

MOBILNÍ HYDRAULICKÝ NAVIJÁK A JEHO VYUŽITÍ PŘI VYKLIZOVÁNÍ DŘÍVÍ VE SPECIFICKÝCH PODMÍNKÁCH



Ing. VÁCLAV ŠTÍCHA, Ph.D.
a kol.

Mobilní hydraulický naviják a jeho využití při vyklizování dříví ve specifických podmínkách

Certifikovaná metodika

Ing. Václav Štícha, Ph.D.

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Ing. Jan Macků, Ph.D.

doc. Ing. Roman Sloup, Ph.D.

Mgr. Jiří Trombik

Ing. et Ing. Bc. Petr Novotný, Ph.D.

doc. Ing. Alois Skoupý, CSc.

Lesnický průvodce 6/2017

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

www.vulhm.cz

Publikace vydané v řadě Lesnický průvodce jsou dostupné v elektronické verzi na:

http://www.vulhm.cz/lesnicky_pruvodce

Vedoucí redaktor: Ing. Jan Řezáč; e-mail: rezac@vulhm.cz

Výkonná redaktorka: Miroslava Valentová; e-mail: valentova@vulhmop.cz

Grafická úprava a zlom: Klára Šimerová; e-mail: simerova@vulhm.cz

ISBN 978-80-7417-145-1

ISSN 0862-7657

A MOBILE HYDRAULIC WINCH AND USING FOR LOGGING IN EXTREME CONDITIONS

Abstract

Timber extraction is recently executed by winches. These devices may be differently located, mainly on tractors. A disadvantage, however, may be its limited access, and small forest owners can't use fully its potential.

Presented study introduces a special winch and summarizes the results of testing the timber extraction in demanding terrain conditions using this machine.

The set is formed by hydraulic winch Golemwinch with pulling force up to 53 kN, 12V with drum dimensions of 64×224 mm. Winch is equipped with remote and cable controlling units. Weight of the winch is approximately 50 kg. Gasoline four-stroke engine was used as power unit, specifically air-cooled KIPOR KG390D (400D) engine with power of 7.7 kW at 3,600 RPM, engine volume of 389 cm³ and torque moment of 22.6 Nm/2,500 RPM. This unit is used for powering high-pressure oil-pump with output pressure 3 MPa (30 bar) and flow of 60 liters per minute. Input torque for pump shaft is 25 Nm at 3,000 RPM.

Hydraulic winch can be fixed (to tree stems, stumps, wooden pegs etc.) by lashings. Testing was conducted on three locations with different timber dimensions. Results confirm practical usability of the machine. Depending on terrain conditions, the pulling force up to 250 kN was required. Time consumption of process was relatively small.

The advantages of the hydraulic winch assembly and power unit are small dimensions, low weight and high traction force.

Key words: winching; farm-forestry; extraction; productivity; cost analysis

Oponenti: Ing. Petr Fuka

Ing. Vincenc Zlatník, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem

Adresy autorů:

Ing. Václav Štícha, Ph.D.

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Ing. Jan Macků, Ph.D.

doc. Ing. Roman Sloup, Ph.D.

Mgr. Jiří Trombik

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská

Kamýcká 1176

165 21 Praha 6 - Suchbátov

Česká republika

Ing. et Ing. Bc. Petr Novotný, Ph.D.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Strnady 136

252 02 Jíloviště

Česká republika

doc. Ing. Alois Skoupý, CSc.

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta

Zemědělská 3

602 00 Brno

Česká republika

Obsah:

1	ÚVOD	7
2	CÍL METODIKY	10
3	VLASTNÍ POPIS METODIKY	10
3.1	Popis zařízení	10
3.2	Využití navijáku při tahových zkouškách mechanického namáhání stromů	14
3.3	Využití navijáku při vyklizování dříví	17
4	NOVOST POSTUPŮ	20
5	POPIS UPLATNĚNÍ	20
6	EKONOMICKÉ ASPEKTY UPLATNĚNÍ	22
7	DEDIKACE	25
8	LITERATURA	26
8.1	Použitá literatura	26
8.2	Publikace, které předcházely metodice	28
	SUMMARY	29
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	31

1 ÚVOD

Technologie vyklizování dříví závisí na více faktorech, z nichž mezi nejdůležitější patří charakter transportovaného dříví a terénní podmínky. Vyklizování se podle zdroje použité síly dělí na manuální, gravitační, animální nebo částečně/komplexně mechanizované.

Pro částečně mechanizované vyklizování, tj. s podílem lidské práce, se jedná o úvazkové vyklizování (ZLOCH 1971).

Vyklizování probíhá v současnosti nejčastěji pomocí navijáků, které mohou být různě umístěny (GELLERSTEDT 1997; AKAY 2005; RUSSEL, MORTIMER 2005). Dominantním místem uložení navijáku je univerzální kolový nebo speciální lesní kolový traktor. Takto vybavený traktor je univerzálním prostředkem v lesnictví. Nevýhodou však může být jeho omezená terénní dostupnost, dosah lana a pro malé vlastníky lesa nevyužití jeho pracovního potenciálu (ADÁMEK, DRESSLER 1956). Je nutno zdůraznit, že používání traktoru ve „small scale forestry“ má několik klíčových výhod, jako všestrannost a menší škody na zbylých stromech a lesní půdě. Použití traktorů však může být omezeno terénními podmínkami a dimenzí výřezů (AKAY 2005).

Alternativním uložením navijáků jsou stroje menších rozměrů: železní koně, čtyřkolky, popřípadě přenosné či pojízdné navijáky. Takto uložené navijáky se u nás vyskytují už dlouhou dobu – např. LD-52UV z roku 1952, nebo VSKII z roku 1955. Tyto navijáky měly k dispozici buben pro délku lana 350, resp. 400 m, při tloušťce lana 8 mm. Navijáky byly postupně nahrazovány železnými koňmi – ať už zahradniční, nebo domácí produkce (KAPSEN, MULA). Tyto stroje mají díky pásovým podvozkům skvělou prostupnost terénem, zato je však značně snížen dosah lana, např. u stroje MULA má 4mm lano délku 60 m (Anonymus 2004).

Při probírkách se možnosti pohybu s nákladem nevyužívá v potřebném rozsahu, a proto vznikly moderní mobilní navijáky jako LPV-20, VNAD-2, VNAD-D. Všechny tyto stroje jsou však omezeny dostupem a v lanovkových terénech si nevejdou dobře (HOREK 1993). Do těchto terénů, bez využití klasických lanovek, je určen např. specializovaný naviják Alpmobil, který navazuje na VNAD-D (HOREK 1993).

S nástupem moderních harvestorových technologií došlo k vytvoření specializovaných trakčních navijáků, které umožňují práci těchto strojů v jinak nepřístupných terénech. Zástupcem této kategorie stroje je například T-winch od firmy Ecoforst (ECOFORST 2016). Tyto samostatné navijáky jsou výhodné zejména z hlediska možnosti rychlé výměny spouštěného stroje a jejich technické parametry převyšují případné navijákové nástavby jednotlivých strojů (VISSER, STAMPFER 2015).

S postupným ústupem velké mechanizace a snahou o zpřístupnění techniky menším subjektům došlo i k adaptacím navijáků pro méně mechanizované využívání. Zajímavým je například adaptér motorové pily PW-17 Muli firmy Zollern s 60 metry 3,7mm lana a váhou 17 kg (ČE 1993). Tento koncept nadále rozvíjela například firma Viig se svým navijákem KBF, který lze přes adaptér připevnit na většinu moderních motorových pil (VIIG FORESTRY 2016).

V Kanadě se v této kategorii přenosných navijáků prosadily produkty firmy Portablewinch – modely PCW5000 a PCW3000. Ty na rozdíl od většiny systémů používají polyesterové lano o průměru mezi 10 a 16 mm. Díky absenci bubnu umožňují zcela volitelnou délku lana a tažnou sílu 1000 kg při váze 16 kg (PORTABLE WINCH 2017).

