

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesnických technologií a staveb



**Specifika těžebních technologií v porostech borovice lesní
(*Pinus sylvestris* L.) obhospodařovaných holosečným a
podrovním způsobem**

Bakalářská práce

Autor bakalářské práce: Nikola Vicherková

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Štícha, Ph.D.

Praha 2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Nikola Vicherková

Lesnictví

Název práce

Specifika těžebních technologií v porostech borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) obhospodařovaných holosečným a podrovným způsobem

Název anglicky

Specifics of harvesting technologies in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forest stands managed using clear-cut and shelterwood system

Cíle práce

Porovnat obecná specifika těžebních technologií v holosečném a podrovným hospodářském způsobu. Zhodnotit konkrétní specifika těžebních technologií v typových porostech borovice lesní obhospodařovaných holosečným a podrovným způsobem.

Metodika

Příprava rešeršní části – porovnání těžebních technologií v lesních porostech obhospodařovaných holosečným a podrovným způsobem.

Terénní práce – zhodnocení konkrétních specifík lesní těžby ve vybraných porostech borovice lesní obhospodařovaných holosečným a podrovným způsobem.

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

Lesní těžba, těžební technologie, holosečný hospodářský způsob, podroštní hospodářský způsob

Doporučené zdroje informací

GULDIN, J.M. Experience with the selection method in pine stands in the southern United States, with implications for future application. *Forestry*. 2011, 84: 539-546.

MIKESKA, M. et al. Lesnicko-typologické vymezení, struktura management přirozených borů a borových doubrav v ČR. *Lesnická práce*. 2008, Kostelec nad Černými lesy, 447 s.

PRETZSCH, H. et al. Species mixing and productivity of forests. Results from long-term experiments. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*. 2013, 184(7/8):177-196.

Web of knowledge [online]. c2014, [cit. 2014-02-20]. Dostupné z WWW: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Václav Štícha, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra lesní těžby

Elektronicky schváleno dne 23. 3. 2015

doc. Ing. Alois Skoupý, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2015

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 06. 03. 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Specifika těžebních technologií v porostech borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) obhospodařovanými holosečným a podrotním způsobem“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Václava Štíchy, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 20. 4. 2018

Nikola Vicherková

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat všem, kteří mě podporovali a byli mi nápomocní během tvorby této bakalářské práce. Především vedoucímu bakalářské práce Ing. Václavu Štíchovi, Ph.D. za odborné rady a připomínky. Práce byla vytvořena v rámci řešení projektu NAZV QJ1520037: Zvyšování adaptability borového hospodářství v podmínkách České republiky.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá poznatky o těžebních technologiích využívaných v porostech borovice lesní (*Pinus sylvestris L.*), které jsou obhospodařovány holosečných a podrovním způsobem. Pro získání potřebných informací byly použity záznamy prací jiných autorů a zároveň byl proveden i vlastní výzkum, při kterém byly popsány využití těžební technologie v borových porostech.

Byly pozorovány rozdíly využití těžebních technologií u holosečného hospodářského způsobu a podrovním hospodářském způsobu a zároveň jejich vliv na získanou dřevní hmotu a časovou náročnost. Terénní práce probíhaly na územích Židlova a Skelné Hutě, která spadají pod správu Vojenských lesů a statků ČR, divize Mimoň.

Klíčová slova

lesní těžba, těžební technologie, holosečný hospodářský způsob, podrovním hospodářský způsob

Abstract

This bachelor thesis concerned the findings about logging technologies used in forest stands of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), which are forests managed using clear-cutting system and shelter wood system. In order to obtain the needed information and data other authors' publications were used and simultaneously own research was performed, during which the used logging technologies in Scots pine forest stands were described.

Differences in logging technologies between clear-cutting forest system and shelter wood forest system were observed, as well as their influence on the obtained dendromass and time demands. The terrain works were performed in locations Židlov and Skelná Hut', which fall under the management of VLS ČR, division Mimoň.

Keywords

forest logging, logging technology, clear-cut management system, shelter wood management system

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíl práce	1
3. Rozbor problematiky.....	2
3.1. Borovice lesní.....	2
3.1.1. Ekologické nároky borovice lesní (Pinus sylvestris).....	4
3.1.2. Vybrané těžebně-dopravní technologie vhodné k minimalizaci poškození porostu	5
3.2. Obnova lesa.....	7
3.2.1. Výchova mladého porostu	8
3.2.2. Těžba dříví.....	8
3.2.3. Doprava dříví.....	9
3.3. Lesní těžba a její technologie	9
3.3.1. Význam těžby	9
3.3.2. Těžební metody	10
3.3.3. Technologie se štěpkováním	12
3.3.4. Technika používaná ve výrobě surového dříví.....	12
3.4. Soustředování dříví.....	15
3.4.1. Příklady strojů pro soustředování dříví.....	20
3.4.2. Těžebně dopravní stroje (dále TDS, harvesterová technologie)	22
3.5. Těžebně dopravní technologie v porostech borovice lesní	36
3.6. Specifika borovice lesní z pohledu lesní těžby	36
4. Metodika	36
4.1.1. Metodika zjišťování míry poškození lesního porostu vlivem těžby.....	36
5. Výsledky, diskuze	38
6. Závěr	42
7. Použitá literatura.....	46
8. Seznam příloh	51
9. Přílohy	51

Seznam obrázků

Obrázek 1: Železný kůň Kapsen	16
Obrázek 2: SLKT s navijákem, štítem, radlicí a jeřábem LKT 82 C	19
Obrázek 3: Harvestor John Deere 1470 E	32
Obrázek 4: Vyvážecí souprava Ponsse 10w	33
Obrázek 5: Ponsse Buffalo Dual.....	34
Obrázek 6: Ponsse Winsent Dual.....	35

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled poškození stojících stromů za užití různých mechanizačních prostředků	38
Tabulka 2: Škody na porostní půdě v lokalitě Swamp	39
Tabulka 3: Příklad zjištěných hodnot při vyklizování dříví koňmi z porostů s hustým podrostem (průměrné hodnoty)	40
Tabulka 4: Spotřeba času při přibližování dříví vývozní soupravou (prům. hodnoty odpovídající jednotlivým fázím prac. operace)	40
Tabulka 5: Příklad spotřeby času při těžbě dříví harvestorem.....	41
Tabulka 6: Procentuální vyjádření poškození porostu na ploše Skelná Huť	41

1. Úvod

Lesní těžba je velmi důležitou součástí lesního hospodářství. Z pohledu veřejnosti je často samotný výkon těžby vnímán jako poškozování životního prostředí. Značná část veřejnosti považuje les pouze za příjemné prostředí k oddychu a relaxaci, případně za domov živočichů a rostlin, a potřeba hospodaření s ním u ní vyvolává negativní pohledy.

Tato práce se zabývá těžebními technologiemi v porostech borovice lesní (*Pinus sylvestris*) obhospodařovaných holosečným a podrostrním způsobem. Posuzuje správné použití těžební technologie, ekonomické hodnocení a vliv na poškození porostu.

Teoretickou částí práce je souhrnné seznámení s borovicí lesní (*Pinus sylvestris*), jejím vysazováním, výchovou a způsobem hospodaření. Další část práce se zaměřuje na historii těžebních technologií a jejich vývoj vzhledem k šetrnosti životního prostředí. Přírodě blízké postupy v těžební činnosti jsou ilustrovány specifickými technologiemi používanými výzkumné oblasti VLS divize Mimoň.

Samotná výzkumná část je věnována zjištěným výsledkům, měření časové doby daných fází těžby a dle teoretických informací vybrání nejekonomičtějších těžebních technologií v dané lokalitě. Případová studie jako součást této práce se zabývá posouzením využitých těžebních technologií na území VLS divize Mimoň v lokalitě Skelná Huť a Židlov.

Práce v souhrnu přináší informace o těžebních technologiích používaných v porostech borovice lesní (*Pinus sylvestris*) se zaměřením na holosečný a podrostrní hospodářský způsob.

2. Cíl práce

Cílem této práce je porovnat obecná specifika těžebních technologií v holosečném a podrostrním hospodářském způsobu. Zhodnotit konkrétní specifika těžebních technologií v typových porostech borovice lesní (*Pinus sylvestris*) obhospodařovaných holosečným a podrostrním způsobem.

Součástí práce je vyhodnocení časové náročnosti různých těžebních technologií vzhledem k objemu vytěženého a soustředovaného dříví. V našem případě se jedná o technologii harvesterovou, těžař s MP + traktor, těžař s MP + kůň, těžař s MP +

harvestor aj. Součástí výzkumu je i zhodnocení vlivu těžebních technologií na půdu a stojící stromy.

3. Rozbor problematiky

Pěstováním borovice lesní (*Pinus sylvestris*) se zabývalo více autorů (MUSIL 1988, CHROUST, 2001).

Výchova stejnověkových borových porostů byla u nás, podobně jako v Německu a Polsku, založena převážně na probírkách podúrovňového typu slabého až středního stupně, kterým ve stadiu mlazin až tyčkovin předcházely zásahy do úrovně za účelem odstranění netvárných předrostlíků (CHROUST, 2002). V poslední době se setkáváme i s koncepcí doporučující úrovnovou, případně strukturální výchovu založenou na pozitivním výběru (KOŠULIČ, 2001). Názory na způsoby pěstování borovice jsou různé, je třeba je volit diferencovaně podle stavu porostu a pěstebního cíle (CHROUST, 2002).

Z výzkumu autorů, kteří se věnovali srovnání různých těžebních technologií, plyne, že použitá těžební technologie má jednak zásadní vliv na výši škod v porostech a dále, že náklady na těžbu se dle použitých technologií velmi liší (HLAVÁČKOVÁ a ŠAFAŘÍK, 2010). Ze zahraničních autorů se náklady na těžbu v podrobném hospodářském způsobu zabývali např. (HÅNELL et al., 2000). Dle jejich závěrů jsou náklady na těžbu v podrobném hospodářském způsobu vyšší v porovnání se způsobem holosečným.

Sortimentní metoda je k lesnímu prostředí obecně nejšetrnější, a proto se hodí všude tam, kde hrozí větší rozsah škod, tedy v přírodě bližších hospodářských způsobech. Manipulace se zkráceným sortimentem je lehčí, dříví lze snadněji a s nižším poškozením dostat ven z porostu (SIMANOV, 2000). Pěstování borovice lesní (*Pinus sylvestris*) přírodě bližšími způsoby bylo v minulosti věnováno zatím málo pozornosti.

Studie, které by nějakým způsobem hodnotily dopad pěstování lesa na kvalitu dřeva z České republiky, mají však pouze lokální charakter (BARTOŠ et al. 2010), komplexní pojetí problematiky pro borovici v našich přírodních podmínkách chybí.

3.1. Borovice lesní

Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) je na území České republiky jednou z nejrozšířenějších dřevin. Dosahuje zastoupení 16,5 % (Zelená zpráva, 2014). Kvůli velkému rozšíření a zastoupení existuje o této dřevině mnoho vědecké literatury.

Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) dle zařazení patří mezi jehličnaté dřeviny do čeledi borovicovité (*Pinaceae*) rodu borovic (*Pinus*). Samotné rody borovic se od sebe liší z několika pohledů. Základním rozlišením je tvar a počet jehlic ve svazečku, zbarvením a velikostí. Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) se nejčastěji vyskytuje v horských oblastech na území střední Evropy, a to díky její vysoké snášenlivosti na nízké teploty i sucho a celkovou nenáročnost. V hlavním pohledu se jedná o světlomilnou dřevinu.

Jedinec borovice lesní (*Pinus sylvestris*) je popsán jako strom středního vzrůstu na klasifikovaných stanovištích, avšak na ideálních stanovištích může dosahovat výšky až 40 m s tloušťkovým průměrem do 1 m. S extrémními exempláři se můžeme setkat i v České republice, kde v okrese Jičín roste borovice lesní (*Pinus sylvestris*), která je přes 300 let stará a výškou 10 m má obvod kmene 325 m. Celkový růst borovice je spojen s konkurencí, při konkurenci má borovice menší dimenze než když je vysazena jako solitér.

Kmen borovice je zpravidla přímý a válcovitý, bohužel na nepříznivých stanovištích a s využitím špatných pěstebních a výchovných metod velice často její kmen roste křivolace dle průsvitnosti slunce. Nahoře je kryt tence kožovitou, papírovitou žlutou kůrou, někdy hluboko sestupující, jindy od spodu vysoko vystupující hrubou borkou, která tvoří buď úzké šupiny, široké desky a pláty nebo je skoro lasturovitá či penížkovitá. Koruna je pravidelná a kuželovitá, bohužel opět vlivem ostatních faktorů může být nesymetrická, kopulovitá až deštníkovitá (ÚRADNÍČEK, 2003).

Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) se odlišuje pomocí jehlic, které rostou po dvou ve svazečku na brachyblastech. Podle oblastí a tepelných výkyvů na stanovištích a nadmořských výškách mění jehlice v rozmezí od 2 do 4 let. Velice nepravidelně bývají rozděleny samčí a samičí šišťice a zároveň bývají často asymetrické. Klasicky borovice lesní (*Pinus sylvestris*) plodí již od 15. roku, pokud se vyskytuje v hustějším zápoji, plodí později přibližně okolo 30. a 40. roku.

Uplatnění borovice je vhodné na písčovitých a skalnatých stanovištích, díky jejímu specifickému kořenovému systému sahají její kořeny velice hluboko s hlavním kulovým kořenem. Proto je vhodná na stanoviště, kde ostatní dřeviny trpí vývraty. Bohužel jí díky její koruně nelze použít na stanovištích s častým výskytem mokrého sněhu. Nastává lámání koruny a dochází k devastaci jedinců (ÚRADNÍČEK, 2003). Avšak působí velice kladně jako stabilizační prvek v porostech (MIKESKA et al., 2008). Pokud je však

borovice lesní (*Pinus sylvestris*) vhodně pěstována mohou vzniknout velice ceněné kultury (MUSIL, 2009).

I přes své klady vůči stabilitě porostu má borovice negativní vliv na půdu. Borovice často rostou na chudých stanovištích a přispívají k recyklaci živin, ale opad je charakteristicky kyselý jako u všech jehličnatých dřevin a napomáhá tak k většímu okyselení půdy. Často tato problematika v porostech způsobuje dekompozici a zabránění aktivity půdních mikroorganismů (BERGKVIST, 1987).

3.1.1. Ekologické nároky borovice lesní (*Pinus sylvestris*)

Borovice je dřevina lesů s intenzivním hospodařením nebo působením požárů. (ÚRADNÍČEK, 2003). Druh je schopen přijímat vodu z mnohem větší hloubky než jiné dřeviny. Vyskytuje se proto na stanovištích extrémně suchých, kde ostatní dřeviny již nemají šanci na přežití, pakliže se vůbec uchytí. Borovice však vyklíčí i ve štěrbinách holých skal. Druh se vyskytuje na územích s velkými srážkovými rozdíly, na jedné straně to bývají suché oblasti, kde naprší sotva 400 mm, na druhé straně podhorské a horské lokality se srážkami přes 1 000 mm (ÚRADNÍČEK, 2003). Borovice roste na nejrozmanitějších půdách různých hornin, což dokazuje její nenáročnost a přizpůsobivost.

