

Prilog poznavanju iznošenja drva šumskim žičarama

Tomislav Poršinsky, Igor Stankić

Nacrtak – Abstract

Rad je pregled užetnih sustava koji se upotrebljavaju u primarnom transportu obloga drva i koji se dijele na šumska vitla, šumske vučnice te šumske žičare. Posebna je pozornost posvećena šumskim žičarama opisom njihovih tehničkih sastavnica, sastavnica tehničke namjene, razredbe s obzirom na različite kriterije, prikazom najčešćih izvedbi današnjih šumskih žičara te smjerova njihova razvoja.

Područje primjene šumskih žičara prikazano je u svjetlu, u literaturi zadnje navedene, namjenske razredbe terena za izvođenje šumskih radova na djelotvoran i okolišno prihvatljiv način, izrađene u sklopu projekta EcoWood.

Usporedba djelotvornosti iznošenja drva žičarom s vučom drva skiderom u brdsko-planinskim šumama te izvoženja drva forvarderom u nizinskim šumama u Hrvatskoj upozorila je na troškovnu nekonkurentnost šumskih žičara u odnosu na sredstva za privlačenje drva koja su kretna po tlu, ali i na njihovu okolišnu pogodnost koju u budućnosti treba vrednovati.

Ključne riječi: iznošenje drva, šumske žičare, operativna razredba terena

1. Uvod – Introduction

Nakon sječe i izradbe stabala šumski su sorti-menti razasuti na velikoj površini, te ih treba prvo skupiti i privući po šumskom bespuću do pomoćno-ga 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 eksploataciji šuma uvjetuju podjelu transporta drva na skupljanje drva, privlačenje drva te daljinski transport drva (Krupan 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 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 kretanima po tlu (Han i Kellogg 2000).

Drva se šumskim žičarama transportiraju ponaj-prije 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



Slika 1. Izvedbe šumskih vitala - **Figure 1** - Types of forest winches

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).

Cilj je ovoga rada pregled značajki užetnih sustava za privlačenje drva, pri čem je posebna pozornost posvećena šumskim žičarama.

2. Podjele užetnih sustava u pridobivanju drva – *Classifications of cable logging systems*

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

neprijemljive 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 (*forest winches*)
- šumske vučnice (*highlead systems*)
- šumske žičare (*skyline systems*).

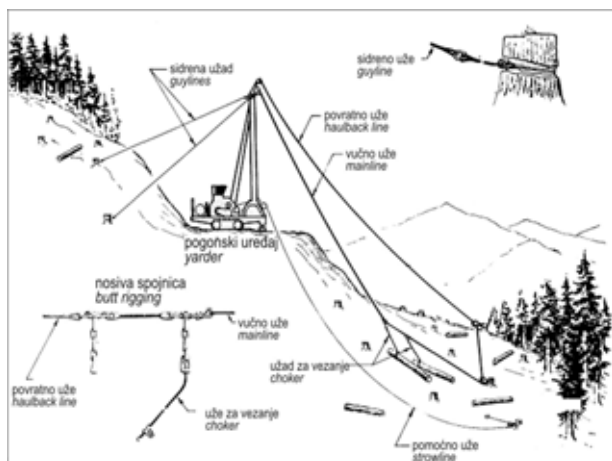
2.1. Šumska vitla – *Forest winches*

Šumska su vitla naprave čiji su osnovni dijelovi pogonski i trzamijski 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 1a) ili nekoga drugoga radnoga uređaja (npr. motorna pila – slika 1b). 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 traktorsko-ga puta ili žične linije), tako da pri samom privlačenju drva vitlo sudjeluje kao pomoćna naprava (Košir 1987).

2.2. Šumske vučnice – Highlead

Osnovne su značajke šumske vučnice postojanje dvaju užeta (vučnoga i povratnoga) koja zahtijevaju dvobubanjno vitlo, ali i da se za prihvat drva ne koriste kolica (Conway 1976, Samset 1985). Pri tome je kod šumskih vučnica 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 skupljanje drva na manjim udaljenostima do žične linije.



Slika 2. Šumska vučnica - **Figure 2** - Highlead

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 ravnim 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 privlačenje drva šumskim vučnicama preporučljivo je uz nagib terena (WBC 1999).

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

2.3. Šumske žičare – Forest Skylines

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 višebubanjna vitla (Košir 1997).

Prema broju užadi koja se rabi 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), dubeća stabla, panjevi ili odgovarajuća sidrišta.
- Iznošenje drva odvija se uz pomoć kolica koja se kreću po nosivom užetu. Oblovinina koja se iznosi obješena je o kolica (slika 3).



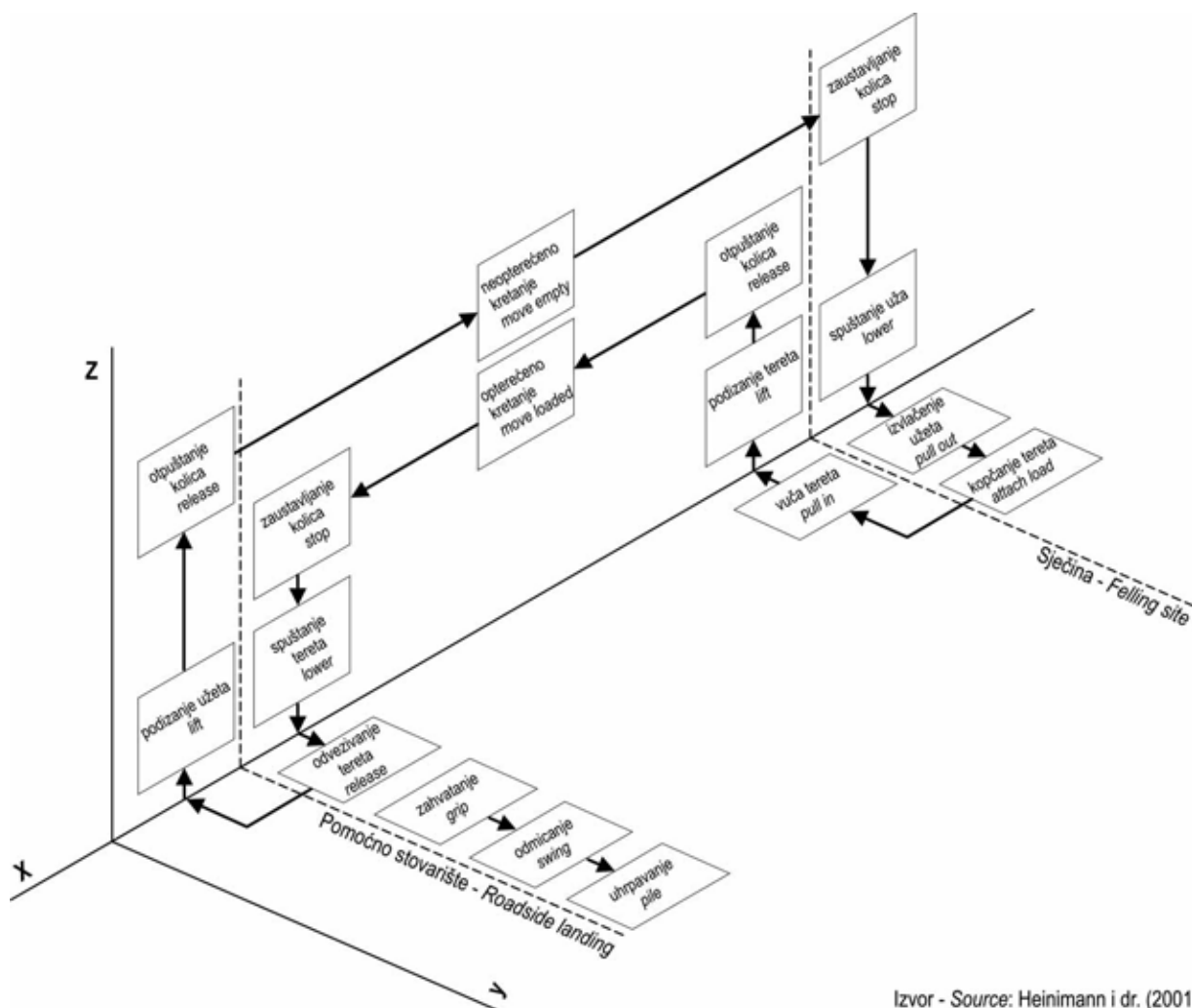
Slika 3. Kolica žičare - **Figure 3** - Skyline carriage

