

**ŠUMARSKI FAKULTET
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**



Znanstveno-istraživački projekt (studija):

**ŠUMSKA ŽIČARA – Okolišno povoljna tehnika i
tehnologija pridobivanja drva iz privatnih šuma
na području grada Zagreba
– ZAVRŠNO IZVJEŠĆE –**



**Voditelj projekta:
Suradnici:**

Izv. prof. dr. sc. Dubravko Horvat
Prof. dr. sc. Ante Krpan,
doc. dr. sc. Tibor Pentek,
doc. dr. sc. Milan Oršanić,
doc. dr. sc. Drago Pičman,
Dr. sc. Tomislav Poršinsky,
Dr. sc. Marijan Šušnjar,
Igor Stankić. dipl. inž.,
Hrvoje Nevečerel, dipl. inž.,
Damir Drvodelić, dipl. inž.,

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. ŠUMSKA ŽIČARA - OKOLIŠNO POVOLJNA TEHNIKA/TEHNOLOGIJA PRIDOBIVANJA DRVA	3
2.1 Gaženja i zbijanja tla	5
2.2 Fizičko oštećivanja dubelih stabala i korijenja	11
2.3 Naknadna erozija tla	14
2.4 Posredno i neposredno štetno djelovanja na vodotoke, onečišćenje tla i zraka te okoliša bukom	16
3. RAZREDBA TERENA ZA RAD ŠUMSKE ŽIČARE	21
4. RAZREDBA ŠUMSKIH ŽIČNIH SUSTAVA	26
4.1 Šumska vitla.....	31
4.2 Šumske vučnice.....	31
4.3 Šumske žičare	32
4.4 Današnje šumske žičare.....	38
5. RAŠČLAMBA SASTOJINSKIH PARAMETARA	40
6. RAŠČLAMBA PROMETNE INFRASTRUKTURE.....	49
6.1. Prikupljanje postojećih kartografskih podataka, obrada i prilagođavanje projektnom zadatku	49
6.2. Formiranje računalne baze podataka istraživanog područja	49
6.3. Dizajniranje GIS-a istraživanog područja	49
6.4. Uspostava katastra primarne šumske prometne infrastrukture.....	62
6.5. Otvorenost šumskog područja šumskim prometnicama	64
6.6. Srednja udaljenost privlačenja	67
6.7. Raščlamba primarne relativne otvorenosti	77
6.8. Pogodnost postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture za uvođenje tehnologije pridobivanja drva šumskim žičarama	87
7. RAŠČLAMBA PROIZVODNOSTI ŠUMSKIH ŽIČARA	89
7.1 Stupna kamionska žičara Steyr KSK 16.....	93
7.2 Laka gravitacijska vučena žičara Mini URUS 400-0.9	98
7.3 Stupna kamionska žičara s dizalicom i hvatalom ili procesorom....	100
7.4 Usporedba djelotvornosti iznošenja drva s vučom i izvoženjem drva	105
8. PRELIMINARNI IZBOR VRSTE ŠUMSKE ŽIČARE	108
9. PREGLED POGODNIH MODELA ŠUMSKIH ŽIČARA NA TRŽIŠTU	109
10. ZAKLJUČCI	139
11. LITERATURA	141

1. UVOD

Na temelju ugovora između Gradskoga ureda za poljoprivredu i šumarstvo Grada Zagreba i Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu br. 4-34/05 od svibnja 2005., a prema ponudi za izradu znanstveno-istraživačkog projekta (studije) "ŠUMSKA ŽIČARA – Okolišno povoljna tehnika i tehnologija pridobivanja drva iz privatnih šuma na području grada Zagreba" Šumarskog fakulteta od listopada 2004., u svibnju 2005. započele su aktivnosti na projektu čija je temeljna teza da je:

"Šumska žičara zadovoljavajuća tehnika/tehnologija pridobivanja drva u (privatnim) šumama na području grada Zagreba, posebno na Medvednici, jer je okolišno (ekološki i estetski) povoljnija od klasičnoga načina privlačenja šumskim traktorima. Uz dobru organizaciju rada, optimizaciju primarne mreže šumskih prometnica, optimalnu sječu i izradu te izbor povoljne inačice stroja, dovoljno je i ekonomična."

Pod okolišno povoljnom tehnikom i tehnologijom podrazumjevaju se postupci i strojevi za sječu i izradu te transport drva nakon kojih su štete u sastojini (na tlu i dubećim stablima) kao i estetski izgled šumskoga radilišta u tijeku i nakon radova zadovoljavajući. Pri tome treba uzeti u obzir i smanjenje zagađenja tla tekućinama (gorivo, mazivo i hidrauličko ulje), zraka ispušnim plinovima i okoliša bukom.

Prednosti su rada žičarom što se tlo ne gazi, pogodne su za rad na slabonosivim tlima i strmim padinama, rad žičarom ima ekološke i estetske prednosti, a pri uporabi srednjih i dugih žičara potrebna je manja gustoća šumskih cesta. U odnosu na šumski traktor smanjuje se zbijanje tla, izostaju kolotrazi s oštećivanjem korijenskoga sustava kao i štete na preostalim stablima, te u uporedbi s drugim sredstvima mehaničke vuče - vozilima, žičare troše manje energije. Kod žičara manja je opasnost od zagađenja tla tekućinama jer je pogonski sklop smješten na šumskoj prometnici zbog čega je i prostorno zagađenje okoliša bukom manje. Usljed manje jedinične potrošnje goriva manje je i zagađenje zraka ispušnim plinovima. Nedostatci su manja proizvodnost u odnosu na "klasičnu" metodu privlačenja šumskim vozilima (skiderima, forvarderima i prilagođenim poljoprivrednim traktorima) te viši troškovi rada.

Izrada se studije odvijala u slijedećim fazama:

- proučavanje relevantne znanstvene i stručne literature,
- procjene sastojinskih parametara (vrsta i starost sastojina, drvena zaliha, mogući intenzitet sječe, sanitarna sječa itd.),

- izrade GIS-a istraživanog područja (modela istraživanog područja) kao podloge za donošenje pravovremenih i pravovaljanih odluka u svezi optimalnog otvaranja šuma i planiranja tehnoloških operacija
- izrade DTM-a (digitalnog terenskog modela) i 3D prikaza terena na temelju slojničkih zemljovida poradi boljeg (plastičnijeg) prikaza terena i simulacije optimalnog prostornog rasporeda šumskih cesta,
- uspostave katastra postojeće primarne šumske prometne infrastrukture (šumske i javne ceste koje se mogu koristiti pri radovima u šumarstvu) primjenom suvremenih tehnologija (prikupljanje terenskih podataka GPS uređajem, obrada prikupljenih podataka i ucrtavanje na digitalne zemljovide),
- raščlambe relativne otvorenosti za odabranu tehnologiju pridobivanja drva žičarama (definiranje otvorenih i neotvorenih područja),
- definiranja organizacije i načina rada (usporedne, lepezaste linije) žičare,
- analize količine privlačenja uzbrdo/nizbrdo/ravno te
- morfološke raščlambe familija postojećih žičara s tehničkim pokazateljima,

s definiranjem potrebnih tehničkih značajki žičare (žičara) uz pregled pogodnih tipova koji se trenutno nalaze na tržištu u svrhu nabave jedne (ili više) šumske žičare.

Prema ciljevima, u razdoblju prve faze rada na projektu, ostvarene se aktivnosti, u principu, mogu razvrstati u četiri grupe:

1. Pručavanje znanstvene i stručne literature u svrhu dobivanja spoznaja o temeljnim principima gradnje šumskih žičara kao i o bitnim utjecajnim čimbenicima njihove proizvodnosti, estetske i ekološke pogodnosti.
2. Raščlamba sastojinskih parametara (vrsta i starost sastojina, drvena zaliha, mogući intenzitet sječe, sanitarna sječa itd.) potrebnih za definiranje duljinskog i masenog kapaciteta šumske žičare kao i organizacije i načina rada.
3. Prikupljanje kartografskih podataka, njihova obrada uz formiranja računalne baze podataka istraživanoga područja te uspostava katastra primarne šumske prometne infrastrukture.
4. Pregled pogodnih modela šumskih žičara koje su trenutno na tržištu, uspostava kontakta s proizvođačima te organizacija posjete radilištima u Europi gdje takve žičare rade.

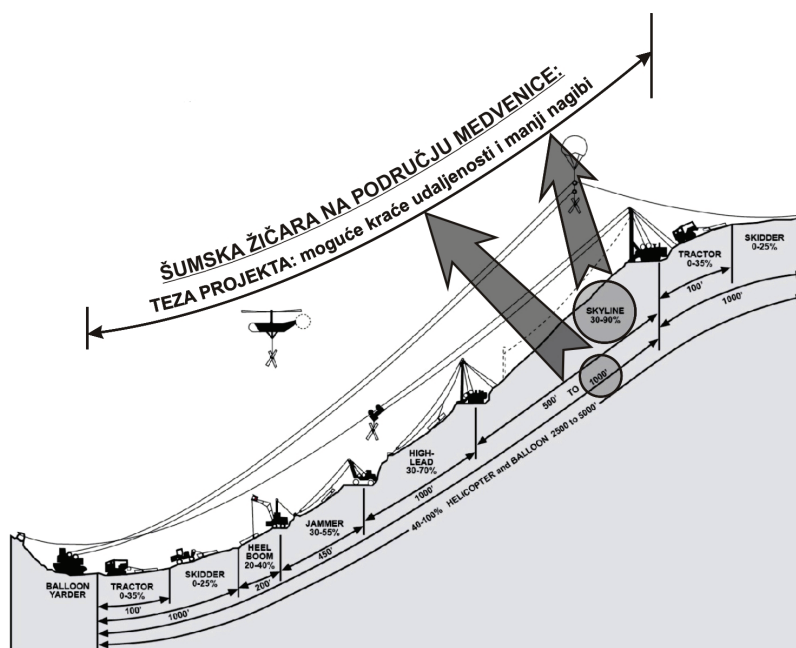
U daljnjoj fazi, obavljene su analize i sinteze te je u slijedećem koraku napisano ovo završno izvješće kao zbroj dostignutih spoznaja iz četiri područja:

1. uzgajanja šuma,
2. pridobivanja drva,
3. šumskih prometnica i
4. mehanizacije šumarstva.

2. ŠUMSKA ŽIČARA - OKOLIŠNO POVOLJNA TEHNIKA/TEHNOLOGIJA PRIDOBIVANJA DRVA

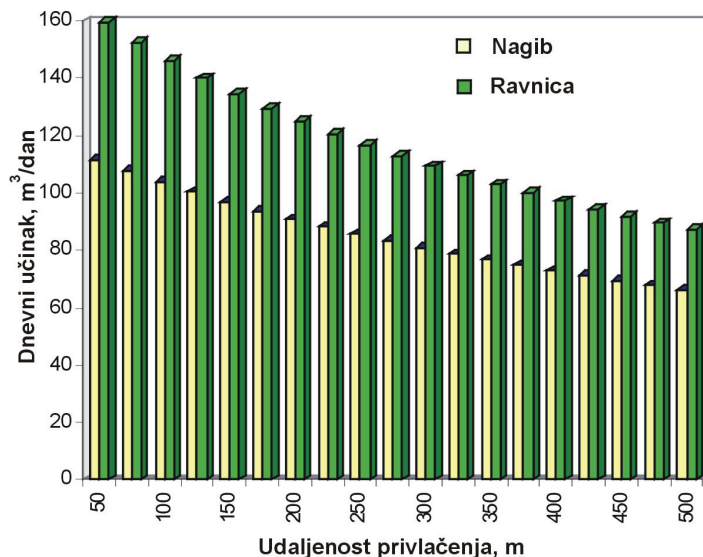
Zbog znatnih nagiba terena, tradicionalno velikoga broja posjetitelja, različitih uzgojnih oblika i stadija, ekološki i estetski posebno osjetljivim dijelom šuma grada Zagreba mogu se smatrati šume na Medvednici s Parkom prirode Medvednica. Prema današnjim spoznajama o zadovoljavajuće primjenjivanim tehnologijama i tehnikama pridobivanja drva u sličnim uvjetima u svijetu moguća je primjena nekoga transporta drva djelomično ili potpuno zrakom. Dok je transport drva balonima još uvijek u eksperimentalnoj fazi, helikopterski se transport zbog izrazite skupoće i bučnosti rabi samo u šumama posebne namjene (npr. zaštitne šume) gdje nema šumskih prometnica. Najčešći je način transporta drva, u uvjetima kakvi su na Medvednici, šumskim žičarama. U pravilu se žičare primjenjuju u ekstremnim terenskim prilikama, kada se drvene šumske proizvode u tehnološkom, ekološkom i estetskom smislu mora iznositi djelomično ili potpuno zrakom. Težinu terena određuje mogućnost kretnosti vozila i ljudi. Najutjecajniji su faktori kretnosti po bespuću površinske prepreke, nosivost tla i nagib terena.

Jedna je od teza projekta bila da se klasična razredba strojeva/tehnologija prema nagibu terena i udaljenosti privlačenja, bazirana temeljno na troškovima i proizvodnosti, koju prema Greulichu prikazuje slika 1, treba u slučaju šuma posebne namjene, kakve su šume Medvednice, modificirati tj. primjenjivost žičara pomaknuti u područje manjih nagiba i kraćih udaljenosti.



Slika 1. Klasična razredba strojeva/tehnologija prema nagibima i udaljenostima privlačenja s tezom projekta

U prilog ovoj tezi je i istraživanje koje je u Hrvatskoj provedeno na kamionskoj žičari sa stupom STEYR KSK 16 (Krpan i Ivanović, 1995), gdje su u nizinskoj sastojini hrasta lužnjaka na slabonosivome tlu ustanovljeni 40 % veći učinci nego u brdu. Isto istraživanje pokazuje znatno povećanje proizvodnosti smanjenjem udaljenosti privlačenja – slika 2.



Slika 2. Ovisnost proizvodnosti šumske žičare Steyr KSK 16 u ovisnosti o nagibu i udaljenosti privlačenja

Treba naglasiti da je u literaturi opisano i smanjivanje proizvodnosti na ravnim terenima koje je zapaženo kada:

1. postoje teškoće sidrenja stupova žičare i dodatnih oslonaca na stablima ako su stabla plitkoga korijenja u slabonosivim tlima,
2. su srednja sastojinska stabla malih dimenzija (kao što je slučaj u sjevernoeuropskim šumama),
3. je brzina pogonjenih praznih kolica manja od brzine njihovog gravitacijskog spuštanja kod privlačenja uzbrdo.

Nadalje, projektom Europske Unije o pridobivanju drva na osjetljivim staništima tzv. ECOWOOD (Tiernan, D., at all., 2002), određena su osjetljiva šumska staništa kao ona u kojima je potrebno preinačiti uobičajene postupke pridobivanja drva da bi se izbjegli štetni utjecaji na ekološke, ekonomske i društvene funkcije šume. Upravo se šume na Medvednici s Parkom prirode Medvednica mogu smatrati ekološki i estetski posebno osjetljivim dijelom šuma grada Zagreba zbog znatnih nagiba terena, tradicionalno velikoga broja posjetitelja, različitih uzgojnih oblika i stadija. Jedna je od zadaća projekta ECOWOOD razvoj Protokola za izbor okolišno povoljne tehnike i tehnologije pridobivanja drva. U jednome se dijelu projekta posebno ističu šumske žičare kao izrazito okolišno prijateljski način transporta drva uz naglasak na njihovom pozitivnom djelovanju na potrajno gospodarenje šumama. Unatoč činjenici da se trenutno u EU, osim u Austriji, tek

oko 3 % drva transportira žičarama te da je njihova proizvodnost manja od klasičnog privlačenja po tlu (generalno: $1 \div 10 \text{ m}^3$ po radnom satu žičare u odnosu na sustave s transportom po tlu s $5 \div 25 \text{ m}^3$ po radnom satu stroja) naglašava se mogućnost da se primjenom žičara u sustavu stroj-tlo minimaliziraju štetni utjecaji na sastojinu, posebno na smanjivanje gaženja i zbijanja tla, fizičko oštećivanje dubećih stabala i korijenja, naknadnu eroziju tla te posredno i neposredno štetno djelovanje na vodotoke.

2.1 Gaženja i zbijanja tla

Gaženje tla je posljedica kretanja šumskih strojeva pri obavljanju bilo koje mehanizirane šumsko-gospodarske djelatnosti. Pri izvođenju mehaniziranog privlačenja drva, gaženje tla posebno dobiva na važnosti jer predstavlja površinu sabijenog tla uslijed prolaska vozila, koja s velikim opterećenjima (tlakovima) na tlo voze, odnosno vuku drvo. Wästerlund (1994), radeći presjek literaturnih navoda, iznosi podatak da se površina gaženja tla kod privlačenja u raznim tehnologijama pridobivanja drva kreće u širokom rasponu od 15 do 30 %, ali da u nekim slučajevima gaženje doseže i do 80 % površine sječne jedinice. Gingras i Plamondon (1998) navode da je u kanadskoj pokrajini Quebec, propisom ograničena površina vlaka i pomoćnih stovarišta do 25 % površine sječne jedinice sa svrhom zaštite tla i pomlatka pri pomlađivanju sastojina. Isti autori navode da tehnike usmjerenog obaranja stabala utječu na povećanje međusobnog razmaka vlaka sa svrhom smanjenja gaženja tla.

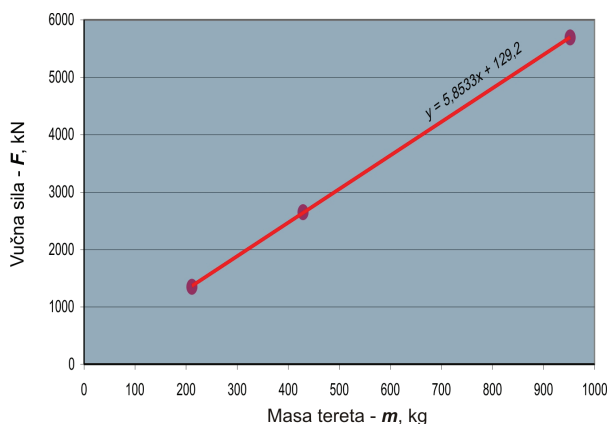


Slika 3. Djelovanje čela trupca pri vuči po tlu

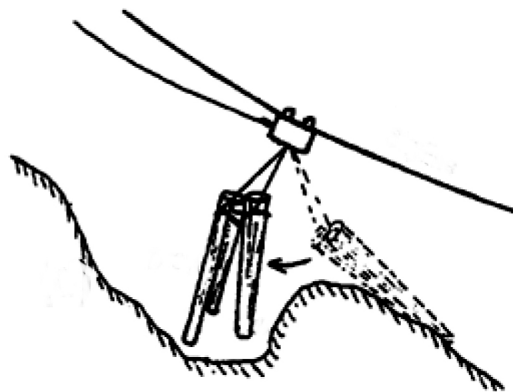
Zbog samog principa transporta tereta šumskom žičarom s jednim pogodignutim krajem ili potpuno zrakom može se govoriti o "gaženju" tla sastojine jedino uslijed djelovanja težine tereta koje je tada ograničeno samo na žičnu liniju. Smanjivanjem gaženja bitno se čuva i pomladak. U fazi postranog prikupljanja drva, kada se vuča vrši u cijelosti po tlu, moguća su veća oštećenja tla (djelovanje čela trupca na tlo – slika 3) pa i pomladka.

Energijski je privlačenje s jednim podignutim krajem povoljnije jer su tada otpori privlačenja manji nego u slučaju privlačenja po tlu. Sever (1980) navodi rezultate istraživanja gdje je za vuču trupca po tlu bila potrebna gotovo dvostruko veća horizontalna sila nego kod privlačenja s podignutim jednim krajem trupca. Kod privlačenja trupaca skiderom Sever (1990) utvrđuje najveći faktor privlačenja od 0,32 na šumskoj vlaci ravne površine. Veći su faktori postignuti kod privlačenja cijelih stabala. Horvat i Šušnjar (2005) prikazuju rezultate istraživanja otpora privlačenja trupca po tlu koji su pokazali da su faktori otpora pri vuči trupca ili drugim imenom faktori privitlavanja po tlu mnogo veći od faktora otpora pri privlačenju kada je jedan kraj trupca odignut od tla. Faktori privitlavanja su ovisni o težini trupca, obliku trupca i njegovoj usmjerenosti. Izmjereni su faktori privitlavanja u svim slučajevima bili veći kod privitlavanja trupca debljim krajem prema naprijed pa autori preporučuju, u cilju postizanja manjih otpora vuče po tlu i manjeg oštećivanja šumskog tla, privitlavanje s tanjim krajem prema naprijed. Zabilježeni su srednji faktori vuče po tlu od 0,62 do 0,81, s tim da je najveći izmjereni bio 1,6.

Mjereći ukupnu silu u užetu pri transportu drva žičarom Mini Urus, Žagar (2005) je utvrdio da se ona ostvaruje s faktorom 0,6 u odnosu na ukupnu težinu tereta – slika 4.



Slika 4. Sila u užetu u ovisnosti o masi tereta



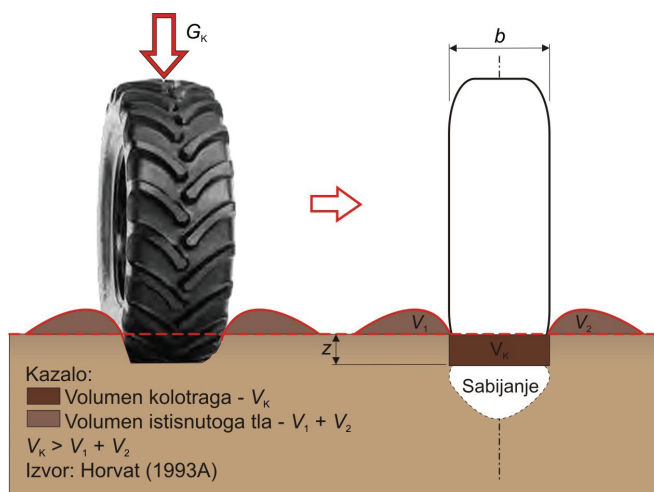
Slika 5. Slučaj nošenja tereta uzrokovan konfiguracijom terena

To znači da će pri okolišno najpovoljnijem transportu kada se cijeli teret transportira zrakom ostvarivati veće sile i u vučnom i u nosećem užetu. Neposredna je posljedica i povećani utrošak energije. Za takav se slučaj ipak ne treba dodatno povećavati faktor sigurnosti konstrukcije šumske žičare jer se na potpuno nošenje drva treba računati i zbog konfiguracije terena, kako to pokazuje slika 5.

Pod kotačima šumskih vozila, kao i ispod trupaca koji se vuku po tlu, pri transportu drva po bespuću šumskih terena, u tlu nastaje stres koji izaziva oštećenje tla, čije su osnovne

sastavnice kolotraga kotača, sabijanje i premještanje slojeva tla (Arnup 1999). Horvat (1993) navodi da je sabijanje tla njegova obujmena deformacija, čija pojava ovisi o svim značajkama vozila i tla te o ostvarenim silama na mjestu njihovog dodira.

Neposredna posljedica sabijanja tla je nastajanje kolotraga, do koje ne dolazi samo zbog smanjenja volumena tla uslijed njegovog sabijanja već i zbog tzv. sloma tla. Zato je volumen kolotraga veći od volumena istisnutoga tla (slika 6).



Slika 6. Shema kolotraga

Nonveiller (1979) navodi da do smanjenja volumena tla dolazi zbog elasto-plastičnih deformacija, stišljivosti tla te mrvljenja krupnijih čestica, dok do sloma tla dolazi zbog karakteristike plastičnosti tla, pa se ono često prikazuje elasto-plastičnim reološkim modelom i odgovarajućom značajkom naprezanje – deformacija.

Dubina kolotraga, kao posljedica izvoženja drva šumskim vozilima, u teramehanici i ekologiji ima različito značenje. U teramehanici predstavlja deformaciju tla koja utječe na sile otpora tijekom kotrljanja kotača ili vuče drva, a u ekologiji predstavlja mjeru sabijanja određene površine tla po završetku privlačenja drva. S gledišta okolišno djelotvornog pridobivanja drva ne postoje bitne razlike između ove dvije različite točke gledišta na problem dubine kolotraga. U estetskome smislu ipak treba razlikovati zbijanje tla nosivih i slabonosivih tala jer će uz sličnu razinu zbijanja na slabonosivim tlima kolotrak biti znatno veći i estetski neprihvatljiv (slika 7).



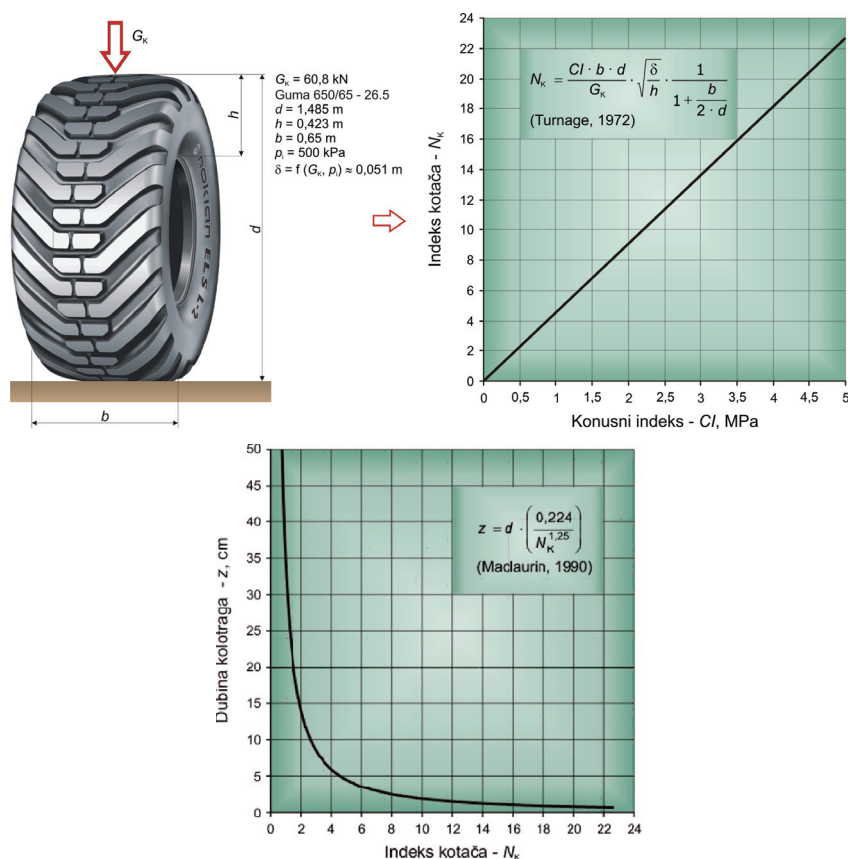
Slika 7. Ekološki, estetski, energijski i ekonomski (imobilizacija vozila) neprihvatljiv kolotrag na slabonosivom tlu

Preventivno izbjegavanje kolotraga (slika 8) kao i njegova naknadna sanacija znatno povećavaju troškove klasičnog transporta drva njegovom vučom ili nošenjem šumskim vozilom. Postoje i modifikacije na vozilima, ali one imaju i negativne posljedice poput povećanja mase vozila uz smanjivanja brzine kretanja i prometnosti općenito (polugusjenice) ili povećanje i mase i širine vozila (udvojeni kotači, gume velike širine).



Slika 8. Prevencija stvaranja kolotraga

Za procjenu dubine kolotraga postoje analitičke metode kao što je njegova ovisnost o indeksu kotača – koji se temelji na dimenzijskim značajkama guma, tlaku punjenja, vertikalnome opterećenju i konusnom indeksu tla, kako navodi Poršinsky (2005) – slika 9.



Slika 9. Ovisnost dubine kolotraga i indeksa kotača

Opasnost od stvaranja kolotraga je smanjena za transport drva vozilima s vitlom – skiderima i prilagođenim poljoprivrednim traktorima s vitlom, zbog privitlavanja drva do vozila i njihovog ograničenog kretanja s tovarom traktorskim putem ili vlakom. Izgradnja traktorskih puteva, u slučaju osjetljivih staništa kakvo je područje Medvednice, zahtjeva posebno pažljivo planiranje i izgradnju, kako bi se smanjile opasnosti od oštećivanja staništa (erozija, oštećivanje dubućih stabala, očuvanje vodotoka, i sl.) uz naglašenu estetsku komponentu. Naravno da tada troškovima transporta treba pridružiti i troškove izgradnje traktorskih vlaka kao i slabiju proizvodnost takvih sustava zbog povećanoga vremena prikupljanja drva, manjih tovara (u zaštićenim se područjima ne preporuča poludebalna ili debalna metoda) te manje iskoristivosti pomoćnih stovarišta. U slučaju korištenja traktorskih vlaka, koje nastaju višekratnim prolazom vozila po istome tragu, opasnost od zbijanja tla i nastajanja kolotraga je povećana.

ZAKLJUČAK

U slučaju primjene šumske žičare ili šire, nekog žičnog sustava, osim vozila sa šumskim vitlima, opasnost od gaženja i zbijanja tla u vučnoj liniji je, u odnosu na klasični transport drva, bitno umanjena, i svodi se na neznatno gaženje i malo zbijanje tla i to samo ako se drvo transportira s jednim podignutim krajem. Veliki je broj dosadašnjih istraživanja pokazao da se glavnina oštećivanja (i gaženje i zbijanje) događa već kod prvog prolaska vozila (tereta) tako da višekratna uporaba vučne linije ne predstavlja opasnost.

Povećano gaženje s malim zbijanjem tla uz opasnost od djelovanja čela trupca na tlo i pomladak, očekuje se samo kod postranog prikupljanja drva. Dobrim organizacijskim mjerama, posebno kod obaranja i izrade drva (npr. usmjerenost), ove se štete mogu smanjiti, ali ne u potpunosti otkloniti.

2.2 Fizičko oštećivanja dubećih stabala i korijenja

Većina istraživača smatra da je broj mehanički oštećenih stabala dobar pokazatelj ukupnog oštećenja sastojine (Martinić 1991, Tomanić i dr. 1989). One se dijele na guljenje kore i oštećivanje korijenja – slika 10. Takve se štete mogu razmjerno jednostavno i točno odrediti. Isto tako su i posljedice kvalitativno poznatije (smanjenje prirasta, pad vrijednosti obloga drva, sušenje stabala) u odnosu na one nastale pri oštećivanju pomlatka i tla kretanjem vozila. Za razredbu oštećenja kore nigdje u literaturi nije egzaktno navedeno koja ploština ozljede ima utjecaj i s kojom posljedičnošću na oštećeno dubeće stablo. Martinić (1991), istražujući u prorednim sastojinama oštećenja pri privlačenju drva nadograđenim poljoprivrednim traktorima, utvrđuje stupanj oštećenja u rasponu od 3,8 % do 5,6 % preostalih stabala. Poršinsky (2005) je izmjerio oštećivanje sastojine pri izvoženju prorednog drva forvarderom, koje je, iskazano postotkom oštećenih stabala u odnosu na broj preostalih stabala nakon sječe, iznosilo 1,5 %



Slika 10. Oguljena kora i oštećen korijen

Propisi u SAD-u kao prihvatljivu razinu oštećenja sastojina pri šumskim radovima dopuštaju od 3 % do 5 % stabala preostalih nakon sječe, ovisno o ovlastima pojedinih inspektora (Han i Kellogg 2000). Košir (2002) navodi da su štete kod pridobivanja drva sustavom harvester – forvarder u granicama do 5 % preostalog broja stabala prihvatljive.

Operativni protokol ECOWOOD projekta (Owende i dr, 2002) definira oštećivanje korijenja živućega stabla kao ozljedu ili prekid korijenja zbog mehaničkog djelovanja (kretni sustav vozila npr.) ili smanjivanje rasta korijenja zbog nepovoljnog djelovanja zbijanja tla. Isti izvor navodi da "The Forestry Development Center Tapio" definira oštećivanje korijenja

kao štete nastale na tijelu korjena u krugu od 1 m od osi stabla. Navedene su i klase oštećenja podijeljene u 5 kategorija – tablica 1 i slika 11.

Tablica 1. Klase oštećivanja korjenovog sustava

Klasa	Opis
1	Poremećaj (gaženje) površine tla.
2	Fino guljenje korijenja bez oštećivanja njegova tijela
3	Površinsko i podpovršinsko oštećivanje uz rjetke lomove i razdvajanja korijenja.
4	Površinsko i podpovršinsko oštećivanje uz značajne lomove i razdvajanja korijenja.
5	Opasno oštećivanje – lom glavnih korjena.



Slika 11. Najpovoljnije i najopasnije oštećivanje korjenovog sustava

Pičman i dr. (2003) opisuju istraživanje šteta nastalih pri izgradnji traktorskoga puta bagerom, dijeleći ih na neposredne (sječa stabala na trasi puta, oštećenja pedološke i geološke podloge, oštećenje stabala uz trasu) i posredne (štete na stablima prouzročene sječom drugih stabala ili odronjenim kamenjem i štete koje su vremenski odmaknute od izgradnje puta poput naknadnog odronjavanja kamenja, istjecanja ulja iz strojeva ili naknadne erozije). Raščlamba je rezultata istraživanja pokazala da se najveći broj oštećenja odnosi na oguljenu koru te da je najčešći uzrok odronjavanje kamenja. Broj oštećenih stabala ovisio je o građevinskoj kategoriji materijala i kod najlakše kategorije bio je 2 stabla na 100 m puta, a kod najteže 16 stabala/100 m.

ZAKLJUČAK

Kod uporabe šumskih žičara, potencijalno oštećivanje stabala se, nakon prosjecanja vučne trase, znatno smanjuje i najčešće se događa kod postranog prikupljanja drva ako se ne radi o dovršnome sijeku. Kako se tada ne izgrađuju traktorski putevi i ne rabe traktorske vlake izostaje oštećivanje stabala zbog njihovog korištenja (posebno pri vuči duljega drva) i oštećivanje kao česta posljedica izrade puteva.

2.3 Naknadna eroziju tla

U Protokolu za izbor povoljne tehnike/tehnologije privlačenja drva na osjetljivim šumskim staništima navodi se da izbor stroja, pogotovo njegovoga kretnog sustava, ima odlučujući utjecaj na rizik oštećivanja tla koja mogu dovesti do kasnije erozije. Niz je istraživača utvrdio da rizik od erozije ovisi o:

- duljini i strmini nagiba terena,
- osjetljivosti tla na eroziju – pogotovo za ona kod kojih u granulometrijskom sastavu preovladavaju sitne čestice,
- udio i veličina površine na kojoj je izvršena čista sječa (ogoljena ploština),
- količina i duljina padalina.

Rizik je od erozije značajniji u brdsko-planinskome području s puno padalina na fino zrnatim tlima pogotovo na velikim ogoljenim ploštinama. Zbog toga se analiza okolišne prihvatljivosti treba uključiti u planiranje radova iskorištavanja šuma kao i preporuke za sanaciju terena. Prevencija od erozije kao i nepredviđeni troškovi saniranja trebaju biti sastavnica takvoga plana.

U slučaju klasičnog načina privlačenja drva vozilima, pri gradnji traktorskih puteva koji su kao i traktorske vlake strano tijelo u šumi, treba računati sa slijeganjem terena, odnošenje tla sa sekundarne mreže prometnica, poremećajem u estetskom izgledu, nestabilnošću nagiba i nasipa, nepovoljnom utjecaju na kvalitetu voda i smanjenjem produktivne površine šuma. Određenim postupcima pažljivoga planiranja, izgradnje te kontrole izgradnje i korištenja šumskih prometnica poput njihove lokacije na uzdignutim predjelima daleko od vodotoka, konstrukcije adekvatnih propusta ispod prometnica, osiguranje razdoblja slijeganja, te dobroga održavanja površine cesta i drenažnih sustava, štetni se utjecaji naknadnih erozivnih procesa mogu smanjiti ali se radovi pridobivanja drva poskupljuju.

Pregledom literature zapaženo je da se mali broj autora bavio istraživanjem erozivnih procesa. Stoga je istraživanje Lukača (2001) posebno zanimljivo – Tablica 2, iz kojega se zapaža da su erozivni procesi bitno manji kod privlačenja drva žičarama u odnosu na konjsku vuču ili još više u odnosu na traktor kako prema ploštini privlačenja tako i prema volumenu transportiranog drva. Isto se zapaža (bez statističke analize) znatnija ovisnost intenziteta erozije kod žičara o gustoći vučnih linija koja je to veća što je broj linija veći (usporedba redaka 5, 6, 7) nego o privučenom obujmu. Iako se općenito smatra da

erodivni procesi ovise o kvadratu nagiba terena u ovome se slučaju takva izrazita ovisnost ne može tvrditi. Ista teza se odnosi i na stanje tla odnosno njegovu nosivost. Naravno da je bez kvantificiranja nosivosti (penetracijska značajka ili sl.) teško donositi zaključke.

Istraživanje koje je proveo Tomašić (1998) o erozivnim procesima na eksperimentalnome traktorskom putu s tri nagiba (1,6 % - 14,6 % - 26,1 %), koji je napravilo poduzeće "Hrvatske šume" u suradnji sa Šumarskim fakultetom, pokazuje da je, na temelju mjerenja za četverogodišnje razdoblje erozija veća na većim uzdužnim nagibima te intenzivnija ako se uz padaline (736 mm godišnje) javljaju stalni ili povremeni vodotoci. Izmjerena je godišnja erozija od 0,07 m³/m zemlje po putu na manjim nagibima, te 0,11 m³/m za najstrmiji dio. U dijelu puta koji presjeca mali vodotok zabilježena je najveća erozija od 0,15 m³/m. U naknadnom 2,5 godišnjem mjerenju (put se nije rabio za privlačenje) zabilježen je pad erozije na suhim djelovima puta, objašnjen novim obrastom, dok se na dijelu s potokom (bez izgrađenih odgovarajućih odvodnih elemenata) povećao zbog stalnoga odnošenja sitnih čestica i kemijskih procesa razgradnje skeleta.

Tablica 2. Usporedba intenziteta erozije za različite tehnike/tehnologije.

Vrsta tla		Nosivost tla	Način privlačenja	Privučen i obujam	Srednji nagib	Gustoća linija	Intenzitet erozije	
				m ³ /ha	%		m ³ /ha	m ³ /m ³ *
1	Pjeskovito	Slaba	Traktor	386	30	280	62	0,16
2	Ilovasto	Dobra	Traktor	469	31	274	131	0,28
3		Slaba	Traktor	380	27	405	195	0,51
4		Slaba	Konj	469	33	471	66	0,14
5		Slaba	Žičara	427	41	110	11	0,03
6		Slaba	Žičara	573	47	74	11	0,02
7		Dobra	Žičara	373	58	135	24,9	0,04

- m³/m³ – obujam erodiranoga tla/obujam privučenog drva

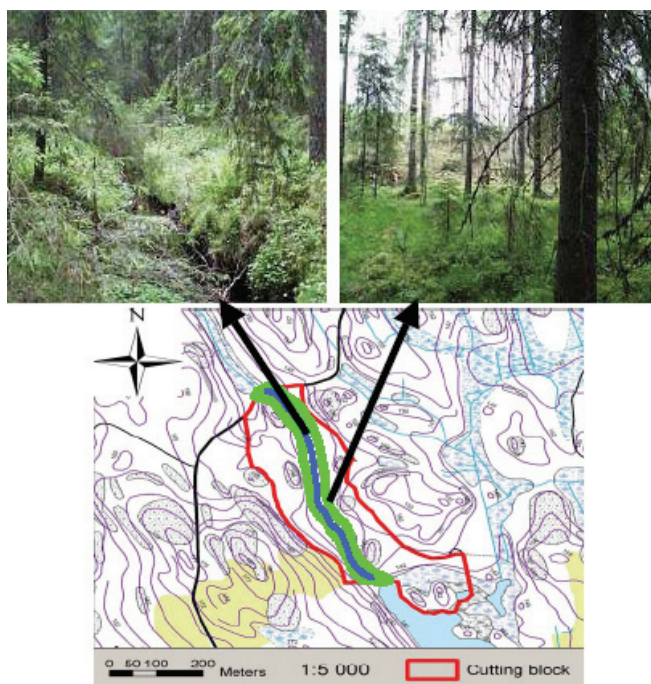
ZAKLJUČAK

Uporabom se šumske žičare mogu očekivati bitna smanjenja erozivnih procesa u odnosu na klasične sustave privlačenja drvom, kako zbog smanjenoga djelovanja na tlo tako i zbog izostanka potrebe za sekundarnim šumskim prometnicama. Na osjetljivim šumskim staništima treba, pri planiranju radova pridobivanja drva posebnu pažnju posvetiti veličini ogoljenih ploština.

2.4 Posredno i neposredno štetno djelovanja na vodotoke, onečišćenje tla i zraka te okoliša bukom

U definiranju okolišno povoljne tehnike i tehnologije treba uzeti u obzir i posredno i neposredno djelovanje na vodotoke, moguće zagađenje tla i voda tekućinama (hidraulička ulja i ulja za podmazivanje), zraka ispušnim plinovima i okoliša bukom.

Djelovanje na vodotoke može biti izrazito kod klasičnog privlačenja traktorima ako se ne grade zaštitni elementi - privremeni prijelazi i sl. Još u fazi projektiranja radova pridobivanja drva treba definirati vodotoke i njihove bafer zone kako to pokazuje slika 12.

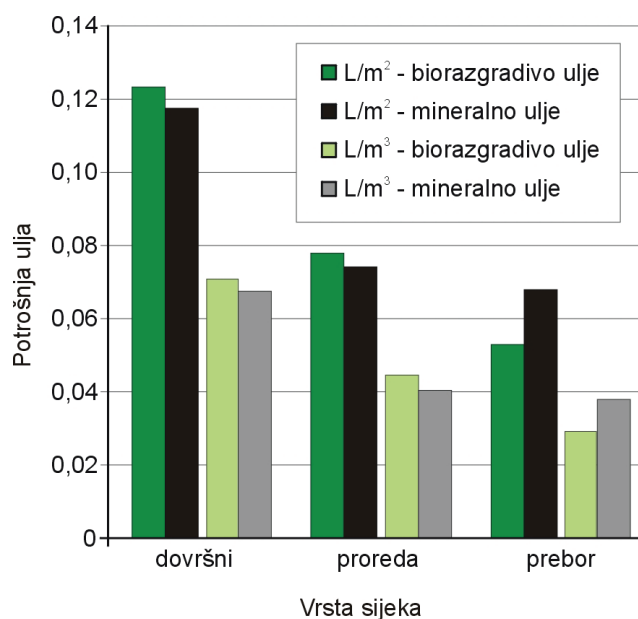


Slika 12. Karta s potokom (lijeva slika) i njegovom bafer zonom (desno)

U slučaju primjene šumske žičare prelazi vodotoka (čak i većih) lako su mogući uz dodatne oslonce i adekvatnu izvedbu žičare koja omogućuje nošenje tereta. Važna je i činjenica da tada izostaje izgradnja privremenih (ili stalnih) prijelaza.

Posredno zagađenje voda i tla štetnim tekućinama iz hidrauličkih sustava ili za podmazivanje je u slučaju šumskih žičara mnogostruko manje (stacionarni rad) od vozila koja se kreću po satojina (slobodno ili po putevima i prosjekama). Ako se transportu drva žičarama pridoda prva faza pridobivanja – sječa i izrada i promatra kao cjeloviti ciklus, tada treba posebnu pažnju posvetiti strojevima za sječu i izradu. Kako se u Hrvatskoj najčešće rabe motorne pile lančanice, kod kojih postoji stalno rasipanje ulje za podmazivanje lanaca po tlu i po izrađenim trupcima, primjena je odgovarajućih ulja iznimno važna. To je posebno značajno za višenamjenske šume kakve su šume

Medvednice gdje bi se uporaba neke vrste biorazgradivoga ulja mogla smatrati obaveznom. Istraživanja koja su provedena u Hrvatskoj (Horvat i Šušnjar, 2003) pokazala su da se primjenom biorazgradivoga ulja ne povećava znatno njihova potrošnja (u prebornim sječama se i smanjuje) – slika 13. Nastavkom ovih istraživanja koja su u tijeku pokušati će se dobiti odgovor o djelovanju mineralnog i biorazgradivog ulja na rast i prirast sadnica hrasta lužnjaka. Već su prvi rezultati (obrada je u tijeku) pokazali da je prednost biorazgradivih ulja velika jer je zapaženo bolje nicanje i bolji rast biljaka na ploštinama posipanim s tri koncentracije biorazgradivog ulja kako to pokazuje slika 14.



Slika 12. Usporedba potrošnje mineralnoga i biorazgradivog ulja u tri tipična sjeka



Slika 13. Sadnice hrasta lužnjaka na ploštinama posipanim sa po tri iste koncentracije biorazgradivog i mineralnog ulja

Iz literature je poznata i činjenica da je učinkovitost podmazivanja biorazgradivim uljem čak i veća od one mineralnih pa se mogu trošiti (rasipati po tlu) manje količine ulja po volumenu (reznom presjeku) izrađenoga drva.

Za podmazivanje pogonskih motora sa unutarnjim izgaranjem, motornih pila, žičare i eventualno pomoćnog traktora, moguće je korištenje manje štetnih, biorazgradivih ulja, što svakako treba, za pridobivanje drva iz osjetljivih staništa šuma Medvednice, preporučiti ili čak obvezati. Preinake koje su tada potrebne (adekvatna brtvila primjerice) na motorima su minorne i lako izvedive.

Pregledom je literature zapaženo da je primjena biorazgradivih ulja moguća i u hidrauličkim sustavima pa se stoga treba preporučiti.

U mehaniziranim postupcima pridobivanja drva uglavnom se kao pogonski koriste toplinski motori s unutarnjim izgaranjem, kod kojih je zagađivanje zraka ispušnim plinovima obavezno i znatno. U svrhu njihova smanjivanja treba se pri izboru stroja voditi brigu o tome da njihovi motori zadovoljavaju dopuštene granične vrijednosti koje su na snazi u Europskoj Uniji od svibnja 2004. (smjernica 2004/68/EG). Trenutne dopuštene granične vrijednosti za diesel motore strojeva koji se rabe u vozilima koja se kreću po bespuću prikazane su u tablici 3. Bez obzira što žičara radi stacionarno ove se granične vrijednosti trebaju primjenjivati i za njihove motore i to ako imaju zaseban pogon kao i ako se pogone motorom nekog vozila.

Tablica 3. Stupanj II - Trenutno dopuštene granične vrijednosti emisije sieselskih motora u EU

Razred	Snaga motora	Nadnevak stupanja na snagu	Dopušteni sastav ispušnih plinova			
	kW		CO	NOx	HC	Čestice
			g/kWh			
E	130 – 560	1. 1. 02.	3,5	6,0	1,0	0,2
F	75 – 130	1. 1. 03.	5,0	6,0	1,0	0,3
G	37 – 75	1. 1. 04.	5,0	7,0	1,3	0,4
D	19 – 37	1. 1. 01.	5,5	8,0	1,3	0,8

Pri nabavi novoga stroja treba imati na umu da će u kratkome roku (za velike motore za par mjeseci) stupiti na snagu novi stupanj granično dopuštene emisije – tablica 4, kojim se dodatno ograničava emisija Nox i HC u sklopu novih smjernica. Početak primjene dijela smjernica je 1. srpanj 2005 (stupanj III A), a njezin završetak primjene 2014. godina.