V nenáročnosti na půdu má borovice lesní sotva konkurenci. Roste s úspěchem na suchých píscích, dunách, vátých píscích, na štěrku, na kamenitých sutích a skalních ostruzích z nejrůznějších hornin; jakož i na rašelinných podkladech. Vysázená na hlubší živné půdě dává dobré výsledky. V přirozených podmínkách je ovšem vytlačována z lepších stanovišť náročnějšími, stín snášejšími druhy. Na rašelinách je její růst slabý a tvoří často jen zákrsky. Extrémní edafické podmínky tak podporují výskyt borovice. Zajímavou edafickou odchylku představují některé ekotypy stepní borovice z jihu evropské části Ruska, schopné snášet slané půdy. V rámci ekologické variability tohoto druhu je to snad jedna z nejvýraznějších zvláštností. Pokusy naznačují, že borovice z různých geologických podkladů jsou do značné míry specializovány a nelze je proto libovolně používat jinde (ÚRADNÍČEK, 2003).

Ohromné rozšíření druhu názorně ukazuje na jeho podivuhodnou nenáročnost na klimatické podmínky. Je odolná v mrazu i horku a schopna snášet extrémní tepelné podmínky. Snáší horká léta stepních oblastí Ruska i třeskuté mrazy Sibiře (ÚRADNÍČEK, 2003). Borovice lesní se vyrovnává dobře s velkými rozpětím vegetační

doby, která na severní hranici rozšíření nepřekračuje 90 dní, na jihu a jihozápadě dosahuje 200 dní. Tepelné sumy na jihu areálu jsou z toho důvodu 3 – 4 krát větší než na severu. Podobně vyrovnává borovice i délku dne, krátkou na jihu a dlouhou na severu (ÚRADNÍČEK, 2003).

Přestože souhrn ekologických vlastností borovice lesní přesvědčivě ukazuje, že je to dřevina pionýrských vlastností schopná osidlovat volné plochy nejružnějšího druhu, nehodí se k použití v prostředí větších měst a průmyslových oblastí. Snese sice více než smrk, ale také reaguje na znečištěné ovzduší, posléze shazuje jehličí a odumírá. Ve srovnání s dalšími domácími druhy borovic, blatkou a klečí, je to jev o to zajímavější, neboť tyto druhy snášejí imise relativně dobře (ÚRADNÍČEK, 2003). Přírozená obnova se dá definovat jako způsob vytváření nové generace lesa autoreprodukcí mateřského porostu. Přírozená obnova tvoří důležitou součást pěstební činnosti směřující k vytvoření zdravého a plně produkujícího lesa, schopného plnit kromě produkce dřeva i ostatní, pro lidskou společnost nezbytné funkce. Zvláště hydrologická funkce lesa nabývá mimořádné důležitosti na našem území, kde pramení většina střeoevropských řek. Lesy na území našeho státu se dnes většinou liší svou druhovou a prostorovou skladbou od přirozených lesů v daných stanovištních podmínkách, což přirozenou obnovu značně ztěžuje. K tomu ještě přispívá skutečnost, že kromě záměny druhové skladby došlo v našich lesích i k záměně ekotypů, odrůd a sort (PEŘINA, KADLUS, JIRKOVSKÝ, 1964). Můžeme ji rozdělit na generativní a vegetativní. Generativní se dále dělí na přirozenou obnovu pod mateřským porostem a vedle mateřského porostu, což bude případ této bakalářské práce.

3.1.2. Vybrané těžebně-dopravní technologie vhodné k minimalizaci poškození porostu

Z výzkumů autorů, kteří se věnovali porovnání různých těžebních technologií plyne, že použitá těžební technologie má zásadní vliv na výši škod v porostech a dále, že náklady na těžbu se dle použitých technologií velmi liší (HLAVÁČKOVÁ a ŠAFARÍK, 2010). Dle dalších závěrů jsou náklady na těžbu v podrobném hospodářském způsobu vyšší v porovnání se způsobem holosečným. Vzhledem k veškerým výhodám podrobního hospodářství se však zvýšené náklady na lesní těžbu mohou v budoucnosti vrátit během zakládání a výchově následných porostů (HÄNELL et al., 2000).

Sortimentní metoda je k lesnímu prostředí obecně nejšetrnější, a proto se hodí všude tam, kde hrozí větší rozsah škod. Manipulace se zkráceným sortimentem je lehčí, dříví

tak lze snadněji a s nižším rizikem poškození vyklidit ven z porostu (SIMANOV, 2000). Lesní těžba v současnosti již nezahrnuje pouze vlastní těžbu dříví, ale celý rozsáhlý komplex těžebně-dopravních operací, zajišťujících vlastní těžbu a soustředování dříví. V procesu výroby dřevní suroviny lze využít klasické technologie v podobě motomanuální těžby, až po moderní harvesterové technologie. Přestože největší nároky jsou kladeny vesměs na maximální výkonnost a efektivitu práce, je nutné brát ohled i dopady na stávající porost, obzvláště pokud se porosty nachází na chudých či jinak ohrožených stanovištích, kdy borovice lesní se na takovýchto často vyskytuje. Při provádění těžby v rámci přírodě blízkých hospodářských způsobů je pak třeba se speciálně zaměřit na poškození stojících stromů a vliv na půdu v souvislosti s přirozenou obnovou, která je v těchto způsobech hospodaření podporována.

V rámci klasických technologií je účelné využít motomanuální technologii pro kácení a opracování stromů a pro soustředování dříví koně kvůli relativně malé ploše narušené půdy, a tedy i kvůli nízkému počtu poškozených jedinců přirozené obnovy. Dle okolností (v souvislosti s větší vzdáleností odvozního místa) je účelné doplnit technologii o vyvážecí traktor či soupravu a vývozní místo zvolit tak, aby byla zajištěna optimální vzdálenost mezi lokalitou P a VM. Při využití UKT či SLKT je třeba zvážit míru plošného poškození půdy a tuto techniku omezit minimálně při domýcení, kdy je již nová generace obnovy plně vyvinuta. Naopak při zahájení obnovní těžby lze při snižování zápoje hledět na narušení půdy jako na faktor, který ve specifických podmínkách (zvláště v porostech se silnější vrstvou opadu) může být vzhledem k předpokládanému vzniku zmlazení i pozitivním faktorem. Vzhledem k riziku poškození stojících stromů i obnovy je třeba upřednostnit šetrnější technologie.

Harvesterové technologie jsou obecně pokládány za relativně šetrné, jde o moderní technologie těžby dříví s vysokou směnovou výkonností, efektivitou, hygienou a bezpečností práce a vcelku univerzálním použitím (DVOŘÁK, 2004). Největší efektivitu dosahuje tato technologie v mýtní úmyslné těžbě v holosečných prvcích jehličnatých monokultur. Původně byla vyvinuta především pro zpracování smrkových porostů (DVOŘÁK et al., 2012, ERBER et al., 2016), poněvadž smrk je charakteristický dlouhým rovným, průběžným kmenem s poměrně tenkými větvemi. Rovněž borovice je při dodržení optimálních pěstebních postupů vhodná pro zpracování harvesterovou technologií i když silnější větve, případně křivost v horních partiích kmene, mohou

snižovat produktivitu práce i kvalitu finální suroviny (SLUGENĚ et al., 2014, ERBER et al., 2016).

Výhodou harvesterové technologie je i výhradně bezúvazkové soustředování dřevní hmoty forwarderem, respektive vyvážení sortimentů vyrobených na lokalitě „P“, což umožňuje vcelku úspěšné užití i v podrovném hospodářství, protože stroje se pohybují pouze po technologických linkách. V tomto směru je však částečně limitní tvar koruny stromu a stav podrostu, kdy ve fázích starších nárostů, a hlavně mlazin může široká koruna borovic působit při kácení škody na podrostu.

V souvislosti s výkonností, produktivitou práce, a především bezeškodným užitím harvesterové technologie v lesních porostech je třeba zmínit zásadní vliv znalostí, zkušeností a zručnosti operátora (ULRICH, 2004). Přestože míru vlivu operátora na výkonnost technologie zatím nelze zcela přesně určit, všichni autoři se shodují, že zkušenosti a zručnost operátora mají významný a zásadní vliv na výkonnost technologie. Podle některých závěrů může v obdobných podmínkách vliv operátora na výkonnost dosahovat až 37 procent (PÜRFFÜRST, 2009). V kvalitě provedené práce mohou rozdíly mezi operátory dosahovat ještě daleko větší míry, kdy zásadní vliv mohou spoluvytvářet i jiné faktory, jako je pracovní morálka operátora, stav předvýrobní přípravy pracoviště, klimatické faktory a roční období, administrativní aspekty výroby či psychika operátora (DVOŘÁK, 2008) ve své práci dokazuje, že délka praxe má mnohem větší vliv na výkonnost a kvalitu provedené práce než dosažené vzdělání, proto před nástupem operátora do provozu obvykle předchází dlouhodobé a nákladné zaškolení (MALÍK a DVOŘÁK, 2007, AALMO a BAARDESEN, 2015). Metodika měření, ale i dopady vlivu lidského faktoru na výkonnost harvesterové technologie, nejsou zatím v plném rozsahu publikovány (HIESL, 2015).

3.2. Obnova lesa

Volbou vhodných dřevin a jejich rozmístěním v porostu je povinnost zvyšovat odolnost lesa a jeho stabilitu. Holinu je nutno řádně zalesnit do 2 let od jejího vzniku, do 7 let od jejího vzniku musí být následný porost řádně zajištěn. V zájmu dobrého zdravotního stavu porostu a budoucí produkce kvalitního dříví musí použitý reprodukční materiál splňovat několik zákonných požadavků. Použití reprodukčního materiálu z mateřského porostu lze jen za předpokladu, že je porost dostatečně kvalitní (to je uvedeno v LHO). Vlastník lesa je povinen obnovovat lesní porosty stanovištně vhodnými

dřevinami. Vhodné dřeviny jsou ty, které jsou v daných podmínkách původní. Nejsou-li původní, pak jsou to ty, které nejlépe snášejí působení všech činitelů určujících kvalitu stanoviště (SIMANOV, 2000).

3.2.1. Výchova mladého porostu

Výchova lesních porostů je jednou z nejdůležitějších činností v lesním hospodářství. Je jí ovlivněn růst, vývoj, zdravotní stav a odolnost lesních porostů. Provádí se od stadia mlazin (což jsou porosty se střední výškou větší než 1,3 m a výčetní tloušťkou do 5 cm) až do počátku mýtního věku. Mají-li výchovné zásahy splnit svůj účel, musí být provedeny odborně, kvalitně a zároveň i včas. Mají tedy přímý vliv na hodnotu později těžného dříví. Prvními výchovnými zásahy jsou prořezávky (jsou prováděny ve stadiu mlazin, někdy i tyčkovin). Je jimi snižována hustota porostu a zároveň je upravován zdravotní a jakostní stav porostu. Měly by být provedeny do 40 let věku porostu (SIMANOV, 2000).

3.2.2. Těžba dříví

Těžební činnost, především kácení stojících stromů a likvidování polovývratů, vývratů a polomů, představuje jednu z nejrizikovějších činností, při které každoročně dochází ke značnému počtu pracovních úrazů. Proto je nezbytné právě při této činnosti věnovat náležitou pozornost identifikaci nebezpečí a na základě vyhodnocení rizik přijmout potřebná opatření. Při stanovení pracovních postupů je nutno zohlednit druh dřeviny, stáří a zdravotní stav kácených stromů, tvar koruny, podmínky pracoviště (především stav terénu), povětrnostní situaci a určit směr kácení (SIMANOV, 2000).

Dělení lesní těžby:

- Předmýtní úmyslná: Účelem je výchova porostu.
- Nahodilá: Zde dochází ke zpracování stromů suchých, vyvrácených, nemocných, nebo poškozených.
- Mýtní úmyslná: Slouží pro obnovu porostu.
- Holá seč: Při tomto druhu jsou vytěženy všechny stromy. Jde tedy o výrazný zásah, který má vliv na všechny okolní lesní porosty. To je o důvod, proč je velikost této seče zákonem omezena. (SIMANOV, 2000)
- Clonná seč: Tato seč je společně s výběrovou sečí doporučována na mimořádně nepříznivých stanovištích v ochranných lesích. Záleží však na vlastníkově lesa,

zda tyto šetrnější způsoby použije. Clonnou sečí je sledováno dosažení obnovy lesa pod mateřským porostem tak, že je jí mateřský porost postupně prořezáván a nakonec je i on domýcen (SIMANOV, 2000).

- Výběrová seč: Zde se během dlouhého období odstraňují z porostu nejvyspělejší a nejzralejší stromy jednotlivým výběrem (SIMANOV, 2000).

3.2.3. Doprava dříví

Přibližování, uskladňování a odvoz dříví je vlastník povinen zabezpečit tak, aby nedocházelo k nepřiměřenému poškozování lesa a pozemků, včetně sousedních (nadměrným rozrýváním půdy a lesních cest, odíráním stojících stromů). Nelze-li jinak, je vlastník oprávněn užít k přibližování, uskladnění a odvozu dříví cizí pozemky, ale pouze ve vhodné a nezbytné době, v nezbytném rozsahu a za náhradu (BROŽEK, 2009).

3.3. Lesní těžba a její technologie

3.3.1. Význam těžby

Lesní těžba je tradiční název oblasti lesnictví, zabývající se kácením stromů, jejich opracováním a dopravou dříví z porostu postupně až k odběratelům. Tržbami za dříví jsou kryty nejen náklady na provoz lesního hospodářství, ale i výdaje vyvolané poškozováním lesů činnostmi mimo les. Naši předkové říkali, že les se pěstuje sekerou. Tento názor byl později upraven na tvrzení, že výkon probírky je výkonem těžebním, nicméně její účel je hlavně pěstební, a tudíž i její výkon musí být zaměřen pěstebně. Rozhodně tedy není těžba protikladem pěstování lesů, jak se často veřejnost domnívá. Také jí často uniká, že obnovní těžba zralých porostů je vlastně východiskem pro jejich obnovu, tudíž i opatřením pěstebním.

Není-li těžba provedena vhodným způsobem, nemusí být dosaženo předpokládaného pěstebního záměru, dokonce se může i narušit lesní ekosystém. Proto musí mít osoba rozhodující o těžbě jasnou představu o použité technologii. Bohužel je u nás jedna generace lesníků poznamenána technokratickým pohledem na těžbu. Ti považují škody na ekosystémech po těžbě za běžný jev. Těžbu nelze omezit jen na sklizňové práce, ale na nástroj k cílenému ovlivňování porostů, jehož cílem je ekologická stabilita lesů (SIMANOV, 2000).

3.3.2. Těžební metody

Proces výroby surového dříví je tvořen těmito fázemi: těžba, soustředování, odvoz a výroba dřevěných sortimentů. Fáze těžba a doprava zahrnují činnosti vykonávané mezi lokalitou pracoviště a odvozním místem. Jsou jimi vždy kácení, potom vyklizování (sestavení nákladu pro přibližování) a samotné přibližování nebo vyvážení. Charakteristické je, že sled operací a místo jejich vykonání nejsou pevně dány (neplatí pro kácení). Proto je v procesu výroby surového dříví kombinační volnost při sestavování sledu prací a volby míst, na kterých mohou být vykonány (např. odvětvování může být uskutečněno v porostu, na přibližovací lince, odvozním místě, či až na manipulačním skladě). Z toho plyne, že místo uskutečnění výrobních fází těžba a sortimentování je vhodným rozlišovacím znakem těžebních technologií. Za základ systematiky těžebních metod je vzata forma, ve které je surové dříví dopraveno na odvozní místo (ÚHÚL, 2007).