Kromě navijáků, které jsou staticky ukotveny a přitahují k sobě náklad, existuje i opačný přístup kombinovaný se saněmi, kdy je motor s navijecím bubnem připevněn k nákladu a celý komplex je přitahován k ukotvenému volnému konci lana. Jedná se o naviják Akja (FAO 1985), který byl dále rozvíjen a v současné době je k dispozici v podobě AKCKJAKMF 422 (VIIG FORESTRY 2016). Takto uložený naviják umožňuje svou konstrukcí použít tradiční vyklizování, kdy je sám kotven, stejně jako posledně zmiňovaný způsob.

Mobilní malé navijáky nacházejí uplatnění nejen při vyklizování, ale i při přípravě pracovišť. Mohou na místo dopravovat dílce smyků, cívky s lanem apod. (FAO 1985).

Základním omezením, které je společné uvedeným přenosným navijákům, je velikost tažné síly, která dosahuje 7–10 kN (dle běžné nabídky). Uvedené stroje tedy není možné použít pro vyklizování sortimentů větších dimenzí (PORTABLE WINCH 2017).

Vyklizování dříví pomocí navijáků je v současnosti realizováno nejčastěji lanovými systémy připevněnými na závěsech univerzálních traktorů nebo pomocí lanových navijáků speciálních lesních kolových traktorů, případně pomocí železných koní apod. Výše uvedená zařízení jsou vhodná pro práci s větším objemem dříví, mají robustní konstrukci a vysokou pořizovací cenu. Kvůli robustní konstrukci je k jejich manipulaci v terénu potřeba těžká lesní technika, např. traktor. Pro svou velikost se tato zařízení nedostanou do těžko dostupných míst a vzhledem ke své pořizovací ceně i robustnosti nejsou tyto technologie optimální pro soustředování menších objemů dříví, tedy např. v lesích drobných vlastníků, při nahodilých těžbách apod. (NERUDA, ZEMÁNEK 2013).

Pro studium mechanického namáhání stromů (tree pulling experiments) (PELTOLA et al. 1999; GARDINER et al. 2000) byla vytvořena sestava s navijákem na základě běžně dostupných komponent (MACKŮ et al. 2016). Protože mechanická odolnost

dospělých stromů vyžaduje větší síly, je výkon navijáku vysoký, díky čemuž může být užitečným nástrojem i pro drobné vlastníky. Ve srovnání s výše uvedenou průmyslově vyráběnou technikou je drobných rozměrů, kompaktní, má nízkou hmotnost, vykazuje dostatečně vysokou tažnou sílu potřebnou pro transport těžkých břemen a pro pohon dalších adaptérů a konstrukční řešení umožňuje pohodlný pojezd v terénu.

2 CÍL METODIKY

Cílem metodiky je představit sestavu hydraulického navijáku a pohonné jednotky, charakterizovat její využití při vyklizování a posoudit ekonomické náklady.

3 VLASTNÍ POPIS METODIKY

3.1 Popis zařízení

Sestava hydraulického navijáku a pohonné jednotky (dále používáno její pracovní označení „Stromotrh“) pro vyklizování dříví obsahuje pohonnou jednotku a hydraulický naviják, přičemž pohonná jednotka obsahuje motor s hřídelí motoru, ke které je pružnou spojkou připojena hnací hřídel olejového čerpadla. Na ni je napojeno olejové čerpadlo s olejovou nádrží, přičemž hydraulický naviják obsahuje skříň navijáku, v níž je umístěn buben navijáku s planetovou převodovkou a s tažným lanem. To je odvíjeno a navíjeno z bubnu navijáku pomocí rotačního hydromotoru s konektorem pro připojení ovladače a s baterií pro zajištění chodu elektroventilů. Pohonná jednotka a hydraulický naviják jsou navzájem rozebíratelně spojené dvojicí vysokotlakých hydraulických hadic s bezúkapovými rychlospojkami, spojujícími olejové čerpadlo a olejovou nádrž s rotačním hydromotorem hydraulického navijáku. Hydraulický naviják je ovládán elektroventily řízenými přes kabelový ovladač nebo pomocí dálkového ovladače. Hydraulický naviják může být také ovládán kulovými ventily manuálně (obr. 1).

Vlastní Stromotrh se skládá ze dvou samostatných částí – navijáku (hydraulický naviják Golemwinch 5,4 tun 12V) (obr. 2) a z pohonné jednotky (motor KIPOR KG 390D (400D) (obr. 3). Motor je vybrán ze skupiny obsahující spalovací motory, zážehové i vznětové, a elektromotory. Nejvhodnější je motor spalovací zážehový. Pohonná jednotka dále obsahuje redukci tlaku, umístěnou na vysokotlaké hydraulické hadici, pro redukování tlaku oleje proudícího z pohonné jednotky do hydraulického navijáku (Macků et al. 2016).

Technická specifikace navijáku: Golemwinch 12000HD

Jmenovitá tažná síla: 5400 kg (12000 lb)

Výtlak motoru: 80 ml/R

Průtok oleje: 20–60 l/min

Tlak: 25–130 bar

Převodovka: 3stupňová planetová (ocel)

Spojka: ozubený věnec (ocel)

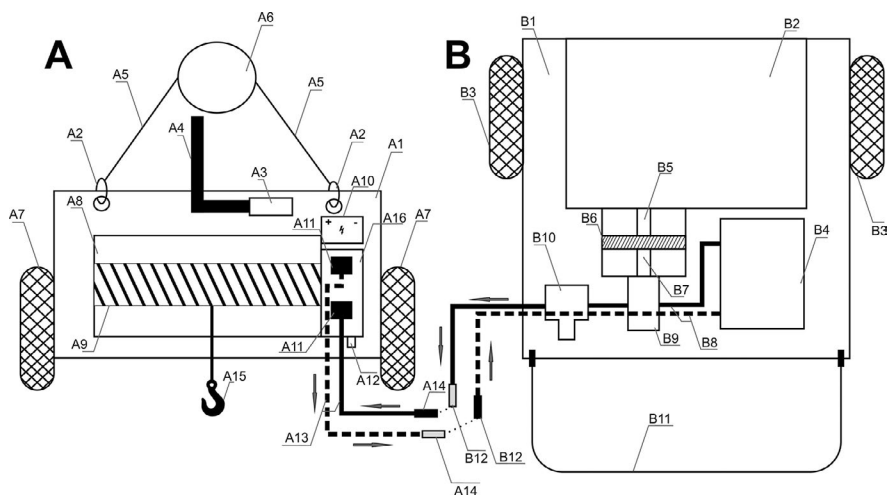
Brzda: dvojitá samosvorná (ocel)

Převod: 31,2 : 1

Velikost bubnu: 64 × 224 mm

Ovládání: dálkové i kabelové

Rychlost navíjení 0,04 m/s



Obr. 1: Schéma zapojení sestavy hydraulického navijáku (A) a pohonné jednotky (B) u Stromotruhu (A1 je podvozek hydraulického navijáku A, A2 jsou kotvící oka, A3 je úchyt oje, A4 značí odnímatelnou oj, A5 je kotvící úvazek, A6 je kotvící bod, A7 a B3 jsou hustitelná kola, A8 je skříň navijáku, A9 je buben navijáku, A10 je baterie, A11 značí elektro-ventily, A12 konektor ovladače, A13 a B8 jsou vysokotlakové hydraulické hadice, A14 a B12 jsou bezúkapové rychlospojky, A15 je lano navijáku s hákem, A16 je rotační hydromotor, B1 je podvozek pohonné jednotky, B2 značí motor, B4 označuje olejovou nádrž, B5 hřídel motoru, B6 pružnou lamelovou spojku, B7 hřídel čerpadla, B9 je olejové čerpadlo, B10 je redukce tlaku, B11 značí madlo)