- Izvlačenje užeta za vezanje do tovara omogućuje neki dodatni uređaj (*slackpulling device*).
- Pri iznošenju drva oblovinu 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).

Luk se nosivoga užeta šumske žičare definira kao dio nosivoga užeta razapetoga između dvaju susjednih oslonaca. Ako šumska žičara, odnosno njezino nosivo užje, čini samo jedan luk i ako ima samo dva oslonca, naziva se jednolučna šumska žičara (*single-span skyline*). U slučaju da nosivo užje čini više lukova, šumska se žičara naziva višelučna (*multi-span skyline*). Višelučne se žičare (slika 5d) 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 užje 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 užje 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 užje vraća kolica u sječinu.



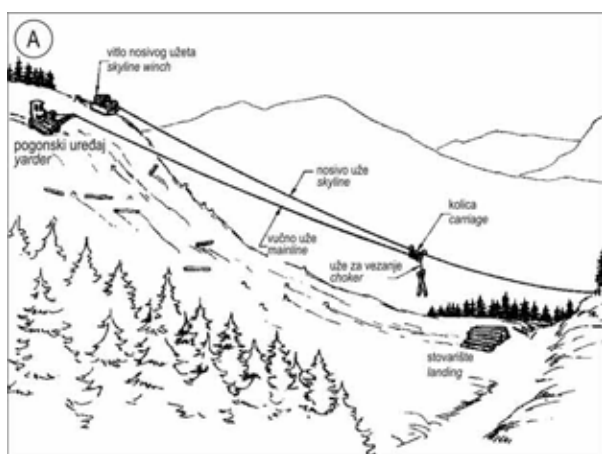
Izvor - Source: Heinimann i dr. (2001)

Slika 4. Sastavnice tehničke namjene šumskih žičara - Figure 4 - Technical functions of forest skylines

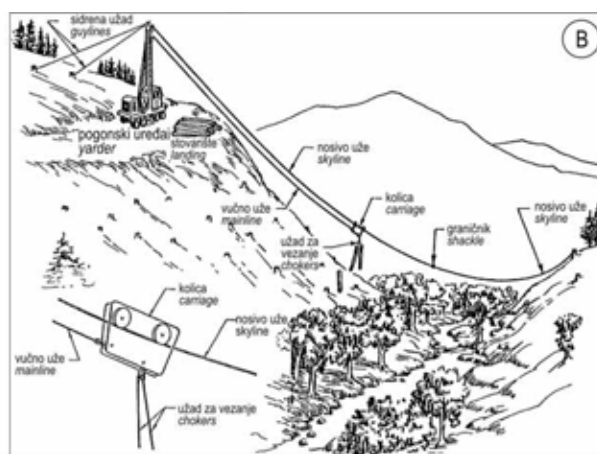
Postoji cijeli niz različitih vrsta i tipova kolica, a mogu se podijeliti prema opisanim značajkama. Na prvom je mjestu nosivost, zatim izvor pogonske energije, način izvlačenja užeta za vezanje te mogućnost i način zaustavljanja kolica (Trzesniowski 1998, Košir 1997). Kretanje kolica po nosivom užetu 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 (kočni uređaj – *clamping device*) i ona koja to nemaju. Izvor energije 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).

Sastavnice tehničke namjene šumske žičare pri iznošenju drva u trodimenzionalnom koordinatnom sustavu prikazuje slika 4. Smjer pružanja trase žičare prati x-os, dok z-os opisuje vertikalnu dimenziju, tj. visinu na kojoj je nosivo užo 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 oblovine 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:

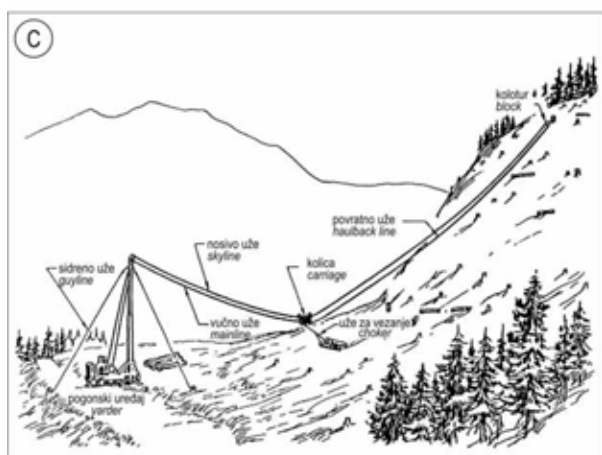
- transportna namjena (x-os): otpuštanje kolica na stovarištu, kretanje neopterećenih kolica od stovarišta do sječine, zaustavljanje kolica u sječini, otpuštanje kolica u sječini, kretanje opterećenih kolica iz sječine do stovarišta
- podizna namjena (y-os): spuštanje vučnoga užeta (kuke) na tlo u sječini,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