3.3.2.1. Metoda sortimentní

Metoda sortimentní je metodou nejstarší. Hlavním důvodem byla v období výhradního manuálního a animálního soustředování dříví nízká použitelná tažná síla. Dřevo bylo vhodné odkornit (pro snížení tření při vlečení) a nechat proschnout pro snížení hmotnosti. Na území České republiky ztratila na významu s nástupem traktorového soustředování, kdy obnovní těžby zajistily traktory a koně.

Tažní koně byli využíváni ve výchovných zásazích, kde jejich síla postačovala. Počátkem sedmdesátých let 20. st. se ze Skandinávie do ČSSR rozšířila v předmětných těžbách jako motomanuální technologie s použitím motorové pily, jak pro kácení, tak pro odvětvení (odvětvování bylo u nás v té době prováděno sekyrami). Po této činnosti následovalo ruční snášení výřezů k přibližovacím linkám, jejich následné vyvážení bylo řešeno vyvážecím traktorem. Přínosem byl nárůst výkonnosti práce a snížení poškození stojícího porostu. Nevýhodou byla fyzická náročnost, která ve Skandinávii vedla k rychlému vývoji mechanizované sortimentní metody s použitím procesoru a později harvestoru (ÚHÚL, 2007).

3.3.2.2. Metoda kmenová

Metoda kmenová je mladší než sortimentní, protože její nasazení bylo umožněno až s použitím strojů s vyšší tažnou silou. Hlavním přínosem použití této metody na manipulačním skladě jsou lepší podmínky k druhození. Nevýhodou je vyšší

poškození stojících stromů, které je závislé na délce vyklizovaného dříví. Narůstají i tzv. druhotné odvozy (ÚHÚL, 2007).

3.3.2.3. Metoda stromová

Tato se rozvíjela opět s růstem výkonu přibližovacích strojů (pro vlečení stromů s větvemi je nutná síla o 25–30 % větší, než u vlečení kmene samotného) a s vývojem strojů pro strojní odvětvování (ÚHÚL, 2007).

Přínosy jsou:

- Vyloučení motomanuálního odvětvování (to je vysoce pracná i nebezpečná činnost, u jehličnatých porostů činí i 70 % času na zpracování jednoho stromu)
- Přenesení prací z porostu na příznivější místo
- Vyklizení klestu současně s těžbou (to je významné u porostů s přirozeným zmlazením, kde rychlost vyklizení klestu ovlivňuje zachování zmlazení)

Nevýhody jsou:

- Vyšší poškození stromů ve výchovných těžbách
- Energetická náročnost a ztráty výkonnosti přiblížení i dopravy (na jednu jízdu se přepraví méně čistých kmenů, protože část objemu zabírají větve)

Tyto nevýhody mohou být vyrovnány současnou dopravou klestu ke štěpkování (ÚHÚL, 2007).

3.3.2.4. Budoucnost používání těžebních metod v České republice

Nyní se nejčastěji vyskytuje metoda kmenová. Jelikož se do popředí zájmu dostává šetrnost provedení výchovných zásahů, přenechá zde tato metoda své výsostné postavení ve prospěch metody sortimentní. Tento proces bude na delší dobu a je to způsobeno tzv. technologickou setrvačností technologií (tímto je míněno druhování dříví na manipulačních skladech a odvozních místech). Setrvačnost znamená, že jsou stále užívány technologie, pro které v praxi již není racionální důvod. Setravávají však proto, že dosud je v provozu neopotřebované zařízení na provádění těchto metod, nebo přechod na jinou technologii by byl příliš nákladný či na ní nejsou lidé dostatečně proškoleni. Rychlost přechodu k harvestorové technologii bude záviset na růstu ceny tuzemské pracovní síly (ÚHÚL, 2007).

3.3.3. Technologie se štěpkováním

Lesní štěpka je také sortimentem. Přínosem štěpkování je zvýšení čistoty lesních porostů, lepší ochrana proti škodlivému hmyzu, hlodavcům a zplesnivění zmlazení pod klestem. Dále je to snížení možnosti požárů a usnadnění zalesňování na vyčištěných plochách. Musí se ovšem dodržovat zásada neštěpkovat materiály, které jsou prodejné ve formě jiného sortimentu surového dříví (o tom ale rozhodne ekonomika). Je-li štěpka pro energetické využití, je žádoucí jí dodávat s nižší vlhkostí, než má dřevo ihned po skácení a bez obsahu vegetačních orgánů. Materiál pro štěpkování se tedy nechá na vzduchu proschnout až do samovolného opadu vegetačních orgánů a zpracuje se až potom. Nevýhodou může být na chudých stanovištích nebezpečí odnímání organického materiálu a živin z půdy (BROŽEK, 2009).

3.3.4. Technika používaná ve výrobě surového dříví

V této části bude pojednáno o těchto výrobních fázích:

- Těžba (kácení, odvětvování, zkracování na sortimenty)
- Soustředování dříví (vyklizování, přibližování, vyvážení)

(DVOŘÁK, 2012).

3.3.4.1. Kácení, odvětvování a krácení

1) Pro činnost kácení, odvětvování a krácení se užívají tyto mechanizační prostředky:

- a) Jednomužná motorová pila (JMP): Tento způsob byl u počátku mechanizované těžby dřeva, který začal počátkem padesátých let minulého století. Tehdy se jednalo o dvoumužné motorové pily a s jednou touto pilou pracovala celá skupina dělníků.
- b) Převrat v těžbě zaznamenalo zavedení JMP. Prvními těmito pilami byla značka Solo, později Stihl Contra, v roce 1965 je následovaly Homelite XL 900 a Stihl 041 AV.
- c) Po roce 1970 si již pracovníci osvojili moderní techniku práce s JMP a zvýšila se tak i produktivita práce. Zde se pily začaly používat i pro odvětvování (dříve byly používány hlavně pro předkacování). Byla zavedena metoda samostatného dřevorubce, jenž byl vybaven nutnou výstrojí doplňující pilu samotnou (např. samonavíjecí pásma, přetlačná lopatka). Tato výbava umožnila zpracovat celý kmen na jeden přechod k vršku stromu a zpět (BROŽEK, 2009).

d) Harvestorová hlavice s řetězovým, kotoučovým nebo nožovým kácecím ústrojím

- Nesená na jeřábu harvestoru: O té bude psáno v rámci těžebně – dopravních strojů
- Nesená na jeřábu, který je připojen k zadnímu tříbodovému závěsu UKT: Toto řešení je vyráběno např. společností Kesla ve Finsku. Byla založena roku 1960. Kesla vyrábí jak jeřáb, tak samotnou harvestorovou hlavici. Typy jeřábů určených pro nesení na traktoru jsou 561 H (zdvihový moment 42 kNm, vodorovný dosah 6 m) a 571 H (zdvihový moment 38 kNm a dosah 7 m). Oba typy mají shodný otočný moment 16 kNm, rozsah otáčení 220°, úhel naklonění 22°, požadavek příkonu 40 koní a hmotnost 1,2 t. Použitá hlavice je typu Kesla 18 RH a je určena do probírek. Nejvhodnější je nasazení na kácení stromů o průměru do 25 cm. Konstrukce umožňuje zpracovat i křivé kmeny. Hlavice má hmotnost 450 kg, maximální rozevření válců posuvu je 40 cm, jejich síla 19 kN a protahovací rychlost max. 5 m.s⁻¹. Odvětvovací nože jsou dva pohyblivé a jeden pevný. Požadovaný příkon je 74 kW. Ve výbavě na přání je u hlavice zvláštní měřicí kolečko délky, barevné značení sortimentů, samočinné napínání řetězu a zařízení pro léčbu pařezů (DVOŘÁK, 2012).

2) Pro činnost odvětvování a krácení, ale bez kácení se užívají tyto stroje:

- a) Procesor: Tento stroj nejčastěji nesený na zadním tříbodovém závěsu traktoru. V České republice je prodáván především švédské firmy Hydro AB. Firma začala s vývojem těchto strojů v roce 1987. Nejmenším, u nás prodávaným strojem je model Hypro 450. Ten má maximální úřez 35 cm, pohání jej vlastní hydraulický okruh s axiálním pístovým čerpadlem s loadsensing. Ovládání je přes pákový rozvaděč, který je umístěný na samotném procesoru. Stůl s odvětvovacími noži a krátící řetězovou pilou je možno vodorovně natočit o 140° a svisle naklopit o 60°. Rychlost posuvu odvětvovačích válců je 3,5 m.s⁻¹. Hydraulická ruka má dosah 6 m. Naviják je ovládaný rádiem, má tažnou sílu 2 tuny a lano délky 50 m. Data o provedené práci (délka, průměr, počet kusů kmenů a objem v m³) jsou vyhodnocována počítačem vlastní výroby. Požadovaný výkon na vývodové hřídeli traktoru je 48 kW. Naopak, největším strojem je model Hydro 755 s úřezem 45 cm. Pohon je řešen stejně, jen je zde vyšší průtok. Ovládání je již

elektrohydraulické z kabiny traktoru (výhodné je, má-li otočné řízení). Je rovněž nutno na traktor zavěsit dopředu přídatnou nádrž na olej. Rozsahy pohybu stolu jsou stejné, stejně jako parametry navijáku. Hydraulická ruka má vyšší dosah, a to 7 metrů. Požadovaný výkon traktoru je 80 koní.

- b) Harvestorová hlavice: Toto řešení se užívá např. v horách, kde stroj vybavený harvestorovou hlavicí pracuje na rovném místě blízko místa těžby. Kmeny jsou k němu dopravovány buď pomocí lanového systému, nebo s SLKT. Může se jednat o těžební metodu stromovou, potom tedy hlavice i odvětvue. Při metodě kmenové je hlavice užita ke krácení na sortimenty a měření dřeva (objem, počet sortimentů, délky, tloušťky). Dále je tohoto užito při tzv. komplexní harvestorové technologii (pracuje v ní harvestor i vyvázeční traktor) s motomanuální těžbou v mezizóně. Zde je rozestup přibližovacích linek 30 m. Z linky probíhá těžební zásah jako obvykle pomocí harvestoru. Dosah harvestoru je 10 m na každou stranu linky. V mezizóně široké 10 m se těží motomanuálně. Stromy jsou káceny směrem k přibližovací lince, kde jejich další zpracování je provedeno harvestorem, který tak vlastně plní úlohu procesoru. Zvětší-li se mezizóna na 20 m, pak se motomanuálně strom pokácí tak, aby čelo stromu směřovalo k bližší lince. Vykližení těchto stromů je obstaráno traktorovým navijákem. Traktor se pohybuje po lince (PITOR, 2008).

3) Druhy kácecích a krátících ústrojí

- a) Nožové ústrojí: Tento typ se vyskytuje u zvláštních strojů určených pro kácení tenkých stromů z nárostů či plantáží rychle rostoucích dřevin. Zařízení se skládá buď z jednoho pevného a jednoho pohyblivého nože, nebo se dvěma proti sobě pohybujícími se noži. Výhodou je jednoduchost tohoto zařízení. Nevýhodou je ta, že lze kácet či krátit jen tenčí stromy do průměru 25 cm. Další nevýhodou je nebezpečí vytrhávání dřevních vláken a poškození dřeva v místě řezu. To platí zvláště při kácení, a tím poškození nejcennější části stromu. V současné době toto ústrojí využívá harvestoru Makeri 33T a 34T.
- b) Kotoučové řezné ústrojí: Bylo používáno u starších typů harvestorů. Výhodou byla jednoduchost a snadná údržba. Nevýhodou velká robustnost daná nutností mít dvojnásobný průměr kotouče vůči tloušťce káceného stromu. Dnes se používá na plantážích rychle rostoucích dřevin.

- c) Řetězové: Tento druh je v současné době nejpoužívanější. Užívá se jak v harvestorových hlavicích a procesorech, tak u jednomužných motorových pil. (BROŽEK, 2009).

3.4. Soustředování dříví

- 1) Mechanizované částečně (úvazkové): Zde je nutný podíl fyzické práce s lanem – navazování i odvazování. Obsluha je zde značně ovlivňována povětrnostními vlivy (mráz, déšť) a při práci je zde riziko úrazu.
- 2) Zvířecí silou (kůň): V roce 1956 zajišťoval tento způsob 83 % veškerého soustředování dřeva. Nynější stav je těžko zjistitelný, bude však kolem 15 %. Nic ale nenásvědčuje tomu, že od tohoto způsobu bude opuštěno. Jejich malá výkonnost je vyrovnána při nasazení ve výchovných těžbách. Zde je totiž nutné, aby byl každý výřez vláčen po ideální dráze, ze které nedojde k poškození stojících stromů. Rovněž jeho nízká tažná síla je zárukou toho, že nebude vyklizovat mnoho výřezů. S rostoucím množstvím těchto výřezů se zvyšuje pravděpodobnost odklonu od ideální stopy, tedy poškození stojících stromů. Rovněž nutnost péče o koně i mimo pracovní dobu není omezující, protože se vždy najde dostatek pracovníků, kteří tuto práci přímo vyhledávají.
- 3) Kolové a pásové navijáky a mini tahače: Tyto stroje jsou schopny vyklízet dříví ve výchovných těžbách navijákem k vyklízecí či přibližovací lince. Provádějí tedy tzv. hromádkování. Některé z nich mohou i přibližovat dříví vlečením. K vlečení se používají tzv. železní koně (viz. Obr. 1). Tento stroj je vybaven vlastním spalovacím motorem, nicméně práce s nimi je obdobná, jako při práci s koněm živým. Například firma Reparoservis dodává na český trh železného koně značky Kapsen.

Tento stroj je zcela českým výrobkem a zvládne téměř stejný terén, kam se dostane pouze člověk. Důraz při vývoji byl kladen na kvalitu stroje. Je určen převážně k přibližování dřeva. Díky malým rozměrům a malém měrném tlaku na půdu se hodí i do málo únosných terénů (např. rašelinné půdy). Stroj má délku 2 m, šířku 1,2 m (při použití pásů širokých 40 cm) a váží 690 kg. Výkon motoru je 10 kW, objem palivové nádrže 6 l a nádrže na hydrauliku 25 l.

Pojezdové ústrojí tvoří dva pásy, každý pás obepínají tři kola z plnogumy a jsou poháněné hydrostaticky. Regulace rychlosti je plynulá s nejvyšší rychlostí 6 km.h⁻¹. Jsou použity hydraulické zámky pojezdu pro zastavení stroje i v prudkém svahu. Stroj

je vybaven hydraulicky poháněným navijákem s délkou lana 20 metrů. Lano je přes pevné rameno pomocí kladek, které jsou uloženy na ložiscích. Toto rameno umožňuje snazší naložení kmenu na ložnou plochu, která je pro lepší zachycení taženého kmenu rovněž vybavena zuby. Na této ploše může být otočný oplén se sklopnými klanicemi, nebo hydraulicky svěrný oplén (ten zrychlí práci hlavně se slabým dřívím). Výbavou je rovněž držák na motorovou pilu, kanystr na 5 litrů paliva, hasící přístroj, lékárničku a auto zásuvku (pro napájení např. mobilního telefonu). Pracovní osvětlení je rovněž možné (BROŽEK, 2009).