Technická specifikace motoru: KIPOR KG390

benzínový jednoválec, čtyřtákní, vzduchem chlazený, OHV

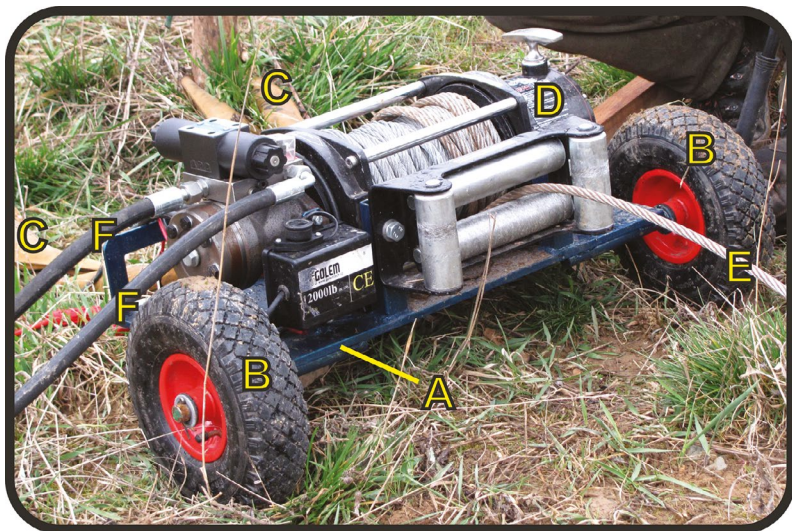
Obsah motoru (cm³): 389

Točivý moment (N.m/ot.min): 22,6/2500

Jmen. výkon/jmen. otáčky (kW/ot.min): 7,7/3600

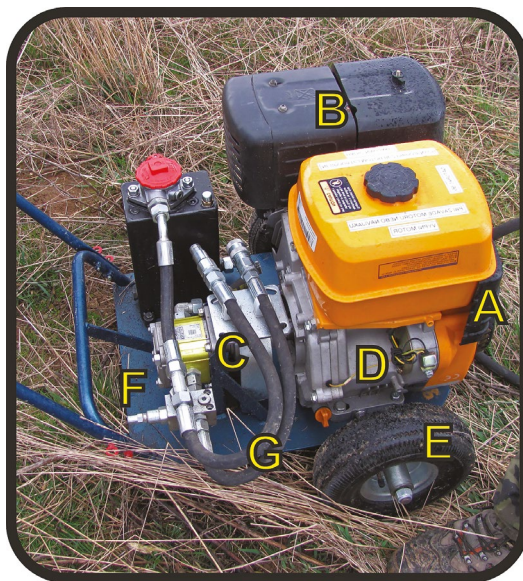
Motorová část je vybavena speciálně navrženým olejovým čerpadlem spojeným s vývodovou hřídelí motoru, olejovou nádrží a regulátorem tlaku. Pohonná jednotka má výtlač motoru 80 ml/R, průtok oleje 20 až 60 l/min, tlak 2,5 až 13 MPa (25 až 130 bar) a hmotnost cca 40 kg. Navijáková část váží cca 50 kg (MACKŮ et al. 2016).

Obě dvě části jsou umístěny na speciálních vozících vhodných pro jezd v těžkém terénu a za chodu jsou spojeny pouze párem vysokotlakých hydraulických hadic s bezúkapovými rychlospojkami. Podstavy vozíků jsou vyrobeny z plechu o tloušťce 4 mm a jsou připevněny k jedné ose se dvěma koly. Podvozky obsahují odnímatelná madla (MACKŮ et al. 2016).



Obr. 2. Část Stromotruhu s hydraulickým navijákem: A – podvozek (plech o tloušťce 4 mm), B – hustitelná kola, C – úvazky určené k ukotvení celého zařízení ke stromu (nosnost 4t – šedý a 6t – béžový), D – buben navijáku, E – tažné lano, F – hydraulické hadice

Tahová síla navijáku dosahuje cca 53 kN, přičemž s využitím jednoduchého kladkostroje může být dosaženo síly dvojnásobné. Podle použitého motoru a dalších komponentů je možné dosáhnout tažné síly až 200 kN. Vysokotlaké olejové čerpadlo má výstupní hodnoty tlaku 3 MPa (30 bar) a průtok 60 litrů za minutu, přičemž vstup na hřídel čerpadla je 3000 otáček/minutu při krouticím momentu cca 25 Nm (MACKŮ et al. 2016).



Obr. 3: Část Stromotruhu s pohonnou jednotkou: A – motor Kipor, B – vzduchový filtr, C – olejové čerpadlo a regulátor tlaku, D – hnací hřídel, E – hustitelná kola, F – vozík s ojí, G – hydraulické hadice s bezúkapovými rychlospojkami

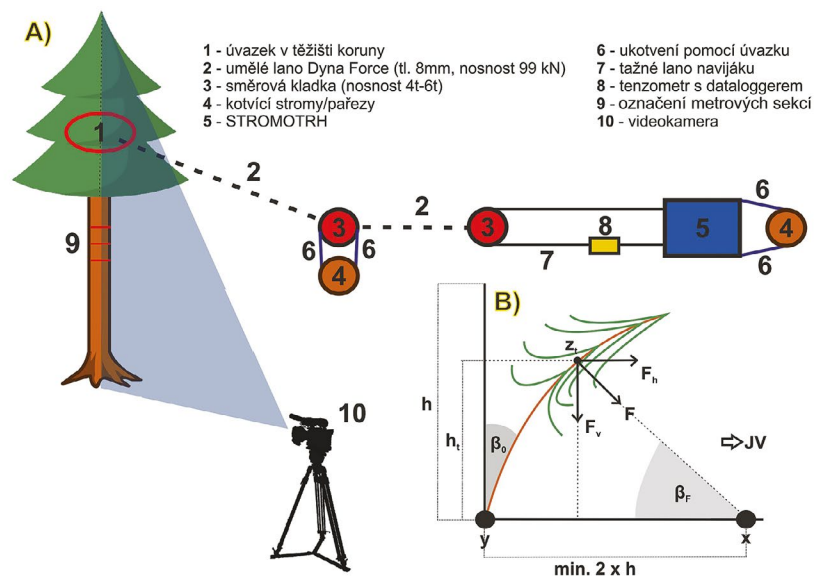
Sestava Stromotruhu dále obsahuje alespoň jeden kotvicí úvazek, s výhodou připevněný k podvozku hydraulického navijáku, pro ukotvení hydraulického navijáku. Kotvicí úvazek může být jeden nebo jich může být více podle potřeby a náročnosti fixace.