Tablica 4. Stupanj III A - Nove dopuštene granične vrijednosti emisije sieselskih motora u EU

Razred	Snaga motora	Nadnevak stupanja na snagu	Dopušteni sastav ispušnih plinova		
			CO	Nox + HC	Čestice
	kW		g/kWh		
H	130 – 560	1. 1. 06.*	3,5	4,0	0,2
I	75 – 130	1. 1. 07.*	5,0	4,0	0,3
J	37 – 75	1. 1. 08.*	5,0	4,7	0,4
K	19 – 37	1. 1. 07.*	5,5	7,5	0,8

*datum ulaska vozila u rad, tipska ispitivanja za razrede **H – J** moraju biti obavljena godinu dana prije, a za razred **K**, prema novoj smjernici, šest mjeseci ranije

Promjene graničnih vrijednosti emisije štetnih plinova Dieselskih motora koji se rabe na samohodnim vozilima koja se kreću izvan putova zahtijevat će promjenu ispitnih postupaka; vjerojatno mjerne točke neće određivati karakteristični stupnjevi rada motora (min. i maks. te srednji broj okretaja i sl.), nego će se prilagođavati stvarnome radnome ciklusu kakav imaju primjerice žičare za privlačenje drva.

Emisija buke u okoliš stalni je pratitelj strojeva koji se pogone toplinskim motorima. Dopusštena je razina vanjske buke šumskih vozila u kretanju određena domaćim i međunarodnim normama. Tim je normama predviđeno mjerenje razine buke koju traktor odašilje u okolinu tijekom ubrzavanja. Postupak mjerenja razine zvučnoga tlaka tijekom ubrzavanja traktora (dinamički test) detaljno regulira norma:

- HRN ISO 362: 2000 EN Akustika – Mjerenje buke cestovnih vozila pri ubrzanju – Inženjerska metoda
- (ISO 362: 1998) Acoustics – Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles – Engineering method (ISO 362: 1998)

Za definiranje postupka mjerenja i graničnih vrijednosti vanjske buke šumske žičare koja radi stacionarno trebaju poslužiti postupci mjerenja buke koju mirujući traktor odašilje u okolinu. Taj je postupak reguliran kako nacionalnim tako i međunarodnim normama. Stoga se tijekom mjerenja treba voditi računa da njegov postupak bude u skladu s narednim normama:

- HRN ISO 4872: 2000 EN
Akustika – Mjerenje buke građevinskih strojeva namjenjenih vanjskoj upotrebi – Metoda za provjeru zadovoljavanja dopuštenih granica buke (ISO 4872:1978)
Acoustics – Measurement of airborne noise emitted by construction equipment intendend for outdoor use – Method of checking compliance with noise limits (ISO 4872: 1978)

- HRN ISO 6393:2000EN

Akustika – Mjerenje vanjske buke strojeva za zemljane radove – Uvjeti ispitivanja pri stajanju (ISO 6393:1998)

Acoustics - Measurement of exterior noise emitted by earth-moving machinery – Stationary test conditions (ISO 6393:1998)

ZAKLJUČAK

Opasnost od posrednog i neposrednog štetnog djelovanja na vodotoke pri transportu drva šumskim žičarama znatno je manja nego kod klasičnoga načina privlačenja vozilima. Žičare koje mogu privlačiti drvo zrakom (uz odgovarajuće potpornje) su stoga pogodnije. Zbog stacionarnog rada na šumskoj prometnici, žičare su pogodnija tehnika /tehnologija i u smislu zaštite voda i tla od djelovanja štetnih tekućina – ulja za podmazivanje motora i za hidrauličke sustave, ali se ipak preporuča korištenje biorazgradivih ulja. Ova se preporuka odnosi i na sredstva za sječu i izradu, pogotovo za podmazivanje lanaca motornih pila. U srhu smanjivanja štetne emisije ispušnih plinova pogonskih motora treba tražiti zadovoljenje Stupnja III A europskih dopuštenih graničnih vrijednosti. Zadovoljenje domaćih i međunarodnih normi o emisiji buke u okoliš jedan je od preuvjeta korištenja šumske žičare u šumama Medvednice

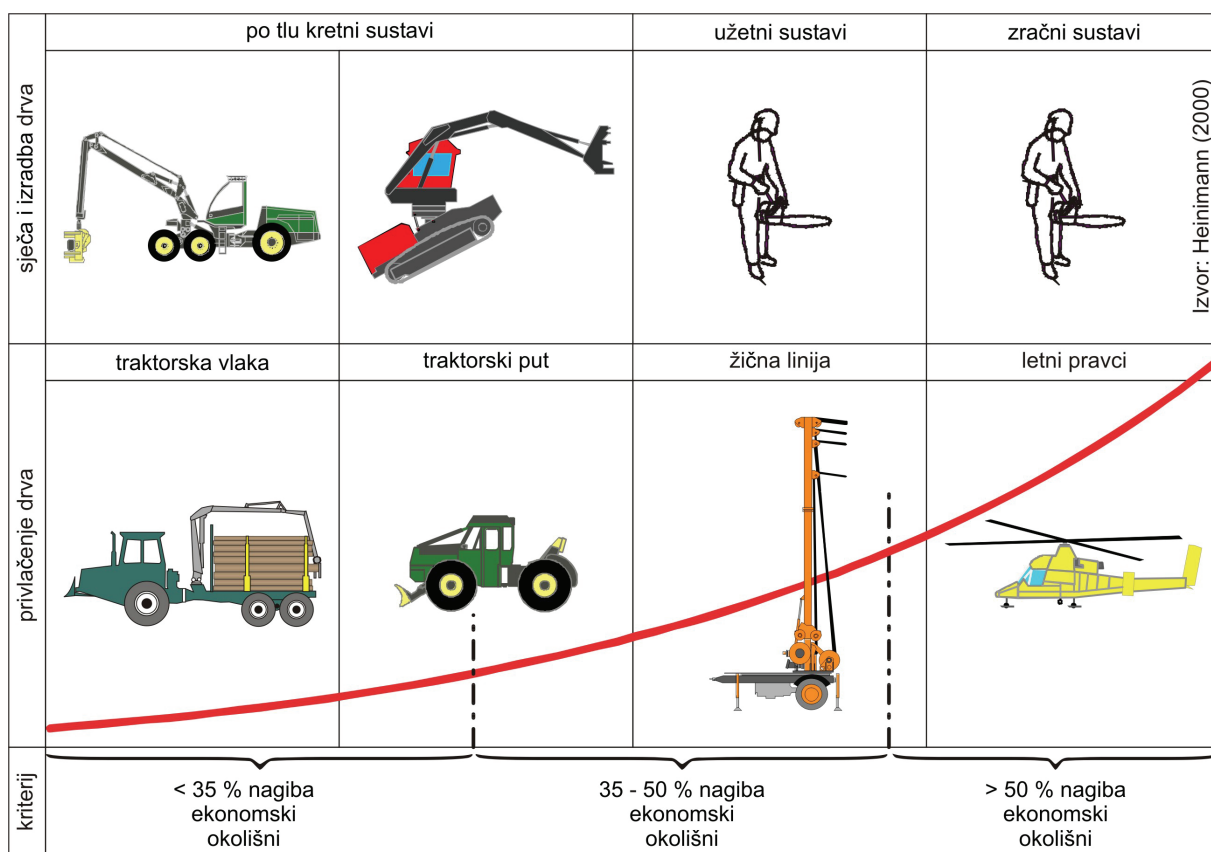
3. RAZREDBA TERENA ZA RAD ŠUMSKE ŽIČARE

Kao terenske čimbenike šuma određenoga zemljopisnoga položaja koji uvjetuju stupanj težine, mogućnosti i ograničenja izvođenja mehaniziranih šumskih radova uopće, većina autora navodi (Conway 1976, Staff i Wiksten 1984, Silversides i Sundberg 1988, Saarilahti 2002):

- nagib terena,
- površinske prepreke te
- nosivost podloge.

Terenski čimbenici imaju velik utjecaj na odabir mehaniziranih sredstava rada i na njihovu učinkovitost, a samim time i na troškove rada.

Nagib terena određene šumske površine, zbog utjecaja na siguran rad vozila, najvažniji je čimbenik pri izboru načina privlačenja drva (zračni, žični ili po tlu kretni sustavi – slika 14).



Slika 14. Osnovni koncepti tehnologija pridobivanja drva (Heinimann 2000)

Razredba terena za šumarstvo je podjela šumskih površina u jedinice za koje vrijedi isti ili barem sličan stupanj poteškoća sa stajališta izvođenja bilo koje vrste šumskih radova

(Owende i dr. 2002). Razredba terena za izvođenje šumskih radova namijenjena je praktičnoj primjeni pri planiranju radova pridobivanja drva i njege šuma, kontroli izvođenja radova, ocjeni pogodnosti mehaniziranih sredstava rada te njihovoj međusobnoj usporedbi, razvoju mehaniziranih sredstava rada, planiranju tržišta, odnosno kao podloge pri sklapanju ugovora s privatnim poduzetnicima (Mellgren 1980).

Pri razredbi terena razlikuju se dvije razine pristupa (Saarilahti 2002). Prvu razinu čini opisna (deskriptivna, primarna) razredba terena koja opisuje teren prema mjerljivim značajkama i raščlanjuje ga u razrede neovisno o primijenjenim postupcima (Mellgren 1980, Košir 1982, Krpan 1990, Berg 1992).

Drugu razinu pristupa čini namjenska (funkcionalna ili sekundarna) razredba koja povezuje mogućnost primjene određenih postupaka pridobivanja drva s razredima terenskih čimbenika (MacDonald 1999, Rowan 1995, Owende i dr. 2002). Glavna prednost opisne razredbe terena je njezina zasnovanost na razredima čimbenika šumskih terena te neovisnost o vrsti i tipu strojeva, čime je osigurana stalnost razredbe, odnosno izbjegnuta potreba za ponovnom razredbom terena pri uvođenju u rad novih tipova strojeva (Davis i Reisinger 1990).

Namjenska je razredba terena za izvođenje šumskih radova povezivanje raščlanjenih šumskih površina opisnom razredbom terena s mogućnošću primjene određenog načina pridobivanja drva, odnosno pojedinoga sredstva rada. Radi pojednostavljenja prikaza međudjelovanja pojedinih razreda terenskih čimbenika opisne razredbe terena (velik broj mogućih kombinacija) teren se prikazuje u obliku troznamenkastoga broja, gdje prvi broj označuje – razred nosivosti tla, drugi broj – razred površinskih prepreka i treći broj – razred nagiba terena.

Kao primjer protokola za izbor pogodne tehnike/tehnologije na slici 15 je pokazan prijedlog projekta ECOWOOD s tri ulazna parametra: stanje (nosivost) tla, neravnost terena i nagib.

Table 1. General terrain classification scoring for Ireland (Forest Service, 2000)

Ground condition	Ground roughness	Slope
Good (1)	Even (1)	Gentle, < 8° (1)
Average (2)	Uneven (2)	Intermediate, 8° – 14° (2)
Poor (3)	Rough (3)	Steep, > 14° (3)
Very poor (4)		

Example of application:

Terrain class ①②③ in Table 2 denotes 'Good' ground condition (1), 'Uneven' ground roughness (2), and 'Steep' slope (3).

Table 2. Machines operations most suited to respective terrain classes (Adapted from Forest Service, 2000).

1.1.1	2.1.1	3.1.1	4.1.1
Forwarder, Skidder, Horse			Tracked Forwarder, Cable
1.1.2	2.1.2	3.1.2	4.1.2
Forwarder, Skidder, Horse			Forwarder, Tracked Forwarder, Cable
1.1.3	2.1.3	3.1.3	4.1.3
Forwarder, Skidder, Horse			Cable
1.2.1	2.2.1	3.2.1	4.2.1
Forwarder, Skidder, Horse			Tracked Forwarder, Cable
1.2.2	2.2.2	3.2.2	4.2.2
Forwarder, Horse	Forwarder, Tracked Forwarder	Tracked Forwarder, Cable	
1.2.3	2.2.3	3.2.3	4.2.3
Chained Forwarder, Cable		Cable	
1.3.1	2.3.1	3.3.1	4.3.1
Forwarder, Cable			Tracked Forwarder, Cable
1.3.2	2.3.2	3.3.2	4.3.2
Forwarder, Cable	Forwarder, Tracked Forwarder, Cable	Cable	
1.3.3	2.3.3	3.3.3	4.3.3
Cable			

Slika 15. Protokol izbora tehnike/tehnologije na osjetljivim staništima

Prvi utjecajni čimbenik – uvjete terena ovaj Protokol dijeli u 4 kategorije prema 3 utjecajna parametra (konusni indeks, modul elastičnosti i smična čvrstoća) prikazana u Tablici 5.

Tablica 5. EcoWood raščlamba razreda čvrstoće tla (Owende i dr. 2002, Ward i Owende 2003)

Čvrstoća (nosivost) tla		Parametri čvrstoće tla*			Dopušteno opterećenje vozila na tlo
		Konusni indeks	Modul elastičnosti	Otpor tla na smicanje	
Razredi	Opis	CI, kPa	E, MPa	τ , kPa	NGP, kPa
1	Čvrsto tlo	> 500	> 60	> 60	> 80
2	Osrednje čvrsto tlo	300 – 500	20 – 60	20 – 60	60 – 80
3	Meko tlo	< 300	< 20	< 20	40 – 60
4	Vrlo meko tlo	<< 300	<< 20	<< 20	< 40

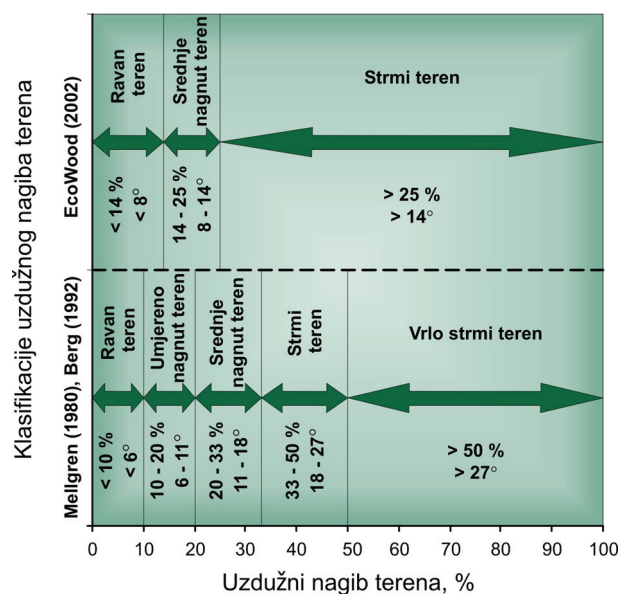
Ovi se parametri odgovarajućom mjernom opremom mjere u površinskome sloju tla dubine do 30 cm, a najmanja vrijednost bilo kojeg parametra presudna je za razvrstavanje tla u određene razrede nosivosti tla.

Neravnost je terena drugi čimbenik prema protokolu podijeljen u 3 kategorije. Ove kategorije, ali i njihovu usporedbu s razredbom NSR pokazuje tablica 6.

Tablica 6. Usporedba između ECOWOOD (Owende i dr., 2002) i NSR razredba (Saarilahti, 2002) neravnosti terena

Razredi neravnosti terena (površinskih prepreka)		Visina prepreke	Mogući podrazr edi	Visina prepreke, cm			
ECOWOOD*	NSR**			20	40	60	80
		cm		Prosječna udaljenost, m			
1 Ravan teren	1 Vrlo ravan teren	H(20)	a)	1,6 – 5,0			
			b)	5,0 – 16,0	> 16,0	> 16,0	> 16,0
	2 Djelomično ravan teren	H(20 – 40)	a)	< 1,6	> 16,0	> 16,0	> 16,0
			b)	1,6 – 5,0	5,0 – 16,0	> 16,0	> 16,0
2 Djelomično neravan teren	3 Djelomično neravan teren	H(40 – 60)	a)	< 1,6	1,6 – 5,0	5,0 – 16,0	> 16,0
			b)	< 1,6	1,6 – 5,0	1,6 – 5,0	> 16,0
	4 Neravan teren	H(40 – 80)	a)	< 1,6	< 1,6	5,0 – 16,0	5,0 – 16,0
			b)	1,6 – 5,0	1,6 – 5,0	1,5 – 5,0	5,0 – 16,0
3 Neravan teren	5 Vrlo neravan teren	H(40 – 80)	a)	< 1,6	< 1,6	1,6 – 5,0	5,0 – 16,0
			i)	< 1,6	< 1,6	< 1,6	< 1,6

Treći čimbenik opisuje uzdužni nagib terena podijeljen u 3 kategorije koje su na slici 16 uspoređene sa razredbom nagiba u 5 kategorija Berga i Mellgrena (1980).



Slika 16. Razredbe inklinacije terena

Zapaža se da se Protokol Ecowood-a bitno razlikuje od klasične Greulichove podjele primjenjivosti strojeva (slika 1) jer, osim nagiba terena, obuhvaća još dva čimbenika. Međutim, iako se u uvodnome dijelu Protokola naglašava društveni značaj šuma, on se operativno ne primjenjuje u klasifikaciji terena. Istina je da se neke štete, na šumskim tlima poput kolotraga i dubecim stablima kao što je guljenje kore, lako zapažaju i estetski nisu prihvatljive.

Upravo bi se zbog višenamjenske funkcije šuma Medvednice, čija je estetska sastavnica posebno značajna, uporabu žičara sigurno moglo pomaknuti u područje srednjih nagiba (X-@-Y), a uvjetno, za šume posebne namjene, u cijelo područje primjenjivosti. Ovakva je razredba terena, kao prijedlog ovoga projekta, prikazana u tablici na slici 17.

Cijelo područje čvrstoće tla
kategorije 3 i 4

Nagibi terena kategorije 2 i 3	1.1.1	2.1.1	3.1.1	4.1.1
	Forvarder, Skider, Konjska sprega	Žičara	Žičara	Gusjenični forvarder, Žičara
	1.1.2	2.1.2	3.1.2	4.1.2
	Forvarder, Skider, Konjska sprega	Žičara	Forvarder, Gusjenični forvarder, Žičara	Žičara
	1.1.3	2.1.3	3.1.3	4.1.3
	Forvarder, Skider, Konjska sprega	Žičara	Žičara	Žičara
	1.2.1	2.2.1	3.2.1	4.2.1
	Forvarder, Skider, Konjska sprega, Žičara	Žičara	Žičara	Gusjenični forvarder, Žičara
	1.2.2	2.2.2	3.2.2	4.2.2
	Forvarder, Konjska sprega	Forvarder, Gusjenični forvarder	Gusjenični forvarder, Žičara	Žičara
	1.2.3	2.2.3	3.2.3	4.2.3
	Gusjenični forvarder, Žičara	Žičara	Žičara	Žičara
	1.3.1	2.3.1	3.3.1	4.3.1
	Forvarder, Žičara	Gusjenični forvarder, Žičara	Gusjenični forvarder, Žičara	Žičara
	1.3.2	2.3.2	3.3.2	4.3.2
	Forvarder, Žičara	Gusjenični forvarder, Žičara	Žičara	Žičara
	1.3.3	2.3.3	3.3.3	4.3.3
		Žičara	Žičara	Žičara

Žičara

Primjenjivost šumskih žičara
prema ECOWOOD projektu

Žičara

Obavezna primjena šumskih žičara
prema prijedlogu ovoga projekta za
pridobivanje drva na osjetljivim
staništima

Žičara

Preporučena primjena šumskih žičara
prema prijedlogu ovoga projekta za
pridobivanje drva na osjetljivim
staništima

Slika 17. Razredba terena za rad šumske žičare pri privlačenju drva na osjetljivim staništima u šumama posebne namjene prema prijedlogu ovoga projekta

4. RAZREDBA ŠUMSKIH ŽIČNIH SUSTAVA

Nakon sječe i izradbe stabala šumski su sortimenti razasuti na velikoj površini, te ih treba prvo skupiti i privući po šumskom bespuću do pomoćnoga stovarišta, a zatim transportirati do potrošačkih središta ili tržišta šumskim proizvodima. Razne raščlambe šumskoga transporta imaju izvorište u mjestu odvijanja transporta, načinu izvođenja transporta, cilju transporta te primijenjenim sredstvima. Današnje metode u pridobivanju drva uvjetuju podjelu transporta drva na skupljanje drva, privlačenje drva te daljinski transport drva (Krpan 1991).

Tijekom skupljanja i privlačenja drva (primarni transport) oblovina se dijelom ili u potpunosti transportira izvan izgrađenih putova po šumskom bespuću, pri čem su moguća četiri temeljna načina: vučom drva po tlu, vučom drva s jednim krajem odignutim od tla te izvoženjem ili iznošenjem drva. Terenski čimbenici (nagib terena, površinske prepreke, nosivost podloge), otvorenost sječne jedinice, vrsta prihoda (sječe) te moguće metode izrade drva određivat će sredstvo rada za privlačenje drva, a samim time i način privlačenja drva.

U hrvatskom šumarstvu privlačenje drva najčešće se obavlja posebnim šumskim zglobnim vozilima, koja vuku ili izvoze oblovinu (Poršinsky 2005). Ovisno o izvedbi voznoga sustava (kotač, polugusjenica), pri privlačenju drva vozila neposredno djeluju na tlo. Primjena ostalih načina privlačenja drva u ukupnoj proizvodnji hrvatskoga šumarstva zauzima neznatan udio.

Jedan od zamjenskih načina privlačenja drva jest iznošenje drva šumskim žičarama. Iznošenje je drva šumskim žičarama pomicanje drva po šumskom bespuću, gdje je oblovina pomoću užadi djelomično ili potpuno odignuta od tla (Tiernan i dr. 2002). Time je, pri iznošenju drva žičarama, međudjelovanje stroja (sustava) i tla smanjeno ili u potpunosti otklonjeno. Uporabom žičara manje je i oštećivanje sastojine u odnosu na postupke kod kojih se privlačenje drva odvija vozilima kretnima po tlu (Han i Kellogg 2000).

Drva se šumskim žičarama transportiraju ponajprije u brdsko-planinskom području, gdje je zbog velikih visinskih razlika na kratkim horizontalnim udaljenostima troškovno i okolišno neprihvatljiva gradnja sekundarnih šumskih prometnica. Sa stajališta otvaranja šuma šumske su žičare tercijarne šumske prometnice koje jednokratno otvaraju šumsku površinu (Pičman i dr. 2001).

U usporedbi s alpskim i sjevernoameričkim zemljama, u kojima se šumske žičare upotrebljavaju već gotovo cijelo stoljeće, žičare u hrvatskom šumarstvu imaju sporadičnu primjenu (Sever 1987, Krpan i Ivanović 1997, Krpan i dr. 2003, Žagar 2003). Uzrok je tomu viša nabavna cijena žičnih sustava, viši troškovi iznošenja drva, potreba za izvježbanom i usuglašenom skupinom radnika, ali i tradicija privlačenja drva u brdsko-planinskim prebornim šumama, koja se zasniva na gradnji traktorskih putova te vuči drva skiderom (Krpan i dr. 2003).

Pulkki (1999) navodi da se užetno-žični sustavi za privlačenje/iznošenje drvnih sortimenata sastoje od pogonskog agregata, žičanih užadi, nosača tereta i ostalih pomoćnih sredstava. Uporabom ovog načina privlačenja drva izbjegava se oštećivanje tla, preostalih stabala i samih transportiranih sortimenata. Prema njemu su takvi sustavi imaju

Prednosti:

- nije potrebna velika gustoća šumskih prometnica,
- moguće je savladati utjecaj gravitacije na svim terenima,
- moguće postići veće brzina izvlačenja i više snage u odnosu na ostale načine privlačenja,
- mogući je rad u gotovo svim uvjetima.

Nedostaci:

- zahtijevaju posebno obučenu posadu zbog montaže i demontaže na mjestu rada,
- ograničena udaljenost izvlačenja,
- racionalna i pravilna uporaba zahtjeva pažljivo planiranje koje podrazumjeva određena znanja,
- uvažavajući direktne troškove žičare su jedno od najskupljih metoda privlačenja.

Slično šumske žičare promatra i Sever (1987) navodeći da su njihove prednosti:

- lagano savladavanje većih visinskih razlika, gdje bi otvaranje cestama bilo nemoguće ili preskupo;
- drvo se pri iznošenju ne oštećuje ni s čela ni sa strane pa treba i manja nadmjera, a ne treba posebnog čišćenja prije dalje prerade;
- ne oštećuje se pomladak, a manje je i oštećivanje stojećih stabala;
- ne oštećuje se i tlo, ne nastaju kolotečine koje su kasnije često uzrokom erozija;
- odvoz drva je manje ovisan o vremenskim uvjetima; rad žičarom se prekida tek za nevremena i jačeg vjetra;
- iako su troškovi privlačenja drva žičarama veći od troškova privlačenja traktorima, na težim terenima je kompleksno gledano jeftinije jer otpada gradnja puteva itd.

Osim spomenutih prednosti, navodi da primjena žičara ima i druge (negativne) strane:

- žičare zahtijevaju neku minimalnu koncentraciju drvene mase;
- žičarom može upravljati samo kvalificirano osoblje;
- znatan stručni rad je potreban za otvaranje i pripremanje odjela za privlačenje žičarom;
- postrano privlačenje znatno utječe na ekonomičnost primjene žičare;
- obrazovanje radnika i stručnjaka za rad žičarama je otežano (na učilištima smo svojevremeno dobro poznavali teoretske osnove, a gotovo ništa o praktičnoj primjeni);
- problemi zaštite na radu sa žičarama značajnije su veći nego kod drugih sredstava u eksploataciji šuma itd.

Jedan od problema pri kalkuliranju troškova žičarama, te usporedbe s drugim načinima, upravo je u teškom određenju posrednih koristi od korištenja žičara. Manje zadiranje u ekosistem mrežom puteva argument je za žičare. No, istovremeno se tu krije prvi nedostatak primjene takvog sredstava rada - demontažom žičare šuma ostaje neotvorenom.

Pregledom je literature ustanovljena najobuhvatnija podjela žičano-užetnih sustava prema:

⇒ **duljini trase**

- žičare kratke trase <300 – 400 m
- žičare srednje duge trase 300/400 – 600/800 m
- žičare dugih trasa >600/800 m (čak i do 2000 m)

⇒ **pokretnosti**

- stalne, stacionirane uvijek na istoj lokaciji
- polupokretne – nemaju vlastiti pogon niti su montirane na prikolicama; kao stupovi upotrebljavaju se postojeća stabla
- pokretne – ili imaju vlastiti pogon ili su priključene na druga pogonska vozila

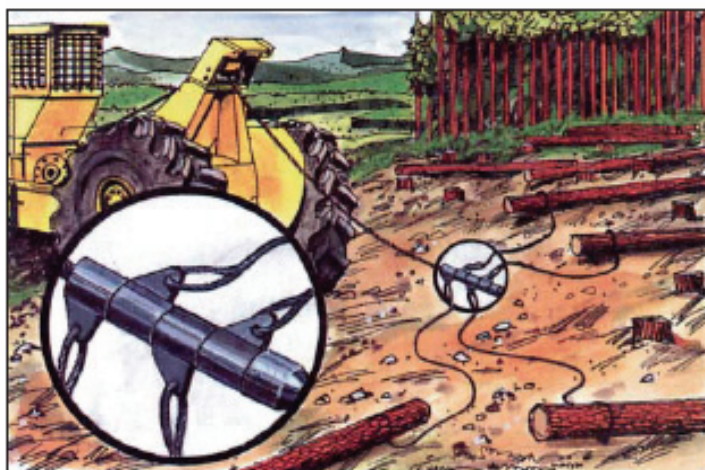
⇒ **tehnologiji rada**

- žičare s nosivim užetom (Skyline systems)
- žičare sa nepokretnim nosivim užetom (Standing skylines)
 - nosivo uže čini jedan luk (Singlespan)
 - nosivo uže čini više lukova (Multispan)
- žičare sa pokretnim nosivim užetom (Live skylines)
- žičare sa spuštajućim nosivim užetom (Running skylines) – vitlo služi samo za stvaranje tenzije u užetu
- žičare bez nosivog užeta (Highlead)

- ⇒ **visini stupa žičare**
- ⇒ **broj vitala**
- ⇒ **pomoćno uže (strawline)** – prisutno ili ne
- ⇒ **vrste nosača tereta**
 - butrigging
 - rider block
 - kolica
 - sa pomičnim užetom za vezanje
 - ručno izvlačenje
 - strojno izvlačenje
 - pogonski motor na kolicima
 - pogonjeno vitlom montiranim na vozilu
 - uže za vezanje je nepomično
 - upotreba chokera neposredno povezanih sa kolicama
 - upotreba kliješta koja zamjenjuju uže za vezanje
 - obzirom na mogućnost prelaska preko međupora
 - imaju mogućnost prelaska (Multispan carriages)
 - nemaju mogućnosti prelaska (Singlespan carriages)

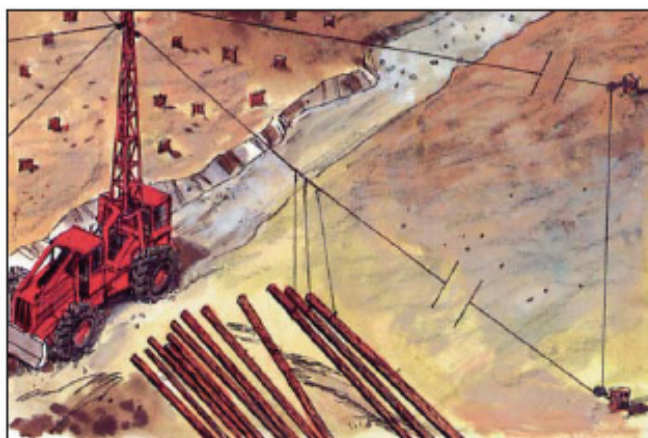
Košir (1987), isto kao i Pullki (1999) razvrstava žične sustave u tri suštinske kategorije:

1. Traktorska vitla (Dram and mainline system)– slika 18.



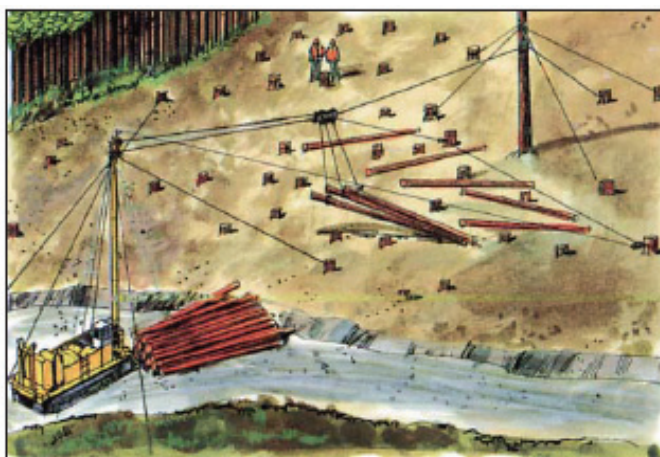
Slika 18 Traktorska jedno i dvobubanjnska vitla

2. Šumske vučnice - dvo ili trobubanjske (High-lead system) – slika 19.



Slika 19. Dvobubanjska šumska vučnica s tornjem na skideru

3. Klasične višebubanjske žičare (Skyline systems) – slika 20.



Slika 20. Klasična šumska žičara

Kod razredbe žičnih sustava valja spomenuti tvrdnju Košira (1987) da niti jedna razredba žičara nije do bez posebnih kompromisa uspjela razvrstati na istovjetan način sve žičare, te Severa (1987) koji smatra da se na hrvatskome nazivlju u svezi žičara treba raditi.

Tijekom vremena autori su (Ugrenović 1957, Larsen 1975, Studier i Binkley 1975, Bojanin 1987) davali različite podjele sustava užetnih sustava za iznošenje drva. Te su podjele redovito bile povezane uz razinu tehnološkoga razvoja pojedinoga podneblja i/ili vremena te su kao takve zastarjele i gotovo neprimjenjive pri podjeli današnjih modernih užetnih sustava (Tiernan i dr. 2002). Razredba koja ima najširu primjenu (Conway 1976, Pulkki 2004) jest ona koja šumske užetne sustave dijeli na: šumska vitla, šumske vučnice i šumske žičare.

4.1 Šumska vitla

Šumska su vitla naprave čiji su osnovni dijelovi pogonski i transmisijski uređaj, bubanj te vučno uže. Izvlačenje je užeta ručno, a pri vuči drva teret se kreće u potpunosti oslonjen na tlo. Samostalna šumska vitla imaju vlastiti pogonski uređaj, a ostala se koriste pogonom vozila na koji su postavljena (skider ili nadograđeni poljoprivredni traktor – slika 21a) ili nekoga drugoga radnoga uređaja (npr. motorna pila – slika 21b). U prilagođenim oblicima vitla su osnovna sastavnica ostalih složenijih užetnih sustava.

Šumska se vitla uglavnom rabe samo tijekom skupljanja drva radi pomicanja drva od mjesta sječe (panja) do mjesta pripreme optimalnoga tovara za privlačenje (najčešće vlake, odnosno traktorskoga puta ili žične linije), tako da pri samom privlačenju drva vitlo sudjeluje kao pomoćna naprava (Košir 1987).



Slika 21. Izvedbe šumskih vitala

4.2 Šumske vučnice

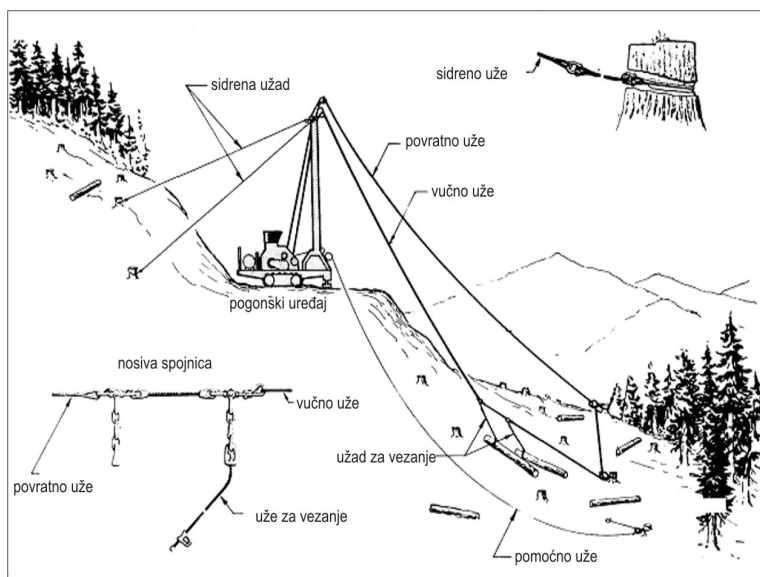
Osnovne su značajke šumske vučnice postojanje dvaju užeta (vučnoga i povratnoga) koja zahtijevaju dvobubanjsko vitlo, ali i da se za prihvat drva ne koriste kolica (Conway 1976, Samset 1985). Pri tome je kod šumskih vučnica (slika 22) moguća primjena dviju naprava za prihvat tovara: nosive spojnice (*butt rigging*) ili nosive koloture (*rider block*, *monkey block*). Nosiva je spojnica čelična konstrukcija koja spaja vučno i povratno uže te uže za vezanje tovara. U slučaju da se za prihvat tovara koristi nosiva kolotura, vučno uže prolazi kroz nju i nastavlja se kao uže za vezanje. Pri tom načinu prihvata tereta moguće je postrano privlačenje drva na manjim udaljenostima do žične linije.

Privlačenje drva šumskim vučnicama ubraja se u načine privlačenja drva, gdje se teret vuče u potpunosti oslonjen na tlo, što oštećuje tlo i pomladak. Oštećenja su preostalih

dubećih stabala u prorednim sastojinama velika pa su šumske vučnice ocijenjene neprihvatljivim. Neke zemlje išle su tako daleko da su zbog primjena šumskih vučnica u prošlosti zabranile uporabu i šumskih žičara, što je bilo neopravdano (Dykstra i Heinrich 1996).

Područje rada šumskih vučnica su dovršne i čiste sječe na ravničnim terenima te nagnuti tereni, i to: <20 % nagiba pri privlačenju drva nizbrdo i <50 % nagiba pri privlačenju uzbrdo (Pulkki 2004). Sa stajališta sigurnosti pri radu preporučljivo je privlačenje drva šumskim vučnicama uzbrdo (WBC 1999).

Šumske se vučnice primjenjuju većinom u Sjevernoj Americi i jugoistočnoj Aziji, dok se u Europi vrlo slabo primjenjuju (Samset 1985).



Slika 22. Šumska vučnica

4.3 Šumske žičare

Osnovna su značajka šumskih žičara najmanje dva užeta, od kojih jedno ima funkciju vuče tereta, dok drugo, među ostalim mogućim, uvijek i zadaću nošenja tereta. Kretnost/pomičnost užadi osiguravaju višebubanjaska vitla (Košir 1997).

Prema broju užadi koja se rabe kod pojedinih šumskih žičara Trzesniowski ih (1998) dijeli na one s jednim, dva, tri, četiri, pet i više užadi. Isti autor užad šumske žičare prema namjeni dijeli na nosivo uže (*skyline*), vučno uže (*mainline*), povratno uže (*haulback line*), podizno uže (*hoisting line, skidding line*), pomoćno uže (*auxiliary line*), uže za vezanje

tovara (*choker*), uže za sidrenje i stabilizaciju (*guyline*) te višenamjensko uže (*multi-purpose line*).

Dykstra i Heinrich (1996) navode ove značajke šumskih žičara:

- ⇒ Nosivo je uže cijelom svojom duljinom podignuto iznad tla te predstavlja trasu žičare spajajući dva ili više oslonaca. Ti su oslonci obično stupovi (prirodni ili umjetni), dubeca stabla, panjevi ili odgovarajuća sidrišta.
- ⇒ Iznošenje drva odvija se uz pomoć kolica (slika 23) koja se kreću po nosivom užetu. Oblovina koja se iznosi obješena je o kolica.
- ⇒ Izvlačenje užeta za vezanje do tovara omogućuje neki dodatni uređaj (*slackpulling device*).
- ⇒ Pri iznošenju drva oblovina je potpuno ili djelomično odignuta od tla, što manje oštećuje tlo i pomladak duž trase žičare.
- ⇒ Pogonski se uređaj ne kreće po tlu kao što je to slučaj kod ostalih postupaka pridobivanja drva (izuzev zračnoga transporta drva balonom ili helikopterom).

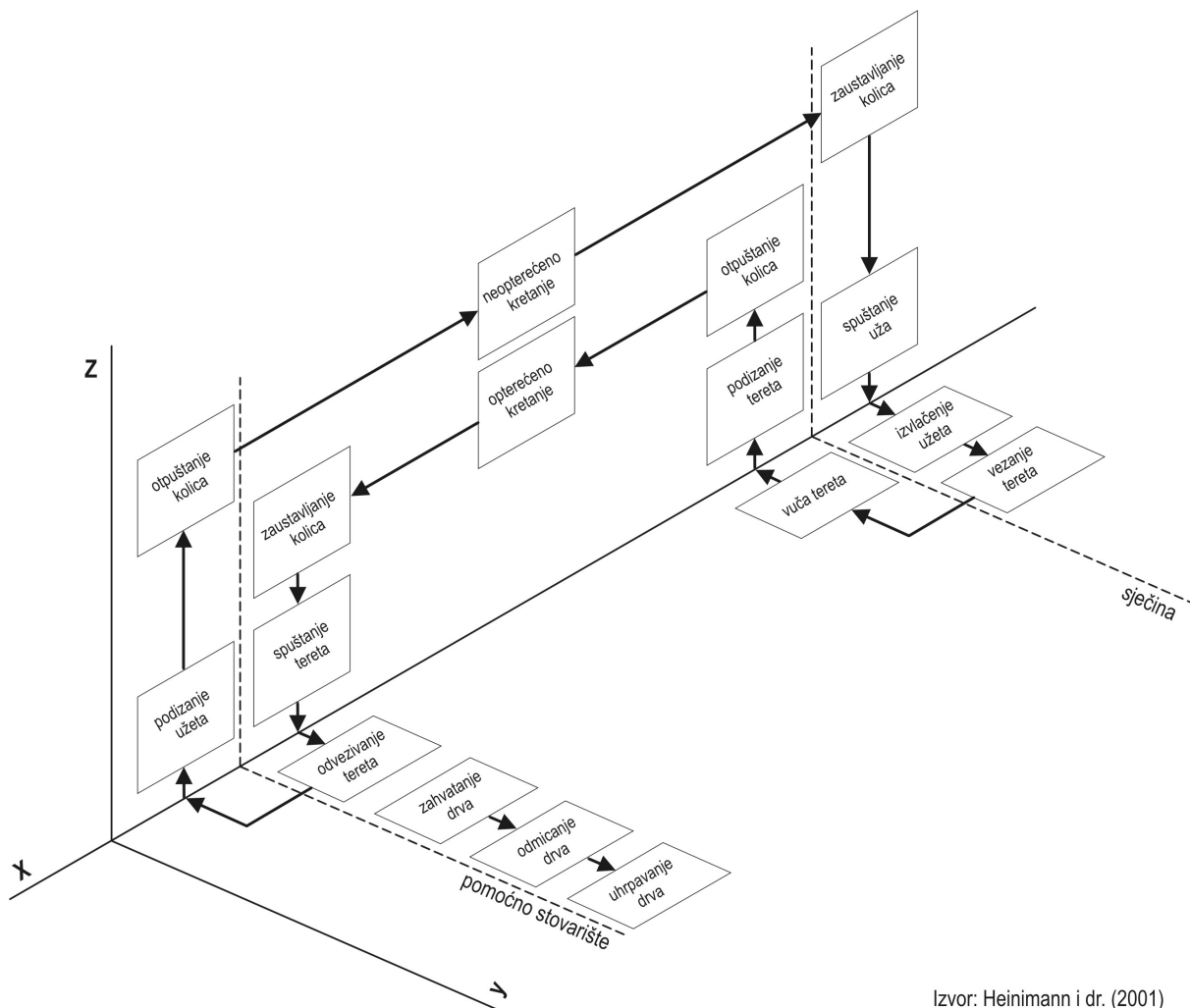


Slika 23. Kolica žičare

Luk se nosivoga užeta šumske žičare definira kao dio nosivoga užeta razapetoga između dvaju susjednih oslonaca. Ako šumska žičara, odnosno njezino nosivo uže, čini samo jedan luk i ako ima samo dva oslonca, naziva se jednolučna šumska žičara (*single-span skyline*). U slučaju da nosivo uže čini više lukova, šumska se žičara naziva višelučna (*multi-span skyline*). Višelučne se žičare upotrebljavaju kod većih udaljenosti iznošenja drva na jako razvedenim brdsko-planinskim terenima (Samset 1985). Progib je nosivoga užeta šumske žičare okomita udaljenost između zamišljene crte koja spaja vrhove luka koji čini nosivo uže i samoga nosivoga užeta razapetoga između dvaju oslonaca, a izražava se u postotku od međusobne udaljenosti oslonaca. Progib je nosivoga užeta pri iznošenju drva neizbježan zbog same težine užeta. U slučaju napinjanja nosivo uže ima manju nosivost zbog već postojećih naprezanja. Prihvatljiv progib užeta kreće se od 6 do 15 % (MacDonald 1999).

Šumske žičare razlikuju se prema smjeru iznošenja drva ovisno o obliku terena, odnosno njegovu nagibu. Kod gravitacijskih šumskih žičara, koje iznose drvo uz nagib terena, izostaje potreba za povratnim užetom zbog toga što se neopterećena kolica vraćaju u sječinu (niz nagib) isključivo pod utjecajem sile teže. Za razliku od navedenoga, pri iznošenju drva niz nagib ili na ravnom terenu povratno uže vraća kolica u sječinu.

Postoji cijeli niz različitih vrsta i tipova kolica, a mogu se podijeliti prema opisanim značajkama. Na prvom je mjestu nosivost, zatim izvor pogonske energije, način izvlačenja užeta za vezanje te mogućnost i način zaustavljanja kolica (Trzesniowski 1998, Košir 1997). Kretanje kolica po nosivom užetu omogućuje neki pogonski uređaj. On može biti smješten u samim kolicima ili, kao što je to u većini slučajeva, na nekoj lokaciji kraj trase žičare. U tom se slučaju energija prenosi od pogonskoga uređaja do kolica uz pomoć i preko užadi. Razlikuju se kolica koja imaju mogućnost zaustavljanja na mjestu utovara (kočioni uređaj – *clamping device*) i ona koja to nemaju. Izvor enerije potrebne za izvlačenje užeta za vezanje još je jedan element podjele kolica. Tako izvlačenje užeta za vezanje može biti ručno, mehanički (preko užeta koje pogoni pogonski uređaj ili preko motora smještenoga u samim kolicima, koji može biti elektromotor, motor s unutrašnjim izgaranjem ili hidraulični motor).



Izvor: Heinimann i dr. (2001)

Slika 24. Sastavnice tehničke namjene šumskih žičara

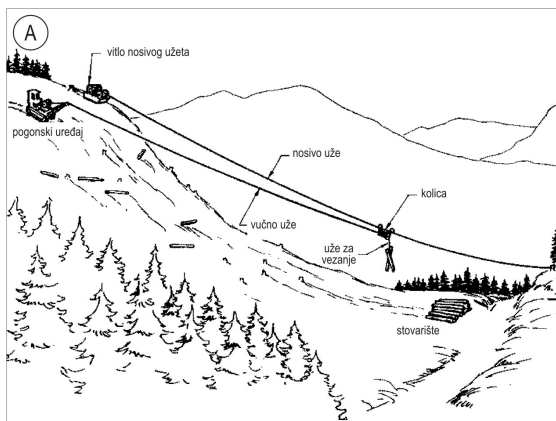
Sastavnice tehničke namjene šumske žičare pri iznošenju drva u trodimenzionalnom koordinatnom sustavu prikazuje slika 24. Smjer pružanja trase žičare prati x-os, dok z-os opisuje vertikalnu dimenziju, tj. visinu na kojoj je nosivo uže razapeto iznad tla. Heinimann i dr. (2001) navode da se većina opisa sustava šumskih žičara oslanja na dvodimenzionalnu predodžbu x-z ravnine, iako iznošenje drva zahtijeva i bočno kretanje oblovinu od mjesta sječe stabla (panja) do trase žičare koja je predstavljena sa y-osi. Isti autori određuju ove tehničke namjene šumskih žičara pri iznošenju drva:

- ⇒ transportna namjena (x-os): otpuštanje kolica na stovarištu, kretanje neopterećenih kolica od stovarišta do sječine, zaustavljanje kolica u sječini, otpuštanje kolica u sječini, kretanje opterećenih kolica iz sječine do stovarišta
- ⇒ podizna namjena (z-os): spuštanje vučnoga užeta (kuke) na tlo u sječini, odizanje tereta (oblovinu) od tla u sječini, spuštanje tereta na tlo na stovarištu, podizanje vučnoga užeta na stovarištu

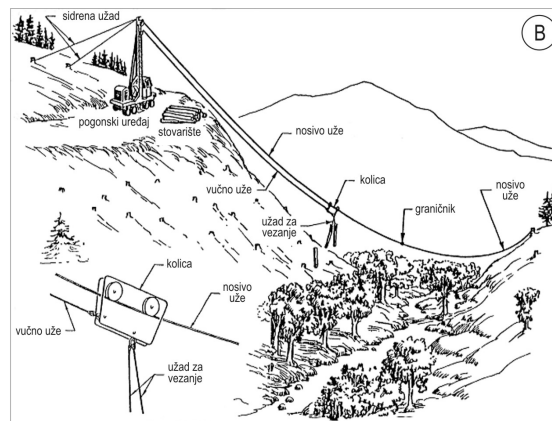
- ⇒ vučna namjena (y-os): izvlačenje vučnoga užeta od trase žičare do izrađene oblovine ili posječenoga stabla, postrano privlačenje oblovine od panja (mjesto vezanja) do trase žičare
- ⇒ namjena prihvata oblovine: vezanje oblovine na mjestu sječe i izradbe stabala te odvezivanje iznesene oblovine na pomoćnom stovarištu
- ⇒ namjena prijenosa energije: osigurava snagu za vuču, povrat i pohranu energije.