Obrázek 1: Železný kůň Kapsen

Zdroj: <http://www.jirifranc.estranky.cz/fotoalbum/jiri-franc-cla-trutnov/kapsen-reparoservis-kapsen/kapsen--30-.jpg-.html>

- 4) Lanovkové dopravní zařízení: Tento způsob se užívá v místech s velkým sklonem. Lanové systémy jsou děleny podle činností, které vykonávají. Takto se tedy dělí na lanovky (přepravují náklad na větší vzdálenosti), lanovkové jeřáby (Tyto používají k přepravě tzv. rozdělené trasy, toto rozdělení je provedeno podpěrami. Jsou také schopny přitahovat těžené kmeny blíže k trase a zvednout tento náklad do úplného nebo jen do polozavěšeného stavu, a nakonec jej při vykládání spustit) a na lanové jeřáby (plní stejné činnosti jako lanovkové jeřáby, ale jejich trasa je tvořena jen jedním polem a dříví se tedy může přepravovat jen na kratší vzdálenosti).
- 5) Univerzální kolový traktor (UKT) s lesnickou výbavou: Výbava zahrnuje lesní pneumatiky (ty jsou více odolné proti průrazu než běžné zemědělské a také dražší,

mají totiž nárazník z ocelového kordu a speciální patní ochranu poskytující odolnost proti vnikání cizích předmětů mezi patku a okraj ráfku), hrany ráfku jsou vyztuženy navařeným ocelovým prutem po celém obvodu, ventilek je chráněn navařenou trubkou se šroubovací zátkou. Tvar a uspořádání záběrových zubů dovoluje použití řetězů.

Způsobuje to ale sníženou samočisticí schopnost lesnických pneumatik, ale naopak není to agresivní k půdní podložce. Je rovněž zvětšen rozchod kol. Dále je uplatněna ochrana spodku traktoru včetně palivové nádrže. To je zajištěno silnou ocelovou vanou. Do této vany v případě prasknutí nějaké hadice uniká kapalina v ní proudící a neznečišťuje tedy les. Není-li traktor rámové konstrukce, užívá se jeho stažení dvěma ocelovými kulatinami umístěnými vespod. Z hlediska prevence lesních požárů se doporučují přeplňované motory. Výfukové plyny u nich mají nižší teplotu a případný úlet rozžhaveného karbonu uhasí lopatky turba. Kabina je chráněna sítí přes zadní okno, případně i z boku (ochrana v případě prasknutí tažného lana) a tyčemi, které vepředu usměrňují větve pryč od předního skla. Nejdůležitější výbavou je zadní opěrný štít s lanovým navijákem a přední rampovač. Naviják je buď dvoububnový, nebo méně častěji jednobubnový. Štít slouží k opření traktoru při natahování kmenů, pro větší jistotu se může zapřít o pařez. Dále je využit pro opření samotných kmenů při samotném přesunu a chrání zadní část traktor před poškozením. Rampovač je vhodný pro rovnání kmenů na odvozním místě, případně i k jejich nakládání (BROŽEK, 2009).

6) Mechanizované plně (bezúvazkové): Činnost je provedena bez dotyku lidské ruky

a) Vyvážecí traktor (forwarder): Tento stroj je součástí harvesterové technologie. Mají rámový podvozek, který je složený z předního a zadního polorámu. Tyto polotmy jsou vzájemně vychylovatelné, a tím je stroj směrově řízen. Jeřáb s drapákem je uložen na zadním polorámu (u dřívějších typů byl umístěn i na střeše kabiny).

Pneumatiky mohou být na loggie nápravách osazeny kolopásky. Axiální kloub, kterým jsou spojeny zmíněné polorámy je vybaven aretací. Aretovány mohou být rovněž výkyvné nápravy. Účelem těchto zámků je zvýšení příčné stability stroje při manipulaci s hydraulickou rukou. To je důvod, proč nemusí být vybaveny stavitelnými podpěrami, což také zrychluje činnost stroje.

Předpokladem jejich řádného využití je jejich nasazení v součinnosti s harvestory. Nevýhodou je, že u výchovných těžeb je pohyb forwarderu omezen jen na linky, a proto musí být zajištěno vyklizení dřeva k těmto linkám jinými prostředky (BROŽEK, 2009).

Dále platí pro vyvážecí stroje (tedy i pro vyvážecí soupravy) jejich vyšší citlivost na příčný sklon, než je tomu u traktorů soustředujících dříví vlečením. Je to dáno jejich výše umístěným těžištěm. Jestliže se ale nelze vyhnout pojíždění po vrstevnici, tak může být stroj vyvážen vyložením jeřábu protisvahu (případně i s uchopeným břemenem).

- b) Vyvážecí souprava: Nejčastěji se jedná o UKT s připojeným návěsem s klanicemi pro odvoz sortimentů dřeva. Souprava je vybavena hydraulickou rukou umístěnou buď na traktoru, nebo na návěsu. Je nutné použití stabilizačních podpěr při práci s rukou.

Zdrojem tlakového oleje pro ruku na návěsu. Je buď vnější hydraulický okruh traktoru nebo vlastní čerpadlo poháněné vývodovým hřídelem. U traktoru je vhodné, aby byl vybaven otočným řízením pro lepší komfort při práci s rukou. Návěs je často vybaven brzdami, méně často již pohonem kol. Ten se v případě tandemové nápravy může řešit vloženým kovovým kolem (poháněným hydromotorem) mezi kola s vhodným dezénem. Nákladnější, ale spolehlivější možností je pohon kol přímo od náprav buď hydromotorem, nebo přes vývodový hřídel (traktor musí ale umožňovat zařadit jeho pojezdovou závislost).

- c) SLKT s klešťovým závěsem: Základním principem je zde uchopení a sevření dříví do nástroje tvaru kleští (viz. Obr. č. 2). Tímto nástrojem může být buď svěrný oplén, nebo svěrný oplén (klemmbank). Rozdíl mezi nimi je v poloze čelistí (čelisti drapáku směřují směrem dolů a čelisti svěrného oplenu nahoru). V posledních letech nečasto na některých strojích uplatňuje kombinace navijáku s opěrným štítem, který je doplněn o jeřáb s drapákem nebo o svěrný oplén. Toto řešení má slibnou budoucnost, protože v sobě slučuje výhody jednotlivých principů v jeden celek (BROŽEK, 2009).



Obrázek 2: SLKT s navijákem, štítem, radlicí a jeřábem LKT 82 C

Zdroj: <http://www.zetes.cz/lkt82.aspx>

- d) SLKT s drapákem: Drapák je vyráběn ve dvou provedeních. Jednak je na delším jeřábu (s dosahem kolem 8 m), který slouží k nakládání, skládání a přemístování břemen. Má malý rozměr úchopu, tak s ním lze uchopit max. dva kusy. Takovýmto způsobem jsou vybaveny některé vyvážecí traktory či soupravy a tahače. Druhé provedení drapáku je na krátkém výložníku s dosahem do tří metrů a s větším rozměrem čelistí, čímž je umožněno uchopit celý svazek dříví. Čelistmi některých drapáků mohou být protažena napjatá lana, která zlepšují uchopení nákladu a zamezí tak ztrátám jednotlivých kusů v průběhu přepravy. Výložník bývá stranově i výškově vychylovatelný, což je důležité při např. při průjezdu zatáčkou, kdy řidič může nadehnáním nákladu výložníkem omezit poškození okolních stojících stromů. Stroje s drapákem se hodí do mýtních těžeb. Při jejich použití v předmětních těžbách je vhodné připravit dříví do hromádek, aby nebyla snížena výkonnost tohoto stroje.

K nevýhodám tohoto způsobu patří nutný plošný pojezd po těžené ploše.

V současnosti se v ČR tyto stroje využívají málo (BROŽEK, 2009).

- e) SLKT se svěrným oplnem: Jsou určeny pro přibližování dlouhého dříví v polozávěsu.

Tento adaptér je možno použít i na podvozku vyvážecího traktoru, kdy je svěrný oplenský nástavby namontován namísto klanicové nástavby do kterého je jeřábem vkládáno dřevo. Nyní je výrobci těchto strojů v důsledku jejich menšího uplatnění voleno

stavebnicové řešení. U něho lze za 30 minut přebudovat klanicový traktor na traktor se svěrným oplenem. Průřezy svěrných oplenu jsou max. do 2 m². To umožňuje tvorbu velkých balíků nákladu. Pro zamezení vypadávání dřeva při přepravě jsou i zde protažena lana.

Takovýto stroj ale více zatěžuje půdu, neboť na jeho zadní nápravu působí větší zátěž než při vlečení. Tyto stroje jsou rovněž velmi výkonné, a proto je nutná důkladná technologická příprava jejich nasazení. Jsou vhodné na místa koncentrované těžby (holoseče, kalamity, imisní těžby). Také tyto stroje jsou v ČR zastoupeny v mizivém počtu (BROŽEK, 2009).

- f) SLKT s lanový navijákem: Tyto stroje mají adaptéry shodné s LKT vybavenými lesnickými nástavbami. Jsou ale robustnější, od základu navrhovány pro využití v lese. Mají vyšší obratnost danou zlamovacím řízením (BROŽEK, 2009).

3.4.1. Příklady strojů pro soustředování dříví

John Deere 6120 SE

Jedná se o traktor v lesnické úpravě. Zkratka SE značí jednodušší výbavu traktoru bez automatiky a v lese zbytečné elektroniky (např. automatické řazení, výkonnostní monitor, automatická klimatizace). Rovněž motor není nabit moderní elektronikou. Motor je jednodušší (bez vstřikování CommonRail a bez čtyřventilového rozvodu), výkon je dostatečných 61 kW. Výhodou je použití mokré vícelamelové spojky pojezdu, která umožňuje reverzaci pod zatížením.

Vlastní lesní úprava začala nemontováním zadního tříbodového závěsu již ve výrobě. Dále je stroj již z výroby vybaven převodovkou vývodového hřídele pro otáčky 540/1000ot.min⁻¹. Důvodem není využití 1000 ot.min⁻¹ pro naviják, ale to, že skříň této převodovky je mohutněji dimenzovaná. Na této skříni je totiž z části zavěšen i naviják. Je provedena také úprava urychlující navíjení lana. Při navíjení totiž elektromagnet posune táhlo vedoucí od plynového pedálu, a tím jsou zvýšeny otáčky motoru.

Rampovač vychází z čelního nakladače Quicke. Je osazen zesílenými písty a příčkami. Toto řešení má však jednu nevýhodu v tom, že v porovnání s běžným rampovačem je o něco delší, což může vadit při manévrování. Výhodou je ale větší zdvih a je to univerzální (lze nasadit i např. běžnou lopatu). Naviják je severské značky Igland.

Jedvoububnový s tahem 6 tun a elektrohydraulickým ovládáním. Naviják pracuje ve třech režimech. Jednak odvíjení lana (je uvolněna brzda i spojka navijáku), dále navíjení (povolena brzda a zapnuta spojka pohonu) a nakonec režim tažení (spojka vypnuta a brzda zabržděna). Brzda je pásová a slouží zároveň jako pojistka proti přetížení, kdy při zvýšeném tahu proklouzne. Zabudování navijáku je tak dobré, že vypadá, jako by byl traktor s ním vyráběn. Cena traktoru je 1.1 mil. Kč a nastavby 650tis. Kč (BROŽEK, 2009).

Goldoni Maxter W 70 SN

Traktor nemá kabinu, výkon 52 kW. Tento stroj je menší nežli ten výše popsany. Využití proto najde i v CHKO: Tam musí těžební technika splňovat přísnější normy. Týká se to i ochrany půdního podloží. Těžké traktory se do tohoto terénu nehodí. Na jejich místo nastupuje proto kůň, či železný kůň. Dá se použít i kloubový malotraktor Goldoni. Traktor i s lesní nastavbou stojí přes 1 mil. Kč. Výhodou kromě nízké hmotnosti (méně než 2 tuny, což je výhodné zvláště pro oblast podmáčených lesů Třeboňska) je i možnost jeho přepravy v dodávce (BROŽEK, 2009).

3.4.1.1. Přehled vybraných parametrů SLKT s lanovými navijáky

Výrobce a typ LKT 82 C HSM 805 John Deere 540G-III

Pojezd hydrostatický mechanický mechanický

Hmotnost [stroj kg] 9230 8600 10333

Palivová nádrž [l] 160 155

Výkon motoru [kW] 93 100 96

Motor točivý moment [Nm] 506 450

Výrobce motoru Cummins Iveco John Deere

Průtok hydrauliky [l.min⁻¹] 130 176 110

Hydraulika max. pracovní tlak [Mpa] 35 21 síla [kN] 2 x 80 kN 80 156

Naviják délka lana [m] 80 výrobce Loglift Loglift

Zdvihový moment [kNm] 93 93

Jeřáb otočný moment [kNm] 24 24

(BROŽEK, 2009).

3.4.2. Těžebně dopravní stroje (dále TDS, harvesterová technologie)

Tato technologie se v průběhu posledních let přirozenou součástí lesní mechanizace v ČR. Zpočátku byl tento způsob plošně odmítán. Důvodem byl vznik této technologie ve Skandinávii, že se tedy do našich podmínek nehodí a les dokonce poškozují. Nicméně současné odborné poznatky ukazují, že tento způsob má v našem hospodářství své místo. Záporné vnímání v současnosti je zapříčiněno nedostatečnou odbornou znalostí jak řídicích lesních zaměstnanců, tak i samotných operátorů těchto strojů. Východiskem pro nasazení této technologie je použití sortimentní těžební metody.

Účelem rozměrování a potom i krácení kmenů na dané sortimenty je zajištění jejich vhodného dalšího uplatnění. Je však třeba co nejvíce využívat možností automatické optimalizace, kterou zajišťuje řídicí a měřicí systém. Každý sortiment je tedy vyráběn s ohledem na co největší zpeněžení. Harvester zpravidla vyrábí více, než jeden sortiment, a to podle požadavku odběratele. U této technologie jsou (je-li prováděna správně) její dopady na životní prostředí sníženy. Důvodem je např. kladení větví a vrcholků stromů harvestorem na linky, po kterých pojíždí jak tento stroj, tak i následný vyvážecí traktor. Tím je pak povrch těchto linek chráněn před nadměrným rozbahněním, či utužením. Výřezy, přiblížené na odvozní místo zůstávají při této technologii čisté.

Jednotlivé sortimenty jsou ukládány do samostatných hrání. Jsou tak sníženy dopravní náklady, protože dřevo nemusí procházet manipulačně-expedičními sklady (MES). Z ekonomického hlediska je zde zkrácena doba celého výrobního procesu a snížení rozpracovanosti výroby. U běžných technologií s MES je doba obrátky zásob dřeva 25 dní, ale u těchto technologií jen 7 dní. Je rovněž zkrácena doba expozice dříví v lese. Zrychlení výroby je dáno těmito důvody: Současně s těžbou totiž probíhá manipulace sortimentů. A u klasických technologií dochází k prodlevám způsobeným různou výkonností nasazených prostředků (JMP, kůň, UKT). Nasazením výkonného harvesterového uzlu, kde jsou stroje výkonnostně sladěny, dochází ke zrychlení výroby. Podmínkou je ale to, že forwarder začíná svou činnost s co nejmenším zpožděním za harvestorem.

Harvester a vyvážecí traktor tvoří tzv. harvesterový uzol. Nicméně lze harvestory doplňovat i jinými prostředky např. lanové dopravní zařízení, či vyvážecí souprava. Nasazení harvestoru do jiné těžební technologie, kromě té sortimentní není doporučováno, a to ze dvou důvodů. Jednak nejsou naplno využity možnosti této technologie (možnosti měření, zvýšení bezpečnosti). Druhou věcí je to, že vznikají i

technické potíže, např. odvětvování stromů v celých délkách vede k lámání těchto stromů a k přetěžování jeřábu (DVOŘÁK, 2012).

