili časovno študijo. Časovna študija je bila v našem primeru drugačna. Nismo delali časovne študije celotnega delovnika – poraba goriva in maziva je vezana na obratovanje motorne žage, zato smo v analizi obravnavali le obratovalni čas.

Obratovalni čas, efektivni čas in prosti tek

Obratovalni čas je čas, kjer je motorna žaga v obratovanju, kar pomeni, da obratuje ne glede na stanje, ali gre za prosti tek ali pa polni plin. Obravnavani čas smo razdelili na dva dela, in sicer na efektivni čas, kjer je motorna žaga v polnem obratovanju, in čas, kjer je motorna žaga v prostem teku.

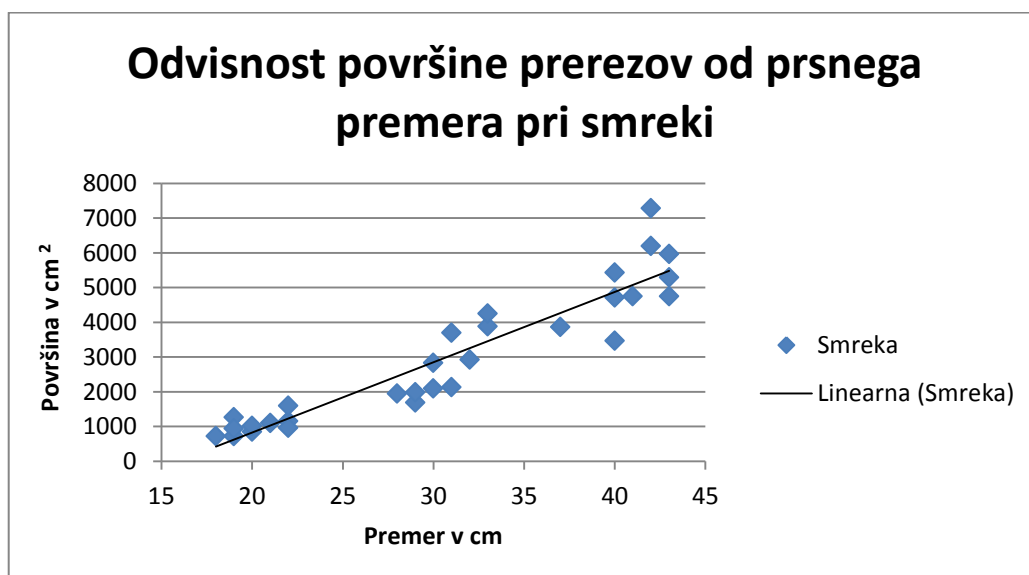
4 REZULTATI IN ANALIZA

4.1 PORABA GORIVA PRI SEČNJI SMREKE

V raziskavo smo vključili drevesa različnih premerov. Pričakovali smo različno porabo glede na debelino drevesa, saj površina prereзов s premerom drevesa narašča.

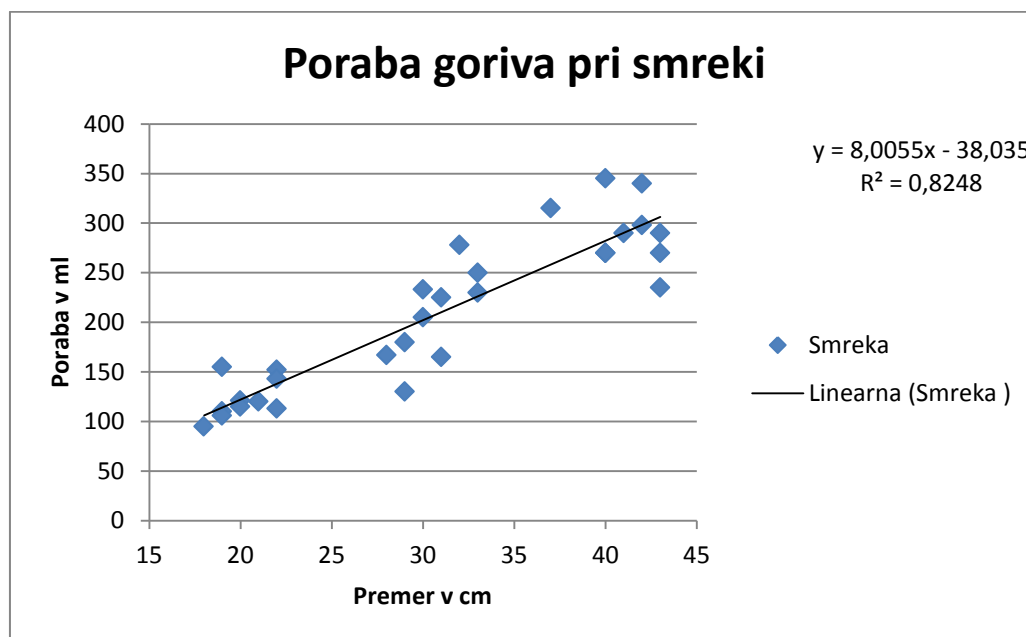
Izračunali smo regresijo na podlagi vzorca 30 dreves smreke in dobili podatke, da je korelacija med premerom in porabo goriva ($R^2 = 0,91$).

Do podobnih rezultatov so prišli tudi v dosedanjih raziskavah ($R^2 = 0,93$). (Halilović, 2012).



Slika 7: Odvisnost površine prereзов od prsnega premera - smreka

Kot vidimo iz slike površina prereзов narašča s prsnim premerom. Z večanjem prsnega premera pa narašča tudi poraba goriva (slika 8).



Slika 8: Poraba goriva pri drevesu - smreka

Rezultati pri porabi goriva nas niso presenetili, saj so bili v skladu s pričakovanji. Premica poteka linearno navzgor, kar pomeni, da poraba z večanjem prsnega premera narašča.

Povprečni volumen posekanih dreves smreke v naši raziskavi znaša $1,05 \text{ m}^3$ in povprečna poraba je znašala $207,20 \text{ ml}$ za povprečni volumen, kar znaša $197,18 \text{ ml na m}^3$ posekanega drevesa smreke.

4.1.1 Razlika v porabi po posameznih debelinskih razredih

Pri drevesih z večjim prsnim premerom opravimo večjo količino dela in večjo količino prereзов. Logično je, da je poraba pri debelejših drevesih večja. Vendar pa z večjim premerom drevesa pridobimo tudi večjo količino lesa. Izračun o porabi je seveda korekten, kadar porabo podamo na isto količino pridobljenega lesa.

Preglednica 2: Povprečne vrednosti pri treh debelinskih razredih - smreka

Debelinski razred	Premer (cm)	Volumen (m^3)	Površina prereзов (cm^2)	Poraba goriva (ml)	Poraba na (ml/m^3)
1	20,20	0,31	1035,06	123,00	398,50
2	30,60	0,99	2744,33	206,30	207,81
3	41,10	1,85	5175,69	292,30	157,92

V preglednici s premerom naraščajo vse vrednosti, tudi poraba goriva, vendar pa se vrednosti glede na količino spreminjajo. Pri tretjem debelinskem razredu smo imeli zabeleženo največjo porabo, vendar je bila hkrati opravljena tudi največja količina dela oziroma prereзов in največji obdelan volumen. Če porabo po debelinskem razredu podamo v m³, so vrednosti šele primerljive. V tretjem debelinskem razredu je zato poraba na enoto najmanjša, v prvem pa največja. To pomeni v drogovnjaku z vidika porabe goriva in maziva porabimo več goriva na enoto proizvoda, v debeljaku pa je ravno obratno.