Velik broj današnjih proizvođača postojeće opreme užetnih sustava, u kombinaciji s četiri sastavnice od kojih je sastavljena većina žičara (sustavi užadi, pogona, prihvata tereta te pomoćnih dijelova), daju velik broj mogućih inačica šumskih žičara (Conway 1976, Košir 1997).

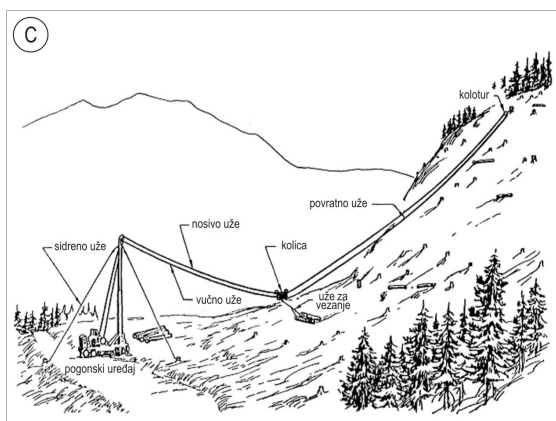
Kriteriji za razredbu šumskih žičara su različiti. Samset (1985) dijeli žičare s obzirom na duljinu trase žičare na žičare kratkih trasa (< 300 m), žičare srednje dugih trasa (od 300 do 800 m) te žičare dugih trasa (od 800 do 2000 m). S obzirom na nosivost, odnosno prema najvećoj mogućoj težini tereta, Lukač ih (2001) dijeli na vrlo lake (< 0,5 t), lake žičare (od 1 do 2 t), srednje teške žičare (od 2 do 3 t), teške žičare (od 3 do 5 t) te vrlo teške (> 5 t).



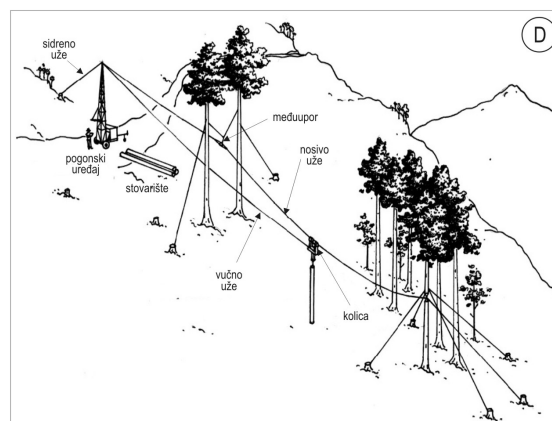
Šumska žičara s nepomičnim nosivim užetom, iznošenje niz nagib



Gravitacijska šumska žičara sa spuštajućim nosivim užetom



Šumska žičara s pokretnim nosivim užetom, iznošenje niz nagib



Višelučna šumska žičara s nepomičnim nosivim užetom, iznošenje uz nagib

Slika 25. Sustavi šumskih žičara

Ovisno o tome da li je nosivo uže nepomično ili pomično, odnosno čvrsto usidreno na svojim krajevima, Studier i Binkley (1975) šumske žičare dijele na:

- ⇒ šumska žičara s nepomičnim nosivim užetom (*standing skyline*): nosivo je uže čvrsto učvršćeno krajnjim osloncima te se ono pri radu ne može pomicati (slika 25a i 25d)
- ⇒ šumska žičara sa spuštajućim nosivim užetom (*live skyline*): pri radu se nosivo uže redovito spušta i podiže (slika 25b). Kada se kolica zaustave na mjestu vezanja tovara, smanjivanjem tenzije u nosivom užetu ono se spušta zajedno s kolicima te omogućuje vezanje tovara.
- ⇒ šumska žičara s pokretnim nosivim užetom (*Running skyline*): poboljšana inačica šumske vučnice (slika 25c). Razlika je u načinu rada jer se umjesto nosive spojnice ili nosive koloture rabe kolica, a podignutim krajnjim osloncem ostvaruje se progib užeta potreban za iznošenje oblovine do istovarne rampe (pomoćnoga stovarišta).

4.4 Današnje šumske žičare

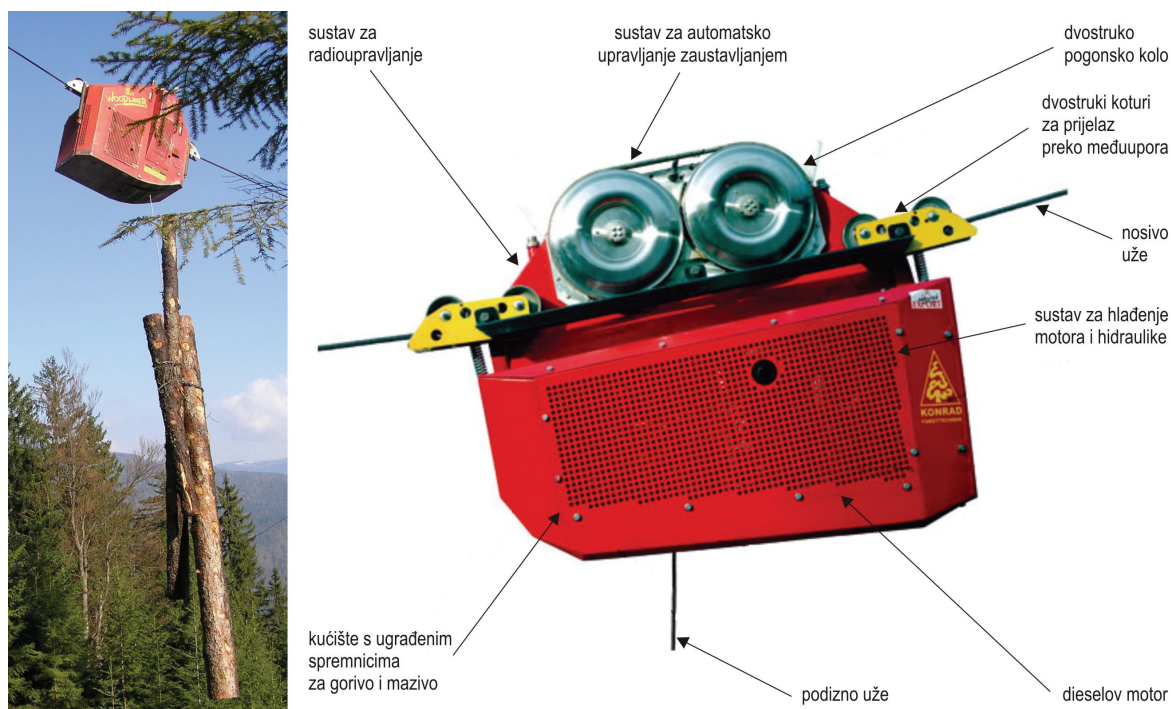


Slika 26. Najčešće inačice današnjih šumskih žičara

Današnje šumske žičare (slika 26) najčešće imaju obilježja žičara s nepomičnim nosivim užetom, odnosno žičara sa spuštajućim nosivim užetom, gdje otpuštanje nosivoga užeta nema više namjenu spuštanja kolica na tlo prilikom vezanja tereta, već automatsko podešavanje progiba nosivoga užeta ovisno o težini ovješena tereta. Stoga je pogodnije današnje šumske žičare razvrstavati s obzirom na način pogona na ove vrste:

- ⇒ šumske žičare s vlastitim pogonskim uređajem postavljene na kamionima (slika 26a)
- ⇒ šumske žičare koje koriste pogonski uređaj radnoga stroja na koji su priključene (slika 26b)
- ⇒ vučene šumske žičare s vlastitim pogonskim uređajem na priključnim vozilima (slika 26c)
- ⇒ šumske žičare s vlastitim pogonskim uređajem na saonicama (slika 26d)
- ⇒ samovozna kolica (slika 27).

Jedan od smjerova današnjega tehnološkoga razvoja jesu kolica koja imaju pogonski uređaj u vlastitom kućištu. Pri tome pogonski uređaj može služiti kao izvor energije za pogon podiznoga užeta i/ili za pogon podiznoga užeta i za vožnju kolica po nosivom užetu (slika 27). Upravlja se daljinskim radijskim uređajem. Negativna strana takvih kolica je to što njihova masa čak i do tri puta premašuje masu kolica koja nemaju ugrađen pogonski uređaj, čime je smanjena nosivost ove šumske žičare (Trzesniowski 1998). Samovozna su kolica zapravo šumska žičara s nepomičnim nosivim užetom.



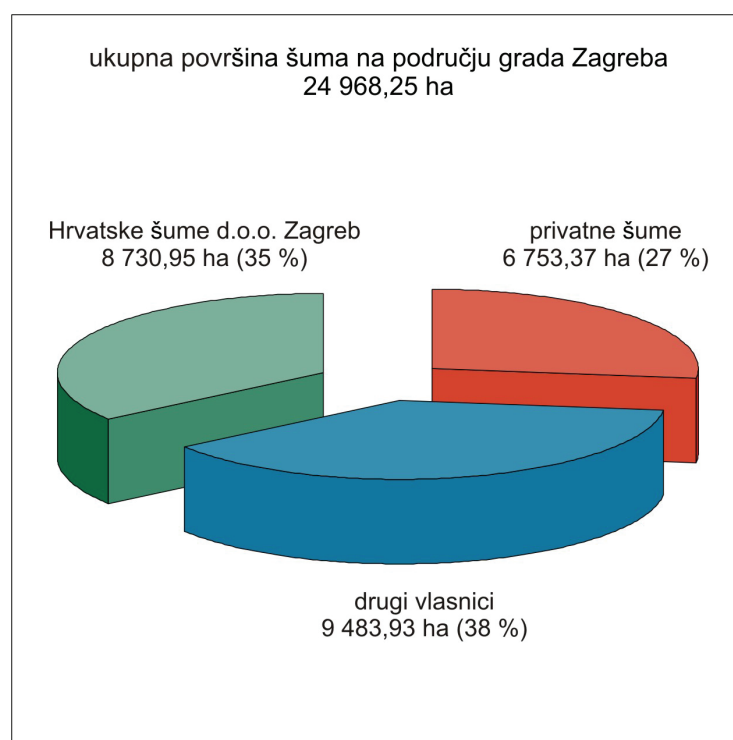
Slika 27. Samovozna kolica

5. RAŠČLAMBA SASTOJINSKIH PARAMETARA

Osim terenskih i sastojinskih čimbenika te uvjeta otvorenosti šuma mrežom primarnih i sekundarnih šumskih prometnica na izbor tipa žičare za iznošenje drva utječe i godišnja količina drva koja se predviđa posjeći na nekoj površini.

Projekcija godišnje količine drva koja se predviđa posjeći na području grada Zagreba napravljena je na osnovu podataka ostvarenih sječa u posljednjih pet godina. Šume grada Zagreba, u analizama su raščlanjene s obzirom na vlasništvo, i to: privatne šume i državne šume kojima gospodari šumarija Zagreb.

Ukupna površina šuma na području grada Zagreba iznosi 24 968,25 ha, a čija je struktura vlasništva prikazana na slici 28 (Oršanić i dr. 2004).



Slika 28. Struktura vlasništva nad šumama – grad Zagreb

Problem gospodarenja privatnim (6753 ha) šumama na području grada Zagreba očituje se kroz velik broj šumoposjednika (15 399), odnosno kroz usitnjenost katastarskih čestica, čiji ukupni broj iznosi 43 478. Prosječna veličina šumoposjeda iznosi 0,43 ha, a čestice 0,15 ha.

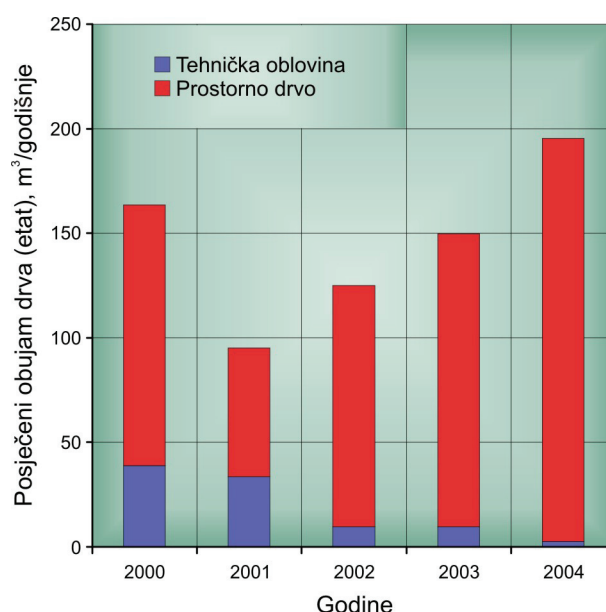
Nezaintresiranost privatnih šumoposjednika za svoje šume očituje se kroz:

- neupoznatost sa položajem svojih čestica,

- slabim poznavanjem propisa gospodarenja nad šumama,
- zanemarivim prihodom od šumoposjeda u domaćinstvu te kroz
- njihovu nepovoljnu dobnu i obrazovnu strukturu.

Osim usitnjenosti privatnoga šumoposjeda i nezaintresiranosti šumoposjednika za svoje šume problem racionalnoga gospodarenja privatnim šumama grada Zagreba je i: nepostojanje programa gospodarenja za privatne šume, posjedi nisu terenski obilježeni, nepostoje gospodarske karte te se uzgojni radovi ne provode.

Kretanje etata iz privatnih šuma grada Zagreba za proteklo petogodišnje razdoblje prikazuje slika 29. Prikazani službeni podaci, prema kojima proizlazi da se na području privatnih šuma grada Zagreba prosječno sječe 145 m³ oblog drva godišnje treba prihvatiti s rezervom, ali i sa sumnjom u nelegalne sječe koje izvode šumovlasnici prvenstveno za namirenje potreba za ogrijevnim drvom.



Slika 29. Petogodišnji etat – privatne šume grad Zagreb

Za ciljano mjesto primjene šumske žičare odabrana je Zagrebačka gora, kao okolišno, ali i estetski osjetljivi dio grada Zagreba, zbog: znatnih nagiba terena, bogate hirografske mreže, različitosti šumskih sastojina prepoznatljivih po velikom broju šumskih fitocenoza različitih uzgojnih oblika i razvojnih stadija, ali i tradicionalno velikog broja posjetitelja.

Zbog nepostojanja potrebnih podataka o privatnim šumama na području grada Zagreba, izrada studije „Šumska žičara – Okološno povoljna tehnika i tehnologija pridobivanja drva iz privatnih šuma na području grada Zagreba“ zasnivat će se na podacima o šumama kojima gospodari trgovačko društvo „Hrvatske šume“ d.o.o. Zagreb.

Analiza ostvarenih etata iz državnih šuma kojima gospodari šumarija Zagreb za posljednjih pet godina, obuhvatila je tri gospodarske jedinice: Sljeme – Medvedgradske šume, Markuševačka gora i Bistranska gora (slika 30), dok je GJ Limbuš – Sava ispuštena iz analiza jer se radi o površinama na ravničarskom terenu koji primarno nisu područje tehnologija iznošenja drva žičarama.

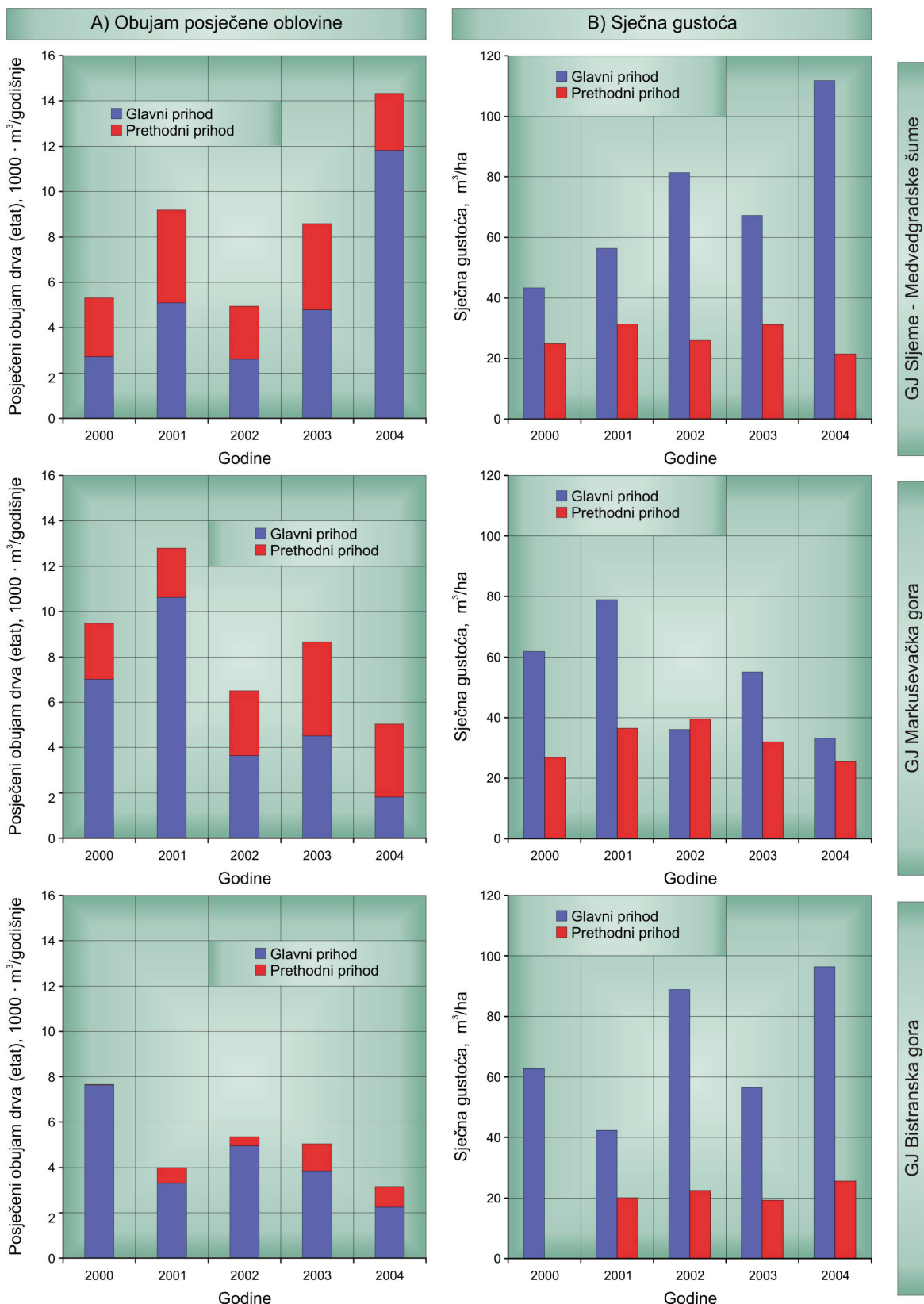
Pri analizi podaci su raščlanjeni na etate glavnog i prethodnoga prihoda te su prikazani i kroz prosječne sječne gustoće. Razlog tome je potreba za utvrđivanjem ključanog tehničkog parametra izbora žičare (dopuštena nosivost), ali i sagledavanje utjecaja sječne gustoće na proizvodnost iznošenja drva žičarom, koja negativno utječe na udjele vremena montiranja i demontiranja žičnog sustava u ukupnom vremenu rada žičare.

Analiza sastojinskih parametara napravljena je na osnovi podataka četiri gospodarske jedinice: Sljeme – Medvedgradske šume, Markuševačka gora, Bistranska gora i Stubička gora, koje čine jednu suvislu cjelinu te će se u daljnim razradama promatrati kao jedna šumsko-gospodarska cjelina (slika 31).

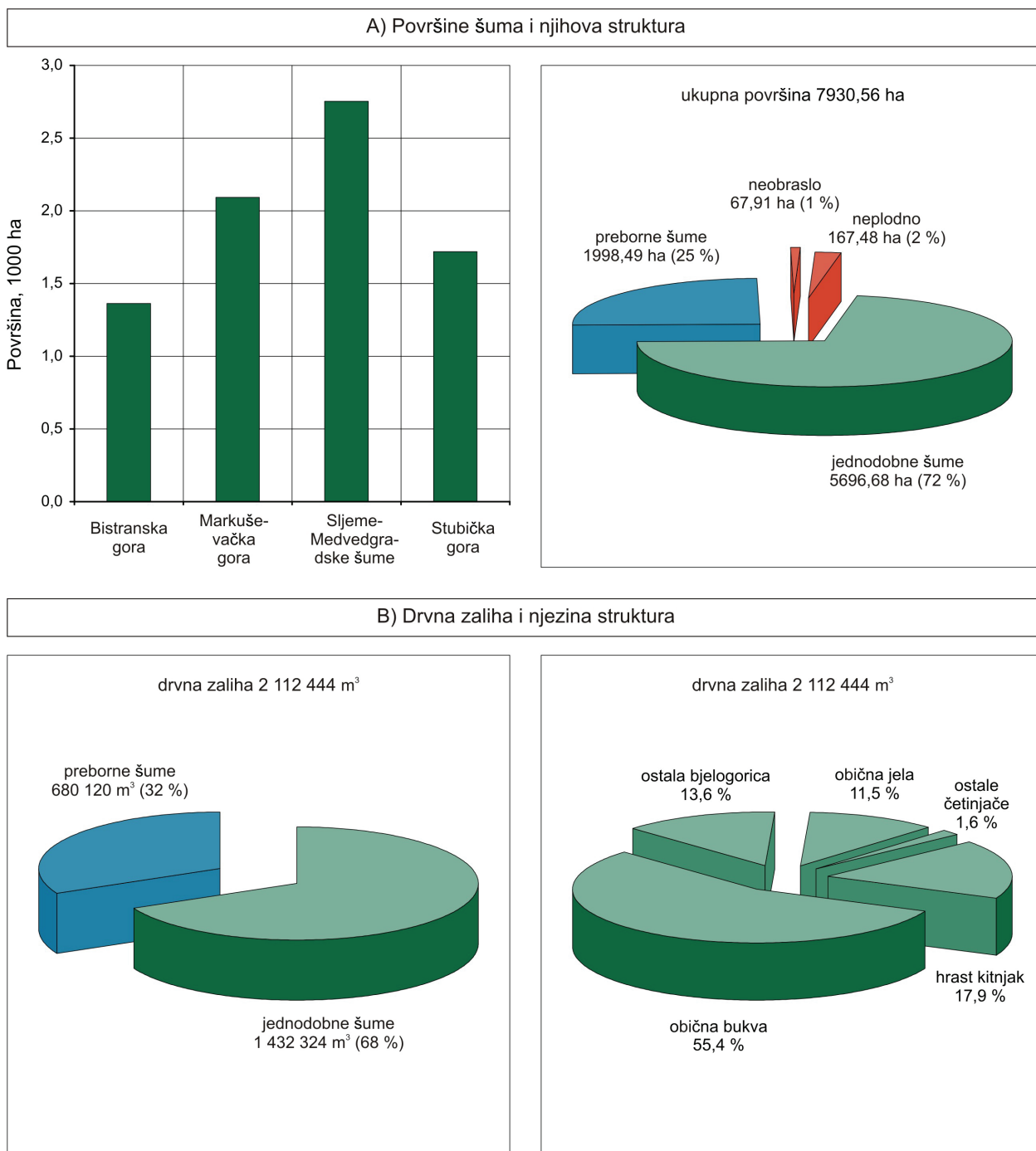
Ukupna površina odabrane površine šuma iznosi 7930,56 ha, od čega 72 % površine otpada na šume kojima se jednodobno gospodari, a 25 % površine na šume kojima se preborno gospodari. Na neplodno i neobraslo šumsko zemljište otpada 3 % površine.

Drvena zaliha iznosi 2 112 444 m³, od čega 68 % otpada na jednodobne šume, a 32 % na preborne. U drvnoj zalihi prevladava bjelogorica (87 %), dok ostatak otpada na crnogorične vrste (13 %). Prosječna drvena zaliha jednodobnih šuma iznosi 265,9 m³/ha (bez prvog dobnog razreda), a prebornih 340,3 m³/ha. Najveće učešće u drvnoj zalihi zauzima obična bukva (55,4 %), a zatim redom slijede hrast kitnjak (17,9 %), obična jela (11,5 %), itd.

Bioraznolikost šuma promatranog područja očituje se u velikom broju šumskih fitocenoza koje pridolaze na površini od 7930 ha, i to: šuma crne johe s trušnjikom, šuma crne johe s drhtavim šašem, šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba, šuma hrasta kitnjaka i običnoga graba, šuma hrasta kitnjaka sa šašem, šuma medunca i crnog graba, šuma kitnjaka i grahora, šuma kitnjaka s bekicama, šuma kitnjaka i pitomog kestena, šuma bukve s lazarkinjom, šuma bukve s bekicom, šuma bukve i jele, šuma običnog jasena i gorskog javora, lipovo – tisova šuma.



Slika 30. Petogodišnji etat – državne šume kojima gospodari šumarija Zagreb



Slika 31. Površine i drvna zaliha šuma kojima gospodare Hrvatske šume d.o.o. Zagreb na Medvednici

Sve četiri odabrane gospodarske jedinice nalaze u području parka prirode Medvednica čije se prirodne značajke ogledaju u:

- ⇒ jedinstvenom geografskom položaju – najprije se polagano, a zatim strmo izdiže nad Savskom dolinom i rijekom Savom,

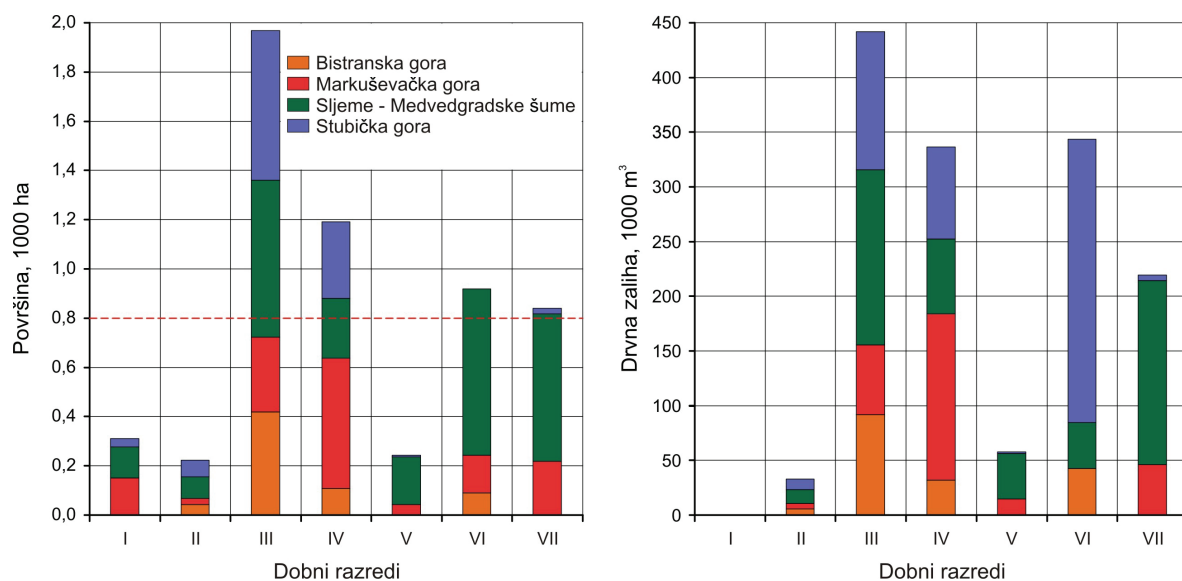
- ⇒ raznolikosti i bogatstvu biljnog pokrova u vertikalnom profilu od 100 do 1030 m nad morem na udaljenosti od samo 15 km,
- ⇒ panoramskom izgledu planine s nekoliko karakterističnih vrhova i mnogo udolina,
- ⇒ žuborom velikog broja potoka koji vijugaju padinama prekrivenim bujnom vegetacijom,
- ⇒ bogatstvom zelene mase različitih boja u svako doba godine,
- ⇒ prekrasnim čistim i mješovitim šumama bukve i jele s imponantnim drvnim zalihami po hektaru,
- ⇒ bogatstvu cvjetova i mirisa te različitih plodova i gljiva,
- ⇒ blizini gradske aglomeracije.

Posebno valja istaći da se u sklopu navedenih gospodarskih jedinica nalazi i 996,71 ha posebnih rezervata šumske vegetacije. U navedenoj kategoriji zaštićenog objekata prirode smjernice gospodarenje su:

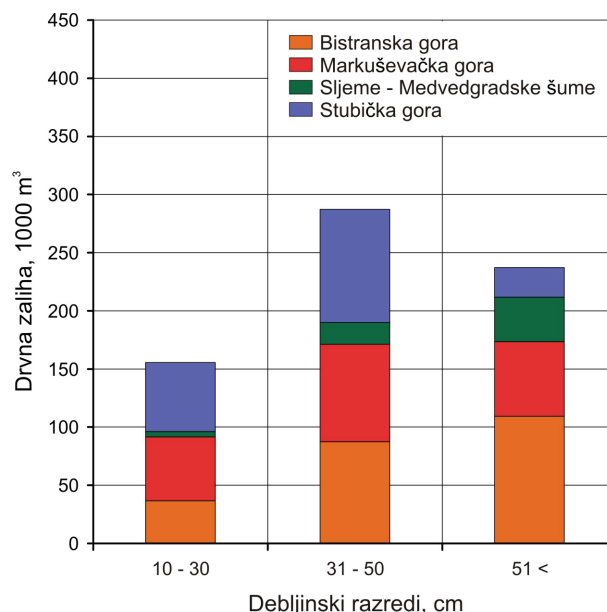
- ⇒ podržavanje prirodnog razvoja s gospodarenjem uz fizičku zrelost,
- ⇒ iz šume se uklanjaju samo stabla iz zaštitnih i uzgojnih razloga,
- ⇒ zabranjeno je sabiranje cvijeća i raznih šumskih plodova.

Slika 32 prikazuje strukturu površina i drvene zalihe jednodobnih šuma po dobnim razredima, iz koje je vidljiv narušen slijed potrajnosti prihoda. Zadnja dva dobn razreda (VI i VII) zauzimaju (30,9 %) površine jednodobnih šuma odnosno 39,3 % drvene zalihe.

Struktura drvene zalihe ($680\ 120\ m^3$) prebornih šuma normalo je distribuirana po debljinskim razredima (slika 33). S obzirom da se prebornim bukovo – jelovim šumama gospodari uz sječivu zrelost od 60 cm prsnoga promjera, zanimljiv je podatak da na zadnji debljinski razred ($51\ cm <$) otpada 34,9 % drvene zalihe.



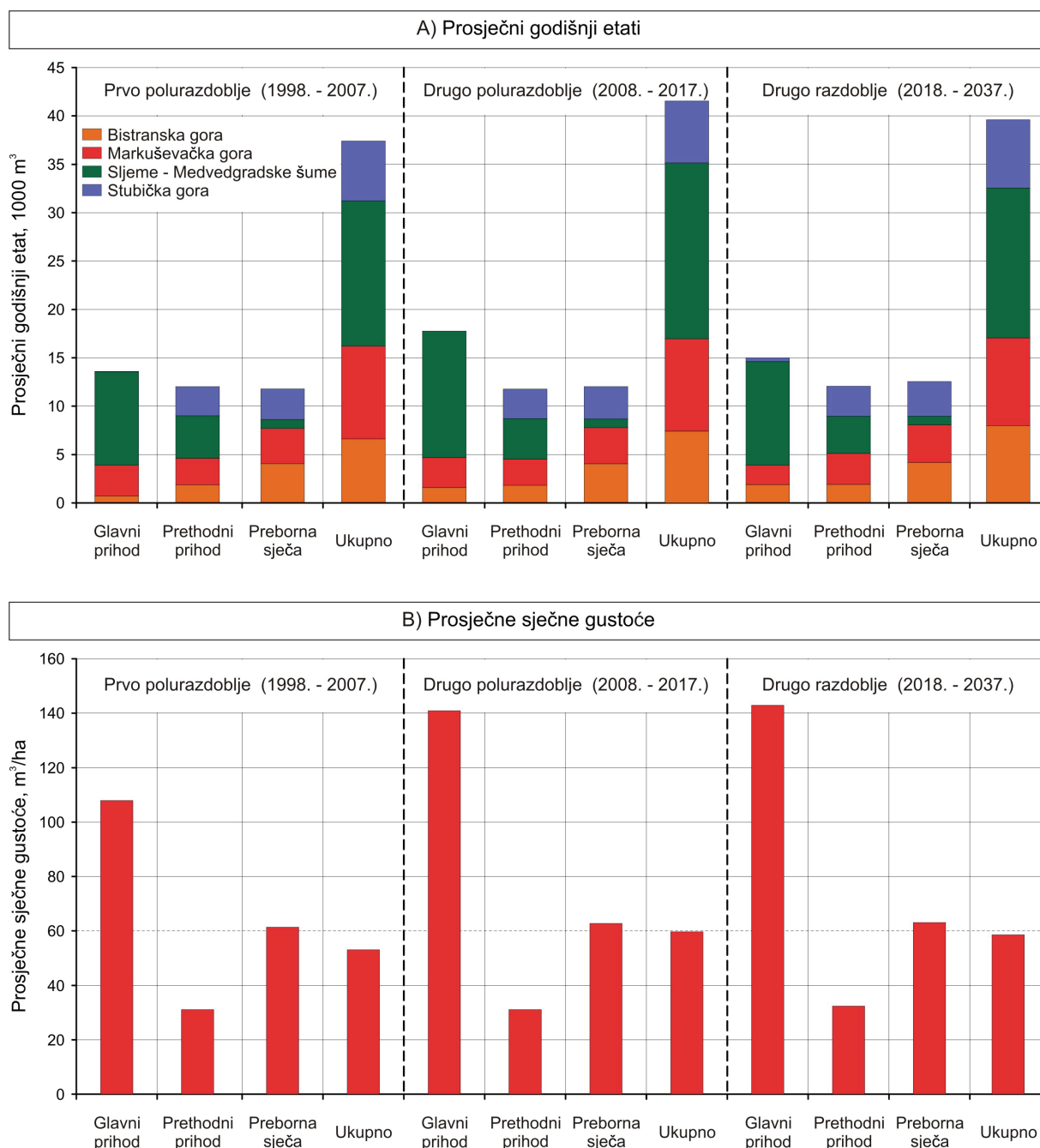
Slika 32. Struktura površina i drvne zalihe jednodobnih šuma po dobnim razredima



Slika 33. Struktura drvne zalihe prebornih šuma

Iz općih osnova sječa, osnova gospodarenja navedenih gospodarskih jedinica, analizirani su podaci o propisanim etatima za prvo (1998. – 2007.), i drugo (2008. – 2017.) polurazdoblje prvog razdoblja važenja osnova gospodarenja te drugo razdoblje (2018. – 2037.). Zbog različitog trajanja propisanih polurazdoblja (10 godina) i razdoblja (20 godina) u osnovama gospodarenja, a radi lakše usporedivosti podataka, etati su prikazani kao prosječni godišnji etati (slika 34A). Ovi podaci presudni su pri nabavi bilo kojeg kojeg mehaniziranog sredstva za izvođenje radova pridobivanja uopće jer govore o mogućnosti iskorištenja njegovih radnih kapaciteta (sindrom zvan Obrovac).

Pri analizi podaci su raščlanjeni na etate glavnog i prethodnoga prihoda jednodobnih šuma te glavnoga prihoda prebornih šuma su prikazani i kroz prosječne sječne gustoće (slika 34B). Razlog tome je potreba za utvrđivanjem ključnog tehničkog parametra izbora žičare (dopuštena nosivost), ali i sagledavanje utjecaja sječne gustoće na proizvodnost iznošenja drva žičarom, koja negativno utječe na udjele vremena montiranja i demontiranja žičnog sustava u ukupnom vremenu rada žičare.



Slika 34. Prikaz opće osnove sječa po polurazdobljima i razdobljima

Na osnovi analize sastojinskih parametara i propisa općih osnova sječa odabranih gospodarskih jedinica za razdoblje 2008. – 2037. prosječni godišnji etati i sječne gustoće iznosit će za:

- ⇒ **ukupni prihod – 40 571 m³/godišnje, 59,1 m³/ha,**
- ⇒ **jednodobne šume, prethodni prihod – 11 910 m³/godišnje, 31,7 m³/ha,**
- ⇒ **jednodobne šume, glavni prihod – 16 381 m³/godišnje, 141,9 m³/ha,**
- ⇒ **preborne šume, glavni prihod – 12 280 m³/godišnje, 62,9 m³/ha.**

Dva su zahtjeva za ekonomičan rad šumskim žičarama:

- ⇒ minimalno godišnje mora iznesti od 8 000 do 12 000 m³ (ovisno o vrsti žičare),
- ⇒ sječna gustoća minimalno mora iznositi od 0,5 do 1 m³ izrađene oblovine po metru tekućem nosivoga uža, što ovisno o obliku sječne jedinice te položaju i rasporedu žičnih linija iznosi od 60 do 100 m³/ha.

6. RAŠČLAMBA PROMETNE INFRASTRUKTURE

6.1. Prikupljanje postojećih kartografskih podataka, obrada i prilagođavanje projektnom zadatku

Za istraživano su područje prikupljene odgovarajuće kartografske podloge koje su nam bile dostupne, iste su dorađene s ciljem prilagodbe projektnom zadatku te uobičajene za daljnje aktivnosti na projektu. Ovdje treba napomenuti kako su kartografski podaci prikupljeni iz dva izvora što je rezultiralo različitostima te je u njihovo objedinjavanje i jednoobraznost utrošeno podosta vremena.

6.2. Formiranje računalne baze podataka istraživanog područja

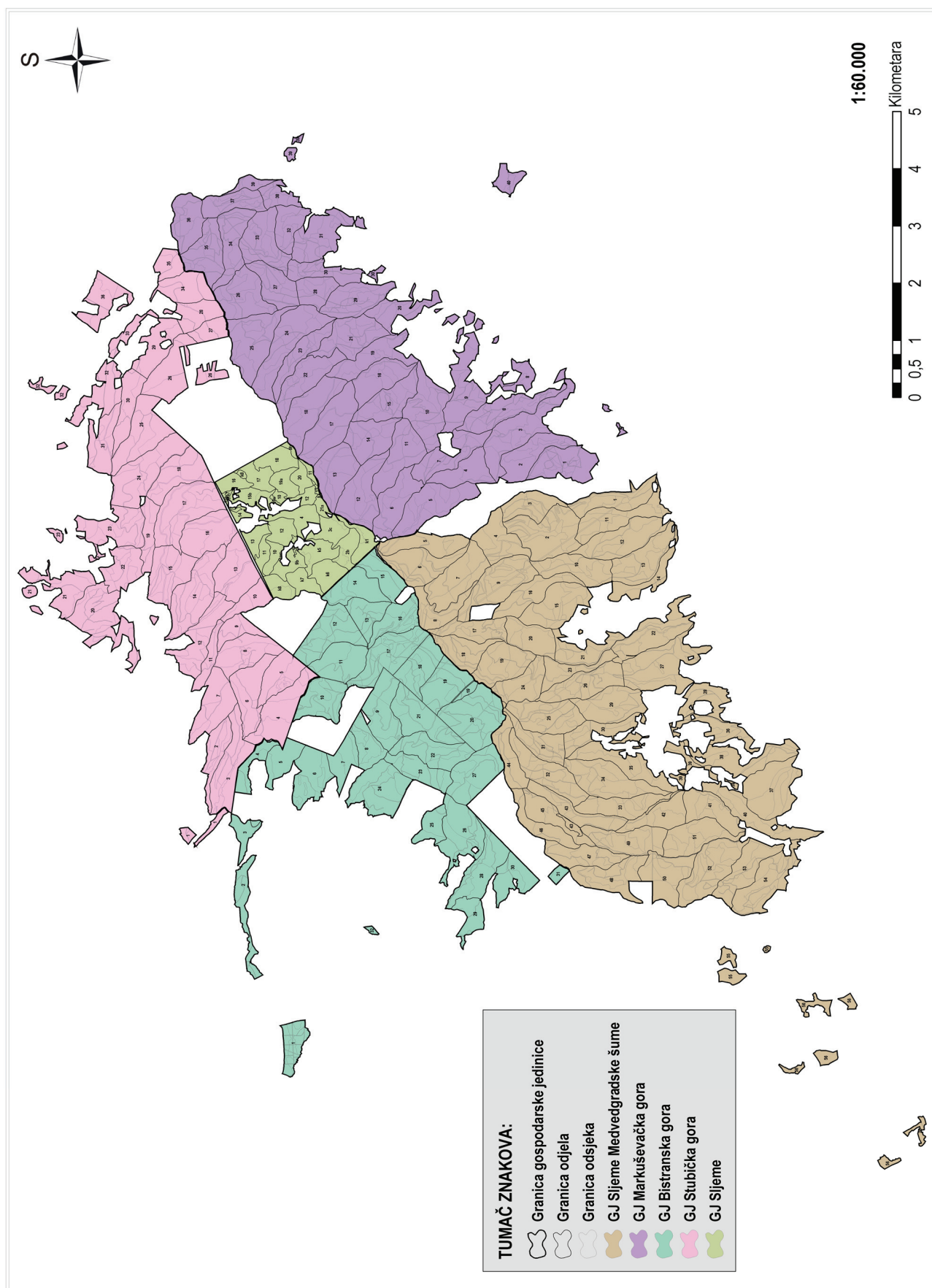
Za istraživano je područje dizajnirana računalna baza podataka. Osnovni je nositelj podataka i informacija prostorna jedinica odsjeka kao najmanja obračunska jedinica u šumarstvu. Kompleksne baze podataka u pisanom i u digitalnom obliku (HSFOND, UREL, Programi gospodarenja, ostali izvori) su analizirane, reducirane i modificirane kako bi dobili računalnu bazu primjerenu zahtjevima projekta. Pri tome smo se susreli s problemom nedovoljno točnih, djelomično neažurnih i poglavito neujednačenih podataka (to se prije svega odnosi na područja kojim gospodare HŠ d.o.o. Zagreb i Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu).

Novoformirana je baza podataka dopunjena i podacima iz Programa gospodarenja predmetnih gospodarskih jedinica kao i podacima prikupljenim terenskim mjerenjem. Takova je baza podataka iskoristiva kako u šumarstvu tako i izvan njega, moguće ju je nadograđivati i reducirati kao i obavljati različite operacije između podataka baze.