3.4.2.1. Historický vývoj TDS v České republice

Používání těchto strojů v ČR je doloženo od poloviny 70. let 20. st. Prvními místy jejich výskytu byly severní a západní Čechy a severní Morava. V první fázi se používaly pouze jednooperační stroje (jednooperační proto, že vykonávají pouze jednu činnost – např. pouze kácení či pouze odvětvování). Jednalo se o procesory Logma. Byla používána kmenová metoda s motomanuálním kácením, přičemž procesor přímo na pasece odvětvoval stromy v celých délkách. Na procesor navazoval SLKT se svěrným oplenem jako přibližovací prostředek. Od roku 1977 nastoupila úplně nová technologie. Již se jednalo o harvestory zastoupené dvěma značkami, a to Volvo a Osa. Harvester Volvo vznikl jako nástavba na vyvážecí traktor. Harvester Osa měl již podvozek speciální. Jeho zadní boggie náprava byla hydraulicky vyrovnávána, a tak se mohlo pracovat i na větších příčných a podélných sklonech. Jako odvoz se používaly buď vyvážecí traktory, nebo SLKT se svěrným oplenem. Další generace strojů řešila upřednostňování dodávek sortimentů a potřebu úklidu těžebního odpadu. Začala se tedy používat v metodě stromové. Na SLKT Osa se svěrným oplenem byl přidělán hydraulický jeřáb s kácecí hlavicí. Hlavice strom pouze pokácela a následně byl jeřábem vložen do svěrného oplenu. Následně byl strom přiblížen na místo vhodné pro provedení odvětvení. Na tom místě vykonával odvětvovací a případně i druhozací činnost jeřábový procesor Steyr (nebo zřídka se vyskytující LKT D s odvětvovacím strojem OVP 1). Trendem počátku 80 let byly jednoúčelové kácecí stroje Osa a Kockums. Ty zajišťovaly pouze kácení. Stromy však neponechávaly v porostu, ale vyklízaly je z něj nesením k přibližovací linii. Výhodou byla jejich schopnost pracovat v porostech s přirozeným zmlazením. Při rozestupu přibližovacích linek 15 m totiž pokácely a vynesly dřevo bez poškození nárostu (DVOŘÁK, 2012).

V roce 1987 se ve světě objevily jednoúchopové harvestory druhé generace (Jednoúchopové proto, že provádějí kácení, zkracování a odvětvování těžební hlavicí. Dvouúchopové harvestory používají hlavicí kácecí. Touto hlavicí je strom pouze pokácen a následně vkládán do výkyvné procesorové hlavice nesené na zadní části podvozku. Procesorová hlavice plní všechny zbylé činnosti, jako je odvětvování, sortimentování a kubírování.). Do ČR dorazily tyto stroje v roce 1988, přesněji do lesního závodu Tachov.

Jednalo se o stroje Osa a FMG, které byly doplněny o vyvážecí traktory Norcar. Tyto stroje se používaly pouze v probírkách. V roce 1990 byly výjimečně nasazeny při odstraňování následků větrné kalamity na lesním závodě Přimda. V devadesátých letech se projevuje aktuální potřeba výchovy nejmladších porostů do 40 let věku, a proto bylo dovezeno několik harvestorů Timberjack 570 (pro lesní závody

Horní Planá, Vyšší Brod, Žatec a Blatná). Vyvážení jim bylo zajišťováno traktory Bruunet678 a Timberjack 810. Výroba malých harvestorů Timberjack 570 a Valmet 701 byla však roku 1995 zastavena. Důvodem byl nedostatečný odbyt těchto strojů, ale i skutečnost, že rozčleňování porostů (zejména šířka linek) musí být již od prvních zásahů stejné pro všechny kategorie harvestorů (je-li s harvestory uvažováno i pro další zásahy v budoucnu). Výrobci těchto malých strojů proto začaly doporučovat harvestory střední třídy (např. Timberjack1070, Valmet 901).

Během 80. a 90. let byly (místy jsou činné i dnes) u nás rovněž provozovány finské Harvestory Makeri 33T a 34T. Vyskytovaly se převážně u Vojenských lesů a statků (např. Plumlov, Sušice) a v lesních závodech Stříbro a Rájec. Tyto stroje měly smykem řízený kolový podvozek a kácecí hlavici připevněnou na krátkém výložníku. Operátor musel dojet ke kácenému stromu, který kácecí hlavici ustříhl, potom ho na stojato vyvezl na přibližovací linku, kde jej odvětvil a nakrátil na sortimenty. Nyní je však tato technologie, vhodnější pro borové porosty, překonána (DVOŘÁK, 2012).

V některých případech se těžební technologie obešly bez harvestorů, nicméně vyvážecí traktory použity byly. Zde byla použita sortimentní technologie zajišťovaná motomanuálně. Tento způsob byl sice pracný, ale použití vyvážecího traktoru bylo šetrné k porostu. Hlavně v porostu mladém a netvárném.

Rychlý rozvoj TDS je možno v ČR pozorovat od roku 2000. V roce 2002 zde bylo 60 kusů a roku 2005 již 140 kusů harvestorů (DVOŘÁK, 2012).

3.4.2.2. Předpoklady pro práci a samotná činnost operátora TDS

Co se předpokladů pro práci operátora (řidiče) těchto strojů, tento nemusí mít pro svou práci žádnou odbornost. Jedinou podmínkou je vlastnění řidičského oprávnění skupiny C nebo T, nemusí být splněno ani základní vzdělání, natož vzdělání odborné. Není povinný žádný kurz, ani žádné osvědčení (např. na práci s hydraulickým jeřábem). Z hlediska nároků lze operátora TDS srovnat s pomocným stavebním dělníkem. Nicméně někde odbornost operátorů je srovnatelná s výše uvedeným dělníkem, a to se projevuje

na kvalitě práce a spolehlivosti strojů. Nyní však je tlak na zákonodárné činitele ze strany učitelů TDS, aby urychlili vznik a schválení vyhlášky, jež by stanovila požadavky na odbornost operátorů.

Mezi předpoklady pro práci operátora patří např. rozvážnost (zbrkllost se v lese nevyplácí), aktivní přístup (předávání jeho poznatků pomůže ve vývoji dalších strojů), kladný vztah k informačním technologiím (hlavně měřící systém harvestoru) a manuální zručnost (při ovládání stroje a servisu). Častou podmínkou také bývá ochota operátora snášet pobyt mimo domov. Jedná se o přesuny za prací po ČR i do zahraničí. Proto zaměstnání jako operátor TDS vyhovuje spíše lidem svobodným (jak rodinným stavem, tak myslí).

Cílem každého provozovatele TDS je, pokud možno, nepřetržité vytížení technologie při vhodném počtu operátorů. Pro zajištění tohoto je nejrozšířenějším systémem turnusů, kdy operátor pracuje 10 dní na stroji (5 dní ranní a 5 dní odpolední směnu) a 5 dní je doma. Při tomto systému je nutno mít na každý stroj 3 operátory. V práci se střídají po 10 až 12 hodinách a při střídání provedou společně údržbu stroje. Osazení vyvážecí soupravy se uzpůsobuje výkonu harvestoru.

Denní činnost operátora se liší podle počtu směn. Jednosměnný provoz probíhá následovně. Po dostavení se operátora ke stroji se provede vizuální kontrola stroje (často dochází ke krádežím např. hasících přístrojů, nafty, či k úmyslnému poškození, a to i ze strany konkurence). Následuje doplnění pohonných hmot a provozních kapalin. Důležité je prohlédnutí pracoviště (linek, odvozního místa, v případě nového porostu seznámení se sortimentací a prohlídka rizikových míst). Při otevírání nového porostu by měla být uskutečněna prohlídka se zástupcem vlastníka lesa (zadání hranic pozemků, zadání sortimentace a předání technologické karty pracoviště). Tato prohlídka se bohužel v ČR provádí výjimečně.

Vyznačení linek by měl provádět zástupce vlastníka lesa. V případě práce v noci je nutné značit fosforizující barvou jak stromy, tak linky včetně kořenových náběhů u linky. Je-li toto všechno splněno, je možno začít se samotnou těžbou dříví dle zadané sortimentace a vyvážením hotových sortimentů na odvozní místo. Produktivita práce stoupá první 4 hodiny, potom je nutná přestávka (svačina, protažení těla). Potom následuje práce dalších 4–5 hodin. Doporučuje se tzv. pasivní přestávka (operátor nemusí opustit kabinu, jen na chvíli přerušit práci) v průběhu těch 4 hodin práce.

Operátor by během pracovní doby měl zvládnout základní servisní úkony (např. výměna hydraulických hadic). V případě větší poruchy musí být schopen odborně popsat závadu servisnímu technikovi.

Podkladem pro mzdové ohodnocení operátora TDS je množství vyrobeného dřeva a je brána v úvahu průměrná hmotnatost. U vyvážecího traktoru rozhoduje vyvážecí vzdálenost. Mezi nejčastěji uplatňované způsoby odměňování patří stanovení minimálního stálého základu s pohyblivou složkou dle výkonu. Operátoři s trvalým pracovním poměrem mají nárok na cestovné a stravné. Průměrná výše platu operátora TDS může dosahovat i dvojnásobku průměrného platu v ČR (DVOŘÁK, 2012).

3.4.2.3. Rozdělení harvesterové technologie

- 1) Podle charakteru těžby
 - a) Do probírek: výchovné zásahy do 60 let jehličnatého porostu
 - b) Střední probírky: výchovné zásahy do 80 let
 - c) Předmýtní a mýtní těžba: nad 80 a nad 100 let (DVOŘÁK, 2012)
- 2) Úřez harvesterové hlavice
 - a) Do 45 cm
 - b) Do 55 cm
 - c) 55, 65, 75, případně více cm (DVOŘÁK, 2012)
- 3) Dosah hydraulického ramene harvestoru
 - a) 6 – 8 m
 - b) 8 – 10 m
 - c) 10 a více m (DVOŘÁK, 2012)
- 4) Podvozek harvestoru
 - a) 4kolové, 6kolové s kloubovým řízením a pásové na podvozcích zemních strojů
 - b) 4, 6 a 8kolové pásové
 - c) 6 a 8kolové pásové (DVOŘÁK, 2012)
- 5) Podvozek vyvážecího traktoru

- a) 8kolové, pásové (v probírkách je nutná větší šetrnost)
 - b) 8 a 6kolové (6 kolové mají lepší manévrovatelnost v lesních porostech)
 - c) 6 a 8kolové do málo únosných terénů (DVOŘÁK, 2012)
- 6) Hmotnost harvestorů
- a) 8 – 10 t
 - b) 12 – 14 t
 - c) Nad 16 t (DVOŘÁK, 2012)

3.4.2.4. Harvestory určené do obtížných terénů

Menzi Muck:

Dle podvozku je tento stroj zařazen mezi harvestory na podvozku zemních strojů, přesněji na podvozku samohybného rýpadla. Obvykle se tento stroj užívá při čištění říčních koryt nebo při úpravě svahů. Je-li však na hydraulický jeřáb připevněna harvesterová hlavice se jménem Woody, pak se z něho stává těžební stroj.

Podvozek je vybaven výsuvnými stabilizačními podpěrami, které zajišťují stabilitu stroje na prudkých svazích. Pohyb na svahu a v neprůjezdných terénech je zajištěn jeřábem s hlavicí, která je pro tento účel vybavena podpěrnou patkou, o kterou se stroj při přesunu opírá (jako když se rýpadlo opírá o lopatu). Jeřáb nadzvedne jednu nápravu s podpěrami a následně zlomováním výkyvného a výsunem teleskopického ramene jeřábu se stroj posouvá na pojezdových kolech. Je tak schopen dosáhnout rychlosti až 4 km.h⁻¹.

Neuson – Ecotec:

Tyto stroje jsou vyráběny jen s pásovým podvozkem. Pro pásy obecně platí, že jsou pryžové (pro lehčí stroje do 11 t), kovové a kombinované (s oběma materiály). Nekonečné kovové pásy, jaké jsou používány i tímto výrobcem jsou složeny z jednotlivých článků. Pohon pásů je od hydraulicky poháněného vloženého hnacího kola, jehož trny zapadají do ok na pásu (zde se pro zajištění životnosti pryžových pásů používají oka vyztužená kovem).

Pásy jsou napínány přes řetězku a jsou vedeny na několika vodících kladkách. Podvozek je odpružen zkrutnými tyčemi. Hydraulika zajišťující pohon pásů má samostatný uzavřený okruh pro levý a pravý pás zvlášť. Tím je usnadněno směrové řízení

(děje se změnou rychlosti levého a pravého pásu, je při tom možno jeden pás zastavit a otočit se tak namíste). Výhodou těchto podvozků je vynikající trakce na málo únosných terénech, velká stabilita svahová dostupnost. Nevýhodou je hlavně zhoršená možnost přesunu mezi pracovišti (DVOŘÁK, 2012).

3.4.2.5. Moderní technologie v konstrukcích harvestorů a vyvážecích souprav

Od dvoumužné motorové pily se díky vývoji přešlo k pile jednomužné. Potom již pracovník usedl do kabiny různých těžebních strojů, např. zmíněných harvestorů. V příspěvku níže je však již popsán harvestor bez obsluhy sedící v jeho kabině.

Harvestor, jenž je ovládán dálkově, pracuje ve skupině tří strojů. Skupina má název TheBeast a tvoří ji dva vyvážecí traktory a jeden, již zmíněný, harvestor. Tyto tři stroje jsou ovládány pouze dvěma operátory, protože harvestor je ovládán z kabiny vyvážedky (sám kabinu nemá). Dosah dálkového ovládání je 300 m, z bezpečnostních a praktických důvodů se pracuje s nejvyšší vzdáleností 50 m.

Jednotlivé sortimenty dřeva jsou před odříznutím z kmene nasměrovány na ložnou plochu vyvážedky a po odříznutí na ní zůstanou. Ložná plocha proto umožňuje vodorovné otočení v rozsahu 360° a také příčný náklon $\pm 10^\circ$. Důvodem je dosažení lepší pozice ramene harvestoru a ložné plochy. Kábecí hlavice je vybavena dvěma řezacími ústrojími, tedy horní a spodní lištou. Toto řešení je vhodné pro zpracovávání polomů. Tímto způsobem se mírně zvýší výkonnost, protože nedochází k nakládání vyvážedky jejím jeřábem. Nicméně je na ni naloženo několik sortimentů, které se pak musejí postupně na odvozním místě roztrždit. Výhodou u harvestoru je nepřítomnost jeho kabiny, tedy možnost otáčení ramene s hlavicí ve větším rozsahu. Tato souprava strojů je ale navržena pouze pro holosečném způsobu těžby (DVOŘÁK, 2012).

Hybridní pohon vyvážecí soupravy s obchodním označením El – Forestforwarder: Zatím se jedná pouze o prototyp vyvážedky, jejíž nosnost činí 12 t nebo 14 t. Únosnosti 12 t činí pohotovostní hmotnost 8 t. V této hmotnosti je jedna z výhod tohoto řešení. Běžná vyvážedka se stejnou nosností mívá pohotovostní hmotnost 14 t, což je o 6 t více. K pohonu prototypu je použito naftového motoru, který má výrazně nižší výkon, než je u stejné nosnosti obvyklé. Výkon je jen 40 kW oproti běžným 120 kW. Tento motor pohání tři generátory elektrické energie, které potom nabíjejí šest samostatných akumulátorů, které jsou následně zdrojem pro šest nezávislých elektromotorů, jež pohání

kola. Při jízdě z kopce je stroj těmi elektromotory brzděn a vzniklou energií jsou dobíjeny akumulátory (dochází k tzv. rekuperaci energie).