Primer:

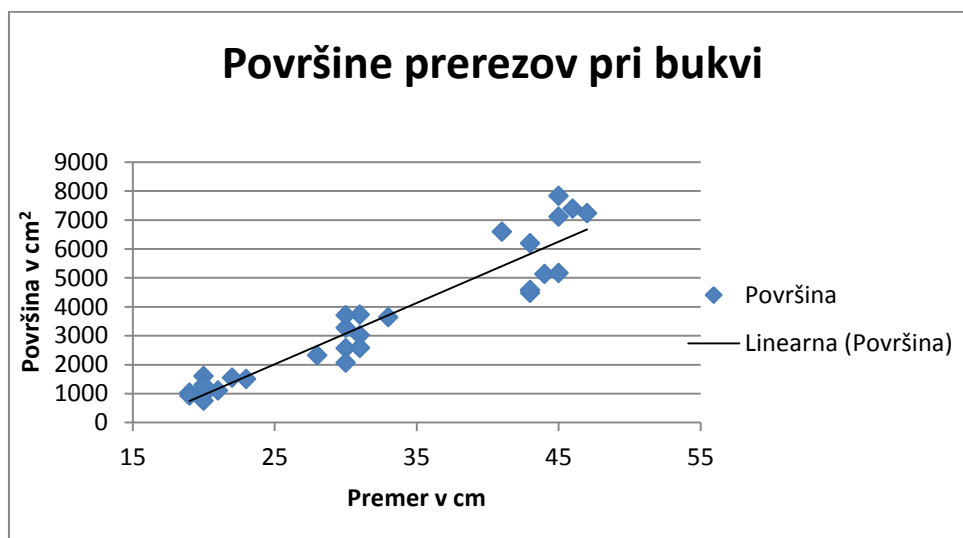
Iz konkretnega primera je razvidno, da se poraba goriva glede na velikost drevesa bistveno spreminja. Pri tanjših drevesih, (v preglednici 2 pod 1. debelinski razred) je v primerjavi s povprečjem poraba večja kar za 92 %, v nadpovprečno debelem (v preglednici 2 pod 3. debelinski razred) pa za 23 % manjša. Iz teh ugotovitev lahko sklepamo, da strošek sečnje glede na različne debeline dreves tudi niha, vsaj z vidika porabe goriva.

4.2 PORABA GORIVA PRI SEČNJI BUKVE

Sečnja bukve je nekoliko drugačna kot pri smreki, saj debla niso vedno monopodialna, ampak so zelo različnih oblik. Po večini so drevesa tudi nagnjena, kar pomeni, da usmerjeno podiranje ni mogoče oziroma je le pogojno mogoče.

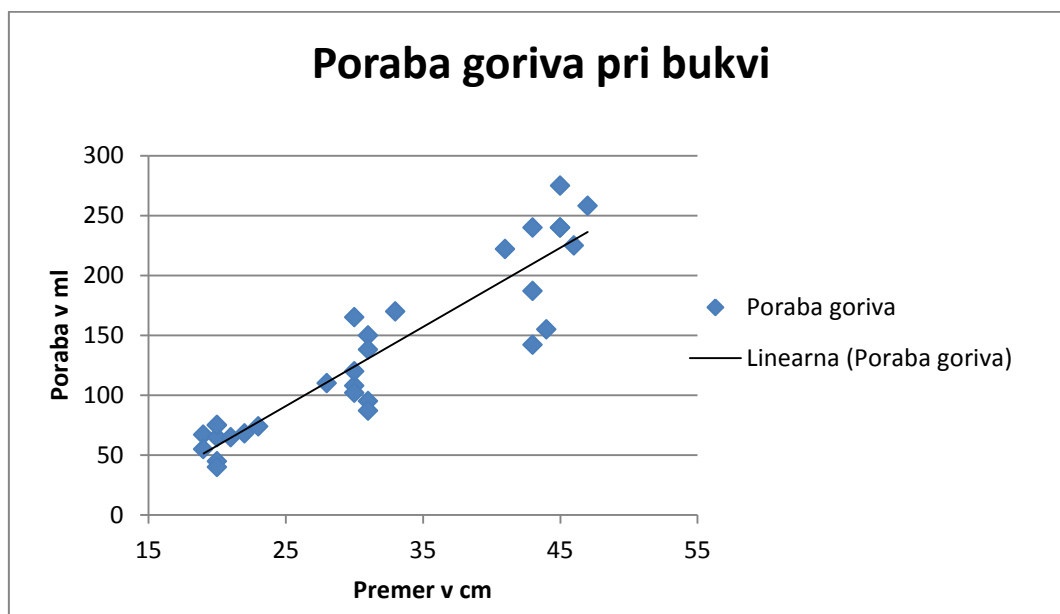
Veje pri listavcih imajo povsem drugačne lastnosti kakor pri iglavcih. Konkretno pri bukvi je veliko več napetih lesnih vlaken v vejah. Veje so bolj debele in prožne, prenesejo pa tudi veliko večje sile. Problem pri kleščenju debelih vej je stiskanje meča in verige motorne žage. Ob morebitnem stisku motorne žage izgubimo na času, kar pomeni dodatno porabo goriva – posebej še, če žaga ta čas, ko jo rešujemo, obratuje. Pri kleščenju in prežagovanju imajo sekači lahko tudi različne tehnike dela, zato je posledično tudi poraba goriva bistveno različna.

Pri bukvi smo izračunali, da je velika povezava in odvisnost med prsnim premerom in površino prereza ($R^2=0,90$).



Slika 9: Odvisnost površine prerezov od prsnega premera - bukev

Iz slike 9 ugotavljamo podobno kot pri smreki, da površina prerezov prav tako narašča z večanjem prsnega premera. Vendar so v tretjem debelinskem razredu podatki zelo razpršeni, saj že iz opazovanja gozda oziroma bukovih dreves opazimo, da je rast bukve zelo odvisna od rastnega prostora oziroma količine svetlobe. Pri veliki količini svetlobe je rast zelo razvejana in pogosto ima drevo dva ali več vrhov. Če ima drevo več vrhov, ima pogosto tudi več vej in posledično večjo površino prerezov. Takšna oblika debla ima pogosto tudi večje število sortimentov, saj je v vrhu več krajših sortimentov, ki pa so pogosto slabše kvalitete. Pri večjem številu sortimentov smo beležili tudi večje število opravljenih prerezov, predvsem zaradi razraščene rasti in več vrhov.



Slika 10: Poraba goriva pri drevesu - bukev

Podatki pri bukvi so bili v skladu s pričakovanji, saj je poraba z debelino naraščala. Povprečni volumen posekanih dreves bukve pri diplomski nalogi je znašal $0,95 \text{ m}^3$ in povprečna poraba za povprečni volumen je znašala 135,27 ml, kar znaša 142,83 ml na m^3 posekanega drevesa bukve.

Preglednica 3: Povprečne vrednosti pri treh debelinskih razredih - bukev

Debelinski razred	Premer (cm)	Volumen (m^3)	Površina prerezov (cm^2)	Poraba goriva (ml)	Poraba na (ml/m^3)
1	20,40	0,28	1148,66	62,90	221,24
2	30,80	0,72	2973,04	126,10	175,03
3	44,20	1,86	6106,63	218,40	117,64

V preglednici 3 s premerom naraščajo vse vrednosti, tudi poraba goriva. Pri tretjem debelinskem razredu smo imeli zabeleženo največjo porabo, vendar je bila hkrati opravljena tudi največja količina dela oziroma površina prerezov in obdelan največji volumen. Če te vrednosti pri posameznih debelinskih razredih podamo na m^3 , so vrednosti porabe v tretjem debelinskem razredu najmanjše, v prvem pa največje. Ta podatek nam

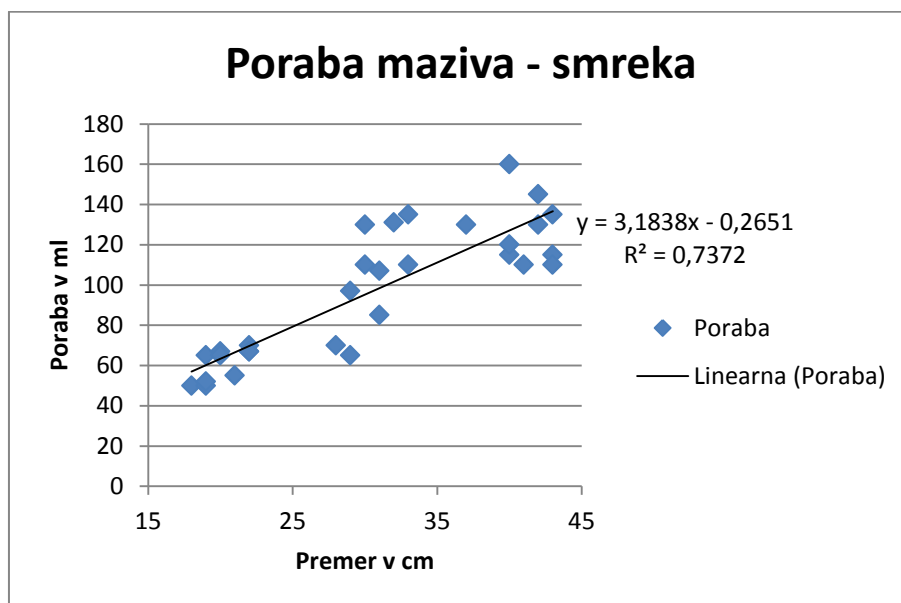
pove, da v nekem drogovnjaku z vidika porabe goriva in maziva porabimo več goriva na enoto proizvoda.