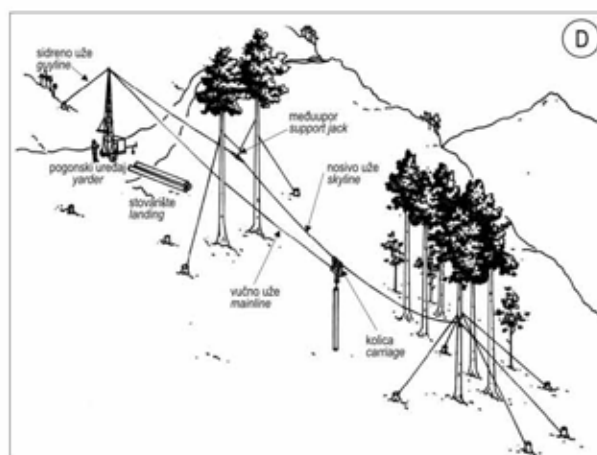
Šumska žičara s nepomičnim nosivim užetom, iznošenje niz nagib
(Standing Skyline System, downhill yarding)



Gravitacijska šumska žičara sa spuštajućim nosivim užetom
(Live Skyline Gravity System)

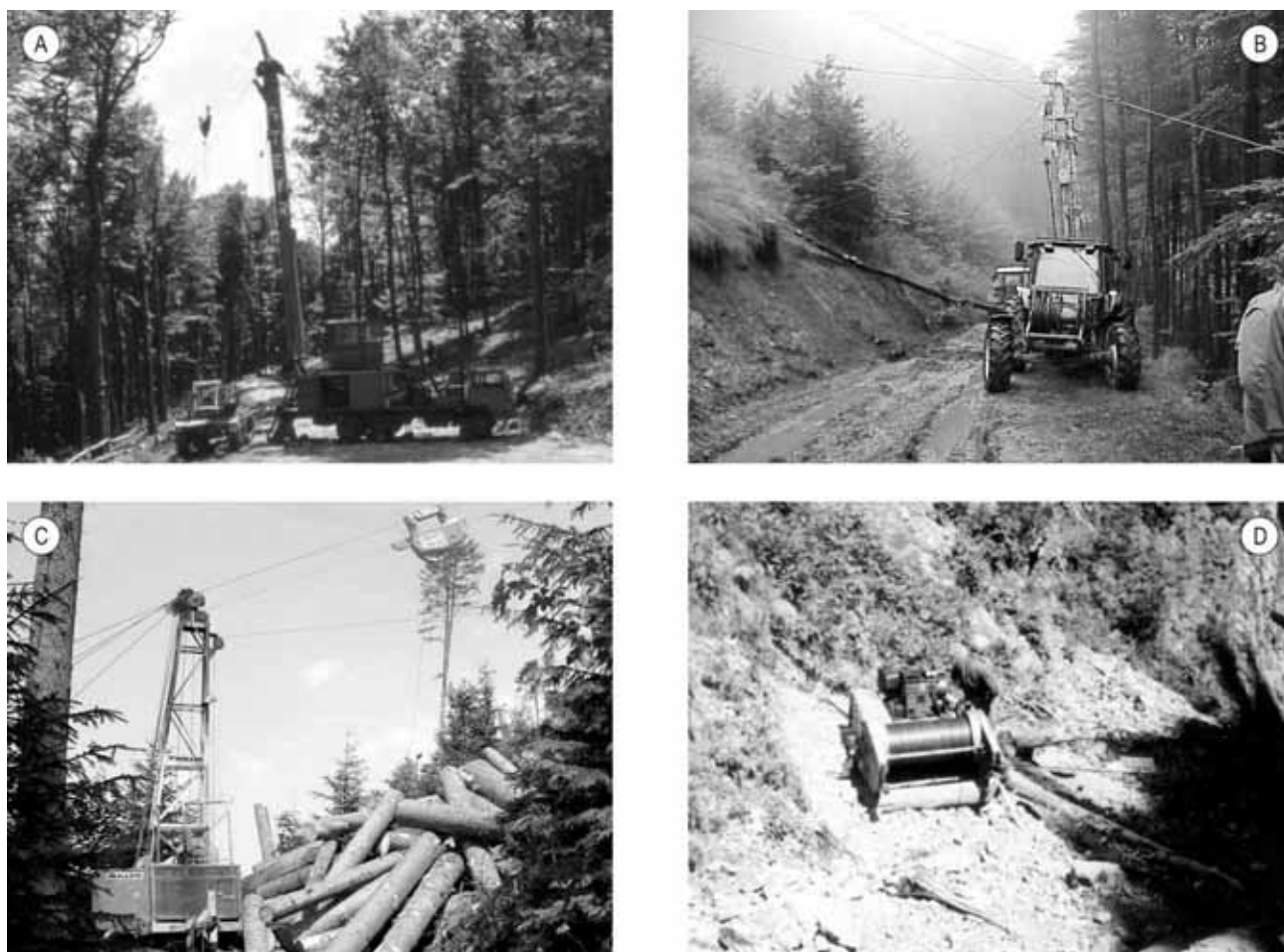


Šumska žičara s pokretnim nosivim užetom, iznošenje niz nagib
(Running Skyline System, downhill yarding)



Višespanna šumska žičara s nepomičnim nosivim užetom, iznošenje uz nagib
(Multispan Standing Skyline System, uphill yarding)

Slika 5. Sustavi šumskih žičara - Figure 5 - Forest skylines systems



Slika 6. Najčešće inačice današnjih šumskih žičara - **Figure 6** - The most using types of current forest skidlines

(oblovine) 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 posečenoga 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 (2001) ih 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).

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 5a)
- šumska žičara sa spuštajućim nosivim užetom (*live skyline*): pri radu se nosivo uže redovito spušta i podiže (slika 5b). Kada se kolica zaustave na mjestu vezanja tovara, smanjivanjem tenzije u nosivom užetu ono se spušta zajedno s kolicima te omogućuje vezanje tovara.