Hybridním pohonem lze snížit spotřebu paliva o 35–50 %. Každé kolo má vlastní elektromotor, čímž je umožněno přesně nastavovat jejich otáčky. To se využije pro zlepšení záběru, prokluzují-li některá kola. Význam to má i při jízdě v zatáčce, kdy je omezeno smýkání kol ve vnitřní straně zatáčky. Tím se prodlouží jejich životnost a nepoškozuje se povrch půdy. Je tak rovněž umožněno použití větších kol, jimiž je zvýšena světlá výška stroje. Součásti elektrického přenosu výkonu na kola nejsou tak těžké jako v případě přenosu mechanického. Je tedy snížena pohotovostní hmotnost, a tím i měrný tlak pneumatik na povrch půdy. V současnosti do tohoto typu stroje investuje od roku 2007 společnost Volvo. První dodávka stroje měla proběhnout v roce 2008 pro Švédské státní lesy. Dodávky sériových strojů pro vnitřní trh Švédska mají začít na jaře 2009.

Dalším vylepšením je tzv. Angledcrane, což je hydraulický jeřáb harvestoru, jenž umožňuje, kromě běžného horizontálního, i zlomení vertikální o $\pm 30^\circ$. Vývoj proběhl u společnosti Cranab. Horizontální zlomení je uskutečněno ve zlamovací části mezi hlavním sloupem a zlamovacím ramenem. Vertikální zlamování je v této části zachováno. Výhodou to je zejména v probírkových porostech. Je zde lepší dosažitelnost pro více stromů z jedné pozice harvestoru. Tím je snížen podíl času na pojezd stroje. Toto nové vychýlení jeřábu umožňuje operátorovi snížit poškození stromů. Prvními výzkumy bylo ukázáno zvýšení dosažitelnosti stromů o 30 % a vyšší výkonnost v probírkách o 8 %.

Pro omezení poškození lesní půdy od kol vyvážecího traktoru je určen systém Tirepressurecontrol. Spočívá v regulaci tlaku v pneumatikách, protože tlak jejich huštění má vliv na působení kol na půdu. Snížením tlaku v pneumatice dojde ke zvýšení její styčné plochy s povrchem půdy či cesty. Nižší je tedy i měrný tlak na tuto podložku.

Snížením tlaku jsou rovněž zlepšeny záběrové vlastnosti pneumatik, tedy i terénní dostupnost. Tlak je ovládán buď automaticky, nebo ručně. Např. v Kanadě je zákonem umožněno při použití tohoto systému na odvozní soupravě zvýšení její celkové hmotnosti o 6 t, a tím jsou sníženy i jednotkové náklady na odvoz dříví. V České republice je tohoto využito u traktorů vykonávajících polní práce (kde se snížením tlaku zlepší tahové vlastnosti), u strojů pohybujících se střídavě mezi polem a silnicí (na poli nízký tlak pro nižší tužení a na silnici větší tlak pro nižší spotřebu paliva a vyšší životnost

pneumatik), nebo u prostředků, jež vykonávají činnost na málo únosných terénech (např. podmáčené louky).

Pro účinné zpracování celých stromů, hlavně pro energetické účely je určen stroj s názvem Harboundler. V překladu se jedná o kombinovaný harvestor s balíkovačem. Stroj je určen pro nasazení v prořezávkách a probírkách. Je použita víceúchopová harvestorová hlavice (anglicky multi-treehandlinghead). Je tím umožněno pokácet více stromů na jedno vysunutí ramene. Po odkácení jsou stromy předány balíkovacímu zařízení, jež je umístěno na ložné ploše. Stromy jsou stlačeny v lisu, potom ovinuty motouzem, a nakonec je tento balík po dosažení jeho nastavené délky odříznut řetězovou pilou. V ucelené technologii na tento stroj navazuje vyvážka pro odvoz balíků z porostu. Výhoda balíků spočívá v možnosti jejich odvozu ke zpracování dopravními prostředky pro určenými běžné dřevo. Je tedy snazší logistika. Další kladná vlastnost je možnost dlouhodobého skladování balíků, na jehož konci je materiál i proschlý, tedy energeticky hodnotnější. Ve srovnání s technologií štěpkování je nevýhodou štěrky právě ta nemožnost dlouhodobého skladování (DVOŘÁK, 2012).

3.4.2.6. Novinky na těžebně dopravních strojích uvedené podle jejich výrobců

Valmet (Komatsu Forest)

Zde jsou novinkou řídicí systémy, jejichž zastřešujícím názvem je Maxi. Dílčí části tohoto systému jsou tři, a to Maxi Xplorer pro harvestory, Maxi Forwarder pro vyvážky a Maxi Head pro stroje vybavené hlavicemi Valmet. Hlavní změnou je osazení výkonnými procesory, které tak vlastně zrychlují práci celého stroje. Tímto systémem jsou online propojeny těžebně dopravní stroje pracující v lese, majitel těchto strojů i zpracovatel vytěženého dřeva. Je zde rovněž seznam náhradních dílů i manuál, to vše pod názvem ESS. Je schopen pracovat s GIS (geografickým informačním systémem) a má připojení na internet.

U forwarderů došlo k nahrazení modelů 840 a 860 novými s označením 840.4 a 860.4. Nejdůležitějším vylepšením je nová konstrukce boggie nápravy. Má lepší stoupavost ve strmém terénu a zachovanou vysokou světlost. Dále jsou nově hydraulicky zvyšované klanice (LoadFlex). Byla o 2 cm prodloužena vzdálenost mezi osami kol na jedné loggie nápravě za účelem možnosti použít řetězy na každé kolo zvlášť. U harvestorů Valmet rovněž nabízí kabinu na společné otočí s jeřábem.

John Deere dříve Timberjack (viz. Obr. 3.)

U této společnosti je hlavní novinkou loni představená modelová řada E. Zásadními vylepšeními prošly jak harvestory, tak vyvážecí traktory.

Na první pohled je nová kabina vybavená otáčecím a polohovacím zařízením, která je vyráběna v německém továrně v Brushalu (zde jsou vyráběny i kabiny pro traktory). Tato kabina je použita i u forwarderu. Není nutné již žádné otáčení operátora na sedačce. Tuto činnost provede kabina samočinně. Toto řešení velmi zvyšuje kvalitu práce. Dalším prvkem zvyšující pohodou při práci je možnost chladičového boxu i zařízení pro ohřev jídla.

Motory jsou konstruovány na plnění platných emisních norem a mají zvýšený výkon. Změnou je použití ventilátoru chlazení s otočnými lopatkami (při otočení směru proudění vzduchu jsou nečistoty předtím zachycené v chladiči vyfukovány ven. Ventilátor je poháněn hydraulicky a intervaly profukování jsou pravidelné a nastavitelné. Vzduch nasávaný ke spalování je ještě před vlastním filtrem předčištěn v soustavě rotačních kanálků, kde je oddělena většina nečistot. Toto řešení prodlužuje interval čištění hlavního filtru. Filtr hydraulického oleje, kromě nečistot, odstraňuje i vlhkost

Harvestory mají nové jeřáby, přičemž u jednoho jeho typu (CH7) byl zdvihový moment zvýšen o 26 % a moment otočný o 12 % oproti typu 210H.

Změny, které nejsou vidět, prodělal i elektronický řídicí a měřicí systém. Komponenty tohoto systému jsou teď již jen vlastní výroby. Nové uživatelské rozhraní sjednocuje systémy Timber Matic 300, TMC a SilviA do jednoho balíku s názvem Timber Matic H09 u harvestoru a u forwarderu F09. Forwarder může mít rovněž verzi zjednodušenou s názvem Command Center (toto je používáno i na traktorech John Deere ve výbavě Premium). Diagnostický modul byl nově doplněn možností online sledování tlaku oleje v hydraulickém systému. Systém Timberlink, určený pro sledování provozuschopnosti a výkonnosti strojů, byl též vylepšen. Doposud byl dostupný pouze pro harvestory (Timberlink H), nová verze počítá i s využitím pro forwardery (F), kde může být sledována jeho výkonnost v jednotlivých pracovních fázích (jízda do a z porostu, nakládání a vykládání). V palubním počítači je rovněž uložen návod k obsluze i seznam náhradních dílů. To mnoho výrobců v současnosti na trhu nenabízí.

Pro zjednodušení údržby jsou kryty na stroji otevírány elektricky. Místa pod kryty jsou i dostatečně osvětlena. Rovněž kabina je do servisní polohy naklápěna elektricky.

Plánování termínů pravidelné údržby velmi zefektivňuje služba pro analýzy převodového, motorového i hydraulického oleje a chladicí kapaliny motoru. Tím se minimalizují odstávky stroje a prodlužuje se jeho životnost. Složení oleje totiž vypovídá o nutnosti jeho výměny i o stavu opotřebení stroje. Díky pravidelným odběrům vzorků a jejich rozborům je možno předem určit nastávající potíže. Tuto potíž lze potom odstranit v naplánovaném čase. Rozbory oleje samozřejmě umožňovaly i předcházející stroje. U nové řady E je k odběru vzorku určen v hydraulickém systému bod, z něhož se vzorky odebírají. Laboratoř jako výsledek analýzy uvede s online přístupem doporučení k údržbě stroje. Je sledováno 26 prvků v těchto kapalinách. Je tak možno i prodloužit interval výměny dané náplně (DVOŘÁK, 2012).



Obrázek 3: Harvester John Deere 1470 E

Zdroj: <http://www.intrac.lv/john-deere-1470e-harvesters/en>

Ponsse

Zde je novinkou použití desetikolového podvozku na vyvážecím traktoru. Hlavním účelem vývoje byla šetrnost k půdě na měkkých terénech se malou únosností např. na rašelinném podloží. Výzkum prokázal, že tato vyvážecí souprava, naložená 10tunami dřeva, působila na povrch půdy tlakem 26 kPa, což odpovídá tlaku vyvozeném lidskou botou. Pro odvoz stejného množství dřeva je s tímto řešením podvozku nutno méně

přejezdů, než při použití např. osmikolového podvozku. Je to dáno jednak tím, že v daných podmínkách odveze větší hmotnost dřeva při nižším tlaku na půdu. Tímto podvozkem lze dodatečně vybavit i starší modely vyvážecích souprav (viz. Obr. č. 4).



Obrázek 4: Vyvážecí souprava Ponsse 10w

Zdroj: [http://www.ponsse.com/media-archive/images/products/forwarders/ponsse-10w/\(offset\)/24](http://www.ponsse.com/media-archive/images/products/forwarders/ponsse-10w/(offset)/24)

Dalším zajímavým výrobkem této společnosti je stroj Ponsse Dual Harwarder. Stroj může být převeden z harvestoru na vyvážecí soupravu v rámci několika minut. Může pracovat tam, kde by nebylo únosné provozovat tyto dva stroje odděleně. Například při těžbě tenkého dřeva, kdy výkonnost harvestoru a vyvážecí soupravy není v rovnováze. Zde je totiž harvestor pomalejší než za ním jedoucí vyvážecí souprava. Při těchto těžbách může být stroj Dual nasazen společně s harvestorem a zvýšit tak jeho výkonnost. V rámci následného vyvážení by pak mohl stihnout vyvézt dřevo od sebe i od harvestoru. Během samotné přeměny vyvážecí soupravy v harvestor, mohou být odstraněny klanice a přední ochranný štít z ložné plochy.

Při výměně drapaků za hlavici na hydraulickém jeřábu je propojení hydraulických hadic jednoduché. Jsou totiž soustředěny do společného propojovače. Tento způsob je obvyklý u připojení žacích lišt ke sklízecím mlátičkám a u čelních traktorových nakladačů. Samotná hlavice i drapak jsou měněny pomocí rychloupínacího systému.

Hlavice může být v běžném provedení, zde je užíván typ Ponsse H53. Tato má úřez 520 mm, sílu válcúposuvu 18 kN a rychlost posuvu 4 m.s-1. Další možnou hlavici je Ponsse EH25. Zde se jedná o hlavici pro těžbu dřeva pro energetické účely. Tato má úřez 250 mm a váží 490 kg. Její zvláštností je to, že postrádá odvětvovací nože i válce posuvu. Místo toho jsou tam drapákové kleště. Je určena pro kácení. Následně je schopná uchopovat jednotlivé kmeny po jejich pokácení. Takto může být pokáceno a uchopeno i více kmenů zároveň před tím, než jsou jeřábem naloženy na ložnou plochu (viz. Obrázek 5 a Obrázek 6).

Stroj může být vyroben na osmi nebo šestikolovém podvozku podle přání zákazníka. Dále jsou děleny podle užitečné hmotnosti na Buffalo Dual (14 t užitečná hmotnost, 5,1 m² ložné plochy, 205 kW, 1100 Nm a nádrž na 200 l paliva) a Wisent Dual (12 t, 4,5 m², 129kW, 675 Nm, 130l).



Obrázek 5: Ponsse Buffalo Dual

Zdroj: <http://www.ponsse.com/products/dual-harwarders/buffalodual>



Obrázek 6: Ponsse Winsent Dual

Zdroj: <http://www.ponsse.com/products/forwarders/buffalo>

3.4.2.7. Hospodářský způsob holosečný

Ačkoliv předchozí citované definice používaly termín pasečný hospodářský způsob ve Vyhlášce MZe č. 83/1996 Sb. podle § 1 odst. 7 písm. c), která provádí zákon č. 289/1995 Sb., o lesích, jsou hospodářské způsoby v alternativách rozlišeny na: podrovní, násečný, holosečný a výběrný. Tato vyhláška definuje holosečný hospodářský způsob jako způsob, při kterém probíhá obnova lesních porostů na souvislé vytěžené ploše, širší než průměrná výška těžného porostu. Nejednotnost současné legislativy s literaturou dokládá (LESNICKÝ SLOVNÍK NAUČNÝ, 1995), podle kterého se v našich lesích používá pasečný hospodářský způsob, který má formu holosečnou, násečnou a podrovní, a výběrný hospodářský způsob (KOUBA, 1995).

3.4.2.8. Hospodářský způsob pasečný.

Pasečný hospodářský způsob popisuje (POLENO, 1998) takto: Při pasečném hospodářském způsobu je objektem hospodaření lesní porost na určité ploše (pasece, obnovní ploše apod.). Výrobní cyklus se odehrává na dílčích plošných jednotkách, které se od sebe zřetelně věkově odlišují, což vede k časovému i prostorovému odloučení

základních opatření (obnova, výchova) na těchto plochách. Principy výběru se uplatňují jen omezeně, zpravidla pouze při výchovné těžbě. Základními nástroji hospodářské úpravy jsou plocha, obmýtí, věk a velikost porostní zásoby.

3.5. Těžebně dopravní technologie v porostech borovice lesní

V současnosti je možné k těžbě dříví využít široké spektrum těžebně-dopravních technologií, vždy je však nutné zvážit vhodnost použití dané technologie, a to jak z hlediska technologie či efektivity práce za daných přírodních a stanovištních podmínek, tak i s ohledem na minimalizaci škod na lesní půdě a porostu. Jedním z nejdůležitějších parametrů je i druh těžené dřeviny včetně příslušných specifik. Následující text pojednává o možnostech nasazení různých těžebně-dopravních technologií včetně alternativních způsobů, při těžbě a zpracování sortimentů z borovice lesní (*Pinus sylvestris*) v přírodě blízkých způsobech hospodaření.