3.2 Využití navijáku při tahových zkouškách mechanického namáhání stromů

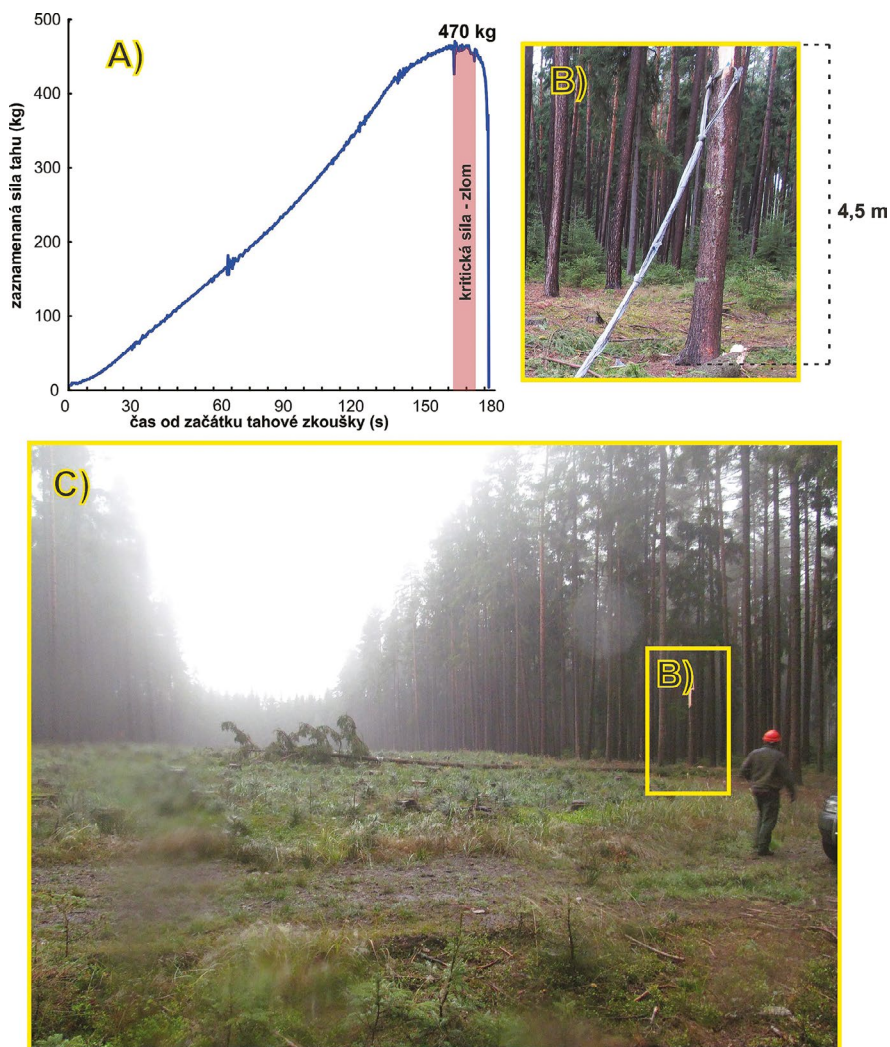
Působení větru je simulováno tahem lanového systému poháněného přenosným motorovým navijákem – Stromotrhem (obr. 4). Reakce stromu a postupné působení síly na strom až po (kritickou) sílu potřebnou k vytvoření zlomu nebo vývratu je zaznamenáváno pomocí kamery a měřicího uzlu (tenzometrický snímač s příslušenstvím) (obr. 4, 5). Účelem je získat informaci o průběhu těchto sil v souvislosti s náklonem a základními dendrometrickými vlastnostmi měřeného stromu. Tahová zkouška je prováděna vždy ve směru převládajících větrů (severo-západ), tzn. směr tahu na jiho-východ. Tažné lano navijáku je vždy umístěno v přibližném těžišti koruny stromu. Pro zjednodušení je svislý průřez koruny uvažován jako jednoduchý geometrický útvar, nejčastěji trojúhelník nebo kosočtverec. Těžiště koruny je následně okulárně určeno odbornými pracovníky (obr. 4).

Výstup do koruny stromu provádí kvalifikovaný pracovník pomocí lezecké soupravy (obr. 4E). Podle pokynů ostatních členů týmu umístí kolem kmene úvazek (kruhovou smyčku, nosnost 4 t) do geometrického těžiště koruny a poté k úvazku připevní lano Dyna Force tl. 8 mm. Lano je vyrobeno z 12 propletených pramenů z velmi pevného vlákna Dyneema. Jeho velkou předností je minimální váha – jen méně než 1/10 hmotnosti ocelového lana o stejném průměru a délce. Má extrémně velkou pevnost, je odolné proti vlhku, olejům, mazacím tukům a proti UV záření (MAGAGNOTTI, SPINELLI 2012). V průběhu výstupu následně lezec vyznačuje body na kmeni pomocí lesnického spreje (Silvamarck) v metrových sekcích pro usnadnění interpretace kamerového záznamu. Veškeré větve odřezané ze zelené koruny v průběhu lezení jsou odebírány, proměřeny a údaje zaneseny do formuláře. Před ořezáním větvi je nahlášen směr jejich růstu vůči světovým stranám.

Stromotrh (obr. 4) je umístěn v dostatečné vzdálenosti od namáhaného vzorníku (min. dvojnásobek jeho výšky) a pomocí směrové kladky (obr. 4) mimo směr ohybu (tahu lana). Vzdálenost od úvazku v koruně stromu ke směrové kladce je min. 60 m. Tato vzdálenost umožňuje zanedbat vliv úhlu, který svírá rovina s lanem, na průběh sil při ohybu stromu (obr. 4). K přesnému vyjádření pohybu jednotlivých částí kmenu jsou dále na stromě pomocí spreje označeny metrové sekce od paty stromu (obr. 4), pomocí kterých je možné na záznamu vyjádřit pohyb libovolných částí kmene (resp. jeho označených částí). Pro určení začátku měření je ihned po uvedení trhačského stroje do provozu nutné dát akustický signál ke spuštění kamery. Trhačský stroj ohýbá strom až do jeho destrukce (vývrat nebo zlom) a průběh sil je zaznamenán pomocí tenzometru s dataloggerem v intervalu 0,3 s (obr. 5).



Obr. 4: Schéma průběhu tahové zkoušky (A); (B) Měřené veličiny v průběhu zkoušky (h – výška stromu, h_t – těžiště koruny, β_0 – inklinace báze stromu, β_f – úhel napínání lana, F_h a F_v – horizontální a vertikální složky napínací síly F); (C) detail směrové kladky; (D) úvazky; (E) umístění úvazku v koruně pomocí lezecké soupravy; (F) tenzometr; (G) Celá zapojená a ukotvená sestava Stromotruh zakrytá v nepříznivém počasí deštníky



Obr. 5: Průběh zaznamenaných sil během tahové zkoušky u pokusného vzorníku v listopadu 2015 na lokalitě Bělčice (A); (B) detail způsobeného poškození; (C) způsobené poškození – zlom

3.3 Využití navijáku při vyklizování dříví

Vhodné terény

Stromotrň může být použit jak v rovinatých terénech, tak na stanovištích se značnou sklonitostí (obr. 6). Pokud sklon svahu přesáhne 30 %, tradiční maloplošné technologie vyklízení mohou být provedeny pouze navijáky, animální silou či gravitačním spouštěním. V extrémních podmínkách (např. extrémní rozměry dříví, rokle s extrémním sklonem svahu, relativně malý celkový objem soustředovaného dříví) je pak použití sestavy Stromotrň optimální. Příprava (konstrukce) lanového systému má smysl až při relativně velkých objemech soustředovaného dříví, využití animální (koňské) síly je zase limitováno malou tažnou silou, která se při rychlosti pohybu 0,8 až 1,0 m/s odvozuje jako ekvivalent 10–15 % živé hmotnosti koně, tj. 0,8–1,2 kN. To při běžné hmotnosti koně cca 800 kg a soustřeďování dříví po rovině (koeficient vlečného tření 0,6) představuje náklad 0,25 m³ čerstvého, resp. 0,43 m³ proschlého smrku (NERUDA, ZEMÁNEK 2013), nasazení koně navíc předpokládá soustavnou práci při soustřeďování dříví (kůň se nehodí na příležitostnou či nárazovou práci).

Vzhledem k tažné síle Stromotrně je možné vyklizování celé hráně (obr. 5), což může být problematické z hlediska poškození kořenových náběhů v porostu a poškození půdy (CONWAY 1976). Poškození půdy může být v případě soustřeďování kmenů obecně efektivně eliminováno pomocí kolesny (SPINELLI, MAGAGNOTTI 2012).

Přibližování po svahu z kopce je mnohem náročnější než vyklizování do svahu, protože operátoři musí nejdříve vytáhnout lano nahoru nad náklad (OTTAVIANI et al. 2016).