Primer:

Na podlagi primera je razvidno, da imamo strošek goriva v drogovnjaku večji od povprečja za 26 %. Pri drevesih večjih volumnov pa se strošek sečnje od povprečja zmanjša za 33%. Dejstvo je, da se lahko strošek sečnje različnih debelin spreminja.

4.3 PORABA MAZIVA PRI SEČNJI SMREKE

Povprečna poraba maziva pri smreki je znašala 97,27 ml na povprečni volumen 1,05 m³ na enoto proizvoda pa 92,57 ml. Uporabljali smo meč dolžine 45 cm in verigo s korakom 3/8, s 33 zobmi. Enako garnituro žagalnih delov nam priporoča tudi proizvajalec. Na te karakteristike žagalnih delov je bila motorna žaga glede porabe maziva tovarniško nastavljena in se tekom poskusa ni spreminjala.



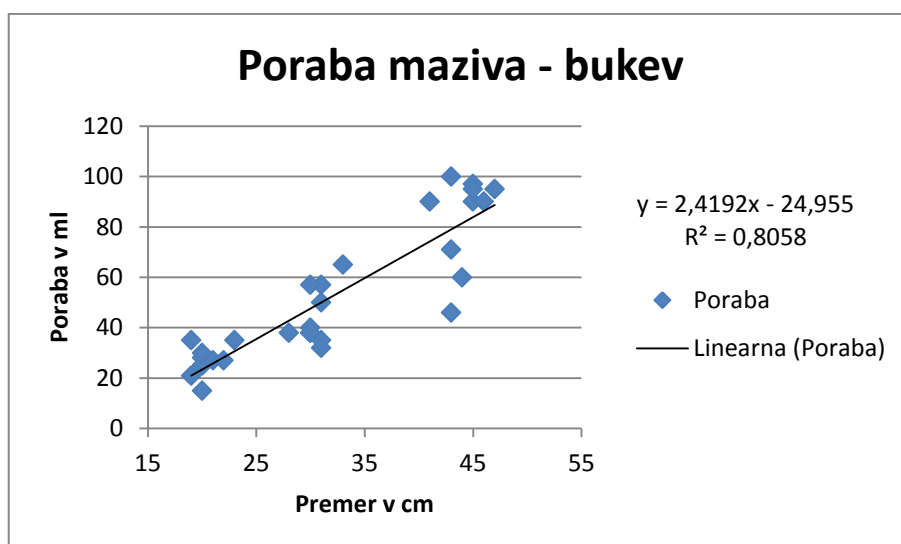
Slika 11: Poraba maziva pri drevesu - smreka

Poraba maziva prav tako narašča s premerom drevesa, saj se s premerom povečuje tudi obseg in trajanje dela. Poraba maziva pri vseh treh debelinskih razredih z volumenom drevesa narašča. Slika 11 nam prikazuje, da se poraba maziva s premerom povečuje. V prvem debelinskem razredu je bil premer med analiziranimi drevesi od 18 do 22 cm, razpon porabe maziva pri istih analiziranih drevesih pa je od 52 do 70 ml. V drugem

debelinskem razredu je razpon premerov znašal od 28 do 33 cm, poraba maziva pa se giblje z razponom od 65 do 135 ml. Tretji debelinski razred ima razpon premerov od 37 do 43 cm poraba maziva pa se giblje od 115 do 160 ml.

4.4 PORABA MAZIVA PRI SEČNJI BUKVE

Podatki, ki smo jih dobili pri sečnji bukve, niso v skladu z našim predvidevanjem, saj je kljub večji površini prerezov poraba maziva manjša kot pri smreki. Rezultati kažejo, da je pri povprečnem volumnu $0,95 \text{ m}^3$ motorna žaga porabila 51,73 ml maziva. To pomeni, da bi na 1 m^3 izdelanega lesa porabili 54,62 ml maziva. Manjšo porabo si razložimo z delovanjem žage. Mazivo se porablja vedno, kadar veriga motorne žage potuje po letvi in nikoli takrat, kadar veriga miruje, tudi če motorna žaga obratuje.



Slika 12: Poraba maziva pri drevesu - bukev

Kot že v prejšnjih primerih zopet potrjujemo trditev, da poraba maziva in goriva narašča z večanjem premera. Kot je razvidno iz slike 12, se vrednosti po debelinskih razredih različno razporedijo po že opidsani zakonitosti

Preglednica 4: Poraba maziva po debelinskih razredih – bukev.

Debelinski razred	Premier (cm)	Volumen (m ³)	Površina prerezov (cm ²)	Poraba (ml)	Poraba na (1 m ³)
1	20,40	0,28	1184,48	26,80	94,27
2	30,80	0,72	3017,64	45,78	63,54
3	44,20	1,86	6170,88	83,40	44,92

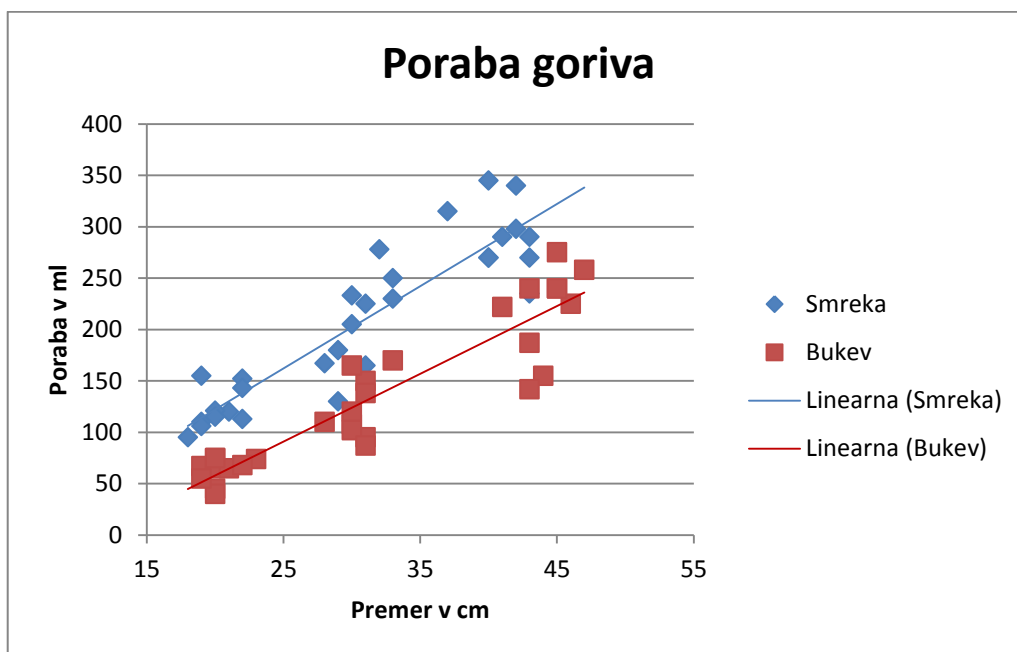
Preglednica 4 prikazuje podatke za bukev po debelinskih razredih. Podatki o porabi naraščajo kakor tudi premer in volumen. Vsekakor pa ne narašča poraba, ki je definirana na 1 m³.