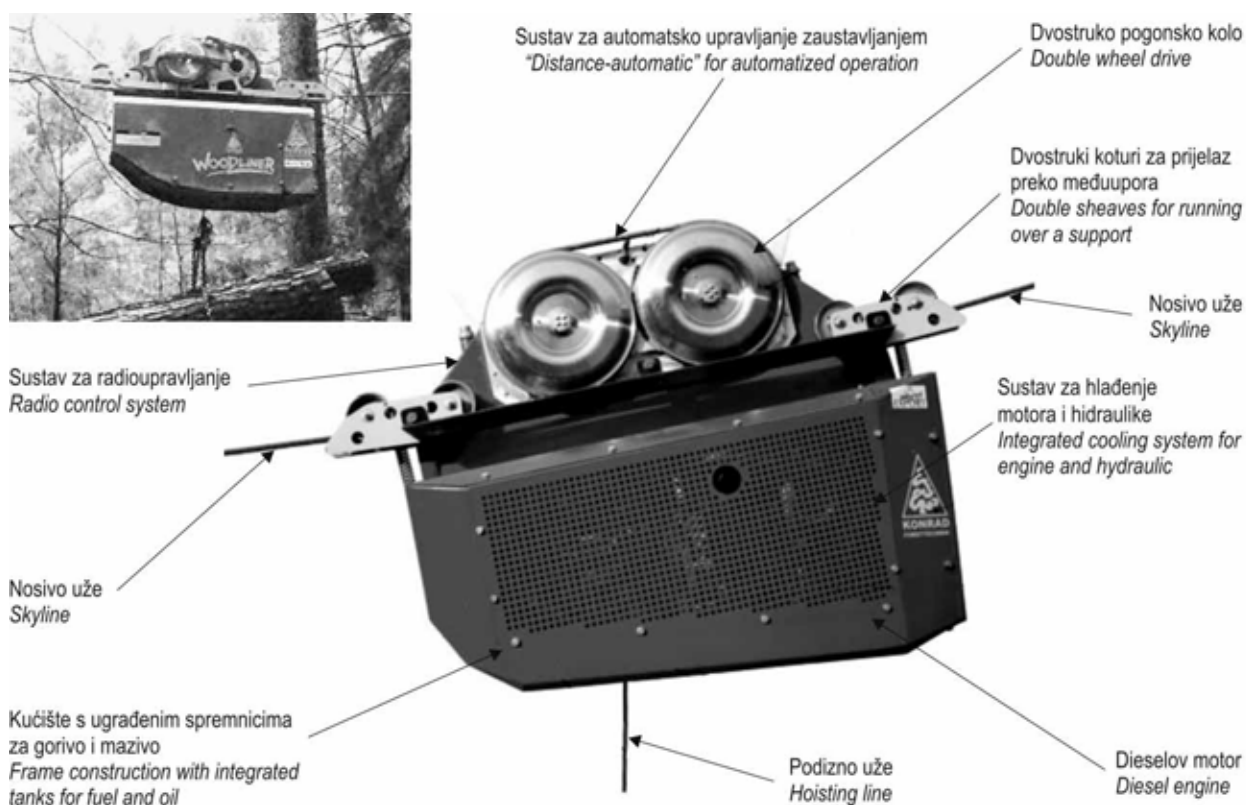
- šumska žičara s pokretnim nosivim užetom (*Running skyline*): poboljšana inačica šumske vučnice (slika 5c). Razlika je u načinu rada jer se umjesto nosive spojnice ili nosive koloture rabe kolica, a podignutim krajnjim osloncem ostvaruje se progib užeta potreban za iznošenje oblovine do istovarne rampe (pomoćnoga stovarišta).

Današnje šumske žičare (slika 6) 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:

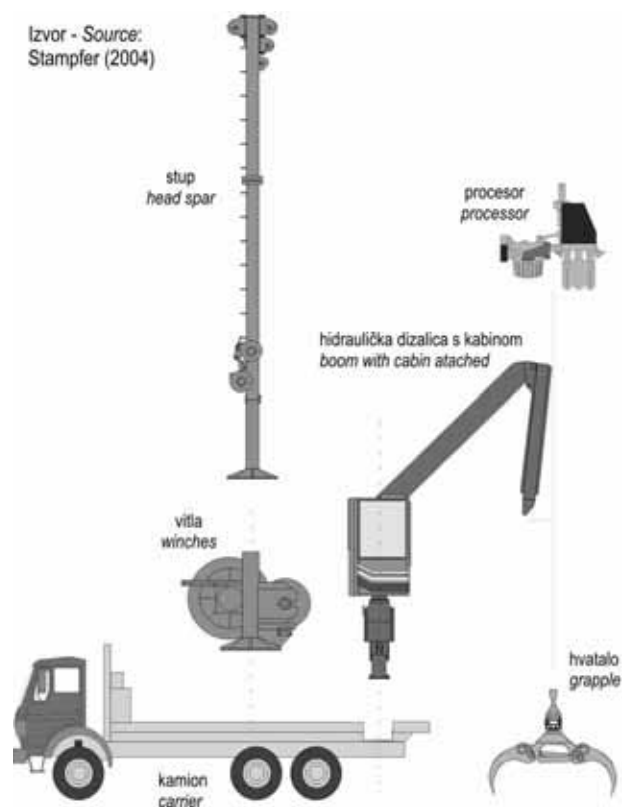
- šumske žičare s vlastitim pogonskim uređajem postavljene na kamionima (slika 6a)
- šumske žičare koje koriste pogonski uređaj radnoga stroja na koji su priključene (slika 6b)
- vučene šumske žičare s vlastitim pogonskim uređajem na priključnim vozilima (slika 6c)
- šumske žičare s vlastitim pogonskim uređajem na saonicama (slika 6d)
- samovozna kolica (slika 7).

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 7). 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.

Drugi smjer razvoja današnjih šumskih žičara čine stupne kamionske žičare, kojima je na stražnjem kraju šasije kamiona pridodana dizalica s kabinom (slika 8). 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). Pri tome se u slučaju stablovne metode izradbe drva spajaju iznošenje drva i izradba stabala, što u konačnici povećava proizvodnost cijeloga sustava pridoivanja drva (Košir 2004). Isto tako, bez obzira na



Slika 7. Samovozna kolica - **Figure 7** - Mechanized carriage



Slika 8. Stupna kamionska žičara s dizalicom - **Figure 8** - Truck tower yarder with attached boom

izbor alata za prihvat drva (a time i metode izradbe drva), kod ovoga je koncepta stupnih kamionskih žičara omogućeno u dohvat hidraulične dizalice slaganje drva u složajeve, čime je otklonjen problem brzoga zatrpavanja na istovarnoj rampi pomoćnoga stovarišta.