3.6. Specifika borovice lesní z pohledu lesní těžby

Borovice lesní se vyznačuje habitem typickým pro listnaté dřeviny, v porovnání se smrkem ztepilým má častější výskyt křivosti kmene a má velmi silné větve. Tyto základní vlastnosti poněkud ztěžují využití harvesterové technologie kvůli pracnějším zpracování kmene, nejvíce při průchodu kmene harvesterovou hlavicí (SLUGENĚ et al., 2014, ERBER et al., 2016). Kmeny borovice lesní mají zpravidla zanedbatelné kořenové náběhy a kmeny jsou kryty silnou borkou, což přispívá k nižšímu riziku poškození kmenů při těžbě v porovnání se smrkovými porosty. Kúlový kořen borovice lesní zajišťuje dobrou stabilitu a odolnost vůči větru, čehož se využívá v případě ponechání výstavku na holé seči za účelem přirozené obnovy lesa (POLENO, VACEK et al., 2007a, 2007b). Dřevo borovice je poměrně křehké, což způsobuje vysoké riziko poškození sněhem, příp. námrazou (VICENA, 2003).

4. Metodika

Celá problematika těžebních technologií v porostu borovice lesní, byla zpracována v rámci literární rešerše na základě studované odborné literatury. A dále byla provedena případová studie, která se zabývala vlivem těžebních technologií na porost.

4.1. Metodika zjišťování míry poškození lesního porostu vlivem těžby

Hlavní těžiště sběru dat bylo v čistě borových porostech s výskytem náletu ve fázi semenáčů až podrostu do výšky cca 4 metrů. Pro vyklizování byly v daných porostech

užity koně různého věku s různým kočím. Kůň vyklizuje sdružené výřezy délky do osmi metrů, jež jsou dále manipulovány na vývozním místě podél přibližovacích linek. Na ploše Marjánka bylo provedeno měření časové bilance při použití harvestorové technologie. V porostech, kde se doposud nevyskytoval nálet cílových lesních dřevin, byla těžba provedena za užití harvestorového uzlu. Šlo především o porosty, kde byla dále plánována mechanizovaná příprava půdy.

Harvestorový uzel sestával z harvestoru značky Rottne H 20 a forwarderu Rottne. Porosty se nacházely na rovném bezpřekážkovém terénu se sklonem do 5 %, průměrná přibližovací vzdálenost nepřesahovala 350 metrů. V případové studii zahrnující všechny porosty, kde doposud proběhla těžba v rámci výzkumného projektu, byla pro hodnocení poškození půdy a porostu použita tzv. Německá metoda zkusných ploch.

V této metodě se porost hodnotí podle míry poškození půdy i porostu na jednotlivých zkusných plochách. Zkusné plochy mají tvar kruhu o poloměru 12,6 metru (což odpovídá ploše 0,05 ha), nebo tvar čtverce o délce strany 20 m (odpovídá ploše 0,04 ha), a to z praktických důvodů, kdy se čtvercová plocha v porostu snáze vytyčuje. Počet zkusných ploch ve zkoumaném porostu se určuje dle nomogramu (NERUDA et al., 2011), avšak u menších porostů, tj. porosty do 2 ha, se obvykle hodnotí jako celek. Zkusná plocha má vždy svůj střed ve středu vyvážecí linky. Rozstup mezi jednotlivými plochami na vyvážecích linkách se určuje dle délky vyvážecích linek a celkového počtu zkusných ploch. Na zkusné ploše se následně měří hloubka a charakter kolejí.

Hloubka kolejí se měří vždy v místě, kde kolej protíná obvod zkusné plochy, tj. na čtyřech místech u každé zkusné plochy.

Poškození stromů se stanovuje vždy dle největšího poškození, přičemž se za strom těžbou poškozený považuje ten, který má poškození větší jak 10 cm². Více malých poškození je však možné sčítat (není-li mezi nimi pruh nepoškozené kůry širší než 10 cm (NERUDA et al. 2005, 2011)). Dále se zaznamenává výška poškození. Při tom je rozhodující, jestli se poškození nacházejí ve výšce do jednoho metru od povrchu země nebo výše, uvažuje se nejnižší místo zranění (NERUDA et al., 2005).

Z praktických důvodů je poškození zaznamenáno do jednotlivých tříd podle velikosti a to takto: poškození do 10 cm², do 50 cm² do 100 cm² a poškození s velikostí větší než 100 cm². V zápisníku jsou všechna poškození do výšky 1 metru zaznamenávány společně, zatímco poškození ve výšce nad 1 metr se zaznamenává zvlášť s uvedením

konkrétní výšky. Do hodnocení je zahrnuto i viditelné poškození kořenů, ale jen do vzdálenosti jednoho metru od kmene. Do hodnocení jsou zahrnuty jen stromy s výčetní tloušťkou nad 7 cm. Výsledkem je zjištění počtu poškozených stromů v %.

Doposud hodnocené porosty byly menších rozměrů (tj. do 2 ha), ve kterých se hodnotí poškození půdy i porostu na celé ploše provedené těžby (NERUDA et al., 2011). Proto bylo nutno upravit především způsob, kterým se vytyčí body na vyjetých kolejích, aby bylo možno měřit jejich hloubku. U zkusných ploch čtvercového tvaru jsou body na obvodu zkusné plochy od sebe vzájemně vzdáleny 20 metrů a z tohoto důvodu bylo rozhodnuto, že hloubka kolejí se bude měřit na všech kolejích v daném porostu, a to ve vzdálenosti 20 metrů. První měřicí bod na začátku každé koleje byl vzdálen vždy 10 metrů od okraje porostu.

5. Výsledky, diskuze

Na lokalitě Skelná Hut' nebyly žádné škody na porostní půdě zaznamenány, podobně tomu bylo i na lokalitě Lesopark. Důvodem může být časová prodleva mezi provedením těžby a zjišťováním škod na půdě a zároveň značná resilience této části lesního ekosystému, kdy dochází k obnově bylinného, příp. mechového patra řádově po několika měsících. Na plochách Marjánka a Židlov nebyly škody na půdě měřeny, v prvním případě z důvodu následné mechanické přípravy půdy pro obnovu a ve druhém případě kvůli provedené holoseči.

Tabulka 1: Přehled poškození stojících stromů za užití různých mechanizačních prostředků

Lokalita	Mechanický prostředek	Zakmenění	Poškození stromů stávajícího porostu	
			Ks (absol.)	Ks/ha
Marjánka 1	harvestorový uzel	7	7	4,7
Marjánka 1	harvestorový uzel	5	6	4
Marjánka 1	harvestorový uzel	3	6	4
Swamp	kůň + UKT + přívěs	7	9	6
Swamp	kůň + UKT + přívěs	5	6	4
Swamp	kůň + UKT + přívěs	3	8	5,3
Marjánka 2	harvestorový uzel	7	34	23
Marjánka 2	harvestorový uzel	5	20	13
Marjánka 2	harvestorový uzel	3	44	29

Přestože se harvesterová technologie považuje za aktuálně nejšetrnější technologii lesní těžby s poškozením stávajícího porostu cca do 5 % (BUSTOS, EGAN, 2011, DVOŘÁK et al., 2012), ukazuje se, že tato hodnota může často velmi kolísat v závislosti na použité technice, ale především na schopnostech a dovednostech operátora, což dokazuje tabulka 1.

Je tak nutné ještě před zahájením těžebních prací tuto skutečnost akceptovat a smluvně ošetřit (dojednat případné sankce za poškození stávajícího porostu, které jsou zásadně motivující ke kvalitnějšímu provedení prací, poněvadž operátor i majitel techniky se tak stávají finančně závislejšími na kvalitě provedených prací). Ukázalo se, že harvesterová technologie je schopna dosáhnout i nižšího stupně poškození než kombinace kůň + UKT s přívěsem, ale také značně vyššího stupně poškození, a to především v souvislosti s výběrem operátora.

Na základě pečlivého rozlišení poškození vznikajících během těžebně-dopravních operací a ostatních následujících činností vyplývá, že převážná část poškození (obvykle nad 80 %) vzniká vlivem těžebně dopravních operací. Je to dáno především větší frekvencí pohybu strojů v porostech, kde je během těžby mnohem větší počet stromů na jednotku plochy, přičemž je větší pravděpodobnost poškození cílových zůstávajících stromů, například v porovnání s přípravou půdy, kdy jsou již porosty vyklizené a je tím pádem mnohem lepší manévrovatelnost s lesní technikou.

Tabulka 2: Škody na porostní půdě v lokalitě Swamp

Stupeň poškození	Plocha v m ²	V % porostní plochy
1	216,82	0,53
2	603,01	1,48
3	83,88	0,21

Plošné poškození půdy v porostu bylo zhodnoceno na lokalitě Swamp (Tabulka 2). Na této ploše byla změřena plocha všech míst, které vykazovaly viditelné známky poškození vlivem soustředování dříví. Pro hodnocení míry poškození byl použit třístupňový systém, kde stupeň 1 značí narušení pouze svrchního horizontu L a obnažení horizontu F, stupeň 2 značí již odkrytí horizontu F a obnažení horizontu H, stupeň 3 značí obnažení minerálního podkladu (písek).

Tabulka 3: Příklad zjištěných hodnot při vyklizování dříví koňmi z porostů s hustým podrostem (průměrné hodnoty)

Cesta VM – P		Sestavení nákladu		Cesta P – VM		Uložení nákladu		Produktivita	Přibliž. vzdál.	Neproduct. Čas
S	%	S	%	S	%	s	%	m ³ /h	M	%
35	26,2	44	33,2	45	34,3	8	6,3	5,9 – 7,5	16,3	1,6

Za pomoci časových snímků dle uvedené metodiky byla zjištěna časová náročnost vyklizování dříví z porostů s kvalitním podrostem za pomoci koňského potahu (DVOŘÁK et al., 2012).

Zjištěné průměrné hodnoty při vyklizování dříví koňmi z porostů:

- Cesta z lokality VM na P (s)
- Vyklizování %
- Cesta z lokality P na VM (s)
- Uložení nákladu (s)
- Produktivitu (s)
- Přibližovací vzdálenost %
- Neproduktivní čas (s)

Z naměřených hodnot jsme vypočítali průměrný čas vyklizování, který potřebujeme na animalní způsob vyklizování na 1m³.

Na základě předběžných výsledků nebyl mezi jednotlivými koňmi a jejich obsluhou významný rozdíl ve výkonnosti s tím, že v daných porostních podmínkách dosahuje koňský potah údajů uvedených v Tabulce 3.

Tabulka 4: Spotřeba času při přibližování dříví vývozní soupravou (prům. hodnoty odpovídající jednotlivým fázím prac. operace)

Cesta OM – porost		Sestavení nákladu		Cesta porost – OM		Uložení nákladu		Produktivita	Přibliž. vzdál.	Neproduct. čas
S	%	S	%	S	%	S	%	m ³ /h	M	%
355	10,6	1850	55,8	388	11,7	726	21,9	6,2 – 7,9	380	5–8

Při následném vyvážení sortimentů z vývozního místa byla užita vyvážecí souprava sestávající z univerzálního kolového traktoru a vyvážecího přívěsu s hydraulickou rukou (UKT Zetor 11441 Forterra s přívěsem Palmse). Vyvážecí souprava je v těchto

podmínkách s kvalitní technologickou předvýrobní přípravou pracoviště schopna dosahovat hodnot uvedených v Tabulce 4. Porosty se vyskytovaly na rovině s bezpřekážkovým terénem, lesní cesty měly zpevněný povrch.

Tabulka 5: Příklad spotřeby času při těžbě dříví harvestorem

Jízda Ha do nov. post.		Přisunutí těž. hlavice		Sevření a pokácení str.		Zpracování kmene		Produktivita	Prům. hmotnatost	Neprodukt. čas
S	%	S	%	S	%	S	%	m ³ /h	m ³	%
4,2	8,6	3,1	6,3	5,6	11,4	36,1	73,7	41	0,74	17

V Tabulce 5 jsou zaznamenány výsledné hodnoty harvestorového uzlu, který se skládal z harvestoru značky Rottne H 20 a forwarderu Rottne. Překážkový terén byl ve sklonu do 5 % a průměrná přibližovací vzdálenost nepřesahovala 350 metrů.

V tabulce se nachází hodnoty (zleva do prava):

- Jízda harvestoru do nového postavení v sekundách (s)
- Přesunutí těžební hlavice - výsledek v %
- Sevření a pokácení stromu v sekundách (s)
- Zpracování kmene v %
- Produktivita v (s)
- Průměrná hmotnatost v %
- Neproduktivita strojů v (s)

Tabulka 6: Procentuální vyjádření poškození porostu na ploše Skelná Hut'

Poškození do výšky 1 metr				
Velikost poškození	do 10 cm ²	do 50 cm ²	do 100 cm ²	nad 100cm ²
%	0,74	0,56	1,30	12,85
Poškození kořenů				
Velikost poškození	do 10 cm ²	do 50 cm ²	do 100 cm ²	nad 100cm ²
%	0,00	0,19	0,37	0,19
Poškození do výšky nad 1 metr				
Velikost poškození	do 10 cm ²	do 50 cm ²	do 100 cm ²	nad 100cm ²
%	0,37	0,19	0,74	2,23
Celkové % poškozených stromů v porostu				18,63

V Tabulce 6 jsou zaznamenána data poškození porostu na ploše Skelná Hut'. Poškození se v tabulce dělí do třech typů:

- Poškození do výšky 1 metr
- Poškození kořenů
- Poškození do výšky nad 1 metr

Co se týče rozměrů nebo míry poškození, tak naměřená procenta poškození dělíme v tabulce do čtyř sloupců..

- Poškození do 10 cm²
- Poškození do 50 cm²
- Poškození do 100 cm²
- Poškození nad 100 cm²

Determinace vlivu těžebně dopravní techniky na lesní porost a půdu nemá zatím žádnou mezinárodně uznávanou metodiku. V současnosti existují pouze národní referenční metodiky. Jde např. o Německou metodu, metodu McNabba užívanou v USA, Finskou metodu a metodu McMahona užívanou na Novém Zélandu a v Kanadě (NERUDA et al., 2005, SKOUPÝ et al., 2011). Proto je vždy nutné zvážit výběr dané metodiky s ohledem na hlavní účel zjišťování poškození půdy či lesního porostu.

6. Závěr

Na základě studia odborné literatury je možné konstatovat, že pěstování borovice lesní je v podmínkách České republiky perspektivní, zastoupení porostů borovice lesní se mírně zvyšuje a je zde patrná snaha uplatňovat přírodě bližší způsoby hospodaření i v případě této dřeviny. Mezi hlavní přednosti borovice lesní řadí více autorů především stabilitu porostu (hluboké kořeny) a velké rozpětí vhodných stanovištních podmínek.

V porovnání rešerše a výsledků v metodice jsou neznatelné rozdíly procentuálního poškození celkového porostu borovice lesní na ploše Skelná Hut'. Součástí této práce je i porovnání dat z LHE za co nejdelší období.

Hlavní závěry práce lze shrnout do několika bodů:

- Borovice lesní má v podmínkách ČR značný potenciál.

- V porostech borovice lesní lze úspěšně využívat přírodě blízké způsoby hospodaření a lze předpokládat, že tyto způsoby se budou využívat v budoucnosti stále častěji.
- V přírodě blízkých způsobech hospodaření je třeba volit šetrné technologie, pomocí nichž lze minimalizovat škody na porostní půdě i na stromech.
- Použití šetrných technologií je náročnější a přináší zvýšené náklady, vzhledem k úspoře nákladů v souvislosti s využitím přirozené obnovy se však náklady na obnovu naopak snižují.
- Na výši škod má vliv nejen zvolená technologie těžby, ale též lidský faktor – zkušenost pracovníků (např. operátora harvestoru) a ten může být zcela zásadní.
- Výsledky případové studie ukazují, že škody na porostu při těžbě v podroostním hospodaření jsou relativně nízké, ale vlivem lidského faktoru mohou být významné.
- Škody na porostní půdě v porostech borovice lesní jsou především v rovinatých terénech zanedbatelné.
- Náklady na těžbu jsou v podroostním hospodářském způsobu vyšší v porovnání se způsobem holosečným. Vzhledem k veškerým výhodám podroostního hospodářství se však zvýšené náklady na lesní těžbu mohou v budoucnosti vrátit během zakládání a výchově následných porostů.