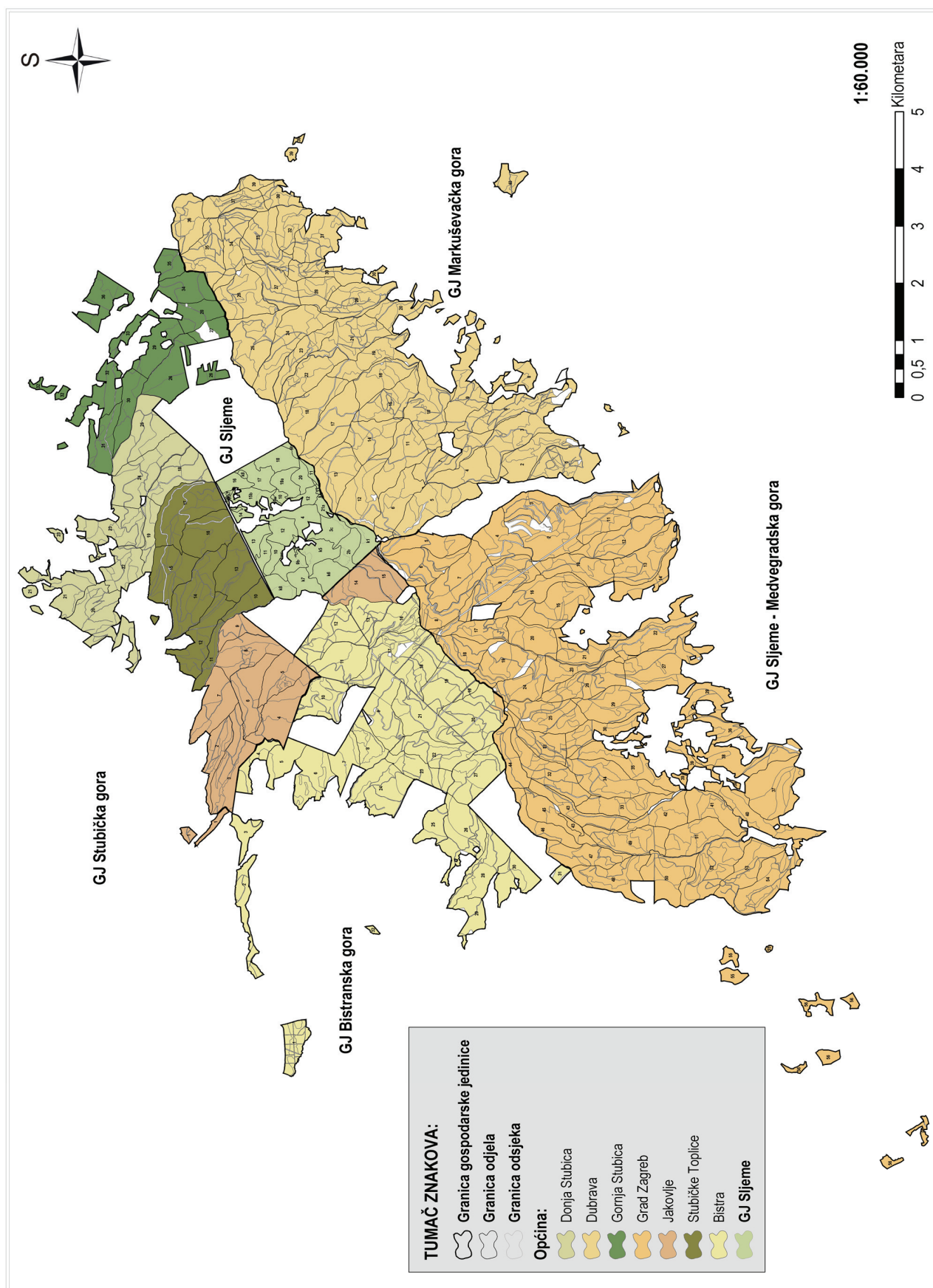
6.3. Dizajniranje GIS-a istraživanog područja

Računalnu je bazu podataka potrebno povezati s prostornom jedinicom odsjeka, odnosno sve podatke iz baze treba pridružiti najmanjoj obračunskoj jedinici u šumarstvu – odsjeku. Obavljeno je povezivanje te je na taj način uspostavljen GIS sustav istraživanog područja koji omogućava različite analize temeljem kojih je osigurano donošenje pravovremenih i pravovaljanih odluka. Kao podloga za sveukupno istraživanje izrađeno je 12 tematskih karata prikazanih redom:

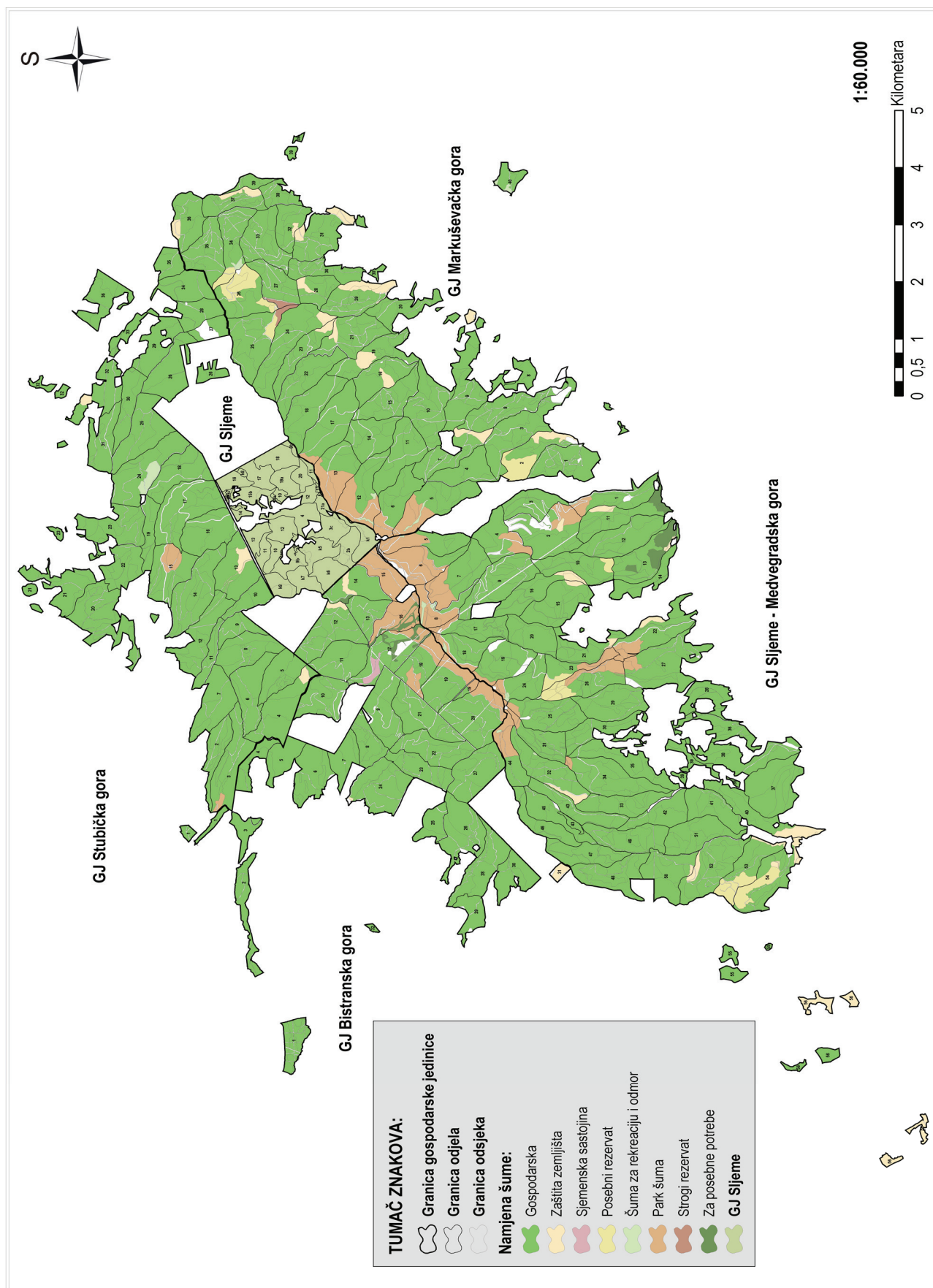
Karta 1. Gospodarska podjela



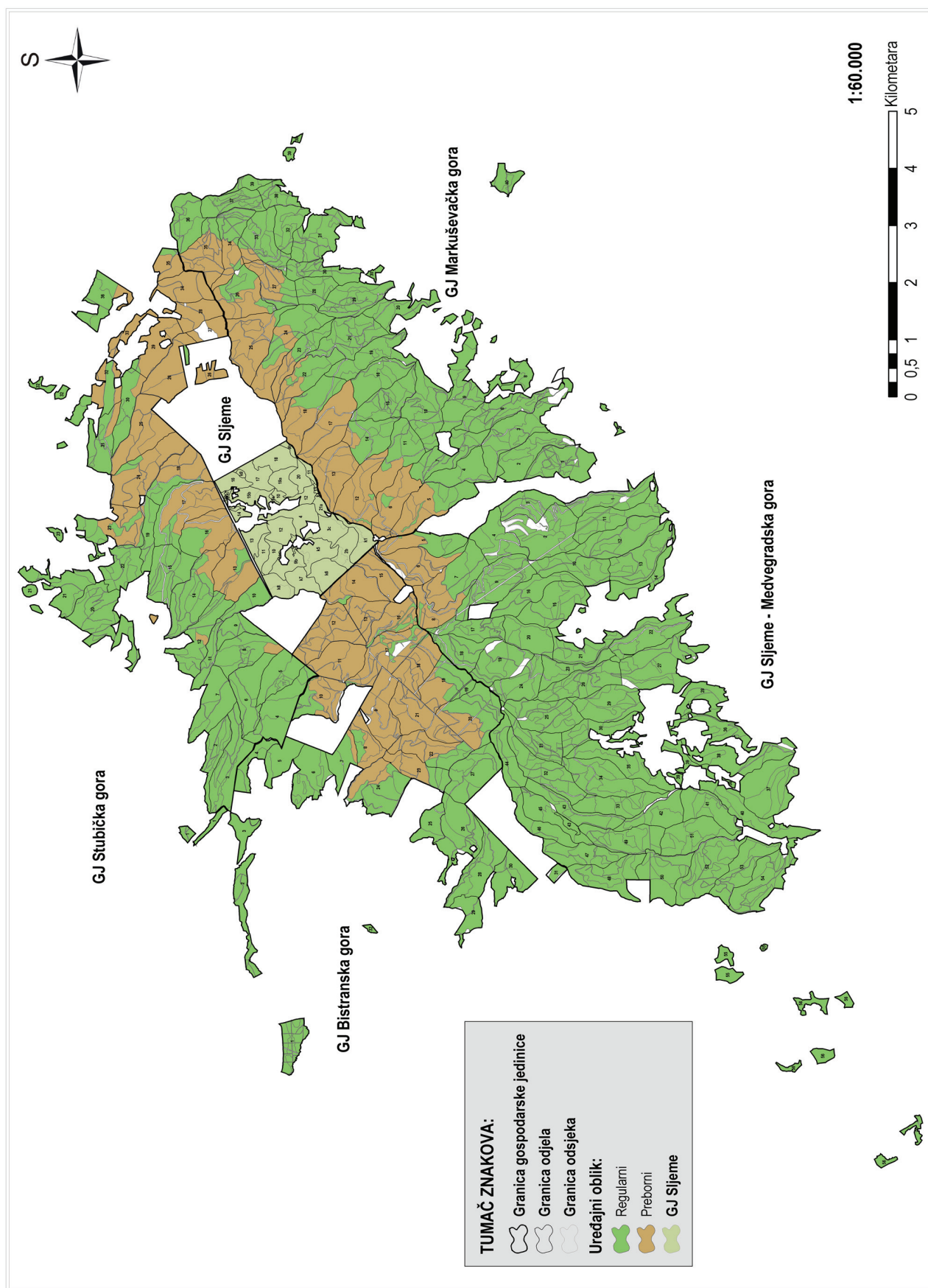
Karta 2. Administrativna podjela (općine)



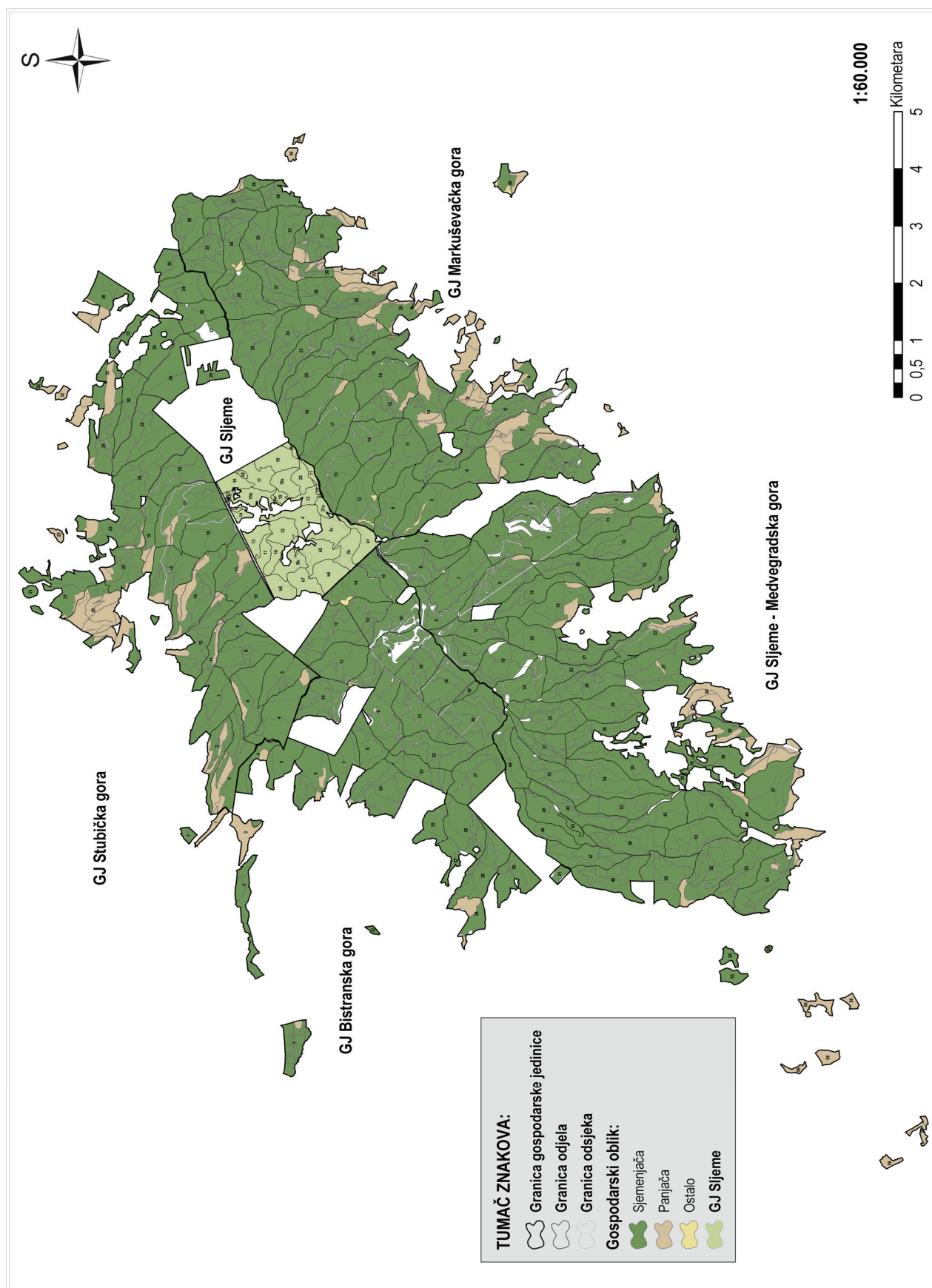
Karta 3. Namjena šuma



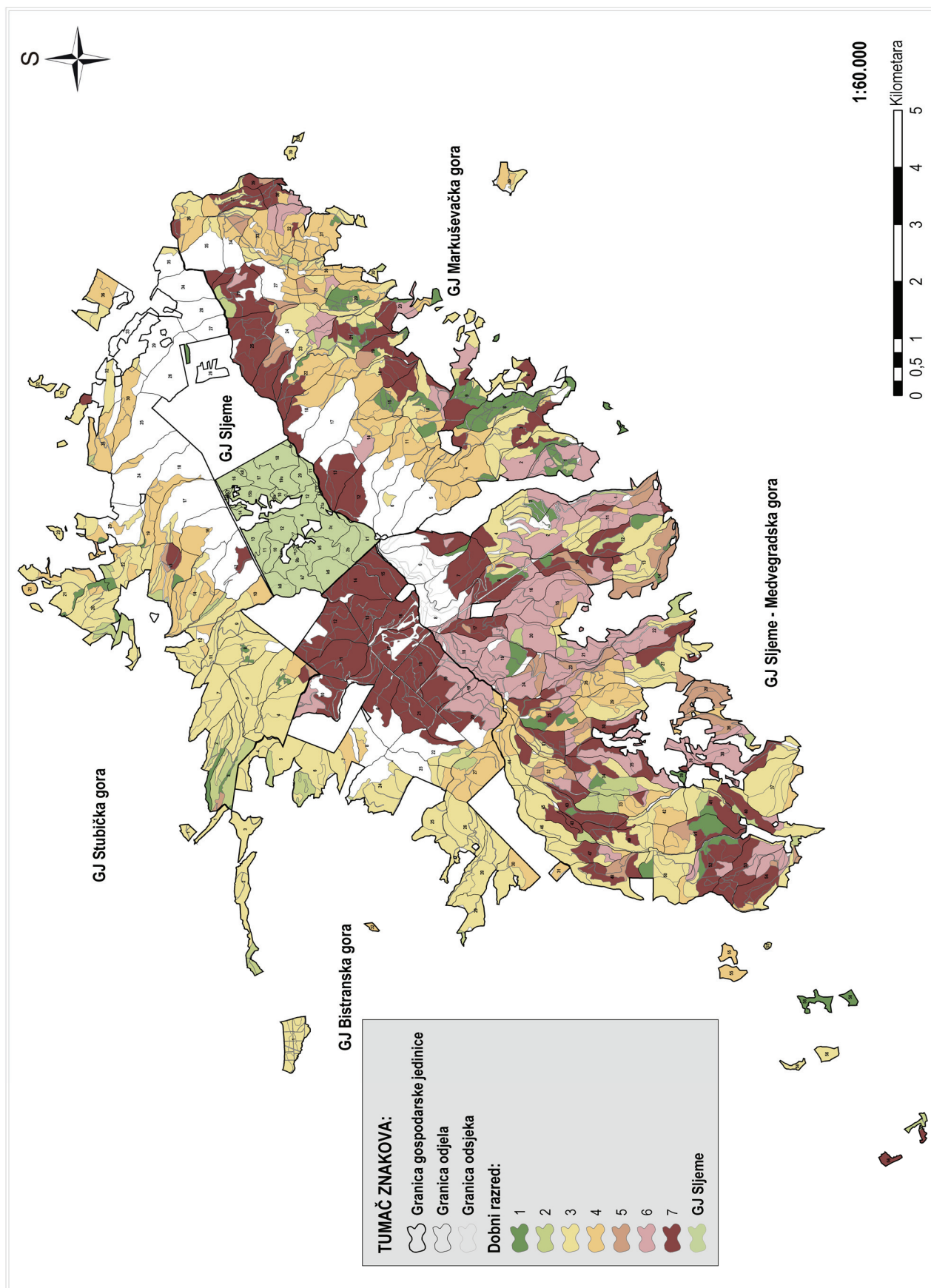
Karta 4. Uređajni oblik



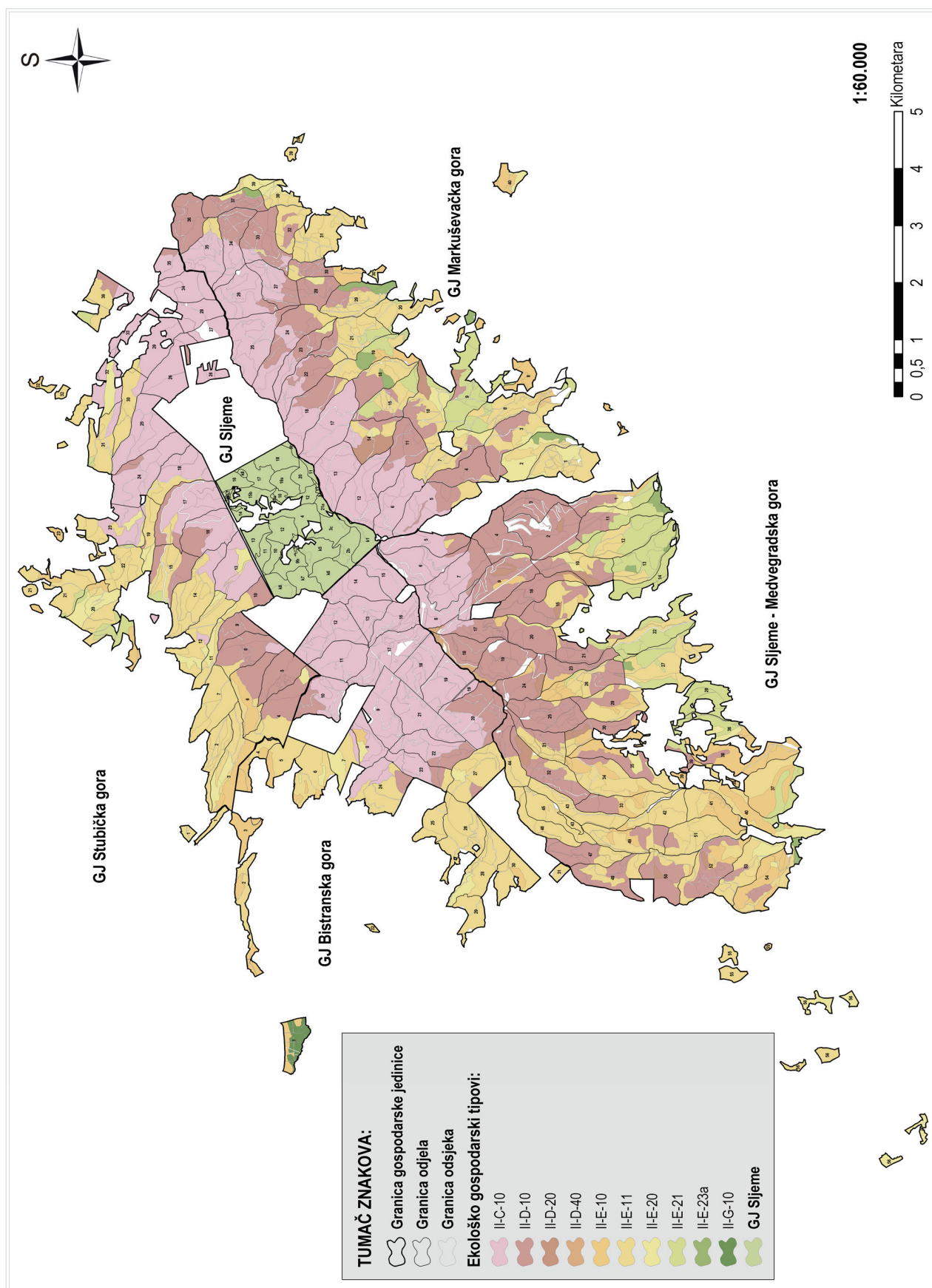
Karta 5. Gospodarski oblik



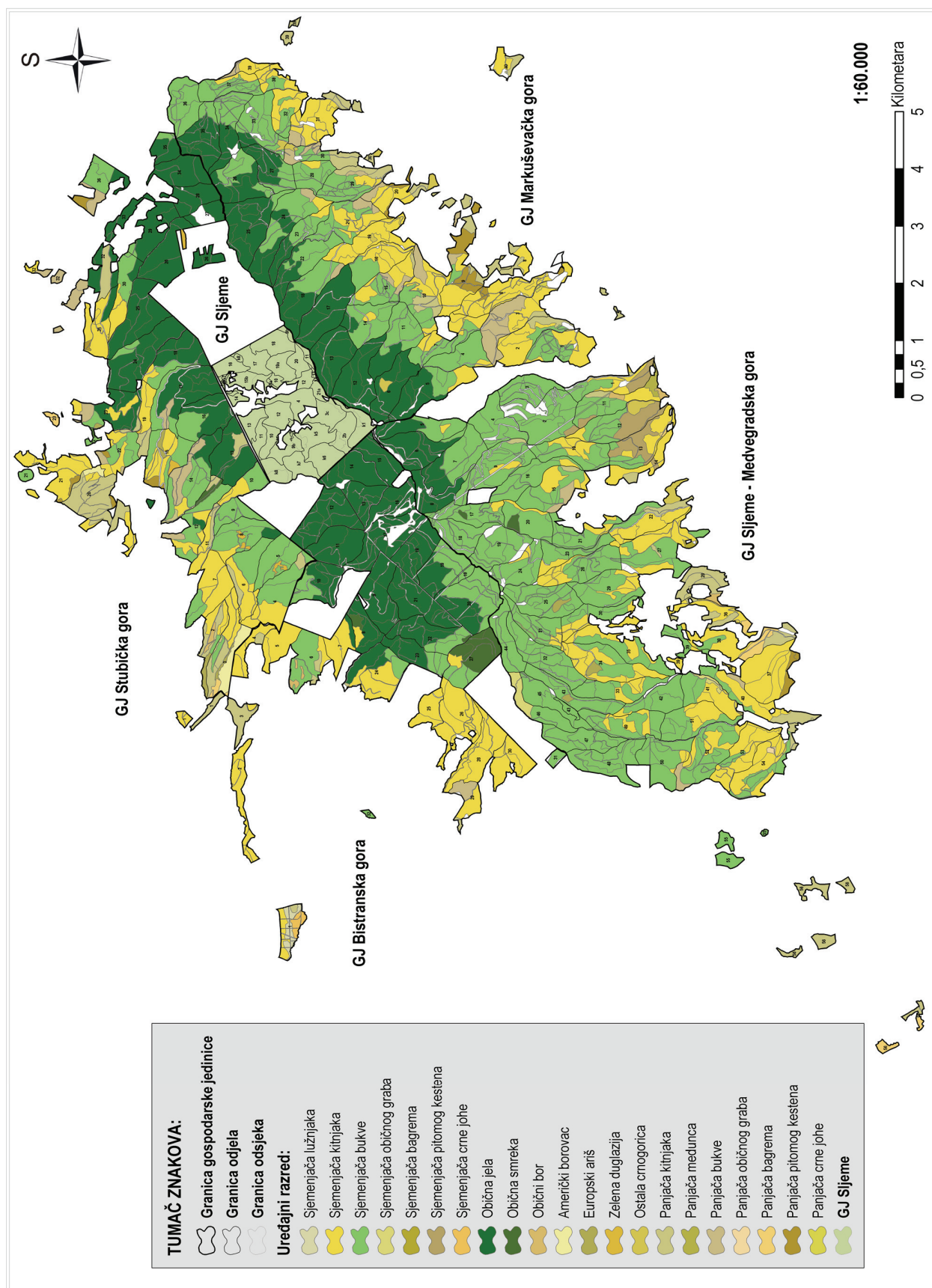
Karta 6. Dobni razredi jednodobnih šuma



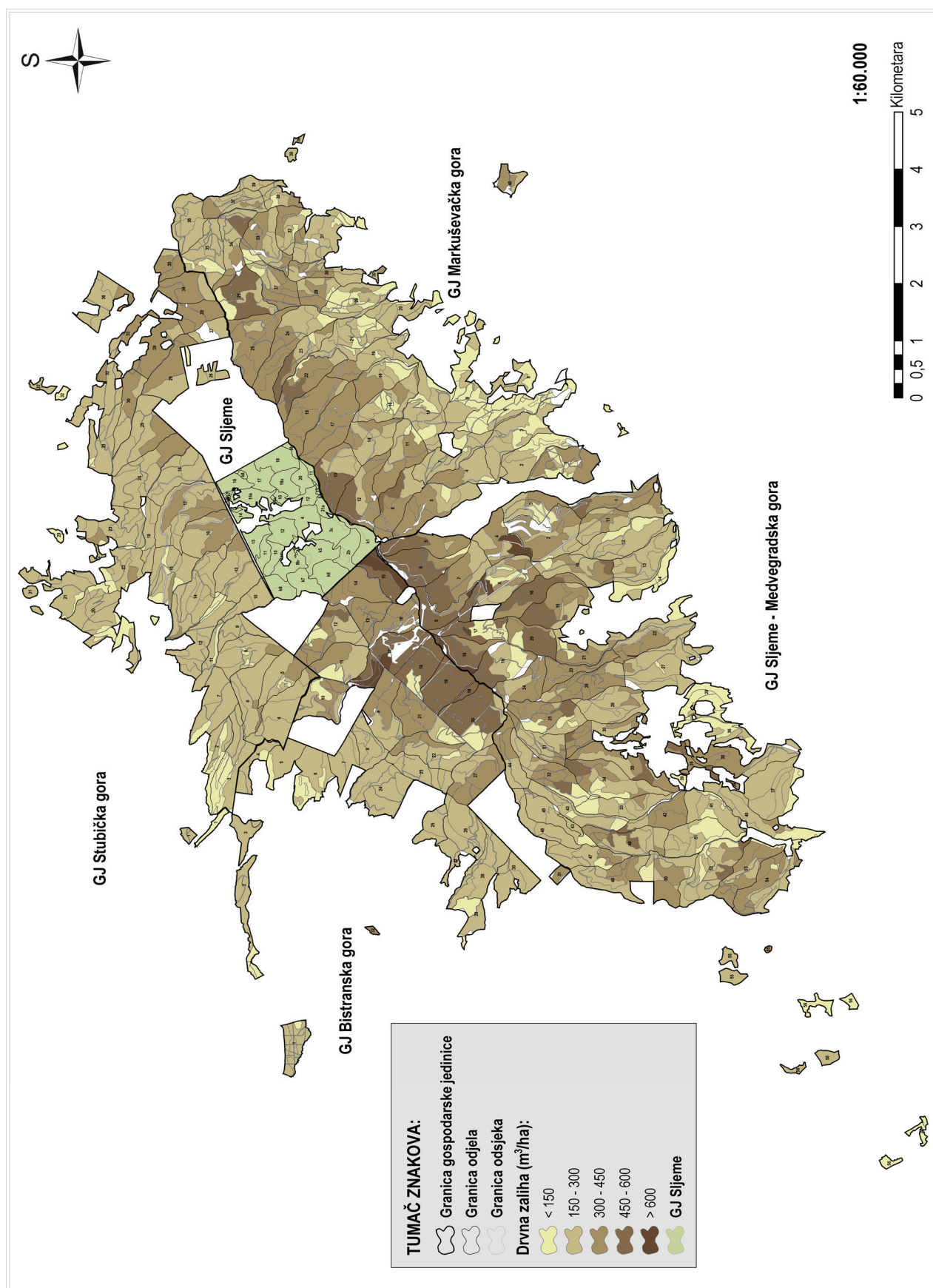
Karta 7. Ekološko-gospodarski tipovi



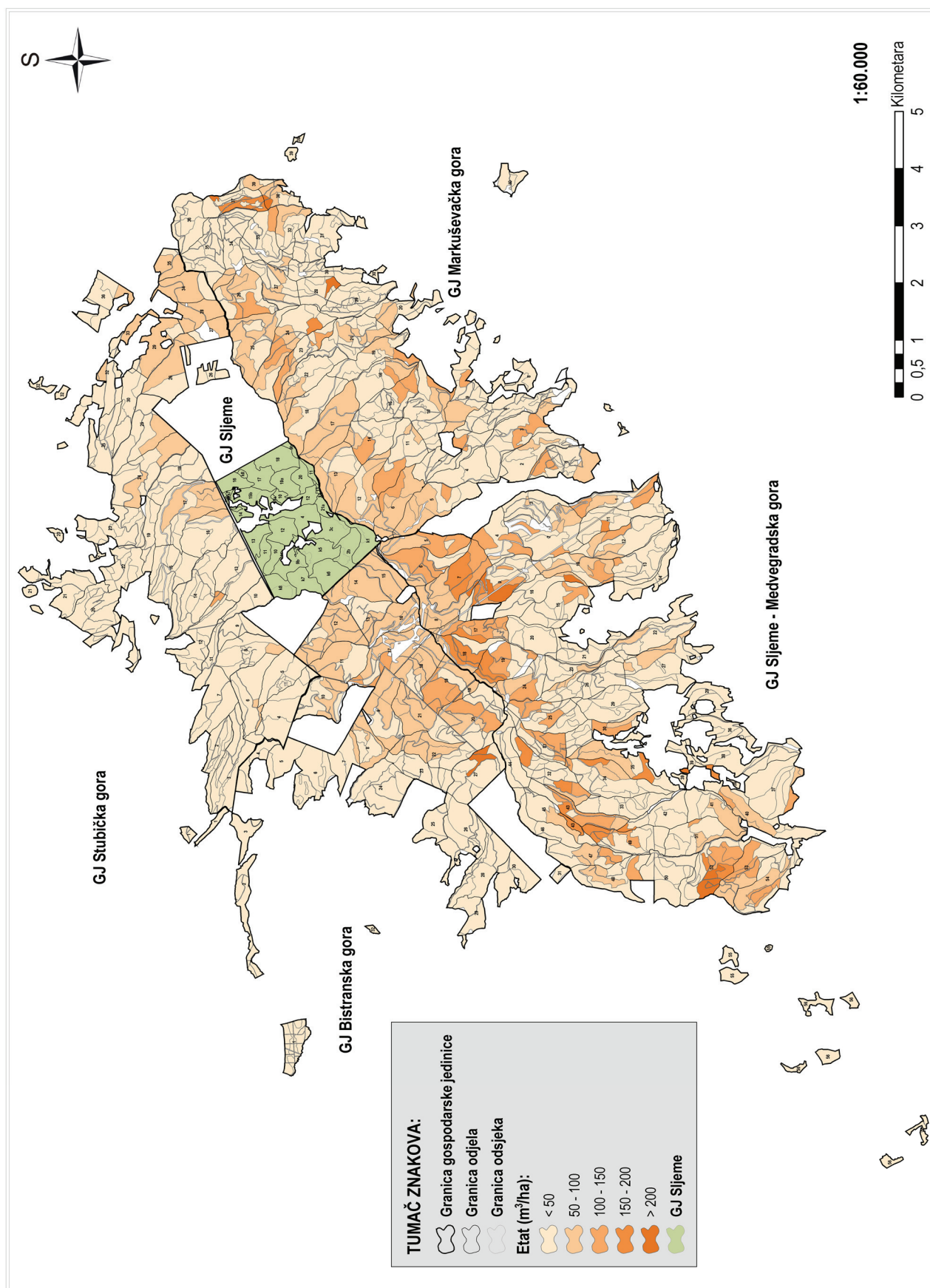
Karta 8. Uredajni razredi



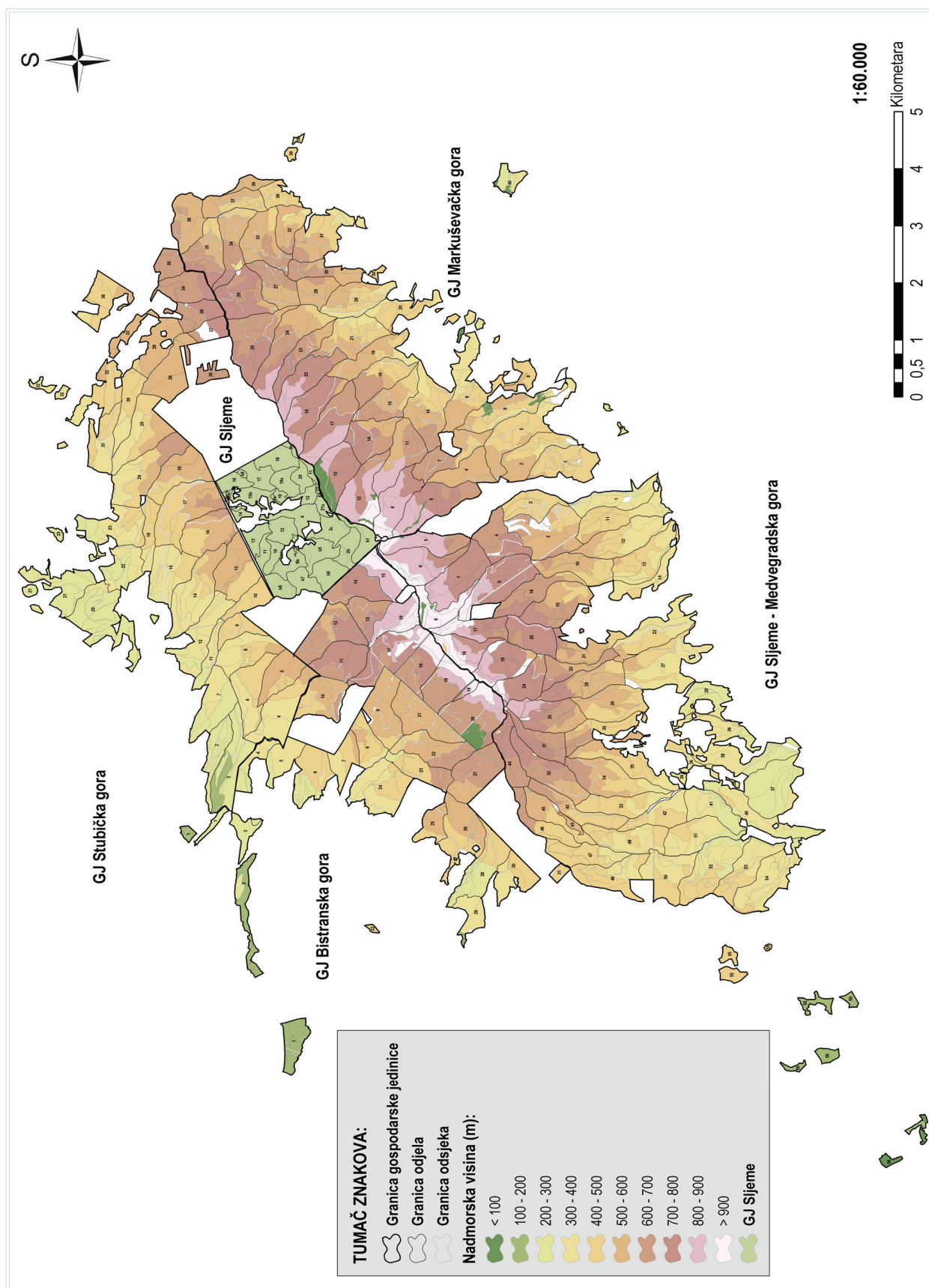
Karta 9. Drvna zaliha



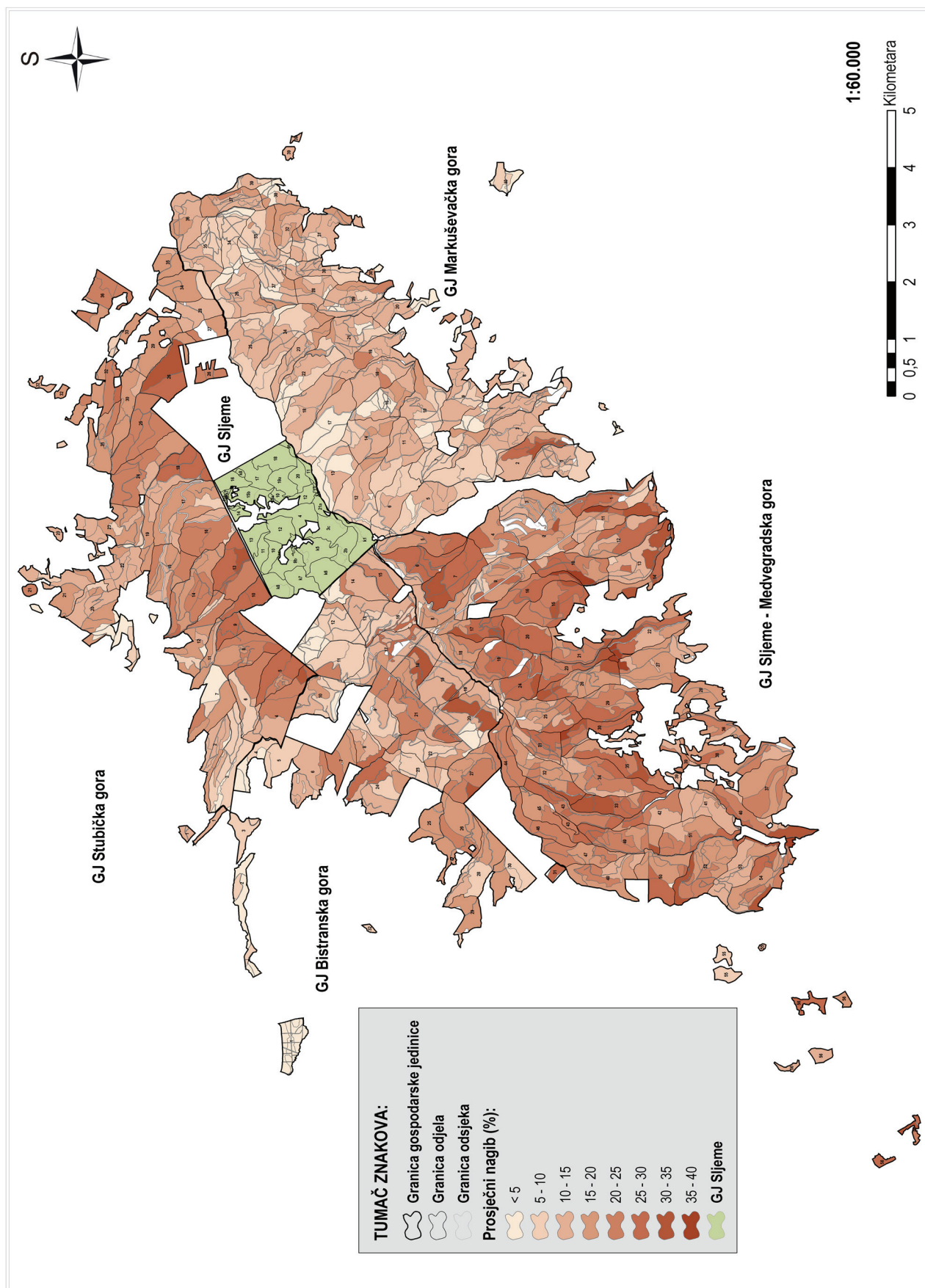
Karta 10. 10-godišnji etat



Karta 11. Nadmorske visine

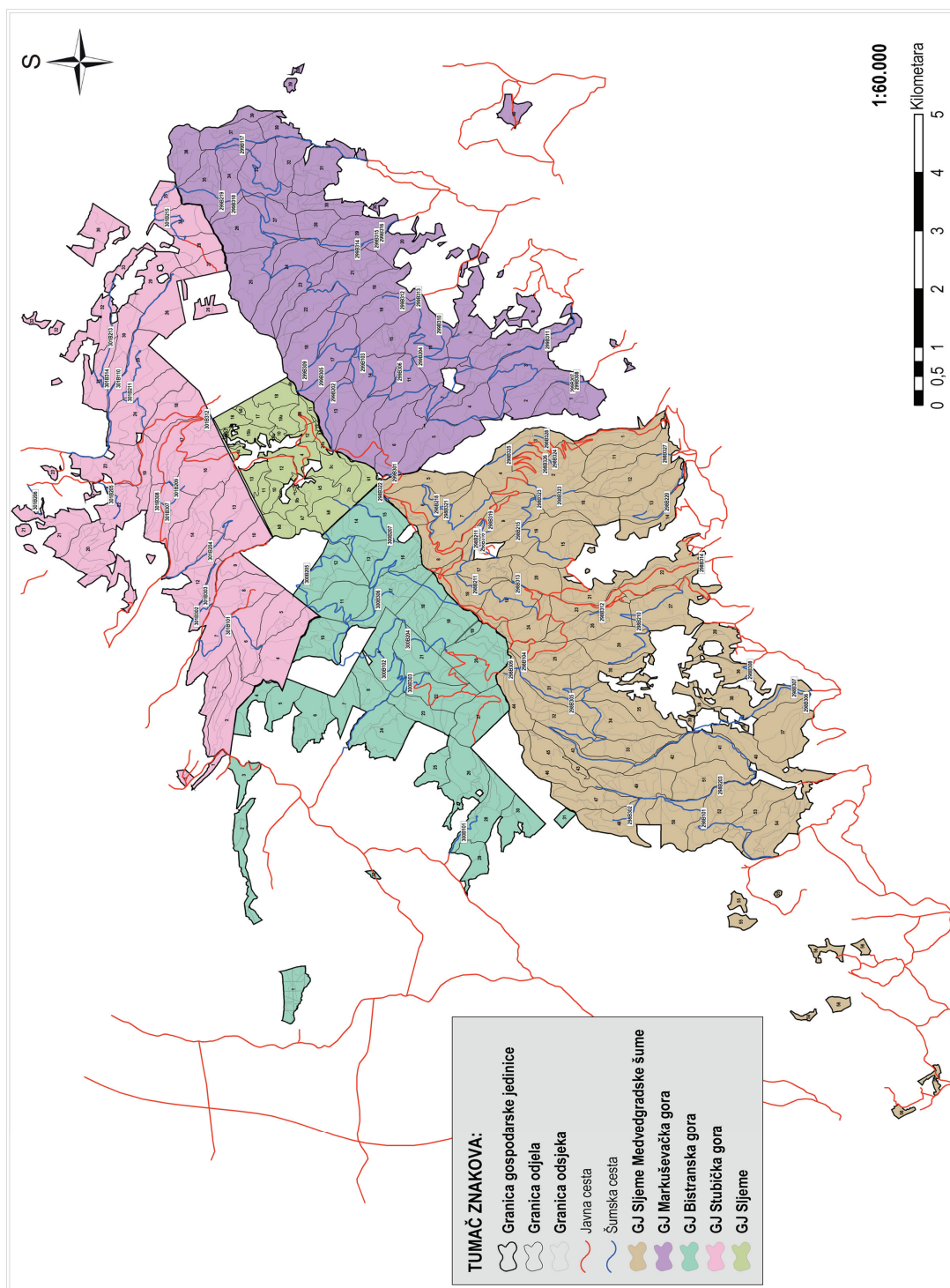


Karta 12. Prosječni nagibi terena (podaci iz Programa gospodarenja)



6.4. Uspostava katastra primarne šumske prometne infrastrukture

Primarna šumska prometna infrastruktura (sve šumske i one javne ceste koje se koriste pri gospodarenju šumom) optimalna je kako po pitanju kakvoće tako i kolikoće predstavlja neophodan preduvjet integriranog, racionalnog na principima potrajnosti, bioraznolikosti, ekološke osvještenosti i prirodnosti šuma zasnovanog gospodarenja cjelokupnim šumskim ekosustavom – slika 35.



Slika 35. Katastar primarne šumske prometne infrastrukture – slikovni prikaz

Kako bi, s jedne strane, dobili uvid u postojeće primarne šumske prometne infrastrukturne resurse, a s druge strane, upotpunili GIS istraživanih područja i ovom sastavnicom te na taj način stvorili preduvjete daljnjeg sustavnog otvaranja šuma, nužno je bilo izraditi katastar primarne šumske prometne infrastrukture.

Katastar se sastoji od slikovnog i tabelarnog dijela. Na zemljovidima su prikazane sastavnice primarne šumske prometne infrastrukture s pripadajućim katastarskim brojevima (prema sustavu šifriranja «HŠ» d.o.o. Zagreb) dok su u tablicama prikazani glavni katastarski podaci za svaku cestu.

Utvrdjivanje katastarskih brojeva cesta obavlja se po jedinstvenom sustavu promatrajući gospodarsku jedinicu kao cjelinu. Označavanje cesta vrši se kombinacijom šifre gospodarske jedinice, velikih slova i arapskih brojeva (predstavljaju značenje i redoslijed prometnice).

Prva oznaka je arapski broj (tri znamenke) i predstavlja broj gospodarske jedinice koji ona ima u gospodarskoj podjeli šumskogospodarskog područja Hrvatske. Druga oznaka je veliko slovo: A-javna cesta, B-šumska ili protupožarna cesta te broj grupe:

- Grupa 011 – šumske ceste sa gornjim strojem
- Grupa 012 – šumske ceste bez gornjeg stroja
- Grupa 021 – protupožarne prometnice sa gornjim strojem
- Grupa 022 – protupožarne prometnice bez gornjeg stroja

Treća oznaka (jedna znamenka) određuje značenje ceste pri čemu je:

- 1 – glavna šumska cesta (GŠC),
- 2 – sporedna šumska cesta (SŠC),
- 3 – prilazna šumska cesta (PŠC).

Četvrta oznaka (dvije znamenke) određuje redoslijed prometnice u gospodarskoj jedinici.

6.5. Otvorenost šumskog područja šumskim prometnicama

Otvorenost određenog šumskog područja šumskim prometnicama (cestama i vlakama) izračunava se dijeljenjem ukupne količine šumskih prometnica prikazane u metrima, s ploštinom na kojoj prometnice egzistiraju, iskazanom u hektarima. Mjerna jedinica kojom izražavamo otvorenost nekog područja je m/ha ili km/1000 ha, a moguće je uporabiti i m/m² odnosno km/km². Matematički izraz kojim izračunavamo otvorenost ima oblik:

$$O = \frac{d}{P}$$

Tumač znakova:

O - otvorenost šumskog područja šumskim prometnicama (m/ha),

d - količina šumskih prometnica (m),

P - površina na kojoj se šumske prometnice nalaze (ha).

S obzirom na osnovnu podjelu šumskih prometnica, možemo govoriti o otvorenosti šumskog područja šumskim cestama i otvorenosti šumskog područja traktorskim vlakama (traktorskim putevima). Za izračun otvorenosti šumskim cestama imamo izraz:

$$O_{\text{SC}} = \frac{d_{\text{SC}}}{P}$$

a za otvorenost traktorskim vlakama (traktorskim putovima):

$$O_{\text{TV}} = \frac{d_{\text{TV}}}{P}$$

Tumač znakova:

O_{SC} - otvorenost šumskog područja šumskim cestama (m/ha),

O_{TV} - otvorenost šumskog područja traktorskim vlakama /traktorskim putovima (m/ha),

d_{SC} - količina šumskih cesta (m),

d_{TV} - količina traktorskih vlaka (traktorskih putova) (m),

P - površina za koju se izračunava otvorenost (ha).

Za ocjenu stupnja otvorenosti, prema važećim zakonima u Republici Hrvatskoj, ne postoje jedinstvena mjerila. Smatra se da cesta ili njeni dijelovi otvaraju šumsko područje samo ako utječu na udaljenost privlačenja. Računa se da cesta utječe na udaljenost privlačenja ako prolazi do 300 m od ruba šume i ako je na njoj moguć utovar drva. Za jedinstveno

utvrđivanje otvorenosti i usporedbu stupnja otvorenosti potrebno je primijeniti sljedeće kriterije (Šikić i drugi, 1989.):

- cesta koja prolazi kroz šumu uzimat će se u obračun sa cijelom duljinom,
- cesta koja prolazi rubom šume ili na udaljenosti do 300 m od ruba i na njoj je moguć utovar, u obračun će ući s 50 % svoje duljine,
- cesta koja okomito dolazi do ruba šume i tu završava u obračun će se uzimati s duljinom od 500 m,
- zemljani putovi koji ne otvaraju šumu tijekom cijele godine, nego samo u sušnome razdoblju, neće ulaziti u obračun.

Prema *Pravilniku o uređivanju šuma* (1994.) otvorenost šuma utvrđuje se na temelju duljine šumskih i javnih cesta koje se mogu koristiti tijekom čitave godine. Ako cesta prolazi kroz šumu, u obračun se uzima čitavom svojom duljinom, ako cesta prolazi rubom šume, u obračun se uzima 50 % njene duljine, ako cesta prolazi granicom dviju gospodarskih jedinica, dva odjela ili odsjeka – u obračun se uzima veličina dobivena diobom proporcionalne duljine tih granica. Otvorenost gospodarske jedinice iskazuje se u km/1000 ha, dok se otvorenost odjela/odsjeka definira prosječnom udaljenosti privlačenja drvnih sortimenata od težišta odjela/odsjeka do tvrde ceste ili do vodenog puta, a iskazuje se u metrima.

Postavlja se i pitanje do kojeg je stupnja otvorenosti potrebno otvarati pojedina šumska područja. Odgovor nije jednostavan, ali se generalno može reći da je konačni cilj otvaranja šuma postizanje **optimalne otvorenosti**. Optimalna otvorenost izračunava se za svako šumsko područje posebno. Treba naglasiti da dva istovjetna šumska područja, s obzirom na mnoštvo čimbenika koji utječu na optimalnu otvorenost, ma kako ona bila slična, ne postoje (Pičman, 1994.).

Rebula (1980.) pod optimalnom otvorenošću smatra takvu kolikoću, kakvoću i raspored šumskih cesta, koji, kada se uzmu u obzir troškovi gradnje i održavanja cesta, kao i utjecaj izgrađenih cesta na okolinu, najbolje ispunjava zadaće zbog kojih su te ceste i izgrađene.