3. Područje rada šumskih žičara – *Forest skylines working area*

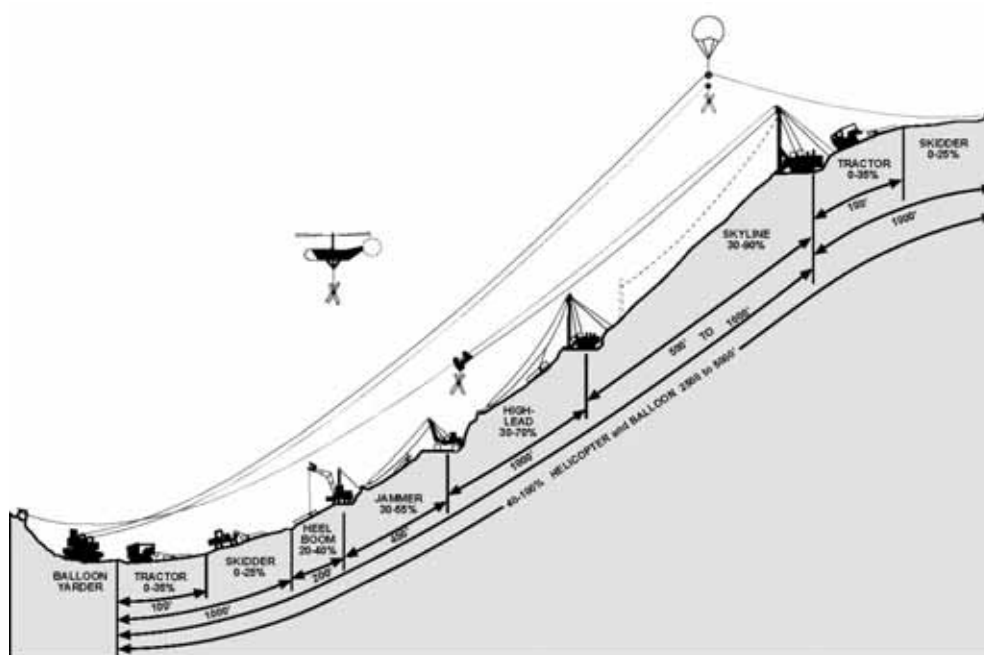
Kao terenske čimbenike šuma određenoga zemljopisnoga položaja koji uvjetuju stupanj težine, mogućnosti i ograničenja izvođenja mehaniziranih šumskih radova uopće, većina autora navodi: nagib terena, površinske prepreke te nosivost podloge (Conway 1976, Staff i Wiksten 1984, Silversides i Sundberg 1988, Saarihahti 2002). 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 sustavi kretni po tlu – slika 9).

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 (Saarihahti 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).



Slika 9. Područja rada nekih načina privlačenja drva (Studier i Binkley 1975)

Figure 9 - Working areas of some timber extraction technologies (Studier & Binkley 1975)

Tablica 1. Opisna razredba terena prema projektu EcoWood (Owende i dr. 2002)

Table 1 - EcoWood - descriptive terrain classification (Owende et al. 2002)

Nosivost podloge <i>Soil strength</i>		Površinske prepreke <i>Ground Roughness</i>		Nagib terena <i>Ground slope</i>	
1	Čvrsto tlo <i>Strong Soil</i>	1	Ravan teren <i>Even terrain</i>	1	Umjereni nagib (<8°) <i>Gentle (<14 %)</i>
2	Osrednje čvrsto tlo <i>Average soil</i>	2	Djelomično neravan teren <i>Uneven terrain</i>	2	Srednji nagib (8° - 14°) <i>Intermediate (14 - 25 %)</i>
3	Meko tlo <i>Soft Soil</i>	3	Neravan teren <i>Rough terrain</i>	3	Strmi teren (>14°) <i>Steep (>25 %)</i>
4	Vrlo meko tlo <i>Very soft soil</i>	Primjer: Razred terena 3.2.3. - meko tlo na djelomično neravnom i strmom terenu <i>Example: Terrain Class 3.2.3 - soft soil with uneven surface on a steep terrain</i>			

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.

Tablica 2 prikazuje, zadnju u literaturi dostupnu, operativnu razredbu terena za načine i sredstva privlačenja drva, koja je rezultat projekta EcoWood.

Prema navedenoj namjenskoj razredbi terena uočljiva su tri područja rada šumskih žičara:

- tereni za isključivi rad sa šumskim žičarama: površine šuma s nagibom terena >25 % i/ili tereni s izraženim površinskim preprekama
- prošireno područje rada šumskih žičara: šumske površine na kojima je moguće privlačiti drvo i s drugim sredstvima rada
- tereni na kojima je rad šumskim žičarama okolišno pogodan: područja nizinskih šuma na kojima su slabonosiva tla (glej, tresetište) koja ograničavaju kretnost vozila, ali i na kojima su posljedice (slika 10) privlačenja drva neprihvatljive (Owende i dr. 2001).

Tablica 2. Namjenska razredba terena za privlačenje drva prema projektu EcoWood (Ward i dr. 2003)**Table 2** - EcoWood - functional terrain classification (Ward et al. 2003)

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

■ Teren za isključivi rad sa žičarama
Terrain for Cable use only

■ Prošireno područje rada žičarama
Extended area of Cable use

□ Teren na kojem je rad žičarama okolišno pogodan
Terrain for which the Cable use is environmentally friendly

Od ostalih literaturnih izvora Samset (1985) navodi da su tereni s nagibom >20 % pogodni za iznošenje drva žičarama. Heinemann (2004) za područje rada šumskih žičara određuje nagib terena >35 %.



Slika 10. Nedopuštene posljedice izvoženja drva
Figure 10 - Non-allowed consequences of timber forwarding

Trzesniowski (1998) određuje područje rada šumskih žičara s obzirom na smjer privlačenja drva: >20 % pri iznošenju uzbrdo te >45 % pri iznošenju drva nizbrdo.

MacDonald (1999) navodi da su strma šumska područja s nagibom terena >50 % područja isključive primjene žičara. Istoga je stajališta i Krpan (1997) koji smatra da se na terenima manjega nagiba odluka o primjeni žičara donosi na temelju troškovne i okolišne prihvatljivosti.

4. Djelotvornost šumskih žičara – *Forest skylines efficiency*

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 11), ali i duljinu žičnih linija. Uz pomoć digitalnoga modela terena moguće je planira-



Usporedni raspored žičnih linija
Parallel layout of yarding corridors



Lepezasti raspored žičnih linija
Fan-shaped layout of yarding corridors

Slika 11. Rasporedi žičnih linija - **Figure 11** - Layout of yarding corridors

nje 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 privlačne oblovine do žične linije pojedinoga tipa šumske žičare (Lukač 2001).

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, 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. Košir (2003) na osnovi tih dvaju općepoznatih zakona mehaniziranja šumskih radova analizira optimalnu duljinu žičnih linija.

Usmjereno obaranje stabala i/ili priprema tovara 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.