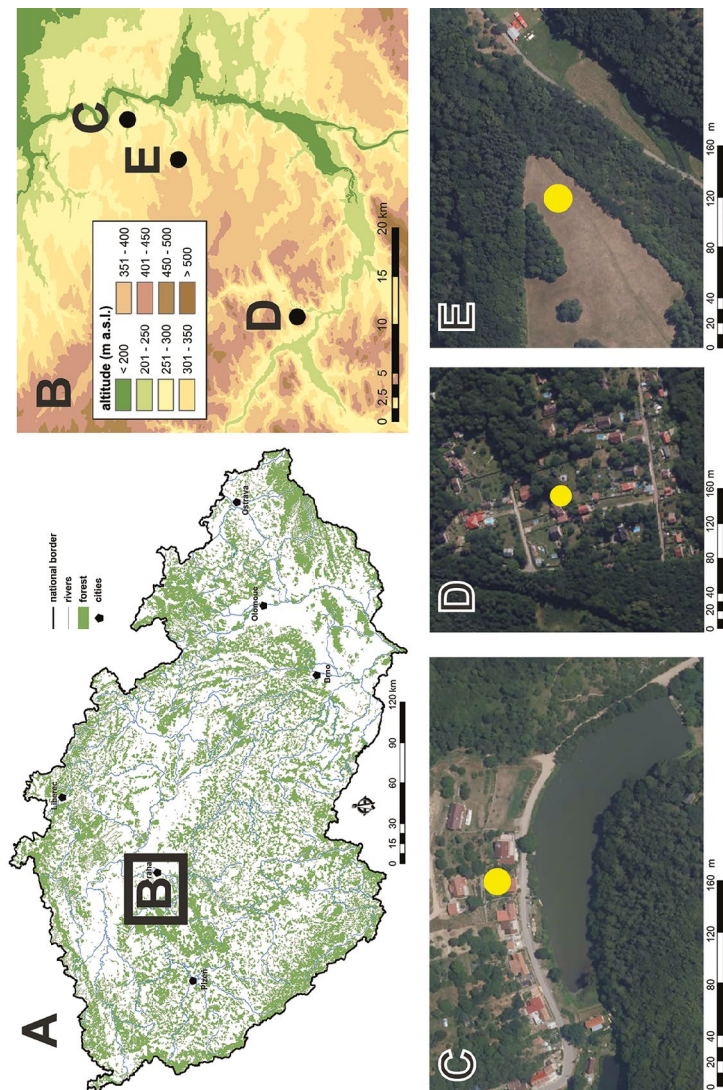
Příprava

Obsluhu zvládne jeden pracovník, ideální jsou však dva. Část Stromotrně s navijákem se ukotví pomocí úvazku k patě stromu nebo v případě absence stromů k pařezu. Kromě jednoduchého kotvení navijáku lze kotvit mnohem lépe k patě kmene, například využitím kotevní smyčky s šitým okem. Omezí se tím následný případný posun či pád navijáku. Jeden pracovník ovládá motor, druhý vytáhne lano a ukotví náklad pomocí úvazků.

Příkladová studie

Testování vyklizování dříví pomocí uvedeného navijáku proběhlo na třech lokalitách (Únětice, Liboc a Svatý Jan pod Skalou) ve středních Čechách (obr. 6, tab. 1). Všechny lokality se nacházejí v nadmořských výškách 250–350 m n. m. Studie byla

provedena vždy za suchého počasí od 10:00 do 15:00 hod. Naviják byl testován v lesních porostech, kde byla provedena těžba a ponecháno dříví k vyklizení.



Obr. 6: Umístění testovacích lokalit, kde byl použit Střemotrh k vyklizení (A – poloha studovaného území v České republice; B – poloha studovaných lokalit ve středních Čechách; C – detail lokality Únětice; D – detail lokality Svatý Jan pod Skalou; E – detail lokality Liboc)

Tab. 1: Detaily studijních lokalit

Lokalita	Sklon (°)	Dřevina	Stáří	Délka výřezu (m)	Hmotnatost
A Únětice	35	<i>Robinia pseudoaccacia</i>	60	1	1,075 prm
B Únětice	< 5	<i>Robinia pseudoaccacia</i>	60	hráň	1,191 prm
C Únětice	35	<i>Robinia pseudoaccacia</i>	60	ruční vynášení	1,079 prm
D Svatý Jan pod Skalou	< 5	<i>Larix decidua</i>	130	4	0,4 plm
E Liboc	< 5	<i>Picea abies</i>	120	8	0,6 plm

Při vyklizování na vzdálenost 10–25 m se časová náročnost soustředování dříví pohybuje v řádech minut. Časově nejkratší je vyvíjení lana, následované uložení nákladu a vytvoření nákladu. Na většině lokalit bylo časově nejnáročnější navíjení nákladu, které se lišilo podle nákladu a terénu vyklizování. Zatímco při tažení 4m výřezu po rovině byla průměrná dosažená tahová síla cca 2 kN, při vyklizování nákladu ve svahu dosahovala téměř 7 kN a při vyklizování 8m výřezu po rovině přesahovala i 20 kN. Při ručním vynášení jedním pracovníkem trvalo vyklizení celé 1prmh hráně průměrně 55,5 min (10,5 m do svahu se sklonem 35°), což je téměř 5× déle než při použití navijáku dvěma pracovníky na stejné lokalitě (ŠTÍCHA et al., in prep.).

Provedené pokusy s vyklizováním demonstrují praktickou využitelnost stroje. Jeho hlavní předností je značná tahová síla, která se často ukazuje v konkrétních podmínkách jako nezbytná (vyklizování dříví extrémních dimenzí, nepřístupné lokality apod.). V modelových situacích se potvrdila možnost vyklizovat jednotlivé výřezy, surové kmeny i hráně palivového dříví (ŠTÍCHA et al., in prep.).

Použití syntetických lan

V experimentech bylo použito ocelové lano. Je možné uspořít čas vytahování lana a snížit fyzickou námahu při použití syntetického lana, které umožňuje snížení fyzického zatížení pracovníků (MAGAGNOTTI, SPINELLI 2012). Velmi dobré vlastnosti vykazuje např. plastové lano DynaForce®. Je velmi lehké, nosnost je při stejném průměru lana vyšší (<https://www.grube.eu/forestry/timber-harvesting/heavy-timber-felling/1596/dynaforce-tree-hoist-rope>) než u lana ocelového a jeho použití při vyklizování je výhodnější z hlediska bezpečnosti (má nižší pružnost než lano ocelové), pořizovací cena je však vyšší. Podle našich dosavadních zkušeností má v porovnání s ocelovým lanem pravděpodobně i nižší životnost. V budoucnosti však lze předpokládat větší užití syntetických lan.

4 NOVOST POSTUPŮ

Předkládané technické řešení, které se týká sestavy navijáku a pohonné jednotky, řeší problémy dosavadního stavu techniky. Celá sestava má ve srovnání se známými provedeními kompaktní rozměry a nízkou hmotnost, přičemž vykazuje dostatečně vysokou tažnou sílu potřebnou pro transport těžkých břemen a pohon dalších adaptérů, a konstrukční řešení umožňuje pohodlný pojezd v terénu. Sestava hydraulického navijáku a pohonné jednotky obsahuje pohonnou jednotku, která dodává energii ve formě hydraulického tlaku do hydraulického navijáku. Hydraulický naviják může být fixován (např. ke kmeni stromu nebo k pařezu) pomocí úvazků.