Pri analizi podatkov smo raziskovali in pridobivali rezultate, vendar pa smo pri nekaterih drevesih v posameznih debelinskih razredih pridobili neznčilne rezultate. V prvem debelinskem razredu je bila poraba največja pri najdebelejšem drevesu (maximalni prsni premer) tega razreda, vendar pa to drevo ni imelo največjo prerezano površino. Rezultati navajajo, da sta drevesi z zaporedno številko 33 in 59 največjo površino prereza v prvem debelinskem razredu, poraba pa je bila razmeroma majhna, 28 in 27 ml maziva. V drugem debelinskem razredu je imelo drevo številka 58 največji volumen, hkrati pa tudi najmanjšo porabo maziva. Razloge za takšne podatke lahko pojasnimo s tem, da ima drevo z velikim volumnom podpovprečno površino prerezov v tem razredu. Veliko analiziranih dreves in njihove lastnosti, ki smo jih analizirali lahko pojasnimo z obliko dreves, trajanjem obratovalnega časa.

4.5 PRIMERJAVA REZULTATOV

4.5.1 Poraba goriva

Pri primerjavi rezultatov med drevesnima vrstama smo prišli do različnih ugotovitev. Poraba goriva je bila manjša pri bukvi, ne glede na površino prerezov in količino opravljenega dela. Poraba goriva je lahko pri posameznih drevesih iste drevesne vrste v tretjem debelinskem razredu celo manjša ali zelo podobna vrednostim kot v drugem debelinskem razredu. Zlasti je takšen pojav zelo pogost pri bukvi.

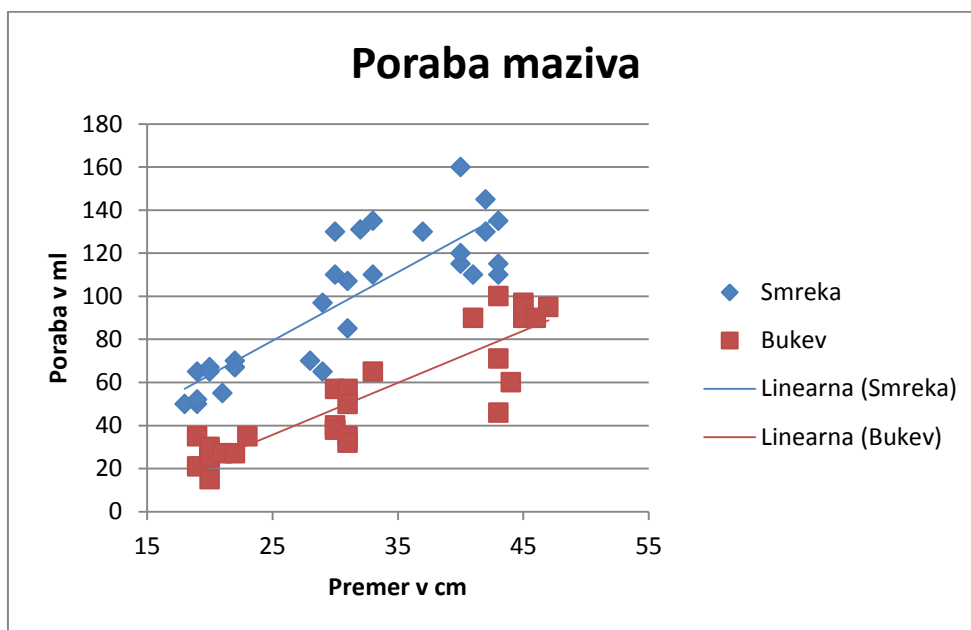


Slika 13: Poraba goriva pri obeh drevesnih vrstah.

Razlika v porabi narašča s prsnim premerom. Debelejši kot je premer, večja je razlika v porabi. Seveda pri bukvi na porabo vpliva tudi oblika rasti. Zelo pomemben je tudi socialni položaj, saj površina prereзов zelo variira kljub enakemu prsnemu premeru drevesa. To še posebej velja v tretjem debelinskem razredu.

4.5.2 Poraba maziva

Znano je, da je poraba maziva vedno manjša od porabe goriva. Pri bukvi je bila poraba po enoti proizvoda manjša. Pri smreki je tako znašala 92,565 ml na m³, pri bukvi pa 54,628 ml na m³. Razlika v porabi je 41 %. Dejstvo je, da je pri smreki veliko več vej, v povprečju to pomeni 110,8 vej na drevo. Pri bukvi pa v povprečju le 15,8 vej na drevo. Razlika je očitna, kljub temu da ima bukev v povprečju večjo površino prereзов. Pri smreki je poraba večja, ker za vsako prežagano vejo dodamo plin in veriga potuje po letvi. Pri tem deluje črpalka za mazivo, zato je poraba maziva tako velika. Primerjavo prikazujemo na sliki 14.

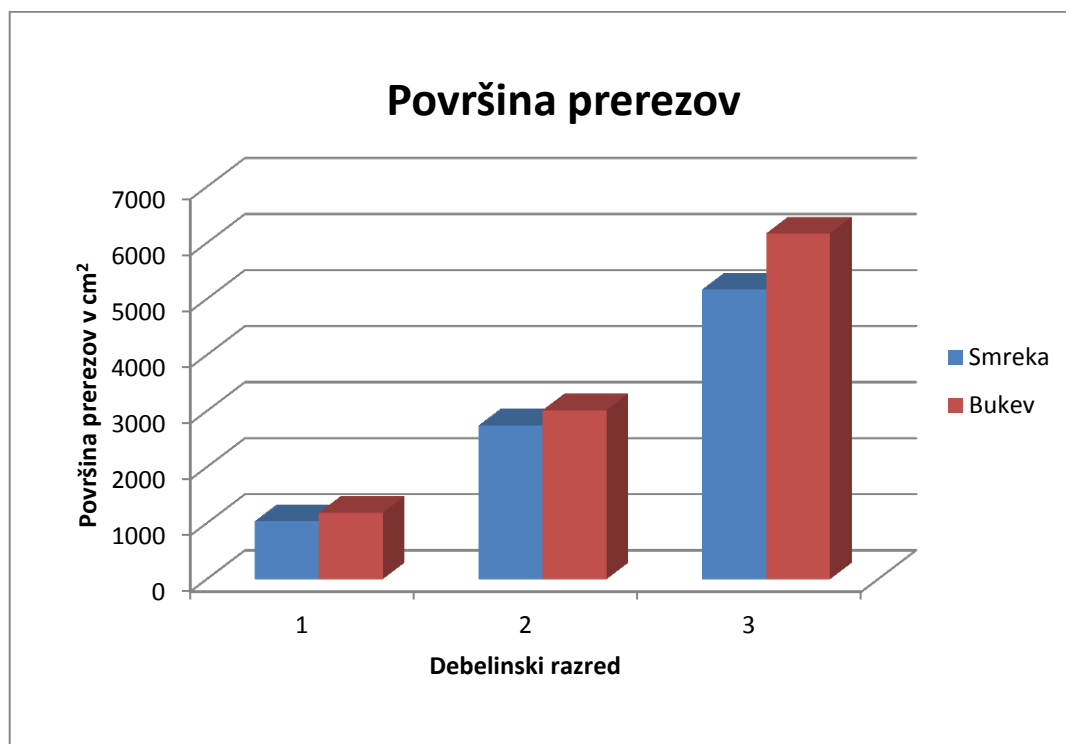


Slika 14: Poraba maziva pri obeh drevesnih vrstah

Kot smo že omenili, je pri smreki večje število vej, premeri in površine vej pa so manjše. Tudi v načinu izraščanja vej so bistvene razlike. Veje pri smreki rastejo v vencih okrog debla. V vencu je navadno večje število vej (od 3 do 6), odvisno od debeline drevesa na mestu venca. Pri bukvi so veje slučajnostno razporejene in ni pravila o razporeditvi vej. Običajno iz debla raste debelejša veja, ki se nato večkrat razdvoji in razdeli v večje število manjših vej. V primeru dvo ali več vrhatosti smo prerez beležili kot prerez sortimenta in veje kot prerez veje na deblu drevesa.