Optimalna otvorenost ovisi o nizu čimbenika te postoje razne metode za izračun ove veličine. Većina metoda polazi od pretpostavke da se ceste nalaze na jednakom međusobnom razmaku i da je drvna masa ravnomjerno raspoređena po ploštini za koju se izračun radi. Osnova svih metoda jest traženje minimalnih sveukupnih troškova u direktnoj vezi s pridobivanjem drva i šumskim prometnicama.

Indirektne koristi koje lučimo putem mreže šumskih cesta vrlo je teško valorizirati i brojčano iskazati tako da ovim obračunom optimalne otvorenosti dobivamo približne rezultate. Isto tako, optimalan stupanj otvorenosti šuma vrijedi samo za konkretno područje za koje je izračun obavljen i to u periodu dok ulazne veličine zadržavaju vrijednosti korištene u izračunu i dok je stanje ekonomskog, organizacijskog, tehničko-tehnološkog i ostalog okruženja stalno.

Tablica 7. Minimalna otvorenost za različita reljefna područja u Hrvatskoj, (Šikić i drugi, 1989.)

Šumsko područje Republike Hrvatske	Minimalna otvorenost, m/ha
Nizinsko područje	7,00
Prigorsko-brdsko područje	12,00
Planinsko područje	15,00

Minimalna otvorenost je prijelazni stupanj ka optimalnoj otvorenosti i može se shvatiti kao optimalna otvorenost u kraćem odnosno ograničenom periodu, a služi kao orijentacija pri izradbi perspektivnih planova izgradnje mreže šumskih cesta.

Tablica 8. Planirana otvorenost Republike Hrvatske do 2010. godine

Šumsko područje Republike Hrvatske	Planirana otvorenost 2010 god., m/ha
Nizinsko područje	15
Prigorsko područje	20
Brdsko i gorsko područje	25
Krško područje	10

6.6. Srednja udaljenost privlačenja

Srednja udaljenost privlačenja u gospodarskim šumama predstavlja čimbenik kojem treba obratiti posebnu pozornost pri otvaranju šuma. Smanjivanje srednje udaljenosti privlačenja je osnovni cilj kojem težimo pri planiranju šumskih prometnica i optimizaciji cjelokupne cestovne mreže, a za određenu šumsku prometnicu možemo reći da je učinkovita samo ako utječe na smanjenje srednje udaljenosti privlačenja.

6.6.1. Određivanje srednje udaljenosti privlačenja

Ako se pretpostavi da je drvo jednoliko raspoređeno po površini (F), te da se privlačenje obavlja u pravcima prema liniji prijevoza tada možemo govoriti o dvije vrste privlačenja drva: o centralnom i o paralelnom.

Teoretski, pod centralnim privlačenjem smatra se pomicanje drva od svake točke u plohi šumske površine (F) prema jednom središtu (O), a kod paralelnog privlačenja to se pomicanje obavlja po najkraćim pravcima okomitim na liniju prijevoza. Srednja udaljenost paralelnog privlačenja određuje se primjenom metode težišta površina, dok se kod centralnog privlačenja koristi površinski moment prvoga reda.

Budući se u praksi najčešće susrećemo s paralelnim privlačenjem, to ćemo ovu vrstu privlačenja koristiti pri određivanju srednje udaljenosti privlačenja kao ulaz za kreiranje modela optimalne otvorenosti gospodarskih šuma određenoga šumskoga područja.

Prije je rečeno da se srednja udaljenost paralelnog privlačenja određuje primjenom metode težišta površina. Ta se metoda zasniva na određivanju težišta određene odabrane površine, te na izračunavanju najkraće udaljenosti od težišta do najbliže prometnice. Zbog svojih specifičnosti i mogućnosti dobivanja nepreciznih podataka, nužno je nešto više reći o ovoj metodi. Određivanje težišta površina i njihovih površina klasičnim načinom, temeljeno je na postupku planimetriranja zadanih površina te na konstruiranju tri dijagonale nepravilne površine i na iznalaženju njihova sjecišta - mjesta na kojima leži težište nepravilne površine ne daju dovoljno dobre rezultate. Metoda težišta površina u današnje se vrijeme koristi isključivo u kombinaciji sa osobnim računalom i digitaliziranim ili skeniranim šumsko-gospodarskim zemljovidima određenoga područja. Razlog tome jest mogućnost preciznog određivanja površina nepravilnih poligona kao i položaja njihovih težišta (s točnim iznosima x i y koordinata), te srednje udaljenosti privlačenja. Pičman & Tomaz (1995.) koriste osobno računalo kako bi povećali točnost određivanja težišta nepravilnih površina odjela/odsjeka. Brajković (1996.) također koristi osobno računalo i DTM.

Treba napomenuti da se na digitalnoj podlozi s ucrtanim šumskim cestama određuje postojeća geometrijska srednja udaljenost privlačenja koju treba korigirati čimbenikom vertikalne korekcije terena i čimbenikom zaobilaženja horizontalnih prepreka, da bismo dobili postojeću stvarnu srednju udaljenost privlačenja.

Simonović (1959.), Klemenčić (1962.), Tanasković (1971.), Nikolić (1972.), Arnautović (1975.) i mnogi drugi autori određuju teoretsku srednju udaljenost privlačenja kao funkciju razmaka šumskih cesta i funkciju gustoće mreže šumskih cesta. Pri tome upotrebljuju različite čimbenike korekcije teoretske srednje udaljenosti privlačenja sa ciljem iznalaženja stvarne srednje udaljenosti privlačenja.

Dobre (1990.) definira pet inačica srednje udaljenosti privlačenja:

- ⇒ tlocrtnu teoretsku srednju udaljenost privlačenja (t_1),
- ⇒ stvarnu tlocrtnu srednju udaljenost privlačenja (t_2),
- ⇒ stvarnu srednju udaljenost privlačenja s uvažavanjem nagiba terena (t_3),
- ⇒ stvarnu srednju udaljenost privlačenja s uvažavanjem nagiba terena i razvedenosti nivelete vlake (t_4),
- ⇒ stvarnu srednju udaljenost privlačenja s uvažavanjem privlačenja drva po šumskoj cesti (t_5).

On je osim toga razlikovao pet korekturnih čimbenika kojima se služio pri transformaciji jedne inačice srednje udaljenosti privlačenja u drugu, te definirao o čemu su ti čimbenici zavisni. Sveukupni čimbenik korekcije tlocrtne teoretske srednje udaljenosti privlačenja u stvarnu srednju udaljenost privlačenja označava sa k_s .

Dietz, Knigge & Löffler (1984.), uvažavajući razmatranja: Segebadena (1964., 1969.), Backmunda (1966.), Samseta (1975.), Abega (1978.) razlikuju tri srednje udaljenosti privlačenja: prvo, teoretsku (Sd_t) koja se izračunava iz teoretskog modela mreže šumskih cesta odnosno iz teoretskog razmaka između šumskih cesta, drugo, geometrijsku (Sd_g) koja predstavlja udaljenost od čvorišta mreže pravilnih četverokuta do stvarno, ucrtane najbliže šumske ceste i treće, stvarnu srednju udaljenost privlačenja (Sd_s), koja predstavlja udaljenost od čvorišta mreže pravilnih četverokuta do šumske ceste pravcem kojim se privlačenje stvarno i obavlja. Sukladno navedenoj razdiobi moguća je transformacija različitih inačica srednjih udaljenosti privlačenja jedne u drugu primjenom čimbenika korekcije.

Definirana su tri čimbenika korekcije:

- ⇒ Mrežni (k_m), koji se koristi za pretvorbu teoretske srednje udaljenosti privlačenja u geometrijsku srednju udaljenost privlačenja i uvažava praktičnu nepravilnost (nejednak razmak između ŠC-a) u odnosu na teoretsku idealnost prostornog rasporeda ŠC-a uslijed morfoloških parametara reljefa (nagib terena, razvedenost reljefa, gustoća i razvedenost hidrografske mreže), tehničkih značajki ŠC-a, primijenjenog sustava primarnog otvaranja šuma itd;
- ⇒ Čimbenik korekcije privlačenja drvnih sortimenata (k_g) za dobivanje stvarne srednje udaljenosti privlačenja. Geometrijska srednja udaljenost privlačenja treba se korigirati, jer traktori pri privlačenju drva ne koriste najkraći pravac do ŠC-a već se grade traktorski putovi propisanog maksimalnog dozvoljenog uzdužnog nagiba. Ovaj čimbenik korekcije sadrži čimbenik horizontalnog zaobilaženja prepreka i čimbenik vertikalne korekcije terena;
- ⇒ Sveukupni čimbenik korekcije teoretske srednje udaljenosti privlačenja (k_s) koji predstavlja interakciju mrežnog i čimbenika korekcije geometrijske srednje udaljenosti privlačenja, a služi za direktno pretvaranje teoretske srednje udaljenosti privlačenja u stvarnu srednju udaljenost privlačenja.

Za izračun pojedinih inačica srednje udaljenosti privlačenja i njihovu transformaciju koriste se sljedeće matematičke formule:

- ⇒ za izračun teoretske otvorenosti iz teoretskog razmaka šumskih cesta:

$$O_t = \frac{10.000}{e}$$

- ⇒ za izračun teoretske srednje udaljenosti privlačenja i teoretskog razmaka šumskih cesta, ako se privlačenje obavlja s obje strane šumske ceste:

$$Sd_t = \frac{e_t}{4}$$

- ⇒ za izračun teoretske srednje udaljenosti privlačenja iz teoretskog razmaka šumskih cesta, ako se privlačenje obavlja s jedne strane šumske ceste:

$$Sd_t = \frac{e_t}{2}$$

⇒ za izračun geometrijske srednje udaljenosti privlačenja iz teoretske srednje udaljenosti privlačenja:

$$Sd_g = Sd_t \cdot k_M$$

⇒ za izračun stvarne srednje udaljenosti privlačenja iz geometrijske srednje udaljenosti privlačenja:

$$Sd_s = Sd_g \cdot k_G$$

⇒ za izračun stvarne srednje udaljenosti privlačenja iz teoretske srednje udaljenosti privlačenja

$$Sd_s = Sd_t \cdot k_S$$

Tumač znakova:

Sd_t - teoretska srednja udaljenost privlačenja (m),

Sd_g - geometrijska srednja udaljenost privlačenja (m),

Sd_s - stvarna srednja udaljenost privlačenja (m),

k_M - mrežni čimbenik korekcije,

k_G - čimbenik korekcije privlačenja drvnih sortimenata,

k_S - sveukupni čimbenik korekcije teoretske srednje udaljenosti privlačenja,

a_t - teoretska udaljenost između šumskih cesta (m),

Q_t - teoretska otvorenost (m/ha).

Segebaden (1964., 1969.) u Švedskoj utvrđuje mrežni čimbenik korekcije u iznosu od 1,24 do 1,35 u nizinskom i brežuljkastom području na kojem je mreža šumskih cesta više manje paralelna i slična idealnom, teoretskom modelu, dok za brdska i planinska područja, na kojima su odstupanja položajnog razmještaja ŠC-a od teoretskih modela značajna, iznalazi vrijednosti od 1,4 do 2,0. On također definira čimbenik privlačenja drvnih sortimenata u vrijednosti od 1,2 (nizinsko područje) do 1,5 (planinsko područje), te sveukupni čimbenik korekcije od 1,75 do 2,3.

Backmund (1966.) za mrežni čimbenik korekcije, u istraživanjima koja provodi u južnoj Njemačkoj, za nizinsko područje uzima vrijednost 1,3, za brdsko 1,4, a za planinsko 1,52.

Dietz, Knigge & Löffler (1984.) navode da FAO (1974a i 1974b) definira sveukupni čimbenik korekcije u sljedećim vrijednostima:

- za nizinu i brežuljkast teren - od 1,6 do 2,0;
- za sredogorje - od 2,0 do 2,8;
- za gorje - od 2,8 do 3,6;
- za vrlo strmo gorje - viši od 3,6.

Abegg (1978.) istražuje vrijednosti mrežnog čimbenika korekcije u Švicarskoj i dobiva rezultate između 1,0 i 1,53 sa srednjom vrijednošću od 1,25; za čimbenik privlačenja drvnih sortimenata došao je do vrijednosti od 1,15 do 1,65 s prosječnim iznosom od 1,44. Sveukupni čimbenik korekcije za nizinsko i za brežuljkasto područje iznosi mu 1,8.

Srednja udaljenost privlačenja se prema *Pravilniku o uređivanju šuma* (Meštrović & Fabijanić, 1994.) računa prema formuli:

$$P = \frac{F}{l} \cdot a$$

Tumač znakova:

- P - srednja udaljenost privlačenja (m),
- F - površina od 1 ha (10000 m²),
- l - stupanj otvorenosti (m/ha),
- a - faktor promjenjive udaljenosti težišta površina od prometnice:
 - 0,4 za nizinu,
 - 0,6 za brdo,
 - 0,8 za planinu.

Za potrebe ovoga studije definirat ćemo sljedeće slučajeve izračuna srednje udaljenosti privlačenja:

- za teoretski model šumskoga područja gdje nemamo ucrtane stvarne trase šumskih cesta već se pretpostavlja da se šumske ceste protežu usporedno na međusobno jednakom razmaku -određujemo teoretsku srednju udaljenost privlačenja,

- za stvarnu, postojeću situaciju u određenom šumskom području, gdje je nužno kao podloge pri određivanju srednje udaljenosti privlačenja posjedovati zemljovide s ucrtanim šumskim cestama izračunavamo postojeću srednju udaljenost privlačenja,
- za stvarnu, postojeću situaciju, kad želimo dobiti prosječnu vrijednost na većoj šumskoj površini nalazimo prosječnu postojeću srednju udaljenost privlačenja,
- za buduće stanje kao vrijednosti kojoj se teži pri planiranju i projektiranju novih šumskih cesta tražimo ciljanu srednju udaljenost privlačenja.

6.6.2. Definiranje osnovnih vrsta srednje udaljenosti privlačenja

Srednja udaljenost privlačenja određena temeljem teoretskog modela prostornog rasporeda mreže ŠC-a može biti:

- **teoretska srednja udaljenost privlačenja** – predstavlja srednju udaljenost privlačenja određenu iz teoretskog modela rasporeda šumskih prometnica odnosno iz njihova međusobna razmaka; zavisno o tome da li se privlačenje obavlja s jedne ili s obje strane šumskih cesta, teoretska srednja udaljenost privlačenja iznosi pola, odnosno četvrtinu međusobnog teoretskog razmaka između šumskih cesta;
- **teoretska prilagođena srednja udaljenost privlačenja** – predstavlja umnožak teoretske srednje udaljenosti privlačenja i čimbenika korekcije mreže šumskih cesta; čimbenik korekcije mreže šumskih cesta uvodi se pri izračunu teoretske prilagođene srednje udaljenosti privlačenja iz razloga korekcije teoretski pravilne mreže šumskih cesta i njenoga prilagođavanja stvarnim terenskim prilikama;
- **teoretska stvarna srednja udaljenost privlačenja** – umnožak teoretske prilagođene srednje udaljenosti privlačenja i čimbenika korekcije privlačenja drva kao rezultat daje teoretsku stvarnu srednju udaljenost privlačenja; čimbenik korekcije privlačenja drva nužan je iz razloga što se drvo ne privlači do šumskih cesta najkraćim putem, već se ili grade traktorski putovi ili se trasiraju traktorske vlake koje se prilagođavaju konfiguraciji terena, a najveći dozvoljeni uzdužni nagib im je ograničen; također se uvažava i zaobilazanje horizontalnih prepreka.

Srednja udaljenost privlačenja određena na zemljovidima s ucrtanim šumskim cestama može se raščlaniti na:

- **postojeću geometrijsku srednju udaljenost privlačenja** koja je u naravi prezentirana spojnom linijom težišta pojedinog odsjeka najbliže ceste (šumske ili javne) na koju je moguće privlačenje drva; izračunava se za svaki odsjek posebno, primjenom težišnih metoda;
- **postojeću stvarnu srednju udaljenost privlačenja** koja se dobije množenjem postojeće geometrijske srednje udaljenosti privlačenja s čimbenikom vertikalne korekcije terena i s čimbenikom zaobilaženja horizontalnih prepreka odnosno s čimbenikom korekcije privlačenja drva koji u sebi objedinjuje oba navedena čimbenika.

Ako izračunavamo postojeću srednju udaljenost privlačenja za neko veće šumsko područje npr. za gospodarsku jedinicu, tada kao rezultat dobivamo **prosječnu postojeću srednju udaljenost privlačenja** koja može biti ili geometrijska ili stvarna. Pri izračunu prosječne postojeće srednje udaljenosti privlačenja koristimo formulu za izračun aritmetičke sredine pojedinih, za odsjek izračunatih vrijednosti, gdje se kao težine uzimaju očekivani obujmi privučenog drva, drvna zaliha svakoga odsjeka ili neka druga odabrana veličina (primjerice kakvoća očekivanog etata).

Ciljana srednja udaljenost privlačenja je ona srednja udaljenost privlačenja kojoj se teži kao konačnoj u postupku otvaranja šuma. Pojam **konačnoj** treba shvatiti uvjetno, u zavisnosti o stalnosti čimbenika koje smo uporabili pri definiranju ciljane stvarne srednje udaljenosti privlačenja. Ciljana srednja udaljenost privlačenja najčešće se izračunava za veće šumsko područje, a iznalazi se prosječna ciljana srednja udaljenost privlačenja koja može biti i geometrijska i stvarna.

6.6.3. Određivanje prosječne postojeće stvarne srednje udaljenosti privlačenja

Postojeća srednja udaljenost privlačenja određuje se primjenom težišne metode na zemljovidima (s gospodarskom podjelom i ucrtanim šumskim cestama) u digitalnom obliku. Za svaki se odsjek, pomoću osobnog računala, odredi težište, a zatim spojna linija između težišta odsjeka i najbliže ceste (šumske ili javne, ako je na nju moguće privlačenje drva) koja nam predstavlja postojeću geometrijsku srednju udaljenost privlačenja. Postojeću geometrijsku srednju udaljenost privlačenja treba korigirati čimbenikom korekcije privlačenja drvnih sortimenata koji sadrži čimbenik vertikalne korekcije terena i

čimbenik horizontalnog zaobilaženja prepreka, da bismo dobili postojeću stvarnu srednju udaljenost privlačenja.

Čimbenik vertikalne korekcije terena predstavlja korekciju postojeće geometrijske srednje udaljenosti privlačenja radi nagiba terena, dok se čimbenikom horizontalnog zaobilaženja prepreka korigira kretanje stroja pri privlačenju drva, koje nije pravocrtno zbog izbjegavanja površinskih prepreka, vodotokova, jezera, dubelih stabala, pomlatka itd. pri privlačenju po bespuću odnosno zbog toga jer traktorske vlake nisu trasirane najkraćim putem do šumskih cesta nego im je trasa ograničena najvećim dozvoljenim uzdužnim nagibom, mikro i makro reljefom itd.

Kako je prema Segebadenu (1964., 1969.) u Švedskoj čimbenik privlačenja drvnih sortimenata definiran u rasponu od 1,2 (nizinsko područje) do 1,5 (planinsko područje), a prema Abeggu (1978.) u Švicarskoj u opsegu od 1,15 (nizina) do 1,65 (planina) s prosječnim iznosom od 1,44, mi ćemo u obračun pri modeliranju uzeti prosječnu vrijednost čimbenika privlačenja drvnih sortimenata koju su ova dva autora utvrdili za planinu $k_g = 1,58$.

Formula za izračun postojeće stvarne srednje udaljenosti privlačenja glasi:

$$Sd_{PS} = Sd_{PG} \cdot k_G$$

Tumač znakova:

- Sd_{PS} - postojeća stvarna srednja udaljenost privlačenja (m),
- Sd_{PG} - postojeća geometrijska srednja udaljenost privlačenja (m),
- k_G - čimbenik privlačenja drvnih sortimenata.

Prema navedenoj formuli određuje se postojeća stvarna srednja udaljenost privlačenja za pojedine odsjeke dok se prosječna postojeća stvarna srednja udaljenost privlačenja cijele gospodarske jedinice odrediti kao aritmetička sredina postojećih stvarnih srednjih udaljenosti privlačenja odsjeka, gdje će se kao težine uzeti očekivani obujam sječivog (privučenog) drva svakoga odsjeka, prema formuli:

$$\overline{Sd}_{PS(i)} = \frac{\sum_{i=1}^n Sd_{PS(i)} \cdot E_{(i)}}{\sum_{i=1}^n E_{(i)}}$$

Tumač znakova:

- $\overline{Sd}_{PS(i)}$ - prosječna postojeća stvarna srednja udaljenost privlačenja
gospodarske jedinice (m),
- $Sd_{PS(i)}$ - postojeća stvarna srednja udaljenost privlačenja odsjeka (m),
- $E_{(i)}$ - očekivani obujam sječivog (privučenog) drva odsjeka (m³),
- n - ukupan broj odsjeka.

6.6.4. Ciljana stvarna srednja udaljenost privlačenja

Tablica 9. Odnos optimalne otvorenosti i prosječne ciljane stvarne srednje udaljenosti
privlačenja rema formulama *Rebule* (1980.) za različiti sveukupni čimbenik
korekcije teoretske srednje udaljenosti privlačenja

Ošc o	$k_s=0,70$	$k_s=0,75$	$k_s=0,80$	$k_s=0,85$	$k_s=0,90$
m/ha	Sd _{CS} , m				
18	388,89	416,67	444,44	472,22	500,00
19	368,42	394,74	421,05	447,37	473,68
20	350,00	375,00	400,00	425,00	450,00
21	333,33	357,14	380,95	404,76	428,57
22	318,18	340,91	363,64	386,36	409,09
23	304,35	326,09	347,83	369,57	391,30
24	291,67	312,50	333,33	354,17	375,00
25	280,00	300,00	320,00	340,00	360,00
26	269,23	288,46	307,69	326,92	346,15
27	259,26	277,78	296,30	314,81	333,33
28	250,00	267,86	285,71	303,57	321,43
29	241,38	258,62	275,86	293,10	310,34
30	233,33	250,00	266,67	283,33	300,00
31	225,81	241,94	258,06	274,19	290,32
32	218,75	234,38	250,00	265,63	281,25
33	212,12	227,27	242,42	257,58	272,73
34	205,88	220,59	235,29	250,00	264,71
35	200,00	214,29	228,57	242,86	257,14
36	194,44	208,33	222,22	236,11	250,00
37	189,19	202,70	216,22	229,73	243,24
38	184,21	197,37	210,53	223,68	236,84
39	179,49	192,31	205,13	217,95	230,77
40	175,00	187,50	200,00	212,50	225,00

U gornjoj smo tablici za izračunate vrijednosti optimalne otvorenosti tražili optimalne stvarne srednje udaljenosti privlačenja, kako bismo se odlučili za prosječnu ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja u daljnjem postupku raščlambe postojeće mreže ŠC-a.

Sveukupni čimbenik korekcije teoretske srednje udaljenosti (k_s) privlačenja omogućava primjenu teoretskoga modela, koji podrazumijeva paralelan i jednolik raspored šumskih cesta, na područjima gdje takav raspored jednostavno nije moguć (prigorsko-brdsko i planinsko područje). On također uz mrežni čimbenik korekcije sadrži i čimbenik korekcije privlačenja drvnih sortmenata (za transformaciju geometrijske srednje udaljenosti privlačenja u stvarnu srednju udaljenost privlačenja drva).

Dietz, Knigge & Löffler (1984.) navode da FAO (1974a i 1974b) definira sveukupni čimbenik korekcije teoretske srednje udaljenosti privlačenja za gorje u rasponu od 2,8 do 3,6, a za vrlo strmo gorje veći od 3,6. Naše istraživane gospodarske jedinice nalaze se u planinskom području koje obiluje krškim fenomenima (oni utječu na povećanje sveukupnog čimbenika korekcije teoretske srednje udaljenosti privlačenja), pa će se uzeti srednja vrijednost predmetnog čimbenika korekcije od 3,2. Budući se privlačenje na šumsku cestu obavlja s površina koje su smještene s obje strane ceste, u matematičku formulu za izračun optimalne otvorenosti šumske površine ulazimo sa vrijednošću 0,8.

Abegg (1988.) razlikuje tri sustava otvaranja šuma:

1. Otvaranje šumskim cestama i sustavom neizgrađenih traktorskih vlaka na lako provoznom terenu. Moguća je potreba gradnje pojedine dionice traktorske vlake.
2. Otvaranje šumskim cestama i sustavom izgrađenih traktorskih putova. Drvo prikupljamo s traktorskim vitlom do ceste ili traktorskog puta, te zatim privlačimo traktorskim putem do ceste.
3. Otvaranje šumskim cestama i sustavom linija žičara. Primjenjuje se za izrazito strme i nedostupne terene.

Isti autor naglašava kako na strmim i neprovoznim terenima prednost treba dati drugom sustavu otvaranja s maksimalnom stvarnom udaljenosti privlačenja od 500 m u teškim terenskim prilikama i 300 m u nešto povoljnijim uvjetima reljefnih značajki.

Habsburg (1970.), *Sanktjohanser* (1971.), *Piest* (1974.), slažu se da je za potrebe iskorištavanja šuma, ovisno o terenskim i sastojinskim značajkama, optimalna gustoća mreže šumskih cesta između 17 i 30 m/ha, dok je za sveukupno gospodarenje šumama optimalna gustoća nešto veća.

6.6.5. Ciljana geometrijska srednja udaljenost privlačenja

Prosječna ciljana geometrijska srednja udaljenost privlačenja predstavlja kvocijent prosječne ciljane stvarne srednje udaljenosti privlačenja i čimbenika privlačenja drvnih sortimenata za otvarano područje koji iznosi 1,58. Vrijednosti prosječnih ciljanih geometrijskih srednjih udaljenosti privlačenja u odabranom intervalu prosječnih stvarnih srednjih udaljenosti privlačenja mogu se pronaći u tablici 4.

Tablica 4. Optimalna otvorenost, prosječne ciljane geometrijske srednje udaljenosti privlačenja izračunate za stvarne istoznačnice i čimbenik privlačenja drvnih sortimenata od 1,58

$O_{sc\ o}$, m/ha	40,00	32,00	27,00	23,00	20,00
Sd_{CS}, m	200,00	250,00	296,30	347,83	400,00
Sd_{CG}, m	126,58	158,23	187,53	220,15	253,16
Pola širine buffera, m	253,16	316,46	275,06	440,30	506,32

U konačnici su za prosječne ciljane stvarne srednje udaljenosti privlačenja odabrane vrijednosti od 200,00 m, 250,00 m, 296,30 m (300 m), 347,83 m (350 m) i 400,00 m te njihove izračunate geometrijske istoznačnice čije su vrijednosti prikazane u tablici 4.

6.7. Raščlamba primarne relativne otvorenosti

Otvorenost određenog šumskog područja šumskim prometnicama izračunava se odnosom ukupne količine šumskih prometnica prikazane u metrima s površinom na kojoj prometnice postoje, iskazanom u hektarima. Mjerna jedinica kojom izražavamo otvorenost nekog šumskog područja je m/ha ili km/1 000 ha.

Osim standardne otvorenosti koja malo govori o prostornom rasporedu šumskih prometnica pri analizi otvorenosti treba koristiti i relativnu otvorenost šume šumskim prometnicama.

Relativna otvorenost daje dobar uvid u stvarnu učinkovitost mreže šumskih cesta. Ona prikazuje postotni udio otvorene površine, za prosječnu ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja, u odnosu na ukupnu površinu raščlanjenih gospodarskih jedinica. Relativna otvorenost je veličina koja pruža dobar uvid u prostorni raspored, pogotovo šumskih protupožarnih cesta, daje mogućnost utvrđivanja otvorenih i neotvorenih površina i nudi

mogućnost odabira najpovoljnije inačice šumskih protupožarnih cesta. Računa se prema sljedećem matematičkom izrazu:

$$O_R = \frac{P_O}{P_U} \cdot 100$$

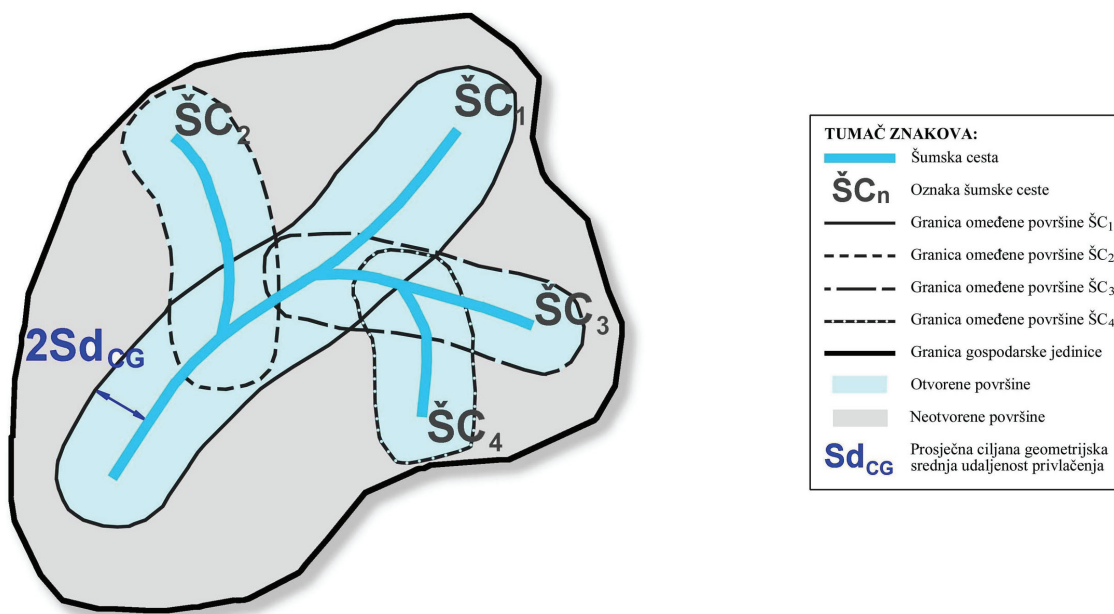
Tumač znakova:

O_R – relativna otvorenost (%),

P_O – otvorena površina za izračunatu prosječnu ciljane stvarnu srednju udaljenost privlačenja (ha),

P_U – ukupna površina otvaranog područja (ha).

Utvrđivanje relativne otvorenosti sastoji se u polaganju omeđenih površina oko šumskih i javnih cesta koje se mogu koristiti za privlačenje drva. Omeđene površine su na svom rubnom dijelu udaljene od cesta za veličinu dvostruke ciljane prosječne geometrijske srednje udaljenosti privlačenja. Sumiranjem ploština omeđenih površina koje su položene oko svih cesta, uz napomenu da se presječne omeđene površine dvije ili više šumskih cesta u obračun uzmu samo jednom i to redoslijedom raščlambe koji je u suglasju sa slijedom gradnje šumskih cesta, dobijemo ukupnu otvorenu ploštinu.

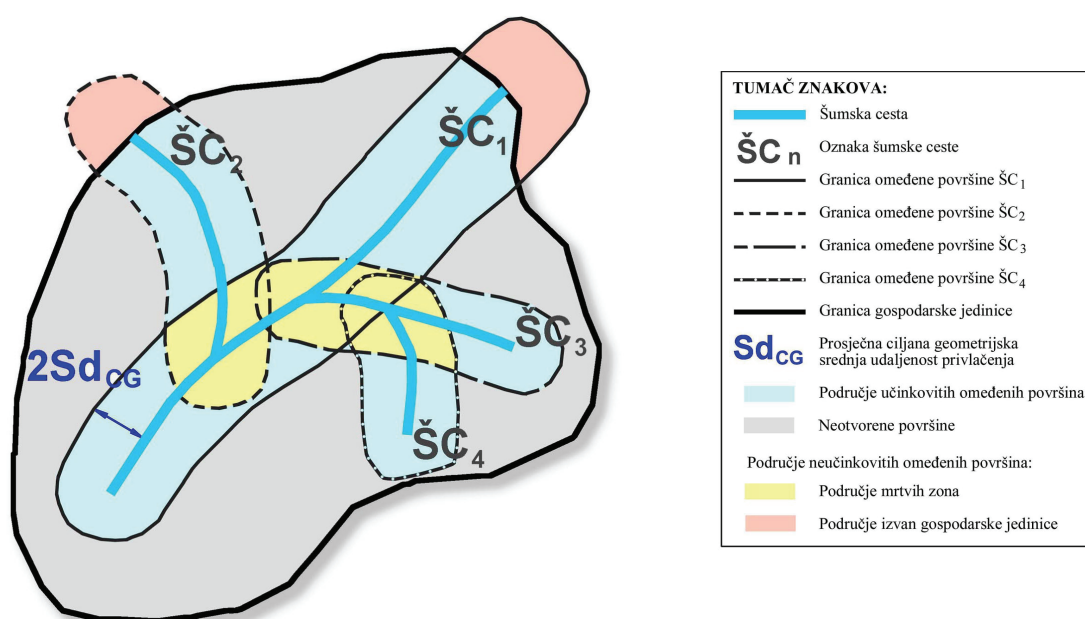


Slika 36. Shematski prikaz metode omeđenih površina

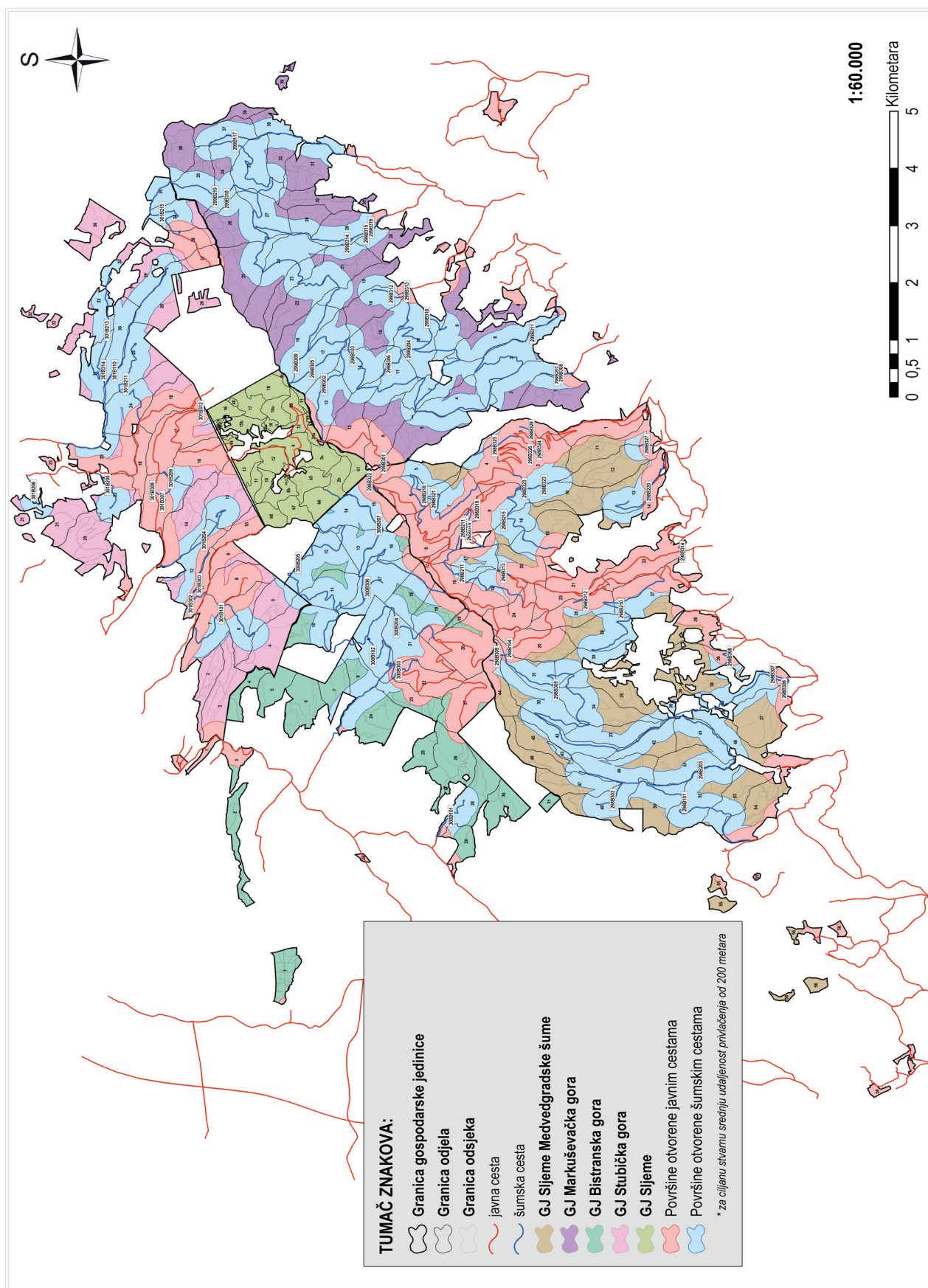
Pri ocjeni i komentaru relativne otvorenosti koristit ćemo se sljedećim, kreiranim, sustavom procjene (Pentek, 2002.):

- do 55 % – nedovoljna otvorenost (1),
- od 55 do 65 % – slaba otvorenost (2),
- od 65 do 75 % – jedva dobra otvorenost (3),
- od 75 do 85 % – vrlo dobra otvorenost (4) i
- preko 85 % – odlična otvorenost (5).

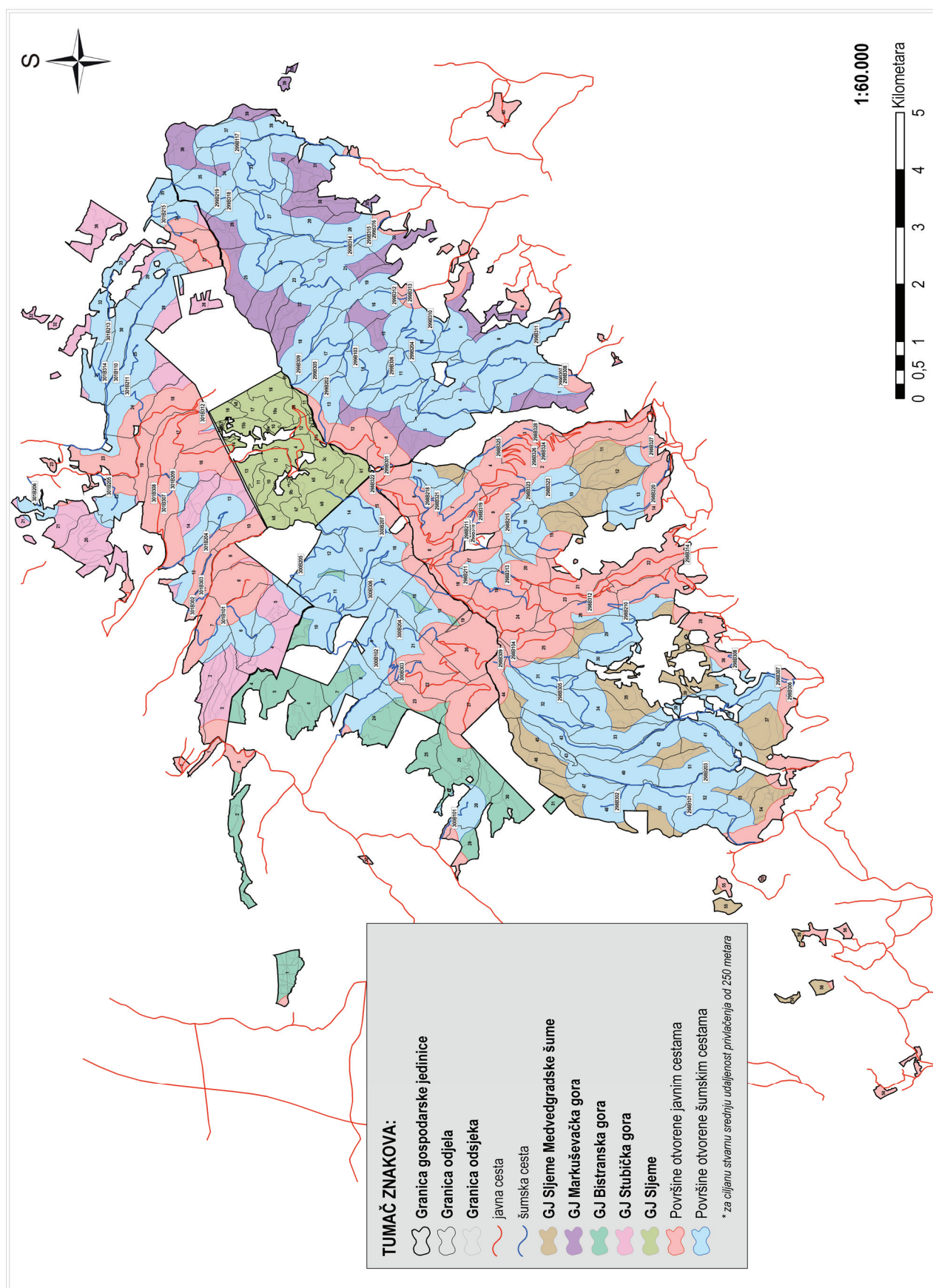
Rezultati raščlambe relativne otvorenosti prikazani su slikovno na slikama od 38 do 42 te tabelarno u tablici 10.