Testování uvedeného navijáku prokázalo praktickou využitelnost stroje. Díky relativně malým rozměrům a nízké hmotnosti je snadno ovladatelný dvojicí pracovníků (těžař, obsluha navijáku), je lehce transportovatelný na větší vzdálenost (kufr automobilu typu combi, vozík), díky konstrukci umožňuje pojezd terénem a je lehce přepravitelný i v lesním porostu. Potenciální tažná síla stroje (55 kN při pomalém navijení) přináší značnou výhodu oproti běžným přenosným typům navijáků a umožňuje soustředování dříví nadprůměrných dimenzí (v provedených pokusech bylo dosaženo tahové síly 20,15 kN). Proto je naviják vhodný do extrémních terénů s malými objemy rozptýleného dříví. Je možné jej využít pro vyklízování na relativně krátké vzdálenosti do 50 m (bez přesunutí navijáku).

5 POPIS UPLATNĚNÍ

Hlavní předností stroje je značná tahová síla, která se často ukazuje v konkrétních podmínkách jako nezbytná (vyklízování dříví extrémních dimenzí, nepřístupné lokality apod.). V modelových situacích se potvrdila možnost vyklízovat jednotlivé výřezy, surové kmeny i hráně palivového dříví.

Přednostmi sestavy hydraulického navijáku a pohonné jednotky jsou malé rozměry a nízká hmotnost při velké tažné síle. Stroj tak umožňuje pohodlný pojezd v terénu. Sestava hydraulického navijáku a pohonné jednotky může v lesním hospodářství sloužit při transportu břemen (soustředování dříví) nebo např. jako

pohonná jednotka pro malou lesní lanovku. Pohonná jednotka sestavy může dále díky snadné rozpojitelosti hydraulického vedení sloužit jako zdroj energie pro další zařízení, jako např. štípačku, hydraulickou řetězovou pilu nebo další zařízení poháněná hydromotorem.

Zařízení je nejvhodnější pro drobné vlastníky lesů. Roztráštěné vlastnictví drobných lesů je poměrně časté v mnoha zemích. K 31. 12. 1998 bylo v ČR vlastníky lesa asi 150 000 fyzických osob. Průměrná rozloha jejich lesní půdy byla 3 ha. Pouze 0,3 % vlastníků mělo větší majetek než 50 ha (JANSKÝ 2000). Pro takto malé vlastníky je potenciál větší mechanizace nevyužitelný a neekonomický. Majitelé malých lesů proto hledají řešení, která umožňují zvýšení zisku s malými investicemi (AALMO et al. 2016). Proto velmi často využívají služeb jiných subjektů, které jim soustřeďování dříví provádějí.

Roztroušenost pozemků někdy navíc neumožňuje hospodárné využití družstevních prostředků, pokud je vůbec vlastník členem nějakého družstva. Malí vlastníci navíc často ani nemají peněžní prostředky k nákupu drahé mechanizace. Zkušenosti ze zahraničí ukazují, že banky malým vlastníkům nechtějí poskytovat úvěry, a pokud jim prostředky půjčí, vlastník má často velký problém s jejich splácením (MITCHELL-BANKS 2001). I z tohoto důvodu je u menších vlastníků v poslední době možné pozorovat využívání drobnější víceúčelové mechanizace v podobě čtyřkollek, přívěsů za terénní automobily atd., které se dají využít i jinak než při práci v lese a do jisté míry jsou schopny nahradit traktor (NERUDA, ZEMÁNEK 2013). Prezentovaná sestava Stromotrh je proto pro drobné vlastníky lesa výhodná.

Sestava Stromotrh může být dobře využita i v rámci arboristiky, kde se okolnosti pro efektivní využití navijáku vyskytují častěji než v lesnictví. Transport dříví se zde realizuje spíše na krátkou vzdálenost, objem dříví je relativně nižší (často jen jeden strom), naopak relativně vysoký je výskyt stromů větších dimenzí, které vyžadují velkou tažnou sílu při vyklizování (NERUDA, ZEMÁNEK 2013). Další potenciální skupinou uživatelů mohou být farmáři, kteří mimo výše uvedené situace (lesní těžba, zpracování stromů mimo les) mohou naviják využít i k dalším účelům.

6 EKONOMICKÉ ASPEKTY UPLATNĚNÍ

Byla provedena komparace ceny výkonu Stromotruhu s vyklizováním prováděným koněm, čemuž odpovídá i vzdálenost, na kterou bylo uvedené zařízení testováno (do 30 m).

Metodika vychází ze standardního postupu výpočtu kalkulace nákladů a stanovení fixních a variabilních nákladů (MIYATA 1980), který byl upraven pro podmínky malého a relativně levného zařízení. Předpokládaná doba provozu zařízení je 500 hodin ročně, doba odepisování 10 let a zůstatková hodnota zařízení 2700 Kč. Vzhledem k tomu, že se jedná o relativně levné zařízení s pořizovací cenou okolo 54 000 Kč, předpokládá se uhrazení celé kupní ceny pořizovatelem. Vzhledem k typu posuzovaného zařízení není v tomto případě potřeba platit pojištění a daně, jako je tomu často u jiných přibližovacích prostředků.

Náklady na mzdy byly stanoveny podle průměrné mzdy dělníků, včetně dalších plateb za zaměstnance v soustředování dříví. Spolu s dalšími odvody se u pracovníka v ČR pohybují na úrovni 156 Kč/hodinu, což je relativně nízká hodnota oproti nákladům na zaměstnance v západní Evropě (EUROSTAT 2017).

Ceny pohonných hmot vycházejí z průměrných cen dosahovaných v roce 2016. Náklady na opravy a údržby byly získány přímo od několika provozovatelů přibližovacích technologií využívaných v lesním hospodářství. Je kalkulováno s vyšší režijními náklady na úrovni 30 % přímých nákladů, což je průměrná hodnota dosahovaná v lesním hospodářství v ČR. V kalkulaci jsou zahrnuty jak výpočet úplných vlastních nákladů, tak ceny výkonu (úplné vlastní náklady + zisk) pro další subjekty (s předpokládanou mírou zisku 15 %). Je počítáno se standardní osmihodinovou pracovní směnou.

Na základě průměrných časů jednotlivých výrobních operací byl stanoven potřebný celkový čas na vyklizení 1 m³. Ve výpočtech byl přepočten objem hrané zjištěné v prm na m³ pomocí převodního čísla využívaného pro tvrdé rovnané dříví s kůrou (0,54).

Následně byl proveden výpočet objemu vyklizeného dříví za směnu na základě zjištěného průměrného času dosahovaného na jednotlivých lokalitách a počítaného na sedmihodinové směny, protože 1 hodina směny je využita na přípravu zařízení na jednotlivých vyklizovacích lokalitách a další manipulace se strojem. Následně je provedena kalkulace přímých nákladů na 1 m³ vyklizené hmoty jako podíl nákladů na směnu k přiblíženému (vyklizenému) množství dřevní hmoty za směnu.

Na závěr byla provedena komparace testovaného zařízení se standardně používanou metodou vyklizování dříví (například potah). U potahu se jedná o skutečné

smluvní ceny pro vyklizování dříví u lesních podniků v praxi (Školní lesní podnik v Kostelci nad Černými lesy, Vojenské lesy a statky ČR, s. p., Lesy České republiky, s. p.).

Byla kalkulována jak varianta obsluhy dvěma zaměstnanci, tak varianta s jedním zaměstnancem, který musel být z důvodu bezpečnosti práce po třicetiminutových intervalech kontrolován (např. kolegou dělníkem v těžební činnosti či jiným způsobem) (nařízení vlády č. 28/2002 Sb.).