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 proiz-

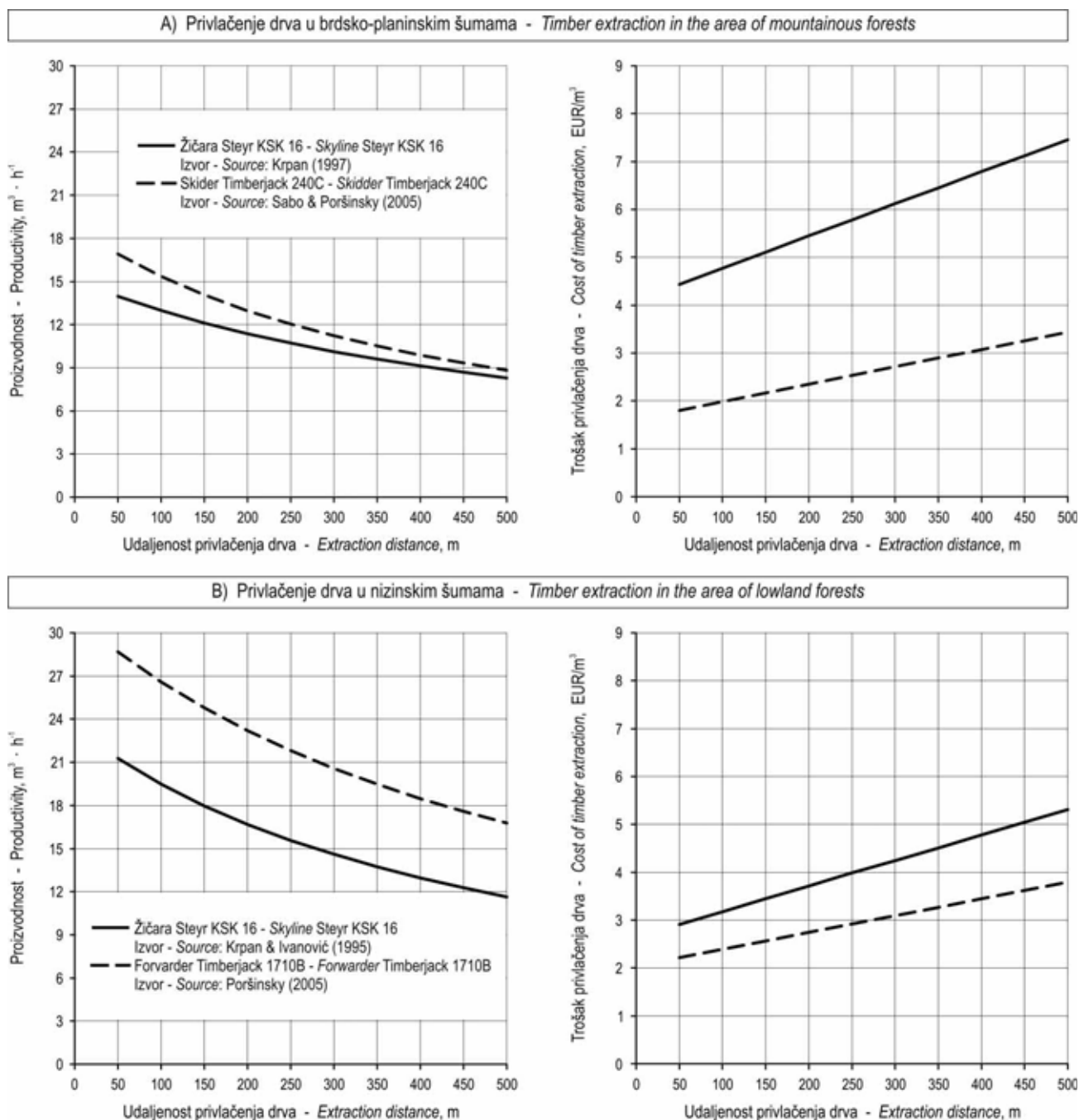
vodnost iznošenja drva. Osim navedenih utjecajnih čimbenika na godišnju razinu proizvodnosti utječe i veličina sječnih jedinica, njihov međusobni položaj, vrsta prihoda, razina mehaniziranosti sječe i izradbe drva, broj radnih dana u godini te kakvoća planiranja izvođenja radova (Talbot 2004).

Iz ovoga kratkoga 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 12).

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 kretana 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 pri-



Slika 12. Usporedba djelotvornosti iznošenja drva s vučom i izvoženjem drva
Figure 12 - Efficiency comparison - wood yarding vs. skidding and forwarding

vlačenja 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/m^3) 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 skidrom u prebornim šumama u Hrvatskoj ne smiju se

zanemariti ni oštećenja dubećih 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.

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 za kretanje vozila, pri čemu nastaju manje ili veće nedopustive štete na tlu (Krpan i dr. 1993a, Poršinsky 2005), dubećim stablima (Krpan i dr. 1993b) ili pomlatku (Petreš 2004), neposredno ugrožavaju obnovu 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.

4. Zaključna razmatranja – *Final reviewing*

Unatoč većim jediničnim troškovima iznošenja drva šumske žičare kao sredstvo privlačenja drva imaju svoju budućnost u Hrvatskoj, pogotovo u sastojinama koje zbog nagiba terena, odnosno uvrštenosti u neki od oblika zaštićenih područja prirode (na koje otpada 14 % površine šuma) ili nekih drugih značajki isključuju bilo koje drugo sredstvo rada.

Iznošenje drva žičarama ubraja se u okolišno pogodne načine pridobivanja drva zbog izostanka gaženja i zbijanja tla te oštećenja preostalih stabala u sastojini.

5. Literatura – *References*

Berg, S., 1992: Terrain Classification System For Forestry Work. Forest Operations Institute »Skogsarbeten«, 1 – 28.

Bojanin, S., 1987: Žičare. Šumarska enciklopedija, 3, JLZ »Miroslav Krleža« Zagreb, 651 – 656.

Chung, W., J. Sessions, H. R. Heinemann, 2003: Optimization of cable harvesting equipment placement and road locations using digital terrain model. Proceedings of Workshop »New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains«, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 18 – 24 June 2001, Ossiach (Austria), FAO, Rome, 247 – 252.

Conway, S., 1976: Logging practices. Principles of timber harvesting systems. Miller Freeman Publications, 1 – 432.

Davis, C. J., T. W. Reisinger, 1990: Evaluating Terrain for Harvesting Equipment Selection. Journal of Forest Engineering 2(1): 9 – 16.

Dykstra, D. P., R. Heinrich, 1996: FAO model code of harvesting practice. FAO, Rome, 1 – 85.

Grammel, R., 1988: Holzernte und Holztransport. Verlag Paul Parey, Hamburg – Berlin, 1 – 242.

Han, H.-S., L. D. Kellogg, 2000: Damage Characteristics in Young Douglas-fir Stands from Commercial Thinning with Four Timber Harvesting Systems. Western Journal of Applied Forestry 15(1): 27 – 33.