Preglednica 5: Prikaz števila vej po debelinskih razredih in drevesnih vrstah

Debelinski razred	Število vej		
	Smreka	Bukev	Skupaj
1	722	148	870
2	1175	135	1310
3	1428	191	1619
Skupaj	3325	474	3799



Slika 15: Površina prerezov po debelinskih razredih

Iz slike 15 je razvidno, da je pri bukvi površina prerezov vedno višja kot pri smreki. Razlog so debelejšje veje, katerim s premerom površina hitro narašča. Posledica večje površine prerezov pri bukvi je pogosto tudi dvo ali več vrhatost, ki je pri bukvi pogostejša. Razvidno je, da je razlika z debelino oz. prsnim premerom narašča in je različna. V prvem (najtanjšem) debelinskem razredu je razlika v površini prerezov 14,4 % v prid bukve. V drugem debelinskem razredu je razlika manjša za približno 10 %. Razlika pa spet naraste v tretjem debelinskem razredu za skoraj dvakratno vrednost, 19,3 %. Tudi v tem razredu je pri bukvi vrednost večja. Razlika v površinah prerezov med drevesi v istem debelinskem razredu je tudi več kot 100 %. Največja razlika po površini prerezov znotraj iste vrste je bila v srednjem debelinskem razredu pri smreki, in sicer za 150 %.

4.6 ČASOVNA ŠTUDIJA

Nekaj vrednosti pri porabi goriva in maziva znotraj vzorca dreves je bilo manj pričakovanih in na prvi pogled nepojasnenih – zato smo dodatne informacije in pojasnitve skušali poiskati tudi s časovno študijo. Pri metodi dela smo postavili predpostavko, da je

poraba goriva in maziva odvisna od površine prereзов posameznega drevesa. Pri nekaterih analiziranih drevesih predpostavka ni veljala, zato smo se odločili za dodatno analizo.



Slika 16: Motorna žaga pri polnem plinu. (Foto: Nejc Gorišek)



Slika 17: Prosti tek med prehodom do naslednje veje. (Foto: Nejc Gorišek)

4.6.1 Časovna analiza pri smreki

Pri smreki je obratovalni čas za drevo s povprečnim volumnom ($1,05 \text{ m}^3$) znašal 12 minut in 12 sekund. Za 1 m^3 to pomeni 11 minut in 36 sekund. Vrednosti obratovalnega časa glede na volumen posekane smreke prikazujemo z eksponentno funkcijo potrebna količina obratovalnega časa je pri najdebelejših drevesih na enoto proizvoda najmanjša. V tretjem debelinskem razredu krivulja strmo naraste (slika 18), kar pomeni, da je poraba časa na enoto proizvoda manjša, kot v prvem debelinskem razredu.

Pri smreki večji del obratovalnega časa predstavlja efektivni čas, saj je pri tej drevesni vrsti večje število vencev in vej. Pri kleščanju zato bolj pogosto pritiskamo ročico za plin, v sekundi lahko tudi več kot dvakrat. Najpogosteje uporabljamo skandinavsko tehniko kleščanja vej.

Za 1 m^3 sortimenta smo porabili 8 minut in 2 sekundi efektivnega časa, kar znaša približno 69 % obratovalnega časa. Prosti tek, ki predstavlja preostali del časa, je trajal le 3 minute in 34 sekund oziroma 31 % obratovalnega časa.

Preglednica 6: Poraba časa po debelinskih razredih - smreka

Dr. vrsta	Debelinski razred		
Smreka	1 ($\cong 20 \text{ cm}$)	2 ($\cong 30 \text{ cm}$)	3 ($\cong 40 \text{ cm}$)
Prosti tek (min/m^3)	0:09:10	0:04:10	0:02:22
Efektivni čas (min/ m^3)	0:16:48	0:08:31	0:06:17
Obratovalni čas (min/m^3)	0:25:58	0:12:41	0:08:39

V preglednici 6 so predstavljeni časi, ki so bili potrebni za izdelavo 1 m^3 sortimenta pri smreki. Vse časovne vrednosti so podane v minutah. Ugotovitve so pričakovane - najmanj časa na enoto proizvoda porabimo pri najdebelejšem tretjem debelinskem razredu in največ pri najtanjših sortimentih. V nekaterih primerih je razlika tudi več kot trikratna.

4.6.2 Časovna analiza pri bukvi

Dendrologija razvršča bukev v povsem drugo taksonomsko razporeditev razvoja drevesnih vrst kot smreko. Pri tej drevesni vrsti je njihovo število vej zelo različno. V naši raziskavi je imela bukev v prvem debelinskem razredu večje število vej kakor bukev v tretjem. Te značilnosti pri smreki nismo zaznali.

Pri bukvi smo na enoto proizvoda 1 m^3 za posek in izdelavo porabili v povprečju 8 minut in 22 sekund obratovalnega časa. Razmerje obratovalnega in efektivnega časa je pri bukvi nekoliko drugačno, kot pri smreki. Za 1 m^3 lesa smo potrebovali 5 minut in 11 sekund efektivnega časa, njegov delež v poizkusu znaša 61 %. Prosti tek je v povprečju trajal 3 minute in 11 sekund, njegov delež pa je v povprečju znašal 39 %.

Preglednica 7: Poraba časa po debelinskih razredih - bukev

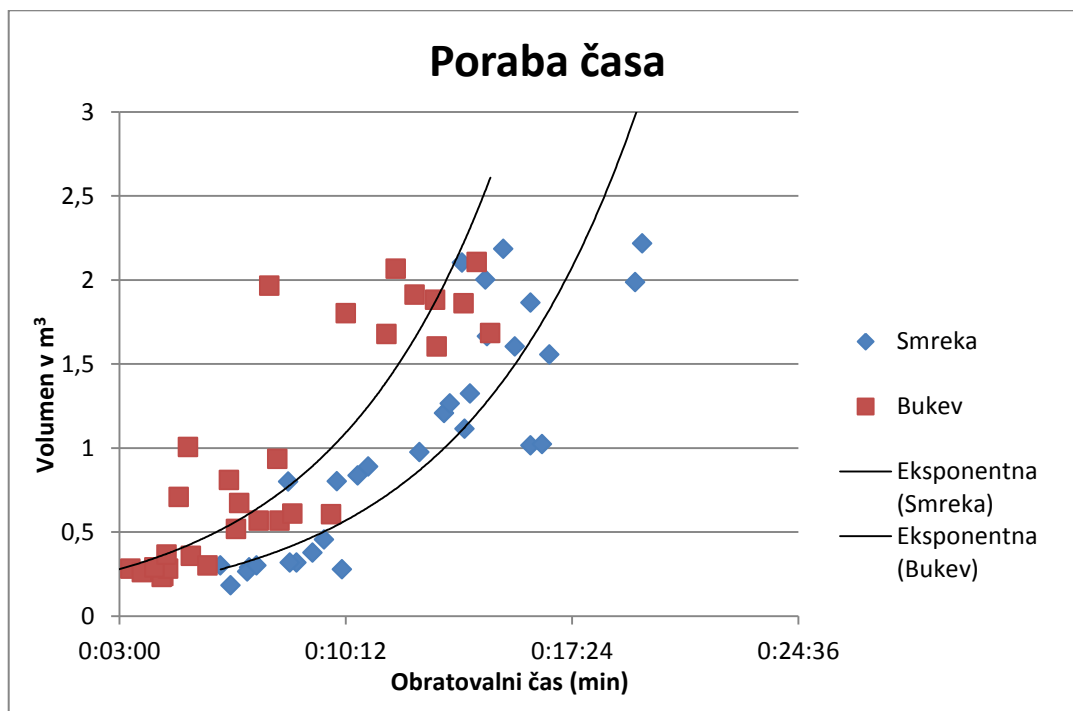
Dr. vrsta	Debelinski razred		
Bukev	1 ($\cong 20$)	2 ($\cong 20$)	3 ($\cong 20$)
Prosti tek (min/m^3)	0:06:35	0:04:01	0:02:21
Efektivni čas (min/m^3)	0:08:29	0:06:15	0:04:16
Obratovalni čas (min/m^3)	0:15:03	0:10:16	0:06:37

V preglednici 7 so predstavljeni časi, ki so bili potrebni za sečnjo in izdelavo 1 m^3 lesa bukve. Vse časovne vrednosti so podane v minutah. Pri sečnji in izdelavi debelega drevja porabimo na 1 m^3 izdelanega lesa razmeroma manj časa, kot pri sečnji in izdelavi tanjšega drevja.