Tab. 2: Stanovení přímých nákladů a ceny výkonu testovaného navijáku na hodinu provozu při obsluze ve variantě s jedním a dvěma zaměstnanci

Ekonomický ukazatel	Měrné jednotky	1 pracovník	2 pracovníci
Investiční náklady	Kč	54000,00	54000,00
Zůstatková hodnota zařízení	Kč	2700,00	2700,00
Životnost	roky	10,00	10,00
Předpokládané roční využití (hodin)	hodiny	500,00	500,00
Spotřeba paliva	litrů/hod	3,80	3,80
Cena paliva	Kč/litr	29,50	29,50
Mzda hrubého	Kč/hod a pracovníka	116,40	116,40
Roční odpisy	Kč/rok	5130,00	5130,00
Odpis	Kč/hodinu	10,26	10,26
Náklady na palivo	Kč/hodinu	112,10	112,10
Náklady na mazivo	Kč/hodinu	1,12	1,12
Opravy	Kč/hodinu	1,41	1,41
Mzdy obsluhy včetně zákonných odvodů	Kč/hodinu	155,98	311,95
Celkem přímé náklady	Kč/hodinu	280,86	439,96
Režie (30 % přímých nákladů)	Kč/hodinu	84,26	131,99
Úplné vlastní náklady	Kč/hodinu	365,12	571,95
Předpokládaná míra zisku (15 %)	Kč/hodinu	54,77	85,79
Cena výkonu (ÚVN + zisk)	Kč/hodinu	419,89	657,74
Cena výkonu za směnu (ÚVN + zisk)	Kč/hodinu	3359,12	5261,90

Úplné vlastní náklady včetně zisku (cena výkonu) za hodinu provozu při obsluze dvěma osobami jsou na úrovni 571,95 Kč/hodinu (tab. 2).

Při potenciální možné variantě s jiným řešením bezpečnosti práce a možným využitím pouze jednoho pracovníka při vyklizování by celkové přímé náklady klesly na 280,86 Kč/hod a cena výkonu na 419,89 Kč/hodinu (tab. 2). To znamená, že po-

díl mzdových nákladů na přímých nákladech by klesl na 56 % a 40 % by tvořilo pivo. Vyklizování výřezů je v průměru o 226 % dražší ve srovnání s potahem (tab. 3).

Tab. 3: Stanovení přímých nákladů a ceny výkonu testovaného navijáku na 1 m³ vyklizované hmoty dvěma pracovníky a komparace s obdobnými náklady na potah

Studijní situace	Vyklizovací vzdálenost	Typ	Objem	Čas celkem	Objem za směnu	Přímé náklady na m ³	Cena výkonu	Potah cena výkonu
	m		m ³	minuty	m ³	Kč/m ³	Kč/m ³	Kč/m ³
A	10,3	hráň	0,58	11:30	21,21	145,22	217,10	133,35
B	16,0	hráň	0,64	15:12	17,77	173,30	259,08	127,00
D	15,0	výřez	0,40	10:47	15,58	197,68	295,52	73,00
E	25,0	výřez	0,60	13:23	18,83	163,56	244,52	73,00
Průměr	16,6	průměr	0,56	12:43	18,35	169,94	254,06	101,59

Z uvedené kalkulace (tab. 3) je patrné, že průměrné náklady na vyklizení 1 m³ jsou vyšší u vyklizování hrání (130,18 vs. 238,09 Kč/m³), tzn. že jsou o 83 % dražší oproti potahu. U potahu nebylo kalkulováno s vyklizováním balíků jako u sledovaného zařízení, protože vyklizování hrání se v praxi potahem neprovádí zejména z důvodu BOZP (nařízení vlády č. 28/2002 Sb.).

Pokud srovnáváme vyklizování výřezů, bylo by použití testovaného prostředku více než 3,5násobně nákladnější oproti potahu. Důvodem je potřeba 2 pracovníků a malá rychlost navíjení navijáku.

Pokud by byla zvolena jiná převodovka či naviják s vyšší rychlostí, mohl by dosahovat téměř srovnatelných nákladů na vyklizování či soustředování při využití směrové kladky, což je z ekonomického hlediska v současné verzi navijáku neefektivní. V případě soustředování by pak bylo možné i využití syntetického lana (MAGNOTTI, SPINELLI 2012) vzhledem k potenciální větší soustředovací vzdálenosti.

7 DEDIKACE

Metodika byla zpracována v rámci řešení výzkumného projektu NAZV QJ1520006 „Hodnocení rizika poškození lesních porostů větrem: vývoj a kalibrace národního prediktivního modelu“ a poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0117 (č. j. 6779/2017-MZE-14151). Autoři děkují zástupcům firmy Kaiser, s.r.o., za spolupráci při řešení projektů, výběru lokalit i terénních pracích. Autorské podíly tvůrců metodiky jsou následující: V. Štícha 25 %, J. Holuša 20 %, J. Macků 15 %, R. Sloup 15 %, J. Trombik 15 %, P. Novotný 5 %, A. Skoupý 5 %.

8 LITERATURA

8.1 Použitá literatura

- AALMO G.O., MAGAGNOTTI N., SPINELLI R. 2016. Forest workers and steep terrain winching: the impact of environmental and anthropometric parameters on performance. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 37 (1): 97–105.
- ADÁMEK I., DRESSLER M. 1956. K problematice pojízdných navijáků. *Lesnická práce*, 34 (11): 518–523.
- AKAY A.E. 2005. Using farm tractors in small-scale forest harvesting operations. *Journal of Applied Sciences Research*, 1 (2): 196–199.
- Anonymus. 2004. Mula do probírek. *Lesnická práce*, 83 (11): 46.
- CONWAY S. 1976. *Logging Practices: Principles of timber harvesting systems*. Miller Freeman, San Francisco: 432 s.
- ČE. 1993. Zařízení na vyklízování stromů. *Lesnická práce*, 72 (3): 93.
- ECOFORST. 2016. T-WINCH. [online]. [cit. 2016-09-20]. Dostupné na WorldWide Web: <http://www.ecoforst.at/>
- EUROSTAT. 2017. [online]. [cit. 2016-09-20]. Dostupné na World Wide Web: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/labour-market/statistics-illustrated>
- FAO. 1985. *Logging and transport in steep terrain: report of the Fourth FAO/Austria Training Course on Mountain Forest Roads and Harvesting*, Ossiach and Ort, Austria, 30 May to 26 June, 1983. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations: 333 s.
- GARDINER B., PELTOLA H., KELLOMÄKI S. 2000. Comparison of two models for predicting the critical wind speeds required to damage coniferous trees. *Ecological Modelling*, 129 (1): 1–23.
- GELLERSTEDT S. 1997. Mechanised cleaning of young forest – The strain on the operator. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20 (2): 137–143.
- HOREK P. 1993. Technologické využití vyklízovacího navijáku Alpmobil. *Lesnická práce*, 72 (8–9): 245–248.
- JANSKÝ S. 2000. Jak se staví současná lesnická politika k problémům drobných vlastníků lesa? *Lesnická práce*, 79 (5): 209–210.