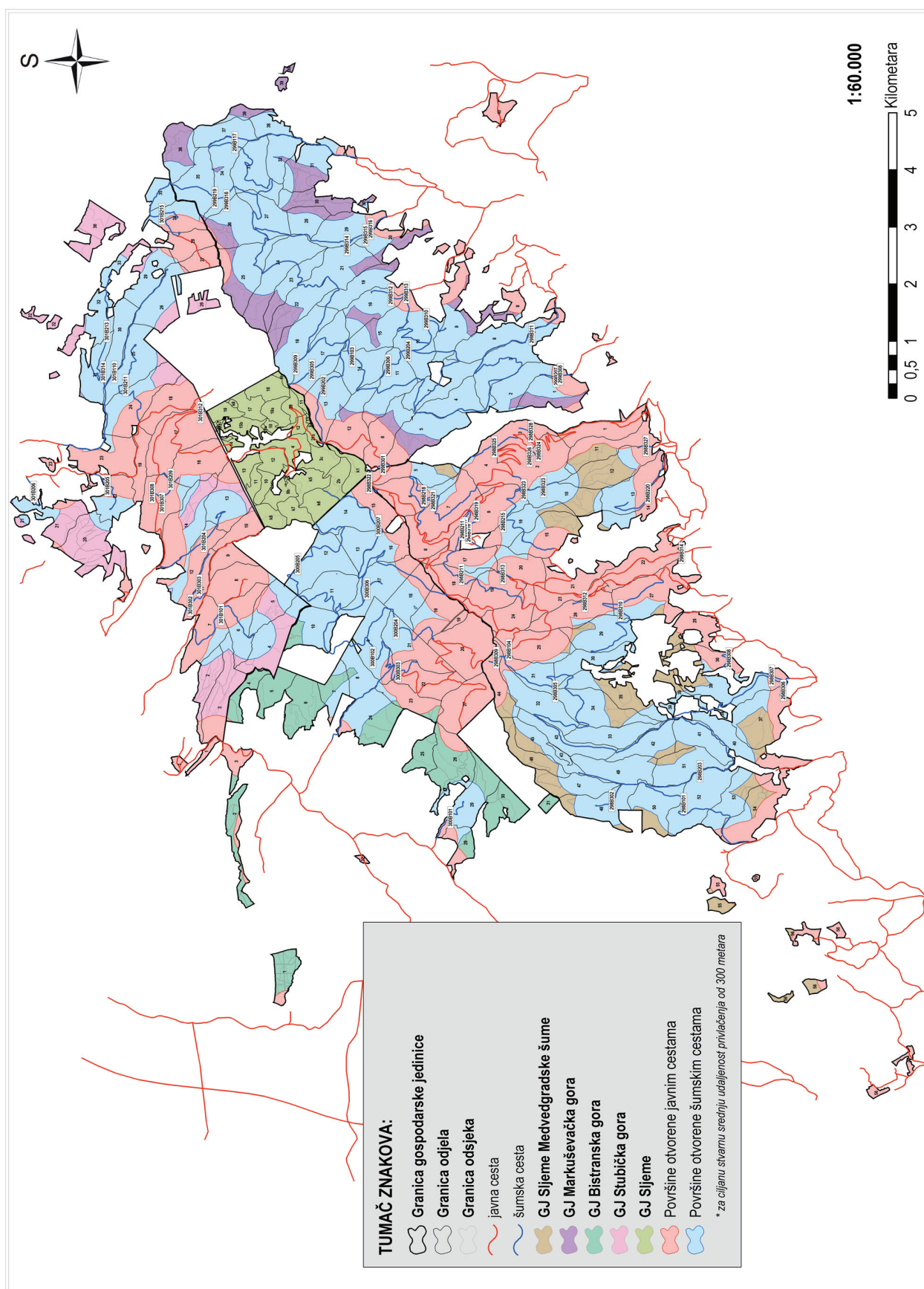
Slika 37. Shematski prikaz učinkovitih i neučinkovitih omeđenih površina



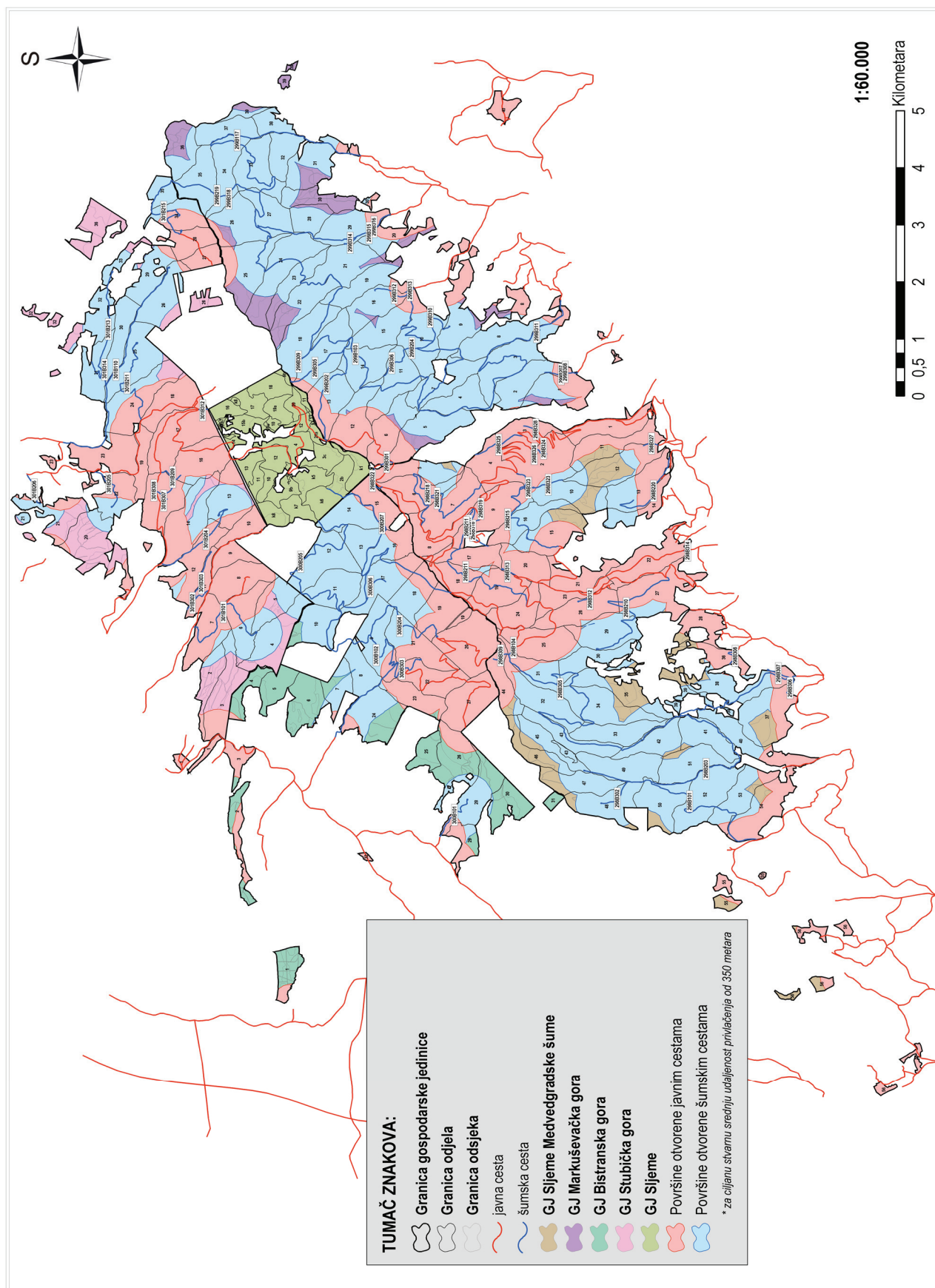
Slika 38. Raščlamba relativne otvorenosti za ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja od 200 m



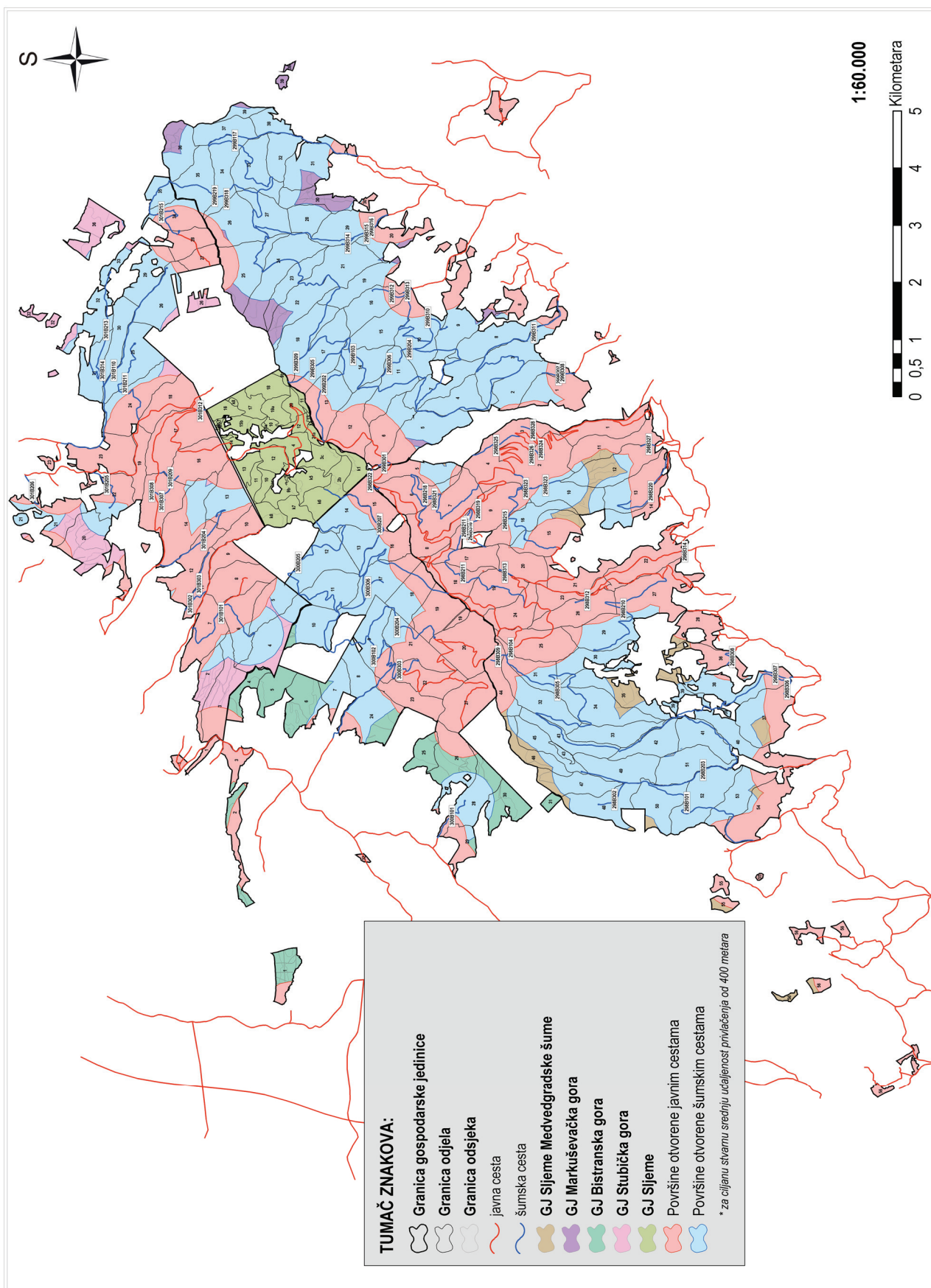
Slika 39. Raščlamba relativne otvorenosti za ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja od 250 m



Slika 40. Raščlamba relativne otvorenosti za ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja od 300 m



Slika 41. Raščlamba relativne otvorenosti za ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja od 350 m



Slika 42. Raščlamba relativne otvorenosti za ciljanu stvarnu srednjo udaljenost privlačenja od 400 m

Tablica 10. Raščlamba primarne relativne otvorenosti za ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja u rasponu od 200 m do 400 m

Šifra gospod. jedinice	Ciljana stvarna srednja udaljenost privlačenja, m	Relativna otvorenost, %			Ocjena relativne otvorenosti
		Javnim cestama	Šumskim cestama	Ukupno	
298	200	36,39	38,41	74,80	3
	250	41,97	41,37	83,34	4
	300	47,00	42,84	89,84	5
	350	51,63	43,18	94,81	5
	400	55,72	42,69	98,42	5
299	200	7,44	61,53	68,96	3
	250	9,77	69,14	78,91	4
	300	12,57	74,84	87,41	5
	350	15,67	78,32	93,99	5
	400	19,12	79,00	98,11	5
300	200	23,63	40,78	64,41	2
	250	28,39	42,82	71,21	3
	300	33,20	42,87	76,07	4
	350	38,09	42,03	80,12	4
	400	42,80	40,97	83,78	4
301	200	34,06	31,52	65,57	3
	250	40,51	33,79	74,31	3
	300	46,25	34,17	80,42	4
	350	51,67	33,79	85,46	5
	400	56,90	32,90	89,80	5

Iz rezultata raščlambe primarne relativne otvorenosti za ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja u rasponu od 200 m do 400 m možemo zaključiti slijedeće:

- javne ceste, kao sastavnica šumske prometne infrastrukture, značajno utječu na otvorenost istraživanog područja iako su razlike između gospodarskih jedinica više nego uočljive,

- usporedimo li utjecaj javnih i šumskih cesta na otvaranje šuma i šumskoga zemljišta generalno možemo reći kako je u gospodarskim jedinicama (promatrano za ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja od 200 m) 298 i 301 taj utjecaj podjednak dok u gospodarskim jedinicama 299 i 300 veći utjecaj na otvaranje imaju šumske nego li javne ceste,
- povećavanjem ciljane stvarne srednje udaljenosti privlačenja u istoj gospodarskoj jedinici raste utjecaj javnih u odnosu na šumske ceste poradi redoslijeda raščlambe (redoslijed raščlambe odgovara redoslijedu izgradnje primarne šumske prometne infrastrukture) koji u nadređeni položaj stavlja javne ceste (neučinkovite se površine povezuju s šumskim cestama čime one gube na učinkovitosti),
- učešće se javnih cesta u ukupnoj otvorenosti raščlanjenih gospodarskih jedinica kreće od 7,44 % (za ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja od 200 m u gospodarskoj jedinici 299) do 56,90 % (za ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja od 400 m u gospodarskoj jedinici 301)
- promatramo li ocjene relativne otvorenosti za različite ciljane stvarne srednje udaljenosti privlačenja možemo reći kako potreba daljnjeg otvaranja istraživanog područja šumskim cestama postoji u svim gospodarskim jedinicama za ciljane stvarne srednje udaljenosti privlačenja od 200 m i 250 m, a u gospodarskim jedinicama 300 i 301 i za ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja od 300 m,
- za ciljane je stvarne srednje udaljenosti privlačenja od 350 i 400 m daljnje otvaranje šumskim cestama potrebno, u vrlo malom obujmu, provesti u gospodarskim jedinicama 300 i 301,
- u svrhu daljnjeg otvaranja šuma i šumskog zemljišta šumskim cestama treba izraditi Studije primarnog otvaranja istraživanog područja čime će se definirati idejne trase šumskih cesta, okvirni predračun radova te dinamika njihove izgradnje.

6.8. Pogodnost postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture za uvođenje tehnologije pridobivanja drva šumskim žičarama

Primarna je šumska prometna infrastruktura, u koju ubrajamo sve šumske ceste kao i sve javne ceste koje se mogu koristiti pri šumskim radovima, na istraživanom području kvantitativno zadovoljavajuća što se tiče tehnologije pridobivanja drva zglobnim traktorima. Za navedenu je tehnologiju pridobivanja drva u kombinaciji s terenskim čimbenicima na istraživanom području potrebna dobro razvijena mreža sekundarnih šumskih prometnica: traktorskih putova i traktorskih vlaka. Poradi utvrđivanja kvalitete prostornog rasporeda sekundarnih šumskih prometnica nužno je izraditi njihov potpuni katastar (sa grafičkom i sa tabličnom sastavnicom).

Kada raspravljamo o pogodnosti postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture za uvođenje tehnologije pridobivanja drva šumskim žičarama možemo reći slijedeće:

- Postojeća količina primarne šumske prometne infrastrukture je zadovoljavajuća (iako ne i optimalna) za uvođenje tehnologije pridobivanja drva šumskim žičarama. Pretpostavljamo kako se krajevi šumske žičare nalaze postavljeni na šumskim i javnim cestama koje se mogu koristiti pri radovima u šumarstvu.
- Idealno bi bilo kada bi razmak između sastavnica primarne šumske prometne infrastrukture na svim mjestima iznosio četverostruku vrijednost ciljane geometrijske srednje udaljenosti privlačenja korigirane samo faktorom terena.
- Budući smo pri planiranju i projektiranju primarnih šumskih prometnica ograničeni njihovim propisanim tehničkim značajkama, a na ovakvom je terenu to prije svega maksimalni dozvoljeni uzdužni nagib nivelete, to šumske ceste većinom prate slojnice (uz manja ili veća odstupanja uvjetovana usponom ili padom nivelete), a položaj će žičara biti okomit na trase šumskih cesta što znači i okomit na slojnice. Stoga ćemo kao faktor terena uzeti vrijednost od 1,15 (odgovara nagibu terena od 30° ili 67 %).
- Za ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja od 200 m njena geometrijska istoznačnica iznosi 126,58 m (uz čimbenik privlačenja drvnih sortimenata od 1,58), odnosno širina buffera sa svake strane ceste iznosi 253,16 m. Uvažavajući do sada napisano te koristeći faktor terena od 1,15 razmak između sastavnica primarne šumske prometne infrastrukture teoretski bi trebao iznositi 582,27 m ili manje. To bi trebala biti i duljina užeta žičare.

- Za ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja od 250 m njena geometrijska istoznačnica iznosi 158,23 m (uz čimbenik privlačenja drvnih sortimenata od 1,58), odnosno širina buffera sa svake strane ceste iznosi 316,46 m. Uvažavajući do sada napisano te koristeći faktor terena od 1,15 razmak između sastavnica primarne šumske prometne infrastrukture teoretski bi trebao iznositi 727,26 m ili manje. To bi trebala biti i duljina užeta žičare.
- Za obje inačice stvarne srednje udaljenosti privlačenja treba postojeću mrežu primarne šumske prometne infrastrukture dopuniti novim šumskim cestama kako bi primarna relativna otvorenost bila iznad 85 % (odlična otvorenost). Za to su nam nužne studije primarnog otvaranja šuma.
- Postojeće šumske ceste treba redovito održavati te djelomično rekonstruirati (tu se prije svega misli na povećavanje radijusa horizontalnih kružnih lukova i smanjivanje uzdužnih nagiba nivelete), a nužna je i izgradnja novih cestovnih objekata u suglasju s novom tehnologijom pridobivanja drva. Na mjestima postavljanja žičare (za određivanje je žičnih linija nužno izraditi detaljne elaborate radilišta – priprema rada) potrebno je izvesti proširenja (poradi same instalacije žičare), u neposrednoj blizini treba izgraditi pomoćna stovarišta odgovarajućeg kapaciteta te, sukladno rezultatima raščlambe, izvesti okretaljke za kamione koji će obavljati transport izrađenih drvnih sortimenata. Na javnim cestama nižega reda koje su sastavni dio primarne šumske prometne infrastrukture treba također predvidjeti novih cestovnih objekata ali u koordinaciji s odgovornim institucijama.
- Za nove je šumske ceste već u glavnim projektima potrebno predvidjeti sve cestovne objekte, a šumske ceste treba projektirati s odgovarajućim tehničkim značajkama za pojedinu kategoriju primarne šumske prometnice.

7. RAŠČLAMBA PROIZVODNOSTI ŠUMSKIH ŽIČARA

Proizvodnost je šumskih žičara važan gospodarski pokazatelj, ali mu se u slučaju pridobivanja drva na osjetljivim staništima, kada se od tehnike i tehnologije traži prvenstveno okolišna pogodnost značenje smanjuje. Vrlo se često proizvodnost žičara uspoređuje s pokazateljima klasičnih postupaka privlačenja drva šumskim vozilima. Pri toj se usporedbi često zaboravljaju troškovi izgradnje sekundarnih šumskih prometnica i njihova održavanja, a pogotovo ne njihovo povećanje zbog posebno pažljivog planiranja, izgradnje i održavanja na osjetljivim staništima.

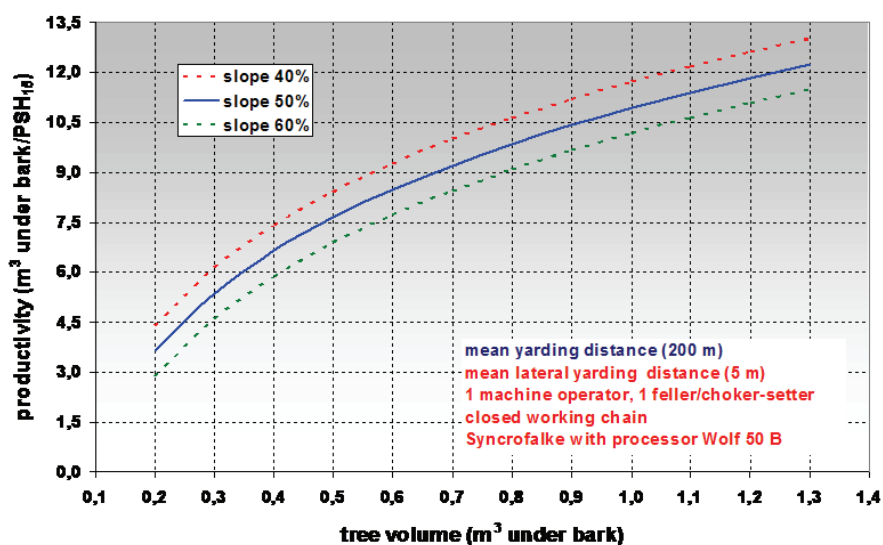
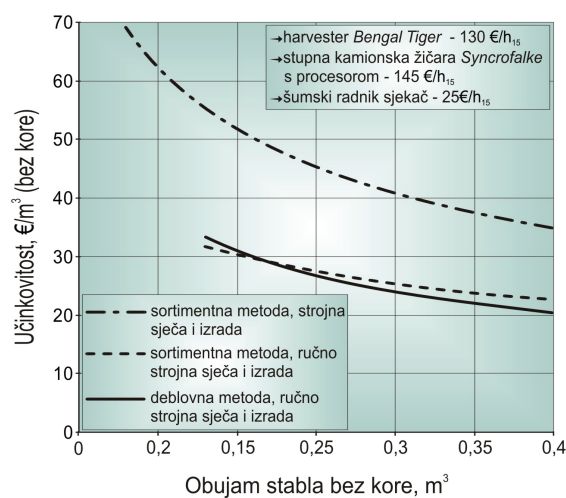
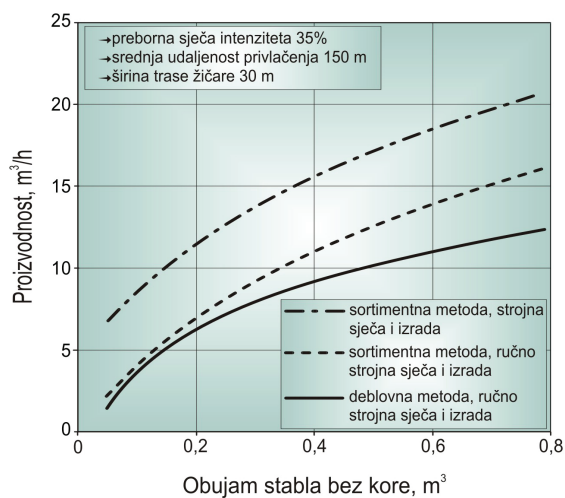
Raščlamba se proizvodnosti radi na temelju zbornika radova objavljenih u na specijaliziranim znanstveno i stručnim skupovima u Europi u posljednje vrijeme:

1. FAO, 1998: Proceedings of the seminar on environmentally sound forest roads and wood transport, Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome, 1 - 424.
2. FAO/ECE/ILO/IUFRO, 2001: New trends in harvesting with cable systems for sustainable forest management in the mountains, Workshop proceedings Ossiach (Austria), 61-366.
3. Gozdarski institut Slovenije, 2004: Spravilo lesa z žičnicami za trajnostno gospodarjenje z gozdovi, Mednarodno posvetovanje, Idrija, Slovenija, 1 - 211.

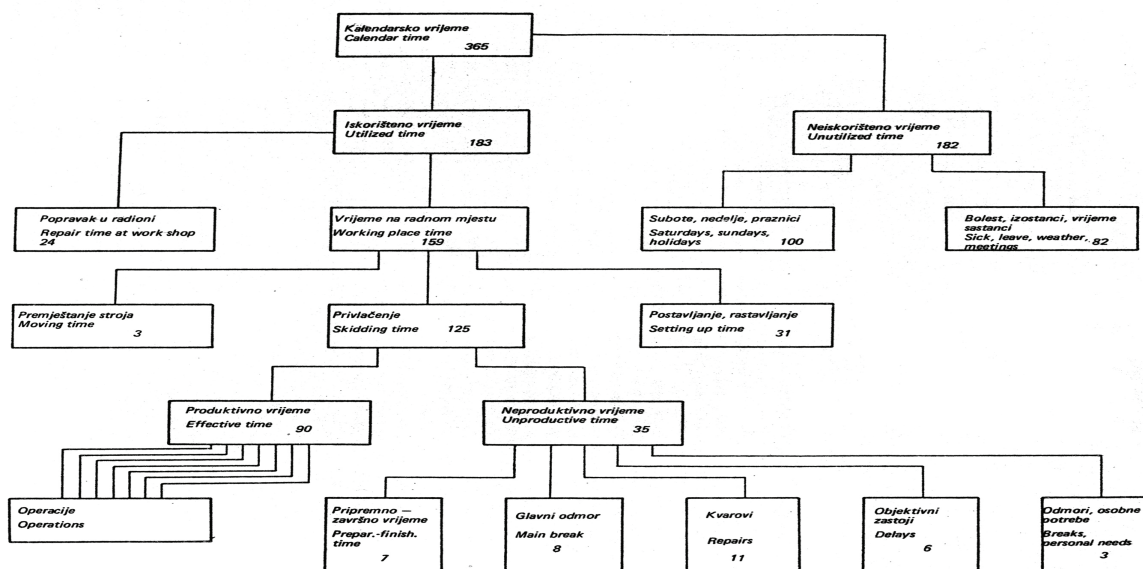
U ovoj su raščlambi temeljne postavke da proizvodnost žičara ovisi o slijedećim utjecajnim čimbenicima:

- prosječnom obujmu debla/sortimenta,
- udaljenosti privlačenja,
- udaljenosti postranog sakupljanja do trase žičare,
- tipu žičare,
- metodi izrade drvnih sortimenata.
- obučenosti radnika.

Na slici 43 prikazana je neki rezultati istraživanja proizvodnosti šumske žičare, a na slici 44 jedna metoda - "kalendarsko" praćenja proizvodnosti.



Slika 43. Proizvodnost i učinkovitost žičara



Slika 44. "Kalendarsko" praćenje proizvodnosti žičare

Proizvodnost i troškovi iznošenja drva šumskim žičarama ovise o međudjelovanju čitava niza utjecajnih čimbenika. Pristupnost šumskom području, koja se očituje u primarnoj otvorenosti šumskim cestama, u zajedništvu s terenskim čimbenicima izvođenja šumskih radova presudan je čimbenik koji utječe na raspored (slika 45), ali i duljinu žičnih linija. Uz pomoć digitalnoga modela terena moguće je planiranje položaja žičnih linija na određenoj šumskoj površini, što otvara mogućnost optimizaciji i racionalizaciji gustoće mreže šumskih cesta (Chung i dr. 2003). Osim načina rasporeda na međusobni razmak žičnih linija utječe moguća udaljenost postranoga privlačenje oblovine do žične linije pojedinoga tipa šumske žičare (Lukač 2001).



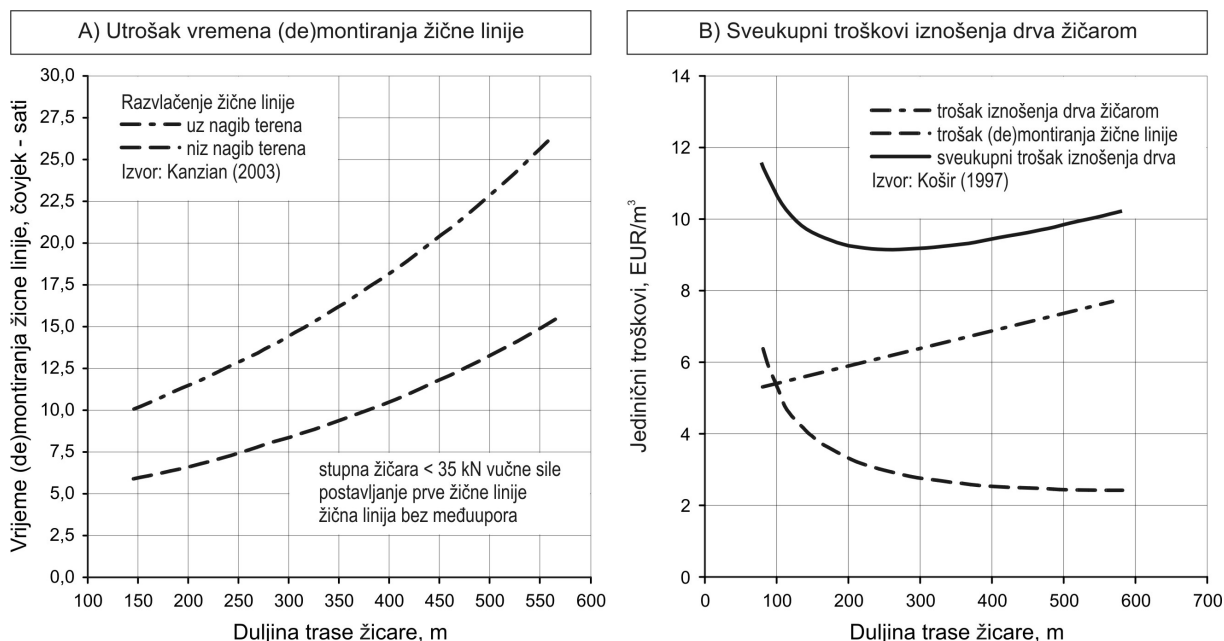
Usporedni raspored žičnih linija



Lepezasti raspored žičnih linija

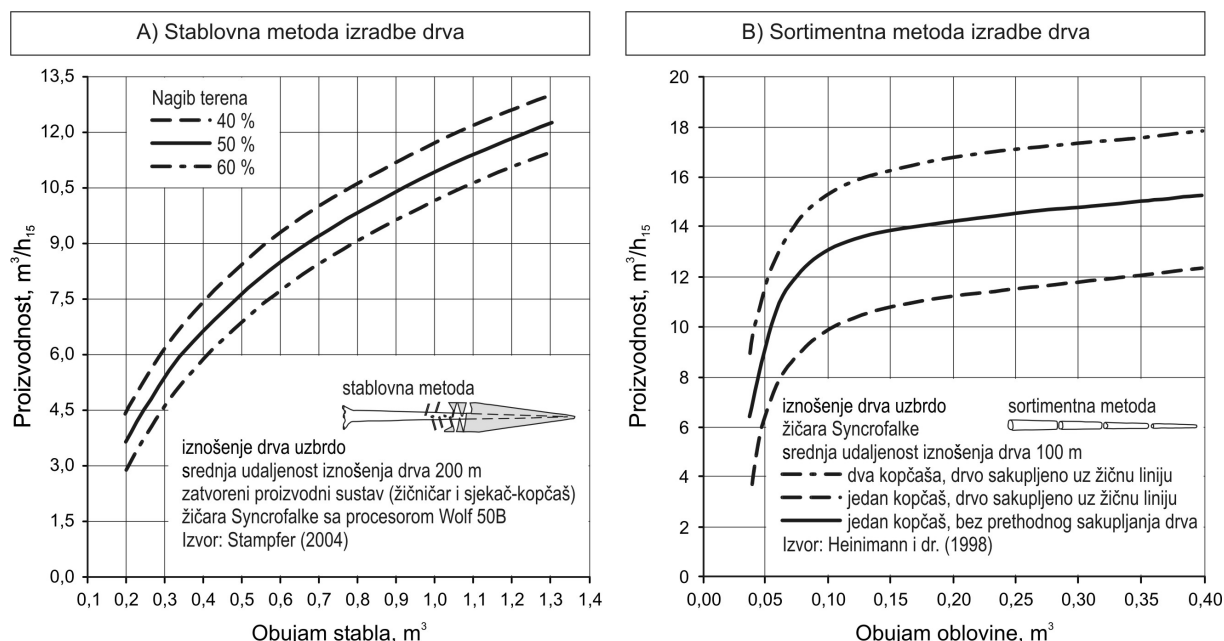
Slika 45. Rasporedi žičnih linija

Na proizvodnost šumskih žičara značajno utječe sječna gustoća sastojine, koju treba promatrati u zajedništvu s načinom rasporeda, ali i razmakom između trasa žičare, zato što je proizvodnost sustava opterećena utrošcima vremena montiranja i demontiranja žičnih linija (slika 46A), čime se u konačnici dolazi do sječne gustoće po metru žične linije kao izvedenoga utjecajnoga čimbenika (Tiernan i dr. 2002). Značajan utjecaj ima i prosječni obujam oblovine koja se iznosi žičarom, a koji predstavlja međudjelovanje dimenzija doznačenih stabala te primijenjene metode izradbe drva (slika 46). Košir (2003) na osnovi tih dvaju općepoznatih zakona mehaniziranja šumskih radova analizira optimalnu duljinu žičnih linija (slika 46B).



Slika 46. Utjecaj duljine žične linije na utrošak vremena (de)montiranja te sveukupne troškove pridobivanja drva

Usmjereno obaranje stabala i/ili priprema tovara (slika 47B) uzduž žične linije drugim sredstvom rada (*steep terrain harvester*) povećava razinu proizvodnosti iznošenja drva žičarom (Heinimann i dr. 1998). Osim kod stupne kamionske žičare s dizalicom brzo zatrpavanje istovarnih rampi na pomoćnom stovarištu zahtijeva dodatno sredstvo rada kojim je moguće uhrpati i razvrstati izneseno drvo, čime rastu ukupni troškovi pridobivanja drva.



Slika 47. Utjecaj metode izradbe na proizvodnost iznošenja drva

Same tehničke značajke (npr. nosivost), vremenske prilike te uvježbanost, iskustvo i motiviranost radničke ekipe, kao i sustav komunikacije među radnicima na istovarnoj rampi i sječini utječu na proizvodnost iznošenja drva. Osim navedenih utjecajnih čimbenika na godišnju razinu proizvodnosti utječe i veličina sječnih jedinica, njihov međusobni položaj, vrsta prihoda, razina mehaniziranosti sječe i izradbe drva, broj radnih dana u godini te kakvoća planiranja izvođenja radova (Talbot 2004).

Daljnji prikaz djelotvornosti iznošenja drva različitim tipovima žičara zasnovan je na domaćim istraživanjima (stupna kamionska žičara Steyr KSK 16, vučena žičara MINI URUS), odnosno prijenosom znanja stranih istraživanja (stupna kamionska žičara s hvatalom ili procesorskom glavom Syncrofalke). Prikazana je i usporedba djelotvornosti iznošenja drva s vučom, odnosno izvoženjem drva.

7.1 Stupna kamionska žičara Steyr KSK 16

Stupna žičara Steyr KSK 16 namjenjena je iznošenju drva na svim terenima s obzirom na smjer nagiba terena. Stup, vitla, pogon vitala i upravljačka kabina montirani su na kamionsku šasiju. Osnovne tehničke značajke žičare Steyr KSK 16 su: širina vozila (2 850 mm), visina vozila (3 900 mm), duljina vozila sa stupom u transportnom položaju (16 400 mm), visina stupa u radnom položaju (16 m), masa (27 t), snaga motora (191-236 kW). Žičara je opremljena većim brojem užadi različite namjene: nosivo uže (24 mm/700 m), vučno uže (16 mm/650 m), povratno uže (14 mm/1 300 m), pomoćno uže (9 mm/650 m), montažno uže (6,5 mm/1 500 m), sidreno uže (24 mm/60+30 m).

Djelotvornost pokretne stupne žičare Steyr KSK 16 istražena je pri iznošenju trupaca hrasta lužnjaka u uvjetima nizinskih šuma povećane mokrine tla, te u gorskim uvjetima (na nagibu i privlačenju tovara uz brdo) pri iznošenju bukovog drva. U okviru je terenskih istraživanja proveden opsežan studij rada i vremena. U nizini je tijekom 12 dana snimljeno 339 turnusa. U planinskim je uvjetima na nagibima terena od 50 do 90 % (pretežito 80 %), tijekom 12 dana snimljeno je 428 turnusa. Pri snimanju je primjenjena povratna metoda kronometrije prema unaprijed detaljno rasčlanjenim vremenima rada i uz snimku radnoga dana. U nizini su stabla hrasta lužnjaka izrađena sortimentnom metodom, a žičarom su iznošeni samo trupci. U bukovoj je sastojini pri izradi debala primjenjena kombinacija sortimentne, deblovne i poludeblovne metode. Krošnje su stabala odvojene od debala u sječini, s njih je uklonjena sitna granjevina te su tako okresane iznošene žičarom.

Gorski teren

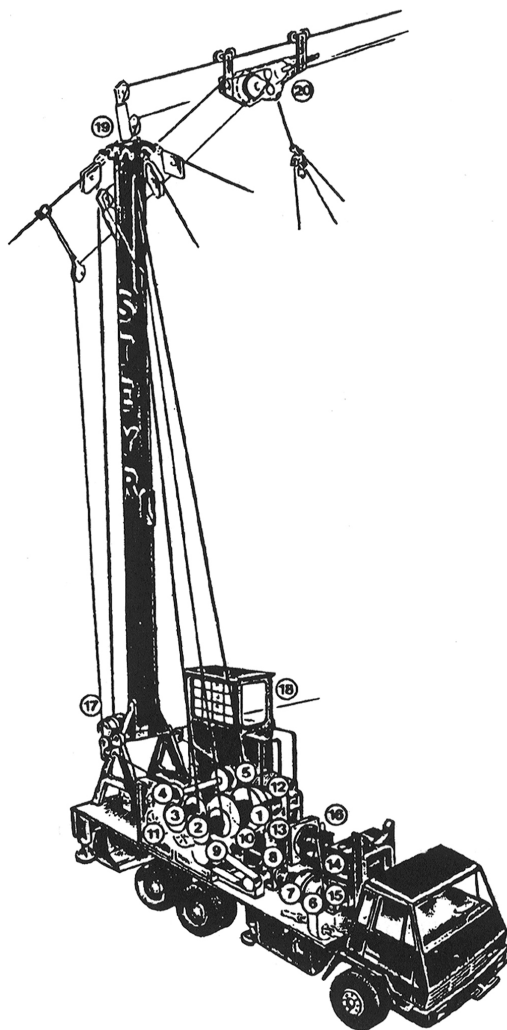
Odjel 23 se nalazi na nadmorskoj visini između 690 i 950 m u gospodarskoj jedinici Bitoraj. Površina odjela je 30,41 ha. Čista bukova sastojina je jednodobnoga izgleda, a zbog nagiba terena (50 do 90 %) propisana je stablimična sječa. Srednje kubno stablo ima obujam 2,60 m³. Stabla su posječena motornom pilom, a zatim su se okresale grane tanje od 10 cm s korom. Takva je reducirana krošnja odvojena od debla, a deblo se ovisno o promjeru prepiljivalo na jednom ili dva mjesta. Na takav su se način djelovi krupnijih stabala po masi usklađivali s kapacitetom žičare. Tehničko i prostorno drvo je doručeno nakon micanja dijelova debala i reducirane krošnje zglobnim traktorom od istovarne rampe do mjesta dorade na pomoćnome stovarištu.

Pogonski stroj žičare je postavljan i sidren na pripremljenim proširenjima uz šumsku cestu, koja je izgrađena iznad sječine. Površina odjela je pokrivena sa dva stajališta. Sa prvoga stajališta razvedeno je pet linija, a s drugoga tri linije u lepezastom rasporedu.

Žičaru su posluživala četiri radnika, od kojih su dvojica u sječini pripremala i vezala tovar, treći je odvezivao tovar na istovarnoj rampi, a četvrti je upravljao strojem. Tijekom dana, u pravilu nakon ručka, radnici su mjenjali radna mjesta. Međusobnu vezu i usklađivanje radnici su tijekom rada ostvarivali ručnim radio primopredajnicima.

Nizina

Odjel 25b u gospodarskoj jedinici Ilovski lug, šumarija Garešnica, ima površinu 34,48 ha i odlično je prirodno pomlađen. Stabla hrasta lužnjaka stara 135 godina posječena su dovršnim sijekom. Drvna zaliha prije sječe iznosila je 350 m³/ha, srednje plošno stablo je imalo prsni promjer 73 cm, a srednje kubno stablo je imalo obujam 7,20 m³. Tehničko drvo je odvojeno od prostornoga i izrađeno sortimentnom metodom. Prostorno drvo predviđeno je za prodaju okolnom pučanstvu uz samoizradu. Tehničko drvo iznosi se žičarom. Pogonsko vozilo sa stupom je usidreno na okretnici šumske ceste, s kojeg je položaja lepezastim postavljanjem trasa žičare pokrivena površina cijelog odjela. Duljina trase žičare iznosila je najviše 630 m. Na svim duljim trasama žičare, na posebno odabranim i za tu svrhu neposječenim stablima, postavljane su podupore. Žičaru je posluživalo 3 do 5 radnika. Međusobnu suradnju ostvarivali su radio vezom ili kada su bili u vidokrugu dogovorenim ručnim signalima.



Slika 48. Žičara Steyr KSK 16

Način rada žičarom

Tehnika rada na oba radilišta bila je jednaka. Jedina je razlika bila u micanju iznešenoga drva s istovarne rampe do mjesta na pomoćnome stovarištu. Kolica žičare se zaustavljaju nad mjestom utovara, spušta se vučno uže koje radnik prihvaća i izvlači ga do tovara. Vezanje se izvodi čokerima. Kad je trupac (tovar) vezan privlači se okomito ili koso prema trasi žičare po tlu, a zatim se djelomično ili potpuno odiže od tla i privlači po nosivom užetu do mjesta istovara. Na mjestu istovara se tovar spušta te odvezuje, a uže zatim odiže iza čega slijedi novi ciklus. Pri izvlačenju užeta za vezanje u nizini opuštano je i nosivo uže s kolicima, koje je zatim napinjano u času postranog privlačenja tovara. Time je pasivna uloga nosivog uža pri privlačenju trupaca do trase žičare prelazila u aktivnu činidbu postranog privlačenja. S obzirom da mjesto istovara nije moguće mijenjati nužno ga je oslobađati od trupaca, za što se u nizini koristio kamion opremljen hidrauličnom dizalicom, a u brdu zglobni traktor. S obzirom da je u nizini primjenjena sortimentna

metoda, trupci su na pomoćnom stovarištu sortirani po kakvoći i pripremljeni za licitaciju. U brdu je, nakon micanja drva s istovarne rampe, izvršena dorada uz prostorno odvajanje tehničkoga drveta od ogrjeva.

Vrijeme montiranja i demontiranja žičare te premještanje linija

Montiranje žičare u nizini je trajalo ukupno 844,03 min. Prilikom montiranja na 24 različite operacije utrošeno je 610,30 min, a ostalo su bili prekidi. Demontiranje žičare traje 173,71 min. Pri tome je zabilježeno 15 radnih operacija. Utrošak vremena za premještanje linija žičare ovisan je o dužini trase. Za dužinu trase od 630 m utrošilo se 608 min, za duljinu trase 340 m bilo je potrebno 300 min, a za duljinu od 200 m 181 min.

U planinskim se uvjetima za montiranje žičare utrošilo 517 min, a za demontiranje 154,10 min. Za premještanje linije 300 m duljine utrošilo se 231,40 min, a za duljinu linije od 450 m bilo je potrebno 363,80 min.

Ostvareni rezultati

Rezultati istraživanja proizvodnosti stupne kamionske žičare Steyr KSK 16 na ravnom odnosno brdskom terenu usporedno su prikazani u tablici 11.

Tablica 11. Parametri proizvodnosti žičare Steyr KSK 16

Parametri proizvodnosti		Područje istraživanja	
		ravnica	brdo
Brzine kretanja	neopterećenih	2,68	2,87
	opterećenih kolica,	2,06	1,50
Ci vremeni	utovar drva,	2,73	4,41
	istovar drva,	1,25	1,20
Dodatno vrijeme, % od		23,9	24,1
Značajke tovara	obujam tovara,	2,55	2,11
	oblovine u tovaru,	2,2	2,7
	obujam oblovine,	1,17	0,79
	duljina oblovine, m	4,9	8,7
	srednji promjer	55	34
Srednje sječno stablo, m ³		7,2	2,6

Prosječna brzina kretanja praznih kolica na nagibu iznosi 2,87 m/s, te je za 6,6 % veća nego u nizini (2,68 m/s). Pri vožnji punih kolica nagib je djelovao otežavajuće pa su brzine kretanja veće u nizini. Prosječna je brzina kretanja kolica u ravnici 2,06 m/s, te je za 0,56 m/s veća nego na nagibu (1,5 m/s). Prosječna je brzina praznih kolica na nagibu veća od

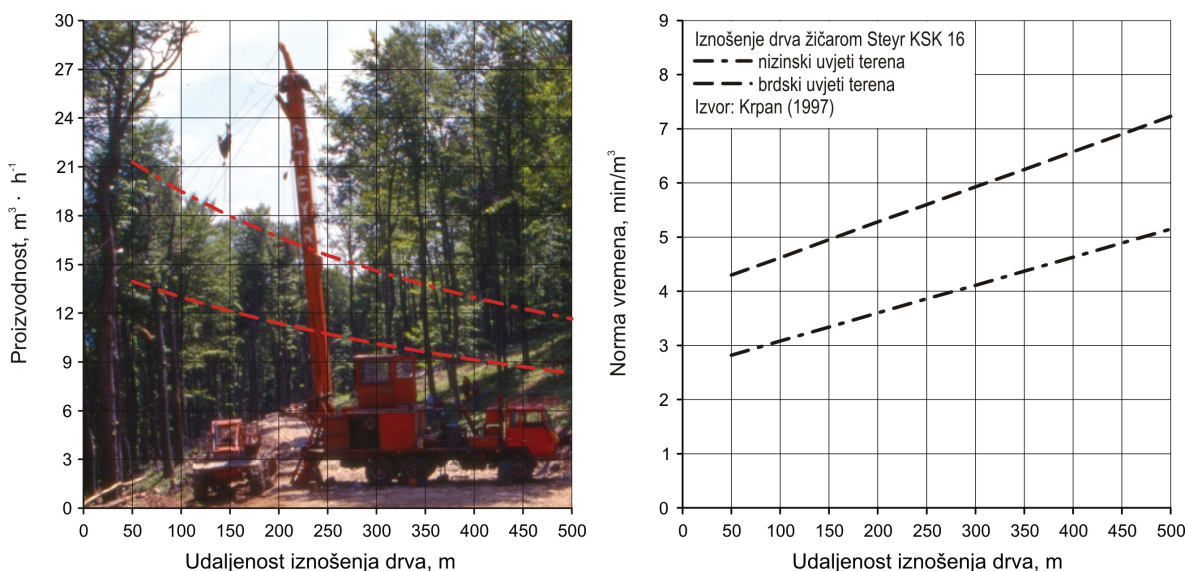
brzine punih kolica za 1,37 m/s, a u nizini je razlika manja i iznosi 0,62 m/s. Navedeno ukazuje na pozitivni učin gravitacije pri kretanju praznih i negativno djelovanje pri kretanju opterećenih kolica na nagibu. Prosječne brzine vožnje praznih i punih kolica u nizini stoje u odnosu kao 1,3 : 1, a na nagibu je taj odnos veći i iznosi 1,9 : 1.

Za utovar drva na sječini utroši se više vremena u brdu (4,41 min) nego u ravnici (2,73 min), na što je utjecalo povećano vrijeme izvlačenja vučnoga užeta, vrijeme vezanja tovara i postranoga privlačenja tovara. Efektivno vrijeme utrošeno za istovar u brdu i nizini je gotovo jednako, jer je razlika svega 0,05 min.

Dodatno vrijeme na oba objekta iznosi 24 %.

Prosječni je obujam tovara u nizini 2,55 m³. U tovaru je prosječno 2,18 komada trupaca. Obujam je srednjega trupca 1,17 m³, prosječna duljina 4,9 m, a promjer bez kore 55 cm. Najveći je promjer trupca 90 cm, najveća duljina 9,2 m, a najveći obujam 4,2 m³. U brdu je prosječni obujam tovara manji za 0,44 m³, a prosječni broj komada u tovaru veći za 0,48 u odnosu na nizinu. Prosječni je obujam komada manji za 0,38 m³, srednji promjer komada manji za 21 cm, a prosječna duljina komada veća za 3,77 m. Najveća je duljina jednoga komada u brdu 25 m, najveći promjer komada u sredini 100 cm, a najveći je obujam komada, ujedno i najveći obujam tovara 3,93 m³.

Na osnovu ostvarenih rezultata izračunana je, ovisno o udaljenosti iznošenja drva proizvodnost i norma vremena, za navedene uvjete rada (slika 49).



Slika 49. Ovisnost proizvodnosti i norme vremena o udaljenosti iznošenja drva – Steyr KSK

Norma vremena je upravo proporcionalna, a proizvodnost obrnuto proporcionalna veličina u odnosu na udaljenost iznošenja. Norma vremena pri radu na nagibu raste od 4,30 min/m³ za 50 m do 7,23 min/m³ na 500 m udaljenosti. Norma vremena je u nizini manja i za 50 m udaljenosti iznosi 2,82 min/m³, a za udaljenost iznošenja 500 m je 5,15 min/m³.

Proizvodnost za navedene udaljenosti u brdu je 14,0 m³/h, odnosno 8,3 m³/h, a u nizini je veći i iznosi od 21,3 m³/h za 50 m i 11,7 m³/h za 500 m udaljenosti. Opadanje je dnevnoga učinka u nizini s povećanjem udaljenosti iznošenja nešto izraženije.

Jedinični trošak je iznošenja u nizini 27 DEM/m³, a u brdu 34 DEM/m³. Trošak je rezultat pogodbe poduzetnika i šumarije.

Prema rezultatima istraživanja stupne kamionske žičare se mogu primjenjivati pri dovršnim i oplodnim sječama u nizinskim šumama Hrvatske. Do sada stečena iskustva ukazuju da se sa žičarom drvo iznosi i kada voda leži na tlu, a njena dubina omogućuje kretanje radnika. Štete su na tlu pri pažljivoj uporabi žičare zanemarive. Na nagibima su terena većim od 50 % žičare ionako sredstvo izbora za iznošenje drva.

7.2 Laka gravitacijska vučena žičara Mini URUS 400-0.9

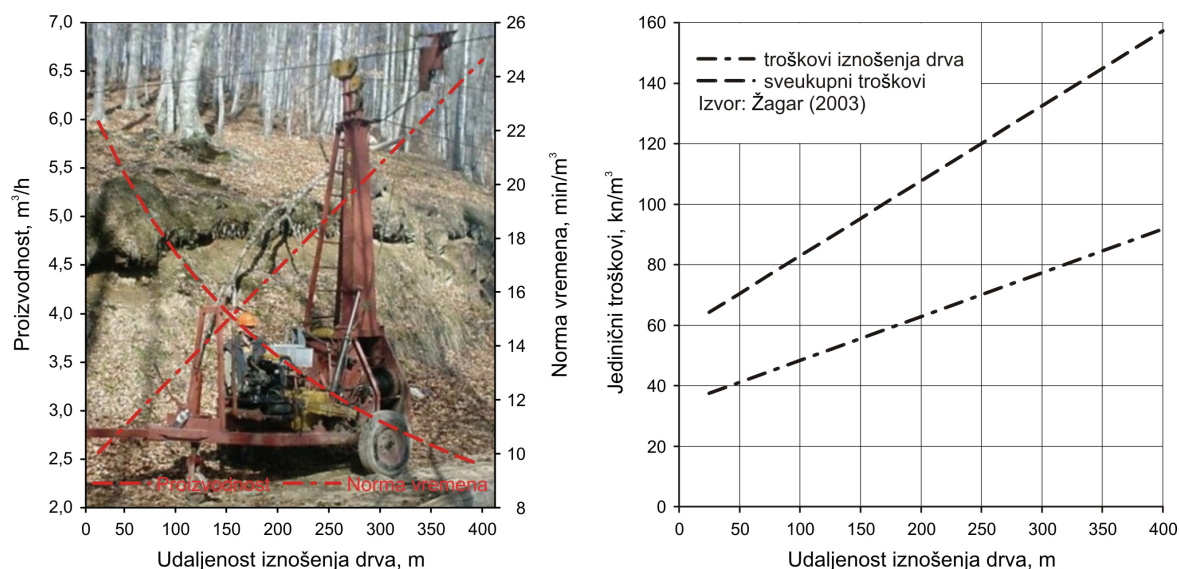
Šumska je žičara Mini URUS 400-0.9 laka gravitacijska vučena motorna žičara namijenjena privlačenju drvnih sortimenata iz prorednih sječa. Sastoji se od stupa, ugrađenog pogonskog motora, dvobubanjskog vitla s nosivim i vučnim užetom s pripadajućom užadi, dva vitla za zatezanje sidrenih užadi, jednog vitla za pomoćno sidreno uže, kolica te ostalog uobičajenog pribora. Osnovne tehničke značajke žičare Mini URUS 400-0.9 su: širina (1 630 mm), duljina (4 210 mm), transportna visina (1 960 mm), visina stupa u radnom položaju (5,02 m), masa (1,8 t), snaga motora (25 kW). Žičara je opremljena većim brojem užadi različite namjene: nosivo uže (14 mm/430 m), vučno uže (8 mm/450 m), sidreno uže (14 mm/40 m). Nosivost žičare iznosi 0,9 t u slučaju potpune odignutosti tereta od tla, odnosno 1,5 t u slučaju djelomične odignutosti vučene oblovine od tla.