4.6.3 Primerjava časovne analize obeh drevesnih vrst

Pri analizi časov smo rezultate primerjali na podlagi osnove enote izdelanega lesa, torej 1 m^3 . To je enota, ki se tudi največkrat uporablja v različnih primerjavah in ugotavljanju učinkovitosti pri gozdnem delu.

V analizi smo ugotovili, da je pri pridobivanju sortimentov poraba časa glede na drevesno vrsto različna. Pri celotni izvedbi pridobivanja in izdelave gozdnih lesnih sortimentov porabimo pri bukvi 28 % manj časa. To hkrati v tem primeru pomeni tudi večjo delovno zmogljivost sekača in manjše proizvodne stroške.



Slika 18: Poraba časa glede na volumen drevesa

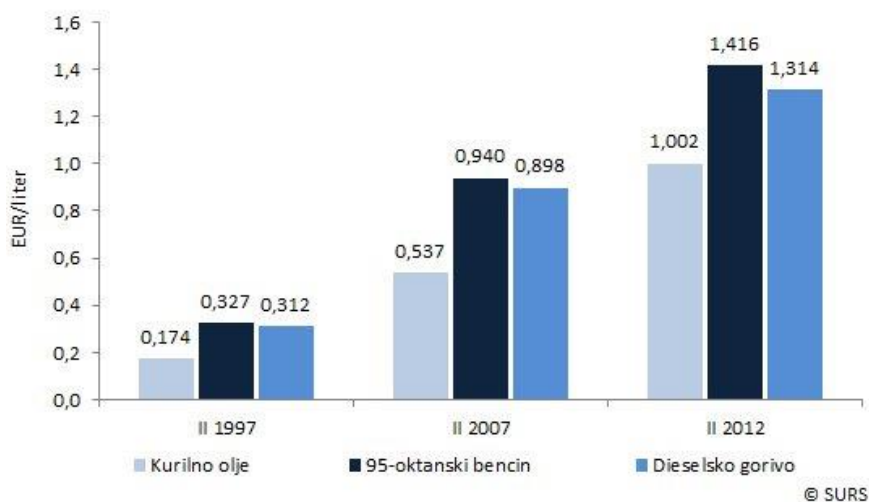
Slika 18 nam prikazuje porabo obratovalnega časa glede na volumen analiziranih dreves. Obe krivulji imata eksponentno obliko poraba časa je odvisna od količine opravljenega dela. Trditev velja za obe drevesni vrsti. Pri smreki je poraba časa na 1 m³ večja. Dejavniki, ki vpliva na večjo porabo časa je število vej, kljub manjši površini prereзов. Pri bukvi je površina prereзов večja poraba časa pa manjša. Pri smreki je poraba časa večja kot pri bukvi.

Poraba goriva je največja, ko je motorna žaga v polnem plinu. Pri smreki je v celotnem obratovanju motorke kar 69 % takšnega dela to pojasnjuje večjo porabo goriva in maziva. Pri smreki je poraba maziva večja za 19 % predvsem zaradi števila vej.

4.7 KALKULACIJA STROŠKOV PRI MOTORNI ŽAGI

Kalkulacija stroškov pri motorni žagi zajema osem glavnih členov kalkulacije (gorivo in mazivo, nadomestni deli, amortizacija, popravila in vzdrževanje, obresti, zavarovanje, stroški delavca in splošni stroški) (Krč, 2006).

V tej kalkulaciji se osredotočamo predvsem na ceno goriva – torej kaj ta vrednost in spremembe cen na trgu goriv ob sami porabi pomenita v končni kalkulaciji dela z motorno žago. Sama poraba goriva pri sečnji v primerjavi z drugimi fazami v gozdni proizvodnji ne predstavlja večjih količin – pa kljub temu predstavlja pomemben stroškovni del v kalkulaciji stroškov pri sečnji. Poraba goriva je strošek, katerega obravnavamo v kalkulaciji. Gorivo in mazivo kot prva postavka v kalkulaciji zajema določen odstotek, kateri ključno vpliva na lastno ceno v kalkulaciji stroškov pri motorni žagi in ceno del v gozdarski proizvodnji. Cene goriva se konstantno spreminjajo in večinoma naraščajo (slika 19).



Slika 19: Cene goriv od leta 1997- 2012 (Surs, 2013)

Izračunali smo kalkulacijo stroškov za delo z motorno žago z 95-oktanskim bencinom in pri tem upoštevali ceno iz leta 2012.

V kalkulaciji smo upoštevali porabo na delovno oziroma obratovalno uro (ou). Obratovalno uro smo enačili z izmerjenim obratovalnim časom. Pri izračunu smo upoštevali povprečje pri porabi goriva in maziva pri smreki in bukvi, rezultati znašajo 1,02 l goriva/ou oz. mešanice in 0,44 l maziva/ou.

Cena olja za mešanico je znašala 14,6 EUR/l. Iz enega litra olja v primeru, da izdelamo 2% mešanico, namešamo 50 litrov mešanice. Cena olja za 1 liter mešanice je tako znašala 0,292 EUR.

Cene vhodnih surovin (gorivo, olje za mešanico in olje za mazanje verige), ceno motorne žage in rezervnih delov smo pridobili v za to specializiranih prodajalnah. V kalkulaciji smo pri gorivu dodali tudi ceno olja za mešanico *Husqvarna XP*. Cena goriva je tako znašala 1,708 €/l oziroma 1,75 €/ou v letu 2012.

4.7.1 Kalkulacije stroškov z motorno žago STIHL MS 361 (bencin leta 2012)

Preglednica 8: Kalkulacije stroškov z motorno žago STIHL MS 361

MOTORNA ŽAGA	STIHL MS 361	95-oktanski bencin leta 2012		
			EUR/l	% LC
1. GORIVO IN MAZIVO				
	Gorivo	1,708 EUR/l	1,022 l/ ou	1,75 8,2
	Mazivo	3,7 EUR/l	0,435 l/ ou	1,61 7,6
		Skupaj	3,36	15,8
2. NADOMESTNI DELI				
	Veriga	17,8 EUR	500 ou	0,04 0,2
	Meč	36 EUR	1000 ou	0,04 0,2
	Gonilno kolo	19,5 EUR	400 ou	0,05 0,2
		Skupaj	0,12	0,6
3. AMORTIZACIJA				
	Nabavna vrednost	860 EUR	1800 ou	0,48 2,3
		Skupaj	0,48	2,2
4. POPRAVILA IN VZDRŽEVANJE				
	100 (%)*A		0,48	2,2
		Skupaj	0,48	2,2
5. OBRESTI				
	3 (%)	Trajanje 3 leta	0,01	0,1
		Skupaj	0,01	0,1
6. ZAVAROVANJE				
	15*A*t		0,22	1,0
		Skupaj	0,22	1,0
1-6 NEPOSREDNI MATERIALNI STROŠKI / OBR. URO			4,66	21,9
7. STROŠKI DELAVCA				
	BPL delavec	4 EUR K1=2,43	9,72	45,8
		Skupaj	9,72	45,8
1-7 PRIMERJALNA CENA			14,38	67,8
		Skupaj	14,38	67,8
8. SPLOŠNI STROŠKI				
	BPL * K2	K2=1,71	6,84	32,2
		Skupaj	6,84	32,0
1-8 LASTNA CENA		Skupaj	21,22	100

Pri kalkulaciji smo vrednosti bencina dodali tudi strošek oziroma ceno olja za dvotaktne motorje. Leta 2012 je bilo gorivo občutno dražje kot pretekla leta. Sklepamo, da s konstantno dražitvijo goriva, se je odstotek lastne cene skozi leta višal in je leta 2012 znašal 8,2 %. Gorivo se je v 15-ih letih podražilo za 333 %,

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

Raziskavo in meritve smo izvedli na dveh objektih. V prvem smo izvedli sečnjo smreke, v drugem pa bukve. Skupaj smo analizirali 60 dreves, 30 dreves smreke in 30 dreves bukve. V izbrali smo tri debelinske razrede dreves, merjeno v prsni višini premer $\cong 20$ cm, ki predstavlja redčenje drogovnjaka (volumen od 0,2 do 0,3 m³), premer $\cong 30$ cm, ki predstavlja povprečno prostornino posekanih dreves v Sloveniji (volumen od 0,7 do 0,9 m³) in premer $\cong 40$ cm, ki predstavlja sečnjo debelega drevesa z volumnom približno 2,0 m³.