- LAURIER J.P., BARATON M., CAPELIER J. 2002. Machines de bûcheronnage: Panorama du parc français des matériels et examen de son évolution de 1980 à 2002, Projet SY55, Convention DGFAR/AFOCEL.
- MAGAGNOTTI N., SPINELLI R. 2012. Replacing steel cable with synthetic rope to reduce operator workload during log winching operations. *Small-Scale Forestry*, 11 (2): 223–236.
- MITCHELL-BANKS P. 2001. Small-scale forestry in Canada: or mammals living amongst governments and dinosaurs. In: Niskanen, A., Väyrynen, J. (eds.): *Economic sustainability of small-scale forestry*. EFI Proceedings, 36; Joensuu, Finland, European Forest Institute: 41–50.
- MİYATA E.S. 1980. Determining fixed and operating costs of logging equipment. General technical report NC-55. St. Paul, Forest Service North Central Forest Experiment Station: 14 s.
- Nařízení vlády č. 28/2002 Sb. Nařízení vlády ze dne 10. prosince 2001, kterým se stanoví způsob organizace práce a pracovních postupů, které je zaměstnavatel povinen zajistit při práci v lese a na pracovištích obdobného charakteru. [online]. [cit. 2017-06-20]. Dostupné na World Wide Web: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=52785&nr=28~2F2002&rpp=15>
- NERUDA J., ZEMÁNEK T. 2013. Soustředování dříví těžební stroje. [online]. Brno, Ústav lesnické a dřevařské techniky: 65 s. [cit. 2017-09-20]. Dostupné na World Wide Web: <http://docplayer.cz/17029593-Soustredovani-drivi-tezebni-stroje.html>
- OTTAVIANI AALMO G., MAGAGNOTTI N., SPINELLI R. 2016: Forest workers and steep terrain winching: the impact of environmental and anthropometric parameters on performance. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 37 (1): 97–105.
- PELTOLA H., KELLOMÄKI S., VÄISÄNEN H., IKONEN V.-P. 1999. A mechanistic model for assessing the risk of wind and snow damage to single trees and stands of Scots pine, Norway spruce, and birch. *Canadian Journal of Forest Research*, 29 (6): 647–661.
- PILKERTON S.J. et al. 2003. Synthetic rope use in logging winching applications. In: *Proceedings: 2003 Annual Council on Forest Engineering Conference*: 7–11.
- PORTABLE WINCH. 2017. Documents Info. [online]. Canada, Centre de documentation: 11 s. [cit. 2017-09-20]. Dostupné na World Wide Web: https://www.portablewinch.com/ca_en/downloads/dl/file/id/197/product/0/centre_de_documentation_portable_winch_portable_winch_document_center.pdf
- RUSSELL F., MORTIMER D. 2005. A review of small-scale harvesting systems in use worldwide and their potential application in Irish forestry. Dublin, Ireland, National Council for Forest Research and Development: 48 s.

- SPINELLI R., CACOT E., MIHELIC M., NESTOROVSKI L., MEDERSKI P., TOLOSANA E. 2016. Techniques and productivity of coppice harvesting operations in Europe: a meta-analysis of available data. *Annals of Forest Science*, 73 (4): 1125–1139.
- SPINELLI R., MAGAGNOTTI N., LOMBARDINI C. 2010. Performance, capability and costs of small-scale cable yarding technology. *Small-scale Forestry*, 9 (1): 123–135.
- SPINELLI R., MAGAGNOTTI N. 2012. Wood extraction with farm tractor and sully: estimating productivity, cost and energy consumption. *Small-scale Forestry*, 11 (1): 73–85.
- VIIG FORESTRY. 2016. KBF winch. [online]. [cit. 2016-09-28]. Dostupné na World Wide Web: <http://viig-forestry.com/winch-kbf.html>
- VISSER R., STAMPFER K. 2015. Expanding ground-based harvesting onto steep terrain: A review. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 36 (2): 321–331.
- ZLOCH S. 1971. Lesní těžba: učebnice pro žáky středních lesnických technických škol a lesnických mistrovských škol. Praha, SZN: 430 s.

8.2 Publikace, které předcházely metodice

MACKŮ J., ŠTÍCHA V., HOLUŠA J., TROMBIK J. 2016. Sestava hydraulického navijáku a pohonné jednotky pro přibližování dřeva, který byl v červnu 2016 zapsán na Úřadu průmyslového vlastnictví v ČR v rejstříku užitných vzorů pod číslem 29595, číslo spisu PUV 2016-32328.

ŠTÍCHA V., HOLUŠA J., SLOUP R., MACKŮ J., TROMBIK J. (in prep). Mobile winch as a management tool in small scale forestry: case study.

A MOBILE HYDRAULIC WINCH AND USING FOR LOGGING IN EXTREME CONDITIONS

Summary

Timber extraction technology depends on several factors, the most important of which is the type of the transported timber and the terrain conditions. Extraction can be executed by different forces – manual, gravitational, animal, or partly/mechanically complex. Ground extraction (except for helicopters) is done by pulling or towing. For partially mechanized extraction, ie. with the share of human labour, it is extraction by chokers.

The extraction has been recently done using winches, which can be differently located, mainly on tractors. Particularly in the case of longer distance extraction, the reel is mainly used, so the tractor only serves as a carrier for the working winch, but the amortization applies to the entire machine. In addition, the reach of the tractor-carried winches is usually smaller. In many countries, small and fragmented forestland ownership is quite common. Because of the land ownership pattern, small forest owners seek for solutions allowing profit increase with small investments.

For the study of the mechanical stressing of trees (pulling down effect) a setup with winch was devised on basis of commonly available components. As the mechanical resistance of adult trees requires bigger force, the winch is overpowered, however, it can be useful tool for small owners. Compared with large scale massively produced devices mentioned above it is small in size, compact, low weight, emits pulling force high enough for transport of heavy loads and other adapters, while its construction solution provides easy movement through terrain.

The system consists of hydraulic winch Golemwinch, capable of generating pulling force of 53 kN, with 12V power supply. Drum dimensions are 64×224 mm, the winch is equipped with both wireless and cable remote controls. The winch weight is approximately 50 kg. The second part of the system is a power unit, which is made of KIPOR KG390D (400D) – one cylinder, four stroke gasoline engine, with power of 7.7 kW. With engine volume of 389 cm^3 and torque moment of $22.6 \text{ N.m}/2,500 \text{ RPM}$. Nominal engine power 7.7 kW at 3,600 RPM. This unit is used for powering a high-pressure oil-pump with a output pressure 3 MPa (30 bar) and a flow of 60 liters per minute. Input torque for pump shaft is 25 Nm at 3,000 RPM.

Experimental extraction done with described winch system showed practical usability of the device. Main advantage is sufficient pulling force, which is in specific terrain conditions crucial factor (extraction of timber with extreme dimensions,

inaccessible locations etc.). In model situations, the ability for device to extract single logs, whole tree stems and firewood pile bundle was confirmed.

In extreme conditions (large dimensions of extracted timber, valleys with extreme slopes, small volume of extracted wood), the used winch system is optimal solution. Because of pulling force generated it is possible to extract whole firewood pile at once, which would be problematic, in case of uphill extraction, and from the work safety, roots damage and soil disturbance point of view. Soil disturbance could be in general eliminated by using sulky.

Tested device has high pulling force, but small winching speed, which reduces its productivity and effectiveness while extracting standard dimensions logs. If different gearbox, or higher speed winch would be used, the system could achieve comparable costs for extraction or logging by using directional pulley, which is economically efficient in current configuration. In experiments, steel rope was used. It is possible to save time on unreeling the rope and decrease physical stress by using synthetic rope that may allow reducing the physiological workload of forest operators assigned to log winching tasks.

Advantages of hydraulic winch and power unit system are small dimensions and low weight while having high pulling force. Device can be used directly for timber extraction, or as a power unit for small cable system. Power unit can be as well used as source of hydraulic pressure for other hydraulically powered tools and adapters – for example chain saw, delimbing device, wood-splitter, hydro manipulator and others. Device can provide complex solution for timber extraction, its sortimentation, and other manipulation. As such it can save time and money to small forest owners.

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Schéma zapojení sestavy hydraulického navijáku a pohonné jednotky u Stromotruhu	11
Obr. 2: Část Stromotruhu s hydraulickým navijákem	12
Obr. 3: Část Stromotruhu s pohonnou jednotkou	13
Obr. 4: Schéma průběhu tahové zkoušky, měřené veličiny v průběhu zkoušky, detail směrové kladky, úvazky, umístění úvazku v koruně pomocí lezecké soupravy, tenzometr, celá zapojená a ukotvená sestava Stromotruhu zakrytá v nepříznivém počasí deštníky	15
Obr. 5: Průběh zaznamenaných sil během tahové zkoušky u pokusného vzorníku v listopadu 2015 na lokalitě Bělčice, detail způsobeného poškození, způsobené poškození – zlom	16
Obr. 6: Umístění testovacích lokalit, kde byl použit Stromotrhu k vyklizování	18



Výzkumný ústav
lesního hospodářství
a myslivosti, v. v. i.

www.vulhm.cz

LESNICKÝ PRŮVODCE 6/2017