Istraživanje djelotvornosti šumske žičare Mini URUS 400-0.9 provedeno je na brdskim terenima Parka prirode Papuk, na području odjela 22a GJ Kokočačka planina šumarije Orahovica. Istraživana sječina je sastojina obične bukve s lazarkinjom, starosti je 84 godine. Površina odjela je 45,98 ha, prosječnoga nagiba terena < 40%. Drvna zaliha odjela iznosi 377 m³/ha, temeljnica 28,9 m²/ha uz 440 stabla/ha. U odjelu se provodila proreda intenziteta sječe 13,4 % (sječna gustoća 39 m³/ha). Stabla su posječena i izrađena sortimentnom metodom, a prostorno celuložno drvo izrađivano je u fiksnim duljinama od 4 m te od 6 m. Žičaru su opsluživala 3 radnika od kojih je jedan rukovao

žičarom, a druga dva su kopčala izrađenu oblovinu. Na pomoćnom stovarištu, uz žičaru je radio i nadograđeni poljoprivredni traktor opremljen vitlom koji je oslobađao od oblovine iskrcajnu rampu žičare, razvrstavao oblovinu te se koristio kao vučno vozilo pri premještanju žičare.

Studij rada i vremena proveden je tijekom dvanaest radnih dana, pri čemu je korištena povratna kronometrijska metoda prema prethodno raščlanjenom radnom vremenu. Ukupno je privučeno 165,45 m³ bukove i lipove oblovine (712 komada) u 331 turnusu.

Tijekom istraživanja drvo se privlačilo na osam žičnih pravaca (trasa), prosječne duljine od 187 m i prosječnog nagiba od 47 %. Prosječni je tovar bio $0,5 \pm 0,2$ m³ te su ga činila prosječno dva komada obloga drva. Usporedba obujma tovara i nagiba terena nije pokazala signifikantnu vezu. Prosječni ostvareni učinak iznosio je 3,71 m³/h, dok je utrošak ukupnoga vremena po jedinici iznešenoga drva iznosio 16,19 min/m³, odnosno 8,67 min/m³ efektivnoga vremena. Posebno je utvrđeno i pogonsko vrijeme rada žičare koje je bilo relativno malo tj. samo nešto iznad 50% efektivnoga vremena.



Slika 50. Usporedba djelotvornosti iznošenja drva s vučom i izvoženjem drva

Mjerenje je brzine privlačenja koja odgovara brzini namatanja užeta na bubnju vitla (ovisi o brzini vrtnje motora i stupnju prijenosa) i brzine gravitacijskog spuštanja kolica koje regulira radnik kočnicom pokazalo je da je brzina spuštanja (prazna vožnja – 4,5 m/s) 3 puta veća od brzine privlačenja (puna vožnja – 1,5 m/s). Za utovar drva na sječini prosječni je utrošak vremena iznosio 2,52 min, odnosno 0,58 min za istovar drva na pomoćnome stovarištu. Dodatno vrijeme ustanovljeno je u iznosu od 34 % efektivnoga vremena.

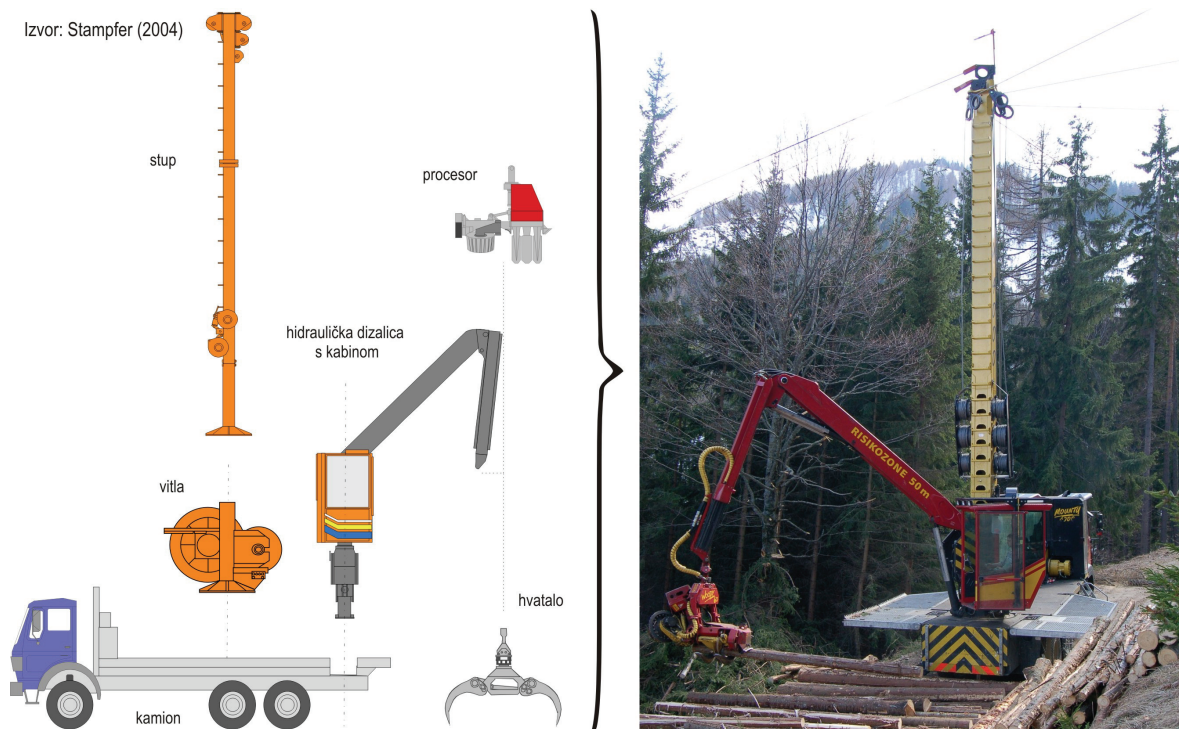
Analizom je vremena (de)montaže žičare utvrđeni su prosječni utrošci vremena, koji su iznosili 70 min za montažu, odnosno 46,7 min za demontažu žične linije. Premještanje žičare ovisi o udaljenosti i odvijalo se prosječnom brzinom od oko 4 km/h.

Mjerenjem je utroška goriva pogonskog benzinskog motora izvršena volumetrijskom metodom. Ustanovljena prosječna potrošnja od 0,49 L/m³.

Za navedene uvjete rada, na osnovi ostvarenih rezultata izračunana je, ovisno o udaljenosti iznošenja drva proizvodnost i norma vremena (slika xx). Za prikazani raspon udaljenosti privlačenja drva na grafikonima slike xxA (od 25 m do 400 m) proizvodnost se je kretala u rasponu od 6 m³/h do 2,44 m³/h, odnosno norma vremena od 10,05 min/m³ do 24,62 min/m³. Za izračun troškova iznošenja drva žičarom Mini URUS korištena je kalkulacija prema kojoj dnevni trošak žičare i 3 radnika koji je opslužuju iznosi 1789 kn/dan. Troška iznošenja drva potrebno je pridodati trošak traktora i vozača koji se nalaze u navedenom sustavu privlačenja drva žičarom (858 kn/dan), ali i trošak de(montiranja) žičnih linija (419 kn/dan) koji je izveden iz analize utroška vremena. Sveukupni trošak sastava iznosi 3066 kn/dan. Na slici xxB prikazani su jedinični troškovi iznošenja drva žičarom te sveukupni troškovi privlačenja drva u ovisnosti o udaljenosti privlačenja.

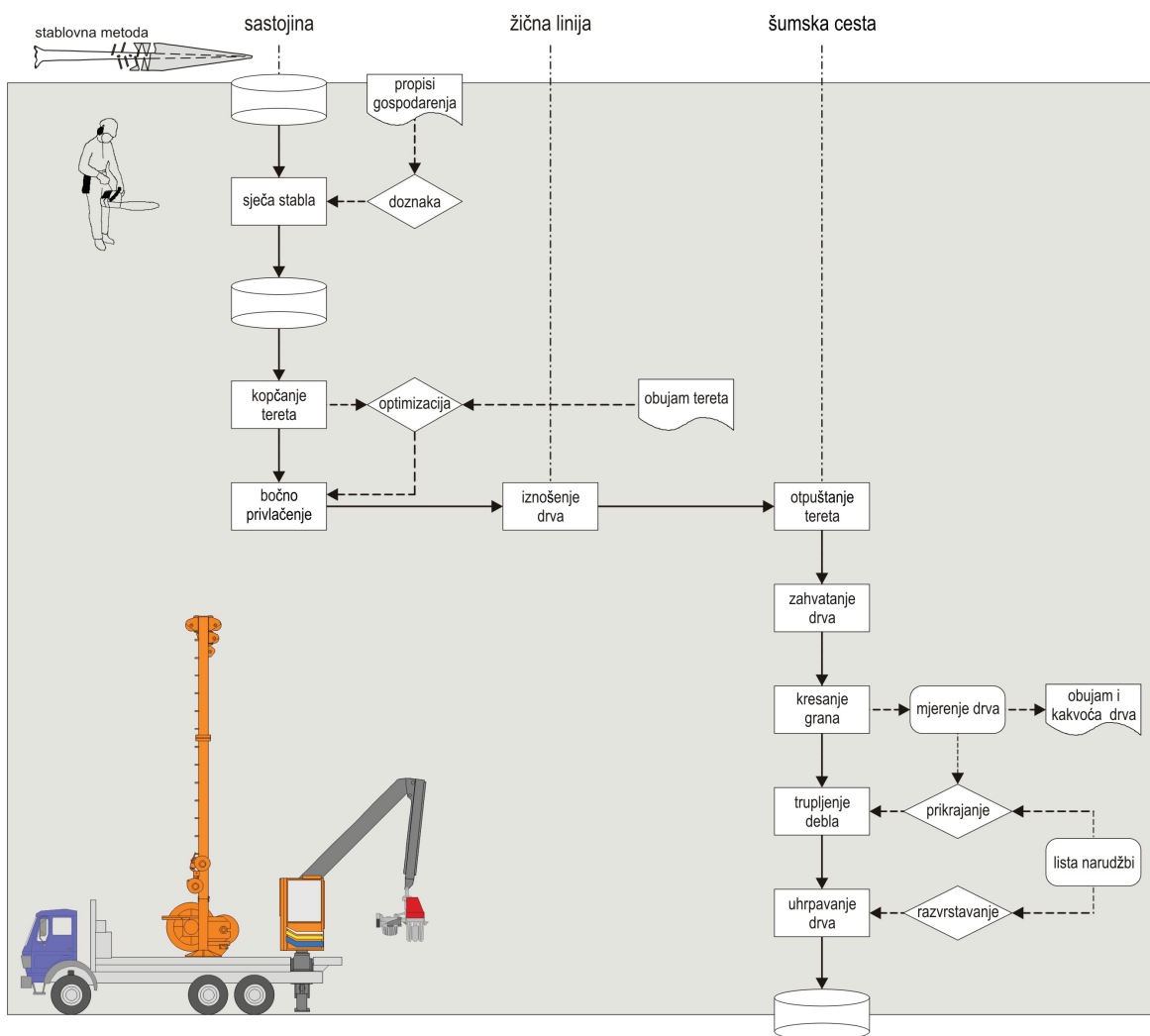
7.3 Stupna kamionska žičara s dizalicom i hvatalom ili procesorom

Zadnji doseg razvoja današnjih šumskih žičara čine stupne kamionske žičare, kojima je na stražnjem kraju šasije kamiona pridodana dizalica s kabinom (slika 51). Izborom alata za prihvat drva (hvatalo ili glava za izradbu drva) otvorena je mogućnost brze prilagodbe sustava u ovisnosti o primijenjenoj metodi izradbe drva (sortimentna ili stablovna) pojedine sječne jedinice, što je i osnovna značajka ovoga koncepta šumske žičare (Heinimann i dr. 2001).

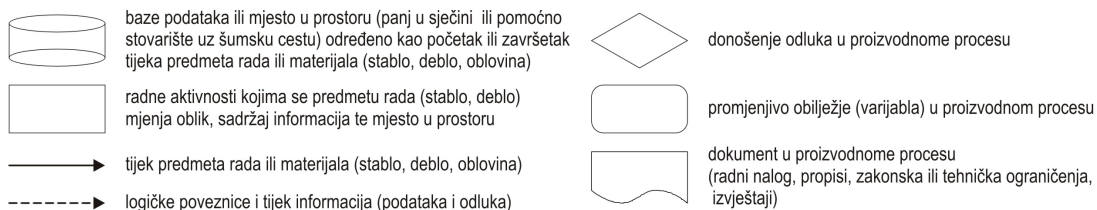


Slika 51. Stupna kamionska žičara s dizalicom i hvatalom ili procesorom

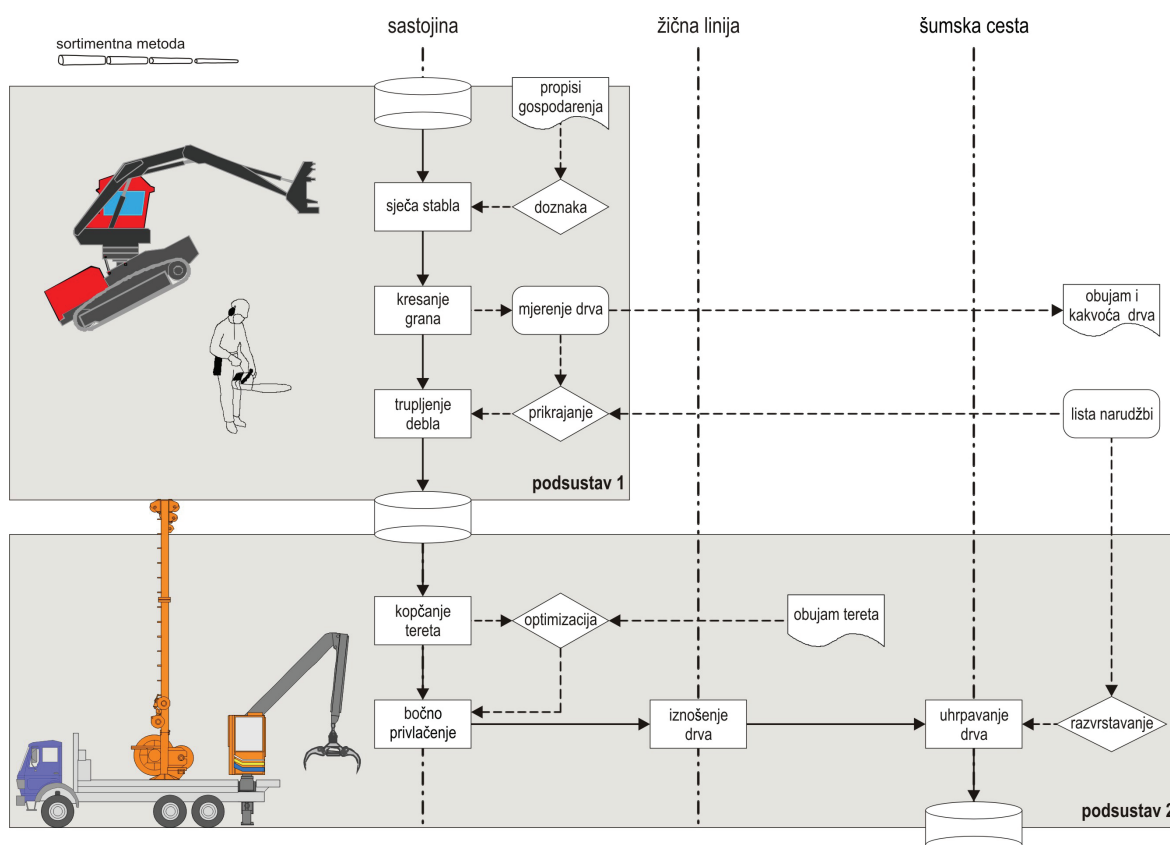
Pri tome se u slučaju stablovne metode izradbe drva spajaju iznošenje drva i izradba stabala, što u konačnici povećava proizvodnost cijelog sustava pridobivanja drva (Košir 2004). Isto tako, bez obzira na izbor alata za prihvat drva (a time i metode izradbe drva), kod ovoga je koncepta stupnih kamionskih žičara omogućeno u dohvatu hidraulične dizalice slaganje drva u složajeve, čime je otklonjen problem brzoga zatrpavanja na istovarnoj rampi pomoćnoga stovarišta. Tijek tehnološkog procesa ovog sredstva rada u stablovnoj metodi izradbe drva prikazuje slika 52, a u sortimentnoj slika 53.



Kazalo simbola tehnološkog procesa



Slika 52. Tijek tehnološkog procesa – stablovna metoda izradbe drva (žičara s dizalicom i glavom za izradbu drva)

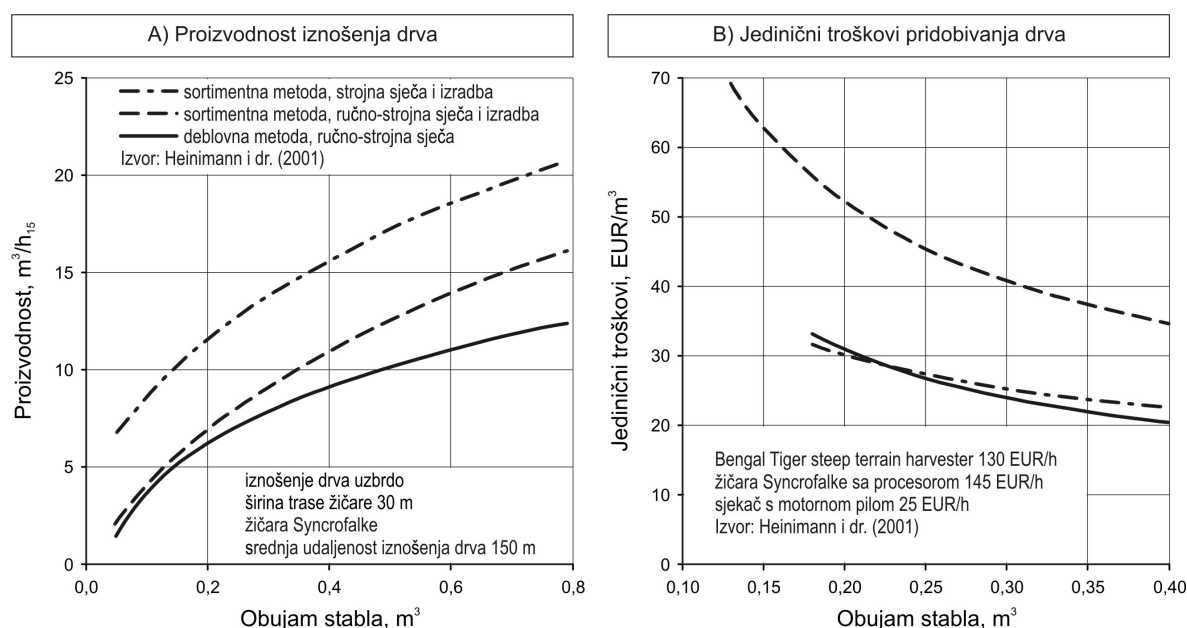


Slika 53. Tijek tehnološkog procesa – sortimentna metoda (žičara s dizalicom i hvatalom)

Slika 54 prikazuje modele djelotvornosti stupne kamionske žičare s dizalicom koja je ovisno o metodi izradbe drva opremljena s hvatalom ili glavom za izradbu drva (Heinimann i dr. 2001). Najutjecajniji čimbenik djelotvornosti žičare je obujam stabla, zatim slijede metoda izradbe drva (stablovna ili sortimentna) te razina mehaniziranosti sječe i izradbe drva (sjekač s motornom pilom ili „steep terrain harvester“).

Uspoređujući proizvodnost žičare s obzirom na razinu mehaniziranosti pri sortimentnoj metodi uočljiva je za 40 do 100 % veća proizvodnost kada se sječa i izradba drva izvodi strojno harvesterom pogodnim za nagnuti teren u odnosu na ručno-strojni rad motornom pilom (slika xxxA). Na skok proizvodnosti žičare pozitivno djeluje provedeno uhrpavanje drva uz žičnu liniju (ispod samog nosivog uža) harvesterom. Posljedica navedenoga je izostanak postranog izvlačenja vučnog užeta, kao i privlačenja tereta do žične linije čime se smanjuje utrošak vremena turnusa žičare.

Pri stablovnoj metodi izradbe drva zabilježen je pad proizvodnosti (do 10 %) u odnosu na sortimentnu metodu sa ručno-strojnim radom motornom pilom. U odnosu na obujam stabla, kao i metodu te razinu mehaniziranosti sječe i izradbe drva, udaljenost iznošenja drva bilježi značajno manji utjecaj na proizvodnost žičare.



Slika 54. Ovisnost djelotvornosti pojedinih sustava pridobivanja drva

Sveukupni troškovi navedenih sustava pridobivanja drva stupnom kamionskom žičarom s dizalicom i hvatalom ili procesorom prikazani su na xxxxB. Najproduktivniji, potpuno mehanizirani sustav pridobivanja kratkog drva, u troškovnim analizama pokazao se najskuplji, usljed visoke cijene strojnog rada harvestera (145 EUR/h). Važna spoznaja je

izjednačenost jediničnih troškova sortimentne i stablovne metode izradbe pri ručno strojnoj sječi drva motornom pilom. Ipak, analiza ovisnosti jediničnog troška o obujmu posječenoga stabla ukazuje na pogodnost rada žičare u stablovnoj metodi izradbe drva kod stabala obujma iznad 0,3 m³.

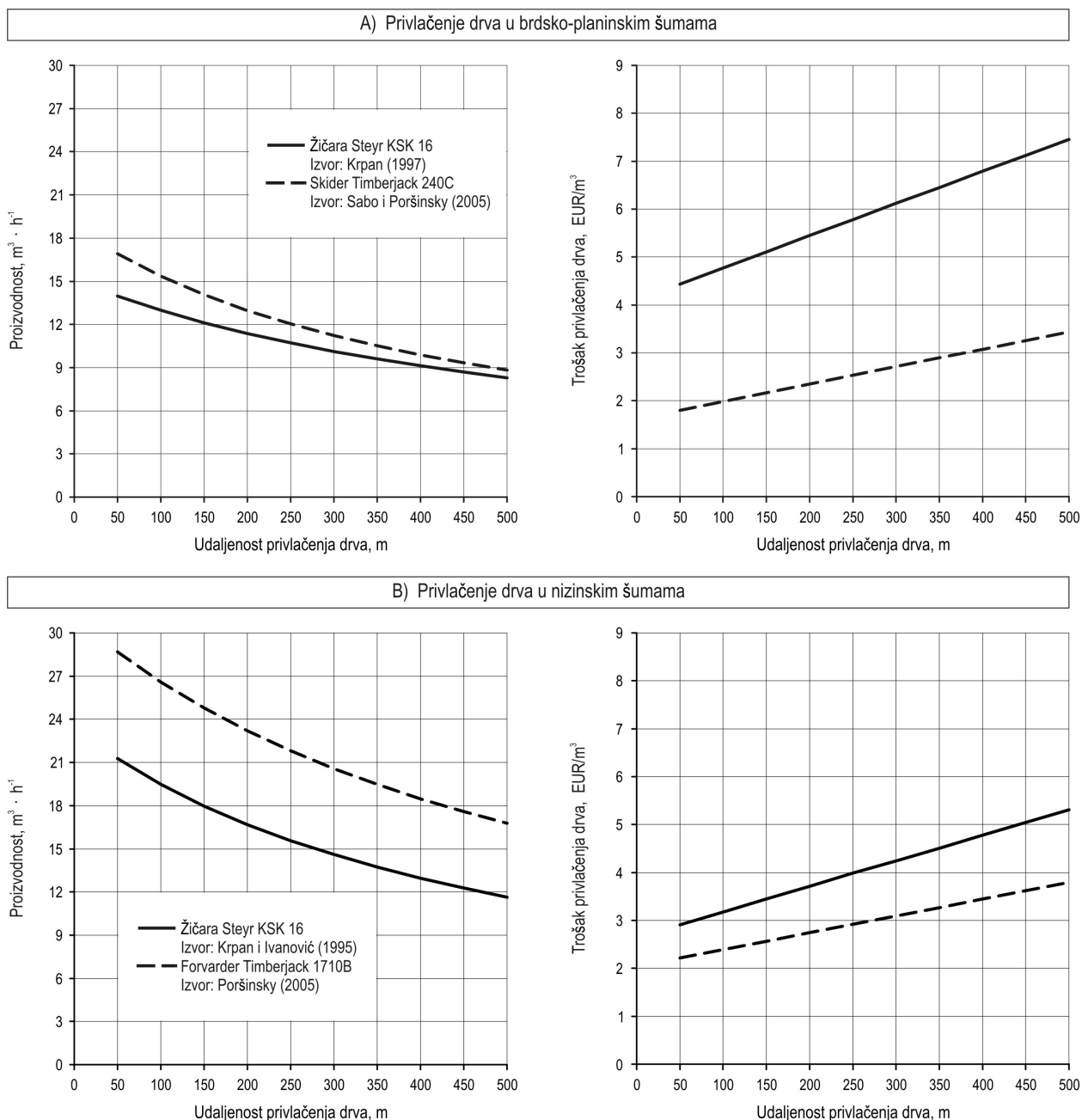
7.4 Usporedba djelotvornosti iznošenja drva s vučom i izvoženjem drva

Iz dosadašnjeg prikaza utjecajnih čimbenika proizvodnosti te spoznaje o višim nabavnim cijenama šumskih žičara u odnosu na druga sredstva privlačenja drva (FBVA 2000, FBVA 2003) lako je zaključiti da iznošenje drva zahtijeva pažljivo planiranje izvođenja šumskih radova.

Na osnovi prethodnih istraživanja provedenih u hrvatskom šumarstvu (Krpan i Ivanović 1995, Krpan 1997, Poršinsky 2005, Sabo i Poršinsky 2005) oblikovan je prikaz odnosa djelotvornosti šumske žičare s drugim sredstvima privlačenja drva – slika 55.

Usporedba djelotvornosti iznošenja drva žičarom Steyr KSK 16 s vučom drva skiderom Timberjack 240C u brdsko-planinskim šumama te izvoženja drva forvarderom Timberjack 1710B u nizinskim šumama u Hrvatskoj pokazala je manju proizvodnost, ali i troškovnu nekonkurentnost šumskih žičara u odnosu na sredstva za privlačenje drva koja su kretna po tlu. Međutim, Krpan i Poršinsky (2002) suprostavljaju se donošenju sudova o korištenim strojevima samo na osnovi njihove djelotvornosti, iznoseći mišljenje da se odabir strojeva i metoda rada treba temeljiti na prosudbi o njihovoj proizvodnosti, ali i prilagođenosti ekološkim, ergonomskim, ekonomskim, energijskim i estetskim zahtjevima (5 E).

Pri analizi pogodnosti vuče drva skiderom Timberjack 240C treba napomenuti da se trošak privlačenja drva odnosi na izravni trošak rada (slika 12a), bez troška izgradnje traktorskih putova čija je gustoća iznosila 104 m/ha. Krpan i dr. (2003) uočavaju potrebu za izradom metodologije izračuna jediničnoga troška traktorskoga puta (kn/m³) radi usporedivosti s troškovima drugih načina privlačenja drva, pri čemu navode da izgradnju sekundarnih šumskih prometnica ne bi trebalo promatrati kao jednokratni trošak u trenutku eksploatacije sječne jedinice, već ga je nužno sagledati kao srednjoročnu investiciju s obzirom na preborno gospodarenje ovim šumama i sječe u ophodnjicama od 10 godina. U ukupnoj analizi pogodnosti privlačenja drva skiderom u prebornim šumama u Hrvatskoj ne smiju se zanemariti ni oštećenja dubelih stabala, koja se kreću u rasponu od 1,7 do 2,3 % od preostalog broja stabala nakon sječe (Sabo 2000, Sabo 2003). Tim oštećenjima treba pribrojiti i oštećenja nastala pri izgradnji traktorskih putova bagerom opremljenim hidrauličnim čekićem, koja Pičman i dr. (2003) utvrđuju u iznosu od 12 stabala na 100 m traktorskoga puta.



Slika 55. Usporedba djelotvornosti iznošenja drva s vučom i izvoženjem drva

U nizinskim šumama u Hrvatskoj trenutna je vlaga tla ključan čimbenik izvođenja šumskih radova uopće, a pogotovo privlačenja drva (Krpan 1983, 1984, 1989). Krpan navodi da su koherentna tla ovoga područja težega mehaničkoga sastava, a kako se tijekom cijele godine prekomjerno vlaže oborinskim, podzemnim i poplavnim vodama, ona su zadovoljavajuće nosivosti za kotačna (ili gusjenična) vozila samo u slučaju suhoga ili duboko smrznutoga tla. Sva ostala stanja tla, koja su najčešća tijekom sezone pridobivanja drva glavnoga prihoda (listopad – ožujak) zbog svoje ograničene nosivosti neprikladna su za kretanje vozila, pri čemu nastaju manje ili veće nedopustive štete na tlu (Krpan i dr. 1993a, Poršinsky 2005), dubecim stablima (Krpan i dr. 1993b) ili pomlatku

(Petreš 2004), čime je neposredno ugrožena obnova sastojina (pomlađivanje) te uredni slijed biološke proizvodnje.

Unatoč troškovnoj nekonkurentnosti žičare razlozi za njezinu buduću uporabu postoje, pogotovo u uvjetima u kojima drvo ne mogu privlačiti kotačna vozila (Krpan 1996). Tvrdnja se dodatno potkrjepljuje navodom Grammela (1988), koji ističe da se privlačenje drva vučom i izvoženjem traktorima te iznošenjem žičarom troškovno izjednačuju ako se u obzir uzmu okolišne i estetske sastavnice koje bi trebalo troškovno valorizirati.

8. PRELIMINARNI IZBOR ŠUMSKE ŽIČARE

Na temelju razrađenih sastojinskih uvjeta, raščlambe prometne infrastrukture, analize proizvodnosti te okolišnih zahtjeva za primjenu šumske žičare kao pogodne tehnike i tehnologije transporta drva u šumama na području Medvednice, tim stručnjaka koji radi na projektu zaključio je da žičara treba omogućiti

- privlačenje potpuno ovješnog tereta,
- privlačenje na najvećoj udaljenosti od 800 m,
- nošenje tereta mase iznad 3t.
- privlačenje uzbrdo/nizbrdo,
- uporabu biorazgradivog ulje za podmazivanje motora i u hidrauličkom sustavu,
- uporabu motora koji mora zadovoljiti ograničenja emisije štetnih plinova.

Pri njenoj uporabi preporučuje se posebnu pažnju posvetiti na:

- položaj i raspored (usporedni, lepezasti) žičnih linija pojedine sječne jedinice na koje presudan utjecaj ima položaj šumske ceste, odnosno terenske i sastojinske prilike,
- usmjereno obaranje stabala uz razmak među žičnim linijama od 30 m,
- provođenje doznake stabala nakon određivanja položaja i rasporeda žičnih linija,
- dimenzije doznačenih stabala sječne jedinice jer one određuju metodu izradbe drva, kojom će se iznošeni tovar prilagođavati nosivosti žičare,
- preferiranje iznošenje drva uzbrdo, zbog smanjenja šteta na preostalim dubećim stablima nakon sječe,
- visinu nosivog uža koje u odnosu na tlo treba iznositi najmanje 2/3 visine stabala u sječini, čime se osigurava zaštita tla od sabijanja te naknadnih erozivnih procesa na strmim terenima,
- poštovanje strogih sigurnosnih propisa rada s žičarom.

Na temelju ovih poželjnih značajki žičare te Pregleda pogodnih modela šumskih žičara na tržištu može se izabrati odgovarajući model.

9. PREGLED POGODNIH MODELA ŠUMSKIH ŽIČARA NA TRŽIŠTU

ADLER DSK 25 – Traktorska žičara

Proizvođač:

ADLER Konrad Ges.m.b.H. &
Co.KG Seilwinden-und Fahrzeugbau
Grimmenstein 7
D-88364 Wolfegg
Njemačka
Tel.: 0049/7527/96080
Internet.: www.konrad-adler.de

Opis:

Žičara dvo-užetnog sustava postavljena na trozglobnu poteznicu traktora.

Hidrostatski pogon vitala nosivog i vučnog užeta preko priključnog vratila. Daljinsko upravljanje.

Najveća trasa žičare: 280 m

Visina stupa: 8 m

Duljina: 5000 mm

Širina: 2000 mm

Visina (pri transportu): 3400 mm

Masa bez užadi: 1200 kg



Motor	traktorski
Snaga motora	od 55 kW (75 KS)
Pogon vitla	hidrostatski
Prijenos snage	zupčanički i planetarni reduktor
Kočnica	pojasna za vučno i nosivo uže
Upravljanje	daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 14 mm - 280 m vučno uže ϕ 8,5 mm - 300 m sidrena užad ϕ 14 mm - 2x50 m

Kolica	SHERPA 1,5 t
Nosivost	1500 kg
Upravljanje	daljinsko
Broj kotačića	4
Masa kolica	130 kg

Primjena	privlačenje uz nagib
Cijena	75 882 EUR

ADLER MS 500 UNI – Vučena žičara

Proizvođač:

ADLER Konrad Ges.m.b.H. &
Co.KG Seilwinden-und Fahrzeugbau
Grimmenstein 7
D-88364 Wolfegg
Njemačka
Tel.: 0049/7527/96080
Internet.: www.konrad-adler.de

Opis:

Žičara s pogonskim motorom postavljena na jedno-osovinsku prikolicu, tandem prikolicu ili kamion.

Hidrostatski pogon vitala užadi.

Daljinsko upravljanje.

Najveća trasa žičare: 570 m

Visina stupa: 9,1 m

Duljina: 5500 mm

Širina: 2300 mm

Visina (pri transportu): 3200 mm

Masa bez užadi: 5000 kg



Motor	IVECO, 4 cilindrični Diesel motor, vodom hlađen
Snaga motora	59 kW (80 KS)
Pogon vitla	hidrostatski
Prijenos snage	zupčanički i planetarni reduktor
Kočnica	pojasna za vučno i nosivo uže
Upravljanje	daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 17,5 mm - 570 m vučno uže ϕ 11 mm - 1000 m povratno uže ϕ 8 mm - 1000 m sidrena užad ϕ 14 mm - 4x50 m

Kolica	SHERPA U III
Nosivost	3000 kg
Upravljanje	daljinsko
Broj kotačića	4
Masa kolica	300 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib, na ravnom terenu
Cijena	143 792 EUR

ADLER MS 600 UNI – Vučena žičara

Proizvođač:

ADLER Konrad Ges.m.b.H. &
Co.KG Seilwinden-und Fahrzeugbau
Grimmenstein 7
D-88364 Wolfegg
Njemačka
Tel.: 0049/7527/96080
Internet.: www.konrad-adler.de

Opis:

Žičara s pogonskim motorom postavljena na tandem prikolicu ili kamion.

Hidrostatski pogon vitala užadi.

Daljinsko upravljanje.

Najveća trasa žičare: 600 m

Visina stupa: 11 m

Duljina: 6000 mm

Širina: 2300 mm

Visina (pri transportu): 3600 mm

Masa bez užadi: 1000 kg



Motor	IVECO, 4 cilindrični Turbo Diesel motor, vodom hlađen
Snaga motora	78 kW (106 KS)
Pogon vitla	hidrostatski
Prijenos snage	zupčanički i planetarni reduktor
Kočnica	pojasna za vučno i nosivo uže
Upravljanje	daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 22 mm - 600 m vučno uže ϕ 13 mm - 1200 m povratno uže ϕ 10 mm - 1200 m sidrena užad ϕ 16 mm - 4x60 m

Kolica	SHERPA U III t
Nosivost	3000 kg
Upravljanje	daljinsko
Broj kotačića	4
Masa kolica	300kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib, na ravnom terenu
Cijena	193 427 EUR

ADLER MS 650 UNI – Vučena žičara

Proizvođač:

ADLER Konrad Ges.m.b.H. &
Co.KG Seilwinden-und Fahrzeugbau
Grimmenstein 7
D-88364 Wolfegg
Njemačka
Tel.: 0049/7527/96080
Internet.: www.konrad-adler.de

Opis:

Žičara s pogonskim motorom postavljena na tandem prikolicu ili kamion.

Hidrostatski pogon vitala užadi.

Daljinsko upravljanje.

Najveća trasa žičare: 650 m

Visina stupa: 9,1 m

Duljina: 6000 mm

Širina: 2250 mm

Visina (pri transportu): 3500 mm

Masa bez užadi: 5800 kg



Motor	IVECO, 4 cilindrični Turbo Diesel motor, vodom hlađen
Snaga motora	78 kW (106 KS)
Pogon vitla	hidrostatski
Prijenos snage	zupčanički i planetarni reduktor
Kočnica	pojasna za vučno i nosivo uže
Upravljanje	daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 18 mm - 650 m vučno uže ϕ 11 mm - 1300 m povratno uže ϕ 8 mm - 1300 m sidrena užad ϕ 14 mm - 4x50 m

Kolica	SHERPA U III t
Nosivost	3000 kg
Upravljanje	daljinsko
Broj kotačića	4
Masa kolica	300kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib, na ravnom terenu
Cijena	165 918 EUR

KOLLER K 300 – Traktorska žičara

Proizvođač:

KOLLER GmbH
Koller Areal 5
A-6330 Kufstein
Austrija
Tel.: 0043 5372/63257
Fax: 0043 5372/639237
Internet: www.kollergmbh.com
E-mail: office@kollergmbh.com

Opis:

Žičara dvo-užetnog sustava (nosivo i vučno uže) postavljena na trozglobnu poteznicu traktora.

Mehanički pogon vitala nosivog i vučnog užeta.

Vučna sila vitla:	18 kN
Sila zatezanja:	44 kN
Najveća trasa žičare:	400 m
Visina stupa:	7,2 m
Duljina:	5500 mm
Širina:	1550 mm
Visina (pri transportu):	3200 mm
Masa bez užadi:	1500 kg



Motor	traktor
Snaga motora	36 kW (49 KS)
Pogon vitla	preko kardanskog vratila spoj s priključnim vratilom
Prijenos snage	pužni prijenos
Spojka Kočnica	lamela tarna pojasna za vučno i nosivo uže
Upravljanje	hidrauličko-mehaničko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 15 mm - 420 m vučno uže ϕ 9,5 mm - 400 m sidrena užad ϕ 16 mm - 3x30 m plus 2x10 m

Kolica	KOLLER SKA 1
Nosivost	1500 kg
Upravljanje	- mehaničko - daljinsko - elektronsko automatsko u vremenskim intervalima
Broj kotačića	2
Masa kolica	200kg

Primjena	privlačenje uz nagib
Dodaci	stup visine 8,4 m
Cijena	43 440 EUR

KOLLER K 300 – Vučena žičara

Proizvođač:

KOLLER GmbH
Koller Areal 5
A-6330 Kufstein
Austrija
Tel.: 0043 5372/63257
Fax: 0043 5372/639237
Internet: www.kollergmbh.com
E-mail: office@kollergmbh.com

Opis:

Žičara dvo-užetnog sustava s pogonskim motorom postavljena na jedno-osovinsku prikolicu.

Hidrostatski pogon vitala nosivog i vučnog užeta.

Vučna sila vitla: 18 kN

Sila zatezanja: 44 kN

Najveća trasa žičare: 400 m

Visina stupa: 7,2 m

Duljina: 5500 mm

Širina: 2100 mm

Visina (pri transportu): 3300 mm

Masa bez užadi: 3500 kg



Motor	DEUTZ BF 4M1012, 4-cilindrični Turbo Diesel motor, vodom hlađen
Snaga motora	65 kW (88 KS)
Pogon vitla	hirdomotor
Prijenos snage	pužni prijenos
Spojka Kočnica	lamela tarna pojasna za vučno i nosivo uže
Upravljanje	elektro-hidraulično preko glavnog prekidača (opcija: daljinsko)
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 15 mm - 420 m vučno uže ϕ 9,5 mm - 400 m sidrena užad ϕ 16 mm - 3x30 m plus 2x10 m

Kolica	KOLLER SKA 1
Nosivost	1500 kg
Upravljanje	- mehaničko - daljinsko - elektronsko automatsko u vremenskim intervalima
Broj kotačića	2
Masa kolica	200kg

Primjena	privlačenje uz nagib
Dodaci	stup visine 8,4 m
Cijena	61 940 EUR

KOLLER K 301-4 – Kamionska žičara

Proizvođač:

KOLLER GmbH
Koller Areal 5
A-6330 Kufstein
Austrija
Tel.: 0043 5372/63257
Fax: 0043 5372/639237
Internet: www.kollergmbh.com
E-mail: office@kollergmbh.com

Opis:

Žičara četvero-užetnog sustava postavljena na kamion zajedno s radnom kabinom, dizalicom PENZ 22.80 i harvesterkom glavom WOODY 50H.

Hidrostatski pogon vitala užadi.

Vučna sila vučnog užeta: 26 kN

Vučna sila povratnog užeta: 21 kN

Sila zatezanja nosivog užeta: 50 kN

Najveća trasa žičare: 400 m

Visina stupa: 8,8 m

Duljina: 11 000 mm

Širina: 2 500 mm

Visina (pri transportu): 4 000 mm



Motor	MAN, 6-cilindrični Turbo Diesel, vodom hlađen
Snaga motora	338 kW (459 KS)
Pogon vitla	bubanj nosivog i vučnog užeta preko hidromotora i mjenjača bubanj povratnog užeta direktno preko hidromotora
Prijenos snage	pužni prijenos
Spojka Kočnica	lamela tarna pojasna za vitlo vučnog i nosivog uža bubanj za vitlo povratnog užeta
Upravljanje	elektro-hidraulično preko glavnog prekidača
Kapacitet bubnja	nosivo uža ϕ 18 mm - 400 m vučno uža ϕ 10 mm - 450 m povratno uža ϕ 10 mm - 800 m pomoćno uža ϕ 5 mm - 1000 m sidrena užad ϕ 16 mm - 4x50 m

Kolica	USKA 1.5 Z
Nosivost	1500 kg
Upravljanje	daljinsko
Broj kotačića	2
Masa kolica	340kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib
Dodaci	ugradba na nov ili rabljeni kamion, hvatalo na dizalici, daljinsko upravljanje vitlima Model K 301-2 samo za privlačenje uz nagib
Cijena	345 800 EUR

KOLLER K 303 – Vučena žičara

Proizvođač:

KOLLER GmbH
Koller Areal 5
A-6330 Kufstein
Austrija
Tel.: 0043 5372/63257
Fax: 0043 5372/639237
Internet: www.kollergmbh.com
E-mail: office@kollergmbh.com

Opis:

Žičara tro-užetnog sustava s pogonskim motorom postavljena na jedno-osovinsku prikolicu.

Hidrostatski pogon vitla užadi.

Vučna sila vitla vučnog užeta: 18 kN

Vučna sila vitla povratnog užeta: 18 kN

Sila zatezanja nosivog užeta: 50 kN

Najveća trasa žičare: 400 m

Visina stupa: 7,2 m

Duljina: 6050 mm

Širina: 2100 mm

Visina (pri transportu): 3320 mm

Masa bez užadi: 4000 kg



Motor	DEUTZ BF 4M1012, 4-cilindrični Turbo Diesel, vodom hlađen
Snaga motora	65 kW (88 KS)
Pogon vitla	bubanj nosivog i vučnog užeta preko hirdomatora i mjenjača bubanj povratnog užeta direktno preko hidromotora
Prijenos snage	pužni prijenos
Spojka	lamela tarna
Kočnica	pojasna za vitlo vučnog i nosivog uže bubanj za vitlo povratnog užeta
Upravljanje	elektro-hidraulično preko glavnog prekidača
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 15 mm - 420 m vučno uže ϕ 9,5 mm - 400 m sidrena užad ϕ 16 mm - 4x30 m plus 2x10 m

Kolica	USKA 1.5 Z
Nosivost	1500 kg
Upravljanje	daljinsko
Broj kotačića	2
Masa kolica	340 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib
Dodaci	stup visine 8,4 m, daljinsko upravljanje vitlima
Cijena	100 710 EUR

KOLLER K 500 – Kamionska žičara

Proizvođač:

KOLLER GmbH
Koller Areal 5
A-6330 Kufstein
Austrija
Tel.: 0043 5372/63257
Fax: 0043 5372/639237
Internet: www.kollergmbh.com
E-mail: office@kollergmbh.com

Opis:

Žičara 4-užetnog sustava postavljena na kamion zajedno s radnom kabinom, dizalicom PENZ 22.80 i harvesterom glavom WOODY 60H.

Hidrostatski pogon vitala užadi

Vučna sila vučnog užeta: 40 kN

Vučna sila povratnog užeta: 40 kN

Sila zatezanja nosivog užeta: 96 kN

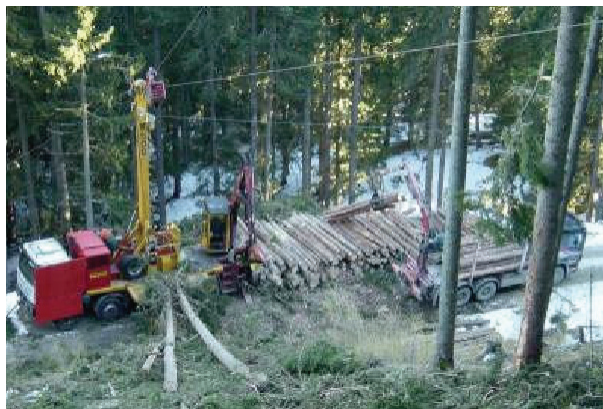
Najveća trasa žičare: 750 m

Visina stupa: 10 m

Duljina: 11 000 mm

Širina: 2 500 mm

Visina (pri transportu): 4 000 mm



Motor	IVECO, 6-cilindrični Turbo Diesel, vodom hlađen
Snaga motora	323 kW (439 KS)
Pogon vitla	bubanj nosivog užeta preko hirdomatora i planetarnog reduktora bubanj vučnog i povratnog užeta direktno preko hidromotora
Kočnica	lamela u ulju
Upravljanje	elektro-hidraulično preko glavnog prekidača i KOLLER-GROSS daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 20 mm - 750 m vučno uže ϕ 12 mm - 1000 m povratno uže ϕ 12 mm - 1000 m pomoćno uže ϕ 5 mm - 1200 m sidrena užad ϕ 20 mm - 4x50 m plus 2x15 m

Kolica	MSK 10
Upravljanje	daljinsko
Broj kotačića	4
Masa kolica	590kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib
Dodaci	hvatalo ili kliješšana dizalici
Cijena	452 000 EUR

KOLLER K 501-4 – Kamionska žičara

Proizvođač:

KOLLER GmbH

Koller Areal 5

A-6330 Kufstein

Austrija

Tel.: 0043 5372/63257

Fax: 0043 5372/639237

Internet: www.kollergmbh.com

E-mail: office@kollergmbh.com

Opis:

Žičara 4-užetnog sustava izvedbe postavljena na kamion zajedno s radnom kabinom, dizalicom PENZ 22.80 i harvesterskom glavom WOODY 60H.

Hidrostatski pogon vitala užadi

Vučna sila vitla vučnog užeta: 37 kN

Vučna sila vitla povratnog užeta: 40 kN

Sila zatezanja nosivog užeta: 72 kN

Najveća trasa žičare: 600 m

Visina stupa: 10 m

Duljina: 11 000 mm

Širina: 2 500 mm

Visina (pri transportu): 4 000 mm



Motor	MAN, 6-cilindrični Turbo Diesel, vodom hlađen
Snaga motora	353 kW (480 KS)
Pogon vitla	bubanj nosivog i vučnog užeta preko hidromotora i mjenjača bubanj povratnog užeta direktno preko hidromotora
Prijenos snage	pužni prijenos
Spojka	lamela tarna
Kočnica	pojasna kočnica za vitla nosivog i vučnog užeta lamela u ulju za vitlo povratnog užeta
Upravljanje	elektro-hidraulično preko glavnog prekidača i KOLLER-GROSS daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 18 mm - 500 m vučno uže ϕ 12 mm - 600 m povratno uže ϕ 12 mm - 1000 m pomoćno uže ϕ 5 mm - 1200 m sidrena užad ϕ 20 mm - 4x45 m (plus 2x15 m)

Kolica	MSK 10
Upravljanje	daljinsko
Broj kotačića	4
Masa kolica	590kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib
Dodaci	postavljanje na novi ili rabljeni kamion, hvatalo na dizalici, model K 501-2 samo za privlačenje uz nagib
Cijena	387 000 EUR

KOLLER K 501-4 – Vučena žičara

Proizvođač:

KOLLER GmbH
Koller Areal 5
A-6330 Kufstein
Austrija
Tel.: 0043 5372/63257
Fax: 0043 5372/639237
Internet: www.kollergmbh.com
E-mail: office@kollergmbh.com

Opis:

Žičara 4-užetnog sustava s pogonskim motorom postavljena na tandem prikolicu.