Izvedli smo sečnjo, kjer smo za vsako drevo posebej odčitali porabo goriva in maziva, izračunali površino, ki jo je sekač med delom prerezal, prešteli smo veje in določili premer posameznih sortimentov in posameznih prerezov debla. Pri vsakem drevesu smo postopke sečnje posneli tudi s kamero. S pomočjo posnetkov smo naredili časovno študijo, kjer smo obratovalni čas obravnavali ločeno kot efektivni čas in prosti tek.

S pridobljenimi rezultati smo preverjali hipoteze, ki smo si jih postavili v začetku naloge. Rezultati kažejo, da sečnja smreke v povprečju traja dlje kot sečnja bukve in sicer traja 11 minut in 36 sekund za 1 m³. Posledično motorna žaga porabi tudi več goriva in maziva. 197,18 ml mešanice in 92,57 ml maziva za 1 m³ sortimenta smreke. Pri sečnji bukve, ki traja manj časa - le; 8 minut in 22 sekund za 1 m³, porabimo manjšo količino goriva (146,12 ml) in maziva (54,62 ml) za 1 m³ sortimenta bukve.

Potrdili smo hipotezo, da je poraba goriva in maziva pri bukvi manjša kot pri smreki. Trditev drži kljub dejstvu, da je les bukve trši in bi zato pričakovali večjo porabo časa in s tem tudi goriva in maziva

Ugotovili pa smo tudi, da je površina prerezov pri bukvi večja kot pri smreki kljub manjšemu številu vej. Povprečno število vej, tako suhih kot zelenih, je pri bukvi samo 15,8, pri smreki pa 110,8. Če poznamo dendrološke značilnosti dreves, vemo, da veje smreke rastejo v kolobarjih, zato ima smreka večje število vej. Površina prereza pri bukvi je večja, ker imamo v tem primeru veje z večjimi premeri. Ugotovili smo, da je poraba goriva odvisna od površine prerezov, vendar to velja znotraj iste drevesne vrste. Bukev ima

manjšo porabo kot smreka. Potrdili pa smo hipotezo, ki je trdila, da je poraba odvisna od števila vej. To pomeni, da hipoteza drži pri primerjavi drevesnih vrst bukve in smreke, saj ima bukev manjše število vej in kljub večji površini prerezov posledično manjšo porabo.

Dejavnikov, ki vplivajo na porabo goriva, je veliko. Najbolj pomembni so: delovne razmere, relief, struktura, drevesna vrsta, nastavitev in tip motorne žage, redno vzdrževanje motorne žage, nabrušena veriga, sposobnost in motiviranost delavca... Vsi ti dejavniki poleg debeline in vejnatosti dreves tudi bistveno vplivajo na porabo. Ugotovili smo, da je pomemben dejavnik obratovalni čas, ki je potreben za sečnjo in obdelavo. Čas, ki smo ga merili za vsako drevo posebej, je bil z vidika podatkov in izračunov ključen za porabo goriva in maziva. Vrednosti v porabi goriva in maziva so bile večkrat drugačne kot smo jih pričakovali zgolj glede na debelino drevesa – pri tem je bistven delež efektivnega časa. Ta je tisti, ki odločilno vpliva na porabo goriva in maziva. Zanimivo je tudi različno razmerje med gorivom in mazivom to še posebej velja za smreko. Ključna je debelina in število suhih vej, saj pri smrekah s tankimi in suhimi vejami ni potrebno za vsako vejo posebej dodajati plin, saj lahko uporabljamo nihajno tehniko klešččenja. V takih razmerah dodajamo plin redkeje oziroma zgolj zato, da je veriga v teku. S pravilno in redno nabrušeno verigo motorne žage odrezujemo takšne veje brez težav. Torej pri takšni tehniki privarčujemo z gorivom, medtem ko je količina porabljenega maziva v razmerju z gorivom večja, mazivo se namreč uporablja samo ob premikanju verige po utoru letve.

Pri debelejših drevesih opravimo večjo količino dela, zato je poraba na drevo večja kakor pri tanjših drevesih. Vendar je poraba na enoto proizvoda (m^3) večja pri tanjših drevesih, saj opravimo majhno količino dela, hkrati pa pridobimo tudi majhno količino lesa oziroma surovine. Razlike med debelinskimi razredi so dokaj velike, saj je bila v nekaterih primerih razlika v porabi goriva tudi več kot 100 % na m^3 . To je tudi eden tipičnih primerov zakona o kosovnem volumnu.

V raziskavi in izračunih smo pridobili podatke o različnih elementih na drevesu in o porabi. Tako lahko trdimo, da so ključni dejavniki, ki vplivajo na porabo goriva in maziva sledeči: drevesna vrsta, volumen dreves, trajanje efektivnega časa in prostega teka (obratovalni čas), ter število vej in površina prerezov (oba znotraj iste drevesne vrste).

Potrebno je dodati tudi pomen sekača. Kot že omenjeno je delo v gozdu zahtevno in nevarno. Znano je, da v podrtem drevesu nastopajo različne sile, zato pogosto pride do stiskanja letve. Pojav je zlasti pogost pri prežagovanju drevesa na sortimente in pri kleščenju vej. Na posnetkih s kamero so vidni različni ukrepi, s katerimi preprečujemo tovrstne stiske letve (večje število manjših prerezov, končne prereze npr. opravljamo s konico letve zaradi lažjega reševanja motorne žage in letve v primeru stiska pri prežagovanju). Skratka, kakršna koli motnja oziroma zastoj (pri obratujoči motorni žagi) vpliva na porabo goriva. V praksi večino takšnih zastojev rešujemo z obratujočo motorno žago, saj sekači ne vidijo smisla, da bi jo izključili za tako kratek čas.

6 POVZETEK

V Sloveniji je zaradi različnih terenskih razmer in pogojev dela še vedno najbolj pogost ročno-strojni način sečnje dreves z motorno žago.

V raziskavi smo se dela lotili profesionalno z uporabo potrebnih pripomočkov in motorne žage, katero vsakodnevno uporabljajo sekači. Sečnjo dreves smo opravljali strokovno in profesionalno z usmerjenim podiranjem dreves ter varnim umikom.

Raziskavo smo opravili na dveh objektih v državnih gozdovih na območju občine Ribnica. Z gozdom gospodari koncesionar podjetje gozdarstvo Grča d.d.. V objektih smo opravljali sečnjo, analizirali in pridobivali podatke o porabi goriva in maziva pri motorni žagi ter o vplivih, ki posredno ali neposredno vplivajo nanjo.

Oblika dela pri podjetju gozdarstvo Grča d.d. je skupinska, kar pomeni, da delavci hkrati opravljajo sečnjo in spravilo lesa. V našem primeru so spravilo opravili po opravljeni sečnji, kljub temu pa smo sečnjo dreves prilagodili tako, kot če bi hkrati izvajali tudi spravilo. Delo smo oblikovali tako, da smo deblo dreves krojili (označevali mesta prereзов) in prerezali po metodi mnogokratnikov. V nekaterih slučajih pa je bilo potrebno sortimente prerezati na končno dolžino zaradi različnih dejavnikov, ki vplivajo na potek dela. Razlog je lahko smer spravila, poškodbe na drevju zaradi privlačevanja sortimenta. Na končno dolžino smo sortiment skrajšali tudi zato, ker drevesa ni bilo mogoče več klestiti, saj je bil v zraku. Tako smo delo lažje in varnejše opravili. Na ta način se je zmanjšalo zatikanje tovara in lupljenje dreves pri privlačevanju.