Heinemann, H. R., R. J. M. Visser, K. Stampfer, 1998: Harvester–Cable Yarder System Evaluation on Slopes – a Central European Study in Thinning Operations. Proceedings of the Annual Meeting of the Council of Forest Engineering »Harvesting logistics: from woods to market«. 20 – 23 July 1998, Portland, Oregon, 39 – 44.

Heinemann, H. R., 2000: Forest Operations under Mountainous Conditions. Forests in Sustainable Mountain Development – a State of Knowledge Report for 2000, M. F. Price and N. Butt, Editors. CABI Publishing: Wallingford, UK. Vol. IUFRO Research Series No. 5: 224 – 230.

Heinemann, H. R., K. Stampfer, J. Loschek, L. Caminada, 2001: Perspectives on Central European Cable Yarding Systems, Proceedings of International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium, 10 – 12 December, 2001, Seattle, USA, 268 – 279.

Heinemann, H. R., 2004: Forest Operations under Mountainous Conditions. Encyclopedia of Forest Sciences, Volume 1, Elsevier Academic Press, 279 – 285.

FBVA, 2000: CDR »300 Forstmaschinen – Maschinenbeschreibung und Selbstkostenrechnung«. Forstliche Bundesversuchsanstalt – Abteilung für Forsttechnik.

FBVA, 2003: CDR »500 Forstmaschinen – Maschinenbeschreibung und Selbstkostenrechnung«. Bundesamt und Forschungszentrum für Wald – Abteilung für Forsttechnik.

Košir, B., 1982: Informacija o klasifikaciji terena za organizacijsko tehnološke potrebe procesa šumarstva. Mehanizacija šumarstva 7(5–6): 146 – 148.

Košir, B., 1987: Vrste žičara i trendovi korišćenja žičnih naprava (Cable way types and the trends in cable system use). Mehanizacija šumarstva 12(3–4): 43 – 48.

- Košir, B., 1997: Pridobivanje lesa. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete v Ljubljani, 1 – 332.
- Košir, B., 2003: Optimal line lengths when skidding wood with the Syncrofalke Cable Crane in Slovenian conditions. Proceedings of Workshop »New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains«, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 18 – 24 June 2001, Ossiach (Austria), FAO, Rome, 81 – 90.
- Košir, B., 2004: Prospects of forest cableways use in Slovenia. International symposium »Cable Yarding Suitable for Sustainable Forest Management«. Slovenian Forestry Institute, 23 September 2004, Idrija, Slovenia, 35 – 50.
- Krpan, A. P. B., 1983: Utjecaj vlage tla na prohodnost traktora u nizinskim šumama Posavine. Zbornik radova »Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi«, Opatija, 193 – 201.
- Krpan, A. P. B., 1984: Istraživanje upotrebljivosti traktora IMT-558 na privlačenju oblovine u uvjetima nizinskih šuma šumarije Lipovljani. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 136.
- Krpan, A. P. B., 1989: Neke značajke sušenja hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) sa stanovišta eksploatacije šuma (Some characteristics of pinnate oak /*Quercus robur* L./ dieback in terms of logging). Glasnik za šumske pokuse 25: 111 – 121.
- Krpan, A. P. B., 1990: Prilog klasifikaciji šumskih terena u svjetlu eksploatacije šuma u teškim uvjetima (Supplement to forest terrain classification in view of logging under difficult conditions). Mehanizacija šumarstva 15(7–8): 107 – 110.
- Krpan, A. P. B., 1991: Daljinski transport drvne mase u Hrvatskoj – faktori razvoja i stanje (Long distance timber transportation in Croatia – its status and development factors). Drvna industrija 42(3–4): 49 – 54.
- Krpan, A. P. B., Ž. Ivanović, S. Petreš, 1993a: Fizičke štete na tlu pri privlačenju drva (Ground damage resulting from dragging of timber). Šumarski list 117(1–2): 23 – 32.
- Krpan, A. P. B., S. Petreš, Ž. Ivanović, 1993b: Neke fizičke štete u sastojini, posljedice i zaštita (Forest stand damage, effects and protection). Glasnik za šumske pokuse, Posebno izdanje 4, 271 – 279.
- Krpan, A. P. B., Ž. Ivanović, 1995: Iznošenje trupaca hrasta lužnjaka žičarom STEYR KSK 16 (Yarding of Pedunculate Oak logs with the STEYR KSK 16 Cable Crane). Šumarski list 119(3): 75 – 90.
- Krpan, A. P. B., 1996: Problem privlačenja drva u nizinskim šumama Hrvatske (Problem of skidding Timber in Croatian Lowland Forests). Šumarski list 120(3–4): 151 – 156.
- Krpan, A. P. B., 1997: Poredba djelotvornosti žičare STEYR KSK 16 na brdskom terenu i ravnici (Vergleich der Wirksamkeit des Seilkranes STEYR KSK 16 am Steilhang und in der Ebene). Mehanizacija šumarstva 22(2): 83 – 93.
- Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, 2002: Djelotvornost strojne sječe i izradbe u sastojinama mekih i tvrdih listača. Znanstvena studija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 40.
- Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, M. Šušnjar, 2003: Timber extraction technologies in Croatian mountainous selection forests. Proceedings of Workshop »New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains«, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 18 – 24 June 2001, Ossiach (Austria), FAO, Rome, 161 – 168.
- Larsen, R., 1975: Compendium of major cable logging systems. Harvesting and transportation. Interforest AB, Stockholm, 1 – 112.
- Lukáč, T., V. Štollmann, V. Messingerová, 2001: Lanovky v lesníctve. Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov LVH SR, Zvolen, 1 – 168.
- MacDonald, A. J., 1999: Harvesting Systems and Equipment in British Columbia. FERIC, Handbook No. HB-12, 1 – 197.
- Mellgren, P. G., 1980: Terrain Classification for Canadian Forestry. Canadian Pulp and Paper Association, 1 – 13.
- Owende, P. M. O., J. Lyons, R. Haarlaa, A. Peltola, R. Spinelli, J. Molano, S. M. Ward, 2002: Operations protocol for Eco-efficient Wood Harvesting on Sensitive Sites. Project ECOWOOD, Funded under the EU 5th Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources) Contract No. QLK5-1999-00991 (1999 – 2002), 1 – 74.
- Owende, P. M. O., D. Tiernan, S. M. Ward, J. Lyons, 2003: Is there a role for cable extraction on low gradient sensitive sites? Proceedings of Workshop »New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains«, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 18 – 24 June 2001, Ossiach (Austria), FAO, Rome, 227 – 234.
- Petreš, S., 2004: Privlačenje oblovine zglobnim traktorima LKT 81T i Timberjack 225A iz dovršne sječine hrasta lužnjaka s osvrtnom na oštećivanje mladog naraštaja (Roundwood extraction by cable skidders LKT 81T and Timberjack 225A from final felling of pedunculate oak with special reference to the damage of young growth). Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 222.
- Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske (Efficiency and Environmental Evaluation of Timberjack 1710B Forwarder on Roundwood Extraction from Croatian Lowland Forests). Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 170.
- Pičman, D., T. Pentek, T. Poršinsky, 2001: Relation between forest roads and extraction machines in sustainable forest management. Proceedings of Workshop »New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains«, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 18 – 24 June 2001, Ossiach (Austria), FAO, Rome, 185 – 191.
- Pičman, D., T. Pentek, Poršinsky, T., 2003: Prilog istraživanju oštećivanja stabala mehanizacijom za gradnju šumskih putova (Contribution to Investigation of Tree Damaging by Forest Road Excavating Machines). Strojstvo 45(4–6): 149 – 157.
- Pulkki, R., 2004: Introduction to Cable Yarding and Terminology. http://flash.lakeheadu.ca/repulkki/ctl_ft.html [18. 02. 2004.]
- Rowan, A. A., 1995: Terrain Classification. British Forestry Commission, Forest Research – Technical Note 16/95, 1 – 6.