Pro doporučení vhodnosti užití jedné z porovnávaných technologií se musejí brát v potaz tyto faktory, které ukazují na vhodnost, popřípadě nevhodnost volby technologie těžby. Při volbě vhodné technologie musí být těžba vždy prováděna v souladu s lesním hospodářským plánem.

Dále musí být vhodnost vyhodnocena na základě řady kritérií. U harvestorové technologie je důležité:

- Zjištění celkového objemu dřeva pro těžbu dle převládajících hmotností na základě předpisu hospodářského plánu. Přitom se musí respektovat profil a půdní podloží porostu, což znamená sklon, druh a stav pojízdnosti podloží, pro pojízdnost harvestoru musí být únosnost půdy nejméně 5–7 % CBR.

- Zjištění stavu přístupových cest k probírkovému porostu. Počet sortimentů, které mají být vyrobeny s ohledem na požadavky trhu. Vyšší počet sortimentu než tři způsobuje při odkládání dřeva v porostu potíže a snižuje se výkonnost stroje.
- Plánování denního těžebního objemu předem. Těžební bloky by měly poskytnout několikadenní práci pro jeden těžební řetězec. Minimální objem těžebních prací v jednom bloku by se měl pohybovat od cca 1000 m³ v probírkách a 3000 m³ v mýtních těžbách. Přesun po vlastní ose stroje by neměl být delší než 20 km.
- Po prohlídce porostu by měl majitel harvesterové technologie zvolit dle terénu a těžené hmotnosti vhodný typ stroje. Při práci v porostu se klade velký důraz na bezeškodný průběh těžebních prací.

Cena práce se odvíjí od nákladů na provoz stroje a parametrů zakázky, tj. klasifikace terénu, těžená hmotnost, vyvážecí vzdálenost, počet sortimentů, množství náletu.

Závěrem bylo zjištěno, za jaký čas se zpracuje 1 m³ dřeva daným způsobem a v daných podmínkách. Zároveň byl zjištěn celkový způsob obhospodařování lesa na místě měření. Zpracování zahrnuje pokácení, odvětvení a případnou sortimentaci.

Porosty se vyskytovaly na rovině s bez překážkovým terénem, lesní cesty měly zpevněný povrch.

Během studie se ukázalo, že přítomnost podrostu nemá zásadní vliv na spotřebu času, pouze se zvyšuje čas na fázi pracovní operace – „jízda stroje do nového postavení“. Výkonnost a produktivita práce je v obou případech srovnatelná, avšak spíše více závisí na dovednostech operátora.

Na základě srovnání hodnot časové náročnosti těžby harvesterovou technologií v podrovním hospodářství docházíme k závěru, že časová náročnost je v těchto podmínkách v průměru jen mírně zvýšená oproti klasickým podmínkám. Nasazení této technologie tedy přináší mírně zvýšené náklady v těchto specifických podmínkách. Bereme-li v potaz, že přirozená obnova z kvalitního mateřského porostu je z ekologického a především pěstebního hlediska nesrovnatelně výhodnější, lze předpokládat, že zvýšené náklady na těžebně-dopravní technologie se v mnohem větší míře vrátí v podobě úspory při zakládání a péči o následující porost. Úspora nákladů na zakládání porostu je tu umocněna i tím, že borové porosty se často nachází na chudých

nebo jinak specifických stanovištích, kde jsou náklady na umělou obnovu často zvýšené (použití obalované sadby, vylepšování).

Při provádění těžby v rámci hospodářských způsobů blízkých přírodě je pak třeba se speciálně zaměřit na poškození stojících stromů a vliv na půdu v souvislosti s přirozenou obnovou, která je v těchto způsobech hospodaření podporována.

7. Použitá literatura

ALMO, G. O.; BAARDSEN, S. (2015). Environmental factors affecting technical efficiency in Norwegian steep terrain logging crews: A stochastic frontier analysis. The Japanese Forest Society and Springer. 2014, vol. 20, s. 18–23.

AMPOORTER, E.; SCHRIJVER, A.; NEVEL, L., HERMY, M.; VERHEYEN, K. Impact of mechanized harvesting on compaction of sandy and clayey forest soils: Results of a meta-analysis. *Annals of Forest Science*. 2012, vol. 69, s. 533–542.

BERGKVIST, B. Leaching of metals from forest soils as influenced by tree species and management. *Forest Ecology and Management*. 1987, vol. 22, no. 1–2, s. 29–56.

BROŽEK, J. Analýza technologií těžebních prací v lesním hospodářství. Vyd. České Budějovice, 2009.

BUSTOS, O.; EGAN, A. A comparison of soils compaction associated with four ground-based harvesting systems. *Northern Journal of Applied Forestry*. 2011, vol. 28, s. 194–198.

CAMBI, M.; CERTINI, G.; NERI, F.; MARCHI, E. The impact of heavy traffic on forest soils: A review. *Forest Ecology and Management*. 2015, vol. 338, s. 124–138.

CHROUST, L. Jak dál ve výchově borových porostů? In JANOTA, J. (ed./eds.). Borovice – semenářství, školkařství, pěstování: Sborník referátů z celostátního semináře. 25. června 2002. Praha: Česká lesnická společnost, 2002, s. 47–51.

CHROUST, L. Thinning experiment in a Scots pine forest stand after 40-year investigation. *Journal of Forest Science*. 2001, vol. 47, no. 8, s. 356–365.

DVOŘÁK, J. Harvestorové technologie v lesním hospodářství v rámci programu SAPARD: Krátkodobý seminář pro řídicí pracovníky. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2004. 45 s. ISBN 80-213-1154-1.

DVOŘÁK, J. Využití harvestorové technologie v hospodářských lesích. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2012. 156 s.

DVOŘÁK, J.; MALKOVSKÝ, Z.; MACKŮ, J. Influence of human factor on the time of work stages of harvesters and crane-equipped forwarders. *Journal of Forest Science*. 2008, vol. 54, s. 24–30.

- DVOŘÁK, J.; NATOV, P.; HRIB, M.; NATOVOVÁ, L.; HOŠKOVÁ, P.; BYSTRICKÝ, R.; KOVÁČ, J.; KRILEK, J.; LIESKOVSKÝ, M. Využití harvesterových technologií v hospodářských lesích. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2012. 156 s. ISBN 978-80-7458-028-4.
- EDLUND, J.; BERGSTEN, U.; LÖFGREN, B. Effects of two different forwarder steering and transmission drive systems on rut dimensions. *Journal of Terramechanics*. 2012, vol. 49, s. 291–297.
- ERBER, G.; HOLZLEITNER, F.; KASTNER, M.; STAMPFER, K. (2016): Effect of multi-tree handling and tree-size on harvester performance in small-diameter hardwood thinnings. *Silva Fennica*. 2016, vol. 50, Article ID 1428, 17 s.
- HAVRÁNEK, K.; DAVID, S. *Nauka o materiálu*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964. 47 s.
- HÅNELL, B.; NORDFJELL, T.; ELIASSON, L. Productivity and Costs in Shelterwood Harvesting. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2000, vol. 15, no. 5, s. 561-569.
- HIESL, P. Productivity Standards for Whole-Tree and Cut-To-Length Harvesting Systems in Maine. *Electronic Theses and Dissertations*. 2013. Paper 2252.
- HLAVÁČKOVÁ, P.; ŠAFAŘÍK, D. Ověření výsledků ekonomického hodnocení těžebních technologií v lesích se zvláštním statutem ochrany. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2010, vol. 55, no. 4.
- ISMOILOV, A.; SELLGREN, U.; ANDERSSON, K.; LÖFGREN, B. A comparison of novel chassis suspended machines for sustainable forestry. *Journal of Terramechanics*. 2015, vol. 58, no. April, s. 59–68.
- KAJZAR, O. Práce operátora těžebně dopravních strojů. *Lesnická práce*. 2008, vol. 87, no. 3. s. 40.
- KLÍMA, J. at al. *Lesář/dřevorubec*. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda, 1991. 40 s. ISBN 80-209-0183-3.
- KOŠULIČ, M. K úrovně a podúrovně výchově borového porostu. *Lesnická práce*. 2001, vol. 80, no. 9, s. 417–419.
- Kouba, J. in Kol. *Lesnický slovník naučný II*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 1995, s. 13 a s. 653.

- KOZEL, J. Převod holosečného hospodářského způsobu na způsob výběrný. Praha, 2006.
- MANZONE, M. Performance of an electronic control system for hydraulically driven forestry tandem trailers. *Biosystems Engineering*. 2015, vol. 130, February 2015, s. 106–110.
- MARTINCOVÁ, J. Pokyny pro pěstování sadebního materiálu borovice lesní a metodika hodnocení jeho morfologické a fyziologické kvality. 5 s.
- MIKESKA, M. et al.: Lesnicko-typologické vymezení struktury a management přirozených borů a borových doubrav v ČR. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy. s. 447.
- MUSIL, A. Racionální porostní výchova hlavních hospodářských dřevin. Brno: Jihomoravské státní lesy, 1988, 47 s.
- NADEZHDINA, N.; PRAX, A.; ČERMÁK, J.; NADEZHDIN, V.; ULRICH, R.; NERUDA, J.; SCHLAGMERSKÝ, A. Spruce roots under heavy machinery loading in two different soil types. *Forest ecology and management*. 2012, vol. 282, s. 46–52.
- Neruda, J. (ed.). Metody pro zlepšení determinace poškození kořenů stromů vesmrkových porostech vyvážecími traktory. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, 2005. 176 s.
- NERUDA, J. – SIMANOV (úradníček, 2003), V. *Technika a technologie v lesnictví*. Skripta. Brno: MZLU, 2006. 150 s.
- ISBN 80-7157-988-2.
- NERUDA, J., VAVŘÍČEK, D., ULRICH, R., JANEČEK, A. Interakce stanoviště a těžebně dopravních strojů. Brno: Mendlova univerzita v Brně. Ediční středisko Mendlovy univerzity v Brně, 2011. 91 s.
- NOUZOVÁ, J. Výkonové normy v lesním hospodářství. 1. vydání. Vimperk: Lesnická škola ve Vimperku, 1995.
- NOUZOVÁ, J. Výkonové normy v lesním hospodářství. 2. vydání. Vimperk: Akcent, s.r.o., 1998. 137 s.
- NOUZOVÁ, J.; NOUZA, J. Výkonové normy v lesním hospodářství. 4. vydání. Praha: Silvaco, a.s., 2001. 136 s.

- PICCHIO, R.; NERI, F.; PETRINI, E.; VERANI, S.; MARCI, E.; CERTINI, G. Machinery-induced soil compaction in thinning in two pine stands in central Italy. *Forest Ecology and Management*. 2012, vol. 285, s. 38–43.
- PITOR, J. Rozbor vlastností harvestorových technologií lesní těžby v podmínkách LČR s. p. LS Janovice, MZLU Brno, 2008.
- POLENO, Z. Způsoby hospodaření ve vysokokmenném lese. *Lesnictví – Forestry*. 1998, vol. 44, no. 12, s. 561–575.
- POLENO, Z. Způsoby hospodaření ve vysokokmenném lese I., Kostelec nad Černými lesy: *Lesnická práce*, 1999.
- POLENO, Z.; VACEK, S. et al.: Pěstování lesů I: Ekologické základy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy: *Lesnická práce*, s. r. o., 2007, 315 s.
- POLENO, Z.; VACEK, S. et al. Pěstování lesů II: Teoretická východiska pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy: *Lesnická práce*, s. r. o., 2007, 464 s.
- POLENO, Z.; VACEK, S. Pěstování lesů III: Praktické postupy pěstování lesů, 1. vydání Kostelec nad Černými lesy: *Lesnická práce ISBM*, 2009, 951 s. ISBN 978-80-87154-34-2.
- PÜRFFÜRST F. T. Der Einfluss des Menschen auf die Leistung von Harvestersystemen. [The operator's influence on harvester productivity]. PhD-thesis. Dresden, Germany: Institut für Forstnutzung und Forsttechnik, Technische Universität Dresden, Germany. 2009. 307 s.
- SIMANOV, V. Těžba a soustředování dříví (Přednášky – osnova). Brno: MZLU v Brně, 2000.
- SKOUPÝ, A. (ed.). Multikriteriální hodnocení technologií pro soustředování dříví. 1. vydání. Praha: *Lesnická práce s.r.o.*, 2011. 212 s. ISBN 978-80-7458-016-1.
- SLUGENĚ J.; PENIAŠKO P.; MESSINGEROVÁ V.; JANKOVSKÝ M. Productivity of a John Deere Harvester Unit in Deciduous Stands. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2014, vol. 62, s. 231–238.
- STOLARIKOVÁ, R. Tvorba lokálních sortimentačních tabulek pro dřevinu smrk ztepilý (*Picea abies* (LINNAEUS) KARSTEN). Praha: 2014. Disertační práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra hospodářské úpravy lesů. 2014.

- ŠÁLEK, L. Hospodářské způsoby a tvary, jejich klady a zápory v rámci ÚSES. Brandýs nad Labem, 2007, s. 122–125
- URLICH, J. a kol. Harvesterové technologie a jejich optimální užití v praxi. Brno, 2006. 86 s. ISBN 80-7375-012-0.
- ÚHUL. Užívání přírodě šetrných technologií při hospodaření v lesích. Brandýs nad Labem, 2007.
- ÚRADNÍČEK L., 2003. Lesnická dendrologie I. (Gymnospermae). 1. vyd. Brno, MZLU v Brně. 102 s. ISBN 80-7157-643-3.
- VEJLUPEK, M. at al. Rádce pro vlastníka lesa do 50 ha. Brandýs nad Labem: ÚHÚL, 2005. 30 s.
- VICENA, I. Námraza v našich lesích. Matice lesnická, 2003.
- WHITFORD, K. R.; STONEMAN, G.; SEYMOUR, A.; MURRAY, P.; BATON, L.; TANIMOTO, L. The effects of cording, timberload and soil gravel content on soil compaction during timber harvesting on moist soils. *Australian Forestry*. 2012, vol. 75, no. 2, s. 107–119.
- WÄSTERLUND, I. Environmental aspects of machine traffic. *Journal of Terramechanics*. 1994, vol. 31, no. 5, s. 265–277.
- WÄSTERLUND, I. Compaction of till soils and growth tests with Norway spruce and scots pine. *Forest Ecology and Management*. 1985, vol. 11, July 1985, s. 171–189.
- ÚHUL Brandýs nad Labem. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky (Zelená zpráva) [online]. 2015 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.uhul.cz/ke-stazeni/informace-o-lese/zelene-zpravy-mze>>.

8. Seznam příloh

Příloha 1 - Ukázka použití tažného koně při výchovném zásahu	51
Příloha 2 - Interiér borovice lesní na písčité půdě	52
Příloha 3 - Terénní pracovnice při zpracovávání naměřených údajů	53

9. Přílohy



Příloha 1 - Ukázka použití tažného koně při výchovném zásahu



Příloha 2 - Interiér borovice lesní na písčité půdě



Příloha 3 - Terénní pracovnice při zpracovávání naměřených údajů