Izmerjena poraba goriva motorne žage pri smreki je znašala $197,18 \text{ ml/m}^3$ in pri bukvi $142,83 \text{ ml/m}^3$. Razmerje v porabi je znašalo 1:0,72. Poraba maziva pri smreki je znašala $92,57 \text{ ml/m}^3$, pri bukvi pa $54,63 \text{ ml/m}^3$. Razmerje v porabi maziva je bilo 1:0,59, tudi tukaj je bila poraba pri bukvi manjša.

Povprečno drevo smreke je v raziskavi imelo volumen $1,05 \text{ m}^3$ in površino prereзов $2983,70 \text{ cm}^2$. Povprečno drevo bukve pa volumen $0,95 \text{ m}^3$, povprečna površina prereзов pa $3434,57 \text{ cm}^2$. Površina prereзов, katero je sekač opravil pri sečnji in obdelavi, je bila večja pri bukvi, povprečno 15 % na posamezno drevo.

Časovno študijo smo opravili v kabinetu, vir podatkov za časovno študijo so bili video posnetki sečnje, ki smo jo posneli na terenu. V časovni študiji smo se osredotočili zgolj na obratovalni čas. Ločili smo ga na efektivni čas in prosti tek. Iz podatkov smo ugotovili, da je poraba časa najbolj zanesljiv podatek, ki nam pojasni porabo goriva. Povprečen obratovalni čas pri smreki je znašal 11 minut in 36 sekund za m³ izdelanega lesa. Pri smreki je znašal efektivni čas 69 % obratovalnega časa, preostanek je predstavljal prosti tek. Poraba časa za drevo je pri bukvi znašal 8 minut in 22 sekund na m³. Efektivni čas je trajal 61 % in prosti tek 39 %.

Cene goriva se spreminjajo, obenem pa nas je zanimal tudi delež, ki ga v stroških dela predstavljata gorivo in mazivo. Naredili smo kalkulacijo stroškov pri motorni žagi za leto 2012. Cena 95-oktanskega bencina je leta 2012 znašala 1,416 €/l. Opravili smo kalkulacijo stroškov in ugotovili, da lastna cena pri kalkulaciji stroškov z motorno žago STIHL 361 leta 2012 znašala 21,22 €/ou. Cena goriva pri kalkulaciji stroškov z motorno žago STIHL 361 tako znaša 8,2 % stroškov lastne cene v letu 2012.

7 VIRI

Bizjak P. 2007. Razvoj verižnih motornih žag in njihove tehnične izboljšave: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Spodnja Idrija, samozal.: 88. str.

Bojanin S., Krpan A., Beber J. 1990. Utrošak goriva i maziva lančane pile Stihl 056 kod obaranja stabala i izrade sortimenata tehničke oblovine i jednometarskog prostornog drveta u zrelih sastojinama hrasta lužnjaka. Šumarski list, 6-8: 59-68.

Ganić E. 2008. Energetski bilans u fazi sječe i izrade drveta u preduzeću Šummex d.o.o. Sarajevo. Vareš. Završni rad. Šumarski fakultet.

Gozdno gospodarski načrt GGE Grčarice 2004-2014. 2006a. Kočevje. Gozdno gospodarstvo Kočevje. (oddelek 3)

Gozdno gospodarski načrt GGE Grčarice 2004-2014. 2006b. Kočevje. Gozdno gospodarstvo Kočevje. (oddelek 24).

Halilović V., Gurda S., Sokolović D., Musić J., Bajrić M., Ganić E. 2012. Potrošnja goriva i maziva u fazi sječe i izrade drveta na području P.J. Šumarija Vareš, odjel 37. (Univerza u Sarajevu). Dela fakultete za gozdarstvo, 2: 31-43.

Husqvarna chainsaw.

<http://www.husqvarna.com/us/construction/innovations/x-torq/> (31. 1. 2013)

Igričić V. 1983a. Ocjena potrošnje goriva za pogon strojeva u iskorišćanju šuma šumarstva Hrvatske u 1983. Godini. V: Zbornik radova savjetovanja. Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi. Savetovanje šumara Hrvatske. Opatija: 497-504

Krč J. 2006. Organizacija gozdarskih del, vaje, univerzitetni študij, študijsko gradivo. BF. Odd. za gozdarstvo in obnovljive vire. 38. str.

Martinić I., Vondra V. 1989. Elementi planiranja i njihovo ostvarjenje pri sječi i izradi drva. Mehanizacija šumarstva, 1-2: 11-18

Medved M., Košir B. 1995. Varno delo pri sečnji. (Zbirka Gozdarski nasveti, 2). Ljubljana. Narodna in univerzitetna knjižnica: 80 str.

Medved M. 1997. Normativi gozdarskih del. Ljubljana. Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko: 40. str.

Rebula E. 1985. Gorivo in mazivo pri sečnji in izdelavi gozdnih sortimentov. Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Biotehniška Fakulteta, VTOZD za gozdarstvo: 45 str.

Rebula E. 1985. Potrošnja goriva i maziva pri sječi i izradi drva. Mehanizacija šumarstva, 5-6: 67-69.

Sever S., Horvat D., Golja V., Ristović S. 1989. Neki rezultati istraživanja potrošnje goriva na radovima proreda sastojina. Mehanizacija Šumarstva, 3/4: 49-54.

Stihl MS 362,

<http://www.stihlusa.com/products/chain-saws/professional-saws/ms362/> (31. 1. 2013)

Stihl MS 361,

<http://www.kmetijskatrgovina.com/stihl-ms361.html> (31. 1. 2013)

Stihl Oilomatic.

<http://www.stihlusa.com/products/technology/stihl-oilomatic/>(31.1. 2013)

Statistični urad Republike Slovenije.

<http://www.stat.si/> (27. 2. 2013)

Zavod za gozdove Slovenije.

<http://www.zgs.si/> (31. 1. 2013)

ZAHVALA

Za usmerjanje, svetovanje in za koristne pripombe se pri izdelavi diplomske naloge zahvaljujem mentorju doc. dr. Juriju Marenčetu.

Za recenzijo se zahvaljujem prof. dr. Janezu Krču.

Pri obdelavi in analizi podatkov se za usmerjanje zahvaljujem asistentu dr. Antonu Pojetu.

Zahvaljujem se zaposlenim na Zavodu za gozdove, območni enoti Kočevje Branku Kruliču in Mirotu Rusu za posredovane podatke in nasvete glede diplomske naloge.

Posebna zahvala gre dipl. ing. Slavku Ponikvarju zaposlenemu v podjetju Grča d. d., ki nam je omogočil analizo podatkov na objektih v katerih je potekala raziskava.

Iskrena zahvala gre mojim staršem in dekletu, ki so mi omogočili študij in vseskozi dajali elan za pisanje diplomske naloge.

Najlepša hvala vsem!

PRILOGE

Snemalni list:

- Snemalni list za zajem podatkov o podrtem gozdnem drevju,
- Snemalni list za delo z motorno žago.

SNEMALNI LIST PODATKOV O PODRTEM GOZNEM DREVJU (količina opravljenih del)

Revir, odd., odsek _____
 Datum _____
 Snemalec, delavec Nejc Gorišek, Urban Štupica

Rastlinska združba _____

Zaporedna številka drevesa	DV	Premer panja	Prsni Premer	Zaporedna št. sortimenta	Premer sortimenta	Premer prereza	Dolžina (m)	Volumen (m3)	Veje drevesa		
									Suhe	Zelene	Premier

List št. _____

SNEMALNI LIST DELA Z MOTORNO ŽAGO (poraba maziva in goriva)

Revir, odd.,
odsek

Datum

Snemalec, delavec	Nejc Gorišek, Urban Štupica
----------------------	-----------------------------

Gozdna
združba

[illegible]