- Sabo, A., 2000: Oštećivanje drveća pri privlačenju oblovine traktorom LKT 81 u gorskokotarskim prebornim sastojinama različite otvorenosti (Damaging Trees at Timber Skidding by the Skidder LKT 81 in Selection Forests of Different Openness in the Region of Gorski Kotar). *Mehanizacija šumarstva* 25(1–2): 9 – 27.
- Sabo, A., 2003: Oštećivanje stabala pri privlačenju drva zglobnim traktorom Timberjack 240C u prebornim sastojinama (Damaging Trees in Timber Skidding by Timberjack 240C in Selection Forests Stands). *Šumarski list* 127(7–8): 335 – 345.
- Sabo, A., T. Poršinsky, 2005: Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forests of Gorski Kotar (Privlačenje jelovine oblovine zglobnim traktorom Timberjack 240C iz gorskokotarskih prebornih sastojina). *Croatian Journal of Forest Engineering* 26(1): 13 – 27.
- Saarilahti, M., 2002: Soil interaction model. Project deliverable D2 (Work package No. 1) 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) Contract No. QLK5-1999-00991 (1999 – 2002), 1 – 87.
- Sever, S., 1987: Žičare u SR Hrvatskoj – jučer, danas, sutra (Cable systems in SR Croatia – at the past, at present, in the future). *Mehanizacija šumarstva* 12(3–4): 37 – 42.
- Samsel, I., 1985: Winch and cable systems. Martinus Nijhoff/DR W. Junk Publishers, Dordrecht/Boston/Lancaster, 1 – 539.
- Silversides, C. R., U. Sundberg, 1989: Operational Efficiency in Forestry – Volume 2: Practice. Kluwer Academic Publishers – Forest Sciences, Dordrecht/Boston/Lancaster, 1 – 169.
- Staff, K. A. G., N. A. Wiksten, 1984: Tree harvesting Techniques. Martinus Nijhoff/DR W. Junk Publishers, Dordrecht/Boston/Lancaster, 1 – 371.
- Stampfer, K., M. J. Lexser, 2003: Multi-criteria evaluation of thinning operations in steep terrain. Proceedings of Workshop »New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains«, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 18 – 24 June 2001, Ossiach (Austria), FAO, Rome, 73 – 80.
- Stampfer, K., 2004: Perspectives on whole tree cable yarding systems for thinning operations in Austria. International symposium »Cable Yarding Suitable for Sustainable Forest Management«. Slovenian Forestry Institute, 23 September 2004, Idrija, Slovenia, 67 – 74.
- Studier, D. D., V. W. Binkley 1975: Cable logging systems. Oregon State University, Book Stores Inc., Corvallis, Oregon, 1 – 209.
- Talbot, B., 2004: The influence of forest stand size and locality on the operational efficiency of mechanised forest operations. Proceedings of the International scientific conference »Forest Engineering: New Techniques, Technologies and the Environment«, IUFRO, The Ukraine Forestry Academy of Sciences (LANU), The Ukrainian Mountain Forestry Research Institute (UkrNDIGirlis), The State Forestry Management Association »Lvivlis«, The National Nature Park »Hutsulshchyna«, 5 – 10 October 2004, Lviv, Ukraine, 131 – 140.
- Tiernan, D., P. M. O. Owende, C. L. Kanali, R. Spinelli, J. Lyons, S. M. Ward, 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.
- Trzesniowski, A., 1998: Wood transport in steep terrain. Proceedings of the Seminar on »Environmentally sound forest roads and wood transport«, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 17 – 22 June 1996, Sinnaia, (Romania), FAO, Rome, 405 – 424.
- Ugrenović, A., R. Benić, 1957: Eksploatacija šuma. Grafički zavod Hrvatske, 1 – 481.
- Žagar, K., 2004: Primjena šumske žičare Mini Urus u brdskom području parka prirode Papuk (Utilization of Mini Urus cable crane in mountain region of Nature park Papuk). Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 89.
- Ward, S. M., P. M. O. Owende, 2003: Development of a protocol for eco-efficient wood harvesting on sensitive sites. Proceedings of the 2nd International Scientific Conference »Forest and Wood-Processing Technology vs. Environment – Fortechenvi Brno 2003«, May 26 – 30, 2003, Brno, Czech Republic, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno & IUFRO WG 3.11.00, 473 – 482.
- WCB, 1999: Cable yarding systems handbook. Worker's Compensation Board of British Columbia, Lower Mainland, British Columbia, Canada, 1 – 180.

Abstract

A contribution to understanding timber yarding by forest skylines

This paper gives a survey of cable systems used for primary transportation of roundwood, which are divided as follows: forest winches, highlead, and forest skylines. Special attention is focused on forest skylines through the description of their technical components, components of technical functions, classification with respect to different criteria, survey of models of forest skylines most frequently used today and their development trends.

The field of application of forest skylines is shown in the light of the latest functional terrain classification, referred to in reference literature, for carrying out forest works in an efficient and environmentally sound way, elaborated within ECOWOOD project.

Comparison of efficiency between timber yarding carried out by forest skylines and timber skidding in the area of hilly-mountainous forests and forwarding in the area of lowland forests of Croatia, showed poor cost effectiveness of forest skylines in relation to ground based systems of timber extraction, but also their environmental friendliness, which should be evaluated in future.

Key words: *timber yarding, forest skylines, functional terrain classification*

Adresa autora – Authors address:

Doc. dr. sc. Tomislav Poršinsky
Igor Stankić, dipl. inž.
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb
porsinsky@sumfak.hr
stankic@sumfak.hr