Hidrostatski pogon vitala užadi.

Vučna sila vitla vučnog užeta: 37 kN

Vučna sila vitla povratnog užeta: 40 kN

Sila zatezanja nosivog užeta: 72 kN

Najveća trasa žičare: 600 m

Visina stupa: 10 m

Duljina: 8 350 mm

Širina: 2 360 mm

Visina (pri transportu): 3 500 mm



Motor	DEUTZ BF 4M1013C, 4-cilindrični Turbo Diesel motor, vodom hlađen
Snaga motora	115 kW (156 KS)
Pogon vitla	bubanj nosivog i vučnog užeta preko hirdomatora i mjenjača bubanj povratnog užeta direktno preko hidromatora
Prijenos snage	pužni prijenos
Spojka	lamela tarna
Kočnica	pojasna kočnica za vitla nosivog i vučnog užeta lamela u ulju za vitlo povratnog užeta
Upravljanje	elektro-hidraulično preko glavnog prekidača i KOLLER-GROSS daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 18 mm - 500 m vučno uže ϕ 11 mm - 600 m povratno uže ϕ 11 mm - 1000 m pomoćno uže ϕ 5 mm - 1200 m sidrena užad ϕ 20 mm - 4x45 m (plus 2x15 m)

Kolica	MSK 10
Upravljanje	daljinsko
Broj kotačića	4
Masa kolica	590kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib
Dodaci	model K 501-2 samo za privlačenje uz nagib
Cijena	175 990 EUR

KOLLER K 601 – Kamionska žičara

Proizvođač:

KOLLER GmbH

Koller Areal 5

A-6330 Kufstein

Austrija

Tel.: 0043 5372/63257

Fax: 0043 5372/639237

Internet: www.kollergmbh.com

E-mail: office@kollergmbh.com

Opis:

Žičara tro-užetnog sustava s pogonskim motorom na nosivoj konstrukciji koja se može postaviti na različita vozila.

Mehanički pogon vitala užadi.

Vučna sila vitla vučnog užeta: 65 kN

Sila zatezanja nosivog užeta: 120 kN

Najveća trasa žičare: 600 m

Visina stupa: 10 m

Širina: 2 500 mm

Visina (pri transportu): 4 000 mm

Masa bez užadi: 8 500 kg



Motor	CUMMINS, 6-cilindrični Diesel motor
Snaga motora	136 kW (184 KS)
Pogon vitla	automatski
Prijenos snage	pužni prijenos
Spojka	pneumatska radijalna spojka
Kočnica	za vitlo vučnog užeta pneumatska pojasna kočnica s opružnim cilindrom za vitlo nosivog užeta pojasna kočnica s uključivanjem preko hidrauličkog cilindra
Upravljanje	elektro-hidraulično preko glavnog prekidača
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 20 mm - 600 m vučno uže ϕ 12 mm - 700 m pomoćno uže ϕ 5 mm - 1200 m sidrena užad ϕ 20 mm - 4x50 m plus 2x15 m

Kolica	SKA 2.5
Upravljanje	- mehaničko - daljinsko - elektro-automatsko u vremenskim intervalima
Nosivost	2500 kg
Broj kotačića	4
Masa kolica	290kg

Primjena	privlačenje uz nagib
Cijena	

KOLLER K 701 – Kamionska žičara

Proizvođač:

KOLLER GmbH
Koller Areal 5
A-6330 Kufstein
Austrija
Tel.: 0043 5372/63257
Fax: 0043 5372/639237
Internet: www.kollergmbh.com
E-mail: office@kollergmbh.com

Opis:

Žičara 4-užetnog sustava s pogonskim motorom na nosivoj konstrukciji koja se može postaviti na različita vozila.

Mehanički pogon vitala užadi.

Vučna sila vitla nosivog užeta: 120 kN

Vučna sila vitla vučnog užeta: 80 kN

Vučna sila vitla povratnog užeta: 80 kN

Najveća trasa žičare: 800 m

Visina stupa: 12 m

Širina: 2 5000 mm

Visina (pri transportu): 4 000 mm

Masa bez užadi: 10 000 kg



Motor	CUMMINS, 6-cilindrični Diesel motor
Snaga motora	150 kW (204 KS)
Pogon vitla	za vitlo vučnog i povratnog užeta preko reduktora za vitlo nosivog užeta preko hidromotora i planetarnog reduktora
Prijenos snage	reduktor i konusno-tanjurasti par zupčanika
Spojka	pneumatska radijalna spojka
Kočnica	za vitlo vučnog i povratnog užeta pneumatska pojasna kočnica za vitlo nosivog užeta lamela u ulju
Upravljanje	elektro-hidraulično preko glavnog prekidača
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 22 mm - 800 m vučno uže ϕ 14 mm - 850 m povratno uže ϕ 12 mm - 1200 m pomoćno uže ϕ 5 mm - 1300 m sidrena užad ϕ 20 mm - 4x50 m (plus 2x15 m)
Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib
Cijena	

Kolica	SKA 2.5
Upravljanje	- mehaničko - daljinsko - elektro-automatsko u vremenskim intervalima
Nosivost	2500 kg
Broj kotačića	4
Masa kolica	290kg

KMS 12 – Vučena žičara

Proizvođač:

KONRAD Forsttechnik GmbH
Oberpreitenegg 52
A-9451 Preitenegg
Austrija
Tel.: ++43 (0) 4354/2432
E-mail: office@forsttechnik.at
Internet: www.forsttechnik.at

Opis:

Žičara s pogonskim motorom i vitlima nosivog i pomoćnog užeta na jedno-osovinskoj prikolici.

Najveća trasa žičare:	800 m
Visina stupa:	10 m
Duljina:	5 010 mm
Širina:	2 490 mm
Visina (pri transportu):	3 011 mm
Masa bez užadi:	8 000 kg



Motor	IVECO 8140, 4-cilindrični Diesel motor
Snaga motora	77 kW (104 KS)
Pogon vitla	hidrostatski
Kočnica	lamela s oprugom
Upravljanje	elektronsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 22 mm - 800 m pomoćno uže ϕ 7 mm - 1200 m sidrena užad ϕ 22 mm - 4x60 m

Kolica	WOODLINER 3000 samovozna
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	2500 kg
Broj kotačića	4
Masa kolica	1170 kg

Primjena	privlačenje niz nagib, uz nagib samo s drugim kolicima
Cijena	116 500 EUR

MOUNTY 2500 – Kamionska žičara

Proizvođač:

KONRAD Forsttechnik GmbH

Oberpreitenegg 52

A-9451 Preitenegg

Austrija

Tel.: ++43 (0) 4354/2432

E-mail: office@forsttechnik.at

Internet: www.forsttechnik.at

Opis:

Na kamionu postavljena platforma s žičarom i dizalicom s harvesterom glavom WOODY 50H.

Najveća trasa žičare: 550 m

Visina stupa: 11 m

Duljina: 10 350 mm

Širina: 2 450 mm

Visina (pri transportu): 3 950 mm



Motor	kamionski
Snaga motora	265 kW (360 KS)
Pogon vitla	hidrostatski
Kočnica	lamela s oprugom
Upravljanje	daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 18 mm - 550 m vučno uže ϕ 11 mm - 600 m pomoćno uže ϕ 7 mm - 1100 m sidrena užad ϕ 18 mm - 4x60 m

Kolica	SHERPA
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	2500 kg
Broj kotačića	4
Masa kolica	400 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib samo s samovoznim kolicima WOODLINER 3000
Cijena	283 425 EUR

MOUNTY 4000 – Kamionska žičara

Proizvođač:

KONRAD Forsttechnik GmbH
Oberpreitenegg 52
A-9451 Preitenegg
Austrija
Tel.: ++43 (0) 4354/2432
E-mail: office@forsttechnik.at
Internet: www.forsttechnik.at

Opis:

Na kamionu postavljena platforma s žičarom i dizalicom s harvesterskom glavom WOODY 60H.

Najveća trasa žičare: 550 m
Visina stupa: 13 m
Duljina: 10 000 mm
Širina: 2 450 mm
Visina (pri transportu): 3 950 mm



Motor	kamionski
Snaga motora	265 kW (360 KS)
Pogon vitla	hidrostatski
Kočnica	lamela s oprugom
Upravljanje	daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo užje ϕ 20 mm - 550 m vučno užje ϕ 12 mm - 700 m pomoćno užje ϕ 7 mm - 1200 m sidrena užad ϕ 20 mm - 4x60 m

Kolica	SHERPA
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	4000 kg
Broj kotačića	4
Masa kolica	450 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib samo s samovoznim kolicima WOODLINER 3000
Cijena	320 000 EUR

SYNCROFALKE 3 t – Kamionska žičara

Proizvođač:

Forstbetrieb MAYR-MELNHOF-SAURAU

Mayr-Melnhof-Straße 14

A-8130 Frohnleiten

Austrija

Tel.: +43-(0)3126/5090-15

Telefax: +43-(0)3126/5090-18

E-mail: anlagenbau@mm-forst.at

Internet: www.mm-forst.at

Opis:

Žičara s 3 bubnja vitla (za nosivo, vučno i pomoćno uže) hidrostatski pogonjena, dizalicom FOREC F 24.94 s harvesterom glavom WOODY 60H postavljena na kamion.

Najveća trasa žičare: 800 m

Visina stupa: 10,5 m

Duljina: 9 300 mm

Širina: 2 550 mm

Visina (pri transportu): 3 990 mm



Motor	Kamion IVECO Euro-Trakker MPC 380, 6x4
Snaga motora	279 kW (379 KS)
Pogon vitla	direktno preko hidromotora
Kočnica	za vučno uže lamela s oprugom za nosivo i pomoćno uže disk kočnica
Upravljanje	električno, daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 18 mm - 800 m vučno uže ϕ 11 mm - 1600 m pomoćno uže ϕ 9 mm - 1600 m sidrena užad ϕ 18 mm - 4x70 m

Kolica	SHERPA U 3 t
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	3000 kg
Broj kotačića	4
Masa kolica	380 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib i na ravnom terenu
Cijena	375 000 EUR

SYNCROFALKE 3 t AM– Vučena žičara

Proizvođač:

Forstbetrieb MAYR-MELNHOF-SAURAU

Mayr-Melnhof-Straße 14

A-8130 Frohnleiten

Austrija

Tel.: +43-(0)3126/5090-15

Telefax: +43-(0)3126/5090-18

E-mail: anlagenbau@mm-forst.at

Internet: www.mm-forst.at



Opis:

Žičara s pogonskim motorom i 3 bubnja vitla (za nosivo, vučno i pomoćno užje) hidrostatski pogonjena, postavljena na prikolicu.

Najveća trasa žičare: 800 m

Visina stupa: 10,4 m

Duljina: 6 350 mm

Širina: 2 300 mm

Visina (pri transportu): 3 270 mm

Masa bez žadi 10 900 kg

Motor	6-cilindrični Diesel motor s turbo-punjačem, vodom hlađen
Snaga motora	147 kW (199 KS)
Pogon vitla	direktno preko hidromotora
Kočnica	za vučno užje lamela s oprugom za nosivo i pomoćno užje disk kočnica
Upravljanje	električno, daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo užje ϕ 18 mm - 800 m vučno užje ϕ 11 mm - 1600 m pomoćno užje ϕ 9 mm - 1600 m sidrena užad ϕ 18 mm - 4x70 m

Kolica	SHERPA U 3 t
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	3000 kg
Broj kotačića	4
Masa kolica	380 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib i na ravnom terenu
Dodaci	dvostruko daljinsko upravljanje vitlima, mogućnost postavljanja na kamion
Cijena	170 000 EUR

SYNCROFALKE 4 t AM– Vučena žičara

Proizvođač:

Forstbetrieb MAYR-MELNHOF-SAURAU

Mayr-Melnhof-Straße 14

A-8130 Frohnleiten

Austrija

Tel.: +43-(0)3126/5090-15

Telefax: +43-(0)3126/5090-18

E-mail: anlagenbau@mm-forst.at

Internet: www.mm-forst.at

Opis:

Žičara s pogonskim motorom i 3 bubnja vitla (za nosivo, vučno i pomoćno užje) hidrostatski pogonjena, postavljena na prikolicu.

Najveća trasa žičare: 900 m

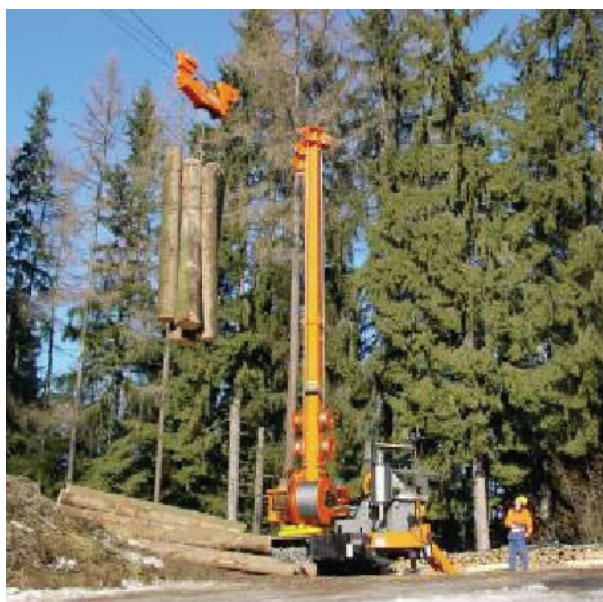
Visina stupa: 12 m

Duljina: 6 700 mm

Širina: 2 350 mm

Visina (pri transportu): 3 560 mm

Masa bez užadi 9 000 kg



Motor	6-cilindrični Diesel motor s turbo-punjačem, vodom hlađen
Snaga motora	147 kW (199 KS)
Pogon vitla	direktno preko hidromotora
Kočnica	za vučno užje lamela s oprugom za nosivo i pomoćno užje disk kočnica
Upravljanje	električno, daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo užje ϕ 22 mm - 900 m vučno užje ϕ 12 mm - 1900 m pomoćno užje ϕ 10 mm - 1900 m sidrena užad ϕ 22 mm - 4x70 m

Kolica	SHERPA U 4 t
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	4000 kg
Broj kotačića	4
Masa kolica	490 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib i na ravnom terenu
Dodaci	dvostruko daljinsko upravljanje vitlima, mogućnost postavljanja na kamion
Cijena	225 000 EUR

TST 1400 5 t – Kamionska žičara

Proizvođač:

TST Seilgeräte TRÖSTL GmbH

Markt 27

A-3184 Türrnitz

Austrija

Tel: 02769/8664 Fax: 26

E-mail: troestl@tst-seilkran.at

Internet: www.tst-seilkran.at

Opis:

Na kamionu postavljena žičara tro-užetnog sustava s pogonskim motorom, hidrostatski pogonjenim vitlima nosivog, vučnog, povratnog užeta i vitlom za napinjanje, dizalicom PENZ 20.100 s harvesterom glavom WOODY 50H i radnom kabinom.

Najveća trasa žičare: 1 000 m

Visina stupa: 12,5 m

Duljina: 9 800 mm

Širina: 2 550 mm

Visina (pri transportu): 3 950 mm

Masa bez užadi 25 100 kg



Motor	Mercedes 8-cilindrični turbo Diesel motor s zračnim prednabijanjem i direktnim ubrizgavanjem goriva
Snaga motora	270 kW (367 KS)
Pogon vitla	hidrostatski
Prijenos snage	dvostruki planetarni reduktor
Kočnica	za vučno uže lamela za nosivo uže disk kočnica
Upravljanje	električno, daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 20 mm - 1000 m vučno uže ϕ 12 mm - 2000 m povratno uže ϕ 8 mm - 2000 m pomoćno uže ϕ 4 mm - 2000 m sidrena užad ϕ 20 mm - 4x100 m

Kolica	TST 3500/I
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	3500 kg
Broj kotačića	2
Masa kolica	350 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib
Dodaci	dvostruko daljinsko upravljanje vitlima
Cijena	407 642 EUR

TST 400 – Traktorska žičara s hidrostatskim pogonom

Proizvođač:

TST Seilgeräte TRÖSTL GmbH

Markt 27

A-3184 Türrnitz

Austrija

Tel: 02769/8664 Fax: 26

E-mail: troestl@tst-seilkran.at

Internet: www.tst-seilkran.at

Opis:

Žičara tro-užetnog sustava postavljena na trozglobnu poteznicu traktora.

Hidrostatski pogonjena vitla užadi.

Najveća trasa žičare: 550 m

Visina stupa: 11 m

Duljina: 5 125 mm

Širina: 2 150 mm

Visina (pri transportu): 3 200 mm

Masa bez užadi 4 380 kg



Motor	traktorski preko priključnog vratila (540 min ⁻¹)
Snaga motora	44 kW (59 KS)
Pogon vitla	hidrostatski
Prijenos snage	planetarni reduktor
Kočnica	disk kočnice za vitla vučnog i nosivog užeta
Upravljanje	daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 16 mm - 550 m vučno uže ϕ 8,5 mm - 900 m povratno uže ϕ 7 mm - 900 m pomoćno uže ϕ 4 mm - 900 m sidrena užad ϕ 16 mm - 4x65 m

Kolica	TST 1500/I
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	1500 kg
Broj kotačića	2
Masa kolica	270 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib i na ravnom terenu
Dodaci	moгуćnost ugradnje na kamion
Cijena	74 335 EUR

TST 400 – Trakotorska žičara s mehaničkim pogonom

Proizvođač:

TST Seilgeräte TRÖSTL GmbH

Markt 27

A-3184 Türrnitz

Austrija

Tel: 02769/8664 Fax: 26

E-mail: troestl@tst-seilkran.at

Internet: www.tst-seilkran.at

Opis:

Žičara dvo-užetnog sustava postavljena na trozglobovu poteznicu traktora.

Mehanički pogonjena vitla užadi.

Najveća trasa žičare: 550 m

Visina stupa: 11 m

Duljina: 5 125 mm

Širina: 2 150 mm

Visina (pri transportu): 3 200 mm

Masa bez užadi 2 700 kg



Motor	traktorski preko priključnog vratila (540 min ⁻¹)
Snaga motora	44 kW (59 KS)
Pogon vitla	preko priključnog i kardanskog vratila
Prijenos snage	lančani
Spojka	lamela tarna
Kočnica	disk kočnice za vitla vučnog i nosivog užeta
Upravljanje	ručno pomoću 2 poluge
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 16 mm - 550 m vučno uže ϕ 8,5 mm - 900 m sidrena užad ϕ 16 mm - 4x65 m

Kolica	TST 2500
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	2500 kg
Broj kotačića	2
Masa kolica	140 kg

Primjena	privlačenje uz nagib
Cijena	47 328 EUR

TST 800 4 t – Kamionska žičara

Proizvođač:

TST Seilgeräte TRÖSTL GmbH
Markt 27
A-3184 Türrnitz
Austrija
Tel: 02769/8664 Fax: 26
E-mail: troestl@tst-seilkran.at
Internet: www.tst-seilkran.at

Opis:

Na kamionu postavljena žičara tro-užetnog sustava s pogonskim motorom, hidrostatski pogonjenim vitlima nosivog, vučnog i povratnog užeta, dizalicom PENZ 20.100 s harvesterskom glavom WOODY 50H i radnom kabinom.

Najveća trasa žičare: 800 m
Visina stupa: 12,5 m
Duljina: 9 700 mm
Širina: 2 550 mm
Visina (pri transportu): 3 900 mm
Masa bez užadi 24 100 kg



Motor	MAN 6-cilindrični turbo Diesel motor s zračnim prednabijanjem i direktnim ubrizgavanjem goriva
Snaga motora	310 kW (421 KS)
Pogon vitla	hidrostatski
Prijenos snage	lančani
Kočnica	disk kočnice
Upravljanje	električno, daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 18 mm - 800 m vučno uže ϕ 11 mm - 1600 m povratno uže ϕ 11 mm - 800 m pomoćno uže ϕ 4 mm - 1600 m sidrena užad ϕ 20 mm - 4x80 m

Kolica	TST 3500/I
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	3500 kg
Broj kotačića	2
Masa kolica	350 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib
Dodaci	dvostruko daljinsko upravljanje vitlima
Cijena	342 234 EUR

TST 800 4 t – Traktorska žičara

Proizvođač:

TST Seilgeräte TRÖSTL GmbH

Markt 27

A-3184 Türrnitz

Austrija

Tel: 02769/8664 Fax: 26

E-mail: troestl@tst-seilkran.at

Internet: www.tst-seilkran.at

Opis:

Žičara dvo-užetnog sustava postavljena na trozglobnu poteznicu traktora.

Mehanički pogonjena vitla nosivog i vučnog užeta i hidraulički pogonjena 4 vitla sidrenih užadi.

Najveća trasa žičare:	800 m
Visina stupa:	12 m
Duljina:	5 200 mm
Širina:	2 300 mm
Visina (pri transportu):	3 200 mm
Masa bez užadi	5 400 kg



Motor	traktorski
Snaga motora	65 kW (88 KS)
Pogon vitla	preko priključnog (540 min ⁻¹) i kardanskog vratila
Prijenos snage	lančani
Spojka	lamela tarna
Kočnica	disk kočnice za vitla vučnog i nosivog užeta
Upravljanje	ručno pomoću 3 poluge
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 18 mm - 800 m vučno uže ϕ 11 mm - 800 m povratno uže ϕ 8 mm - 1600 m pomoćno uže ϕ 4 mm - 1600 m sidrena užad ϕ 18 mm - 4x80 m

Kolica	TST 3500
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	3500 kg
Broj kotačića	2
Masa kolica	180 kg

Primjena	privlačenje uz nagib
Dodaci	moгуćnost hidrostatskog pogona i daljinskog upravljanja vitala
Cijena	107 437 EUR

VALENTINI V 850-4 – Kamionska žičara

Proizvođač:

VALENTINI SNC
Viale Degasperi 157
I-38023 Cles (Trento)
Italija
Prodaja: HOCHLEITNER Franz
Maschinenhandel
Markt 125
A-5602 Wagrain
Austrija
Tel.: 043(0)6413/7499
E-mail: maschinenhandel@hochleitner.co.at
Zur Breite 1 a
D-78351 Bodman
Njemačka
E-mail: franzhochleitner@web.de

Opis:

Na kamionu postavljena žičara četvero-
užetnog sustava s pogonskim motorom,
hidrostatski pogonjenim vitlima nosivog,
vučnog povratnog, pomoćnog užeta te
vitlima sidrenih užadi.

Najveća trasa žičare: 800 m
Visina stupa: 12,5 m
Duljina: 11 000 mm
Širina: 2 500 mm
Visina (pri transportu): 3 900 mm
Masa bez užadi 26 000 kg



Motor	Mercedes 6-cilindrični turbo Diesel
Snaga motora	300 kW (408 KS)
Pogon vitla	hidrostatski
Prijenos snage	BREVINI mjenjač
Kočnica	disk kočnice
Upravljanje	električno, daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 22 mm - 800 m vučno uže ϕ 12 mm - 800 m povratno uže ϕ 11 mm - 1400 m pomoćno uže ϕ 5 mm - 1400 m sidrena užad ϕ 18 mm - 5x100 m

Kolica	Bergwald SMU 4000
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	4000 kg
Broj kotačića	4
Masa kolica	600 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib
Dodaci	teleskopsko produljenje visine stupa žičare do 17 m
Cijena	

WANDERFALKE 1,5 t AM– Vučena žičara

Proizvođač:

Forstbetrieb MAYR-MELNHOF-SAURAU

Mayr-Melnhof-Straße 14

A-8130 Frohnleiten

Austrija

Tel.: +43-(0)3126/5090-15

Telefax: +43-(0)3126/5090-18

E-mail: anlagenbau@mm-forst.at

Internet: www.mm-forst.at

Opis:

Tro-užetni sustav žičare s pogonskim motorom postavljen na prikolicu.

Hidrostatski pogonjena vitla užadi.

Najveća trasa žičare: 500 m

Visina stupa: 9 m

Duljina: 4 250 mm

Širina: 2 100 mm

Visina (pri transportu): 3 300 mm

Masa bez užadi 6 200 kg



Motor	4-cilindrični turbo Diesel motor
Snaga motora	79 kW (107 KS)
Pogon vitla	direktno preko hidromotora
Kočnica	za vučno uže lamela s oprugom za nosivo uže disk kočnica za pomoćno uže bubanj
Upravljanje	električno
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 15 mm - 450 m vučno uže ϕ 9 mm - 900 m pomoćno uže ϕ 6 mm - 900 m sidrena užad ϕ 15 mm - 4x50 m

Kolica	SHERPA U 1,5 t
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	1500 kg
Broj kotačića	4
Masa kolica	250 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib i na ravnom terenu
Dodaci	daljinsko upravljanje vitlima, mogućnost postavljanja na kamion ili forvarder
Cijena	94 000 EUR

WANDERFALKE 3 t– Kamionska žičara

Proizvođač:

Forstbetrieb MAYR-MELNHOF-SAURAU

Mayr-Melnhof-Straße 14

A-8130 Frohnleiten

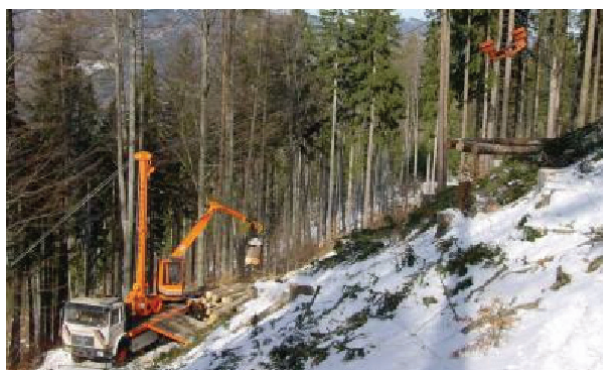
Austrija

Tel.: +43-(0)3126/5090-15

Telefax: +43-(0)3126/5090-18

E-mail: anlagenbau@mm-forst.at

Internet: www.mm-forst.at



Opis:

Tro-užetni sustav žičare i dizalica s hvatalom postavljeni na kamion. Prihvatna platforma na kamionu.

Hidrostatski pogonjena vitla užadi.

Najveća trasa žičare: 430 m

Visina stupa: 9,3 m

Duljina: 9 400 mm

Širina: 2 550 mm

Visina (pri transportu): 3 950 mm

Masa bez užadi 5 000 kg

Motor	od kamiona
Snaga motora	243 kW (330 KS)
Pogon vitla	direktno preko hidromotora
Kočnica	za vučno uže lamela s oprugom za nosivo uže disk kočnica za pomoćno uže bubanj
Upravljanje	električno, daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 18 mm - 430 m vučno uže ϕ 10 mm - 800 m pomoćno uže ϕ 7,5 mm - 800 m ili ϕ 6 mm - 900 m sidrena užad ϕ 16 mm - 4x50 m

Kolica	SHERPA U 3 t
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	3000 kg
Broj kotačića	4
Masa kolica	380 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib i na ravnom terenu
Dodaci	moгуćnost postavljanja na forvarder i postavljanja harvesterke glave umjesto hvatala na dizalici
Cijena	170 000 EUR

WANDERFALKE 3 t AM– Vučena žičara

Proizvođač:

Forstbetrieb MAYR-MELNHOF-SAURAU

Mayr-Melnhof-Straße 14

A-8130 Frohnleiten

Austrija

Tel.: +43-(0)3126/5090-15

Telefax: +43-(0)3126/5090-18

E-mail: anlagenbau@mm-forst.at

Internet: www.mm-forst.at

Opis:

Tro-užetni sustav žičare s pogonskim motorom postavljen na prikolicu.

Hidrostatski pogonjena vitla užadi.

Najveća trasa žičare: 430 m

Visina stupa: 9 m

Duljina: 5 950 mm

Širina: 2 100 mm

Visina (pri transportu): 3 400 mm

Masa bez užadi 8 000 kg



Motor	4-cilindrični turbo Diesel motor
Snaga motora	90 kW (122 KS)
Pogon vitla	direktno preko hidromotora
Kočnica	za vučno uže lamela s oprugom za nosivo uže disk kočnica za pomoćno uže bubanj
Upravljanje	električno, daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 18 mm - 430 m vučno uže ϕ 10 mm - 800 m pomoćno uže ϕ 8,5 mm - 800 m ili ϕ 6 mm - 900 m sidrena užad ϕ 16 mm - 4x50 m

Kolica	SHERPA U 3 t
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	3000 kg
Broj kotačića	4
Masa kolica	380 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib i na ravnom terenu
Dodaci	daljinsko upravljanje vitlima, mogućnost postavljanja na kamion ili forvarder
Cijena	114 000 EUR

RITTER KSK-1 – Vučena žičara

Proizvođač:

A.Ritter & Söhne GmbH &

Co KG Geschäftsführer

Klosterstrasse 3

D-77736 Zell am Harmersbach

Njemačka

Telefon 0049-(0)-7835 - 63 87-0

Telefax 0049-(0)-7835 - 82 82

info@ritter-maschinen.com

www.ritter-maschinen.com

Opis:

Tro-uzetni sustav žičare postavljen na jedno-
osovinsku prikolicu.

Hidrostatski pogonjena vitla užadi.

Vučna sila vitla vučnog užeta: 19 kN

Vučna sila vitla nosivog užeta: 48 kN

Vučna sila vitla povratnog užeta: 10 kN

Sila natezanja: 78 kN

Najveća trasa žičare: 200 m

Visina stupa: 5,6 m

Duljina: 2 500 mm

Širina: 2 450 mm

Visina (pri transportu): 3 400 mm

Masa bez užadi 2 900 kg



Motor	traktorski preko priključnog vratila (1000 min ⁻¹)
Snaga motora	preko 40 kW (55 KS)
Pogon vitla	hidrostatski
Prijenos snage	pužni prijenos
Kočnica	pojasna s oprugom
Upravljanje	daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 12 mm - 200 m vučno uže ϕ 9 mm - 400 m povratno uže ϕ 6 mm - 400 m sidrena užad ϕ 11 mm - 2x30 m

Kolica	RITTER
Upravljanje	mehaničko
Nosivost	1000 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib i na ravnom terenu
Dodaci	moгуćnost produljenja visine stupa žičare za 1 m ili 2 m, postavljanje na trozgloбnu poteznicu traktora umjesto jedno-osovinske prikolice
Cijena	

PKM 6 – Kamionska žičara

Proizvođač:

WOLF Systembau Ges.m.H.
Fischerbühel 1
A-4644 Scharnstein
Tel.: (0043)07615/300-0
Austrija

Opis:

Na kamionu postavljena četvero-užetni sustav žičare s hidrostatski pogonjenim vitlima nosivog, vučnog povratnog, pomoćnog užeta te vitlima sidrenih užadi.

Najveća trasa žičare:..... 600 m

Visina stupa: 8 m

Duljina:..... 8 000 mm

Širina:..... 2 500 mm

Visina (pri transportu): 4 000 mm

Masa bez užadi:..... 7 500 kg



Motor	kamionski
Snaga motora	-
Pogon vitla	direktno preko hidromotora
Kočnica	lamela s oprugom za sva vitla
Upravljanje	daljinsko
Kapacitet bubnja	nosivo uže ϕ 16 mm - 600 m vučno uže ϕ 11 mm - 750 m povratno uže ϕ 8,5 mm - 1400 m pomoćno uže ϕ 6,5 mm - 700 m sidrena užad ϕ 16 mm - 4x70 m

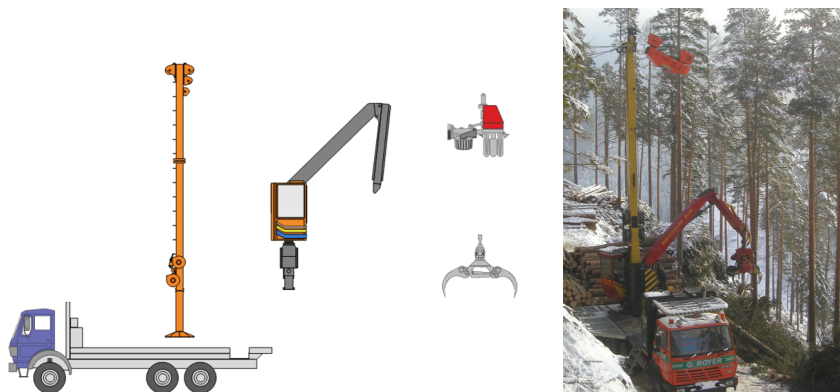
Kolica	WOLF U 2
Upravljanje	daljinsko
Nosivost	1500 kg
Broj kotačića	2
Masa kolica	300 kg

Primjena	privlačenje uz nagib, niz nagib i na ravnom terenu
Cijena	

10. ZAKLJUČCI

Na temelju provedenih istraživanja u svrhu izrade ove studije može se zaključiti slijedeće:

1. Šumska je žičara okolišno vrlo pogodna tehnika/tehnologija pridobivanja drva na osjetljivim staništima šuma Medvednice.
2. Osim u brdskim uvjetima može se koristiti i u nizini ako je nosivost tla posebno slaba.
3. U odnosu na klasične sustave transporta drva skiderima šumske žičare imaju manju proizvodnost. Time povećani troškovi mogu biti prihvatljivi, ako se uzme u obzir okolišno i estetski bitno povoljnije značajke šumske žičare, a koje su za šume Medvednice od posebnoga značaja.
4. Pri njenom izboru treba paziti da:
 - ima vučnu liniju do 800 m,
 - može privlačiti teret od 3 do 4 t,
 - može teret privlačiti u cjelosti po zraku,
 - može privlačiti uzbrdo/nizbrdo,
 - se mogu rabiti manje štetne tekućine (biorazgradiva ulja),
 - motor mora zadovoljavati dopuštene granične vrijednosti emisije ispušnih plinova,
 - treba zadovoljavati propise o emisiji buke u okolinu.
5. Na temelju poželjnih tehničko-tehnoloških značajki šumske žičare i pregleda ponude na tržištu može se zaključiti da ovom studijom postavljene zahtjeve većinom zadovoljavaju kamionske žičare pa se takva žičara koju prikazuje slika 56 i preporuča.



Slika 56. Shema i izvedba šumske žičare na kamionu s dizalicom

One se zbog visoke nabavne cijene mogu nadomjestiti jeftinijim vučenim žičarama velikoga kapaciteta. Pogodnost vučenih žičara je i ta što vučna vozila – adaptirani poljoprivredni traktor s vitlom ili skider, mogu raditi kao pomoćna vozila uz žičaru.

6. Pri uporabi šumske žičare se posebno treba paziti:

- na položaj i raspored (usporedni, lepezasti) žičnih linija pojedine sječne jedinice na koje presudan utjecaj ima položaj šumske ceste, odnosno terenske i sastojinske prilike,
- na usmjereno obaranje stabala uz razmak među žičnim linijama od 30 m,
- da se doznaka stabala provede nakon određivanja položaja i rasporeda žičnih linija,
- na dimenzije doznačenih stabala sječne jedinice jer će one određivati metodu izradbe drva, kojom će se iznošeni tovar prilagođavati nosivosti žičare,
- da se preferira iznošenje drva uzbrdo, zbog smanjenja šteta na preostalim dubecim stablima nakon sječe,
- da visina nosivog uža u odnosu na tlo treba iznositi najmanje 2/3 visine stabala u sječini, čime je osigurana zaštita tla od sabijanja te naknadnih erozivnih procesa na strmim terenima,
- na poštivanje sigurnosnih propisa koji su za rad sa šumskom žičarom na siguran način jako zahtjevni.

7. Raščlamba prometne infrastrukture pokazala je da je za dobru otvorenost šuma Medvednice potrebna izgradnja novih šumskih cesta. Za postojeće je ustanovljeno da se trebaju održavati i djelom obnoviti.

11. LITERATURA

1. Arnup, R.W., 1999: The extent, effect and management of forestry-related soil disturbance, with reference to implications for the Clay Belt: a literature review. Ontario Ministry of Natural Resources, Northeast Science & Technology, TR-37, 1 – 30.
2. Berg, S., 1992: Terrain Classification System For Forestry Work. Forest Operations Institute "Skogsarbeten", 1 – 28.
3. Bettinger, P., Kellogg, L.D., 1993: Residual stand damage from cut-to-length thinning of second-growth timber in the Cascade Range of western Oregon. Forest Products Journal 43(11-12): 59 – 64.
4. Bragg, W.C., Ostrofsky, W.D., Hoffman, B.F., 1994: Residual tree damage estimates from partial cutting simulation. Forest Products Journal 44(7-8): 19 – 22.
5. Clayoquot Sound Scientific Panel, 1993:: Sustainable Ecosystem Management in Clayoquot Sound: Planning and Practices, Province of British Columbia. Clayoquot Sound Land Use Decision: Key Elements, 91.-132.
6. Conway, S., 1976: Logging practices., Principles of timber harvesting systems. Miller Freeman Publications, 1 – 432.
7. Cornell, J. and L. Kellogg. 2004. Practical Methodology for Operational Layout of Commercial Skyline Logging Systems. Research Contribution 45, Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, OR.
8. Dykstra, D.P., Heinrich, R., 1996: FAO model code of harvesting practice. FAO, Rome, 1 – 85
9. FAO, 1998: Proceedings of the seminar on enviromentally sound forest roads and wood transport, Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome, 1 - 424.
- 10.FAO/ECE/ILO/IUFRO, 2001: New trends in harvesting with cable systems for sustainable forest management in the mountains, Workshop proceedings Ossiach (Austria), 61-366.
- 11.Gašparik, J., 1963: Približovanie dreva lanovkami, Slovenske Vydavateľstvo Podohospodarskej Literatúry, Bratislava, 1 - 216.
- 12.Gingras, J.-F., Plamondon J.A., 1998: Felling methods for increasing the spacing between extraction trails.. For. Eng. Res. Inst. Can. (FERIC), Pointe-Claire, Que. Field note: 28, 1 – 2.
- 13.Gozdarski institut Slovenije, 2004: Spravilo lesa z žičnicami za trajnostno gospodarjenje z gozdovi, Mednarodno posvetovanje, Idrija, Slovenija, 1 - 211.
- 14.Greulich, F.R., Hanley, D.P., McNeel, J.F., Baumgartner, D., 2004: A Primer for Timber Harvesting. Cooperative Extension – College of Agriculture and Home Economics, Washington State University Pullman, Washington, 1 – 33.
- 15.Han, H.-S. and L.D. Kellogg. 2000. Damage characteristics in young Douglas-fir stands from commercial thinning with four timber harvesting systems. Western Journal of Applied Forestry. Vol. 15(1). 1 - 27.
- 16.Heinimann, H. R., 2004: Forest Operations under Mountainous Conditions. Encyclopedia of Forest Sciences, Volume 1, Elsevier Academic Press, 279 - 285.

17. Horvat, D., Spinelli, R., Šušnjar, M., 2005: Resistance coefficients on ground-based winching of timber, *Croatian Journal of Forest Engineering* 26 (1): 1 – 10
18. Horvat, D., 1993: Prilog proučavanju prohodnosti vozila na šumskom tlu. Disertacija, Fakultet Strojarnstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 234.
19. Horvat, D., Šušnjar, M., 2003: Application of biodegradable chain-saw lubricants, *Proceedings of the 2nd International Scientific Conference "Forest and wood-processing technology and the environment"*; Kolarik, Josef (ur.), Brno, Republika Češka, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, 2003. 109-121
20. Huyler, N. K., LeDoux, C. B., 1996: Cycle-Time Equation for the Koller K300 Cable Yarder Operating on Steep Slopes in the Northeast, Forest Service, Northeastern Forest, Experiment Station, Research Paper NE-705, United States Department of Agriculture, 1 - 8.
21. Ireland, D., 2004: Winching operations in Forestry, Tree takedown and vehicle debogging, *Forestry Commission Technical Guide*, Forestry Commission Edinburgh, 1 - 24.
22. Kellogg, L. D., 2002: Cable harvesting operations for small diameter timber, *Small Diameter Timber: Resource Management, Manufacturing, and Markets proceedings*, 192.-195.
23. Kellogg, L. D., 1981: Machines and techniques for Skyline yarding of smallwood, *Research bulletin 36*, Forest research lab, Oregon state university, School of forestry, 1 - 15.
24. Kellogg, L. D., Olsen, E. D., 1984: Increasing the productivity of a small yarder: Crew size, skidder swinging, Hot thinning, *Research bulletin 46*, Forest research lab, Oregon State University, School of forestry, 1 - 45.
25. Kellogg, L. D., Olsen, E. D., Hargrave, M. A., 1986: Skyline thinning a Western Hemlock-Sitka Spruce Stand: harvesting cost and stand damage, *Research bulletin 53*, Forest research lab, Oregon State University, School of forestry, 1 - 21.
26. Kellogg, L., Milota, G. and B. Stringham. 1998. Logging Planning and Layout Costs for Thinning: Experience from the Willamette Young Stand Project. *Research Contribution 20*, Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, OR.
27. Košir, B., 1987: Vrste žičara i trendovi korištenja, *Mehanizacija šumarstva*, 12(3-4), 43-48.
28. Košir, B., 2002: Vpliv strojne sečnje na sestoj in gozdna tla. Zbornik ob posvetovanju "Strojna sečnja v Sloveniji", *Gospodarska zbornica Slovenije – Združenje za gozdarstvo*, Ljubljana, oktober 2002, 66 – 82.
29. Krpan, A. P. B., 1997: Poredba djelotvornosti žičare Streyer KSK 16 na brdskom terenu i ravnici, *Mehanizacija žumarstva* 22(2), 83-93.
30. Krpan, A. P. B., Ivanović, Ž., 1995: Iznošenje trupaca hrasta lužnjaka žičarom Steyer KSK 16, *Šumarski list* 3(1995), 75.-90.
31. Lukač, T., 2001: Lanovky v Lesnictve, Ustav pre Vychovu a Vzdelavanie Pracovníkov LVH SR, Zvolen, 1 - 168.
32. Lukáč, T. 2001B. Cableways in the forestry of Slovakia. Paper presented at the Joint FAO/ECE/ILO Committee on Forest Technology workshop on New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains, 18-24 June 2001, Ossiach, Austria.

33. MacDonald, A.J., 1999: Harvesting Systems and Equipment in British Columbia. FERIC, Handbook No. HB-12, 1 – 197.
34. McMahon, Shane; Evanson, Tony; Hall, Peter; Baillie, Brenda: Cable extraction of pulp: Effect of minimum extracted piece size on productivity.
35. McNeel, J. F., Young, G. G., 1993: Optimal yarding road with model for skyline yarding, Forest Products Society, Forest Product Journal 44(2), 45-50.
36. Martinić, I., 1991: Oštećenje sastojine pri obaranju stabla, izradi i privlačenju drva (Damage to Stands of Trees in the Felling, Processing and Hauling of Timber). Šumarski list 115(1-2): 33 – 48.
37. Owende, P. M. O. et al., 2002: Operations Protocol for Eco-efficient Wood Harvesting on Sensitive Sites, ECOWOOD Partnership, Dublin, 1 - 74.
38. Owende, P.M.O., 2004: Wood delivery. Encyclopedia of Forest Sciences, Volume 1, Elsevier Academic Press, 269 – 279.
39. Patric, J. H., 1980: Some environmental effects of cable logging in Appalachian Forests, Forest service general Technical report NE-55, Broomall, 1 - 30
40. Pearce, J. K., Stenzel, G., 1972: Logging and pulpwood production, University of Washington, John Wiley and Sons, 1 – 453.
41. Pičman, D., Pentek, T., Poršinsky, T., 2003: "Prilog istraživanja oštećivanja stabala mehanizacijom za gradnju šumskih putova, Strojarstvo 45(4-6), 149-157.
42. Pulkki, R., 1999: Cable yarding.pdf, str 1-180.
43. Samset, I., 1979: Krefter og effekter i vinsj-og taubanesystemer (Forces and Powers in winch and cable systems), Meddr. Norsk Institutt for Skogforskning 35.2, 1 - 211.
44. Samset, I., 1981: Vinsj-og taubanesystemer i norsk skogbruk (Winch and cable systems in Norwegian forestry), Meddr. Norsk Institutt for Skogforskning 37.1, 1 - 501.
45. SAPPI, 2004: Tree farming guidelines for SAPPI outgrowers – Part 3. Forest Engineering, Sappi Forests (Pty) Ltd., Cascades, South Africa, 1 - 103.
46. Saarilahti, M., 2002: Dynamic terrain classification – Modelling of the seasonal variation of the trafficability on forest sites. Soil interaction model, Appendix Report No 1, 1 – 22.
47. Schiess, P., Krogstad, F., 2001: The International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium 2001, Proceedings, College of Forest Resources, University of Washington and International Union of Forestry Research Organizations, Seattle, WA, USA.
48. Schlagmersky, A., Roško, P., 1964: Lesni vyvozni lanovky, Statni Zemedelske Nakladatelstvi, Praha, 1 - 262.
49. Staff, K.A.G., Wiksten, N.A., 1984: Tree harvesting Techniques. Martinus Nijhoff/DR W. Junk Publishers, Dordrecht/Boston/Lancaster, 1 - 371.
50. Sever, S., 1980: Istraživanja nekih eksploatacijskih parametara traktora kod privlačenja drva. Doctor thesis. Forestry faculty, University of Zagreb. 301 pp.
51. Sever, S., 1987: Žičare u SR Hrvatskoj – jučer, danas, sutra, Mehanizacija šumarstva, 12(3-4), 37-39
52. Sever, S., 1990: Criteria for classifying off-road vehicles. 19th IUFRO World Congress, Montreal, Post-Congress Proceedings Division 3, 230 – 241.

53. Tiernan, D., Owende, P.M.O., Kanali, C.L., Spinelli, R., Lyons, J., Ward, S.M., 2002: Selection and Operation of Cable Systems on Sensitive Forest Sites. Project deliverable D2 of the Development of a Protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites (ECOWOOD). EU 5th Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources), 1 – 73
54. Tomanić, S., Vondra, V., Martinić, I., 1989: Oštećivanje sastojina pri šumskim radovima (Damage on Stands at Forest Work). *Mehanizacija šumarstva* 14 (3-4): 65 – 72.
55. Tomašić, Ž., 1998: Soil Erosion on Several Longitudinal slopes of a Skid Trail over a Four-year Period (1992-1996). Proceedings of the Seminar on Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport, Sinai (Romania), FAO Rome 1998, 322-334.
56. Žagar, K., 2004: Utilization of Mini Urus cable crane in mountain region of Nature park Papuk. Master thesis. Forestry faculty, University of Zagreb. 89 pp.
57. WCB, 2004: Cable yarding systems handbook, Worker's Compensation Board of British Columbia, Lower Mainland, British Columbia, Canada, 1 - 180.
58. Wästerlund, I., 1994: Forest response to soil disturbance due to machine traffic. Interactive seminar and workshop "Soil, tree, machines interaction", Feldafing, Germany, 1 – 23.
59. Wenger, K. F., 1983: Cable logging, Forestry Handbook (Second edition), A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York, 510 - 539.
60. http://www.cnr.vt.edu/visser/cable_logging/
61. <http://flash.lakeheadu.ca/~repulkki/>